

**CARACTÉRISATION DES SÉDIMENTS
DE FOND DU
PETIT BASSIN DE LA PRAIRIE
FLEUVE SAINT-LAURENT**

**Brigitte Hardy, Jacques Bureau,
Louise Champoux, Harm Sloterdijk**
Direction Écotoxicologie et Écosystèmes

Centre Saint-Laurent
Conservation et Protection
Environnement Canada

Avril 1991

©Ministre des Approvisionnements et Services
Canada 1991
ISBN: 0-662-96823-9
N° catalogue: En40-411/1991F

PERSPECTIVE DE GESTION

En 1987, la Direction des eaux intérieures (Région du Québec), rattachée depuis 1989 au Centre Saint-Laurent, a initié une étude de caractérisation des sédiments de fond dans le petit bassin de La Prairie. Les résultats présentés dans ce rapport révèlent la présence d'un nombre important de xénobiotiques, certains en teneurs qui excèdent les critères de qualité appliqués par le ministère ontarien de l'Environnement pour le dépôt des déblais de dragage en eaux libres. Situé en zone péri-urbaine, le petit bassin de La Prairie est un plan d'eau à fort potentiel récréatif et constitue une des zones d'intérêt prioritaire du Plan d'action Saint-Laurent. Dans la perspective du raccordement prochain des collecteurs d'eaux usées municipales de la rive sud à la station d'épuration de l'île Charron, les données scientifiques et techniques acquises dans le cadre de cette étude permettront de guider les orientations de restauration et de protection qui devront alors être élaborées par les partenaires du PASL.

MANAGEMENT PERSPECTIVE

In 1987, the Inland Water Directorate (Quebec Region), associated with the St.Lawrence Centre since 1989, initiated a characterization study of the bottom sediment in the Petit bassin de La Prairie. The results reveal the presence of a large number of xenobiotics, some in concentrations exceeding the quality criteria set by the Ontario Ministry of Environment for the discharge of dredging materials in open waters. Situated in a peri-urban area, the Petit bassin de La Prairie is a waterbody with an excellent recreational potential, and is one of the St.Lawrence action plan zones of prime concern. In view of the future connection of the South shore municipal sewage systems to the wastewater treatment plant on île Charron, the scientific and technical data acquired during this study will enable the partners of the St.Lawrence action plan to orientate their restoration and protection plans.

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'un programme d'évaluation des substances toxiques dans le fleuve Saint-Laurent, la Direction des eaux intérieures d'Environnement Canada a réalisé, en 1987, une étude des sédiments du petit bassin de La Prairie, situé en aval du lac Saint-Louis, dans la partie sud-est du Bassin de La Prairie. Des échantillons provenant de dix-huit stations ont été récoltés. Des analyses granulométriques ont été effectuées, de même que le dosage des éléments essentiels, des métaux lourds et des contaminants organiques (biphényles polychlorés, hydrocarbures aromatiques polycycliques, pesticides organochlorés).

Le petit bassin de La Prairie se caractérise par des conditions lacustres, avec une forte sédimentation de particules fines (argile et limon) et des teneurs élevées en matières organiques. Ces conditions favorisent une forte accumulation de polluants. Dans la majorité des stations, les teneurs en phosphore total, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn, BPC et en huiles et graisses excèdent les critères de qualité recommandés par le ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO) pour le dépôt des déblais de dragage en eaux libres. Les valeurs de l'indice de contamination établi à partir de ces critères indiquent que dans la totalité des stations, la qualité des sédiments ne rencontre pas ces critères. Les teneurs en hexachlorobenzène (HCB) et en DDT totaux sont très élevées. Par contre, le Mirex n'a pas été détecté.

Les répartitions spatiales illustrent une contamination à la grandeur du bassin, mais le secteur à proximité de l'émissaire de la municipalité de Candiac s'avère le plus touché par la pollution organique et inorganique. La teneur en BPC retrouvée à cet endroit est particulièrement élevée.

Il y a corrélation entre la plupart des métaux lourds ainsi qu'entre ceux-ci et les particules fines. Il y a également corrélation entre les contaminants organiques et entre ceux-ci et les matières organiques. L'absence de corrélation avec les principaux éléments reflète l'origine anthropogénique de ces contaminants.

ABSTRACT

As part of a program on the evaluation of toxic substances in the St. Lawrence River, the Inland Waters Directorate, Environment Canada, undertook in 1987 a study of the bottom sediments of the petit bassin de La Prairie, located downstream of Lake St. Louis, in the south-east part of Bassin de La Prairie. Samples from eighteen stations were collected. Analyses were carried out for particle size, major elements, heavy metals, and organic contaminants (polychlorinated biphenyls, polycyclic aromatic hydrocarbons, organochlorinated pesticides).

The petit bassin de La Prairie shows lacustrine conditions, with high sedimentation of fine particles (silt and clay) and high levels of organic matter. These conditions favour the accumulation of contaminants. In most stations, concentrations of total phosphorus, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn, PCBs, oil and greases exceed the quality criteria set by the Ontario Ministry of Environment for dredged materials deposit in open waters. The contamination index values obtained with these criteria showed that at all stations sediment quality does not meet the above criteria. Levels of hexachlorobenzene (HCB) and total DDT are high whereas Mirex has not been detected.

The spatial distributions show an overall contamination of this basin. However, the region near the outflow of the municipal effluent of the city of Candiac is the most affected by organic and inorganic pollution. The level of PCB found there is particularly high.

Most heavy metals are correlated with each other and with fine particles. Organic contaminants are also correlated with each other as well as with organic matter. The absence of correlation with the major elements reflects the anthropogenic origin of these contaminants.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée par Environnement Canada. Le temps du personnel du Laboratoire du Capitaine Bernier, Direction des eaux intérieures (DEI), région du Québec, et de l'Institut national de recherches en eau (INRE, DEI-Ontario) a été fourni à même leur budget opérationnel. Un support financier a également été obtenu du programme d'emploi d'été *Défi 1987* d'Emploi et Immigration Canada.

Cette étude n'aurait pas été possible sans la participation d'un grand nombre de personnes et la collaboration de divers groupes pour former une équipe multidisciplinaire. Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont collaboré de près ou de loin à cette étude. Nous remercions particulièrement:

- W. Warwick, biologiste à l'Institut national de recherche en hydrologie, Environnement Canada, région de la Saskatchewan;

- Philippe Ross, alors professeur au Département de Sciences biologiques de l'Université de Montréal, pour la supervision des étudiants d'été et l'appui financier pour les tests biologiques;

- André Germain, alors chimiste à la DEI-Québec à Longueuil, maintenant chimiste à la DPE, pour ses précieux conseils et son aide lors de la préparation de l'échantillonnage des sédiments;

- Raymond Vezeau, alors chimiste à la DPE, et maintenant Chef de la section Services analytiques à la Direction écotoxicologie et écosystèmes, pour ses conseils et pour avoir rendu possible l'utilisation de certains locaux;

- Mario Janson, responsable de l'informatique pour la DEI-Québec à Longueuil, et maintenant analyste-programmeur pour la Direction Finances et administration, pour avoir aidé à l'élaboration et à l'utilisation de certains logiciels de traitement de données.

Ont également participé à cette étude:

- Chantal Jetté, étudiante d'été;

- Norm Rukavina, chercheur scientifique responsable de la caractérisation granulométrique, et K. Salisbury, responsable des analyses granulométriques, Division de la recherche sur les lacs, INRE;

- Haig Agemian et Mike Forbes, pour la coordination des analyses chimiques, Laboratoire national de la qualité des eaux, Burlington;

- le Laboratoire Novalab (M.G. Mastromatteo);

- la firme Carto-Média, pour la réalisation des cartes et figures.

TABLE DES MATIÈRES

PERSPECTIVE DE GESTION	iii
MANAGEMENT PERSPECTIVE	iv
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	vi
REMERCIEMENTS	vii
LISTE DES FIGURES	xi
LISTE DES TABLEAUX	xiii
LISTE DES ABRÉVIATIONS	xv
1 INTRODUCTION	1
2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE	2
2.1 Localisation et caractéristiques physiques du milieu	2
2.2 Sources de pollution	4
3 MÉTHODOLOGIE	7
3.1 Plan d'échantillonnage et localisation des stations	7
3.2 Échantillonnage	7
3.3 Variables étudiées et méthodes analytiques	7
3.4 Traitement des données	8
3.4.1 Statistiques descriptives	8
3.4.2 Répartition spatiale	8
3.4.3 Calcul de l'indice de contamination	8
3.4.4 Corrélations entre les variables	11
4 RÉSULTATS ET DISCUSSION	12
4.1 Granulométrie	12
4.2 Nature géochimique et provenance des sédiments	13
4.3 Contamination des sédiments	20
4.3.1 Description sommaire de la contamination	20
4.3.2 Comparaison de la contamination des sédiments du petit bassin de La Prairie avec celle des autres bassins du fleuve	21
4.3.3 Répartition spatiale	27
4.3.3.1 Métaux lourds	27
4.3.3.2 Contaminants organiques	31
4.3.4 Évaluation de la qualité des sédiments par l'indice de contamination	35

4.4	Corrélations entre les variables	35
4.5	Discussion générale	39
5	CONCLUSION	41
	RÉFÉRENCES	42
	ANNEXES	
1	Projet Chironomidés	49
	A.1 Problématique	49
	A.2 Zone d'étude	49
	A.3 Méthodologie	50
	A.4 Résultats et discussion	52
	A.4.1 Granulométrie	52
	A.4.2 Composition en principaux éléments	52
	A.4.3 Contamination des sédiments	60
	A.4.3.1 Métaux lourds	60
	A.4.3.2 Contaminants organiques	60
	A.4.3.3 Évaluation de la contamination des sédiments	63
	A.5 Conclusion	70
2	Coordonnées géographiques UTM et dates d'échantillonnage des stations du petit bassin de La Prairie	80
3	Granulométrie des sédiments prélevés aux stations d'échantillonnage du petit bassin de La Prairie	81
4	Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie	82
5	Matrice de corrélation de Spearman pour toutes les variables	89

LISTE DES FIGURES

1	Emplacement des stations d'échantillonnage des sédiments du petit bassin de La Prairie	3
2	Nature des sédiments du petit bassin de La Prairie selon les classifications de Folk et de Shepard	14
3	Granulométrie des sédiments du petit bassin de La Prairie	15
4	Teneurs des sédiments du petit bassin de La Prairie en Al, Ca et Fe	18
5	Teneurs des sédiments du petit bassin de La Prairie en Mn, P total et C organique	19
6	Teneurs des sédiments du petit bassin de La Prairie en As, Cd et Cr	28
7	Teneurs des sédiments du petit bassin de La Prairie en Cu, Hg et Ni	29
8	Teneurs des sédiments du petit bassin de La Prairie en Pb, Se et Zn	30
9	Teneurs des sédiments du petit bassin de La Prairie en trichloro-1,2,4 benzène, BPC totaux, huiles et graisses	32
10	Teneurs des sédiments du petit bassin de La Prairie en HCB, p,p'-DDE et DDT totaux	33
11	Teneurs des sédiments du petit bassin de La Prairie en fluoranthène, benzo(a)pyrène et HAP totaux	34
12	Indice de contamination des sédiments du petit bassin de La Prairie	37
13	Matrice de corrélation de Spearman entre les polluants	38
A.1	Emplacement des stations d'échantillonnage des sédiments du lac Saint-Louis - Projet Chironomidés	51
A.2	Nature des sédiments du lac Saint-Louis aux stations du projet Chironomidés selon les classifications de Folk et de Shepard	54

A.3	Granulométrie des sédiments du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés	55
A.4	Teneurs des sédiments du lac Saint-Louis en principaux éléments - Stations du projet Chironomidés	56
A.5	Teneurs en As, Cd, Hg et Se des sédiments du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés	64
A.6	Teneurs en Cu, Co, Cr, Ni, Pb, V, Mn et Zn des sédiments du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés	66
A.7	Teneurs en contaminants organiques des sédiments du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés	68
A.8	Indice de contamination des sédiments du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés	71

LISTE DES TABLEAUX

1	Estimation des apports de polluants (en kg/j) en provenance des tributaires, des industries riveraines et des municipalités selon les données de 1983	5
2	Principaux éléments, métaux lourds et chlorobenzènes analysés et granulométrie des sédiments	9
3	Biphényles polychlorés, pesticides organochlorés et hydrocarbures aromatiques polycycliques analysés	10
4	Statistiques descriptives de la granulométrie des sédiments du petit bassin de La Prairie	12
5	Nature des sédiments du petit bassin de La Prairie d'après les classifications de Folk et de Shepard	13
6	Statistiques descriptives des teneurs en principaux éléments présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie	17
7	Statistiques descriptives des teneurs en contaminants des sédiments du petit bassin de La Prairie	22
8	Teneurs en contaminants des sédiments du petit bassin de La Prairie comparativement à ceux du lac Saint-Louis, du lac Saint-François et du lac Ontario	24
9	Indice de contamination des sédiments du petit bassin de La Prairie, calculé d'après les critères du MEO pour le dépôt des déblais de dragage en eaux libres	36
A.1	Coordonnées géographiques des stations du projet Chironomidés et dates d'échantillonnage	50
A.2	Nature des sédiments aux stations du projet Chironomidés d'après les classifications de Folk et de Shepard	52
A.3	Statistiques descriptives des principaux éléments présents dans les sédiments aux stations du projet Chironomidés	53
A.4	Statistiques descriptives des teneurs en métaux lourds présents dans les sédiments aux stations du projet Chironomidés	58

A.5	Statistiques descriptives des teneurs en contaminants organiques présents dans les sédiments aux stations du projet Chironomidés	61
A.6	Indice de contamination des sédiments aux stations du projet Chironomidés	70
A.7	Données brutes du projet Chironomidés	72

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Substances chimiques

A-1242	Aroclor 1242
A-1254	Aroclor 1254
A-1260	Aroclor 1260
ACENPHTH	Acénaphène
ACENPHYL	Acénaphylène
ALD	Aldrine
12-DCB	Dichloro-1,2 benzène
13-DCB	Dichloro-1,3 benzène
14-DCB	Dichloro-1,4 benzène
1234-TET	Tetrachloro-1,2,3,4 benzène
1234-TTCB	Tetrachloro-1,2,3,4 benzène
123-TCB	Trichloro-1,2,3 benzène
124-TCB	Trichloro-1,2,4 benzène
135-TCB	Trichloro-1,3,5 benzène
BaP	Benzo-a-pyrène
BbF	Benzo-b-fluoranthène
BFH	Benzopérylène
BkF	Benzo-k-fluoranthène
BHD	Alpha-hexachlorobenzène
BPC tot.	Biphényles polychlorés totaux
CHA	Alpha-Chlordane
CHC	Gamma-Chlordane
B-CLNPHT	Bêta-Chloronaphtalène
DDE	p,p'-DDE
DDO	o,p-DDT
DDP	p,p'-DDT (Dichlorodiphényltrichloro éthane)
DDT tot.	Total des DDT
EMX	Alpha-Endosulfan
EMY	Bêta-Endosulfan
END	Endrine
FLUORANT.	Fluoranthène
FLUORENE	Fluorène
HAP tot.	Total des hydrocarbures aromatiques polycycliques
HCB	Hexachlorobenzène
HEO	HEOD (Dieldrine - Hexachloro-époxy-octohydro-diméthane naphtalène)
HEP	Heptachlore
HEX	Heptachlorepoxyde
H & G	Huiles et graisses
IDPY	Indénopyrène
INDENE	Indène
LIN	Lindane

1-MTHNPH	Méthyl-1 naphtalène
1-MTHNPH	Méthyl-2 naphtalène
MEY	p,p'-méthoxychlore
MIR	Mirex
P5CB	Pentachlorobenzène
PCB	Polychlorobiphéyle (Biphényles polychlorés)
PHNANTHR.	Phénanthrène
PYRENE	Pyrène
QUINOLIN	Quinoline
TDP	p'p'-TDE (p'p'-Dichlorodiphényldichloroéthane)

Autres abréviations

Max.	Maximum
Méd.	Médiane
Min.	Minimum
Phi	- log ₂ (diamètre en mm)
Sx	Écart type
X	Moyenne
INRE	Institut national de recherche sur les eaux
MEO	Ministère de l'Environnement de l'Ontario
MRC	Municipalité régionale de comté
SPE	Service de la protection de l'environnement

1 INTRODUCTION

Dans le cadre d'un programme d'évaluation des substances toxiques dans les bassins de sédimentation du fleuve Saint-Laurent, une série d'études portant sur la contamination des sédiments a été réalisée par la Direction générale des eaux intérieures, région du Québec, dans les lacs Saint-François (Sloterdijk, 1985), Saint-Louis (Champoux et Sloterdijk, 1988) et Saint-Pierre (Hardy *et al*, 1990). L'étude réalisée en 1987 au petit bassin de La Prairie s'inscrit dans cette série.

Situé dans la partie sud-est du bassin de La Prairie, entre la Voie maritime du Saint-Laurent et le littoral de Ville La Prairie, ce bassin draine une partie des eaux provenant du lac Saint-Louis et de quelques tributaires (rivière Saint-Régis, rivière à la Tortue, rivière Saint-Jacques et quelques ruisseaux). Sérodes (1978) a trouvé des teneurs élevées en Cd, Cu, Hg, Mn, Pb et Zn dans les sédiments de ce bassin et l'a identifié comme la plus importante zone d'accumulation de contaminants inorganiques dans le tronçon Lachine - Sorel.

Le présent rapport vise à décrire la qualité des sédiments du petit bassin de La Prairie à partir de données granulométriques, géochimiques et des teneurs en métaux lourds et en contaminants organiques. Une comparaison des résultats obtenus avec ceux des autres tronçons du fleuve est présentée.

L'annexe 1 de ce rapport présente également les résultats d'une étude pilote sur la présence d'anomalies anatomiques capsulaires chez les chironomidés, en relation avec le degré de contamination des sédiments. Cette étude a été effectuée en collaboration avec la Division d'écologie aquatique de l'Institut national de recherches en hydrologie (INRH), Environnement Canada, région de la Saskatchewan, sous la responsabilité du D' W. Warwick.

2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

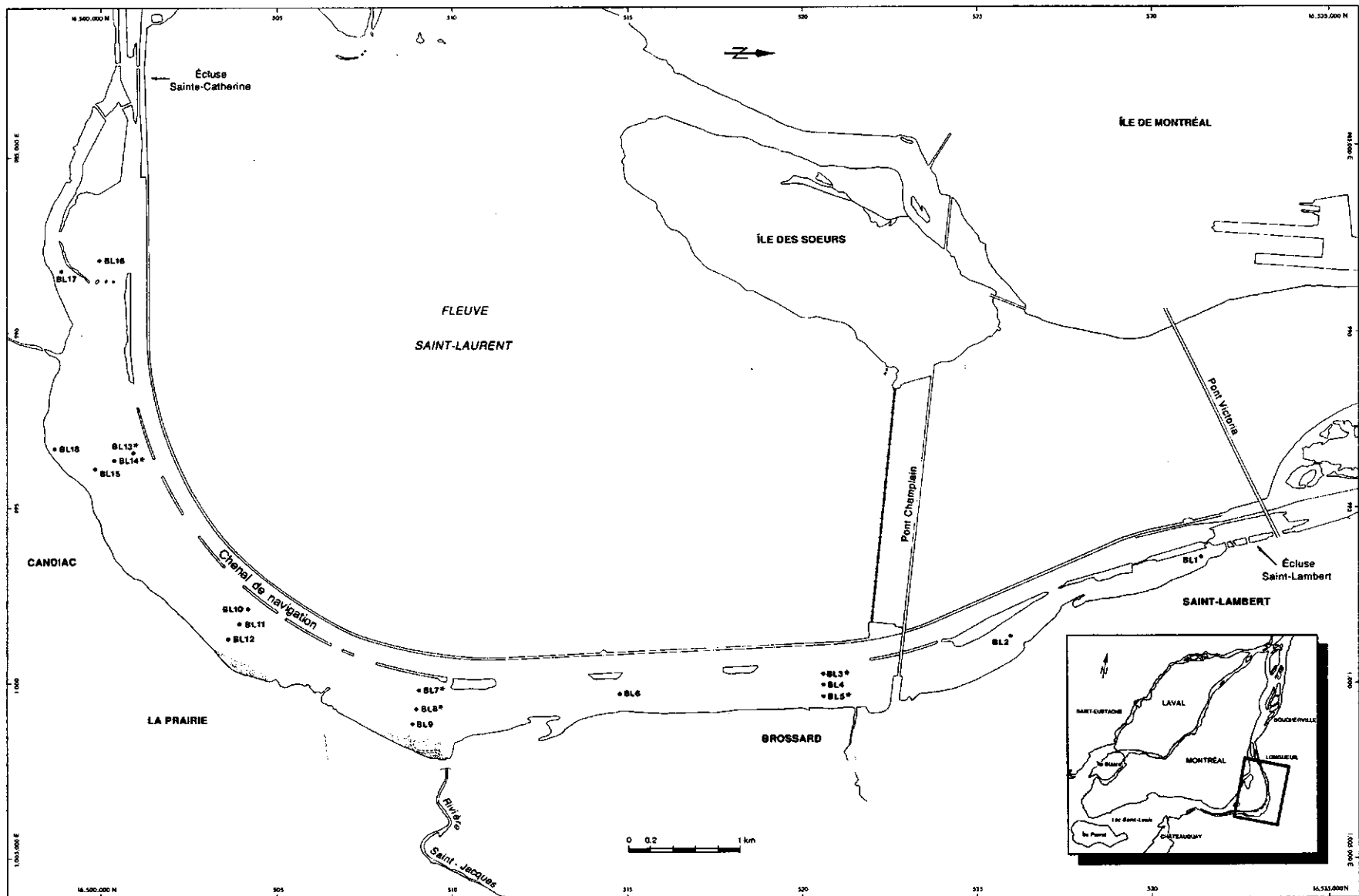
2.1 Localisation et caractéristiques physiques du milieu

Situé dans le fleuve Saint-Laurent, immédiatement en aval du lac Saint-Louis, le bassin de La Prairie a été l'objet d'aménagements importants dans les années 1950 lors de la construction de la Voie maritime du Saint-Laurent. Dans le but de contourner les rapides de Lachine, une digue d'une dizaine de mètres de hauteur a été érigée, divisant le bassin en deux sous-bassins de taille inégale. Celui situé au sud-est, appelé le petit bassin de La Prairie, constitue la zone d'étude du présent rapport (figure 1).

Délimité en amont par l'écluse de Côte-Sainte-Catherine et en aval par l'écluse de Saint-Lambert, le petit bassin de La Prairie est lui-même subdivisé en deux zones par un chapelet d'îles artificielles longiformes, caractérisées par une bathymétrie très différente. Dans la zone littorale, la profondeur n'excède pas trois mètres (3 m) alors que dans le chenal de navigation, la profondeur moyenne est de dix mètres (10 m). L'apport sédimentaire des tributaires et du fleuve est peu important au niveau de la voie maritime (Administration de la Voie maritime du Saint-Laurent, communication personnelle). Aucun dragage n'a été nécessaire pour maintenir la bathymétrie depuis sa construction. GPR (1985) a cependant constaté une accumulation importante de sédiments dans la zone littorale, provenant probablement des tributaires et de l'érosion des berges.

Le débit moyen du fleuve à l'entrée du petit bassin de La Prairie est évalué à 149 m³/s comparativement à 9780 m³/s dans les rapides de Lachine à la hauteur de Ville LaSalle (Environnement Canada, 1988). Ainsi, seulement 1,5 p.100 des eaux du lac Saint-Louis pénètrent dans le petit bassin de La Prairie. Les tributaires comptent pour moins de 10 p.100 du débit du petit bassin de La Prairie. La vitesse moyenne du courant est de 10,7 cm/s (GPR, 1985).

Les municipalités de Saint-Lambert, Brossard, La Prairie, Candiac et Sainte-Catherine sont situées en bordure du petit bassin de La Prairie.



* Stations échantillonnées pour le projet Chironomidés.

Figure 1 **Emplacement des stations d'échantillonnage des sédiments du petit bassin de La Prairie**

2.2 Sources de pollution

Les informations sur les sources de pollution présentées ici proviennent d'un rapport du Service de la protection de l'environnement (SPE; maintenant appelé Protection de l'environnement) d'Environnement Canada, basé sur les données disponibles en 1983 (Environnement Canada, 1985). Des données plus récentes, notamment sur les contaminants organiques, n'ont pas encore été publiées. Les apports de polluants provenant des tributaires, des industries riveraines et des municipalités sont présentés au tableau 1. Ce tableau indique également les apports pour le secteur en amont de la zone d'étude. Les données démontrent que les apports locaux sont faibles comparés à ceux du lac Saint-Louis et du fleuve Saint-Laurent au niveau de Cornwall.

Les industries échantillonnées par le SPE font partie des secteurs de la chimie organique, de l'alimentation et des pâtes et papiers. Elles sont responsables des principaux apports en polluants dans le petit bassin de La Prairie. On retrouve dans ce bassin des teneurs élevées en solides en suspension, en matières organiques et en phosphates. L'industrie des pâtes et papiers constitue aussi une source importante d'huiles et de graisses, de BPC et de nombreux autres contaminants organiques. Bien que la compagnie Papiers Perkins ait réduit ses rejets de solides en suspension depuis 1983, elle est cependant l'une des 50 usines prioritaires visées par le Plan d'action Saint-Laurent dans le cadre du programme de réduction des apports toxiques. La Lockweld, une industrie de traitement de surface non échantillonnée par le SPE, fait également partie de ce programme.

Les apports en provenance des municipalités riveraines ont été estimés en multipliant le nombre d'habitants par une valeur représentant l'apport théorique par habitant.

Dans le rapport de la SPE, il n'est pas tenu compte de l'apport en contaminants par les tributaires drainant des régions industrielles, des municipalités et des terres agricoles. Une étude plus récente sur les apports en provenance des tributaires effectuée pour le Centre Saint-Laurent (Entraco, 1989), indique que la rivière Saint-Jacques reçoit les rejets de six industries, soit une de pâtes et papiers, deux de traitement de surface et trois du secteur de la pétrochimie. La rivière à la Tortue, pour

Tableau 1 Estimation des apports de polluants (en kg/j) en provenance des tributaires, des industries riveraines et des municipalités, selon les données de 1983

Variable	Fleuve Saint-Laurent	Lac Saint-Louis Sud			Petit bassin de La Prairie		
		Ind. ^a	Mun.	Trib. ^b	Ind. ^c	Mun.	Trib.
MeS	1,9 x 10 ⁶	2 885,0	5 655,0	2,4 x 10 ⁵	13 435,0	661,0	-
DCO	-	7 820,0	-	-	16 601,0	1 873,0	-
NTK	216 266	251,0	1 190,0	4 482,0	216,0	137,0	-
P	-	606,0	270,0	364,0	104,0	31,0	-
DBO ₅	-	-	5 091,0	-	-	595,0	-
Cd	-	0,2	0,2	-	0,0	0,0	-
Cr	-	0,4	4,8	-	1,9	2,6	-
Cu	636	3,5	6,8	29,0	0,4	0,8	-
Fe	54 067	39,9	71,4	2,0	6,7	8,2	-
Hg	6	0,6	0,0	-	0,0	0,0	-
Ni	1 272	3,0	1,0	-	0,0	0,1	-
Pb	-	1,2	9,7	172,5	0,1	1,1	-
Zn	3 180	109,8	36,7	51,5	7,1	4,2	-

^a Apports des industries suivantes: Union Carbide, Papiers fins Domtar, Industries PPG Canada Ltée, Chromasco Ltée.

^b Apports de la rivière Châteauguay.

^c Apports des industries suivantes: Gordon Young Ltée, Domtar, General Latex Inc., Papiers Perkins Ltée, Ogilvie Ltée.

-- = non analysé.

MeS = matières en suspension.

DCO = demande chimique en oxygène.

DBO₅ = demande biochimique en oxygène après 5 jours.

NTK = azote Kjeldahl total.

sa part, est identifiée comme celle qui reçoit la plus forte charge de pesticides de tout le fleuve Saint-Laurent. Sur les 28 pesticides prioritaires considérés les plus toxiques, 15, dont le chlordane et l'endosulfan, se retrouveraient dans le bassin de la rivière à la Tortue à un taux supérieur à 1 kg/ha. Le bassin de la rivière Saint-Régis compte une industrie de traitement de surface et une fonderie. Bien que ces cours d'eau ne sont pas considérés prioritaires à l'échelle du fleuve Saint-Laurent, en raison notamment de leur faible débit, leur apport en polluants dans le petit bassin de La Prairie est loin d'être négligeable.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 Plan d'échantillonnage et localisation des stations

L'ensemble du secteur à l'étude a été divisé en deux zones, soit celle du chenal de navigation (voie maritime) et celle située entre les îles et le littoral de La Prairie. Dans le chenal, trois stations devaient être échantillonnées. On n'a cependant pas prélevé de sédiments en raison de la faible sédimentation dans cette zone perturbée par le passage de bateaux de fort tonnage. Dans la partie littorale, neuf stations ont été positionnées à équidistance par rapport aux rives et aux écluses. À quatre de ces stations, des transects perpendiculaires à la rive ont été tracés et deux stations ont été placées à mi-distance entre la station médiane et chacune des rives. Une autre station a été positionnée aux abords de la municipalité de Candiac. Nous disposons en tout de 18 stations (voir la figure 1 pour leur emplacement).

3.2 Échantillonnage

Le positionnement des stations a été fait par des méthodes de triangulation utilisant un telluromètre à deux réflecteurs (Tellurometer Remote System, modèle MRD-1, Plessey Company Ltd). Les coordonnées géographiques figurent à l'annexe 2. L'échantillonnage des sédiments a été réalisé par la Direction des eaux intérieures, région du Québec. Les sédiments de fond ont été récoltés à l'aide d'une benne Ekman (30 cm X 30 cm). La constitution d'un échantillon adéquat de sédiments (à partir des premiers 5 cm) a nécessité en moyenne trois coups de benne. Les échantillons ont été homogénéisés et déposés dans différents contenants placés immédiatement dans une glacière à 4 °C puis acheminés au laboratoire et transférés au congélateur à - 18 °C.

3.3 Variables étudiées et méthodes analytiques

L'analyse granulométrique a été réalisée par l'Institut national de recherches sur les eaux (INRE), selon la méthode de tamisage et de sédiographie (Duncan et LaHaie, 1979). Les pourcentages en poids sec des différentes classes de particules, selon la classification de Wentworth (1922), soit le gravier (> 2 mm), le sable (62,5 µm à 2 mm), le limon (3,9 à 62,5 µm) et l'argile (< 3,9 µm) sont fournis à l'annexe 3. Les

22 mm), le limon (3,9 à 62,5 μm) et l'argile (< 3,9 μm) sont fournis à l'annexe 3. Les analyses des principaux éléments, métaux lourds et contaminants organiques ont été effectuées au Laboratoire national de la qualité des eaux (Burlington, Ontario), selon les méthodes d'Environnement Canada (1979). La liste de ces variables apparaît aux tableaux 2 et 3.

3.4 Traitement des données

3.4.1 Statistiques descriptives.- Les statistiques de base (moyenne, écart type, médiane, minimum, maximum et coefficient de variation) ont été calculées pour toutes les variables mesurées. La valeur zéro a été préalablement donnée aux valeurs situées sous les limites de détection.

3.4.2 Répartition spatiale.- La répartition spatiale des teneurs pour les différentes variables analysées et pour chaque station d'échantillonnage a été illustrée au moyen de cartes, par représentation en pointe de tarte pour la granulométrie, et par une série de symboles de taille différente, pour les classes de teneurs.

3.4.3 Calcul de l'indice de contamination.- Pour évaluer la contamination des sédiments à chacune des stations, un indice a été établi à partir des critères du ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO, 1979) pour le dépôt des déblais de dragage en eaux libres. Cet indice a été adapté de celui de Hakanson et Janson (1983) et équivaut à la sommation des teneurs en substances dosées, divisée par les critères:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{\text{(teneur)}_i}{\text{(critère du MEO)}_i}}{k}$$

Tableau 2 Principaux éléments, métaux lourds et chlorobenzènes analysés et granulométrie des sédiments

Variable	Unité	Limite de détection	Code Naquadat
Granulométrie	Phi*	0,01	
Principaux éléments			
Al	%	0,05	13050
Ca	%	0,001	20050
Fe	%	0,005	26050
Mn	%	0,001	25050
Phosphore total	%	0,0001	15050
Phosphore inorganique	%	0,0001	15060
Carbone organique	%	0,005	06912
Carbone inorganique	%	0,005	06912
Azote organique	%	0,002	07912
Métaux lourds			
As	mg/kg	0,05	33052
Cd	mg/kg	1	48053
Co	mg/kg	1	27053
Cr	mg/kg	10	24050
Cu	mg/kg	1	29053
Hg	mg/kg	0,01	80050
Ni	mg/kg	1	28053
Pb	mg/kg	1	82053
Se	mg/kg	0,05	34052
V	mg/kg	1	23053
Zn	mg/kg	10,0	30050
Chlorobenzènes			
Dichloro-1,3 benzène	mg/kg	0,05	17824
Dichloro-1,4 benzène	mg/kg	0,05	17829
Dichloro-1,2 benzène	mg/kg	0,05	17828
Trichloro-1,3,5 benzène	mg/kg	0,005	17834
Trichloro-1,2,4 benzène	mg/kg	0,005	17839
Trichloro-1,2,3 benzène	mg/kg	0,005	17838
Tetrachloro-1,2,3,4 benzène	mg/kg	0,005	17848
Pentachlorobenzène	mg/kg	0,005	17856
Huiles et graisses	mg/kg	1 000	06521

* Phi = \log_2 (diamètre en mm).

Tableau 3 ***Biphényles polychlorés, pesticides organochlorés et hydrocarbures aromatiques polycycliques analysés***

Variable	Limite de détection (mg/kg)	Code Naquadat
<i>Biphényles polychlorés</i>		
BPC totaux	0,01	18177
<i>Organochlorés</i>		
		17816
Hexachlorobenzène	0,004	
Heptachlore	0,004	18043
Aldrine	0,004	18133
Mirex	0,004	18128
Alpha-BHC	0,004	18074
Lindane	0,004	18079
alpha-Chlordane	0,004	18063
gamma-Chlordane	0,004	18048
Heptachlore époxide	0,004	18034
Méthoxychlore	0,004	18054
bêta-Endosulfan	0,005	18058
Dieldrine	0,004	18153
Endrine	0,004	18143
p,p'-DDE	0,004	18026
p,p'-TDE	0,004	18012
o,p'-DDT	0,004	18008
p,p'-DDT	0,004	18009
<i>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</i>		
Fluoranthène	0,1	18904
Benzo(b)fluoranthène	0,1	18901
Benzo(k)fluoranthène	0,1	18903
Benzo(a)pyrène	0,1	18900
Indéno(123,cd)pyrène	0,1	18905
Benzo(ghi)pérylène	0,1	18902
Indène	0,05	18940
Tétrahydro-1,2,3,4 naphtalène	0,05	18942
Méthyl-1 naphtalène	0,05	18944
Méthyl-2 naphtalène	0,05	18946
Quinoline	0,05	18952
bêta-Chloronaphtalène	0,05	18948
Acénaphtalène	0,05	18950
Acénaphtène	0,05	18954
Fluorène	0,05	18931
Phénanthrène	0,05	18956
Pyrène	0,05	18916

où k représente le nombre de substances analysées pour lesquelles le MEO a établi un critère de qualité soit As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn, les BPC et les huiles et graisses. Un indice inférieur à 1 indique que les teneurs en contaminants n'excèdent pas les critères du MOE; un indice supérieur à 1 signale une contamination importante par rapport aux critères.

3.4.4 Corrélations entre les variables.- Le calcul du r de Spearman a servi à établir les relations entre les variables. Ce coefficient de corrélation non-paramétrique est bien adapté pour des données provenant de petits échantillons (Legendre et Legendre, 1984).

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Granulométrie

Les statistiques des pourcentages en gravier, sable, limon et argile apparaissent au tableau 4. Les particules fines, comprenant le limon et l'argile, dominent avec une moyenne de 82 p.100 du poids sec, tandis que le sable et le gravier constituent environ 18 p.100 des particules sédimentaires.

Tableau 4 *Statistiques descriptives de la granulométrie des sédiments du petit bassin de La Prairie*

Nature des sédiments	Moyenne (X)	Écart type (Sx)	Médiane	Minimum	Maximum	Coefficient de variation
Gravier	3,06	11,25	0,00	0,00	46,65	368
Sable	15,43	12,12	12,93	1,66	49,58	79
Limon	35,37	10,63	36,98	10,47	56,17	30
Argile	44,43	13,03	49,66	21,26	70,75	29
Limon et argile	81,57	17,89	89,09	31,73	98,34	22

* Données exprimées en pourcentage.

La nature des sédiments selon les systèmes de classification de Folk et Shepard est décrite au tableau 5 et représentée par des diagrammes ternaires à la figure 2. La majorité des stations sont regroupées dans les classes vase-sabloneuse et vase du système de Folk et dans les classes argile limoneuse, argile-limon-sable et limon argileux du système de Shepard. Ces résultats indiquent que l'ensemble du petit bassin de La Prairie constitue une vaste zone de sédimentation de particules fines, tel qu'on peut le voir à la figure 3, et démontrent les conditions lacustres de ce bassin. Sérodes (1978) rapporte aussi que le secteur constitue une

vaste zone de sédimentation. Ce phénomène est rendu possible par le faible courant et par l'apport de sédiments fins en provenance des tributaires et de l'érosion des berges (GPR, 1985).

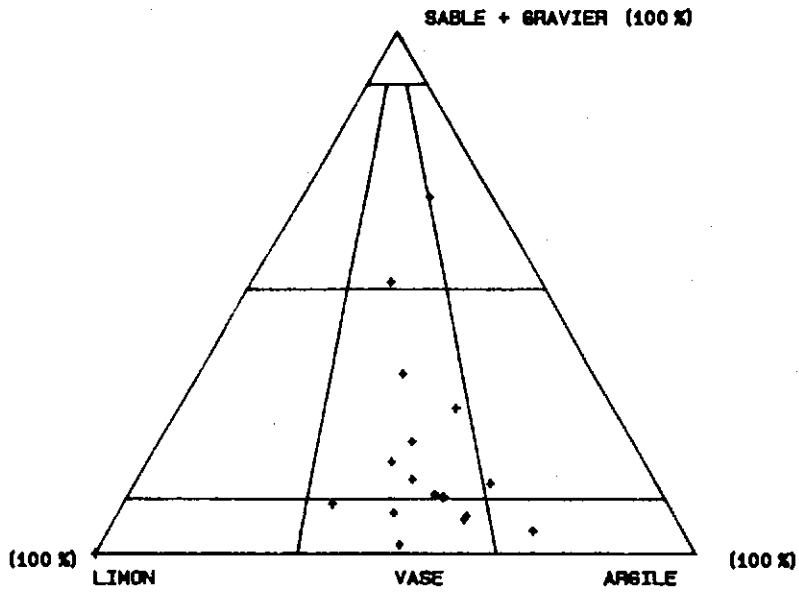
Tableau 5 *Nature des sédiments du petit bassin de la Prairie d'après les classifications de Folk et de Shepard*

Classes de Folk	Nombre de stations	Classes de Shepard	Nombre de stations
Sable et gravier	0	Sable et gravier	0
Sable vaseux	1	Argile-limon-sable	4
Sable limoneux	0	Sable limoneux	0
Sable argileux	1	Sable argileux	1
Vase sablonneuse	8	Limon sablonneux	0
Limon sablonneux	0	Argile sablonneuse	0
Argile sablonneuse	1	Limon argileux	3
Vase	5	Argile limoneuse	9
Argile	1	Argile	0
Limon	0	Limon	0

4.2 Nature géochimique et provenance des sédiments

Les minéraux qui composent les sédiments d'un cours d'eau proviennent de l'érosion des roches du bassin de drainage. Par conséquent, la nature géochimique des sédiments reflète leur origine. Les principaux éléments de la croûte terrestre sont les silicates et les carbonates. Ces derniers proviennent des roches

FOLK



SHEPARD

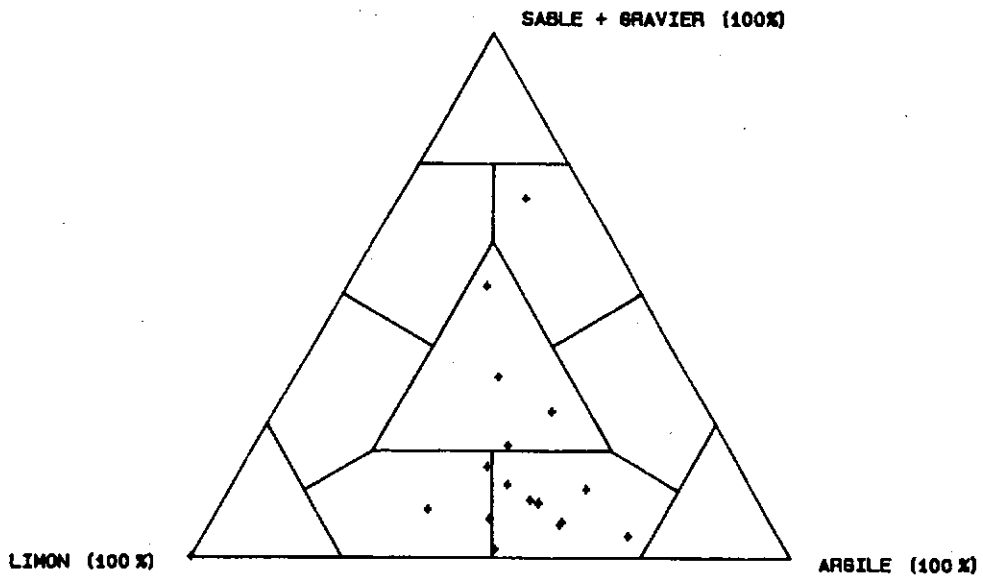


Figure 2 Nature des sédiments du petit bassin de La Prairie selon les classifications de Folk et de Shepard

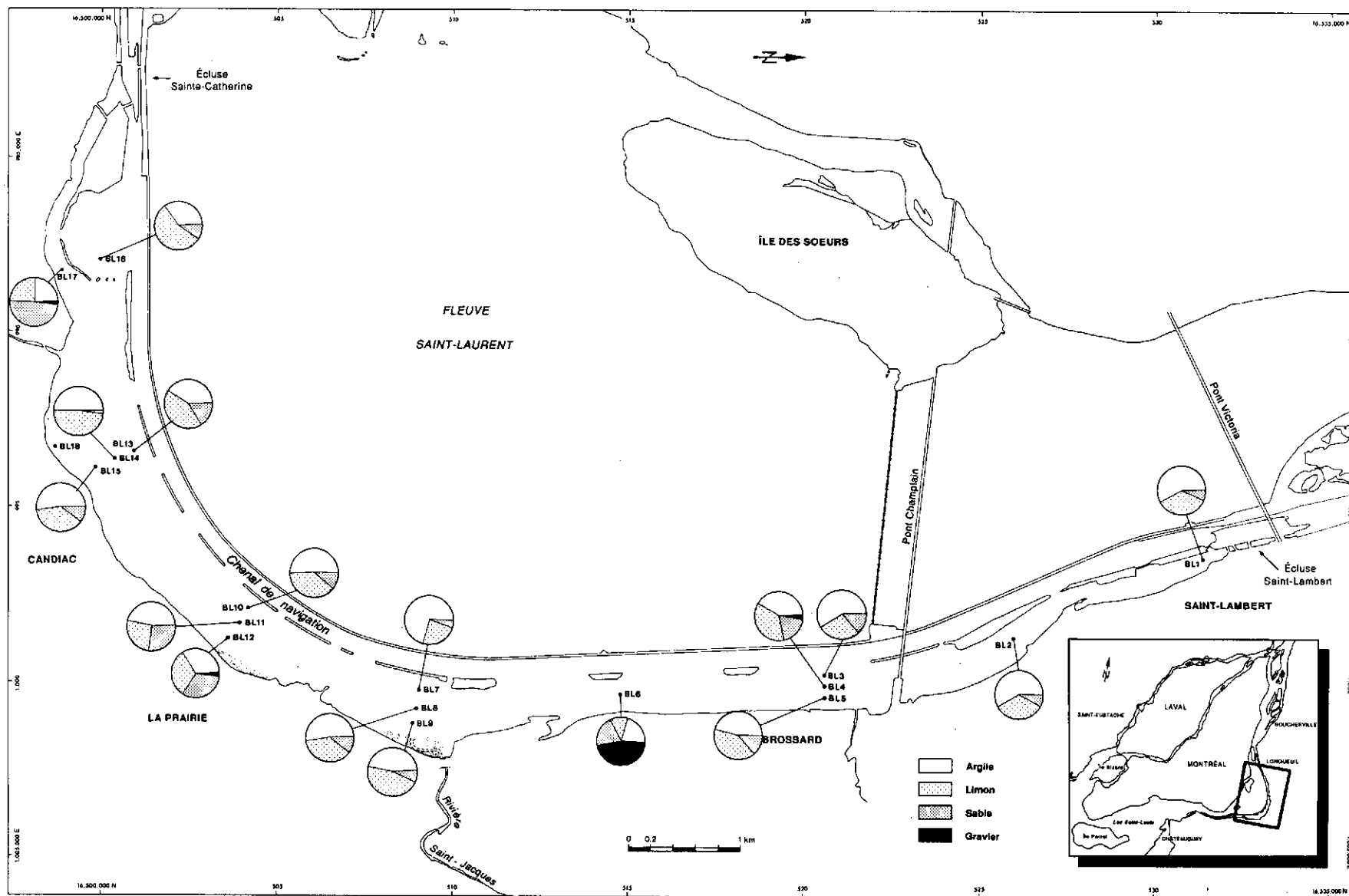


Figure 3 Granulométrie des sédiments du petit bassin de La Prairie

sédimentaires calcaires, abondantes dans les basses-terres du Saint-Laurent, alors que les silicates se retrouvent dans les roches ignées et métamorphiques du bouclier canadien ainsi que dans les roches sédimentaires (Landry et Mercier, 1984).

Les statistiques sur les cinq principaux éléments analysés (Al, Ca, Fe, Mn et P total) sont données au tableau 6. Les teneurs ont été comparées aux critères de qualité des sédiments établis par le Ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO) pour le dépôt de déblais de dragage en eaux libres. Les teneurs en P total et en Fe dépassent les critères à toutes les stations. Les teneurs en Al, Fe et Mn (figures 4 et 5) sont uniformes dans tout le petit bassin de La Prairie, ce qui semble indiquer l'absence de sources locales de contamination.

Les teneurs en ces éléments sont presque toutes inférieures à celles retrouvées dans les sédiments du lac Saint-Louis (Champoux et Sloterdijk, 1988), endroit où elles sont influencées par les apports de la rivière des Outaouais. Dans l'étude du lac Saint-Louis, les teneurs en Al aux stations situées dans la partie sud du lac, où l'influence des eaux du fleuve Saint-Laurent se fait sentir, étaient plus faibles et comparables à celles retrouvées dans le petit bassin de La Prairie. Ces dernières se comparent aussi à celles observées au lac Saint-François (Sérodes, 1978) et dans le lac Ontario (IJC, 1983). Les teneurs en Ca (figure 4) des sédiments du petit bassin de La Prairie sont semblables à celles des sédiments de la partie sud du lac Saint-Louis, ainsi qu'à celles notées par Sérodes (1978) et Hardy *et al.* (1990) pour le lac Saint-Pierre. La composition géochimique des sédiments du petit bassin de La Prairie reflète donc celle des basses-terres du Saint-Laurent, que les sédiments proviennent de l'amont, des tributaires ou de l'érosion des berges.

Les teneurs en P total, en C organique et en N organique affichent des maximum à la station BL18 située près de l'émissaire de la municipalité de Candiac (figure 4). La teneur en C organique est un indice de la quantité de matières organiques présentes dans les sédiments. Les teneurs en C organique mesurées au petit bassin de La Prairie sont légèrement supérieures à celles observées au lac Saint-Louis (Champoux et Sloterdijk, 1988). Des valeurs élevées en C organique indiquent un fort potentiel d'adsorption et d'accumulation des contaminants organiques (Sly *et al.*, 1981).

Tableau 6**Statistiques descriptives des teneurs en principaux éléments présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie**

Variable	Critère du MEO (mg/kg)	Stations où les critères étaient dépassés (%)	Moyenne (mg/kg)	Écart type (mg/kg)	Médiane (mg/kg)	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Coefficient de variation (%)
Al	n.d.	-	6,29	0,76	6,14	4,97	8,50	12
Ca	n.d.	-	2,56	1,18	2,31	0,98	5,02	46
Fe	1,00	100	3,66	0,44	3,82	2,34	4,23	12
Mn	n.d.	-	0,051	0,011	0,055	0,035	0,073	22
P total	0,100	100	0,152	0,045	0,135	0,101	0,279	29
P inorganique	n.d.	-	0,114	0,029	0,106	0,073	0,169	26
C organique	n.d.	-	4,24	2,37	4,09	1,88	13,00	56
C inorganique	n.d.	-	0,700	0,380	0,720	<0,005	1,570	54
N organique	n.d.	-	0,431	0,202	0,410	0,204	1,140	47
C/N	n.d.	-	9,7	0,7	9,8	8,4	11,4	8

n.d. = non défini.

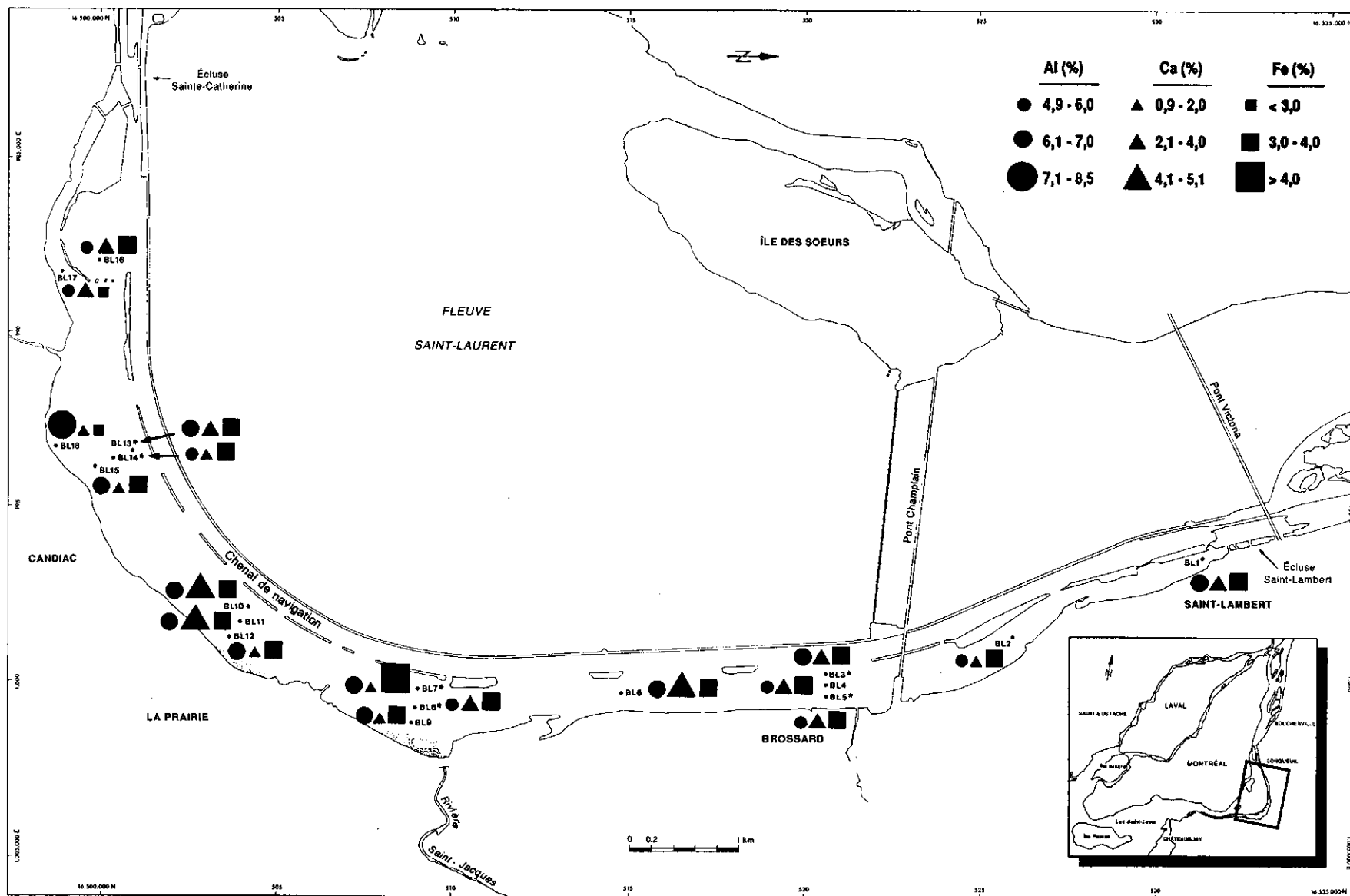


Figure 4 Teneur des sédiments du petit bassin de La Prairie en Al, Ca et Fe

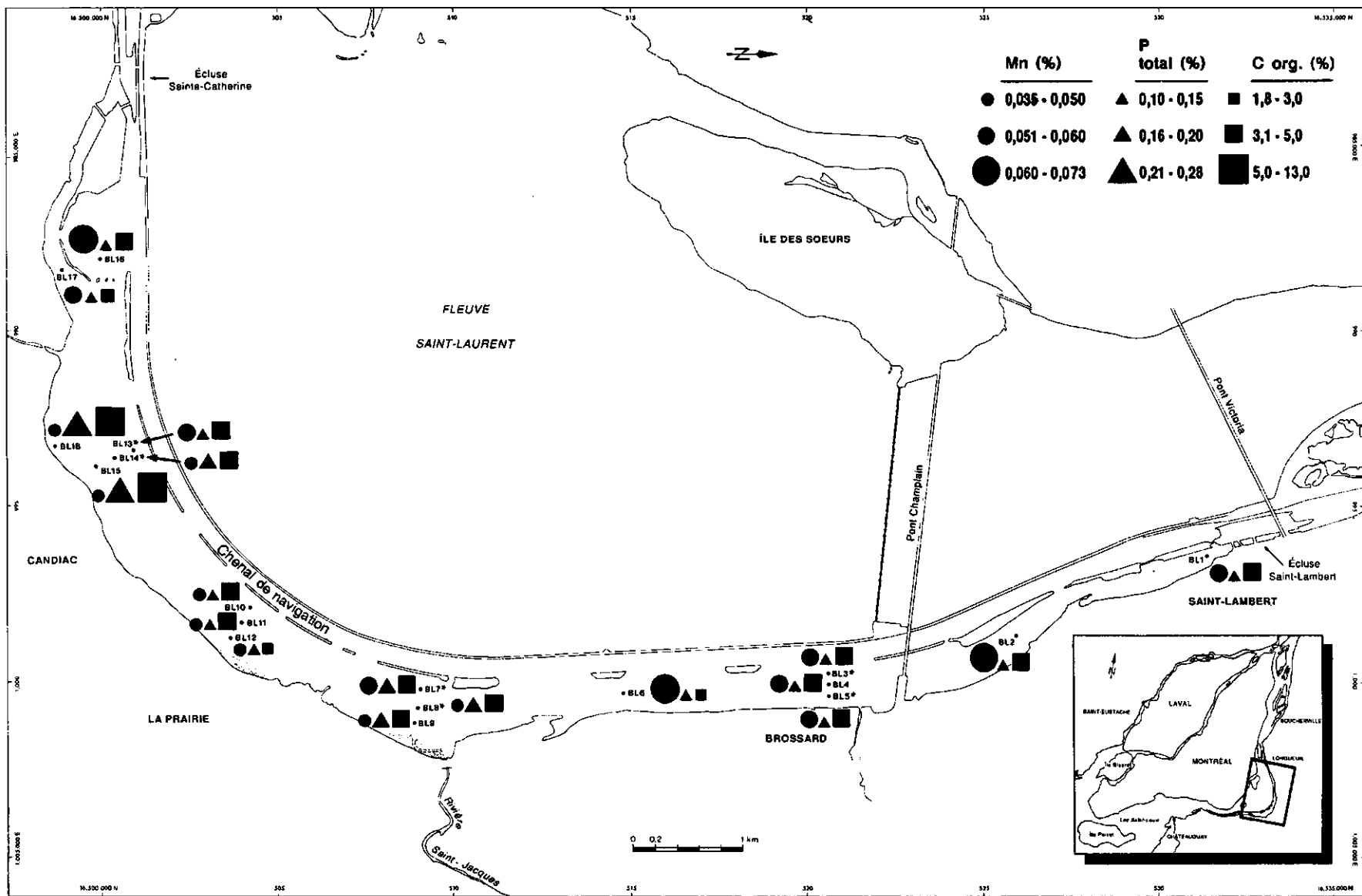


Figure 5 Teneur des sédiments du petit bassin de La Prairie en Mn, P total et C organique

La teneur en N total des sédiments du petit bassin de La Prairie n'a pas été mesurée mais elle peut être assez bien estimée par la teneur en N organique. En effet, l'azote organique serait la principale forme d'azote dans les sédiments des zones de dépôt composées d'argile limoneuse (Kemp *et al.*, 1977). Les teneurs observées sont comparables à celles rencontrées dans les Grands Lacs (Kemp *et al.*, 1977) et le lac Saint-François (Sloterdijk, 1985).

Pour évaluer le type de dépôts organiques présents, le rapport C/N a été utilisé. Un faible rapport (<9) indique la présence de matières organiques d'origine planctonique bien décomposées. Une valeur de 9 à 20 indique des matières organiques moyennement décomposées, caractéristique de la présence de macrophytes aquatiques, tandis qu'un rapport supérieur à 20 caractérise un milieu où les matières biologiques sont peu décomposées (Kemp *et al.*, 1977). L'abondance de macrophytes dans le petit bassin de La Prairie, ainsi que les résultats observés, permet de croire que celles-ci sont la principale source de matières organiques.

4.3 Contamination des sédiments

4.3.1 Description sommaire de la contamination.- Les statistiques de base pour les métaux lourds et les contaminants organiques analysés dans les sédiments de la zone d'étude apparaissent au tableau 7. Tous les métaux, sauf le Cd, ont été détectés à toutes les stations. Sur les neuf (9) chlorobenzènes dosés, trois ont été détectés. Parmi les 19 pesticides organochlorés (OC) analysés, seulement neuf (9) ont été détectés; par contre, seulement six (6) des 17 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) analysés demeurent sous la limite de détection. Cependant, seul le fluoranthène est présent à la majorité des stations. Les phénomènes de volatilisation et de photolyse (Persaud et Lomas, 1987) ainsi que la transformation en un autre composé (Champoux et Sloterdijk, 1988), peuvent expliquer en partie l'absence de plusieurs organochlorés dans les échantillons.

Afin d'évaluer la contamination des sédiments, les teneurs ont été comparées aux critères de qualité du MEO ainsi qu'aux normales géochimiques. Les normales utilisées (tableau 7) représentent les valeurs intermédiaires ou les plus réalistes de normales géochimiques suggérées par plusieurs auteurs (Förstner, 1977; Sérodes, 1978; Sloterdijk et Azzaria, 1979; Hakanson et Janson, 1983). Les BPC et

les pesticides organochlorés étant des produits organiques de synthèse, leur normale géochimique a été fixée à zéro. Des critères ont aussi été sélectionnés pour les organochlorés (OC) et le benzo(a)pyrène (BaP).

Parmi les métaux lourds, les teneurs en As, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn excèdent les critères de qualité du MEO à presque toutes les stations. Seul le Co respecte partout le critère fixé pour cet élément. Le même scénario se répète par rapport aux normales géochimiques, avec quelques variations. Certains des critères du MEO sont inférieurs aux normales géochimiques proposées. Ces critères, qui sont d'ailleurs en révision, sont probablement trop conservateurs. Le Co dépasse les normales géochimiques à 25 p.100 des stations alors que le Ni est toujours inférieur à la normale. Le V, pour lequel il n'y a pas de critère du MEO, ne dépasse jamais la normale géochimique.

Les teneurs en BPC et en huiles et graisses excèdent les critères du MEO dans presque toutes les stations. Les DDT totaux comprennent le p,p'-TDE, le p,p'-DDT, le p,p'-DDE et le o,p'-DDT. Le p,p'-DDE est le dérivé le plus commun et celui que l'on rencontre en plus forte teneur bien qu'il demeure au-dessous de la valeur fixée dans les critères de qualité du MEO. Le p,p'-DDT n'a pas été décelé dans les sédiments du petit bassin de La Prairie. Les autres pesticides organochlorés détectés ne sont présents qu'à quelques stations et en faibles teneurs. La teneur recommandée par le Comité des objectifs des écosystèmes aquatiques (AEOC, 1983) pour le BaP n'est dépassée ni par celui-ci, ni par aucun autre HAP analysé. Le BaP, le BbF et l'IDPY sont considérés cancérigènes (AEOC, 1983).

4.3.2 Comparaison de la contamination des sédiments du petit bassin de La Prairie avec celle des autres bassins du fleuve.- Les résultats ont été comparés avec ceux obtenus lors d'études précédentes dans différents tronçons du fleuve, de même qu'au lac Ontario (tableau 8). Les variables mesurées par Sérodes (1978) pour la même zone d'étude affichent des valeurs semblables, sauf le Hg dont les teneurs sont moins élevées dans la présente étude. Par contre, le Cr et le Pb se trouvent en teneurs plus élevées.

Comparativement au lac Saint-Louis (Champoux et Sloterdijk, 1988), les teneurs en As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb et HCB dans le petit bassin de La Prairie sont

Tableau 7 **Statistiques descriptives des teneurs en contaminants des sédiments du petit bassin de La Prairie**

Variable	Détection (%)	Critère du MEO (mg/kg)	Stations où les critères du MEO sont dépassés (%)	Normale géochimique (mg/kg)	Stations où la normale géochimique est dépassée (%)
As	100	8	72	8	72
Cd	39	0,1	54	0,3	21
Co	100	50	0	20	25
Cr	100	25	100	90	78
Cu	100	25	100	45	89
Hg	100	0,3	92	0,3	92
Ni	100	25	94	65	0
Pb	100	50	100	20	100
Se	100	n.d.	-	n.d.	-
V	100	n.d.	-	130	0
Zn	100	100	100	110	100
1,4-DCB	6	n.d.	-	n.d.	-
1,2,4-TCB	100	n.d.	-	n.d.	-
1,2,3-TCB	11	n.d.	-	n.d.	-
Huiles et graisses	72	1 500	61	n.d.	-
BPC totaux	100	0,05	100	0	100
Hexachlorobenzène	39	0,1 ^a	0	0	39
p,p'-DDT	22	n.d.	-	0	22
p,p'-TDE	78	n.d.	-	0	78
p,p'-DDE	89	0,1 ^a	0	0	89
DDT total	100	n.d.	-	0	100
b-Endosulfan	11	n.d.	-	0	11
a-Chlordane	17	n.d.	-	0	17
g-Chlordane	33	n.d.	-	0	33
Dieldrine	6	n.d.	-	0	6
Fluoranthène	78	n.d.	0	n.d.	-
Benzo(a)pyrène (BaP)	22	1,0 ^b	0	n.d.	-
IDPY	22	n.d.	-	n.d.	-
BFH	22	n.d.	-	n.d.	-
1,2,3,4-Tet	6	n.d.	-	n.d.	-
1-mtnhph	6	n.d.	-	n.d.	-
2-mtnhph	11	n.d.	-	n.d.	-
Acénaphthalène	6	n.d.	-	n.d.	-
Fluorène	11	n.d.	-	n.d.	-
Phénanthrène	33	n.d.	-	n.d.	-
Pyrène	67	n.d.	-	n.d.	-
HAP totaux	83	n.d.	-	n.d.	-

n.d. = non défini.

^a Comité aviseur des rejets en mer (Rochon, 1985).

^b AEOC, 1983.

Tableau 7 (suite)

Statistiques					Coefficient de variation (%)
Moyenne (mg/kg)	Écart type (mg/kg)	Médiane (mg/kg)	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	
9,82	4,89	8,75	4,01	27,16	50
<1,00	0,71	<1,00	<1,00	1,70	131
19,4	0,8	19,4	18,6	20,4	4
105,1	21,9	106,0	64,3	153,0	21
61,0	12,1	63,5	34,5	78,5	20
0,35	0,06	0,34	0,25	0,50	18
39,7	6,4	41,32	24,1	46,8	16
145,0	50,0	139,0	71,0	295,0	34
1,28	0,35	1,35	0,42	1,80	26
99,3	8,0	101,3	88,7	106,0	8
456,0	208,0	417,0	120,0	922,0	46
<0,05	0,02	<0,05	<0,05	0,07	424
0,061	0,069	0,041	0,007	0,303	113
<0,005	0,005	<0,005	<0,005	0,020	314
3 700	3 700	3 500	1 000	14 000	102
0,651	0,560	0,450	0,118	2,550	86
0,007	0,009	<0,004	<0,004	0,025	136
<0,004	0,002	<0,004	<0,004	0,008	204
0,008	0,006	0,008	<0,004	0,020	79
0,009	0,004	0,009	<0,004	0,016	50
0,017	0,010	0,015	0,005	0,040	59
<0,004	0,001	<0,004	<0,004	0,005	293
<0,004	0,003	<0,004	<0,004	0,010	253
<0,004	0,004	<0,004	<0,004	0,011	156
<0,004	0,001	<0,004	<0,004	0,005	424
0,22	0,16	0,21	<0,1	0,50	75
<0,1	0,10	<0,1	<0,1	0,28	204
<0,1	0,08	<0,1	<0,1	0,26	203
0,1	0,09	<0,1	<0,1	0,26	198
<0,05	0,012	<0,05	<0,05	0,51	424
<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,26	424
<0,05	0,10	<0,05	<0,05	0,41	364
<0,05	0,01	<0,05	<0,05	0,06	424
<0,05	0,03	<0,05	<0,05	0,09	294
0,07	0,13	<0,05	<0,05	0,51	191
0,12	0,10	0,13	<0,05	0,27	83
0,59	0,62	0,39	<0,1	2,15	104

Tableau 8 **Teneurs en contaminants des sédiments du petit bassin de La Prairie comparativement à ceux du lac Saint-Louis, du lac Saint-François et du lac Ontario**

Variable	Unité	Petit bassin de La Prairie			Petit bassin de La Prairie	
		Méd.	Min	Max	Min.	Max.
Al	%	6,14	4,97	8,50		
Ca	%	2,31	0,98	5,02		
Fe	%	3,82	2,34	4,23		
Mn	%	0,055	0,035	0,073	0,041	0,092
P total	%	0,135	0,101	0,279		
As	mg/kg	8,75	4,01	27,16		
Cd	mg/kg	<1,0	<1,0	1,7		
Co	mg/kg	19,4	18,6	20,4		
Cr	mg/kg	106,0	64,3	153,0	53,0	97,6
Cu	mg/kg	63,5	34,5	78,5	30,9	74,8
Hg	mg/kg	0,34	0,25	0,50	0,09	2,77
Ni	mg/kg	41,15	24,10	46,80	32,80	59,50
Pb	mg/kg	139,0	71,0	295,0	19,0	145,0
Se	mg/kg	1,35	0,42	1,80		
V	mg/kg	101,3	88,7	106,0		
Zn	mg/kg	417,0	120,0	922,0	127,0	1740,0
BPC totaux	mg/kg	0,5	0,1	2,6		
HCB	mg/kg	<0,004	<0,004	0,025		
DDT totaux	mg/kg	0,015	0,005	0,040		
Mirex	mg/kg	<0,004	<0,004	-		
HAP totaux	mg/kg	0,4	<0,10	2,2		
HAP (5)*	mg/kg	0,2	<0,10	1,0		

* Sommaton de fluoranthène, BbF, BkF, BFH et IDPY.

Tableau 8 (suite)

Lac Saint-Louis			Lac Saint-François			Lac Ontario	
Méd.	Min.	Max.	Méd.	Min.	Max	Min.	Max.
12,85	7,30	16,70					
5,40	1,79	20,19					
4,40	1,40	28,00					
0,090	0,030	0,340		0,012	0,082 ^a		
0,270	0,100	0,850					
4,00	<2,00	32,70					
1,0	<0,2	14,0					2,6 ^d
13,0	3,0	33,0				20,0	30,0 ^d
87,0	39,0	179,0		11,3	122,0 ^a	110,0	135,0 ^e
27,0	7,0	68,0		2,0	80,5 ^a		
0,28	0,01	4,78		0,00	1,47 ^c	1,30	1,81 ^e
32,00	8,00	99,00		3,00	61,0 ^a	45,00	57,0 ^e
31,0	11,0	101,0		0,0	150,0 ^a	130,0	280,0 ^e
0,75	<0,20	1,27					
52,0	18,0	110,0		69,0	92,0 ^e		
160,0	1,0	686,0		15,0	648,0 ^a	350,0	450,0 ^e
42,0	<5,0	288,0		1,01	900,0 ^c	26,0	84,0 ^f
1,0	<1,0	15,0		<1,0	13,0 ^c	97,0 ^g	
1,000	1,000	8,000		<1,0	16,7 ^c		
1,000	1,000	1,370		<1,0	3,3 ^c	<1,0	40,0 ^h
0,87	0,05	3,72		0,0	1,883 ^c		1,54 ⁱ
0,320	<0,007	1,610		0,0	1,537 ^c		

- ^a Présente étude.
- ^b Sérodes, 1978.
- ^c Champoux et Sloterdijk, 1988.
- ^d Sloterdijk, 1985.
- ^e Sly, 1983.
- ^f Kemp *et al.*, 1977.
- ^g Fox *et al.*, 1983.
- ^h Olivier et Nicol, 1982.
- ⁱ Hodrinet *et al.*, 1978.

semblables. Les teneurs en Cd, Fe, Hg, Mn, Mirex et en HAP totaux sont inférieures, tandis que les teneurs en Pb, Se, V, Zn, BPC et DDT sont supérieures.

Les teneurs en Cr, Cu et Ni mesurées dans le petit bassin de La Prairie sont semblables à celles retrouvées dans le lac Saint-François. Les teneurs en Pb, Zn, BPC, HCB et DDT sont supérieures et celles en Hg et en Mirex sont inférieures (Sérodes, 1978; Sloterdijk, 1985).

Les teneurs en Zn, BPC et DDT des sédiments du petit bassin de La Prairie sont plus élevées que celles enregistrées dans le lac Ontario. Par contre, les teneurs en Cd, Co, Hg, Ni, HCB et Mirex sont moindres au petit bassin de La Prairie.

Dans les sédiments du lac Saint-Louis, Champoux et Sloterdijk (1988) ont noté une valeur extrême en BPC de 0,288 mg/kg, ce qui est nettement inférieur à la médiane observée au petit bassin de La Prairie (0,450 mg/kg). Même au lac Saint-François où l'on a identifié une importante source de BPC dans la région de Massena, les teneurs mesurées par Sloterdijk (1985) demeurent inférieures à celles du petit bassin de La Prairie. On peut donc soupçonner une source importante de BPC à cet endroit. Les conditions hydrodynamiques décrites précédemment ainsi que la teneur élevée en C organique dans les sédiments de ce bassin pourraient expliquer l'accumulation de BPC. La présence de macrophytes aquatiques qui captent et accumulent les BPC directement de l'eau pourrait faciliter par la suite leur incorporation dans les sédiments (Sloterdijk, 1985).

Les teneurs en HAP totaux sont difficilement comparables d'un plan d'eau à l'autre car le nombre de composés de HAP analysés varie. Ainsi, les teneurs en HAP totaux au lac Saint-Pierre (Hardy *et al.* 1990), où seulement six composés ont été analysés, sont semblables à celles trouvées dans le petit bassin de La Prairie, où 17 composés ont été mesurés; 16 HAP ont été mesurés au lac Saint-Louis et huit au lac Saint-François. La médiane et les valeurs extrêmes de la sommation des cinq HAP (fluoranthène, BbF, BkF, BFH, IDPY) mesurés dans les divers plans d'eau ont été calculées. On constate que comparativement aux lacs Saint-François et Saint-Louis, les teneurs sont plus faibles dans le petit bassin de La Prairie.

Ces comparaisons, de même que celles effectuées avec les critères de qualité des sédiments du MEO et les normales géochimiques, ont permis de mettre en évidence un problème de contamination des sédiments. Dans la section suivante,

la répartition de chaque composé sera examinée de façon plus précise afin de déterminer, si possible, les sources probables de ces contaminants.

4.3.3 Répartition spatiale

4.3.3.1 Métaux lourds.- La répartition spatiale des métaux lourds est représentée aux figures 6, 7 et 8. La répartition des teneurs en As, Cd et Cr (figure 6) est uniforme dans tout le petit bassin, à l'exception de la station BL18, où on note une valeur extrême pour As. Comme la documentation (Malo et Gouin, 1977; Environnement Canada, 1985) ne mentionne aucune source locale de As, on soupçonne qu'il provient de l'émissaire de la municipalité de Candiac, la station BL18 se trouvant à proximité. La contamination par le Cd semble faible; il n'a été détecté qu'à 39 p.100 des stations. La limite de détection de cette variable égale le critère de qualité du MEO mais excède la normale géochimique. Il se pourrait que les sédiments de surface soient légèrement contaminés par le Cd, même si cette étude n'a pas permis de le révéler. Dans l'ensemble des stations, la teneur en Cr est supérieure à celle admise conformément au critère du MEO, alors que la normale géochimique est dépassée à partir de la classe intermédiaire.

Le Cu et le Hg affichent des teneurs supérieures au critère du MEO et à la normale géochimique dans la majorité des stations, tandis que le Ni demeure sous la normale géochimique. Leur répartition est assez uniforme dans l'ensemble du petit bassin de La Prairie (figure 7). Malo et Gouin (1977) ont noté des rejets industriels de Hg, Cu et Ni importants dans l'égout unitaire de Candiac qui se déverse en amont des stations BL15 et BL18. Cependant, les valeurs étant similaires pour l'ensemble de la zone d'étude, ces contaminants proviennent probablement aussi de sources localisées en amont du petit bassin de La Prairie.

Les teneurs en Pb et en Zn (figure 8) sont très élevées dans toute la région étudiée et dépassent partout les critères de qualité du MEO. La valeur maximale pour le Pb a été enregistrée à la station BL16, en amont de la zone d'étude. Elle est à cet emplacement six fois supérieure au critère. Pour le Zn, c'est à la station BL15, juste en aval de l'émissaire de Candiac, que l'on a détecté la valeur maximale. Les compagnies General Latex et Papiers Perkins évacuent d'importantes quantités de Pb et de Zn dans les égouts de Candiac. Le degré de contamination par le Se ne

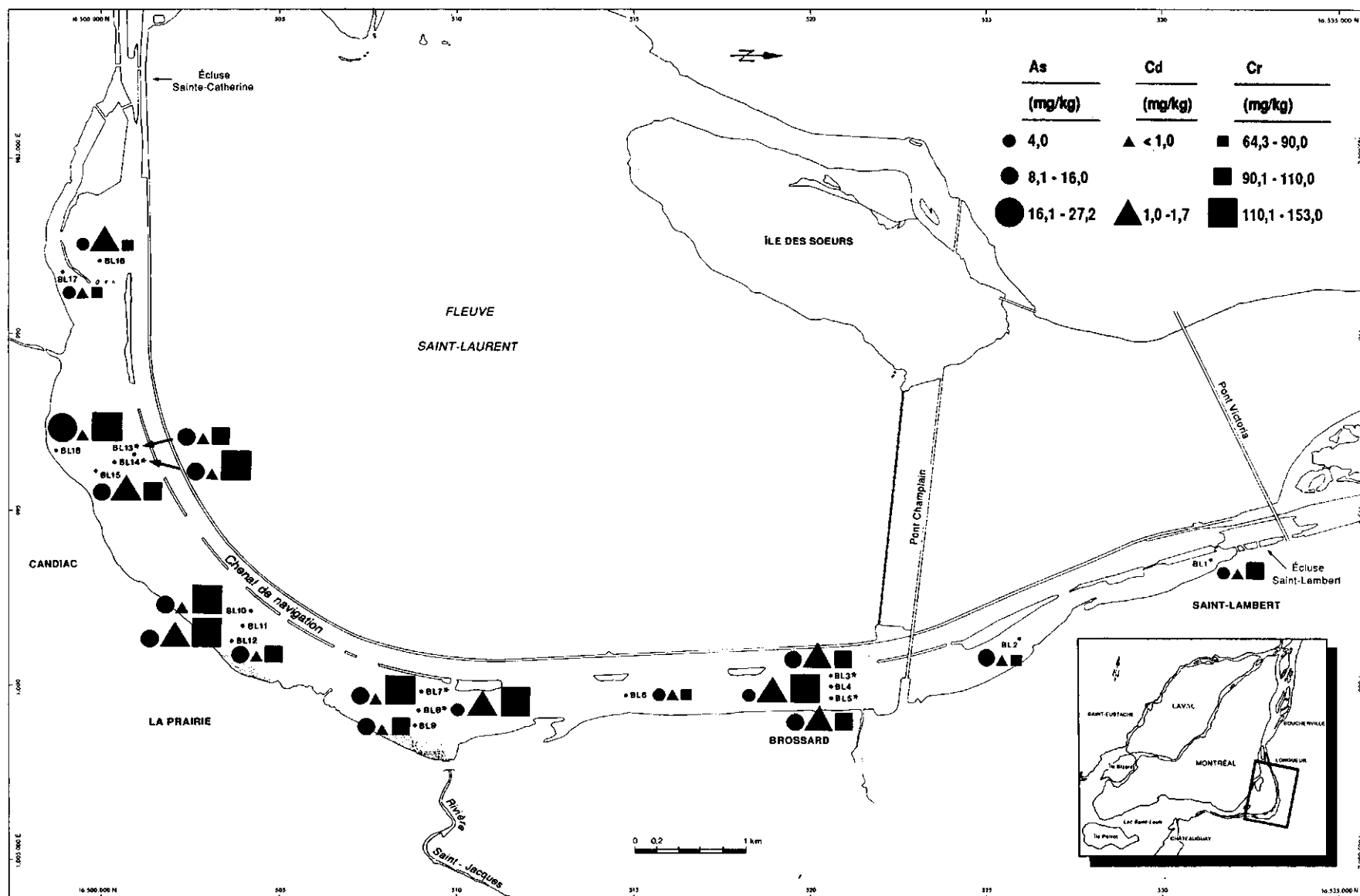


Figure 6 Teneur des sédiments du petit bassin de La Prairie en As, Cd et Cr

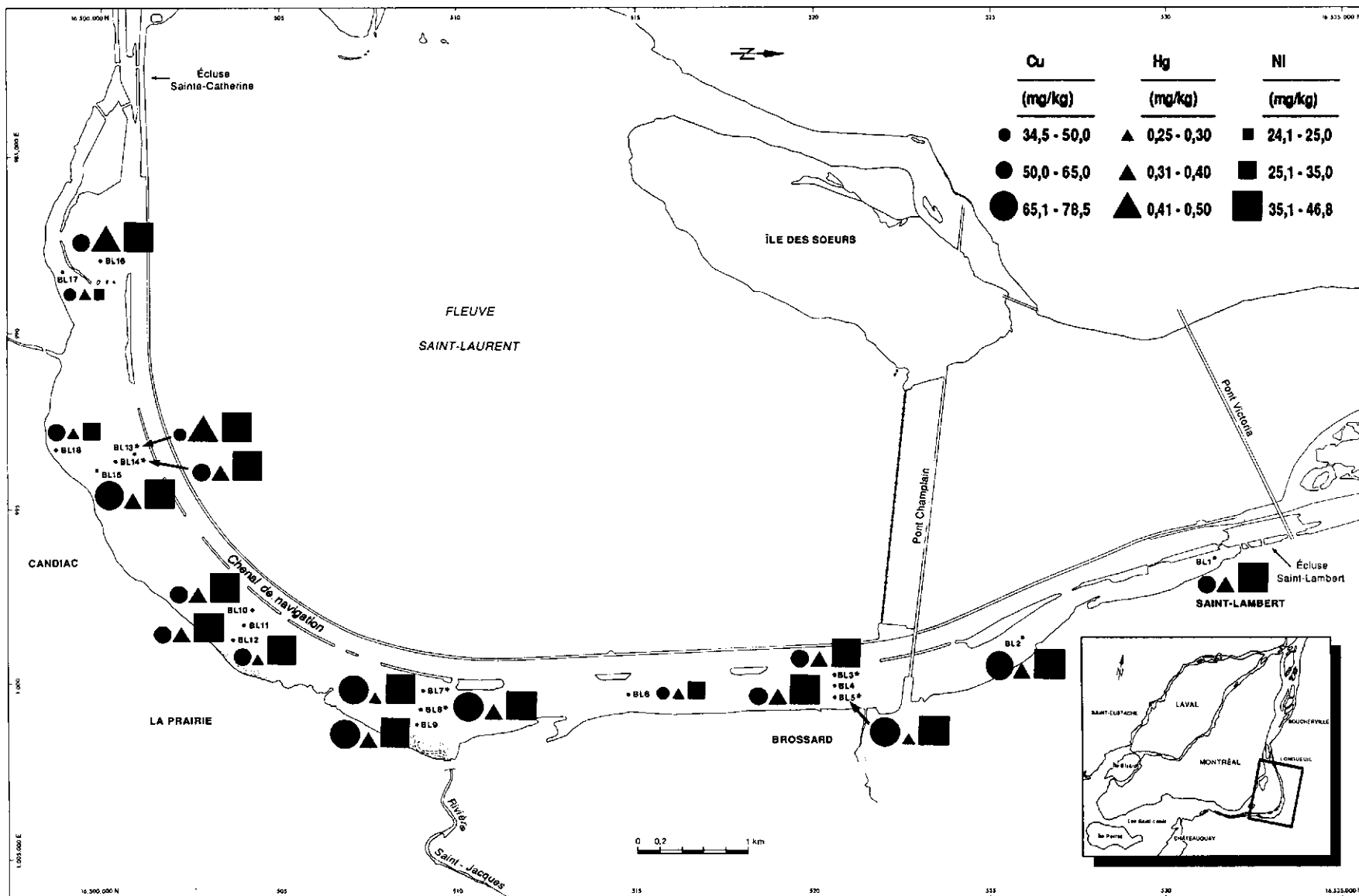


Figure 7

Teneur des sédiments du petit bassin de La Prairie en Cu, Hg et Ni

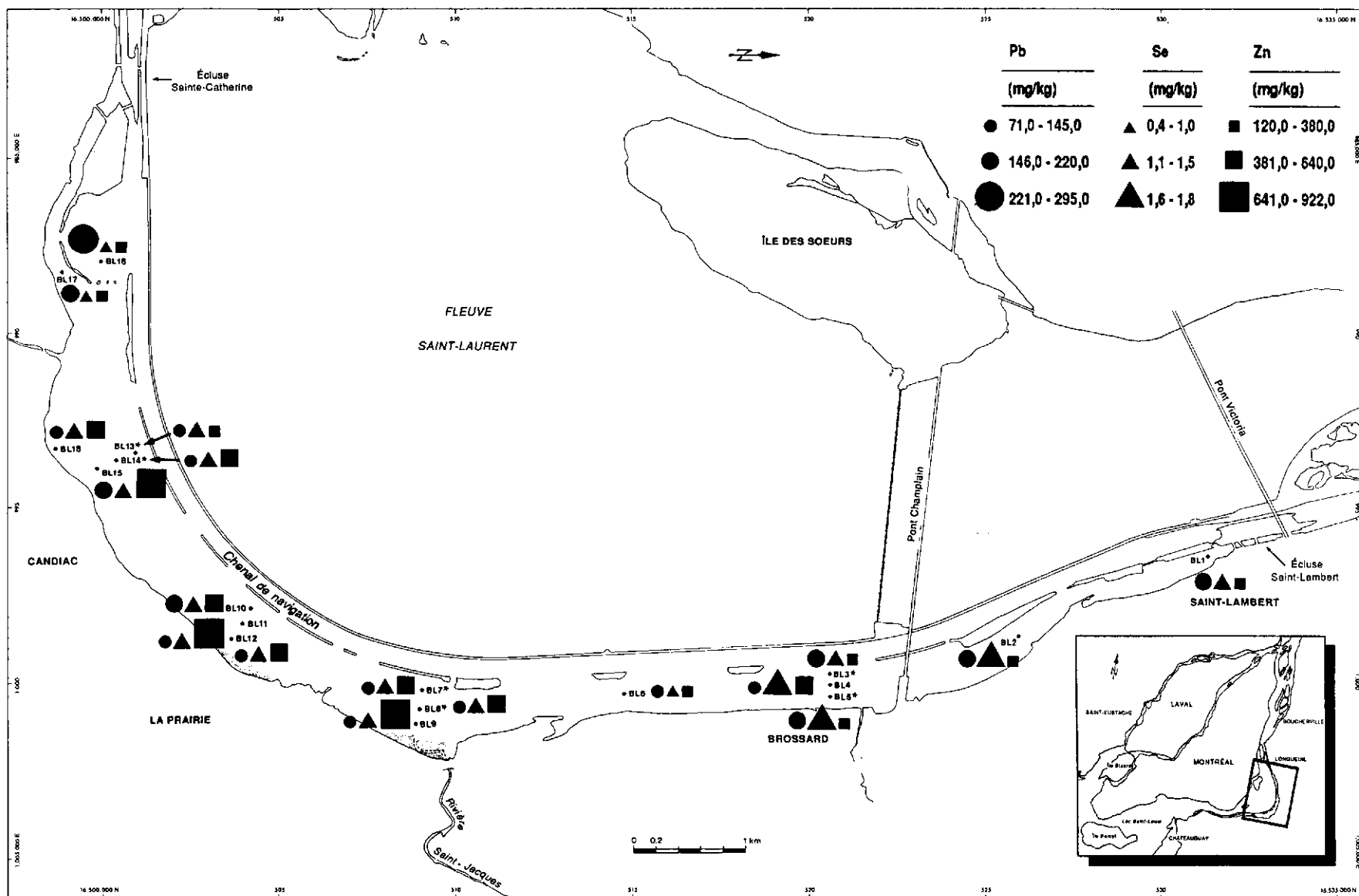


Figure 8 Teneur des sédiments du petit bassin de La Prairie en Pb, Se et Zn

peut être évalué car nous n'avons trouvé ni normale géochimique ni critère de qualité pour cet élément.

4.3.3.2 Contaminants organiques.- La répartition des teneurs en contaminants organiques est présentée aux figures 9, 10 et 11. L'ensemble du petit bassin de La Prairie est très contaminé par les BPC (figure 9). Toutes les valeurs sont supérieures au critère de qualité du MEO (0,05 mg/kg). C'est à la station BL18 située à la sortie de l'émissaire de Candiac, que l'on a enregistré la valeur maximale soit 2,55 mg/kg. Une teneur élevée est aussi enregistrée à la station BL9, située à l'embouchure de la rivière Saint-Jacques. Parmi les chlorobenzènes analysés, le trichloro-1,2,4 benzène a été détecté dans toutes les stations d'échantillonnage du petit bassin de La Prairie (figure 9). Le maximum a aussi été enregistré à la station BL18. La teneur minimale enregistrée dans ce bassin est plus élevée que la teneur maximale observée au lac Saint-François (Sloterdijk, 1985). La répartition des teneurs en huiles et en graisses est inégale: elles sont très élevées à certaines stations et sous le seuil de détection à d'autres. La valeur la plus élevée (14 000 mg/kg) s'applique à la station BL1, située au nord du petit bassin de La Prairie, en face de Saint-Lambert.

Les pesticides organochlorés analysés (figure 10) se trouvent en teneurs peu élevées et de façon occasionnelle dans tout le petit bassin de La Prairie. Les teneurs en DDT ne montrent pas de répartition particulière mais sont beaucoup plus importantes que celles observées dans les lacs Saint-Louis et Saint-François (Champoux et Sloterdijk, 1985; Sloterdijk, 1985). La station BL3 présente la teneur la plus élevée en DDT, soit 0,04 mg/kg. C'est à la même station que l'on enregistre la teneur maximale en HCB, soit 0,025 mg/kg. En ce qui concerne le HCB, une valeur de 0,022 mg/kg est signalée à la station BL9 située à l'embouchure de la rivière Saint-Jacques. Une partie de ces apports provient probablement du secteur amont du fleuve Saint-Laurent; il est toutefois probable que les rivières Saint-Jacques et à la Tortue sont des sources non négligeables de pesticides.

La répartition des teneurs en HAP totaux (figure 11) démontre que la zone d'étude n'est pas contaminée uniformément par ces composés. La station BL18 présente la valeur la plus élevée, indiquant une fois de plus l'importance de l'émissaire de Candiac comme source de contaminants. C'est aussi la station où l'on a décelé

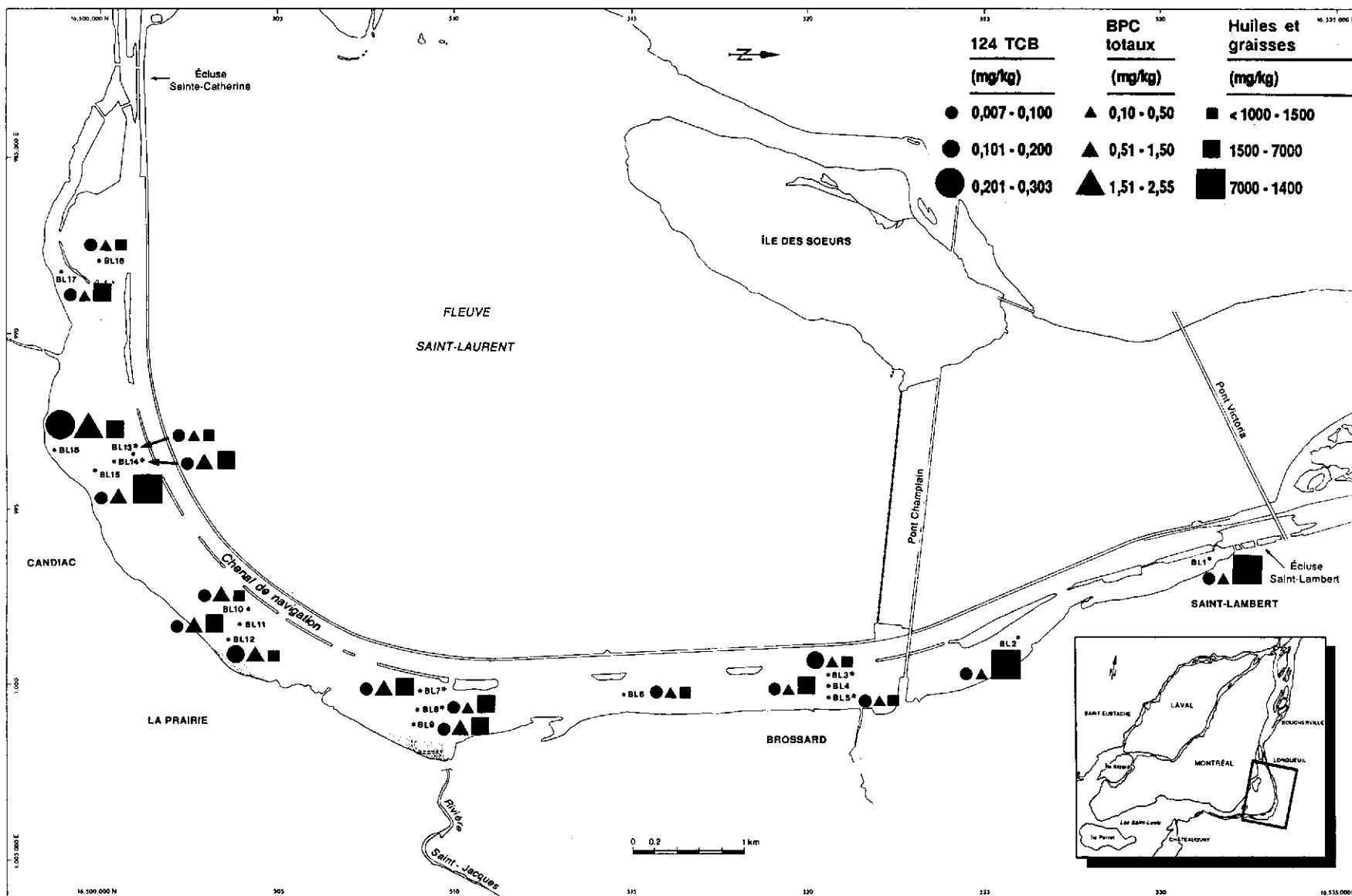


Figure 9

Teneur des sédiments du petit bassin de La Prairie en trichloro-1,2,4 benzène (124-TCB), BPC totaux, huiles et graisses

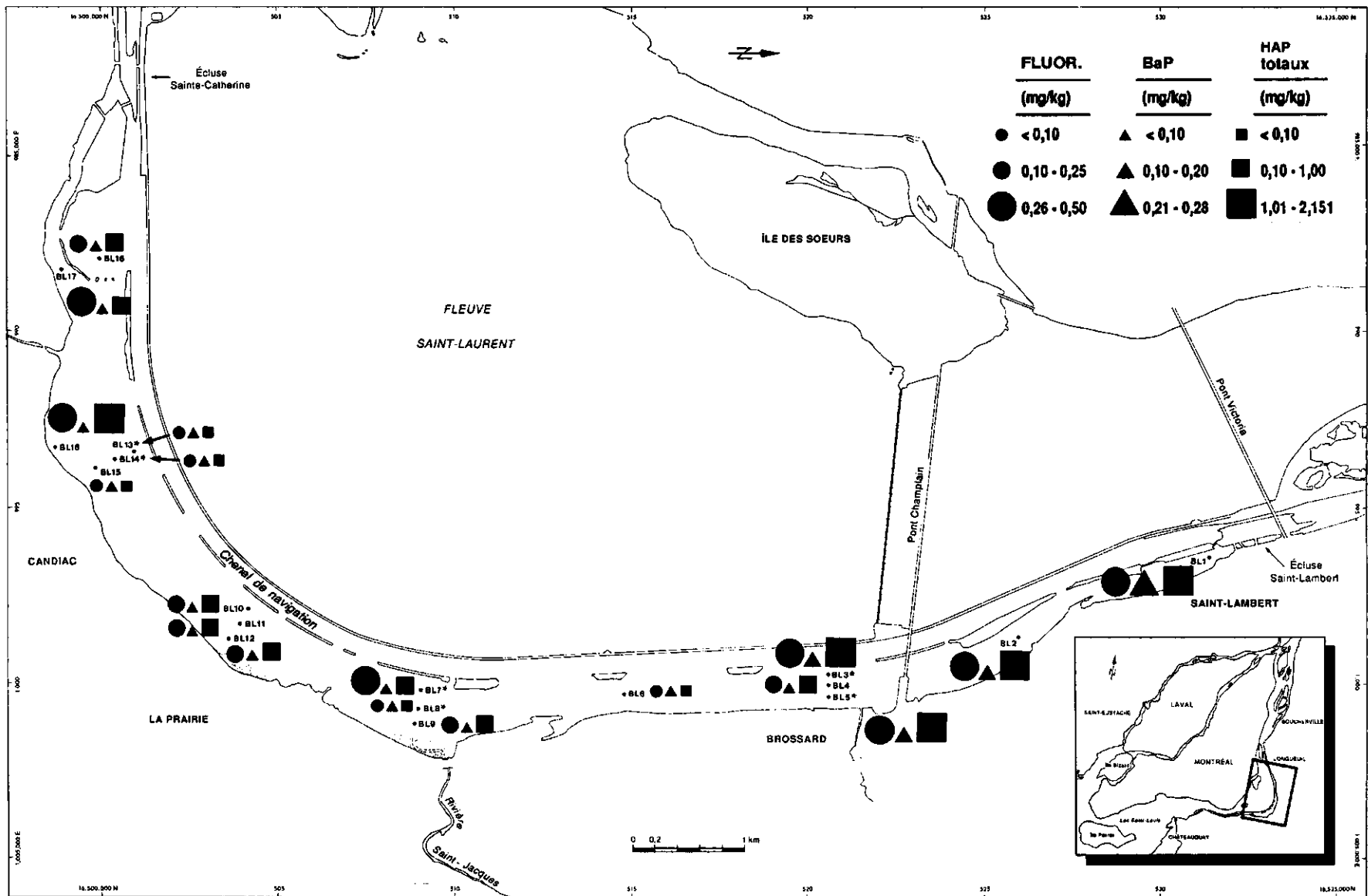


Figure 11 Teneur des sédiments du petit bassin de La Prairie en fluoranthène (FLUOR.), benzo(a)pyrène (BaP) et HAP totaux

le plus grand nombre de composés de HAP, soit huit sur les 17 dosés. Il est à noter cependant qu'aucun HAP n'a été décelé aux trois stations situées en aval de la station BL18. La répartition du fluoranthène, HAP le plus souvent détecté dans la présente étude, est semblable à celle des HAP totaux. La répartition des HAP cancérigènes (BFH et IDPY) se limite à quatre stations situées en aval du bassin.

4.3.4 Évaluation de la qualité des sédiments par l'indice de contamination.-

Pour établir la qualité des sédiments aux différentes stations d'échantillonnage du petit bassin de La Prairie, on s'est servi de l'indice de contamination calculé à l'aide des critères du ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO) pour le dépôt des déblais de dragage en eaux libres. On a retenu les teneurs en As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn, BPC et en huiles et graisses pour le calcul de l'indice. L'indice de contamination pour chacune des stations est indiqué au tableau 9, et la répartition spatiale des indices est présentée à la figure 12.

Comme on peut le constater, l'indice de contamination calculé est toujours supérieur à 1,60, ce qui indique une contamination généralisée du petit bassin de La Prairie. Les sédiments de la station BL18 sont particulièrement contaminés (indice: 6,68). Cet indice élevé serait attribuable aux fortes teneurs en As et en BPC relevées à cet endroit.

4.4 Corrélations entre les variables

La matrice de corrélations de Spearman entre les contaminants est présentée à la figure 13. Certains contaminants n'apparaissent pas dans cette matrice car la majorité des valeurs obtenues pour ces variables se situent sous les limites de détection. La matrice de l'ensemble des corrélations entre toutes les variables se trouve à l'annexe 5.

Dans le groupe des variables granulométriques, le sable se distingue par ses corrélations négatives avec les matières organiques de même qu'avec plusieurs métaux lourds, ce qui traduit la nature plutôt inerte des particules sablonneuses. Les particules fines (limon et argile) sont aussi reliées négativement avec les matières organiques, ce qui semble contraire à ce qu'on observe généralement (Champoux et

Tableau 9 *Indice de contamination des sédiments du petit bassin de La Prairie, calculé d'après les critères du MEO pour le dépôt des déblais de dragage en eaux libres*

Station	Indice
BL 1	3,51
BL 2	3,02
BL 3	2,75
BL 4	2,79
BL 5	2,82
BL 6	1,61
BL 7	3,75
BL 8	3,37
BL 9	4,76
BL 10	3,67
BL 11	3,81
BL 12	3,38
BL 13	2,24
BL 14	3,67
BL 15	4,74
BL 16	2,25
BL 17	1,84
BL 18	6,68
Moyenne	3,37
Écart type	1,20

Sloterdijk, 1988; Sly, 1984); elles sont reliées positivement avec le fer, certains métaux (As, Se, Hg, Zn, Cu, Pb) et certains contaminants organiques (HCB, DDE, Aroclor 1242).

La plus forte corrélation entre les principaux éléments concerne le carbone organique et l'azote organique. On constate aussi une forte corrélation entre ces deux éléments et le P total, le P inorganique et l'Al. P et Al affichent une corrélation significative entre eux mais une corrélation négative avec le Mn et le Fe. Celles-ci peuvent s'expliquer du fait de leur origine géochimique différente. L'absence de corrélation significative entre Fe et Mn illustre une différence importante entre le petit bassin de La Prairie et les autres plans d'eau étudiés (Jarry *et al.*, 1985; Champoux et Sloterdijk, 1988), où l'on a observé une association de ces deux éléments sous

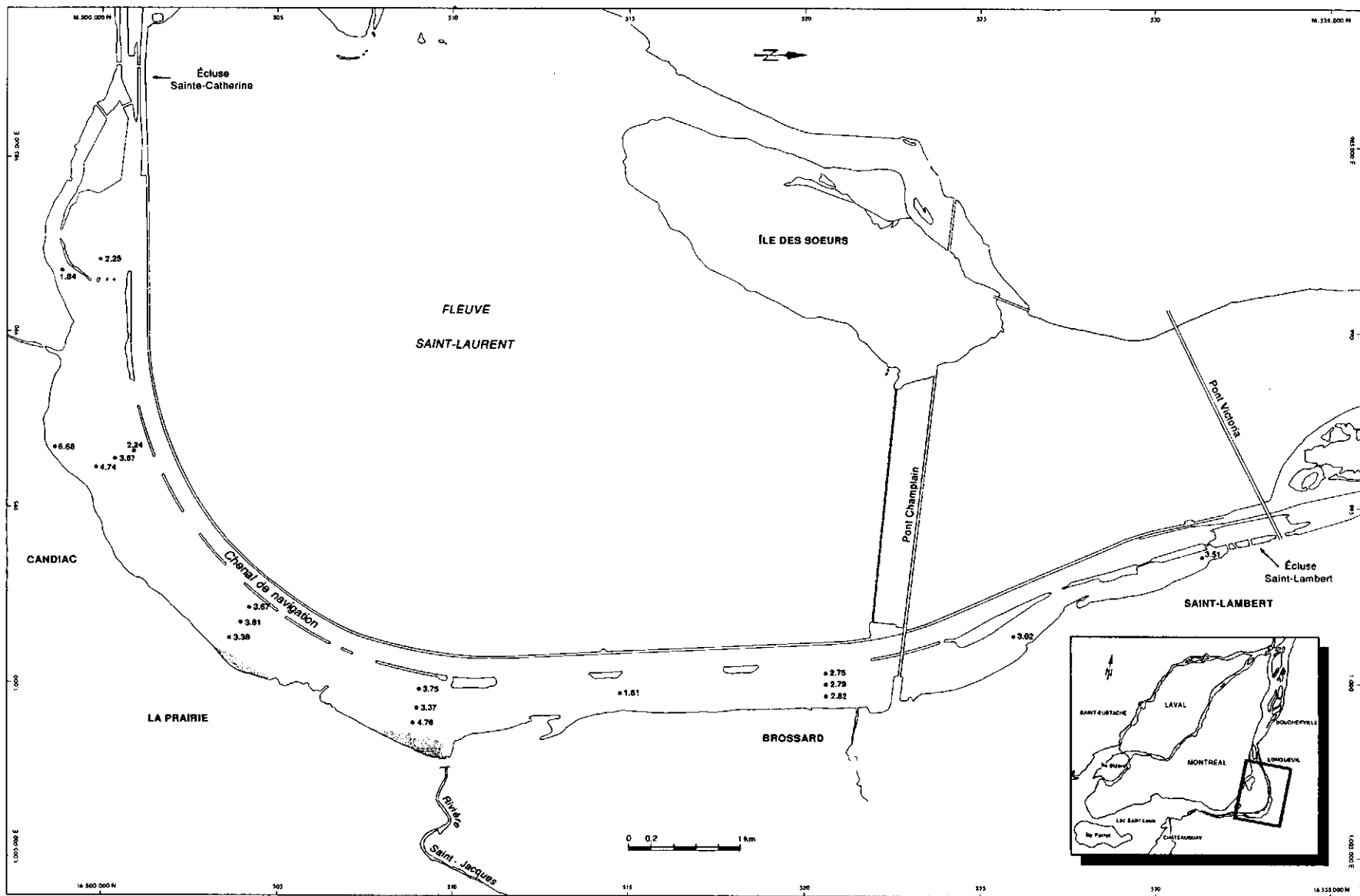


Figure 12 *Indice de contamination des sédiments du petit bassin de La Prairie*

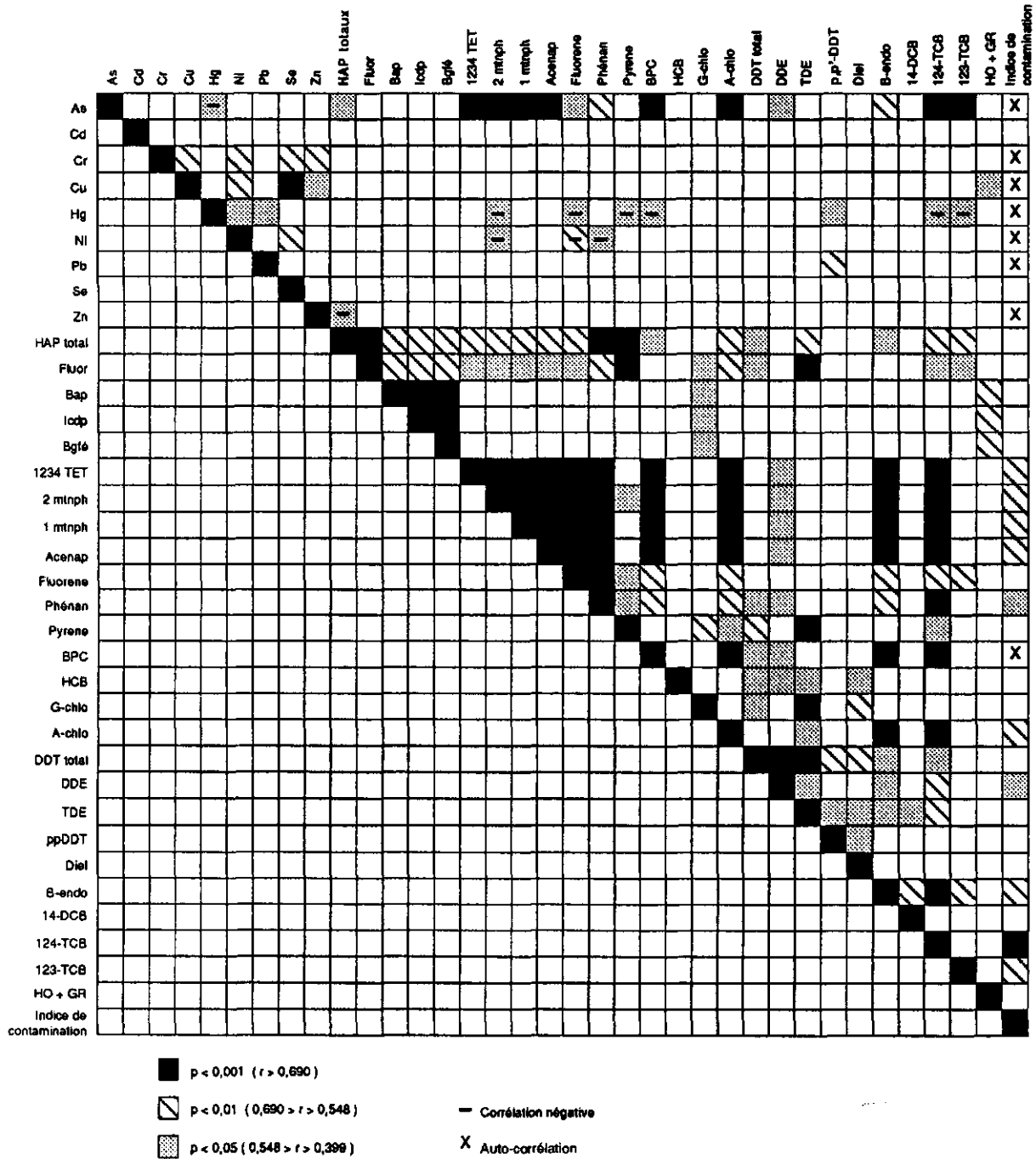


Figure 13 Matrice de corrélations de Spearman entre les polluants

forme d'hydroxydes de Mn et de Fe, phénomène également observé par d'autres auteurs (Williams *et al.*, 1976; Sly, 1983).

Les métaux lourds affichent généralement des corrélations positives entre eux, notamment entre Cr, Cu, Ni, Se et Zn. Aucune corrélation ne ressort entre l'As, le Cd, le Hg et le Pb et les autres métaux, probablement parce qu'ils proviennent de sources différentes. L'As affiche cependant de fortes corrélations avec les matières organiques et l'Al. Les matières organiques montrent des relations avec plusieurs métaux lourds et tous les contaminants organiques, ce qui corrobore les relations établies au lac Saint-Pierre (Hardy *et al.*, 1990) de même qu'au lac Saint-Louis (Champoux et Sloterdijk, 1988). Plusieurs métaux lourds (Cu, Hg, Ni, Pb, Se) sont reliés avec les particules fines des sédiments, alors que la majorité des contaminants organiques affichent des corrélations négatives avec les particules fines. Il existe une forte corrélation entre presque tous les composés organiques, notamment entre les composés du groupe des HAP, de même qu'entre les BPC et les HAP totaux. Il y a aussi corrélation entre les huiles et les graisses et quelques HAP.

Les relations entre les métaux et les contaminants organiques sont généralement faibles. As affiche cependant de fortes corrélations avec les BPC, divers HAP et quelques chlorobenzènes et pesticides organochlorés. Ceci peut s'expliquer par leur source commune dans le petit bassin de La Prairie, soit l'émissaire de Candiac.

L'indice de contamination, qui est en autocorrélation avec les variables retenues pour le calcul de cet indice, est relié avec les matières organiques, le C organique et le V.

4.5 Discussion générale

Du point de vue granulométrique, le petit bassin de La Prairie présente des conditions lacustres et peut être considéré comme un bassin de sédimentation dans toute sa partie littorale, à l'exclusion du chenal de navigation.

Du point de vue minéralogique, les sédiments du petit bassin de La Prairie sont caractéristiques des basses-terres du Saint-Laurent. La faible variabilité observée est représentative de conditions hydrodynamiques stables et d'une source homogène d'apport de sédiments. Ceux-ci étant plus riches en matières organiques, ils

présentent un excellent potentiel d'accumulation de contaminants organiques et inorganiques.

Les teneurs en contaminants organiques et inorganiques enregistrées excèdent les critères de qualité du MEO et les normales géochimiques à presque toutes les stations. L'As, le Cd, le Pb, le Zn, les BPC, le DDT ainsi que les huiles et les graisses présentent les teneurs les plus élevées. L'action du vent et des vagues, dans ce bassin de faible profondeur, pourrait provoquer la remise en suspension des sédiments contaminés et la libération dans la colonne d'eau d'une partie des substances toxiques qu'ils renferment (Jennet et Effler, 1980).

Bien que l'origine des différents apports de contaminants soit parfois difficile à déterminer, la configuration particulière du petit bassin de La Prairie permet de tirer certaines conclusions des résultats observés. La majeure partie des eaux du petit bassin de La Prairie proviennent du fleuve Saint-Laurent, par l'intermédiaire du lac Saint-Louis. Il est donc probable qu'une part importante des contaminants retrouvés dans ce bassin proviennent du fleuve. Comme le débit est très lent, le fleuve n'est pas nécessairement la source la plus importante, mais cela pourrait expliquer le degré de contamination de base observé à la grandeur de ce bassin et illustré par l'indice de contamination.

L'émissaire de la ville de Candiac, qui reçoit les rejets des nombreuses industries installées sur son territoire, semble véhiculer d'importantes quantités de contaminants organiques et inorganiques, si on se rapporte aux teneurs enregistrées dans les sédiments des stations situées en aval de celui-ci. C'est à la station la plus proche de cet émissaire que l'indice de contamination est le plus élevé. La valeur à cet endroit est près du double de la moyenne calculée pour l'ensemble du petit bassin de La Prairie.

Bien que le débit des tributaires soit faible, leurs apports sont probablement importants. La rivière à la Tortue contribuerait notamment à l'apport en phosphore, et la rivière Saint-Jacques, à l'apport en BPC.

Les corrélations observées entre les diverses variables illustrent l'influence des matières organiques présentes dans les sédiments sur la répartition des contaminants organiques et le rôle des particules d'argile et de limon dans la répartition des métaux lourds.

5 CONCLUSION

La partie littorale du petit bassin de La Prairie constitue une vaste zone homogène caractérisée par une faible hydrodynamisme et une forte sédimentation de particules fines. Ces conditions, alliées à un pourcentage élevé de matières organiques, favorisent l'accumulation de nombreuses substances toxiques dans les sédiments en teneurs supérieures à celles fixées par les critères de qualité du ministère de l'Environnement de L'Ontario pour le rejet de déblais de dragage en eaux libres. Les principaux contaminants sont l'As, le Cd, le Pb, le Zn, les BPC, le DDT ainsi que les huiles et les graisses.

RÉFÉRENCES

- AEOC Annual report (1983). *Report of the Aquatic ecosystem objectives Committee*. Great Lakes Science Advisory Board. Rapport présenté à la Commission mixte internationale.
- APHA (American Public Health Association) (1985). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 16^e édition.
- Bureau d'étude sur les substances toxiques (BEST) (1980). *Les méthodes d'analyse des pesticides organochlorés et des biphényles polychlorés dans l'eau, les sédiments, les boues, les sols, les milieux biologiques, l'air et les hydrocarbures*. Comité de normalisation des méthodes d'analyse, ministère de l'Environnement du Québec. 184 p.
- Champoux, L. et H.H. Sloterdijk (1988). *Étude de la qualité des sédiments du lac Saint-Louis 1984-1985. Rapport technique n° 1: Géochimie et contamination*. Direction des eaux intérieures, Conservation et Protection, région du Québec, Environnement Canada. 177 p.
- Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1978). Rapport soumis aux ministres de l'Environnement du Québec et du Canada. 293 p.
- Désilets, L. et C. Langlois (1989). *Variabilité spatiale et saisonnière de la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent*. Direction des eaux intérieures, région du Québec. Centre Saint-Laurent, Environnement Canada. 112 p.
- Duncan, G.A. et G.G. LaHaie 1979. *Size analysis procedures used in the sedimentology laboratory*. Institut national de recherche sur les eaux. Rapport non publié, 23 p.
- Entraco (1989). *Évaluation de l'apport au fleuve Saint-Laurent des substances toxiques en provenance des tributaires québécois*. Rapport produit par le Groupe Conseil Entraco pour le Centre Saint-Laurent, Environnement Canada. 132 p. + annexes.
- Environnement Canada (1979). *Analytical methods manual*. Direction des eaux intérieures, Division de la qualité de l'eau, Environnement Canada. Ottawa.
- Environnement Canada (1981). *Les substances toxiques dans le fleuve Saint-Laurent. Résumé*. Service de la protection de l'environnement, région du Québec. 91 p.
- Environnement Canada (1985). *Inventaire des connaissances sur les sources de pollution dans le fleuve Saint-Laurent. Tronçon Cornwall-Sorel*. Service de la protection de l'environnement, région du Québec. 68 p.

- Förstner, U. (1977). «Metal Concentrations in Freshwater Sediments - Natural Background and Cultural Effects». Dans Golterman, H.L. (éd.), *Interactions Between Sediments and Freshwater*. Junk/Pudoc, La Haye (Pays-Bas), p. 94-103.
- Fox, M. E., J.H. Carey et B.C. Oliver (1983). «Compartmental distribution of organochlorine contaminants in the Niagara River and the western basin of Lake Ontario». *J. Great Lakes Research* 9 (2): 287-294.
- Frank, R., R.L. Thomas, M. Holdrinet, A.L.W. Kemp et H.E. Braun (1979). «Organochlorine insecticides and PCB in surficial sediments (1968) and sediment cores (1976) from Lake Ontario». *J. Great Lakes Research* 5 (1): 18-27.
- Germain, A. et M. Janson (1984). *Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent de Cornwall à Québec (1977-1981)*. Direction générale des eaux intérieures, région du Québec, Environnement Canada. 232 p.
- Guay, G. et J. Dandurand (1986). *Utilisation des jeunes poissons de l'année comme bio-indicateurs des substances toxiques dans le fleuve Saint-Laurent (tronçon fluvial: Cornwall-Portneuf)*. Rapport préparé par Environnement Illimité Inc. pour la Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada. 132 p. et annexes.
- GPR (1985). *Diagnostic d'eutrophisation et évaluation technique et économique des différentes options possibles de rajeunissement de petit bassin de La Prairie*. Géophysique GPR International Inc. Présenté au Secrétariat Archipel. 35 p. + annexes.
- Hakanson, L. et M. Janson (1983). *Principles of Lake Sedimentology*. Springer-Verlag. 316 p.
- Hardy, B., L. Champoux, J. Bureau et H.H. Sloterdijk (1990). *Caractérisation des sédiments du lac Saint-Pierre, fleuve Saint-Laurent*. Centre Saint-Laurent, Environnement Canada. Sous presse.
- Holdrinet, M.V.H., R. Frank, R.L. Thomas, L.J. Helting (1978). «Mirex in the sediments of Lake Ontario». *J. Great Lakes Research* 4(1): 69-74.
- IJC (International Joint Commission) (1983). *Report of the Aquatic Ecosystem Objectives Committee*. Great Lakes Science Advisory Board. International Joint Commission, Windsor, Ontario, 69 p.
- Jarry, V., P.E. Ross, Champoux, H.H. Sloterdijk, Y. Couillard, A. Mudroch et F. Lavoie (1985). «Répartition spatiale des contaminants dans les sédiments du lac Saint-Louis». *Water Poll. Res. J. Canada* 20 (2): 75-99.
- Jennet, J.C., S.W. Effler (1980). «Mobilization and toxicological aspects of sedimentary contaminants». Dans R.A. Baker. *Contaminants and sediments*. Ann Arbor Science.

- Kemp, A.L.W., R.L. Thomas, H.K.T. Wong et L.M. Johnston (1977). «Nitrogen and C/N Ratios in the sediments of Lakes Superior, Huron, St.Clair, Erie, and Ontario». *Can. J. Earth Sciences*, 14: 2402-2413.
- Landry, B. et M. Mercier (1984). *Notions de géologie avec exemples du Québec*. 2^e édition. Modulo éditeur.
- Legendre, P. et L. Legendre (1984). *Écologie numérique*. Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec. Tomes 1 et 2. 260 p. et 355 p.
- Malo, D. et D. Gouin (1977). *Caractérisation des apports. Rapport technique n° 14*. Soumis au Comité d'étude du fleuve Saint-Laurent par les Services de protection de l'environnement du Québec. 332 p.
- MEO (Ontario Ministry of the Environment) (1979). «Evaluating the impacts of marine construction activities on water resources (addendum 1978)». Dans *Interim report of the Dredging Subcommittee of Great Lakes Water Quality Board*. Commission mixte internationale, Windsor, Ontario. p. 51-61.
- Neff, J.M. (1979). *Polychlorinated aromatic hydrocarbons in the environment. Sources, fate and biological effects*. Applied Sci. Publishers Ltd, London. 262 p.
- Rochon, R. (1985). *Problématique des activités de dragage*. Service de la protection de l'environnement, région du Québec, Environnement Canada. 80 p.
- Sérodes, J.-B. (1978). *Qualité des sédiments du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Varennes. Rapport technique no 15*. Soumis au Comité d'étude du fleuve Saint-Laurent par la Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada. 467 p.
- Sloterdijk, H. (1985). *Substances toxiques dans les sédiments du lac Saint-François (fleuve Saint-Laurent, Québec)*. Direction générale des eaux intérieures, région du Québec, Environnement Canada. 79 p. + 34 cartes.
- Sloterdijk, H.H. et L.M. Azzaria (1979). *Étude des sédiments de la région de Rouyn-Noranda*. Rapport sectoriel E-5 Groupe écologie, projet «Région Rouyn-Noranda». Bureau d'études sur les substances toxiques. Environnement Québec. 189 p.
- Sly, P.G., H.L. Golterman et R.L. Thomas (1981). «Importance des sédiments dans l'étude de l'environnement aquatique». *Bulletin de la qualité des eaux*, 6(2) : 29-33 et 53-54.
- Sly, P.G. (1983). «Sedimentology and geochemistry of recent sediments off the mouth of the Niagara River, Lake Ontario». *J. Great Lakes Research* 9 (2): 134-159.
- Sly, P.G. (1984). *Ibidem*.

Wentworth, C.K. (1922). «A scale of Grade and Class Terms of Clastic Sediments». *J. Geol.*,30: 377-92.

Williams, J.D.H., J.M. Jacquet, et R.L. Thomas (1976). «Forms of phosphorus in the surficial sediments of Lake Erie». *J. Fish. Res. Board Canada*, 33: 413-429.

ANNEXES

ANNEXE 1

Projet Chironomidés

A.1 PROBLÉMATIQUE

Les invertébrés benthiques accumulent les contaminants présents dans l'environnement aquatique. Les concentrations retrouvées chez ces organismes peuvent excéder celles de la colonne d'eau et des sédiments (Krantzberg et Stokes, 1988). Cette bio-accumulation semble entraîner des malformations chez certains invertébrés benthiques (B. Warwick, comm. pers.).

C'est dans cette optique qu'une étude pilote a été initiée en juin 1987 avec la coopération du D^r W. Warwick, chercheur scientifique à la Division d'écologie aquatique d'Environnement Canada, région de la Saskatchewan, afin d'établir les relations entre les contaminants présents dans les sédiments et la présence d'anomalies anatomiques capsulaires chez les Chironomidés.

Cette annexe s'insère dans le rapport sur la caractérisation des sédiments de fond du petit bassin de La Prairie et vise à décrire l'état de contamination des sédiments aux stations où des prélèvements de Chironomidés ont été effectués. Les résultats des analyses granulométriques et de la composition en principaux éléments, en métaux lourds et en contaminants organiques sont aussi présentés.

A.2 ZONE D'ÉTUDE

Pour réaliser cette étude, 14 stations d'échantillonnage ont été positionnées dans le fleuve Saint-Laurent à des endroits jugés fortement contaminés sur la base d'études antérieures. Six stations se trouvent dans le lac Saint-Louis, six autres sont situées dans le petit bassin de La Prairie; une station a été installée à l'entrée du canal de Lachine et une dernière dans le Port de Montréal. Le tableau A.1 donne les coordonnées géographiques des 14 stations; l'emplacement des stations du lac Saint-Louis apparaît à la figure A.1, et celui des stations d'échantillonnage du petit bassin de La Prairie est indiqué à la figure 1 (p. 3) du présent rapport.

Tableau A.1 **Coordonnées géographiques des stations du projet
Chironomidés et dates d'échantillonnage**

Station	Coordonnées UTM*		Date d'échantil- lonnage
	Est	Nord	
<i>Petit bassin de La Prairie</i>			
BL 3	617187	5035362	2 juin 1987
BL 5	617426	5035335	2 juin 1987
BL 7	617383	5031816	28 mai 1987
BL 8	617536	5031787	28 mai 1987
BL 13	615580	5029405	27 mai 1987
BL 14	615519	5029187	27 mai 1987
<i>Lac Saint-Louis</i>			
BW 2	583955	5035362	3 juin 1987
BW 4	586784	5035335	3 juin 1987
BW 5	587566	5033575	4 juin 1987
BW 6	587001	5031816	4 juin 1987
BW 7	588694	5031787	4 juin 1987
BW 8	593114	5029907	4 juin 1987
<i>Canal de Lachine</i>			
BW 9	603943	5030352	4 juin 1987
<i>Port de Montréal</i>			
PDM	614714	5044670	5 juin 1987

* UTM: Projection mercator transversale universelle.

A.3 MÉTHODOLOGIE

L'échantillonnage, les analyses granulométriques et chimiques ainsi que le traitement statistique ont été réalisés de la même façon que ceux décrits en 3.1, 3.2, 3.3 et 3.4 du présent rapport, à l'exception des corrélations entre variables qui n'ont pas été calculées.

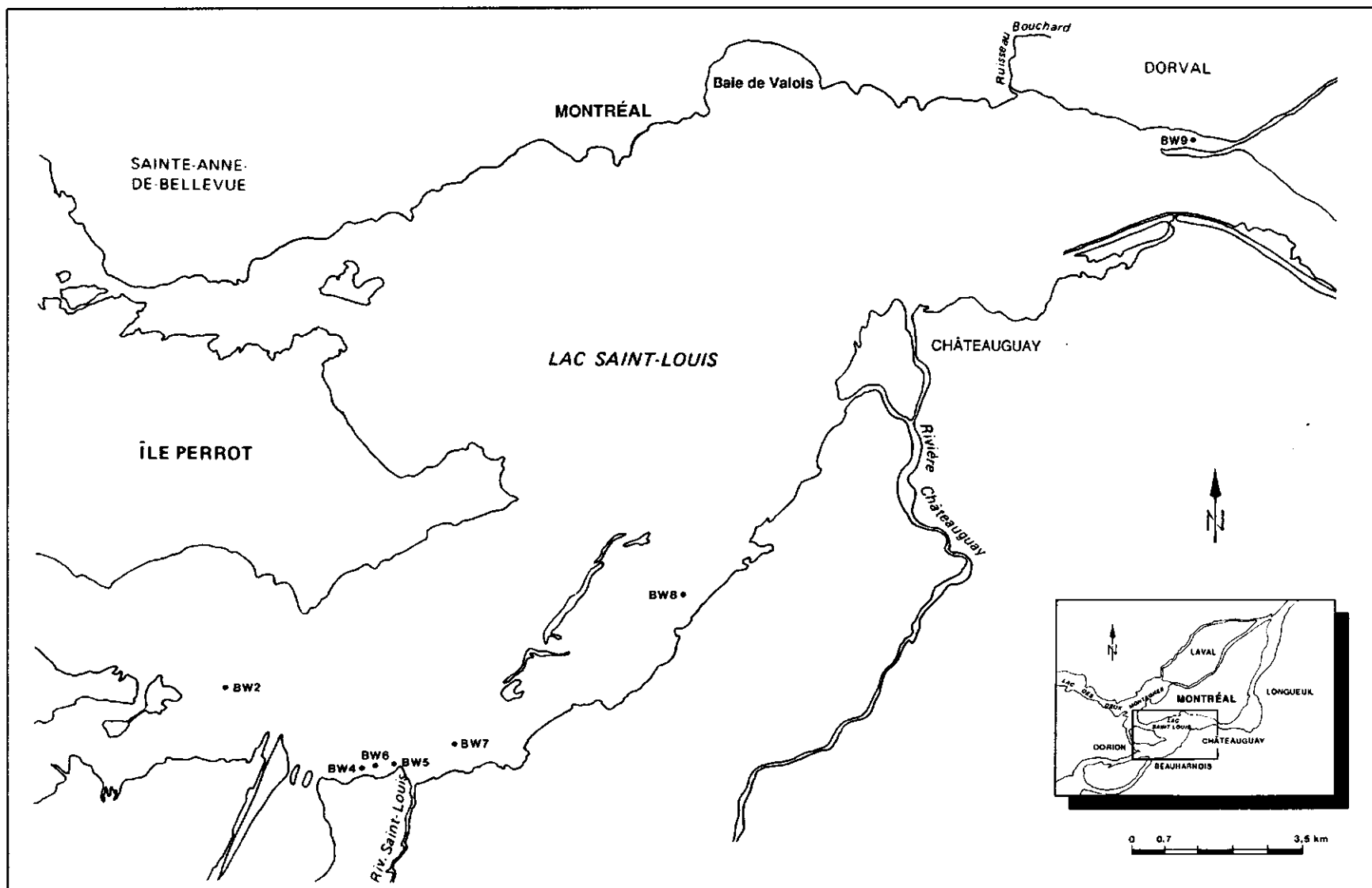


Figure A.1 **Emplacement des stations d'échantillonnage des sédiments du lac Saint-Louis**
- Projet Chironomidés

A.4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

A.4.1 Granulométrie

La nature des sédiments selon les systèmes de classification de Folk et Shepard est décrite au tableau A.2 et représentée par des diagrammes ternaires à la figure A.2. L'ensemble des stations se retrouve dans les classes composées principalement de particules fines (vase, argile et limon). Le petit bassin de La Prairie (figure 2 en début de rapport) et le sud du lac Saint-Louis (figure A.3) semblent constituer des zones importantes d'accumulation de sédiments. La station du Port de Montréal n'est pas représentée, mais se compare aux autres stations. Les données brutes sont consignées au tableau A.7.

Tableau A.2 *Nature des sédiments aux stations du projet Chironomidés, d'après les classifications de Folk et de Shepard*

Classes de Folk	Nombre de stations	Classes de Shepard	Nombre de stations
Sable et gravier	0	Sable et gravier	0
Sable vaseux	0	Argile-limon-sable	1
Sable limoneux	0	Sable limoneux	0
Sable argileux	0	Sable argileux	0
Vase sablonneuse	5	Limon sablonneux	0
Limon sablonneux	0	Argile sablonneuse	0
Argile sablonneuse	1	Limon argileux	2
Vase	6	Argile limoneuse	11
Argile	2	Argile	0
Limon	0	Limon	0

A.4.2 Composition en principaux éléments

Les statistiques de base des principaux éléments ont été calculées séparément pour le lac Saint-Louis et le petit bassin de La Prairie (tableau A.3). La station située dans le Port de Montréal n'apparaît pas car aucune analyse en principaux éléments n'y a été effectuée.

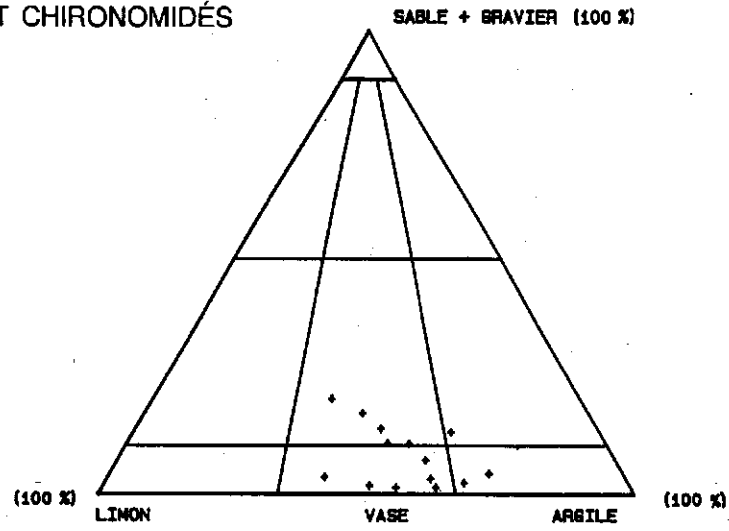
Tableau A.3 **Statistiques descriptives des principaux éléments présents dans les sédiments aux stations du projet Chironomidés**

Variable	Moyenne (%)	Écart type (%)	Méd. (%)	Min. (%)	Max. (%)	Coefficient de variation
Lac Saint-Louis (n = 6)						
Al	5,58	0,37	5,60	4,98	6,15	7
Ca	3,38	0,67	3,52	2,32	4,06	20
Fe	3,90	0,23	3,84	3,72	4,33	5
Mn	0,477	0,484	0,223	0,101	1,120	101
P total	0,128	0,017	0,131	0,103	0,150	13
P inorganique	0,096	0,014	0,093	0,084	0,118	14
C organique	4,46	1,04	4,38	2,96	6,21	23
C inorganique	0,81	0,38	0,85	0,24	1,30	47
N organique	0,42	0,10	0,43	0,27	0,56	25
C/N	10,7	1,00	10,6	9,5	12,5	10
Petit bassin de La Prairie (n = 6)						
Al	5,96	0,70	6,04	4,97	6,93	12
Ca	2,33	0,74	1,99	1,70	3,27	32
Fe	3,88	0,19	3,86	3,67	4,23	5
Mn	0,052	0,008	0,056	0,041	0,058	16
P total	0,153	0,027	0,152	0,120	0,186	18
P inorganique	0,113	0,027	0,119	0,073	0,139	24
C organique	4,13	0,48	4,21	3,24	4,60	12
C inorganique	0,67	0,21	0,70	0,41	0,90	31
N organique	0,44	0,08	0,45	0,30	0,55	19
C/N	9,6	0,9	9,8	8,4	10,8	10
Station BW 9						
Al	5,56					
Ca	2,14					
Fe	4,47					
Mn	0,074					
P total	0,198					
P inorganique	0,147					
C organique	4,40					
C inorganique	1,39					
N organique	0,32					
C/N	13,8					

La composition en principaux éléments varie peu d'un plan d'eau à l'autre. La principale différence apparaît au niveau des teneurs en Mn, qui sont beaucoup plus élevées dans les sédiments du lac Saint-Louis. Sérodes (1978) a lui aussi observé de fortes teneurs en Mn dans la région de Beauharnois, tandis que Champoux et Sloterdijk

A

PROJET CHIRONOMIDÉS



B

PROJET CHIRONOMIDÉS

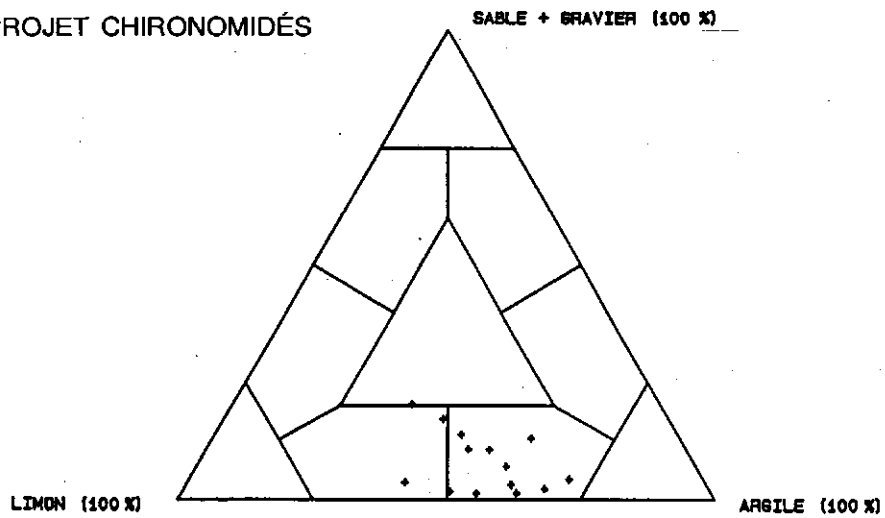
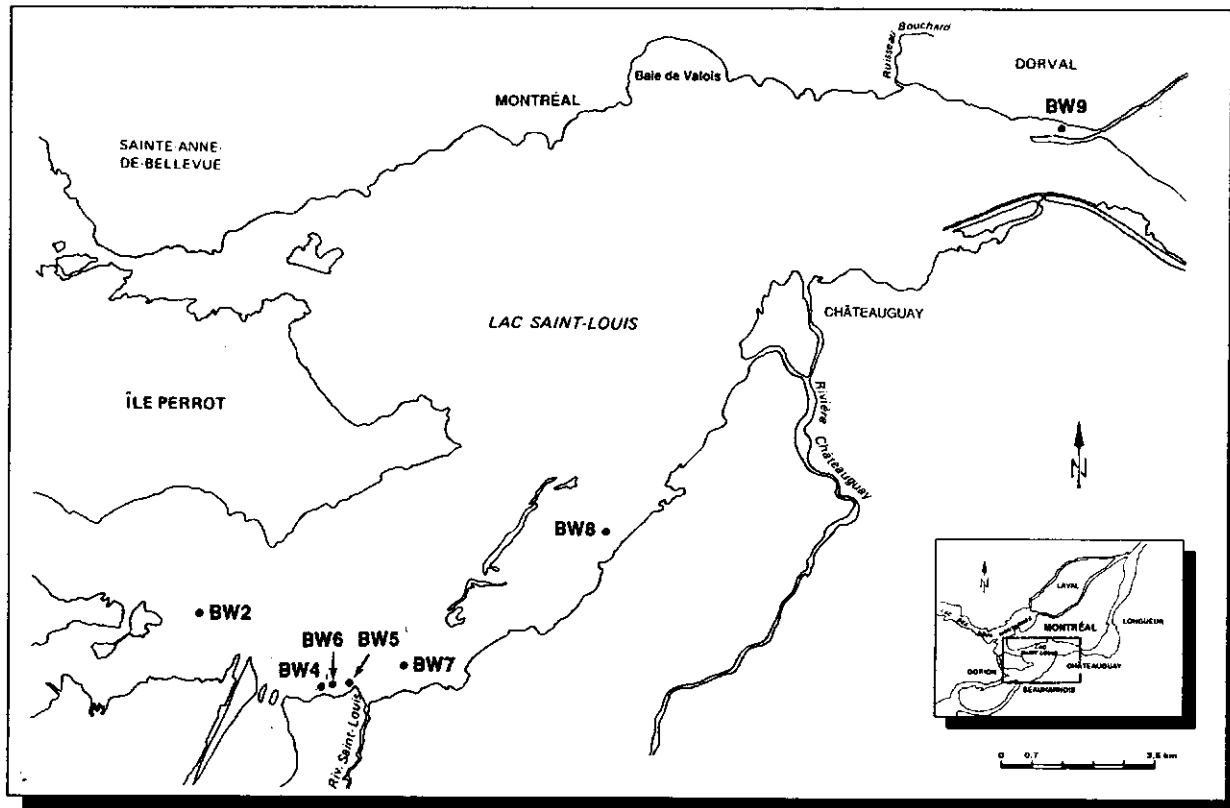


Figure A.2 Nature des sédiments selon la classification de Folk (A) et de Shepard (B)



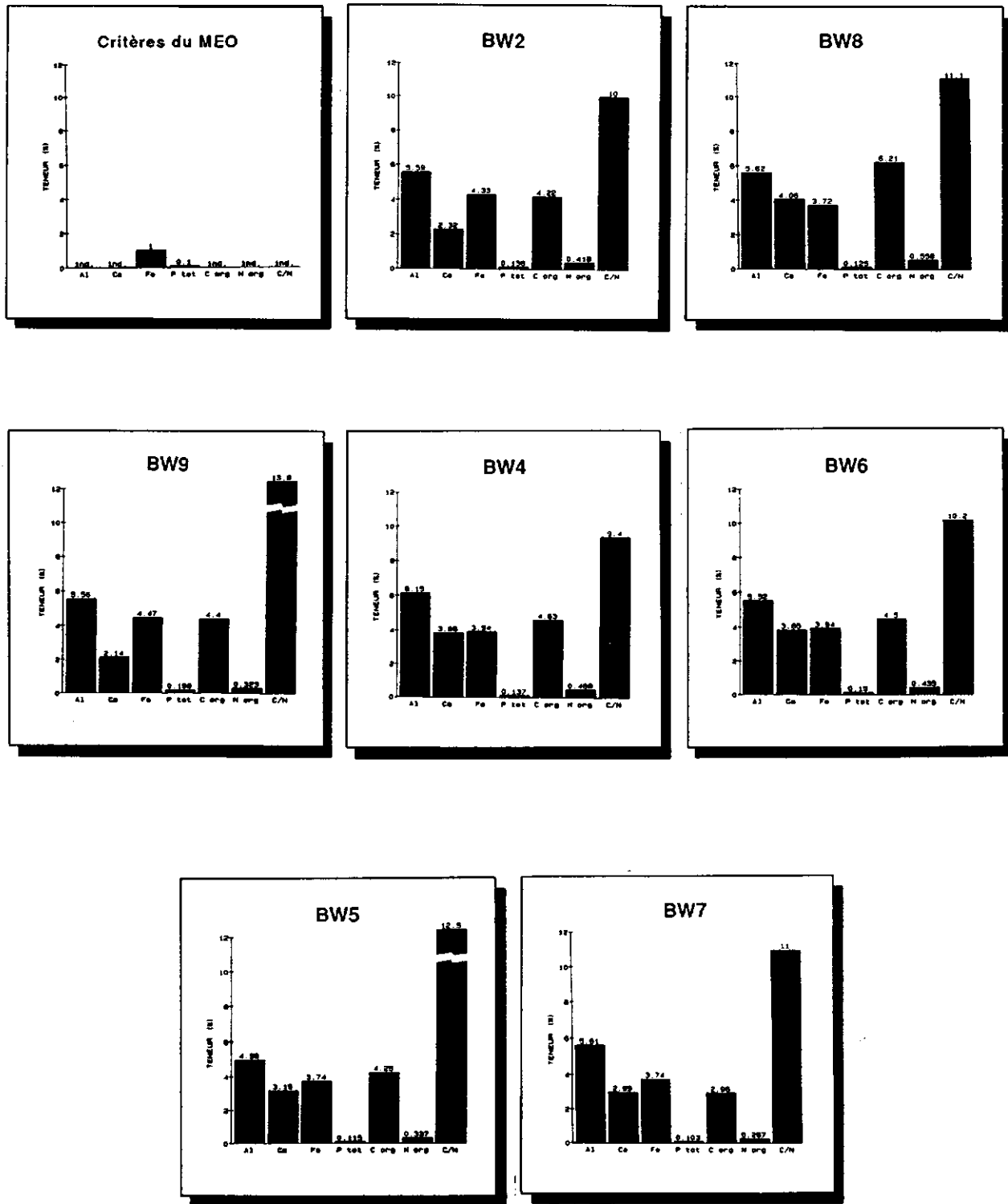


Figure A.4 Teneur des sédiments du lac Saint-Louis en principaux éléments - Stations du projet Chironomidés

Tableau A.4 *Statistiques descriptives des teneurs en métaux lourds présents dans les sédiments aux stations du projet Chironomidés*

Variable	Lac Saint-Louis (n = 6)					BW 9	Coefficient de variation (%)
	Moyenne (mg/kg)	Écart type (mg/kg)	Méd. (mg/kg)	Min. (mg/kg)	Max. (mg/kg)		
As	12,45	7,88	8,70	6,00	22,70	63	6,40
Cd	8,25	9,77	3,01	1,05	23,50	118	2,68
Co	25,80	5,90	23,80	18,80	35,70	23	22,00
Cr	132,00	14,30	130,00	115,00	151,00	11	119,00
Cu	57,5	5,4	56,8	52,2	66,4	9	133,0
Hg	4,91	6,61	2,52	0,37	18,00	135	0,61
Ni	53,8	4,9	53,4	47,5	61,9	9	59,5
Pb	78,0	40,0	57,0	47,0	147,0	51	132,0
Se	1,80	0,30	1,80	1,40	2,20	15	1,70
V	86,7	6,6	85,8	80,3	97,1	8	87,8
Zn	579,0	444,0	343,0	245,0	1240,0	77	451,0

Variable	Détection (%)	Critère du MEO (mg/kg)	Stations où la teneur est supérieure au critère du MEO (%)	Normale géochimique (mg/kg)	Stations où la normale géochimique est dépassée (%)
As	100	8,0	67	8,0	67
Cd	100	0,1	100	0,3	100
Co	100	50,0	0	20,0	0
Cr	100	25,0	100	90	100
Cu	100	25,0	100	45,0	100
Hg	100	0,3	100	0,3	100
Ni	100	25,0	100	65,0	0
Pb	100	50,0	83	20,0	100
Se	100	n.d.	-	n.d.	-
V	100	n.d.	-	130,0	0
Zn	100	100,0	100	110,0	100

n.d. = non détecté.

Tableau A.4 *Statistiques descriptives des teneurs en métaux lourds présents dans les sédiments aux stations du projet Chironomidés (suite)*

Petit bassin de La Prairie (n = 6)						
Variable	Moyenne (mg/kg)	Écart type (mg/kg)	Méd. (mg/kg)	Min. (mg/kg)	Max. (mg/kg)	Coefficient de variation (%)
As	9,61	1,76	9,02	8,10	12,30	18
Cd	<1,00	0,79	<1,00	<1,00	1,60	110
Co	19,5	1,3	19,5	18,6	20,4	7
Cr	114,2	24,9	103,7	92,9	153,0	22
Cu	65,3	10,6	67,5	49,4	78,5	16
Hg	0,35	0,08	0,32	0,30	0,50	22
Ni	44,5	2,0	44,6	41,1	46,8	5
Pb	137,0	26,0	134,0	102,0	172,0	19
Se	1,40	0,22	1,40	1,10	1,60	17
V	96,9	11,5	96,9	88,7	105,0	12
Zn	438,0	126,0	397,0	323,0	621,0	29

Variable	Détection (%)	Critère du MEO (mg/kg)	Stations où la teneur est supérieure au critère du MEO (%)	Normale géochimique (mg/kg)	Stations où la normale géochimique est dépassée (%)
As	100	8,0	100	8,0	100
Cd	50	0,1	50	0,3	50
Co	100*	50,0	0	20,0	50
Cr	100	25,0	100	90,0	100
Cu	100	25,0	100	45,0	100
Hg	100	0,3	67	0,3	67
Ni	100	25,0	100	65,0	0
Pb	100	50,0	100	20,0	100
Se	100	n.d.	-	n.d.	-
V	100	n.d.	-	130,0	0
Zn	100	100,0	100	110,0	100

(1988) n'ont pas enregistré de valeurs aussi élevées. Malo et Gouin (1977) rapportent de fortes teneurs en Mn à la sortie de l'émissaire de l'usine Union Carbide située sur la rive en face des stations BW5 et BW6, là où l'on a observé les valeurs les plus élevées (figure A.4). Pour les autres éléments, les valeurs enregistrées sont comparables à celles de Champoux et Sloterdijk (1988).

A.4.3 Contamination des sédiments

A.4.3.1 Métaux lourds.- Le tableau A.4 donne les statistiques de base pour les métaux lourds mesurés. Les métaux lourds présents dans les sédiments de la station du Port de Montréal n'ont pas été analysés. Les données recueillies à cet emplacement ont été comparées aux critères de qualité du MEO pour le rejet des déblais de dragage en eaux libres. Les teneurs en métaux lourds des sédiments du lac Saint-Louis, du petit bassin de La Prairie et du canal de Lachine excèdent généralement ces critères, à l'exception du Co. Les données ont également été comparées aux normales géochimiques, qui sont elles aussi régulièrement dépassées. L'As, le Cd et le Hg sont en plus fortes teneurs dans les sédiments du lac Saint-Louis et pour le Pb, ce sont les sédiments du petit bassin de La Prairie qui en contiennent le plus. La répartition des teneurs en métaux lourds est illustrée aux figures A.5 et A.6 pour les stations du lac Saint-Louis, et aux figures 6, 7 et 8 de la première partie de ce rapport, pour le petit bassin de La Prairie.

A.4.3.2 Contaminants organiques.- Les statistiques de base pour les divers contaminants sont présentées au tableau A.5. Les pourcentages de détection varient d'un plan d'eau à l'autre; certains HAP se retrouvent davantage au lac Saint-Louis, et d'autres, au petit bassin de La Prairie. Les HAP totaux sont en plus fortes teneurs au lac Saint-Louis tandis que les pesticides organochlorés sont détectés plus fréquemment dans le petit bassin de La Prairie.

Les critères de qualité n'ont pas été indiqués au tableau A.5 car il en existe peu pour les contaminants organiques. Les teneurs en BPC et en huiles et graisses excèdent les critères (respectivement 0,05 mg/kg et 1500 mg/kg) à toutes les stations, tandis que les critères pour le HCB (0,1 mg/kg), le p,p'-DDE (0,1 mg/kg) et le BaP (1,0 mg/kg) ne sont jamais dépassés. La teneur la plus élevée en DDT totaux est

Tableau A.5

Statistiques descriptives des teneurs en contaminants organiques présents dans les sédiments aux stations du projet Chironomidés

Variable	Lac Saint-Louis (n = 6)						BW 9	Coefficient de variation (%)
	Détection (%)	Moyenne (mg/kg)	Écart type (mg/kg)	Méd. (mg/kg)	Min. (mg/kg)	Max. (mg/kg)		
124-TCB	0	-	-	-	<0,005	<0,005	-	0,008
135-TCB	33	<0,005	0,005	<0,005	<0,005	0,012	174	<0,005
Penta CB	17	<0,005	0,003	<0,005	<0,005	0,007	245	<0,005
Huiles et graisses	67	3 000	5 000	2 000	<1 000	13 000	155	2 000
BPC totaux	100	0,212	0,137	0,204	0,063	0,413	65	0,344
HCB	67	0,019	0,023	0,013	<0,004	0,059	117	<0,004
DDE	50	<0,004	0,003	<0,004	<0,004	0,006	110	0,010
TDP	0	-	-	-	<0,004	<0,004	-	0,010
DDP	0	-	-	-	<0,004	<0,004	-	0,043
DDT totaux	50	<0,004	0,003	<0,004	<0,004	0,006	110	0,063
a-Chlordane	0	-	-	-	<0,004	<0,004	-	<0,004
g-Chlordane	0	-	-	-	<0,004	<0,004	-	0,004
Dieldrine	0	-	-	-	<0,004	<0,004	-	<0,004
Méthoxychlore	17	<0,004	0,002	<0,004	<0,004	0,004	286	<0,004
BaP	67	0,20	0,22	0,14	<0,1	0,54	110	<0,1
BbF	50	0,21	0,39	<0,1	<0,1	1,00	190	<0,1
BFP	0	-	-	-	<0,1	<0,1	-	<0,1
BkF	50	0,36	0,52	0,19	<0,1	1,35	146	<0,1
IDPY	0	-	-	-	<0,1	<0,1	-	<0,1
Fluoranthène	100	0,68	0,57	0,52	0,11	1,66	84	0,45
Pyrène	33	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	0,21	173	<0,05
Fluorène	17	<0,05	0,03	<0,05	<0,05	0,08	245	0,05
1-mthnph	0	-	-	-	<0,05	<0,05	-	<0,05
2-mthnph	0	-	-	-	<0,05	<0,05	-	<0,05
Acénaphène	0	-	-	-	<0,05	<0,05	-	<0,05
Phénanthrène	50	0,21	0,29	0,11	<0,05	0,74	139	0,07
HAP totaux	100	1,72	1,60	1,33	0,20	4,50	93	0,57

Tableau A.5

**Statistiques descriptive des teneurs en contaminants organiques présents dans les sédiments
aux stations du projet Chironomidés (suite)**

Variable	Petit bassin de La Prairie (n = 6)						PDM	Coefficient de variation (%)
	Détection (%)	Moyenne (mg/kg)	Écart type (mg/kg)	Méd. (mg/kg)	Min. (mg/kg)	Max. (mg/kg)		
124-TCB	100	0,045	0,034	0,032	0,018	0,110	18	0,029
135-TCB	0	-	-	-	<0,005	<0,005	-	<0,005
Penta CB	0	-	-	-	<0,005	<0,005	-	<0,005
Huiles et graisses	67	4 000	4 000	4 000	<1 000	10 000	97	15 000
BPC totaux	100	0,527	0,225	0,450	0,267	0,842	22	0,688
HCB	33	0,006	0,011	<0,004	<0,004	0,025	24	<0,004
DDE	83	0,008	0,005	0,008	<0,004	0,015	19	0,004
TDP	67	0,008	0,008	0,008	<0,004	0,020	10	<0,004
DDP	17	<0,004	0,002	<0,004	<0,004	0,005	12	<0,004
DDT totaux	100	0,017	0,013	0,011	0,006	0,400	77	0,004
a-Chlordane	17	<0,004	0,002	<0,004	<0,004	0,005	12	0,009
g-Chlordane	50	0,005	0,005	0,004	<0,004	0,011	18	0,007
Dieldrine	17	<0,004	0,002	<0,004	<0,004	0,005	31	<0,004
Méthoxychlore	0	-	-	-	<0,004	0,004	-	<0,004
BaP	67	0,07	0,12	<0,1	<0,1	0,28	22	<0,1
BbF	0	-	-	-	<0,1	<0,1	-	0,28
BFH	33	0,07	0,11	<0,1	<0,1	0,26	17	<0,1
BkF	0	-	-	-	<0,1	<0,1	-	0,19
IDPY	33	<0,1	0,11	<0,1	<0,1	0,26	18	<0,1
Fluoranthène	67	0,20	0,20	0,20	<0,1	0,47	24	0,80
Pyrène	50	0,12	0,13	0,11	<0,05	0,27	18	<0,05
Fluorène	0	-	-	-	<0,05	<0,05	-	0,16
1-mthnph	0	-	-	-	<0,05	<0,05	-	0,17
2-mthnph	0	-	-	-	<0,05	<0,05	-	0,29
Acénaphthène	0	-	-	-	<0,05	<0,05	-	0,12
Phénanthrène	17	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	0,12	17	1,00
HAP totaux	67	0,55	0,65	0,31	<0,05	1,54	119	2,72

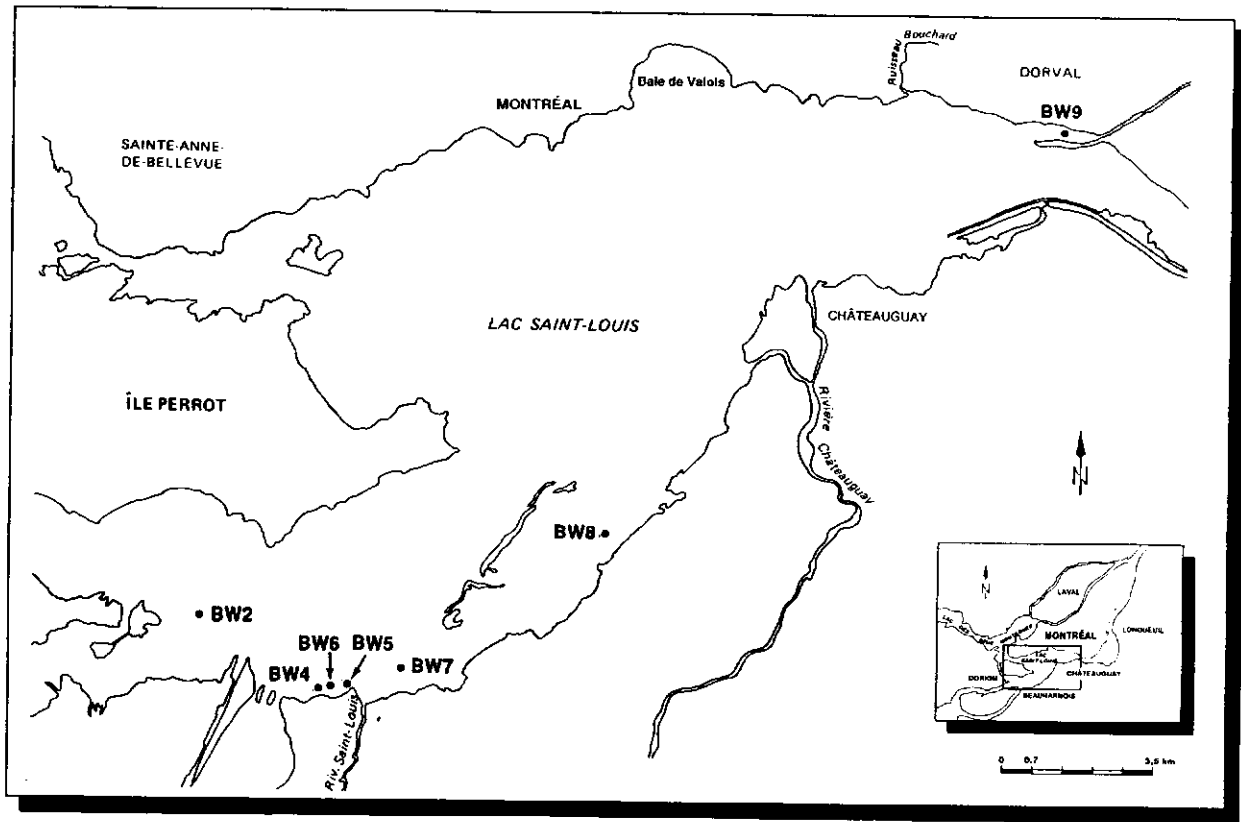
* Station du Port de Montréal.

notée à la station BW9, à l'entrée du canal de Lachine, tandis que la valeur la plus élevée pour les BPC a été détectée à la station BL14. La station PDM affiche aussi une valeur élevée en BPC, et la valeur la plus élevée en huiles et graisses.

La figure A.7 illustre la répartition des teneurs en principaux contaminants organiques aux stations du lac Saint-Louis. Pour le petit bassin de La Prairie, consulter les figures 9, 10 et 11 en première partie de ce rapport.

A.4.3.3 Évaluation de la contamination des sédiments.- La qualité des sédiments à chacune des stations a été évaluée à partir de l'indice de contamination calculé à l'aide des critères du ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO) pour le dépôt des déblais de dragage en eaux libres. Les teneurs en As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn, BPC et en huiles et graisses ont été utilisées dans ce calcul. Il est à noter que l'indice de contamination de la station PDM n'est basé que sur trois variables soit le Hg, les BPC et les huiles et graisses. Les indices ainsi établis sont donnés au tableau A.6. La répartition spatiale des indices de contamination des stations du lac Saint-Louis est présentée à la figure A.8.

Les indices de contamination calculés sont tous supérieurs à 2, ce qui indique que l'ensemble du petit bassin de La Prairie ainsi que le sud du lac Saint-Louis et les stations situées à l'entrée du canal de Lachine et dans le port de Montréal, sont contaminés. Les sédiments les plus contaminés sont ceux de la station du port de Montréal dont l'indice de contamination atteint 9,14. Cet indice élevé serait principalement attribuable aux fortes teneurs en huiles et en graisses par rapport à celles fixées par le critère du MEO. Les indices des stations du lac Saint-Louis sont généralement plus élevés que ceux des stations mises en places dans le petit bassin de La Prairie. Au lac Saint-Louis, la station BW7 présente le plus fort indice. Cette station est située en aval de la rivière Saint-Louis, connue pour être fortement contaminée par le Hg notamment (Champoux et Sloterdijk, 1988; Malo et Gouin, 1978). Les stations BW5 et BW6, situées en bordure de la zone industrielle de Beauharnois affichent aussi des indices très élevés.



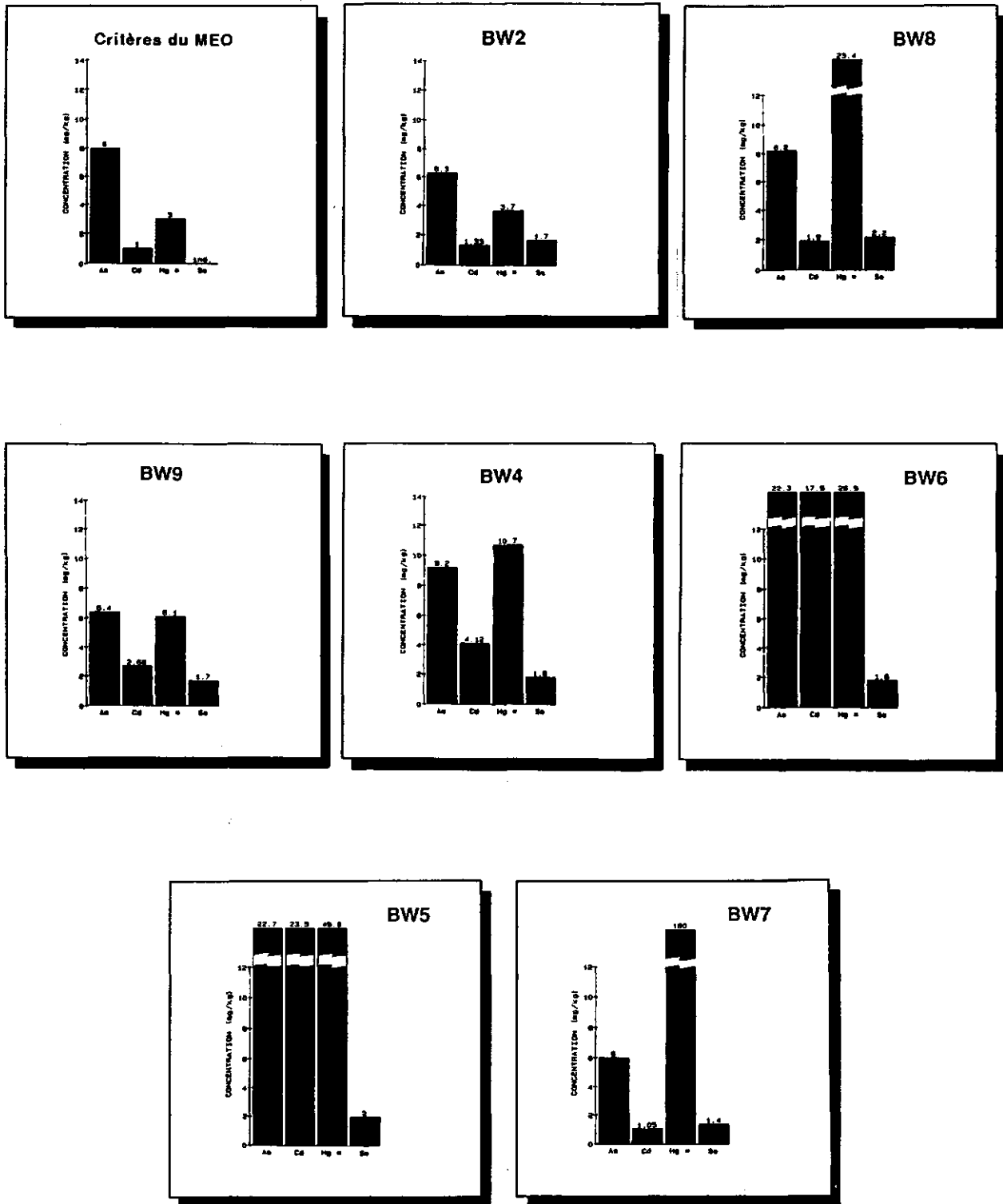
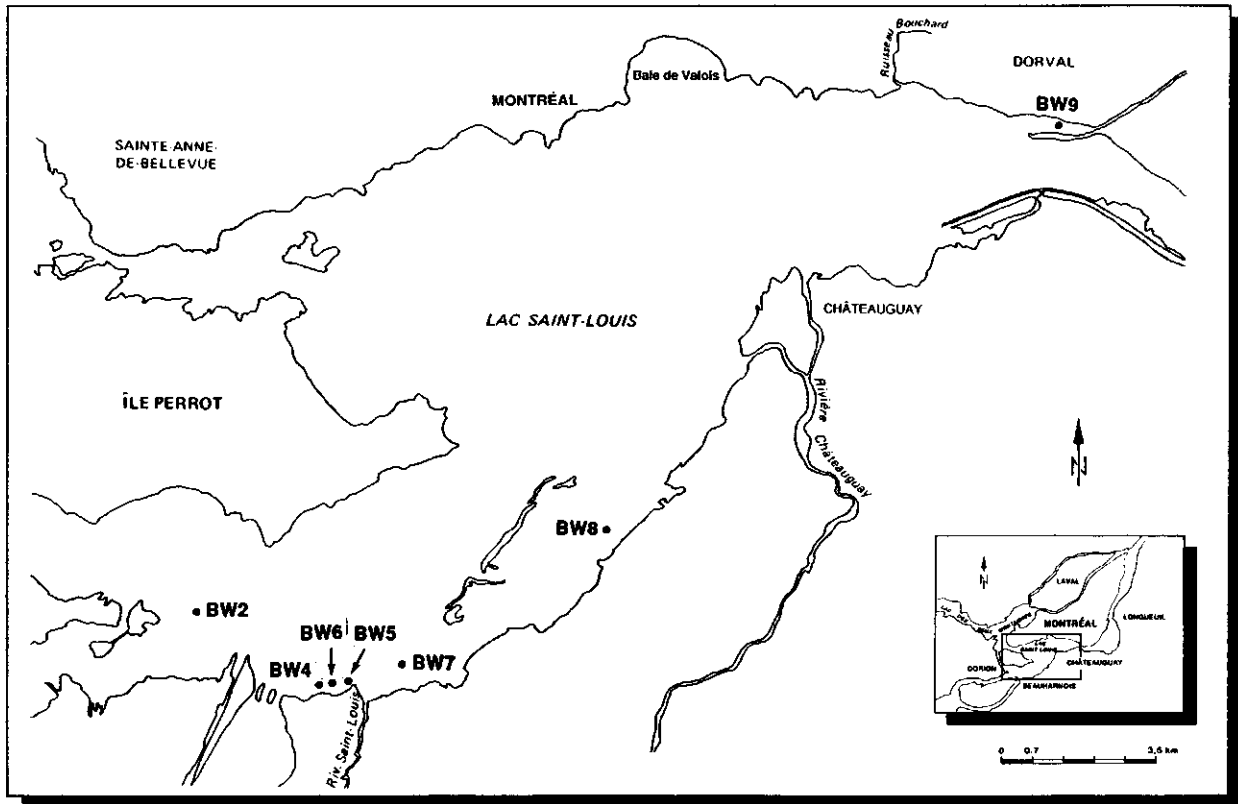


Figure A.5 Teneur en As, Cd, Hg* et Se des sédiments du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés (*pour le Hg: teneurs x 10⁻¹)



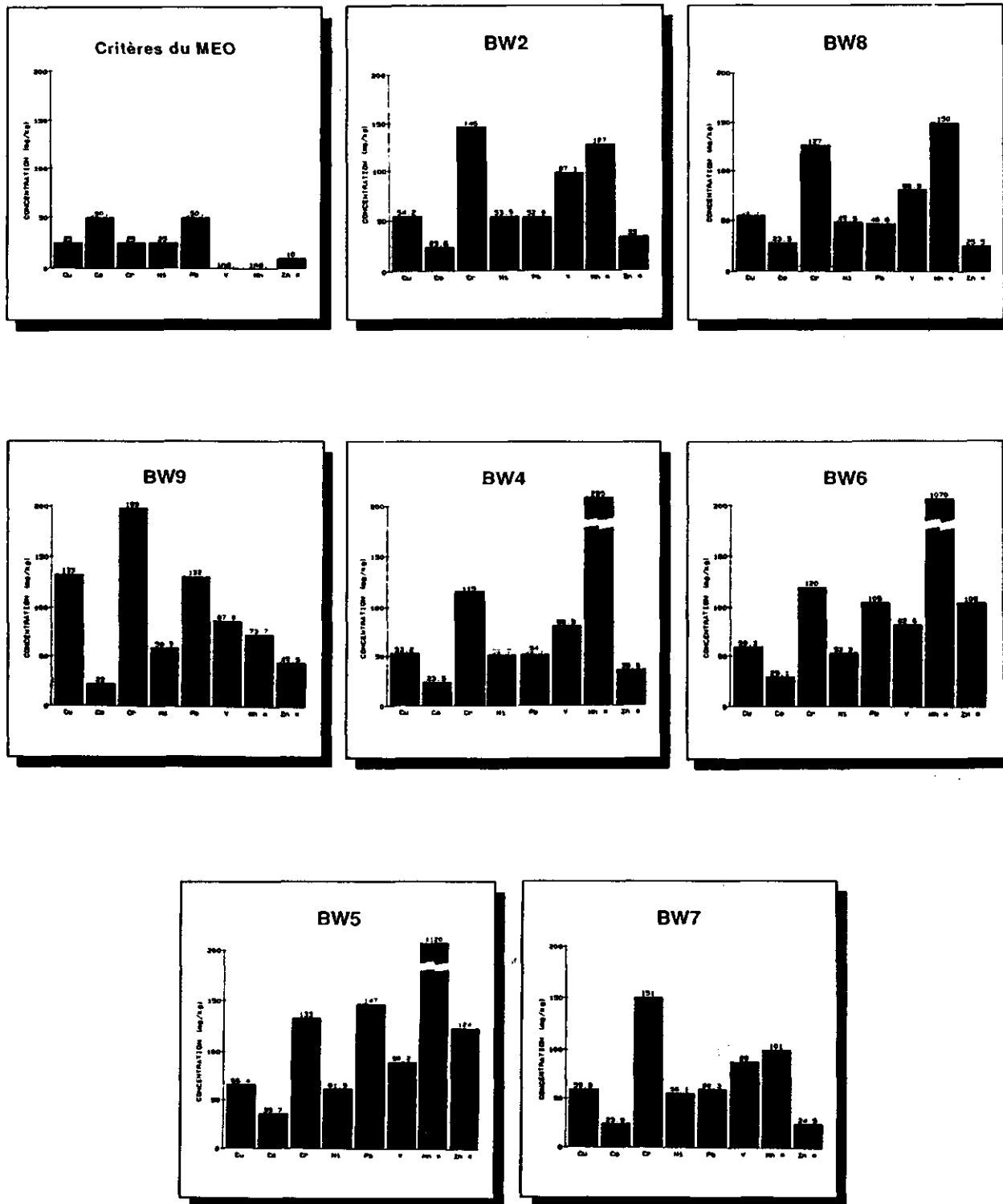
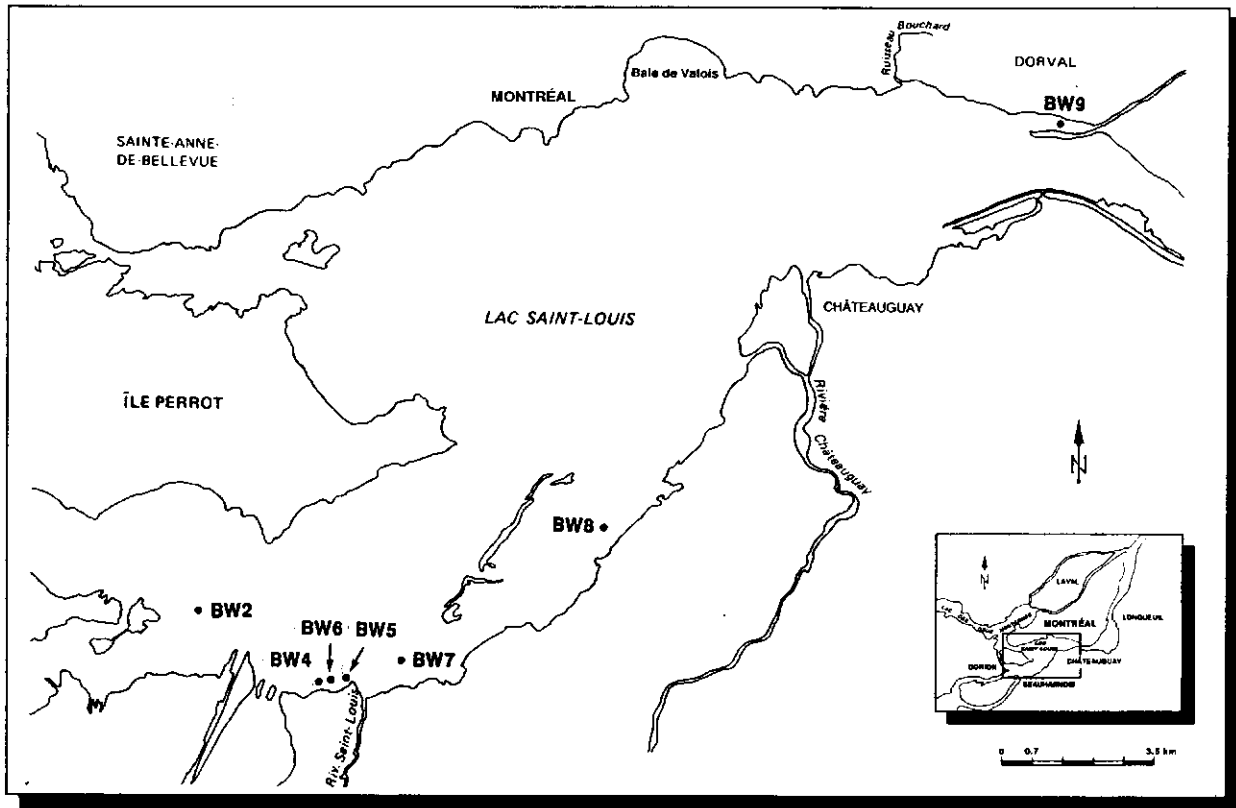


Figure A.6

Teneur en Cu, Co, Cr, Ni, Pb, V, Mn* et Zn* des sédiments du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés (*Mn et Zn: teneurs x 10)



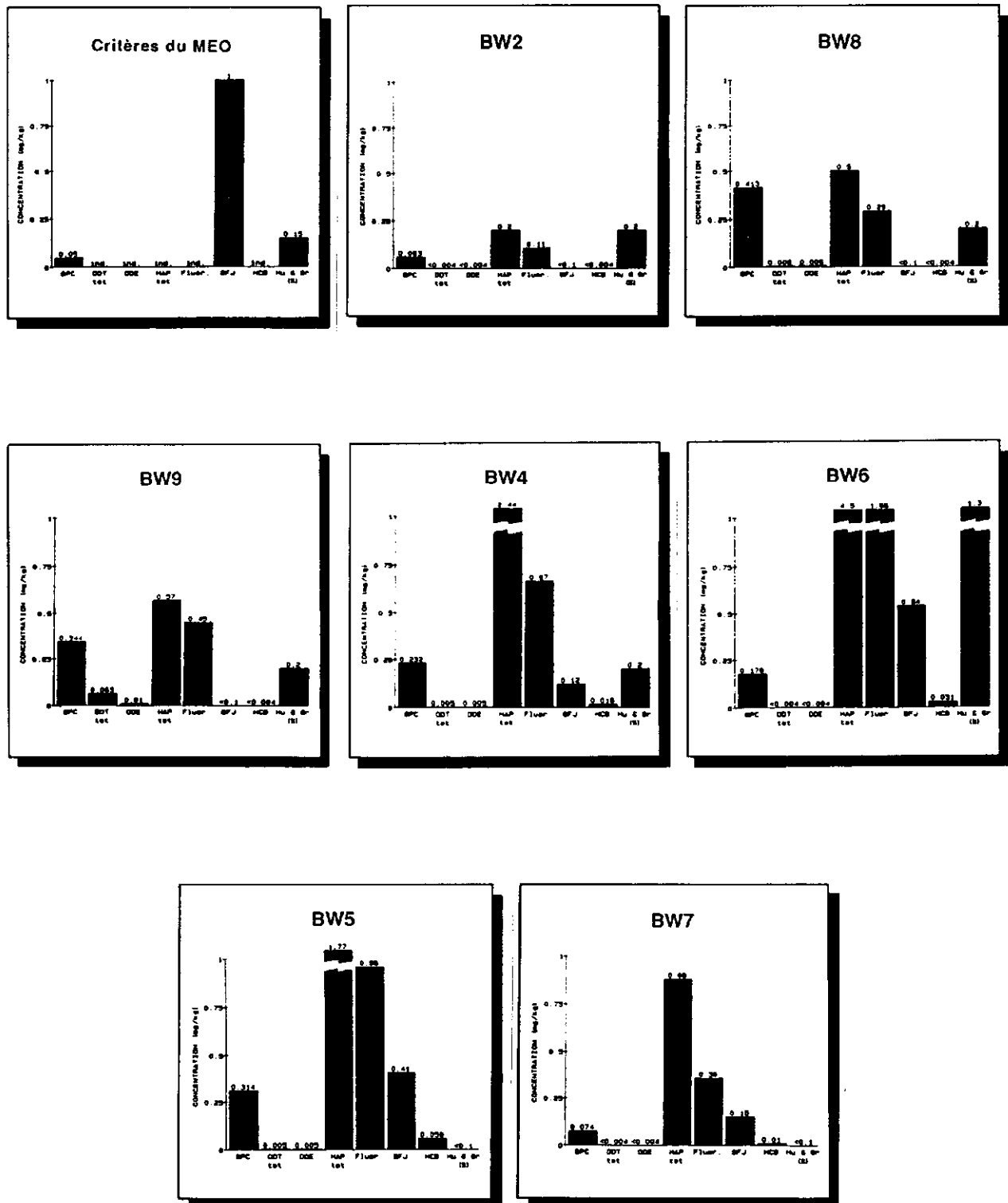


Figure A.7 Teneur en contaminants organiques des sédiments du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés

Tableau A.6 *Indice de contamination des sédiments aux stations du projet Chironomidés*

Station	Indice	Station	Indice
BL 3	2,75	BW 2	2,10
BL 5	2,82	BW 4	2,72
BL 7	3,75	BW 5	6,62
BL 8	3,37	BW 6	5,66
BL 13	2,24	BW 7	6,82
BL 14	3,67	BW 8	3,08
Moyenne	3,10	Moyenne	4,50
PDM	9,14	BW 9	3,45

A.5 CONCLUSION

Les quatorze stations étudiées présentent toutes des conditions favorables à l'accumulation des contaminants, à savoir une forte sédimentation de particules d'argile et de limon, et des teneurs élevées en matières organiques. On a effectivement retrouvé des teneurs élevées en métaux lourds et en contaminants organiques à la majorité des stations, teneurs qui dépassaient les critères de qualité établis par le ministère de l'Environnement de l'Ontario. Les indices de contamination calculés à l'aide de ces critères sont tous supérieurs à 2 et démontrent un important problème de contamination des sédiments tant dans le petit bassin de la Prairie que dans la partie sud du lac Saint-Louis, l'entrée du canal de Lachine et au Port de Montréal.

Un rapport subséquent tentera de vérifier si cette contamination peut être liée à la présence d'anomalies capsulaires chez les Chironomidés.

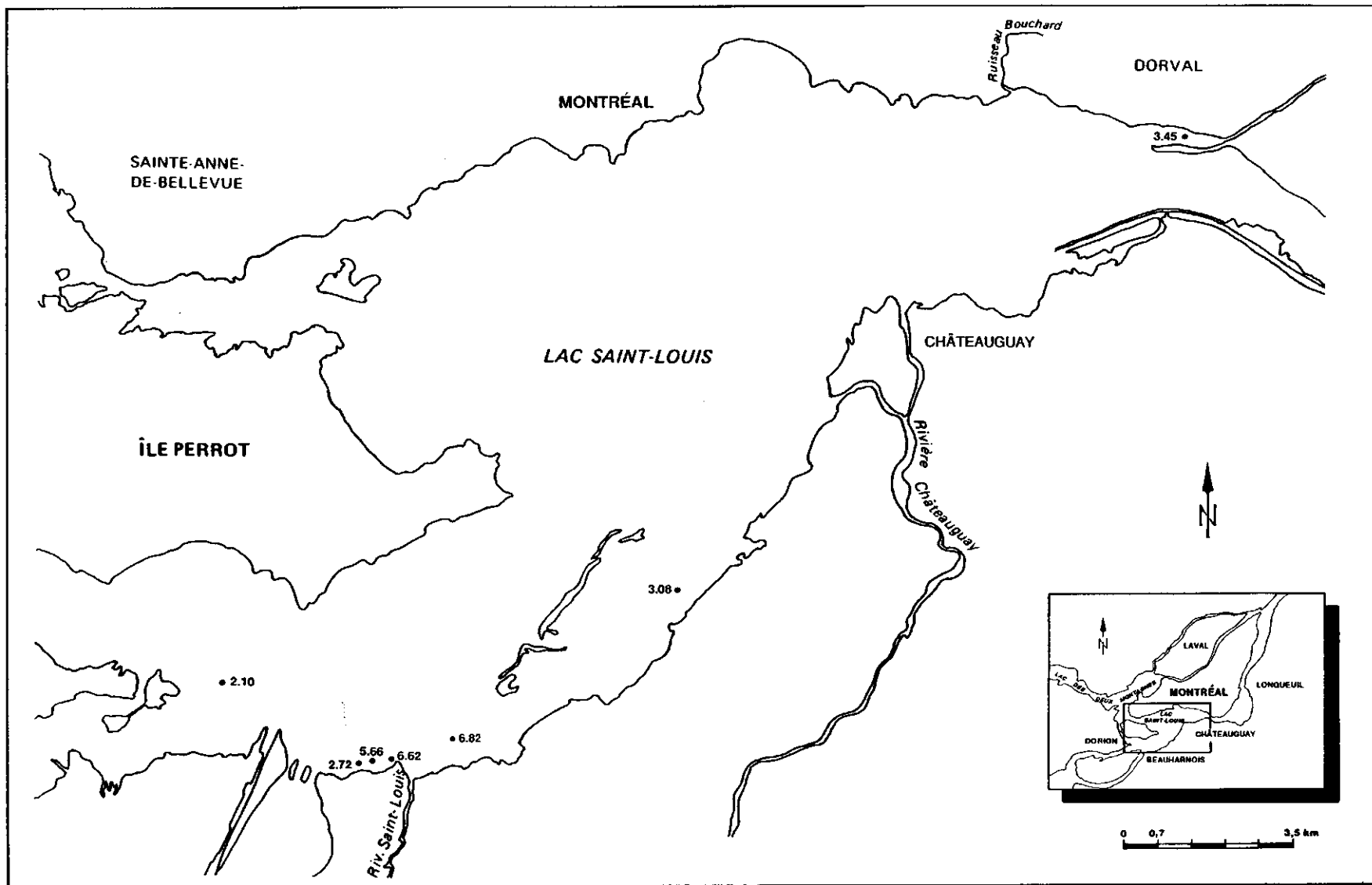


Figure A.8 **Indice de contamination des sédiments du lac Saint-Louis - Stations du Projet Chironomidés**

Tableau A.7 **Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie et du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés**

Station	Sable (%)	Gravier (%)	Argile (%)	Limon (%)	Argile + limon (%)	P total (%)	P inorgan. (%)	C organ. (%)	C inorgan. (%)	C/N (%)	N organ. (%)	Al (%)	As (mg/kg)
BL 3	12,93	0	59,22	27,84	87,06	0,13	0,07	4,15	0,87	8,6458	0,481	6,36	8,1
BL 5	13,72	0	45,70	40,58	86,28	0,14	0,11	4,60	0,70	8,3636	0,545	5,95	8,23
BL 7	4,19	0	70,75	25,06	95,81	0,18	0,13	4,27	0,44	9,9302	0,427	6,93	11,05
BL 8	10,45	0	52,57	36,98	89,55	0,19	0,14	4,46	0,70	9,6957	0,463	5,39	9,8
BL 13	17,09	0	40,62	42,28	82,90	0,12	0,09	3,24	0,41	10,8	0,303	6,13	8,2
BL 14	1,66	0	49,66	48,68	98,34	0,16	0,14	4,03	0,90	10,075	0,404	4,97	12,3
PDM	20,25	0	33,28	46,47	79,75	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
BW 2	2,18	0	67,13	30,69	97,82	0,14	0,10	4,22	0,24	10,0476	0,418	5,59	6,3
BW 4	1,26	0	54,75	43,99	98,74	0,14	0,10	4,63	1,11	9,449	0,488	6,15	9,2
BW 5	6,94	0	57,56	35,50	93,06	0,12	0,08	4,25	0,82	12,5	0,337	4,98	22,7
BW 6	1,26	0	62,34	36,41	98,75	0,15	0,12	4,50	1,30	10,2273	0,435	5,52	22,3
BW 7	3,06	0	60,41	36,54	96,95	0,10	0,08	2,96	0,87	10,963	0,267	5,61	6
BW 8	3,51	0	40,37	56,12	96,49	0,13	0,09	6,21	0,53	11,0893	0,558	5,62	8,2
BW 9	10,54	0	48,63	40,83	89,46	0,20	0,15	4,40	1,39	13,75	0,323	5,56	6,4

n.a.= non analysé.

Tableau A.7 *Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie et du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés (suite)*

Station	Ca (%)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (%)	Hg (mg/kg)	Mn (%)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Se (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BL 3	3,25	1,6	n.a.	92,9	57,3	3,89	0,37	0,058	46,2	160	1,33	n.a.	323
BL 5	3,27	1,3	n.a.	95,7	71,5	3,8	0,3	0,056	41,1	172	1,58	n.a.	351
BL 7	1,7	0	n.a.	111	70,5	4,23	0,3	0,057	43,8	137	1,54	n.a.	442
BL 8	2,12	1,39	18,6	153	78,5	3,87	0,33	0,041	46,8	130	1,5	88,7	621
BL 13	1,86	<1	n.a.	96,4	49,4	3,67	0,5	0,057	44,8	102	1,07	n.a.	332
BL 14	1,76	<1	20,4	136	64,4	3,84	0,31	0,041	44,4	120	1,1	105	558
PDM	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
BW 2	2,32	1,33	23,6	146	54,2	4,33	0,37	0,127	53,5	52,9	1,7	97,1	330
BW 4	3,86	4,12	23,5	115	53,2	3,94	1,07	0,295	50,7	54	1,8	80,9	356
BW 5	3,19	23,5	35,7	133	66,4	3,74	4,98	1,120	61,9	147	2	90,2	1240
BW 6	3,85	17,6	29,1	120	59,3	3,94	2,69	1,070	53,3	105	1,8	82,6	1050
BW 7	2,99	1,05	23,9	151	59,8	3,74	18	0,101	56,1	60,3	1,4	89	245
BW 8	4,06	1,9	18,8	127	52,2	3,72	2,34	0,150	47,5	46,8	2,2	80,3	255
BW 9	2,14	2,68	22	199	133	4,47	0,61	0,074	59,5	132	1,7	87,8	451

Tableau A.7 *Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie et du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés (suite)*

Station	1-MTHNPH (mg/kg)	2-MTHNPH (mg/kg)	12-DCB (mg/kg)	123-TCB (mg/kg)	1234-TTCB (mg/kg)	1234-TET (mg/kg)	124-TCB (mg/kg)	13-DCB (mg/kg)
BL 3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,11	<0,05
BL 5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,036	<0,05
BL 7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,052	<0,05
BL 8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,027	<0,05
BL 13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,027	<0,05
BL 14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,018	<0,05
PDM	0,17	0,29	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,029	<0,05
BW 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	<0,005	<0,05
BW 4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	<0,005	<0,05
BW 5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	<0,005	<0,05
BW 6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	<0,005	<0,05
BW 7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	<0,005	<0,05
BW 8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	<0,005	<0,05
BW 9	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,008	<0,05

Tableau A.7 *Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie et du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés (suite)*

Station	135-TCB (mg/kg)	14-DCB (mg/kg)	ACENPHTH (mg/kg)	ACENPHYL (mg/kg)	ALD (mg/kg)	B-CLNPHT (mg/kg)	BbF (mg/kg)	BFH (mg/kg)
BL 3	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	0,15
BL 5	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	0,26
BL 7	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	<0,10
BL 8	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	<0,10
BL 13	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	<0,10
BL 14	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	<0,10
PDM	<0,005	<0,05	0,12	<0,05	<0,004	<0,05	0,28	<0,10
BW 2	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	<0,10
BW 4	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	1	<0,10
BW 5	0,012	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	0,11	<0,10
BW 6	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	0,13	<0,10
BW 7	0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	<0,10
BW 8	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	<0,10
BW 9	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,10	<0,10

Tableau A.7 *Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie et du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés (suite)*

Station	BaP (mg/kg)	BHD (mg/kg)	BkF (mg/kg)	BPC totaux (mg/kg)	CHA (mg/kg)	CHC (mg/kg)	DDE (mg/kg)	DDO (mg/kg)
BL 3	0,16	<0,004	<0,10	0,409	<0,004	0,011	0,015	<0,004
BL 5	0,28	<0,004	<0,10	0,396	0,005	0,008	<0,004	<0,004
BL 7	<0,10	<0,004	<0,10	0,758	<0,004	0,009	0,012	<0,004
BL 8	<0,10	<0,004	<0,10	0,491	<0,004	<0,004	0,006	<0,004
BL 13	<0,10	<0,004	<0,10	0,267	<0,004	<0,004	0,006	<0,004
BL 14	<0,10	<0,004	<0,10	0,842	<0,004	<0,004	0,009	<0,004
PDM	<0,10	<0,004	0,19	0,688	0,009	0,007	0,004	<0,004
BW 2	<0,10	<0,004	<0,10	0,063	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BW 4	0,12	<0,004	0,43	0,232	<0,004	<0,004	0,005	<0,004
BW 5	0,41	<0,004	<0,10	0,314	<0,004	<0,004	0,005	<0,004
BW 6	0,54	<0,004	1,35	0,176	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BW 7	0,15	<0,004	0,37	0,074	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BW 8	<0,10	<0,004	<0,10	0,413	<0,004	<0,004	0,006	<0,004
BW 9	<0,10	<0,004	<0,10	0,344	<0,004	0,004	0,01	<0,004

Tableau A.7 *Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie et du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés (suite)*

Station	DDP (mg/kg)	DDT totaux (mg/kg)	EMX (mg/kg)	EMY (mg/kg)	END (mg/kg)	FLUORANT. (mg/kg)	FLUORÈNE (mg/kg)	HAP totaux (mg/kg)
BL 3	0,005	0,04	<0,004	<0,004	<0,004	0,35	<0,05	1,13
BL 5	<0,004	0,012	<0,004	<0,004	<0,004	0,47	<0,05	1,54
BL 7	<0,004	0,023	<0,004	<0,004	<0,004	0,29	<0,05	0,52
BL 8	<0,004	0,01	<0,004	<0,004	<0,004	0,1	<0,05	0,1
BL 13	<0,004	0,006	<0,004	<0,004	<0,004	<0,10	<0,05	<0,05
BL 14	<0,004	0,009	<0,004	<0,004	<0,004	<0,10	<0,05	<0,05
PDM	<0,004	0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,8	0,16	2,72
BW 2	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,11	<0,05	0,2
BW 4	<0,004	0,005	<0,004	<0,004	<0,004	0,67	<0,05	2,44
BW 5	<0,004	0,005	<0,004	<0,004	<0,004	0,96	<0,05	1,77
BW 6	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	1,66	0,08	4,5
BW 7	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,36	<0,05	0,88
BW 8	<0,004	0,006	<0,004	<0,004	<0,004	0,29	<0,05	0,5
BW 9	0,043	0,063	<0,004	<0,004	<0,004	0,45	0,05	0,57

Tableau A.7 *Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie et du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés (suite)*

Station	HEO (mg/kg)	HEP (mg/kg)	HEX (mg/kg)	HCB (mg/kg)	H & G (mg/kg)	IDPY (mg/kg)	INDÈNE (mg/kg)	LIN (mg/kg)
BL 3	0,005	<0,004	<0,004	0,025	<1 000	0,14	<0,05	<0,004
BL 5	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	10 000	0,26	<0,05	<0,004
BL 7	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	5 000	<0,10	<0,05	<0,004
BL 8	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	4 000	<0,10	<0,05	<0,004
BL 13	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<1 000	<0,10	<0,05	<0,004
BL 14	<0,004	<0,004	<0,004	0,013	4 000	<0,10	<0,05	<0,004
PDM	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	15 000	<0,10	<0,05	<0,004
BW 2	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	2 000	<0,10	<0,05	<0,004
BW 4	<0,004	<0,004	<0,004	0,016	2 000	<0,10	<0,05	<0,004
BW 5	<0,004	<0,004	<0,004	0,059	<1 000	<0,10	<0,05	<0,004
BW 6	<0,004	<0,004	<0,004	0,031	13 000	<0,10	<0,05	<0,004
BW 7	<0,004	<0,004	<0,004	0,01	<1 000	<0,10	<0,05	<0,004
BW 8	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	2 000	<0,10	<0,05	<0,004
BW 9	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	2 000	<0,10	<0,05	<0,004

Tableau A.7 *Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie et du lac Saint-Louis - Stations du projet Chironomidés (suite)*

Station	MEY (mg/kg)	MIR (mg/kg)	P5CB (mg/kg)	PHNANTHR. (mg/kg)	PYRÈNE (mg/kg)	QUINOLINE (mg/kg)	TDP (mg/kg)
BL 3	<0,004	<0,004	<0,005	0,12	0,21	<0,05	0,02
BL 5	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,27	<0,05	0,012
BL 7	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,23	<0,05	0,011
BL 8	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	0,004
BL 13	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004
BL 14	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004
PDM	<0,004	<0,004	<0,005	1	<0,05	<0,05	<0,004
BW 2	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,09	<0,05	<0,004
BW 4	<0,004	<0,004	<0,005	0,22	<0,05	<0,05	<0,004
BW 5	<0,004	<0,004	0,007	0,29	<0,05	<0,05	<0,004
BW 6	<0,004	<0,004	<0,005	0,74	<0,05	<0,05	<0,004
BW 7	0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004
BW 8	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,21	<0,05	<0,004
BW 9	<0,004	<0,004	<0,005	0,07	<0,05	<0,05	0,01

ANNEXE 2**Localisation et dates d'échantillonnage des stations
du petit bassin de La Prairie**

Station	Nord	Est	Date d'échantillonnage
PBL 1	5038555	616215	2 juin
PBL 2	5036840	616985	2 juin
PBL 3	5035362	617187	2 et 15 juin
PBL 4	5035365	617317	2 juin
PBL 5	5036335	617426	2 et 15 juin
PBL 6	5033575	617394	26 mai
PBL 7	5031816	617383	28 mai
PBL 8	5031787	617536	28 mai
PBL 9	5029907	617702	28 mai
PBL 10	5030352	616693	26 mai
PBL 11	5030263	616890	27 mai
PBL 12	5030142	617034	27 mai
PBL 13	5029405	615580	27 mai
PBL 14	5029187	615519	27 mai
PBL 15	5029000	615413	27 mai
PBL 16	5028939	613762	28 mai et 21 juin
PBL 17	5028724	613831	28 mai et 15 juin
PBL 18	5030145	613945	2 juin

ANNEXE 3

**Granulométrie des sédiments prélevés aux stations d'échantillonnage
du petit bassin de La Prairie**

Station	Gravier (%)	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	Limon + argile (%)
BL 1	0,00	6,31	35,69	58,00	93,69
BL 2	0,00	6,84	34,93	58,22	93,15
BL 3	0,00	12,93	27,84	59,22	87,06
BL 4	1,97	19,00	36,96	42,07	79,03
BL 5	0,00	13,72	40,58	45,70	86,28
BL 6	46,65	21,61	10,47	21,26	31,73
BL 7	0,00	4,19	25,06	70,75	95,81
BL 8	0,00	10,45	36,98	52,57	89,55
BL 9	0,00	7,45	46,78	45,77	92,55
BL 10	0,00	10,9	38,18	50,91	89,09
BL 11	0,00	27,43	26,39	46,18	72,57
BL 12	0,54	33,64	31,92	33,89	65,81
BL 13	0,00	17,09	42,28	40,62	82,90
BL 14	0,00	1,66	48,68	49,66	98,34
BL 15	0,00	10,27	37,16	52,57	89,73
BL 16	0,00	9,19	56,17	34,64	90,81
BL 17	1,82	49,58	25,27	23,33	48,60
BL 18	0,00	41,97	-	-	58,03

ANNEXE 4

Données sur les éléments majeurs et les contaminants présents dans les sédiments du petit bassin de La Prairie

Station	P tot. (%)	P inorg. (%)	C org. (%)	C inor. (%)	C/N (%)	N org. (%)	Al (%)	As (mg/kg)	Ca (%)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)
BL 1	0,117	0,087	3,080	0,700	9,716	0,317	6,410	7,590	2,790	<1,000	n.a.
BL 2	0,134	0,098	4,350	1,260	10,164	0,428	5,990	8,670	1,880	<1,000	n.a.
BL 3	0,128	0,073	4,150	0,870	8,628	0,481	6,360	8,100	3,250	1,600	n.a.
BL 4	0,113	0,084	3,930	0,760	9,776	0,402	5,700	8,000	2,500	1,060	19,500
BL 5	0,142	0,105	4,600	0,700	8,440	0,545	5,950	8,230	3,270	1,300	n.a.
BL 6	0,101	0,080	1,880	0,740	9,216	0,204	6,150	5,720	4,190	<1,000	n.a.
BL 7	0,180	0,132	4,270	0,440	10,000	0,427	6,930	11,050	1,700	<1,000	n.a.
BL 8	0,186	0,139	4,460	0,700	9,633	0,463	5,390	9,800	2,120	1,390	18,600
BL 9	0,194	0,149	4,170	0,080	10,048	0,415	6,690	10,930	1,090	<1,000	n.a.
BL 10	0,146	0,156	4,380	0,730	10,258	0,427	6,700	8,830	4,670	<1,000	n.a.
BL 11	0,123	0,092	3,220	1,570	8,750	0,368	6,130	9,700	5,020	1,310	19,200
BL 12	0,135	0,096	2,850	0,810	9,862	0,289	6,720	9,630	1,800	<1,000	n.a.
BL 13	0,120	0,093	3,240	0,410	10,693	0,303	6,130	8,200	1,860	<1,000	n.a.
BL 14	0,161	0,136	4,030	0,900	9,975	0,404	4,970	12,300	1,760	<1,000	20,400
BL 15	0,219	0,148	5,390	0,350	9,747	0,553	6,920	13,140	0,976	1,400	n.a.
BL 16	0,133	0,107	3,460	0,600	9,058	0,382	6,000	5,780	2,550	1,700	n.a.
BL 17	0,130	0,108	1,930	1,040	9,324	0,207	5,630	4,010	3,160	<1,000	n.a.
BL 18	0,279	0,169	13,000	<0,005	11,404	1,140	8,500	27,160	1,420	<1,000	n.a.

n.a.: non analysé.

ANNEXE 4

(suite)

Station	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (%)	Hg (mg/kg)	Mn (%)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Se (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BL 1	105,000	64,000	3,910	0,410	0,056	42,60	199	1,37	n.a.	343
BL 2	90,000	65,300	3,990	0,340	0,073	41,20	157	1,68	n.a.	343
BL 3	92,900	57,300	3,890	0,370	0,058	46,20	160	1,33	n.a.	323
BL 4	132,000	60,100	4,010	0,350	0,058	46,60	120	1,80	106,000	463
BL 5	95,700	71,500	3,800	0,300	0,056	41,10	172	1,58	n.a.	351
BL 6	75,200	34,500	3,470	0,300	0,066	28,20	71	0,89	n.a.	227
BL 7	111,000	70,500	4,230	0,300	0,057	43,80	137	1,54	n.a.	442
BL 8	153,000	78,500	3,870	0,330	0,041	46,80	130	1,50	88,700	621
BL 9	107,000	78,500	3,650	0,340	0,039	39,90	140	1,43	n.a.	757
BL 10	115,000	64,300	3,840	0,400	0,043	37,80	152	1,16	n.a.	520
BL 11	123,000	61,500	3,890	0,350	0,047	38,10	106	1,50	97,600	666
BL 12	88,500	62,900	3,560	0,290	0,046	37,00	111	1,14	n.a.	636
BL 13	96,400	49,400	3,670	0,500	0,057	44,80	102	1,07	n.a.	332
BL 14	136,000	64,400	3,840	0,310	0,041	44,40	120	1,10	105,000	558
BL 15	108,000	67,800	3,580	0,370	0,035	43,10	160	1,16	n.a.	922
BL 16	88,600	52,300	3,520	0,440	0,067	38,20	295	0,91	n.a.	187
BL 17	64,300	35,600	2,850	0,300	0,054	24,10	180	0,42	n.a.	120
BL 18	111,000	60,300	2,340	0,250	0,035	31,10	94	1,37	n.a.	392

ANNEXE 4

(suite)

Station	1-MTHNPH (mg/kg)	2-MTHNPH (mg/kg)	12-DCB (mg/kg)	123-TCB (mg/kg)	1234-TTCB (mg/kg)	1234-TET (mg/kg)	124-TCB (mg/kg)	13-DCB (mg/kg)	135-TCB (mg/kg)
BL 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,044	<0,05	<0,005
BL 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,058	<0,05	<0,005
BL 3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,110	<0,05	<0,005
BL 4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,037	<0,05	<0,005
BL 5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,036	<0,05	<0,005
BL 6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,022	<0,05	<0,005
BL 7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,052	<0,05	<0,005
BL 8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,027	<0,05	<0,005
BL 9	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,054	<0,05	<0,005
BL 10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,066	<0,05	<0,005
BL 11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,077	<0,05	<0,005
BL 12	<0,05	<0,05	<0,05	0,009	<0,005	<0,05	0,136	<0,05	<0,005
BL 13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,027	<0,05	<0,005
BL 14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,018	<0,05	<0,005
BL 15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,021	<0,05	<0,005
BL 16	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,007	<0,05	<0,005
BL 17	<0,05	0,070	<0,05	<0,005	<0,005	<0,05	0,007	<0,05	<0,005
BL 18	0,260	0,410	<0,05	0,020	<0,005	0,050	0,303	<0,05	<0,005

ANNEXE 4

(suite)

Station	14-DCB (mg/kg)	ACENPHTH (mg/kg)	ACENPHYL (mg/kg)	ALD (mg/kg)	B-CLNPHTB (mg/kg)	BbF (mg/kg)	BFH (mg/kg)	BaP (mg/kg)	BHD (mg/kg)
BL 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	0,210	0,280	<0,004
BL 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	0,170	0,140	<0,004
BL 3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	0,150	0,160	<0,004
BL 4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	0,260	0,280	<0,004
BL 6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 9	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 10	0,070	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 16	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004
BL 18	<0,05	0,060	<0,05	<0,004	<0,05	<0,1	<0,100	<0,100	<0,004

ANNEXE 4

(suite)

Station	BkF (mg/kg)	BPC totaux (mg/kg)	CHA (mg/kg)	CHC (mg/kg)	DDE (mg/kg)	DDO (mg/kg)	DDP (mg/kg)	EMX (mg/kg)	EMY (mg/kg)
BL 1	<0,1	0,358	<0,004	<0,004	0,007	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 2	<0,1	0,365	<0,004	0,005	0,009	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 3	<0,1	0,409	<0,004	0,011	0,015	<0,004	0,005	<0,004	<0,004
BL 4	<0,1	0,363	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 5	<0,1	0,396	0,005	0,008	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 6	<0,1	0,165	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 7	<0,1	0,758	<0,004	0,009	0,012	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 8	<0,1	0,491	<0,004	<0,004	0,006	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 9	<0,1	1,140	<0,004	<0,004	0,009	<0,004	0,004	<0,004	<0,004
BL 10	<0,1	0,856	0,004	0,007	0,011	<0,004	0,004	<0,004	0,004
BL 11	<0,1	0,836	<0,004	<0,004	0,013	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 12	<0,1	0,735	<0,004	0,004	0,008	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 13	<0,1	0,267	<0,004	<0,004	0,006	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 14	<0,1	0,842	<0,004	<0,004	0,009	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 15	<0,1	0,889	<0,004	<0,004	0,009	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 16	<0,1	0,118	<0,004	<0,004	0,009	<0,004	0,008	<0,004	<0,004
BL 17	<0,1	0,173	<0,004	<0,004	0,009	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
BL 18	<0,1	2,550	0,010	<0,004	0,016	<0,004	<0,004	<0,004	0,005

ANNEXE 4

(suite)

Station	END (mg/kg)	FLUORANT (mg/kg)	FLUORENE (mg/kg)	HAP totaux (mg/kg)	HEO (mg/kg)	HEP (mg/kg)	HEX (mg/kg)	HCB (mg/kg)	H & G (mg/kg)
BL 1	<0,004	0,430	<0,05	1,240	<0,004	<0,004	<0,004	0,012	14 000
BL 2	<0,004	0,270	<0,05	1,040	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	8 000
BL 3	<0,004	0,350	<0,05	1,130	0,005	<0,004	<0,004	0,025	<1 000
BL 4	<0,004	0,170	<0,05	0,300	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	3 000
BL 5	<0,004	0,470	<0,05	1,540	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	1 000
BL 6	<0,004	<0,100	<0,05	0,000	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<1 000
BL 7	<0,004	0,290	<0,05	0,520	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	5 000
BL 8	<0,004	<0,100	<0,05	<0,1	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	4 000
BL 9	<0,004	0,150	<0,05	0,250	<0,004	<0,004	<0,004	0,022	6 000
BL 10	<0,004	0,220	<0,05	0,370	<0,004	<0,004	<0,004	0,014	<1 000
BL 11	<0,004	0,160	<0,05	0,270	<0,004	<0,004	<0,004	0,018	5 000
BL 12	<0,004	0,250	<0,05	0,420	<0,004	<0,004	<0,004	0,017	1 000
BL 13	<0,004	0,100	<0,05	0,000	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<1 000
BL 14	<0,004	0,100	<0,05	0,000	<0,004	<0,004	<0,004	0,013	4 000
BL 15	<0,004	0,100	<0,05	0,000	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	8 000
BL 16	<0,004	0,190	<0,05	0,410	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<1 000
BL 17	<0,004	0,350	0,070	0,930	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	4 000
BL 18	<0,004	0,500	0,090	2,151	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	3 000

ANNEXE 4

(suite)

Station	IDPY (mg/kg)	INDÈNE (mg/kg)	LIN (mg/kg)	MEY (mg/kg)	MIR (mg/kg)	P5CB (mg/kg)	PHNANTHR. (mg/kg)	PYRÈNE (mg/kg)	QUINOLINE (mg/kg)	TDP (mg/kg)
BL 1	0,170	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	0,150	<0,05	<0,05	0,006
BL 2	0,130	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	0,130	0,200	<0,05	0,007
BL 3	0,140	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	0,120	0,210	<0,05	0,020
BL 4	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,130	<0,05	0,005
BL 5	0,260	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,270	<0,05	0,012
BL 6	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004
BL 7	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,230	<0,05	0,011
BL 8	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	0,004
BL 9	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	0,008
BL 10	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,150	<0,05	0,017
BL 11	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,110	<0,05	0,009
BL 12	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	0,170	<0,05	0,008
BL 13	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004
BL 14	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004
BL 15	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05	<0,004
BL 16	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	vérif.	0,120	<0,05	0,008
BL 17	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	0,220	0,220	<0,05	0,005
BL 18	<0,100	<0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	0,510	0,270	<0,05	0,015

ANNEXE 5

Matrice de corrélation de Spearman pour toutes les variables

Variable	Sable	Limón	Argile	Limón + argile	Matières organ.	P total	C organique	C inorgan.	C/N	N organ.
Sable	1	- 0,80	- 0,84	- 1,00	- 0,82	- 0,17	- 0,70	- 0,54	- 0,04	- 0,30
Limón	- 0,80	1	0,35	0,80	0,56	0,05	0,61	0,74	0,04	0,24
Argile	- 0,84	0,35	1	0,84	0,77	0,21	0,54	0,18	0,02	0,25
Limón + argile	- 1,00	0,80	0,84	1	0,82	0,17	0,70	0,54	0,04	0,30
Matière organique	- 0,82	0,56	0,77	0,82	1	0,40	0,90	0,51	0,00	0,35
P totl	- 0,17	0,05	0,21	0,17	0,40	1	0,44	0,18	- 0,15	0,19
C organique	- 0,70	0,61	0,54	0,70	0,90	0,44	1	0,52	0,07	0,38
C inorganique	- 0,54	0,74	0,18	0,54	0,51	0,18	0,52	1	- 0,15	0,35
C/N	- 0,04	0,04	0,02	0,04	0,00	- 0,15	0,07	- 0,15	1	- 0,51
N organique	- 0,30	0,24	0,25	0,30	0,35	0,19	0,38	0,35	- 0,51	1
Al	0,32	- 0,43	- 0,11	- 0,32	- 0,31	- 0,11	- 0,33	- 0,48	- 0,03	- 0,19
As	- 0,47	0,42	0,36	0,47	0,64	0,37	0,68	0,47	0,21	0,23
Ca	- 0,13	0,31	- 0,07	0,13	- 0,06	0,08	- 0,01	0,26	0,00	- 0,11
Co	- 0,15	0,08	0,16	0,15	0,21	0,17	0,22	0,19	0,00	0,05
Cr	- 0,22	0,14	0,22	0,22	0,26	0,21	0,29	0,29	- 0,09	0,34
Cu	- 0,53	0,33	0,52	0,53	0,65	0,34	0,60	0,44	0,07	0,23
Fe	- 0,09	0,02	0,12	0,09	0,19	0,40	0,20	0,19	- 0,08	0,02
Hg	- 0,38	0,16	0,45	0,38	0,65	0,34	0,56	0,33	0,05	0,21
Mn	0,02	- 0,06	0,02	- 0,02	0,07	0,57	0,09	0,08	- 0,14	0,01
Ni	- 0,17	0,07	0,20	0,17	0,22	0,12	0,24	0,21	- 0,05	0,28
Pb	- 0,47	0,28	0,47	0,47	0,62	0,37	0,61	0,27	0,08	0,14
Se	- 0,30	0,20	0,30	0,30	0,34	0,23	0,25	0,30	- 0,07	0,14
V	- 0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,15	0,04	0,14	- 0,03	- 0,04
Zn	- 0,59	0,50	0,47	0,59	0,69	0,49	0,65	0,58	0,06	0,18
Aroclor 1242	- 0,27	0,40	0,06	0,27	0,53	0,35	0,69	0,44	- 0,14	0,37
Aroclor 1254	- 0,21	0,10	0,24	0,21	0,47	0,28	0,46	0,30	- 0,19	0,45
Aroclor 1260	- 0,09	- 0,11	0,24	0,09	0,31	0,24	0,23	0,13	- 0,16	0,36
BPC totaux	- 0,22	0,11	0,24	0,22	0,50	0,33	0,51	0,32	0,20	0,47
Indice de contam.	- 0,37	0,23	0,37	0,37	0,52	0,38	0,53	0,42	- 0,07	0,34
pp'-DDE	- 0,24	0,07	- 0,31	0,24	0,44	0,14	0,41	0,17	- 0,20	0,46
HCB	- 0,22	0,45	- 0,06	0,22	0,34	0,20	0,52	0,48	- 0,11	0,24

n = 33.

Probabilités: 0521 = P <0001; 0403 = P <001; 0289 = P <005.

ANNEXE 5

(suite)

Variable	Al	As	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni
Sable	0,32	- 0,47	- 0,13	- 0,15	- 0,22	- 0,53	- 0,09	- 0,38	0,02	- 0,17
Limon	- 0,43	0,42	0,31	0,08	0,14	0,33	0,02	0,16	- 0,06	0,07
Argile	- 0,11	0,36	- 0,07	0,16	0,22	0,52	0,12	0,45	0,02	0,20
Limon + argile	- 0,32	0,47	0,13	0,15	0,22	0,53	0,09	0,38	- 0,02	0,17
Matière organique	- 0,31	0,64	- 0,06	0,21	0,26	0,65	0,19	0,65	0,07	0,22
P total	- 0,11	0,37	0,08	0,17	0,21	0,34	0,40	0,34	0,57	0,12
C organique	- 0,33	0,68	- 0,01	0,22	0,29	0,60	0,20	0,56	0,09	0,24
C inorganique	- 0,48	0,47	0,26	0,19	0,29	0,44	0,19	0,33	0,08	0,21
C/N	- 0,03	0,21	0,00	0,00	- 0,09	0,07	- 0,08	0,05	- 0,14	- 0,05
N organique	- 0,19	0,23	- 0,11	0,05	0,34	0,23	0,02	0,21	0,01	0,28
Al	1	- 0,60	- 0,49	- 0,26	- 0,44	- 0,41	- 0,30	- 0,33	- 0,16	- 0,37
As	- 0,60	1	0,08	0,33	0,43	0,66	0,35	0,62	0,25	0,38
Ca	- 0,49	0,08	1	- 0,05	0,05	0,01	0,07	0,00	0,21	- 0,07
Co	- 0,26	0,33	- 0,05	1	0,84	0,74	0,90	- 0,05	0,45	0,93
Cr	- 0,44	0,43	0,05	0,84	1	0,77	0,75	0,12	0,31	0,94
Cu	- 0,41	0,66	0,01	0,74	0,77	1	0,67	0,51	0,28	0,73
Fe	- 0,30	0,35	0,07	0,90	0,75	0,67	1	- 0,03	0,77	0,79
Hg	- 0,33	0,62	0,00	- 0,05	0,12	0,51	- 0,03	1	- 0,04	0,01
Mn	- 0,16	0,25	0,21	0,45	0,31	0,28	0,77	- 0,04	1	0,32
Ni	- 0,37	0,38	- 0,07	0,93	0,94	0,73	0,79	0,01	0,32	1
Pb	- 0,19	0,59	- 0,15	0,46	0,58	0,82	0,42	0,55	0,11	0,44
Se	- 0,44	0,40	0,33	- 0,18	0,00	0,31	- 0,09	0,69	- 0,02	- 0,12
V	- 0,18	0,14	0,02	0,93	0,77	0,56	0,86	- 0,23	0,48	0,84
Zn	- 0,56	0,75	0,29	0,25	0,39	0,71	0,33	0,66	0,24	0,24
Aroclor 1242	- 0,20	0,37	- 0,13	- 0,04	0,06	0,13	- 0,05	0,28	- 0,06	0,05
Aroclor 1254	- 0,35	0,46	0,01	0,05	0,37	0,36	0,01	0,71	- 0,09	0,25
Aroclor 1260	- 0,20	0,24	- 0,15	- 0,17	0,13	0,19	- 0,19	0,74	- 0,23	0,02
BPC totaux	- 0,32	0,44	- 0,08	- 0,04	0,28	0,31	- 0,07	0,74	- 0,15	0,16
Indice de contamin.	- 0,50	0,63	0,02	0,81	0,93	0,91	0,76	0,41	0,36	0,87
pp'-DDE	- 0,40	0,38	- 0,16	- 0,06	0,25	0,30	- 0,11	0,70	- 0,25	0,15
HCB	- 0,20	0,27	- 0,05	- 0,09	- 0,07	- 0,02	- 0,08	0,03	- 0,06	- 0,06

n = 33.

Probabilités: 0521 = P <0001; 0403 = P <001; 0289 = P <005.

ANNEXE 5

(suite)

Variable	Pb	Se	V	Zn	A 1242	A 1254	A 1260	BPC totaux	Indice de contamin.	DDE	HCB
Sable	- 0,47	- 0,30	- 0,01	- 0,59	- 0,27	- 0,21	- 0,09	- 0,22	- 0,37	- 0,24	- 0,22
Limon	0,28	0,20	0,00	0,50	0,40	0,10	- 0,11	0,11	0,23	0,07	0,45
Argile	0,47	0,30	0,01	0,47	0,06	0,24	0,24	0,24	0,37	0,31	- 0,06
Limon + argile	0,47	0,30	0,01	0,59	0,27	0,21	0,09	0,22	0,37	0,24	0,22
Matière organique	0,62	0,34	0,02	0,69	0,53	0,47	0,31	0,50	0,52	0,44	0,34
P total	0,37	0,23	0,15	0,49	0,35	0,28	0,24	0,33	0,38	0,14	0,20
C organique	0,61	0,25	0,04	0,65	0,69	0,46	0,23	0,51	0,53	0,41	0,52
C inorganique	0,27	0,30	0,14	0,58	0,44	0,30	0,13	0,32	0,42	0,17	0,48
C/N	0,08	- 0,07	- 0,03	0,06	- 0,14	- 0,19	- 0,16	- 0,20	- 0,07	- 0,20	- 0,11
N organique	0,14	0,14	- 0,04	0,18	0,37	0,45	0,36	0,47	0,34	0,46	0,24
Al	- 0,19	- 0,44	- 0,18	- 0,56	- 0,20	- 0,35	- 0,20	- 0,32	- 0,50	- 0,40	- 0,20
As	0,59	0,40	0,14	0,75	0,37	0,46	0,24	0,44	0,63	0,38	0,27
Ca	- 0,15	0,33	0,02	0,29	- 0,13	0,01	- 0,15	- 0,08	0,02	- 0,16	- 0,05
Co	0,46	- 0,18	0,93	0,25	- 0,04	0,05	- 0,17	- 0,04	0,81	- 0,06	- 0,09
Cr	0,58	0,00	0,77	0,39	0,06	0,37	0,13	0,28	0,93	0,25	- 0,07
Cu	0,82	0,31	0,56	0,71	0,13	0,36	0,19	0,31	0,91	0,30	- 0,02
Fe	0,42	- 0,09	0,86	0,33	- 0,05	0,01	- 0,19	- 0,07	0,76	- 0,11	- 0,08
Hg	0,55	0,69	- 0,23	0,66	0,28	0,71	0,74	0,74	0,41	0,70	0,03
Mn	0,11	- 0,02	0,48	0,24	- 0,06	- 0,09	- 0,23	- 0,15	0,36	- 0,25	- 0,06
Ni	0,44	- 0,12	0,84	0,24	0,05	0,25	0,02	0,16	0,87	0,15	- 0,06
Pb	1	0,25	0,29	0,68	0,20	0,37	0,25	0,35	0,73	0,39	0,03
Se	0,25	1	- 0,32	0,71	- 0,11	0,36	0,48	0,35	0,19	0,51	- 0,13
V	0,29	- 0,32	1	0,05	- 0,08	- 0,09	- 0,24	- 0,16	0,67	- 0,19	- 0,11
Zn	0,68	0,71	0,05	1	0,17	0,42	0,27	0,38	0,61	0,40	0,14
Aroclor 1242	0,20	- 0,11	- 0,08	0,17	1	0,45	0,28	0,60	0,22	0,34	0,85
Aroclor 1254	0,37	0,36	- 0,09	0,42	0,45	1	0,78	0,96	0,52	0,73	0,10
Aroclor 1260	0,25	0,48	- 0,24	0,27	0,28	0,78	1	0,87	0,28	0,80	0,02
BPC totaux	0,35	0,35	- 0,16	0,38	0,60	0,96	0,87	1	0,45	0,78	0,37
Indice de contamin.	0,73	0,19	0,67	0,61	0,22	0,52	0,28	0,45	1	0,38	0,04
pp'-DDE	0,39	0,51	- 0,19	0,40	0,34	0,73	0,80	0,78	0,38	1	0,15
HCB	0,03	- 0,13	- 0,11	0,14	0,85	0,10	0,03	0,27	0,04	0,15	1

n = 33.

Probabilités: 0521 = P < 0001; 0403 = P < 001; 0289 = P 005.

