

**EFFETS DES NIVEAUX DE CONTAMINATION
DES LACS FLUVIAUX DU SAINT-LAURENT
SUR LA STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS
BENTHIQUES ASSOCIÉES À L'INTERFACE
EAU-SÉDIMENTS ET AUX MACROPHYTES:
RECHERCHE D'INDICATEURS BIOLOGIQUES**

Étude-pilote au lac Saint-François

Bernadette Pinel-Alloul

Ginette Méthot

et

Vincent Jarry

Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie
et en environnement aquatique (G.R.I.L.)

Département de sciences biologiques

Université de Montréal

C.P. 6128, Succursale A

Montréal, Québec H3C 3J7

Rédigé pour le Centre Saint-Laurent
Conservation et Protection - Région du Québec
Environnement Canada

Claude Langlois

Louise Lapierre

Mars 1991

Cette page est blanche dans le document original

PERSPECTIVE DE GESTION

Cette étude pilote au lac Saint-François porte sur les effets de la contamination du milieu sur la structure des communautés benthiques et sur la recherche d'indicateurs biologiques. Cette étude s'inscrit dans le cadre du volet connaissance écosystémique du Plan d'action Saint-Laurent. Les objectifs sont de développer des outils de suivi environnemental de la qualité des écosystèmes du Saint-Laurent. Cette recherche s'intègre dans le cadre scientifique des études déjà réalisées sur le lac Saint-François, par le Centre Saint-Laurent, sur l'évaluation des apports toxiques et des effets des niveaux de contamination sur les composantes biotiques des lacs fluviaux du Saint-Laurent.

MANAGEMENT PERSPECTIVE

The pilot project on Lake St-Francis studies the effects of environmental contamination on the structure of benthic communities and seeks for biological indicators. This study falls within the scope of the program ecosystemic knowledge of the St-Lawrence Action Plan. The goals are the development of environmental monitoring tools to assess the quality of St-Lawrence ecosystems. This study is a follow-up of previous studies undertaken by the St-Lawrence Centre on Lake St-Francis. These studies assessed toxic waste and their effects on the biotic components of St-Lawrence fluvial lakes.

AVIS DE RÉVISION

Le présent rapport a été examiné par le Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Environnement Canada, qui en a autorisé la publication. Cette autorisation ne signifie pas nécessairement que le contenu du rapport reflète les opinions et les politiques du Ministère. Les mentions de marques de commerce ou de produits commerciaux ne signifient aucunement que leur utilisation est recommandée.

COMMENTAIRES DES LECTEURS

Veuillez adresser vos commentaires sur le contenu du présent rapport à la Direction de la connaissance de l'état de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Environnement Canada, 105 McGill, Montréal (Québec) H2Y 2E7.

RÉSUMÉ

L'étude pilote au lac Saint-François sur la structure des communautés benthiques et la recherche d'indicateurs biologiques s'inscrit dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent. Les objectifs de l'étude sont 1) de définir la typologie et les groupes taxonomiques les plus représentatifs de la variabilité des communautés benthiques, 2) d'établir les relations entre la structure des communautés benthiques et les facteurs écologiques et toxicologiques des compartiments abiotiques (eau, sédiments) et 3) de tester l'application d'indices biotiques de qualité du milieu dérivés de la structure des communautés benthiques. Le plan d'échantillonnage a été stratifié en fonction de deux facteurs écologiques (présence et absence d'herbier, granulométrie des sédiments) et de deux facteurs de contamination du milieu (mercure et BPCs). La campagne d'échantillonnage a été effectuée du 19 septembre au 2 octobre 1989 dans 16 stations du lac Saint-François. La physico-chimie et la contamination de l'eau, la profondeur, la présence ou l'absence d'herbier, la granulométrie et la contamination des sédiments par les métaux et les contaminants organiques ont été évaluées. La structure des communautés de macroinvertébrés benthiques est décrite en fonction de la richesse spécifique, de l'abondance relative et de l'abondance moyenne (nombre ind. m⁻²) du benthos total et des principaux groupes taxonomiques. Les Mollusques Gastéropodes (32 %), les Amphipodes (18 %), les Insectes (16 %), les Oligochètes (11 %) et les Sphaeriidae (10 %) constituent les groupes taxonomiques les plus représentatifs. Leur répartition spatiale est toutefois assez hétérogène. Elle varie selon le gradient longitudinal du lac, en fonction de la présence des herbiers, de la physico-chimie des eaux, de la profondeur, de la granulométrie et des gradients de contamination métallique et/ou organique des sédiments.

L'indice biotique ICI (Invertebrate Community Index) a été appliqué à l'ensemble de la communauté benthique et les indices de Lafont ont été appliqués au peuplement des Oligochètes. En moyenne, l'indice ICI varie de 7 à 27. C'est dans les sites sans herbier et plus profonds, généralement situés dans le secteur est du lac que l'ICI moyen est le plus fort (> 20). Les stations ayant les plus faibles ICI (< 15) se situent surtout sur la rive nord, du centre à l'ouest du lac et dans le secteur sud-ouest. Les relations entre l'indice ICI et les facteurs environnementaux montrent que les facteurs écologiques, reliés au gradient de distribution est-ouest des herbiers, à la profondeur d'eau et à la granulométrie des sédiments, influencent fortement la valeur de l'indice ICI. Les variations de l'indice ICI s'associent aussi au niveau de contamination des sédiments par les métaux. Les indices de Lafont appliqués au peuplement des Oligochètes ne sont pas très performants et ne présentent pas de relation avec la physico-chimie et la contamination des eaux, ni avec les facteurs écologiques (herbier, profondeur, granulométrie).

Suite à cette étude, nous présentons plusieurs recommandations pour la poursuite des recherches sur le développement d'outils de suivi environnemental de la qualité des écosystèmes du Saint-Laurent basés sur les communautés de macroinvertébrés benthiques.

ABSTRACT

The pilot project on Lake St-Francis studies the structure of benthic communities and searches for biological indicators. This study falls within the scope of the St-Lawrence Action Plan. The objectives of the research are: 1) to define the typology of the taxonomic groups most representative of the benthic communities variability, 2) to establish the relationships between the benthic communities structure and the ecological and toxicological factors of the abiotic compartments (water, sediments) and 3) to test the application of biotic indices of environmental quality derived from benthic communities structure. The sampling design was stratified according to two ecological factors (presence or absence of macrophytes beds, sediment granulometry) and two environmental contamination factors (mercury and PCBs). The sampling was carried out from September 19th till the 2nd of October 1989, on 16 stations on Lake St-Francis. The physico-chemistry and the water contamination, the depth, the presence or absence of macrophytes, the granulometry and contamination of sediments by metals and organic contaminants were evaluated. The structure of the benthic macroinvertebrates is described according to the number of taxa, the relative abundance and the mean abundance of the total benthos and families and taxa of the major taxonomic groups, the families and the taxa. The mollusc gastropods (32 %), the amphipods (18 %), the insects (16 %), the oligochaetes (11 %) and the Sphaeriidae (10 %) account for the most representative taxonomic groups of the benthic community structure. Nevertheless, their spatial distribution is somewhat heterogeneous. It varies along with the lake's longitudinal gradient, in relation to the macrophytes presence, the water physico-chemistry, the depth, the sediment granulometry and the metal and organic contamination of the sediments.

The biotic index ICI (Invertebrate Community Index) was applied to the total benthic community and the Lafont's indices were applied to the Oligochaetes. The average ICI indices vary from 7 to 27. The highest average ICIs (> 20) are found in the east sector of the lake where the sites show no macrophytes and are the deepest. The lowest average ICIs (< 15) occur mostly on the north shore from the center to the west sector and on the south west shore. The relationships between the ICIs and the environmental factors show that ecological factors such as the east-west distribution gradient of the macrophytes, the water depth and the sediments granulometry, strongly influence the ICIs values. The ICI variations are also associated to the sediment level of metal contamination. The Lafont indices applied to the Oligochaetes are not efficient and do not adequately show the relationships with physico chemistry and water contamination and neither with ecological factors (macrophytes, depth, sediment granulometry).

As a result of this study, we have brought about several recommendations for the follow-up of the research on the development of environmental monitoring tools, derived from macroinvertebrate benthic communities, to assess the quality of St-Lawrence ecosystems.

ÉQUIPE DE RÉALISATION**G.R.I.L. (Université de Montréal)**

Chargée de projet: Bernadette Pinel-Alloul

Conseillers scientifiques
Antonella Cattaneo
Dolors Planas
Pierre Legendre
John Downing
Pierre-Paul Harper

Responsable de l'échantillonnage: Vincent Jarry

Assistance de recherche
Ginette Méthot
Louise Cloutier
Sophie Lalonde

Assistance technique
Pascale Raymond
Diane DuSablón
Claire Vanier
Serge Paquet
Christiane Dupont

Secrétariat et graphisme
Claudette Blanchard

Centre Saint-Laurent (division Écosystèmes)

Délégués scientifiques:
Claude Langlois
Louise Lapierre

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	vi
ÉQUIPE DE RECHERCHE	vii
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX	xiv
LISTE DES ANNEXES	xviii
1 INTRODUCTION, CADRE ET OBJECTIFS	1
1.1 Description de l'étude	1
1.2 Objectifs	3
1.3 Présentation du rapport final	4
2 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET MÉTHODOLOGIQUE	7
2.1 Stratégie d'échantillonnage	7
2.2 Méthodologies	9
2.2.1 Échantillonnage	9
2.2.2 Physico-chimie des eaux	14
2.2.3 Granulométrie des sédiments	15
2.2.4 Contaminants inorganiques et organiques	15
2.2.4.1 Compartiment eau	15
2.2.4.2 Compartiment sédiments	15
2.2.5 Macroinvertébrés benthiques	16
2.2.6 Indices biotiques	17
2.3 Traitements statistiques	25
2.3.1 Typologie des communautés de macroinvertébrés benthiques	25
2.3.2 Caractérisation physico-chimique et toxicologique des sédiments et de l'eau	28
2.3.3 Relation entre la typologie des communautés benthiques et les compartiments abiotiques	29
2.3.4 Relation entre les indices biotiques et les niveaux de contamination des compartiments abiotiques	30
3 RÉSULTATS	31
3.1 Typologie de la communauté benthique	31
3.1.1 Composition générale de la communauté benthique	31
3.1.2 Typologie basée sur les taxons de l'ensemble du benthos	34
3.1.3 Gastéropodes	42
3.1.3.1 Typologie des échantillons basée sur les familles de Gastéropodes	42
3.1.3.2 Typologie des échantillons basée sur les espèces de Gastéropodes	47

TABLE DES MATIERES (suite)

3.1.4	Insectes	53
3.1.4.1	Typologie des échantillons basée sur les familles d'Insectes	53
3.1.4.2	Typologie des échantillons basée sur les taxons d'Insectes	57
3.1.5	Oligochètes	65
3.1.5.1	Typologie des échantillons basée sur les familles d'Oligochètes	65
3.1.5.2	Typologie des échantillons basée sur les taxons d'Oligochètes	68
3.2	Compartiments abiotiques	76
3.2.1	Eau	76
3.2.2	Sédiments	78
3.3	Indices biotiques	83
3.3.1	ICI	83
3.3.2	Indices de Lafont	97
3.4	Relation entre la structure des communautés et les facteurs environnementaux	101
3.4.1	Nombre moyen de taxons	101
3.4.1.1	Compartiment eau	101
3.4.1.2	Compartiment sédiment	103
3.4.2	Abondances relatives moyennes des grands groupes taxonomiques	106
3.4.2.1	Compartiment eau	106
3.4.2.2	Compartiment sédiment	109
3.4.3	Abondances moyennes de taxons	112
3.4.3.1	Compartiment eau	112
3.4.3.2	Compartiment sédiment	112
3.5	Relation entre les métriques, l'indice ICI et les facteurs environnementaux	119
3.5.1	Indice ICI	119
3.5.1.1	Compartiment eau	119
3.5.1.2	Compartiment sédiment	121
3.5.2	Indices de Lafont	123
4	DISCUSSION	133
4.1	Typologie des communautés de macroinvertébrés benthiques	133
4.2	Typologie des compartiments abiotiques	137
4.3	Indices biotiques	139
4.4	Relation entre la structure des communautés benthiques et les facteurs environnementaux	142
4.5	Relations entre les indices biotiques et les facteurs environnementaux	145
4.5.1	Indice ICI	145
4.5.2	Indices de Lafont	147

TABLE DES MATIERES (suite)

5	CONCLUSIONS	149
6	RECOMMANDATIONS	155
	RÉFÉRENCES	159

LISTE DES FIGURES

1	Le lac Saint-François et la localisation des stations d'échantillonnage.	13
2	Exemple de calibration des métriques de l'Indice ICI: M1.	19
3	Organigramme des procédures de traitements statistiques pour la communauté benthique.	26
4	Organigramme des procédures de traitements statistiques pour les compartiments abiotiques.	27
5	Composition générale du benthos (abondance relative des grands groupes taxonomiques) dans les stations du lac Saint-François.	33
6	Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur l'ensemble de la communauté benthique.	35
7	Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) du benthos total et de chaque grand groupe taxonomique dans les groupes d'échantillons définis par l'analyse typologique de la communauté des invertébrés benthiques des stations du lac Saint-François.	37
8	Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les familles de Gastéropodes.	43
9	Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des Gastéropodes totaux et des principales familles dans les groupes d'échantillons définis par l'analyse typologique du peuplement des Gastéropodes dans les stations du lac Saint-François.	46
10	Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les espèces de Gastéropodes.	49
11	Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des Gastéropodes pour les groupes d'échantillons établis par l'analyse typologique des espèces de Gastéropodes.	51

LISTE DES FIGURES (suite)

12	Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les familles d'Insectes.	54
13	Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des Insectes et des principales familles dans les groupes d'échantillons définis par l'analyse typologique des peuplements d'Insectes dans les stations du lac Saint-François.	59
14	Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les taxons d'Insectes.	61
15	Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des Insectes dans les groupes d'échantillons définis par la typologie basée sur les taxons d'Insectes.	64
16	Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les familles d'Oligochètes.	66
17	Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des Oligochètes et des principales familles dans les groupes d'échantillons définis par l'analyse typologique des peuplements d'Oligochètes dans les stations du lac Saint-Pierre.	69
18	Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les taxons d'Oligochètes.	71
19	Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des Oligochètes dans les groupes d'échantillons définis par la typologie basée sur les taxons d'Oligochètes.	74
20	Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur le compartiment de l'eau.	77
21	Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur le compartiment sédiment.	84

LISTE DES FIGURES (suite)

22	Valeurs moyennes de l'indice ICI dans chaque station.	91
23	Cotes moyennes des différentes métriques de l'indice ICI dans chaque station.	93
24	Cotes moyennes de chaque métrique présentant des variations significatives pour l'ensemble des stations.	95
25	Cotes moyennes des métriques et valeurs moyennes ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) de l'indice ICI basé sur les communautés benthiques dans les stations du lac Saint-François.	98
26	Valeurs moyennes ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) de l'indice $I_{o\text{ riv.}}$ basé sur les peuplements d'Oligochètes dans les stations du lac Saint-François.	100
27	Valeurs moyennes de l'indice ICI selon les classes de facteurs écologiques (granulométrie des sédiments, herbier, profondeur d'eau).	124
28	Valeurs moyennes de l'indice ICI selon les classes de contamination des sédiments par les principaux métaux (Mn, Ni, Pb, As, Cd, Cu, Zn, Hg, Se) et les classes de contamination par le mercure selon la cartographie établie par Sloterdijk (1985).	125
29	Valeurs moyennes de l'indice ICI selon les classes de contamination des sédiments par les principaux polluants organiques (α -BHC, Epoxyde-Heptachlore, Phénanthrène, Fluoranthène, Pyrène, Chrysène, Benzo (a) anthracène) et les classes de contamination par les BPCs selon la cartographie établie par Sloterdijk (1985).	127

LISTE DES TABLEAUX

1	Stratégie d'échantillonnage: facteurs de stratification et nombre de combinaisons représentatives des interactions possibles entre les facteurs de stratification.	10
2	Date et heure d'échantillonnage, localisation géographique (longitude, latitude), caractéristiques générales des facteurs de stratification (substrat, herbier, mercure, BPCs) et profondeur pour chaque réplicat (A, B, C, D et E) d'échantillonnage dans les stations du lac Saint-François.	11
3	Description des métriques utilisées pour le calcul de l'indice ICI calibré à partir des données de benthos obtenues sur les lacs fluviaux du Saint-Laurent dans le cadre du projet Archipel.	21
4	Composition générale de la communauté des macroinvertébrés aux stations du lac Saint-François.	32
5	Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice de l'ensemble de la communauté benthique des stations du lac Saint-François.	36
6	Densité totale (nombre ind. m ⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des taxons représentatifs de l'ensemble de la communauté benthique à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales.	40
7	Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice des familles de Gastéropodes dans les stations du lac Saint-François.	44
8	Densité totale (nombre ind. m ⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des familles de Gastéropodes à l'inertie des 2 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales.	48
9	Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice d'espèces de Gastéropodes des stations du lac Saint-François.	50

LISTE DES TABLEAUX (suite)

10	Densité totale (nombre ind. m ⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des espèces de Gastéropodes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales.	52
11	Groupes d'échantillons établis par analyse de groupements à liens intermédiaires sur la matrice des familles d'Insectes dans les stations du lac Saint-François.	55
12	Densité totale (nombre ind. m ⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des familles d'Insectes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales.	58
13	Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice des taxons d'Insectes dans les stations du lac Saint-François.	62
14	Densité totale (nombre ind. m ⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des taxons d'Insectes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales.	63
15	Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice des familles d'Oligochètes des échantillons du lac Saint-François.	67
16	Densité totale (nombre ind. m ⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des familles d'Oligochètes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales.	70
17	Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur les matrices des espèces d'Oligochètes dans les échantillons du lac Saint-François.	73
18	Densité totale (nombre ind. m ⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des espèces d'Oligochètes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales.	75
19	Typologie des stations du lac Saint-François obtenue à partir de la matrice des descripteurs reliés à l'eau.	79

LISTE DES TABLEAUX (suite)

20	Contribution à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales effectuées sur les variables de la qualité des eaux.	82
21	Typologie des stations du lac Saint-François obtenue à partir des descripteurs reliés aux sédiments.	85
22	Contribution (CT) à l'intertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales des variables sur la qualité des sédiments.	88
23	Cotes moyennes ($\bar{X}$) $\pm$ écart-type (S_x) des métriques et de la valeur de l'ICI dans chaque station du lac Saint-François.	90
24	ANOVA réalisés pour tester les différences entre les stations dans les cotes moyennes des métriques et dans la valeur moyenne de l'ICI.	92
25	Tests de Friedman (ANOVA non paramétrique à deux critères de classification; Conover, 1980) réalisés pour déterminer la signification statistique des variations inter-stations et inter-réplicats.	96
26	Valeurs moyennes des indices de Lafont ($I_{o\text{ riv.}}$, $E_{o\text{ riv.}}$, $E_{o\text{ lac}}$) pour les stations du lac Saint-François.	99
27	Relations entre les nombres de taxons dans les grands groupes taxonomiques et les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de l'eau.	102
28	Relations entre les nombres de taxons dans les grands groupes taxonomiques et les caractéristiques toxicologiques et écologiques des sédiments.	104
29	Relations entre l'abondance relative des grands groupes taxonomiques des communautés benthiques et les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de l'eau.	107
30	Relations entre l'abondance relative des grands groupes taxonomiques des communautés benthiques et les caractéristiques toxicologiques et écologiques des sédiments.	110

LISTE DES TABLEAUX (suite)

31	Relations entre l'abondance moyenne des taxons reliés aux axes de variation de la communauté benthique et les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques.	113
32	Relations entre l'abondance moyenne des taxons reliés aux axes de variation de la communauté benthique et les caractéristiques toxicologiques et écologiques des sédiments.	116
33	Relations entre les valeurs moyennes des métriques et la valeur de l'ICI et les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de l'eau.	120
34	Relations entre les cotes moyennes des métriques et la valeur de l'ICI et les caractéristiques toxicologiques et écologiques des sédiments.	122
35	Valeurs moyennes ($\pm S_x$) des valeurs globales de l'ICI pour différentes classes de facteurs écologiques et toxicologiques associées au compartiment sédiment.	129
36	Relations entre les valeurs moyennes des indices $I_{o\text{ riv.}}$, $E_{o\text{ riv.}}$ (Lafont, 1984), $E_{o\text{ lac}}$ (Lafont et Juget, 1985) et les caractéristiques physico-chimiques, écologiques et toxicologiques de l'eau et des sédiments.	132

LISTE DES ANNEXES

- 1 Liste des macrophytes dominants dans chaque station d'échantillonnage avec herbiers.
- 2 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau dans les stations du lac Saint-François.
- 3A et 3B Composition granulométrique et classes texturales des sédiments des stations du lac Saint-François.
- 4 Concentrations des contaminants inorganiques et organiques dans les sédiments des stations du lac Saint-François.
- 5A Composition taxonomique des Gastéropodes dans les échantillons récoltés aux stations du lac Saint-François.
- 5B Composition taxonomique des Insectes dans les échantillons récoltés aux stations du lac Saint-François.
- 5C Composition taxonomique des Oligochètes dans les échantillons récoltés aux stations du lac Saint-François.
- 5D Composition taxonomique des Amphipodes dans les échantillons récoltés aux stations du lac Saint-François.
- 5E Abondance des autres grands groupes taxonomiques partiellement identifiés à l'espèce, dans les échantillons récoltés aux stations du lac Saint-François.
- 6A Valeurs brutes des métriques (M1 à M9A) de l'indice de la communauté des Invertébrés (ICI) pour les échantillons récoltés aux stations du lac Saint-François.
- 6B Valeurs des cotes des métriques (M1 à M9A) et valeur totale de l'indice de la communauté des Invertébrés (ICI) pour les échantillons de chaque station du lac Saint-François.
- 6C Valeurs des indices de Lafont ($I_{O\text{ riv.}}$, $E_{O\text{ riv.}}$, $E_{O\text{ lac}}$) pour les échantillons de chaque station du lac Saint-François.
- 7 Dendrogrammes obtenus lors des analyses de groupements hiérarchiques sur les communautés benthiques et les compartiments abiotiques.

1 INTRODUCTION, CADRE ET OBJECTIFS

1.1 Description de l'étude

Le projet de recherche s'inscrit dans le cadre du volet du Plan d'action Saint-Laurent qui vise l'acquisition de connaissances écosystémiques sur le Saint-Laurent et le développement d'outils de suivi environnemental de l'évolution de cet écosystème. L'objectif principal de l'étude est de présenter une typologie de la structure des communautés benthiques du lac Saint-François et de tester l'emploi d'indices biologiques et écologiques appliqués aux macroinvertébrés benthiques et au périphyton afin d'évaluer la qualité des écosystèmes du fleuve Saint-Laurent, en relation avec les facteurs écologiques et les concentrations des contaminants dans l'eau et les sédiments. Cette recherche s'intègre dans le cadre scientifique des études déjà réalisées sur le lac Saint-François par le Centre Saint-Laurent. Ces études portent sur l'évaluation des apports toxiques et des effets des niveaux de contamination sur les composantes biotiques des lacs fluviaux du Saint-Laurent.

Le volet de recherche sur l'évaluation de la qualité des écosystèmes du fleuve Saint-Laurent s'adresse aux composantes fauniques et botaniques des biocénoses. Il importe tout d'abord de caractériser l'état actuel de ces composantes et de développer ensuite des méthodologies d'analyse et d'évaluation de la qualité et de l'intégrité écologique des composantes les plus représentatives de ces écosystèmes afin de pouvoir développer une méthode de suivi environnemental appropriée aux milieux d'eau douce du fleuve Saint-Laurent.

Pour les Grands Lacs et le couloir fluvial du Saint-Laurent, Allan (1986) a défini quatre unités écosystémiques correspondant aux quatre lacs fluviaux représentés par le lac Saint-Clair, le lac Saint-François, le lac Saint-Louis et le lac Saint-Pierre. Ces lacs sont peu profonds et ont des temps de résidence des eaux très courts (0,4-0,9 semaine). Ils sont aussi les sites de déposition plus ou moins permanents des contaminants inorganiques (métaux lourds) et organiques (BPCs, HAPs, BHCs, pesticides organochlorés, etc.). Pour certains de ces lacs, les patrons de distribution des contaminants ont déjà été définis (lac Saint-François: Sloterdijk, 1985; lac Saint-Louis: Jarry *et al.*, 1985; lac Saint-Pierre: Langlois et Sloterdijk, 1989).

Depuis plusieurs décennies, les lacs fluviaux du Saint-Laurent ont fait l'objet de nombreuses études limnologiques concernant les macroinvertébrés benthiques (Magnin, 1970; Magnin et Stanczykowska, 1971; Pinel-Alloul, 1969, 1975, 1978; Pinel-Alloul et Magnin, 1971, 1973, 1979; Achard, 1973; Lacasse-Joubert, 1970; Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, 1976a et b, 1977; Ferraris, 1984). Le défi actuel est d'entreprendre de nouvelles recherches portant sur les variations dans la structure et le fonctionnement des communautés aquatiques en relation avec les niveaux de contamination du milieu. Ces recherches, mieux orientées vis-à-vis de contaminants spécifiques ou de problèmes écotoxicologiques, permettront de déterminer les processus de transfert des contaminants et leurs effets sur les composantes biotiques. Elles permettront aussi de suivre l'évolution de la qualité des écosystèmes du fleuve Saint-Laurent.

L'importance des sédiments dans les programmes de contrôle de la pollution aquatique est bien reconnue (Hakanson et Jansson, 1983a). Ce compartiment peut être considéré comme un "baromètre" environnemental car il présente les plus grandes concentrations et la plus grande diversité de polluants (Moore et Ramamoorthy, 1984). Ce compartiment inclut à la fois la composante abiotique (granulométrie, contenu en matière organique, en minéraux, en polluants dans les sédiments, etc.) et la composante biotique (organismes associés à l'interface eau-sédiments et organismes fouisseurs dans les sédiments). Dans les lacs fluviaux où les débits et les taux de renouvellement de l'eau sont élevés, la production du plancton pélagique est faible. Les organismes benthiques ou associés à l'interface eau-sédiments et aux macrophytes dans les zones littorales constituent donc la composante la plus importante au niveau de la production biologique de l'écosystème. Ils ont également des rôles écologiques et écotoxicologiques primordiaux à la fois comme ressources nutritives pour les communautés ichtyologiques et comme site d'accumulation et voie de transfert des polluants.

De nombreux travaux écotoxicologiques effectués sur les organismes benthiques ont montré que ces organismes présentent des sensibilités différentielles vis-à-vis des polluants (Mance, 1987) et influencent les processus d'absorption, d'adsorption et de désorption des polluants à l'interface eau-sédiments (Johnson *et al.*, 1971; Boddington *et al.*, 1979; Gerould et Gloss, 1986; Oost *et al.*, 1988). Certains groupes, les Mollusques Bivalves, les Insectes, les Crustacés et les Oligochètes sont d'excellents bio-indicateurs des niveaux de contamination par les métaux lourds ou

les polluants organiques (Darracott et Watling, 1975; Bourget et Cossa, 1976; Smock, 1983; Lafont, 1984; Lafont et Juget, 1985; Dermott et Lum, 1986; Katalin, 1988a et 1988b; Baudo et Galanti, 1988; Ciborowski et Corkum, 1988).

La faune et la flore benthiques servent aussi à la mise au point de méthodes d'appréciation de la qualité des milieux aquatiques (Verneaux, 1983, 1984; Lafont, 1985). Des indices biologiques ont été développés pour les communautés d'algues (Palmer, 1969; Weitzel et Bates, 1981; Moore, 1981; Weber et McFarland, 1981; Whitton *et al.*, 1981; Cairns, 1984) et de macroinvertébrés benthiques (Cook, 1976; Kovolak, 1981; Tesmer et Wefring, 1981; Metcalfe, 1989; Lang *et al.*, 1989; Modde et Drewes, 1990). Par exemple, Lafont (1984) et Lafont et Juget (1985) ont développé un indice biotique de la qualité écotoxicologique des sédiments profonds basé sur le peuplement des Oligochètes. D'autres indices biologiques utilisent seulement les Insectes, les Amphipodes et les Isopodes (Hilsenhoff, 1982, 1987, 1988) ou encore l'ensemble de la communauté benthique (Cook, 1976; Verneaux, 1983, 1984; Metcalfe, 1989; Lang *et al.*, 1989; Modde et Drewes, 1990). L'applicabilité et la complémentarité de plusieurs de ces indices ont récemment été évaluées pour estimer les effets des travaux de drainage sur la faune benthique des ruisseaux en zone agricole (Harper et Cloutier, 1989).

La présente étude fait état des résultats d'une étude pilote effectuée dans le lac Saint-François afin d'évaluer l'opportunité d'utiliser les communautés benthiques comme indices biotiques de la qualité écotoxicologique du milieu. La partie I du projet concerne les communautés de macroinvertébrés benthiques.

1.2 Objectifs

Dans le cadre de l'étude pilote proposée pour l'année 1989 au lac Saint-François, les objectifs de la recherche sont axés sur les points suivants:

- a)** Définir les groupes taxonomiques (phylum, familles, genres ou espèces) les plus représentatifs de la variabilité des communautés de macroinvertébrés benthiques.
- b)** Définir les relations entre la contamination du milieu et les groupes taxonomiques les plus représentatifs de la communauté de macroinvertébrés benthiques associée à l'interface eau-sédiments et au complexe des macrophytes.

- c) Tester l'utilisation d'indices biologiques et écologiques dérivés de la structure des communautés benthiques pour estimer la qualité des milieux en relation avec les niveaux de contamination des sédiments.
- d) Effectuer une évaluation critique de ces indices pour déterminer leur performance comme indices d'intégrité de la qualité des écosystèmes, particulièrement en ce qui a trait aux relations entre ces indices et la contamination des milieux.
- e) Développer pour la communauté des macroinvertébrés benthiques un indice d'intégrité biotique appliqué au site d'étude et calibré en référence aux données antérieures sur les lacs fluviaux du Saint-Laurent.
- f) Effectuer des recommandations pour la poursuite des recherches sur la surveillance et la gestion de la qualité écologique des lacs fluviaux du Saint-Laurent.

1.3 Présentation du rapport final

L'étude pilote au lac Saint-François a déjà fait l'objet de deux rapports: 1) un rapport sur la stratégie d'échantillonnage soumis en juin 1989 et 2) un rapport préliminaire sur la composition taxonomique de la communauté d'invertébrés récoltée au lac Saint-François et l'application d'indices biotiques, soumis en février 1990.

Dans le cadre de ce rapport final (Partie I), nous présentons premièrement l'approche scientifique et la méthodologie, soit la stratégie d'échantillonnage, les méthodes d'analyse et les traitements statistiques employés pour la caractérisation des compartiments abiotiques (eau, sédiments) et biotiques (communauté des macroinvertébrés benthiques).

Deuxièmement, nous décrivons la typologie des communautés benthiques récoltées au lac Saint-François telle qu'établie à partir de l'ensemble de la communauté et des principaux groupes taxonomiques (Mollusques Gastéropodes, insectes et Oligochètes). Les principales caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques des compartiments abiotiques sont aussi définies à l'aide d'analyses factorielles.

Troisièmement, nous présentons les valeurs des métriques et de l'indice biotique des communautés d'invertébrés (ICI) ainsi que les valeurs des indices de

Lafont ($I_{o\text{ riv.}}$, $E_{o\text{ riv.}}$, $E_{o\text{ lac}}$) pour chaque station. Nous testons la valeur de ces indices et des métriques en regard de la contamination de l'eau et des sédiments. Les variations inter-stations dans la richesse spécifique, dans l'abondance relative et l'abondance moyenne des principaux groupes et taxons de la communauté benthique sont également évaluées en fonction des facteurs écologiques et des contaminants inorganiques et organiques de l'eau et des sédiments. Finalement, une évaluation critique de l'étude est présentée et nous formulons des recommandations pour la poursuite des recherches sur le développement des outils de gestion de la qualité des écosystèmes du Saint-Laurent.

Cette page est blanche dans le document original

2 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET MÉTHODOLOGIE

2.1 Stratégie d'échantillonnage

Compte tenu de l'enveloppe budgétaire du projet qui nous limitait à un nombre réduit de stations (maximum 20), la stratégie d'échantillonnage a été établie de façon à maximiser la variation entre les caractéristiques environnementales des stations et à accroître les possibilités d'obtenir des variations importantes dans la structure des communautés de macroinvertébrés benthiques. Les hypothèses générales sous-jacentes à la définition du plan d'échantillonnage sont:

- a) Les variations dans la structure des communautés benthiques sont reliées aux facteurs écologiques et au niveau de contamination du milieu.
- b) Les indices biotiques dérivés de la structure et de la composition des communautés benthiques sont reliés aux facteurs écologiques et au niveau de contamination du milieu.

Nous avons adopté une stratégie d'échantillonnage stratifiée en fonction de quatre facteurs: deux facteurs écologiques et deux facteurs toxicologiques.

La granulométrie des sédiments est le premier stratificateur écologique. Cette caractéristique sédimentologique est généralement corrélée à l'hydrodynamisme et à la bathymétrie du milieu (Hakanson et Jansson, 1983a, 1983b) et elle influence la structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques (Hakanson et Jansson, 1983c; Brinkhurst, 1974). Elle contrôle aussi les mécanismes d'adsorption et la désorption des contaminants (Hakanson et Jansson, 1983d; Campbell et Tessier, 1989).

La présence ou l'absence de végétation aquatique est le second stratificateur écologique. La densité, la structure et la composition des herbiers littoraux sont des facteurs qui influencent fortement l'abondance et la structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques (Cyr et Downing, 1988 a et b; Lalonde, 1988). La présence de macrophytes a aussi des effets sur la sédimentation et la bioaccumulation des contaminants (Ribeyre et Boudou, 1989). Pour diminuer la variabilité induite par les différences dans la composition des herbiers, on a choisi

dans la mesure du possible, pour une même station avec présence de végétation, des herbiers dominés par la même espèce (Annexe 1).

La contamination des sédiments en polluants inorganiques, en particulier les métaux lourds, constitue le premier stratificateur de nature toxicologique. Nous nous sommes basés sur les gradients de contamination en mercure déjà décrits dans le lac Saint-François pour établir cette stratification (Sloterdijk, 1985).

La contamination des sédiments en polluants organiques est le deuxième stratificateur de nature toxicologique. Nous nous sommes basés sur les gradients de contamination en BPCs déjà établis dans le lac Saint-François pour déterminer cette stratification (Sloterdijk, 1985).

Le plan d'échantillonnage stratifié selon ces quatre axes de variations écologique et toxicologique (granulométrie des sédiments, végétation aquatique, contaminants inorganiques, contaminants organiques) est présenté au tableau I. Chaque stratificateur a une des positions binaires (0 ou 1) et sert de base pour l'établissement des stations d'échantillonnage, selon le schéma suivant.

a) Granulométrie des sédiments:

- Sédiments fins (limon, argile et vase): 0
- Sédiments grossiers (sable et gravier): 1

b) Végétation aquatique:

- Absence d'herbiers: 0
- Présence d'herbiers denses: 1

c) Contaminants inorganiques dans les sédiments (Hg):

- Contamination faible ($< 300 \text{ ng g}^{-1}$, teneur normalisée): 0
- Contamination forte ($> 300 \text{ ng g}^{-1}$, teneur normalisée): 1

d) Contaminants organiques dans les sédiments (BPCs)

- Contamination faible ($< 600 \text{ ng g}^{-1}$, teneur normalisée): 0
- Contamination forte ($> 600 \text{ ng g}^{-1}$, teneur normalisée): 1

Le choix des stations d'échantillonnage a été établi en fonction des positions binaires de chacun des stratificateurs à l'aide de cartes maritimes et de la position des stations d'échantillonnage lors d'un relevé antérieur effectué par la Direction Générale des Eaux Intérieures (DGEI) en 1978 et 1980 (Sloterdijk, 1985). Bien que les derniers relevés effectués en 1989 par Dr. Ken Lum du Centre Saint-Laurent semblent démontrer que les patrons de répartition des contaminants majeurs dans le lac Saint-François aient changé depuis le début des années 1980, ces derniers relevés n'étant pas disponibles au début de notre étude, le niveau potentiel de contamination (inorganique: Hg; organique: BPCs) des sédiments dans chaque station a été déterminé selon les caractéristiques écotoxicologiques de l'écorégion où elle se situait, telles qu'établies par Sloterdijk (1985). Tout d'abord, nous avons déterminé le nombre total de stations du réseau de qualité des sédiments (Sloterdijk, 1985) correspondant à chacune des combinaisons des quatre stratificateurs. Parmi ces stations, nous avons finalement choisi 16 stations représentatives de chacune des combinaisons possibles d'interaction entre les quatre facteurs de stratification (Tableau 1). Ces stations sont réparties selon les zones amont (Cornwall) et aval (Coteau-Landing) du lac Saint-François (Figure 1). Dans la mesure du possible, nous avons tenté de coordonner l'emplacement de nos stations avec celles définies pour les programmes "Qualité des sédiments" et "Macrophytes" de la Division des Apports toxiques du Centre Saint-Laurent. A chaque station, nous avons effectué 5 réplicats d'échantillonnage, ce qui représente un total de 80 échantillons. Le tableau 2 présente pour chacun des réplicats (A à E) d'échantillon de chaque station, la date et l'heure d'échantillonnage, la position géographique, les caractéristiques générales des quatre facteurs de stratification (substrat, herbier, Hg, BPCs) et la profondeur d'eau.

2.2 Méthodologies

2.2.1 Échantillonnage. - Nous avons tout d'abord réalisé une campagne d'échantillonnage préliminaire durant la deuxième quinzaine de juillet 1989, à raison d'un réplicat dans chaque station, afin de nous familiariser avec les techniques d'échantillonnage, les méthodes de tri et d'analyse des organismes benthiques et afin de vérifier la présence d'herbiers dans chacune des stations choisies avec cette caractéristique.

Tableau 1 Stratégie d'échantillonnage: facteurs de stratification et nombre de combinaisons représentatives des interactions possibles entre les facteurs de stratification.

Nombre de combinaisons	Stratificateurs							
	Granulométrie des sédiments		Végétation aquatique		Mercure		BPCs	
	Fin	Grossier	Absente	Présente	< 300 ng g ⁻¹	> 300 ng g ⁻¹	< 600 ng g ⁻¹	> 600 ng g ⁻¹
	0	1	0	1	0	1	0	1
1	x		x		x		x	
2	x		x		x			x
3	x		x			x	x	
4	x		x			x		x
5	x			x	x		x	
6	x			x	x			x
7	x			x		x	x	
8	x			x		x		x
9		x	x		x		x	
10		x	x		x			x
11		x	x			x	x	
12		x	x			x		x
13		x		x	x		x	
14		x		x	x			x
15		x		x		x	x	
16		x		x		x		x

Tableau 2 *Data at heure d'échantillonnage, localisation géographique (longitude, latitude), caractéristiques générales des facteurs de stratification (substrat, herbier, mercure, BPCs) et profondeur pour chaque réplique (A, B, C, D et E) d'échantillonnage dans les stations du lac Saint-François.*

Stations	Date	Heure ¹	Latitude ¹	Longitude ¹	Substrat ¹	Herbier ³	Hg ²	BPCs ²	Profondeur ¹ (m)
4-A	89-09-21	09:30	45°14'96"	74°13'09"	argileux	absent	forte	faible	4,0
4-B	89-09-21	09:50	45°14'98"	74°13'07"	argileux	absent	forte	faible	4,0
4-C	89-09-21	10:45	45°14'98"	74°13'11"	argileux	absent	forte	faible	4,0
4-D	89-09-21	11:00	45°14'99"	74°13'10"	argile et cailloux	absent	forte	faible	4,0
4-E	89-09-21	11:05	45°14'99"	74°13'13"	argile	absent	forte	faible	4,0
6-A	89-09-21	11:40	45°14'10"	74°15'67"	glaise	absent	forte	faible	3,5
6-B	89-09-21	12:40	45°13'39"	74°15'69"	glaise	absent	forte	faible	3,5
6-C	89-09-21	12:50	45°14'02"	74°15'44"	glaise	absent	forte	faible	3,5
6-D	89-09-21	13:05	45°14'06"	74°15'50"	glaise	absent	forte	faible	3,5
6-E	89-09-21	13:20	45°14'04"	74°15'46"	glaise	absent	forte	faible	3,5
8-A	89-09-20	08:45	45°12'1"	74°10'0"	sable	absent	faible	faible	0,6
8-B	89-09-20	09:10	45°12'1"	74°10'0"	sable	absent	faible	faible	0,6
8-C	89-09-20	09:30	45°12'1"	74°10'0"	sable et gravier	absent	faible	faible	0,6
8-D	89-09-20	09:40	45°12'1"	74°10'0"	sable	absent	faible	faible	0,6
8-E	89-09-20	10:00	45°12'1"	74°10'0"	sable et gravier	absent	faible	faible	0,6
11-A	89-09-19	12:45	45°11'6"	74°11'0"	gravier et sable	absent	faible	forte	1,3
11-B	89-09-19	13:15	45°11'6"	74°11'0"	gravier et sable	absent	faible	forte	1,3
11-C	89-09-19	13:45	45°11'6"	74°11'0"	?	absent	faible	forte	1,3
11-D	89-09-19	14:15	45°11'6"	74°11'0"	glaise et gravier	absent	faible	forte	1,3
11-E	89-09-19	14:45	45°11'6"	74°11'0"	gravier et sable	absent	faible	forte	1,3
21-A	89-09-19	09:30	45°10'8"	74°14'7"	argile et glaise	absent	faible	forte	1,5
21-B	89-09-19	10:00	45°10'8"	74°14'7"	argile	absent	faible	forte	1,5
21-C	89-09-19	10:30	45°10'8"	74°14'7"	argile	absent	faible	forte	1,5
21-D	89-09-19	11:00	45°10'8"	74°14'7"	sable et argile	absent	faible	forte	1,5
21-E	89-09-19	11:30	45°10'8"	74°14'7"	sable et argile	absent	faible	forte	1,5
23-A	89-09-20	14:15	45°12'20"	74°16'09"	argile et limon	absent	forte	forte	4,0
23-B	89-09-20	14:35	45°12'22"	74°16'10"	argile et limon	absent	forte	forte	4,0
23-C	89-09-20	14:55	45°12'21"	74°16'10"	argile et limon	absent	forte	forte	4,0
23-D	89-09-20	15:25	45°12'26"	74°15'14"	argile et limon	absent	forte	forte	4,0
23-E	89-09-20	15:45	45°12'25"	74°16'12"	argile et limon	absent	forte	forte	4,0
32-A	89-09-21	14:30	45°11'59"	74°21'43"	argile et limon	absent	faible	faible	2,0
32-B	89-09-21	14:45	45°11'59"	74°21'41"	argile et limon	absent	faible	faible	2,0
32-C	89-09-21	14:56	45°11'57"	74°21'43"	argile et limon	absent	faible	faible	2,0
32-D	89-09-21	15:05	45°11'57"	74°21'48"	argile et limon	absent	faible	faible	2,0
32-E	89-09-21	15:21	45°11'58"	74°21'48"	argile et limon	absent	faible	faible	2,0
57-A	89-10-02	12:48	45°05'40"	74°26'33"	argile et sable	présent	faible	faible	2,0
57-B	89-10-02	13:10	45°05'41"	74°26'32"	argile et sable	présent	faible	faible	2,0
57-C	89-10-02	13:19	45°05'41"	74°26'32"	argile et sable	présent	faible	faible	2,0
57-D	89-10-02	13:30	45°05'44"	74°26'34"	sable et argile	présent	faible	faible	2,0
57-E	89-10-02	13:45	45°05'37"	74°26'27"	argile et sable	présent	faible	faible	2,0
60-A	89-10-02	10:03	45°05'20"	74°26'97"	argile et limon	présent	forte	forte	1,0
60-B	89-10-02	10:32	45°05'17"	74°26'96"	argile et limon	présent	forte	forte	1,0
60-C	89-10-02	10:40	45°05'17"	74°26'98"	argile et limon	présent	forte	forte	1,0
60-D	89-10-02	10:59	45°05'17"	74°26'90"	argile et limon	présent	forte	forte	1,0
60-E	89-10-02	11:17	45°05'16"	74°26'91"	argile et limon	présent	forte	forte	1,0

Tableau 2 (suite)

Stations	Date	Heure ¹	Latitude ¹	Longitude ¹	Substrat ¹	Herbier ³	Hg ²	BPCs ²	Profondeur ¹ (m)
78-A	89-10-01	10:35	44°59'31"	74°12'05" (?)	sablo-argileux	présent	forte	forte	1,0
78-B	89-10-01	11:45	45°02'12"	74°33'99"	sablo-argileux	présent	forte	forte	1,0
78-C	89-10-01	11:50	45°00'83"	74°22'27" (?)	sablo-argileux	présent	forte	forte	1,0
78-D	89-10-01	12:40	?	?	dur	présent	forte	forte	1,0
78-E	89-10-01	12:53	45°02'03"	74°33'97"	dur	présent	forte	forte	1,0
89-A	89-09-28	10:25	45°05'37"	74°29'97"	fin	présent	forte	forte	2,0
89-B	89-09-28	10:50	45°06'29"	74°29'96"	fin	présent	forte	forte	2,0
89-C	89-09-28		45°06'29"	74°30'48"	fin	présent	forte	forte	2,0
89-D	89-09-28	11:30	?	?	fin	présent	forte	forte	2,0
89-E	89-09-28	12:00	?	?	fin	présent	forte	forte	2,0
91-A	89-09-26	11:34	45°04'37"	74°31'48"	très fin	présent	forte	faible	1,5
91-B	89-09-26	12:05	45°04'38"	74°31'47"	fin	présent	forte	faible	1,5
91-C	89-09-26	12:33	45°04'38"	74°31'46"	fin	présent	forte	faible	1,5
91-D	89-09-26	14:18	?	?	fin	présent	forte	faible	1,5
91-E	89-09-26	14:40	?	?	fin	présent	forte	faible	1,5
93-A	89-10-01	16:30	45°04'17"	74°33'30"	gravier	absent	forte	faible	2,0
93-B	89-10-01	16:45	45°04'17"	74°33'28"	glaise et roche	absent	forte	faible	2,0
93-C	89-10-01	16:55	45°04'18"	74°33'28"	argile et sable	absent	forte	faible	2,0
93-D	89-10-01	17:20	45°04'18"	74°33'26"	argile et glaise	absent	forte	faible	2,0
93-E	89-10-01	17:30	45°04'17"	74°33'23"	glaise	absent	forte	faible	2,0
94-A	89-10-01	14:05	?	?	dur et fin	présent	forte	faible	1,0
94-B	89-10-01	14:25	?	?	gravier	présent	forte	faible	1,0
94-C	89-10-01	15:05	45°03'86"	74°34'08"	gravier	présent	forte	faible	1,0
94-D	89-10-01	15:25	?	?	gravier	présent	forte	faible	1,0
94-E	89-10-01	15:40	?	?	gravier	présent	forte	faible	1,0
113-A	89-09-25	11:05	45°03'92"	74°28'16"	argile	présent	faible	forte	1,0
113-B	89-09-25	11:50	45°03'92"	74°28'17"	argile	présent	faible	forte	1,0
113-C	89-09-25	12:35	45°03'91"	74°28'18"	argile	présent	faible	forte	1,0
113-D	89-09-25	13:00	45°03'92"	74°28'20"	argile et glaise	présent	faible	forte	1,0
113-E	89-09-25	13:28	35°03'93"	74°28'20"	argileux	présent	faible	forte	1,0
122-A	89-09-25	14:30	45°03'12"	74°29'34"	très fin	présent	faible	forte	2,5
122-B	89-09-25	15:03	45°03'12"	74°29'34"	très fin	présent	faible	forte	2,5
122-C	89-09-25	15:30	45°03'14"	74°29'32"	très fin	présent	faible	forte	2,5
122-D	89-09-25	15:45	45°03'13"	74°29'34"	fin	présent	faible	forte	2,5
122-E	89-09-25	16:00	45°03'15"	74°29'33"	fin	présent	faible	forte	2,5

¹ Estimé sur le terrain² Estimé à priori selon Sloterdijk (1985):Hg: Forte: > 300 ng g⁻¹ teneur normaliséeFaible: < 300 ng g⁻¹ teneur normaliséeBPCs: Forte: > 600 ng g⁻¹ teneur normaliséeFaible: < 600 ng g⁻¹ teneur normalisée³ Voir Annexe 1 pour la description des herbiers

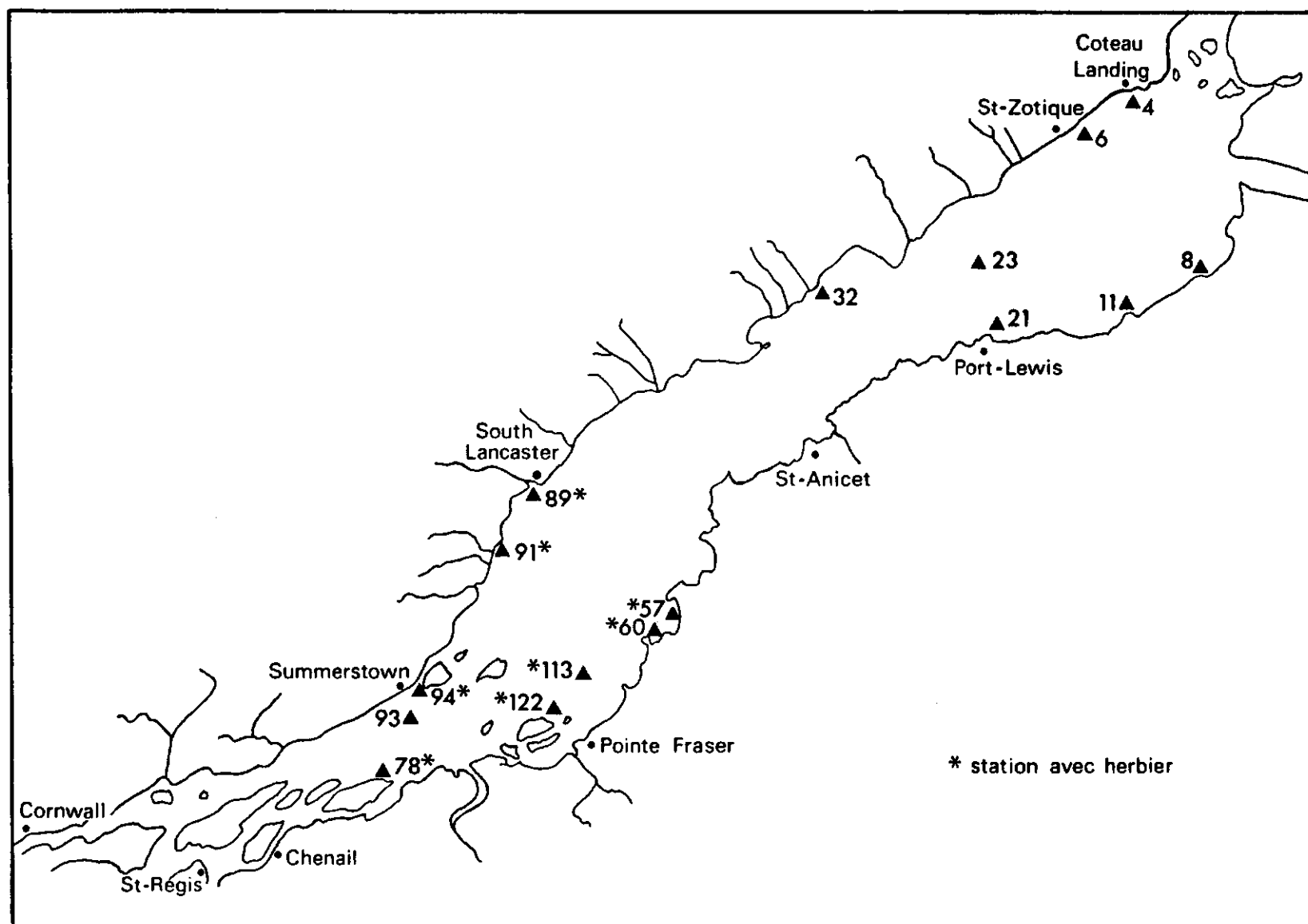


Figure 1 Le lac Saint-François et la localisation des stations d'échantillonnage.

Le choix définitif des stations a été réévalué en tenant compte des difficultés d'échantillonnage rencontrées lors de la campagne préliminaire. La figure 1 situe les stations définitivement retenues pour l'étude et le tableau 2 en présente les principales caractéristiques. La campagne d'échantillonnage définitive a été effectuée du 19 septembre au 2 octobre 1989, période correspondant aux maximums d'abondance saisonnière du macrobenthos (Harper et Cloutier, 1989).

2.2.2 Physico-chimie des eaux. - À chacune des stations d'échantillonnage, plusieurs variables physico-chimiques de l'eau ont été mesurées lors de l'échantillonnage. Les concentrations d'oxygène en surface (O_2S) et à 1 m de profondeur ($O_2-1\text{ m}$) ainsi que la température de l'eau en surface (T_s) ont été mesurées à l'aide d'un oxymètre-téléthermomètre YSI. Dans les stations de profondeur supérieure à 1 m (Tableau 2), le profil d'atténuation de la lumière a été déterminé en mesurant la radiation lumineuse ($\mu\text{ Einstein cm}^{-2}\text{ s}^{-1}$) à chaque mètre de profondeur à l'aide d'un photomètre Licor modèle (LI-185) muni d'une cellule photométrique subaquatique. À partir de ces mesures photométriques, nous avons déterminé le coefficient d'extinction de la lumière ($C.\text{ ext} = k_z$) dans le premier mètre de profondeur selon la formule suivante:

$$k_{(z)} = \ln I_0 - \ln I_z$$

où $z = 1$ mètre, I_z = intensité lumineuse à 1 mètre de profondeur et I_0 = intensité lumineuse sous la surface de l'eau. Le pH de l'eau a été mesuré sur le terrain avec un pH-mètre portatif (Canlab modèle H5503-1). La conductivité (COND-SPE) des eaux de surface a été évaluée avec un conductivimètre (Cole Palmer, modèle 1484-10).

Plusieurs échantillons d'eau ont été recueillis pour procéder aux analyses physico-chimiques au laboratoire du Capitaine Bernier selon les méthodes standards d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1979). Les variables physico-chimiques analysées sont le phosphore total (PT), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le sodium (Na), le potassium (K), les sulfates (SO_4), les chlorures (Cl), l'alcalinité totale (ALCT), la conductivité spécifique (COND-SPE), la dureté (DUR) et les nitrites-nitrates (NO_2-NO_3). À partir de ces estimés, la somme des anions (S-anions), la somme des cations (S-cations) et le bilan ionique (BILAN) ont été calculés (Environnement Canada, 1979). De plus, la turbidité de l'eau (TURB), la conductivité

théorique (COND-THE), la couleur apparente (COUL) et les solides totaux non filtrables (STNF) ont été déterminés en laboratoire. Les résultats des analyses physico-chimiques sur le compartiment eau sont colligés sous forme de tableaux et regroupés dans l'annexe 2.

2.2.3 Granulométrie des sédiments. - La granulométrie des sédiments à chaque station a été déterminée au laboratoire du Dr François Courchesne (Département de Géographie, Université de Montréal) selon les méthodes de tamisage et d'hydrométrie (Hakanson et Jansson, 1983e; A.N.S., 1972). Les résultats des analyses granulométriques sont exprimés en fonction des pourcentages de gravier, de sable (très gros, gros, moyen, fin et très fin), de limon et d'argile (Annexe 3-A). À partir des variations observées dans les pourcentages de sable et d'argile, les sédiments des stations d'échantillonnage ont été classifiés en 5 classes texturales selon le système canadien de classification des sols (Annexes 3-A et 3-B).

2.2.4 Contaminants inorganiques et organiques

2.2.4.1 Compartiment eau. - Dans le compartiment eau, seuls les contaminants inorganiques ont été estimés, la grande majorité des contaminants organiques se situant sous le seuil de détection analytique. Parmi les métaux lourds, l'aluminium (Al), le barium (Ba), le beryllium (Be), le cadmium (Cd), le cobalt (Co), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le lithium (Li), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le strontium (Sr), le vanadium (V) et le zinc (Zn) ont été mesurés au "National Water Quality Laboratory" (Burlington, Ontario) selon les méthodes standards d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1979). Les résultats de ces analyses sont présentés à l'annexe 2.

2.2.4.2 Compartiment sédiments. - Pour les métaux lourds, les échantillons de sédiments ont été recueillis dans des bocaux de verre préalablement rincés à l'acide (HCl 1/4 v/v). Plusieurs métaux lourds, soit l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le zinc (Zn), le mercure (Hg) et le sélénium (Se) ont été mesurés par les laboratoires Analox Inc. (Environnement Canada, 1979).

Pour les contaminants organiques, les échantillons de sédiments ont été recueillis dans des bocaux de verre préalablement rincés à l'hexane. Plusieurs

classes de contaminants organiques ont été mesurées: 4 ensembles de congénères de BPCs (Arochlore™ 1242, 1248, 1254, 1260), plusieurs pesticides organochlorés (α -BHC, β -BHC et γ -BHC, Lindane, Heptachlore, Aldrine, Epoxyde-Heptachlore, Endosulfan-1, p,p'-DDE, Dieldrine, Endrine, p,p'-DDD, Aldehyde d'Endrine, p,p'-DDT, Mirex, HCB, Métoxychlore, Chlordane, Toxaphène). Plusieurs de ces analyses ont fourni des résultats au niveau des seuils de détection analytique. Finalement, divers HAPs (Naphtalène, Acénaphthène, Acénaphthylène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo (a) anthracène, Chrysène, Benzo fluoranthènes, Benzo (a) pyrène, Indeno (1,2,3,c,d, pyrène), Dibenzo anthracène, Benzo (g,h,i) pérylène) ont aussi été mesurés par les laboratoires Analex Inc. Les concentrations des contaminants inorganiques et organiques dans les sédiments, qui présentaient des valeurs supérieures au seuil de détection à au moins une station d'échantillonnage, sont colligées dans l'annexe 4.

2.2.5 Macroinvertébrés benthiques. - Dans chaque station, nous avons prélevé 5 réplicats indépendants de macroinvertébrés benthiques à l'aide d'une benne Ponar de 30 cm de côté, représentant une surface d'échantillonnage de 0,0519 m². Les 5 réplicats ont été répartis selon deux transects parallèles, à raison de 3 réplicats sur le premier transect et de 2 réplicats sur le deuxième transect, chaque réplicat étant spatialement distribué à environ tous les 10 mètres. Compte tenu de la variation dans la granulométrie des sédiments, le nombre de coups de benne a varié de 1 à 5 coups par réplicat, ce qui correspondait à des volumes de sédiments variant de 0,1 à 5 litres. Les échantillons ont été fixés à la formaldéhyde (5%).

Au laboratoire, les échantillons ont été rincés sur tamis sélectifs de 1 mm, 500 μ m et 250 μ m. Les organismes retenus sur chacun des tamis ont été triés, identifiés aux grands groupes et comptés sous microscope stéréoscopique au grossissement de 4, 6 ou 16x selon la taille des organismes. Pour les réplicats présentant des densités élevées d'organismes (3 échantillons), le tri a été limité à la moitié du volume de sédiments récoltés. Lors du tri grossier, les organismes ont été classifiés selon 10 grands groupes taxonomiques (Hydracariens, Isopodes, Pélécy-podes, Nématodes, Plathelminthes, Hirudinées, Amphipodes, Gastéropodes, Insectes, Oligochètes). L'analyse taxonomique a ensuite été réalisée au niveau de la famille, du genre et dans la mesure du possible au niveau de l'espèce pour plusieurs groupes représentatifs des groupes dominants dans le benthos des lacs fluviaux du

Saint-Laurent (Magnin, 1970) ou représentatifs de groupes taxonomiques ayant un intérêt écotoxicologique. Il s'agit des Amphipodes, des Mollusques Gastéropodes, des Insectes et des Oligochètes.

Les Amphipodes et les Mollusques Gastéropodes ont été identifiés au niveau de l'espèce par madame Ginette Méthot, assistante de recherche au G.R.I.L., en se basant sur les ouvrages de Clarke (1981) pour les Mollusques et les ouvrages de Bousfield (1958, 1973), Pennack (1989) et Holsinger (1972) pour les Amphipodes.

Les insectes aquatiques ont été identifiés selon les familles et au niveau générique par madame Louise Cloutier, responsable de la collection entomologique Ouellet Robert de l'Université de Montréal, en se basant sur l'ouvrage de Merritt et Cummins (1984). L'incidence de difformités a été prise en compte lors de l'examen des capsules céphaliques des Chironomidés.

Le groupe des Oligochètes a été analysé par madame Katie Coates, spécialiste du Royal Ontario Museum, selon les clés d'identification de Brinkhurst (1986), Brinkhurst et Jamieson (1971), Hiltunen et Klemm (1980) et Klemm (1985). L'identification au niveau spécifique est basée sur les structures épidermiques, les soies et les organes de reproduction. Les spécimens immatures n'ont pas pu être identifiés, même au niveau du genre.

Pour chacun des taxons (groupes, familles, genres, espèces), les nombres comptés ont servi à estimer les densités par unité de surface (nombre d'individus m⁻²). La composition taxonomique de chaque groupe de la communauté benthique dans chaque réplicat des 16 stations d'échantillonnage au lac Saint-François est présentée aux annexes 5-A à 5-E, respectivement pour les Mollusques Gastéropodes, les Insectes, les Oligochètes, les Amphipodes et les autres groupes.

2.2.6 Indices biotiques. - Il est actuellement reconnu que les indices biotiques peuvent servir d'alternatives à l'emploi de l'indice de diversité pour évaluer les réponses des communautés benthiques aux variations des conditions environnementales et des niveaux de contamination dans les écosystèmes aquatiques (Hilsenhoff, 1982; Modde et Drewes, 1990). Récemment, Metcalfe (1989) a effectué une revue historique de l'application des indices biotiques de qualité du milieu dans les eaux courantes en Europe. Lessard (1989) a réalisé une revue bibliographique des méthodes d'évaluation des écosystèmes aquatiques. Tous ces auteurs ainsi que Lang *et al.* (1989), qui ont développé un indice biotique pour les

rivières en Suisse, font ressortir la nécessité de calibrer les méthodes et les indices biotiques selon les caractéristiques biogéographiques et typologiques propres aux écosystèmes étudiés.

Lors de l'analyse préliminaire des communautés de macroinvertébrés benthiques, basée sur trois réplicats des échantillons récoltés dans chacune des stations du lac Saint-François (Pinel-Alloul, 1990), nous avons testé l'application de trois indices biotiques: l'indice ICI ("Invertebrate Community Index") et l'indice de Trent sur l'ensemble de la communauté benthique ainsi que l'indice de Lafont ($I_{0 \text{ riv.}}$) développé pour les peuplements d'Oligochètes en rivière.

L'indice ICI a été développé par Larsen *et al.* (1986) sur les cours d'eau de l'état de l'Ohio (États-Unis). Il comporte 9 métriques en relation avec la richesse spécifique du benthos total, le nombre de taxons et l'importance relative de certains groupes d'invertébrés benthiques tolérants et non tolérants à la pollution. Chaque métrique est calibrée en quatre cotes (0, 2, 4 et 6) selon quatre classes de valeurs de la variable servant à définir la métrique. La somme des cotes des métriques donne la valeur de l'ICI total. Les valeurs de l'ICI peuvent ensuite être subdivisées en quatre catégories qui indiquent la qualité de la communauté benthique (exceptionnelle, bonne, passable, pauvre) en regard des caractéristiques moyennes de ces communautés dans l'écorégion. L'analyse préliminaire ayant démontré que cet indice était le plus adéquat pour mettre en évidence les variations inter-stations des communautés d'invertébrés benthiques du lac Saint-François, il a donc été retenu en priorité pour l'analyse finale. Toutefois, l'application directe de cet indice pose plusieurs problèmes du fait de la différence importante dans la nature et l'échelle des écosystèmes (petits cours d'eau vs grands lacs fluviaux) et des variations dans la composition du benthos et dans la nature des espèces tolérantes entre les deux types de milieux. Nous avons donc reconsidéré l'application directe de l'indice ICI et nous avons plutôt développé un nouvel indice ICI calibré par rapport aux données antérieures acquises sur les communautés benthiques des lacs fluviaux du Saint-Laurent dans le cadre du programme Archipel (Ferraris, 1984). La calibration de l'indice ICI a été faite par monsieur Alan Willsie du Centre Saint-Laurent. Pour chacune des métriques, la courbe cumulative des fréquences relatives des valeurs de la variable correspondante (ex: M1 = nombre total de taxons; Figure 2) a été établie pour l'ensemble des échantillons du programme Archipel. Les cotes des métriques ont été attribuées respectivement pour les valeurs inférieures à la valeur

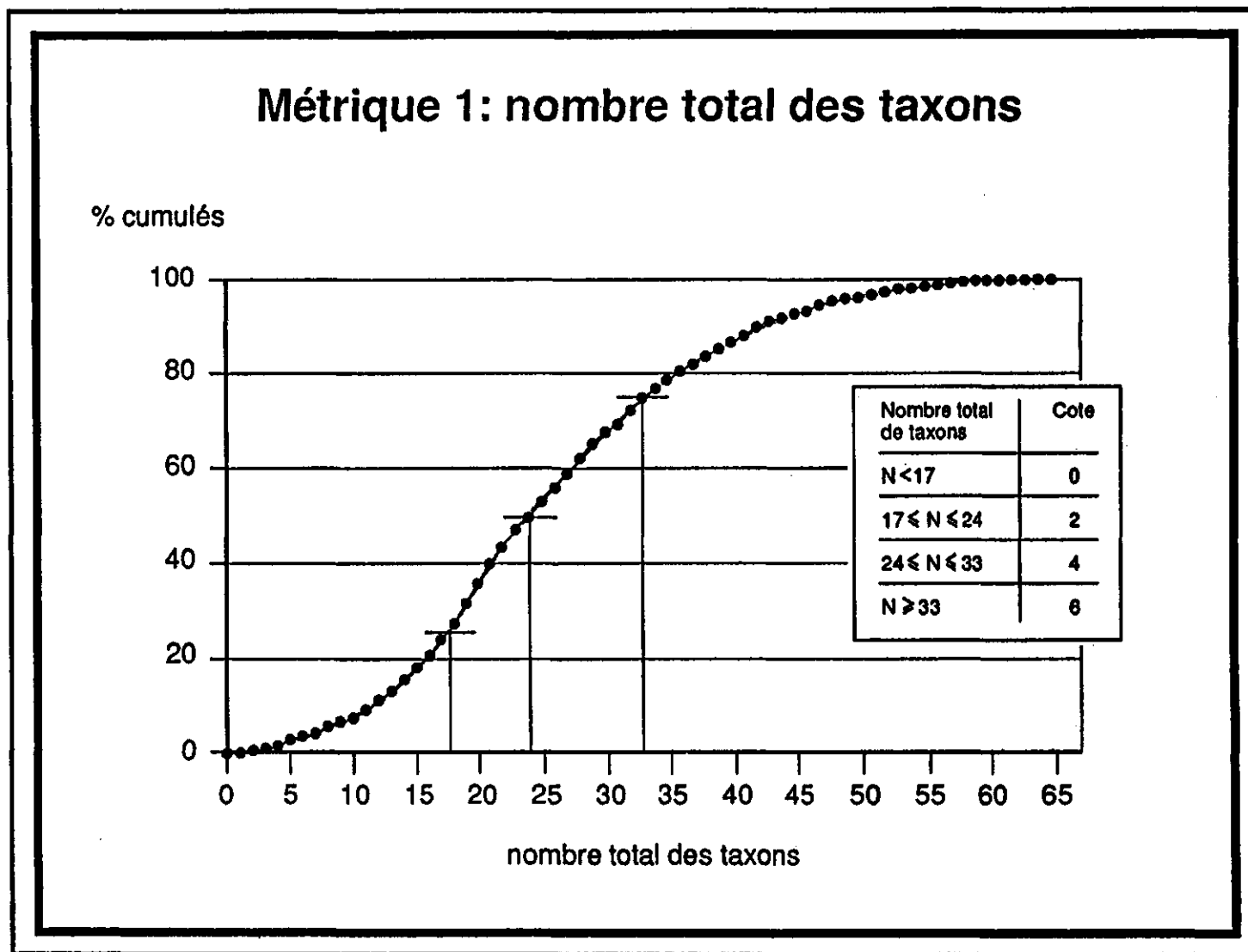


Figure 2 Exemple de calibration des métriques de l'Indice ICI: M_1 . La calibration a été réalisé par Alan Willsie du Centre Saint-Laurent à partir des données de benthos du programme Archipel (Ferraris, 1984).

correspondant au premier quartile (cote 0), les valeurs comprises entre le premier et le deuxième quartile (cote 2), les valeurs comprises entre le deuxième et le troisième quartile (cote 4) et les valeurs supérieures à la valeur correspondant au troisième quartile (cote 6). Le tableau 3 présente les valeurs-seuil et les cotes correspondantes des métriques de l'ICI calibré à partir des données antérieures sur le benthos des lacs fluviaux du Saint-Laurent (Ferraris, 1984). La métrique M1 représente les valeurs du nombre total de taxons. Les métriques M2 et M5 correspondent au nombre de taxons et à l'importance relative des Ephémères, groupe d'insectes généralement peu tolérants à la pollution. Les métriques M3 et M6 représentent les mêmes caractéristiques pour le groupe des Trichoptères. La métrique M4 est basée sur le nombre de taxons de Diptères, groupe d'insectes généralement plus tolérant au niveau écologique et écotoxicologique. La métrique M7 représente le pourcentage de Tanytarsini, un sous-groupe de Diptères plus exigeant au niveau des facteurs écologiques. La métrique M8 correspond au pourcentage des autres invertébrés, incluant les Diptères autres que les Tanytarsini, les Mollusques, les Crustacés et les Annélides, etc. Finalement, la métrique M9A représente le pourcentage d'organismes tolérants à la pollution. Cette métrique est établie à partir de quatre autres métriques définissant les taxons tolérants pour divers sous-groupes d'organismes (M17A: Chironomini; M18: Tanypodinae; M19A: Tubificidae; M20: autres groupes d'Oligochètes, d'insectes et de Mollusques) (Tableau 3). Les organismes tolérants à la pollution ont tout d'abord été choisis par monsieur Alan Willsie du Centre Saint-Laurent dans la liste des taxons inventoriés dans le benthos du programme Archipel (Ferraris, 1984). Le choix de ces taxons s'est fait en fonction des connaissances actuelles sur leur tolérance toxicologique vis-à-vis des contaminants organiques et inorganiques (Hellawell, 1986). Ensuite, nous avons retenu parmi ces taxons, ceux qui étaient aussi retrouvés au lac Saint-François ainsi que les nouveaux taxons des Diptères Chironomini, des Tanypodinae et des Oligochètes Tubificidae (Tableau 3). Plus les cotes de métriques M1 à M7 sont élevées, plus la qualité de la communauté benthique s'accroît car la diversité et l'abondance relative des groupes d'organismes intolérants à la pollution sont plus élevées. L'attribution des cotes a été inversée pour les métriques M8 et M9A puisque un plus fort pourcentage d'organismes moins exigeants (Mollusques, Oligochètes, Diptères autres que les Tanytarsini, etc.) ou d'organismes tolérants à la pollution indique une qualité inférieure de la communauté des invertébrés benthiques.

Tableau 3 Description des métriques utilisées pour le calcul de l'indice ICI calibré à partir des données de benthos obtenues sur les lacs fluviaux du Saint-Laurent dans le cadre du projet Archipel. La liste des espèces tolérantes de la métrique M9A a été établie par A. Willsie à partir des données du projet Archipel et selon leur tolérance définie par Hellawell (1986).

Métriques		Valeur-seuil	Cote de la métrique
M1:	Nombre total de taxons	$N < 17$	0
		$17 \leq N < 24$	2
		$24 \leq N < 33$	4
		$N \geq 33$	6
M2:	Nombre de taxons - Ephémères	$N = 0$	0
		$N = 1$	2
		$N = 2$	4
		$N > 3$	6
M3:	Nombre de taxons - Trichoptères	$N = 0$	0
		$N = 1$	2
		$N = 2$	4
		$N > 3$	6
M4:	Nombre de taxons - Diptères	$N = 0$ ou 1	0
		$N = 2$ ou 3	2
		$N = 4$ à 7	4
		$N \geq 8$	6
M5:	Pourcentage d'individus - Ephémères	$\% < 1$	0
		$1 \leq \% < 3$	2
		$3 \leq \% < 4$	4
		$\% \geq 4$	6
M6:	Pourcentage d'individus - Trichoptères	$\% < 1$	0
		$1 \leq \% < 2$	2
		$2 \leq \% < 4$	4
		$\% \geq 4$	6
M7:	Pourcentage d'individus - Tanytarsini	$\% < 1$	0
		$1 \leq \% < 2$	2
		$2 \leq \% < 3$	4
		$\% \geq 3$	6
M8:	Pourcentage d'individus - Autres Diptères et autres invertébrés non Insectes	$\% < 85$	6
		$85 \leq \% < 88$	4
		$88 \leq \% < 91$	2
		$\% \geq 91$	0
M9A:	Pourcentage d'individus - Organismes tolérants (M17A + M18 + M19A + M20)	$\% < 22$	6
		$22 \leq \% < 42$	4
		$42 \leq \% < 63$	2
		$\% \geq 63$	0

Tableau 3 (suite)

Métriques	Valeur-seuil	Cote de la métrique
M17A: % tous les individus Chironomini: <i>Dicrotendipes</i> spp. <i>Cryptochironomus</i> <i>Procladius</i> <i>Thienemanniella</i> <i>Clynotanypus</i> <i>Chironomus</i> <i>Glycolendipes</i> <i>Microtendipes</i> gr <i>pedillus</i> <i>Parachironomus</i> <i>Polypedilum</i> spp. <i>Pseudochironomus</i> <i>Strictochironomus</i> <i>Tribelos</i>		
M18: % individus Tanypodinae: <i>Procladius</i> spp. <i>Clinotanypus</i> <i>Thienemannimyia</i> gr 2		
M19A: % Tubificidae comprenant: <i>Limnodrilus udeikemianus</i> <i>L. hoffmeisteri</i> <i>L. profundicola</i> <i>Limnodrilus</i> sp. <i>Potamothenix moldavensis</i> <i>Soie bifide</i> <i>Potamothenix vejdoskyi</i> (m) <i>Potamothenix vejdoskyi</i> (i) <i>Potamothenix</i> sp. (m) <i>Isochaetides freyi</i> (m) <i>Spirosperma ferox</i> (i) <i>Spirosperma ferox</i> (m) <i>Spirosperma ? caroliensis</i> (i) <i>Quistadrilus multisetatus</i> (i) <i>Aulodrilus pigueti</i> (i) <i>Aulodrilus limnobius</i> (i) <i>Aulodrilus pluriseta</i> (i) <i>Aulodrilus americana</i> (i) <i>Tubifex tubifex</i> (m) <i>Ilyodrilus templetonii</i> (m) <i>Cheveu + soie pectinée</i> (i) <i>Cheveu + soie bifidée</i> (i)		

Tableau 3 (suite)

Métriques	Valeur-seuil	Cote de la métrique
M20: Oligochètes Naididae: <i>Nais variabilis</i> <i>Dero digitata</i> <i>Nais simplex</i> Lumbriculidae: <i>Stilodrilus heringianus</i> Hirudinées non considérées Ephéméroptères: <i>Caenis</i> spp. Diptères (Orthocladinae): <i>Cricotopus</i> spp. Autres Diptères: <i>Hemerodromia</i> <i>Chelifera</i> Hémiptères: <i>Gerridae</i> Isopodes: non considérés Gastéropodes: <i>Bithynia tentaculata</i> <i>Helisoma trivolvis</i> <i>Gyraulus parvus</i> <i>Stagnicola (Lymnea) elodes</i> <i>Physa gyrina</i> <i>Promenetus exacuus</i> <i>Armiger crista</i> <i>Gyraulus deflectus</i> <i>Helisoma anceps anceps</i> <i>Stagnicola (Lymnea) catascopium catascopium</i> <i>Helisoma campanulatum campanulatum</i> <i>Gyraulus</i> spp. Pélicypodes: considérer seulement ceux qui sont identifiés: <i>Elliptio campanulata</i>		

L'indice de Trent (Trent Biotic Index) se base sur la sensibilité des organismes à la pollution et sur la réduction de la diversité de la communauté benthique (Cook, 1976; Lessard, 1989). Il tient compte du nombre total de groupes présents parmi 17 groupes taxonomiques d'invertébrés benthiques et du nombre de taxons ou de la présence-absence de 7 groupes d'organismes indicateurs plus ou moins sensibles à la pollution (Plécoptères, Ephémères sauf *Baetis*, Trichoptères et *Baetis*, *Gammarus*, *Asellus*, Tubificidés et Chironomidés). L'indice de Trent s'exprime par un pointage qui tient compte en priorité du nombre total de groupes taxonomiques et ensuite de la diversité ou de la présence des groupes indicateurs. La valeur de l'indice de Trent varie de I à X; la valeur maximale X correspond à un cours d'eau non pollué et la valeur de l'indice décroît avec l'augmentation de la pollution. L'analyse préliminaire de trois réplicats avait montré que cet indice variait de II à VIII dans les stations du lac Saint-François et que la majorité des stations (11 sur 16) présentaient des valeurs de VII ou VIII (Pinel-Alloul, 1990). De plus, dans certaines stations, l'indice affichait une forte hétérogénéité. Dans l'ensemble, cet indice ne permettait pas de discriminer les stations. Cet indice est particulièrement sensible à la richesse spécifique car il ne tient pas compte de l'abondance relative des taxons et, de ce fait, il est fortement influencé par le niveau d'identification taxonomique. Compte-tenu de ces limites, cet indice n'a pas été retenu pour l'analyse finale.

Lafont (1984) utilise les Oligochètes comme descripteurs de la pollution dans les sédiments fins de grandes rivières (Lafont, 1984) et de lacs (Lafont et Juget, 1985). En rivière, l'indice utilisé ($I_{o\text{ riv.}}$) tient compte du nombre d'espèces (S) et il est inversement proportionnel à l'abondance relative des Tubificidae (T) sans soies capilliformes (matures et immatures). Il se calcule selon la formule suivante:

$$I_{o\text{ riv.}} = 10 S \cdot T^{-1}$$

L'indice peut varier de 0,1 à 8, les valeurs les plus faibles indiquant des niveaux élevés de pollution organique et des conditions anoxiques, et inversement. Lors de l'étude préliminaire, malgré certaines difficultés d'application lorsque le pourcentage de Tubificidae sans soies capilliformes est nulle ou très faible, cet indice présentait un bon pouvoir de discrimination entre les stations. Il variait de 0,1 à 7,5. Cet indice a donc été conservé pour l'analyse finale. Toutefois, deux indices ont été proposés par Lafont (1984) pour les rivières, l'indice $I_{o\text{ riv.}}$ tel que décrit plus haut et l'indice $E_{o\text{ riv.}}$. Ce dernier indice est composé de deux codes. Le premier code

correspond à une classification alphabétique basée sur l'abondance relative des Tubificidae sans soies capilliformes et le deuxième code à une classification numérique en fonction de la richesse spécifique. Les classes alphabétiques sont les suivantes: A = > 91 %; B = 71-90 %; C = 46-70 %; D = 36-46 %; E = 16-35 %; F = < 15 % de Tubificidés sans soies capilliformes. Les classes numériques sont les suivantes: 1 = 1-2 espèces; 2 = 3-4 espèces; 3 = 5-6 espèces, etc. De plus, Lafont et Juget (1985) ont également développé un indice biotique ($E_{o\text{ lac}}$) pour les Oligochètes des milieux lacustres. Cet indice est basé sur trois composantes biologiques: la richesse spécifique exprimée par une lettre majuscule (A = 0; B = 1-2; C = 3-4; D = 5-6; E = 7-8 espèces, etc.), l'abondance par 0,1 m² exprimée en $\log_{10}$ et le nombre d'espèces oxyphiles considérées comme exigeantes vis-à-vis de l'oxygène dissous, par référence aux espèces recensées au lac Léman; ce nombre codé par une lettre miniscule (a = 0; b = 1; c = 2; d = 3; e = 4, etc.) s'applique à un lot de 25 espèces. Cet indice se définit donc par 3 codes: une lettre majuscule, un chiffre et une lettre miniscule. Il a été conçu pour comparer des prélèvements ponctuels dans un ou plusieurs lacs ou des séries de prélèvements temporelles. Les trois indices $I_{o\text{ riv.}}$, $E_{o\text{ riv.}}$ et $E_{o\text{ lac}}$ ont été calculés pour chacun des échantillons d'Oligochètes recueillis aux différentes stations du lac Saint-François.

2.3 Traitements statistiques

Les figures 3 et 4 résument les principales étapes des analyses multidimensionnelles appliquées aux matrices de données sur les variables de la communauté benthique et les variables physico-chimiques, toxicologiques et écologiques des compartiments abiotiques (eau et sédiment).

2.3.1 Typologie des communautés de macroinvertébrés benthiques. -

Afin de définir les groupes taxonomiques et les taxons les plus représentatifs de la variation intra- et inter-stations des communautés de macroinvertébrés benthiques, nous avons appliqué deux types d'analyses, une analyse de groupements à liens intermédiaires et une analyse en coordonnées principales (Legendre et Legendre, 1984) à la matrice du benthos total (80 échantillons x 124 taxons) et aux matrices des groupes taxonomiques les plus importants et les plus diversifiés, soit les Mollusques Gastéropodes, les Insectes et les Oligochètes. Pour chacun des groupes taxonomiques, les analyses ont porté sur la matrice des taxons au niveau maximum

SCHEMA D'ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE

Variables biotiques

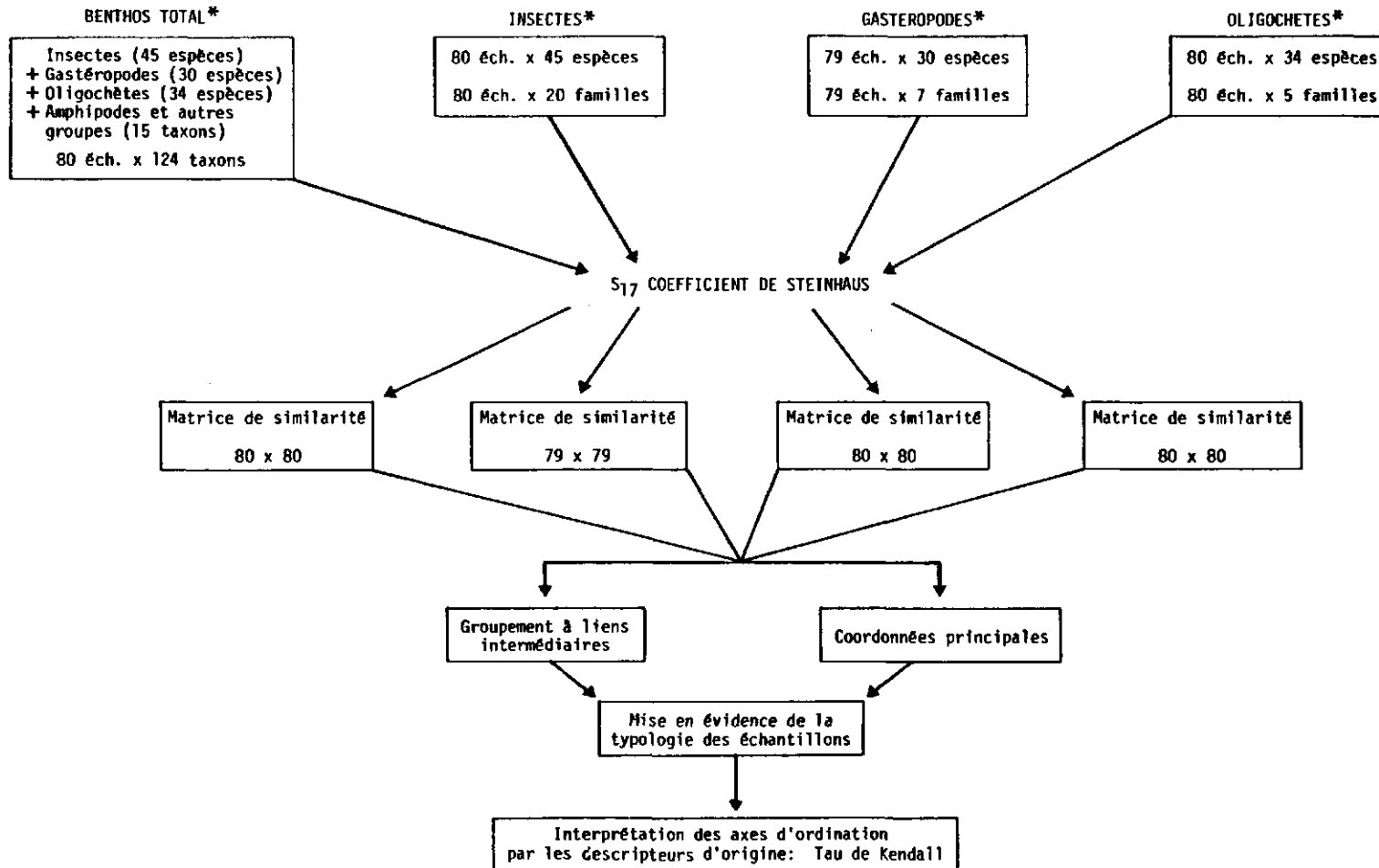


Figure 3 Organigramme des procédures de traitements statistiques pour la communauté benthique.
 * Les abondances sont exprimées en nombre d'individus par m².

SCHÉMA D'ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE

Variables abiotiques

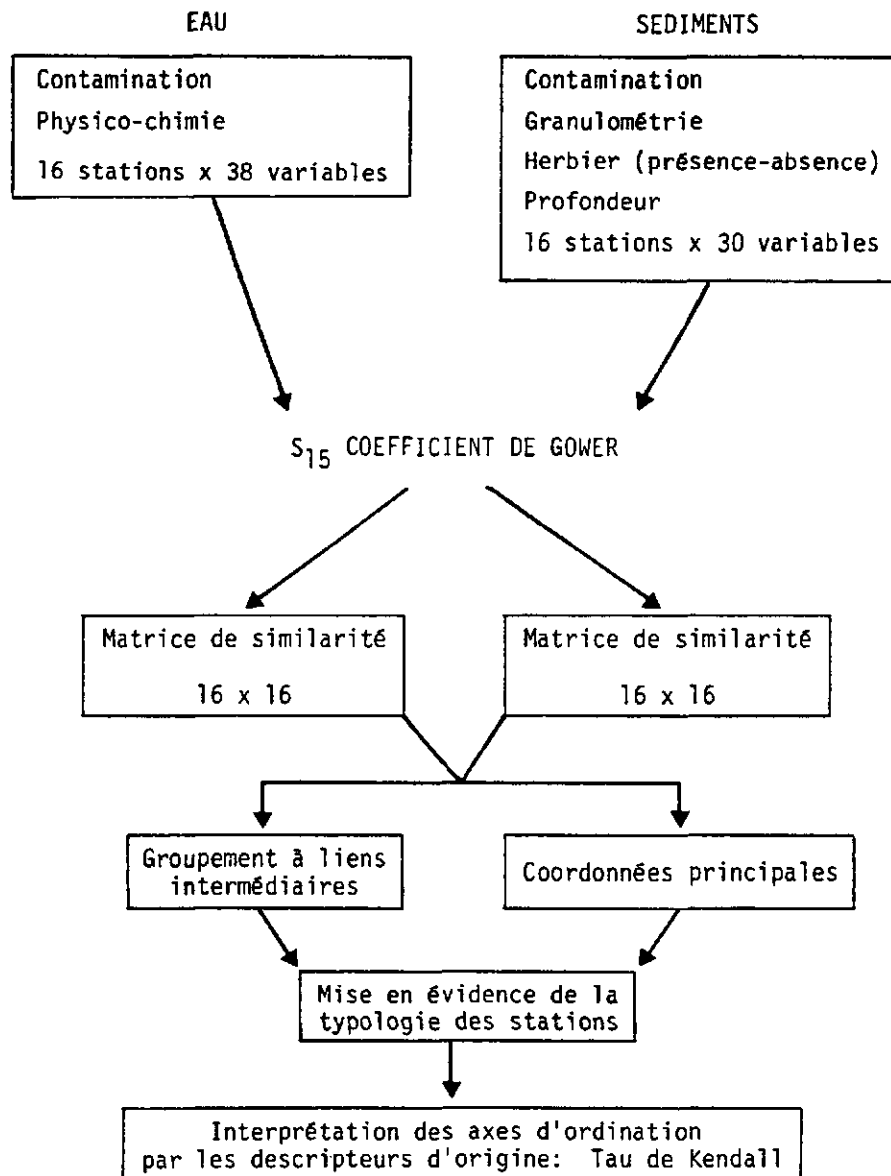


Figure 4 Organigramme des procédures de traitements statistiques pour les compartiments abiotiques.

d'identification et sur la matrice des familles (Figure 3). Seuls les taxons représentant plus de 5 % d'occurrence (4/80 échantillons) ont été conservés pour l'analyse typologique du benthos total.

Pour chaque matrice, le même algorithme de traitement a été effectué. La matrice de similarité entre les échantillons a été établie à l'aide du coefficient de Steinhaus (S_{17}) en se basant sur les matrices d'abondance (nombre ind. m⁻²) des taxons ou des familles pour l'ensemble des échantillons récoltés. Ce coefficient de similarité a été choisi parce que d'une part, il ne considère pas la double absence (double zéro) comme indicatrice de ressemblance et, d'autre part, parce qu'il permet d'utiliser les données brutes (Legendre et Legendre, 1984). Afin de mettre en évidence la typologie des échantillons et des stations, une analyse de groupement à liens intermédiaires (proportionalité des liens fixée à 0,75) et une analyse en coordonnées principales ont été appliquées à la matrice de similarité des échantillons (Legendre et Legendre, 1984). Le groupement à liens intermédiaires permet de créer des groupes d'échantillons (ou de réplicats) homogènes quant à la composition taxonomique du benthos et de vérifier si la similarité des réplicats au sein d'une station est en général plus élevée que la similarité entre les stations. L'analyse en coordonnées principales présente l'avantage de situer les échantillons dans un espace factoriel en préservant les relations de distance préalablement déterminée entre-eux par la mesure de similarité choisie. Les différences entre les groupes d'échantillons au niveau de la densité totale du benthos et de celles des groupes taxonomiques des familles ou des taxons ont été éprouvées statistiquement avec des tests ANOVA non paramétriques (tests de Kruskal-Wallis; Conover, 1980). L'interprétation de la typologie du benthos total a été faite en déterminant les corrélations non paramétriques (Tau de Kendall; Conover, 1980) entre les coordonnées des échantillons sur les trois premiers axes d'ordination et les descripteurs taxonomiques d'origine.

2.3.2 Caractérisation physico-chimique et toxicologique des sédiments et de l'eau. - Pour caractériser la physico-chimie et la contamination des compartiments abiotiques (eau et sédiments), deux matrices ont été établies. Pour le compartiment de l'eau (Figure 4), la matrice (16 stations x 38 variables) comprenait les variables physico-chimiques et les concentrations en contaminants (Annexe 2). Pour le compartiment des sédiments (Figure 4), la matrice (16 stations x

30 variables) comprenait les variables de granulométrie (Annexe 3A), les concentrations en contaminants (Annexe 4), la profondeur d'eau et la présence ou l'absence d'herbier (Tableau 2). Pour chacune des matrices, la similarité entre les échantillons a été établie à l'aide du coefficient de Gower (S_{15}). La typologie physico-chimique et toxicologique des sédiments et de l'eau a été définie par analyse de groupement à liens intermédiaires et par analyse en coordonnées principales (Legendre et Legendre, 1984). La typologie des compartiments abiotiques (eau-sédiments) a été interprétée par des corrélations non paramétriques (Tau de Kendall; Conover, 1980) entre les coordonnées des stations sur les trois premiers axes d'ordination et les descripteurs physico-chimiques, écologiques et toxicologiques d'origine.

2.3.3 Relation entre la typologie des communautés benthiques et les compartiments abiotiques. - Les relations entre la structure des communautés benthiques et les facteurs environnementaux ont été définies par des analyses de corrélation non paramétriques (Tau de Kendall; Conover, 1980).

Pour caractériser la communauté benthique, nous avons retenu trois types de variables:

- 1) les nombres moyens de taxons des principaux groupes (Trichoptères, Diptères, Gastéropodes Prosobranches, Gastéropodes Pulmonés, Oligochètes Tubificidae sans soies capilliformes, Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes, Amphipodes);
- 2) les abondances relatives des grands groupes taxonomiques dans chaque station (Insectes, Gastéropodes totaux, Gastéropodes Prosobranches, Gastéropodes Pulmonés, Oligochètes totaux, Oligochètes Tubificidae sans soies capilliformes, Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes, Amphipodes, Hydracariens, Isopodes, Unionidae, Sphaeridae, Nématodes, Turbellariés, Hirudinées, Polychètes et Hydrozoaires);
- 3) les abondances moyennes (nombre ind. m^{-2}) des principaux taxons reliés à la typologie du benthos.

Pour caractériser les compartiments abiotiques (eau-sédiments), nous avons retenu les variables physico-chimiques et toxicologiques (métaux lourds, contaminants organiques) caractéristiques de la typologie définie par analyse en coordonnées principales (voir section 3.2).

Finalement, les relations avec les facteurs écologiques ont été établies vis-à-vis des caractéristiques granulométriques (% de gravier, % de sable, % de limon), de la profondeur d'eau et de la présence ou l'absence d'herbiers.

2.3.4 Relation entre les indices biotiques et les niveaux de contamination des compartiments abiotiques. - Préalablement à la détermination des relations entre les indices biotiques et les facteurs écologiques et toxicologiques, nous avons analysé les variations inter-stations des cotes moyennes des métriques et de l'ICI à l'aide de tests non paramétriques de comparaison de moyenne (test de Kruskal-Wallis; Conover, 1980). La même procédure a été appliquée à l'indice $I_{o_{nv}}$ de Lafont. Pour déterminer les relations entre les indices biologiques et les facteurs environnementaux, des corrélations de rang (Tau de Kendall; Conover, 1980) ont été calculées entre, d'une part, les cotes des métriques statistiquement différentes entre les stations (M1, M3, M4, M6, M8, M9A), la valeur de l'ICI total et les indices de Lafont (1984) et, d'autre part, les facteurs écologiques, physico-chimiques et toxicologiques discriminants pour la typologie de l'eau et des sédiments.

De plus, pour permettre une meilleure compréhension des relations entre les indices biotiques et les facteurs environnementaux, nous avons établi des classes pour chacun des facteurs écologiques, physico-chimiques et toxicologiques discriminants pour la typologie de l'eau et des sédiments. Les indices ICI moyens correspondant aux différentes classes pour chacun des facteurs ont été calculés. Finalement, les différences entre les ICI moyens selon les classes des facteurs ont été éprouvées statistiquement par des tests ANOVA non paramétriques (tests de Kruskal-Wallis; Conover, 1980).

3 RÉSULTATS

3.1 Typologie de la communauté benthique

3.1.1 Composition générale de la communauté benthique. - Dans l'ensemble des stations d'échantillonnage, la communauté des macroinvertébrés benthiques se compose surtout de Mollusques Gastéropodes (32 %), d'Amphipodes (18 %), d'Insectes (16 %), d'Oligochètes (11 %) et de Sphaeridae (10 %). L'abondance relative de chacun des groupes varie très fortement entre les stations (tests de Kruskal-Wallis: $p < 0,01$; Conover, 1980) (Tableau 4).

La figure 5 décrit la composition générale de la communauté des invertébrés benthiques en termes d'abondance relative des principaux groupes taxonomiques dans les stations de la rive nord et de la rive sud du lac Saint-François.

Sur la rive nord, les Mollusques Gastéropodes sont généralement bien représentés (28 à 55 %) dans l'ensemble des stations. Les abondances relatives des Insectes et des Amphipodes suivent des gradients inverses. Les Insectes sont relativement plus importants à l'est (18 à 40 % aux stations 4, 6 et 23) qu'à l'ouest (6 à 14 % aux stations 89 et 94) tandis que les Amphipodes sont très rares dans le secteur est mais assez fréquents à l'ouest (23 à 44 % aux stations 89, 93 et 94). Les Oligochètes sont relativement plus abondants aux stations 23, 32 et 89 (18 à 24 %). Parmi les autres groupes, les Sphaeridae sont très fréquents à la station 32 où ils représentent 31 % de la communauté des invertébrés benthiques (Tableau 4).

Sur la rive sud, les Mollusques Gastéropodes sont particulièrement fréquents aux stations 113 et 122 (51-63 %) situées à l'ouest du lac. Les Insectes et les Oligochètes représentent les trois-quarts de la communauté benthique à la station 8, la moins riche en benthos tandis que les Amphipodes prédominent aux stations 57 et 60 (58-65 %). Les communautés benthiques des stations 11 et 21 se singularisent par la prépondérance de l'association Sphaeridae-Gastéropodes (respectivement 43 et 28 % pour les Sphaeridae et 31 et 34 % pour les Gastéropodes) (Tableau 4). À la station 78, les quatre principaux groupes taxonomiques (Gastéropodes, Insectes, Oligochètes, Amphipodes) sont aussi fréquents l'un que l'autre (16-17 %) ainsi que le groupe des Turbellariés (17 %) (Tableau 4).

Tableau 4 Composition générale de la communauté des macroinvertébrés aux stations du lac Saint-François. Abondance relative moyenne des principaux groupes: INSEC: Insectes; GASTE: Gastéropodes; OLIGO: Oligochètes; AMPHI: Amphipodes; AUTRES GROUPES comprenant HYDRA: Hydracariens; ISOP: Isopodes; UNION: Unionidae; SPHAE: Sphaeriidae; NEMA: Nématodes; TURBE: Turbellariés; HIRUD: Hirudiniés; POLYHYDR: Polychètes et Hydrozoaires. p: signification du test ANOVA non paramétrique (Tests de Kruskal-Wallis): *** $p < 0,001$; ** $0,001 < p < 0,01$.

Station	INSEC	GASTE	OLIGO	AMPHI	AUTRES GROUPES									
						HYDRA	ISOP	UNION	SPHAE	NEMA	TURBE	HIRUD	POLYHYDR	
Rive nord	4	26,28	34,97	3,74	2,62	32,38	6,98	0,0	0,16	10,15	3,39	6,65	4,86	0,20
	6	39,69	35,51	10,99	1,29	12,52	2,06	0,0	0,11	9,15	0,15	0,52	0,53	0,00
	23	18,32	41,17	23,84	1,97	14,70	1,83	0,00	0,00	1,44	4,25	4,60	1,14	1,43
	32	1,92	35,08	24,39	2,12	36,49	0,59	0,00	0,61	31,47	0,81	2,42	0,45	0,14
	89	10,57	34,44	17,99	27,29	9,71	0,19	0,14	0,00	0,77	0,79	6,39	1,09	0,35
	91	13,76	54,54	0,57	11,03	20,10	0,56	10,54	0,00	0,61	0,14	7,11	1,13	0,00
	93	11,74	42,66	6,29	23,03	16,28	0,81	0,44	0,00	9,57	1,24	1,97	2,24	0,00
	94	5,72	27,69	4,53	44,24	17,81	0,11	0,79	0,00	9,30	0,78	2,73	4,10	0,00
Rive sud	8	44,19	11,93	27,72	11,00	5,16	0,00	0,00	0,00	4,39	0,00	0,77	0,00	0,00
	11	6,52	30,59	5,62	0,44	56,83	8,22	0,00	0,12	43,51	1,87	1,63	0,58	0,89
	21	14,69	34,28	4,99	9,55	36,49	2,58	0,00	0,00	28,42	1,78	2,38	1,33	0,00
	57	13,78	4,99	2,26	57,66	21,31	0,51	15,68	0,04	0,41	0,13	2,86	1,68	0,00
	60	5,39	2,01	4,24	64,76	23,60	0,96	15,67	0,68	1,22	0,89	1,55	1,72	0,92
	78	17,42	17,02	16,69	15,72	33,16	2,39	2,97	0,00	5,08	4,64	17,19	0,11	0,78
	113	7,92	62,60	10,99	3,94	14,54	0,31	0,24	0,03	3,82	0,65	8,46	1,03	0,00
	122	13,18	50,75	14,62	14,34	7,10	0,21	0,03	0,00	1,84	0,51	3,82	0,56	0,12
Moyenne	15,69	32,51	11,22	18,19	22,39	1,77	2,91	0,11	10,07	1,38	4,44	1,41	0,30	
Ecart- type	11,85	16,95	8,68	20,46	13,60	2,43	5,64	0,22	12,91	1,47	4,16	1,35	0,45	
p	***	***	***	***	***	***	***	**	***	**	***	***	***	***

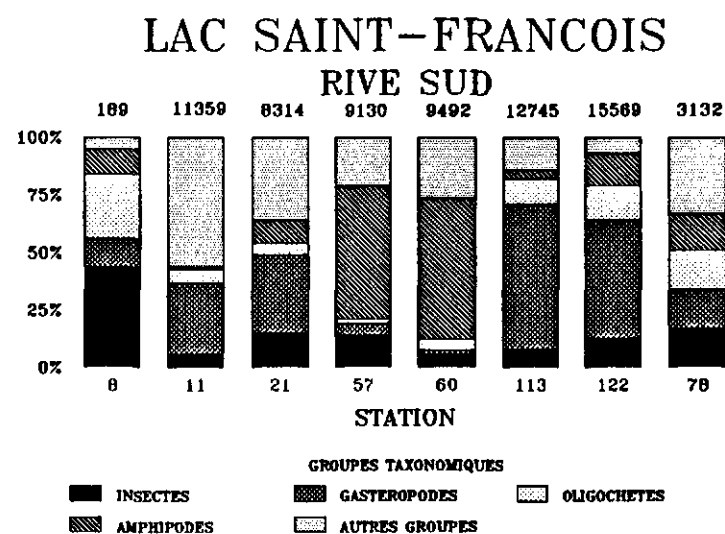
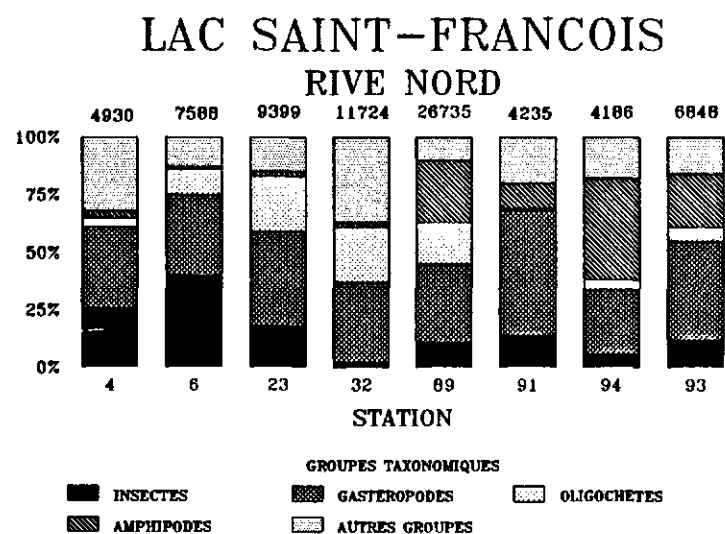


Figure 5 Composition générale du benthos (abondance relative des grands groupes taxonomiques) dans les stations du lac Saint-François. Les chiffres au sommet de chaque histogramme indiquent la densité moyenne du benthos à chaque station.

À partir de cette analyse globale des communautés benthiques du lac Saint-François, les stations peuvent être classées en diverses catégories selon les patrons de dominance des groupes taxonomiques.

- Dominance des Gastéropodes > 50 %: stations 91, 113 et 122
- Dominance de l'association Gastéropodes-Insectes: stations 4 et 6
- Dominance de l'association Insectes-Oligochètes: station 8
- Dominance de l'association Gastéropodes-Oligochètes-Insectes: station 23
- Dominance de l'association Gastéropodes-Amphipodes: station 89, 93 et 94
- Dominance de l'association Gastéropodes-Oligochètes-Sphaeridae: station 32
- Dominance des Amphipodes et Isopodes > 50 %: stations 57 et 60
- Dominance de l'association Sphaeridae-Gastéropodes: stations 11 et 21
- Co-dominance des Insectes-Gastéropodes-Oligochètes-Amphipodes-Turbellariés: station 78

3.1.2 Typologie basée sur les taxons de l'ensemble du benthos. -

Pour l'ensemble de la communauté benthique, les trois premiers axes d'ordination de l'analyse en coordonnées principales (Figure 6) ne représentent que 28% de la variabilité totale (Axe 1: 11,2 %; Axe 2: 9,7 %; Axe 3: 6,9 %). Cette faible variabilité s'explique en partie par le grand nombre de descripteurs (124 taxons). Les résultats du groupement à liens intermédiaires superposés à ceux de l'ordination permettent de visualiser 5 groupes principaux d'échantillons (Figure 6) dont les caractéristiques sont décrites au tableau 5. Le dendrogramme des groupements définis par parcimonie est présenté à l'annexe 7. Dans l'ensemble, la définition des groupes d'échantillons reflète les distinctions établies lors de l'analyse globale de l'abondance relative des groupes taxonomiques (Tableau 4) mais tient compte aussi des variations dans la densité du peuplement benthique.

Le groupe I rassemble tous les réplicats de la station 8 et le réplicat E de la station 94. Ce groupe se caractérise par une densité moyenne très faible pour le benthos total (180 ind. m⁻²) et pour la plupart des groupes taxonomiques (Figure 7) et par la prédominance des Insectes (36 %) (Tableau 5).

Le groupe II est composé d'échantillons issus en majorité de stations situées à l'ouest de part et d'autre du lac (78, 93, 94 et 113) sauf pour un réplicat de la station 32. Ce groupe se distingue par une densité moyenne légèrement plus

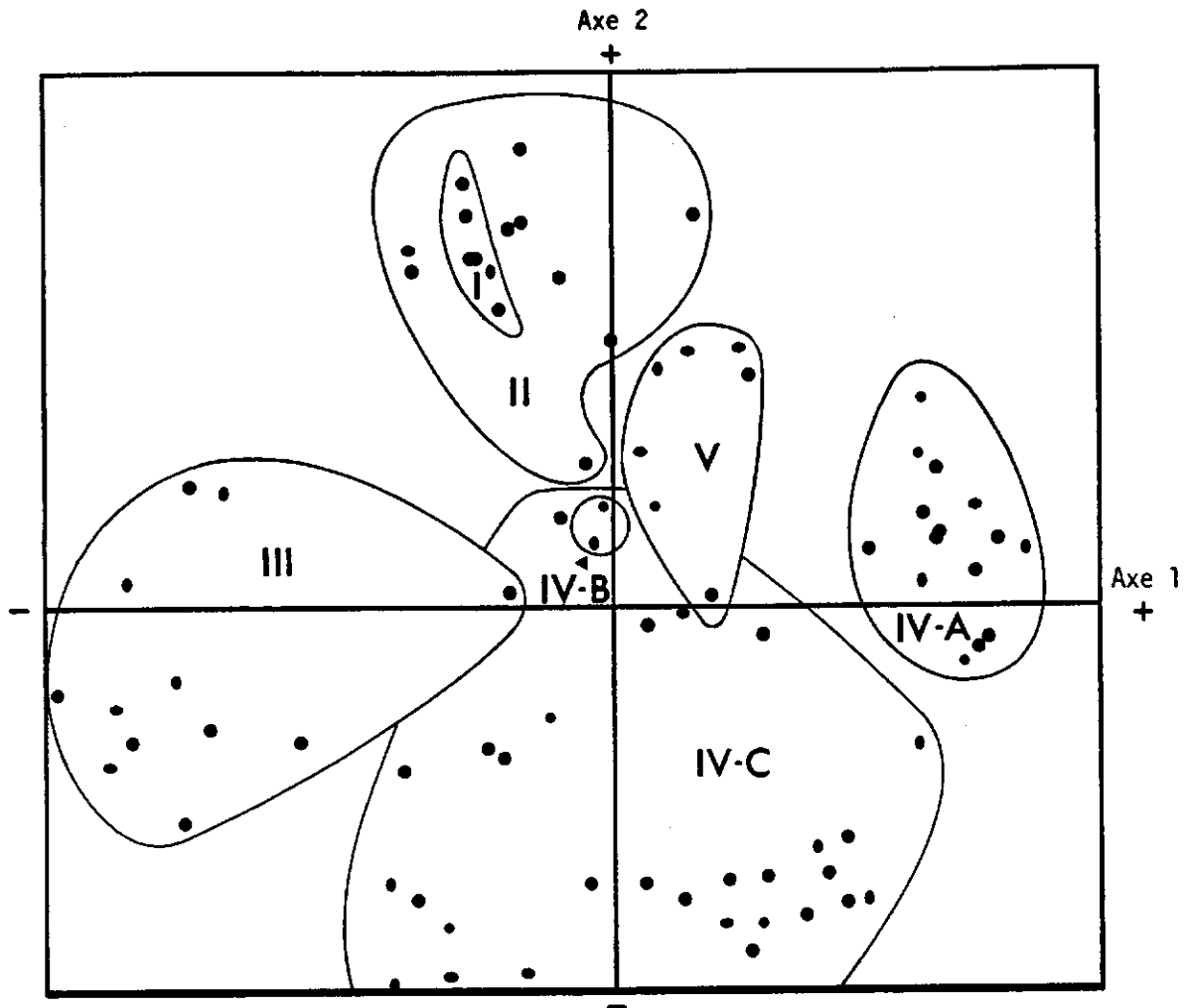


Figure 6 *Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur l'ensemble de la communauté benthique.*

Groupes	Stations	Réplicats	Groupes	Stations	Réplicats
I	8	ABCDE	IV-B	78	AB
	94	E			
II	32	D	IV-C	4	DE
	78	CDE		23	ABCDE
	93	ABD		89	ABCDE
	94	AC		91	BCDE
	113	D		93	CE
III	21	B		94	B
	57	ABCDE		113	ABCE
	60	ABCDE		122	ABCDE
	94	D	V	4	ABC
IV-A	6	DE		6	ABC
	11	ABCE		94	A
	21	ACDE			
	32	ABCE			

Tableau 5 *Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice de l'ensemble de la communauté benthique des stations du lac Saint-François (80 échantillons x 124 taxons). %: abondance relative. * Résultats des tests ANOVA non paramétriques (Tests de Kruskal-Wallis): *** $p < 0,001$; E.T.: écart-type.*

Groupe	Station	Réplicat	Densité moyenne $\pm$ E.T. (nombre ind. m ⁻²)					
			Benthos total	Insectes	Gastéropodes	Oligochètes	Amphipodes	Autres
I	8	ABCDE	180 $\pm$ 126	65 $\pm$ 52	17 $\pm$ 19	48 $\pm$ 56	31 $\pm$ 33	17 $\pm$ 23
	94	E		36 %	9,4 %	26,7 %	17,2 %	9,4 %
II	32	D	1455 $\pm$ 1180	99 $\pm$ 114	621 $\pm$ 570	109 $\pm$ 163	268 $\pm$ 394	355 $\pm$ 304
	78	CDE		6,8 %	42,7 %	7,5 %	18,4 %	24,4 %
	93	ABD						
	94	AC						
III	113	D						
	21	B	9849 $\pm$ 6139	1358 $\pm$ 2070	258 $\pm$ 211	335 $\pm$ 442	5812 $\pm$ 3402	2086 $\pm$ 1730
	57	ABCDE		13,8 %	2,6 %	3,4 %	59,0 %	21,2 %
	60	ABCDE						
IV-A	94	D						
	6	DE	10 141 $\pm$ 4818	729 $\pm$ 578	3637 $\pm$ 1949	1795 $\pm$ 2558	147 $\pm$ 205	3832 $\pm$ 2368
	11	ABC E		7,2	35,9	17,7	1,4	37,8 % Sphaeridae (30%)
	21	ACDE						
IV-B	32	ABCE						
	78	AB	6704 $\pm$ 151	898 $\pm$ 1163	411 $\pm$ 194	1714 $\pm$ 197	647 $\pm$ 568	3034 $\pm$ 4411
IV-C				13,4 %	6,1 %	25,6 %	9,6 %	45,3 % Turbellariés (20%)
	4	DE	14 111 $\pm$ 10 664	1707 $\pm$ 1655	6251 $\pm$ 4776	2271 $\pm$ 3696	2069 $\pm$ 3004	1812 $\pm$ 1352
	23	ABCDE		12,1 %	44,3 %	16,1 %	14,7 %	12,8 %
	89	ABCDE						
	91	BCDE						
	93	CE						
	94	B						
	113	ABCE						
V	122	ABCDE						
	4	ABC	4147 $\pm$ 2796	2016 $\pm$ 1996	907 $\pm$ 512	350 $\pm$ 499	168 $\pm$ 214	706 $\pm$ 517
	6	ABC		48,6 %	21,9 %	8,4 %	4,0 %	17,0 %
	94	A						

Tests de Kruskal-Wallis

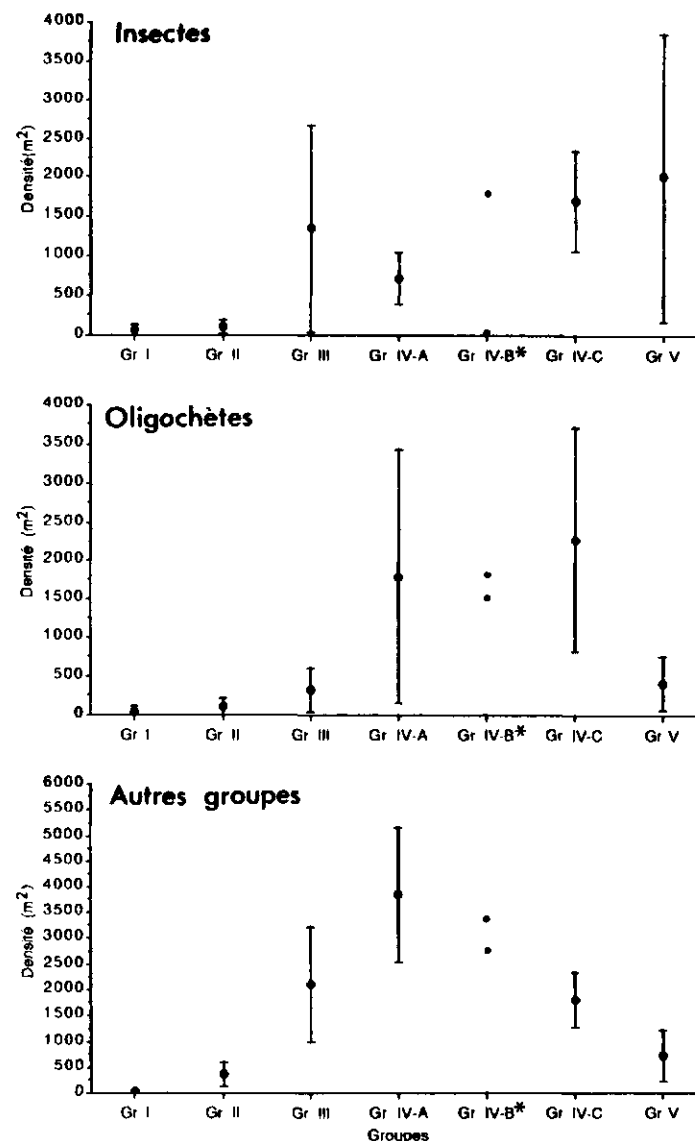
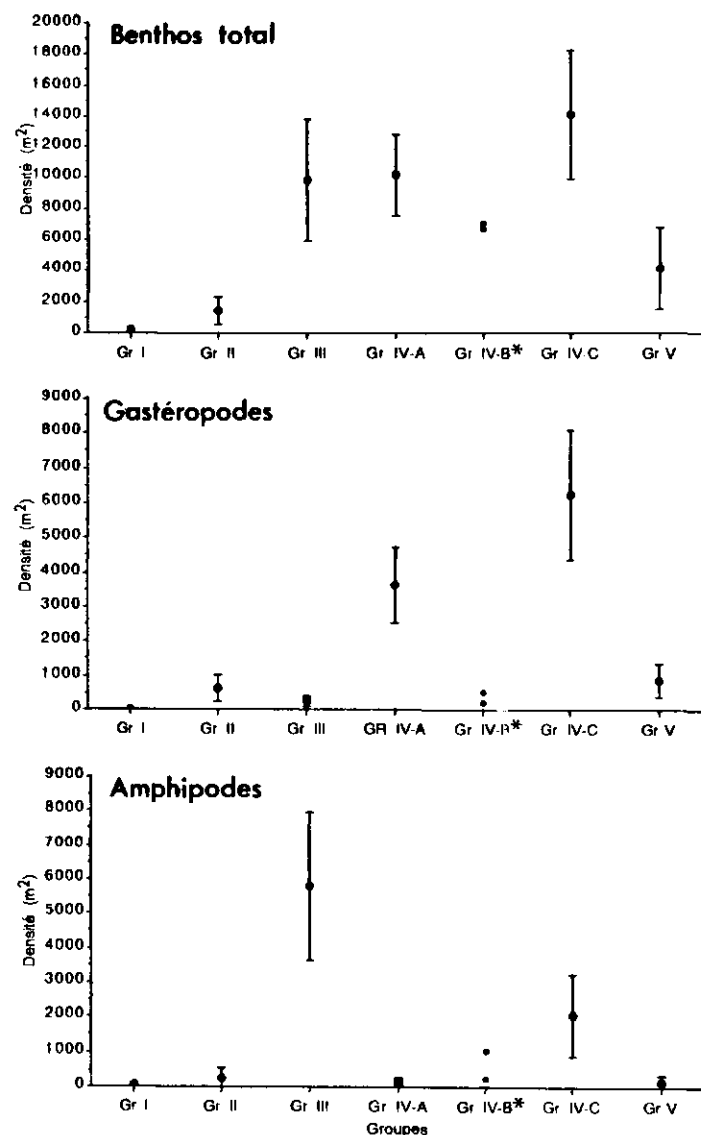


Figure 7 Densité moyenne ($\pm$ Intervalle de confiance à 95 %) du benthos total et de chaque grand groupe taxonomique dans les groupes d'échantillons définis par l'analyse typologique de la communauté des Invertébrés benthiques des stations du lac Saint-François. * Valeurs obtenues pour les deux échantillons du groupe 4-B.

élevée (1455 ind. m⁻²) et la prédominance du groupe des Gastéropodes (43 %) (Tableau 5).

Le groupe III réunit tous les réplicats des stations 57 et 60 et respectivement, les réplicats B et D des stations 21 et 94. La densité moyenne du benthos est élevée (9849 ind. m⁻²) et plus forte que celle des groupes I, II et V. Ce groupe présente une très nette dominance des Amphipodes (59 %) et une très faible représentation des Gastéropodes et des Oligochètes (3 %).

Le groupe IV se subdivise en trois sous-groupes selon le dendrogramme de groupement à liens intermédiaires (Annexe 7). Le groupe IV-A, principalement composé de la majorité des réplicats des stations 11, 21 et 32 situées au centre-est du lac (Figure 1), se caractérise par une forte densité moyenne (10 141 ind. m⁻²) et la co-dominance des Mollusques Gastéropodes (36 %) et Sphaeridae (30 %) et par l'importance des Oligochètes (18 %). Le groupe IV-B n'est constitué que de 2 réplicats (A et B) de la station 78; la densité moyenne y est de 6704 ind. m⁻² et le benthos est dominé par les autres groupes (45 %), en particulier les Turbellariés (20%). Le groupe IV-C est le plus important et regroupe la majeure partie des échantillons en provenance des stations situées à l'ouest du lac (89, 91, 113 et 122) à l'exception de la station 23. Ce groupe a la densité moyenne la plus forte (14 111 ind. m⁻²) et les Gastéropodes y forment le groupe le plus abondant et le plus fréquent (44 %).

Le groupe V est principalement représenté par les stations 4 et 6 situées au nord-est du lac. La densité moyenne (4177 ind. m⁻²) est plus faible que celles des groupes III et IV et les Insectes y constituent la moitié du peuplement benthique (49 %).

La distribution de ces groupes d'échantillons dans l'espace factoriel des coordonnées principales (Figure 6) montre que sur l'axe 1, se succèdent du côté négatif au côté positif les groupes III, IV-C, IV-B, V et IV-A, représentant un gradient descendant de l'importance des Amphipodes et un gradient ascendant des Gastéropodes et des Sphaeridae (Tableau 5). Sur l'axe 2, les groupes IV-C, V, II et I se succèdent, représentant un gradient descendant de densité totale (Tableau 5).

Les comparaisons établies à la figure 7 et les résultats des tests ANOVA non paramétriques (Tableau 5) montrent que certains groupes typologiques se distinguent entre eux soit par l'abondance des peuplements benthiques, soit au niveau de chacun des peuplements taxonomiques. Les groupes III et IV ont des

densités benthiques moyennes supérieures à 6000 ind. m⁻² tandis que les groupes I, II et V sont beaucoup plus pauvres en macroinvertébrés benthiques. Les groupes I et II ont un peuplement d'insectes moins abondants que ceux des autres groupes. Les groupes IV-A et IV-C se singularisent par l'abondance des Gastéropodes tandis que le groupe III est caractérisé par la forte densité des Amphipodes. Les Oligochètes sont plus abondants dans les groupes IV (A, B, C) que dans les autres groupes (III, V, II et I). Les Sphaeridae et les autres groupes d'invertébrés (Turbellariés) permettent de discriminer les échantillons des groupes III et IV des groupes I, II et V.

L'abondance relative, la constance et les contributions des taxons à l'inertie des trois premiers axes de l'analyse en coordonnées principales sont présentées au tableau 6; seuls les taxons affichant des corrélations significatives à un niveau de probabilité $p < 0,001$ ont été retenus.

Les espèces ou taxons qui présentent les plus fortes contributions avec l'axe 1 sont *Amnicola limosa* (0,59), *Valvata tricarinata* (0,38) chez les Gastéropodes, *Lepidostoma* (0,44) chez les Trichoptères, *Gammarus fasciatus* (-0,41) chez les Amphipodes, les Isopodes (-0,43) et les Sphaeridae (0,56). Tous ces taxons sont présents dans plus de 78 % des échantillons exceptés les Isopodes (41%) et le Trichoptère *Lepidostoma* (15 %). Leur abondance relative, par rapport à l'ensemble du benthos, varie de 0,07 % pour *Lepidostoma* à 11 % pour les Gammaridae.

Les corrélations les plus importantes avec l'axe 2 sont toutes négatives pour *Bithynia tentaculata* (-0,62), *Gyraulus deflectus* (-0,45), *Helisoma trivolvis* (-0,38), *Valvata tricarinata* (-0,46), *Valvata piscinalis* (-0,45), *Stagnicola elodes* (-0,49), *Physa gyrina gyrina* (-0,47) chez les Gastéropodes, les Turbellariés (-0,52), le Tubificidae *Limnodrilus hoffmeisteri* (-0,40) chez les Oligochètes, le Trichoptère *Agraylea* (-0,37), le Diptère *Chironomus* (-0,47), le Lépidoptère *Acentria* (-0,42) chez les Insectes, l'Amphipode *Gammarus fasciatus* (-0,46) et les Hirudinées (-0,45). Le Gastéropode le plus fréquent (*Bithynia tentaculata*) est présent dans plus de 80 % des échantillons et constitue, à lui seul 15 % de la faune benthique récoltée. Pour tous les autres taxons leur constance varie d'un minimum de 13 % (*Valvata piscinalis*) à un maximum de 86 % (*Valvata tricarinata*) tandis que leur abondance relative fluctue de moins de 1 % à 11 % (*Gammarus fasciatus*).

En général, les relations entre les taxons et l'axe 3 sont moins nombreuses et plus faibles sauf pour *Gerris* (-0,33), chez les Insectes Hétéroptères.

Tableau 6 Densité totale (nombre Ind. m⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des taxons représentatifs de l'ensemble de la communauté benthique à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales. Seules les corrélations significatives à un niveau de probabilité $p < 0,001$ sont présentées.

Espèces	Densité totale	ABR(%)	Constance (%)	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Axe 3
Gastéropodes						
Bithynidae						
<i>Bithynia tentaculata</i>	112 811	15,5	82,3	-	-0,62	-
Planorbidae						
<i>Gyraulus deflectus</i>	5959	0,8	46,8	-	-0,45	0,22
<i>Helisoma trivolvis</i>	870	0,01	17,7	-	-0,38	-
<i>Helisoma a. anceps</i>	580	0,08	15,2	0,23	-	-
<i>Promenetus exacuus</i>	2175	0,3	36,7	-	-0,21	-
Hydrobiidae						
<i>Amnicola limosa</i>	66 983	9,2	87,3	0,59	-0,3	-
Valvatidae						
<i>Valvata tricarinata</i>	34 212	4,7	86,1	0,38	-0,46	-
<i>Valvata piscinalis</i>	388	0,05	12,7	-	-0,45	-
<i>Valvata s. sincera</i>	2269	0,3	36,7	0,30	-	-
Lymnaeidae						
<i>Stagnicola elodes</i>	6055	0,8	57	0,21	-0,49	-
Physidae						
<i>Physa gyrina gyrina</i>	5713	0,8	64,6	0,27	-0,47	-
Pleuroceridae						
<i>Goniobasis livescens</i>	1490	0,2	17,7	0,23	-	-0,25
Oligochètes						
Tubificidae						
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	10 088	1,4	42,5	-	-0,40	-
<i>Limnodrilus profundicola</i>	308	0,04	5	-	-0,24	-
<i>Aulodrilus limnobius</i>	713	0,1	10	0,33	-	-
<i>Spirosperma ferox</i>	84	0,01	3,7	-	-	-0,25
Naididae						
<i>Dero digitata</i>	443	0,06	6,2	-	-0,21	-
Insectes						
Odonates						
<i>Coenagrionidae</i>	397	0,05	8,6	-0,25	-	-
Hétéroptères						
<i>Gerris</i>	57	0,008	1,2	-	-	-0,33

Tableau 6 (suite)

Espèces	Densité totale	ABR(%)	Constance (%)	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Axe 3
Trichoptères						
<i>Phylocentropus</i>	1267	0,17	32,5	-	-	0,21
<i>Nectopsyche</i>	4941	0,68	42,5	0,30	-	-
<i>Ceraclea</i>	2335	0,32	32,5	0,30	-	-0,29
<i>Trianodes</i>	378	0,05	11,3	-	-0,23	-
<i>Agraylea</i>	2064	0,28	15	-	-0,37	-
<i>Phryganea</i>	206	0,03	7,5	-	-0,22	-
<i>Oecetis</i> sp 2	859	0,12	23,7	-	-	-0,21
<i>Lepidostoma</i>	473	0,07	15	0,44	-	-0,30
<i>Helicopsyche</i>	5265	0,72	25	-	-	-0,24
Diptères						
<i>Ceratopogonidae</i>	514	0,07	12,5	-0,28	-	-
Chironomides						
<i>Clinotanytus</i>	1298	0,18	30	0,26	-0,22	-
<i>Pseudochironomus</i>	983	0,13	13,7	-0,3	-	-
<i>Paratanytarsus</i>	766	0,1	12,5	-0,23	-	-
<i>Chironomus</i>	21 845	3	45	-	-0,47	-
<i>Dicrotendipes</i>	10 631	1,5	47,5	-	-0,29	-
<i>Tribelos</i>	9279	1,3	38,7	-	-0,29	-
<i>Cricotopus</i> gr 2	425	0,06	7,5	-	-0,32	-
<i>Parachironomus</i>	983	0,13	20	0,28	-	-
Lépidoptères						
<i>Acentria</i>	634	0,09	20	-	-0,42	-
Coléoptères						
<i>Dubiraphia</i>	151	0,02	7,5	-	-	0,26
Amphipodes						
<i>Gammarus fasciatus</i>	83 968	11,5	78,5	-0,41	-0,46	-
<i>G. fasciatus</i> juvéniles	50 498	6,9	74,7	-0,34	-0,31	-0,23
Autres groupes						
Hydracariens	12 647	1,7	63,7	0,32	-	-0,24
Isopodes	14 296	2	41,2	-0,43	-0,21	-
<i>Elliptio</i>	346	0,05	12,5	0,31	-	-
<i>Lampsilis</i>	94	0,01	5	0,23	-	-
Sphaeriidae	66 111	9,1	87,5	0,56	-	-0,29
Polychètes	1257	0,2	15	0,3	-	-
Turbellariés	33 985	4,7	87,5	-	-0,52	-
Hirudinées	8386	1,1	82,5	-	-0,45	-
Hydrozoaires	1437	0,2	17,5	-	-0,21	-

En résumé, les principales espèces responsables de la variation spatiale des échantillons sont sur l'axe 1, les petits Gastéropodes Prosobranches *Amnicola limosa* et les Sphaeridae (groupe IV-A; stations 11, 21 et 32)) du côté positif et les Amphipodes (*Gammarus fasciatus*) et les Isopodes du côté négatif (groupe III; stations 57 et 60). Selon l'axe 2, *Bithynia tentaculata* se retrouve en très grande abondance dans les échantillons du groupe IV-C (stations 23, 89, 91, 113 et 122) ainsi que les autres espèces de Gastéropodes Prosobranches et Pulmonés, en association avec les Amphipodes Gammaridae, les Turbellariés, les Hirudinées et les Diptères *Chironomus*.

3.1.3 Gastéropodes

3.1.3.1 Typologie des échantillons basée sur les familles de Gastéropodes. - Les trois premiers axes d'ordination de l'analyse en coordonnées principales représentent 31 % de la variabilité totale des familles (Axe 1: 15 %; Axe 2: 8,5 %; Axe 3: 7,2 %).

Les résultats du groupement à liens intermédiaires (dendrogramme: Annexe 7) superposés à ceux de l'ordination permettent de visualiser 5 groupes principaux d'échantillons (Figure 8). Le tableau 7 présente les densités moyennes de l'ensemble des Gastéropodes et des principales familles pour les groupes d'échantillons établis par l'analyse typologique du peuplement des Gastéropodes. Les variations inter-groupes ont été testées par des tests ANOVA non paramétriques (tests Kruskal-Wallis; Conover, 1980).

Le groupe I-A rassemble tous les réplicats des stations 57 et 60 et quelques réplicats (1 ou 2) des stations 4, 32, 78, 91, 93, 94 et 113. Ce groupe se caractérise par une faible densité moyenne de Gastéropodes de 433 ind. m⁻² et par la prédominance des Bithynidae (52 %) associés aux Hydrobiidae (20 %). Le groupe I-B n'est constitué que de trois échantillons des stations 4 et 78; il se caractérise par une densité moyenne faible similaire à celle du groupe I-A (470 ind. m⁻²) mais s'en distingue par la nette dominance des Valvatidae (53 %).

Le groupe II-A est composé d'échantillons issus de stations situées sur toute la grandeur du lac mais regroupe surtout la majorité des réplicats des stations 23, 89, 91, 113 et 122. Ce groupe est caractérisé par une densité moyenne très élevée (6172 ind. m⁻²) et par la prédominance des Bithynidae (58 %) associés aux Hydrobiidae (15 %) et aux Valvatidae (15 %). Le groupe II-B est composé en majorité d'échantillons en provenance de l'est du lac (stations 6, 11, 21 et 32) et de quelques

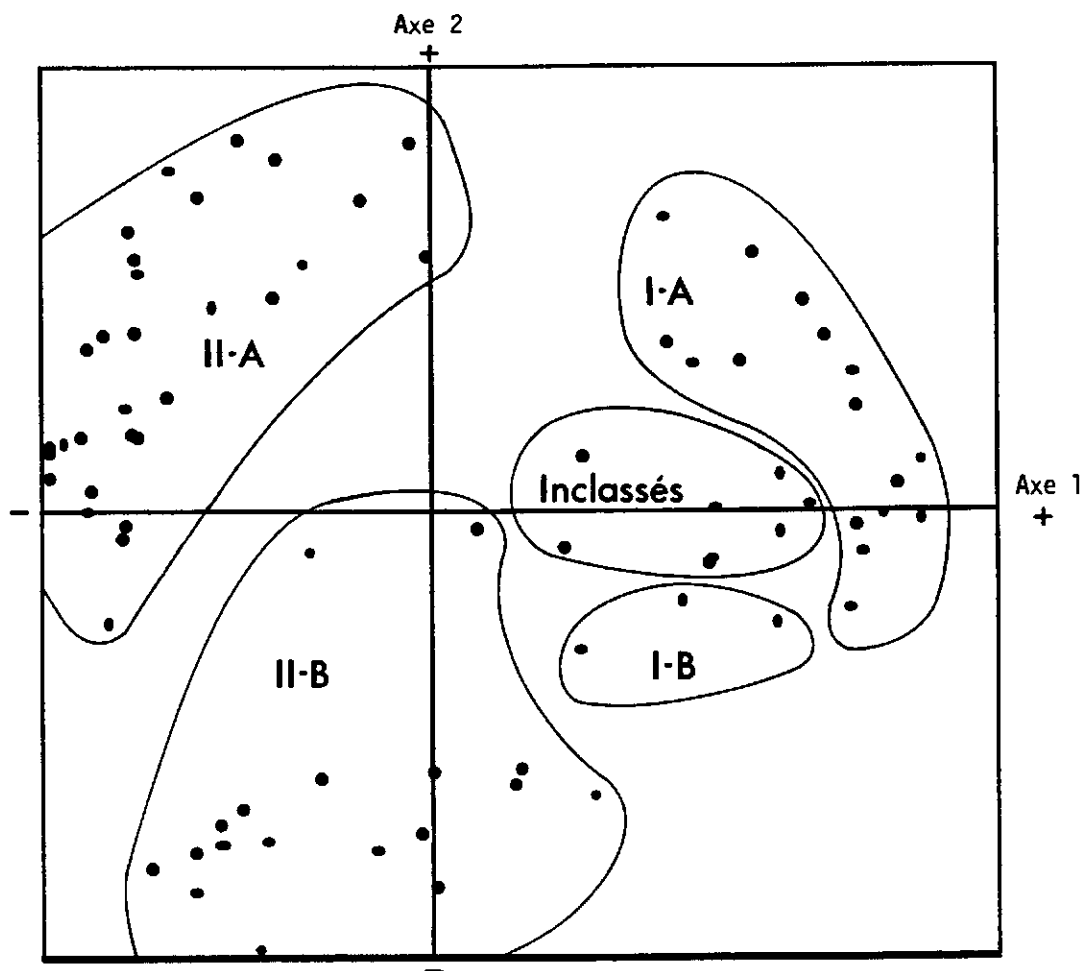


Figure 8 *Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les familles de Gastéropodes.*

Groupes	Stations	Réplicats	Groupes	Stations	Réplicats
I-A	4	AB	II-B	6	ABCDE
	32	D		11	ABCDE
	57	ABCDE		21	ACDE
	60	ABCE		32	ABC
	78	E		78	C
	91	A		93	AB
	93	D	Inclassés	8	ABCDE
	94	AC		60	D
	113	D		78	D
I-B	4	C		94	DE
	78	AB	Perdu	21	B
II-A	4	DE			
	23	ABCDE			
	32	E			
	89	ABCDE			
	91	BCDE			
	93	CE			
	94	B			
	113	ABCE			
	122	ABCDE			

Tableau 7 Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice des familles de Gastéropodes dans les stations du lac Saint-François (79 échantillons x 7 familles). %: abondance relative; E.T.: écart-type. * Résultats des tests ANOVA non paramétriques (Tests de Kruskal-Wallis): *** $p \leq 0,001$.

Groupe	Station	Réplicat	Densité moyenne $\pm$ E.T. (nombre ind. m ⁻²)								Indéterminés
			Total des Gastéropodes	Bithynidae	Planorbidae	Hydrobiidae	Valvatidae	Lymneidae	Physidae	Pleuroceridae	
I-A	4	AB	433 $\pm$ 265	226 $\pm$ 168	27 $\pm$ 32	87 $\pm$ 63	67 $\pm$ 70	15 $\pm$ 28	11 $\pm$ 17	0	0
	32	D		52,2 %	6,2 %	20,1 %	15,4 %	3,4 %	2,5 %	0	0
	57	ABCDE									
	60	ABCE									
	78	E									
	91	A									
	93	D									
	94	AC									
I-B	113	D									
II-B	4	C	470 $\pm$ 176	13 $\pm$ 22	25 $\pm$ 22	51 $\pm$ 48	249 $\pm$ 92	13 $\pm$ 22	38 $\pm$ 38	38 $\pm$ 38	44 $\pm$ 76
	78	A B		2,8 %	5,3 %	10,8 %	53,0 %	2,8 %	8,1 %	8,1 %	9,4 %
II-A	4	DE	6172 $\pm$ 4710	3601 $\pm$ 3542	321 $\pm$ 263	944 $\pm$ 817	952 $\pm$ 1127	181 $\pm$ 159	164 $\pm$ 145	7 $\pm$ 25	2 $\pm$ 11
	23	ABCDE		58,3 %	5,2 %	15,3 %	15,4 %	2,9	2,7 %	0,1 %	0,03 %
	32	E									
	89	ABCDE									
	91	BCDE									
	93	CE									
	94	B									
	113	ABCE									
II-B	122	ABCDE									
	6	ABCDE	2913 $\pm$ 2018	210 $\pm$ 338	70 $\pm$ 81	2103 $\pm$ 1711	364 $\pm$ 315	61 $\pm$ 79	33 $\pm$ 38	69 $\pm$ 146	3 $\pm$ 9
	11	ABCDE		7,2 %	2,4 %	72,2 %	12,5 %	2,1 %	1,1 %	2,4 %	0,1
	21	ACDE									
	32	ABC									
Inclassés	78	C									
	93	AB									
Inclassés	8	ABCDE	18 $\pm$ 15	8 $\pm$ 13	22 $\pm$ 6	5 $\pm$ 7	3 $\pm$ 7	0	0	0	0
	60	D		44,4 %	11,1 %	27,8 %	16,7 %	0	0	0	0
	78	D									
	94	DE									
Perdu	21	B									
Tests de Kruskal-Wallis			***	***	***	***	***	***	***	***	ns

réplicats des stations 78 et 93. La densité moyenne par échantillon est de 2913 ind. m⁻² représentée à 72 % par les Hydrobiidae (Tableau 7).

Enfin, il y a un ensemble d'échantillons qui ne présentent pas de similarités avec aucun autre groupe, il s'agit des réplicats de la station 8 et des réplicats D et/ou E des stations 60, 78 et 94. Ces échantillons se caractérisent par une densité moyenne très faible (18 ind. m⁻²) et par l'absence de Gastéropodes Pulmonés tels que les Lymneidae et les Physidae (Tableau 7).

Sur l'axe 1 de l'ordination se succèdent, du côté négatif au côté positif, les réplicats des groupes II-A, II-B, I-B et I-A (Figure 8) représentant un gradient descendant en densité (Tableau 7). L'axe 2 distingue le groupe II-B du groupe II-A principalement à cause de l'importance des Hydrobiidae dans le groupe II-B et des Bithynidae dans le groupe II-A (Tableau 7).

L'analyse comparée des densités moyennes des Gastéropodes totaux ou des principales familles (Figure 9; Tableau 7) montre que, dans l'ensemble, les groupes définis par l'analyse typologique se distinguent en fonction de la densité totale des Gastéropodes mais aussi par l'abondance et l'importance relative des familles. Les stations des groupes II-A et II-B (6, 11, 21, 23, 32, 89, 91, 113 et 122) supportent des populations de Gastéropodes beaucoup plus denses que les stations des groupes I-A et I-B (4, 57 et 60) et la station 8 (Inclassés). Les Bithynidae caractérisent les peuplements de Gastéropodes du groupe II-A (stations 23, 89, 91, 113 et 122) où se retrouvent aussi les plus fortes abondances de Planorbidae, de Valvatidae, de Physidae et de Lymnaeidae. Par contre, les stations du groupe II-B (stations 6, 11, 21 et 32) sont caractérisées par la prédominance des Hydrobiidae. Les Pleurocidae, quoique très variables, sont plus abondants et plus fréquents dans les échantillons des groupes I-B et II-B.

Toutes les familles de Gastéropodes présentent une corrélation significative ($p \leq 0,05$) avec un des trois premiers axes de l'ordination (Tableau 8). Sur l'axe 1 de l'ordination, toutes les familles, sauf les Pleuroceridae, présentent des corrélations négatives élevées ($> -0,45$), indiquant ainsi que les plus fortes densités se retrouvent dans les échantillons localisés du côté négatif de l'axe 1 (groupes II-A et II-B; Figures 8 et 9). Sur l'axe 2, les Bithynidae et les Physidae présentent des corrélations positives, tandis que les Hydrobiidae et les Pleuroceridae affichent des corrélations inverses. Cet axe permet surtout de distinguer la dominance des

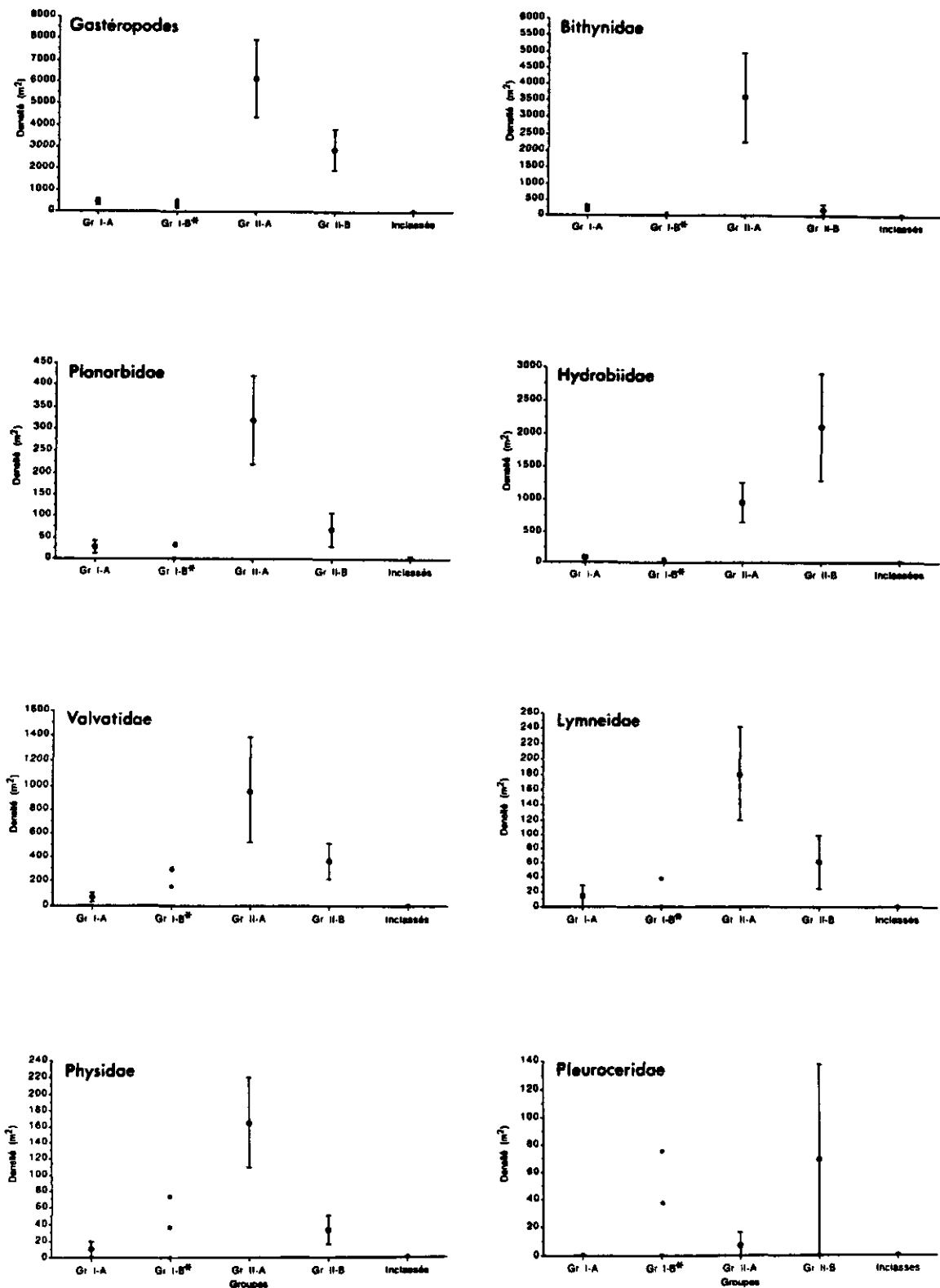


Figure 9 Densité moyenne ($\pm$ Intervalle de confiance à 95 %) des Gastéropodes totaux et des principales familles dans les groupes d'échantillons définis par l'analyse typologique du peuplement des Gastéropodes dans les stations du lac Saint-François.
 * Valeurs obtenues pour les trois échantillons du groupe I-B.

Bithynidae dans le groupe II-A et la dominance des Hydrobiidae dans le groupe II-B. Aucune famille ne présente de relations avec l'axe 3.

Pour la majorité des familles, sauf pour les Pleuroceridae, la constance est supérieure à 60 %. La famille des Bithynidae est la plus dominante, elle représente 46 % des Gastéropodes; elle est suivie des Hydrobiidae (29 %) et des Valvatidae (15 %) (Tableau 8).

3.1.3.2 Typologie des échantillons basée sur les espèces de Gastéropodes. - Les trois premiers axes d'ordination de l'analyse en coordonnées principales représentent 30 % de la variabilité totale des taxons des Gastéropodes (Axe 1: 14,9 %; Axe 2: 8,3 %; Axe 3: 6,8 %) (Figure 10).

Les résultats du groupement à liens intermédiaires (dendrogramme: Annexe 7) superposés à ceux de l'ordination permettent de séparer 5 sous-groupes d'échantillons distincts selon la composition spécifique des Gastéropodes. La typologie des échantillons obtenue à partir de la matrice d'espèces (Tableau 9) est similaire à celle obtenue avec celle des familles (Tableau 7) sauf pour quelques répliqués des stations 4, 6 et 78.

Sur l'axe 1 de l'ordination se succèdent, du côté positif au côté négatif, les échantillons des groupes I-A, I-B, II-A, II-B¹ et II-B², correspondant à un gradient en densité (Figure 11; Tableau 9). L'axe 2 permet de distinguer les sous-groupes dans chacun des groupes primaires (I-A de I-B; II-B² de II-A et II-B¹).

Toutes les espèces présentent des corrélations négatives ($p \leq 0,01$) avec l'axe 1 (Tableau 10). Les espèces les plus fortement corrélées sont: *Valvata tricarinata* (-0,62), *Stagnicola elodes* et *Physa gyrina gyrina* (-0,55), *Amnicola limosa* (-0,54), *Bithynia tentaculata* (-0,48) et *Gyraulus deflectus* (-0,45). Ces espèces sont les plus fréquentes (> 57 % de constance) et les plus abondantes (de 2,3 % pour *Physa* à 46 % pour *Bithynia*). Sur l'axe 2, *Bithynia tentaculata* est l'espèce responsable de la variation spatiale des échantillons avec une corrélation de 0,42, suivie de deux espèces de Planorbidae (*Gyraulus deflectus* et *Helisoma trivolvis*). Ces espèces suivent un gradient inverse à ceux des espèces d'Hydrobiidae (*Amnicola limosa*, *Probythinella lacustris*: -0,22) et de Lymnaeidae (*Fossaria parva*: -0,24). Les espèces *Valvata piscinalis* (-0,33) et *Helisoma trivolvis* (-0,23) présentent des corrélations négatives avec l'axe 3 tandis que *Goniobasis livescens* est corrélé

Tableau 8 *Densité totale (nombre Ind. m⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des familles de Gastéropodes à l'inertie des 2 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales. Seules les corrélations significatives au seuil de probabilité $p \leq 0,05$ sont présentées.*

Familles	Densité totale	ABR (%)	Constance (%)	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Ax3
Bithynidae	112 814	45,7	82,3	-0,45	0,48	-
Planorbidae	11 279	4,6	74,7	-0,51	-	-
Hydrobiidae	71 208	28,9	88,6	-0,53	-0,22	-
Valvatidae	36 869	14,9	86,1	-0,63	-	-
Lymnaeidae	6767	2,7	60,8	-0,54	-	-
Physidae	5717	2,3	64,6	-0,55	0,21	-
Pleuroceridae	1682	0,7	21,5	-	-0,27	-
Indéterminés	234	0,09	-	-	-	-

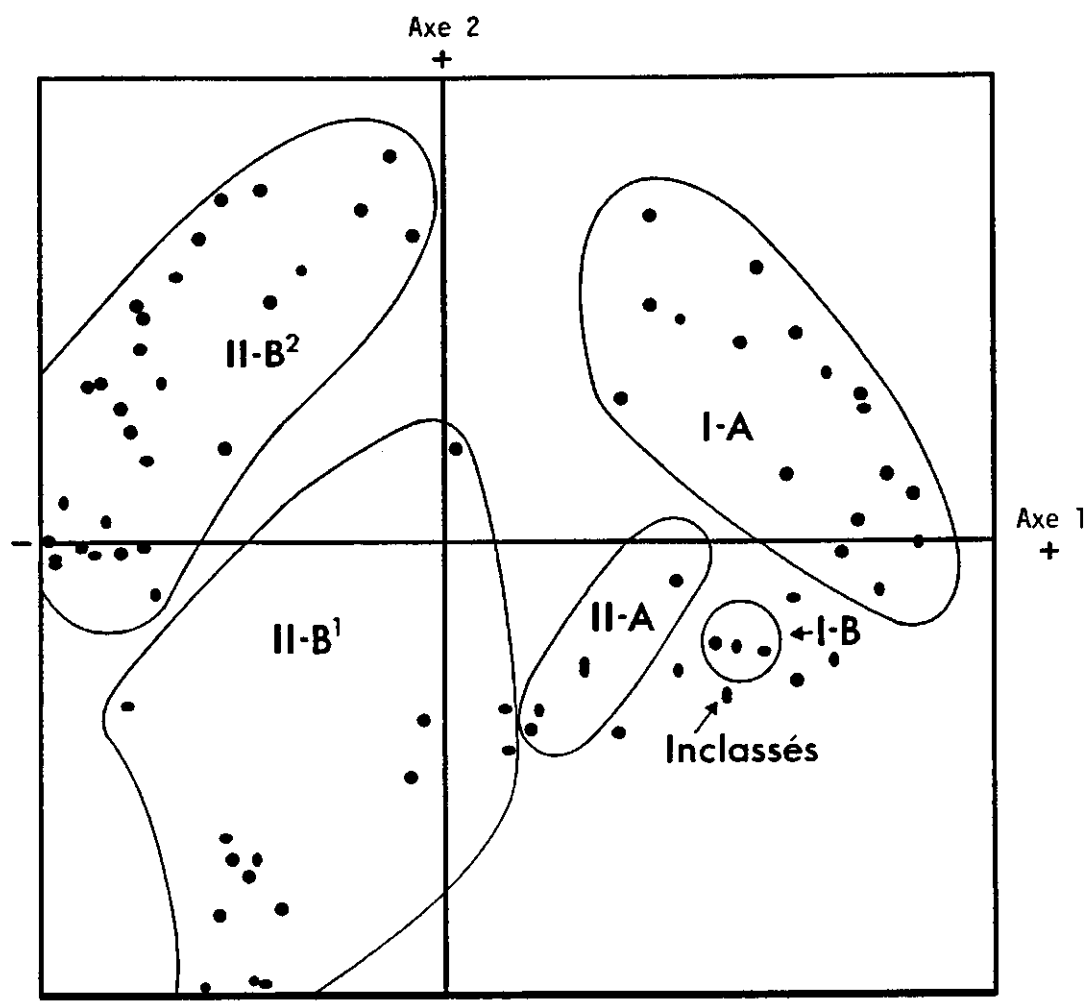


Figure 10 Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les espèces de Gastéropodes.

Groupes	Stations	Réplicats	Groupes	Stations	Réplicats
I-A	4	AB	II-B	4	DE
	32	D	(sous-groupe II-B ²)	23	ABCDE
	57	ABCDE		32	E
	60	ABCE		89	ABCDE
	91	A		91	BCDE
	93	D		93	CE
	94	AC		94	B
	113	D		113	ABCE
				122	ABCDE
I-B	78	ACE	Inclassés	8	ABCDE
II-A	4	C		60	D
	6	ABC		78	D
	78	B		94	DE
II-B	6	DE	Perdu	21	B
(sous-groupe II-B ¹)	11	ABCDE			
	21	ACDE			
	32	ABC			
	93	AB			

Tableau 9 *Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice d'espèces de Gastéropodes des stations du lac Saint-François (79 échantillons x 30 espèces). E.T.: écart-type. * Résultats des tests ANOVA non paramétriques (Tests de Kruskal-Wallis): *** $p < 0,001$.*

Groupe	Sous-groupe	Station	Réplicat	Gastéropodes: densité moyenne $\bar{X} \pm Sx$ (nombre ind. m ⁻²)
I-A		4	AB	450 $\pm$ 263
		32	D	
		57	ABCDE	
		60	ABCE	
		91	A	
		93	D	
		94	AC	
		113	D	
I-B		78	ACE	311 $\pm$ 184
II-A		4	C	1025 $\pm$ 489
		6	ABC	
		78	B	
II-B	II-B ¹	6	DE	3359 $\pm$ 20
		11	ABCDE	
		21	ACDE	
		32	ABC	
		93	AB	
	II-B ²	4	DE	6172 $\pm$ 4710
		23	ABCDE	
		32	E	
		89	ABCDE	
		91	BCDE	
Inclassés		93	CE	18 $\pm$ 15
		94	B	
		113	ABCE	
		122	ABCDE	
Perdu		8	ABCDE	18 $\pm$ 15
		60	D	
		78	D	
		94	DE	

Tests de Kruskal-Wallis

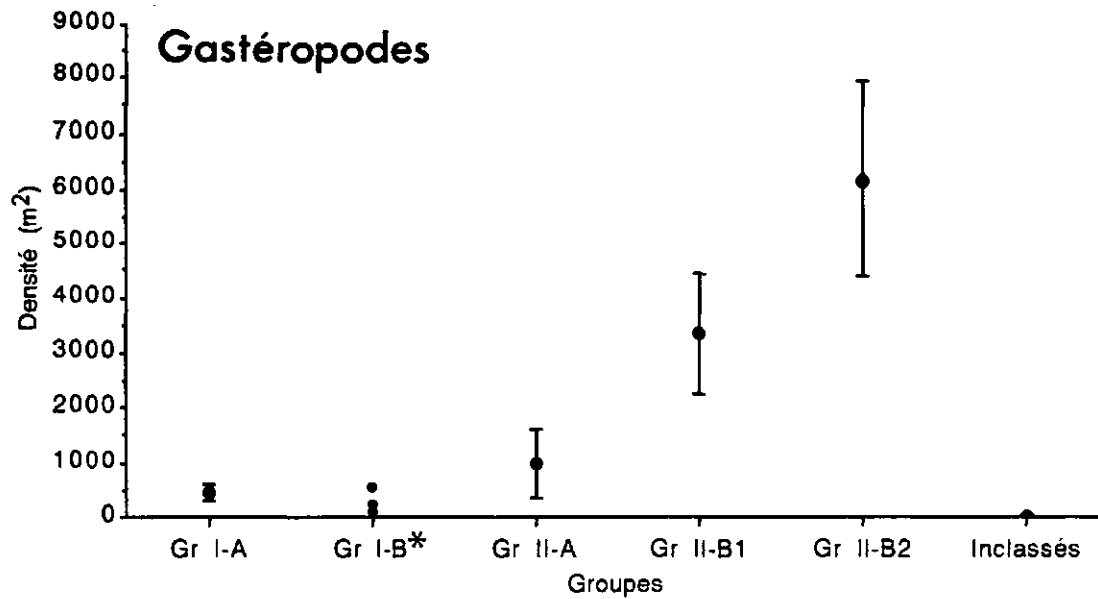


Figure 11 Densité moyenne ($\pm$ Intervalle de confiance à 95 %) des Gastéropodes pour les groupes d'échantillons établis par l'analyse typologique des espèces de Gastéropodes.
 * Valeurs obtenues pour les trois échantillons du groupe I-B.

Tableau 10 Densité totale (nombre ind. m⁻²), abondances relatives (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des espèces de Gastéropodes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales. Seules les corrélations significatives à un seuil de probabilité $p \leq 0,01$ sont présentées.

Espèces	Densité totale	ABR(%)	Constance (%)	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Axe 3
Bithynidae						
<i>Bithynia tentaculata</i>	112 814	45,7	82,3	-0,48	0,42	-
Planorbidae						
<i>Gyraulus deflectus</i>	5908	2,4	46,8	-0,45	0,26	-
<i>Gyraulus parvus</i>	1136	0,5	19	-0,31	-	-
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	871	0,3	17,7	-0,28	0,24	-0,23
<i>Helisoma pilsbryi</i>	250	0,1	11,4	-0,28	-	-
Hydrobiidae						
<i>Amnicola limosa</i>	66 902	27,1	87,3	-0,54	-0,22	-
<i>Probythinella lacustris</i>	3876	1,6	12,7	-	-0,22	-
Valvatidae						
<i>Valvata tricarinata</i>	34 218	13,9	86,1	-0,62	-	-
<i>Valvata piscinalis</i>	388	0,2	12,7	-0,39	-	-0,33
<i>Valvata sincera sincera</i>	2273	0,9	36,7	-0,32	-	-
Lymneidae						
<i>Stagnicola elodes</i>	6059	2,5	57	-0,55	-	-
<i>Fossaria parva</i>	454	0,2	3,8	-	-0,24	-
Physidae						
<i>Physa gyrina gyrina</i>	5717	2,3	64,6	-0,55	-	-
Pleuroceridae						
<i>Goniobasis livescens</i>	1493	0,6	17,7	-	-	0,25

positivement avec cet axe (0,25) (Tableau 10). Cette dernière espèce a été récoltée aux stations 11, 78, 91 et 93 uniquement (Annexe 5-A).

3.1.4 Insectes

3.1.4.1 Typologie des échantillons basée sur les familles d'Insectes. - Les trois premiers axes d'ordination de l'analyse en coordonnées principales représentent 29 % de la variabilité totale des familles d'Insectes (Axe 1: 13 %; Axe 2: 9 %; Axe 3: 7 %).

Les résultats des groupements à liens intermédiaires (dendrogramme: Annexe 7) superposés à ceux de l'ordination permettent de distinguer cinq groupes principaux d'échantillons (Figure 12; Tableau 11).

Le groupe I est le plus important et se subdivise en 2 sous-groupes (Tableau 11). Le groupe I-A englobe tous les réplicats de la station 11 et la majorité des réplicats des stations 4, 8, 21, 32 et 60. Ce groupe se caractérise par une assez faible densité d'insectes (492 ind. m⁻²) et par la prépondérance des Trichoptères de la famille de Leptoceridae (58 %) en association avec les Diptères Chironomini (22 %; Tableau 11). Le groupe I-B regroupe l'ensemble des réplicats des stations 6, 23, 89 et la majorité des réplicats des stations 57, 113 et 122. Il s'agit d'échantillons où les abondances moyennes d'Insectes sont les plus fortes (2359 ind. m⁻²) et où les Diptères Chironomini prédominent (74 %; Tableau 11).

Le groupe II n'est formé que de 5 échantillons dont les réplicats C, D et E de la station 93 (Tableau 11). Dans ce groupe, la densité moyenne est assez forte (1697 ind. m⁻²) et la communauté benthique se distingue par la prédominance des Trichoptères, en particulier des Helicopsychidae (46 %), des Polycentropodidae (20 %) et des Leptoceridae (17 %; Tableau 11).

Les groupes III, IV et V se caractérisent par de très faibles densités d'Insectes (< 91 ind. m⁻²; Tableau 11). Ces groupes ne sont pas représentatifs d'une station en particulier mais plutôt d'échantillons pauvres en Insectes. Les échantillons du groupe III présentent une dominance de Trichoptères Leptoceridae (54 %). Ceux du groupe IV sont dominés par les Diptères Chironomini (82 %) et ceux du groupe V par les Trichoptères Polycentropodidae (88 %). Hormis leurs différences en densité, les patrons de dominance permettent de rapprocher le groupe III du groupe I-A, le groupe IV du groupe I-B (Tableau 11).

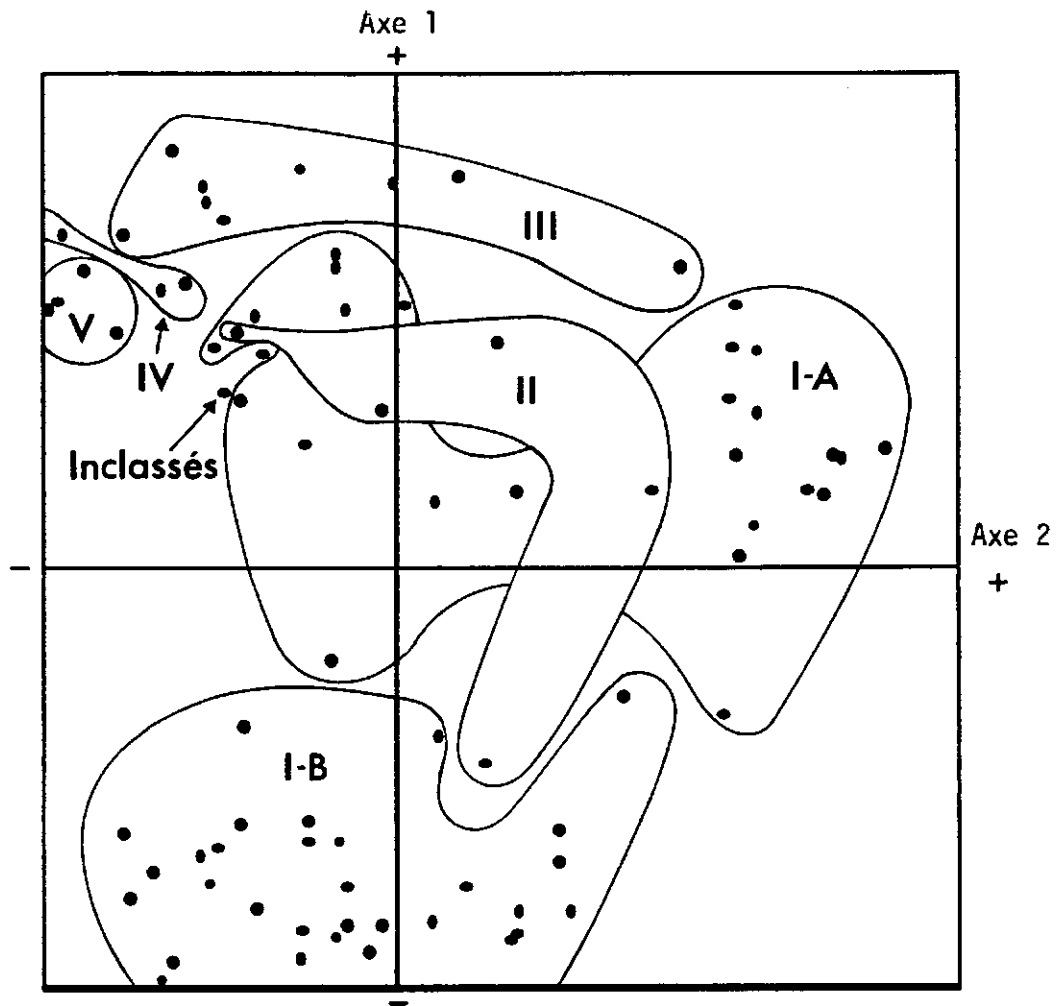


Figure 12 *Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les familles d'insectes.*

Groupes	Stations	Réplicats	Groupes	Stations	Réplicats
I (sous-groupe I-A)	4	ADE	II	78	B
	8	ACD		93	CDE
	11	ABCDE		94	B
	21	CDE	III	32	E
	32	ABC		60	E
	57	CD		78	D
	60	ABCD		91	CD
	78	E		93	AB
	91	B		94	A
I (sous-groupe I-B)	4	BC		122	C
	6	ABCDE	IV	8	BE
	21	AB		113	D
	23	ABCDE	V	78	AC
	57	ABE		94	CE
	89	ABCDE	Inclassés	32	D
	91	A		91	E
	113	ABCE		94	D
	122	ABDE			

Tableau 11 Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice des familles d'insectes dans les stations du lac Saint-François (80 échantillons x 20 familles). %: abondance relative; E.T.: écart-type. * Résultats des tests ANOVA non paramétriques (Tests de Kruskal-Wallis): *** $p \leq 0,001$; ** $0,001 < p < 0,01$; ns: non significatif.

					Densité moyenne $\pm$ E.T. (nombre ind. m ²)		
Groupes	Sous-groupes	Stations	Réplicats	Insectes totaux	Trichoptères		
					Leptoceridae	Lepidostomatidae	Helicopsychidae
I	I-A	4	ADE	492 $\pm$ 260	288 $\pm$ 282 58,5 %	16 $\pm$ 29 3,2 %	14 $\pm$ 34 2,8 %
		8	ACD				
		11	ABCDE				
		21	CDE				
		32	ABC				
		57	CD				
		60	ABCD				
		78	E				
		91	B				
	I-B	4	BC	2359 $\pm$ 1813	272 $\pm$ 310 11,5 %	2 $\pm$ 7 0,08 %	32 $\pm$ 80 1,3 %
		6	ABCDE				
		21	AB				
		23	ABCDE				
		57	ABE				
		89	ABCDE				
		91	A				
		113	ABCE				
		122	ABDE				
II		78	B	1698 $\pm$ 1312	285 $\pm$ 282 16,8 %	0	776 $\pm$ 721 45,7 %
		93	CDE				
		94	B				
III		32	E	91 $\pm$ 58	49 $\pm$ 50 53,8 %	2 $\pm$ 6 2,2 %	4 $\pm$ 13 4,4 %
		60	E				
		78	D				
		91	CD				
		93	AB				
		94	A				
		122	C				
IV		8	BE	33 $\pm$ 12	0	0	0
		113	D				
V		78	AC	33 $\pm$ 31	2 $\pm$ 4 6,1 %	0	0
		94	CE				
Inclassés		32	D	13 $\pm$ 22	0	0	0
		91	E				
		94	D				
Tests de Kruskal-Wallis				***	ns	*	ns

Tableau 11 (suite)

Groupes	Sous-groupes	Stations	Réplicats	Densité moyenne (nombre ind. m ⁻²)						
				Trichoptères		Coléoptères	Diptères			
				Polycentropodidae	Hydroptilidae	Elmidae	Chironomidae Tanypodinae	Chironomidae Chironomini	Chironomidae Tanytarsini	Chironomida Orthocladinae
I	I-A	4	ADE	1 ± 5	0,4 ± 2	2 ± 6	21 ± 30	110 ± 101	3 ± 7	12 ± 26
		8	ACD	0,2 %	0,08 %	0,4 %	4,3 %	22,4 %	0,6 %	2,4 %
		11	ABCDE							
		21	CDE							
		32	ABC							
		57	CD							
		60	ABCD							
		78	E							
		91	B							
	I-B	4	BC	32 ± 51	66 ± 196	2 ± 11	101 ± 91	1750 ± 1603	24 ± 65	35 ± 61
		6	ABCDE	1,4 %	2,8 %	0,1 %	4,3 %	74,2 %	1,0 %	1,5 %
		21	AB							
		23	ABCDE							
		57	ABE							
		89	ABCDE							
		91	A							
		113	ABCE							
		122	ABDE							
II		78	B	335 ± 629	0	4 ± 8	71 ± 151	150 ± 267	0	8 ± 10
		93	CDE	19,7 %	0	0,2 %	4,2 %	8,8 %	0	0,5 %
		94	B							
III		32	E	5 ± 10	0	0	1 ± 3	2 ± 5	0	0
		60	E	5,4 %	0	0	1,1 %	2,2 %	0	0
		78	D							
		91	CD							
		93	AB							
		94	A							
		122	C							
IV		8	BE	4 ± 6	0	0	0	27 ± 10	0	0
		113	D	12,1 %	0	0	0	81,8 %	0	0
V		78	AC	29 ± 23	0	0	0	0	2 ± 4	0
		94	CE	87,9 %	0	0	0	0	6,1 %	0
Inclassés		32	D	0	0	0	0	0	0	0
		91	E	0	0	0	0	0	0	0
		94	D							
Tests de Kruskal-Wallis				***	**	ns	***	***	ns	**

Finalement, un petit nombre d'échantillons de faible densité (32D, 91E et 94D) restent inclassés car les familles, les plus fortement reliées à la dispersion des échantillons dans les 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales, n'y sont pas représentées (Tableau 12).

La répartition des groupes d'échantillons dans l'espace factoriel des 2 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales (Figure 12) montre que sur l'axe 1, se succèdent du côté négatif au côté positif, les groupes I-B, I-A, II et III. L'axe 2 discrimine les échantillons du groupe I-A des échantillons des groupes I-B, IV et V.

La figure 13 présente la densité moyenne des Insectes totaux et des principales familles représentant plus de 10 % du peuplement d'insectes dans l'un ou l'autre des groupes définis par l'analyse typologique. Les variations inter-groupes ont été évaluées par des tests ANOVA non paramétriques (tests de Kruskal-Wallis; Tableau 11). Il en ressort que les échantillons du groupe I-B (surtout les stations 6, 23, 57, 89, 113 et 122) se distinguent par la densité totale du peuplement d'insectes et en particulier par l'abondance des Diptères Chironomini mais se comparent à ceux du groupe I-A pour l'abondance des Trichoptères Leptoceridae. Les plus fortes abondances de Trichoptères Helicopsychidae et Polycentropodidae caractérisent les échantillons du groupe II. D'autres familles d'insectes (Lepidostomatidae, Hydroptilidae, Tanypodinae, Orthocladinae) présentent aussi des différences significatives entre les groupes typologiques d'insectes (Tableau 11).

D'après la contribution des familles d'insectes aux trois premiers axes d'ordination (Tableau 12), l'axe 1 représente, du côté négatif au côté positif, un gradient descendant de densité de plusieurs familles et plus particulièrement des Diptères Chironomini caractéristiques du groupe I-B et qui constituent près de 61 % du peuplement et sont représentés dans 77 % des échantillons. L'axe 2 est associé positivement à l'abondance des Trichoptères des familles Leptoceridae et Lepidostomatidae et inversement pour les Polycentropodidae et les Hydroptilidae. Bien que l'abondance relative de ces familles soit assez faible (18 %), elles sont présentes dans 15 à 81 % des échantillons.

3.1.4.2 Typologie des échantillons basée sur les taxons d'insectes. - Les trois premiers axes d'ordination de l'analyse en coordonnées principales représentent 25 % de la variance totale des taxons d'insectes (Axe 1: 11,5 %; Axe 2: 7,8 %; Axe 3: 5,6 %).

Tableau 12 *Densité totale (nombre Ind. m⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des familles d'insectes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales. Seules les corrélations significatives à un niveau de probabilité $p \leq 0,01$ sont présentées.*

Familles	Densité totale	ABR(%)	Constance (%)	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Axe 3
Trichoptères						
Leptoceridae	17 269,8	18,5	81,2	-0,26	0,64	-0,16
Lepidostomatidae	472,6	0,5	15,0	-	0,39	-
Helicopsychidae	5207,9	5,6	25,0	-	0,18	-
Polycentropodidae	2880	3,1	37,5	-	-0,32	-
Hydroptilidae	2063,6	2,2	15,0	-0,32	-0,26	-
Elmidae	151,2	0,16	30,0	-	0,20	-
Diptères						
Chironomidae-Tanypodinae	4030,9	4,3	51,2	-0,50	-	-
Chironomidae-Chironomini	56 905,4	60,8	77,5	-0,73	-	-
Chironomidae-Tanytarsini	671	0,7	16,2	-0,23	-	-
Chironomidae-Orthocladinae	1383,7	1,5	31,2	-0,30	-	-

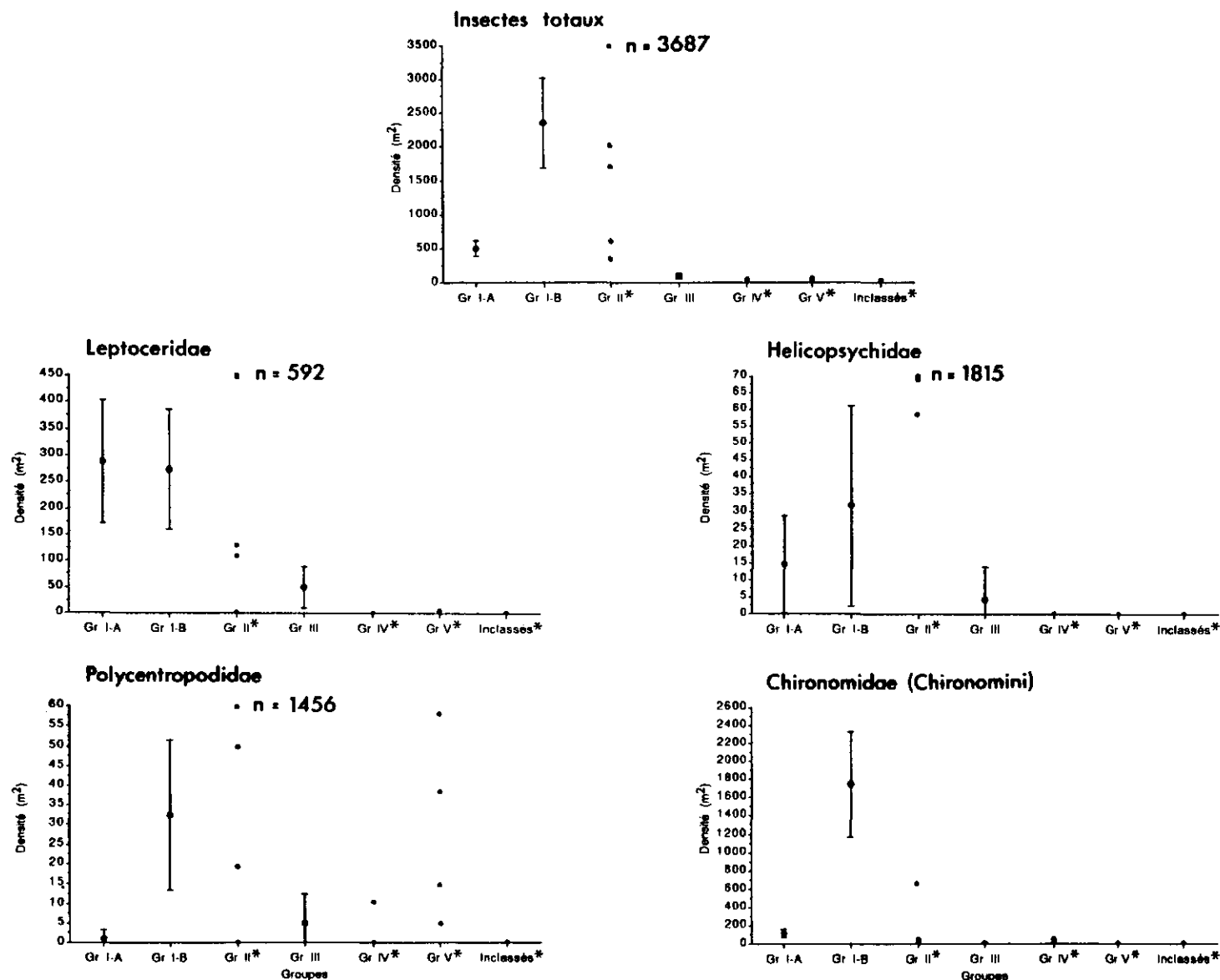


Figure 13 Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des Insectes et des principales familles dans les groupes d'échantillons définis par l'analyse typologique des peuplements d'insectes dans les stations du lac Saint-François. * Valeurs brutes obtenues pour les échantillons des groupes II, IV, V et Inclassés.

Les résultats du groupement à liens intermédiaires (dendrogramme: Annexe 7) superposés à ceux de l'ordination permettent de distinguer plusieurs groupes dont le principal (groupe I) se subdivisent en trois noyaux d'échantillons secondaires (Figure 14). Les autres groupes (II à VII) sont formés par des petits nombres d'échantillons présentant tous de très faibles densités d'Insectes ($< 108 \text{ ind. m}^{-2}$). En général, il existe une forte ressemblance entre les groupements établis sur les familles (Figure 12; Tableau 11) et ceux établis à partir des taxons (Figure 14; Tableau 13), en particulier pour les groupes I-A et I-B.

Le groupe I se subdivise en 3 sous-groupes se différenciant par la densité moyenne des Insectes et la prédominance de certains taxons de Trichoptères et de Diptères (Tableau 14). Le groupe I-A est constitué de la majorité des répliquats des stations 4, 11, 32, 60 et 93 où la densité moyenne des Insectes est assez élevée (886 ind. m^{-2}). Le groupe I-B regroupe les stations présentant les densités maximales d'Insectes (moyenne de 2324 ind. m^{-2}), soit presque tous les répliquats des stations 6, 23, 89, 113 et 122. Le groupe I-C est généralement constitué par les répliquats des stations déjà incluses dans les autres sous-groupes I-A et I-B, mais ayant de plus faibles densités (moyenne de 212 ind. m^{-2}).

Sur l'axe 1 de l'ordination se succèdent, du côté négatif au côté positif, les échantillons des groupes I-B et I-A; cet axe est associé à un gradient descendant de densité totale des Insectes (Figure 15) et de la majorité des taxons les plus fréquents de Trichoptères (*Oecetis*, *Phylocentropus*, *Agraylea*) et de Diptères (*Procladius*, *Clinotanypus*, *Cryptochironomus*) (Tableau 14). Seul le genre *Nectopsyche* de la famille des Leptoceridae présente une relation positive avec l'axe 1 et distingue en particulier le groupe I-A.

Sur l'axe 2 de l'ordination, se succèdent les groupes de faible densité (I-C, II à VII) et les groupes I-A et I-B plus densément peuplés (Figures 14 et 15). Les taxons qui contribuent à la dispersion des échantillons selon cet axe sont *Ceraclea* (Leptoceridae) et *Lepidostoma* (Lepidostomatidae) chez les Trichoptères et 2 taxons de Diptères (*Thienemannriella*, *Parachironomus*) du côté positif de l'axe (groupes I-A et I-B). *Oecetis* sp. 1 (Leptoceridae) caractérise les échantillons situés du côté négatif de l'axe (groupes I-C et II à VII). Seule l'espèce *Helicopsyche borealis* est corrélée positivement à l'axe 3.

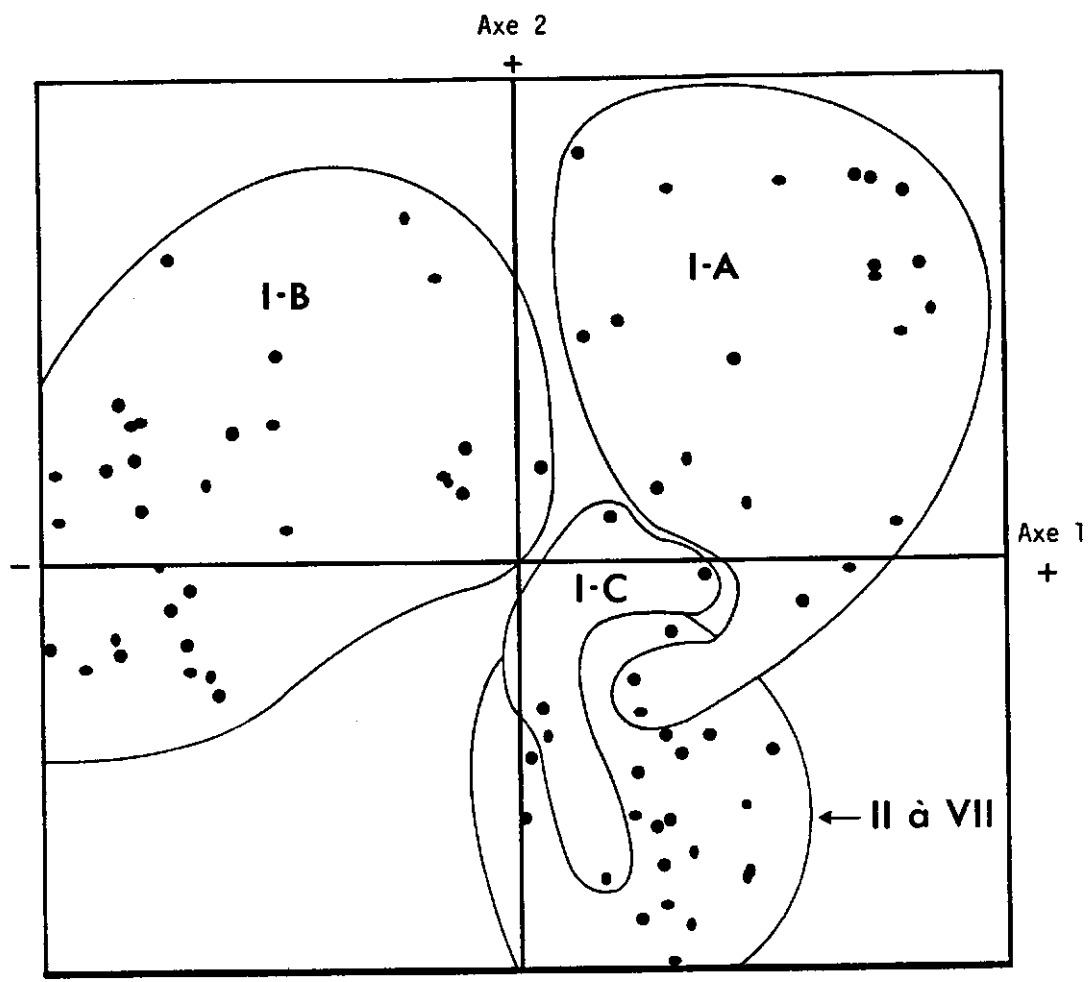


Figure 14 *Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les taxons d'insectes.*

Groupes	Stations	Réplicats	Groupes	Stations	Réplicats
I-A	4	ADE	I-C	8	C
	11	ABCDE		21	DE
	21	A		57	CD
	32	ABCE		60	D
	57	E		94	A
	60	ACE	II	8	AD
	78	B		78	ACDE
	91	B	III	122	C
	93	CDE		94	CE
	94	B	IV	113	D
I-B	4	BC		8	BE
	6	ABCDE	VI	93	AB
	21	BC		91	DE
	23	ABCDE	Inclassés	91	C
	57	AB		94	D
	60	B		32	D
	89	ABCDE			
	91	A			
	113	ABCE			
	122	ABDE			

Tableau 13 Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice des taxons d'insectes dans les stations du lac Saint-François (80 échantillons x 45 taxons). E.T.: écart-type. * Résultats du test ANOVA non paramétrique (Tests de Kruskal-Wallis): *** $p \leq 0,001$.

Groupes	Stations	Réplicats	Insectes: Densité moyenne $\bar{X} \pm Sx$ (nombre ind. m ⁻²)
I-A	4	ADE	886 $\pm$ 758
	11	ABCDE	
	21	A	
	32	ABCE	
	57	E	
	60	ACE	
	78	B	
	91	B	
	93	CDE	
	94	B	
I-B	4	BC	2324 $\pm$ 1844
	6	ABCDE	
	21	BC	
	23	ABCDE	
	57	AB	
	60	B	
	89	ABCDE	
	91	A	
	113	ABCE	
I-C	122	ABDE	212 $\pm$ 95
	8	C	
	21	DE	
	57	CD	
	60	D	
II	94	A	108 $\pm$ 33
	8	AD	
III	78	ACDE	86 $\pm$ 72
	122	C	
IV	94	CE	21 $\pm$ 19
	113	D	
V	8	BE	28 $\pm$ 13
VI	93	AB	66 $\pm$ 13
VII	91	DE	66 $\pm$ 40
Inclassé	91	C	38
Inclassé	94	D	0
Inclassé	32	D	0
Tests de Kruskal-Wallis			***

Tableau 14 Densité totale (nombre Ind. m⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des taxons d'insectes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales. Seules les corrélations significatives au seuil de probabilité $p \leq 0,01$ sont présentées.

Espèces	Densité totale	ABR (%)	Constance (%)	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Axe 3
Trichoptères						
<i>Nectopsyche</i>	4940,8	5,2	42,5	0,28	-	-
<i>Oecetis</i> sp. 1	3686,2	3,9	58,7	-0,20	-0,25	-
<i>Phylocentropus</i>	1267,5	1,3	32,5	-0,23	-	-
<i>Agraylea</i>	2063,6	2,2	15,0	-0,23	-	-
<i>Ceraclea</i>	2334,6	2,5	32,5		0,41	
<i>Lepidostoma</i>	472,6	0,5	15,0	-	0,26	-
<i>Helicopsyche borealis</i>	5265,0	5,5	25,0	-	-	0,27
Diptères						
<i>Procladius</i> sp.	2177,1	2,3	36,2	-0,41	-	-
<i>Clinotanypus</i>	1298,1	1,4	30,0	-0,37	-	-
<i>Cryptochironomus</i>	1943,9	2,0	37,5	-0,43	-	-
<i>Thienemanniella</i>	555,8	0,6	18,7	-	0,22	-
<i>Parachironomus</i>	983,0	1,0	20,0	-	0,22	-

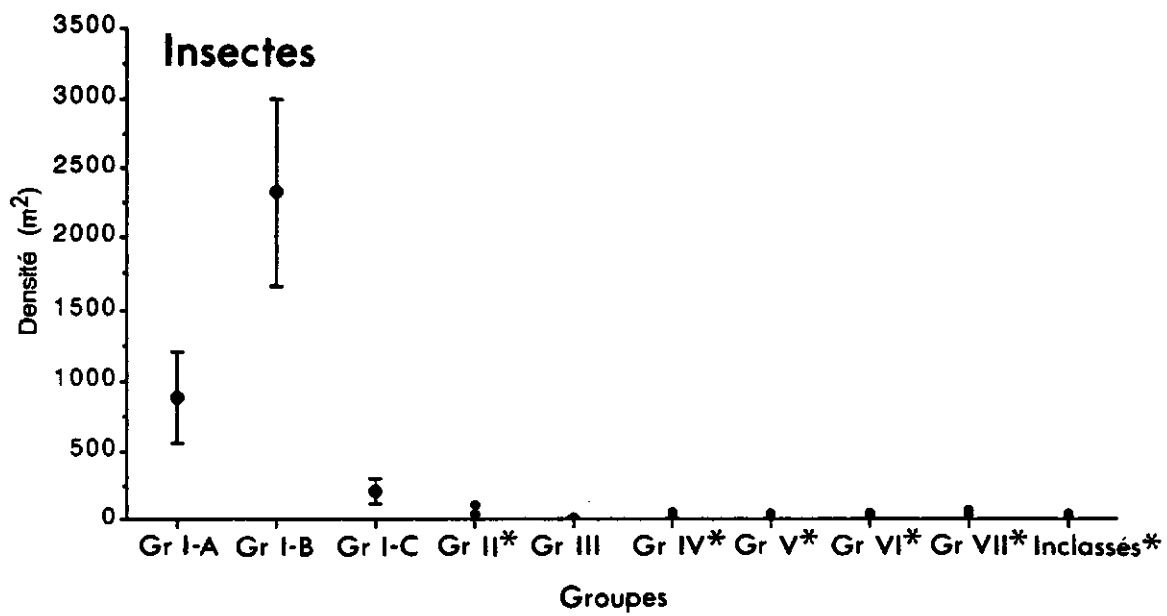


Figure 15 Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des Insectes dans les groupes d'échantillons définis par la typologie basée sur les taxons d'Insectes.
 * Valeurs brutes pour les échantillons des groupes II, IV, V, VI, VII et Inclassés.

En général, les taxons ayant des contributions significatives sur les axes d'ordination ne forment que de faibles pourcentages du peuplement benthique ($< 5\%$) mais ils sont présents dans 15 à 59 % des échantillons.

En ce qui concerne la présence de difformités céphaliques chez les Chironomidés, aucune difformité n'a été observée lors de l'examen microscopique des Diptères Chironomidae.

3.1.5 Oligochètes

3.1.5.1 Typologie des échantillons basée sur les familles d'Oligochètes. - Pour effectuer la typologie basée sur les familles d'Oligochètes, nous avons séparé les Tubificidae en deux sous-familles: Tubificidae avec soies capilliformes et Tubificidae sans soies capilliformes. Cette distinction ne tient pas compte de considérations taxonomiques mais présente plutôt une pertinence écologique. En effet, les indices de Lafont (1984) ($I_{o\text{ riv}}$ et $E_{o\text{ riv}}$) tiennent compte de l'abondance relative des Tubificidae sans soies capilliformes comme indicateur de la pollution organique.

Les trois premiers axes d'ordination de l'analyse en coordonnées principales représentent seulement 4,2 % de la variabilité totale des familles d'Oligochètes. Chacun de ces axes contribue également à 1,39 % de la variance.

Les résultats du groupement à liens intermédiaires (dendrogramme: Annexe 7) superposés à ceux de l'ordination permettent de distinguer 3 groupes principaux et un ensemble d'échantillons jugés "inclassés" parce qu'ils présentent peu de similarité avec les réplicats des autres groupes (Figure 16). Ce groupe se disperse sur la partie positive de l'axe 3.

La grande dispersion des réplicats entre les groupes tend à démontrer que les stations ne sont pas homogènes en ce qui concerne la faune des Oligochètes sauf pour les stations 4, 21, 23, 57, 113 et 122. La variabilité entre réplicats semble aussi élevée que celle entre les stations (Tableau 15).

Le groupe I est caractérisé par une faible densité moyenne (45 ind. m^{-2}) et la prédominance de Tubificidae sans soies capilliformes (62 %) (Tableau 15). Dans les groupes II-A et II-B, la densité moyenne augmente (respectivement 274 et 2132 ind. m^{-2}) de même que l'importance relative des Tubificidae sans soies capilliformes (73 et 80 %) (Tableau 15).

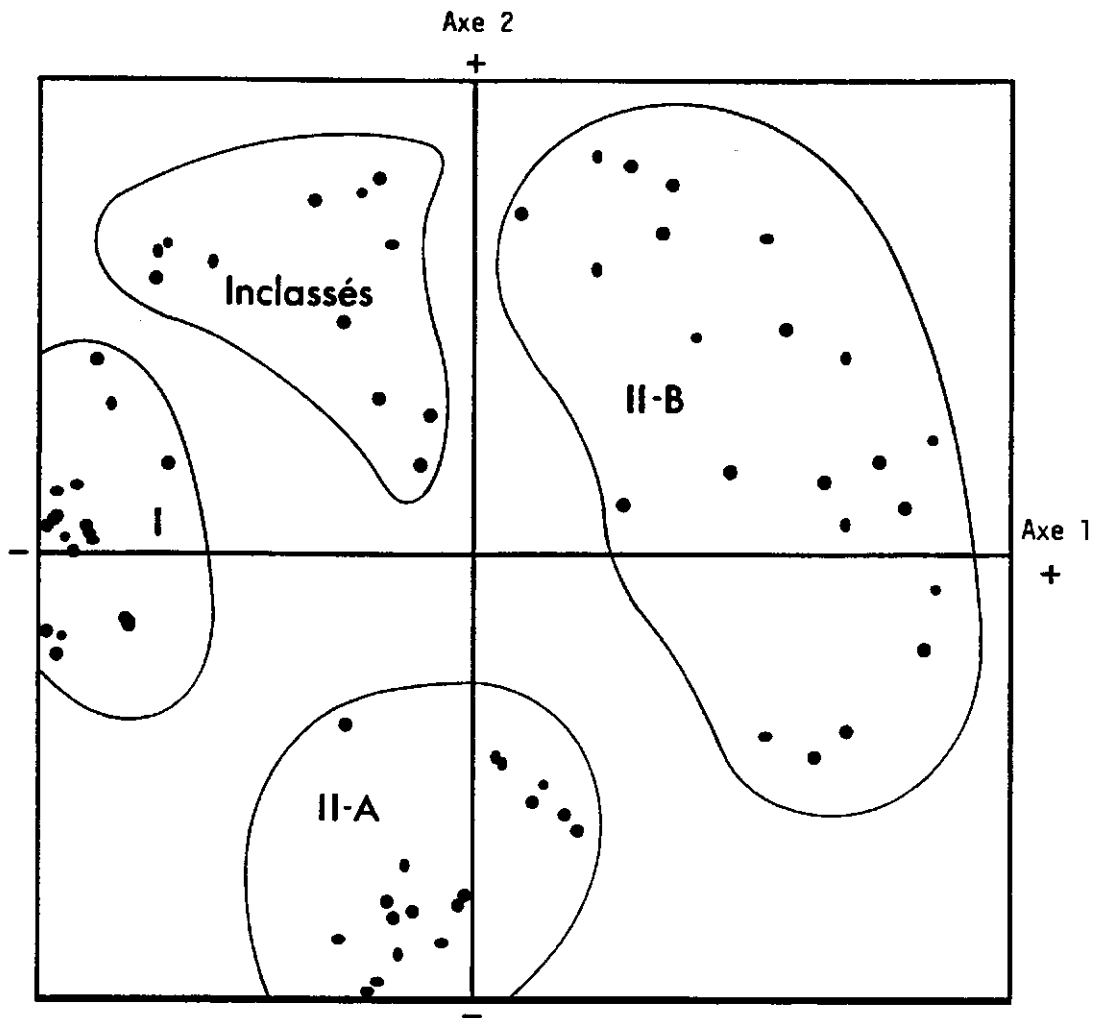


Figure 16 Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les familles d'Oligochètes.

Groupes	Stations	Réplicats	Groupes	Stations	Réplicats
I	4	ABDE	II-B	6	BDE
	6	A		21	E
	8	ABC		23	ABCDE
	11	E		60	B
	32	D		89	ACE
	57	C		93	C
	60	DE		113	ABCE
	91	A		122	ABCDE
	93	D	Inclassés-A	11	ACD
	94	CDE		32	ABC
	113	D		78	AB
II-A	4	C		89	B
	6	C	Inclassés-B	93	AB
	8	CD		94	B
	11	B		32	E
	21	ABCD		78	CDE
	57	ABDE	Inclassés-C	91	BCE
	60	AC		93	E
	89	D			
	91	D			
	94	A			

Tableau 15 Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur la matrice des familles d'Oligochètes des échantillons du lac Saint-François (80 échantillons x 5 familles). %: abondance relative; E.T.: écart-type. * Résultats des tests ANOVA non paramétriques (Tests de Kruskal-Wallis): *** $p \leq 0,001$; ** $0,001 < p \leq 0,01$; * $0,01 < p \leq 0,05$.

Groupe	Stations	Réplicats	Densité moyenne $\pm$ E.T. (nombre ind. m ⁻²)					Enchytraidae
			Oligochètes totaux	Tubificidae avec soies capilliformes	Tubificidae sans soies capilliformes	Naididae	Lumbriculidae	
I	4	ABDE	45 $\pm$ 47	9 $\pm$ 22	28 $\pm$ 18	8 $\pm$ 16	1 $\pm$ 3	0
	6	A		20,0 %	62,2 %	17,7 %	2,2 %	0
	8	ABC						
	11	E						
	32	D						
	57	C						
	60	DE						
	91	A						
	93	D						
	94	CDE						
	113	D						
II-A	4	C	274 $\pm$ 159	27 $\pm$ 46	201 $\pm$ 105	19 $\pm$ 42	26 $\pm$ 53	0
	6	C		9,8 %	73,3 %	6,9 %	9,5 %	0
	8	CD						
	11	B						
	21	ABCD						
	57	ABDE						
	60	AC						
	89	D						
	91	D						
	94	A						
II-B	6	BDE	2132 $\pm$ 1265	152 $\pm$ 184	1713 $\pm$ 1192	266 $\pm$ 431	0	1 $\pm$ 45
	21	E		7,1 %	80,3 %	12,5 %	0	0,05 %
	23	ABCDE						
	60	B						
	89	ACE						
	93	C						
	113	ABCE						
	122	ABCDE						
Inclassés (A)	11	ACD	3898 $\pm$ 5819	2082 $\pm$ 3232	1644 $\pm$ 5632	33 $\pm$ 601	107 $\pm$ 288	33 $\pm$ 115
	32	ABC		53,4 %	42,2 %	0,8 %	2,7 %	0,8 %
	78	AB						
	89	B						
	93	AB						
Inclassés (B)	94	B						
Inclassés (B)	32	E	59 $\pm$ 62	18 $\pm$ 13	3 $\pm$ 5	39 $\pm$ 63	0	0
	78	CDE		30,5 %	5,1 %	66,1 %	0	0
Inclassés (C)	91	BCE	24 $\pm$ 47	0	0	24 $\pm$ 47	0	0
	93	E		0	0	100 %	0	0
Tests de Kruskal-Wallis			***	***	***	*	**	ns

Le groupe des "inclassés" peut se subdiviser en trois sous-groupes selon le dendrogramme du groupement à liens intermédiaires (Annexe 7). Le groupe A se distingue par une densité moyenne élevée (3898 ind. m⁻²) et par la co-dominance des Tubificidae avec soies capilliformes (53 %) et sans soies capilliformes (42 %). Les groupe B et C sont très peu peuplés (< 59 ind. m⁻² en moyenne) et sont dominés soit par les Lumbriculidae (66 % dans le groupe B) ou les Naididae (100 % dans le groupe C) (Tableau 15).

L'analyse comparée des densités moyennes des Oligochètes totaux et des principales familles (Figure 17; Tableau 15) permet de distinguer les groupes II-B et Inclassés-A des autres groupes par la densité plus élevée, en particulier celle des Tubificidae sans soies capilliformes. Une forte densité de Tubificidae avec soies capilliformes et de Lumbriculidae permet de discriminer le groupe des Inclassés-A du groupe II-B qui correspond plutôt aux échantillons ayant les plus fortes densités de Naididae.

Sur l'axe 1 de l'ordination se succèdent les groupes I, II-A et II-B allant du négatif au positif et représentant un gradient croissant en densité principalement dû à l'abondance des Tubificidae sans soies capilliformes (CT: Axe 1 = 0,51; Tableau 16). L'axe 2 permet de séparer le groupe II-A des autres groupes probablement à cause de la plus grande importance des Lumbriculidae dans ce groupe (10%; CT: Axe2 = -0,23; Tableau 16). L'axe 3 distingue les échantillons pauvres en Tubificidae sans soies capilliformes dans le groupe des Inclassés B et C (CT: Axe 3 = -0,23; Tableau 16) des autres groupes où ils sont nettement dominants (Figure 16; Tableaux 15 et 16).

3.1.5.2 Typologie des échantillons basée sur les taxons d'Oligochètes. - Les trois premiers axes d'ordination de l'analyse en coordonnées principales représentent 35% de la variance totale des taxons d'Oligochètes (Axe 1: 15,9 %; Axe 2: 11,2 %; Axe 3: 7,9 %).

Les résultats du groupement à liens intermédiaires (dendrogramme: Annexe 7) superposés à ceux de l'ordination nous permettent de définir 3 groupes principaux avec plusieurs sous-groupes principaux et un ensemble d'échantillons jugés "inclassés" (Figure 18). Les échantillons composant ce dernier groupe (Inclassés) ne présentent aucune similarité avec aucun autre échantillon

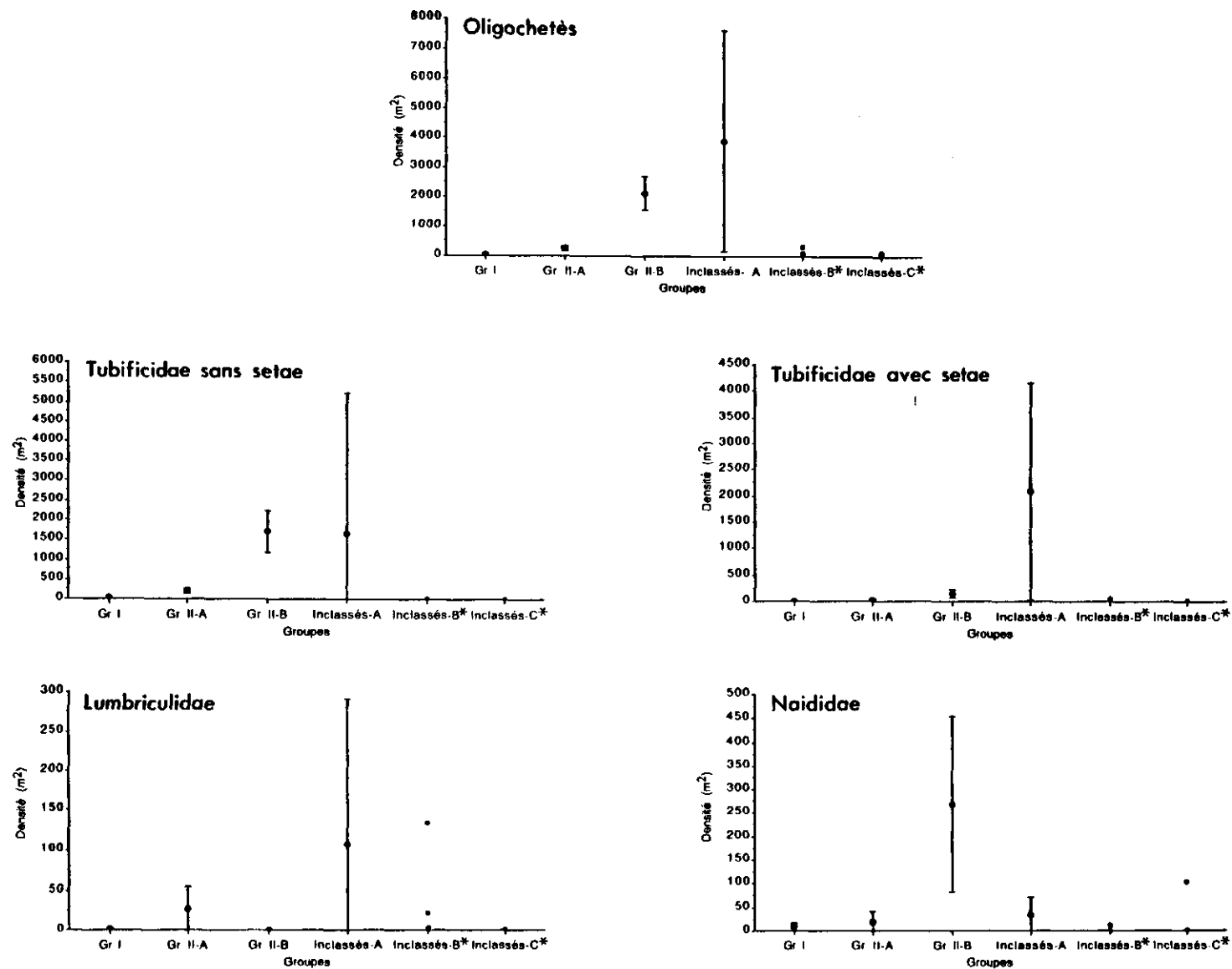


Figure 17 Densité moyenne ($\pm$ Intervalle de confiance à 95 %) des Oligochètes et des principales familles dans les groupes d'échantillons définis par l'analyse typologique des peuplements d'Oligochètes dans les stations du lac Saint-François. * Valeurs brutes obtenues pour les échantillons des groupes Inclassés-B et Inclassés-C.

Tableau 16 *Densité totale (nombre ind. m⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des familles d'Oligochètes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales. Seules les corrélations significatives au seuil de probabilité $p \leq 0,01$ sont présentées.*

Familles	Densité totale	ABR (%)	Constance (%)	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Axe 3
Naididae	7126	7	37,5	0,30	-	-
Lumbriculidae	1928	1,9	18,7	-	-0,23	-
Enchytraidae	420	0,4	2,5	-	-	-
Tubificidae sans soies capilliformes	63 093	62	80	0,51	-	-0,23
Tubificidae avec soies capilliformes	29 200	28,7	58,7	0,33	-	-

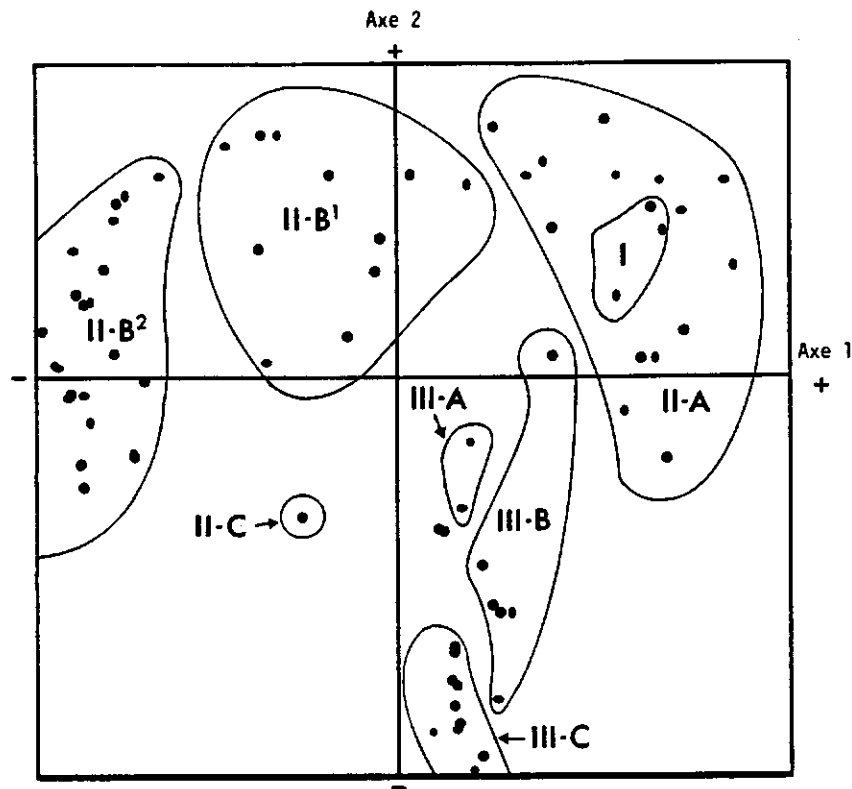


Figure 18 *Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur les taxons d'Oligochètes.*

Groupes	Stations	Réplicats	Groupes	Stations	Réplicats
I	4 11 91	A E B	II-C	89	B
II-A	4 6 8 21 57 60 91 94 113	BE A ABCDE CD BCE DE A ACE D	III-A	93 94	D D
II-B	4	C	III-B	4 32 78 93	D E CDE A
(sous-groupe II-B ¹)	6 11 21 57 60 89	CD B AB AD AC D	III-C	11 32 78 93 94	ACD ABC AB B B
II-B	6	BDE	Inclassés	32 91 93	D CDE E
(sous-groupe II-B ²)	11 21 23 60 89 93 113 122	B E ABCDE B ACE C ABCE ABCDE			

principalement à cause de la quasi absence d'Oligochètes à ces stations (Tableau 17).

La typologie des échantillons établis à partir de la matrice des taxons diffère de celle obtenue à partir de la matrice des familles, excepté pour le groupe II-B² correspondant presque entièrement au groupe II-B de la typologie basée sur les familles (Tableaux 15 et 17). La dispersion des réplicats entre les groupes laisse supposer une non homogénéité de la faune des Oligochètes au sein des stations, sauf pour les stations 8, 23, 113 et 122.

Sur l'axe 1 de l'ordination, se succèdent les groupes I, II-A, II-B¹ et II-B² allant du positif au négatif et correspondant à un gradient croissant en densité (de 101 à 2191 ind. m⁻² en moyenne). L'axe 2 permet de séparer les sous-groupes III des autres groupes (I et II). On observe également à l'intérieur du groupe III un accroissement de l'abondance des Oligochètes du groupe III-A au groupe III-C (de 38 à 2711 ind. m⁻² en moyenne) (Figure 19; Tableau 17). L'échantillon 89B forme un singleton (II-C) probablement à cause de l'importance considérable des Oligochètes (19 517 ind. m⁻²) et plus particulièrement de l'espèce *Limnodrilus hoffmeisteri* (4883 ind. m⁻²) et des immatures de Tubificidae sans soies capilliformes avec soies bifides (14 645 ind. m⁻²; Annexe 5-C).

Toutes les espèces retenues (corrélations significatives au seuil de probabilité $p \leq 0,01$) présentent des corrélations négatives avec l'axe 1 (Tableau 18). L'espèce *Limnodrilus hoffmeisteri* (-0,45) et le groupe des Tubificidae sans soies capilliformes non identifiés possédant des soies bifides présentent les plus fortes corrélations (-0,5). Cette unité taxonomique comprend plusieurs espèces dont celles du genre *Limnodrilus* (Brinkhurst, 1986). L'espèce *Spirosperma ferox* présente la plus forte corrélation avec l'axe 2 (-0,42) associée à l'espèce de Lumbriculidae *Stylodrilus heringianus* (-0,22). Les taxons non identifiés appartenant au groupe des Tubificidae avec ou sans soies capilliformes présentent des corrélations positives avec l'axe 2 (Tableau 18). Donc, l'axe 2 distingue les groupes II et III principalement par l'importance de *Spirosperma ferox* et des espèces de Lumbriculidae dans les échantillons du groupe III. Ces deux derniers taxons sont également corrélés positivement avec l'axe 3 ($> 0,3$) (Tableau 18).

Les taxons, comprenant les Tubificidae sans soies capilliformes avec soies bifides, ont été retrouvés dans 75 % des échantillons et représentent 51 % de la faune des Oligochètes. L'espèce *Limnodrilus hoffmeisteri* appartenant à ce groupe a

Tableau 17 Groupes d'échantillons établis par analyse de groupement à liens intermédiaires sur les matrices des espèces d'Oligochètes dans les échantillons du lac Saint-François (80 échantillons x 34 espèces). * Résultats des tests ANOVA non paramétriques (Tests de Kruskal-Wallis): *** $p \leq 0,001$.

Groupes	Sous-groupes	Stations	Réplicats	Oligochètes: densité moyenne
				$\bar{X} \pm Sx$ (nombre Ind. m ⁻²)
I		4	A	101 ± 28
		11	E	
		91	B	
II-A		4	BE	61 ± 52
		6	A	
		8	ABCDE	
		21	CD	
		57	BCE	
		60	DE	
		91	A	
		94	ACE	
		113	D	
II-B	II-B ¹	4	C	430 ± 173
		6	CD	
		11	B	
		21	AB	
		57	AD	
		60	AC	
		89	D	
	II-B ²	6	BDE	2191 ± 1262
		11	B	
		21	E	
		23	ABCDE	
		60	B	
		89	ACE	
		93	C	
		113	ABCE	
		122	ABCDE	
II-C		89	B	19 527
III-A		93	D	38 ± 27
		94	D	
III-B		4	D	95 ± 74
		32	E	
		78	CDE	
		93	A	
III-C		11	ACD	2711 ± 3332
		32	ABC	
		78	AB	
		93	B	
		94	B	
Inclassés		32	D	4 ± 8
		91	CDE	
		93	E	

Tests de Kruskal-Wallis

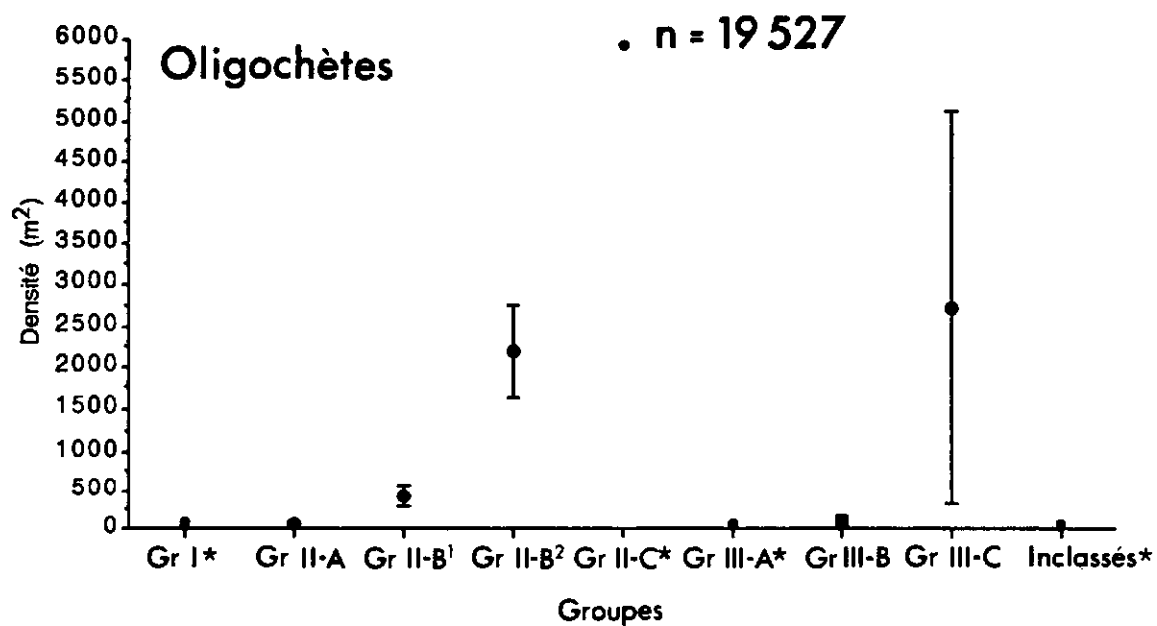


Figure 19 Densité moyenne ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des Oligochètes dans les groupes d'échantillons définis par la typologie basée sur les taxons d'Oligochètes.
 * Valeurs brutes pour les échantillons des groupes I, II-C, III-A et Inclassés.

Tableau 18 Densité totale (nombre Ind. m⁻²), abondance relative (ABR %), constance (%) et contribution (CT) des espèces d'Oligochètes à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales. Seules les corrélations significatives au seuil de probabilité à $p \leq 0,001$ ont été retenues.

Espèces	Densité totale	ABR (%)	Constance (%)	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Axe 3
Tubificidae sans soies capilliformes						
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	10 088	9,9	42,5	-0,45	-	-
<i>Limnodrilus profundicola</i>	308	0,3	5	-0,27	-	-
<i>Limnodrilus</i> sp.	116	0,11	3,7	-0,24	-	-
Taxons avec soies bifides	51 519	50,6	75	-0,50	0,28	-
Tubificidae avec soies capilliformes						
<i>Spirosperma ferox</i> immature	26 027	25,6	33,7	-	-0,42	0,32
<i>Aulodrilus pigueti</i> immature	1786	1,7	17,5	-0,28	-	-
Taxons avec soies capilliformes et pectinées	752	0,7	16,2	-0,23	0,24	-
Naididae						
<i>Stylaria lacustris</i>	4435	4,4	17,5	-0,26	-	-
<i>Dero digitata</i>	443	0,4	6,2	-0,27	-	-
Lumbriculidae						
<i>Stylodrilus heringianus</i>	599	0,6	6,2	-	-0,22	-
Spécimens immatures	1310	1,3	16,2	-	-0,20	0,30

une constance élevée (42 %) et représente 10 % de la densité totale. L'espèce *Spirosperma ferox* du groupe des Tubificidae avec soies capilliformes se retrouve dans plus du tiers des réplicats et représente 26 % de la faune des Oligochètes (Tableau 18).

3.2 Compartiments abiotiques

3.2.1 Eau. - Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau dans les stations d'échantillonnage sont présentées à l'annexe 2. Durant la période d'échantillonnage, la température de l'eau s'est maintenue entre 14 et 18°C. Le pH de l'eau a varié de 6,3 à 8,8. La conductivité théorique (COND-THE) est représentative de la conductivité des eaux vertes du Saint-Laurent avec des variations faibles entre les stations (282 à 330 μ Siemens cm^{-1}). Par contre, la conductivité spécifique (COND-SPE) est beaucoup plus variable (minimum de 156 $\mu\text{S cm}^{-1}$ à la station 94; variations entre 260 et 306 $\mu\text{S cm}^{-1}$ aux autres stations). Les cations majeurs sont le calcium (31 à 36,3 mg l^{-1}), le sodium (9,4 à 1,71 mg l^{-1}) et le magnésium (7 à 8,2 mg l^{-1}). Les sommes des cations (2,6 à 3) et des anions (2,5 à 3) varient très peu entre les stations. La dureté de l'eau varie de 106 à 124 $\text{mg CaCO}_3 \text{l}^{-1}$, et l'alcalinité totale s'échelonne entre 76 et 89 $\text{mg CaCO}_3 \text{l}^{-1}$. La turbidité de l'eau (TURB) varie de 0,3 à 1,4 unités Jackson et les concentrations de matières en suspension (STNF) s'étendent de 0 à 2,1 mg l^{-1} . La couleur apparente de l'eau varie beaucoup, avec des minima de 3 à 6 unités Hazen et des maxima de 12 à 24 unités Hazen. Le coefficient d'extinction de la lumière varie de 0,29 à 2,3 μ Einstein cm^{-1} . Au niveau des éléments nutritifs, les concentrations en phosphore total (PT) et en nitrites-nitrates varient respectivement de 8 à 15 $\mu\text{g l}^{-1}$ et de 0,02 à 0,15 mg l^{-1} .

Les métaux lourds contribuant le plus à la contamination de l'eau et à la variation de la contamination entre les stations sont: le strontium (149 à 178 $\mu\text{g l}^{-1}$), l'aluminium (17 à 96 $\mu\text{g l}^{-1}$), le fer (12,4 à 124 $\mu\text{g l}^{-1}$), le barium (20,2 à 23,9 $\mu\text{g l}^{-1}$), le cuivre (2 à 12,4 $\mu\text{g l}^{-1}$), le manganèse (1,5 à 6,3 $\mu\text{g l}^{-1}$), le zinc (0,8 à 11,7 $\mu\text{g l}^{-1}$) et le nickel (0,4 à 1,3 $\mu\text{g l}^{-1}$). Les autres métaux présentent de très faibles variations ou se situent toujours sous le seuil de détection analytique.

Les trois premiers axes de l'ordination en coordonnées principales, appliquée au compartiment eau expliquent 64 % de la variance totale (Axe 1: 39 %; Axe 2: 14 %; Axe 3: 11 %) (Figure 20). Selon le dendrogramme de groupement à

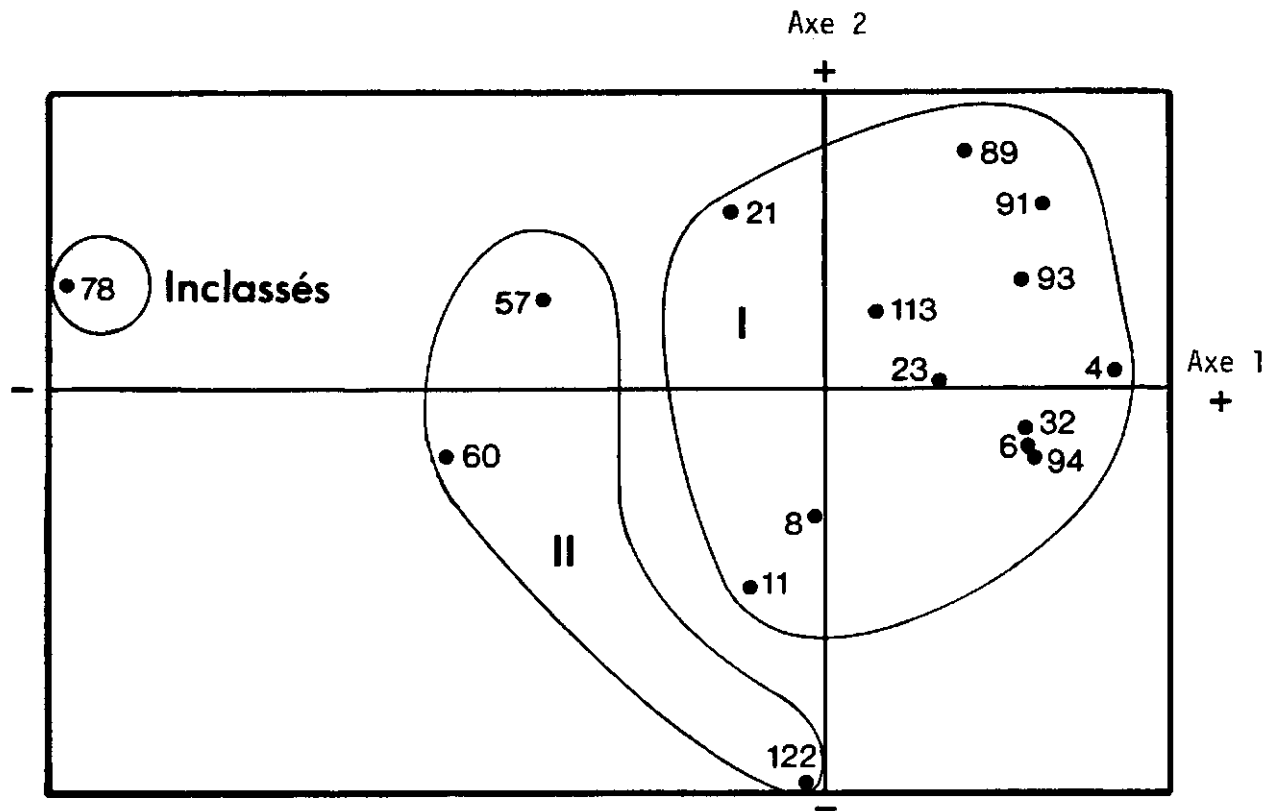


Figure 20 *Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur le compartiment de l'eau.*

liens intermédiaires (Annexe 7), la majorité des stations présentent une forte similarité au niveau de la physico-chimie et de la contamination de l'eau et s'associent pour former le groupe I. Le groupe II comprend trois stations (57, 60 et 122) et la station 78 forme un singleton.

Selon le tableau 19, plusieurs variables physico-chimiques et toxicologiques permettent de distinguer les groupes définis par l'analyse typologique du compartiment eau. Le groupe I comprend les stations présentant les plus hauts niveaux d'alcalinité, de conductivité, de dureté et la plus grande clarté des eaux. Les stations du groupe II se distinguent surtout par une plus faible alcalinité et minéralisation, une plus forte couleur des eaux et des concentrations plus faibles en strontium. La station 78 présente des conditions particulières: eaux très colorées et turbides, alcalinité et minéralisation plus faibles, les plus hauts niveaux en nitrites-nitrates, en solides totaux non filtrables, en aluminium, en cuivre et en fer. L'absence de différences significatives pour plusieurs variables s'expliquent surtout par les faibles effectifs des groupes II et Inclassés.

D'après la contribution des variables à l'inertie des trois premiers axes de l'ordination (Tableau 20), l'axe 1 représente, dans le sens positif, le gradient de minéralisation et d'alcalinité et, dans le sens négatif, les différences de couleur et de turbidité. Au niveau de la contamination des eaux par les métaux lourds, l'axe 1 permet de mettre en évidence des contaminations plus fortes en cadmium et en plomb dans les stations du groupe I et II par rapport à des contaminations plus fortes en cuivre, en lithium et en aluminium à la station 78. L'axe 2 présente des corrélations négatives avec l'oxygène dissous en surface dont la plus forte concentration (15,6 mg l⁻¹) est notée à la station 122 et les concentrations en Co, Fe, Mn, Ni et Sr plus élevées pour les stations situées du côté positif de l'axe 2. Le minimum de chlorures étant enregistré à la station 78, cette variable présente une relation positive avec l'axe 2. Sur l'axe 3, les relations négatives avec le sodium, le cadmium et le zinc et la relation positive avec les nitrites-nitrates, reflètent la répartition des stations 11 et 21 du côté positif de l'axe et des stations 57, 60, 93 et 94 du côté négatif.

3.2.2 Sédiments. - Les niveaux de contamination des sédiments par les métaux lourds et les contaminants organiques sont présentés à l'annexe 4. Les métaux lourds contribuant le plus à la contamination des sédiments sont par ordre d'importance: le manganèse (17 à 435 mg kg⁻¹ sec), le zinc (5 à 96 mg kg⁻¹ sec), le

Tableau 19 Typologie des stations du lac Saint-François obtenue à partir de la matrice des descripteurs reliés à l'eau (16 stations x 38 variables). Les variables retenues dans ce tableau sont celles dont plus de la moitié des valeurs (> 8) se situent au-dessus du seuil de détection et présentaient des corrélations significatives ($p < 0,05$) avec l'un des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales. Les tests non paramétriques Kruskal-Wallis ont été effectués entre les groupes I et II. *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$.

Groupes	Stations	Couleur	Concentration moyenne et écart-type								Turbidité (U.J.)	Phosphore (mg/l)
			Alcalinité totale (mg/l)	Conductivité théorique (µs/cm)	Dureté (mg/l)	Somme des anions (meq/l)	Nitrates-Nitrites (mg/l)	Solides totaux non filtrables	Coefficient d'extinction de la lumière (µ Einstein cm ⁻² s ⁻¹)			
I	4	5,7 ± 5,9	87,0 ± 1,6	324,8 ± 5,0	121,8 ± 1,8	2,9 ± 0,05	0,09 ± 0,05	0,7 ± 0,06	0,8 ± 0,6	0,5 ± 0,3	0,01 ± 0,002	
	6											
	8											
	11											
	21											
	23											
	32											
	89											
	91											
	93											
	94											
113												
II	57	9,7 ± 4,0	81,5 ± 1,7	305,0 ± 7,0	114,1 ± 2,5	2,8 ± 0,06	0,05 ± 0,05	0,8 ± 1,0	0,3 ± 0,3	0,4 ± 0,2	0,010 ± 0,003	
	60											
	122											
Inclassé	78	17	76	282	106,2	2,55	0,13	1,6	-	0,8	0,012	
Tests de Kruskal-Wallis	ns	**	**	**	**	ns	ns	*	ns	ns		

Tableau 19 (suite)

Groupes	Stations	Concentration moyenne et écart types							
		Calcium (mg/l)	Magnésium (mg/l)	Sodium (mg/l)	Potassium (mg/l)	Sulfates (mg/l)	Chlorures (mg/l)	Nickel (mg/l)	Plomb (mg/l)
I	4	35,4 ± 0,7	8,1 ± 0,07	11,3 ± 0,3	1,4 ± 0,05	27,4 ± 0,8	22,0 ± 0,3	0,001 ± 0,0003	0,0004 ± 0,0002
	6								
	8								
	11								
	21								
	23								
	32								
	89								
	91								
	93								
	94								
	113								
II	57	32,8 ± 0,9	7,8 ± 0,06	10,5 ± 0,5	1,4 ± 0,1	26,0 ± 0,5	20,8 ± 0,5	0,001 ± 0,0002	0,0005 ± 0,0003
	60[								
	122								
Inclassé	78	31	7	9,4	1,31	24,2	18,5	0,001	0,001
Tests de Kruskal-Wallis		**	**	ns	ns	*	**	ns	ns

Tableau 19 (suite)

Groupes	Stations	Concentration moyenne et écart types							
		Strontium (mg/l)	Zinc (mg/l)	Aluminium (mg/l)	Cadmium (mg/l)	Cobalt (mg/l)	Cuivre (mg/l)	Fer (mg/l)	Lithium (mg/l)
I	4	0,174 ± 0,003	0,003 ± 0,003	0,037 ± 0,02	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001	0,004 ± 0,0003	0,03 ± 0,02	0,003 ± 0,0001
	6								
	8								
	11								
	21								
	23								
	32								
	89								
	91								
	93								
	94								
	113								
II	57	0,164 ± 0,004	0,003 ± 0,002	0,032 ± 0,003	0,0003 ± 0,0002	0,0001 ± 0	0,004 ± 0,001	0,03 ± 0,01	0,003 ± 0,0001
	60								
	122								
Inclassé	78	0,149	0,0037	0,096	0	0	0,008	0,12	0,002
Tests de Kruskal-Wallis		**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tableau 20 Contribution à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales effectuées sur les variables de la qualité des eaux. Seules les corrélations significatives à un niveau de probabilité $p \leq 0,05$ sont présentées.

Variables abiotiques: Qualité de l'eau	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Axe 3
<u>Physico-chimie de l'eau</u>			
Oxygène surface (mg l ⁻¹)	-	-0,46	-
Conductivité théorique (μs cm ⁻¹)	0,71	-	-
Dureté (mg l ⁻¹)	0,70	-	-
Calcium dissous (mg l ⁻¹)	0,64	-	-
Sodium dissous (mg l ⁻¹)	-	-	-0,40
Somme des anions (meq l ⁻¹)	0,73	-	-
Magnésium dissous (mg l ⁻¹)	0,76	-	-
Alcalinité totale (mg l ⁻¹)	0,75	-	-
Sulfates dissous (mg l ⁻¹)	0,76	-	-
Nitrites-Nitrates (mg l ⁻¹)	-	-	0,37
Coefficient d'extinction lumière (μ Einstein cm ⁻² s ⁻¹)	-	-	-
Couleur apparente	-0,41	-	-
Turbidité (UJ)	-0,52	-	-
Solides totaux non filtrables (mg l ⁻¹)	0,61	-	-
Phosphore total (mg l ⁻¹)	0,72	-	-
Chlorures (mg l ⁻¹)	-	0,47	-
<u>Contamination de l'eau</u>			
Cadmium (mg l ⁻¹)	0,51	-	-0,57
Cuivre (mg l ⁻¹)	-0,60	-	-
Lithium (mg l ⁻¹)	-0,55	-	-
Plomb (mg l ⁻¹)	0,76	-	-
Potassium (mg l ⁻¹)	0,57	-	-
Cobalt (mg l ⁻¹)	-	-0,66	-
Fer (mg l ⁻¹)	-	-0,56	-
Manganèse (mg l ⁻¹)	-	-0,66	-
Nickel (mg l ⁻¹)	-	-0,47	-
Strontium (mg l ⁻¹)	-	-0,59	-
Zinc (mg l ⁻¹)	-	-	-0,50
Aluminium (mg l ⁻¹)	-0,45	-	-

cuivre (2 à 37 mg kg⁻¹ sec), le plomb (2 à 14 mg kg⁻¹ sec), le nickel (< 2 à 34 mg kg⁻¹ sec) et l'arsenic (0,5 à 3,7 mg kg⁻¹ sec). Le cadmium et le sélénium ont des concentrations plus faibles (Se: < 0,1 à 3 mg kg⁻¹ sec; Cd: < 1,1 à 8 mg kg⁻¹ sec) et les concentrations sont souvent en-dessous du seuil de détection analytique. Le mercure varie de < 0,03 à 0,33 mg kg⁻¹ sec. Parmi les contaminants organiques, seulement 8 composés (β -BHC, Epoxyde-Heptachlore, Phénanthrène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo (a) anthracène, Chrysène et Benzo fluoranthènes) présentent plus de 6 valeurs sur 16 au-dessus des seuils de concentration (Annexe 4).

Les trois premiers axes de l'ordination en coordonnées principales basée sur le compartiment sédiment expliquent 65 % de la variance totale (Axe 1: 31 %; Axe 2: 18 %; Axe 3: 16 %) (Figure 21). Les résultats du dendrogramme de groupement à liens intermédiaires (Annexe 7) permettent de définir deux groupes de stations. La majorité des stations s'associent pour former le groupe I-B tandis que le groupe I-A est constitué des stations 4 et 93. Les stations 6, 23 et 94 forment des singletons.

Le tableau 21 présente les caractéristiques des groupes de stations et des singletons. Le groupe I-A regroupe les stations 4 et 93 de profondeur supérieure à 2 mètres, plus fortement contaminées en métaux lourds (surtout en mercure) et en contaminants organiques que les stations moins profondes du groupe I-B. La station 6 se singularise par les plus fortes contaminations en Cu, Mn, Ni, As, Zn et une très faible contamination organique. À l'opposé, la station 94 représente le niveau maximum de contamination organique et en mercure.

D'après le tableau 22 et la figure 21, l'axe 1 discrimine les stations 6 et 94 qui s'opposent par les niveaux de contamination en mercure et en contaminants organiques. Ces deux paramètres sont d'un ordre de magnitude plus fort à la station 94. L'axe 2 distingue le groupe I-B du groupe I-A et de la station 23 selon un gradient positif de profondeur et de contamination en métaux lourds et en contaminant organique. L'axe 3 distingue surtout la station 6 où l'on retrouve les plus fortes concentrations en cuivre, en manganèse et en nickel.

3.3 Indices biotiques

3.3.1 ICI. - Les valeurs et les cotes de chaque métrique (M1 à M9A) de même que la valeur totale de l'ICI pour chacun des réplicats dans les stations d'échantillonnage au lac Saint-François sont colligées aux annexes 6A et 6B. Le

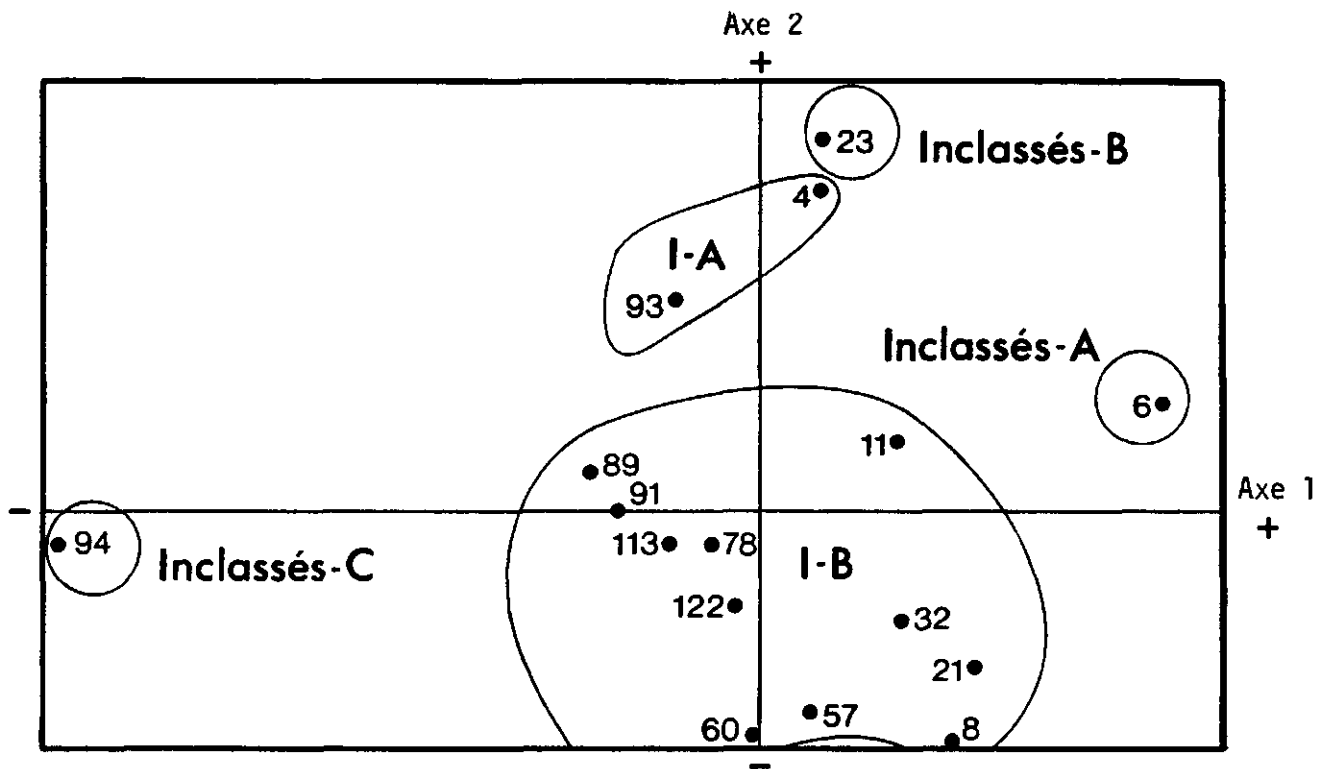


Figure 21 Distribution des groupes d'échantillons selon les deux premiers axes de l'analyse en coordonnées principales basée sur le compartiment sédiment.

Tableau 21 *Typologie des stations du lac Saint-François obtenue à partir de la matrice des descripteurs reliés aux sédiments (16 stations x 30 variables). Les variables retenues dans ce tableau sont celles dont plus de la moitié des valeurs (> 8) se situaient au-dessus du seuil de détection et présentaient des corrélations significatives à $p \leq 0,05$ avec l'un des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales. Le faible effectif de stations dans le groupe I-A n'a pas permis de réaliser les tests ANOVA non paramétriques pour comparer les deux principaux groupes de stations.*

Groupes	Stations	Concentration moyenne et écart-type				
		Profondeur (% de sable)	Cuivre (mg/kg)	Manganèse (mg/kg)	Nickel (mg/kg)	Plomb (mg/kg)
I-A	4 93	3 ± 1,4 m (82,9 ± 0,2 %)	13,0 ± 0	102,7 ± 15,2	7,25 ± 17,7	13,0 ± 1,41
I-B	8 11 21 32 57 60 78 89 91 113 122	1,5 ± 0,6 m (78,5 ± 11 %)	9,27 ± 7,90	92,36 ± 66,5	5,68 ± 4,54	5,82 ± 3,84
Inclassés-A	6	3,5 m (38,5 %)	37,0	435,0	34,0	10,0
Inclassés-B	23	3,0 m (80,6 %)	10,0	137,0	6,0	12,0
Inclassés-C	94	1,0 m (85,7 %)	10,0	90,0	5,0	4,0

Tableau 21 (suite)

Groupes	Stations	Concentration moyenne et écart-type			
		Arsenic (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Mercure (mg/kg)	Selenium (mg/kg)
I-A	4 93	2,45 ± 0,91	46,25 ± 53,4	0,2 ± 0,02	0,575 ± 0,035
I-B	8 11 21 32 57 60 78 89 91 113 122	1,67 ± 1,06	36,86 ± 31,37	0,04 ± 0,06	0,70 ± 0,87
Inclassés-A	6	3,7	58,0	0 ^a	< 0,02
Inclassés-B	23	1,8	42,0	0,06	0,5
Inclassés-C	94	2,2	85,0	0,33	0,5

Tableau 21 (suite)

Groupes	Stations	Concentration moyenne et écart-type				
		β -BHC (mg/kg poids sec)	Pyrène (mg/kg poids sec)	Fluoranthène (mg/kg poids sec)	Phénanthrène (mg/kg poids sec)	Epoxyde-Heptachlore (mg/kg poids sec)
I-A	4 93	0,035 $\pm$ 0,007	0,065 $\pm$ 0,007	0,075 $\pm$ 0,021	0,060 $\pm$ 0,014	0,375 $\pm$ 0,092
I-B	8 11 21 32 57 60 78 89 91 113 122	0,014 $\pm$ 0,16	0,052 $\pm$ 0,051	0,053 $\pm$ 0,054	0,064 $\pm$ 0,043	0,151 $\pm$ 0,148
Inclassés-A	6	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0,062	0,01
Inclassés-B	23	0,015	0,05	0,053	0,081	0,14
Inclassés-C	94	0,11	0,48	0,5	0,41	1,4

^a Valeurs au niveau du seuil de détection

Tableau 22 Contribution (CT) à l'inertie des 3 premiers axes de l'analyse en coordonnées principales des variables sur la qualité des sédiments. Seules les corrélations singnificatives à $p \leq 0,05$ sont présentées.

Variables abiotiques: Qualité des sédiments	CT: Axe 1	CT: Axe 2	CT: Axe 3
Métaux			
Cuivre	-	0,63	0,56
Manganèse	-	0,52	0,40
Nickel	-	0,55	0,43
Plomp	-	0,74	-
Arsenic	-	0,52	0,49
Zinc	-0,37	0,45	0,53
Cadmium	-	0,40	-
Mercuré	-0,57	0,44	-
Selenium	-0,41	-	-
Organiques			
Arochlor 1248	-	0,46	-
Endrine	-	-	-
Phénanthrène	-	-	0,39
Benzo fluoranthènes	-	0,49	-0,39
α -BHC	-0,51	-	-
Epoxyde-Heptachlore	-0,40	-	-
Fluoranthène	-0,71	-	-
Pyrène	-0,71	-	-
Benzo (a) anthracène	-0,42	0,38	-
Chrysène	-0,54	-	-
Caractéristiques physiques			
Herbier	-0,64	-	-
Profondeur	-	0,50	-
% gravier	-	-	-0,42
% sable	-	-	-0,38
% limon	-	-	0,38

tableau 23 présente les cotes moyennes et l'écart type de la cote moyenne des métriques et de l'ICI pour chaque station d'échantillonnage. Les valeurs moyennes de l'ICI varient d'un minimum de 7 à la station 8 à un maximum de 27 à la station 4 (Figure 22). Les différences inter-stations dans les valeurs moyennes de l'ICI sont statistiquement significatives (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,001$; Conover, 1980) (Tableau 24). Deux stations (4 et 6) situées au nord-est du lac affichent les plus fortes valeurs d'ICI (> 25). Plusieurs stations (11, 21, 23, 57, 60, 78 et 93) ont des valeurs moyennes d'ICI comprises entre 20 et 25. Les stations 32, 89, 91, 94, 113 et 122 ont des ICI moyens plus faibles, compris entre 10 et 20 tandis que la station 8 affiche la valeur d'ICI la plus faible (7,2) (Tableau 23; Figure 22).

En analysant les cotes moyennes de chaque métrique, il apparaît que certaines métriques varient très peu entre les stations et sont toujours très proches de la cote minimum de 0; il s'agit du nombre de taxons et du pourcentage des Ephémères (M2 et M5) et du pourcentage des Tanytarsini (M7) (Tableau 23). Des tests ANOVA non paramétriques (tests de Kruskal-Wallis; Conover 1980) ont été effectués pour tester les différences entre les stations dans les cotes moyennes des métriques (Tableau 24). Les métriques ayant le plus d'influence sur la valeur de l'ICI et ayant un pouvoir de discrimination entre les stations sont le nombre total de taxons (M1: $p = 0,0004$), le nombre de taxons et le pourcentage des Trichoptères (M3: $p = 0,0156$ et M6: $p = 0,0026$), le nombre de taxons de Diptères (M4: $p < 0,0000$), le pourcentage des autres Diptères et invertébrés non insectes (M8: $p = 0,0312$) et le pourcentage d'organismes tolérants (M9A: $p < 0,0000$).

La métrique M1 (Figure 23) reflète le gradient de richesse spécifique et discrimine les stations 91 et 94 sur la rive nord et la station 8 sur la rive sud, les plus pauvres en taxons, des stations 4, 6, 23, 89 et 113, les plus riches en taxons. Les stations 32 et 93 sur la rive nord et les stations 11, 21, 57, 60, 78 et 122 sur la rive sud (cotes comprises entre 2 et 4) ont une position intermédiaire. La métrique M3 (Figure 23), associée au nombre de taxons de Trichoptères, est peu discriminante, exception faite pour les stations les moins riches en taxons (8, 91 et 94). Compte tenu de la valeur seuil de 3 taxons de Trichoptères pour la cote maximum de 6 (Tableau 3), la majorité des stations ont des cotes supérieures à 4. La métrique M4 (Figure 23), associée à la diversité du peuplement des Diptères indique que plusieurs stations ont plus de 4 taxons ($> \text{cote } 4$) dans ce groupe (stations 4, 6, 23 et 89 sur la rive nord; stations 21, 57 et 113 sur la rive sud), le maximum de plus de 8 taxons (cote 6) étant

Tableau 23 Cotes moyennes ($\bar{X}$) $\pm$ écart type (Sx) des métriques et de la valeur de l'ICI dans chaque station du lac Saint-François.

Station		M1 $\bar{X} \pm Sx$		M2 $\bar{X} \pm Sx$		M3 $\bar{X} \pm Sx$		M4 $\bar{X} \pm Sx$		M5 $\bar{X} \pm Sx$		M6 $\bar{X} \pm Sx$		M7 $\bar{X} \pm Sx$		M8 $\bar{X} \pm Sx$		M9A $\bar{X} \pm Sx$		ICI $\bar{X} \pm Sx$	
Rive nord	4	4,0	1,4	0,0	0,0	6,0	0,0	4,4	1,7	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	2,8	3,0	4,0	0,0	27,2	3,0
	6	4,4	1,7	0,4	0,9	5,6	0,9	5,6	0,9	0,0	0,0	5,6	0,9	0,0	0,0	1,2	2,7	2,8	1,1	25,6	4,8
	23	6,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,9	6,0	0,0	0,0	0,0	4,4	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,9	23,6	3,3
	32	2,8	1,8	0,0	0,0	4,8	2,7	1,6	2,2	0,0	0,0	2,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	1,7	14,8	5,9
	89	4,8	1,1	0,0	0,0	5,6	0,9	4,4	0,9	0,0	0,0	1,6	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,8	17,6	4,3
	91	0,8	1,1	0,0	0,0	3,2	2,7	0,8	1,1	0,0	0,0	2,8	3,0	1,2	2,7	0,8	1,1	1,6	0,9	11,2	11,1
	94	1,6	2,2	0,0	0,0	3,6	2,2	1,2	1,8	0,0	0,0	4,0	2,4	0,0	0,0	0,4	0,9	5,2	1,1	16,0	7,5
	93	2,4	2,2	0,0	0,0	5,6	0,9	1,6	2,6	0,0	0,0	4,4	1,7	0,0	0,0	1,2	2,7	5,2	1,1	20,4	7,8
Rive sud	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,1	2,0	1,4	0,0	0,0	2,4	3,3	1,2	2,7	0,0	0,0	0,8	1,1	7,2	5,8
	11	3,6	0,9	0,0	0,0	6,0	0,0	1,6	0,9	0,0	0,0	5,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,9	22,4	2,2
	21	2,8	1,8	0,8	1,1	5,2	1,1	4,4	0,9	0,0	0,0	4,4	1,7	0,0	0,0	0,4	0,9	5,2	1,1	23,2	6,1
	57	2,4	1,7	0,0	0,0	5,2	1,1	4,0	1,4	0,0	0,0	3,2	2,3	1,2	1,8	0,0	0,0	5,6	0,9	21,6	6,5
	60	3,2	2,3	0,0	0,0	5,2	1,8	2,8	1,8	0,0	0,0	3,2	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	20,4	5,4
	113	4,8	1,8	0,0	0,0	5,2	1,8	5,2	1,1	0,0	0,0	1,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	18,8	4,6
	122	3,2	1,8	0,0	0,0	4,0	2,4	2,8	1,8	0,0	0,0	1,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,8	12,4	6,8
	78	2,4	2,2	0,0	0,0	5,2	1,8	1,2	1,8	0,0	0,0	4,8	1,8	0,0	0,0	2,8	3,0	5,6	0,9	22,0	7,7

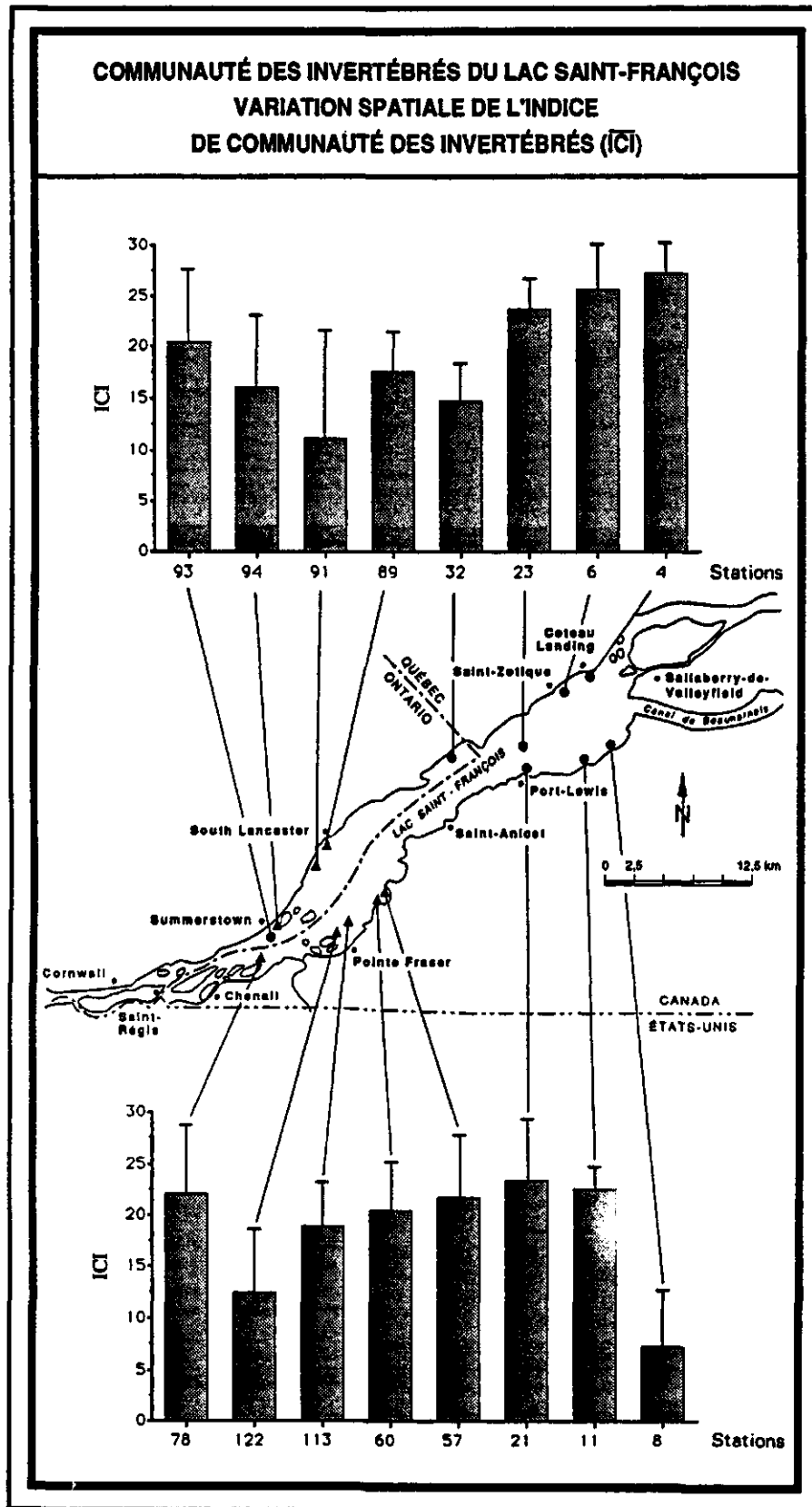
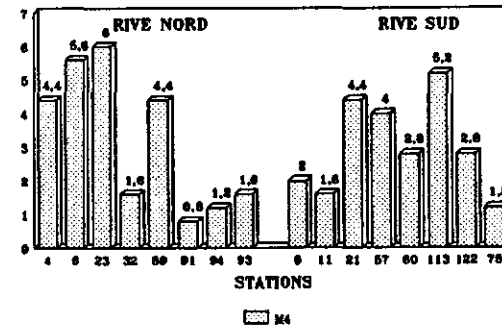
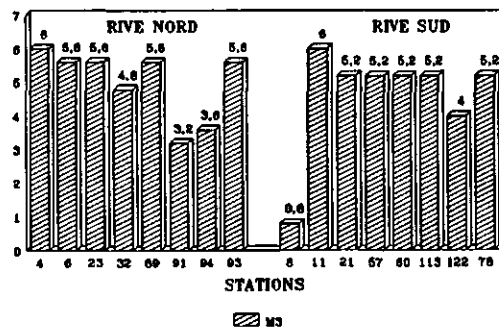
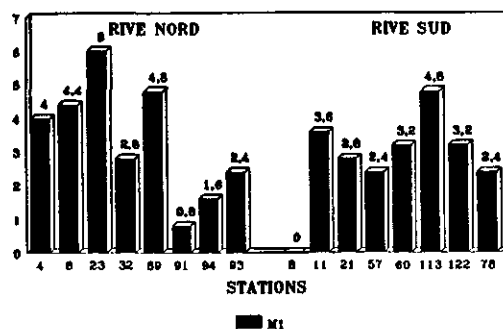


Figure 22 Valeurs moyennes de l'indice ICI dans chaque station.

Tableau 24 ANOVA réalisés pour tester les différences entre les stations dans les cotes moyennes des métriques et dans la valeur moyenne de l'ICI. Valeur de la statistique T du test de Kruskal-Wallis (Conover, 1980).
p: probabilité; Sign: signification.
 * $p \leq 0,05$; ** $0,05 < p \leq 0,01$; *** $0,01 < p \leq 0,001$

Différences entre stations	T Kruskal-Wallis	p	Sign.
M1	40,2	0,0004	***
M2	24,3	0,0605	ns
M3	29,1	0,0156	*
M4	48,9	< 0,0000	***
M5	-	-	-
M6	34,8	0,0026	**
M7	20,4	0,1580	ns
M8	26,7	0,0312	*
M9A	62,6	< 0,0000	***
ICI	36,4	0,0015	**



LAC SAINT FRANCOIS

METRIQUES (COTES MOYENNES)

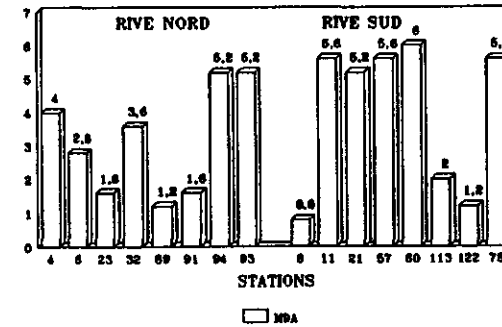
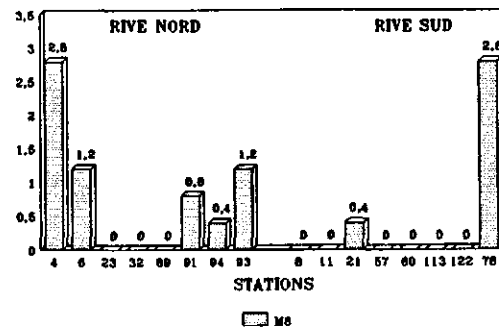
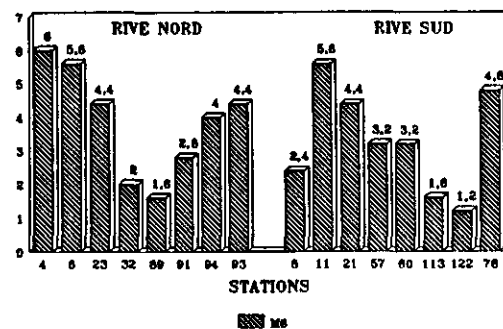


Figure 23 Cotes moyennes des différentes métriques de l'Indice ICI dans chaque station.

caractéristique des échantillons de la station 23. On note très peu de taxons de Diptères aux autres stations, en particulier aux stations 32, 91, 93 et 94 sur la rive nord et aux stations 8, 11, 60, 78 et 122 sur la rive sud. La métrique M6 (Figure 23) reflète l'importance relative des Trichoptères qui représentent en moyenne plus de 4 % (cotes 5 et 6) du benthos total aux stations 4, 6 et 11, entre 2 et 4 % (cotes 3 et 4) du benthos total aux stations 23, 91, 94 et 93, et moins de 2 % (cotes 1 et 2) du benthos total aux stations 32, 89, 8, 113 et 122. La métrique M8 (Figure 23) représente l'importance relative des invertébrés autres que les Insectes, en particulier des Mollusques, des Oligochètes et des Amphipodes ainsi que des Diptères autres que les Tanytarsini. Bien qu'elle ait un pouvoir de discrimination peu élevé, cette métrique permet de montrer que la majorité des stations (9 sur 16) ont plus de 91 % du benthos composé de ces groupes d'invertébrés. Les plus fortes cotes de la métrique M8 correspondent aux stations 4 et 78 ayant les plus faibles pourcentages d'Invertébrés autres que les Insectes. Finalement, la métrique M9A (Figure 23), associée à la prépondérance des organismes tolérants à la pollution, affiche le plus fort pouvoir de discrimination entre les stations. Les stations abritant les plus forts pourcentages moyens d'organismes tolérants à la pollution ($> 42\%$) (cote < 2) sont les stations 23, 89 et 91 sur la rive nord et les stations 8, 113 et 122 sur la rive sud; celles ayant les plus faibles pourcentages moyens ($< 22\%$) (cotes 5 et 6) d'organismes tolérants sont les stations 93 et 94 sur la rive nord et les stations 11, 21, 57, 60 et 78 sur la rive sud. Les stations 4, 6 et 32 ont des positions intermédiaires (cote = 2 ou 4).

La figure 24 présente les valeurs des métriques dans chaque station. Afin de tester si la variabilité inter-stations des métriques et de l'ICI était plus importante que la variabilité inter-réplicats dans l'ensemble des stations, nous avons appliqué à chaque métrique et à l'indice ICI global, un test ANOVA non paramétrique à deux critères de classification (station, réplicat) (test Friedmann; Conover, 1980). Les résultats de ces analyses sont rapportés au tableau 25 et indiquent que les différences entre les stations sont fortement significatives pour les métriques M1, M4, M6 et M9A et pour l'ICI global. Par contre, les différences entre les réplicats sont beaucoup moins significatives que les variations inter-stations. Ces variations inter-réplicats s'expliquent par le fait qu'en moyenne les échantillons des réplicats A et B avaient davantage de taxons à la fois pour le benthos total et le groupe des Diptères que les échantillons des réplicats C, D et E.

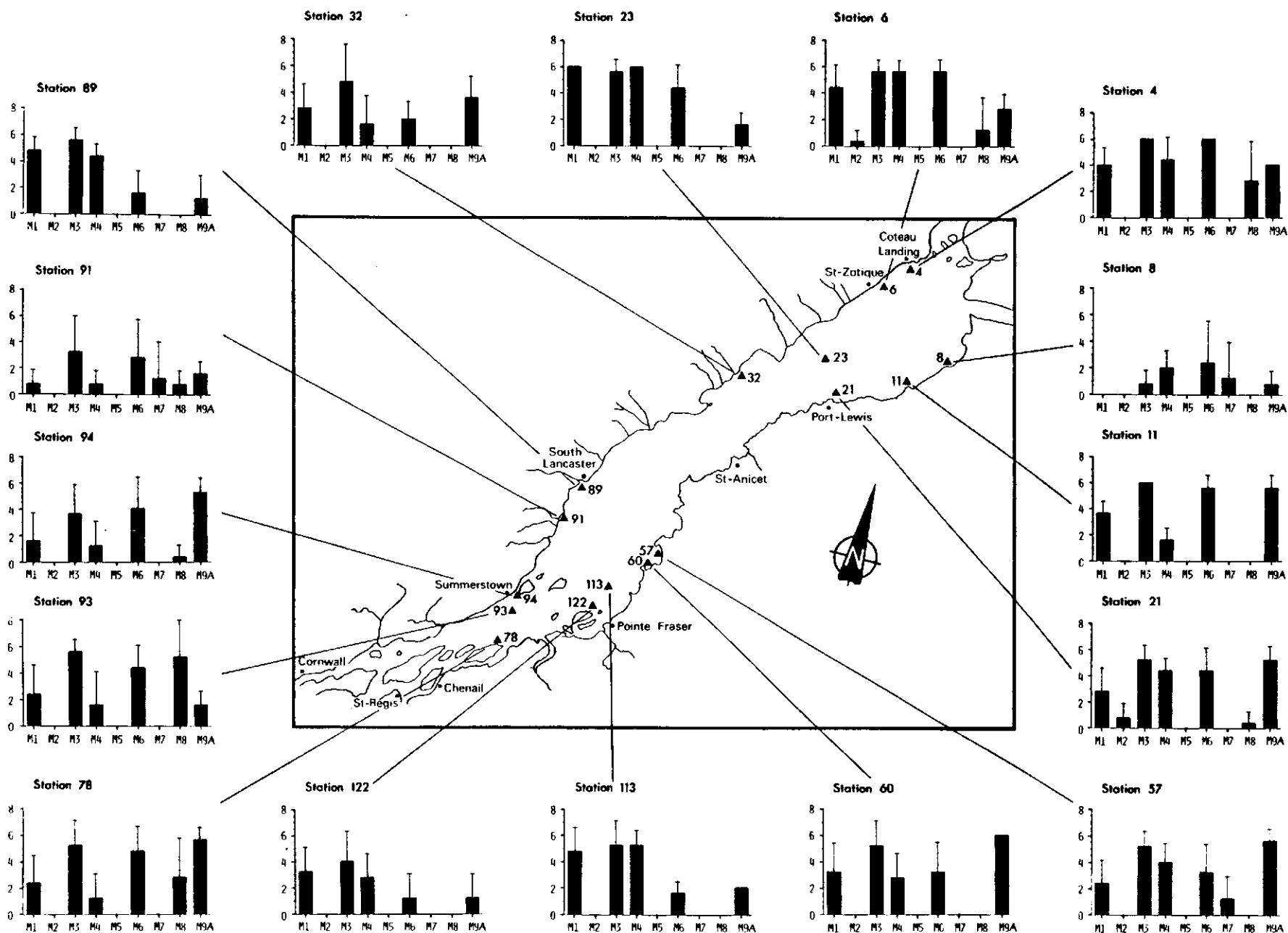


Figure 24 Cotes moyennes de chaque métrique présentant des variations significatives pour l'ensemble des stations.

Tableau 25 Tests de Friedman (ANOVA non paramétrique à deux critères de classification; Conover, 1980) réalisés pour déterminer la signification statistique des variations inter-stations et inter-réplicats. Valeur de la statistique du test de Friedman; p: probabilité; Sign.: signification.
 * $p \leq 0,05$; ** $0,05 < p \leq 0,01$; *** $0,01 < p \leq 0,001$

Critères de classification	Stations (n = 16)			Réplicats (n = 5)		
	Friedman statistique	p	Sign.	Friedman Statistique	p	Sign.
M1	46,0	0,0001	***	15,4	0,004	**
M2	24,8	0,0532	ns	6,4	0,1712	ns
M3	29,8	0,0129	*	9,1	0,0589	ns
M4	49,8	< 0,0000	***	10,6	0,0309	*
M5	-	-		-	-	
M6	33,5	0,0040	**	1,6	0,8046	ns
M7	20,2	0,1658	ns	4,6	0,3360	ns
M8	28,0	0,0217	*	6,6	0,1563	ns
M9A	61,9	< 0,0000	***	6,6	0,1569	ns
ICI	38,6	0,0007	***	8,8	0,0648	ns

La figure 25 permet de comparer les cotes moyennes ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) des métriques significativement différentes entre les stations (M1, M3, M4, M6, M8 et M9A) et la valeur de l'ICI dans chaque station.

3.3.2 Indices de Lafont. - Le tableau 26 rapporte pour chaque station d'échantillonnage, les valeurs moyennes et les cotes des indices de Lafont ($I_{o\text{ riv.}}$, $E_{o\text{ riv.}}$ et $E_{o\text{ lac}}$) basées sur le peuplement des Oligochètes. Les valeurs des indices Lafont pour chacun des échantillons sont colligées à l'annexe 6-C. Sur la rive nord du lac, l'indice $I_{o\text{ riv.}}$ moyen varie d'un minimum de 0,24 à la station 89 à un maximum de 7,1 à la station 93. Sur la rive sud du lac, il varie d'un minimum de 0,17 à la station 122 à un maximum de 13,9 à la station 78. L'indice $E_{o\text{ riv.}}$ moyen fluctue de A_2 (station 89) à F_1 (station 91) sur la rive nord et de A_1 (station 57) à F_1 (stations 11 et 78) sur la rive sud. L'indice $E_{o\text{ lac}}$ présente assez peu de variations. Ses cotes varient de B-0,48-a (station 91) à D-2,34-b (station 23) sur la rive nord et de B-0,75-a (station 8) à C-2,22-a (station 113).

Selon la classification biologique établie par Lafont (1984) pour les stations de rivière, on distingue plusieurs niveaux de pollution selon les valeurs ou les cotes des indices $I_{o\text{ riv.}}$ et $E_{o\text{ riv.}}$:

- Stade 1: stade ultime de pollution: $I_o < 0,9$ et $E_o = A$ ou B
- Stade 2: stade toxique: $I_o: 1,0-1,4$ et $E_o = C$ ou B ou A
- Stade 3: haut niveau de pollution: $I_o: 1,5-1,9$ et $E_o = C$ ou B
- Stade 4: pollution intermédiaire: $I_o: 2-5$ et $E_o = E$ ou D ou C ou B
- Stade 5: pollution légère: $I_o: > 5$ et $E_o = F$ ou E ou D

En appliquant cette classification et en considérant que ces indices ($I_{o\text{ riv.}}$ et $E_{o\text{ riv.}}$) représentent une pollution d'origine organique, les stations les plus polluées seraient les stations 8, 21, 57, 60, 113 et 122 sur la rive sud et les stations 4, 6 et 89 sur la rive nord. Les stations 23, 91 et 94 sur la rive nord sont au stade 3 et 2 et correspondent à un haut niveau de pollution. Seules les stations 32 et 93 sur la rive nord et les stations 11 et 78 sur la rive sud se situent au stade 5 caractéristique d'une pollution légère. En général, la classification établie par les indices de rivières basés sur le peuplement des Oligochètes (Tableau 26; Figure 26) ne correspond pas à celle établie par l'indice ICI (Figure 25; Tableau 23). Par exemple, les stations 11, 32, 78 et 93 considérées peu polluées avec un $I_{o\text{ riv.}} > 5$, sont classées dans la catégorie des

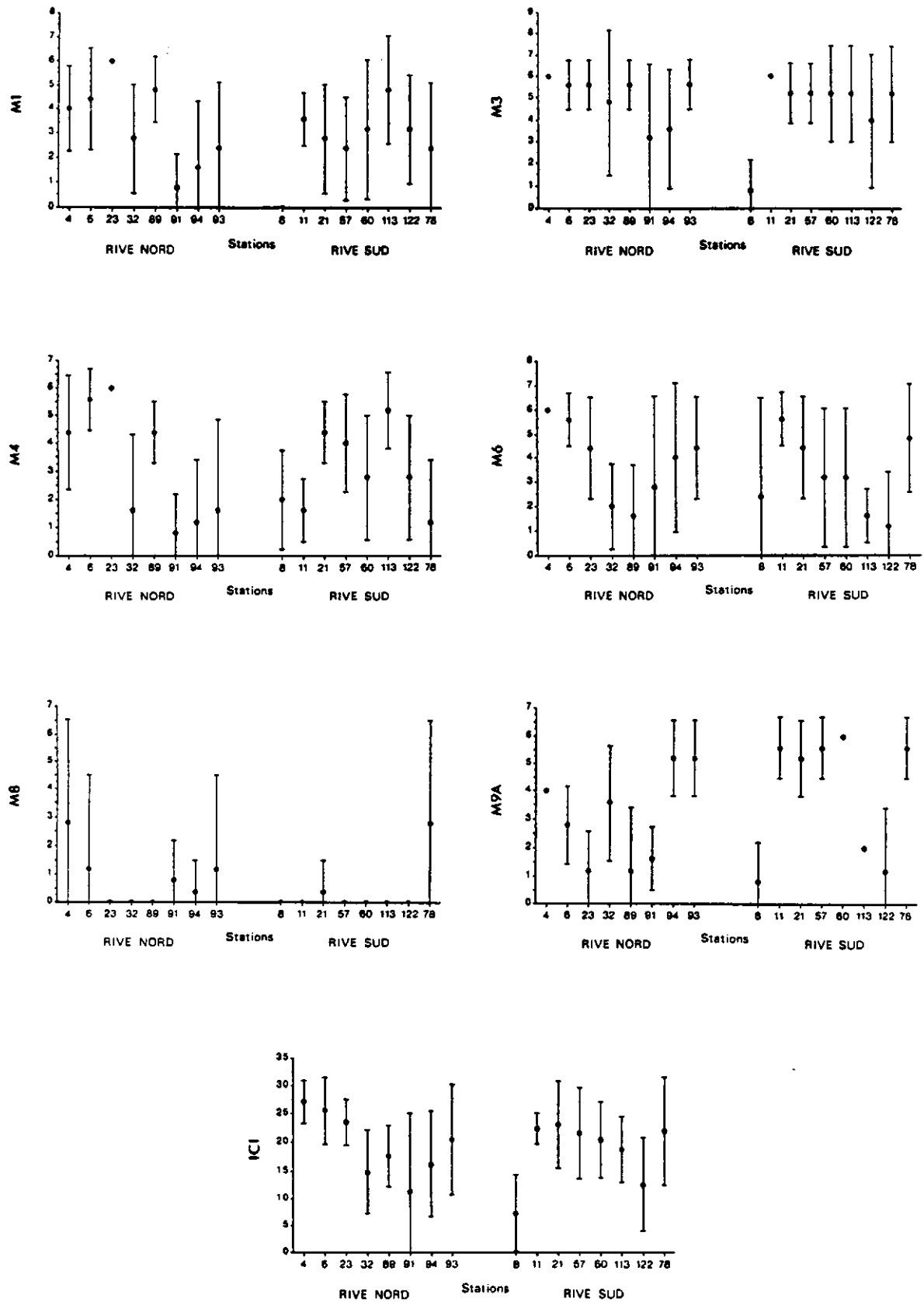


Figure 25 Cotes moyennes des métriques et valeurs moyennes ($\pm$ intervalle de confiance à 95 %) de l'Indice ICI basé sur les communautés benthiques dans les stations du lac Saint-François.

Tableau 26 Valeurs moyennes des indices de Lafont (I_o riv., E_o riv., E_o lac) pour les stations du lac Saint-François. $I_o = 10 S.T^{-1}$ où S = nombre d'espèces d'Oligochètes et T = abondance relative de Tubificidae sans soies capilliformes; E_o = indice composite tenant compte de l'abondance relative et du nombre d'espèces de Tubificidae sans soies capilliformes dans les rivières. E_o lac = indice composite lacustre tenant compte de la richesse spécifique (n) et de l'abondance de toutes les espèces d'Oligochètes (N = nombre Ind. $0,1 m^{-2}$) et du nombre d'espèces oxyphiles (n_o).

Stations	I_o (extrêmes)	E_o (distribution)	n	E_o lac Log N	n_o
Rive nord	4 0,48 (0,10-0,75)	C_1 ($1A_1, 3C_1, 1D_1$)	B	1,2	a
	6 0,86 (0,10-1,63)	C_2 ($1A_1, 1B_2, 1B_3, 1C_2, 1D_2$)	D	1,92	b
	23 0,98 (0,56-1,84)	C_2 ($1C_1, 1C_2, 1C_3, 1D_2, 1E_2$)	D	2,34	b
	32 6,02 (0,10-10,0)	E_1 ($1A_1, 4F_0$)	B	2,62	a
	89 0,24 (0,1-0,32)	A_2 ($2A_2, 1A_3, 2B_2$)	B	2,79	b
	91 1,06 (0-5,0)	F_1 ($1C_1, 4F_0$)	B	0,48	a
	94 2,30 (0,30-10,0)	C_1 ($1A_1, 1B_2, 1C_2, 1E_1, 1F_0$)	B	1,0	a
	93 7,1 (0-20,0)	D_1 ($1A_1, 1B_4, 3F_0$)	B	1,71	a
Rive sud	8 0,19 (0,10-0,40)	B_1 ($2A_1, 2B_1, 1C_1$)	B	0,75	a
	11 6,4 (0,69-15,0)	F_1 ($1D_2, 1E_1, 2F_0, 1F_1$)	C	1,75	c
	21 0,23 (0,10-0,35)	B_2 ($1A_2, 1A_3, 1B_1, 2B_2$)	B	1,43	a
	57 0,19 (0,10-0,32)	A_1 ($1A_1, 3A_2, 1C_1$)	B	1,33	a
	60 0,54 (0,10-1,34)	B_1 ($2A_1, 1C_1, 2C_2$)	C	1,72	b
	113 0,47 (0,2-0,87)	B_3 ($1A_3, 2B_2, 1B_3, 1C_3$)	C	2,22	a
	122 0,17 (0,10-0,43)	A_2 ($1A_1, 3A_2, 1A_3$)	B	2,33	a
	78 13,9 (9,4-20,0)	F_1 ($1E_0, 3F_0, 1F_1$)	C	1,86	b

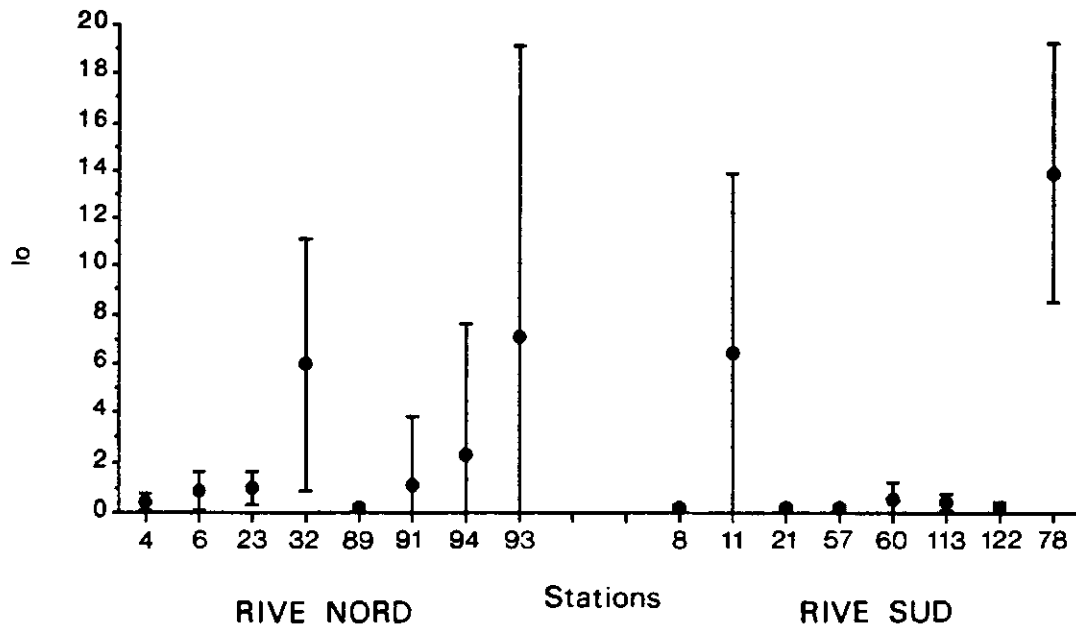


Figure 26 Valeurs moyennes ($\pm$ Intervalle de confiance à 95 %) de l'indice $I_o Riv.$ basé sur les peuplements d'Oligochètes dans les stations du lac Saint-François.

stations avec un ICI faible (< 20 ; stations 32 et 93) ou intermédiaire ($ICI = 20-22$; stations 11 et 78). Par contre, les stations 4 et 6 dont l'indice ICI est supérieur à 26 sont classées dans la catégorie des stations avec les $I_{o\text{ riv.}} < 0,9$. Ces divergences peuvent s'expliquer de diverses façons. Tout d'abord, il existe parfois une assez forte variabilité inter-répliat dans les valeurs des indices de Lafont dans les stations considérées comme peu polluées (Tableau 26: stations 11, 32, 91, 93 et 94). Deuxièmement, les indices $I_{o\text{ riv.}}$ et $E_{o\text{ riv.}}$ ont été développés sur des sédiments fins de rivières et ne sont peut-être pas adaptés aux sédiments généralement sableux du lac Saint-François (Annexe 3-A). Ces éléments constituent donc plusieurs difficultés vis-à-vis de l'application des indices de rivières dans les stations du lac Saint-François. En conséquence, nous avons aussi appliqué l'indice lacustre de Lafont et Juget (1985) développé au lac Léman. En général, cet indice $E_{o\text{ lac}}$ présente une plus faible variabilité. En comparant chacune des cotes de l'indice $E_{o\text{ lac}}$, il ressort que la richesse spécifique du peuplement des Oligochètes est généralement faible; la cote varie de B (1-2 espèces; stations 4, 32, 89, 91, 93 et 94) à D (5-6 espèces; stations 6 et 23) sur la rive nord et de B (1-2 espèces; stations 8, 21, 57 et 122) à C (3-4 espèces; stations 11, 60, 78 et 113) sur la rive sud. Au niveau de l'abondance du peuplement, les densités minimums sont notées à la station 91 sur la rive nord et à la station 8 sur la rive sud tandis que les densités maximales sont observées à la station 89 sur la rive nord et à la station 122 sur la rive sud. Le troisième code correspondant au nombre d'espèces oxyphiles n'est pas très informatif; il indique que la station 11 sur la rive sud abrite le plus grand nombre d'espèces oxyphiles ($c = 2$) tandis que la majorité des autres stations (10/16) n'en ont pas du tout ($a = 0$). En général, l'indice lacustre ne démontre pas un grand pouvoir de discrimination entre les stations et indique que, mise à part la station 11, la structure des peuplements d'Oligochètes (en particulier l'absence ou une très faible diversité d'espèces oxyphiles) démontre un niveau important de pollution organique dans les stations du lac Saint-François.

3.4 Relation entre la structure des communautés et les facteurs environnementaux

3.4.1 Nombre moyen de taxons

3.4.1.1 Compartiment eau. - Le tableau 27 présente les corrélations obtenues ($p \leq 0,1$) entre les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de l'eau et les nombres de taxons dans les principaux groupes taxonomiques. Seules les

Tableau 27 Relations entre les nombres de taxons dans les grands groupes taxonomiques et les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de l'eau. $p < 0,1$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

	Trichoptères	Diptères	Gastéropodes Prosobranches	Gastéropodes Pulmonés	Oligochètes Tubificidae sans soies capilliformes	Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes	Oligochètes Tubificidae totaux	Amphipodes
Couleur	-	-	-0,32	-0,34	-	-	-	0,49***
STNF	0,33	-	-	-	-	0,43*	-	-
Turbidité	-	-	-	-0,32	-	-	-	-
Alcalinité totale	-	-	-	0,38*	-	-	-	-
pH	-	-	-	-	-	-0,65***	-	0,40*
Conductivité théorique	-	-	-	-	-	-	-	-
Conductivité spécifique	-	-	-	-	-	-	-	-0,66***
Dureté	-	-	-	0,35	-	-	-	-
Somme des anions	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des cations	-	-	-	0,37	-	-	-	-
Bilan ionique	-	-	0,32	0,44*	-	-	-	-
NO ₂ + NO ₃	-	-	0,39*	0,33	-	-	-	-
Phosphore total	0,33	-	-	-	-	0,47*	-	-0,46*
Ca dissous	-	-	-	0,34	-	-	-	-
Mg dissous	-	-	0,37*	-	-	-	-	-0,54**
Na dissous	-	-	0,33	0,41**	-	-	-	-
K dissous	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-0,32
Chlorures	-	-	0,35	0,31	-	-	-	-0,40*
Coefficient d'extinction de la lumière	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxygène surface	-	-	-	0,63*	-	-	-	-
Oxygène 1 m	-	-	-	-	-	-	-	-
Température surface	-	-	-	0,34	-	0,36	-	-0,49**
Mn	-	-	-	-0,39*	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-0,32	-0,51*	-	-0,34	-0,41*	-	-0,33	-
Sr	-	-	-	0,34	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-0,32	-	-	-	-
Al	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-
Be	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-0,41*	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-	-	-0,57**

corrélations significatives ($p \leq 0,05$) sont interprétées. Au niveau de la physico-chimie des eaux, la richesse spécifique des Gastéropodes Pulmonés et Prosobranches est reliée positivement à certains facteurs d'alcalinité et de minéralisation et avec l'oxygène dissous en surface; par contre, on observe une tendance inverse avec la couleur et la turbidité de l'eau. Pour les Amphipodes représentés par un maximum de trois taxons (Annexe 5D), les relations sont inversées. Les autres groupes présentent peu de relations significatives avec la physico-chimie des eaux; les Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes sont plus diversifiés dans les stations présentant les plus fortes concentrations en solides totaux non filtrables et en phosphore total et dans les stations avec les plus faibles pH (station 23; Annexe 2). Au niveau de la contamination de l'eau en métaux lourds, on observe plusieurs relations significatives (Tableau 27). La diversité des Gastéropodes Pulmonés présente une relation inverse avec le Mn et celle des Gastéropodes Prosobranches est corrélée négativement avec le Cd. Le nombre de taxons de Diptères et d'Oligochètes Tubificidae sans soies capilliformes est relié négativement aux concentrations en Pb ainsi que le nombre de taxons d'Amphipodes avec le Li. Toutefois, certaines de ces relations, en particulier celles établies avec Pb et Li, sont à considérer avec réserve car les variations de ces métaux sont très faibles (Pb: 0-0,7 $\mu\text{g l}^{-1}$; Li: 2,5 à 2,8 $\mu\text{g l}^{-1}$; Annexe 2).

3.4.1.2 Compartiment sédiment. - Le tableau 28 présente les corrélations entre les facteurs toxicologiques et écologiques des sédiments et la richesse spécifique des principaux groupes taxonomiques du benthos.

Au niveau des contaminants métalliques, le nombre moyen de taxons de Trichoptères, de Gastéropodes Prosobranches, d'Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes présente une corrélation positive avec les métaux, en particulier le Cu, le Mn et le Ni. Seule la richesse en taxons chez les Gastéropodes Prosobranches présentent des corrélations positives avec le Pb et le Zn.

Au niveau des contaminants organiques, les relations sont plus disparates car un grand nombre de résultats se situaient sous le seuil de détection analytique. La richesse spécifique en Gastéropodes Pulmonés est positivement reliée au niveau de contamination en β -BHC et Anthracène. Le nombre de taxons chez les Gastéropodes Prosobranches et les Trichoptères présente peu de relation avec la pollution organique. Les Amphipodes s'associent positivement avec le Fluoranthène et le Pyrène.

Tableau 28 Relations entre les nombres moyens de taxons dans les grands groupes taxonomiques et les caractéristiques toxicologiques et écologiques des sédiments. $p \leq 0,1$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

	Trichoptères	Diptères	Gastéropodes ¹			Oligochètes			Amphipodes
			Prosobranches	Pulmonés		Tubificidae sans soies capilliformes	Tubificidae avec soies capilliformes	Tubificidae	
<u>Facteurs toxicologiques</u>									
As	0,31	-	-	-	-		0,31	-	-
Cd ²	-	-	-	-	-		0,32	-	-
Cu	0,34	-	0,57**	-	-		0,40*	0,30	-
Mn	0,48*	-	0,48**	-	-		0,65**	0,30	-0,32*
Ni	0,37*	-	0,45*	-	-		0,37*	-	-
Pb	-	-	0,43*	-	-		-	-	-
Zn	-	-	0,43*	-	-		-	-	-
Hg	-	-	-	-	-		-	-	-
Se	-	-	-	-	-		-	-0,32	-
Arochlor 1248 ²	-	0,32	-	-	-		-	-	-
Arochlor 1254 ²	-	0,35	-	-	-		-	-	-
α-BHC	-	-	-	0,41*	-		-	-	-
Epoxyde-Heptachlore	-	-	-	0,34	-		-	-	-
Endrine ²	0,31	-	0,32	-	-		-	-	-0,35
Naphtalène ²	-	-	-	-	-		-	0,35	-
Fluorène ²	-	0,35	-	-	-		-	-	-
Phénanthrène	-	-	-	-	-		-	-	-
Anthracène	-	0,31	0,32	0,38*	-		-	-	-
Fluoranthène	-	-	-	-	-		-	-	0,46*
Pyrène	-	-	-	-	-		-	-	0,48*
Benzo (a) anthracène ²	-	-	-	0,36	-		-	-	-
Chrysène ²	-	-	-	0,3	-		-	-	-
Benzo fluoranthènes ²	-	0,32	-	-	-		-	-	-
Σ des HAPs	-	-	-	-	-		-	-	-

Tableau 28 (suite)

	Trichoptères	Diptères	Gastéropodes ¹		Oligochètes			Amphipodes
			Prosobranches	Pulmonés	Tubificidae sans soies capilliformes	Tubificidae avec soies capilliformes	Tubificidae	
<u>Facteurs écologiques</u>								
Herbier	-	-	-	-	-	-0,41*	-	0,76**
Profondeur	-	0,36*	0,38*	0,46*	-	-	-	-
<u>Granulométrie</u>								
% gravier	-	-	-	-	-	-	-	-0,35
% sable	-0,43*	-	-0,33	-	-	-0,47*	-	-
% limon	0,55**	-	-	-	-	0,41*	-	-
% argile	0,41*	-	0,41*	0,36	-	-	-	-

¹ Les Gastéropodes sont divisés en 2 groupes: Prosobranches (familles des Bithynidae, Hydrobiidae, Valvatidae et Pleuroceridae) et les Pulmonés (familles des Lymneidea, Physidea et Planorbidae).

² 50 % ou plus des valeurs sous le seuil de détection

Parmi les facteurs écologiques, la présence des herbiers a une influence prépondérante sur la richesse spécifique en Amphipodes et inversement pour les Tubificidae avec soies capilliformes. La richesse spécifique des Diptères et celle des Gastéropodes Pulmonés et Prosobranches sont plus fortes dans les stations en eau profonde. Finalement, la granulométrie des sédiments est reliée à la diversité en Trichoptères, en Gastéropodes Prosobranches et en Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes. Les nombres de taxons dans ces groupes s'accroissent dans les substrats plus riches en limon et en argile et diminuent dans les substrats plus sablonneux.

3.4.2 Abondances relatives moyennes des grands groupes taxonomiques

3.4.2.1 Compartiment eau. - Le tableau 29 présente les corrélations entre les variables physico-chimiques et toxicologiques de l'eau et les abondances relatives des principaux groupes taxonomiques.

Vis-à-vis de la physico-chimie des eaux, les principaux groupes taxonomiques présentent des relations différentes. L'importance relative des Gastéropodes Pulmonés est positivement corrélée aux facteurs d'alcalinité et de minéralisation. À l'opposé, l'importance des Isopodes et des Amphipodes présente des relations positives avec la couleur et le pH de l'eau et des relations négatives avec plusieurs facteurs liés à la conductivité des eaux et au niveau en phosphore total. À l'opposé, les Sphaeridae affichent une corrélation négative avec le pH. Les autres groupes présentent très peu de relations significatives avec la physico-chimie des eaux.

Au niveau de la contamination métallique, seules les relations obtenues avec le Mn, le Ni, le Zn, le Cu et le Fe seront analysées, les autres métaux présentant des variations trop faibles entre les stations (Annexe 2). La contamination métallique influence surtout l'abondance relative des Gastéropodes. L'importance relative des Pulmonés et des Prosobranches est corrélée négativement au Mn. Aucune corrélation n'a été obtenue avec le Ni et le Cu. Les Gastéropodes, en particulier les Prosobranches, présentent une relation inverse avec le Zn tandis que les Pulmonés sont inversement reliés au Fe.

Tableau 29 Relations entre l'abondance relative des grands groupes taxonomiques des communautés benthiques et les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de l'eau. Seuls les métaux présentant de fortes variations entre les stations ont été retenues pour l'analyse. $p < 0,1$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

	Insectes	Gastéropodes	Gastéropodes Pulmonés	Gastéropodes Prosobranches	Oligochètes	Oligochètes Tubificidae sans soies capilliformes	Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes
Couleur	-0,32	-0,32	-	-	-0,39*	-0,34	-
STNF	-	-	-0,31	-	-	-	-
Turbidité	-	-0,36	-	-	-	-	-
Alcalinité	-	0,36	0,54**	-	-	-	-
pH	-	-	-	-	-	-	-0,38*
Conductivité théorique	-	0,36	0,47*	0,36	-	-	-
Conductivité spécifique	-	-	-	-	-	-	-
Dureté	-	-	0,55**	-	-	-	-
Somme des anions	-	0,33	0,44*	0,31	-	-	-
Somme des cations	-	-	0,56 ***	-	-	-	-
Bilan ionique	-	-	0,37*	-	-	-	-
NO ₂ + NO ₃	-	0,32	0,47*	0,42*	-	-	-
Phosphore total	0,43*	-	-	-	-	-	-
Ca dissous	-	0,32	0,61***	-	-	-	-
Mg dissous	-	-	-	-	-	-	-
Na dissous	-	0,40*	0,51**	0,32	-	-	-
K dissous	-	-	-	-	-0,34	-	-
SO ₄ dissous	-	0,32	0,33	0,35	-	-	-
Chlorures	-	0,32	0,41*	-	-	-	-
Coefficient d'extinction de la lumière	-	-	-	-	-	-	-
Oxygène surface	-	0,50	0,50	-	-	-	-
Oxygène 1 m	-	-	-	-	-	-	-
Température surface	-	-	-	-	0,41*	-	0,44*
Mn	-	-0,56**	-0,46*	-0,45*	-	-	-
Mo	-	-	-	0,44*	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	-	-0,33	-
Sr	-	-	0,48*	-	-	-	-
V	-	-	-	-	0,47*	-	0,45*
Zn	-	-0,51**	-	-0,46*	-	-	-
Al	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	-	-
Be	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-0,31	-	-	-	-	-
Co	-	-	0,47**	-	-0,37*	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-0,33	-0,51**	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 29 (suite)

	Amphipodes	Hydracariens	Isopodes	Unionidae	Sphaeriidae	Nématodes	Turbellariés	Hirudinées	Polychètes Hydrozoaires
Couleur	0,46*	-	0,51**	-	-	-	-	-	-
STNF	-	0,34	-	-	-	-	-	-	-
Turbidité	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinité	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	0,50**	-0,38*	0,48**	-	-0,48**	-0,31	-	-	-
Conductivité théorique	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conductivité spécifique	-0,41*	-	-0,52**	-	0,33	-	-	-	-
Dureté	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des anions	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des cations	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bilan ionique	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₂ + NO ₃	-	-	-	-0,33	-	-	0,35	-	-
Phosphore total	-0,37*	0,35	-0,38*	-	0,32	-	-	-	-
Ca dissous	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg dissous	-0,45*	-	-0,46*	-	0,32	-	-	-	-
Na dissous	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K dissous	-	-	-	0,37*	-	-	-	0,43*	-
SO ₄	-	-	-	-	0,32	-	-	-	-
Chlorures	-0,36	-	-0,32	-	-	-	-	-	-
Coefficient d'extinction de la lumière	-	-	-	-	-	-	0,44*	-	-
Oxygène surface	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxygène 1 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Température surface	-0,49**	-	-0,61***	-	0,33	-	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	0,31	-	-	-
Mo	-	-	-0,39*	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	-0,32	-	-0,40*	-	0,38*	-	-	-0,47*	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	0,35	-0,43*
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-0,32	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-0,32	-
Li	-0,34	-	-0,44*	-	-	-	-0,46*	-	-

3.4.2.2 Compartiment sédiment. - Le tableau 30 regroupe les valeurs des corrélations obtenues entre l'abondance relative des grands groupes taxonomiques et les facteurs toxicologiques et écologiques du compartiment sédiment. Bien que nous ayons indiqué sur le tableau les corrélations jusqu'au niveau de probabilité de 0,1, nous n'interprétons que celles significatives à un seuil de probabilité inférieur à 0,05.

Au niveau des facteurs toxicologiques, les corrélations avec les contaminants sont généralement positives sauf pour les Amphipodes et les Isopodes. Chez les Gastéropodes, l'importance relative des Pulmonés présente des corrélations positives avec le Zn et le Hg et certains contaminants organiques (α -BHC, Epoxyde-Heptachlore, Endrine, Benzo (a) anthracène). L'importance relative des Prosobranches, des Hirudinées et des Turbellariés est également reliée aux niveaux de contamination en α -BHC et en Epoxyde-Heptachlore tandis que les relations sont inversées pour les Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes. Les Amphipodes présentent des patrons de relation inverse avec de faibles abondances dans les stations riches en Mn. Les Isopodes sont plus importants dans les stations riches en Fluoranthène et en Pyrène. Les Hydracariens et les Nématodes sont relativement plus abondants dans les milieux à forte contamination métallique (Cu, Mn, Ni, Pb). Les Turbellariés sont plus importants à la fois dans les milieux riches en Se et en certains contaminants organiques. Les Hirudinées, les Polychètes et les Hydrozoaires présentent aussi des corrélations positives avec certains contaminants organiques.

Au niveau des facteurs écologiques et granulométriques, certains groupes (Amphipodes, Isopodes, Turbellariés) sont favorisés par la présence d'herbiers et inversement pour les Sphaeridae, les Hydracariens et les Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes. La profondeur a peu d'effet sur l'abondance relative des groupes taxonomiques du benthos. Par contre, la granulométrie des sédiments a un effet assez prononcé. Les Oligochètes Tubificidae sans soies capilliformes sont plus importants dans les substrats plus riches en gravier. L'abondance des Amphipodes et des Isopodes s'accroît en fonction du pourcentage de sable dans les sédiments. Inversement, les Hydracariens et les Nématodes sont plus importants dans les substrats plus riches en limon.

Tableau 30 Relations entre l'abondance relative des grands groupes taxonomiques des communautés benthiques et les caractéristiques toxicologiques et écologiques des sédiments. $p < 0,1$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

	Insectes	Gastéropodes	Gastéropodes Prosobranches	Gastéropodes Pulmonés	Oligochètes	Oligochètes Tubificidae sans soies capilliformes	Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes	Amphipodes
Sédiments								
As	-	-	-	0,35	-	-	-	-
Cd	-	-	0,32	-	-	-	-	-
Cu	-	-	0,34	0,36	-	-	-	-0,34
Mn	-	-	-	-	-	-	0,38*	-0,43*
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	0,35	-	-	-	-
Zn	-	-	-	0,45*	-	-	-	-
Hg	-	-	-	0,44*	-	-	-	-
Se	-	-	-	-	-	-	-	-
Arochlor 1248	0,32	-	-	-	-	-	-	-0,32
Arochlor 1254	-	-	-	-	-	-	-	-
α -BHC	-	0,40*	0,42*	0,65**	-	-	-0,40*	-
Epoxyde-Heptachlore	-	0,39*	0,40*	0,65**	-0,33	-	-0,40*	-
Endrine	-	-	-	0,37*	-	-	-	-
Naphtalène	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorène	-	-	-	-	-	-	-	-
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	-
Anthracène	-	-	-	-	-	0,39*	-	-
Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	0,35
Pyrène	-	-	-	-	-	-	-	0,37
Benzo (a) anthracène	-	-	-	0,43*	-	-	-	-
Chrysène	-	-	-	0,36	-	-	-	-
Benzo fluoranthènes	0,32	-	-	-	-	-	-	-0,32
Σ des HAPs	-	-	-	-	-	-	-	-
Facteurs écologiques								
Herbier	-	-	-	-	-	-	-0,46*	0,59*
Profondeur	-	0,35	-	-	-	-	-	-
Granulométrie								
% gravier	0,32	-	-	-	-	0,40*	-	-
% sable	-	-	-	-	-	-	-0,4*	0,42*
% limon	-	-	-	-	-	-0,41*	-	-0,33
% argile	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 30 (suite)

	Hydracariens	Isopodes	Unionidae	Sphaeridae	Nématodes	Turbellariés	Hirudinées	Autres (Polychètes et Hydrozoaires)
Sédiments								
As	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	0,34	-	-	-
Cu	0,38*	-	-	-	-	-	-	-
Mn	0,50*	-0,36	-	0,45*	0,57*	-	-	-
Ni	0,43*	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	0,41*	0,31	-	-
Zn	-	-	-	-	-	0,31	-	-
Hg	-	-	-	-	-	0,37	-	-
Se	-	-	-	-	-	0,50*	-	-
Arochlor 1248	-	-0,33	-	-	0,42*	-	-	0,41*
Arochlor 1254	-	-	-	-	-	-	-	0,40*
α-BHC	-	-	-	-	-	0,43*	0,42*	-
Epoxyde-Heptachlore	-	-	-	-	-	0,37	0,47*	-
Endrine	-	-	-	-	-	-	-	-
Naphtalène	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorène	-	-	-	-	-	-	-	0,40*
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	-
Anthracène	-	-	0,35	-	-	-	-	-
Fluoranthène	-	0,45*	-	-	-	0,43*	-	-
Pyrène	-	0,47*	-	-	-	0,42*	-	-
Benzo (a) anthracène	-	-	-0,32	-	-	-	0,42*	-
Chrysène	-	-	-0,39	-	-	0,45*	-	-
Benzo fluoranthènes	-	-0,34	-	-	0,42*	-	-	0,41*
Σ des HAPs	-	-	-	-	0,36	-	-	-
Facteurs écologiques								
Herbier	-0,41*	0,73***	-	-0,57*	-	0,43*	-	-
Profondeur	-	-	-	-	-	-	-	-
Granulométrie								
% gravier	-	-0,37	-0,31	-	-	-	-	-
% sable	-0,52**	0,39*	-	-0,37	-0,42*	-	-	-0,39*
% limon	0,56**	-	-	-	0,38*	-	-	0,32
% argile	0,36	-	-	0,36	-	-	-	-

3.4.3 Abondances moyennes de taxons

3.4.3.1 Compartiment eau. - Le tableau 31 présente les corrélations obtenues entre les facteurs physico-chimiques et toxicologiques de l'eau et les abondances moyennes des taxons représentatifs de la typologie du benthos.

Au niveau de la physico-chimie des eaux, certaines espèces de Gastéropodes (*Bithynia tentaculata*, *Gyraulus deflectus*, *Stagnicola elodes*) présentent de fortes corrélations avec les facteurs d'alcalinité et/ou de conductivité. La plupart des espèces de Gastéropodes montrent une relation négative avec la turbidité de l'eau ou les concentrations en solides totaux non filtrables (SNTF) tandis que l'abondance des Amphipodes et des Isopodes est corrélée positivement avec la couleur de l'eau.

Au niveau de la contamination métallique de l'eau, l'abondance moyenne de la majorité des espèces de Gastéropodes est inversement corrélée au Mn et parfois au Zn. Les corrélations obtenues avec les autres métaux (Mo, Sr) bien que statistiquement significatives ne peuvent pas être interprétées à cause de la trop faible variation de ces contaminants (Annexe 2).

3.4.3.2 Compartiment sédiment. - Le tableau 32 présente les valeurs des coefficients de corrélation entre les facteurs toxicologiques, granulométriques et écologiques des sédiments et les abondances moyennes des taxons représentatifs de la typologie du benthos.

Au niveau des contaminants métalliques, les Sphaeridae ainsi que plusieurs espèces de Gastéropodes Prosobranches (*Bithynia tentaculata*-Hg, *Amnicola limnsa*-Mn) et Pulmonés (*Gyraulus deflectus*-Zn-Hg, *Stagnicola elodes*-Hg, *Physa gyrina*-Se) et une espèce d'Insectes (*Lepidostoma*-Mn) présentent des corrélations positives avec certains métaux. Par contre, les Amphipodes et les Isopodes présentent surtout des relations négatives avec les métaux, en particulier le Mn.

Au niveau des contaminants organiques, les relations les plus fortes sont obtenues pour *Gyraulus deflectus*, *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis* et *Stagnicola elodes* avec α -BHC, l'Époxyde-Heptachlore, le Benzo (a) anthracène et le Chrysène. Parmi les Insectes, l'abondance moyenne du Trichoptère *Lepidostoma* est négativement corrélée à certains HAPs et inversement pour le Lépidoptère *Acentria*. Les Isopodes présentent des corrélations positives avec le Fluoranthène et le Pyrène.

Tableau 31 Relations entre l'abondance moyenne des taxons reliés aux axes de variation de la communauté benthique et les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de l'eau. $p < 0,1$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

	Autres groupes				Amphipodes
	Sphaeriidae	Isopodes	Turbellariés	Hirudinéés	
Couleur	-	0,39*	-	-	0,38*
STNF	-	-	-	-	-
Turbidité	-	-	-	-	-
Alcalinité totale	-	-	-	-	-
pH	-0,46*	0,53**	-	-	0,48**
Conductivité théorique	-	-	-	-	-
Conductivité spécifique	-	-0,47*	-	-	-
Dureté	-	-	-	-	-
Somme des anions	-	-	-	-	-
Somme des cations	-	-	-	-	-
Bilan ionique	-	-	0,41*	-	-
NO ₂ + NO ₃	-	-	-	-	-
Phosphore total	-	-0,40*	-	-	-0,39*
Ca dissous	-	-	-	-	-
Mg dissous	-	-0,46**	-	-	-
Na dissous	-	-	-	-	-
K dissous	-	-	-0,33	-	0,33
SO ₄	-	-0,38*	-	-	-
Chlorures	-	-0,35	-	-	-
Coefficient d'extinction de la lumière	-	-	-	-	-
Oxygène surface	-	-	-	-	0,50
Température surface	0,35	-0,61***	-	-	-0,35
Mn	-	-	-	-	-
Mo	-	-0,44*	-	-	-
Pb	-	-	-	-0,53***	-
Sr	-	-0,32	-	-	-
V	0,34	-0,45*	-	-0,45*	-0,35*
Zn	-	-	-0,41	-	-
Ba	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-
Li	-0,51**	-0,40*	-	-	-

Tableau 31 (suite)

	Gastéropodes						
	<i>Bithynia tentaculata</i>	<i>Gyraulus deflectus</i>	<i>Valvata tricarinata</i>	<i>Valvata piscinalis</i>	<i>Amnicola limosa</i>	<i>Stagnicola elodes</i>	<i>Physa gyrina</i>
Couleur	-	-	-0,32	-	-	-	-0,35
STNF	-0,41*	-	-	-0,33	-	-0,38*	-0,36*
Turbidité	-	-	-0,36	-	-	-	-0,43*
Aicalinité totale	0,42*	0,57**	-	-	-	0,61**	-
pH	-	-	-	-	-0,36*	-	-
Conductivité théorique	-	0,41*	-	-	-	0,47**	-
Conductivité spécifique	-	-	-	-0,37*	-	-	-
Dureté	0,38*	0,54**	-	-	-	0,54*	-
Somme des anions	-	0,40*	-	-	-	0,45*	-
Somme des cations	0,39*	0,56**	-	-	-	0,54**	-
Bilan ionique	0,34	0,40*	0,38*	-	-	-	0,58**
NO ₂ + NO ₃	-	0,46**	-	0,36*	-	-	-
Phosphore total	-0,39*	-	-	-0,38*	-	-0,32	-
Ca dissous	0,37*	0,53**	-	-	-	0,53**	-
Mg dissous	-	-	-	-	-	-	-
Na dissous	0,37*	0,42*	-	-	-	0,43*	0,47*
K dissous	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ dissous	-	-	-	-	-	-	-
Chlorures	-	0,33	-	-	-	-	-
Coefficient d'extinction de la lumière	0,44*	-	-	-	-	-	-
Oxygène surface	-	0,59*	0,56*	0,47	-	0,59*	0,67*
Température surface	-	-	-	-	0,42*	-	0,34
Mn	-0,48**	-0,40*	-0,38*	-	-	-0,51**	-0,46*
Mo	-	-	-	0,40*	0,34	-	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-
Sr	-	0,46*	-	-	-	0,37*	0,32
V	-	-	-	-	0,32	-	-
Zn	-	-	-0,56**	-	-	-	-0,40*
Ba	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-0,35	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-0,32	-	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 31 (suite)

	Insectes			Oligochètes
	<i>Lepidostoma</i> sp.	<i>Chironomus</i>	<i>Acentria</i>	<i>Limnodrilus</i> <i>hoffmeisteri</i>
Couleur	-	-	-	-
STNF	-	-	-	-
Turbidité	-	-	0,54**	-
Alcalinité totale	-	-	-	-
pH	-0,44*	-	-	-
Conductivité théorique	-	-	-	-
Conductivité spécifique	0,41*	-	-0,31	-
Dureté	-	-	-	-
Somme des anions	-	-	-	-
Somme des cations	-	-	-	-
Bilan ionique	-	-	-	-
NO ₂ + NO ₃	-	-	0,51**	-
Phosphore total	0,39*	-	-	-
Ca dissous	-	-	-	-
Mg dissous	0,55***	-	-0,42*	-
Na dissous	-	-	-	-
K dissous	-	-	-	-
SO ₄ dissous	0,32	-	-	-
Chlorures	0,46*	-	-	-
Coefficient d'extinction de la lumière	-	-	-	-
Oxygène surface	-	-	-	-
Température surface	0,42*	-	-	-
Mn	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-0,33
Sr	0,31	-	-	-
V	0,35	-	-	-
Zn	-	-	-	-
Ba	0,32	-	-	-
Cd	-	-	-	-
Co	-	-0,33	-	-0,32
Fe	-	-	-	-
Li	-	-	-0,34	-

Tableau 32 Relations entre l'abondance moyenne des taxons rattachés aux axes de variation de la communauté benthique et les caractéristiques toxicologiques et écologiques des sédiments. $p \leq 0,1$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

	Autres groupes				Amphipodes
	Sphaeriidae	Isopodes	Turbellariés	Hirudinées	
<u>Sédiments</u>					
As	-	-	-	-	-0,34
Cd	-	-	-	-	-0,34
Cu	-	-	-	-	-0,32
Mn	0,47*	-0,45*	-	-	-0,38*
Ni	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-
Hg	-	-	-	-	-
Se	-	-	0,31	-	-
Arochlor 1248	-	-0,34	-	-	-0,36
Arochlor 1254	-	-	-	-	-
γ -BHC	-	-	0,32	0,32	-
Epoxycide-Heptachlore	-	-	-	0,33	-
Endrine	-	-	-	-	-
Naphtalène	-	-	-	-	-
Fluorène	-	-	-	-	-
Phénanthrène	-	-	-	-	-
Anthracène	-	-	-	-	-
Fluoranthène	-	0,39*	-	-	-
Pyrène	-	0,41*	-	-	-
Benzo (a) anthracène	-	-	-	-	-
Chrysène	-	-	0,32	-	-
Benzo fluoranthènes	-	-0,34	-	-0,36	-
Σ des HAPs	-	-	-	-	-
<u>Facteurs écologiques</u>					
Herbier	-0,32	0,75***	0,41*	-	0,55*
Profondeur	-	-	-	-	-
<u>Granulométrie</u>					
% gravier	-	-0,34	-	-	-0,32
% sable	-0,35	0,34	-	-	-
% limon	0,40*	-	-	-	-
% argile	0,54**	-	-	-	-

Tableau 32 (suite)

	Gastéropodes						
	<i>Bithynia tentaculata</i>	<i>Amnicola limosa</i>	<i>Valvata tricarinata</i>	<i>Valvata piscinalis</i>	<i>Gyraulus deflectus</i>	<i>Stagnicola elodes</i>	<i>Physa gyrina</i>
Sédiments							
As	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	0,43*	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	0,42*	0,42*	0,32
Hg	0,33*	-	-	-	0,46*	0,35	-
Se	-	-	-	-	0,32	0,34	0,39*
Arochlor 1248	-	-	-	-	-	-	-
Arochlor 1254	-	-	-	-	-	-	-
̢-BHC	0,53**	-	-	0,50**	0,62***	0,47*	0,32
Epoxycycloheptachlore	0,51**	-	-	0,40*	0,55**	0,43*	-
Endrine	-	-	-	-	-	-	-
Naphtalène	-	-	-	-	-	-	-
Fluorène	-	-	-	-	-	-	-
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-
Anthracène	0,42*	-	-	-	0,34	-	-
Fluoranthène	-	-0,33	-	-	-	-	-
Pyrène	-	-0,31*	-	-	-	-	-
Benzo (a) anthracène	0,47*	-	-	0,34	0,52*	0,38*	0,32
Chrysène	0,35	-	-	0,38*	0,44*	0,33	-
Benzo fluoranthènes	-	-	-	-	-	-	-
Σ des HAPs	0,38*	-	-	-	0,41*	0,32	0,31
Facteurs écologiques							
Herbier	-	-0,36*	-	0,54**	-	-	-
Profondeur	-	-	0,43*	-	0,32	-	0,42*
Granulométrie							
% gravier	-	-	-	-	-	-	-
% sable	-	-0,32	-	0,35	-	-	-
% limon	-	-	-	-	-	-	-
% argile	-	0,47**	-	-	-	-	-

Tableau 32 (suite)

	Insectes			Oligochètes
	<i>Lepidostoma</i> sp.	<i>Chironomus</i>	<i>Acentria</i>	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>
Sédiments				
As	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-
Mn	0,40*	-	-	-
Ni	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-
Hg	-	-	0,35	-
Se	-	-	-	-
Arochlor 1248	-	-	-	-
Arochlor 1254	-	-	-	-
̑-BHC	-	-	0,44*	-
Epoxys-Heptachlore	-	-	0,34	-
Endrine	-	-	-	-
Naphtalène	-	-	-	-
Fluorène	-	-	-	-
Phénanthrène	-	-0,37*	-	-
Anthracène	-	-	-	0,44*
Fluoranthène	-0,42*	-	0,36	-
Pyrène	-0,42*	-	0,35	-
Benzo (a) anthracène	-	-	0,40*	-
Chrysène	-0,43*	-	0,66***	-
Benzo fluoranthènes	-	-	-	-
Σ des HAPs	-	-	0,44*	-
Facteurs écologiques				
Herbier	-0,62***	-	0,34	-
Profondeur	-	0,41*	-	-
Granulométrie				
% gravier	-	-	-	-
% sable	-0,51**	-	-	-
% limon	0,49**	-	-	-
% argile	0,55**	-	-	-

Au niveau des facteurs écologiques, on observe sensiblement les mêmes patrons de relation que ceux établis pour l'abondance relative des groupes taxonomiques: association positive avec les herbiers pour les Isopodes, les Amphipodes, les Turbellariés et une espèce de Gastéropodes (*Valvata piscinalis*); association négative avec le Prosobranche *Amnicola limosa* et le Trichoptère *Lepidostoma*. Certains Gastéropodes (*Valvata tricarinata* et *Physa gyrina*) sont plus abondantes dans les stations les plus profondes. Finalement, la granulométrie des sédiments a un effet prononcé sur les populations de Sphaeriidae, d'*Amnicola limosa* et de *Lepidostoma* qui sont plus abondantes dans les substrats plus riches en argile et en limon.

3.5 Relation entre les métriques, l'indice ICI et les facteurs environnementaux

3.5.1 Indice ICI

3.5.1.1 Compartiment eau. - Le tableau 33 présente les corrélations entre, d'une part, les métriques (M1, M3, M4, M6, M8 et M9A) et la valeur globale de l'indice ICI et, d'autre part, les facteurs physico-chimiques et toxicologiques du compartiment eau. Toutes les corrélations obtenues à un niveau de probabilité inférieur à 0,1 ont été retenues mais seules les corrélations significatives ($p < 0,05$) sont interprétées.

En général, on observe très peu de relations significatives entre la physico-chimie des eaux et les cotes des métriques ou la valeur de l'ICI, sauf pour la métrique M9A. Cette métrique, inversement reliée au pourcentage d'organismes tolérants à la pollution, présente une relation positive avec la couleur de l'eau et le potassium et une relation négative avec le bilan ionique, le sodium et le coefficient d'extinction de la lumière. Ces relations sont dues au fait que les meilleures cotes pour la métrique M9A sont obtenues aux stations 11, 21, 57, 60 et 78 (Figure 23) et que les trois dernières stations sont très fortement colorées (Annexe 2). La métrique M1 est aussi corrélée positivement avec le bilan ionique des eaux. Le phosphore total est associé en particulier avec la métrique M6 (pourcentage de Trichoptères) et l'ICI global puisque les plus fortes cotes pour la métrique M6 et les plus fortes valeurs d'ICI se retrouvent aux stations 4, 6 et 11 (Figures 22 et 23), stations ayant aussi les plus fortes concentrations en phosphore (Annexe 2). La métrique M6 et l'ICI global sont aussi inversement reliés au pH de l'eau, plus faible aux stations 11 et 21 (Annexe 2).

Tableau 33 Relations entre les valeurs moyennes des métriques et la valeur de l'ICI et les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de l'eau. $p \leq 0,1$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

	M1	M3	M4	M6	M8	M9A	ICI
Couleur	-	-	-	-	-	0,52**	-
STNF	-	-	-	-	-	0,34	0,38
Turbidité	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinité totale	-	-	-	-	-	-	-
pH	-	-0,33	-	-0,41*	-	-	-0,39*
Conductivité théorique	-	-	-	-	-	-	-
Conductivité spécifique	-	-	-	-	-	-	-
Dureté	-	-	-	-	-	-	-
Sommes des anions	-	-	-	-	-	-	-
Somme des cations	-	-	-	-	-	-	-
Bilan ionique	0,38*	-	-	-	-	-0,48**	-
NO ₂ + NO ₃	-	-	-	-	-	-	-
Phosphore total	-	0,36	0,32	0,50**	-	-	0,54**
Ca dissous	-	-	-	-	-	-	-
Mg dissous	-	-	-	-	-	-	-
Na dissous	-	-	-	-	-	-0,44*	-
K dissous	-	-	-	-	-	0,44*	-
SO ₄	-	-	-	-	-	-	-
Chlorures	-	-	-	-	-	-	-
Coefficient d'extinction de la lumière	-	-	-	-	-	-0,41*	-
Oxygène surface	-	-	-	-	-	-	-
Oxygène 1 m	-	-	-	-	-	-	-
Température surface	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	0,50**	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-
Pb	-0,38*	-0,39*	-0,51**	-	-	-	-
Sr	-	-	-	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-0,35	-	-	-	-	-	-
Al	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-
Co	-0,35	-	-	-	0,32	-	-
Cr	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-	-

Il existe très peu de relations significatives entre les métriques ou l'indice ICI et la contamination métallique de l'eau. Les seules relations significatives sont obtenues entre le Pb et les métriques M1, M3 et M4 mais ce métal varie très peu entre les stations (0 à 0,0008 mg l⁻¹).

3.5.1.2 Compartiment sédiment. - Le tableau 34 présente les valeurs des corrélations non-paramétriques (Tau de Kendall) entre, d'une part, les métriques (M1, M3, M4, M6, M8, M9A) et l'indice ICI et, d'autre part, les principaux facteurs toxicologiques et écologiques associés aux sédiments.

Au niveau des facteurs écologiques et granulométriques, plusieurs caractéristiques sont corrélées significativement aux métriques M1 à M6 et à l'ICI global. Les valeurs de l'indice ICI et les cotes de la métrique M6 sont plus faibles dans les sédiments sableux et plus élevées dans les sédiments limoneux. La richesse en taxons des Trichoptères (M3) est plus forte dans les substrats plus argileux. La présence d'herbier affecte négativement les cotes de la métrique M6 et les cotes des métriques M1, M3 et M4 sont plus fortes dans les stations en eau profonde.

Pour les métaux associés aux sédiments, les relations observés avec les métriques et l'ICI sont toutes positives (Tableau 34). Dans les stations (4, 6 et 78) les plus contaminées en As, en Cu, en Mn, en Ni, en Pb et en Zn, la métrique M8 affiche les plus fortes cotes (Annexes 4 et 6-B). Ceci signifie que dans ces stations, le pourcentage de Diptères autres que le Tanytarsini et d'invertébrés autres que les Insectes diminue. D'autres métriques (M3 et M6) répondent aussi positivement à la contamination métallique des sédiments; le nombre de taxons et/ou le pourcentage de Trichoptères augmentent dans les stations riches en Cu, Mn, Ni et Pb. Toutefois, la valeur globale de l'ICI n'est reliée significativement qu'aux concentrations en Mn et Ni.

Certains contaminants organiques (Arochlore 1248, Endrine, Benzo fluoranthènes) sont corrélés positivement à plusieurs métriques et à l'ICI. Le nombre total de taxons (M1), le nombre de taxons de Trichoptères (M3), le nombre de taxons de Diptères (M4) et l'ICI sont positivement corrélés à la contamination en Arochlor 1248. L'Endrine présente un autre patron de relation et influence positivement les métriques M3 et M6 ainsi que la métrique M8 et l'ICI. Parmi les HAPs, les Benzo fluoranthènes sont corrélés positivement avec les métriques M1, M3, M4 et M6 et l'ICI

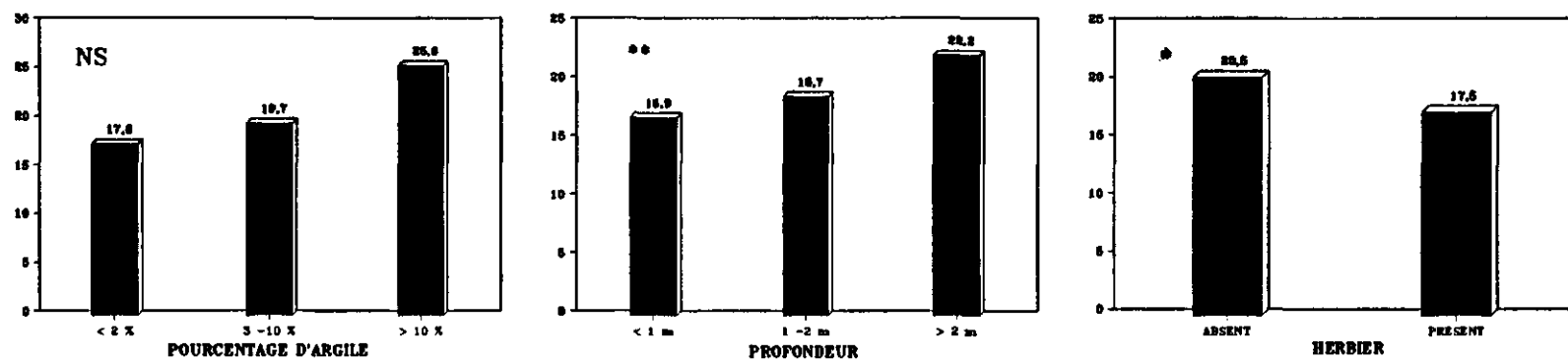
Tableau 34 Relations entre les cotes moyennes des métriques et la valeur de l'ICI et les caractéristiques toxicologiques et écologiques des sédiments. $p \leq 0,1$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

	M1	M3	M4	M6	M8	M9A	ICI
Sédiments							
As	-	-	-	0,34	0,44*	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-	-
Cu	-	0,35	-	0,43*	0,51**	-	0,33
Mn	0,32	0,49**	-	0,56**	0,40*	-	0,56**
Ni	-	0,48*	-	0,54**	0,44*	-	0,52**
Pb	-	0,36	-	0,42*	0,55**	-	-
Zn	-	-	-	-	0,41*	-	-
Hg	-	-	-	-	0,32	-	-
Se	-	-	-	-	-	-	-
Arochlor 1248	0,40*	0,38*	0,40*	0,33	-	-	0,42*
Arochlor 1254	0,36	-	0,37	-	-	-	-
α -BHC	-	-	-	-	-	-	-
Epoxyde-Heptachlore	-	-	-	-	-	-	-
Endrine	-	0,46*	-	0,44*	0,58**	-	0,38*
Naphtalène	-	-	-	-	-	-	-
Fluorène	0,36	-	0,37	-	-	-	-
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-
Anthracène	-	0,36	-	-	-	-	-
Fluoranthène	-	-	-0,32	-	-	-	-
Pyrène	-	-	-0,34	-	-	-	-
Benzo (a) anthracène	-	-	-	-	-	-	-
Chrysène	-	-	-	-	-	-	-
Benzo fluoranthènes	0,40*	0,38*	0,40*	0,33	-	-	0,43*
Σ des HAPs	-	-	-	-	-	-	-
Facteurs écologiques							
Herbier	-	-0,36	-	-0,44*	-	-	-0,35
Profondeur	0,41*	0,41*	0,38*	-	-	-	0,35
Granulométrie							
% gravier	-	-	0,33	-	-	-0,32	-
% sable	-	-0,37	-	-0,41*	-0,33	-	-0,41*
% limon	-	-	-	0,32	-	0,31	0,41*
% argile	-	0,45*	-	-	-	-	-

global. Les autres contaminants organiques n'ont pas d'effets significatifs sur les cotes des métriques ou l'ICI.

Les figures 27, 28 et 29 présentent les valeurs moyennes de l'ICI selon plusieurs classes de facteurs granulométriques, écologiques et toxicologiques. Les différences observées entre les classes de chacun des facteurs ont été testées par ANOVA non paramétriques (Tableau 35). Au niveau des facteurs granulométriques et écologiques, l'indice ICI basé sur la communauté benthique est en moyenne plus élevé dans les stations présentant les plus faibles pourcentages de sable (< 70 %) et inversement dans les stations avec les plus forts pourcentages de limon (> 20 %) dans les sédiments. Cet indice est aussi plus élevé dans les stations aux eaux plus profondes (> 2 m) et sans herbier (Figure 27). Au niveau de la contamination métallique, l'indice ICI est légèrement plus fort dans les stations les plus contaminées en Mn, en Ni, en Pb, en As et en Cu. Les variations dans les niveaux de contamination en Cd, Zn, Se et Hg (pour l'étude présente ou l'étude de Sloterdijk, 1986) ne se traduisent pas par des différences significatives dans les valeurs de l'indice ICI (Figure 28). Au niveau de la contamination organique, aucune relation significative n'a pu être démontrée entre les classes de contaminants des BPCs, des insecticides et des HAPs et la valeur de l'ICI (Figure 29).

3.5.2 Indices de Lafont. - Pour estimer les relations entre les indices $I_{O\text{ riv.}}$, $E_{O\text{ riv.}}$ et $E_{O\text{ lac}}$ et les facteurs écologiques et toxicologiques de l'eau et des sédiments, les cotes alphanumériques des indices E_o ont été transformées en cotes numériques. Pour l'indice $E_{O\text{ riv.}}$, nous avons utilisé le pourcentage de Tubificidae sans soies capilliformes. Pour l'indice $E_{O\text{ lac}}$, nous avons remplacé la codification alphabétique par une codification numérique (nombre de taxons: A = 1; B = 2, etc.; log de l'abondance par 0,1 m²: < 1 = 1, (1-1,5) = 2, (1,5-2) = 3, etc.); nombre d'espèces oxyphiles: a = 0; b = 1; c = 2, etc.) et les cotes numériques ont été additionnées pour assurer aux trois indices composites une pondération égale. Parmi les 25 espèces oxyphiles proposées par Lafont et Juget (1985), 4 espèces seulement étaient présentes dans nos échantillons (*Stylaria lacustris*, *Nais variabilis*, *Slavina appendiculata*, *Stylodrilus heringianus*). Les Tubificidae avec soies bifides ont été considérés comme un taxon lorsqu'ils étaient le seul représentant du groupe des Tubificidae; dans le cas contraire, ils n'ont pas été comptés comme taxon (Annexe 5C).



LAC SAINT FRANCOIS

ICI MOYEN - FACTEURS ECOLOGIQUES

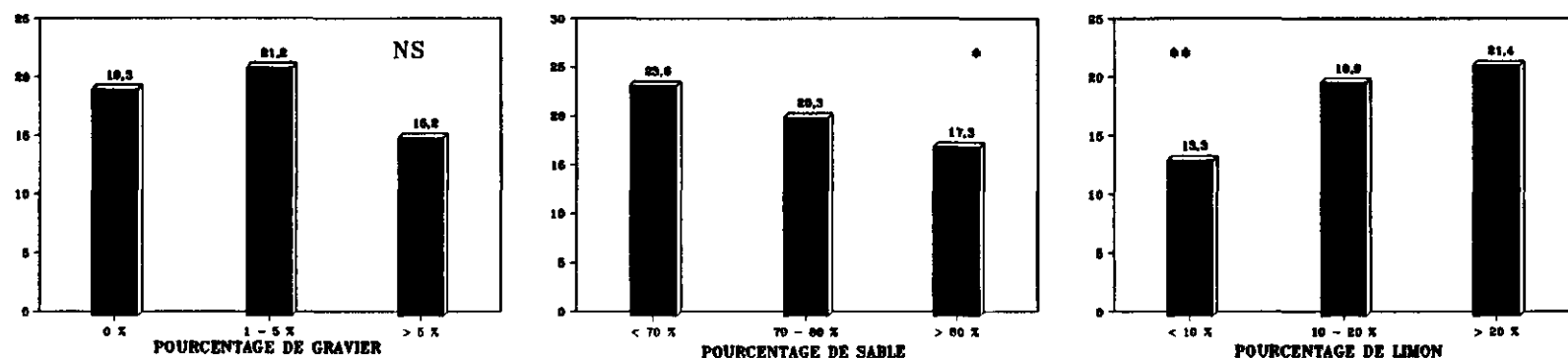
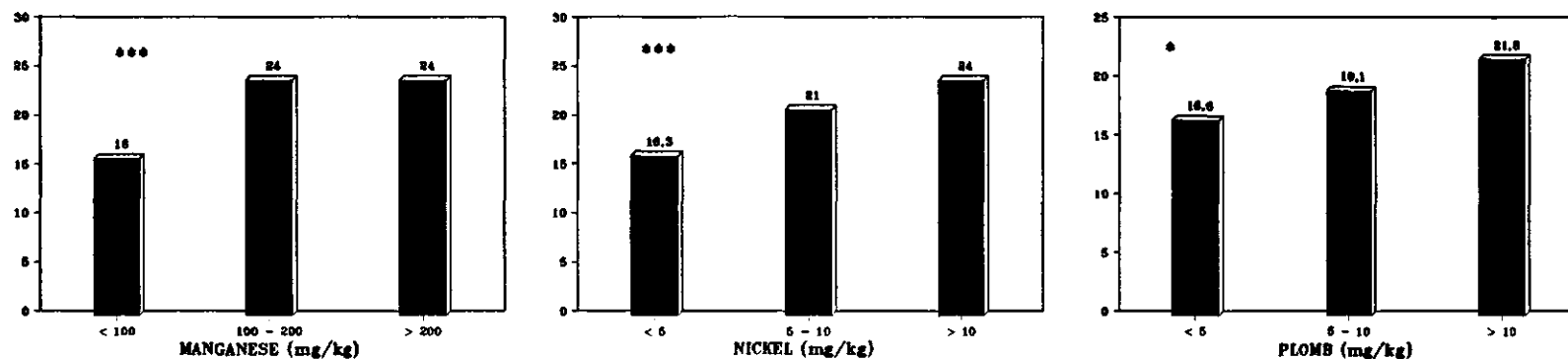


Figure 27 Valeurs moyennes de l'indice ICI selon les classes de facteurs écologiques (granulométrie des sédiments, herbier, profondeur d'eau). Les nombres d'échantillons et la valeur de l'écart-type sur chaque moyenne sont présentés au tableau 35 ainsi que les résultats des tests ANOVA non paramétriques de comparaison de moyennes.



LAC SAINT FRANCOIS

ICI MOYEN – METAUX

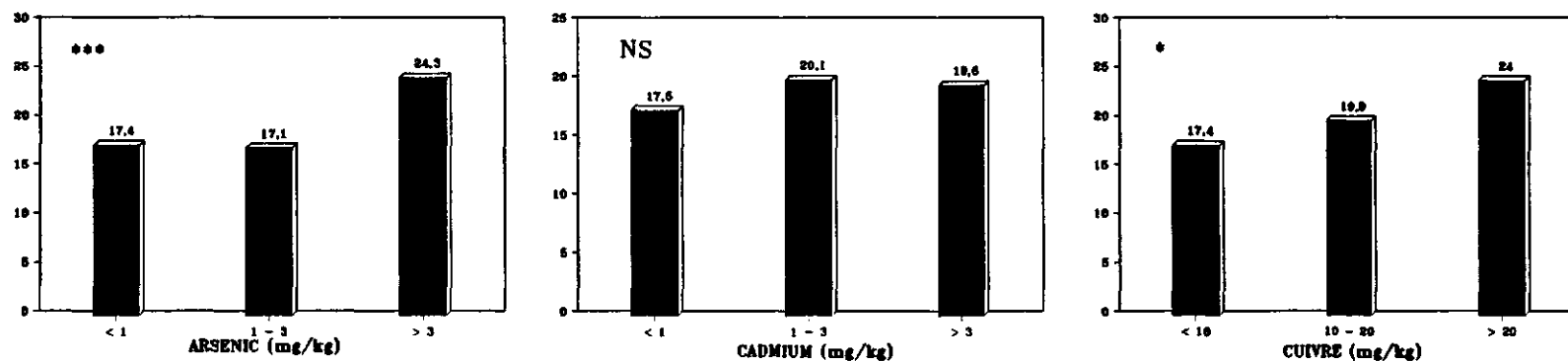
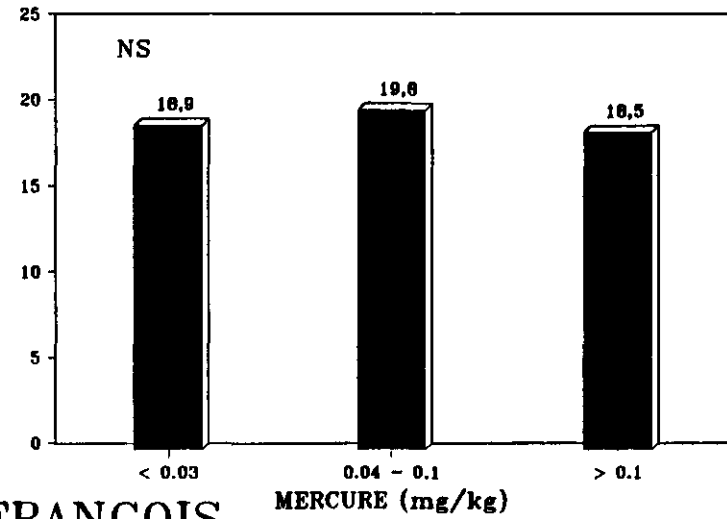
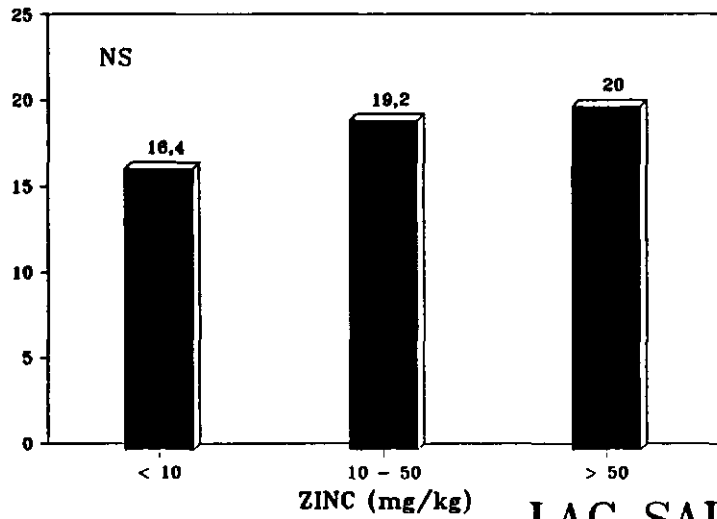
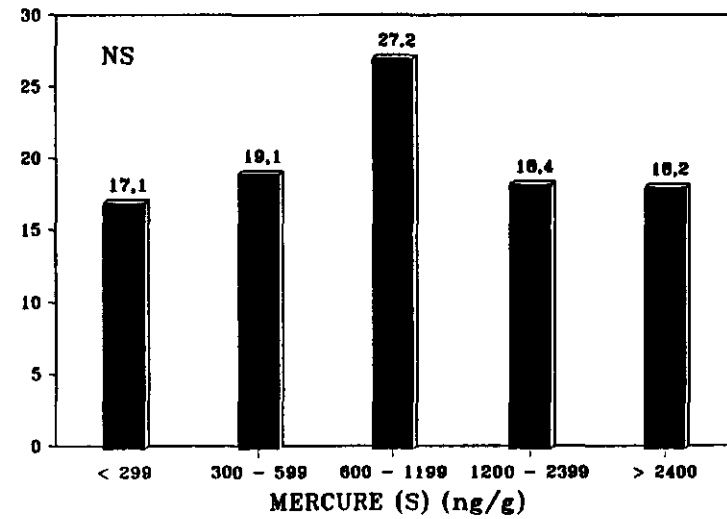
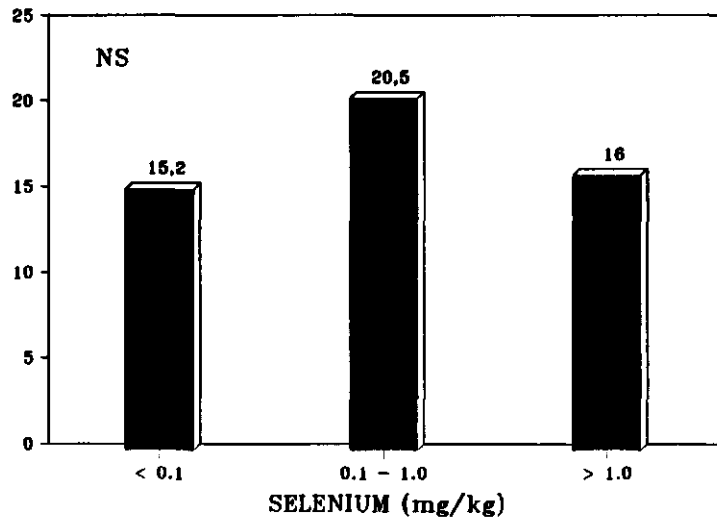


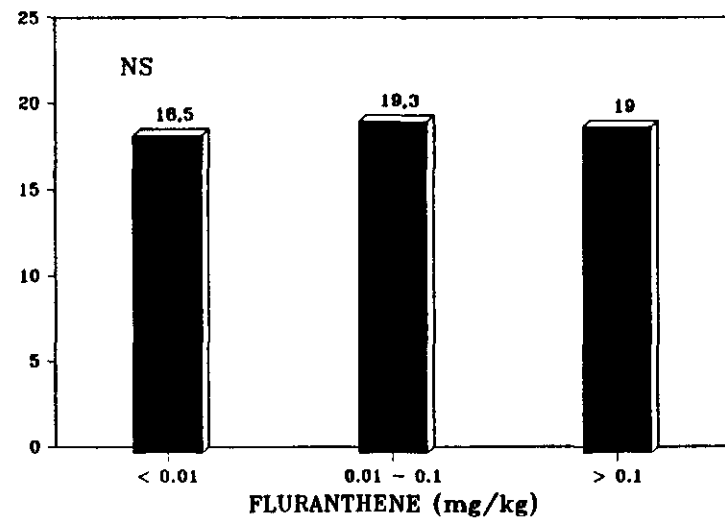
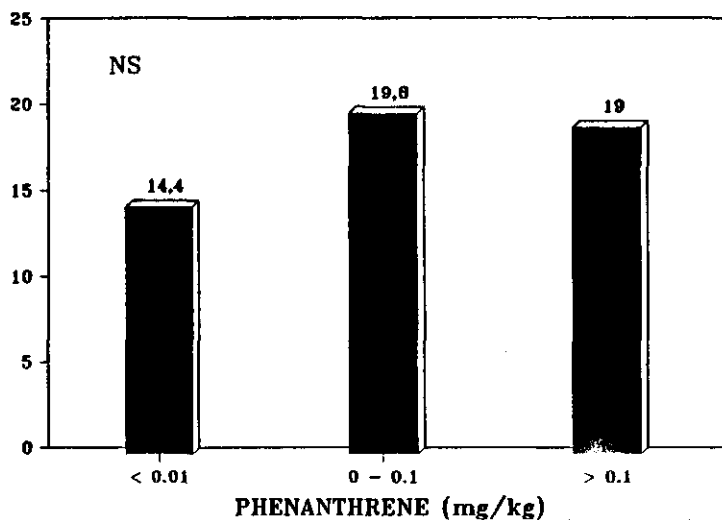
Figure 28 Valeurs moyennes de l'Indice ICI selon les classes de contamination des sédiments par les principaux métaux (Mn, Ni, Pb, As, Cd, Cu, Zn, Hg, Se) et les classes de contamination par le mercure selon la cartographie établie par Sloterdijk (1985). Les nombres d'échantillons et la valeur de l'écart-type sur chaque moyenne sont présentés au tableau 35 ainsi que les résultats des tests ANOVA non paramétriques de comparaison de moyennes.

Figure 28 (suite)



LAC SAINT FRANCOIS
ICI MOYEN - METAUX





LAC SAINT FRANCOIS ICI MOYEN - ORGANIQUES

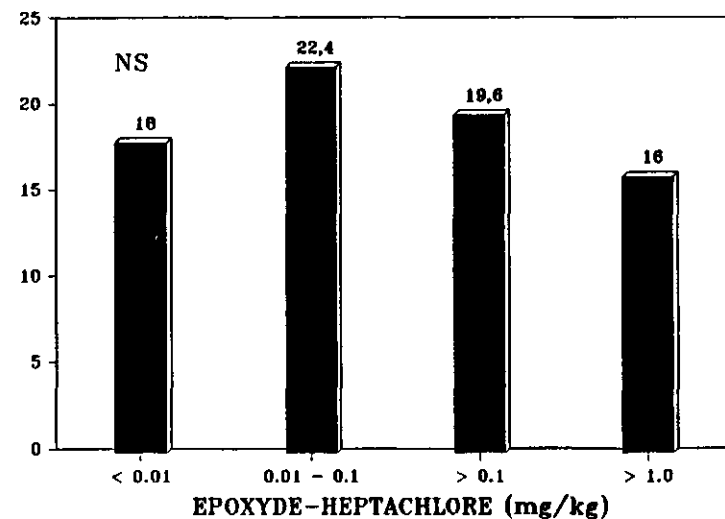
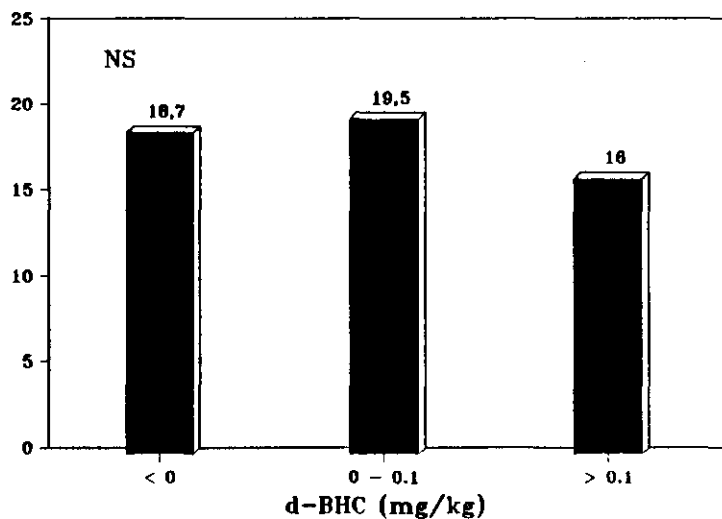
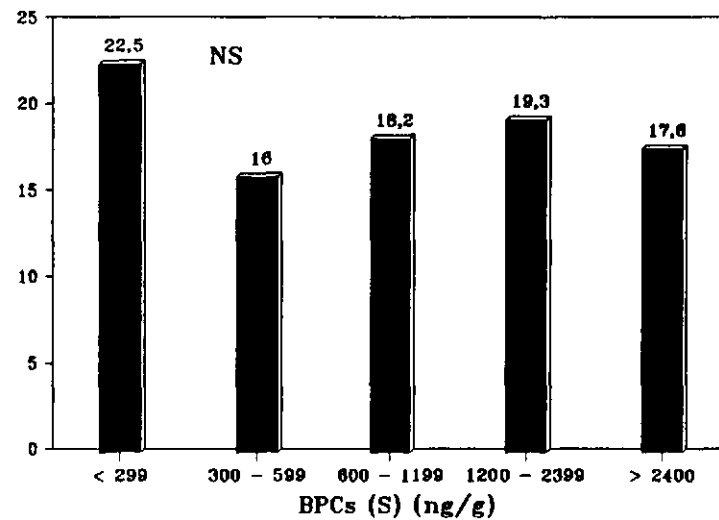
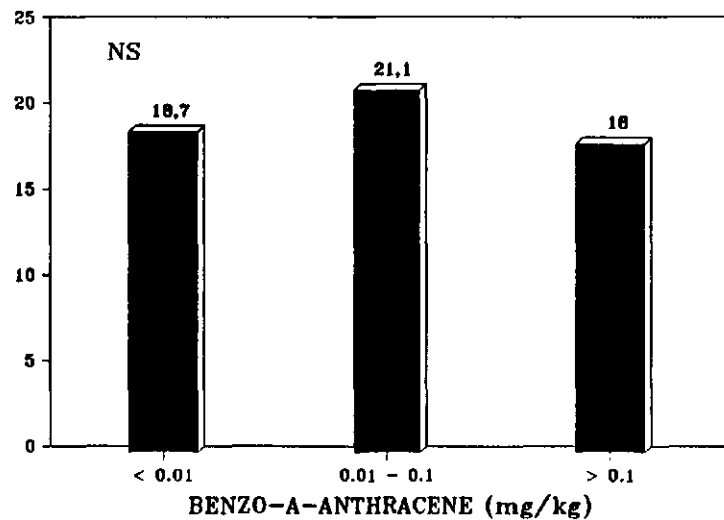


Figure 29 Valeurs moyennes de l'Indice ICI selon les classes de contamination des sédiments par les principaux polluants organiques (d-BHC, Epoxyde-Heptachlore, Phénanthrène, Fluoranthène, Pyrène, Chrysène, Benzo (a) anthracène) et les classes de contamination par les BPCs selon la cartographie établie par Sloterdijk (1985). Les nombres d'échantillons et la valeur de l'écart-type sur chaque moyenne sont présentés au tableau 35 ainsi que les résultats des tests ANOVA non paramétriques de comparaison de moyennes.

Figure 29 (suite)



LAC SAINT FRANCOIS
ICI MOYEN - ORGANIQUES

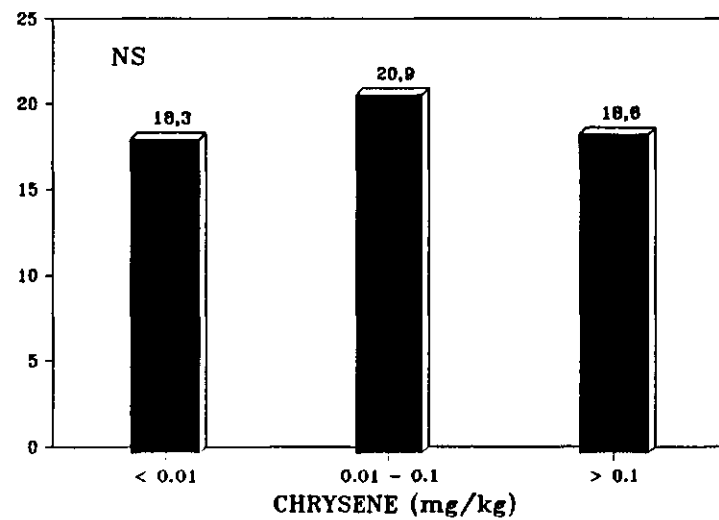
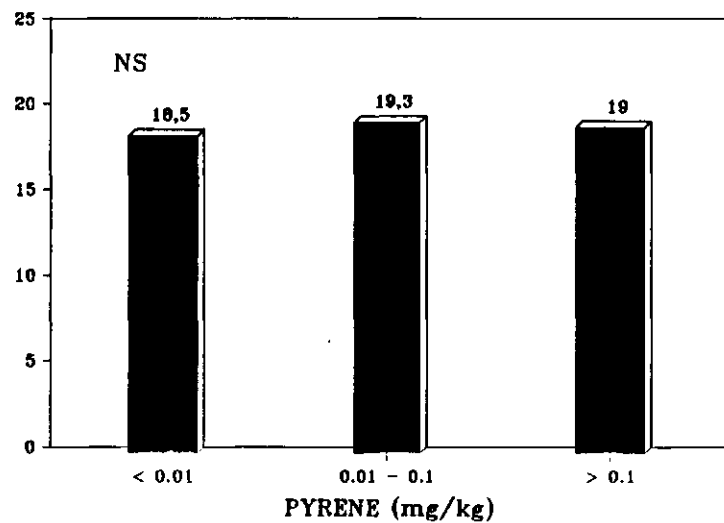


Tableau 35 Valeurs moyennes ($\pm Sx$) des valeurs globales de l'ICI pour différentes classes de facteurs écologiques et toxicologiques associées au compartiment sédiment: résultats des tests ANOVA non paramétriques (Tests de Kruskal-Wallis).

Classes - Facteurs environnementaux

p et signification du test ANOVA non paramétrique

Granulométrie^a

% gravier	1: 0 %	2: 1-5 %	3: > 5 %		
n	60	10	10		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	19,3 $\pm$ 7,6	21,2 $\pm$ 4,5	15,2 $\pm$ 10,1	p = 0,3218	ns
% sable	1: < 70 %	2: 70-80 %	3: > 80 %		
n	15	15	50		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	23,6 $\pm$ 6,06	20,3 $\pm$ 5,5	17,3 $\pm$ 8,2	p = 0,0141	*
% limon	1: < 10 %	2: 10-20 %	3: > 20 %		
n	15	45	20		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	13,6 $\pm$ 8,1	19,9 $\pm$ 6,9	21,4 $\pm$ 7,1	p = 0,0034	**
% argile	1: < 2 %	2: 3-10 %	3: > 10 %		
n	40	35	5		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	17,6 $\pm$ 8,3	19,7 $\pm$ 6,9	25,6	p = 0,0842	ns

Facteurs écologiques

Herbier	Absent	Présent			
n	40	40			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	20,6 $\pm$ 7,8	17,5 $\pm$ 7,4		p = 0,0565	ns
Profondeur	$\leq$ 1 m	1-2 m	> 2 m		
n	25	35	20		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	16,9 $\pm$ 7,8	18,7 $\pm$ 7,4	22,2 $\pm$ 7,4	p = 0,0027	**

Facteurs toxicologiques des sédiments

Métaux

As (mg kg ⁻¹ sec)	$\leq$ 1,0	1-3	> 3		
n	25	35	20		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	17,4 $\pm$ 8,1	17,1 $\pm$ 7,5	24,3 $\pm$ 5,0	p = 0,0007	***C
Cd (mg kg ⁻¹ sec)	$\leq$ 1,0	1-3	> 3		
n	40	30	10		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	17,5 $\pm$ 7,8	20,1 $\pm$ 7,8	19,6 $\pm$ 7,5	p = 0,1156	ns
Cu (mg kg ⁻¹ sec)	$\leq$ 10	10-20	> 20		
n	45	25	10		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	17,4 $\pm$ 7,4	19,9 $\pm$ 8,6	24,0 $\pm$ 3,9	p = 0,0305	*
Mn (mg kg ⁻¹ sec)	$\leq$ 100	100-200	> 200		
n	50	20	10		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	16,0 $\pm$ 7,6	24,0 $\pm$ 5,3	24,0 $\pm$ 3,9	p = 0,000	***C
Ni (mg kg ⁻¹ sec)	$\leq$ 5	5-10	> 10		
n	40	30	10		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	16,3 $\pm$ 7,1	21,0 $\pm$ 8,2	24,0 $\pm$ 3,9	p = 0,0000	***C
Pb (mg kg ⁻¹ sec)	$\leq$ 5	5-10	> 10		
n	30	25	25		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	16,6 $\pm$ 8,0	19,1 $\pm$ 7,5	21,8 $\pm$ 6,8	p = 0,0490	*

Tableau 35 (suite)

Classes - Facteurs environnementaux					p et signification du test ANOVA non paramétrique	
Zn (mg kg ⁻¹ sec)	≤ 10	10-50	≥ 50			
n	15	30	35			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	16,4 ± 8,7	19,2 ± 6,4	20,0 ± 8,3		p = 0,4025	ns
Hg (mg kg ⁻¹ sec)	≤ 0,03	0,04 - 0,1	> 0,1			
n	35	20	25			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	18,9 ± 8,0	19,8 ± 6,2	18,5 ± 8,6		p = 0,90196	ns
Hg normalisé ^b (ng g ⁻¹)	≤ 299	300-599	600-1199	1200-2399	> 2400	
n	15	40	5	10	10	
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	17,1 ± 8,7	19,1 ± 6,4	27,2 ± 3,0	18,4 ± 11,1	18,2 ± 7,6	p = 0,0795 ns
Se (mg kg ⁻¹ sec)	≤ 0,1	0,1-1,0	≥ 1,0			
n	10	55	15			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	15,2 ± 10,1	20,5 ± 6,4	16,0 ± 9,2		p = 0,0939	ns
<u>Contaminants organiques</u>						
δ-BHC (mg kg ⁻¹ sec)	≤ 0	0-0,1	> 0,1			
n	30	45	5			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	18,7 ± 8,0	19,5 ± 7,6	16,0 ± 7,5		p = 0,5464	ns
Epoxys-Heptachlore (mg kg ⁻¹ sec)	< 0,01	0,01-0,1	> 0,1	> 1,0		
n	25	5	45	5		
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	18,0 ± 8,5	22,4	19,6 ± 7,6	16,0 ± 7,5	p = 0,5109	ns
Phénanthrène (mg kg ⁻¹ sec)	< 0,01	0-0,1	> 0,1			
n	10	60	10			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	14,4 ± 9,6	19,8 ± 7,1	19,0 ± 7,8		p = 0,2223	ns
Fluoranthène (mg kg ⁻¹ sec)	< 0,01	0,01-0,1	> 0,1			
n	25	45	10			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	18,5 ± 8,7	19,3 ± 7,3	19,0 ± 7,8		p = 0,9443	ns
Pyrène (mg kg ⁻¹ sec)	< 0,01	0,01-0,1	> 0,1			
n	25	45	10			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	18,5 ± 8,7	19,3 ± 7,3	19,0 ± 8,0		p = 0,9443	ns
Chrysène (mg kg ⁻¹ sec)	< 0,01	0,01-0,1	> 0,1			
n	40	20	20			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	18,3 ± 8,4	20,9 ± 7,4	18,6 ± 6,1		p = 0,4656	ns
Benzo (a) anthracène (mg kg ⁻¹ sec)	< 0,01	0,01-0,1	> 0,1			
n	50	15	15			
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	18,7 ± 8,0	21,1 ± 7,8	18,0 ± 6,5		p = 0,3052	ns
BPCs ^b (ng g ⁻¹)	< 299	300-599	600-1199	1200-2399	> 2400	
n	15	5	40	15	5	
ICI ($\bar{X} \pm Sx$)	22,5 ± 7,2	16,0 ± 7,5	18,2 ± 8,1	19,3 ± 7,7	17,6 ± 4,3	p = 0,2460 ns

^a Voir Annexe 3-A^b Tiré de Sloterdijk (1985)^c Différence significative aussi lorsque l'on considère les valeurs moyennes d'ICI dans chaque station.

Le tableau 36 présente les corrélations obtenues entre, d'une part, les trois indices de Lafont basés sur le peuplement des Oligochètes et, d'autre part, les facteurs toxicologiques, physico-chimiques et écologiques de l'eau et des sédiments. Aucune relation significative n'a été obtenue avec le compartiment eau, exception faite d'une tendance vers des niveaux de pollution organique moins prononcés (I_o plus fort) dans les eaux les plus alcalines. Les relations obtenues avec la contamination des sédiments montrent que les stations ayant les plus hauts niveaux de contamination métallique sont celles où les indices I_o riv. sont les plus forts et où les pourcentages de Tubificidae sans soies capilliformes sont les plus faibles (E_o riv.). Ces indices de rivière présentent aussi quelques relations significatives avec les HAPs (en particulier le Phénanthrène). L'indice lacustre E_o lac présente des corrélations faibles avec le Mn, l'Arochlore 1254, le Naphtalène et le Fluorène. Aucune relation significative n'a été obtenue entre les indices de Lafont et les facteurs granulométriques et écologiques, bien que l'on note une tendance vers des indices plus faibles dans les stations à sédiments de gravier ou de sable et un plus fort pourcentage de Tubificidae sans soies capilliformes dans les stations à herbier.

Tableau 36 Relations entre les valeurs moyennes des indices I_o riv., E_o riv. (Lafont, 1984), E_o lac (Lafont et Juget, 1985) et les caractéristiques physico-chimiques, écologiques et toxicologiques de l'eau et des sédiments.

	I_o riv.	E_o riv. ¹	E_o lac
Eau			
Conductivité théorique	0,34	-	-
Somme des anions	0,32	-	-
Sulfates dissous	0,31	0,37	-
Sédiments			
Cu	0,47**	-0,39*	-
Mn	0,39	-	0,39*
Ni	0,35	-0,32	-
Pb	0,48**	-0,40*	-
Zn	0,43*	-0,31	-
Hg	0,32	-	-
Se	0,41*	-0,40*	-
Arochlor 1248	-	-	-
Arochlor 1254	-	-	0,37*
β -BHC	-	-	-
Epoxyde-Heptachlore	-	-	-
Endrine	-	-	-
Naphtalène	-	-	0,44*
Fluorène	-	-	0,37*
Phénanthrène	0,53**	-0,39*	-
Anthracène	-	-	0,33
Fluoranthène	0,35	-	-
Pyrène	0,33	-	-
Σ des HAPs	0,36	-	-
Facteurs écologiques			
Herbier	-	0,28	-
Profondeur	-	-	-
Granulométrie			
% gravier	-0,34	0,33	-
% sable	-0,36	-	-0,32
% limon	-	-	-
% argile	-	-	-

¹ Exprimé par le pourcentage de Tubificidae sans soies capilliformes.

4.1 Typologie des communautés de macroinvertébrés benthiques

Notre étude démontre que la composition générale des communautés de macroinvertébrés benthiques dans les stations du lac Saint-François (Mollusques Gastéropodes: 32 %; Amphipodes: 18 %; Insectes: 16 %; Oligochètes: 11 % et Sphaeriidae: 10 %) est similaire à celle déjà définie dans d'autres travaux antérieurs (Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, 1976c; Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, 1977). La structure générale du benthos au lac Saint-François ressemble aussi à celle des substrats argilo-sableux et des herbiers des eaux vertes du lac Saint-Louis (Magnin, 1970; Ferraris, 1984).

Le nombre total de taxons inventoriés dans le cadre de notre étude (158 taxons: 2 espèces d'Amphipodes, 30 espèces de Mollusques Gastéropodes, 80 taxons d'Insectes, 34 taxons d'Oligochètes, 3 espèces d'Unionidae et 9 groupes taxonomiques) est supérieur à la richesse spécifique déterminée précédemment au lac Saint-François (64 et 46 groupes taxonomiques: Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, 1977; Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, 1976c). Il est toutefois évident que cet estimé est fonction du niveau d'identification, qui varie d'une étude à l'autre. La richesse spécifique estimée dans le cadre de cette étude est d'ailleurs sous-estimée car certains groupes (Hirudinées, Isopodes, Nématodes, Sphaeriidae, Turbellariés, Polychètes et Hydracariens) n'ont pas été identifiés au niveau spécifique ou générique. Le nombre de taxons par échantillon a varié d'un minimum de 3 à 9 à la station 8 à un maximum de 46 à la station 113. Lors des relevés antérieurs, le nombre de taxons par station variait de 16 à 30 (Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, 1976c), de 2 à 35 (Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, 1977) ou de 20 à 60 (Ferraris, 1984).

En 1989, la densité moyenne des peuplements de macroinvertébrés benthiques inventoriés au lac Saint-François variait d'un minimum de 189 ind. m⁻² à la station 8 à un maximum de 26 735 ind. m⁻² à la station 89 (Figure 5). La densité moyenne du benthos dans les stations du lac Saint-François était de 9098 ± 6145 ind. m⁻². Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles déterminées dans les inventaires plus anciens au lac Saint-François (127 à 2839 ind. m⁻²: Comité d'étude du Fleuve Saint-Laurent, 1976c; 1835 à 14 195 ind. m⁻² en 1975 et 20 à 7275

ind. m⁻² en 1976: (Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, 1977) mais elles sont inférieures aux densités moyennes estimées à l'automne 1982 pour les communautés benthiques dans les herbiers des eaux vertes ($43\,786 \pm 18\,228$ ind. m⁻²) et les substrats argilo-sableux ($24\,356$ ind. m⁻²) du lac Saint-Louis (Ferraris, 1984).

L'analyse typologique basée sur la structure des communautés benthiques a permis de définir plusieurs tendances dans l'abondance et la répartition des groupes taxonomiques du benthos dans le lac Saint-François:

- la première tendance (Axe 1; Figure 6) représente l'opposition entre, d'une part, les communautés benthiques des stations 57 et 60 situées au sud-ouest du lac (groupe III), dominées par les Amphipodes (*Gammarus fasciatus*) en association avec les Isopodes et les Diptères Chironomini et, d'autre part, les communautés benthiques des stations 11, 21 et 32 du secteur est du lac (groupe IV-A), dominées par les petits Gastéropodes Prosobranches (*Amnicola limosa*, *Valvata tricarinata*, *Valvata sincera*), les Sphaeridae, les Trichoptères (*Lepidostoma*) et les Oligochètes (*Aulodrilus limnobius*);
- la deuxième tendance (Axe 2; Figure 6) représente l'opposition entre la communauté benthique de faible densité de la station 8 (groupe I) et les communautés benthiques très denses des stations 23, 89, 113 et 122 (groupe IV-C). Ce gradient croissant de densité du benthos d'est en ouest au sein du lac Saint-François, déjà noté en 1975 et 1976 (Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, 1977), reflète une prédominance de la plupart des taxons et des Gastéropodes (en particulier de *Bithynia tentaculata*).

Plusieurs groupes taxonomiques, en particulier les Mollusques Gastéropodes et Sphaeridae, les Amphipodes et les Insectes jouent un rôle prépondérant dans la caractérisation typologique des communautés benthiques du lac Saint-François. En général, les analyses typologiques établies sur les familles ou sur les taxons représentent des fractions similaires de la variance totale des peuplements, sauf pour les Oligochètes. Toutefois, compte tenu de l'information acquise au niveau des taxons pour la détermination d'espèces indicatrices de la contamination du milieu, il est préférable de réaliser l'analyse typologique au niveau des taxons. Ceci est particulièrement important pour les groupes taxonomiques à

forte hétérogénéité tels que les Oligochètes pour lesquels l'analyse typologique basée sur les familles n'expliquait que 4,2 % de la variance totale tandis que l'analyse typologique basée sur les taxons permettait d'extraire 35 % de la variance totale.

Les Gastéropodes Prosobranches permettent de distinguer différentes associations de familles et d'espèces selon le gradient ascendant de densité est-ouest et selon leurs tolérances respectives vis-à-vis de la pollution. Les Bithynidae (*Bithynia tentaculata*) caractérisent surtout les peuplements malacologiques des stations situées au centre (23) et à l'ouest du lac (89, 91, 113 et 122) tandis que les Hydrobiidae (*Amnicola limosa*) ou les Valvatidae (*Valvata tricarinata*) associées aux Sphaeridae discriminent plutôt les stations à l'est du lac (6, 11, 21 et 32). Ce gradient croissant d'abondance des Bithynidae selon l'axe est-ouest était déjà perceptible dans les données publiées par le Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent (1977). L'espèce *Bithynia tentaculata*, d'origine européenne, a été introduite en Amérique du Nord vers 1870 et a envahi les Grands Lacs et tout le couloir fluvial du Saint-Laurent (Pinel-Alloul et Magnin, 1971). Hellawell (1986) la qualifie d'espèce β -mésosaprobe tolérant un enrichissement organique modéré. Par contre, *Amnicola limosa* et *Valvata tricarinata* sont plutôt des espèces oligosaprobies intolérantes à la pollution organique. Pour les Sphaeridae, il est plus difficile d'interpréter leur répartition en relation avec la pollution du milieu car les tolérances à la pollution organique varient selon les espèces (Hellawell, 1986). Compte tenu de l'importance de ce groupe de Mollusques dans certaines stations (11, 21 et 32) et de leur importance dans la typologie des communautés benthiques du lac Saint-François, il serait nécessaire lors d'études ultérieures d'identifier ces organismes jusqu'à l'espèce, dans la mesure du possible.

Les Insectes sont principalement représentés par des Trichoptères et des Diptères qui permettent de distinguer deux principaux groupes de stations: 1) les stations 4, 8, 11, 21, 32 et 60 (groupe I-A; Tableau 11) peu peuplées en Insectes mais dominées par les Trichoptères Leptoceridae (*Nectopsyche*, *Ceraclea*) et 2) les stations 6, 23, 57, 89, 113 et 122 (groupe I-B; Tableau 11) plus densément peuplées en Insectes et dominées par les Diptères Chironomini (*Chironomus*, *Cryptochironomus*). Ces deux groupes d'organismes se distinguent par leurs tolérances vis-à-vis de la pollution. Il est en effet reconnu que les Trichoptères sont moins tolérants à la pollution organique ou toxique que les Diptères Chironomini (Hellawell, 1986).

Les Amphipodes et les Isopodes sont très importants aux stations 57 et 60 et plus abondants dans les stations à herbier du secteur ouest du lac (Tableau 4). Les Isopodes (*Asellus*) sont des espèces α -mésosaprobles très tolérantes à la pollution organique ou métallique (Hellawell, 1986) tandis que les Amphipodes Gammaridae sont plutôt des espèces β -mésosaprobles moins tolérantes à la pollution par les métaux (Mance, 1987).

Les Oligochètes présentent une très forte hétérogénéité intra-stations et ont donc très peu d'utilité pour distinguer des groupes homogènes de stations. L'hétérogénéité spatiale à petite échelle des Oligochètes est un problème rencontré dans d'autres grands lacs (lac de Genève; Lang, 1989). Toutefois, le groupe des Tubificidae, considéré comme indicateur du degré de détérioration du milieu (Comité d'étude sur le Fleuve Saint-Laurent, 1977), peut être relié au patron de distribution de la plupart des échantillons. La prédominance des Tubificidae sans soies capilliformes (en particulier *Limnodrilus hoffmeisteri*) et des Naididae s'accroît en fonction de la densité totale du peuplement et ces familles présentent des densités plus fortes aux stations 6, 23, 89, 113 et 122. Le Tubificidae *Limnodrilus* est une espèce très tolérante à la pollution organique et indicatrice de milieux polysaprobles (Hellawell, 1986); elle se trouve favorisée par les pollutions industrielles et urbaines (Lafont, 1989). L'espèce *Spirosperma ferox* (Tubificidae avec soies capilliformes) est très abondante aux stations 11, 32 et 78. Ce Tubificidae est une espèce ubiquiste, oxyphile et indicatrice de conditions méso- et oligosaprobles (Lafont, 1989). L'importance du Lumbriculidae *Stylodrilus heringianus* permet de dissocier certains échantillons, en particulier ceux de la station 78 (Tableau 15). Cette espèce est oxyphile et affectionne les sédiments grossiers en courant rapide. Sa polluerésistance est controversée (Lafont, 1989).

En résumé, l'analyse typologique des communautés benthiques du lac Saint-François permet de mettre en évidence deux types de communautés benthiques qui se distinguent par leur structure taxonomique, leur tolérance à la pollution et leur localisation géographique:

- à l'est du lac (stations 11, 21 et 32), on retrouve des communautés benthiques peu tolérantes à la pollution dominées par les Gastéropodes Hydrobiidae et Valvatidae, indicateurs d'oligosaprobie, en association avec les Sphaeridae, les Trichoptères Leptoceridae et les Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes;

- au centre et surtout à l'ouest du lac (stations 23, 57, 60, 89, 113 et 122), on rencontre des communautés benthiques très tolérantes à la pollution dominées par des organismes β -mésosaprobes (Gastéropodes Bithynidae, Amphipodes) en association avec des espèces α -mésosaprobes (Diptères Chironomini, Isopodes) et des espèces polysaprobes (Oligochètes Tubificidae sans soies capilliformes);
- les autres communautés benthiques (stations 4, 6, 78, 91, 93 et 94) ont une position intermédiaire et des niveaux de tolérance à la pollution variables selon les groupes taxonomiques; elles sont donc plus difficiles à classer. Finalement, la communauté benthique de la station 8 se singularise surtout par sa très faible densité.

4.2 Typologie des compartiments abiotiques

L'analyse typologique de la physico-chimie et de la contamination de l'eau indique une forte homogénéité entre les stations (Figure 20; Tableau 19). En général, la physico-chimie de l'eau est caractéristique des eaux vertes fortement minéralisées du fleuve Saint-Laurent (Cond.: 300-330 $\mu\text{S cm}^{-1}$). Seule la station 78, à l'extrémité sud-ouest du lac, se distingue très nettement du groupe homogène (groupe I: stations 4, 6, 8, 11, 21, 23, 32, 89, 91, 93, 94, 113 et 122); l'eau y est plus faiblement minéralisée, plus turbide et colorée, et plus riche en Al, en Cu et en Fe. Trois autres stations se distinguent aussi légèrement du groupe homogène soit par des eaux plus colorées (stations 57 et 60) ou plus oxygénées (station 122). La contamination de l'eau du lac Saint-François par les métaux ou les contaminants organiques est généralement faible et se situe en-dessous de l'étendue des valeurs mesurées pour les mêmes contaminants dans des éluviats de sédiments du lac Saint-Louis (Champoux *et al.*, 1986). Elle est comparable aux niveaux de contamination des eaux du lac Saint-Pierre (Langlois et Sloterdijk, 1989). Cependant, parmi les métaux les plus abondants dans l'eau (Sr, Al, Fe, Ba, Mn, Cu et Ni), seul le Cu dépasse souvent la limite de 2 $\mu\text{g l}^{-1}$ pour le maintien de la qualité de la vie proposée par Environnement Canada (CCMRE, 1987), en particulier aux stations 93, 78, 8 et 94 (Annexe 2). De plus, tous les contaminants organiques étaient en-dessous du seuil de détection analytique et répondent aux critères recommandés pour la protection de la vie aquatique (CCMRE, 1987). Le manque de résultats significatifs pour la plupart des contaminants organiques peut être attribué à la méthode d'échantillonnage. Germain et Langlois (1988) ont en effet démontré que l'échantillonnage à grand

volume est une méthode beaucoup plus efficace que l'échantillonnage conventionnel, utilisé dans le cadre de cette étude, pour mesurer les polluants organiques en traces.

L'analyse typologique des facteurs écologiques et des caractéristiques granulométriques et toxicologiques des sédiments démontre aussi une forte homogénéité entre les stations (Figure 21; Tableau 21). Onze stations sur 16 (groupe I-B: stations 8, 11, 21, 32, 57, 60, 78, 89, 91, 113 et 122) se regroupent et sont caractérisées par une faible profondeur d'eau, des fonds sablonneux et des niveaux de contamination métallique et organique plus faibles. Cinq stations (4, 6, 23, 93 et 94) présentent des conditions particulières. En eau plus profonde (± 3 m), les sédiments riches en sable des stations 4, 6, 23 et 93 ont des concentrations en métaux plus fortes que le groupe homogène. Une contamination plus importante en Hg est notée aux stations 4 et 93. La station 23 présente des caractéristiques similaires aux stations 4 et 93 mais s'en distingue par une contamination plus élevée en Mn et plus faible en Hg. Les caractéristiques granulométriques et toxicologiques des sédiments des stations 6 et 94 s'opposent. Une contamination très forte en Mn, Cu, Ni, As et Zn et l'absence de contamination par le Hg et les contaminants organiques caractérisent les sédiments plus limoneux de la station 6. Par contre, les sédiments riches en sable de la station 94 se distinguent par une très forte contamination en As, en Hg et en contaminants organiques.

En regard des normes établies par le Ministère de l'Environnement de l'Ontario et des niveaux de contamination des sédiments du lac Saint-Louis (Jarry *et al.*, 1985), la contamination des sédiments du lac Saint-François est faible. La contamination métallique (As, Se, Hg, Cd) des sédiments du lac Saint-François est comparable à celle des sédiments du lac Saint-Pierre sauf pour le Pb, moins abondant au lac Saint-François (Langlois et Sloterdijk, 1989). Il existe toutefois des gradients est-ouest très nets de contamination métallique et organique au lac Saint-François. La contamination par le Mn, le Cu et le Ni est caractéristique du secteur est du lac (stations 4, 6, 11) tandis que la contamination plus forte en Hg, en α -BHC, en Epoxyde-Heptachlore et en HAPs caractérise le secteur ouest du lac et en particulier la station 94 qui correspond à la zone d'influence de l'usine de chlore-alcali de la région de Cornwall (Sloterdijk, 1985). Les concentrations en mercure varient de 30 à 330 ng g⁻¹ et sont parfois au-dessus des valeurs limites de 100-150 ng g⁻¹ (stations 94, 93, 89 et 4) indiquant une contamination anthropogénique (Sloterdijk, 1985). Au niveau des contaminants organiques, la qualité des analyses chimiques n'a permis

d'avoir des mesures significatives au-dessus du seuil de détection analytique que pour quelques contaminants (β -BHC, Epoxyde-Heptachlore, Naphtalène, Phénanthrène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo (a) anthracène, Chrysène et Benzo fluoranthènes). Exception faite de la station 4, les contaminants organiques sont généralement plus abondants dans le secteur ouest du lac.

4.3 Indices biotiques

Au lac Saint-François, l'indice de communauté des invertébrés (ICI) est homogène au sein de chaque station mais varie significativement entre les stations allant d'un minimum de 7 à la station 8 à un maximum de 27 à la station 4. D'après les données du programme Archipel (Ferraris, 1984), les variations spatio-temporelles de l'ICI dans l'ensemble du couloir fluvial du Saint-Laurent sont importantes (L. Lapierre, Symposium sur le Plan d'action Saint-Laurent, octobre 1990). L'ICI varie d'un minimum de 0 à un maximum de 54. Pour les divers habitats (substrats dur et mou, herbier) et les différentes masses d'eau du Saint-Laurent, l'ICI moyen varie entre 12 et 26. En général, l'ICI moyen est plus faible dans les sites à substrat mou que dans les sites à substrat dur ou avec herbier. Bien qu'il soit difficile de comparer nos résultats avec ceux obtenus à partir des données du programme Archipel compte tenu des différences dans les périodes d'échantillonnage, l'échelle spatiale et dans le niveau d'identification des taxons de macroinvertébrés benthiques, nous notons toutefois des tendances différentes au sein du lac Saint-François. C'est dans les sites sans herbier, situés généralement dans le secteur est ou les sites les plus profonds que l'ICI moyen est le plus fort (Figure 22, Tableau 23). Il est intéressant de noter que les stations ayant les plus faibles valeurs moyennes d'ICI (< 20) se situent surtout dans les sites fortement contaminés par les Hg, les pesticides et les HAPs, sur la rive nord, du centre à l'ouest du lac (stations 91, 94, 32 et 89) et dans le secteur sud-ouest (stations 113 et 122) (Figure 22). En général, à l'exception de la station 8, les stations situées à l'est, plus contaminées par les métaux, ont des ICI plus grands que 20 (Figure 22).

Au niveau de la pertinence des métriques de l'ICI pour la distinction des communautés benthiques du lac Saint-François, les métriques M1 (nombre total de taxons), M3 et M6 (nombre de taxons et pourcentage des Trichoptères), M4 (nombre de taxons de Diptères), M8 (pourcentage des Diptères autres que les Tanytarsini et des invertébrés autres que les Insectes) et M9A (pourcentage d'individus tolérants à la

pollution) présentent des variations inter-stations significatives et influencent la valeur de l'ICI global (Tableaux 23 et 24; Figure 25). Par contre, les métriques associées au peuplement des Ephémères (M2 et M5) ainsi que celle associée aux Diptères Tanytarsini (M7) ne sont pas utiles. Toutefois, sur l'ensemble du couloir fluvial, les métriques M2, M5 et M7 permettront de distinguer les habitats en eau courante (Ex: Rapides Lachine) ou oligosaprobies où ces organismes sont beaucoup plus abondants. Compte tenu de l'importance accordée aux Insectes dans la détermination des cotes des métriques M3, M4 et M6 et dans l'estimation de l'ICI, il est normal que sur l'ensemble des écorégions du Fleuve Saint-Laurent (eaux vertes, eaux brunes, secteurs des rapides, zones de sédimentation ou de dérive), cet indice permet de discerner les types d'habitats à partir de la communauté des macroinvertébrés benthiques. Cependant dans un milieu beaucoup plus homogène comme le lac Saint-François, où d'autres groupes que les Insectes (Mollusques Gastéropodes et Sphaeriidae, Amphipodes, Isopodes) sont responsables de l'hétérogénéité spatiale des communautés benthiques, l'ICI présente des variations plus faibles et est moins discriminant. De plus, il ne tient pas compte du nombre de taxons et du pourcentage d'organismes intolérants à la pollution, en particulier dans le peuplement malacologique. Ainsi les Hydrobiidae, les Valvatidae et les Sphaeriidae sont caractéristiques de communautés benthiques de meilleure qualité, mais sont intégrés à la métrique M8 au même titre que les autres familles de Gastéropodes, de Crustacés et d'Insectes qui sont plus tolérantes ou indifférentes au niveau de pollution. Dans le cadre de l'application de l'ICI à l'ensemble du couloir fluvial du Saint-Laurent, compte tenu de l'importance des peuplements de Mollusques, d'Amphipodes et d'Isopodes pour la typologie du benthos, il serait utile de modifier l'ICI en ajoutant des métriques supplémentaires qui tiendraient compte du pourcentage d'organismes intolérants à la pollution (familles des Hydrobiidae, des Valvatidae et des Sphaeriidae) et du pourcentage d'Amphipodes. De plus, compte tenu de l'importance des Isopodes comme organismes indicateurs de pollution organique, ce groupe taxonomique devrait être identifié à l'espèce et pris en considération dans la détermination de la métrique M9A.

L'emploi de plusieurs indices apporte aussi des informations supplémentaires mais ces indices ne sont pas toujours compatibles et une comparaison directe est difficile, surtout si les indices utilisent diverses catégories d'organismes (Harper et Cloutier, 1989; Metcalfe, 1989). Au niveau des peuplements,

les indices les plus pertinents pour discriminer des milieux dégradés sont ceux basés sur les Oligochètes et les Diptères Chironomidae. L'application des indices de Lafont (1984) aux peuplements d'Oligochètes du lac Saint-François, n'a pas permis de dresser un tableau clair de la pollution organique des milieux. Les résultats obtenus variaient en fonction des indices. De plus, ils présentaient une forte hétérogénéité au sein de certaines stations et ne concordaient pas avec ceux obtenus avec l'ICI (Tableau 26). Les valeurs des indices de rivières ($I_{o\text{ riv.}}$ et $E_{o\text{ riv.}}$) indiquent un niveau de pollution organique élevée dans la majorité des stations sauf aux stations 32, 93 sur la rive nord et aux stations 11 et 78 sur la rive sud. Les plus fortes valeurs de l'indice $I_{o\text{ riv.}}$ à ces stations sont parfois dues à quelques réplicats seulement et sont fortement surestimées lorsque le pourcentage des Tubificidae sans soies capilliformes est nulle ou faible. L'indice lacustre ($E_{o\text{ lac}}$) varie très peu entre les stations. Mise à part la station 11, la structure des peuplements et en particulier l'absence ou le petit nombre d'espèces oxyphiles indique un niveau élevé de pollution dans les stations du lac Saint-François.

D'autres indices peuvent être appliqués aux communautés benthiques (indice de diversité et d'équitabilité, autres indices biotiques, indices de saprobie, indices de similarité) (Verneaux, 1983; Metcalfe, 1989; Harper et Cloutier, 1989; Lafont, 1984; Guhl, 1987) et chacun d'eux présente ses avantages et désavantages (Lessard, 1989). Les valeurs de l'indice, quelque soit son type, sont fonction non seulement des facteurs écologiques (saison, habitat, hydrodynamisme, substrat, etc.) mais aussi des techniques d'échantillonnage et du niveau d'identification taxonomique. Au niveau des communautés benthiques, les obstacles majeurs pour obtenir des estimés précis, fiables et standardisés des indices biotiques en relation avec les niveaux de pollution sont le manque de définition des communautés de référence typique des habitats caractéristiques d'une écorégion exempte de pollution et les variations inter-laboratoires dans l'analyse taxonomique. De plus, la plupart des indices biotiques ont été développés pour détecter des gradients de pollution organique mais pas en fonction de différents types de pollution toxique (métallique, organique). Il y a donc encore beaucoup de problèmes à résoudre avant de pouvoir définir une approche adéquate pour déterminer les niveaux de pollution des écosystèmes aquatiques en fonction de la structure des communautés benthiques. L'approche multivariée que nous avons adoptée est la plus prometteuse car elle permet de définir les taxons représentatifs de l'hétérogénéité spatiale des

communautés, de tester ensuite leur distribution en fonction des gradients de pollution et de les utiliser éventuellement pour l'élaboration d'indices biotiques. L'étude typologique des communautés benthiques au lac Saint-François ayant démontré que certains groupes d'invertébrés sont importants pour décrire les variations dans la structure des communautés benthiques, nous recommandons que ces groupes taxonomiques (Mollusques Gastéropodes et Sphaeridae, Amphipodes et Isopodes) soient analysés au niveau taxonomique maximum et soient incorporés à la définition d'un indice biotique plus approprié aux communautés benthiques des lacs fluviaux du Saint-Laurent.

4.4 Relation entre la structure des communautés benthiques et les facteurs environnementaux

Pour le compartiment de l'eau, deux groupes de facteurs physico-chimiques présentent des relations avec la structure des communautés benthiques. Premièrement, les facteurs d'alcalinité et de minéralisation sont reliés positivement à la richesse spécifique, à l'importance et à l'abondance des Gastéropodes Pulmonés (*Gyraulus deflectus*, *Stagnicola elodes*, *Physa gyrina*) ainsi qu'à l'abondance du Gastéropode Prosobranch *Bithynia tentaculata* (Tableaux 27, 29 et 31). À l'opposé, les Isopodes et les Amphipodes présentent des relations négatives avec les facteurs de dureté, en particulier le magnésium et la conductivité spécifique, mais sont plus fréquents dans les milieux à pH élevé. Les peuplements d'Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes, de Sphaeridae, d'Hydrobiidae (*Amnicola limosa*) et de Trichoptères (*Lepidostoma*) sont associés aux milieux à pH faible (stations 11, 21, 23; Annexe 2). Deuxièmement, les facteurs liés à la couleur, à la turbidité et à la charge en solides totaux non filtrables sont favorables aux Crustacés (Amphipodes, Isopodes) mais néfastes au développement des peuplements malacologiques. La contamination de l'eau par les métaux est généralement faible et a peu d'effet sur la structure du benthos. Toutefois, l'importance et la densité des populations de Gastéropode Pulmonés et de *Bithynia tentaculata* ainsi que celle des Isopodes tend à diminuer dans les stations présentant les plus fortes contaminations métalliques.

Les facteurs écologiques reliés à la présence d'herbier, à la profondeur d'eau et à la granulométrie des sédiments influencent différemment les peuplements benthiques (Tableaux 28, 30 et 32). La présence d'herbiers est particulièrement favorable au développement des Isopodes, des Amphipodes, des Turbellariés et de

Valvata piscinalis (Gastéropodes Prosobranches) mais nuit au développement des Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes, des Sphaeridae et des Hydrobiidae (*Amnicola limosa*). La distribution des groupes taxonomiques selon l'absence ou la présence d'herbiers est liée au gradient longitudinal est-ouest du lac Saint-François. La prédominance marquée des Amphipodes est caractéristique des herbiers dominés par *Ceratophyllum* et *Myriophyllum* (Annexe 1). Dans les stations les plus profondes, la richesse spécifique des Gastéropodes et des Diptères s'accroît ainsi que l'abondance des populations de *Valvata tricarinata*. La granulométrie des sédiments influence les peuplements de Trichoptères (*Lepidostoma*), d'Hydrobiidae (*Amnicola limosa*), de Sphaeridae, d'Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes et d'Hydracariens dont la richesse spécifique, l'importance et l'abondance sont plus fortes dans les sédiments plus riches en limon et en argile.

La contamination métallique des sédiments présente des relations significatives avec la structure des communautés benthiques du lac Saint-François (Tableaux 28, 30 et 32). Les niveaux de contamination par le Mn, le Cu et le Ni s'associent à une augmentation de la richesse spécifique des peuplements de Trichoptères, de Gastéropodes Prosobranches et d'Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes. Les Hydracariens, les Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes, les Sphaeridae et les Nématodes sont plus fréquents dans les stations les plus contaminées en Mn, Cu et Ni et inversement pour les Amphipodes et les Isopodes. L'importance relative et l'abondance des Gastéropodes Pulmonés (en particulier *Gyraulus deflectus*, *Physa gyrina* et *Stagnicola elodes*) s'accroissent dans les stations les plus contaminées par le Zn, le Hg ou le Se. Pour plusieurs raisons, il est difficile d'interpréter ces relations en terme de qualité du milieu et de relations de cause à effet entre la contamination et la structure du benthos ou la tolérance des groupes taxonomiques. Premièrement, certaines relations pourraient être indirectes car les plus fortes concentrations de métaux se retrouvent surtout dans les stations les plus profondes et sans herbier. Deuxièmement, la faible contamination des stations du lac Saint-François par les métaux, même pour le secteur nord-est du lac, en regard des limites pour la qualité de la vie aquatique (CCMRE, 1987; Jarry *et al.*, 1985) n'aurait pas d'effets délétères très importants sur les communautés benthiques. D'ailleurs, le manganèse qui est le métal le plus abondant dans le secteur est du lac, en particulier à la station 6, est aussi un des métaux les moins toxiques pour la faune aquatique (Hellawell, 1986). Bien que les Trichoptères soient les Insectes les plus

résistants à la pollution métallique (Warnick et Bell, 1969; Clements *et al.*, 1990), la présence simultanée de Mollusques Prosobranches (Hydrobiidae, Valvatidae), indicateurs d'oligosaprobie, à l'est du lac Saint-François, ne permet pas d'interpréter leur présence comme un mécanisme de polluerésistance dans les communautés benthiques. Troisièmement, beaucoup d'autres facteurs biotiques (compétition, prédation) qui n'ont pas été considérés dans le cadre de cette étude, peuvent également influencer la distribution des groupes d'organismes et des taxons. À l'opposé, les Amphipodes et les Isopodes, associés aux macrophytes, affichent une relation négative vis-à-vis de la pollution métallique. Ces organismes sont reconnus comme particulièrement sensibles à la pollution métallique, en particulier pour l'As, le Cd, le Cu, le Pb et le Zn (Hellawell, 1986).

Les relations positives entre les niveaux de contamination organique des sédiments et la richesse spécifique de plusieurs groupes taxonomiques, en particulier des Diptères Chironomini et des Gastéropodes Pulmonés pourraient s'expliquer par la plus grande charge en carbone organique dans le secteur ouest du lac (Sloterdijk, 1985). Il est reconnu que, d'une part, la distribution des contaminants organiques est reliée à la nature organique des sédiments et que, d'autre part, les Diptères et les Gastéropodes Pulmonés sont plus abondants dans les substrats riches en matière organique. Il est plus difficile d'interpréter les relations entre chacun des contaminants organiques et l'importance ou l'abondance des groupes taxonomiques car les relations observées peuvent être dues indirectement à la présence de certains contaminants (Arochlore 1248, Endrine et Benzo fluoranthènes) dans les milieux sans herbiers et d'autres contaminants (Fluoranthène et Pyrène) dans les milieux avec herbiers situés à l'ouest du lac. Plusieurs contaminants organiques (Arochlore, Endrine, Fluorène, Anthracène et Benzo fluoranthènes) présentent aussi des relations positives avec la profondeur des stations ($p < 0,01$, tau de Kendall). Les effets des contaminants organiques sur les communautés d'invertébrés benthiques sont très variables selon le type de contaminants (BPCs, insecticides, herbicides, etc.) et selon les milieux. Au lac Saint-François, l'abondance relative des Gastéropodes Prosobranches (*Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis*), des Gastéropodes Pulmonés (*Gyraulus deflectus*, *Stagnicola elodes*), des Lépidoptères (*Acentria*), des Turbellariés, des Oligochètes Tubificidae sans soies capilliformes (*Limnodrilus hoffmeisteri*) et des Hirudinées est plus forte dans les stations fortement contaminées par le α -BHC et l'Epoxyde-Heptachlore ou par certains HAPs. Au contraire, les Hydrobiidae

(*Amnicola limosa*) et les Trichoptères (*Lepidostoma*) sont inversement reliés aux contaminants organiques.

En résumé, l'analyse des relations entre la structure des communautés benthiques et les facteurs écologiques, physico-chimiques et toxicologiques des compartiments de l'eau et des sédiments dans le lac Saint-François, quoique limitée par le petit nombre de stations, tend à montrer que les processus générateurs de la structure du benthos sont surtout d'ordre écologique et physico-chimique. La présence d'herbier, l'alcalinité, la minéralisation, la couleur de l'eau, la profondeur et la granulométrie des sédiments ont une influence prioritaire. La répartition des groupes taxonomiques fait état de la prépondérance des Gastéropodes Pulmonés, de *Bithynia tentaculata*, des Amphipodes, des Isopodes, des Turbellariés et des Hirudinés dans les stations avec herbier situées à l'ouest du lac et présentant les plus fortes contaminations en mercure, en insecticides et en HAPs. À l'opposé, les Gastéropodes Hydrobiidae, Valvatidae et Sphaeridae ainsi que les Trichoptères Lepidostomatidae et Leptoceridae sont plus importants dans les stations du nord-est du lac, les plus riches en métaux mais moins contaminées par le mercure et les polluants organiques. Il est toutefois très difficile de discerner les effets respectifs des facteurs écologiques et toxicologiques dans le lac Saint-François car ces deux types de facteurs sont liés. Dans le cadre plus large d'une étude sur l'ensemble du couloir fluvial, il faudrait revoir la stratégie d'échantillonnage de façon à avoir plusieurs stations représentatives de classes de contamination métallique ou organique dans des habitats avec et sans herbiers, de faible et de grande profondeur et avec des substrats fins ou grossiers.

4.5 Relations entre les indices biotiques et les facteurs environnementaux

4.5.1 Indice ICI. - En général, nos résultats démontrent que la physico-chimie ou la contamination métallique des eaux du lac Saint-François ont peu d'influence sur les valeurs des métriques ou de l'indice ICI sauf pour la métrique M9A qui a des cotes plus élevées (importance moindre des organismes tolérants) dans les stations aux eaux plus colorées (stations 57, 60 et 78) ou plus riches en Mn (stations 57, 60, 78, 11 et 21) (Tableau 33; Annexe 2). La cote de la métrique M6 (pourcentage de Trichoptères) et la valeur globale de l'ICI sont plus fortes dans les stations situées à

l'est du lac et affichant les plus hauts niveaux de phosphore total (stations 4, 6 et 11) et/ou les plus faibles pH (stations 11, 21 et 23).

Les facteurs écologiques (herbier, profondeur, granulométrie) ont surtout des effets significatifs sur les métriques associées au peuplement des Trichoptères et sur la valeur globale de l'ICI. Les métriques M3 et M6 (nombre de taxons et pourcentage des Trichoptères) ainsi que la valeur globale de l'ICI diminuent dans les sédiments plus sablonneux et en présence d'herbier. Par contre, ces métriques et l'ICI augmentent dans les stations profondes sans herbier et sur substrat limoneux (Tableau 34).

La contamination par les métaux lourds est associée à des cotes ou des valeurs plus élevées pour les métriques M3, M6, M8 et l'ICI total. Ces relations positives découlent de la prépondérance des métriques associées au groupe des Trichoptères et à la baisse dans l'abondance relative des Diptères et des Invertébrés autres que les Insectes à l'est du lac. De plus, la relation positive entre la métrique M8 et le Hg indique que dans les stations les plus contaminées en mercure (stations 94, 93, 91, 89 et 4), le pourcentage de Diptères autres que Tanytarsini et d'Invertébrés autres que les Insectes tend à diminuer. Il est toutefois difficile d'interpréter cette relation car elle est en partie attribuable à la diminution des Mollusques Hydrobiidae, Valvatidae et Sphaeridae et des Crustacés Amphipodes et Isopodes dans les stations situées sur la rive nord, au centre-ouest du lac.

Certains contaminants organiques semblent associés à l'accroissement des cotes des métriques et de l'ICI, mais les relations varient d'un contaminant à l'autre et sont plus difficiles à interpréter compte tenu de la faiblesse des analyses chimiques. En considérant uniquement les contaminants pour lesquels plus de 10 valeurs sur 16 se situaient au-dessus du seuil de détection (α -BHC, Epoxyde-Heptachlore, Phénanthrène, Fluoranthène, Pyrène), notre étude ne détecte pas de relations significatives entre les contaminants organiques et les métriques ou l'indice ICI (Figure 29). Les corrélations obtenues avec l'Arochlore 1248, l'Endrine et les Benzo fluoranthènes (Tableau 34) sont dues à l'absence de valeurs au-dessus du seuil de détection dans la majorité des stations sauf 2 ou 3 stations (Annexe 4).

Dans l'ensemble, les relations entre l'indice ICI et les facteurs environnementaux montrent que les facteurs écologiques reliés au gradient de distribution est-ouest des macrophytes, à la bathymétrie et à la granulométrie des sédiments sont essentiels pour comprendre les patrons observés (Figure 27). Ils

s'associent à des variations dans les niveaux de contamination par les métaux et les contaminants organiques. La pollution métallique (Mn, Ni, Pb, As, Cu) en diminuant l'importance des Diptères ou d'autres groupes d'invertébrés, en particulier des Gastéropodes Pulmonés, des Amphipodes et des Isopodes (métrique M8), et en augmentant l'importance relative des Trichoptères (métrique M3), influence positivement la valeur de l'ICI (Figure 28). Les relations avec les différents contaminants organiques sont non significatives et difficiles à expliquer à cause de la faiblesse des résultats analytiques.

4.5.2 Indices de Lafont. - En ce qui concerne les indices de Lafont (1984) basés sur le peuplement des Oligochètes, aucune relation significative n'a été obtenue entre les valeurs numériques des indices et la physico-chimie ou la contamination métallique de l'eau (Tableau 36).

Pour les facteurs écologiques, malgré une tendance à la baisse de l'indice $I_{o\text{ riv.}}$ dans les substrats grossiers plus riches en gravier et en sable, suite à une augmentation de l'importance des Tubificidae sans soies capilliformes ($E_{o\text{ riv.}}$), aucune relation importante n'a été observée (Tableau 36).

Le niveau de contamination métallique (Cu, Mn, Pb, Zn, Se) des sédiments est relié positivement à l'indice $I_{o\text{ riv.}}$ et l'indice $E_{o\text{ lac}}$ et négativement au pourcentage de Tubificidae sans soies capilliformes, ce qui suggère que les stations situées à l'est du lac ont des niveaux de pollution organique généralement plus faibles que celles situées à l'ouest du lac. Compte tenu des contraintes (indice de pollution organique) et des difficultés d'application des indices Oligochètes aux milieux lacustres et du manque de concordance avec les indices ICI, notre étude n'a pas démontré l'utilité de ces indices dans le cadre de l'étude-pilote au lac Saint-François. En fait, l'analyse typologique basée sur les taxons d'Oligochètes en indiquant la prédominance des Tubificidae sans soies capilliformes aux stations les plus contaminées à l'ouest du lac et la prédominance des Tubificidae avec soies capilliformes ou des espèces oxyphiles aux stations 11, 32, 78 et 91, fournissait davantage d'informations que les indices. Toutefois, pour évaluer avec plus de précision la valeur des indices Oligochètes pour l'évaluation des milieux aquatiques du fleuve Saint-Laurent en regard de leurs caractéristiques écologiques ou toxicologiques, il serait pertinent de tester son application sur l'ensemble des données du programme Archipel.

Cette page est blanche dans le document original

1) La composition générale des communautés de macroinvertébrés benthiques, telle que déterminée en 1989 dans le cadre de l'étude-pilote au lac Saint-François, est similaire à celle déjà définie pour ce lac et pour les eaux vertes du Saint-Laurent. Les Mollusques Gastéropodes (32 %), les Amphipodes (18 %), les Insectes (16 %), les Oligochètes (11 %) et les Sphaeridae (10 %) constituent, par ordre d'importance, les groupes taxonomiques les plus représentatifs de la structure des communautés benthiques. La répartition des groupes taxonomiques présente toutefois une assez forte hétérogénéité spatiale entre les stations. Elle varie le long du gradient longitudinal (est-ouest) du lac, en fonction de la présence des herbiers, de la physico-chimie des eaux, de la profondeur et la granulométrie des sédiments et des gradients de contamination métallique et/ou organique des sédiments.

2) L'analyse typologique basée sur la structure de l'ensemble des communautés benthiques permet de définir deux tendances principales dans l'abondance et la répartition des peuplements benthiques au lac Saint-François.

- Selon l'axe 1 de l'analyse en coordonnées principales, la première tendance discrimine, d'une part, les communautés benthiques dominées par les Amphipodes (*Gammarus fasciatus*) en association avec les Isopodes et les Diptères Chironomini, localisées au sud-ouest du lac (stations 57 et 60) et, d'autre part, les communautés benthiques dominées par les petits Gastéropodes Prosobranches (*Amnicola limosa*, *Valvata tricarinata*, *Valvata sincera*), les Sphaeridae, les Trichoptères (*Lepidostoma*) et les Oligochètes (*Aulodrilus limnobius*), localisées à l'est du lac (stations 11, 21 et 32).
- Selon l'axe 2 de l'analyse en coordonnées principales, la deuxième tendance correspond à un gradient de densité du benthos selon le sens longitudinal du lac. Elle discrimine la communauté benthique de faible densité de la station 8 des communautés benthiques très denses des stations 23, 89, 113 et 122. Ce gradient longitudinal reflète une dominance accrue des Gastéropodes et un accroissement de l'abondance de la plupart des groupes taxonomiques.

3) Au niveau des groupes taxonomiques, les Gastéropodes, les Sphaeridae, les Amphipodes et les Insectes jouent un rôle prépondérant dans la caractérisation typologique des communautés benthiques du lac Saint-François.

- Chez les Mollusques, les Gastéropodes Prosobranches permettent de distinguer différentes associations de familles et d'espèces selon le gradient ascendant de densité est-ouest. Les Bithynidae (*Bithynia tentaculata*) caractérisent surtout les stations au centre (23) ou à l'ouest du lac (89, 91, 113 et 122) tandis que les Hydrobiidae (*Amnicola limosa*) ou les Valvatidae (*Valvata tricarinata*) discriminent plutôt les stations à l'est ou au centre du lac (6, 11, 21 et 32). Les Gastéropodes Pulmonés (*Stagnicola elodes*, *Physa gyrina*) sont plus abondants au centre et à l'ouest du lac (23, 89, 91, 113 et 122) tandis que les Sphaeridae caractérisent les peuplements malacologiques du secteur est (11, 21 et 32).
- Les Amphipodes (*Gammarus fasciatus*) en association avec les Isopodes, sont caractéristiques des peuplements benthiques des stations 57 et 60. L'abondance relative des Amphipodes est généralement plus forte dans les stations avec herbier du secteur ouest du lac (78, 89, 93, 94 et 122).
- Les Insectes sont surtout représentés par des Trichoptères et des Diptères et permettent de distinguer deux types de peuplements entomologiques: des peuplements de faible densité dominés par les Trichoptères Leptoceridae à l'est et au centre du lac (stations 4, 8, 11, 21, 32 et 60) et des peuplements plus denses dominés par les Diptères Chironomini, situés principalement à l'ouest du lac (stations 6, 23, 57, 89, 113 et 122).
- Les Oligochètes présentent une très forte hétérogénéité intra-station et ont donc peu d'utilité pour distinguer des groupes homogènes de stations. Toutefois, la prédominance des Tubificidae sans soies capilliformes (*Limnodrilus hoffmeisteri*) s'accroît en fonction de la densité totale du peuplement avec des maxima aux stations 23, 113 et 122. L'espèce *Spirosperma ferox* (Tubificidae avec soies capilliformes) caractérise les peuplements des stations 11, 32 et 91. L'importance des Lumbriculidae permet de dissocier certains échantillons, en particulier ceux de la station 78.

4) Le compartiment eau présente une forte homogénéité entre les stations à la fois pour les variables physico-chimiques et toxicologiques. Seules quelques stations se distinguent du groupe homogène: la station 78, à l'extrémité sud-ouest du lac, avec des eaux plus faiblement minéralisées, plus colorées et plus riches en Al, Cu et Fe, les stations 57 et 60 avec des eaux plus turbides et colorées et la station 122 avec les eaux les mieux oxygénées. Les niveaux de contamination de l'eau par les métaux et les composés organiques sont faibles et non détectables. Exception faite du Cu, les niveaux de contamination des eaux satisfont aux critères recommandés pour la vie aquatique.

5) L'analyse typologique des facteurs écologiques (granulométrie, herbier, profondeur) et des niveaux de contamination des sédiments démontre aussi une assez forte homogénéité entre les stations. La plupart des stations sont de faible profondeur, avec fonds sablonneux et des niveaux de contamination métallique et organique assez faibles. La présence d'herbier caractérise les stations du secteur ouest du lac. Cinq stations présentent des conditions particulières: contamination métallique plus forte aux stations 4, 6, 23 et 93, très forte contamination en mercure et en composés organiques à la station 94, très forte contamination en métaux (Mn, Ni, Cu, As et Zn) à la station 6. En regard des normes, la contamination métallique des sédiments du lac Saint-François est faible. Il existe toutefois des gradients longitudinaux nets de contamination métallique (maximum à l'est) et organique (maximum à l'ouest). Les concentrations en mercure varient de 30 à 330 ng g⁻¹ et sont parfois au-dessus des valeurs limites de 100-150 ng g⁻¹ (stations 94, 93, 89 et 4) indiquant une contamination anthropogénique. Au niveau des contaminants organiques, la qualité des analyses chimiques n'a permis d'avoir des mesures significatives au-dessus du seuil de détection analytique que pour quelques contaminants (α -BHC, Epoxyde-Heptachlore, Phénanthrène, Fluoranthène, Pyrène).

6) Au lac Saint-François, les valeurs moyennes de l'indice de communauté des invertébrés (ICI) varie de 7 à 27. Les valeurs individuelles des ICI pour chacun des réplicats varient de 0 à 34, ce qui se situe dans l'étendue des valeurs de l'ICI obtenues pour le programme Archipel (0-54). C'est dans les sites sans herbier et plus profonds, situés généralement dans le secteur est, que l'ICI moyen est le plus fort. Les stations ayant les plus faibles valeurs moyennes d'ICI (< 20) se situent

surtout sur la rive nord, du centre à l'ouest du lac (stations 91, 94, 32 et 89) et dans le secteur sud-ouest (stations 122 et 113). En général, à l'exception de la station 8, les stations situées à l'est ont des ICI plus grands que 20. Les métriques M1 (nombre total de taxons), M3 et M6 (nombre de taxons et pourcentage des Trichoptères), M4 (nombre de taxons de Diptères), M8 (pourcentage des Diptères et des invertébrés autres que les Insectes) et M9A (pourcentage d'individus tolérants à la pollution) influencent significativement la valeur de l'ICI global. Plusieurs difficultés d'application de l'ICI ont été notées. Cet indice donne une très forte pondération aux Insectes mais néglige de considérer chez les Mollusques, l'importance des taxons intolérants à la pollution (Hydrobiidae, Valvatidae, Sphaeridae). Ces familles sont importantes pour décrire la signification des métriques M8 et M9A, mais ne sont distinguées des autres groupes taxonomiques plus tolérants (Mollusques Gastéropodes, Isopodes, Amphipodes, Oligochètes). L'application des indices de Lafont aux peuplements des Oligochètes n'a pas permis de dresser un tableau clair des niveaux de pollution organique dans les sédiments du lac Saint-François.

7) En ce qui concerne le compartiment de l'eau, les facteurs d'alcalinité, de minéralisation et inversement les facteurs liés à la couleur et à la turbidité sont reliés à la structure des peuplements benthiques. Par contre, les niveaux de contamination de l'eau n'offrent aucun pouvoir de discrimination vis-à-vis de la structure des communautés benthiques. La physico-chimie et la contamination des eaux ont peu d'influence significative sur les valeurs de l'indice ICI et aucun effet vis-à-vis des indices Lafont.

8) Parmi les facteurs écologiques, la présence d'herbiers est particulièrement favorable au développement des Isopodes, des Amphipodes, des Turbellariés et de *Valvata piscinalis* (Gastéropodes Prosobranches) mais nuit au développement des Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes, des Sphaeridae et des Hydrobiidae (*Amnicola limosa*). La profondeur d'eau agit favorablement sur la richesse spécifique des Gastéropodes et des Diptères ainsi que sur l'abondance des populations de *Valvata tricarinata*. La granulométrie des sédiments influence les peuplements de Trichoptères (*Lepidostoma*), d'Hydrobiidae (*Amnicola limosa*), de Sphaeridae, d'Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes et d'Hydracariens; la

richesse spécifique, l'importance et l'abondance de ces groupes étant plus fortes dans les sédiments plus riches en limon et en argile.

9) La contamination des sédiments (en particulier par Mn, Cu et Ni) s'associe à une augmentation de la richesse spécifique des peuplements des Trichoptères, des Gastéropodes Prosobranches (*Hydrobiidae*, *Valvatidae*) et des *Tubificidae* avec soies capilliformes. Les Hydracariens, les Oligochètes *Tubificidae* avec soies capilliformes, les *Sphaeridae* et les Nématodes sont plus abondants dans les stations les plus contaminées en Mn, Cu et Ni et inversement pour les Amphipodes et les Isopodes. L'importance relative et l'abondance des Gastéropodes Pulmonés (en particulier *Gyraulus deflectus*, *Physa gyrina* et *Stagnicola elodes*) s'accroissent dans les stations les plus contaminées par le Zn, le Hg ou le Se. Ces relations sont toutefois difficiles à interpréter comme des relations de cause à effet entre la contamination du milieu et la structure du benthos ou la tolérance des groupes taxonomiques. En effet, la faible contamination des sédiments n'implique pas a priori d'effets délétères importants vis-à-vis des communautés benthiques. De plus, certaines relations pourraient être indirectes, les plus fortes concentrations de métaux se retrouvant surtout dans les stations les plus profondes et sans herbier. Finalement, beaucoup d'autres facteurs biotiques (compétition, prédation), non considérés dans le cadre de cette étude, peuvent également influencer la distribution des groupes d'organismes et des taxons.

10) La contamination des sédiments par les polluants organiques (en particulier les pesticides et les HAPs) s'associe à une augmentation de la richesse spécifique de plusieurs groupes taxonomiques, en particulier des Diptères et des Gastéropodes Pulmonés. Les Gastéropodes Prosobranches (*Bithynia tentaculata*) et Pulmonés, les Turbellariés, les *Tubificidae* sans soies capilliformes et les Hirudinés s'affichent comme des groupes tolérants à divers contaminants organiques tandis que les Amphipodes, les Isopodes, les Trichoptères et les *Tubificidae* avec soies capilliformes constituent à divers degré les groupes intolérants à la pollution organique. Toutefois, l'interprétation des relations entre la structure des communautés benthiques et la contamination organique des sédiments est fortement limitée par la faiblesse des résultats analytiques.

11) Dans l'ensemble, les relations entre l'indice ICI et les facteurs environnementaux montrent que les facteurs écologiques reliés au gradient de distribution est-ouest des herbiers, à la profondeur d'eau et à la granulométrie des sédiments influencent fortement la valeur de l'indice ICI. Les variations de l'indice ICI s'associent aussi aux niveaux de contamination des sédiments par les métaux et les contaminants organiques. La pollution métallique (Mn, Ni, Pb, As, Cu) associée à une diminution de l'importance des Diptères ou d'autres groupes d'invertébrés, en particulier des Gastéropodes Pulmonés, des Amphipodes et des Isopodes (métrique M8) et à une augmentation de l'importance relative des Trichoptères (métrique M3), influence positivement la valeur de l'ICI. Les relations avec les différents contaminants organiques sont non significatives et difficiles à expliquer à cause de la faiblesse des résultats analytiques. À l'échelle du lac Saint-François, les indices de Lafont, basés sur le peuplement des Oligochètes, ne présentent pas de relations avec la physico-chimie et la contamination des eaux, ni avec les facteurs écologiques (herbier, profondeur, granulométrie). Les relations avec le niveau de contamination des sédiments par les métaux et les organiques suggèrent que les stations situées à l'est du lac ont des niveaux de pollution organique plus faibles que celles situées à l'ouest du lac.

Les résultats de l'étude-pilote réalisée en 1989 au lac Saint-François et les problèmes rencontrés lors de l'application des indices biotiques aux communautés benthiques et aux peuplements d'Oligochètes, nous amènent à reconsidérer plusieurs aspects de la stratégie d'échantillonnage et de la calibration des indices biotiques. L'évaluation critique de l'étude et la formulation de recommandations pour la poursuite des recherches sur les outils de suivi environnemental de la qualité des écosystèmes du Saint-Laurent visent à obtenir une meilleure représentation des communautés benthiques d'habitats caractéristiques (herbiers, masses d'eau, substrats grossiers et fins, etc.) et à évaluer plus adéquatement les effets de la contamination par les métaux ou les composés organiques dans chacun de ces différents habitats.

1) Dans le cadre de l'étude-pilote au lac Saint-François, malgré une stratégie d'échantillonnage stratifiée en fonction de facteurs écologiques (herbier, granulométrie des substrats) et de facteurs toxicologiques (Hg, BPCs), nous n'avons pas pu dissocier les effets respectifs des facteurs écologiques et de la contamination du milieu, ces facteurs n'étaient pas indépendants l'un de l'autre. Notre étude démontre clairement un effet prépondérant des facteurs écologiques sur la structure des communautés benthiques et les valeurs des indices biotiques. Les effets de la contamination métallique ou organique sont plus difficiles à définir du fait du faible niveau de contamination du lac Saint-François et de la relation entre la répartition des contaminants et les facteurs écologiques. En conséquence, pour la poursuite des recherches sur les relations entre la qualité écologique des communautés benthiques du couloir fluvial du Saint-Laurent et la contamination des milieux, nous recommandons d'échantillonner à plus grande échelle sur l'ensemble des lacs fluviaux du Saint-Laurent afin de couvrir toute la variabilité des habitats et des gradients de contamination plus importants. De plus, la stratégie d'échantillonnage devra être modifiée et s'établir tout d'abord en fonction d'une série de stratificateurs hiérarchiques basés sur les types d'habitats définis par les études du programme Archipel et l'étude-pilote au lac Saint-François: 1) masses d'eau: eaux vertes, eaux brunes; 2) herbiers: présence ou absence et type d'herbier; 3) granulométrie des sédiments: classes de sédiments en fonction des pourcentages de gravier, de sable,

de limon et argile et du pourcentage de matière organique; 4) profondeur d'eau. L'effet de la contamination du milieu sera évalué pour chacun des types d'habitats, en testant les différences dans la structure des communautés benthiques ou dans les valeurs des indices biotiques entre des sites fortement et faiblement contaminés par les métaux ou les contaminants organiques dans le même type d'habitat. Une approche similaire, moins lourde au niveau logistique et moins coûteuse, pourrait être appliquée aux effluents toxiques le long du couloir fluvial, en comparant la structure du benthos et les valeurs des indices biotiques dans les mêmes types d'habitat en amont et en aval de la source de pollution.

2) Au niveau de l'analyse taxonomique des communautés benthiques, notre étude démontre qu'il est essentiel de bien caractériser la composition des peuplements de Mollusques (Gastéropodes Pulmonés et Prosobranches, Sphaeriidae), de Crustacés (Amphipodes, Isopodes), d'Insectes (Trichoptères, Ephémères, Diptères) et d'Oligochètes (Tubificidae avec et sans soies capilliformes, Naididae) car ces groupes taxonomiques comportent à la fois des organismes tolérants et intolérants à la pollution. Une bonne définition taxonomique est essentielle pour la détermination des taxons indicateurs de la qualité du milieu et la calibration des indices biotiques. Pour la poursuite des études sur la qualité des communautés benthiques du fleuve Saint-Laurent, nous recommandons que les Mollusques Gastéropodes, les Sphaeriidae, les Amphipodes, les Isopodes, les Insectes et les Oligochètes soient analysés au niveau taxonomique maximum et soient incorporés à la définition d'un indice biotique plus approprié aux communautés benthiques des lacs fluviaux du Saint-laurent.

3) Au niveau de la pertinence des analyses physico-chimiques et des analyses des polluants dans le compartiment de l'eau, notre étude démontre que la physico-chimie des eaux est un facteur important qui doit être pris en compte dans la stratégie d'échantillonnage au niveau des types d'habitat. Par contre, l'analyse des contaminants dans l'eau présente des limites analytiques importantes et ne fournit pas d'informations pertinentes pour la caractérisation écotoxicologique des communautés benthiques. Nous recommandons donc, que l'analyse des toxiques dans le compartiment de l'eau ne soit pas maintenue pour les recherches ultérieures vis-à-vis des communautés de macroinvertébrés benthiques.

4) Au niveau de la pertinence des analyses des métaux et des polluants organiques dans les sédiments, ces données sont essentielles pour l'évaluation des effets de la contamination du milieu sur les organismes benthiques mais la qualité des analyses, en particulier pour les polluants organiques, doit être améliorée. Compte tenu de l'importance de la granulométrie et du contenu de matière organique dans les sédiments pour les processus de sorption des contaminants, nous recommandons que lors des études ultérieures, le contenu en matière organique dans les sédiments soit mesuré pour mieux évaluer le potentiel de mise en disponibilité des contaminants. Pour la poursuite de recherches sur l'ensemble du couloir fluvial du Saint-Laurent, il est essentiel de couvrir au maximum les gradients de contamination métallique ou organique et d'établir des stations de référence dans des milieux non pollués (ex: lac des Cantons de l'Est) offrant des habitats avec les mêmes caractéristiques physico-chimiques et écologiques.

5) L'indice ICI offre de bonnes potentialités d'application à l'ensemble du couloir fluvial du Saint-Laurent. Toutefois, la calibration préliminaire de l'indice ICI, originellement développé pour les milieux lotiques, aux données des communautés de macroinvertébrés benthiques du programme Archipel, n'apparaît pas suffisante pour mettre en évidence les variations spatiales dans l'abondance relative des espèces de Mollusques Gastéropodes, de Sphaeridae, de Crustacés et d'Oligochètes tolérantes ou intolérantes à la pollution. Nous recommandons que la métrique M8 soit réévaluée en éliminant les Gastéropodes Prosobranches (Hydrobiidae, Valvatidae) et les taxons de Sphaeridae reconnus comme intolérants à la pollution. De plus, nous recommandons que soit créée une autre métrique (M8A) qui tienne compte du pourcentage d'invertébrés autres que les Insectes, reconnus intolérants à la pollution. Ce nouvel indice ICI recalibré par rapport aux données de l'étude-pilote au lac Saint-François, devra être appliqué aux données du programme Archipel. Sa performance pourra ensuite être comparée à celle de l'indice ICI, tel qu'appliqué dans le cadre du programme Archipel. La stratégie à grande échelle proposée pour la caractérisation des communautés benthiques du fleuve Saint-Laurent devrait être propice à une meilleure évaluation des performances de l'indice ICI dans les principaux types d'habitats des écosystèmes fluviaux du Saint-Laurent.

6) Les indices de Lafont appliqués au peuplement d'Oligochètes n'ont pas présenté un grand intérêt pour discriminer les communautés benthiques en regard des facteurs écologiques et de la contamination des sédiments du lac Saint-François. L'importance relative des Oligochètes Tubificidae avec soies capilliformes (espèces oxyphiles ou ubiquistes) ou des Oligochètes sans soies capilliformes (espèces tolérantes à l'anoxie et à la pollution organique) offre davantage d'informations pertinentes que les indices. Toutefois, ces indices sont couramment utilisés en Europe et méritent d'être évalués avec plus de précision dans les milieux aquatiques du Fleuve Saint-Laurent; il serait pertinent de tester son application sur l'ensemble des données du programme Archipel.

RÉFÉRENCES

- Achard, F. (1973). *Quelques aspects de l'écologie de la biologie de sept espèces de Planorbidae (Mollusques) du lac Saint-Louis, Québec*. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal. 88 p.
- Allan, R.J. (1986). The limnological units of the Lower Great Lakes-St. Lawrence river corridor and their role in the source and aquatic fate of toxic contaminants. *Water Poll. Res. J. Canada*, 21: 168-186.
- ANS (American National Standard) (1972). *Particule size analysis of soil*. 10 p.
- Baudo, R. et G. Galanti (1988). *Unio elongatus* as indicator of trace element pollution. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 23: 1652-1654.
- Boddington, M.J., A.S.W. DeFreitas, and D.R. Miller (1979). The effect of benthic invertebrates on the clearance of mercury from sediments. *Ecotoxicological and Environmental Safety*, 3: 236-244.
- Bourget, E. et D. Cossa (1976). Mercury content of mussels from the St-Lawrence estuary and northwestern gulf of St-Lawrence, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 7(12): 237-239.
- Bousfield, E.L. (1958). Freshwater amphipod crustaceans of glaciated North America. *Canadian Field Naturalist*, 72: 55-113.
- Bousfield, E.L. (1973). *Shallow water gammaridean amphipoda of New-England*. Ed. by Cornell University Press, USA. 312 p.
- Brinkhurst, R.O. (1974). *The benthos of lakes*. MacMillan, London. 190 p.
- Brinkhurst, R.O. (1986). *Guide to the Freshwater Aquatic Oligochaetes of North America*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 84 p.
- Brinkhurst, R.O. and B.G.M. Jamieson (1971). *Aquatic Oligochaetes of the world*. Oliver and Boyd, Edinburgh. 860 p.
- Cairns, J. Jr. (1984). *Freshwater biological monitoring*. Ed. Dascole D. and R.W. Edwards, Pergamon Press, Oxford.

- Campbell, P.G.C. and A. Tessier (1989). Geochemistry and bioavailability of trace metals in sediments. p. 125-148, in: *Aquatic Ecotoxicology: Fundamentals concepts and methodologies*, Volume I. Ed. A. Boudou and F. Riveyre, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- CCMRE (1987). *Inventaire des lignes directrices et des objectifs relatifs à la qualité des eaux, 1984*. Préparé pour le Groupe de travail sur les lignes directrices relatives à la qualité des eaux pour le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement.
- Champoux, L., P. Ross, V. Jarry, H. Sloterdijk, A. Murdock et Y. Couillard (1986). Libération par élutration des sédiments du lac Saint-louis (Fleuve Saint-Laurent, Québec). *Revue Internationale des Sciences de l'Eau*, 2(4): 95-107.
- Ciborowski, J.J.H. and L.D. Corkum (1988). Organic contaminants in adult aquatic insects of the St-Clair and Detroit rivers, Ontario, Canada. *J. Great Lakes Res.*, 14(2): 148-156.
- Clarke, A.H. (1981). *Les mollusques d'eau douce du Canada*. Musées nationaux du Canada. 447 p.
- Clements, W.H., D.S. Cherry and J. Cairns, Jr. (1990). Macroinvertebrate community responses to copper in laboratory and field experimental streams. *Arch. Environm. Contam. Toxicol.*, 19: 361-365.
- Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1976a). *Les poissons et les mollusques*. Direction de la recherche (Ministère de l'Industrie et du Commerce). 8 p.
- Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1976b). *Étude sur le fleuve Saint-Laurent. Le benthos*. Direction de la connaissance de la qualité du milieu (SPEQ).
- Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1976c). *Le benthos*. Phase 1. Direction de la connaissance de la qualité du milieu (SPEQ). 53 p.
- Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1977). *Étude du benthos du fleuve Saint-Laurent*. Rapport technique no 10, Services de Protection de l'Environnement. 280 p.
- Conover, W.J. (1980). *Practical nonparametric statistics*. W.J. Conover, 2nd edition. 493 p.
- Cook, S.E.K. (1976). Quest for an index of community structure sensitive to water pollution. *Environm. Pollut.*, 11: 269-288.
- Cyr, H. and J. Downing (1988a). The abundance of phytophilous invertebrates on different species of submerged macrophytes. *Freshwater Biology*, 20: 365-374.

- Cyr, H. and J. Downing (1988b). Empirical relationships of phytomacrofaunal abundance to plant biomass and macrophyte bed characteristics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 976-984.
- Darracott, A. and H. Watling (1975). The use of molluscs to monitor cadmium levels in estuaries and coastal marine environments. *Trans. Royal Soc. S. Afr.*, 42: 325-338.
- Dermott, R.M. and K.R. Lum (1986). Metal concentrations in the annual shell layers of the bivalve *Elliptio complanata*. *Environm. Pollut. Ser. B.*, 12: 131-143.
- Environnement Canada (1979). *Analytical methods manual*. Environnement Canada, Inland Water Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada.
- Ferraris, J. (1984). *Macroinvertébrés V (Benthos et invertébrés phytophiles). Synthèse de la variabilité spatio-temporelle des macroinvertébrés benthiques et phytophiles récoltés du 7 avril 1982 au 27 juillet 1983. Élaboration de la clé de potentiel et descriptive des communautés aux habitats-types*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, rapport technique. iv + 368 p.
- Germain, A. et C. Langlois (1988). Contamination des eaux et des sédiments en suspension du fleuve Saint-Laurent par les pesticides organochlorés, les biphényles polychlorés et d'autres contaminants organiques prioritaires. *Water Poll. Res. J. Canada*, 23: 602-614.
- Gerould, S. and S.P. Gloss (1986). Mayfly-mediated sorption of toxicants into sediments. *Environm. Toxicol. Chemistry*, 5: 667-673.
- Guhl, W. (1987). Aquatic ecosystem characterizations by biotic indices. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 72: 431-455.
- Hakanson, L. and M. Jansson (1983a). Sedimentation in lakes and water dynamics. Chapter 6. In: *Principles of lake sedimentology*. Springer-Verlag, New-York. p. 148-176.
- Hakanson, L. and M. Jansson (1983b). Lake bottom dynamics. Chapter 7. In: *Principles of lake sedimentology*. Springer-Verlag, New-York. p. 177-212.
- Hakanson, L. and M. Jansson (1983c). Biological parameters. Chapter 5. In: *Principles of lake sedimentology*. Springer-Verlag, New-York. p. 118-147.
- Hakanson, L. and M. Jansson (1983d). Sediments in aquatic pollution control programmes. Chapter 10. In: *Principles of lake sedimentology*. Springer-Verlag, New-York. p. 258-282.

- Hakanson, L. and M. Jansson (1983e). Physical and chemical sediment parameters. Chapter 4. In: *Principles of lake sedimentology*. Springer-Verlag, New-York. p. 73-117.
- Harper, P.P. et L. Cloutier (1989). *Effets des travaux de drainage sur la faune benthique d'un ruisseau en zone agricole (ruisseau des Anges, Saint-Roch-de-l'Achigan, Cté de Montcalm)*. Rapport de recherche pour le Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. 58 p.
- Hellawell, J.M. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Pollution Monitoring Series. K. Mellanby (ed.), Elsevier applied Science Publishers. 546 p.
- Hilsenhoff, W.L. (1982). *Using a biotic index to evaluate water quality in streams*. Techn. Bull. 132, Wisc. Depart. Natur. Resour. 22 p.
- Hilsenhoff, W.L. (1987). An improved biotic index of organic stream pollution. *Great Lakes Entomol.*, 20: 31-39.
- Hilsenhoff, W.L. (1988). Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *J. North Amer. Benthol. Soc.*, 7: 65-68.
- Hiltunen, J.K. and D.J. Klemm (1980). *A guide to the Naididae (Annelida: Clitellata: Oligochaeta) of North America*. EPA-600/4-8-031. US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
- Holsinger, J.R. (1972). *The freshwater amphipod crustacean (Gammaridae) of North America*. Biota of freshwater ecosystems. Identification manual No 5, EPA, USA. 92 p.
- Jarry, V., P. Ross, L. Champoux, H. Sloterdijk, A. Murdoch, Y. Couillard et F. Lavoie (1985). Répartition spatiale des contaminants dans les sédiments du lac St-Louis (Fleuve St-Laurent). *Water Poll. Res. J. Canada*, 20: 75-99.
- Johnson, B.T., C.R. Saunders, H.O. Sanders and R.S. Campbell (1971). Biological magnification and degradation of DDT and Aldrin by freshwater invertebrates. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 28: 705-709.
- Katalin, V.B. (1988a). Comparison of mussels and crustacean plankton to monitor heavy metal pollution. *Water, Air, and Soil Pollution*, 37: 281-292.
- Katalin, V.B. (1988b). Heavy metal pollution from a point source demonstrated by mussel (*Unio pictorum* L.) at lake Balaton, Hungary. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 41: 910-914.

- Klemm, D.J. (1985). *A guide to the Freshwater Annelida (Polychaeta, Naidid and Tubificid Oligochaeta, and Hirudinae) of North America*. Kendal/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Kovolak, W.P. (1981). Assessment and prediction of impacts of effluents on communities of benthic stream macroinvertebrates. p. 255-263, *In: Ecological assessments of effluent impacts on communities of indigenous aquatic organisms*. ASTM STP 730, J.M. Bates and C.I. Weber, Eds., American Society for Testing and Materials.
- Lacasse-Joubert, E. (1970). *Quelques aspects de l'anatomie, de la biologie et de l'écologie de Physa gyrina (Say) (Mollusque, Gastéropode, Pulmoné) du lac Saint-Louis, Québec*. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal. 98 p.
- Lafont, M. (1984). Oligochaete communities as biological descriptors of pollution in fine sediments of rivers. *Hydrobiologia*, 115: 127-129.
- Lafont, M. (1985). *Utilisation des communautés d'Oligochètes pour apprécier la qualité biologique des sédiments aquatiques*. Coopération franco-soviétique. Mise au point des méthodes hydrobiologiques d'appréciation de la qualité des milieux aquatiques. Symposium d'Astrakhan, 7-14 septembre 1985. 24 p.
- Lafont, M. (1989). *Contribution à la gestion des eaux continentales: Utilisation des Oligochètes comme descripteurs de l'état biologique et du degré de pollution des eaux et des sédiments*. Thèse de doctorat d'état, Université Claude-Bernard, Lyon I. 311 p.
- Lafont, M. et J. Juget (1985). Les Oligochètes de quelques lacs français: propositions en vue de leur utilisation pratique pour apprécier l'état biologique des sédiments profonds. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 3019-3023.
- Lalonde, S. (1988). *Influence des productions sur la biomasse des invertébrés phytophiles en divers milieux lacustres*. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal. 164 p.
- Lang, C. (1989). Effects of small-scale sedimentary patchiness on the distribution of tubificid and lumbriculid worms in lake Geneva. *Freshwater Biology*, 21: 477-481.
- Lang, C., G. L'Eplattenier and O. Reymond (1989). Water quality in rivers of western Switzerland: Application of an adaptable index base on benthic invertebrates. *Aquatic Sciences*, 51: 224-234.
- Langlois, C. et H. Sloterdijk (1989). Contamination du lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent) par certains polluants organiques et inorganiques. *Revue des sciences de l'eau*, 2: 659-679.

- Larsen, D.P., J.M. Omernik, R.M. Hugues, C.M. Rohm, T.R. Whittier, A.J. Kinney, A.L. Gallant and D.R. Dudley (1986). Correspondance between spatial patterns in fish assemblages in Ohio streams and aquatic ecoregions. *Environmental Management*, 10: 815-828.
- Legendre, L. et P. Legendre (1984). *Écologie numérique*. Tome 2: La structure des données écologiques. 2e édition. Collection Ecologie, Masson et Presses de l'Université du Québec. 335 p.
- Lessard, M. (1989). *Revue de littérature et méthodes de bioévaluation des écosystèmes aquatiques*. Rapport préliminaire produit pour le Centre Saint-Laurent, Évaluation des écosystèmes, Environnement Canada. 65 p. + annexes.
- Magnin, E. (1970). Faune benthique littorale du lac Saint-Louis près de Montréal. *Ann. Hydrobiol.*, 1(2): 181-195.
- Magnin, E. et A. Stanczykowska (1971). Quelques données sur la croissance, la biomasse et la production annuelle de trois mollusques Unionidae de la région de Montréal. *Can. J. Zool.*, 49: 491-497.
- Mance, G. (1987). Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Chapter 4. In: *Toxicity of metals to freshwater invertebrates*. Pollution monitoring series. Mellanby K. (ed.), Elsevier Applied Science, New-York. p. 127-173.
- Metcalf, J.L. (1989). Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. *Environm. Poll.*, 101-139.
- Merritt, R.W. and K.W. Cummins (1984). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa. 722 p.
- Modde, T. and H.G. Drewes (1990). Comparison of biotic index values for invertebrate collections from natural and artificial substrates. *Freshwater Biology*, 23: 171-180.
- Moore, J.W. (1981). Epipellic algal communities in a eutrophic northern lake contaminated with mine wastes. *Water Res.*, 15: 97-105.
- Moore, J.W. and S. Ramamoorthy (1984). *Heavy metals in natural waters. Applied monitoring and impact assessment*. Springer-Verlag, New York. 268 p.
- Oost van der, R., H. Heida, and A. Opperhuizen (1988). Polychlorinated Biphenyl congeners in sediments, plankton, molluscs, crustaceans, and eel in a freshwater lake: Implications of using reference chemical and indicator organisms in bioaccumulation studies. *Arch. Environm. Contam. Toxicol.*, 17: 721-729.

- Palmer, C.M. (1969). A composite rating of algae tolerating organic pollution. *J. Phycol.*, 5: 78-82.
- Pennak, R.W. (1989). *Freshwater Invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca*. Third edition. Ed. by J. Wiley and Sons Inc., New York. 628 p.
- Pinel-Alloul, B. (1969). *Quelques aspects de l'anatomie et de la biologie de Bithynia tentaculata L. et d'Amnicola limosa (Say) du lac St-Louis, Québec (Mollusques, Gastéropodes, Prosobranches)*. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal. 85 p.
- Pinel-Alloul, B. et E. Magnin (1971). Cycle vital et croissance de *Bithynia tentaculata* (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchia) du lac Saint-Louis près de Montréal. *Can. J. Zool.*, 49: 759-766.
- Pinel-Alloul, B. et E. Magnin (1973). Observations sur le cycle vital et la croissance d'*Amnicola limosa* (Say) (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchia) du lac Saint-Louis, près de Montréal. *Can. J. Zool.*, 51: 311-313.
- Pinel-Alloul, B. (1975). *Étude écologique des Lymnaeidae (Mollusques, Gastéropodes, Pulmonés) du lac Saint-Louis, près de Montréal, Québec*. Thèse de doctorat, Université de Montréal. 204 p.
- Pinel-Alloul, B. (1978). Écologie des populations de *Lymnaea catascopium catascopium* (Mollusques, Gastéropodes, Pulmonés) du lac St-Louis, près de Montréal, Québec. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20: 2412-2426.
- Pinel-Alloul, B. et E. Magnin (1979). Cycle de développement, croissance et fécondité de cinq populations de *Lymnaea catascopium catascopium* (Gastropoda, Lymnaeidae) au lac Saint-Louis, Québec. *Malacologia*, 19: 87-101.
- Pinel-Alloul, B. (1990). *Effets des niveaux de contamination des lacs fluviaux du Saint-Laurent sur la structure des communautés benthiques associées à l'interface eau-sédiments: Recherches d'indicateurs biologiques*. Rapport préliminaire présenté au Centre Saint-Laurent. 258 p.
- Ribeyre, F. and A. Boudou (1989). Trophic chains and experimental ecosystems: Study of bioaccumulation and tranfer processes. p. 3-46, *In: Aquatic ecotoxicology: Fundamental concepts and methodologies*, Volume II. Ed. A. Boudou and F. Ribeyre, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Sloterdijk, 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. 79 p.

- Smock, L.A. (1983). Relationships between metal concentrations and organism size in aquatic insects. *Freshwater Biology*, 13: 313-321.
- Tesmer, M.G. et D.R. Wefring (1981). Annual macroinvertebrate sampling - A low cost tool for ecological assessment of effluent impact. p. 264-279, *In: Ecological assessments of effluent impacts on communities of indigenous aquatic organisms*. ASTM STP 730. J.M. Bates and C.I. Webers, Eds., American Society for Testing and Materials.
- Verneaux, J. (1983). *Une nouvelle méthode pratique d'estimation de la qualité générale des cours d'eau. Un indice biologique de qualité générale (I.B.G.)*. Trav. lab. Hydrobiol. Univ. Besançon, France. 18 p.
- Verneaux, J. (1984). Méthodes biologiques et problèmes de la détermination des qualités des eaux courantes. *Bull. Ecol.*, 15: 47-55.
- Warnick, S.L. and H.L. Bell (1969). The acute toxicity of some heavy metals to different species of aquatic insects. *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 41: 280-284.
- Weber, C.I. and B.H. McFarland (1981). Effects of exposure time, season, substrate type, and planktonic populations on the taxonomic composition of algal periphyton on artificial substrates in the Ohio and Little Miami rivers, Ohio. p. 166-219, *In: Ecological assessments of effluent impacts on communities of indigenous aquatic organisms*. ASTM STP 730. J.M. Bates and C.I. Weber, Eds., American Society for Testing and Materials.
- Weitzel, R.L. and J.M. Bates (1981). Assessment of effluent impacts through evaluation of periphyton diatom community structure. p. 142-165, *In: Ecological assessments of effluent impacts on communities of indigenous aquatic organisms*. ASTM STP 730. J.M. Bates and C.I. Weber, Eds., American Society for testing and Materials.
- Whitton, B.A., N.L. Gale, and B.G. Wixson (1981). Chemistry and plant ecology of zinc-rich wastes dominated by blue-green algae. *Hydrobiologia*, 83: 331-341.

ANNEXE 1

Liste des macrophytes dominants dans chaque station
d'échantillonnage avec herbiers.

Macrophyte (annexe 1)

STATIONS	REPLICATS	MACROPHYTES DOMINANTS
57	A	<i>Chara</i>
57	B	<i>Ceratophyllum</i>
57	C	<i>Ceratophyllum</i>
57	D	<i>Ceratophyllum</i>
57	E	<i>Ceratophyllum</i>
60	A	<i>Myriophyllum</i>
60	B	<i>Myriophyllum</i>
60	C	<i>Potamogeton richardsoni</i>
60	D	<i>Myriophyllum</i>
60	E	<i>Myriophyllum</i>
78	A	<i>Vallisneria</i>
78	B	70% <i>Alisma</i> , 30% <i>Vallisneria</i>
78	C	<i>Vallisneria</i>
78	D	<i>Vallisneria</i>
78	E	<i>Vallisneria</i>
89	A	<i>Myriophyllum</i> , 5% <i>Vallisneria</i>
89	B	<i>Myriophyllum</i>
89	C	<i>Myriophyllum</i>
89	D	<i>Vallisneria</i>
89	E	<i>Myriophyllum</i>
91	A	80% <i>Chara</i> , 20% <i>Myriophyllum</i>
91	B	<i>Chara</i> , 5% <i>Vallisneria</i>
91	C	<i>Chara</i>
91	D	<i>Chara</i>
91	E	<i>Chara</i>
94	A	<i>Myriophyllum</i>
94	B	<i>Vallisneria</i>
94	C	<i>Myriophyllum</i> , 60% <i>Scirpus</i>
94	D	<i>Vallisneria</i>
94	E	<i>Vallisneria</i>
113	A	<i>Alisma</i> et 5% <i>Myriophyllum</i>
113	B	<i>Alisma</i>
113	C	<i>Alisma</i>
113	D	<i>Myriophyllum</i>
113	E	<i>Myriophyllum</i>
122	A	<i>Myriophyllum</i> , 5% <i>Vallisneria</i>
122	B	66% <i>Myriophyllum</i> , 33% <i>Scirpus</i>
122	C	<i>Alisma</i>
122	D	<i>Myriophyllum</i>
122	E	<i>Alisma</i>

ANNEXE 2

**Caractéristiques physico-chimiques de l'eau dans les
stations du lac Saint-François.**

Eau(Annexe 2)

STATION	MILIEU	Couleur apparente U. Hazen	STNF mg/l	Turbidité U.J.	Coefficient extinction lumière μEinstein cm-1	Alcalinité totale mg/l	pH	Conductivité théorique μS/cm	Conductivité spécifique uS/cm
LSFEE004	EAU	3	0.1	0.3	0.56	87.3	8.1	327	302
LSFEE006	EAU	3	0.7	0.3	0.37	87.3	8.15	328.4	303
LSFEE008	EAU	3	0.3	0.4	-9	84.5	8.2	316.3	302
LSFEE011	EAU	6	0.4	0.4	0.41	84.2	6.3	317.3	300
LSFEE021	EAU	6	2.1	0.7	0.47	86	6.6	320	306
LSFEE023	EAU	3	0.6	0.3	0.63	85.9	7.8	323	299
LSFEE032	EAU	3	0.3	0.3	0.56	87.3	8.15	329	301
LSFEE057	EAU	12	1.9	0.6	0.29	80.1	8.35	300	278
LSFEE060	EAU	12	0.4	0.3	-9	80.9	8.4	302	281
LSFEE078	EAU	17	1.6	0.8	-9	76	8.3	282	260
LSFEE089	EAU	4	-9	0.4	2.3	89.2	8.4	328	294
LSFEE091	EAU	4	-9	0.3	1.85	87.4	8.45	329	298
LSFEE093	EAU	5	0.7	0.4	0.41	88.7	8.3	329	304
LSFEE094	EAU	24	-9	1.4	0.69	88.8	8.15	330	156
LSFEE113	EAU	5	0.9	0.4	0.62	87.4	8.05	321	291
LSFEE122	EAU	5	<0.1	0.2	0.34	83.4	8.85	313	282

< Valeurs correspondant aux limites de détection

-9 Données manquantes

* Eliminé de l'analyse

Eau(Annexe 2)

STATION	MILIEU	Dureté	Somme des	Somme des	Bilan	Ca	Mg	Na	K	SO4	Cl
		mg/l	anions	cations	ionique	dissous	dissous	dissous	dissous	dissous	dissous
			meq/l	meq/l	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
LSFEE004	EAU	122.6	2.94	2.99	0.8	35.6	8.2	11.6	1.42	27	22.3
LSFEE006	EAU	122.4	2.97	2.98	0.2	35.5	8.2	11.5	1.4	28	22.5
LSFEE008	EAU	118.7	2.85	2.88	0.5	34.2	8.1	10.9	1.35	26.7	21.5
LSFEE011	EAU	118.9	2.87	2.88	0.3	34.1	8.2	10.8	1.37	27.1	21.8
LSFEE021	EAU	120.2	2.9	2.91	0.2	34.8	8.1	10.8	1.38	27.2	21.6
LSFEE023	EAU	121	2.92	2.94	0.5	35.1	8.1	11.3	1.37	27.5	21.9
LSFEE032	EAU	121.9	2.97	2.98	0.3	35.3	8.2	11.7	1.47	28.2	22.5
LSFEE057	EAU	112	2.71	2.72	0.1	32	7.8	10.2	1.52	25.6	20.5
LSFEE060	EAU	113.3	2.73	2.75	0.2	32.5	7.8	10.2	1.51	25.8	20.5
LSFEE078	EAU	106.2	2.55	2.57	0.2	31	7	9.4	1.31	24.2	18.5
LSFEE089	EAU	123.9	2.96	3.02	0.9	36.1	8.2	11.6	1.38	26.4	22.1
LSFEE091	EAU	122.6	2.96	2.99	0.5	35.6	8.2	11.7	1.36	28.2	22.2
LSFEE093	EAU	123.7	2.99	2.99	0.1	36.2	8.1	11.1	1.48	28.1	22
LSFEE094	EAU	124	3	3	0.1	36.3	8.1	11.1	1.48	28.1	22.1
LSFEE113	EAU	121.6	2.9	2.94	0.6	35.5	8	11	1.34	26	21.5
LSFEE122	EAU	116.9	2.83	2.85	0.4	33.8	7.9	11.1	1.29	26.6	21.4

Eau(Annexe 2)

STATION	MILIEU	Oxygène surface	Oxygène* à 1 mètre	Température surface	NO3+NO2	Phosphore total
		mg/l	mg/l	oC	mg/l	mg/l
LSFEE004	EAU	12	5.5	18	0.12	0.014
LSFEE006	EAU	11.5	5.2	18	0.1	0.015
LSFEE008	EAU	3.6	-9	17	0.05	0.013
LSFEE011	EAU	5.6	-9	17	0.05	0.014
LSFEE021	EAU	7	-9	15	0.03	0.015
LSFEE023	EAU	7.8	-9	18	0.14	0.012
LSFEE032	EAU	12.6	4.6	18.5	0.02	0.011
LSFEE057	EAU	-9	-9	15	0.02	0.014
LSFEE060	EAU	-9	-9	15	0.02	0.008
LSFEE078	EAU	-9	-9	15	0.13	0.012
LSFEE089	EAU	-9	-9	15	0.11	0.011
LSFEE091	EAU	11.4	4.2	14	0.06	0.01
LSFEE093	EAU	-9	-9	16.5	0.12	0.012
LSFEE094	EAU	-9	-9	16.5	0.14	0.011
LSFEE113	EAU	-9	-9	17	0.15	0.012
LSFEE122	EAU	15.2	8.6	18	0.1	0.008

Eau(Annexe 2)

STATION	MILIEU	Al	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li
		MG/L	MG/L	MUG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L
LSFEE004	EAU	0.019	0.0228	<0.05	0.0001	0.0002	0.0006	0.0025	0.0158	0.0027
LSFEE006	EAU	0.017	0.0223	<0.05	<0.0001	0.0001	0.0006	0.0038	0.016	0.0028
LSFEE008	EAU	0.051	0.0223	<0.05	0.0001	0.0001	0.0006	0.0062	0.026	0.0028
LSFEE011	EAU	0.089	0.0223	<0.05	0.0003	<0.0001	0.0007	0.0022	0.0831	0.0028
LSFEE021	EAU	0.051	0.0239	<0.05	0.0001	<0.0001	0.0005	0.0016	0.0584	0.0026
LSFEE023	EAU	0.019	0.0221	<0.05	<0.0001	<0.0001	0.0007	0.0014	0.0197	0.0027
LSFEE032	EAU	0.025	0.0239	<0.05	<0.0001	0.0001	0.0006	0.0031	0.0567	0.0026
LSFEE057	EAU	0.034	0.0223	<0.05	0.0004	0.0001	0.0009	0.004	0.0373	0.0026
LSFEE060	EAU	0.033	0.0226	<0.05	0.0001	0.0001	0.0005	0.0033	0.0255	0.0026
LSFEE078	EAU	0.096	0.0212	<0.05	<0.0001	<0.0001	0.0006	0.0076	0.124	0.0025
LSFEE089	EAU	0.04	0.0227	<0.05	<0.0001	<0.0001	0.0004	0.0046	0.0205	0.0026
LSFEE091	EAU	0.042	0.0226	<0.05	<0.0001	0.0002	0.0005	0.0011	0.0128	0.0026
LSFEE093	EAU	0.027	0.0232	<0.05	0.0001	0.0002	0.0005	0.0124	0.0186	0.0027
LSFEE094	EAU	0.026	0.0225	<0.05	0.0001	0.0002	0.0007	0.0056	0.0245	0.0027
LSFEE113	EAU	0.037	0.022	<0.05	<0.0001	0.0001	0.0004	0.002	0.0325	0.0026
LSFEE122	EAU	0.028	0.0202	0.05	0.0004	0.0001	0.0007	0.0044	0.025	0.0028

Eau(Annexe 2)

STATION	MILIEU	Mn	Mo	Ni	Ph	Sr	V	Zn
		MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L	MG/L
LSFEE004	EAU	0.003	0.0011	0.0012	<0.0002	0.178	0.0004	0.0024
LSFEE006	EAU	0.0024	0.0011	0.0013	0.0003	0.174	0.0005	0.0021
LSFEE008	EAU	0.0033	0.0011	0.001	0.0004	0.17	0.0006	0.0049
LSFEE011	EAU	0.0038	0.0011	0.0008	0.0006	0.17	0.0006	0.0025
LSFEE021	EAU	0.0056	0.001	0.0004	0.0002	0.171	0.0004	0.0019
LSFEE023	EAU	0.003	0.0011	0.0007	0.0003	0.173	0.0004	0.001
LSFEE032	EAU	0.0019	0.0011	0.0011	0.0006	0.178	0.0006	0.0022
LSFEE057	EAU	0.0036	0.001	0.0012	0.0004	0.161	0.0004	0.0046
LSFEE060	EAU	0.0042	0.001	0.0007	0.0003	0.163	0.0003	0.004
LSFEE078	EAU	0.0063	0.001	0.0008	0.0006	0.149	0.0005	0.0037
LSFEE089	EAU	0.0027	0.001	0.0008	<0.0002	0.177	0.0004	0.0047
LSFEE091	EAU	0.0015	0.0009	0.0009	0.0004	0.175	0.0003	0.0014
LSFEE093	EAU	0.0029	0.001	0.0008	0.0003	0.174	0.0004	0.0117
LSFEE094	EAU	0.0031	0.0012	0.0012	0.0007	0.176	0.0005	0.0062
LSFEE113	EAU	0.003	0.0011	0.0006	<0.0002	0.17	0.0004	0.0008
LSFEE122	EAU	0.0017	0.0013	0.001	0.0008	0.168	0.0006	0.0008

ANNEXES 3A et 3B

Composition granulométrique et classes texturales des
sédiments des stations du lac Saint-François.

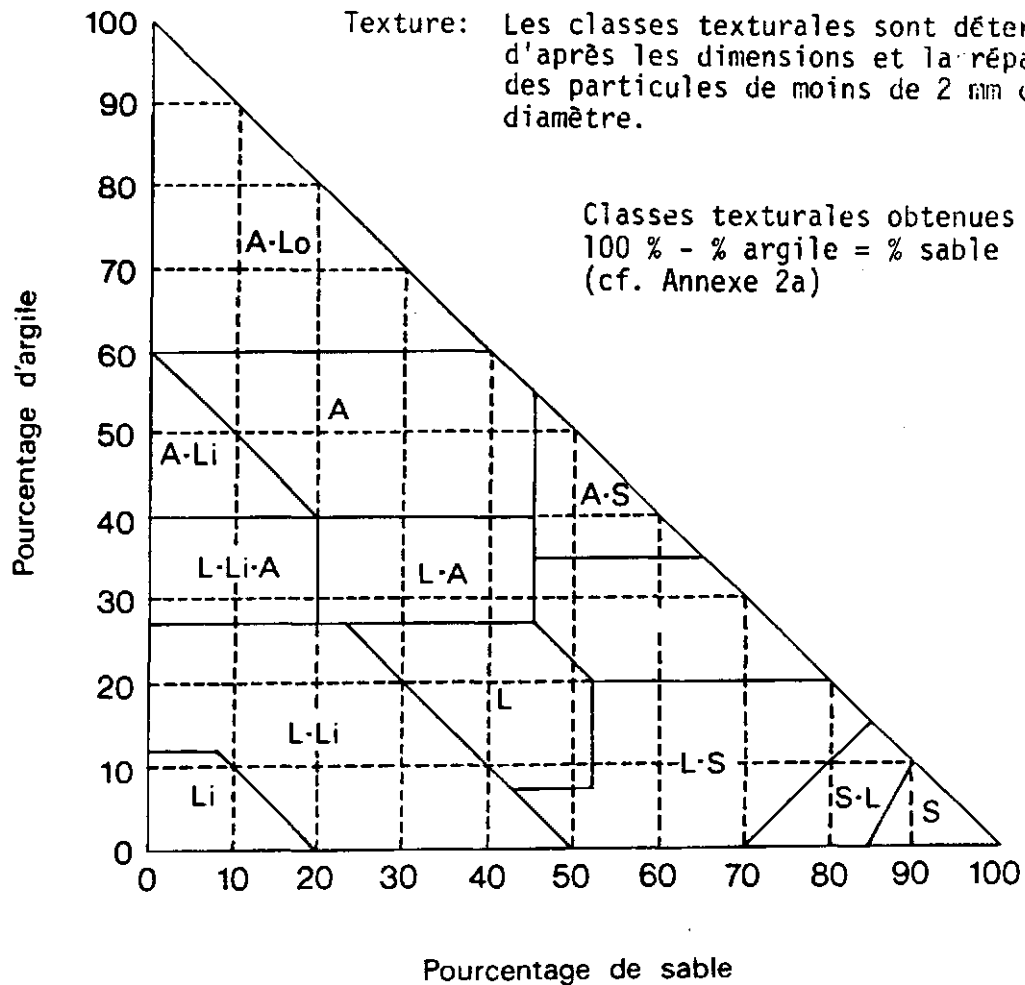
ANNEXE 3A
Résultats des granulométries

METHODES		TAMISAGE						HYDROMETRIE				
		Gravier	Sable					Limon	Argile	TOTAL		
Station	maille (mm)		très gros 18	gros 35	moyen 60	fin 140	très fin 270				Classes texturales*	Cote
		> 2 %	2-1	1-0,5	0,5-0,25 %	0,25-0,106	0,106-0,053	0,053-0,002 %	< 0,002 %	%		
4	0		4,0	11,5	11,2	42,1	14,0	17,093	7,0	106,8	Sf	2
6	0		0,6	2,0	4,0	8,6	23,3	24,039	61,0	123,5	Alo	5
8	13,8		0,4	0,3	6,6	72,7	6,2	1,0100	0	101,0	Sf	2
11	0		7,9	20,7	20,9	18,9	7,3	18,092	8,0	101,7	S	1
21	7,8		1,9	4,5	3,4	6,8	37,8	32,097	3,0	97,2	StfL	4
23	5,4		1,0	6,4	15,1	35,6	22,5	15,099	1,0	102,0	Sf	2
32	0		2,1	2,8	2,7	18,4	47,6	22,097	3,0	98,6	Stf	3
57	0		0,4	2,5	8,2	39,7	36,9	11,098	2,0	100,7	Sf	2
60	0		0,3	0,4	0,4	9,7	73,9	13,098	2,0	99,7	Stf	3
78	0		5,7	9,6	7,6	19,1	21,0	40,098	2,0	105,0	StfL	4
89	0		1,3	2,2	1,9	17,8	58,6	13,097	3,0	97,8	Stf	3
91	0		8,0	21,0	13,7	20,9	19,6	15,098	2,0	100,2	S	1
93	0		1,5	6,7	17,4	46,5	11,0	9,090	10,0	102,1	Sf	2
94	0		4,9	5,1	3,2	32,0	40,5	11,098	2,0	98,7	Stf	3
113	4,4		2,2	6,5	5,9	50,0	19,1	16,098	2,0	106,1	Sf	2
122	0		2,3	2,8	3,4	54,5	26,5	7,097	3,0	99,5	Sf	2

* cf. Annexe 3b

S = 1 (stations 11 et 91)
 Sf = 2 (stations 4, 8, 23, 57, 93, 113 et 122)
 Stf = 3 (stations 32, 60, 89 et 94)
 StfL = 4 (stations 21 et 78)
 Alo = 5 (station 6)

ANNEXE 3B



Classes texturales

Sg	Sable grossier	LLi	Loam limoneux
S	Sable (moyen)	Li	Limon
Sf	Sable fin	LSA	Loam sableux argileux
Stf	Sable très fin	LSAf	Loam sablo-argileux fin
SgL	Sable grossier loameux	LSAtf	Loam sablo-argileux très fin
SL	Sable (moyen) loameux	LA	Loam argileux
SfL	Sable fin loameux	LLiA	Loam limono-argileux
StfL	Sable très fin loameux	AS	Argile sableuse
LSg	Loam sableux grossier	ALi	Argile limoneuse
LS	Loam sableux (moyen)	A	Argile
LSf	Loam sableux fin	ALo	Argile lourde
LStf	Loam sableux très fin	MO	Matière organique
L	Loam		

Tiré du Système canadien de classification des sols

ANNEXE 4

**Concentrations des contaminants inorganiques et organiques
dans les sédiments des stations du lac Saint-François.**

Stations	MILIEU	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Hg	Se
		mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec
LSFEE004	SEDIMENT	3.1	2.5	13	113.5	8.5	14	85	0.18	0.55
LFSEE006	SEDIMENT	3.7	<1.0	37	435	34	10	58	<0.04	0.2
LSFEE008	SEDIMENT	0.9	<1.0	2	17	<2	2	5	<0.03	<0.1
LSFEE011	SEDIMENT	3.3	2.9	28	240	17	10	47	<0.03	0.2
LSFEE021	SEDIMENT	0.85	1.4	4	124	3.5	2	15.5	<0.03	<0.1
LSFEE023	SEDIMENT	1.8	3.3	10	137	6	12	42	0.06	0.5
LSFEE032	SEDIMENT	0.8	<1.0	6	82	4	4	34	0.05	2.9
LSFEE057	SEDIMENT	0.5	<1.0	3	35	8	2	7	<0.04	0.2
LSFEE060	SEDIMENT	0.6	<1.0	3	41	2	2	9	<0.04	0.2
LSFEE078	SEDIMENT	3.2	1.5	18	183	9	13	54	0.06	1.4
LSFEE089	SEDIMENT	2.3	<1.0	7	72	5	8	87	0.19	0.7
LSFEE091	SEDIMENT	2.5	2.1	13	65	6	9	96	0.11	1.3
LSFEE093	SEDIMENT	1.8	<1.0	13	92	6	12	84	0.15	0.6
LSFEE094	SEDIMENT	2.2	8	10	90	5	11	85	0.33	0.5
LSFEE113	SEDIMENT	2.2	1.9	11	87	5	7	29	0.04	0.5
LSFEE122	SEDIMENT	1.2	<1.0	7	70	3	5	22	<0.03	0.3

< Valeurs correspondant aux limites de détection

-9 Données manquantes

		Arochlor	Arochlor		Epoxyde				
Stations	MILIEU	1248	1254	γ -BHC	Heptachlore	Endrine	Naphtalène	Fluorène	Phénantrène
		mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec
LSFEE004	SEDIMENT	0.03	<0.03	0.04	0.44	0.04	<0.008	<0.016	0.054
LFSEE006	SEDIMENT	<0.02	<0.02	<0.01	0.01	0.03	0.021	<0.019	0.062
LSFEE008	SEDIMENT	<0.02	<0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.006	<0.012	<0.018
LSFEE011	SEDIMENT	<0.02	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	0.019	<0.016	0.048
LSFEE021	SEDIMENT	<0.02	<0.02	0.015	0.18	<0.01	<0.007	<0.015	0.065
LSFEE023	SEDIMENT	0.045	0.03	0.015	0.14	<0.01	0.066	0.072	0.081
LSFEE032	SEDIMENT	<0.02	<0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.012	<0.024	0.1
LSFEE057	SEDIMENT	<0.02	<0.02	0.01	0.135	<0.01	<0.009	<0.019	<0.028
LSFEE060	SEDIMENT	<0.02	<0.02	<0.01	0.01	<0.01	0.051	<0.016	0.078
LSFEE078	SEDIMENT	<0.04	<0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.017	<0.034	0.15
LSFEE089	SEDIMENT	<0.02	<0.02	0.03	0.3	<0.01	<0.008	<0.015	0.079
LSFEE091	SEDIMENT	<0.02	<0.02	0.03	0.32	<0.01	<0.010	<0.019	0.087
LSFEE093	SEDIMENT	<0.02	<0.02	0.03	0.31	0.06	<0.009	<0.017	0.068
LSFEE094	SEDIMENT	<0.05	<0.03	0.11	1.4	<0.01	0.1	<0.014	0.41
LSFEE113	SEDIMENT	<0.02	<0.01	0.04	0.37	<0.01	0.013	<0.019	0.05
LSFEE122	SEDIMENT	<0.02	<0.01	0.03	0.3	<0.01	<0.008	<0.016	0.046

Stations	MILIEU	Anthracène mg/kg sec	Fluoranthène mg/kg sec	Pyrène mg/kg sec	Benzo (a) anthracène mg/kg sec	Chrysène mg/kg sec	Benzo fluoranthène mg/kg sec	Somme HAPs mg/kg sec
LSFEE004	SEDIMENT	<0.047	0.062	0.058	0.096	0.068	0.054	0.392
LFSEE006	SEDIMENT	<0.057	<0.071	<0.076	<0.062	<0.062	<0.095	0.083
LSFEE008	SEDIMENT	<0.036	<0.044	<0.047	<0.038	<0.038	<0.038	-9
LSFEE011	SEDIMENT	<0.048	0.045	0.044	<0.05	<0.05	<0.080	0.156
LSFEE021	SEDIMENT	<0.044	<0.055	<0.060	<0.048	<0.048	<0.075	0.065
LSFEE023	SEDIMENT	0.068	0.053	0.05	0.095	0.073	0.074	0.632
LSFEE032	SEDIMENT	<0.071	<0.090	<0.095	<0.075	<0.075	<0.12	0.1
LSFEE057	SEDIMENT	<0.056	<0.070	<0.075	<0.061	<0.061	<0.095	-9
LSFEE060	SEDIMENT	<0.047	0.073	0.073	<0.051	<0.051	<0.075	0.275
LSFEE078	SEDIMENT	<0.010	0.17	0.16	<0.11	0.26	<0.17	0.74
LSFEE089	SEDIMENT	0.074	0.094	0.092	0.11	0.11	<0.075	0.559
LSFEE091	SEDIMENT	<0.057	0.098	0.096	<0.06	<0.06	<0.1	0.281
LSFEE093	SEDIMENT	0.051	0.085	0.075	0.11	0.091	<0.085	1.299
LSFEE094	SEDIMENT	<0.043	0.5	0.48	0.77	0.59	<0.7	2.75
LSFEE113	SEDIMENT	<0.058	0.054	0.053	<0.06	0.11	<0.095	0.28
LSFEE122	SEDIMENT	<0.008	0.051	0.051	0.087	0.069	<0.080	0.304

ANNEXE 5A

Composition taxonomique des Gastéropodes dans les
échantillons récoltés aux stations du lac Saint-François.

Gastéropode-annexe

Stations	4-A	4-B	4-C	4-D	4-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithyniidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	378	170	38	1626	1229
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	38	0	95	1474	284
<i>Probythinella lacustris</i>	189	170	0	170	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	246	95	284	586	170
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	19	19	19	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	19
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleuroceridae indéterminé</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	57	0	38	38	19
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	38	19	76	435	246
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	19	0	38	435	321
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	0	151	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	19	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	38	19	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	38	0	0	19	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	0	0	113	227
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	0	0	0	0
TOTAL	1059	510	586	5047	2514

Gastéropode-annexe

Stations	6-A	6-B	6-C	6-D	6-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithyniidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	19	0	0	38	0
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	151	265	227	2854	2930
<i>Probythinella lacustris</i>	548	586	605	699	870
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	284	265	95	189	1002
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	246	76	57	227	189
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	19	57
Pleuroceridae indéterminé	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	19	19	0	76	38
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	340	0	0	57	57
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	95	38	0	95	0
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	0	19	0	38	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	0	95	284
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	19	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	19	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	0	0	0	0
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
Planorbidae non identifié	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	0	0	0	0
TOTAL	1701	1304	983	4386	5425

Gastéropode-annexe

Stations	8-A	8-B	8-C	8-D	8-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithynidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	0	0	0	0	38
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	0	0	0	0	0
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	0	0	0	19	0
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleuroceridae indéterminé</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	0	0	0	0	0
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	0	0	0	0	0
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	0	0	0	0
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae non identifié</i>	0	0	0	19	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	38	38

Gastéropode-annexe

Stations	11-A	11-B	11-C	11-D	11-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithynidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	501	775	397	246	208
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	567	1040	4367	5917	2155
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricerinata</i>	19	0	170	170	718
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	9	0	0	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	76	38	95	38	57
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae indéterminé	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	95	38	0	0	57
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	57	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	66	19	38	38	0
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	9	19	0	19	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	38	0	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	57	19	0	19
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
Planorbidae non identifié	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	0	0	0	19
TOTAL	1342	2023	5142	6427	3233

Gastéropode-annexe

Stations	21-A	21-B	21-C	21-D	21-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithyniidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	38	-9	95	0	0
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	2798	-9	1890	624	510
<i>Probythinella lacustris</i>	0	-9	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	-9	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	151	-9	681	416	208
<i>Valvata piscinalis</i>	0	-9	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	-9	0	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	19	-9	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	-9	0	0	0
Pleuroceridae indéterminé	0	-9	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	19	-9	76	0	0
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	-9	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	-9	0	0	19
<i>Fossaria modicella</i>	0	-9	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	-9	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	-9	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	0	-9	38	0	0
Planorbidae					
<i>Gyraulus defectus</i>	19	-9	0	0	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	-9	0	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	-9	0	0	19
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	-9	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	-9	0	19	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	-9	38	0	76
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	-9	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	-9	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	19	-9	57	0	0
<i>Armiger crista</i>	0	-9	0	0	0
Planorbidae non identifié	0	-9	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES					
	0	-9	0	0	0
TOTAL	3062	-9	2873	1059	832

Gastéropode-annexe

Stations	23-A	23-B	23-C	23-D	23-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithynidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	1909	1115	2665	1909	2590
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	1796	208	1512	1021	397
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	643	132	907	454	681
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	19	38	57	38
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	19	0	0	0	0
<i>Pleuroceridae indéterminé</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	38	38	0	57	0
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	76	19	113	113	246
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	19	19	0	76	113
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	19
<i>Helisoma pilsbryi</i>	76	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	113	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	19	38
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	38	0	95	189
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	0	0	0	0
TOTAL	4575	1588	5350	3800	4310

Gastéropode-annexe

Stations	32-A	32-B	32-C	32-D	32-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithyniidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	132	1361	132	132	1267
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	2023	5161	3270	113	1550
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	491	454	548	57	454
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	246	132	38	0	19
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae indéterminé	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	38	57	57	0	113
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	76
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	38	132	19	0	113
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	57	38	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	19	0	0	113
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	38	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	19	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	38	76	170	19	227
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
Planorbidae non identifié	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	0	38	0	0
TOTAL	3006	7505	4310	321	3932

Gastéropode-annexe

Stations	57-A	57-B	57-C	57-D	57-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithyniidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	605	189	189	378	227
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	95	38	0	19	0
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	19	76	76	19	0
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae indéterminé	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	0	0	0	0	0
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	38	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	0	0	0	0	0
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	76	0	19	57
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
Planorbidae non identifié	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDÉTERMINES	0	0	0	0	0
TOTAL	718	378	265	473	284

Gastéropode-annexe

Stations	60-A	60-B	60-C	60-D	60-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithynidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	76	189	76	19	38
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	95	19	95	0	38
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	76	0	38	0	0
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae indéterminé	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	0	57	0	0	0
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	38	0	0	0	19
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	19	0	0	0	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	57	0	0	0	19
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
Planorbidae non identifié	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES					
TOTAL	359	265	208	19	113

Gastéropode-annexe

Stations	78-A	78-B	78-C	78-D	78-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithynidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	0	0	0	0	4
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	47	0	57	8	42
<i>Probythinella lacustris</i>	9	0	0	0	30
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	397	0	30
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	142	302	38	11	42
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	19	38	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	19	0	0	0	0
<i>Pleuroceridae indéterminé</i>	0	38	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	0	0	0	0	0
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	0	38	19	0	0
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	28	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	9	0	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	0	0	0	0
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	132	0	0	0
TOTAL	274	548	510	19	147

Gastéropode-annexe

Stations	89-A	89-B	89-C	89-D	89-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithyniidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	15369	5463	2873	6739	1361
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	454	189	416	321	113
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	681	208	416	747	57
<i>Valvata piscinalis</i>	19	0	38	9	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	95	38	19	19	9
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleuroceridae indéterminé</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	567	378	151	444	38
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	19	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	529	76	340	321	19
Planorbidae					
<i>Gyraulus defectus</i>	378	151	284	548	9
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	57	28	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	170	113	57	189	19
<i>Helisoma pilsbryi</i>	19	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	170	19	19	0	0
<i>Amniger crista</i>	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES					
<i>GASTEROPODES INDETERMINES</i>	0	0	0	0	0
TOTAL	18469	6654	4669	9367	1626

Gastéropode-annexe

Stations	91-A	91-B	91-C	91-D	91-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithyniidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	359	1985	2779	1191	1172
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	57	170	170	189	19
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	170	132	170	624	340
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	0	0	38	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	19	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleuroceridae indéterminé</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	0	0	57	340	113
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	0	189	38	19	19
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	0	132	0	57	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	38	19	76	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	0	0	0	0
<i>Amiger crista</i>	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	0	0	0	0
TOTAL	586	2665	3233	2533	1664

Gastéropode-annexe

Stations	93-A	93-B	93-C	93-D	93-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithynidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	180	76	1191	435	2420
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	964	586	1456	113	246
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	38	132	926	95	284
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	501	473	95	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	38	0	0
Pleuroceridae indéterminé	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	57	38	208	95	113
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	9	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	19	0	57	57	19
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	9	19	95	38	529
<i>Gyraulus parvus</i>	9	0	76	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	38	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	19	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	19	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	9	0	0	0	76
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
Planorbidae non identifié	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES					
TOTAL	1796	1323	4253	851	3686

Gastéropode-annexe

Stations	94-A	94-B	94-C	94-D	94-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithynidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	110	4953	76	0	14
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	83	2489	166	19	14
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	11	391	15	0	0
<i>Valvata piscinalis</i>	0	19	0	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	19	0	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	6	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleuroceridae indéterminé</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	0	284	0	0	0
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	0	57	11	0	0
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	0	315	0	0	0
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	4	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	239	11	0	0
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	0	0	0	0
TOTAL	204	8771	284	19	28

Gastéropode-annexe

Stations	113-A	113-B	113-C	113-D	113-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithynidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	8100	2448	3144	446	2883
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	870	1928	2023	136	662
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	3705	870	5154	129	1219
<i>Valvata piscinalis</i>	9	47	38	0	0
<i>Valvata sincera sincera</i>	180	95	158	4	151
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleuroceridae indéterminé</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	425	189	397	15	142
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	76	85	233	15	180
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	567	132	649	11	47
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	0	0	0
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	76	9	101	4	19
<i>Helisoma pilsbryi</i>	19	28	13	0	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	50	0	47
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	9	32	0	0
<i>Amiger crista</i>	0	0	6	0	0
<i>Planorbidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES	0	9	0	0	0
TOTAL	14026	5851	11997	760	5350

Gastéropode-annexe

Stations	122-A	122-B	122-C	122-D	122-E
GASTEROPODES PROSOBRANCHES					
Bithynidae					
<i>Bithynia tentaculata</i>	1815	1607	2892	5822	13913
Hydrobiidae					
<i>Amnicola limosa</i>	794	624	756	2344	2741
<i>Probythinella lacustris</i>	0	0	0	0	0
<i>Hydrobiidae non identifié</i>	0	0	0	0	0
Valvatidae					
<i>Valvata tricarinata</i>	1021	832	1304	1229	1890
<i>Valvata piscinalis</i>	0	0	76	38	95
<i>Valvata sincera sincera</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae					
<i>Goniobasis livescens</i>	0	0	0	0	0
<i>Pleurocera acuta</i>	0	0	0	0	0
Pleuroceridae indéterminé	0	0	0	0	0
GASTEROPODES PULMONES					
Lymnaeidae					
<i>Stagnicola elodes</i>	113	208	208	95	340
<i>Stagnicola catascopium catascopium</i>	0	0	0	19	0
<i>Fossaria decampi</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria modicella</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria parva</i>	0	0	0	0	0
<i>Fossaria sp</i>	0	0	0	0	0
Physidae					
<i>Physa gyrina gyrina</i>	151	113	95	284	491
Planorbidae					
<i>Gyraulus deflectus</i>	189	19	340	0	208
<i>Gyraulus parvus</i>	0	0	57	0	113
<i>Gyraulus sp</i>	0	0	0	19	0
<i>Helisoma trivolvis trivolvis</i>	0	0	0	0	38
<i>Helisoma pilsbryi</i>	0	0	0	19	0
<i>Helisoma anceps anceps</i>	0	0	0	0	132
<i>Helisoma cam. campanulatum</i>	0	0	0	0	0
<i>Helisoma sp</i>	0	0	0	0	0
<i>Promenetus exacuus exacuus</i>	0	0	0	0	0
<i>Armiger crista</i>	0	0	0	0	0
Planorbidae non identifié	0	0	0	0	0
GASTEROPODES INDETERMINES					
TOTAL	4083	3403	5728	9868	19962

ANNEXE 5B

Composition taxonomique des Insectes dans les échantillons
récoltés aux stations du lac Saint-François.

Fiches signalétiques pour les morphotypes de *Oecetis* et *Cricotopus*:

Cricotopus sp. 1 est conforme à *Cricotopus* (*Cricotopus*) spp. alors que *Cricotopus* sp. 2 est conforme à *Cricotopus* (*isoocladius*) spp. *Oecetis* sp. 1 représente les spécimens dont la capsule céphalique est à dominance pâle avec un patron pigmentaire foncé en forme de "Y". *Oecetis* sp. 2 représente le type morphologique dont la capsule céphalique est foncée sur la presque totalité de la surface.

Annexe-insectes

Stations	4-A	4-B	4-C	4-D	4-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	38	170	38	302	151
Mystacides	170	170	76	76	189
Nectopsyche	57	57	38	151	57
Oecetis sp. 1	113	227	151	0	246
Oecetis sp. 2	0	0	0	0	0
Tranodes	0	38	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	38
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	0	19	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	19	19
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	0	0	0	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	0	0	0	0	0
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	0	0	0	0	0
Molannidae					
Molania	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyalidae					
Acentria	0	0	0	19	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanypodinae					
Procladius	0	38	19	0	0
Thienemannimyia gr.	0	57	0	19	38
Clinotanytus	0	76	19	0	0
Chironomini					
Chironomus	0	0	76	38	38
Cryptochironomus	0	95	0	0	0
Dicrotendipes	113	302	76	38	227
Glyptotendipes	0	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	0	397	246	0	0
Parachironomus	38	113	76	38	38
Polypedium (P)	38	0	208	0	0
Polypedium (T.) gr. scalaenum	0	0	0	0	76
Pseudochironomus	0	0	0	0	0
Stictochironomus	0	38	0	0	0
Tribelos	0	38	0	0	0
Tanytarsini					
Paratanytarsus	0	0	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthoclaudiinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr. 1	0	0	0	0	0
Cricotopus gr. 2	0	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	19	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	567	1815	1059	699	1115

Annexe-insectes

Stations	6-A	6-B	6-C	6-D	6-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
<i>Caenis</i>	19	0	0	0	0
Odonata					
<i>Coenagrionidae</i>	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
<i>Gerris</i>	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
<i>Ceraclea</i>	95	208	0	151	0
<i>Mystacides</i>	302	38	0	246	38
<i>Nectopsyche</i>	38	189	0	57	0
<i>Oecetis sp.1</i>	567	170	95	246	302
<i>Oecetis sp.2</i>	76	76	0	0	19
<i>Trianodes</i>	0	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
<i>Brachycentrus</i>	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
<i>Lepidostoma</i>	0	19	0	38	0
Helicopsychidae					
<i>Helicopsyche cf borealis</i>	0	19	0	0	0
Polycentropodidae					
<i>Phytocentropus</i>	0	0	0	0	0
<i>Polycentropus</i>	0	19	38	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
<i>Agraytea</i>	0	0	0	19	0
Molannidae					
<i>Molanna</i>	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
<i>Phryganea</i>	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
<i>Dubiraphia</i>	0	0	0	0	0
Psephenidae					
<i>Ectopria</i>	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyridae					
<i>Acentria</i>	0	0	0	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae					
Chironomidae					
Tanypodinae					
<i>Procladius</i>	151	113	132	95	208
<i>Thienemannimyia gr.</i>	132	0	0	0	0
<i>Clinotanytus</i>	38	132	38	113	57
Chironomini					
<i>Chironomus</i>	1342	643	95	605	302
<i>Cryptochironomus</i>	95	95	113	95	76
<i>Dicrotendipes</i>	1474	1682	132	132	0
<i>Glyptotendipes</i>	0	0	0	0	0
<i>Microtendipes gr. pedellus</i>	983	624	113	321	95
<i>Parachironomus</i>	0	76	170	76	132
<i>Polypedilum (P)</i>	0	0	0	19	0
<i>Polypedilum (T.) gr. scalaenum</i>	0	0	0	38	0
<i>Pseudochironomus</i>	19	0	0	0	0
<i>Stictochironomus</i>	0	0	0	0	0
<i>Tribelos</i>	38	38	38	132	95
Tanytarsini					
<i>Paratanytarsus</i>	19	0	0	0	0
<i>Tanytarsus</i>	0	0	19	19	0
Orthocladinae					
<i>Corynoneura</i>	0	0	0	0	0
<i>Corynoneura-Thienemanniella</i>	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus gr.1</i>	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus gr.2</i>	0	0	0	0	0
<i>Psectrocladius (Mesopsectrocladius)</i>	0	57	0	0	0
Empididae					
<i>Hemerodromia</i>	0	0	0	0	0
Total	5388	4197	983	2401	1323

Annexe-insectes

Stations	8-A	8-B	8-C	8-D	8-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Geridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	0	0	0	19	0
Myzocetes	0	0	0	0	0
Nectopsyche	0	0	0	0	0
Oecetis sp.1	0	0	0	0	0
Oecetis sp.2	0	0	0	0	0
Trinodes	0	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	0	0	0	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	0	0	0	0	0
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agralytes	9	0	0	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyrilidae					
Acentria	0	0	0	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanypodinae					
Procladius	0	0	0	0	0
Thienemannimyia gr.	0	0	0	0	0
Clinotanytus	0	0	0	0	0
Chironomini					
Chironomus	0	0	0	0	0
Cryptochironomus	66	0	28	95	0
Microtendipes	9	0	0	0	0
Glyptotendipes	0	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	0	0	0	19	0
Parachironomus	0	0	0	0	0
Polypedilum (P)	0	0	0	0	0
Polypedilum (T.) gr. scalaenum	0	19	0	0	0
Pseudochironomus	0	0	76	0	0
Stictochironomus	0	19	9	0	19
Tribelos	0	0	0	0	0
Tanytarsini					
Paratanytarsus	0	0	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthocladinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.2	0	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	85	38	113	132	19

Annexe-insectes

Stations	11-A	11-B	11-C	11-D	11-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	38	113	302	151	57
Mystacides	19	57	0	113	113
Nectopsyche	161	416	605	548	491
Oecetis sp.1	9	38	19	19	19
Oecetis sp.2	0	0	0	0	0
Triandodes	0	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	19	0	19	95	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	0	0	19	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	0	0	0	0	0
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraytea	0	0	0	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	19	0	0	0	19
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyalidae					
Acentria	0	0	0	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanytarsinae					
Procladius	0	0	0	0	0
Thienemannimyia gr.	0	19	0	0	38
Clinotanytus	0	0	0	0	0
Chironomini					
Chironomus	0	0	0	19	0
Cryptochironomus	0	0	0	0	0
Dicrotendipes	0	0	0	0	0
Glyptotendipes	0	0	0	0	38
Microtendipes gr. pedellus	0	0	0	0	0
Parachironomus	0	0	0	19	38
Polypedium (P)	38	0	0	0	0
Polypedium (T.) gr. scalaenum	0	0	0	0	0
Pseudochironomus	0	0	0	0	0
Stictochironomus	0	0	0	0	0
Tribelos	0	0	0	0	0
Tanytarsini					
Paratanytarsus	0	0	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthoclaudiinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	9	0	0	0	0
Cricotopus gr.2	0	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	312	643	945	983	813

Annexe-Insectes

Stations	21-A	21-B	21-C	21-D	21-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	19	19	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	19	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	19	151	19	0	19
Mystacides	95	227	0	57	19
Nectopsyche	132	605	0	0	38
Oecetis sp.1	38	57	19	0	0
Oecetis sp.2	38	113	0	0	0
Trienodes	0	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	19	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	208	132	0	0	38
Polycentropodidae					
Phytocentropus	0	0	0	0	0
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	0	0	0	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	57	19	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyralidae					
Acentria	0	0	0	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	19	0	0	0
Chironomidae					
Tanypodinae					
Procladius	38	0	57	76	19
Thienemannimyia gr.	0	19	0	19	19
Clinotanytus	19	19	19	19	0
Chironomini					
Chironomus	0	284	38	19	0
Cryptochironomus	0	38	0	0	19
Dicrotendipes	0	170	0	0	0
Glyptotendipes	19	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	208	5161	95	0	0
Parachironomus	0	0	38	0	0
Polypedium (P.)	0	19	0	0	0
Polypedium (T.) gr. scalaenum	0	0	0	0	57
Pseudochironomus	0	19	0	0	0
Stictochironomus	57	0	0	0	113
Tribelos	113	132	170	0	38
Tanytarsini					
Paratanytarsus	0	0	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthoclaadiinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.2	0	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	1059	7221	454	208	378

Annexe-insectes

Stations	23-A	23-B	23-C	23-D	23-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
<i>Caenis</i>	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
<i>Gerris</i>	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
<i>Ceraclea</i>	0	0	0	0	0
<i>Mystacides</i>	491	0	189	454	189
<i>Nectopsyche</i>	0	0	0	0	0
<i>Oecetis</i> sp.1	19	0	76	57	57
<i>Oecetis</i> sp.2	19	0	0	0	19
<i>Tranodes</i>	0	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
<i>Brachycentrus</i>	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
<i>Lepidostoma</i>	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
<i>Helicopsyche cf borealis</i>	0	0	0	0	0
Polycentropodidae					
<i>Phylocentropus</i>	0	0	38	76	132
<i>Polycentropus</i>	0	19	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
<i>Agraylea</i>	0	0	0	0	0
Molannidae					
<i>Molanna</i>	0	57	95	0	0
Phryganeidae					
<i>Phryganea</i>	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
<i>Dubiraphia</i>	0	0	0	0	0
Psephenidae					
<i>Ectopna</i>	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyalidae					
<i>Acentria</i>	0	0	0	19	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	38	0
Chironomidae					
Tanytarsini					
<i>Procladius</i>	95	76	208	95	76
<i>Thienemannimyia</i> gr.	0	0	0	38	0
<i>Clinotanytus</i>	19	0	38	0	151
Chironomini					
<i>Chironomus</i>	302	113	208	265	1078
<i>Cryptochironomus</i>	19	57	76	95	38
<i>Diclotendipes</i>	132	76	113	132	76
<i>Glyptotendipes</i>	0	0	0	0	0
<i>Microtendipes</i> gr. <i>pedellus</i>	132	0	170	38	76
<i>Parachironomus</i>	19	57	0	0	0
<i>Polypedium</i> (P)	38	19	0	0	0
<i>Polypedium</i> (T) gr. <i>scalaenum</i>	76	0	95	113	0
<i>Pseudochironomus</i>	38	0	0	0	0
<i>Stictochironomus</i>	57	0	0	0	0
<i>Tribelos</i>	548	189	416	416	397
Tanytarsini					
<i>Paratanytarsus</i>	0	0	19	0	0
<i>Tanytarsus</i>	0	0	0	0	0
Orthocladinae					
<i>Corynoneura</i>	0	0	0	0	57
<i>Corynoneura-Thienemanniella</i>	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus</i> gr.1	0	38	0	0	0
<i>Cricotopus</i> gr.2	0	0	0	0	0
<i>Psectrocladius</i> (<i>Mesopsectrocladius</i>)	0	0	38	0	0
Empididae					
<i>Hemerodromia</i>	0	0	0	0	0
Total	2004	699	1777	1834	2344

Annexe-insectes

Stations	32-A	32-B	32-C	32-D	32-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceracae	57	132	0	0	0
Mystacides	57	19	19	0	0
Nectopsyche	113	113	208	0	76
Oecetis sp.1	0	19	19	0	0
Oecetis sp.2	0	0	0	0	0
Trianoles	0	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	0	0	0	19
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	76	95	38	0	19
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	0	0	0	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	0	0	0	0	0
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	0	0	0	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopna	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyrallidae					
Acentria	0	0	19	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanytarsini					
Procladius	0	0	0	0	0
Thienemannimyia gr.	0	38	0	0	0
Clinotanytus	0	0	0	0	0
Chironomini					
Chironomus	0	0	0	0	0
Cryptochironomus	0	0	0	0	0
Dicrotendipes	0	0	19	0	0
Glyptotendipes	0	19	19	0	0
Microtendipes gr. pedellus	0	0	0	0	0
Parachironomus	0	0	0	0	0
Polypedium (P)	0	0	0	0	0
Polypedium (T.) gr. scalaenum	0	0	19	0	0
Pseudochironomus	0	0	0	0	0
Stictochironomus	0	0	0	0	0
Tribelos	0	19	0	0	0
Tanytarsini					
Paratanytarsus	0	0	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthocladinae					
Corynoneura	76	95	19	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.2	0	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	378	548	378	0	113

Annexe-insectes

Stations	57-A	57-B	57-C	57-D	57-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	19	0	0	0	0
Mystacides	57	0	0	0	0
Nectopsyche	76	19	0	0	0
Oecetis sp.1	113	113	0	0	57
Oecetis sp.2	38	151	19	38	76
Tranodes	0	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	57	170	19	113	359
Polycentropodidae					
Phylocentropus	0	0	0	0	0
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	0	0	0	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyrallidae					
Acentria	0	0	0	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	170	76	0	0	0
Chironomidae					
Tanytarsini					
Procladius	0	0	57	0	19
Thienemannimyia gr.	57	0	0	0	0
Clinotanytus	0	0	0	0	0
Chironomini					
Chironomus	945	19	0	0	0
Cryptochironomus	0	0	0	19	0
Dicrotendipes	1059	378	57	19	19
Glyptotendipes	0	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	246	378	0	19	19
Parachironomus	0	0	0	0	0
Polypedilum (P.)	0	0	0	0	0
Polypedilum (T.) gr. scalaenum	0	0	0	0	0
Pseudochironomus	19	265	95	38	359
Stictochironomus	0	0	0	0	113
Tribelos	0	0	0	0	0
Tanytarsini					
Paratanytarsus	189	189	0	19	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthocladiinae					
Corynoneura	246	38	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	38	0	0	0	0
Cricotopus gr.2	0	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	19	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	3346	1796	246	265	1021

Annexe-insectes

Stations	60-A	60-B	60-C	60-D	60-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	19	57	19	0	38
Heteroptera					
Geridae					
Geris	0	57	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	19	0	19	0	0
Mystacides	132	57	265	0	95
Nectopsyche	19	19	0	0	0
Oecetis sp. 1	57	57	76	38	38
Oecetis sp. 2	38	0	76	0	38
Trianodes	0	0	19	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	38	0	132	0	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	0	0	0	0	0
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	0	0	0	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	19	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	19	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyrallidae					
Acentria	0	19	19	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	57	0	38	38	19
Chironomidae					
Tanytarsini					
Procladius	0	0	0	57	0
Thienemannimyia gr.	38	0	0	0	0
Clinotanytus	0	0	0	0	0
Chironomini					
Chironomus	0	208	0	0	0
Cryptochironomus	0	0	19	19	0
Dicrotendipes	38	0	0	0	0
Glyptotendipes	0	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	0	0	0	19	0
Parachironomus	0	0	0	0	0
Polypedilum (P)	0	0	0	0	0
Polypedilum (T) gr. scaleanum	0	0	19	0	0
Pseudochironomus	0	0	38	0	0
Stictochironomus	0	0	132	0	0
Tribelos	0	0	0	0	0
Tanytarsini					
Paratanytarsus	19	0	19	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthocladinae					
Corynoneura	38	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr. 1	0	0	0	0	0
Cricotopus gr. 2	0	0	0	0	0
Pspectrocladius (Mesopspectrocladius)	19	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	76	0	0	0
Total	548	548	907	170	227

Annexe-insectes

Stations	78-A	78-B	78-C	78-D	78-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	0	0	0	0	0
Mystacides	0	38	0	23	45
Nectopsyche	0	0	0	0	4
Oecetis sp.1	9	76	0	8	11
Oecetis sp.2	0	0	0	8	4
Trianodes	0	19	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	19	0	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	57	0	0	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	9	38	0	15	8
Polycentropus	47	983	38	15	19
Polycentropodidae indéterminé	0	435	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	0	0	0	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	8
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	19	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyrallidae					
Acentria	0	0	0	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanytarsini					
Procladius	0	0	0	0	0
Thienemannimyia gr.	0	0	0	0	0
Clinotanytus	0	0	0	0	0
Chironomini					
Chironomus	0	0	0	0	0
Cryptochironomus	0	0	0	0	0
Dicrotendipes	0	0	0	0	64
Glyptotendipes	0	0	0	0	4
Microtendipes gr. pedellus	0	0	0	0	0
Parachironomus	0	0	0	0	0
Polypedium (P)	0	0	0	0	0
Polypedium (T.) gr. scalaenum	0	0	0	0	0
Pseudochironomus	0	0	0	0	0
Stictochironomus	0	0	0	0	0
Tribelos	0	0	0	0	4
Tanytarsini					
Paratanytarsus	9	0	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthocladinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	0	0	0	0	42
Cricotopus gr.2	0	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	19	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	19	0	0	0
Total	76	1720	38	68	212

Annexe-insectes

Stations	89-A	89-B	89-C	89-D	89-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceracles	0	19	19	0	0
Mystacides	0	0	0	0	9
Nectopsyche	0	0	0	0	0
Oecetis sp.1	19	0	0	0	0
Oecetis sp.2	0	0	0	0	0
Tranodes	19	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	38	0	0	0	9
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	0	0	0	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	132	19	19	66	19
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	529	321	945	9	28
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	19	19	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyrallidae					
Acentria	95	189	57	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanytopodinae					
Procladius	0	113	38	0	9
Thienemannimyia gr.	0	0	19	0	0
Clinotanytus	0	19	0	9	47
Chironomini					
Chironomus	2344	2703	454	718	340
Cryptochironomus	38	302	57	66	66
Dicortendipes	510	359	151	38	9
Glyptotendipes	0	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	76	170	0	57	9
Parachironomus	0	19	0	0	0
Polypedium (P)	0	0	0	0	0
Polypedium (T.) gr. scalaenum	0	0	0	0	0
Pseudochironomus	19	0	0	0	0
Stictochironomus	0	0	0	0	0
Tribelos	491	2684	76	85	180
Tanytarsini					
Paratanytarsus	0	0	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthocladiinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	0	0	19	0	0
Cricotopus gr.2	76	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	4386	6938	1871	1049	728

Annexe-Insectes

Stations	91-A	91-B	91-C	91-D	91-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	19	95	0	38	38
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	0	0	0	0	0
Mystacides	151	208	19	0	0
Nectopsyche	57	38	0	57	0
Oecetis sp.1	38	113	0	0	0
Oecetis sp.2	0	0	0	0	0
Tranodes	0	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	38	0	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	0	0	0	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	0	0	0	0	0
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	0	0	0	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyrilidae					
Acentria	0	0	19	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanypodinae					
Procladius	0	0	0	0	0
Thienemannimyia gr.	0	0	0	0	0
Clinotanytus	0	0	0	0	0
Chironomini					
Chironomus	0	19	0	0	0
Cryptochironomus	0	0	0	0	0
Dicrotendipes	2174	113	0	0	0
Glyptotendipes	0	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	0	0	0	0	0
Parachironomus	0	0	0	0	0
Polypedilum (P)	0	0	0	0	0
Polypedilum (T.) gr. scalaenum	0	0	0	0	0
Pseudochironomus	0	0	0	0	0
Stictochironomus	0	0	0	0	0
Tribelos	0	0	0	0	0
Tanytarsini					
Paratanytarsus	265	19	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthocladiinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	76	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.2	0	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	2779	643	38	95	38

Annexe-insectes

Stations	93-A	93-B	93-C	93-D	93-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	0	0	0	0	0
Mystacides	0	0	170	0	38
Nectopsyche	9	19	170	0	57
Oecetis sp.1	0	0	95	0	0
Oecetis sp.2	0	0	0	0	0
Trianoes	0	0	151	0	19
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	57	38	0	38	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	0	1815	284	529
Polycentropodidae					
Phyllocentropus	9	0	151	19	0
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	0	0	0	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	76	0	0
Lepidoptera					
Pyrallidae					
Acentria	0	0	0	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	57	0	0
Chironomidae					
Tanytarsini					
Procladius	0	0	95	0	0
Thienemannimyia gr.	0	0	0	0	0
Clinotanytus	0	0	246	0	0
Chironomini					
Chironomus	0	0	113	0	0
Cryptochironomus	0	0	38	0	0
Dicrotendipes	0	0	19	0	0
Glyptotendipes	0	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	0	0	57	0	0
Parachironomus	0	0	0	0	0
Polypedium (P)	0	0	0	0	0
Polypedium (T.) gr. scalaenum	0	0	170	0	19
Pseudochironomus	0	0	0	0	0
Stictochironomus	0	0	95	0	0
Tribelos	0	0	170	19	0
Tanytarsini					
Paratanytarsus	0	0	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthoclaadiinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	0	0	0	19	0
Cricotopus gr.2	0	0	0	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	76	57	3686	378	662

Annexe-insectes

Stations	94-A	94-B	94-C	94-D	94-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
<i>Caenis</i>	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
<i>Gerris</i>	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
<i>Ceraclea</i>	0	0	0	0	0
<i>Mystacides</i>	19	353	0	0	0
<i>Nectopsyche</i>	0	239	0	0	0
<i>Oecetis sp.1</i>	0	0	0	0	0
<i>Oecetis sp.2</i>	0	0	0	0	0
<i>Triarodes</i>	0	0	0	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
<i>Brachycentrus</i>	15	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
<i>Lepidostoma</i>	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
<i>Helicopsyche cf borealis</i>	38	1197	0	0	0
Polycentropodidae					
<i>Phylocentropus</i>	4	50	15	0	5
<i>Polycentropus</i>	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
<i>Agraylea</i>	0	0	0	0	0
Molannidae					
<i>Molanna</i>	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
<i>Phryganea</i>	0	113	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
<i>Dubiraphia</i>	0	0	0	0	0
Psephenidae					
<i>Ectopria</i>	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyralidae					
<i>Acentria</i>	0	25	0	0	0
Diptera					
Ceratopogonidae	4	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanypodinae					
<i>Procladius</i>	0	0	0	0	0
<i>Thienemannimyia gr.</i>	8	0	0	0	0
<i>Clinotanytus</i>	0	13	0	0	0
Chironomini					
<i>Chironomus</i>	0	0	0	0	0
<i>Cryptochironomus</i>	0	0	0	0	0
<i>Dicrotendipes</i>	0	25	0	0	0
<i>Glyptotendipes</i>	0	0	0	0	0
<i>Microtendipes gr. pedellus</i>	4	25	0	0	0
<i>Parachironomus</i>	0	0	0	0	0
<i>Polypedilum (P.)</i>	0	0	0	0	0
<i>Polypedilum (T.) gr. scalaenum</i>	0	0	0	0	0
<i>Pseudochironomus</i>	0	0	0	0	0
<i>Stictochironomus</i>	0	0	0	0	0
<i>Tribelos</i>	11	0	0	0	0
Tanytarsini					
<i>Paratanytarsus</i>	0	0	0	0	0
<i>Tanytarsus</i>	0	0	0	0	0
Orthocladiinae					
<i>Corynoneura</i>	0	0	0	0	0
<i>Corynoneura-Thienemanniella</i>	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus gr.1</i>	0	0	0	0	0
<i>Cricotopus gr.2</i>	0	0	0	0	0
<i>Psectrocladius (Mesopsectrocladius)</i>	0	0	0	0	0
Empididae					
<i>Hemerodromia</i>	4	0	0	0	0
Total	106	2042	15	0	5

Annexe-insectes

Stations	113-A	113-B	113-C	113-D	113-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	0	0	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	0	9	0	0	0
Mystacides	28	38	76	0	0
Nectopsyche	0	9	0	0	0
Oecetis sp.1	19	9	19	0	9
Oecetis sp.2	9	0	6	0	0
Trianodes	0	0	57	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	28	13	0	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	217	19	25	11	38
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agrylea	9	28	13	0	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	0	0	0	9
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyrallidae					
Acentria	28	19	25	8	0
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanytarsini					
Procladius	9	66	88	0	38
Thienemannimyia gr.	0	0	0	0	0
Clinotanytus	57	38	57	0	19
Chironomini					
Chironomus	359	189	227	11	113
Cryptochironomus	47	19	44	0	95
Dicratendipes	189	95	258	0	0
Glyptotendipes	0	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	104	85	321	4	66
Parachironomus	0	0	0	0	0
Polypedilum (P)	0	0	0	0	0
Polypedilum (T.) gr. scalaenum	0	0	0	4	0
Pseudochironomus	0	0	0	0	0
Stictochironomus	0	0	0	0	0
Tribelos	246	293	895	4	416
Tanytarsini					
Paratanytarsus	0	0	0	0	0
Tanytarsus	0	0	0	0	0
Orthocladinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.2	95	47	38	0	0
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	0	0	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	1418	992	2161	42	803

Annexe-insectes

Stations	122-A	122-B	122-C	122-D	122-E
Taxons					
Ephemeroptera					
Caenidae					
Caenis	0	0	0	0	0
Odonata					
Coenagrionidae	38	19	0	0	0
Heteroptera					
Gerridae					
Gerris	0	0	0	0	0
Trichoptera					
Leptoceridae					
Ceraclea	0	0	0	0	0
Mystacides	0	38	0	0	0
Nectopsyche	0	0	0	0	0
Oecetis sp.1	0	19	19	76	19
Oecetis sp.2	0	0	0	0	0
Triantodes	0	38	19	0	0
Leptoceridae indéterminé	0	0	0	0	0
Brachycentridae					
Brachycentrus	0	0	0	0	0
Lepidostomatidae					
Lepidostoma	0	0	0	0	0
Helicopsychidae					
Helicopsyche cf borealis	0	0	0	0	0
Polycentropodidae					
Phylocentropus	0	0	0	113	19
Polycentropus	0	0	0	0	0
Polycentropodidae indéterminé	0	0	0	0	0
Hydroptilidae					
Agraylea	0	95	0	57	0
Molannidae					
Molanna	0	0	0	0	0
Phryganeidae					
Phryganea	0	38	0	0	0
Coleoptera					
Elmidae					
Dubiraphia	0	0	0	0	0
Psephenidae					
Ectopria	0	0	0	0	0
Lepidoptera					
Pyralidae					
Acentria	0	38	0	0	38
Diptera					
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0
Chironomidae					
Tanytarsini					
Procladius	0	19	0	76	0
Thienemannimyia gr.	0	0	0	0	0
Clinotanytus	0	0	0	38	0
Chironomini					
Chironomus	2042	983	0	4159	435
Cryptochironomus	0	0	0	19	0
Dicrotendipes	0	95	0	57	0
Glyptotendipes	0	0	0	0	0
Microtendipes gr. pedellus	0	19	0	0	0
Parachironomus	38	0	0	0	0
Polypedilum (P.)	0	0	0	0	0
Polypedilum (T.) gr. scalenum	0	0	0	0	0
Pseudochironomus	0	0	0	0	0
Stictochironomus	0	0	0	0	0
Tribelos	0	0	0	888	0
Tanytarsini					
Paratanytarsus	0	0	0	0	0
Tanytarsus	38	0	0	0	0
Orthocladinae					
Corynoneura	0	0	0	0	0
Corynoneura-Thienemanniella	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.1	0	0	0	0	0
Cricotopus gr.2	151	0	0	0	19
Psectrocladius (Mesopsectrocladius)	0	0	0	19	0
Empididae					
Hemerodromia	0	0	0	0	0
Total	2306	1399	38	5501	529

ANNEXE 5C

Composition taxonomique des Oligochètes dans les
échantillons récoltés aux stations du lac Saint-François.

Stations	4-A	4-B	4-C	4-D	4-E	6-A	6-B	6-C	6-D	6-E
Espèces										
Tubificidae										
<i>Limnodrilus udekemianus</i> *	0	0	0	0	0	0	95	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (m)*	0	0	0	0	0	0	0	19	23	123
<i>Limnodrilus profundicola</i> (m)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus sp</i> (m)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix moldaviensis</i> (m)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
Soie bifide (i) (m2)*	38	19	246	76	38	38	945	170	284	940
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix sp</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
<i>Isochaetides freyi</i> (m)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (i)	0	0	95	76	0	0	0	38	130	0
<i>Spirosperma ferox</i> (m)	0	0	38	0	0	0	0	0	0	42
<i>Spirosperma ? carolinensis</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quistadrilus multisetosus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pigueti</i> (i)	0	0	0	19	0	0	62	38	110	0
<i>Aulodrilus limnobius</i> (i)*	0	0	0	0	0	0	0	0	240	163
<i>Aulodrilus pluriseta</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	23	81
<i>Aulodrilus americanus</i> (i)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex tubifex</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ilyodrilus templetoni</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et pectinées (i)	0	0	0	0	19	0	284	76	0	42
Soies capillaires et bifides (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae										
<i>Stylaria lacustris</i> (m)	0	0	0	0	0	0	32	19	0	0
<i>Stylaria Lacustris</i> (i)	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero digitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero ? obtusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
? <i>Dero</i> / <i>Nais</i>	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
<i>Nais variabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0
<i>Nais simplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae										
<i>Slavina appendiculata</i>	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0
<i>Kincaidiana hexatheca</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae indéterminé (i)	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae										
Enchytraeidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (m2)	76	19	435	189	76	38	1418	359	832	1514

* Tubificidae sans soies capilliformes

Stations	8-A	8-B	8-C	8-D	8-E	11-A	11-B	11-C	11-D	11-E
Espèces										
Tubificidae										
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
<i>Limnodrilus profundicola</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus sp</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix moldaviensis</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soie bifide (i) (m2)	9	19	66	132	19	60	151	0	0	38
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix sp</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isochaetides freyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (i)	0	0	9	0	0	1290	0	314	208	19
<i>Spirosperma ferox</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ? carolinensis</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quistadrilus multisetosus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pigueti</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus limnobius</i> (i)	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0
<i>Aulodrilus pluriset</i> a(i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus americanus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex tubifex</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ilyodrilus templetoni</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et pectinées	9	0	0	0	0	0	76	0	0	0
Soies capillaires et bifides (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae										
<i>Stylaria lacustris</i> (m)	0	0	0	0	0	30	19	197	57	0
<i>Stylaria Lacustris</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
<i>Dero digitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero ? obtusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
? <i>Dero</i> / <i>Nais</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais variabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais simplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae										
<i>Slavina appendiculata</i>	0	0	0	0	0	0	113	0	19	0
<i>Kincaidiana hexatheca</i> (m)	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i> (m)	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0
Lumbriculidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae										
Enchytraeidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (m2)	19	19	76	151	19	1380	510	510	284	132

Stations	21-A	21-B	21-C	21-D	21-E	23-A	23-B	23-C	23-D	23-E
Espèces										
Tubificidae										
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri (m)</i>	0	19	76	76	57	142	127	57	263	0
<i>Limnodrilus profundicola (m)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus sp (m)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix moldaviensis (m)</i>	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
Soie bifide (i) (m2)	151	189	57	57	510	709	629	732	1318	1395
<i>Potamotheix vej dovskyi (m)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix vej dovskyi (i)</i>	0	0	0	0	0	47	0	0	0	0
<i>Potamotheix sp (m)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isochaetides freyi (m)</i>	0	0	0	0	0	95	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox (i)</i>	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox (m)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ? carolinensis (i)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quistadrilus multisetosus(i)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pigueti(i)</i>	19	0	0	0	0	520	0	338	0	108
<i>Aulodrilus limnobius (i)</i>	0	0	19	0	0	95	25	0	0	0
<i>Aulodrilus pluriseta(i)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus americanus(i)</i>	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0
<i>Tubifex tubifex (m)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0
<i>Ilyodrilus templetoni (m)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et pectinées	0	0	0	0	38	0	76	0	0	0
Soies capillaires et bifides (i)	0	0	0	0	0	47	0	0	0	0
Naididae										
<i>Stylaria lacustris (m)</i>	0	0	0	0	0	473	227	1633	594	1072
<i>Stylaria Lacustris (i)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero digitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0
<i>Dero ? obtusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
? <i>Dero / Nais</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais variabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais simplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae										
<i>Slavina appendiculata</i>	0	19	0	0	0	47	25	0	0	53
<i>Kincaidiana hexatheca (m)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus (m)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae										
Enchytraeidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (m2)	189	246	151	132	624	2174	1132	2760	2306	2628

Stations	32-A	32-B	32-C	32-D	32-E	57-A	57-B	57-C	57-D	57-E
Espèces										
Tubificidae										
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (m)	0	0	0	0	0	19	0	0	19	19
<i>Limnodrilus profundicola</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus sp</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix moldaviensis</i> (m)	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0
Soie bífide (i) (m2)	0	0	0	0	0	397	95	19	340	76
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix sp</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isochaetides freyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (i)	10548	3809	6076	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ? carolinensis</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quistadrilus multisetosus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pigueti</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus limnobius</i> (i)	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pluriset a</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus americanus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex tubifex</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ilyodrilus templetoni</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et pectinées	0	0	0	0	0	19	0	0	19	0
Soies capillaires et bífides (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae										
<i>Stylaria lacustris</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylaria Lacustris</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero digitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero ? obtusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
? <i>Dero</i> / <i>Nais</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais variabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais simplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae										
<i>Slavina appendiculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kincaidiana hexatheca</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i> (m)	0	0	125	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae indéterminé (i)	0	0	0	0	19	0	57	0	0	0
Enchytraeidae										
Enchytraeidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (m2)	10548	3894	6200	19	19	435	151	19	378	95

Stations	60-A	60-B	60-C	60-D	60-E	78-A	78-B	78-C	78-D	78-E
Espèces										
Tubificidae										
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (m)	0	123	38	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus profundicola</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus sp</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix moldaviensis</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soie bifide (i) (m2)	340	834	227	19	38	0	51	0	0	0
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix sp</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isochaetides freyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (i)	0	0	0	0	0	1368	510	19	23	30
<i>Spirosperma ferox</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ? carolinensis</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quistadrilus multisetosus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pigueti</i> (i)	0	93	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus limnobius</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pluriseta</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus americanus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex tubifex</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ilyodrilus templetoni</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et pectinées	19	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et bifides (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae										
<i>Stylaria lacustris</i> (m)	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylaria Lacustris</i> (i)	0	93	113	0	0	88	0	0	0	4
<i>Dero digitata</i>	0	246	19	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero ? obtusa</i>	0	93	0	0	0	0	0	0	0	0
? <i>Dero</i> / <i>Nais</i>	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais variabilis</i>	19	30	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Nais simplex</i>	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae										
<i>Slavina appendiculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Kincaidiana hexatheca</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i> (m)	0	0	0	0	0	0	304	19	0	0
Lumbriculidae indéterminé (i)	189	0	0	0	0	0	709	113	4	0
Enchytraeidae										
Enchytraeidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	397	0	0	0	0
TOTAL (m2)	586	1601	397	19	38	1853	1575	151	26	42

Stations	89-A	89-B	89-C	89-D	89-E	91-A	91-B	91-C	91-D	91-E
Espèces										
Tubificidae										
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (m)	1371	4883	293	28	67	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus profundicola</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus</i> sp (m)	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0
<i>Potamothrix moldaviensis</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soie bifide (i) (m2)	3198	14645	4259	312	653	38	0	0	0	0
<i>Potamothrix vej dovskyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamothrix vej dovskyi</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamothrix</i> sp (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isochaetides freyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ? carolinensis</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quistadrilus multisetosus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pigueti</i> (i)	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus limnobius</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pluriseta</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus americanus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex tubifex</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ilyodrilus templetoni</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et pectinées (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et bifides (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae										
<i>Stylaria lacustris</i> (m)	0	0	0	0	33	19	0	0	0	0
<i>Stylaria Lacustris</i> (i)	686	0	514	0	17	0	95	0	0	0
<i>Dero digitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero ? obtusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
? <i>Dero</i> / <i>Nais</i>	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
<i>Nais variabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais simplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae										
<i>Slavina appendiculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kincaidiana hexatheca</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae										
Enchytraeidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (m2)	5255	19527	5066	359	803	57	95	0	0	0

Stations	93-A	93-B	93-C	93-D	93-E	94-A	94-B	94-C	94-D	94-E
Espèces										
Tubificidae										
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (m)	0	0	115	19	0	11	0	0	25	0
<i>Limnodrilus profundicola</i> (m)	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus</i> sp (m)	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix moldaviensis</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soie bifide (i) (m2)	0	0	1490	0	0	72	0	8	13	5
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (m)	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix vej dovskyi</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix</i> sp (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isochaetides freyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (i)	113	454	0	0	0	0	261	11	6	0
<i>Spirosperma ferox</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ? carolinensis</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quistadrilus multisetosus</i> (i)	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pigueti</i> (i)	9	0	191	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus limnobius</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pluriseti</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus americanus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex tubifex</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ilyodrilus templetoni</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et pectinées	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et bifides (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae										
<i>Stylaria lacustris</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylaria Lacustris</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero digitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero ? obtusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
? <i>Dero</i> / <i>Nais</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais variabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais simplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae										
<i>Slavina appendiculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kincaidiana hexatheca</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i> (m)	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae indéterminé (i)	19	57	0	0	0	15	54	4	13	0
Enchytraeidae										
Enchytraeidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (m2)	142	548	1871	19	0	102	315	23	57	5

Stations	113-A	113-B	113-C	113-D	113-E	122-A	122-B	122-C	122-D	122-E
Espèces										
Tubificidae										
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (m)	0	91	267	4	131	112	151	0	972	329
<i>Limnodrilus profundicola</i> (m)	135	0	67	0	0	68	0	0	0	0
<i>Limnodrilus</i> sp (m)	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix moldaviensis</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soie bifide (i) (m2)	1895	1683	2139	11	606	851	567	3119	1883	2639
<i>Potamotheix vej dovskiy</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix vej dovskiy</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamotheix</i> sp (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isochaetides freyi</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (i)	203	45	334	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ferox</i> (m)	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Spirosperma ? carolinensis</i> (i)	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quistadrilus multisetosus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pigueti</i> (i)	203	0	67	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus limnobius</i> (i)	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus pluriseti</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulodrilus americanus</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex tubifex</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ilyodrilus templetoni</i> (m)	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0
Soies capillaires et pectinées (i)	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0
Soies capillaires et bifides (i)	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae										
<i>Stylaria lacustris</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylaria Lacustris</i> (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero digitata</i>	0	45	67	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dero ? obtusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
? <i>Dero</i> / <i>Nais</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais variabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nais simplex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae										
<i>Slavina appendiculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kincaidiana hexatheca</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i> (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lumbriculidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae										
Enchytraeidae indéterminé (i)	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0
TOTAL (m2)	2505	1956	3074	19	753	1098	718	3119	2854	2968

ANNEXE 5D

Composition taxonomique des Amphipodes dans les
échantillons récoltés aux stations du lac Saint-François.

Amphipode(Annexe 5D)

Stations	4-A	4-B	4-C	4-D	4-E	6-A	6-B	6-C	6-D	6-E
Espèces										
Gammaridae										
<i>Gammarus fasciatus</i>	0	19	189	57	19	0	491	0	38	0
<i>Gammarus sp juveniles</i>	0	0	208	0	76	0	0	0	38	0
Talitridae										
<i>Hyalella azteca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (m2)	0	19	397	57	95	0	491	0	76	0

Amphipode(Annexe 5D)

Stations	8-A	8-B	8-C	8-D	8-E	11-A	11-B	11-C	11-D	11-E
Espèces										
Gammaridae										
<i>Gammarus fasciatus</i>	0	0	0	0	0	9	57	0	0	0
<i>Gammarus sp juveniles</i>	66	0	28	19	0	9	76	76	38	0
Talitridae										
<i>Hyalella azteca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (m2)	66	0	28	19	0	19	132	76	38	0

Amphipode(Annexe 5D)

Stations	21-A	21-B	21-C	21-D	21-E	23-A	23-B	23-C	23-D	23-E
Espèces										
Gammaridae										
<i>Gammarus fasciatus</i>	57	2098	19	0	19	0	76	95	19	19
<i>Gammarus sp juveniles</i>	340	7070	0	38	0	208	95	95	57	132
Talitridae										
<i>Hyalella azteca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (m2)	397	9168	19	38	19	208	170	189	76	151

Amphipode(Annexe 5D)

Stations	32-A	32-B	32-C	32-D	32-E	57-A	57-B	57-C	57-D	57-E
Espèces										
Gammaridae										
<i>Gammarus fasciatus</i>	113	76	246	0	265	2382	5898	1210	5236	3025
<i>Gammarus sp juveniles</i>	151	38	510	0	0	57	2854	1758	1588	1853
Talitridae										
<i>Hyalella azteca</i>	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0
Total (m2)	265	113	756	0	265	2457	8752	2968	6824	4877

Amphipode(Annexe 5D)

Stations	60-A	60-B	60-C	60-D	60-E	78-A	78-B	78-C	78-D	78-E
Espèces										
Gammaridae										
<i>Gammarus fasciatus</i>	2420	7032	5898	737	5274	501	76	0	-9	19
<i>Gammarus sp juveniles</i>	2344	4423	3270	113	1323	539	113	76	-9	503
Talitridae										
<i>Hyalella azteca</i>	0	0	0	0	113	9	57	0	-9	0
Total (m2)	4764	11456	9168	851	6711	1049	246	76	-9	522

Amphipode(Annexe 5D)

Stations	89-A	89-B	89-C	89-D	89-E	91-A	91-B	91-C	91-D	91-E
Espèces										
Gammaridae										
<i>Gammarus fasciatus</i>	5047	5784	5255	2401	1002	19	643	718	208	170
<i>Gammarus sp juveniles</i>	1890	3686	6238	198	1153	76	0	132	0	0
Talitridae										
<i>Hyalella azteca</i>	0	0	0	19	0	208	208	0	0	57
Total (m2)	6938	9471	11493	2618	2155	302	851	851	208	227

Amphipode(Annexe 5D)

Stations	93-A	93-B	93-C	93-D	93-E	94-A	94-B	94-C	94-D	94-E
Espèces										
Gammaridae										
<i>Gammarus fasciatus</i>	189	718	1456	0	4348	159	2804	95	1601	5
<i>Gammarus sp juveniles</i>	104	567	2987	0	284	110	813	57	132	19
Talitridae										
<i>Hyalella azteca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	13	52
Total (m2)	293	1285	4442	0	4631	268	3617	151	1745	76

Amphipode(Annexe 5D)

Stations	113-A	113-B	113-C	113-D	113-E	122-A	122-B	122-C	122-D	122-E
Espèces										
Gammaridae										
<i>Gammarus fasciatus</i>	104	85	126	64	501	718	4348	435	794	491
<i>Gammarus sp juveniles</i>	0	0	69	34	132	567	284	132	548	113
Talitridae										
<i>Hyalella azteca</i>	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (m2)	104	113	195	98	633	1285	4631	567	1342	605

ANNEXE 5E

Abondance des autres grands groupes taxonomiques
partiellement identifiés à l'espèce, dans les échantillons
récoltés aux stations du lac Saint-François.

Autres-annexes

Stations	4A	4B	4C	4d	4e	6a	6b	6c	6d	6e
Taxons										
Hydracariens	95	95	303	889	624	38	189	132	151	95
Isopodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pélicypodes										
<i>Elliptio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0
<i>Lampsilis</i>	0	0	0	0	19	0	0	0	38	0
<i>Anadonta</i>	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0
Unionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeridae	151	775	189	756	510	76	832	151	1758	1096
Nématodes	0	113	435	151	38	0	0	0	76	0
Turbellariés	189	76	227	718	529	19	151	0	57	0
Hirudinés	76	57	132	454	662	0	95	0	95	57
Polychètes	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0
Hydrozoaires	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0
Total	510	1115	1342	2968	2382	132	1266	284	2192	1248

Autres-annexes

Stations	8a	8b	8c	8d	8e	11a	11b	11c	11d	11e
Taxons										
Hydracariens	0	0	0	0	0	870	1456	1890	397	76
Isopodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pélicypodes										
<i>Elliptio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
<i>Lampsilis</i>	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0
<i>Anadonta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeriidae	0	0	19	57	0	4074	5898	3516	7165	3743
Nématodes	0	0	0	0	0	217	567	189	19	19
Turbellariés	0	0	9	0	0	113	0	378	189	227
Hirudinés	0	0	0	0	0	28	57	38	0	151
Polychètes	0	0	0	0	0	104	57	303	38	0
Hydrozoaires	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0
Total	0	0	28	57	0	5407	8072	6314	7807	4253

Autres-annexes

Stations	21a	21B	21c	21d	21e	23a	23b	23c	23d	23e
Taxons										
Hydracariens	435	718	38	19	76	189	57	454	95	132
Isopodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pélicypodes										
<i>Elliptio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lampsilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anadonta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeridae	643	4537	302	1607	2590	38	95	38	189	246
Nématodes	19	151	57	57	227	529	151	340	624	359
Turbellariés	435	945	0	0	57	435	151	699	643	303
Hirudinés	284	189	19	19	19	95	57	208	170	0
Polychètes	0	0	0	0	0	189	95	113	0	57
Hydrozoaires	0	0	0	0	0	0	0	57	95	19
Total	1815	6541	416	1701	2968	1474	605	1909	1815	1115

Autres-annexes

Stations	32a	32b	32c	32d	32e	57a	57b	57c	57d	57e
Taxons										
Hydracariens	189	95	208	0	0	113	189	0	0	0
Isopodes	0	0	0	0	0	1720	2306	681	851	1588
Pélicypodes										
<i>Elliptio</i>	19	19	19	0	189	0	0	0	0	0
<i>Lampsilis</i>	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anadonta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unionidae	0	0	19	0	0	19	0	0	0	0
Sphaeridae	5199	2268	2495	699	2703	0	19	0	57	113
Nématodes	208	189	265	0	0	38	38	0	0	0
Turbellariés	76	132	473	38	321	340	303	38	340	340
Hirudinés	0	38	0	19	19	208	208	19	151	227
Polychètes	76	0	19	0	0	0	0	0	0	0
Hydrozoaires	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5803	2760	3497	756	3233	2439	3062	737	1399	2268

Autres-annexes

Stations	60a	60b	60c	60d	60e	78a	78b	78c	78d	78e
Taxons										
Hydracariens	303	132	19	0	0	378	397	0	0	4
Isopodes	775	1399	151	1512	265	57	246	0	19	4
Pélicypodes										
<i>Elliptio</i>	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
<i>Lampsilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anadonta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unionidae	0	548	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeriidae	76	0	624	0	0	624	57	113	8	4
Nématodes	38	189	265	19	0	397	945	19	0	15
Turbellariés	57	643	170	38	38	1796	870	151	49	57
Hirudinés	170	246	95	93	57	19	19	0	0	0
Polychètes	0	0	0	0	0	0	189	0	0	0
Hydrozoaires	151	303	113	0	0	76	0	0	0	0
Total	1569	3459	1437	1661	378	3346	2722	284	76	83

Autres-annexes

Stations	89a	89b	89c	89d	89e	91a	91b	91c	91d	91e
Taxons										
Hydracariens	38	170	113	9	0	113	38	0	0	0
Isopodes	132	95	0	0	9	208	775	189	170	681
Pélicypodes										
<i>Elliptio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lampsilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anadonta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeridae	189	170	95	217	66	19	0	38	38	19
Nématodes	208	1191	246	0	0	19	19	0	0	0
Turbellariés	2703	2476	2949	803	189	1267	227	95	95	76
Hirudinés	548	907	95	38	85	38	38	76	38	38
Polychètes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrozoaires	76	0	416	0	0	0	0	0	0	0
Total	3894	5009	3913	1068	350	1663	1096	397	340	813

Autres-annexes

Stations	93a	93b	93c	93d	93e	94a	94b	94c	94d	94e
Taxons										
Hydracariens	0	170	0	0	0	4	32	0	0	0
Isopodes	0	19	38	0	151	4	0	0	0	5
Pélicypodes										
<i>Elliptio</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lampsilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anadonta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeridae	406	567	492	189	473	110	2098	132	44	0
Nématodes	57	38	510	0	0	23	6	8	6	0
Turbellariés	57	113	132	38	189	95	366	8	13	0
Hirudinés	19	57	38	76	416	61	38	15	19	14
Polychètes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrozoaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	539	964	1210	302	1229	295	2539	163	82	19

Autres-annexes

Stations	113a	113b	113c	113d	113e	122a	122b	122c	122d	122e
Taxons										
Hydracariens	123	38	132	0	0	19	76	0	0	38
Isopodes	76	38	88	0	9	0	0	0	19	19
Pélecypodes										
<i>Elliptio</i>	9	9	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lampsilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anadonta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeridae	1418	236	1008	34	208	38	57	208	964	473
Nématodes	378	132	69	0	0	113	132	0	19	0
Turbellariés	2458	1200	1878	57	473	189	113	699	1002	1210
Hirudinés	303	66	309	4	113	76	19	95	151	57
Polychètes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrozoaires	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0
Total	4764	1720	3491	94	803	491	397	1002	2155	1796

ANNEXE 6A

**Valeurs brutes des métriques (M1 à M9A) de l'indice de la
communautés des Invertébrés (ICI) pour les échantillons
récoltés aux stations du lac Saint-François.**

[illegible]

Stations	Abondance totale (nbre ind./m2)	Métrique 1 Nbre de taxons	Métrique 2 Nbre de taxons	Métrique 3 Nbre de taxons	Métrique 4 Nbre de taxons	Métrique 5 %	Métrique 6 %	Métrique 7 %	Métrique 8 %	Métrique 9 %
		total	Ephémères	Trichoptères	Diptères	Ephémères	Trichoptères	Tanytarsini	Autres Diptères	Organismes
93-A	295	21	0	3	0	0	2.7	0	97.3	15
93-B	221	20	0	2	0	0	1.4	0	98.6	15
93-C	820	42	0	6	10	0	16.5	0	82.8	29
93-D	469	16	0	3	2	0	3.8	0	96.2	8
93-E	540	18	0	4	1	0	6.3	0	93.7	31
94-A	258	24	0	4	5	0	7.8	0	92.2	23
94-B	2743	28	0	5	3	0	11.3	0	88.6	36
94-C	168	16	0	1	0	0	2.4	0	97.6	19
94-D	303	13	0	1	0	0	0.3	0	99.7	2
94-E	28	9	0	1	0	0	3.6	0	96.4	14
									& invertébrés	tolérants
113-A	2414	36	0	5	8	0	1.2	0	98.6	56
113-B	1125	42	0	7	8	0	1.3	0	98.5	53
113-C	3320	46	0	7	8	0	1	0	98.9	46
113-D	268	22	0	1	4	0	1.1	0	98.1	53
113-E	883	27	0	3	6	0	0.7	0	99.3	58
122-A	490	24	0	0	4	0	0	0.4	99.2	60
122-B	558	27	0	6	4	0	2.1	0	97.3	36
122-C	553	16	0	2	0	0	0.4	0	99.6	64
122-D	1149	28	0	3	7	0	1.1	0	98.9	66
122-E	1368	24	0	2	2	0	0.1	0	99.7	72

ANNEXE 6B

Valeurs des cotes des métriques (M1 à M9A) et valeur totale de l'indice de la communauté des Invertébrés (ICI) pour les échantillons de chaque station du lac Saint-François.

Echantillon	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9 A	ICI
										TOTAL
4-A	2	0	6	2	0	6	0	6	4	26
4-B	4	0	6	6	0	6	0	6	4	32
4-C	6	0	6	6	0	6	0	0	4	28
4-D	4	0	6	4	0	6	0	0	4	24
4-E	4	0	6	4	0	6	0	2	4	26
6-A	4	2	6	6	0	6	0	6	2	32
6-B	6	0	6	6	0	6	0	0	2	26
6-C	2	0	4	6	0	6	0	0	2	20
6-D	6	0	6	6	0	6	0	0	4	28
6-E	4	0	6	4	0	4	0	0	4	22
8-A	0	0	2	2	0	6	0	0	2	12
8-B	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
8-C	0	0	0	4	0	0	6	0	0	10
8-D	0	0	2	2	0	6	0	0	2	12
8-E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-A	4	0	6	2	0	4	0	0	4	20
11-B	4	0	6	2	0	6	0	0	6	24
11-C	2	0	6	0	0	6	0	0	6	20
11-D	4	0	6	2	0	6	0	0	6	24
11-E	4	0	6	2	0	6	0	0	6	24
21-A	4	2	6	4	0	6	0	2	6	30
21-B	4	2	6	6	0	6	0	0	4	28
21-C	2	0	4	4	0	2	0	0	4	16
21-D	0	0	4	4	0	4	0	0	6	18
21-E	4	0	6	4	0	4	0	0	6	24
23-A	6	0	6	6	0	6	0	0	2	26
23-B	6	0	4	6	0	2	0	0	0	18
23-C	6	0	6	6	0	4	0	0	2	24
23-D	6	0	6	6	0	6	0	0	2	26
23-E	6	0	6	6	0	4	0	0	0	22
32-A	4	0	6	0	0	2	0	0	2	14
32-B	4	0	6	4	0	4	0	0	4	22
32-C	4	0	6	4	0	2	0	0	2	18
32-D	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
32-E	2	0	6	0	0	2	0	0	4	14

[illegible]

Echantillon	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9 A	ICI
113-A	6	0	6	6	0	2	0	0	2	22
113-B	6	0	6	6	0	2	0	0	2	22
113-C	6	0	6	6	0	2	0	0	2	22
113-D	2	0	2	4	0	2	0	0	2	12
113-E	4	0	6	4	0	0	0	0	2	16
122-A	4	0	0	4	0	0	0	0	2	10
122-B	4	0	6	4	0	4	0	0	4	22
122-C	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
122-D	4	0	6	4	0	2	0	0	0	16
122-E	4	0	4	2	0	0	0	0	0	10

ANNEXE 6C

Valeurs des indices de Lafont ($I_{o\text{ riv.}}$, $E_{o\text{ riv.}}$, $E_{o\text{ lac}}$) pour les échantillons de chaque station du lac Saint-François.

Echantillon	Io rivière	Eo rivière	Eo lac
4-A	0.40	C1	B 0.88 b
4-B	0.10	A1	B 0.28 a
4-C	0.53	C1	C 1.64 a
4-D	0.75	D1	C 1.28 a
4-E	0.60	C1	C 0.88 a
6-A	0.10	A1	B 0.58 a
6-B	0.55	B2	C 2.15 b
6-C	0.95	C2	D 1.56 b
6-D	1.63	D2	D 1.92 b
6-E	1.09	B3	E 2.18 a
8-A	0.40	C1	B 0.28 a
8-B	0.10	A1	B 0.28 a
8-C	0.11	B1	B 0.88 a
8-D	0.23	B1	B 1.18 a
8-E	0.10	A1	B 0.28 a
11-A	4.65	F1	B 2.14 b
11-B	1.69	E1	D 1.7 d
11-C	10.00	F0	B 1.7 b
11-D	15.00	F0	C 1.45 c
11-E	0.69	D2	B 1.12 b
21-A	0.25	B1	B 1.28 a
21-B	0.35	B2	C 1.39 b
21-C	0.23	B2	B 1.18 a
21-D	0.10	A2	B 1.12 a
21-E	0.21	A3	B 1.79 a
23-A	1.84	D2	E 2.34 c
23-B	0.87	C3	D 2.05 c
23-C	1.05	E2	C 2.44 b
23-D	0.58	C2	C 2.36 b
23-E	0.56	C1	C 2.42 b
32-A	5.00	Fo	B 3.02 a
32-B	10.00	Fo	B 2.59 a
32-C	10.00	Fo	B 2.79 b
32-D	0.10	A1	B 0.28 a
32-E	5.00	Fo	B 0.28 a

Echantillon	Io rivière	Eo rivière	Eo lac
57-A	0.21	A2	B 1.64 a
57-B	0.32	C1	B 1.18 a
57-C	0.10	A1	B 0.28 a
57-D	0.21	A2	B 1.58 a
57-E	0.10	A2	B 0.98 a
60-A	0.69	C1	C 1.77 b
60-B	1.34	C2	E 2.2 c
60-C	0.45	C2	C 1.6 b
60-D	0.10	A1	B 0.28 a
60-E	0.10	A1	B 0.58 a
78-A	15.00	Fo	C 2.27 b
78-B	9.40	F1	C 2.2 b
78-C	15.00	Fo	C 2.2 b
78-D	10.00	Fo	B 0.41 a
78-E	20.00	Fo	C 0.62 c
89-A	0.23	B2	B 2.72 b
89-B	0.10	A2	B 3.29 a
89-C	0.22	B2	B 2.7 b
89-D	0.32	A2	C 1.56 a
89-E	0.32	A3	C 1.9 b
91-A	0.30	C1	B 0.76 b
91-B	5.00	Fo	B 0.98 b
91-C	0.00	Fo	A 0 a
91-D	0.00	Fo	A 0 a
91-E	0.00	Fo	A 0 a
93-A	15.00	Fo	C 1.15 a
93-B	20.00	Fo	C 1.74 b
93-C	0.44	B4	C 2.27 a
93-D	0.10	A1	B 0.28 a
93-E	0.00	Fo	A 0 a
94-A	0.37	B2	C 1.01 a
94-B	10.00	Fo	B 1.5 a
94-C	0.57	E1	B 0.36 a
94-D	0.45	C2	C 0.76 a
94-E	0.10	A1	B 0.3 a

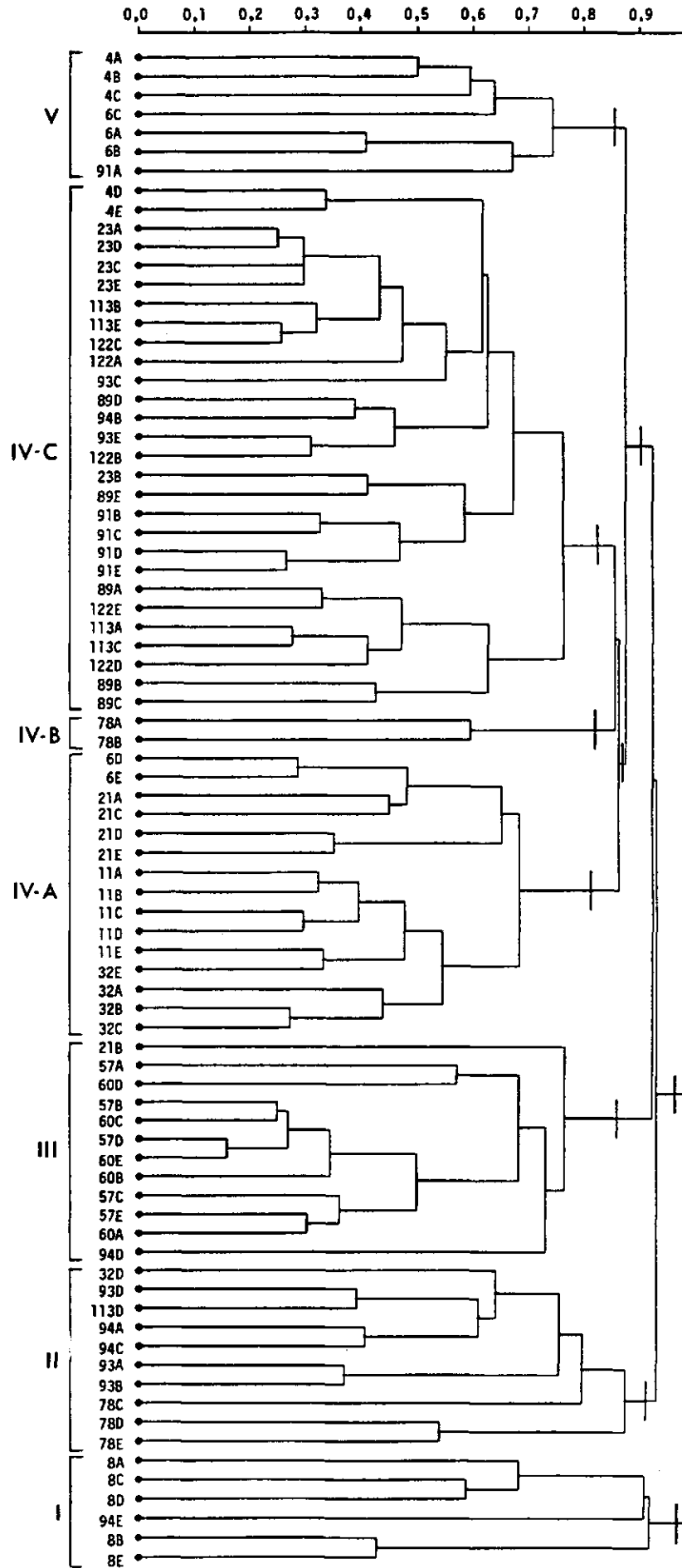
Lafont(Annexe 6c)

Echantillon	lo rivière	Eo rivière	Eo lac
113-A	0.49	B2	C 2.4 a
113-B	0.54	C3	D 2.29 a
113-C	0.87	B3	E 2.49 a
113-D	0.25	B2	B 0.28 a
113-E	0.20	A3	B 1.88 a
122-A	0.43	A3	C 2.04 a
122-B	0.10	A2	B 1.86 a
122-C	0.10	A1	B 3.49 a
122-D	0.10	A2	B 2.46 a
122-E	0.10	A2	B 2.47 a

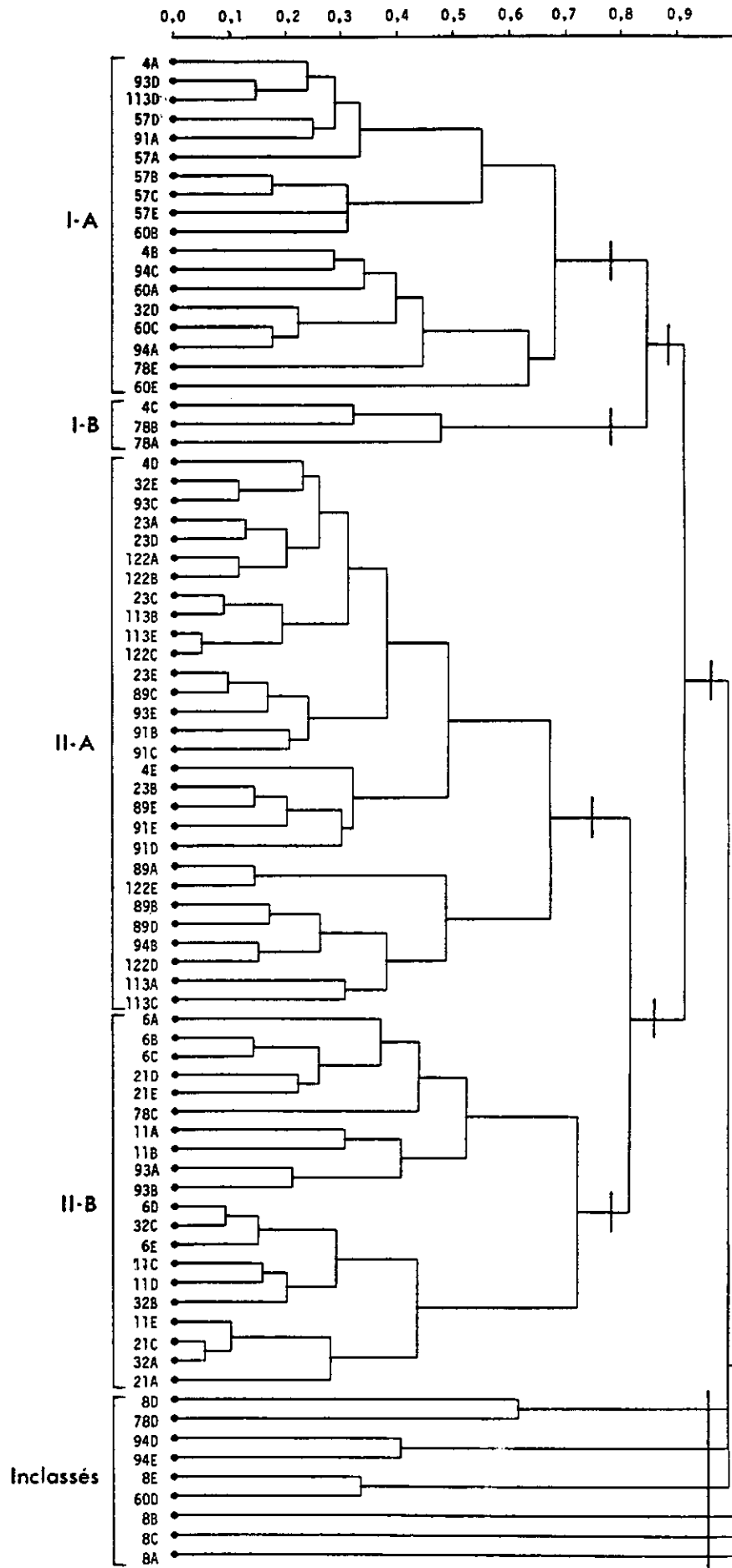
ANNEXE 7

Dendrogrammes obtenus lors des analyses de groupements hiérarchiques sur les communautés benthiques et les compartiments abiotiques.

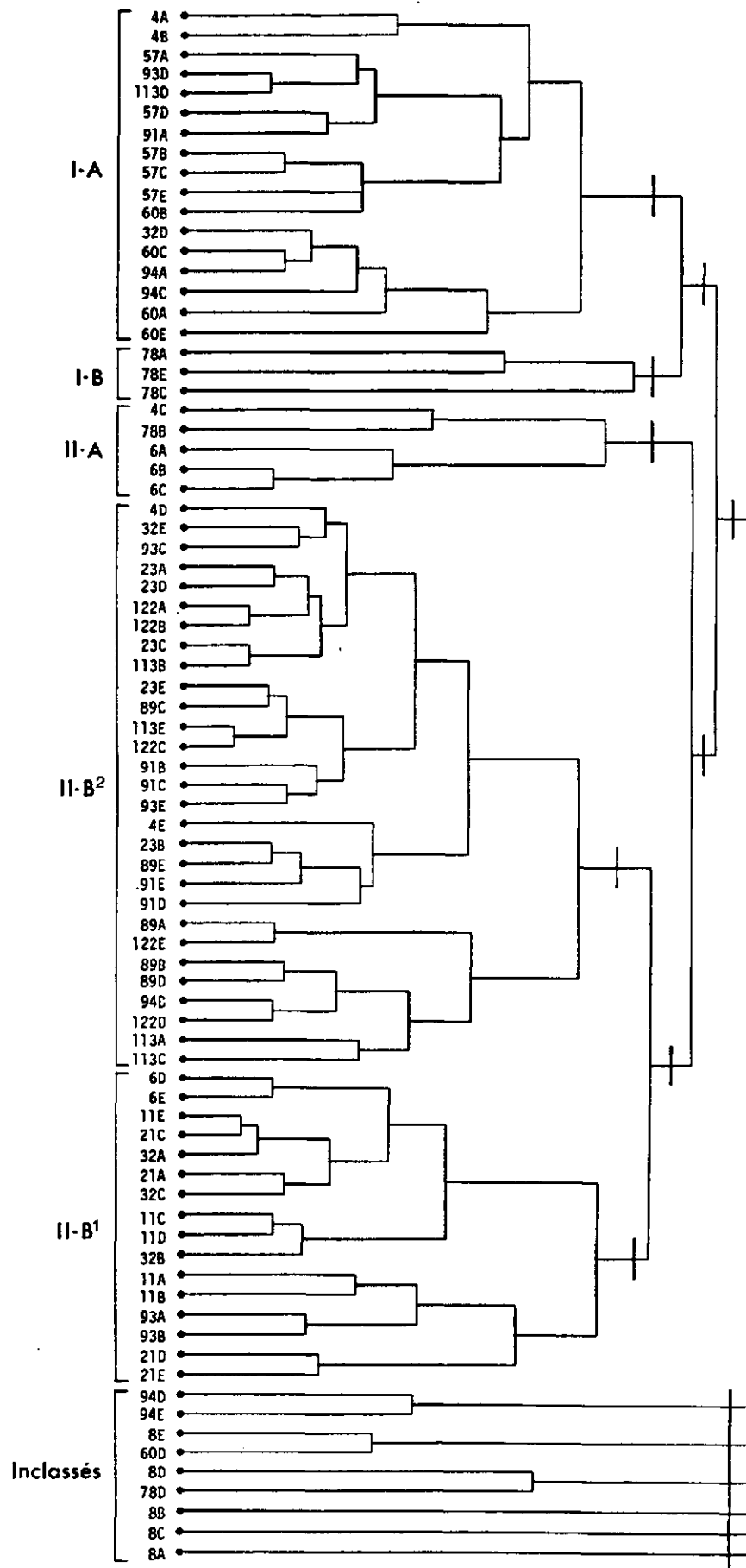
Typologie: benthos total



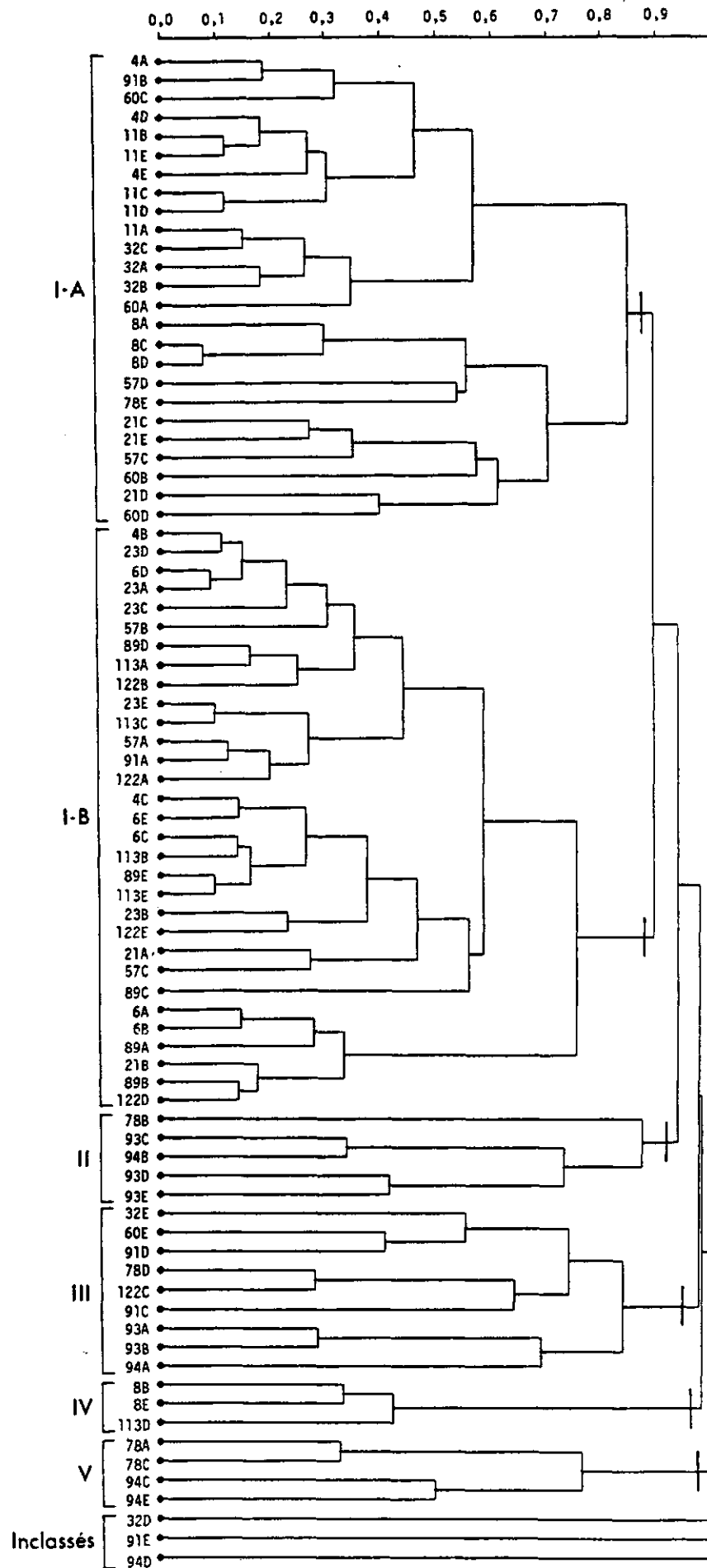
Typologie: familles de Gastéropodes



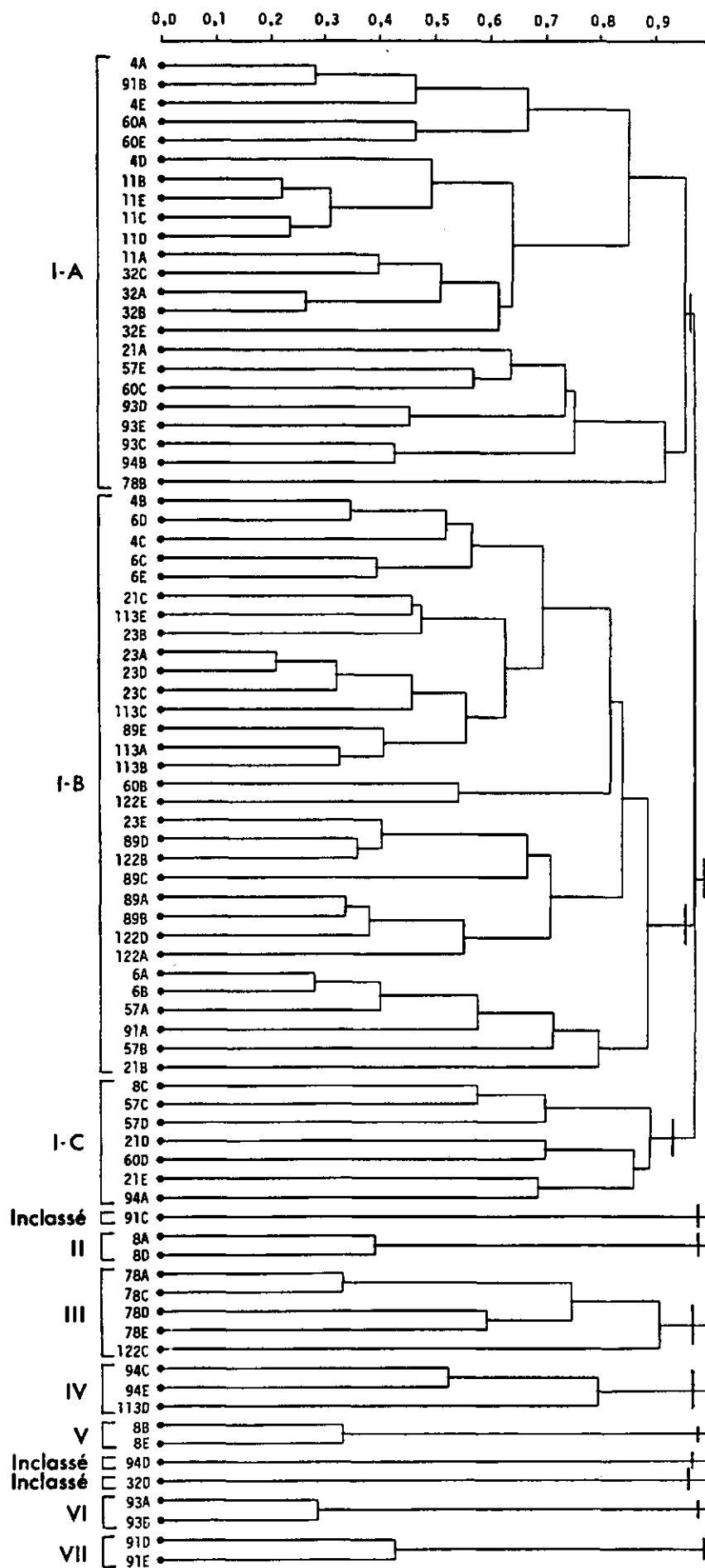
0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9



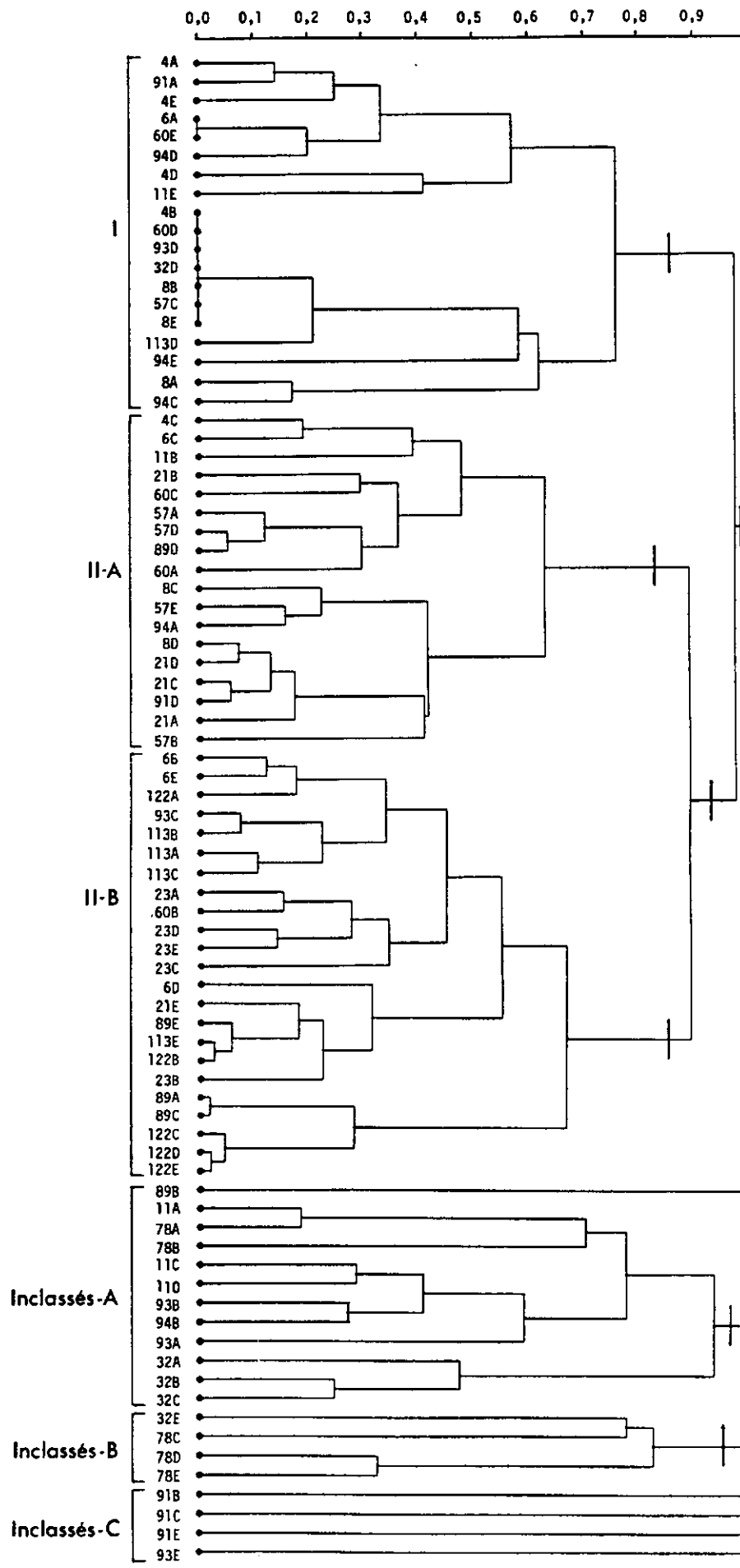
Typologie: familles d'Insectes



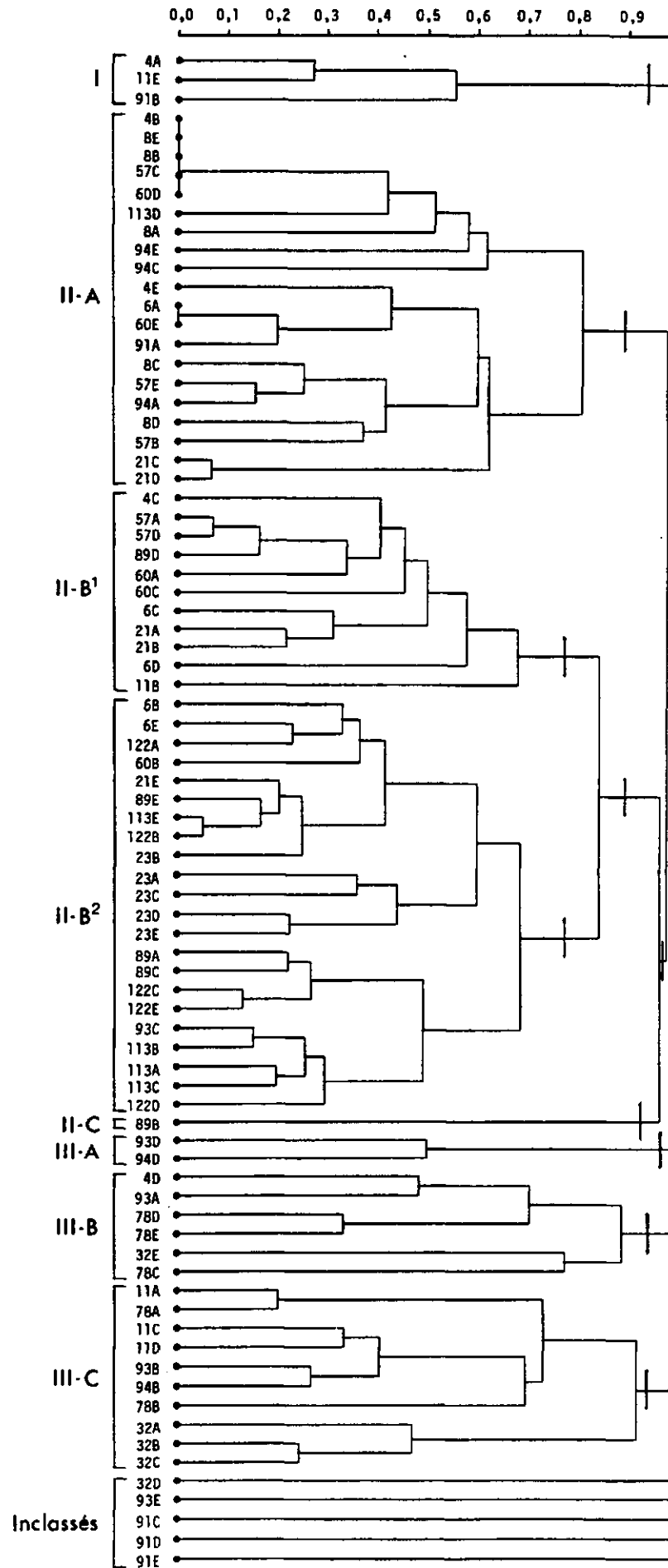
Typologie: espèces d'Insectes



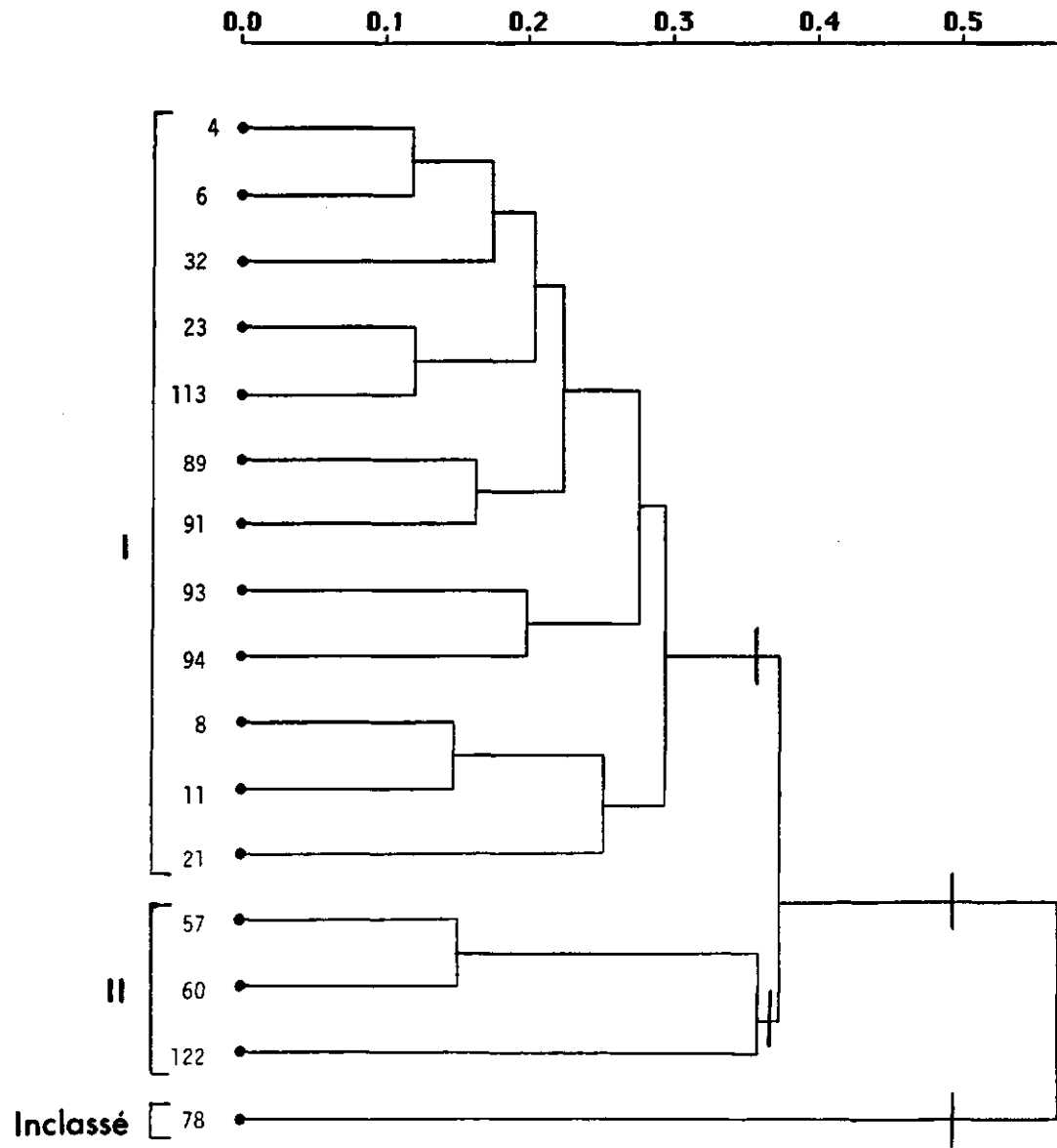
Typologie: familles d'Oligochètes



Typologie: espèces d'Oligochètes



Typologie: eau



Typologie: sédiments

