

Etude de la bioaccumulation de contaminants organiques
et inorganiques par la végétation aquatique submergée
du Lac Saint-François,
Fleuve Saint-Laurent

Lucie Veilleux et Harm Sloterdijk
Centre Saint-Laurent
Conservation et protection
Environnement Canada

Rapport préliminaire

Mai 1990

Veillez noter que ce rapport est une version très préliminaire de ce que devrait représenter l'étude effectuée pendant l'été 89 sur la bioaccumulation des macrophytes du lac Saint-François.

A la date de remise du rapport, plusieurs résultats dont les analyses des contaminants organiques n'étaient pas encore reçus, ce qui n'est pas négligeable, si on considère l'objectif premier de cette étude. Fait à noter, on attendait aussi les résultats pour les sédiments, et les résultats des métaux sont arrivés très tardivement, ce qui n'a malheureusement pu permettre une interprétation des résultats à leur juste valeur.

RÉSUMÉ

ABSTRACT

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	10
2	PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	12
	2.1 Général	12
	2.2 Végétation	12
3	REVUE DE LITTÉRATURE	14
4	MÉTHODOLOGIE	19
	4.1 Échantillonnage des macrophytes	19
	4.1.1 Choix des espèces	19
	4.1.2 Prééchantillonnage	20
	4.1.3 Échantillonnage	20
	4.1.4 Problématique d'échantillonnage	21
	4.1.4.1 Localisation des stations	21
	4.1.4.2 Méthode d'échantillonnage	22
	4.1.4.3 Choix du spécimen	22
	4.1.4.4 Nombre de réplicats	22
	4.1.4.5 Traitement du spécimen	23
	4.1.4.6 Emballage et conservation	23
	4.1.4.7 Fiches de terrain	24
	4.1.5 Analyses chimiques	25
	4.2 Échantillonnage des sédiments	26
	4.2.1 Analyses de sédiments	27
	4.3 Échantillonnage de l'eau	27
	4.3.1 Analyse de l'eau	27
5	PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	29
6	DISCUSSION	30
7	CONCLUSION	31
8	REFERENCES CITÉES	32
9	BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE	36
10	ANNEXES	39
	1 Méthode de lavage des contenants d'échantillons de macrophytes, d'eau et de sédiments.	
	2 Protocole d'homogénéisation des macrophytes	
	3 Détermination du pourcentage en lipides	
	4 Feuilles de terrain	
	5 Matériel d'échantillonnage	

LISTE DES TABLEAUX

- 1 LISTE DES COMPOSES INORGANQUES ANALYSES ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION
- 2 LISTE DES COMPOSES ORGANIQUES ANALYSES DANS LES MACROPHYTES ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION
- 3 LISTE DES COMPOSES INORGANIQUES ANALYSES DANS LES SEDIMENTS ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION
- 4 LISTES DES COMPOSES ORGANIQUES ANALYSES DANS LES SEDIMENTS ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION
- 5 LISTE DES COMPOSES INORGANIQUES ANALYSES DANS L'EAU ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION
- 6 LISTE DES COMPOSES ORGANIQUES ANALYSES DANS L'EAU ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION

LISTE DES FIGURES

- 1 Représentation de la zone d'étude
- 2 Localisation des industries majeure de la région de Cornwall-Massena
- 3 Teneurs en Hg (ng/g) dans les sédiments du lac Saint-François.
- 4 Teneurs en BPC (ng/g) dans les sédiments du lac Saint-François.
- 5 Teneurs en HAP (ng/g) dans les sédiments du lac Saint-François.
- 6 Localisation des stations échantillonnées
- 7 Description des stations et échantillons

REMERCIEMENTS

J'aimerais particulièrement remercier les gens qui ont collaboré directement au projet macrophytes 89, soit premièrement Harm Sloterdijk sans qui ce projet m'aurait semblé peu réalisable; pour sa collaboration à l'élaboration de la problématique, pour sa participation à l'échantillonnage et à ses bons conseils en général.

Louise Champoux, pour sa collaboration à l'échantillonnage et ses réponses à mes innombrables questions; sans condition autre qu'un travail effectué dans la bonne humeur.

Jacques Bureau, qui m'a été d'une aide considérable de par son expérience de terrain; et pour ses bons conseils qui m'ont permis de mener à bien mon projet malgré les embûches bureaucratiques.

LISTE DES ABREVIATIONS

BPC	Biphényles polychlorés
HAP	Hydrocarbures aromatiques polychlorés
Hg	Mercure
g	gramme
ng	nanogramme
kg	kilogramme
mg	milligramme

Étude de la bioaccumulation de contaminants organiques
et inorganiques par la végétation aquatique submergée
du Lac Saint-François,
Fleuve Saint-Laurent

1 INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, la Direction des eaux intérieures, région du Québec utilise des bioindicateurs pour détecter la présence des substances toxiques dans le fleuve Saint-Laurent. En 1988, lors de l'implantation du plan d'action Saint-Laurent, la section Apports toxiques du Centre Saint-Laurent décidait d'entreprendre une étude sur la possibilité d'utiliser les macrophytes aquatiques submergés comme indicateurs de bioaccumulation de contaminants dans le cadre d'une étude de la contamination du lac Saint-François pendant l'été 1989.

Sur le plan physique, les macrophytes peuvent faire figure de "piège à contaminants", en réduisant le débit des masses d'eau de par leur abondance, créant ainsi un effet direct sur la dynamique sédimentaire. Ce phénomène peut soulever plusieurs questions sur le processus de sédimentation, remise en suspension des sédiments, la création d'un cycle à feed-back positif sur la croissance des macrophytes et des zones de déposition des sédiments. De par leur cycle de vie saisonnier, on étudie aussi la possibilité d'utiliser ces organismes dans la détermination d'un bilan de contamination, ou encore, de déterminer l'importance du transport des contaminants par ce compartiment.

Les plantes aquatiques sont déjà largement reconnues pour leur potentiel de bioaccumulation de contaminants inorganiques comme les métaux lourds. Par contre, leur rôle dans la bioaccumulation de contaminants organiques n'a été que très peu documenté.

Le but de cette étude est donc de combler cette lacune en décrivant le niveau de contamination de ces organismes dans le lac Saint-François, en tentant d'établir les liens avec la contamination de l'eau et des sédiments. L'interprétation de ces résultats pourrait permettre une meilleure compréhension de l'interaction des plantes avec le milieu aquatique, et par le fait même, évaluer leur potentiel comme outil écotoxicologique.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

2.1 Général

Le lac Saint-François est un élargissement situé à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent et se jetant dans le lac Saint-Louis (FIGURE 1). Il occupe une superficie de 233 km carrés et s'étend sur une longueur approximative de 40 km et varie d'une largeur de 4 à 7 km (St-Cyr, 1984). La profondeur moyenne du lac se situe entre 1 et 2 mètres, mais peut atteindre jusqu'à 5 mètres à certains endroits, exception faite de la voie maritime qui atteint près de 10 mètres (Owen et Wile, 1975). Le lac représente une source d'eau pour plusieurs municipalités environnantes, en plus de sa vocation récréative pour la navigation de plaisance, son utilisation par les pêcheurs sportifs (Beak, 1989). Les abords du lac sur la rive nord sont souvent occupés à des fins de villégiature.

Cette étendue recoupe les frontières du Canada et des États-Unis; du Québec et de l'Ontario. En plus, ce plan d'eau est entrecoupé d'îles qui appartiennent à la nation Mohawk d'Akwesasne. Ils y pratiquent la chasse à la sauvagine, la trappe au petit gibier, et la pêche pour des raisons de subsistance. Cette région pose donc une problématique sérieuse lorsqu'il s'agit d'apports en toxiques. Cette région est directement touchée par des apports locaux de BPC, HAP, et mercure par différentes industries (FIGURE 2).

2.2 Végétation

Les herbiers aquatiques du lac Saint-François sont estimés à environ 6300 ha et se caractérisent surtout par Vallisneria americana et Myriophyllum spicatum (Bouchard et al, 1989, Gravel et al, 1978). Dans la région Ontarienne seulement, on évalue

Figure 1: Representation de la zone d'étude.

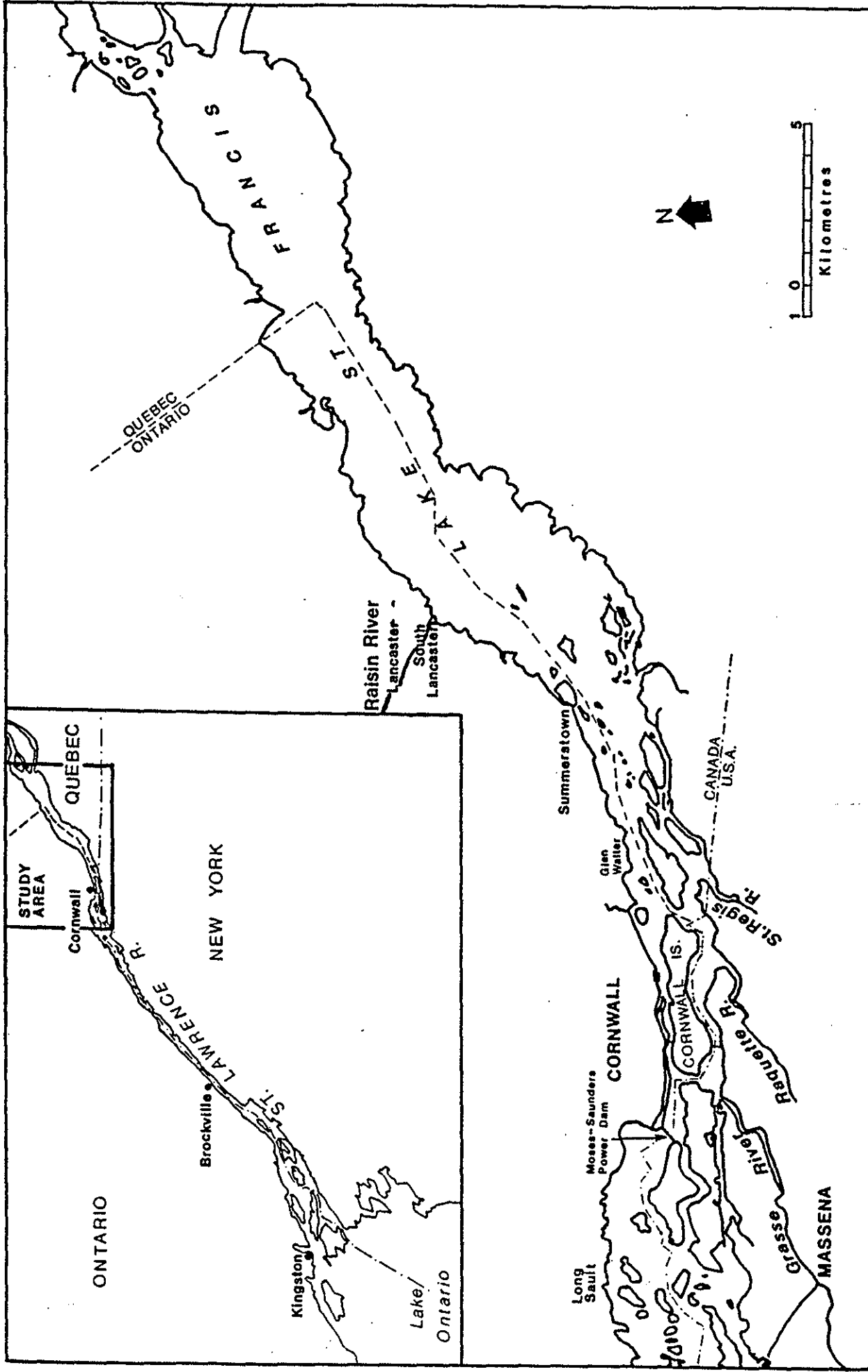


Fig.1 Cornwall - Massena Study Area

Tiré de: Remedial action PLAN, 1988.

FIGURE 2. Localisation des industries majeures de la Région de Cornwall-Massena.

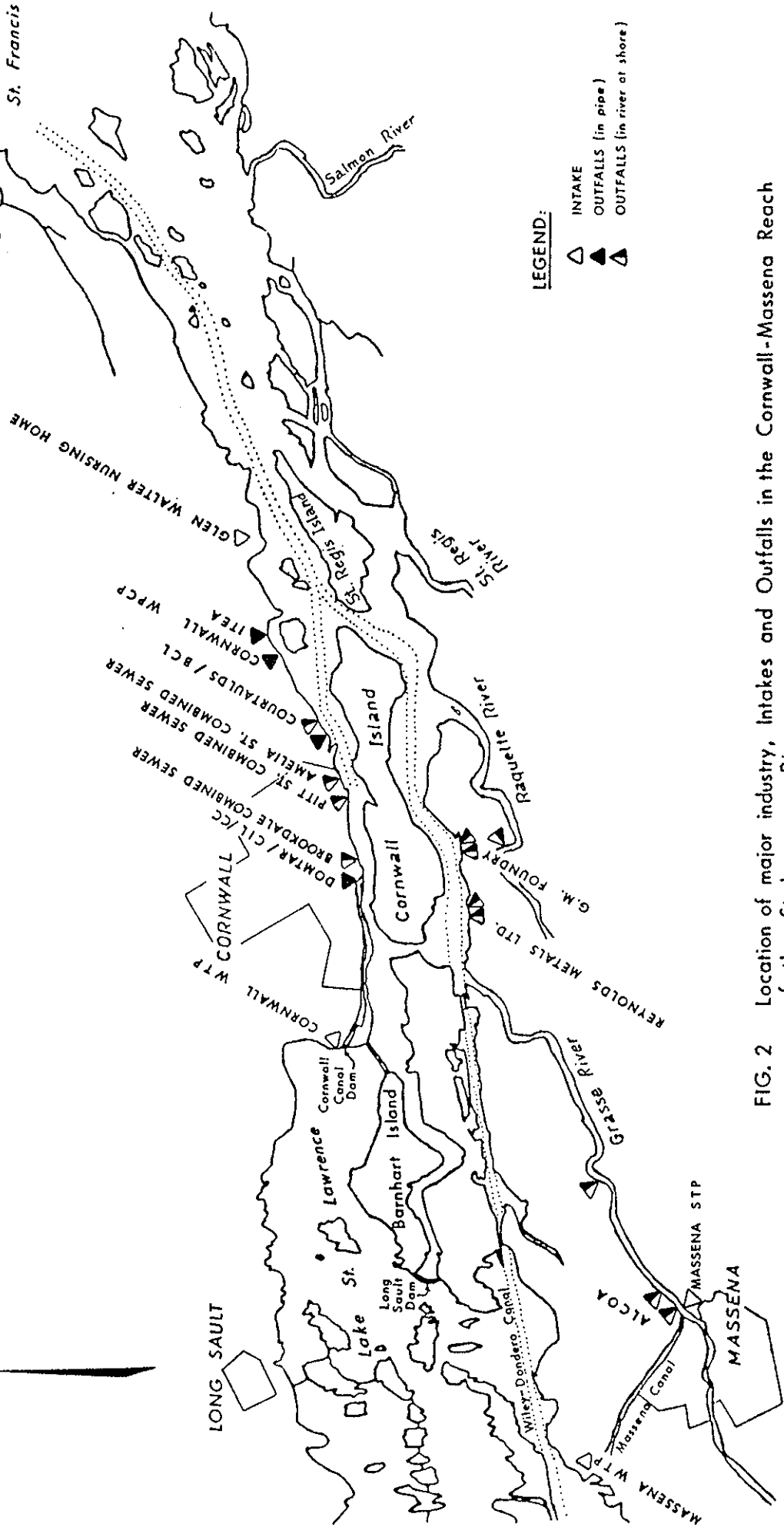


FIG. 2 Location of major industry, Intakes and Outfalls in the Cornwall-Massena Reach of the St. Lawrence River

Tire'de: KAUSE et al, 88.

l'étendue des herbiers submergés à 3750 acres, sur lesquels 560 acres d'herbiers croissent jusqu'à la surface du lac chaque année. Cette forte densité de végétation aquatique nuit aux activités récréatives en général, en plus de produire des odeurs indésirables pour la population environnante. Dans le secteur avoisinant Cornwall, la Raisin River Conservation Area coupe chaque année environ 200 acres de végétation aquatique sur la rive nord du lac. Les débris de plantes broyées sont ainsi relâchées directement dans le fleuve et ce, depuis 1980 (Beak, 1989).

Différentes études ont été effectuées sur cette problématique, entre autres, sur la possibilité de transport de ces débris. On note que les espèces de plantes aquatiques ont des densités différentes selon l'espèce, et par conséquent, ne se déposeront pas au mêmes endroits, selon la vélocité et la vitesse du courant qui entraîne les débris, ou encore les plantes déracinées (KAMAITIS, G.A. 1985, NEIL, J.H. et J. MORAN. 1985a, 1985b et NEIL, J.H. 1980)

3 REVUE DE LITTÉRATURE

Plusieurs études ont été réalisées par le passé sur la bioaccumulation des métaux lourds chez les plantes aquatiques et aussi chez d'autres organismes aquatiques. Chez les plantes, la bioaccumulation peut se faire à partir de la colonne d'eau, ou encore par une assimilation des contaminants contenus dans l'eau interstitielle des sédiments (CNRC, 88). Pourtant, on s'aperçoit que de grandes variations existent dans la bioaccumulation selon les espèces, le milieu où elles se trouvent et ses caractéristiques physiques, la concentration des contaminants dans ce milieu, la limitation où l'excès en éléments nutritifs, la densité de la végétation et j'en passe...

Pour nous donner quand-même une idée de l'ordre de grandeur des concentrations de contaminants retrouvées chez les plantes aquatiques submergées, voici une revue de littérature scientifique selon le type de contaminants et les concentrations retrouvées. L'emphase est mise surtout sur les espèces étudiées dans le cadre de la présente étude, soient la Vallisnérie et le myriophylle et on cite aussi les données globales sur les autres macrophytes aquatiques submergés. Vous noterez que pour certaines variables, on cite quelquefois le BCF ou "Bioconcentration factor" qui représente la proportion d'accumulation de la substance par rapport à la concentration dans l'eau.

<u>Variable</u>	<u>Espèce</u>	<u>Concentrations</u>	<u>Références</u>
Aluminium	Myriophylle	520 à 5200 ppm	Kauss, 88
	Vallisnérie	130 à 3800 ppm	Kauss, 88
	Macrophytes	200 à 1300 ppm	Rawlence et al, 76, Béland et al, 78
BCF		833	Béland et al, 78
Argent	Vallisnérie	0,2 à 0,4 ppm	Estabrook et al, 85
			Wells et al, 80

	Macrophytes	1,2 ppm	Béland et al, 78
Arsenic	Myriophylle	0,6 à 1,6 ppm	Estabrook et al, 85 Wells et al, 80
Baryum	Myriophylle	62,3 à 93,3 ppm	Estabrook et al, 85 Wells et al, 80
	Vallisnérie	67,6 ppm	Estabrook et al, 85
	Macrophytes	4 à 240 ppm	Rawlence et al, 76 Béland et al, 78
BCF		500	Béland et al, 78
Béryllium	Macrophytes	2,3 ppm	Béland et al, 78
BCF		100	Béland et al, 78
alpha-BHC	Myriophylle	1 ppb	Kauss et al, 88
	Vallisnérie	1 à 3 ppb	Kauss et al, 88
Gamma-BHC	Myriophylle	6 ppb	Kauss et al, 88
	Vallisnérie	1 à 5 ppb	Kauss et al, 88
Bore	Macrophytes	13 à 80 ppm	Béland et al, 78
BPC	Myriophylle	non détecté	Kauss et al, 88
	Vallisnérie	non détecté	Kauss et al, 88
	Macrophytes	5 à 25 ppb	Kauss et al, 88
Cadmium	Myriophylle	0,4 ppm	Kauss et al, 88
	Vallisnérie	0,6 à 3,64 ppm	Di Giulio et al, 85 Kauss et al, 88
	Macrophytes	0,65 à 89,6 ppm	Béland et al, 78 McIntosh et al, 78 Ray et al, 76
Cérium	Vallisnérie	0,6 ppm	Wells et al, 80
Césium	Myriophylle	0,7 à 5,4 ppm	Estabrook et al, 85 Wells et al, 80
Alpha-Chlordane	Vallisnérie	1 ppb	Kauss et al, 88
Chrome	Myriophylle	0,4 à 28 ppm	Estabrook et al, 85 Kauss et al, 88 Wells et al, 80
	Vallisnérie	0,6 à 6,9 ppm	Estabrook et al, 85 Friant, 79 Kauss et al, 88 Wells et al, 80
	Macrophytes	0,4 à 10,4 ppm	Baudo et al, 76 Béland et al, 78 Kadukin et al, 83

BCF	Cobalt	Myriophylle	210 à 4000	Mudroch et al, 79
				Rawlence et al, 76
				Béland et al, 78
Cobalt	Vallisnérie	0,3 à 0,6 ppm	0,1 à 860 ppm	Kadukin et al, 83
				Estabrook et al, 85
				Wells et al, 80
BCF	Macrophytes	0,1 à 860 ppm	1000	Estabrook et al, 85
				Wells et al, 80
				Béland et al, 78
Cuivre	Myriophylle	5,8 à 53 ppm	5,2 à 15 ppm	Mudroch et al, 79
				Rawlence et al, 76
				Béland et al, 78
Cuivre	Vallisnérie	5,2 à 15 ppm	0,022 à 198 ppm	Kauss et al, 88
				Di Giulio et al, 85
				Friant, 79
BCF	Macrophytes	0,022 à 198 ppm	414	Kauss et al, 88
				Baudo, 76
				Béland et al, 78
p,p'-DDD	Vallisnérie	10 ppb	10 ppb	Campbell et al, 85
				Kadukin et al, 83
				Mudroch et al, 79
Fer	Myriophylle	330 à 3400 ppm	320 à 1130 ppm	Rawlence et al, 76
				Ray et al, 76
				Kadukin et al, 83
BCF	Macrophytes	320 à 1130 ppm	1700	Kadukin et al, 83
Gallium	Macrophytes	0,4 à 0,9 ppm	36 à 3400 ppm	Rawlence et al, 76
Manganèse	Macrophytes	36 à 3400 ppm	9000 à 200000	Baudo et al, 76
				Béland et al, 78
				Kadukin et al, 83
BCF	Macrophytes	36 à 3400 ppm	9000 à 200000	Rawlence et al, 76
				Baudo et al, 76
				Kadukin et al, 83
Mercure	Myriophylle	0,03 à 48,1 ppm	0,02 ppm	BEAK, 89
				Dolar et al, 71
				Kauss et al, 88
Molybdène	Vallisnérie	0,02 ppm	0,2 ppb	Kauss et al, 88
				Kauss et al, 88
				Kauss et al, 88
Nickel	Macrophytes	0,2 ppb	0,4 à 0,56	Rawlence et al, 83
Nickel	Vallisnérie	6,6 à 11,8 ppm	0,3 à 169 ppm	Wells et al, 80
				Mudroch et al, 79

Rawlence et al, 76

Pentachlorophénol

Myriophylle 90 à 110 ppb
 Vallisnérie 60 à 110 ppb

Kauss et al, 88
 Kauss et al, 88

Plomb

Myriophylle 3,6 à 13 ppm
 Vallisnérie 2,1 à 24 ppm

Kauss et al, 88
 DiGiulio et al, 85
 Friant, 79
 Kauss et al, 88
 Milne et al, 77
 Béland et al, 78
 Mudroch et al, 79
 Rawlence et al, 76
 Ray et al, 76

Macrophytes 0,3 à 47,4 ppm

Rubidium

Myriophylle 7,1 ppm
 Vallisnérie 2,3 à 7,6 ppm

Estabrook et al, 85
 Wells et al, 80
 Estabrook et al, 85
 Wells et al, 80

Sélénium

Myriophylle 0,6 à 1,3 ppm
 Vallisnérie 0,4 à 0,7 ppm

Estabrook et al, 85
 Wells et al, 80
 Wells et al, 80

Strontium

Macrophytes 36 à 202,6 ppm

Béland et al, 78
 Rawlence et al, 76

Titane

Macrophytes 2 à 37,5 ppm

Béland et al, 78
 Rawlence et al, 76

Thorium

Macrophytes 0,7 ppm

Wells et al, 80

2,4,6-Trichlorophénol

Myriophylle 50 ppb
 Vallisnérie 50 ppb

Kauss et al, 88
 Kauss et al, 88

Uranium

Vallisnérie 0,4 à 0,7 ppm

Wells et al, 80

Vanadium

Macrophytes 0,3 à 4,8 ppm

Béland et al, 78
 Rawlence et al, 76

Zinc

Myriophylle 22,2 à 560 ppm
 Vallisnérie 5 à 115 ppm
 Macrophytes 0,155 à 5971 ppm

Estabrook et al, 85
 Kauss et al, 88
 Wells et al, 80
 DiGiulio et al, 85
 Estabrook et al, 85
 Friant, 85
 Wells et al, 80
 Béland et al, 78
 Campbell et al, 85
 Kadukin et al, 83
 Kauss et al, 88
 Mudroch et al, 79

		Rawlence et al, 76
		Ray et al, 76
BCF	1160 à 30000	Baudo, 76
		Kadukin et al, 83
Zirconium Macrophytes	19 à 50 ppm	Rawlence et al, 76

En plus de ces données, certaines remarques intéressantes ressortent de la littérature: "Le contenu maximal en métaux lourds (cuivre, manganèse et chrome) se retrouve surtout dans Elodea canadensis, par contre, il est difficile de prévoir l'accumulation de métaux dans une espèce de plante en particulier, il importe de considérer ses caractéristiques physiologiques et environnementales" Baudo et al, 76.

"A la fin de la saison, les plantes meurent et relâchent les métaux accumulés, qui pourront se disperser dans la colonne d'eau et dans les sédiments. Les métaux lourds sont absorbés par le matériel organique des sédiments. Cette matière organique est en suspension dans l'eau jusqu'à sa sédimentation. De cette façon, les plantes tendent à conserver les métaux lourds sur place dans les sédiments " Estabrook et al, 85.

"Les métaux lourds rendent la sénescence activée chez les macrophytes en décroissant le contenu en chlorophylle, ARN, protéines, augmentation des radicaux libres, de la perméabilité des tissus, de l'activité de la RNase et protéase" Sasadhar et al, 82.

"Le degré de sénescence augmente avec la combinaison de différents métaux lourds par synergie" Sasadhar et al, 83.

L'azote serait surtout tiré des sédiments par les racines de la plante (Chambers et al, 89, Mantai et al, 82). L'azote serait tiré jusqu'à 50% de l'eau et 27% des sédiments (Nichols et Keeney, 76). Le calcium serait tiré par les racines et relocalisé aux tiges (DeMarte et al, 74). Le chrome réduit la

photosynthèse de 6,4 à 80% à des concentrations entre 63 et 465 ppm (Guilizzonni et al, 84). Le cuivre est le métal occasionnant le plus d'effets négatifs sur le myriophylle (Sasadhar et al, 82). Le cuivre serait tiré des sédiments (Campbell et al, 85, Mudroch et al, 79, Ray et al, 76). Le nickel serait tiré des sédiments (Mudroch et al, 79). Le phosphore est tiré surtout du sédiment (Best et al, Chambers et al, 89, 78, DeMarte et al, 74, Mantai et al, 83, Smith et al, 86, Schults et al, 76). Le zinc serait surtout tiré de l'eau (Campbell et al, 85)

4 METHODOLOGIE

4.1 Échantillonnage des macrophytes

4.1.1 Choix des espèces

Pour établir le choix des espèces, il nous a fallu respecter certains critères applicables à tout indicateur biologique (Hellowell, J.M., 1986).

- a) Etre identifiable rapidement
- b) Etre facile à échantillonner
- c) Avoir une distribution considérable
- d) Avoir un potentiel de bioaccumulation élevé

Notre choix final s'est donc porté sur deux espèces, Vallisneria americana et Myriophyllum spicatum. Ces deux espèces sont abondantes et ce, tout le long du fleuve Saint-Laurent. Dans le lac Saint-François, le myriophylle est particulièrement abondant dans la région de Cornwall, et la Vallisnérie est une des espèces dominantes dans l'ensemble du lac. Nous avons considéré l'utilisation de potamots, mais le travail d'identification sur le terrain aurait été plus ardu, si on tient compte de leur grande variété.

Nous avons finalement choisi deux espèces dans le but de

comparer la variabilité de bioaccumulation selon l'espèce, et aussi, pour éviter de rencontrer le problème de non-disponibilité du spécimen à un site donné. Il existe déjà une littérature considérable sur le potentiel bioaccumulateur de ces plantes pour les contaminants métalliques. Ces plantes ont quand-même des caractéristiques physiques et physiologiques spécifiques et différentes, ce qui nous permet d'explorer toutes les possibilités d'utilisation de l'outil (CNRC, 88).

Les espèces choisies sont submergées, afin de ne cerner que la contamination du milieu aqueux et sédimentaire. En effet, les plantes flottantes et émergentes subissent aussi l'agression des contaminants atmosphériques, ce qui ne facilite pas la tâche pour déterminer la source de bioaccumulation.

4.1.2 Prééchantillonnage

Un prééchantillonnage s'est avéré nécessaire afin d'identifier clairement les zones d'herbiers, le positionnement des groupements d'espèces visées, l'abondance des espèces co-dominantes et la facilité d'accès sur les lieux en bateau et pour la plongée subaquatique, dans le cadre de l'échantillonnage. Ce travail s'est effectué au début de juillet 89, lorsque la végétation était en pleine croissance.

4.1.3 Échantillonnage

Les macrophytes ont été prélevés à leur stade de maturation maximal, soit à la fin août et au début de septembre. L'idéal aurait été de prélever plus tôt dans la saison, vers la fin de juillet, car à ce moment peu de spécimens de ces espèces présentent des traces de nécrose. De cette façon, on tente alors de cerner la période où les plantes démontreront un taux d'accumulation maximal, en tenant pour acquis que les macrophytes accumulent les contaminants tout le long de leur cycle de vie.

Idéalement, la période d'échantillonnage ne doit pas dépasser une semaine, si on considère la courte durée du cycle de vie de ces organismes dans le fleuve afin d'éviter une trop grande variabilité dans les taux d'accumulation. Le retard de la campagne d'échantillonnage a été occasionné surtout par des détails administratifs hors de notre contrôle.

4.1.4 Problématique d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage a été conçu de façon à optimiser les probabilités de bioaccumulation de contaminants organiques et inorganiques dans les macrophytes aquatiques submergés.

Il importe ici de noter que dans le choix des stations à échantillonner, certains critères se sont avérés primordiaux. D'une part, la présence d'herbiers était essentielle, et d'autre part, nous devions centrer nos efforts sur des sites fortement contaminés.

En se référant à une étude de la contamination des sédiments de surface du lac Saint-François (Sloterdijk, 85), on peut observer un gradient de concentration en mercure le long de la rive nord du lac (FIGURE 3). Les plus fortes concentrations se retrouvent à l'ouest de cette zone, soit à l'entrée du lac, dans la région de Cornwall. Nous avons donc situé une de nos stations dans cette région.

Les substances ciblées pour l'étude de bioaccumulation, soit les BPC et les HAP, se retrouvent surtout dans les sédiments de la région sud du lac. (FIGURES 4 et 5) La distribution spatiale nous indique un gradient de l'ouest à l'est de la rive. Deux stations y ont donc été situées, dont l'une à une concentration élevée en BPC totaux, et l'autre en HAP totaux.

4.1.4.1 Localisation des stations

Trois stations ont été sélectionnées, en fonction de la

FIGURE 3: TENEURS EN Hg

Figure 13

TENEURS EN Hg (ng/g) DES SÉDIMENTS
PRÉLEVÉS DANS LE LAC SAINT-FRANÇOIS (1979-81)

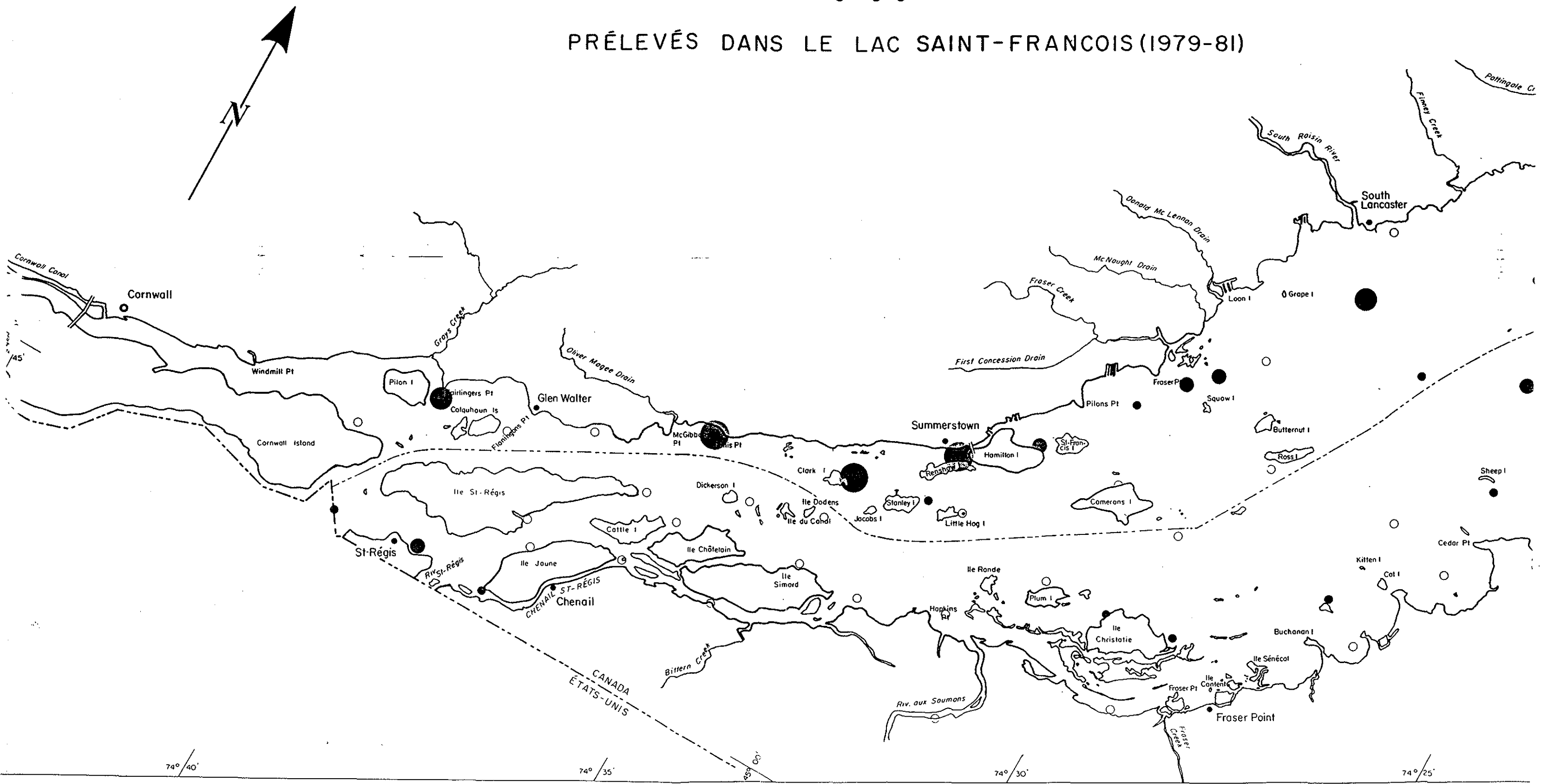


Figure 4: Teneurs en BPC

Figure 16

TENEURS EN PCB (ng/g) DES SÉDIMENTS
PRÉLEVÉS DANS LE LAC SAINT-FRANÇOIS (1979-81)

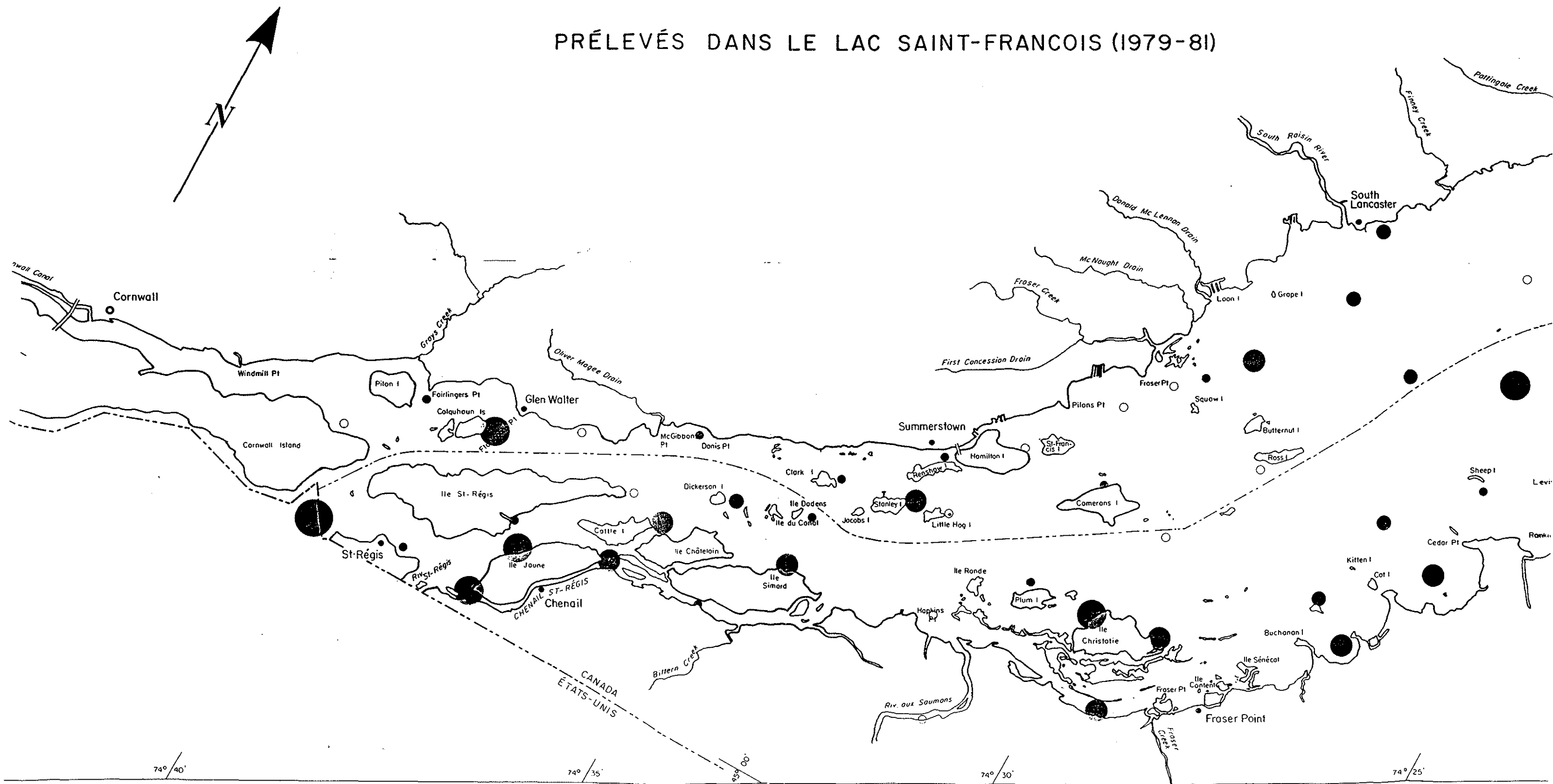
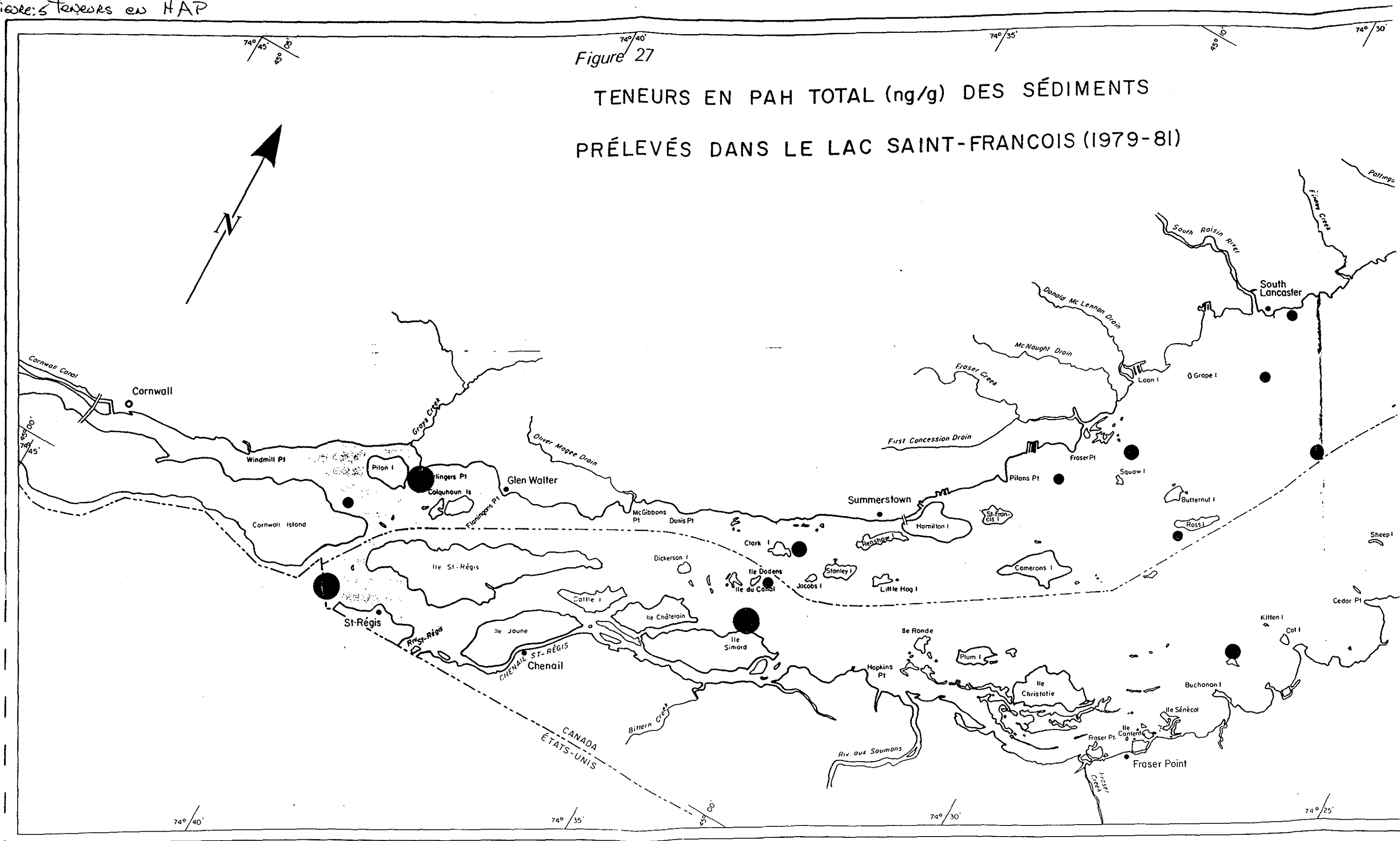


Figure: teneurs en HAP



Tiré de Sloterdijk, 85

contamination des sédiments. A ces mêmes stations ont été prélevés des échantillons d'eau et de sédiments de surface. La localisation des stations est représentée à la figure 6 et détaillée à la figure 7.

4.1.4.2 Méthode d'échantillonnage

Les plantes étant submergées, et ce à des profondeurs moyennes variant entre 1 et 5 mètres, l'échantillonnage s'est effectué en plongée subaquatique. Les prélèvements se sont effectués à l'aide d'une petite pelle à main, ou encore directement à la main selon la ténacité des parties enracinées dans le sédiment. La plante entière était ainsi prélevée, et transportée dans un sac à échantillons en filet. Les méthodes utilisées pour l'échantillonnage proviennent de la littérature scientifique (Downing, J.I. et Rigler, H. 1984, N.N.C., 87, Wood, 70).

4.1.4.3 Choix du spécimen

La plante choisie devait avoir l'air le plus sain possible, sans trace de nécrose, et ce, afin de standardiser l'échantillonnage le plus possible. Dans le même sens, on cherchait aussi des spécimens de bonne dimension, dans un ordre de grandeur semblable.

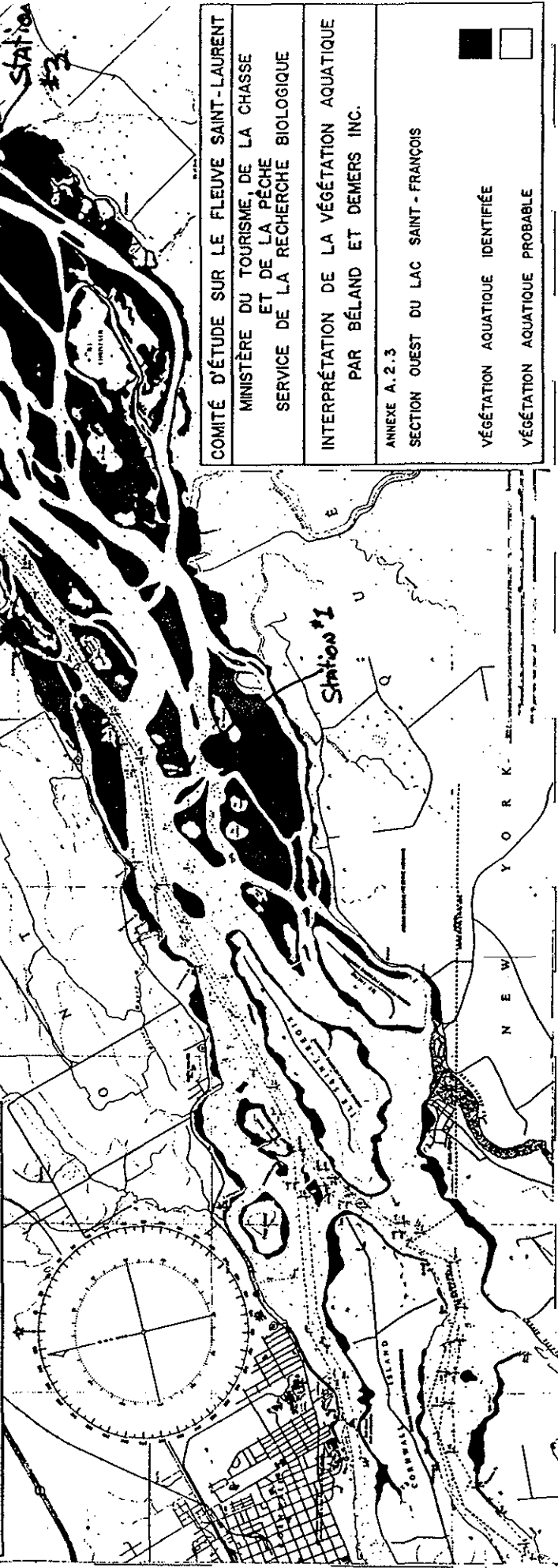
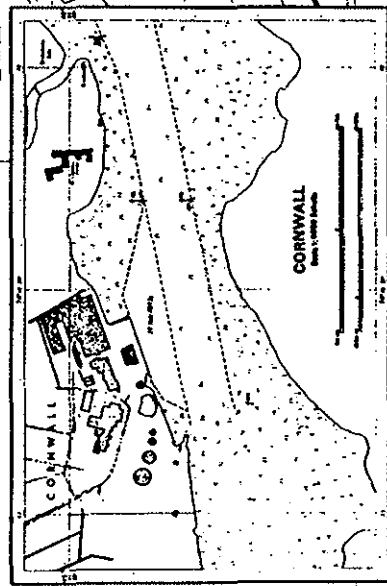
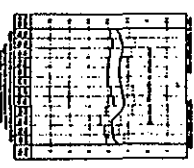
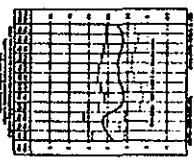
4.1.4.4 Nombre de répliqués

Dix répliqués composites d'environ 200 g (compte tenu de la quantité requise pour analyses chimiques) de chacune des espèces ont été prélevés à chacune des stations. Ceci a été établi afin de permettre de déterminer statistiquement la variabilité de bioaccumulation entre les répliqués pour chacune des espèces.

ST. LAWRENCE MARITIME REGION
LAC SAINT-FRANÇOIS
 WESTERN PORTION / PARTIE OUEST

Scale 1:25,000 Scale

SYMBOLS
 (List of symbols and their meanings for the map)



COMITÉ D'ÉTUDE SUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT	
MINISTÈRE DU TOURISME, DE LA CHASSE ET DE LA PÊCHE SERVICE DE LA RECHERCHE BIOLOGIQUE	
INTERPRÉTATION DE LA VÉGÉTATION AQUATIQUE PAR BÉLAND ET DEMERS INC.	
ANNEXE A.2.3	SECTION OUEST DU LAC SAINT-FRANÇOIS
	VÉGÉTATION AQUATIQUE IDENTIFIÉE
	VÉGÉTATION AQUATIQUE PROBABLE

NEW YORK

Tire de Béland et AL, 78

MACROPHYTES 89

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS

EAU:

STATION LSF-89-ME1
STATION LSF-89-ME2
STATION LSF-89-ME3

SÉDIMENTS:

STATION LSF-89-MS1
STATION LSF-89-MS2
STATION LSF-89-MS3

MACROPHYTES:

STATION LSF-89-M1V1 À M1V10
 M1M1 À M1M10
STATION LSF-89-M2V1 À M2V10
 M2M1 À M2M10
STATION LSF-89-M3V1 À M3V10
 M3M1 À M3M10

M1,2,3: Station macrophyte 1, 2, 3.
V1 à V10: Réplicats de Vallisnérie 1 à 10.
M1 à M10: Réplicats de Myriophylle 1 à 10.

Localisation des stations Lac Saint-François

Station 1: Située sur la rive sud du lac Saint-François, entre les îles Simard et Châtelain.

Note: Cette station est caractérisée par sa forte contamination en BPC et HAP dans les sédiments de surface (Sloterdijk 85).

Station 2: Située sur la rive nord du lac Saint-François, en amont de l'île Hamilton, au nord de l'île Renshaw.

Note: Cette station est caractérisée par sa forte contamination en mercure dans les sédiments de surface (Sloterdijk 85).

Station 2': Située sur la rive nord du lac Saint-François, en aval de l'île Hamilton, au nord de l'île Thompson. Cette station, qui possède des caractéristiques semblables à la station 2, a été désignée comme station de remplacement pour l'échantillonnage de myriophylle.

Station 3: Située sur la rive sud du lac Saint-François, en aval de l'île Christatie, au nord de l'intersection des îles René-Lapierre et Sénécal.

Note: Cette station est caractérisée par sa forte contamination en BPC dans les sédiments de surface (Sloterdijk 85).

A cause des analyses des contaminants organiques, nous nous sommes vus dans l'obligation d'augmenter le volume des réplicats. Des analyses de la sorte étant à l'état de développement chez le laboratoire consultant (Novalab), nous ne pouvions prédéterminer exactement le poids de plantes requis, et donc, nous avons dû surestimer la quantité échantillonnée. Dans la même optique, la grande quantité de matière requise pour les analyses d'organiques, nous a fait remettre en question l'idée première de procéder aux analyses par parties de plantes. En effet, environ 200 g frais étaient requis pour une série complète d'analyses. Si on considère le petit volume occupé par les racines de myriophylles par exemple, l'outil macrophyte pour sa facilité d'utilisation n'aurait plus sa raison d'être à cause du nombre trop grand de spécimen requis pour un seul réplikat. Pour la même raison, il était alors impossible de considérer l'analyse par spécimen, compte tenu qu'une Vallisnérie mature pèse dans les 50 g.

4.1.4.5 Traitement du spécimen

Chaque échantillon était débarrassé du périphyton qu'il pouvait éventuellement soutenir. Un premier nettoyage s'est effectué grossièrement dans l'eau du fleuve lors du prélèvement, et la plante a aussi été rincée à l'eau distillée avant l'emballage final. Lors du nettoyage on procédait aussi au tri des échantillons selon les espèces, à l'aide des clés de guides d'identification (FASSET, N.C. 1975, FLEURBEC 1987, MUENSCHER, W.C. 1976, PRESCOTT, G.W. 1980.).

4.1.4.6 Emballage et conservation

Les échantillons ont été emballés et conservés dans du papier d'aluminium, préalablement lavé à l'hexane et à l'acétone (méthode en annexe), et ont été déposés dans des sacs de plastique

de type Zyploc comme support. Sur le terrain, les échantillons étaient conservés sur glace sèche, jusqu'à l'arrivée au laboratoire, où ils étaient congelés à -20 C en attente d'analyse.

4.1.4.7 Fiches de terrain

Pour chacune des stations, une fiche de terrain était complétée afin de recueillir des informations telles les conditions atmosphériques, des données physiques comme la profondeur de l'eau, la température de l'air ambiant et de l'eau, une estimation du courant. Des observations ont été portées sur l'apparence du substrat, l'abondance et la diversité relative des macrophytes. Les fiches de terrain peuvent être consultées en annexe.

4.1.5 Analyses chimiques

Les analyses de métaux ont été effectuées au Laboratoire national de la qualité de l'eau à Burlington. Ces variables sont analysées en utilisant les mêmes techniques qu'avec les analyses de poissons. En résumé, pour les métaux ont procédé par digestion à l'acide. Pour plus de renseignements, se référer au manuel de techniques d'analyses d'Environnement Canada.

Les analyses de contaminants organiques ont été effectuées par un laboratoire privé, Novalab Inc. Pour les OC-BPC, on effectue en gros une extraction hexane-acétone, purification et fractionnement sur florisil et analyse GC-EC. On se réfère à la méthode d'Environnement Canada DEI-NAQUADAT # 17816. Pour les HAP, on effectue une extraction avec CH_2Cl_2 , purification sur gel de silice et analyse par GC-MS selon la méthode de l'EPA, #625.

TABEAU 1: LISTE DES COMPOSES INORGANQUES ANALYSES DANS LES

MACROPHYTES ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION

ALUMINIUM	?
ARSENIC	0,05 mg/kg
CADMIUM	0,02 mg/kg
CHROME	0,2 mg/kg
CUIVRE	0,2 mg/kg
MERCURE	0,02 mg/kg
PLOMB	0,1 mg/kg
NICKEL	0,05 mg/kg
SELENIUM	0,05 mg/kg
ZINC	0,2 mg/kg

TABLEAU 2: LISTE DES COMPOSES ORGANIQUES ANALYSES DANS LES
MACROPHYTES ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION

PESTICIDES ORGANOCHLORÉS

HCB	0,001 mg/kg
Lindane	
Aldrin	
Dieldrin	
p.p'-TDE	
p.p'-DDT	
p.p'-DDE	
o.p'-DDT	
Mirex	
α BHC	
α -Endosulfan	
β -Endosulfan	

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES

Benzo (a) anthracène	Réf. EPA ?
----------------------	------------

Benzo (a) pyrène
Benzo (a) fluoranthène
Benzo (k) fluoranthène
Chrysène
Dibenzo (a,h) anthracène
Fluoranthène
Indeno (1,2,3-cd) pyrène
Naphtalène
Phénanthrène
Pyrène
1,2,3,4-Tétrahydro-naphtalène
2-Méthyl naphtalène
1-Méthyl naphtalène
B Chloronaphtalène

CONGÉNÈRES DE BPC

?

4.2 Échantillonnage des sédiments

Un échantillon de sédiments de surface a été prélevé simultanément lors de l'échantillonnage des macrophytes à chacune des stations. Le prélèvement s'est effectué à l'aide d'une petite benne de type Eckman de 36 pouces². Seuls les trois premiers centimètres de sédiments ont été prélevés de l'échantillon, homogénéisés, et déposés dans des contenants métalliques pour des fins d'analyses de contaminants organiques, et de contenants de polypropylène pour des fins d'analyses de contaminants inorganiques. Les échantillons ont été conservés au frais sur le terrain, pour ensuite être congelés à -20 C jusqu'à l'acheminement au laboratoire pour analyses.

4.2.1 Analyses de sédiments

Les sédiments subissent les mêmes analyses que les sédiments échantillonnés pendant l'été 1989 dans le cadre du projet de caractérisation des sédiments du lac Saint-François. Ces analyses incluent tous les paramètres analysés dans les macrophytes, en plus de certains éléments complémentaires qui serviront éventuellement à l'interprétation des résultats

TABEAU 3: LISTE DES COMPOSES INORGANQUES ANALYSES DANS LES SÉDIMENTS ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION

TABEAU 4: LISTES DES COMPOSES ORGANIQUES ANALYSES DANS LES SÉDIMENTS ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION

4.3 Échantillonnage de l'eau

Pour compléter le profil de l'habitat de la plante, nous avons aussi prélevé à chaque station un échantillon d'eau de surface. En plus d'avoir subi le lavage de base, la bouteille utilisée était rincée trois fois à l'eau du fleuve avant de conserver l'échantillon final. Les échantillons étaient conservés sur le terrain dans des glacières avec glace sèche, et après préservation, acheminées au laboratoire le plus rapidement possible pour des fins d'analyse chimique. Encore ici, le schéma analytique est similaire à celui du projet bilan relatif.

4.3.1 Analyse de l'eau

TABEAU 5: LISTE DES COMPOSES INORGANQUES ANALYSES DANS L'EAU ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION

TABEAU 6: LISTE DES COMPOSES ORGANIQUES ANALYSES DANS L'EAU ET LEUR LIMITE DE DÉTECTION

5 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

6 DISCUSSION

7 CONCLUSION

8 RÉFÉRENCES CITÉES

BAUDO, R. et VARINI, P.G. 1976. Copper, manganese and chromium concentrations in five macrophytes from the Delta river of river Toce (Northern Italy). Mem. Ist. Ital. Idrobiol, 33: 305-324

BEAK. 1989. Survey of aquatic macrophyte communities in Ontario waters of lake St. Francis and evaluation of measures to control growth. Rapport préliminaire. 25pp.

BELAND, J. et R. DEMERS. 1977. La teneur en substances toxiques dans les plantes aquatiques et les facteurs limitant leur croissance. Rapport technique No 8. Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent. 179pp.

BEST, M.D. et K.E. MANTAI. 1978. Growth of Myriophyllum: Sediment or lake water as the source of nitrogen and phosphorus. Ecology. 59(5):1075-8

BOUCHARD, A., BROUILLET, L., JEAN, M. ET SAINI, D. 1989. Végétation du fleuve Saint-Laurent: Diversité biologique, pollution environnementale et état de la végétation. Étude de faisabilité soumise au Centre Saint-Laurent, Environnement Canada par l'institut botanique de l'université de Montréal.

CAMPBELL, P.G.C., A. TESSIER, M. BISSON et R. BOUGIE. 1985. Accumulation of Copper and Zinc in the Yellow Water Lily, Nuphar variegatum: Relationships to metal partitioning in the adjacent lake sediments. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42:23-32.

CNRC, CAMPBELL, P.G.C., A.G. LEWIS, P.M. CHAPMAN, A.A. CROWDER, W.K. FLETCHER, B. IMBER, S.N. LUOMA, P.M. STOKES, ET M. WINFREY. 1988. Biologically available metals in sediments. NRCC No. 27694. 298pp.

DI GIULIO, R.T., et P.F. SCANLON. 1985. Heavy metals in aquatic plants, clams, and sediments from the Cheasapeake Bay, U.S.A. Implications for waterfowl. Sci. Total Environ. 41(3):259-274

DOLAR, S.G., D.R. KEENEY et G. CHESTERS. 1971. Mercury accumulation by Myriophyllum spicatum L. Environ. Letters, 1(3):191-198

DOWNING, J.A. et H. RIGLER. 1984. A manual on methods for the assesment of secondary productivity in fresh waters. Blackwell Scientific Publications, 501pp.

ESTABROOK, G.F., D.W. BURK, D.R. INMAN, P.B. KAUFMAN, J.R. WELLS, J.D. JONES et N. GHOSHEN. 1985. Comparison of heavy metals in aquatic plants on Charity Island, Saginaw Bay, Lake Huron, U.S.A., with plants along the shoreline of Saginaw bay. Amer. J. Bot. 72(2):209-216

FASSET, N.C. 1975. A manual of aquatic plants. The university of Wisconsin press, U.S.A. 405pp.

FLEURBEC. 1987. Plantes sauvages des lacs, rivières et tourbières. Fleurbec, Saint-Augustin (Portneuf), Québec. 400pp.

FRIANT, S.L. 1979. Trace metal concentrations in selected biological, sediment, and water column samples in a northern new england river. Water air soil poll. 11:455-465

GRAVEL, Y. et Fr. L. LÉVESQUE. 1977. Localisation et cartographie de zones d'herbiers du fleuve Saint-Laurent. Rapport technique no 1, Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent. Préparé par le ministère du tourisme, de la chasse et de la pêche. 160pp.

GUILIZZONNI, P., M.S. ADAMS et N. MACGAFFEY. 1984. The effect of chromium on growth and photosynthesis of a submersed macrophyte, Myriophyllum spicatum. Ecol. Bull. (Stockholm) 26:90-96

HELLAWELL J.M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Pollution monitoring series. Elsevier applied science publishers, London and New York. 546pp.

KADUKIN, A.I., KRASINTSEVA, V.V., ROMANOVA, G.I. et TARASENKO, L.V. 1983. Concentration of iron, manganese, zinc, copper and chromium in some aquatic plants. Hydrobiological Journal. 18(1): 64-67

KAMAITIS, G.A. 1985. An evaluation of the environmental effects of ground aquatic plants in Lake St-Francis. Rapport préparé par Limnos Ltd pour Raisin region conservation authority. 30pp. + Carte.

KAUSS, P.B., HAMDY, Y.S., et HAMMA, B.S. 1988. Assessment of water, sediment and biota in the Cornwall, Ontario and Massena, New York section of the St. Lawrence river, 1979-1982. Vol. 1. St. Lawrence river environmental investigations. Ministry of the environment, Ontario. 157pp.

McINTOSH, A.W., SHEPARD, B.K., MAYES, R.A., ATCHISON, G.J., et NELSON, D.W. 1978. Some aspects of sediment distribution and macrophyte cycling of heavy metals in a contaminated lake. Journal of Environmental Quality. 7(3): 301-305

MILNE, J.B. et M. DICKMAN. 1977. Lead concentrations in algae and plants grown over lead contaminated sediments taken from snow dumps in Ottawa, Canada. J. Environ. Sci. Health. A12(4&5): 173-189

MUDROCH, A. et CAPOBIANCO, J.A. 1979. Effects of mine effluent on uptake of Co, Ni, Cu, As, Zn, Cd, Cr, and Pb by aquatic macrophytes. *Hydrobiologia*. 64(3): 223-231

MUENSCHER, W.C. 1976. Aquatic plants of the United States. Cornell University Press, London, U.S.A. 374pp.

NEIL, J.H. et J. MORAN. 1985a. Aquatic plant harvesting program, Lake St-Francis, 1985. Rapport préparé par Limnos Ltd pour Raison region conservation authority. 21pp. + Cartes.

NEIL, J.H. et J. MORAN. 1985b. Regrowth of aquatic plants following harvest. Lake St-Francis, 1985. Rapport préparé par Limnos Ltd pour Raison region conservation authority. 20pp.

NEIL, J.H. 1980. Aquatic plant survey, harvesting demonstration and proposed management program - Lake St-Francis. Rapport préparé par Limnos Ltd pour Raison region conservation authority. 40 pp.

NCC. 1987. Methods for the use of aquatic macrophytes for assessing water quality 1985-86. U.K. Hobbs the Printer, 181pp.

OWEN, G. et WILE, I. 1975. Causes, consequences and control of excessive aquatic plant growths in Lake St-Francis. Rapport préparé pour le ministère de l'environnement de l'Ontario. 34pp.

PRESCOTT, G.W. 1980. How to know the aquatic plants. Second edition. Win. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 374pp.

RAWLENCE, D.J. et WHITTON, J.S. 1976. An element survey of the aquatic macrophytes, water and plankton from the Waikato river, North Island, New Zealand. *Mauri ora*, 4: 121-131.

RAY, S. et WHITE, W. 1976. Selected aquatic plants as indicator species for heavy metal pollution. *J. Environ. Health*, 11(12), 717-725

REMEDIAL ACTION PLAN. 1988. Remedial action plan for the Cornwall area: Status report on environmental conditions and sources. Environment Canada, Environment Ontario, Ontario ministry of natural resources. 131pp.

SASADHAR, J. et CHOUDHURI, M.A. 1982. Senescence in submerged aquatic angiosperms: Effects of heavy metals. *New Phytol.* 90: 477-484

SASADHAR, J. et CHOUDHURI, M.A. 1984. Synergistic effects of heavy metal pollutants on senescence in submerged aquatic plants. *Water, Air, and Soil Pollution*. 21: 351-357

SCHULTS, D.W., et K.W. MALUEG. 1971. Uptake of phosphorus by rooted aquatic plants. Proc. Natl. Symp. Radioecology. 3:417-24

SLOTTERDIJK, H. 1985. Substances toxiques dans les sédiments du lac Saint-François (Fleuve Saint-Laurent, Québec). Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Région du Québec. 77pp. + Cartes.

SMITH, C.S. et M.S. ADAMS. 1986. Phosphorus transfer from sediments by Myriophyllum spicatum. Limno. Oceanogr. 31(6):1312-1321

ST-CYR, L. Janvier 1984. Croissance et reproduction du Vallisneria americana Michaux sur le littoral des lacs Saint-Louis, Saint-François et Deux-Montagnes. Mémoire de maîtrise es science, Département des sciences biologiques, Faculté des arts et sciences, Université de Montréal. 255pp. + annexes.

WELLS, J.R., P.B. KAUFMAN et J.D. JONES. 1980. Heavy metal contents in some macrophytes from Saginaw bay (Lake Huron, U.S.A.). Aquatic Botany, 9:185-193

WOOD, R.D. 1970. Hydrobotanical Methods. University Park Press, Baltimore, U.S.A. 174pp.

9 BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE

ALLEN, H.L. 1971. Primary productivity, chemo-organotrophy, and nutritional interactions of epiphytic algae and bacteria on macrophytes in the littoral of a lake. Ecological monographs. 41(2):97-127

ARSENEAULT, R. and G.D. HOWELL. 1987. Water quality branch atlantic region field quality assurance/Quality control program Version 2. Tech. Rep. IW/L-AR-WBQ-87-126. Water quality branch. Environment Canada, Moncton, New Brunswick. 64pp.

CANFIELD, D.E.Jr, LANGEAN, K.A., MACEINA, M.J., HALLER, W.T., SHIREMAN, J.V., et JONES, J.R. 1983. Trophic state classification of lakes with aquatic macrophytes. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40(10):1713-1718

COMITÉ ASSOCIÉ SUR LES CRITÈRES SCIENTIFIQUES CONCERNANT L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT. 1983. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le milieu aquatique: Formation, sources, devenir et effets sur le biote aquatique. Conseil national de recherches du Canada. No 18982. Ottawa, Canada. 218pp.

FITCHKO, J. 1986. Literature review of the effects of persistent toxic substances in Great Lakes Biota. International Joint Commission, Windsor, Ontario. 256pp.

HASLAM, S.M. 1978. River plants. Cambridge university press, Great Britain. 396pp.

KULLBERG, R.G. 1974. Distribution of aquatic macrophytes related to paper mill effluent in a southern Michigan stream. Amer. Midl. Nat. 91: 271-281

MANTAI, K.E. et M.E. NEWTON. 1982. Root growth in Myriophyllum: A specific plant response to nutrient availability? Aquat. Bot. 13(1):45-55

MOUVET, C., CORDEBAR, P., et GALLISSOT, B. 1986. Évaluation de rejets de micropolluants minéraux (métaux lourds) et organiques (organochlorés) par dosages dans les mousses aquatiques. Société hydrotechnique de France. XIXe Journées de l'hydraulique, Paris, 9-11 sept. Rapport No 5, Question No III.

MOYLE, J.B. 1945. Some chemical factors influencing the distribution of aquatic plants in Minnesota. American midland naturalist. 34: 402-420

NEFF, J.M. 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Sources, fates and biological effects. Applied Sciences Publishers Ltd, England. 262pp.

NICHOLS, D.S. et D.R. KEENEY. 1976. Nitrogen nutrition of Myriophyllum spicatum: Uptake and translocation of ^{15}N by shoots and roots. 6(2):125-54

PATERNITI, M.B. et K.E. MANTAI. 1986. Shoot/leaf uptake of phosphate by Myriophyllum spicatum and Ceratophyllum Demersum. Proc. EWRS/AAB 7th Symp Aquatic Weeds, 15-19 Sept. 1986, Loughborough, Leicestershire, England, pp. 239-244

PRENTKI, R.T. 1978. Depletion of phosphorus from sediment colonized by Myriophyllum spicatum L. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 36:493-507

RAND, G.M. and S.R. PETROCELLI. 1985. Fundamentals of aquatic toxicology. Hemisphere publishing corporation, New York. 666pp.

ROY, C. 1982. Bio-accumulation des métaux lourds dans les macrophytes aquatiques de la rivière et du lac Saint-Louis. Mémoire de maîtrise es Sciences appliquées, Département de génie civil, Ecole polytechnique, Montréal. 211pp.

SMART, R.M. et J.W. BARKO. 1985. Effects of water chemistry on aquatic plant species: Photosynthesis and growth of Myriophyllum spicatum L. Proc. 19th Ann. Meet. Aquatic Plant Research Program, 26-29 November 1984, Galveston, Texas. U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg, Mississippi. Misc. Paper A-854; pp. 53-60

SORTKAJAER, O. 1984. Macrophytes and macrophyte communities as test systems in ecotoxicological studies of aquatic systems.-Ecol. Bull. (Stockholm) 36: 75-80

TESSIER, A., P.G.C. CAMPBELL, J.C. AUCLAIR, M. BISSON et H. BOUCHER, Evaluation de l'impact de rejets miniers sur des organismes biologiques. Rapport scientifique no. 146. INRS-eau, Québec. 257pp.

TITUS, J.E., et W.H. STONE. 1982. Photosynthetic response of two sumersed macrophytes to dissolved inorganic carbon concentration an pH. Limnol. Oceanogr. 27(1):151-160

WERNER, M.D. et ADAMS, D. 1984. Consequences of oil pollution on the decomposition of vascular plant litter in freshwater lakes: Part 1-Decomposition rates and dissolved oxygen utilisation. Environmental Pollution (Series A) 34: 83-100

WERNER, M.D. et ADAMS, D. 1984. Consequences of oil pollution on the decomposition of vascular plant litter in freshwater lakes: Part 2-Nutrient exchange between litter and the environment. Environmental Pollution (Series A) 34: 101-117

WETZEL, R.G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Company, U.S.A.

743pp.

WINTER, H. 1961. The uptake of cations by Vallisneria leaves.
Acta. Botanica Neerlandica 10 341-393

WHITTON, B.A. 1975. River Ecology. University of California
Press, California, U.S.A. 725pp.

10 ANNEXES

ANNEXE 2

BROYAGE, HOMOGENÉISATION DES TISSUS BIOLOGIQUES

DESCRIPTION DES TRAVAUXHOMOGENÉISATION

Le travail d'homogénéisation de tissus biologiques comportera les étapes suivantes:

- réception des échantillons et mise au congélateur (-20 C) en attendant la disponibilité du personnel;
- décongélation des échantillons;
- pesée des échantillons;
- hachage manuel à l'aide de ciseaux;
- broyage au Polytron modèle pt 10-35 ou équivalent pendant 3 à 5 minutes;
- prélèvement d'un sous échantillon pour la détermination du pourcentage en eau et du pourcentage en lipides
- répartition du broyat en trois sous échantillons
 - 20 à 25 grammes pour les analyses de BPC et OC
 - 20 à 25 grammes pour les analyses d'autres organiques
 - 10 à 15 grammes pour les analyses de métaux
- congélation des sous échantillons à -20 C jusqu'à livraison au laboratoire du Capitaine Bernier, Longueuil.

CONDITIONS PARTICULIERES

Les contenants destinés à recevoir les sous-échantillons seront fournis par l'entrepreneur. Les contenants destinés à recevoir les sous-échantillons pour les analyses de produits organiques devront être en métal ou en verre, alors que ceux destinés à recevoir les sous-échantillons pour les analyses inorganiques devront être en verre ou en plastique. Le lavage requis pour ces contenants sont spécifiés en annexe. L'entrepreneur devra s'attendre à fournir sur demande inopinée du responsable scientifique un lot de contenants pour fin de contrôle de qualité.

L'entrepreneur devra s'attendre à recevoir des échantillons dont les caractéristiques auront été préalablement déterminées par d'autres laboratoires participant à un programme de qualité du Centre Saint-Laurent.

Pour éviter la contamination des échantillons, toutes les pièces de l'appareillage susceptibles d'être en contact avec l'échantillon devront être nettoyées comme suit: lavage et rinçage de chaque pièce à l'acétonitrile, eau chaude, acétone et hexane, et encore une fois hexane; puis séchage.

Pour éviter une contamination due au design du Polytron, on devra s'assurer que le roulement à billes est fait de teflon et non de cuivre.

DÉTERMINATION DU POURCENTAGE D'HUMIDITÉ

La quantité d'eau sera déterminée par méthode gravimétrique après séchage à 105 C pendant 24 heures. Les résultats seront exprimés en pourcentage par rapport au poids humide mesuré lors du broyage.

ANNEXE 3

DÉTERMINATION DU POURCENTAGE EN LIPIDES

Le pourcentage en lipides sera effectué de la façon suivante:

- placer 5 grammes de l'homogénat humide dans un contenant;
- ajouter 10 ml d'acétone, 10 ml d'hexane et 5 grammes de sulfate de sodium anhydre dans le contenant;
- homogénéiser le mélange à haute vitesse durant 1 minute avec l'homogénéisateur Polytron ou l'équivalent;
- ajouter une quantité égale de sulfate de sodium anhydre (5 g) dans le contenant et mélanger;
- filtrer et recueillir le filtrat dans un contenant;
- évaporer le solvant à la température ambiante dans le laboratoire et déterminer le poids par gravimétrie.





Feuille de Terrain

Projet Macrophytes

ce: 6 sept. 89.
re: 7 à 12 h.
tion: #1 →
ipe: Lucie Jullien
Louis Chappoux
Anne Stenwig.

Conditions atmosphériques: Soleil, passages nuageux

ures

profondeur: 3 à 4 mètres.
erté de l'eau:
pérature ambiante: $\approx 22^{\circ}\text{C}$
pérature de l'eau: $\approx 18^{\circ}\text{C}$
ductivité: —
gène dissous: —
urant: moyen à faible.

ervations

arence générale du substrat: organique? → très fine, meuble, abondance moyenne de gastéropodes.
ndance relative des macrophytes: grande densité;
mais parsemée

ersité relative des macrophytes:
pèces présentes)

mycophytes, algues, potamogets,

antillons prélevés: M₁M₁ à M₁M₅
M₁V₁ à M₁V₁₀.

Feuille de Terrain

Projet Macrophytes

Date: 6 sept. 88

Heure: 13h à 16h

Station: #2

Équipe: Lucie Jellens

Louise Champagne

Narm Sloterdijk

Conditions atmosphériques: soleil, peu de nuages.

Observations

Profondeur: 2 à 5 m

Niveau de l'eau: très bonne

Température ambiante: 22°C

Température de l'eau: 18°C

Conductivité:

Gaz dissous:

État: moyen à élevé

Observations

Apparence générale du substrat: sablonneux, très fin et mouvant

Abondance relative des macrophytes: densité très élevée $\approx 80\%$ de couverture.

Diversité relative des macrophytes:

(espèces présentes)

— presque uniquement de la Vallisnerie
Plantes de grande dimension

Échantillons prélevés: M₂V₁ à M₂V₁₀

Feuille de Terrain

Projet Macrophytes

Date: 7 sept. 89
Heure: 9h à 12h
Station: #3.

Équipe: Lucie Jullien
Louise Champoux
Norm Stokelyk.

Conditions atmosphériques: nuageux et
dégageant vers midi.

Mesures

Profondeur: 3' à 10 m
Niveau de l'eau: de moyenne à faible
Température ambiante: 20°C
Température de l'eau: 18°C

Conductivité:
Gène dissous:
Durant: faible à nul

Observations

Apparence générale du substrat: fonce, d'apparence organique, beaucoup de gastéropodes
→ souvent attachés aux macrophytes
Abondance relative des macrophytes:
forte densité mais parsemée,

Diversité relative des macrophytes:
(espèces présentes) myriophylles, Vallisneries, Potamogetons, Ceratophylles,

Échantillons prélevés: M₃M₁ à M₃M₅
M₃V₁ à M₃V₁₀

Feuille de Terrain

Projet Macrophytes

Date: 20 sept 89

Conditions atmosphériques: Soleil, vent.

Site: #2b) Ile² Saint Francis.
Type: Lac de l'Est
Séraphin Lorrain

Caractéristiques

Profondeur: 2 à 6 m.
Niveau de l'eau: moyenne à basse.
Température ambiante: 20°C
Température de l'eau: 18°C

Conductivité:
Oxygène dissous:
pH: faible à nul.

Observations

Apparence générale du substrat: Sableux à organique.

Abondance relative des macrophytes: moyenne et parsemée.

Diversité relative des macrophytes:

espèces présentes) Myriophylles, Vallisneries, élodée, Potamogetons.
Les espèces s'entremêlent, pas vraiment d'herbiers distincts.

Échantillons prélevés: M₂M₁ à M₂M₁₀.

Feuille de Terrain

Projet Macrophytes

Date: 20 sept. 89.

Heure: 9 à 12h

Station: #3

Équipe: Lucie Villeneuve
Harm Stokerdijk
Stéphane Landin

Conditions atmosphériques: soleil, vent

Observations

Profondeur:

Niveau de l'eau:

Température ambiante:

Température de l'eau:

Conductivité:

Minéraux dissous:

Humidité:

Observations

Apparence générale du substrat:

Abondance relative des macrophytes:

Diversité relative des macrophytes:

(espèces présentes)

Échantillons prélevés: M₁, M₅ à M₁, M₁₀

?

Pré-échantillonnage

Feuille de Terrain

Projet Macrophytes

Date: 5 juillet 89
Heure: 13:17h
Lieu: MERCORE
Type: Lac à l'Est de
l'Arm St-Jérôme

Conditions atmosphériques:
ensoleillé, partiellement couvert

Observations

Profondeur: ~ 10 pieds
Niveau de l'eau: 3 pieds
Température ambiante: ~ 25°C
Température de l'eau: ?

Productivité: —
pH dissous:
Turbidité: Dub.

Observations

Abondance relative des macrophytes: 70%

Diversité relative des macrophytes:
(espèces présentes)

	Abondance	Longueur
<i>Myriophyllum spicatum</i>	30%	2 à 3 pieds
<i>Vallisneria spiralis</i>	40%	1 à 2 pieds
<i>Elodea canadensis</i>	10%	1 à 2 pieds

Observations générales

Présence d'une grande quantité d'algues filamenteuses
(diminuent la visibilité dans l'eau lorsqu'elles sont sechées)

plu - échant. Bonnage

Feuille de Terrain

Projet Macrophytes

Date: Sept 14-89

Heure: 14:30

Station: BTC

Equipe: Lucie Jeilley
Hann Stokroij

Conditions atmosphériques:

ensoleillé, partiellement couvert.

Mesures

Profondeur: 10 à 15 pieds.

Clarté de l'eau: 3 à 5 pieds

Température ambiante: 25°C

Température de l'eau: —

pH: —

Conductivité: —

Oxygène dissous: —

Courant: Nul.

Substrat: Sablonneux
+ coquilles.
- fond organique min.

Observations

Abondance relative des macrophytes: 80%

Diversité relative des macrophytes:

(Espèces présentes)

Vallesneria spiralis abondance 80%

Sagittaria arifolia 10%

Potamogeton 10%

Observations générales:

- grande quantité d'algues filamenteuses

- station à Vallesnerie, pas de Myriophyllum

à vérifier au mois d'août prochain

Rechantillonnage

Feuille de Terrain

Projet Macrophytes

Date: 5 juillet 89
Heure: 16:40h
Station: St-Amand
Equipe: Lucie Desbœuf
Karine St-Onge

Conditions atmosphériques:

Mesures

Profondeur: ≈ 15 pieds
Clarté de l'eau: 4 à 5 pieds
Température ambiante: 26°C
Température de l'eau: --
pH: --
Conductivité: --
Oxygène dissous: --
Courant: nul

Observations

Abondance relative des macrophytes: 70%

Diversité relative des macrophytes:
(Espèces présentes)

- Sparganium angustifolium Michaux 60%
- potamogeton sp. 30%

Plantes de grande dimension 4 à 5 pieds
[peu d'algues filamenteuses]

Feuille de Terrain

Projet Macrophytes

te:
ure:
tion:
ipe:

Conditions atmosphériques:

ures

fondeur:
arté de l'eau:
pérature ambiante:
pérature de l'eau:
:
ductivité:
gène dissous:
urant:

ervations

oparence générale du substrat:
ndance relative des macrophytes:

versité relative des macrophytes:
(espèces présentes)

Annexes

ECHANTILLONNAGE DES MACROPHYTES

Liste du Matériel requis

Matériel d'échantillonnage

Bec verseur + eau distillée
Pelle à main (déracinement)
Seaux
Ciseaux
Couteau (genre Exacto)
Quadrat
Pelles à sédiments

Matériel d'emballage pour chaque station:

Plantes:

20 sacs de plastique + papier aluminium

Sédiments:

Benne Eckman
bacs pour homogénéisation
pelles
5 pots de plastique jaunes pour analyses de:
-Métaux lourds
-Arsenic et Sélénium
-Mercure
-Phosphore
-CCN
2 creusets à asphalte pour analyses de:
-BPC-OC
-HAP
Ruban électrique

Eau:

2 petites bouteilles de plastique pour analyses de:
-Ions majeurs (125ml)
-Arsenic et Sélénium (125ml)
3 petites bouteilles de verre pour analyses de:
-Phosphore (110ml)
-Mercure (125ml)
-Éléments nutritifs (110ml)
2 bouteilles de plastique moyennes pour analyses de:
-Métaux lourds (1 litre)
-tests physiques (1 litre)
1 grosse bouteille de plastique pour analyse de:
-Résidus (2 litres)

3 Glacières
100 livres de glace sèche tranchée

Matériel de mesures

Disque de Secchi
pHmètre
Conductimètre
Bécher (Plastique 4 litres)
Oxymètre
Thermomètre
Piles de rechange

Matériel de plongée

Sac à échantillons
Echelle

Survêtement complet incluant:
(Disponible en location)

Cagoule
Veste
Pantalon
Bottines
Mitaines ou gants
Ceinture de lest et poids
Palmes
Masque
Tuba
Bouteilles et harnais
Détendeur et octopuss
Veste de compensation
Profondimètre et manomètre
Couteau
Bouées de signalisation
Drapeau de plongée

Divers

Feuilles de terrain
Cartes bathymétriques
Carnet de terrain hydrofuge
Crayons, stylos feutre
Boussole de repère digitale
Jumelles
Loupe
Manuels d'identification (Fassett, Fleurbec, Prescott)
Appareil photo et films

Résultats d'analyses des macrophytes du Lac Saint-François, campagne 89

0 IDENTIFICATION	1 M1M1	2 M1M2	3 M1M3	4 M1M4	5 M1M5	6 M1M6	7 M1M7	8 M1M8
1 Nombre aléatoire	89-859	89-602	89-366	89-304	89-011	89-784	89-176	89-190
2 STATION	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1
3 Date prél.	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	20-SEP-89	20-SEP-89	20-SEP-89
4 Date d'analyse	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90
5 ID Burlington	8915167.00	8915168.00	8915169.00	8915170.00	8915171.00	8915172.00	8915173.00	891517.00
6								
7 Poids frais de l'échanti	28.10	25.50	26.90	29.60	19.60	50.70	41.70	53.20
8 Analyses de contaminants								
9								
10 Poids frais de l'échanti	27.40	28.90	25.80	31.00	26.30	51.80	40.30	47.30
11 Réserve								
12								
13 Poids frais de l'échanti	18.30	28.60	28.00	33.60	14.60	49.50	36.90	49.30
14 Analyses de contaminants								
15								
16 Arsenic	0.17	0.12	0.10	0.11	0.13	0.12	0.15	0.11
17 Sélénium	0.07	0.06	0.06	0.05	0.07		0.05	
18 Mercure						0.01		
19 Aluminium	29.10	14.40	18.40	43.50	20.40	97.00	112.70	66.60
20 Cadmium	0.03				0.02	0.03	0.03	0.03
21 Chrome	0.74	0.38	0.44	0.52	0.34	0.58	0.67	0.44
22 Cuivre	0.56	0.48	0.47	0.52	0.73	0.85	0.81	0.65
23 Nickel	0.75	0.47	0.48	0.61	0.61	0.60	0.76	0.52
24 Plomb	0.16			0.21				
25 Zinc	2.11	1.19	1.54	1.51	1.61	2.46	3.42	2.29
26								

Résultats d'analyses dans les 60 répliqués

Resultats d'analyses des macrophytes du Lac Saint-Francois, campagne 89

0 IDENTIFICATION	9 M1K9	10 M1N10	11 M1V1	12 M1V2	13 M1V3	14 M1V4	15 M1V5	16 M1V6
1 Nombre aleatoire	89-685	89-683	89-825	89-816	89-718	89-183	89-194	89-807
2 STATION	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1
3 Date prel.	20-SEP-89	20-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89
4 Date d'analyse	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90
5 ID Burlington	8915175.00	8915176.00	8915177.00	8915178.00	8915179.00	8915180.00	8915181.00	8915182.00
6								
7 Poids frais de l'echanti	48.80	37.10	20.20	11.80	20.50	20.60	16.40	29.10
8 Analyses de contaminants								
9								
10 Poids frais de l'echanti	50.10	47.50	21.30	14.40	21.70	15.60	31.80	23.50
11 Reserve								
12								
13 Poids frais de l'echanti	51.40	47.20	24.80	13.10	29.40	24.60	22.00	31.80
14 Analyses de contaminants								
15								
16 Arsenic	0.15	0.18	0.31	0.14	0.23	0.19	0.12	0.11
17 Selenium	0.06	0.07	0.08	0.10		0.07		
18 Mercure								
19 Aluminium	77.40	76.80	44.40	15.20	32.40	39.60	31.90	24.70
20 Cadmium	0.03	0.03		0.05	0.02	0.04	0.05	0.02
21 Chrome	0.37	0.52	0.25	0.20	0.30	0.43		
22 Cuivre	0.57	0.68	0.70	0.71	0.66	0.66	0.58	0.49
23 Nickel	0.52	0.71	0.59	1.09	0.53	0.71	0.43	0.47
24 Plomb				0.21		0.13	0.18	0.16
25 Zinc	2.57	2.60	3.88	2.79	2.96	3.28	2.90	2.35
26								

Resultats d'analyses des macronutrites du Lac Saint-Francois, campagne 89

0 IDENTIFICATION	17 M1V7	18 M1V8	19 M1V9	20 M1V10	21 M2M1	22 M2M2	23 M2M3	24 M2M4
1 Nombre aleatoire	89-628	89-879	89-921	89-355	89-235	89-266	89-408	89-595
2 STATION	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M1	LSF-89-M2	LSF-89-M2	LSF-89-M2	LSF-89-M2
3 Date preli	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	20-SEP-89	20-SEP-89	20-SEP-89	20-SEP-89
4 Date d'analyse	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90
5 ID Burlington	8915183.00	8915184.00	8915185.00	8915186.00	8915187.00	8915188.00	8915189.00	8915190.00
6								
7 Poids frais de l'echanti	18.10	25.50	29.20	25.70	22.50	20.40	25.10	25.30
8 Analyses de contaminants								
9								
10 Poids frais de l'echanti	14.30	29.10	28.90	26.10	21.40	19.70	20.60	23.30
11 Reserve								
12								
13 Poids frais de l'echanti	14.80	23.40	33.00	19.50	20.60	20.80	21.90	21.50
14 Analyses de contaminants								
15								
16 Arsenic	0.14	0.12	0.13	0.23	0.13	0.19	0.09	0.15
17 Selenium	0.05			0.05	0.07	0.10	0.07	0.12
18 Mercure								0.01
19 Aluminium	44.00	35.60	28.50	75.70	59.20	52.00	42.50	61.40
20 Cadmium	0.03				0.04	0.04	0.02	0.09
21 Chrome	0.33	0.34	0.34	0.91	1.07	1.14	0.62	1.39
22 Cuivre	0.58	0.48	0.48	0.63	0.50	0.56	0.52	0.59
23 Nickel	0.48	0.52	0.40	0.72	0.91	1.12	0.57	1.33
24 Plomb	0.11	0.32	0.17	0.20	0.17	0.19	0.18	0.19
25 Zinc	2.90	2.26	2.27	3.53	12.60	16.40	12.80	18.60
26								

Resultats d'analyses des macrophutes du Lac Saint-Francois, campagne 89

IDENTIFICATION	25 M2M5	26 M2M6	27 M2M7	28 M2M8	29 M2M9	30 M2M10	31 M2M1	32 M2M2
1 Nombre aleatoire	89-646	89-946	89-213	89-023	89-349	89-037	89-888	89-632
2 STATION	LSF-89-M2'	LSF-89-M2'	LSF-89-M2'	LSF-89-M2'	LSF-89-M2'	LSF-89-M2'	LSF-89-M2'	LSF-89-M2'
3 Date prel.	20-SEP-89	20-SEP-89	20-SEP-89	20-SEP-89	20-SEP-89	20-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89
4 Date d'analyse	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90
5 ID Burlington	8915191.00	8915192.00	8915193.00	8915194.00	8915195.00	8915196.00	8915197.00	8915198.00
6								
7 Poids frais de l'échanti	24.80	20.80	25.70	21.70	19.90	23.36	23.90	22.10
8 Analyses de contaminants								
9								
10 Poids frais de l'échanti	23.80	20.00	23.00	22.70	20.80	23.70	25.10	21.40
11 Reserve								
12								
13 Poids frais de l'échanti	23.10	22.40	22.90	21.60	21.10	25.50	33.60	32.50
14 Analyses de contaminants								
15								
16 Arsenic	0.14	0.17	0.15	0.15	0.17	0.12	0.12	0.15
17 Selenium	0.09	0.11	0.09	0.12	0.11	0.09		
18 Mercure	0.01							
19 Aluminium	68.20	66.50	62.20	82.90	79.60	61.00	28.80	38.30
20 Cadmium				0.03				
21 Chrome	1.34	1.05	1.07	1.50	1.27	0.90	0.59	0.58
22 Cuivre	0.55	0.53	0.53	1.24	0.66	0.65	0.60	0.66
23 Nickel	1.02	1.09	0.92	1.47	1.03	0.72	0.85	0.76
24 Plomb	0.25	0.18	0.13	0.19	0.15	0.20	0.25	0.25
25 Zinc	12.90	17.80	11.90	24.40	18.30	16.90	38.20	28.60
26								

Resultats d'analyses des macronutres du Lac Saint-Francois, campagne 89

0 IDENTIFICATION	33 M2V3	34 M2V4	35 M2V5	36 M2V6	37 M2V7	38 M2V8	39 M2V9	40 M2V10
1 Nombre aléatoire	89-118	89-498	89-308	89-123	89-915	89-762	89-093	89-138
2 STATION	LSF-89-M2	LSF-89-M2	LSF-89-M2	LSF-89-M2	LSF-89-M2	LSF-89-M2	LSF-89-M2	LSF-89-M2
3 Date prel.	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89	06-SEP-89
4 Date d'analyse	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90
5 ID Burlington	8915199.00	8915200.00	8915201.00	8915202.00	8915203.00	8915204.00	8915205.00	8915206.00
6								
7 Poids frais de l'échanti	24.90	21.60	25.60	37.40	42.10	41.00	39.30	25.60
8 Analyses de contaminants								
9								
10 Poids frais de l'échanti	16.70	22.00	24.80	41.00	33.80	40.90	32.20	23.30
11 Reserve								
12								
13 Poids frais de l'échanti	24.10	28.40	26.70	45.30	39.00	47.50	39.70	22.30
14 Analyses de contaminants								
15								
16 Arsenic	0.05	0.16	0.12	0.11	0.06	0.16	0.10	0.11
17 Selenium								
18 Mercure								
19 Aluminium	19.10	34.80	61.30	49.10	26.80	40.80	39.90	25.80
20 Cadmium	0.06	0.11	0.03	0.02				0.02
21 Chrome	0.41	0.88	0.93	0.56	0.60	0.56	0.64	0.46
22 Cuivre	0.51	0.71	0.72	0.68	0.51	0.59	0.60	0.62
23 Nickel	0.65	0.82	0.78	0.75	0.61	0.76	0.58	0.85
24 Plomb	0.19	0.15	0.26	0.17	0.15	0.25	0.16	0.17
25 Zinc	32.40	29.00	28.10	29.30	25.00	32.40	25.30	37.60
26								

Resultats d'analyses des macrophages du Lac Saint-Francois, Campagne 89

0 IDENTIFICATION	41 M3H1	42 M3H2	43 M3H3	44 M3H4	45 M3H5	46 M3H6	47 M3H7	48 8915214
1 Nombre aleatoire	89-812	89-366	89-245	89-279	89-627	89-706	89-583	89-161
2 STATION	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3
3 Date prel.	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89
4 Date d'analyse	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90
5 ID Burlington	8915207.00	8915208.00	8915209.00	8915210.00	8915211.00	8915212.00	8915213.00	
6								
7 Poids frais de l'échanti	17.90	10.00	27.70	35.80	25.40	19.30	25.30	25.90
8 Analyses de contaminants								
9								
10 Poids frais de l'échanti	19.90	13.40	26.20	25.20	26.80	17.00	24.20	12.00
11 Reserve								
12								
13 Poids frais de l'échanti	21.00	13.90	29.10	34.10	33.30	13.50	18.80	10.70
14 Analyses de contaminants								
15								
16 Arsenic	0.17	0.23	0.17	0.16	0.16	0.21	0.17	0.22
17 Selenium	0.11	0.18	0.11	0.10	0.11	0.12	0.12	0.14
18 Mercure								
19 Aluminium	51.30	102.00	64.40	273.20	63.10	57.70	77.70	65.50
20 Cadmium	0.04		0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04
21 Chrome	0.53	0.92	0.31	0.71	0.50	0.62	0.64	0.99
22 Cuivre	0.75	1.09	0.69	0.66	0.61	0.53	0.85	0.75
23 Nickel	0.76		0.59	0.75	0.63	0.75	0.76	0.93
24 Plomb	0.13		0.26	0.10		0.15		0.16
25 Zinc	2.77	3.14	2.26	2.82	2.31	3.09	5.03	3.19
26								

Resultats d'analyses des macrophytes du Lac Saint-Francois, campagne 89

0 IDENTIFICATION	49 M3M9	50 M3H10	51 M3V1	52 M3V2	53 M3V3	54 M3V4	55 M3V5	56 M3V6
1 Nombre aleatoire	89-040	89-990	89-660	89-364	89-907	89-296	89-545	89-834
2 STATION	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3
3 Date prel.	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89
4 Date d'analyse	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90
5 lb Burlington	8915215.00	8915216.00	8915217.00	8915218.00	8915219.00	8915220.00	8915221.00	8915222.00
6								
7 Poids frais de l'échanti	23.50	30.30	17.70	22.60	16.80	17.20	12.40	25.10
8 Analyses de contaminants								
9								
10 Poids frais de l'échanti	16.90	24.70	20.90	23.10	15.00	17.20	14.80	21.00
11 Reserve								
12								
13 Poids frais de l'échanti	22.00	22.90	13.70	23.60	18.50	18.00	17.40	18.30
14 Analyses de contaminants								
15								
16 Arsenic	0.18	0.17	0.12	0.12	0.31	0.22	0.19	0.10
17 Selenium	0.15	0.11	0.06		0.08	0.08	0.08	
18 Mercure								
19 Aluminium	68.10	60.00	39.80	51.00	78.20	73.10	71.60	58.80
20 Cadmium	0.04	0.04	0.03	0.02		0.02		0.05
21 Chrome	0.68	0.75	0.65	0.71	1.73	0.93	1.01	0.53
22 Cuivre	0.77	0.82	0.34	0.49	0.85	0.90	0.89	0.69
23 Nickel	0.89	0.87	0.71	0.60	1.83	0.80	1.11	0.67
24 Plomb	0.20	0.20	0.15	0.16			0.12	0.17
25 Zinc	3.55	2.61	2.57	2.35	4.29	3.21	2.96	3.39
26								

Resultats d'analyses des macrophytes du Lac Saint-Francois, campagne 89

0 IDENTIFICATION 57 M3V7 58 M3V8 59 M3V9 60 M3V10 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71

1 Nombre aleatoire	89-414	89-691	89-157	89-050
2 STATION	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3	LSF-89-M3
3 Date prel.	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89	07-SEP-89
4 Date d'analyse	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90	04-APR-90
5 ID Burlington	8915223.00	8915224.00	8915225.00	8915226.00
6				
7 Poids frais de l'echanti	17.70	22.40	25.00	20.60
8 Analyses de contaminants				
9				
10 Poids frais de l'echanti	20.20	22.80	20.90	19.50
11 Reserve				
12				
13 Poids frais de l'echanti	20.10	22.10	16.20	24.50
14 Analyses de contaminants				
15				
16 Arsenic	0.16	0.10	0.16	0.20
17 Selenium	0.09	0.07	0.06	0.08
18 Mercure				
19 Aluminium	115.00	31.40	73.90	117.00
20 Cadmium	0.03	0.04	0.03	0.02
21 Chrome	1.01	0.65	1.03	2.04
22 Cuivre	0.90	0.50	0.57	0.80
23 Nickel	0.79	0.59	0.59	1.92
24 Plomb	0.22	0.11	0.22	0.34
25 Zinc	4.66	2.18	3.00	4.71
26				

0 STATION	1 ME1	2 ME2	3 ME3	4 Recommandations Vie aquatique d'eau de	5 Recommandations eau potable
1 Date d'échantillonnage	06-SEP-89	06-SEP-89	07-SEP-89		
2 Date d'envoi	11-SEP-89	11-SEP-89	11-SEP-89		
3 Date de réception des re					
4					
5					
6					
7 ANALYSES (mg/l)					
8					
9 METAUX LOURDS					
10					
11 Aluminium	0.0240	0.0360	0.0250	0.005-0.1	
12 Barium	0.0209	0.0121	0.0218		1.000
13 Beryllium (ug/l)	<.05	<.05	<.05		
14 Cadmium	<.0001	<.0001	<.0001	0.2-1.3 ug/l	0.005
15 Cobalt	0.0002	0.0002	<.0001		
16 Chrome	0.0004	0.0005	0.0002	2-20 ug/l	0.050
17 Cuivre	0.0009	0.0012	0.0009	2-4 ug/l	
18 Fer	0.0369	0.0288	0.0256		0.30
19 Lithium	0.0026	0.0027	0.0024		
20 Manganèse	0.0041	0.0041	0.0034		
21 Molybdène	0.0011	0.0011	0.0009		
22 Nickel	0.0006	0.0006	0.0003	25-150 ug/l	
23 Plomb	0.0020	0.0004	<.0002	1-7 ug/l	0.050
24 Strontium	0.1590	0.1730	0.1670		
25 Vanadium	0.0004	0.0004	0.0002		
26 Zinc	0.0011	0.0035	0.0007		0.03
27					
28 Arsenic	0.0003	0.0004	0.0004		0.05
29 Sélénium	0.0002	0.0002	0.0002	1 ug/l	0.010
30					
31 Mercure	<.01 Y	<.01 Y	0.1000	0.1 ug/l	
32					
33 Elements nutritifs					
34					
35 NH3/NH2	0.0910	0.1160	0.1160		
36 NH3	L.005	0.0290	0.0150	1.37-2.2	
37 SRP	0.0063	0.0098	0.0102		
38 DIC	26.0000	23.1000	21.5000		
39 DOC	2.6000	2.3000	2.4000		
40 TKN	0.2530	0.2780	0.3280		
41					
42 Résidus					
43					
44 RESF105	183.0000	201.0000	224.0000		
45 RESF350	92.0000	61.3000	74.7000		
46 RESU105	L.1	0.6000	L.1		
47 RESUS50	L.1	0.1000	L.1		
48					
49 Phosphore					
50					
51 I.PEUD-P(MG/L)	0.0109	0.0127	0.0125		
52					
53 Physico-chimie					
54					

Resultats analyses d'eau

0 STATION	1 ME1	2 ME2	3 ME3	4 Recommendations Via situation d'ecu de	5 Recommendations ecu rotative
55 PH(PHUNITS)	5.9200	6.3700	7.7000	6.5-9.0	
56 SPCON(MUS/C)	290.0000	310.0000	303.0000		
57 TURB(JTU)	0.1100	0.2700	0.2000		
58 COLOUR(HAZEND)	<5	<5	<5		
59					

Statistiques sur les contenus en métaux lourds dans les macrophytes

0 Statistic	1 Poid	2 arsenic	3 Selenium	4 Mercure	5 Aluminium	6 Cadmium	7 Chrome	8 Cuivre	9 Nickel
1 Count (N)	60.000000	60.000000	41.000000	3.00	60.000000	40.000000	58.000000	60.000000	59.000000
2 Sum	1548.000000	9.180000	3.640000	0.03	3663.300000	1.120000	42.730000	394.170000	46.030000
3 Mean	25.800000	0.153000	0.088780	0.01	61.055000	0.035500	0.736721	0.652833	0.780169
4 SEM (s.e. of mean)	1.278719	0.006401	0.004649	0.00	6.195927	0.002853	0.049182	0.019724	0.036731
5 Median	23.000000	0.150000	0.080000	0.01	58.250000	0.030000	0.640000	0.625000	0.720000
6 Variance	98.107345	0.002459	0.000886	0.00	2303.370992	0.000328	0.140295	0.023343	0.088505
7 StDev (sd)	9.904915	0.049585	0.029765	0.00	47.993447	0.018109	0.374561	0.152783	0.297498
8 Maximum	51.400000	0.310000	0.180000	0.01	373.200000	0.110000	2.040000	1.240000	1.920000
9 Minimum	10.750000	0.050000	0.050000	0.01	14.400000	0.020000	0.200000	0.470000	0.400000
10 Range	40.700000	0.260000	0.130000	0.00	358.800000	0.090000	1.840000	0.770000	1.520000
11 Skewness	1.011974	0.966610	0.877746	0.00	4.797967	2.546427	1.230140	1.483129	2.004254
12 Kurtosis	0.452549	1.953616	0.805603	0.00	30.632618	8.077024	1.893834	3.089707	5.071037

0 Statistic	10 Plomb	11 Zinc
1 Count (N)	45.000000	60.000000
2 Sum	9.660000	584.010000
3 Mean	0.214667	9.733500
4 SEM (s.e. of mean)	0.023092	1.466339
5 Median	0.180000	3.335000
6 Variance	0.021942	118.667284
7 StDev (sd)	0.148119	10.893451
8 Maximum	1.100000	38.200000
9 Minimum	0.100000	1.190000
10 Range	1.000000	37.010000
11 Skewness	3.114712	1.291563
12 Kurtosis	30.136269	0.290026

Statistiques 60 répliques

0 Statistic	1 Ponds	2 Arsenic	3 Selenium	4 Mercure	5 Aluminium	6 Cadmium	7 Chrome	8 Cuivre	9 Nickel
1 Count (N)	20.000000	20.000000	13.000000	1.00	20.000000	13.000000	18.000000	20.000000	20.000000
2 Sum	595.800000	3.660000	0.820000	0.01	948.300000	0.410000	8.200000	12.290000	12.000000
3 Mean	29.790000	0.183000	0.063077	0.01	47.415000	0.031538	0.455556	0.614500	0.600000
4 SEM (s.e. of mean)	2.661963	0.011812	0.003820		6.575566	0.002738	0.044053	0.025147	0.035496
5 Median	28.300000	0.135000	0.060000	0.01	37.600000	0.030000	0.420000	0.600000	0.570000
6 Variance	141.720947	0.002791	0.000190		864.761342	0.000097	0.034932	0.012647	0.020200
7 StDev (sd)	11.904661	0.052823	0.013775		29.406823	0.009871	0.184201	0.112429	0.143745
8 Maximum	51.400000	0.310000	0.100000	0.01	112.700000	0.050000	0.910000	0.850000	1.050000
9 Minimum	13.100000	0.100000	0.050000	0.01	14.400000	0.020000	0.200000	0.470000	0.400000
10 Range	38.300000	0.210000	0.050000	0.00	98.300000	0.030000	0.710000	0.380000	0.650000
11 Skewness	0.587337	1.705177	1.605331		0.891637	0.876138	0.826872	0.438517	1.567923
12 Kurtosis	-0.649952	2.990558	3.675204		-0.360249	0.294145	0.690772	-0.543412	3.609552

0 Statistic	10 Plomb	11 Zinc
1 Count (N)	10.000000	20.000000
2 Sum	3.140000	50.420000
3 Mean	0.314000	2.521000
4 SEM (s.e. of mean)	0.091411	0.160448
5 Median	0.205000	2.515000
6 Variance	0.083560	0.514873
7 StDev (sd)	0.289067	0.717546
8 Maximum	1.100000	3.880000
9 Minimum	0.160000	1.190000
10 Range	0.940000	2.690000
11 Skewness	2.706638	-0.647087
12 Kurtosis	7.668061	-0.444884

Statistiques Station 1

Statistiques sur les 10 échantillons de Vallée? (rocks américains de la station 1)

0 Statistic	1 Poids	2 Arsenic	3 Selenium	4 Mercure	5 Aluminium	6 Cadmium	7 Chrome	8 Cuivre	9 Nickel
1 Count (N)	10.000000	10.000000	5.000000	0	10.000000	5.000000	8.000000	10.000000	10.000000
2 Sum	238.400000	1.720000	0.330000		372.000000	0.210000	3.000000	5.970000	5.940000
3 Mean	23.840000	0.172000	0.066000		37.200000	0.035000	0.375000	0.597000	0.594000
4 SEM (s.e. of mean)	2.019362	0.020859	0.009274		3.116118	0.005627	0.081350	0.028247	0.064794
5 Median	24.000000	0.140000	0.060000		34.000000	0.035000	0.335000	0.605000	0.525000
6 Variance	40.778222	0.004351	0.000430		261.746667	0.000190	0.052943	0.007979	0.041982
7 StDev (sd)	6.385783	0.065963	0.020736		16.178587	0.013784	0.230093	0.089325	0.204896
8 Maximum	33.000000	0.310000	0.100000		75.700000	0.030000	0.910000	0.710000	1.090000
9 Minimum	13.100000	0.110000	0.050000		15.266000	0.020000	0.200000	0.480000	0.400000
10 Range	19.900000	0.200000	0.050000		60.500000	0.030000	0.710000	0.230000	0.690000
11 Skewness	-0.122499	1.144435	1.446728		1.451140	7.277001e-17	2.196065	-0.266284	1.773128
12 Kurtosis	-0.645939	0.302796	1.930773		3.521813	-2.299169	5.382356	-1.547582	3.530076

0 Statistic	10 Floab	11 Zinc	12
1 Count (N)	8.000000	10.000000	
2 Sum	2.770000	29.120000	
3 Mean	0.346250	2.912000	
4 SEM (s.e. of mean)	0.112535	0.170781	
5 Median	0.205000	2.900000	
6 Variance	0.101313	0.291662	
7 StDev (sd)	0.318296	0.540058	
8 Maximum	1.100000	3.880000	
9 Minimum	0.160000	2.260000	
10 Range	0.940000	1.620000	
11 Skewness	2.401764	0.416112	
12 Kurtosis	6.008326	-0.509254	

Statistiques Vallée? station 1

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Statistics	13	Poids	14	Arsenic	15	Selenium	16	Mercur
1													Count (N)	10.000000		10.000000		0		0	
2													Sum	329.100000		1.140000					
3													Mean	32.910000		0.114000					
4													SEH (s.e. of mean)	2.767488		0.011944					
5													Median	33.030000		0.115000					
6													Variance	76.589889		0.001427					
7													StDev (sd)	8.751565		0.037771					
8													Minimum	47.500000		0.140000					
9													Maximum	32.300000		0.050000					
10													Range	25.200000		0.110000					
11													Skewness	0.261002		-0.465750					
12													Kurtosis	-1.221618		-0.083682					
13																					

0	17	Aluminium	18	Cadmium	19	Chrom	20	Cuivre	21	Nickel	22	Picob	23	Zinc
1	10.000000	5.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
2	386.700000	0.240000	6.210000	6.200000	7.410000	2.000000	305.900000							
3	38.670000	0.048000	0.621000	0.620000	0.741000	0.200000	30.590000							
4	4.286636	0.017146	0.062000	0.062000	0.074100	0.020000	1.442178							
5	39.100000	0.030000	0.585000	0.580000	0.741000	0.180000	29.150000							
6	181.191222	0.091470	0.007999	0.007999	0.009299	0.002178	26.792778							
7	13.460229	0.038341	0.164617	0.164617	0.077837	0.004667	4.560568							
8	61.300000	0.110000	0.930000	0.920000	0.850000	0.160000	38.200000							
9	19.100000	0.020000	0.410000	0.410000	0.380000	0.150000	25.800000							
10	12.200000	0.090000	0.320000	0.320000	0.270000	0.110000	13.200000							
11	0.306493	1.407010	1.019817	-0.229162	-0.622307	0.303389	0.651357							
12	-0.783257	1.331390	0.303363	-0.869451	-0.909539	-0.111977	-0.478372							
13														

Statistiques Vallisnue Station 2.

0 Statistic	1 Polds	2 Arsenic	3 Sulfonium	4 Mercure	5 Aluminium	6 Cadmium	7 Chrome	8 Cuivre	9 Nickel
1 Count (N)	10.000000	10.000000	8.000000	0	10.000000	8.000000	10.000000	10.000000	10.000000
2 Sum	192.400000	1.680000	0.600000		709.800000	0.240000	10.320000	7.130000	9.610000
3 Mean	19.240000	0.168000	0.075000		70.980000	0.030000	1.032000	0.713000	0.961000
4 SEM (s.e. of mean)	1.063976	0.020645	0.003780		8.948902	0.003780	0.154336	0.083137	0.160052
5 Median	18.400000	0.160000	0.080000		72.350000	0.030000	0.970000	0.745000	0.750000
6 Variance	11.320444	0.004262	0.000114		800.828444	0.000114	0.238196	0.030401	0.256166
7 StDev (sd)	3.364587	0.063286	0.010690		28.298912	0.010690	0.488033	0.174359	0.506128
8 Maximum	24.500000	0.310000	0.090000		117.000000	0.050000	2.040000	0.900000	1.920000
9 Minimum	13.700000	0.100000	0.060000		31.400000	0.020000	0.530000	0.490000	0.590000
10 Range	10.800000	0.210000	0.030000		85.600000	0.030000	1.510000	0.410000	1.330000
11 Skewness	0.163891	1.096209	-0.467707		0.156862	0.935414	1.314540	-0.163774	1.438366
12 Kurtosis	-0.530172	1.290134	-0.831250		-0.315497	0.350000	0.981650	-2.052850	0.596862

0 Statistic 10 Plomb 11 Zinc

1 Count (N)	8.000000	10.000000
2 Sum	1.490000	34.320000
3 Mean	0.186250	3.432000
4 SEM (s.e. of mean)	0.026182	0.295807
5 Median	0.165000	3.300000
6 Variance	0.005484	0.875018
7 StDev (sd)	0.074054	0.935424
8 Maximum	0.340000	4.710000
9 Minimum	0.110000	2.180000
10 Range	0.230000	2.530000
11 Skewness	1.363610	0.128381
12 Kurtosis	2.131222	-1.494915

Statistiques Callisville Station 3

0 Statistic	1 Puids	2 Arsenic	3 Selenium	4 Mercure	5 Aluminium	6 Cadmium	7 Chrome	8 Cuivre	9 Nickel
1 Count (N)	10.000000	10.000000	8.000000	1.00	10.000000	7.000000	10.000000	10.000000	10.000000
2 Sum	337.400000	1.340000	0.490000	0.01	378.300000	0.200000	5.200000	6.320000	6.060000
3 Mean	33.740000	0.134000	0.061250	0.01	37.830000	0.028571	0.520000	0.632000	0.606000
4 SEM (s.e. of mean)	4.239554	0.008589	0.002950		11.541144	0.001429	0.027977	0.042474	0.035373
5 Median	33.200000	0.123000	0.060000	0.01	40.130000	0.030000	0.520000	0.610000	0.605000
6 Variance	179.738222	0.000738	0.000070		1331.980111	0.000014	0.014422	0.018040	0.011138
7 StdDev (sd)	13.406642	0.027162	0.008345		36.496303	0.003780	0.120093	0.134313	0.105536
8 Maximum	31.400000	0.180000	0.070000	0.01	112.700000	0.030000	0.740000	0.850000	0.760000
9 Minimum	14.600000	0.100000	0.000000	0.01	14.400000	0.020000	0.370000	0.470000	0.470000
10 Range	36.800000	0.080000	0.070000	0.00	98.300000	0.010000	0.370000	0.380000	0.290000
11 Skewness	-0.296474	0.352211	-0.374252		0.138021	-2.645731	0.567668	0.417167	0.287781
12 Kurtosis	-1.329640	-0.985180	-1.351714		-1.746498	7.000000	-0.316014	-1.132555	-1.228482

0 Statistic 10 Plomb 11 Zinc

1 Count (N)	2.000000	10.000000
2 Sum	0.370000	21.300000
3 Mean	0.185000	2.130000
4 SEM (s.e. of mean)	0.025000	0.213000
5 Median	0.185000	2.200000
6 Variance	0.001250	0.405556
7 StdDev (sd)	0.035355	0.636600
8 Maximum	0.210000	3.420000
9 Minimum	0.160000	1.190000
10 Range	0.050000	2.230000
11 Skewness		0.434007
12 Kurtosis		-0.142237

Statistique, myriophylle station 1

0 Statistic	1 Polds	2 Arsenic	3 Selenium	4 Mercury	5 Aluminium	6 Cadmium	7 Chrome	8 Cuivre	9 Nickel	10 Plomb
1 Count (N)	10.000000	10.000000	10.000000	2.00	10.000000					
2 Sum	221.400000	1.420000	0.970000	0.02	635.500000					
3 Mean	22.140000	0.142000	0.097000	0.01	63.550000					
4 SEM (s.e. of mean)	0.457821	0.065967	0.065783	0.00	3.757548					
5 Median	21.730000	0.100000	0.095000	0.01	61.600000					
6 Variance	2.096000	0.005004	0.002334	0.00	141.191667					
7 StDev (sd)	1.447357	0.070716	0.048288	0.00	11.882416					
8 Maximum	23.500000	0.170000	0.120000	0.01	88.700000					
9 Minimum	20.500000	0.070000	0.070000	0.01	43.500000					
10 Range	4.900000	0.100000	0.050000	0.00	45.200000					
11 Skewness	1.448971	-0.111004	-0.144023		0.043571					
12 Kurtosis	2.362092	0.642347	-1.047376		0.277678					

0 Statistic 11 Zinc

1 Count (N)	
2 Sum	
3 Mean	
4 SEM (s.e. of mean)	
5 Median	
6 Variance	
7 StDev (sd)	
8 Maximum	
9 Minimum	
10 Range	
11 Skewness	
12 Kurtosis	

Statistiques myriophylle Station 2