

**Record Number:** 680  
**Author, Monographic:** Jones, H. G.//Ouellet, M.//Potvin, L.//Sasseville, J. L.//Visser, S. A.  
**Author Role:**  
**Title, Monographic:** Quelques aspects environnementaux du mercure dans la région du lac  
Mistassini  
**Translated Title:**  
**Reprint Status:**  
**Edition:**  
**Author, Subsidiary:**  
**Author Role:**  
**Place of Publication:** Québec  
**Publisher Name:** INRS-Eau  
**Date of Publication:** 1976  
**Original Publication Date:**  
**Volume Identification:**  
**Extent of Work:** 102  
**Packaging Method:** pages  
**Series Editor:**  
**Series Editor Role:**  
**Series Title:** INRS-Eau, Rapport de recherche  
**Series Volume ID:** 68  
**Location/URL:**  
**ISBN:** 2-89146-069-3  
**Notes:** Rapport annuel 1976-1977  
**Abstract:** Rapport rédigé pour les Services de protection de l'environnement du Québec et  
pour Environnement Canada  
20.00\$  
**Call Number:** R000068  
**Keywords:** rapport/ ok/ dl

Quelques aspects environnementaux du  
mercure dans la région du lac Mistassini

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

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 68  
1976

Rapport rédigé pour  
les Services de protection de l'environnement du Québec  
et pour Environnement Canada

par

H.G. Jones, M. Ouellet, L. Potvin,  
J.L. Sasseville, S.A. Visser

Quelques aspects environnementaux du  
mercure dans la région du lac Mistassini

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

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 68  
1976

Rapport rédigé pour  
les Services de protection de l'environnement du Québec  
et pour Environnement Canada

par

H.G. Jones, M. Ouellet, L. Potvin,  
J.L. Sasseville, S.A. Visser

ISBN 2-89146-069-3  
DEPOT LEGAL 1976

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

© 1976 - Institut national de la recherche scientifique

## RESUME

L'homme réalise progressivement l'importance du danger environnemental associé à l'évolution biogéochimique du mercure; l'apparition de nombreux indices témoignant de l'étendue du problème du mercure sur le territoire Québécois entraîne le besoin pressant de comprendre le comportement de cet élément toxique dans des régions éloignées des grands centres urbains et industriels. Faite dans ce contexte, cette étude préliminaire fournit certaines informations concernant le cycle du mercure dans le bassin de drainage du lac Mistassini, territoire de pêche et de chasse important pour les Amérindiens. On y présente des données sur les concentrations de mercure rencontrées dans la végétation, la neige, l'eau et les sédiments de plusieurs points du territoire d'étude. Ainsi est-il possible d'estimer le "bruit de fond" naturel régional du mercure, de vérifier si les activités humaines sises au sud-ouest de la région avaient une influence sur les concentrations de mercure retrouvées dans la neige, d'estimer l'impact plausible d'activités minières sur la composition de sédiments locaux et d'examiner certains aspects biogéologiques du cycle du mercure.

Référence: Visser, S.-A. (1976). *Quelques aspects environnementaux du mercure dans la région du lac Mistassini*. INRS-Eau, rapport scientifique n° 68, 102 p. (Rapport soumis aux Services de protection de l'environnement du Québec et à Environnement Canada).

## RECOMMANDATIONS

La complexité du cycle du mercure dans de vastes espaces éloignés des centres urbains et industriels s'est manifestée à tous les niveaux de l'étude. Bien que plusieurs questions spécifiquement soulevées par la nature des résultats sont demeurées sans réponse, la plupart des avenues investiguées ont permis, d'une part, de faire ressortir certains grands caractères du cycle méconnus au Québec, et, d'autre part, de mettre en évidence certaines faiblesses dans le processus des études environnementales. Dans ce contexte, nous recommandons:

1. de mettre au point une procédure de calibration dans les techniques de mesure des concentrations de mercure en phase aqueuse qui simulerait, en tous points, le comportement des échantillons au cours des expéditions sur le terrain. Cette procédure permettrait d'obtenir une plus grande fiabilité dans les résultats d'analyse du mercure;
2. de développer ou d'adapter, si possible, des techniques de télédétection du mercure qui faciliterait l'identification des points chauds et permettrait l'évaluation de l'hétérogénéité de la distribution temporelle et spatiale du mercure dans le milieu;
3. d'élucider le rôle de la végétation dans le processus d'extraction du mercure à partir des formations géologiques;
4. d'étudier, en milieu lacustre, le rôle important du cycle de la matière organique et du processus de genèse des sédiments, afin de comprendre le mécanisme via lequel le mercure passe de la phase aqueuse vers la phase sédimentaire;
5. d'élucider le mécanisme d'échange du mercure entre la phase sédimentaire, la phase aqueuse et la phase biotique en milieu lacustre;
6. d'analyser dans les sédiments la distribution des minéraux pour mieux comprendre les relations entre les aspects biogéologiques du territoire et le milieu aquatique;

plus spécifiquement, nous recommandons:

7. d'étudier le cycle du mercure dans les territoires fréquentés par les amérindiens, plus particulièrement ceux qui sont situés dans la partie nord-est du lac Mistassini, dans la région de la baie du Poste, du lac Waconichi, du lac Clairry et du petit lac Témiscamie;
8. de rechercher les endroits où la bioactivité du mercure est anormalement intense dans la région;
9. d'étudier l'impact des activités minières passées de la mine Icon Sullivan Joint Venture sur l'écosystème de la baie du Poste, afin d'établir le danger environnemental que présente les différentes formes d'exploitations minières susceptibles d'être amorcées dans cette région particulièrement riche en minerais;
10. formuler des critères quant aux modes d'exploitation minière afin d'établir un "zonage géologique" qui permettrait de respecter l'intégrité écologique de la région.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
RESUME .....	3
RECOMMANDATIONS .....	4
TABLE DES MATIERES .....	6
LISTE DES TABLEAUX .....	8
LISTE DES FIGURES .....	10
INTRODUCTION .....	14
1. DESCRIPTION DU MILIEU .....	16
1.1 PRESENTATION DE LA REGION .....	16
1.2 L'HYDROGRAPHIE REGIONALE .....	16
1.3 TOPOGRAPHIE ET RELIEF .....	19
1.4 LA GEOLOGIE REGIONALE .....	20
1.4.1 FORMATIONS ROCHEUSES .....	20
1.4.2 FAILLES ET CASSURES .....	24
1.4.3 MINERALISATION METALLIQUE .....	24
1.5 DEPOTS MEUBLES .....	28
1.6 VEGETATION FORESTIERE .....	29
1.6.1 LES ZONES BIOCLIMATIQUES .....	29
1.6.2 REPARTITION DES MASSIFS BOISES .....	30
1.7 CLIMAT .....	32
2. SITES D'ECHANTILLONNAGE, MATERIEL ET METHODE .....	33
2.1 LES SITES ECHANTILLONNES DANS LA REGION D'ETUDE .....	33
2.2 LE PRELEVEMENT ET LA CONSERVATION DES ECHANTILLONS .....	33
2.3 LES ANALYSES .....	36
2.3.1 LES LABORATOIRES D'ANALYSE .....	36
2.3.2 LA PREPARATION DES ECHANTILLONS .....	37
2.3.3 PRETRAITEMENT DES ECHANTILLONS POUR LES ANALYSES CHIMIQUES .....	37
2.3.4 LES METHODES D'ANALYSE .....	38

3.	RESULTATS.....	40
3.1	LE MERCURE DANS LA VEGETATION.....	40
3.2	LE MERCURE DANS LA NEIGE.....	40
3.3	LE MERCURE DANS L'EAU EN SURFACE ET EN PROFONDEUR.....	43
3.4	LE MERCURE DANS LES SEDIMENTS DE SURFACE.....	43
3.5	LA QUALITE STRATIGRAPHIQUE DES SEDIMENTS.....	43
4.	DISCUSSION GENERALE.....	59
4.1	LES CONCENTRATIONS DE MERCURE DANS LE MILIEU.....	61
4.1.1	LA NEIGE.....	64
4.1.2	LES EAUX SUPERFICIELLES.....	66
4.1.3	LES SEDIMENTS DE SURFACE.....	69
4.2	L'INFLUENCE DES ACTIVITES HUMAINES DE LA REGION DE CHIBOUGAMAU.....	71
4.3	L'INFLUENCE DES ACTIVITES MINIERES SUR LA COMPOSITION DES SEDIMENTS DE LA BAIE DU POSTE .....	75
4.4	COMPORTEMENT GEOCHIMIQUE DES SEDIMENTS.....	75
4.4.1	GEOCHIMIE DES SEDIMENTS DE SURFACE.....	75
4.4.2	GEOCHIMIE STRATIGRAPHIQUE DES SEDIMENTS LACUSTRES.....	96
	CONCLUSION.....	99
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	102
	REMERCIEMENTS.....	105
	ANNEXE A .....	106

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Page</u>
1.1	Teneur en mercure dans différentes roches..... 27
2.1	Lieux d'échantillonnage et types d'échantillons prélevés..... 34
2.2	Synopsis des méthodes de dosage des différents éléments..... 39
4.1	Tableau synoptique des caractéristiques physiques des sites d'échantillonnage..... 62
4.2	Description paramétrique du niveau de base, en 1976, des concen- trations de mercure de composantes diverses établie par trois laboratoires..... 65
4.3	Comparaison des rapports de concentrations de Cu, Ni et Mn me- surées à différents niveaux stratigraphiques des sédiments la- custres..... 76
4.4	Comparaison des analyses faites sur deux sous-échantillons de sédiments provenant des 12 sites étudiés par les laboratoires n <sup>os</sup> 4 et 5 ..... 77
A1	Composition chimique des branches et des épines des conifères....107
A2	Variation chimique et physico-chimique de la neige .....108
A3	Composition chimique et physico-chimique des eaux de surface et des eaux de fond.....109
A4	Composition chimique et physico-chimique des sédiments de sur- face.....110
A5	Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du petit lac Témiscamie (site 1) .....111
A6	Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Témiscamie (site 2).....112

A7	Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Clairy (site 4).....	113
A8	Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Mistassini (baie du Poste, nord de l'esker: site 13).....	114
A9	Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Mistassini (baie du Poste, nord de l'esker: site 14).....	115
A10	Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Waconichi (site 18) .....	116

LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
1.1	Toponymie du territoire du lac Mistassini..... 18
1.2	Géologie du bassin du lac Mistassini..... 21
1.3	Zones bioclimatiques et massifs boisés du bassin du lac Mistassini..... 31
2.1	Sites d'échantillonnage sur le bassin du lac Mistassini..... 35
3.1	Répartition des concentrations de mercure dans les branches d'arbres ..... 41
3.2	Répartition des concentrations de mercure dans la neige..... 42
3.3	Répartition des concentrations de mercure dans les eaux de surface..... 44
3.4	Répartition des concentrations de mercure dans les eaux de fond..... 45
3.5	Répartition des concentrations de mercure dans les sédiments de surface ..... 46
3.6a	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 1 (petit lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n° 4 ..... 48
3.6b	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 1 (petit lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n° 5 ..... 49
3.7a	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 2 (lac Témiscamie). Résul- tats du laboratoire n° 4 ..... 50

3.7b	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 2 (lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 5.....	51
3.8a	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 4 (lac Clairy). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 4 .....	52
3.8b	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 4 (lac Clairy). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 5 .....	53
3.9	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 13 (lac Mistassini). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 4 .....	54
3.10a	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 14 (lac Mistassini). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 4 .....	55
3.10b	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 14 (lac Mistassini). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 5 .....	56
3.11a	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 18 (lac Waconichi). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 4 .....	57
3.11b	Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 18 (lac Waconichi). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 5 .....	58
4.1	Classement et fréquence des concentrations de mercure dans le couvert de neige du bassin du lac Mistassini .....	67
4.2	Classement et fréquence des concentrations de mercure mesurées dans les eaux du bassin du lac Mistassini .....	68
4.3	Classement et fréquence de mercure dans les sédiments de surface du bassin du lac Mistassini .....	70

4.4	Schéma illustrant les retombées de particules et la diffusion d'un nuage gazeux en provenance d'une source active .....	72
4.5	Evolution de la concentration de mercure dans la neige en fonction de la distance (radiale) du site 19 situé à l'extrémité sud-ouest de la région du lac Mistassini.....	74
4.6a	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les 12 sites de la région du lac Mistassini. Résultats des laboratoires n <sup>os</sup> 4 et 5 .....	80
4.6b	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-Q, pour les 12 sites de la région du lac Mistassini. Résultats des laboratoires n <sup>os</sup> 4 et 5 .....	81
4.7a	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 1 (petit lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 4 .....	82
4.7b	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 1 (petit lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 5 .....	83
4.8a	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 1 (lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 4 .....	84
4.8b	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 2 (lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n <sup>o</sup> 5 .....	85

4.9a	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 4 (lac Clair). Résultats du laboratoire n° 4 .....	86
4.9b	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 4 (lac Clair). Résultats du laboratoire n° 5 .....	87
4.10a	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 13 (lac Mistasini). Résultats du laboratoire n° 4 .....	88
4.10b	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 13 (lac Mistasini). Résultats du laboratoire n° 5 .....	89
4.11a	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 14 (lac Mistasini). Résultats du laboratoire n° 4 .....	90
4.11b	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 14 (lac Mistasini). Résultats du laboratoire n° 5 .....	91
4.12a	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 18 (lac Wacouchi). Résultats du laboratoire n° 4 .....	92
4.12b	Dispersion tridimensionnelle des poids des variables calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 18 (lac Wacouchi). Résultats du laboratoire n° 5 .....	93

## INTRODUCTION

La perception fragmentée des grands processus environnementaux, particulièrement ceux dans lesquels l'homme intervient, a plusieurs fois dans le passé mis en veilleuse le rôle important des phénomènes naturels dans la modification des équilibres biogéochimiques dans le milieu. Ainsi, lorsqu'au Québec on a mis en évidence des signes d'intoxication au mercure chez les indiens Cris (Barbeau *et al.*, 1976), était-il question d'un milieu vierge fortement compromis par des activités industrielles et minières locales, entreprises sans aucune préoccupation des incidences écologiques des produits résiduaux de leurs opérations. Cet état de crise environnementale a engendré de nombreux travaux qui ont vite révélé la présence de mercure en concentration anormalement élevée dans les chairs de poissons capturés sur des territoires exempts de toute forme d'activités industrielles: la bio-activité du mercure pouvait donc ainsi se manifester en l'absence de contamination directe du milieu par les activités humaines.

Dans les régions éloignées des grands centres urbains et industriels, seul le mercure volatilisé dans l'atmosphère (sous forme métallique ( $Hg^0$ ), ionique ( $Hg^{++}$ ), organique ( $RHgCl$ ,  $RHgR'$ ), complexé à la matière organique ou associé à la phase particulaire aérienne) peut témoigner de l'activité croissante de l'homme. Ainsi, ce mercure "longue portée" se retrouvera distribué de façon homogène sur le territoire. L'action érosive naturelle l'entraînera dans les fosses de sédimentation lacustres ou fluviales où la majeure partie se retrouvera complexée à la matière organique des sédiments. L'hétérogénéité des phénomènes biogéologiques pourra entraîner localement des anomalies dans la distribution; cependant, elles pourront être mises en évidence par association aux caractéristiques du cycle d'un élément (le plomb, par exemple) qui peuvent être similaires à celles du cycle du mercure.

Dans la région du lac Mistassini, exception faite de la présence d'une mine récemment abandonnée (Icon Sullivan Joint Venture) au sud du lac, située sur un bassin versant en contact intime avec la baie du Poste, il semble que ces conditions d'éloignement soient satisfaites. Il était donc important de vérifier si les opérations minières pouvaient à elles seules rendre compte de l'intensité du danger environnemental que les missions médicales ont permis de mettre en évidence. D'autre part, il est possible que le mercure "à portée intermédiaire",

émanant de quelques activités industrielles éparses dans la région de Chibougamau, puisse avoir une influence quelconque sur le cycle biotique du mercure dans le lac Mistassini. Si tel était le cas, on devrait s'attendre à retrouver des concentrations sensiblement élevées dans la neige du lac et à la surface du sol (neige et horizon organique), concentrations décroissantes avec l'éloignement des sources.

L'origine géologique du mercure apparaît, en dernière alternative, comme plausible: compte tenu des formations sédimentaires affleurantes susceptibles de présenter des teneurs élevées en mercure et de la présence d'une faille géologique importante, il est possible que le mercure, véhiculé dans les processus érosifs (physiques ou chimiques) ou extrait du sol par l'activité biotique du couvert végétal et l'action des micro-organismes, se retrouve en des concentrations "naturelles" mais anormalement élevées dans les sédiments fluviaux et lacustres. Ainsi, dans ces conditions environnementales existant au moins depuis l'apparition du couvert forestier, les micro-organismes benthiques, par sélection naturelle, ont pu progressivement s'adapter aux concentrations anormalement élevées de mercure dans les sédiments en anaérobiose. Cette évolution de la microflore, s'il en est, pourrait entraîner un pouvoir de méthylation plus élevé. De plus, même si ces conditions particulières ne se retrouvent pas dans les sédiments, il est possible que la présence d'un élément toxique (tel que le plomb) ou d'un co-facteur enzymatique (tel que le cobalt) due aux opérations minières, agisse sur le métabolisme microbien, induisant ainsi un pouvoir de méthylation plus grand, augmentant d'autant la bio-activité du mercure.

C'est dans le cadre de cette problématique que l'INRS-Eau a entrepris, en mars 1976, une expédition environnementale préliminaire dans la région du lac Mistassini. Cette mission visait surtout à:

- *estimer le bruit de fond naturel régional du mercure;*
- *vérifier si les activités industrielles de Chibougamau peuvent avoir un effet sur la concentration de mercure dans la région;*
- *estimer l'impact des apports miniers sur la composition des sédiments du lac Mistassini;*
- *vérifier si des formations géologiques particulières peuvent avoir contribué à accroître la concentration de mercure dans les eaux et les sédiments.*

## 1. DESCRIPTION DU MILIEU

### 1.1 PRESENTATION DE LA REGION

La région du lac Mistassini correspond à la partie amont du bassin hydrographique de la rivière de Rupert qui s'écoule vers l'ouest en direction de la baie James.

Cette région s'inscrit entre les latitudes nord  $50^{\circ}00'$  et  $52^{\circ}15'$  et les longitudes ouest  $71^{\circ}15'$  et  $74^{\circ}35'$ . Elle couvre une superficie d'environ  $18,130 \text{ km}^2$  et englobe les lacs Mistassini et Albanel de même que le territoire drainé par leurs tributaires.

La majeure partie du territoire fait partie du parc de Mistassini. La réserve indienne de Baie du Poste, située à l'extrémité sud du lac Mistassini, représente le seul lieu habité du territoire. Ce village compte environ 1,600 indiens Cris. La chasse, la pêche et le trappage des animaux à fourrure constituent les principales ressources de cette population.

### 1.2 L'HYDROGRAPHIE REGIONALE

Le bassin de la rivière de Rupert (bassin 0810 du ministère des Richesses naturelles) a une superficie de  $53,250 \text{ km}^2$  alors que le territoire drainé par les lacs Mistassini et Albanel et leurs tributaires couvrent  $18,130 \text{ km}^2$  (ministère des Richesses naturelles, 1970).

#### *Les lacs*

Les lacs Albanel et Mistassini sont des lacs de forme allongée s'étendant parallèlement dans une direction nord-est à sud-ouest correspondant à celle de l'avancée des glaciers. Ces lacs, relativement profonds, doivent leur origine à la structure de la roche de fond. Ils sont séparés par une péninsule dont la largeur varie de 8 à 13 km. Les eaux du lac Albanel se déversent dans celles du lac Mistassini par une décharge à écoulement rapide (rapides Obijun) traversant la péninsule. Notons que le lac Mistassini est lui-même séparé en deux bras par une série d'îles de forme allongée et dont la disposition présente l'aspect d'une péninsule.

*Quelques caractéristiques des lacs Mistassini et Albanel*

Lacs	Lac Mistassini	Lac Albanel
Caractéristiques		
Superficie	2335 km <sup>2</sup>	445 km <sup>2</sup>
Longueur maximale	158 km	88 km
Profondeur	200 m (environ)	—
Altitude	371 m	389 m

Outre les lacs Albanel et Mistassini, la région est parsemée de nombreux lacs. La plupart d'entre eux sont petits, peu profonds et de forme allongée (suivant la direction du mouvement glaciaire). Les petits lacs occupent généralement de faibles dépressions dans les dépôts glaciaires ou sont localisés dans les marécages. Les plus grands lacs doivent cependant leur origine aux structures de la roche sous-jacente: les hauts fonds rocheux et les affleurements apparaissant le long de leur rivage nous le confirment.

*Les tributaires*

Les principaux tributaires des lacs Mistassini et Albanel sont les suivants:

<u>Tributaires</u>	<u>Superficie du bassin</u> (km <sup>2</sup> )
Témiscamie	7714
Takwa	1439
Pepeshquasati	879
Wabissinane	609
Chalifour	1099

La rivière Témiscamie constitue le principal tributaire des lacs. Cette rivière coule dans la partie nord-est du territoire et rejoint le lac Albanel sur sa rive est (Fig. 1.1). Le grand lac Témiscamie et le petit lac Témiscamie, situés à l'extrémité est du territoire, font également partie de ce bassin.



Le second tributaire en importance est la rivière Takwa qui rejoint l'extrémité nord-est du lac Mistassini. Les eaux du lac Clairy situé immédiatement au nord-est du lac Mistassini se déversent dans cette rivière.

Les autres tributaires du lac Mistassini sont la rivière Pepeshquasati qui se déverse à son extrémité nord, la rivière Wabissinane qui rejoint la rive nord-ouest du lac et la rivière Chalifour qui se jette dans sa partie sud à proximité de Baie du Poste. Enfin, à l'extrémité sud-ouest du territoire, le lac Waconichi se déverse dans la baie du Poste, appendice méridional du lac Mistassini tandis que les eaux du lac Waconichi proviennent du lac Wunsch. La décharge du lac Mistassini est située au centre de sa rive ouest.

La disposition linéaire de la rivière Témiscamie et de son tributaire, la rivière Tournemine, reflète bien la structure de la roche de fond. Il en va de même pour la rivière Chalifour dont le cours subit le contrôle structural de la roche en place, étant influencé par la direction des lits de dolomies et leur contact avec les gneiss de Grenville.

Il faut noter que le réseau hydrographique de la région est souvent mal intégré et que le drainage s'effectue parfois difficilement. Des marécages couvrent de grandes superficies notamment sur la rive est du lac Albanel.

### 1.3 TOPOGRAPHIE ET RELIEF

La région du lac Mistassini appartient à l'unité physiographique du plateau laurentien. Elle se caractérise par un relief de cuestas et de collines parallèles. Dans son ensemble, la région offre une surface moutonnée. Une multitude de collines rocheuses basses et arrondies ainsi que des lacs étroits et allongés créent cette morphologie particulière. La plupart des lacs et des collines présentent une orientation nord-est à sud-ouest. La structure des formations géologiques sous-jacentes et les caractères glaciaires exercent une influence importante sur la topographie.

L'altitude minimale est celle du lac Mistassini (371 m) alors que le point le plus élevé, situé dans le nord-est du territoire, au nord du bassin de la rivière

Pepeshquasati, a une altitude de 845 m. On note au sud-est du lac Mistassini une élévation graduelle du terrain à cause de la présence de roches gneissiques plus résistantes à l'érosion. Parmi les collines rencontrées sur le territoire, mentionnons les monts Takwa (776 m), au nord du lac Mistassini, Windigo (549 m) et Waco (594 m) au sud de la baie du Poste.

La principale caractéristique de la région demeure la présence des cuestas. Il existe notamment une cuesta remarquable qui longe la rive est du lac Mistassini. Cette cuesta s'incline légèrement vers le sud-est et est interrompue par plusieurs autres petites cuestas formées par les horizons résistants de la série sédimentaire. Les cuestas atteignent rarement plus de 150 m au dessus de la surface des lacs. Des crêtes semblables à ces cuestas forment les îles et les récifs de la bordure ouest du lac Albanel.

Il est intéressant de noter que le mot Mistassini, de la langue Cri, signifie "Grosse Roche". Ce nom fut donné au lac à cause de la nature rocheuse de ses rives.

## 1.4 LA GEOLOGIE REGIONALE

L'étude de la géologie revêt une importance capitale si l'on considère que la présence de mercure détecté dans les sédiments et dans l'eau, peut être associée à la nature des différentes formations rocheuses et à leur minéralisation.

La région du lac Mistassini appartient au grand ensemble du bouclier canadien. Elle englobe les roches de trois provinces géologiques qui sont toutes d'âge précambrien (Fig. 1.2):

- 1- province de Supérieur;
- 2- province de Churchill (groupe Mistassini);
- 3- province de Grenville.

### 1.4.1 FORMATIONS ROCHEUSES

1) La province de Supérieur s'étend à l'ouest du lac Mistassini et occupe également l'extrémité sud-ouest de la région de même que son extrémité nord-est.

FORMATIONS ROCHEUSES  
DU BASSIN DU LAC MISTASSINI

I - PROVINCE DE SUPERIEUR:

- 5 : granites foliés, gneiss granitiques plus ou moins hybrides; granites non différenciés
- 6 : laves métamorphisées basiques et intermédiaires (greenstone, amphibolite), quelques roches sédimentaires
- 8 : roches métasédimentaires et pyroclastiques: métagrauwacke, tufs, schistes ardoisiers, quartzite, calcaire (peu)
- 10 : anorthosite, gabbro anorthositique, gabbro (complexe lité)
- 12 : diorite et gabbro
- 13 : roches granitiques plutôt massives contenant des feldspaths sodiques et potassiques: granite, monzonite granodiorite, syénite
- 14 : granite et gneiss granitiques gris à oligoclase
- 18 : série de Chibougamau: grès conglomérats

II - PROVINCE DE CHURCHILL:

- 31 : groupe de Mistassini: dolomie, calcaire, grès, schiste ardoisier, quartzite, roche ferrique
- 27 : roches ferrifères et schiste argileux (shale) (formation de Témiscamie)

III - PROVINCE DE GRENVILLE:

- 36 : gneiss à plagioclase et biotite, gneiss à plagioclase et hornblende, gneiss à hornblende et biotite entremêlés de gneiss granitique; quelques interlits de quartzite, carbonate
- 38 : gneiss à hornblende, amphibolite, quelques paragneiss
- 44 : anorthosite à labrador, gabbro anorthositique, gabbro, anorthosite grenatifère
- 47 : granite et syénite
- 52 : roche alcaline

Fig. 1.2. Géologie du bassin du lac Mistassini.

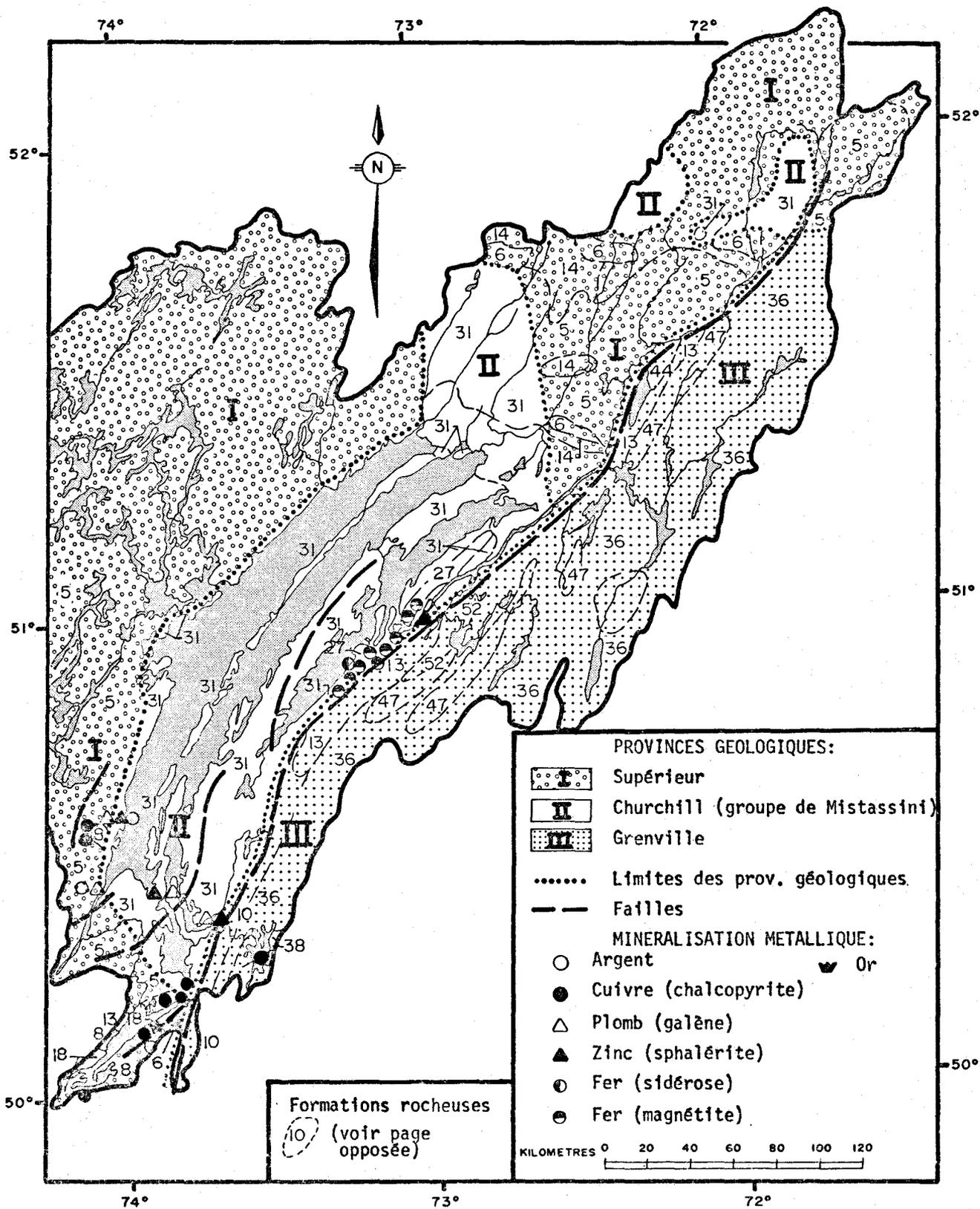


Fig. 1.2. Géologie du bassin du lac Mistassini (MRN, 1967;1969).

Cette province est constituée principalement de roches ignées intrusives et de roches métamorphiques. Il s'agit d'un ensemble granitique composé de granite plus ou moins gneissique, de gneiss granitique, de gabbro, d'anorthosite et de diorite. Dans la région du lac Waconichi, la province de Supérieur renferme des roches sédimentaires et pyroclastiques de l'Archéen (métagrauwacke, schiste ardoisier) ainsi que des roches volcaniques légèrement métamorphisées (greenstone). Cette région contient également des roches de la série de Chibougamau: grès, conglomérat.

2) La province de Churchill occupe la partie centrale de la région et inclut les lacs Mistassini et Albanel de même que leurs abords immédiats. Les formations de cette province consistent en roches sédimentaires d'âge archéen désignées sous le nom de "groupe de Mistassini". Wahl (1953) subdivise ainsi ces formations:

- le groupe d'Albanel inférieur comprenant les dolomies massives et argileuses du lac Mistassini;
- le groupe d'Albanel supérieur comprenant les dolomies arénacées et massives du lac Albanel;
- le groupe Témiscamie comprenant les formations ferrifères et les schistes argileux (shales) situés entre le lac Albanel et la rivière Témiscamie.

Le groupe de Mistassini est constitué principalement de formations dolomitiques ainsi que de roches ferrifères. Les formations dolomitiques comprennent des dolomies schisteuses, des dolomies arénacées, des dolomies quartzieuses, des dolomies à stromatolites, des dolomies à chert accompagnées de schistes ardoisiers, d'argilites graphiteuses et de grès. Les roches ferrifères sont situées à l'est du lac Albanel (formation ferrifère de Témiscamie).

Sur le plan tectonique, les formations du groupe de Mistassini forment un large bassin synclinal à direction nord-est et à pli asymétrique: le flanc oriental est très abrupt alors que le flanc ouest accuse un pendage très faible. La série dolomitique de Mistassini repose à l'ouest en discordance sur le massif granitique du Supérieur.

3) La province de Grenville est située à l'est de celle de Churchill et occupe tout le territoire situé à l'est du lac Albanel, en incluant une partie du bassin

de la Témiscamie. Les roches de Grenville sont séparées de celles de Churchill par la faille de Mistassini.

Les formations de Grenville sont constituées d'un ensemble de roches gneissiques datant du Précambrien inférieur: gneiss à biotite, ainsi que gneiss à plagioclase, à quartz et à hornblende. Ces roches sont accompagnées d'amphibolite schisteuse et massive, de granite, d'aplite et de pegmatite. On y rencontre également des intrusions d'anorthosite.

#### 1.4.2 FAILLES ET CASSURES

La faille de Mistassini marque la limite ouest de la province de Grenville et constitue l'accident géologique le plus important. Cette faille, orientée vers le nord-nord-est, puis vers le nord-est, traverse toute l'étendue du territoire en longeant la rive est de la rivière Témiscamie de même que la rive est du lac Albanel et du lac Waconichi dont elle traverse la partie sud (Fig. 1.2).

Selon Wahl (1953), cette faille forme le contact entre les roches ignées et métamorphiques de Grenville, d'une part, et les roches sédimentaires du groupe Mistassini, d'autre part. Selon Gros (1975), il s'agirait ici d'une faille de chevauchement à pendage vers l'est, les unités de Grenville plus élevées ayant chevauché les dolomies du groupe Mistassini.

Dans le groupe de dolomies de Mistassini, on rencontre d'autres failles, notamment celle qui est située à 1.6 km au nord de Baie du Poste (Poste de Mistassini) et une autre qui traverse la péninsule de Fort Dorval (Fig. 1.2). Il en existe également dans le massif granitique du Supérieur au sud-ouest du lac Mistassini.

Des dykes de diabase reliés aux zones de cassures de failles et de cisaillement recoupent toutes les formations rocheuses. Ces dykes se rattachent indirectement à des gites minéralisés.

#### 1.4.3 MINERALISATION METALLIQUE

Le territoire renferme plusieurs zones minéralisées qui sont étroitement liées à l'existence du réseau de failles.

Les principaux minéraux rencontrés sont:

des sulfures: - chalcopryrite ( $\text{FeCuS}_2$ )  
- pyrite ( $\text{FeS}_2$ )  
- sphalérite ( $\text{ZnS}$ )  
- galène ( $\text{PbS}$ )  
- pyrrhotine ( $\text{Fe}_7\text{S}_8$ );

des oxydes: - hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )  
- magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ );

et des carbonates: - sidérite ( $\text{FeCO}_3$ ).

#### *Province de Supérieur*

La zone chevauchant les roches sédimentaires de Chibougamau et les dolomies du groupe de Mistassini, renferme des chalcopryrites à teneur de cuivre assez élevée. A l'extrémité sud du lac Mistassini, plus précisément dans le secteur situé entre la baie du Poste et le lac Waconichi, on trouve quatre zones cuprifères qui ont été exploitées par la mine Icon Sullivan Joint Venture de 1967 à 1975. Trois de ces zones totalisaient environ 1,200,000 tonnes (métriques) de minerai d'une teneur de 3% en cuivre alors que la quatrième zone comptait 143,000 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 7.3%. Cette dernière zone se trouvait à l'embouchure de la rivière Waconichi dont le cours a dû être détourné.

La minéralisation cuprifère de la mine est composée d'une masse de chalcopryrite dans une gangue de gros cristaux de quartz et de dolomie. Cette minéralisation, logée dans une veine de quartz et de carbonate, est localisée dans un banc d'argillite graphiteuse.

Par ailleurs, au sud du lac Waconichi, le long de la faille, on trouve des veines de chalcopryrite et des carbonates dont certaines contiennent de l'or et de l'argent.

#### *Province de Churchill (groupe de Mistassini)*

La formation ferrifère de Témiscamie est située à l'est du lac Albanel. Cette formation comprend des silicates et des carbonates de fer (sidérite), ainsi que

des oxydes de fer: chert à magnétite et à hématite. La magnétite constitue généralement le minerai le plus important de cette formation.

La minéralisation s'étend sur une distance d'environ 65 km et offre des épaisseurs moyennes de 30 à 60 mètres. Le potentiel géologique est considérable et il est estimé à plusieurs milliards de tonnes. Pour être rentables, les réserves doivent cependant avoir une teneur moyenne minimale de 30%. Le gisement Sandspit, mis à jour par la compagnie Albanel Minerals Ltd, offre des réserves exploitables à ciel ouvert de 500 millions de tonnes d'une teneur moyenne de 30.4%. Ces réserves pourraient être exploitées par Albanel Minerals, vers 1983, dans le cadre du projet FERAL (Forget, 1976).

Dans les dolomies du groupe de Mistassini, on trouve de la sphalérite et de la galène en plusieurs endroits (Fig. 1.2):

- au nord de Baie du Poste (Poste de Mistassini)
- sur la rive sud-est de la rivière Chalifour
- rive est de la rivière Témiscamie
- rive sud-ouest du lac Mistassini.

Au dernier endroit, la sphalérite et la galène sont souvent argentifères.

#### *Province de Grenville*

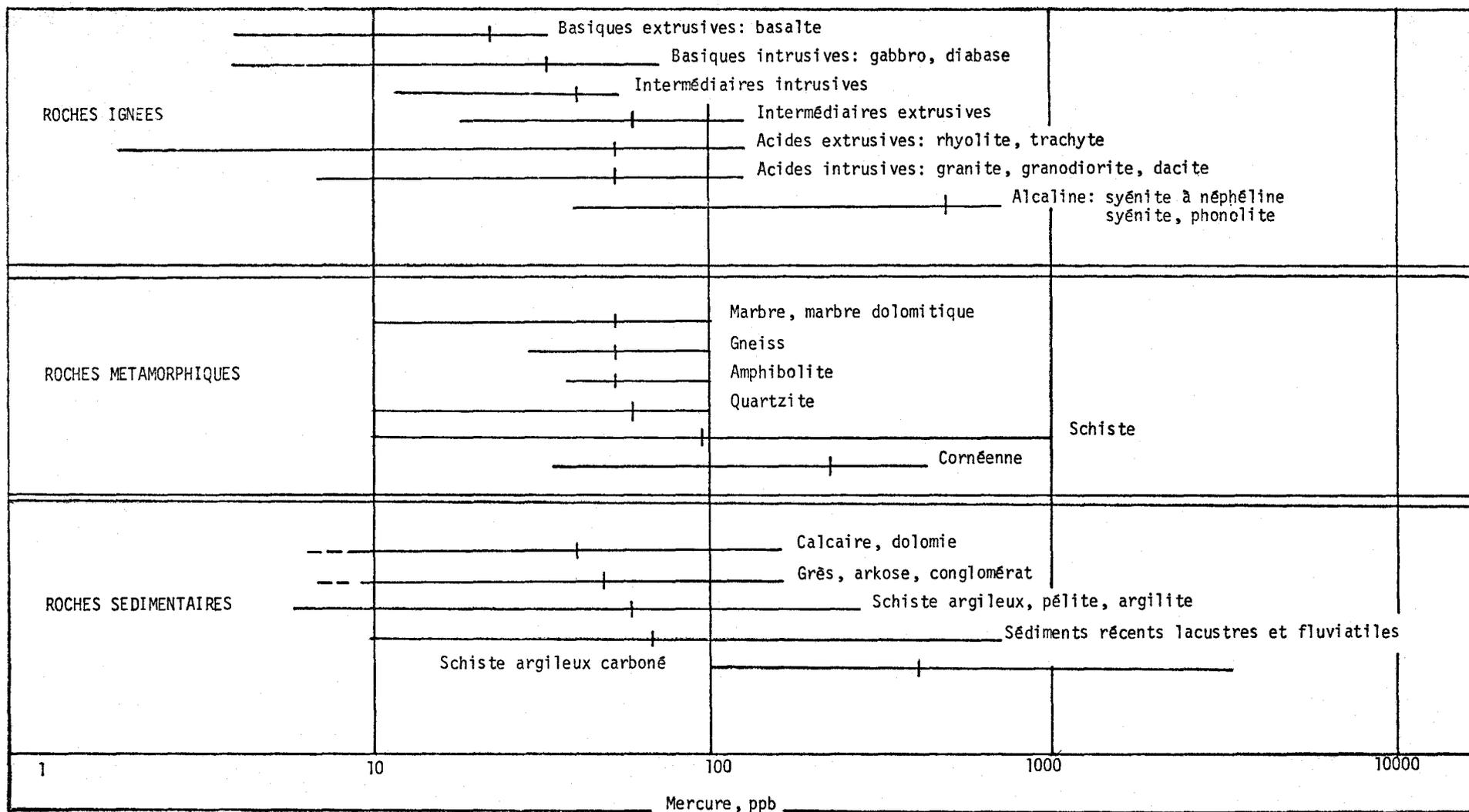
La chalcopyrite remplit les fractures dans les veines de quartz se trouvant dans les paragneiss de la province de Grenville. De plus, les roches cristallines du complexe gneissique contiennent de la pyrrhotine et d'autres minéraux ferrifères.

#### *La géochimie du mercure*

Jonasson et Boyle (1972), après avoir regroupé les données analytiques existantes sur la teneur en mercure de certaines roches, sont parvenus aux conclusions suivantes (Tableau 1.1):

- dans la série des roches ignées, la teneur moyenne la plus élevée en mercure, soit 450 ppb, se rencontre dans les roches alcalines: syénite à néphéline, syénite, phonolite;

TABLEAU 1.1: TENEUR EN MERCURE DANS DIFFERENTES ROCHES



Source: Jonasson & Boyle (1972)

- dans la série des roches métamorphiques, les cornéennes ont la teneur moyenne la plus élevée (225 ppb), suivie de celle des schistes (100 ppb);
- dans la série des roches sédimentaires, les schistes argileux (shales) carbonés contiendraient la teneur moyenne la plus élevée, soit 437 ppb.

Cameron et Jonasson (1972) ont étudié la teneur en mercure des schistes argileux (shales) du bouclier canadien. Selon eux, les schistes argileux d'origine volcanique et d'âge aphébien auraient une teneur en mercure très élevée. Ainsi, les schistes argileux des formations Témiscamie et Albanel auraient une teneur moyenne respective de 400 et 672 ppb de mercure. La présence de mercure serait principalement associée à la fraction carbonée de la roche.

Par ailleurs, les schistes argileux d'origine volcanique et d'âge archéen que l'on rencontre dans la région du lac Waconichi, auraient une teneur en mercure beaucoup moins élevée, soit 129 ppb. Dans le cas des schistes de l'Archéen, la géochimie du mercure est dominée par l'association du mercure et du zinc avec les sulfures carbonés.

En ce qui concerne la teneur en mercure dans les minerais, Maclatchy et Jonasson (1974) ont observé que dans plusieurs régions du Nord-Ouest québécois la proportion de mercure augmentait en même temps que celle du zinc. Cela laisse supposer qu'une grande partie du mercure pourrait être associée à la sphalérite ( $ZnS$ ). Il est à noter qu'au Canada, la plus forte teneur en mercure trouvée dans la sphalérite s'élève à 200 ppm. Selon les mêmes auteurs, la teneur maximale en mercure trouvée dans la chalcopryrite et les sulfures de fer, est beaucoup moins élevée, soit 40 ppm pour la chalcopryrite ( $FeCuS_2$ ) et 100 ppm pour la pyrite ( $FeS_2$ ).

## 1.5 DEPOTS MEUBLES

Les principaux dépôts meubles recouvrant le territoire sont d'origine glaciaire et fluvio-glaciaire; ils ont été mis en place lors de la glaciation du Wisconsin.

Les dépôts glaciaires consistent surtout en moraines de fond. La moraine de fond se compose d'un mélange non stratifié de sable, de limon, de gravier et de blocs (till). Des dépôts morainiques se manifestent souvent sous la forme de drum-

lins ou de crêtes drumlinoïdes conférant ainsi une topographie moutonnée au paysage. On les rencontre surtout sur les terrains sédimentaires et elles sont fréquentes sur la péninsule située entre les lacs Albanel et Mistassini où elles se distribuent à travers les nombreux affleurements rocheux de ce secteur.

Les dépôts fluvio-glaciaires de la région sont représentés par des eskers ou des plaines de sable pro-glaciaires. Orientées dans une direction nord-est - sud-ouest, d'une hauteur moyenne de 9 à 14 m et d'une largeur moyenne de 30 m, ces crêtes parallèles les unes aux autres s'allongent sur plusieurs kilomètres. Un esker géant longe notamment la rive sud-est de la rivière Chalifour et se prolonge au delà de l'embouchure de cette rivière jusque dans la baie du Poste (Fig. 1.1). On trouve également plusieurs eskers sur la rive ouest du lac Mistassini.

La région est couverte d'un très grand nombre de marécages et de lacs à moitié envahis par la végétation. Quelques marécages formés dans des dépressions peu profondes et remplies d'eau forment des tourbières réticulées.

Les affleurements rocheux se limitent aux cuestas sédimentaires en bordure des lacs Mistassini et Albanel, aux chutes et rapides ainsi qu'aux parties élevées de certains monts.

## 1.6 VEGETATION FORESTIERE

### 1.6.1 LES ZONES BIOCLIMATIQUES

La région du lac Mistassini chevauche deux grandes zones bioclimatiques (Rousseau, 1952): la zone subarctique et la zone tempérée supérieure. En principe, la limite entre ces deux zones correspond grossièrement au 52ième parallèle. Cependant, dans la région d'étude, la limite entre les deux zones a été fixée au 51ième parallèle. On peut donc considérer à toute fin pratique, le territoire situé entre le 51ième et 52ième parallèle comme une zone de transition entre les deux zones bioclimatiques.

La zone tempérée supérieure est celle de la forêt boréale tempérée (forêt boréale dense). Cette forêt contient surtout des résineux et quelques feuillus. Les essences rencontrées chez les résineux sont:

- l'épinette noire (Picea mariana)
- le sapin baumier (Abies balsamea)
- l'épinette blanche (Picea glauca)
- le pin gris (Pinus banksiana);

et chez les feuillus:

- le bouleau blanc (Betula papyrifera)
- le peuplier baumier (Populus balsamifera)
- le peuplier faux-tremble (Populus tremuloïdes).

La forêt boréale tempérée n'est pas partout au même stade de croissance ni d'une même qualité. Au nord du 50ième parallèle, cette forêt a souvent été victime de feux qui ont causé de nombreuses perturbations. On y trouve donc plusieurs secteurs de forêt jeune en voie de régénération.

La zone subarctique est celle de la taïga (ou forêt boréale clairsemée). La transition entre la forêt boréale et la taïga se caractérise par une formation forestière plus ouverte et par la présence de plus en plus constante de pessières à cladonie (lichens de terrain sec). Ces pessières constituent des peuplements résineux mûrs mais de faible productivité. Elles ne subissent donc pas de coupe.

#### 1.6.2 REPARTITION DES MASSIFS BOISES

La carte des massifs boisés (Fig. 1.3) nous fait voir la mosaïque actuelle du couvert forestier. Les peuplements résineux mûrs représentent environ 35% du couvert forestier et sont principalement localisés dans la partie sud-est du territoire, notamment sur le pourtour est du lac Mistassini où les roches dolomitiques supportent une forêt luxuriante de résineux mûrs.

Le nombre de feux de forêt qui ont affecté la région est très élevé. Les forêts qui ont subi des feux (brûlis) et qui n'ont pas encore été régénérées, représentent environ 35% du couvert forestier. Elles occupent de grandes étendues à l'ouest et au nord-est du lac Mistassini et recouvrent une bonne partie des bassins des rivières Pepeshquasati et Toco ainsi que la partie supérieure de celui de la rivière Témiscamie (Fig. 1.3).

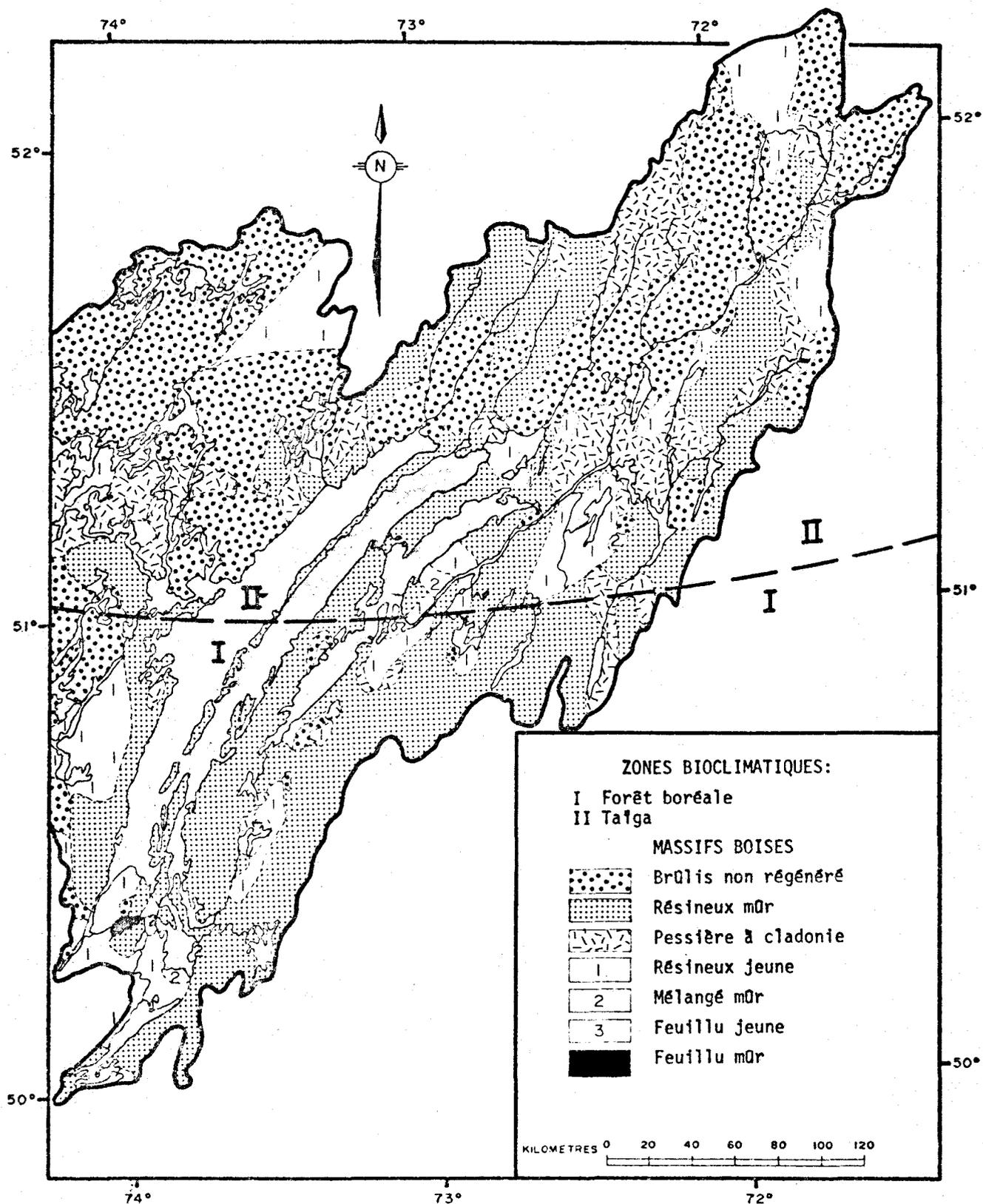


Fig. 1.3 Zones bioclimatiques et massifs boisés du bassin du lac Mistassini

Les pessières à cladonie caractérisent la zone subarctique. On les retrouve principalement dans la partie nord-est du territoire ainsi qu'à l'ouest du lac Mistassini près de sa décharge. Enfin, on note quelques petites étendues de feuillus et de mélangés mûrs au sud du lac Mistassini.

## 1.7 CLIMAT

La station météorologique de Baie du Poste (Poste de Mistassini) renseigne sur les températures et les précipitations de la région.

Les compilations faites par Villeneuve (1967) indiquent que la moyenne annuelle est de  $-1,1^{\circ}\text{C}$ . La région est caractérisée par des hivers longs et froids et des étés courts et frais. La température moyenne de janvier est de  $-19,7^{\circ}\text{C}$  et celle de juillet de  $15,8^{\circ}\text{C}$ . Les lacs Mistassini et Albanel gèlent vers la fin de novembre et le dégel ne commence que vers la fin de mai.

La précipitation totale annuelle moyenne est de 90.4 cm par an. Juillet et août sont des mois pluvieux: les chutes d'eau moyennes atteignent 10 cm par mois. Les précipitations abondantes d'été sont accompagnées de nombreux et violents orages.

En ce qui concerne la fréquence des vitesses et des directions des vents, on ne possède pas de données systématiques. Toutefois, d'après certaines observations, il semble que de forts vents du sud-ouest seraient fréquents pendant l'été.

## 2. SITES D'ÉCHANTILLONNAGE, MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 2.1 LES SITES ÉCHANTILLONNÉS DANS LA RÉGION D'ÉTUDE

De la campagne d'échantillonnage qui s'est déroulée en mars 1976, on a retenu, pour fins d'interprétation, 19 sites d'où proviennent des spécimens de végétation, de neige, d'eau ou de sédiments. On retrouve au Tableau 2.1 l'identification des sites (noms et coordonnées UTM), le numérotage qui permet de les situer sur la Figure 2.1, ainsi que le type de spécimen recueilli à chaque site: il s'agit de l'eau (E), de la neige (N), des sédiments superficiels (S) et des carottes sédimentaires (SC).

On constate à l'examen de la Figure 2.1 que les points d'échantillonnage sont assez bien répartis dans la région d'étude, malgré le fait qu'aucun d'entre eux ne soit situé dans le bras sud-ouest ou dans la partie centrale du lac Mistassini.

### 2.2 LE PRÉLEVEMENT ET LA CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS

Des *branches* et des aiguilles de sapins et d'épinettes, recueillies à quelques endroits sur les berges des lacs, furent congelées et conservées dans des sacs en polyéthylène.

La *neige* recueillie avec une pelle à proximité des sites d'échantillonnage de l'eau, fut entreposée dans des sacs en polyéthylène et conservée congelée, sans aucun traitement, jusqu'à l'analyse physico-chimique.

Les *eaux de surface* ont été prélevées, via un trou dans la glace percée par une terrière, à l'aide d'un échantillonneur-intégrateur, sur une colonne d'eau de 1.5 m. Les *eaux de fond* furent prélevées à environ 2 m au-dessus de l'interface eau-sédiment à l'aide d'un hydrocapteur de type Van Dorn. Ces deux types d'eau<sup>1</sup> ont été congelés et conservés comme suit:

---

<sup>1</sup> Une autre série de bouteilles contenant des échantillons d'eau de surface et de fond, filtrés sur des membranes Millipore d'une porosité de 0.45  $\mu$  et préalablement lavées avec HNO<sub>3</sub> (3%) et de l'eau déminéralisée, sont conservées à 40°C; à date ces échantillons filtrés n'ont pas encore été analysés.

TABLERAU 2.1: Lieux d'échantillonnage et types d'échantillons prélevés.

Site	Nom du lieu d'échantillonnage	Type d'échantillon <sup>1</sup>	Coordonnées UTM <sup>2</sup>
1	Petit lac Témiscamie	E, SC	18 U YM0784
2	Lac Témiscamie	N, E, SC	18 U XM9670
3	Lac Albanel (rive est de la baie du Nord)	V	18 U XM6277
4	Lac Clairv (nord)	N, E, SC	18 U XM6487
5	Lac Clairv	N, E	18 U XM6184
6	Lac Mistassini (nord de Wabassinon)	N, E, S	18 U XM2986
7	Lac Mistassini (nord-est)	V	18 U XM3285
8	Lac Mistassini (bras est)	E, S	18 U XM3781
9	Lac Albanel (baie du Nord)	E	18 U XM5777
10	Lac Albanel (en face du lac Einer)	E	18 U XM3662
11	Lac Mistassini (baie Abatagouche, nord)	N, E	18 U WM8304
12	Lac Mistassini (baie Abatagouche, sud)	N, E	18 U WL8294
13	Lac Mistassini (baie du Poste, nord de l'esker)	N, E, SC, V	18 U WL8376
14	Lac Mistassini (baie du Poste, sud de l'esker)	N, E, SC	18 U WL8371
15	Lac Waconichi (nord de Heart I)	N, E	18 U WL6751
16	Lac Waconichi (rétrécissement du lac)	N, E, S	18 U WL6346
17	Lac Waconichi (baie Spawning)	N, E, S	18 U WL6444
18	Lac Waconichi	N, E, SC, V	18 U WL5942
19	Lac Winsch	N, E, S	18 U WL5642

<sup>1</sup> E: eau de surface et eau de fond; SC: sédiment de carotte; N: neige; V: végétation (arbres); S: sédiment de surface.

<sup>2</sup> Coordonnées selon le quadrillage Universel Transverse de Mercator.

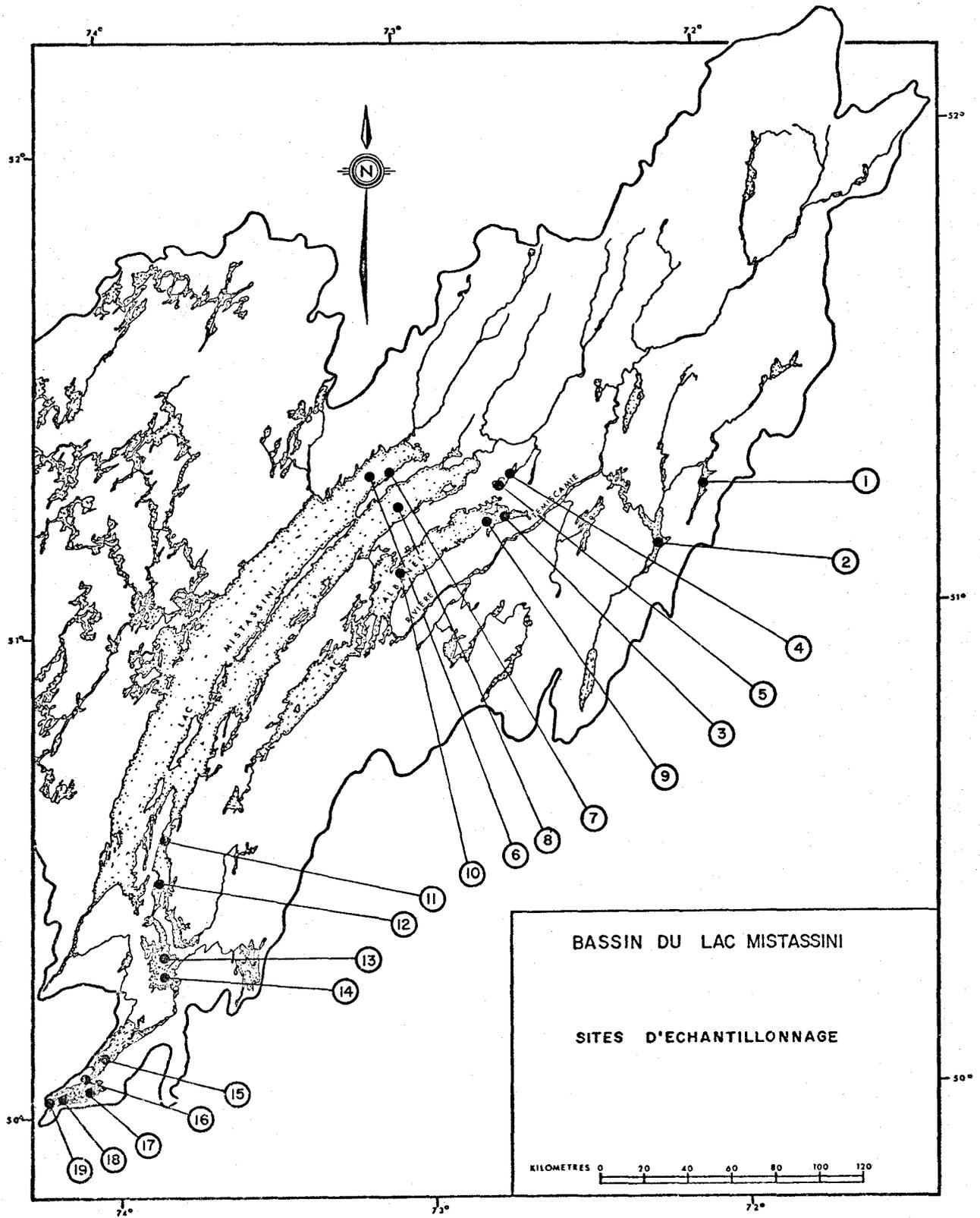


Fig. 2.1. Sites d'échantillonnage sur le bassin du lac Mistassini.

- a) dans des bouteilles en polyéthylène rincées à l'eau déminéralisée: ces échantillons ont servi à l'analyse des paramètres physico-chimiques (conductivité, alcalinité, couleur);
- b) dans des bouteilles en polyéthylène traitées avec  $\text{HNO}_3$  (70%, Aristar), et contenant, comme préservatif, 8% d'une solution  $\text{HNO}_3$  (70%, Aristar) et  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (1%): ces échantillons ont servi à l'analyse du mercure;
- c) dans des bouteilles en polyéthylène traitées préalablement avec  $\text{HNO}_3$  (14%): ces échantillons ont servi à l'analyse des ions autres que le mercure.

Les échantillons de sédiments de surface furent recueillis à l'aide d'une benne de type Ekman de 20 cm de côté, tandis que les carottes de sédiments furent prélevées à l'aide d'un carottier de type Livingstone d'une longueur de 1.25 m. Les sédiments ont été conservés congelés dans des sacs en polyéthylène avant d'être coupés en tranches de 2 cm.

## 2.3 LES ANALYSES

### 2.3.1 LES LABORATOIRES D'ANALYSE

Cinq laboratoires ont été impliqués dans l'analyse des échantillons:

- n° 1: Environnement Canada: Centre Canadien des Eaux Intérieures, Burlington, Ontario;
- n° 2: Institut national de la recherche scientifique: INRS-Eau, Ste-Foy;
- n° 3: Gouvernement du Québec: ministère des Richesses naturelles, Service de la qualité des eaux, Ste-Foy;
- n° 4: Gouvernement du Québec: ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales, Ste-Foy;
- n° 5: Gouvernement du Québec: Services de protection de l'environnement, Ste-Foy et Montréal.

Etant donné que chaque laboratoire a suivi sa méthodologie d'analyse habituelle, il sera nécessaire d'indiquer pour chaque laboratoire le principe des différentes méthodes utilisées. Dans ce qui suit, les laboratoires seront indiqués par le numéro cité dans le paragraphe précédent.

Dans le cas de plusieurs échantillons, certains éléments importants comme Hg, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Mn, N et P furent analysés simultanément par différents laboratoires, ce qui aidera à évaluer l'écart entre les différentes méthodologies suivies. En ce qui concerne les sections de 2 cm des sédiments en provenance des carottes, celles-ci furent analysées alternativement par 2 laboratoires différents.

### 2.3.2 LA PREPARATION DES ECHANTILLONS

Le *contenu en eau* de la végétation et des sédiments est représenté de la façon suivante:

*perte 25 à 50:* le pourcentage de perte en poids est entre 25 et 50°C sur une période de 24 heures;

*humidité:* le pourcentage de perte en poids est entre 50 et 105°C sur une période d'une nuit.

Pour la végétation et les sédiments, toutes les données chimiques ont été rapportées sur la base du poids de l'échantillon séché à 105°C par le laboratoire n° 5. Par contre, le laboratoire n° 4 a exprimé les résultats de ses analyses sur la base du poids de l'échantillon séché à la température de la pièce.

### 2.3.3 PRETRAITEMENT DES ECHANTILLONS POUR LES ANALYSES CHIMIQUES

#### *La végétation*

Le prétraitement variait selon l'élément à doser:

- a) pour le mercure, l'échantillon fut séché à 50°C durant une période de 24 heures;
- b) pour le plomb, l'échantillon fut traité à l'acide nitrique concentré;

- c) pour les autres éléments (Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Ni et Co), l'échantillon fut calciné à 550°C et traité ensuite à l'eau régale.

### *Les sédiments*

Le laboratoire n<sup>o</sup> 4 utilisait, pour toutes ses analyses, les échantillons séchés à la température de la pièce et tamisés avec un tamis de soie ou de nylon de 80 mailles.

Pour le dosage du mercure, l'échantillon était digéré avec un mélange d'acide sulfurique, d'acide nitrique, de persulfate de potassium et de permanganate de potassium. L'excès en oxydants fut ensuite réduit avec de l'hydroxylamine et du chlorure stanneux.

Pour le dosage des autres éléments (Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Mn), l'échantillon a été digéré avec l'acide nitrique contenant du nitrate de mercure.

Au laboratoire n<sup>o</sup> 5, une modification<sup>1</sup> de la méthode développée par Magos et Clarkson (1972) a été utilisée comme prétraitement pour le dosage de Hg, tandis que l'acide nitrique concentré a été utilisé pour le Pb, l'Ag et le Cd; enfin, une calcination à 550°C suivie par un traitement à l'eau régale a été faite pour faciliter le dosage des éléments suivants: Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Ni et Co.

#### 2.3.4 LES METHODES D'ANALYSE

Les méthodes d'analyse des laboratoires n<sup>os</sup> 3, 4 et 5 (voir page 36) sont présentées au Tableau synoptique 2.2.

<sup>1</sup>

Bouchard, A. (1973).

Dosage sélectif du méthyl mercure et du mercure inorganique par spectroscopie d'absorption atomique. Conférence présentée au 56e congrès de l'Institut de Chimie du Canada (Montréal, du 3 au 6 juin 1973).

TABLEAU 2.2: Synopsis des méthodes de dosage des différents éléments

Eléments	Laboratoire n° 3 <sup>1</sup>	Laboratoire n° 4	Laboratoire n° 5
Hg <sup>2</sup>	Absorption atomique	-----	Absorption atomique selon la méthode EPA <sup>3</sup>
Na	-----	Absorption atomique	Absorption atomique
K	-----	Absorption atomique	Absorption atomique
Ag	-----	-----	Absorption atomique
Pb	Absorption atomique	-----	Absorption atomique
Ca	-----	Absorption atomique	Absorption atomique
Mg	-----	Absorption atomique	Absorption atomique
Sr	-----	-----	Absorption atomique
Cu	Absorption atomique	-----	Absorption atomique
Zn	Absorption atomique	-----	Absorption atomique
Cd	-----	-----	Absorption atomique
Ni	Absorption atomique	-----	Absorption atomique
Co	Absorption atomique	-----	Absorption atomique
Fe	-----	Technicon, modèle 1, avec de l'acide thioglycolique	Absorption atomique
Mn	Absorption atomique	Absorption atomique	Absorption atomique
Cr	-----	-----	Absorption atomique
Si	-----	Technicon, modèle 2, comme bleu de molybdène après réduction du silicomolybdate avec de l'acide ascorbique	-----
Cl	-----	Technicon, modèle 2, comme thiocyanate de fer après libération de thiocyanate à partir de Hg(CNS) <sub>2</sub>	-----
F	-----	Avec une électrode spécifique	-----
N-Kjeldahl	-----	Technicon, modèle 2, après digestion avec du HClO <sub>4</sub> , du H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> et du V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> suivie par le dosage du NH <sub>3</sub> formé avec du dichloroisocyanurate, du nitroprusside et du salicylate	-----
SO <sub>4</sub>	-----	Technicon, modèle 2, par complexation avec du bleu de méthylthymol	-----
P-total	-----	Technicon, modèle 2, après digestion avec du HClO <sub>4</sub> , du H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> et du V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> suivie du dosage de PO <sub>4</sub> formé par l'intermédiaire du bleu de phosphomolybdène	-----

<sup>1</sup> Selon les méthodes décrites dans: Pichette, M. et Guimont, J. (1975). "Méthodes d'analyse des sédiments de ruisseaux et des eaux souterraines 1974-1975", ministère des Richesses naturelles, Québec.

<sup>2</sup> La méthode suivie par le laboratoire n° 1 était également par absorption atomique.

<sup>3</sup> Selon la méthode EPA ("Manual of Methods of Chemical Analysis of Water and Wastes", U.S. Environmental Protection Agency, Washington, 1974, p. 118-126), avec les différences suivantes:  
 1- pour la végétation et les sédiments, aucune période de chauffage sur un bain de vapeur à 95°C;  
 2- analyse avec un moniteur spécifique au mercure de type Pharmacia avec une cellule de 30 cm.

### 3. RESULTATS

Les résultats d'analyse des échantillons de branches d'arbres, de neige, d'eau en surface et en profondeur, des sédiments de surface et de carottes sédimentaires, prélevés à différents sites dans la région d'étude, sont exposés dans les Tableaux A1 à A10 regroupés à la partie annexe de ce document. Afin de simplifier la compréhension du rapport, on ne présente ici que la partie des résultats directement pertinente aux objectifs de la mission au lac Mistassini.

#### 3.1 LE MERCURE DANS LA VEGETATION

Les concentrations de mercure mesurées dans les branches d'arbres prélevées en quatre points dans la région d'étude sont présentées à la Figure 3.1. Aux sites 3 (lac Albanel), 13 (lac Mistassini, baie du Poste) et 18 (lac Waconichi), les spécimens de végétation analysés proviennent d'épinettes croissant en densité allant de faible à moyenne; les concentrations de mercure dans les branches varient entre 20 et 60 ppb<sup>1</sup>. Au site 1, dans la partie nord du lac Mistassini, au sein d'une végétation dense, on a recueilli des branches de sapins qui, à l'analyse, se sont avérées riches en mercure (80 et 420 ppb respectivement), du moins en comparaison avec les concentrations mesurées dans les branches d'épinettes prélevées au cours de cette expédition.

#### 3.2 LE MERCURE DANS LA NEIGE

On a recueilli et analysé des échantillons de neige à 13 sites dans la région d'étude; la distance séparant les deux sites les plus éloignés l'un de l'autre est de l'ordre de 400 km. Comme le montre la Figure 3.2, les concentrations de mercure dans la neige sont très variables (de 0.10 à 0.60 ppb environ)<sup>2</sup> et leur distribution dans l'espace ne semble pas manifester de tendance particulière.

---

<sup>1</sup> Les analyses ont été faites par les Services de protection de l'environnement du Québec.

<sup>2</sup> Les résultats d'analyses retenus sont ceux des laboratoires d'Environnement Canada.

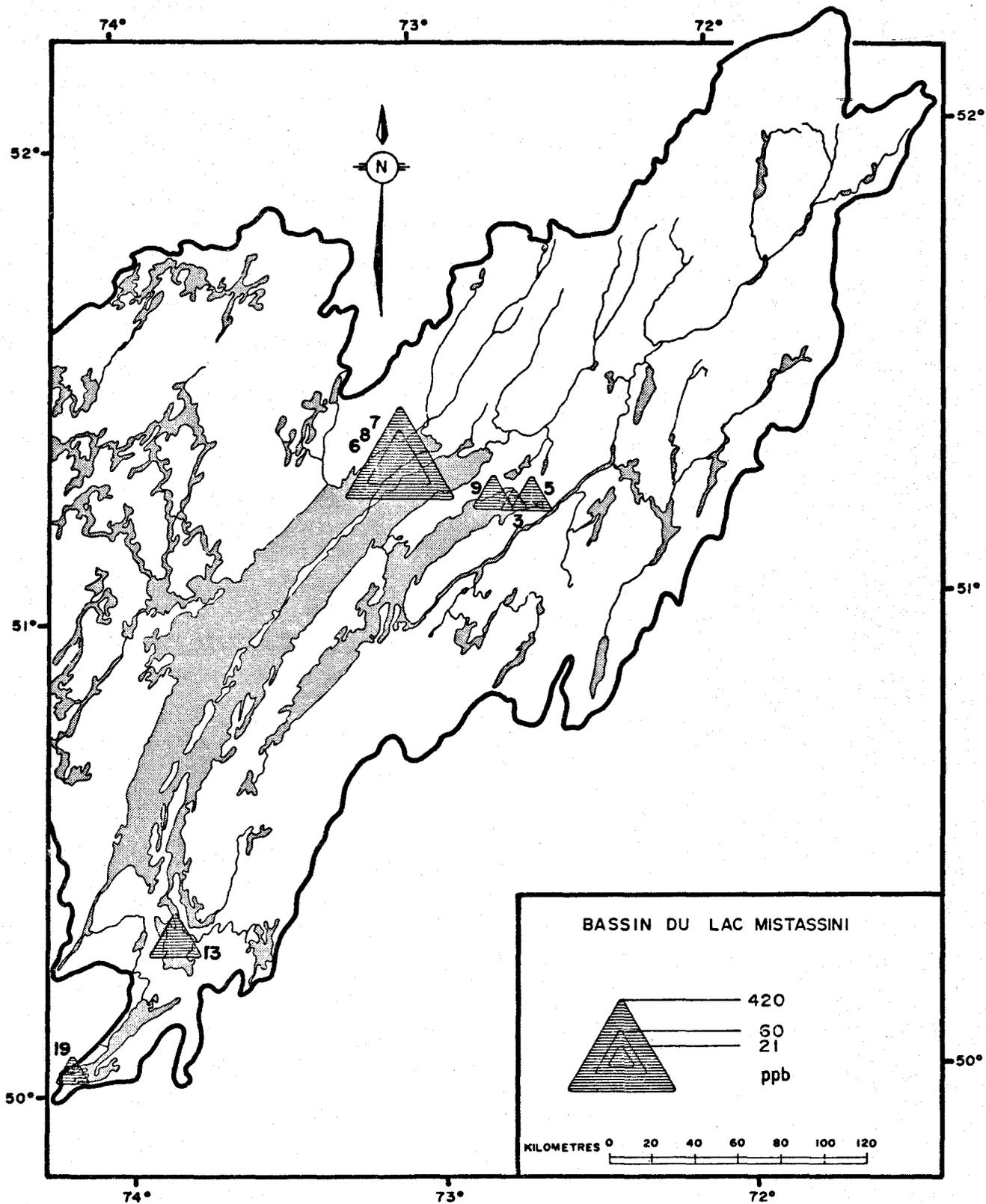


Fig. 3.1. Répartition des concentrations de mercure dans les branches d'arbres. (Les numéros représentent les stations d'échantillonnage).

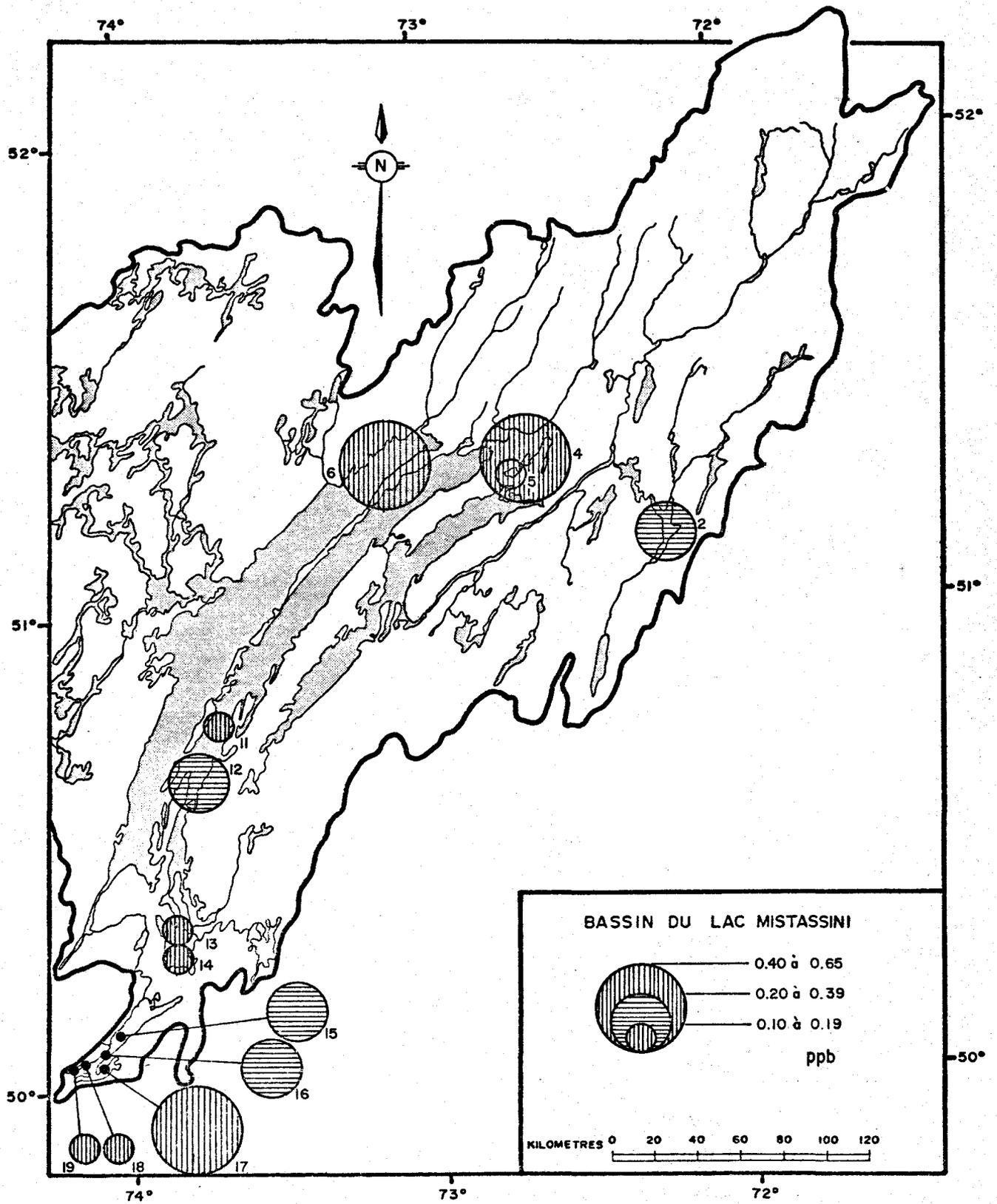


Fig. 3.2. Répartition des concentrations de mercure dans la neige. (Les données utilisées sont celles obtenues du laboratoire n° 1).

### 3.3 LE MERCURE DANS L'EAU EN SURFACE ET EN PROFONDEUR

On a représenté aux Figures 3.3 et 3.4 les concentrations de mercure mesurées<sup>1</sup> dans des échantillons d'eau recueillis en surface et en profondeur à 17 sites distribués dans la région d'étude. Les eaux en surface présentent des concentrations variant entre 0.16 et 0.80 ppb tandis que dans les eaux en profondeur, on retrouve des concentrations oscillant entre 0.18 et 1.0 ppb. Généralement, la concentration de mercure est plus élevée dans les eaux recueillies en surface que dans celles qui ont été captées près du fond. Cependant, tel n'est pas le cas pour les sites 1, 6, 14, 15 et 17 où on retrouve davantage de mercure dans les eaux recueillies en profondeur. Malgré les différences marquées entre les résultats d'analyses du mercure selon qu'elles ont été faites au laboratoire d'Environnement Canada ou à ceux des Services de protection de l'environnement du Québec, on constate, à l'examen du Tableau A3, que cette tendance est confirmée par les deux laboratoires.

### 3.4 LE MERCURE DANS LES SEDIMENTS DE SURFACE

Les concentrations de mercure mesurées<sup>2</sup> dans les sédiments recueillis à l'aide d'une benne de type Eckman en 6 points dans la région d'étude, sont représentées à la Figure 3.5; les valeurs sont comprises entre 10 et 40 ppb, la concentration la moins élevée étant retrouvée au site 6, situé au nord-est du lac Mistassini. On constate également, à l'examen du Tableau A4, que les trois laboratoires qui ont effectué les analyses donnent des gammes semblables de variation pour les concentrations de mercure. Ces concentrations sont inférieures aux concentrations de base (bruit de fond) rapportées par Thomas *et al.* (1975) pour le lac Quévillon qu'il situe aux environs de 40 à 50 ppb.

### 3.5 LA QUALITE STRATIGRAPHIQUE DES SEDIMENTS

Les sédiments lacustres, échantillonnés stratigraphiquement aux sites 1, 2, 4, 13, 14 et 18 à l'aide d'un carottier de type Livingstone (1955) ou d'une benne de

---

<sup>1</sup> Les résultats représentés aux Figures 3.3 et 3.4, proviennent des analyses effectuées par les laboratoires d'Environnement Canada (laboratoire n° 1).

<sup>2</sup> Les résultats retenus pour la représentation graphique proviennent des analyses effectuées par les laboratoires des Services de protection de l'environnement du Québec (laboratoire n° 5).

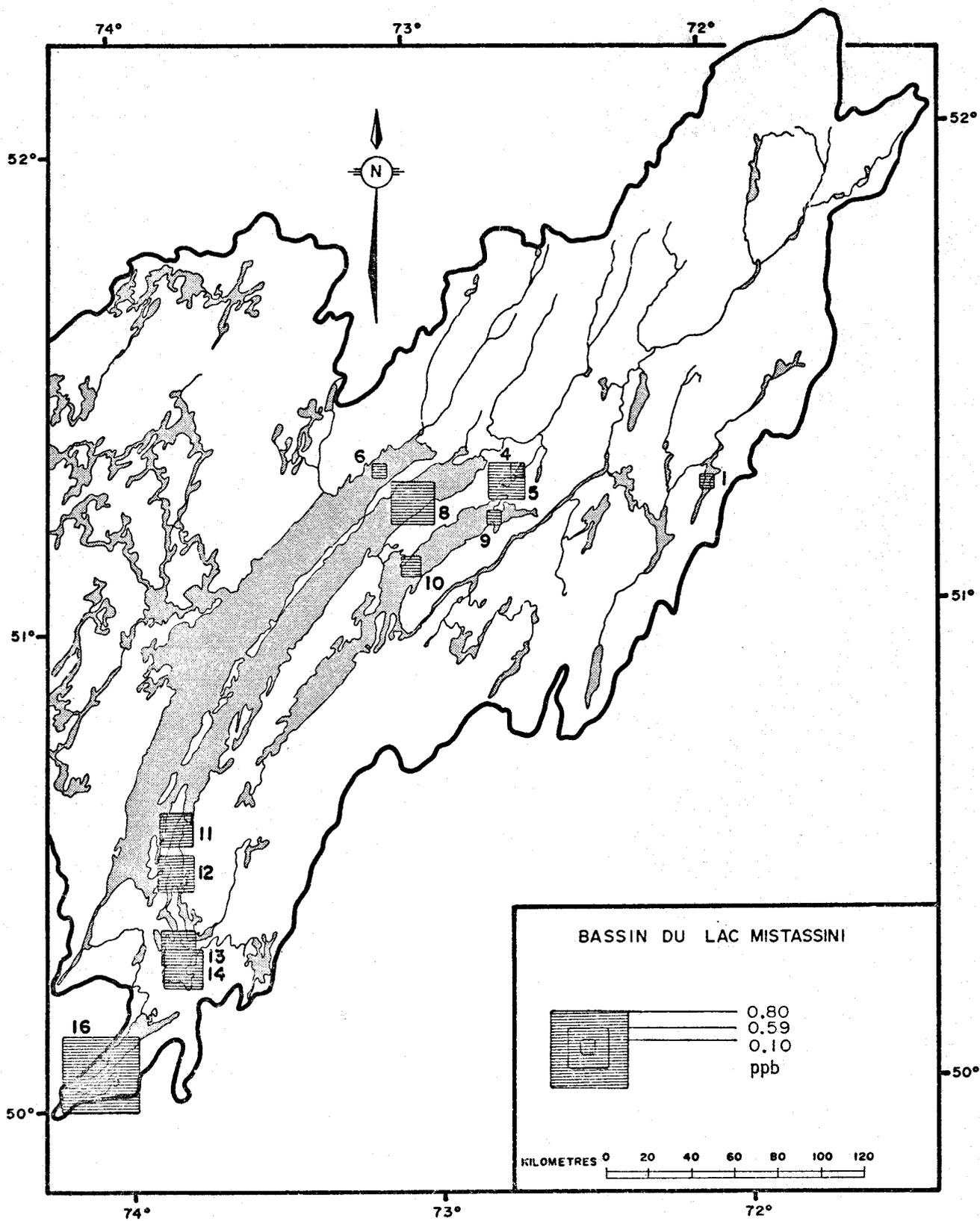


Fig. 3.3. Répartition des concentrations de mercure dans les eaux de surface.

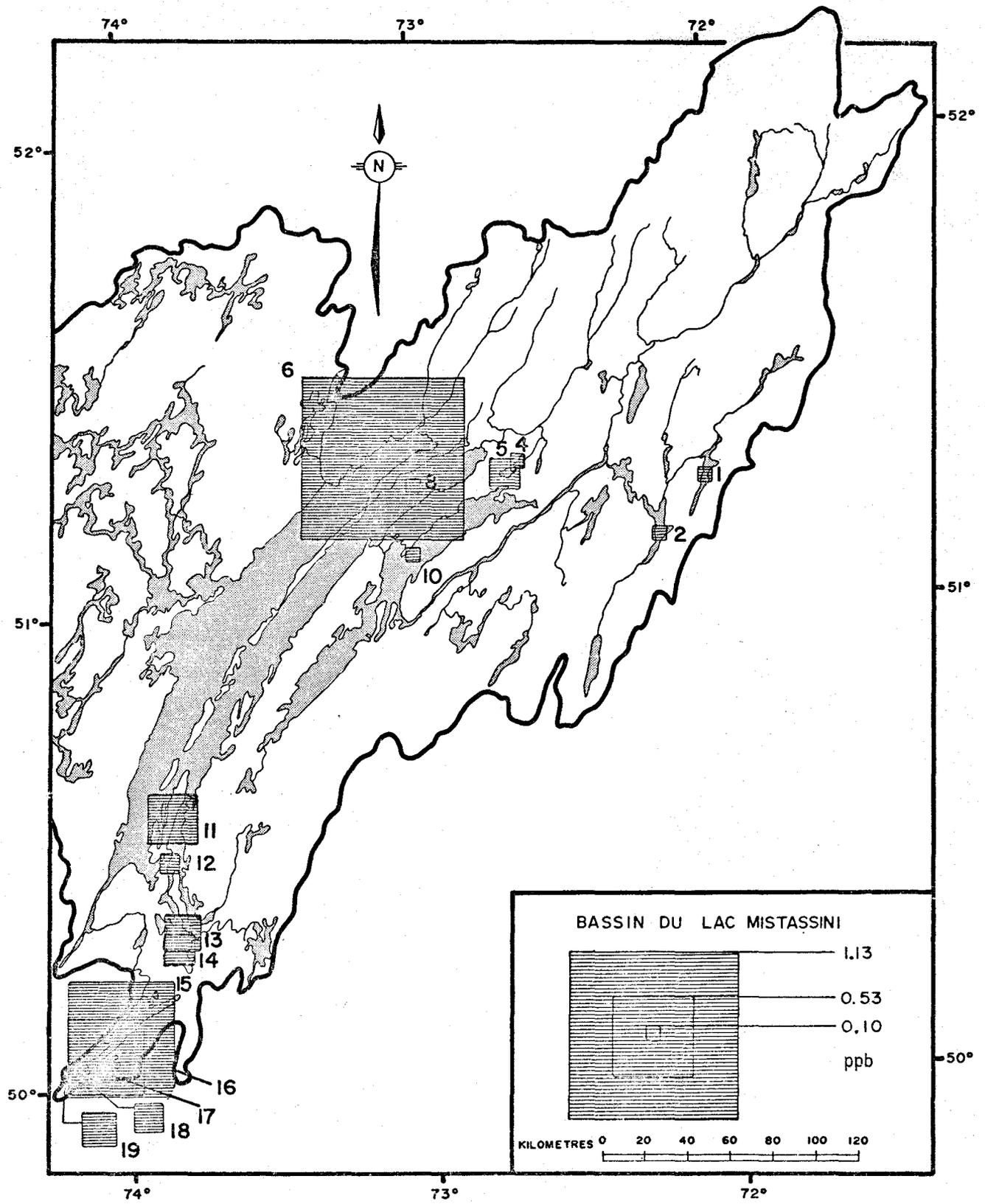


Fig. 3.4. Répartition des concentrations de mercure dans les eaux de fond.

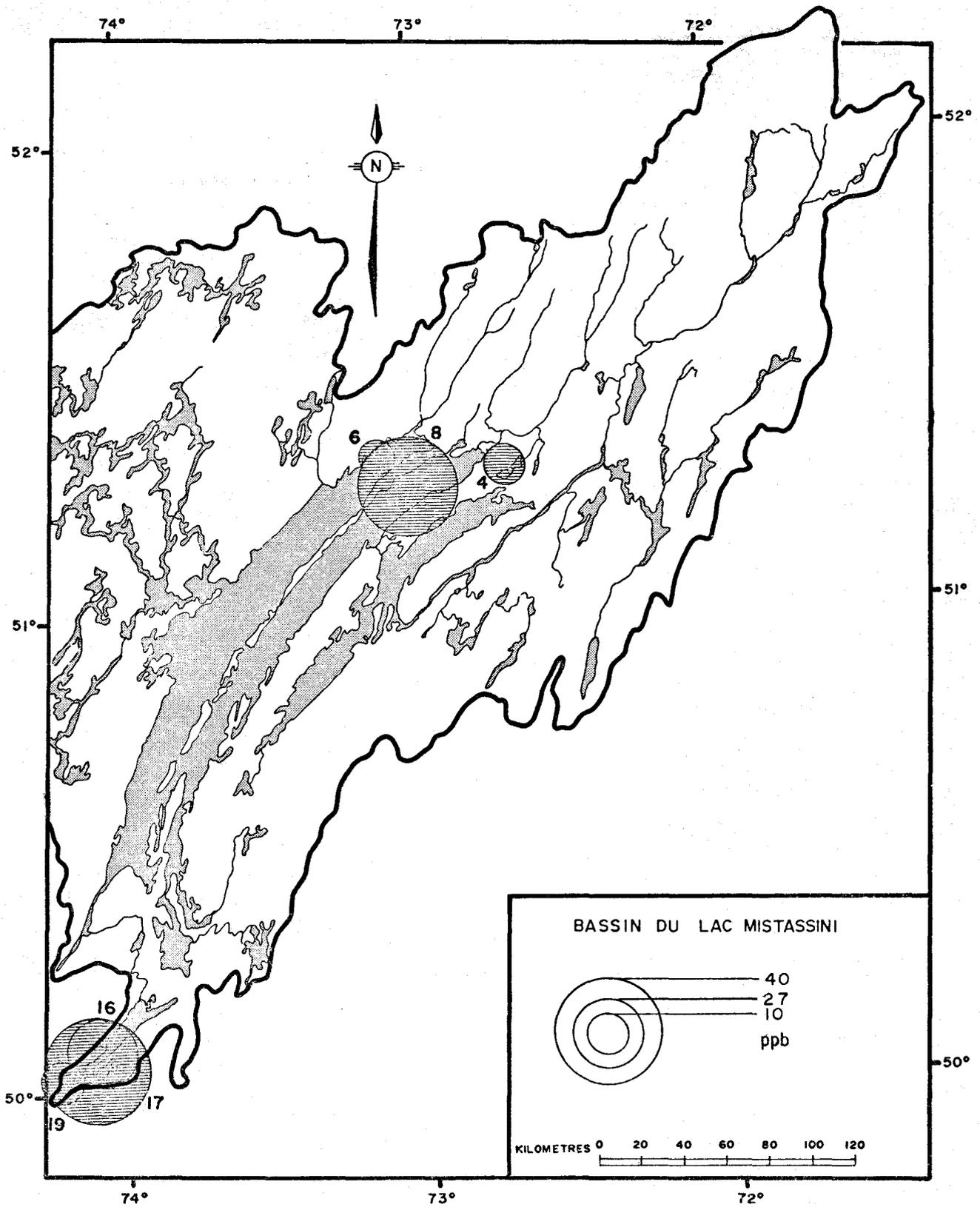


Fig. 3.5. Répartition des concentrations de mercure dans les sédiments de surface.

de type Eckman selon la profondeur à laquelle se trouvent les sédiments, ont été analysés pour les paramètres suivants: pourcentage de perte d'eau (25 à 50°C), pourcentage d'humidité, pourcentage de matière organique, Hg, Na, K, Ag, Pb, Ca, Mg, Sr, Cu, Zn, Cd, Ni, Co, Fe, Mn et Cr. Les résultats sont décrits en détail aux Tableaux A5 à A10 et sont illustrés aux Figures 3.6 à 3.11. Les intervalles stratigraphiques choisis pour former l'échantillon à partir de la carotte sont de 2 cm. Les spécimens de 2 cm, par alternance, ont été analysés indépendamment par les laboratoires des Services de protection de l'environnement du Québec (laboratoire n° 5: spécimens 0-2 cm, 4-6 cm, 8-10 cm, etc.), et par le Centre de Recherches minérales du ministère des Richesses naturelles (laboratoire n° 4: spécimen 2-4 cm, 6-8 cm, 10-12 cm, etc.). La partie "a" des Figures 3.6, 3.7, 3.8, 3.10, 3.11 et la Figure 3.9 présentent les tendances stratigraphiques révélées par les analyses faites par le laboratoire n° 4, tandis que la partie "b" des Figures 3.6, 3.7, 3.8, 3.10 et 3.11 illustrent les résultats des analyses faites par le laboratoire n° 5. En raison du peu d'intérêt de la géochimie stratigraphique du site 13, les résultats (Tableau A8) n'ont pas été représentés graphiquement.

La matière organique a été analysée uniquement par le laboratoire n° 5. Sur la Figure 3.11a, le pourcentage de la matière organique a été interpolé en faisant la moyenne des pourcentages obtenus dans chacun des intervalles stratigraphiques adjacents à celui qui est considéré.

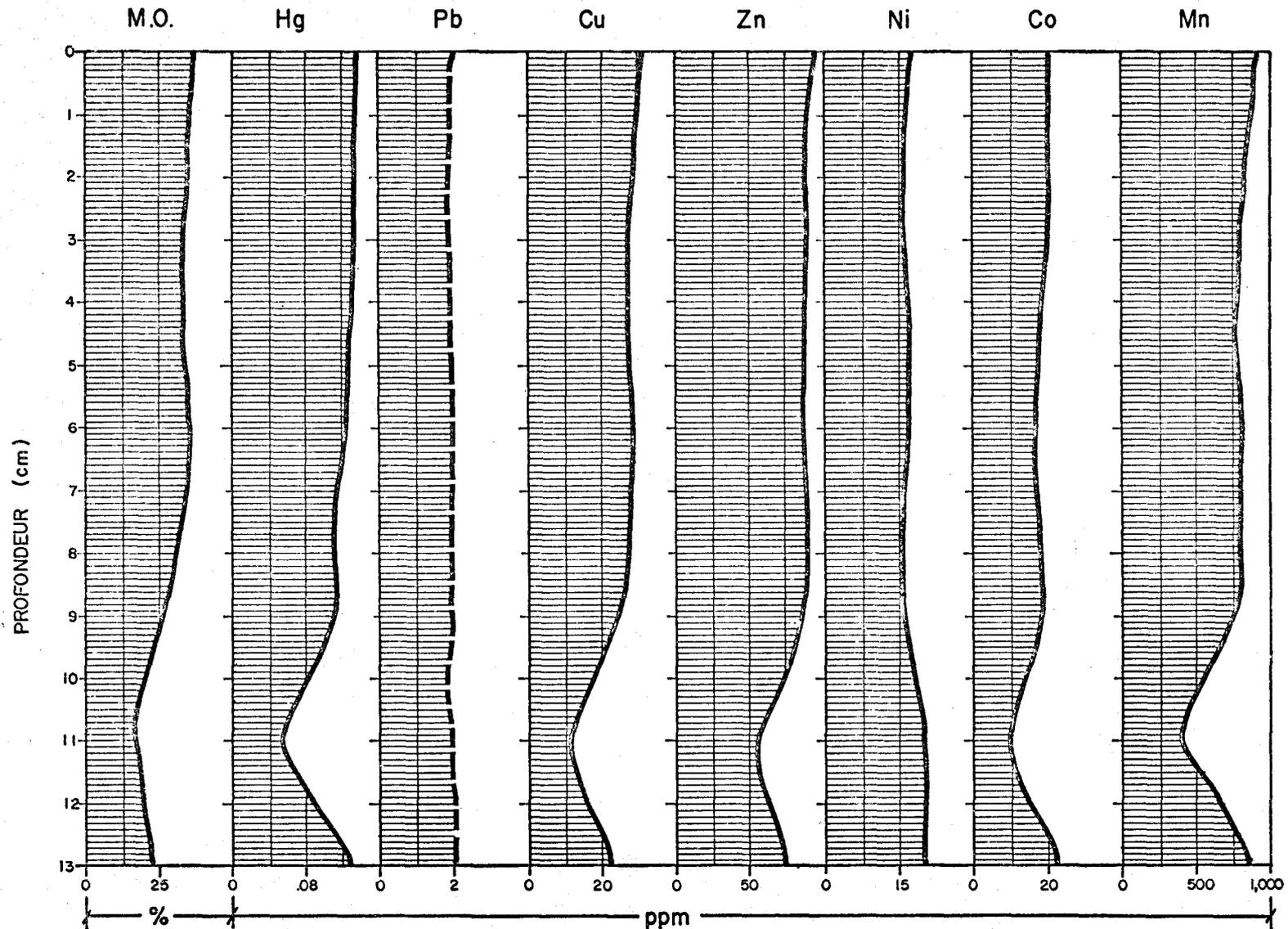


Fig. 3.6a. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 1 (petit lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n° 4.

Note: Dans les figures 3.6 à 3.11, des pointillés indiquent des mesures en dessous de la limite de détection.

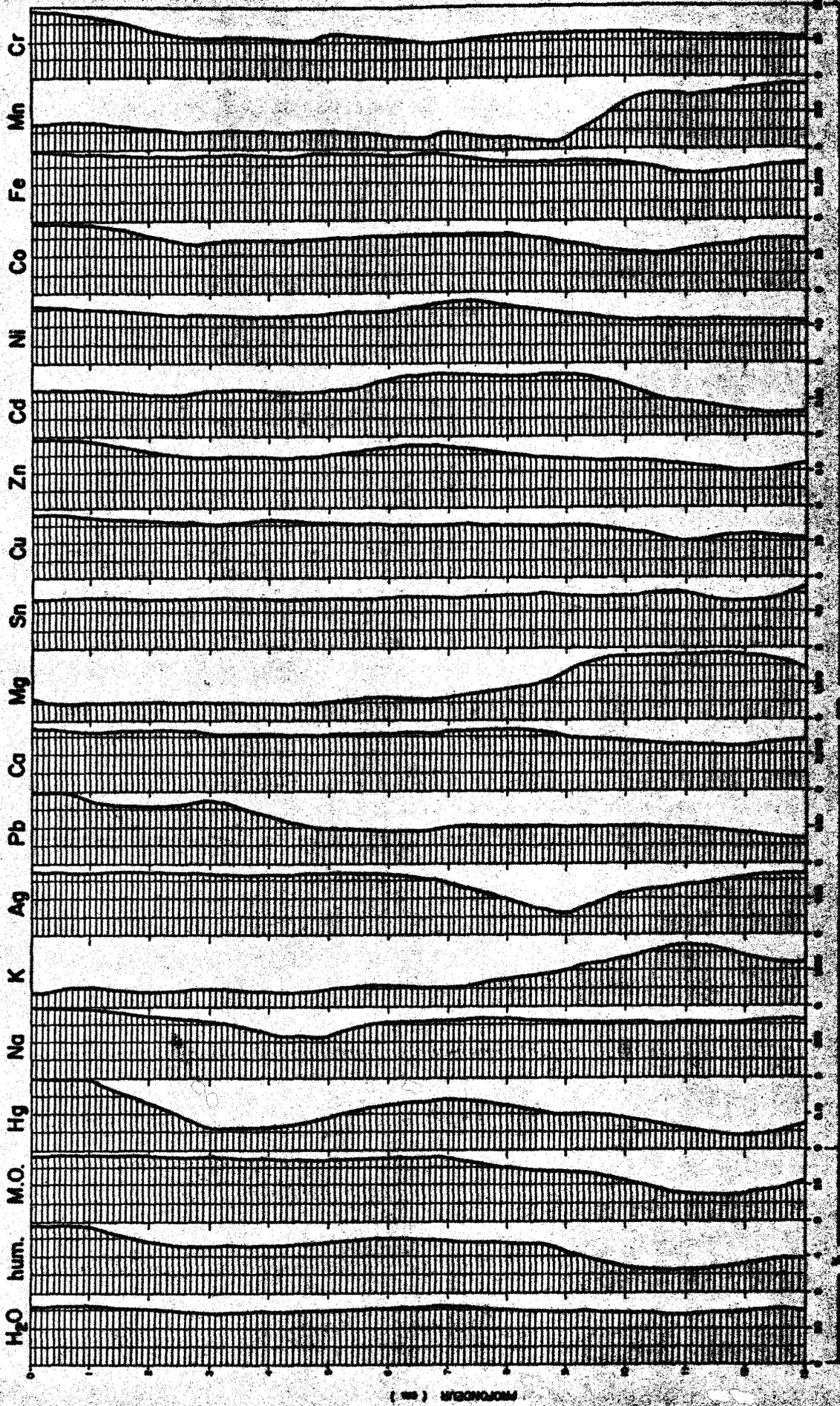


Fig. 3-26. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sols dans les bassins de site 1 (petit fac. Témiscamité). Résultats du laboratoire 278.

Note: Dans les figures 3.6 à 3.11, des pointillés indiquent les mesures au dessus de la limite de détection.

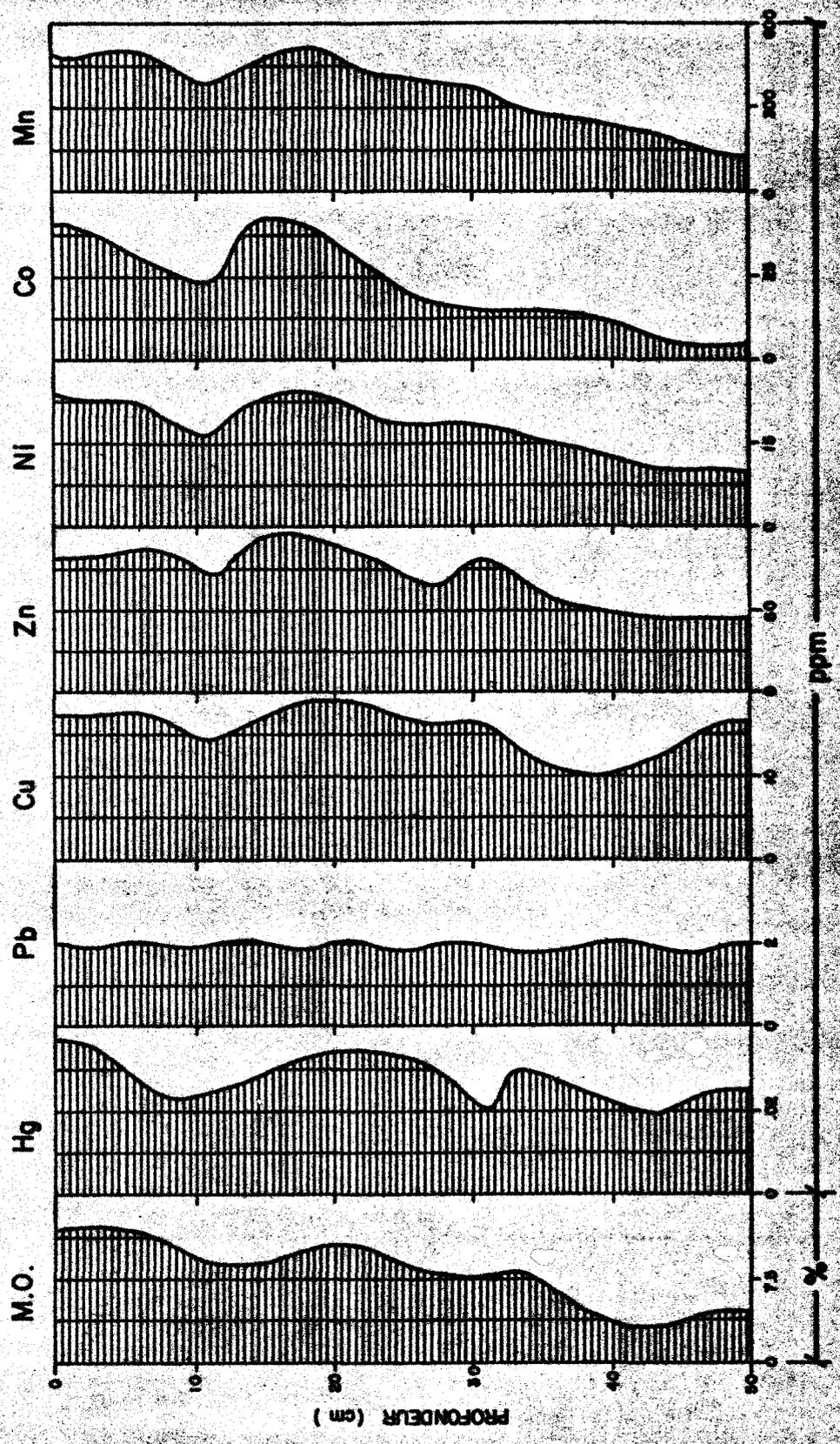


Fig. 3.7a. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 2 (lac Temiscamie). Résultats du laboratoire #0-4.

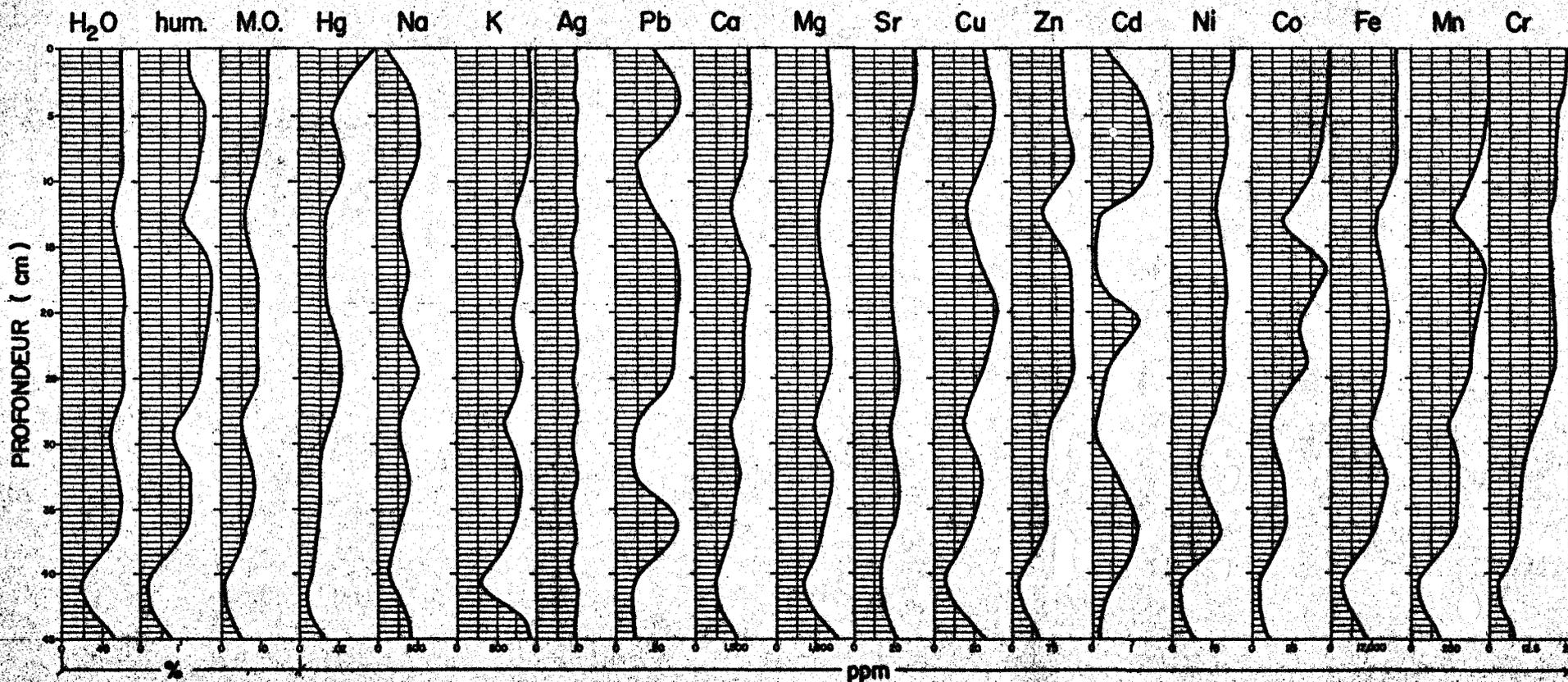


Fig. 3.7b. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 2 (Lac Tenin-camie). Résultats du laboratoire n° 5.

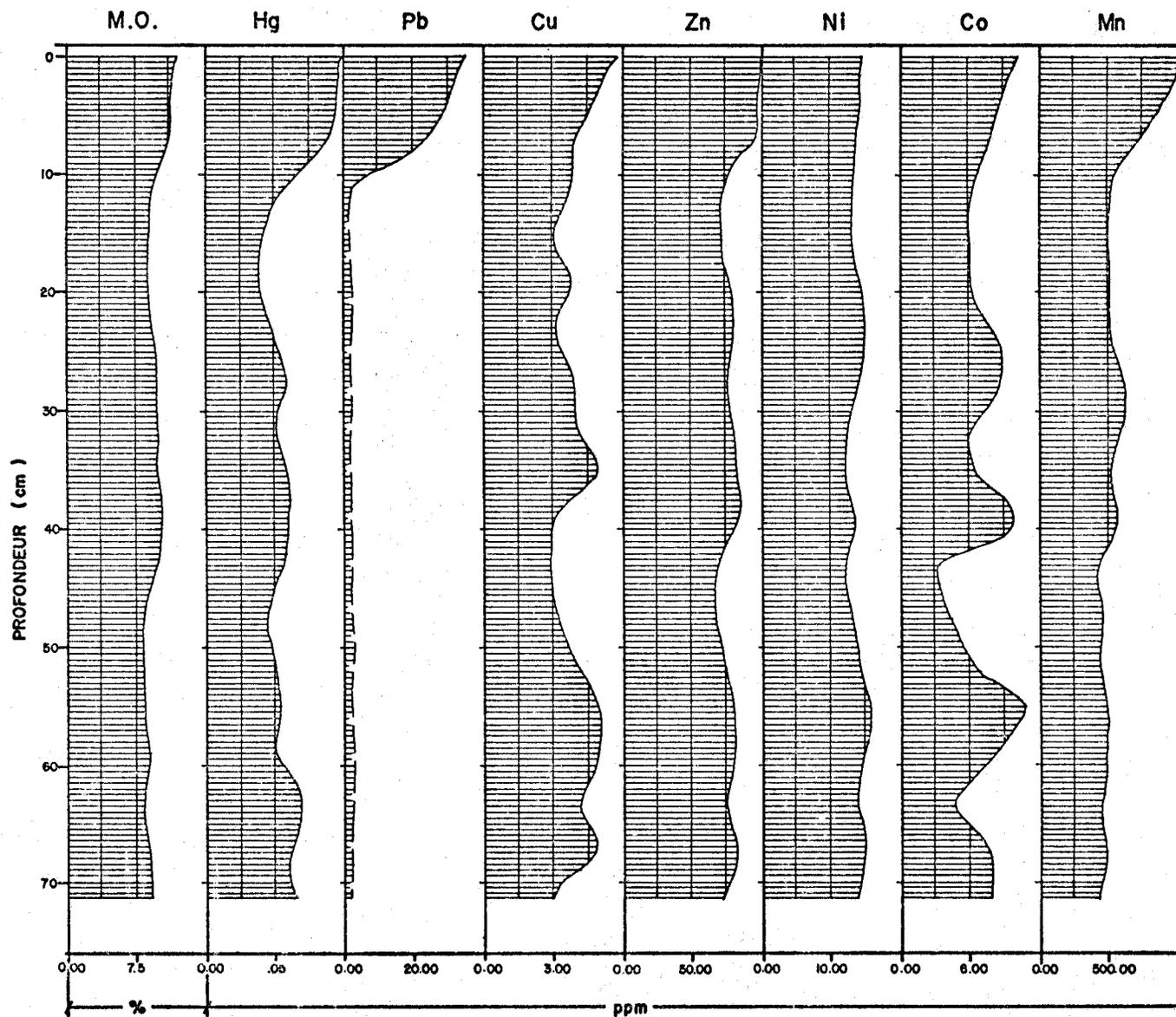


Fig. 3.8a. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 4 (lac Clairy). Résultats du laboratoire n° 4.

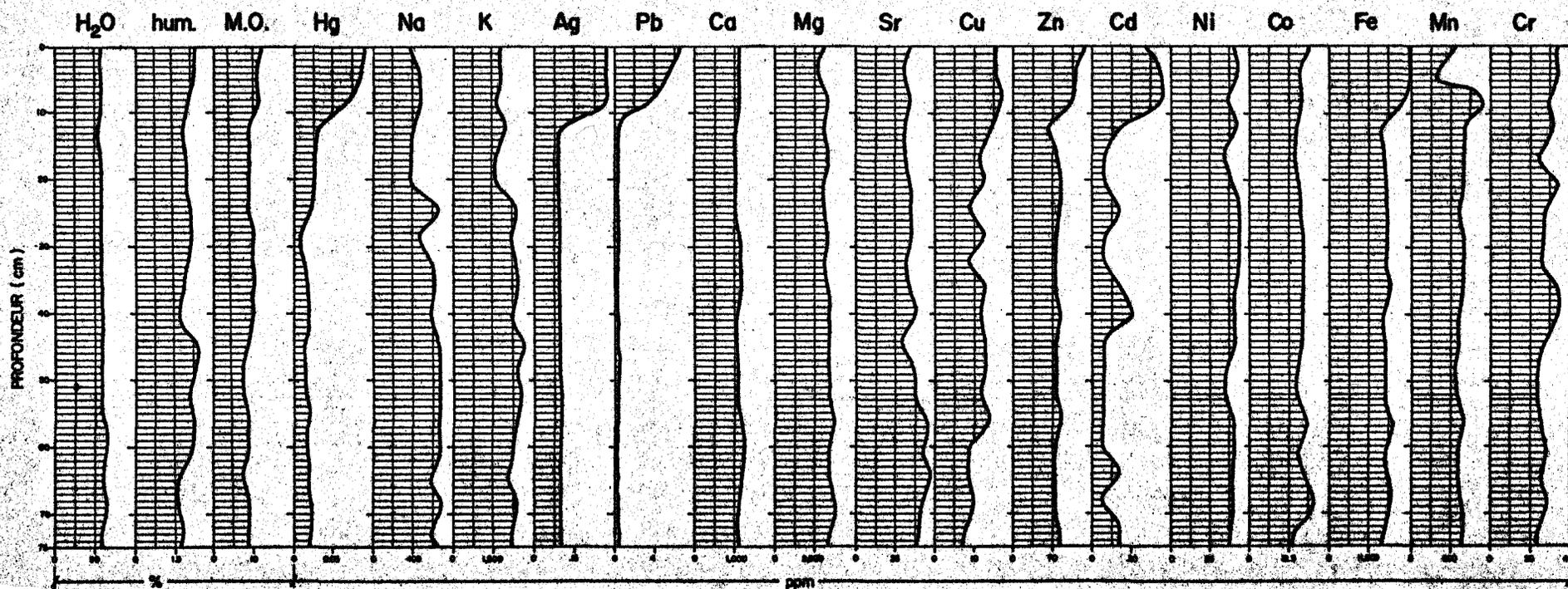


Fig. 3.8b. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 4 (lac Clairy). Résultats du laboratoire n° 5.

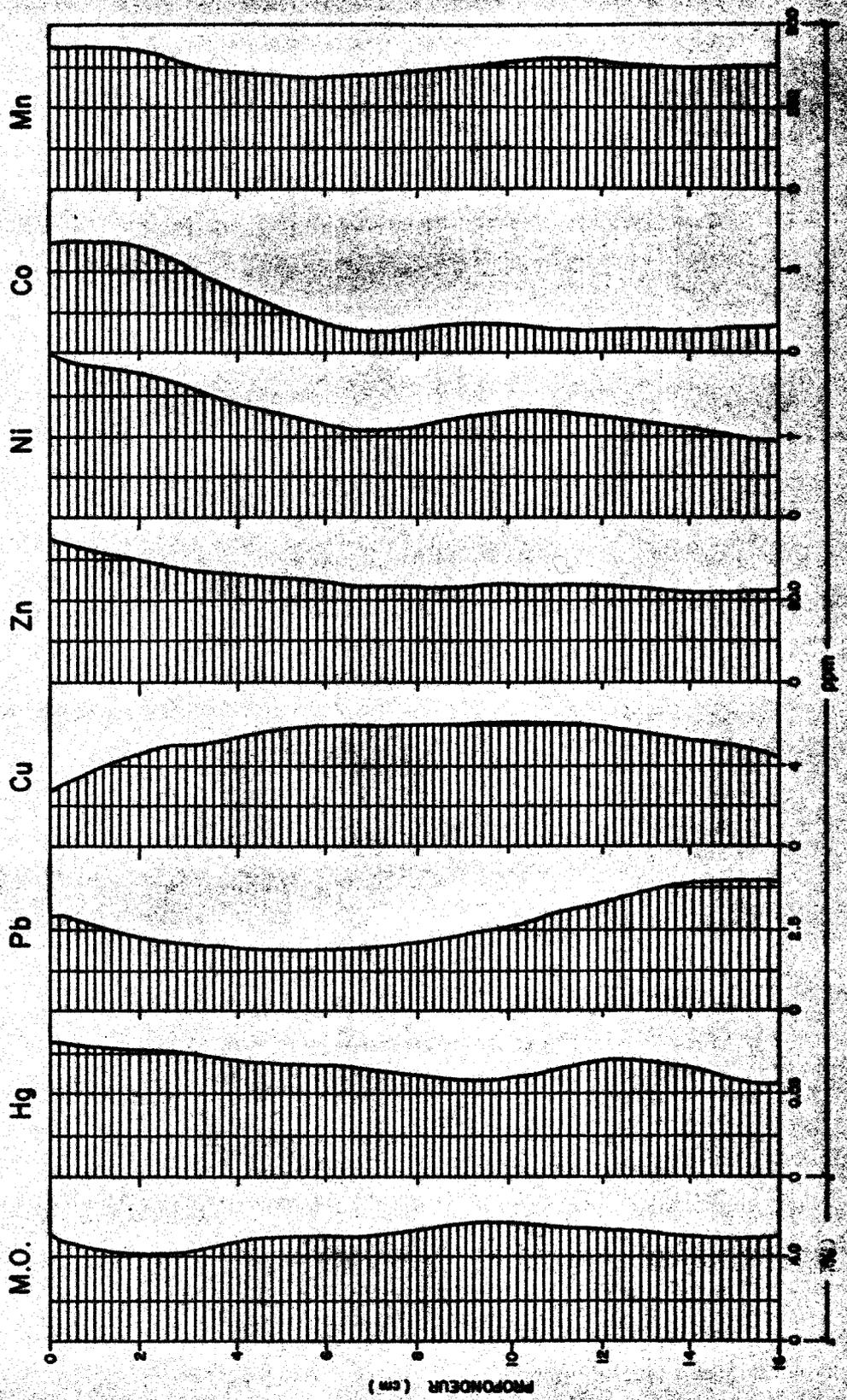


Fig. 3.9. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments du site 10 (lac Mistassini). Résultats du laboratoire #1.

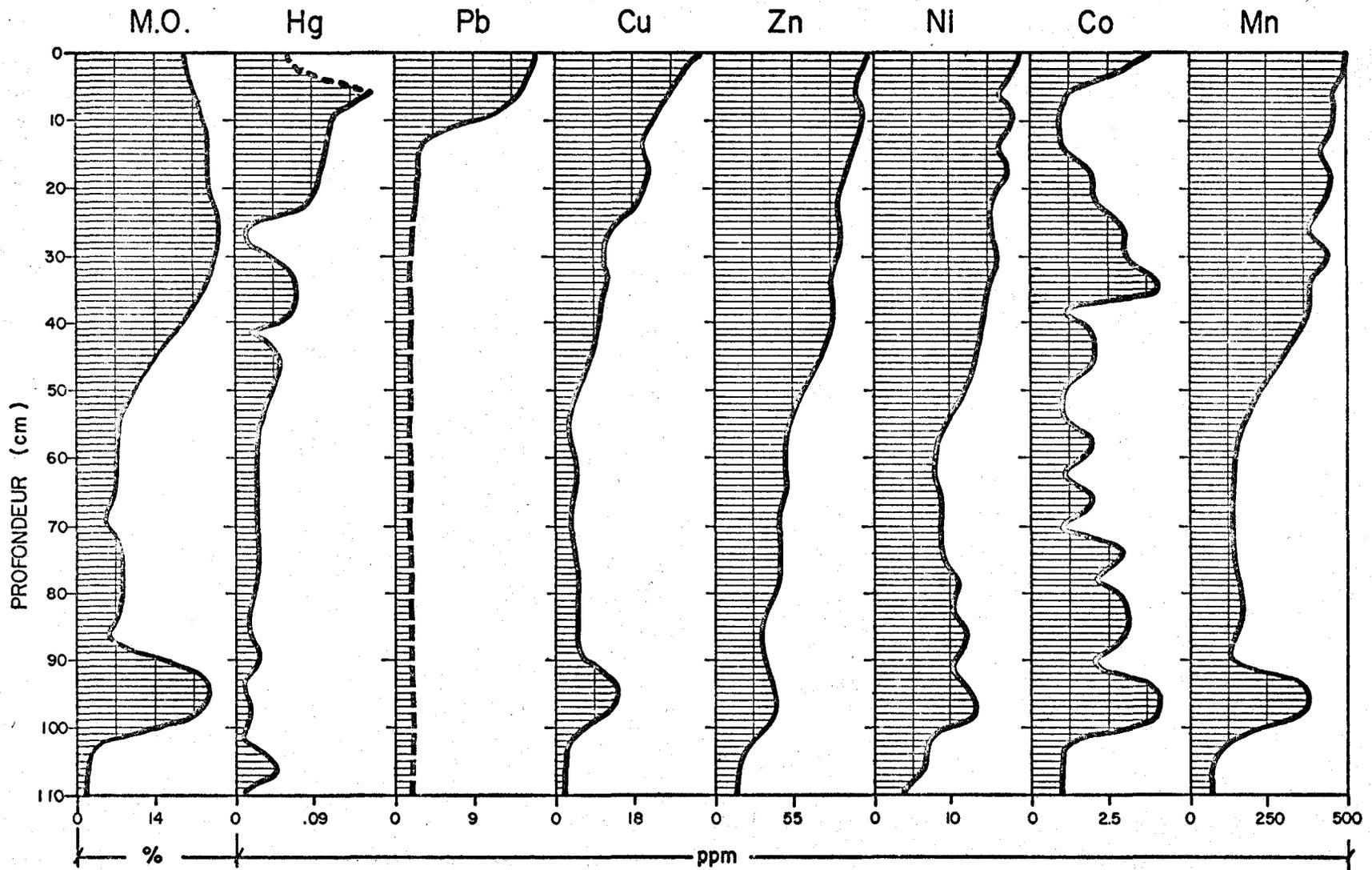


Fig. 3.10a. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 11 (lac Mistassini). Résultats du laboratoire n° 4.

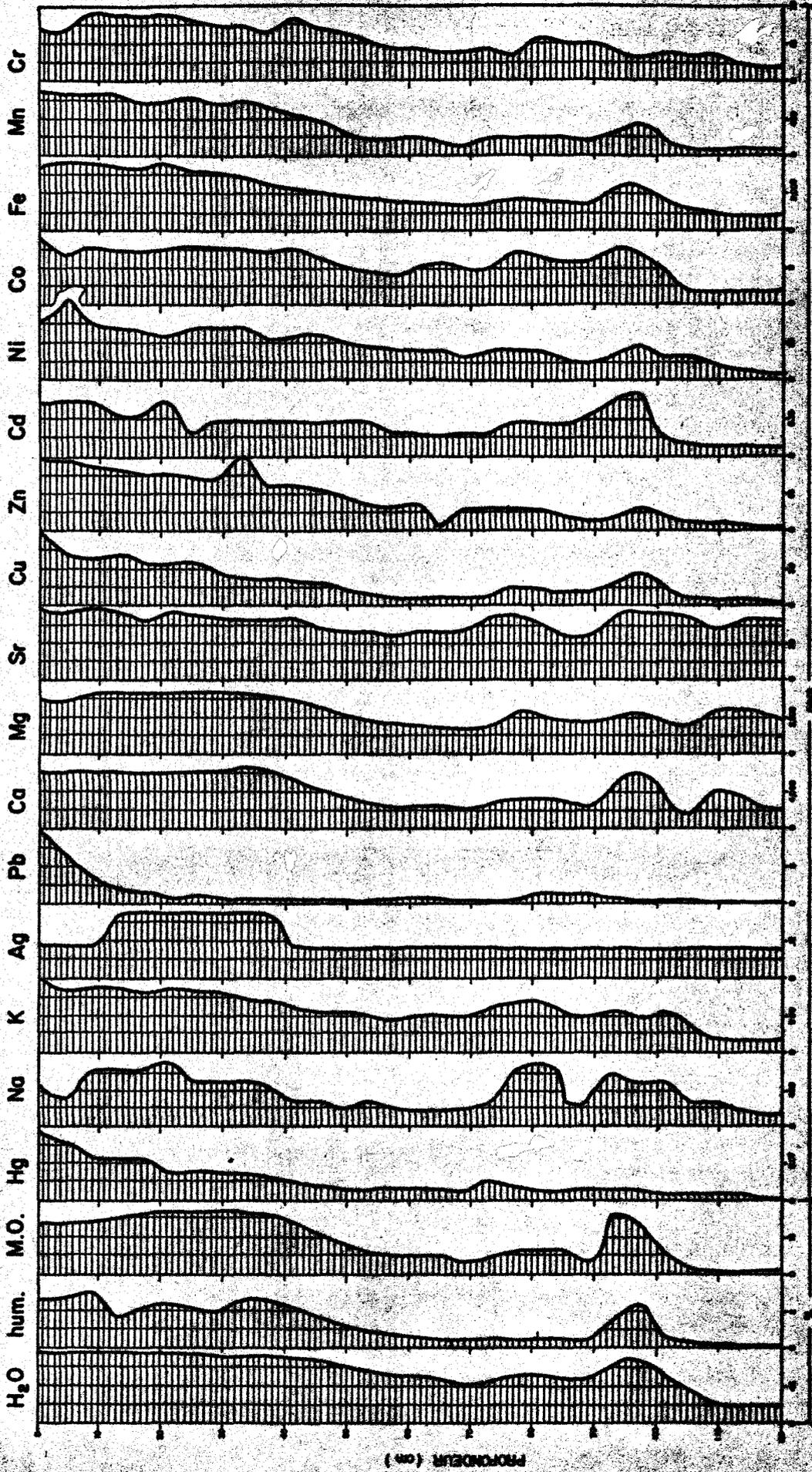


Fig. 3.10b. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 14 (lacs Mistassini). Résultats du laboratoire n° 3.

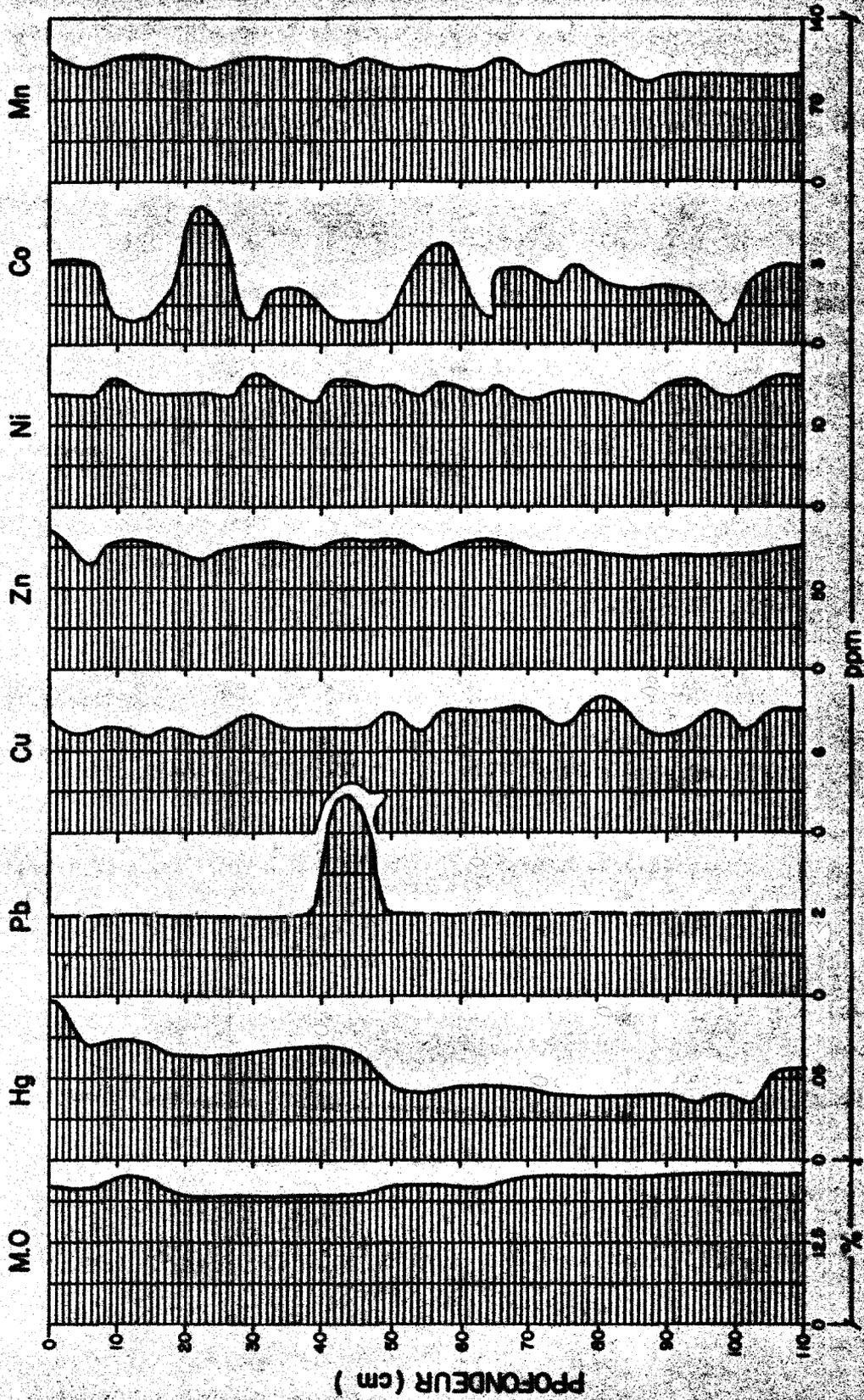
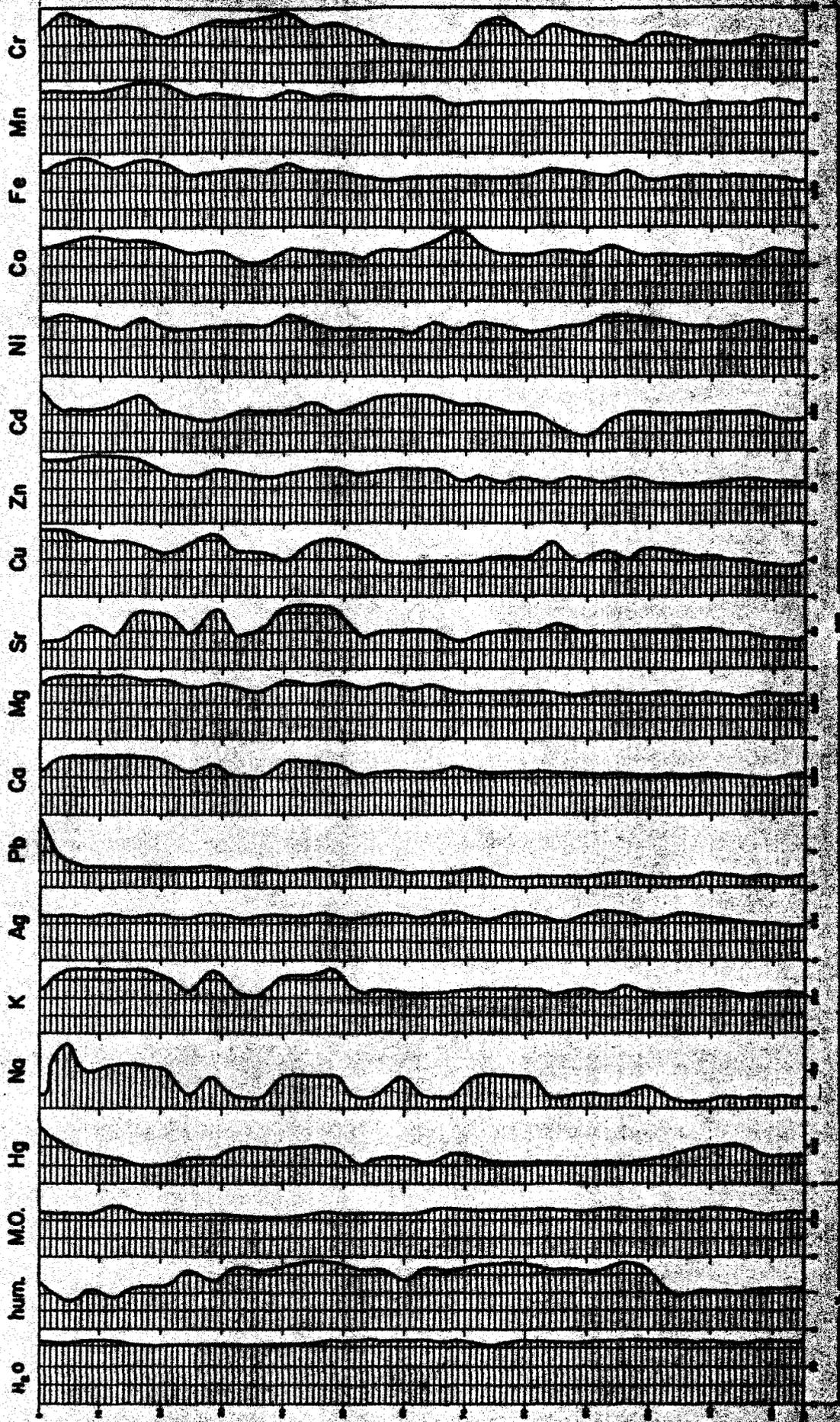


Fig. 3.11a. Distribution stratigraphique de la composition chimique des sédiments lacustres du site 16 (lac-Wendreich). Résultats du Laboratoire n°4.



(continued)

Fig. 1.11b. Distribution of elements in the composition of sediments from site 10 (see Fig. 1.11a). Results of laboratory analysis.

#### 4. DISCUSSION GENERALE

Une foule de détails paraissent, à première vue, compromettre la qualité de l'interprétation des résultats; ainsi en est-il de la discordance des résultats rapportés par les différents laboratoires pour les analyses de mercure en particulier, du nombre faible de sites échantillonnés (18 plutôt que 52 tel que prévu dans l'expédition sur le terrain) ainsi que de la connaissance imprécise des caractéristiques biogéographiques, hydrogéologiques et climatologiques régionales. Cependant, cette étude a été entreprise dans le cadre d'une perception "haute perspective - basse résolution" du comportement du mercure dans la région; les résultats acquis permettent de dégager des tendances phénoménologiques importantes dans le cycle du mercure qui viendraient renforcer ou affaiblir les grands scénarios de mise en biodisponibilité élaborés dans le rapport du Comité interministériel sur le mercure (Sasseville *et al.*, 1976).

##### *La discordance des résultats*

La discordance des résultats d'analyse, selon le laboratoire d'origine, constitue un aspect important et inquiétant dont il faut tenir compte dans les tentatives d'interprétation. Parmi les raisons possibles de la discordance, on peut mentionner certaines causes liées à l'échantillonnage:

1. l'hétérogénéité des échantillons partagés dans différents contenants et distribués aux différents laboratoires;
2. les pertes ou les contaminations encourues pendant l'échantillonnage, le transfert et l'entreposage du matériel;
3. les différentes méthodes et conditions de conservation des échantillons;
4. les délais encourus entre le moment de l'échantillonnage et l'analyse du matériel.

Pendant la manipulation au laboratoire, les causes suivantes peuvent être responsables de la discordance de certains résultats:

1. l'hétérogénéité dans un même échantillon;

2. les pertes et les contaminations liées à la préparation des échantillons, comme le séchage et le tamisage des sédiments;
3. les différentes méthodes de prétraitement des échantillons (surtout dans le cas de la digestion des sédiments);
4. les diverses méthodes d'analyse avec des spécificités et sensibilités différentes;
5. les pertes et les contaminations encourues pendant l'analyse de l'échantillon;
6. les erreurs introduites lors de la manipulation et du traitement de l'échantillon durant l'analyse (erreurs sur la pesée, sur la température, sur le chauffage, etc.).

#### *Les caractéristiques des sites échantillonnés*

Les sites échantillonnés se situent sur les trois provinces géologiques composant le territoire de la région d'étude: 2 sites appartiennent à la province de Grenville, 4 à la province de Supérieur (série Chibougamau) et 9 à la province de Churchill. Les spécimens recueillis couvrent la gamme végétation-neige-eau, carottes de sédiments, et il semble plausible de pouvoir associer les anomalies, s'il en est, à leur province d'origine. Plusieurs sites sont situés à proximité de failles de minéralisation ou d'aires riches en minéraux à base de zinc, de plomb, de cuivre ou de fer; connaissant les associations probables entre le mercure et ces minéraux, il sera éventuellement possible de rattacher certaines caractéristiques physico-chimiques de l'eau ou des sédiments à certains processus hydrogéologiques se déroulant sur le territoire. Deux sites d'échantillonnage situés dans la baie du Poste pourraient servir à l'évaluation de l'effet des activités minières de la mine Icon Sullivan Joint Venture sur la composition des sédiments à une certaine distance des opérations de la mine. De leur côté, des spécimens de végétation recueillis à certains sites pourraient servir à l'évaluation de l'hypothèse de la bioextraction du mercure. Enfin, d'autres sites en série, selon la direction de l'écoulement, pourraient fournir des informations permettant de voir l'évolution du mercure dans les sédiments ou dans l'eau de l'amont vers l'aval.

On a rapporté au Tableau 4.1 les caractéristiques géologiques et biogéographiques propres à l'environnement auquel chacun des sites est assujéti.

*L'usage des données en tant qu'indice*

Il est facile de concevoir que la compréhension des processus environnementaux, issue d'un tissu ramifié d'interrelations complexes entre les composantes biotiques et abiotiques, exige une approche permettant de mettre en lumière les processus dominants responsables de la dynamique du système que l'on veut étudier. Cependant, l'échelle des phénomènes (espace, temps, nombre de composantes phénoménologiques) défie toute intervention scientifique qui tentera de les circonscrire globalement. C'est ainsi que de plus en plus on perçoit les données environnementales comme des indices permettant de renforcer les hypothèses faites sur le comportement du système étudié.

L'étude de certains aspects du cycle du mercure dans une région aussi vaste que celle du lac Mistassini, présuppose une connaissance approfondie des phénomènes environnementaux qui sont susceptibles de s'y dérouler. Ainsi serait-il important de connaître les processus de régulation de la qualité de l'eau afin de comprendre les phénomènes qui se déroulent sur le bassin ou au sein même du secteur aquatique et qui subordonnent le comportement du mercure dans le milieu. Une telle perception déborde largement l'esprit de cette étude. L'usage des données recueillies en tant qu'indice de comportement se limitera donc à l'estimation du niveau de base de la concentration de mercure telle qu'on la retrouve actuellement dans la région, à l'évaluation de l'effet plausible de certaines activités humaines (telles les opérations de la mine Icon Sullivan Joint Venture au sud de la baie du Poste ou les activités industrielles de la région de Chibougamau) sur les teneurs en mercure de la neige ou des sédiments dans la région et enfin, à l'analyse de certaines hypothèses mettant en relation l'évolution stratigraphique du mercure dans les sédiments avec des processus (bio)géologiques susceptibles de s'être déroulés sur le bassin.

#### 4.1 LES CONCENTRATIONS DE MERCURE DANS LE MILIEU

Les concentrations de mercure dans différentes composantes (végétation, neige, eau, sédiments) de l'environnement régional ont été évaluées au cours de cette

Tableau 4.1 Tableau synoptique des caractéristiques physiques des sites d'échantillonnage

SITE	LIEU	ROCHES ET DEPOTS MEUBLES	MINERALISATION	MASSIFS BOISES DES RIVES ADJACENTES
1	Petit lac Témiscamie	gneiss à plagioclase, biotite et à hornblende	-	rive sud: brûlis non régénéré rive nord: résineux mûr
2	Grand lac Témiscamie	gneiss à plagioclase, biotite et à hornblende	-	rive nord-est: brûlis non régénéré rive nord: pessière à cladonie rive sud et sud-ouest: résineux mûr
3	Lac Albanel (rive est de la baie du Nord)	roche ferrifère, schiste argileux (shale) et dolomie	formation ferrifère (magnétite)	résineux mûr
4,5	Lac Clairiy	dépôts glaciaires ou fluvio-glaciaires	-	résineux jeune
6	Lac Mistassini (nord de Wabassinon)	dépôts glaciaires ou fluvio-glaciaires	-	rives nord et ouest: brûlis non régénéré
7	Lac Mistassini	dépôts glaciaires ou fluvio-glaciaires	-	rive est: résineux mûr
8	Lac Mistassini (bras est)	dolomie noire et crêtes d'argiles à blocs	-	péninsules: résineux mûr
9	Lac Albanel (baie du Nord)	dolomie et dépôts glaciaires	-	rive ouest: résineux mûr
10	Lac Albanel (face au lac Einer)	dolomie grise et roche ferrifère	formation ferrifère (magnétite)	rive est: mélangé mûr
11	Lac Mistassini (baie Abatagouche nord)	dolomie grise et schiste dolomitique	sphalérite et galène	résineux mûr
12	Lac Mistassini (baie Abatagouche sud)	dolomie grise et schiste dolomitique	sphalérite et galène	résineux mûr

Tableau 4.1 (suite)

SITE	LIEU	ROCHES ET DEPOTS MEUBLES	MINERALISATION	MASSIFS BOISES DES RIVES ADJACENTES
13	Lac Mistassini (baie du Poste, nord de l'esker)	dolomie arénacée, dolomie argileuse, dolomie cristalline et chert, faille	-	rive nord: résineux mûr rive ouest: résineux jeune
14	Lac Mistassini (baie du Poste, sud de l'esker)	dolomie arénacée, dolomie argileuse, dolomie cristalline et chert	chalcopryrite	rive sud: mélangé mûr
15	Lac Waconichi (nord de Heart I)	rive ouest: roches granitiques et gneiss granitiques rive est: roches sédimentaires de la série de Chibougamau (grès, conglomérat)	chalcopryrite	rive ouest: résineux jeune rive est: résineux mûr
16	Lac Waconichi (rétrécissement du lac)	série de Chibougamau	-	rive ouest: résineux jeune rive est: résineux mûr
17	Lac Waconichi (baie Spawning)	roches métasédimentaires et pyroclastiques faille	-	mélangé mûr
18	Lac Waconichi	faille entre série de Chibougamau et roches métasédimentaires et pyroclastiques	chalcopryrite	mélangé mûr résineux mûr
19	Lac Winsch	série de Chibougamau	-	mélangé mûr

étude. A l'exception de la végétation pour laquelle le nombre de sites ou d'individus échantillonnés est faible, il semble qu'il soit possible d'estimer le niveau de base de la concentration de mercure pour chacune des autres composantes. Avant de discuter, dans les sections qui suivent, les résultats qui ont été synthétisés au Tableau 4.2, mentionnons que la concentration de mercure retrouvée dans les branches d'épinettes se situe à l'intérieur du domaine de variation rapporté par Winmill (1972). Cependant, les branches de sapins recueillies au site 8 présentaient des teneurs élevées en mercure qui laissent supposer la proximité d'une aire de minéralisation riche en mercure.

#### 4.1.1 LA NEIGE

L'évaluation de la concentration du mercure dans la neige présente certaines difficultés associées aux conditions climatiques lors de l'expédition. En effet, les échantillons de neige recueillis étaient denses et imprégnés d'eau. Les conductivités de l'eau de fonte des échantillons varient approximativement de 4 à 17  $\mu\text{mhos/cm}$  alors que l'on s'attendait à une variation moins grande en considérant les conductivités mesurées dans de la neige recueillie dans d'autres régions du bouclier canadien. Par exemple, au bassin des Eaux-Volées de la Forêt Montmorency on a mesuré des conductivités variant entre 3.5 et 9  $\mu\text{mhos/cm}^1$ .

Il semble donc que l'eau du lac ait pu, dans une certaine mesure, se diffuser dans le mélange "neige-eau" recouvrant le couvert de glace. Cependant, plus la conductivité est élevée dans la neige, moins la concentration de mercure a tendance à être élevée. Ainsi, si l'on ne tient pas compte des nombreux phénomènes thermodynamiques susceptibles de se dérouler lorsque les trois phases co-existent (solide, liquide, gazeux), il est plausible d'affirmer que l'effet des eaux lacustres sur les teneurs en mercure du couvert de neige humide est minime, et que les résultats obtenus sont représentatifs du niveau de base en mercure dans la neige<sup>2</sup>. La Figure

<sup>1</sup> Résultats non publiés de Lachance, M. et Sasseville, J.-L., INRS-Eau (1973).

<sup>2</sup> Il faut souligner que l'évolution spatiale et temporelle des caractéristiques du manteau neigeux reposant sur la couverture de glace lacustre est très complexe et beaucoup plus dynamique que ce à quoi on aurait pu s'attendre à partir d'observations dites "macro". En effet, les conditions météorologiques telles que la température, le vent et la pluie jouent un rôle déterminant dans la dynamique de la structure stratigraphique du manteau. Ces phénomènes météorologiques sont responsables du processus de fonte, congélation, lessivage, action capillaire, etc., qui se traduit par des cycles structurels diurnes superposés à l'évolution nivale à plus long terme. Il en résulte une distribution des apports chimiques et biotiques très variables qui sont souvent influencés par les apports provenant de la masse d'eau du lac via un écoulement à travers la couche de glace.

Tableau 4.2 Description paramétrique du niveau de base des concentrations de mercure de composantes diverses, établie par trois laboratoires en 1976.

COMPOSANTES	CONCENTRATIONS EXPRIMEES EN ppb								
	LABORATOIRE n° 1			LABORATOIRE n° 5			LABORATOIRE n° 4		
	MIN	$\bar{X}^* \pm \sigma^{**}$	MAX	MIN	$\bar{X} \pm \sigma$	MAX	MIN	$\bar{X} \pm \sigma$	MAX
Neige	0.12	0.26 ± 0.15	0.62	0.10	0.16 ± 0.02	0.28	--	-- - - -	--
Eau de surface	0.16	0.44 ± 0.18	0.79	0.10	0.24 ± 0.14	0.59	--	-- - - -	--
Eau de fond	0.18	0.45 ± 0.24	1.0	0.10	0.26 ± 0.27	1.1	--	-- - - -	--
Sédiment de surface	<10	- - - - -	20	10	39 ± 23	40	20	35 ± 20	40
S.surf. + 0-2 cm***	- - -	- - - - -	- - -	10	54 ± 55	192	--	-- - - -	--

\*  $\bar{X}$  : moyenne

\*\*  $\sigma$  : écart type de la population

\*\*\* S.surf. + 0-2 cm: on considère ici les premiers 2cm des carottes comme comparables aux sédiments de surface recueillis par la benne de type Eckman (voir page 71).

Lab n° 1: Laboratoire d'Environnement Canada

Lab n° 5: Laboratoire des Services de protection de l'environnement du Québec

Lab n° 4: Laboratoire du ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales.

4.1 représente la distribution du mercure dans la neige et la courbe des concentrations classées par ordre croissant; la pente est faible pour 11 des 14 sites échantillonnés, puis augmente rapidement pour les sites 17, 4 et 8. L'augmentation rapide en fin de courbe signifierait que des phénomènes locaux peuvent avoir une importance considérable sur les teneurs en mercure dans la neige, ou encore, indiquerait des contaminations ou des erreurs d'analyse. On doit remarquer que le site 8 est situé à proximité de la zone où a été recueillie de la végétation ayant des concentrations élevées de mercure et que le site 17 chevauche une faille géologique. On estime, en incluant les singularités, que la concentration moyenne dans la neige est de l'ordre de 0.26 ppb avec un écart type de la population de 0.15 ppb, selon le laboratoire d'analyse d'Environnement Canada, et de l'ordre de 0.16 ppb avec un écart type de la population de 0.02 ppb, selon le laboratoire d'analyse des Services de protection de l'environnement du Québec. Bien qu'il soit difficile de trancher sur la validité des résultats obtenus par chacun des laboratoires, on admettra, pour le moment, que le résultat ayant un écart type élevé semble plus conforme au comportement général des substances retrouvées dans les eaux atmosphériques.

#### 4.1.2 LES EAUX SUPERFICIELLES

L'allure de la courbe de classement des concentrations de mercure dans les eaux superficielles est très différente de celle de la neige, comme l'indique la Figure 4.2. On constate que l'on retrouve des valeurs plus élevées dans les eaux de surface que dans les eaux profondes en un même site et ceci, de façon significative pour plusieurs d'entre eux si l'on suppose que l'erreur d'estimation pour un même laboratoire se répète d'un échantillon à un autre, et qu'il n'est pas différent de  $\pm 30\%$  de la valeur qu'il estime être représentative du milieu. Cependant, en certains sites, c'est l'inverse qui se produit: au site 6, par exemple, les concentrations de mercure sont de l'ordre de 1.0 ppb en profondeur et de 0.15 ppb en surface et ces différences sont confirmées par les analyses faites par les laboratoires des Services de protection de l'environnement du Québec et d'Environnement Canada. Quand les différences au même site entre les concentrations de mercure dans les eaux en surface et en profondeur sont considérées comme significatives, on peut tenter de les expliquer de la façon suivante:

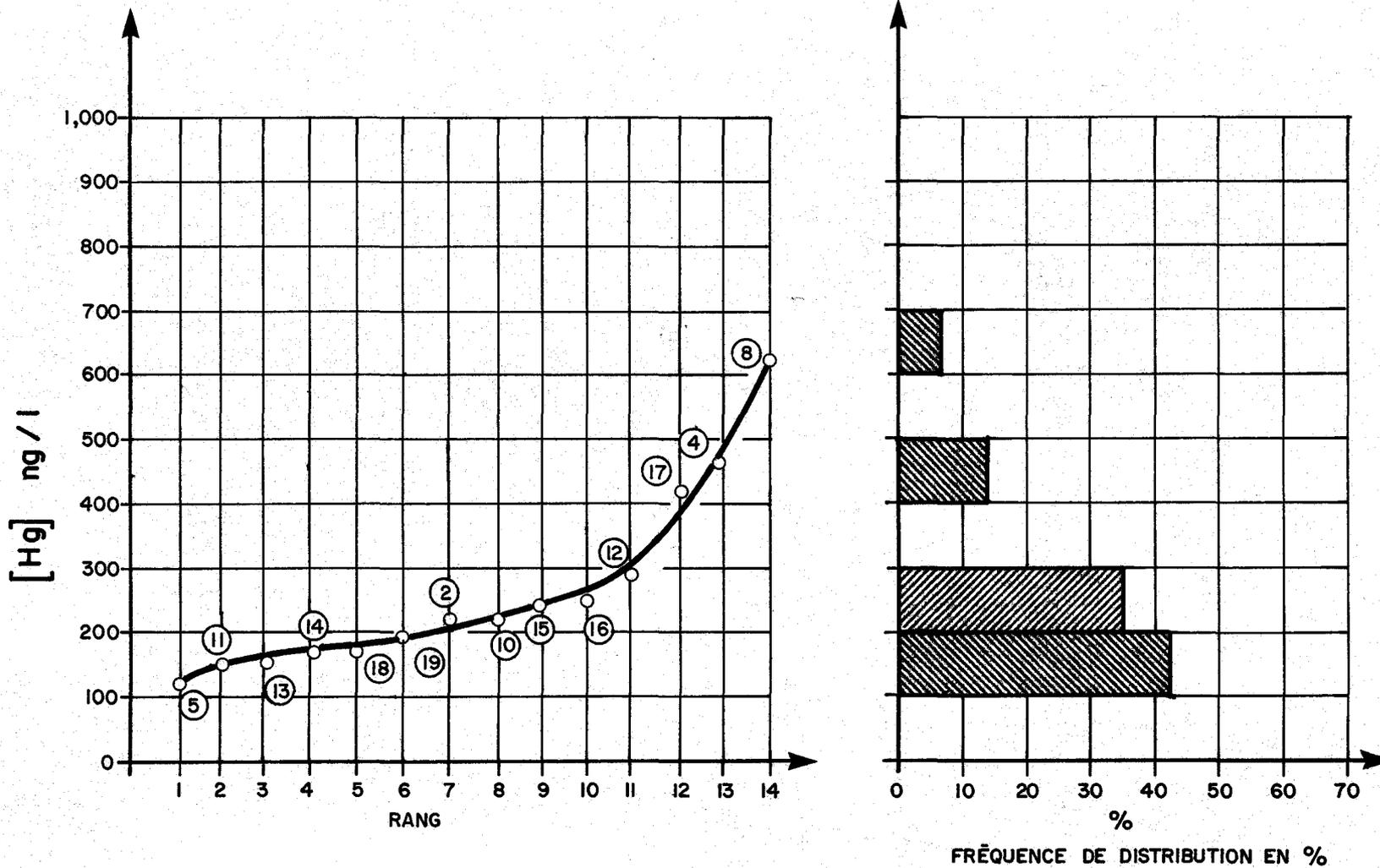


Fig .4.1 .Classement et fréquence des concentrations de mercure dans le couvert de neige du bassin du lac Mistassini .

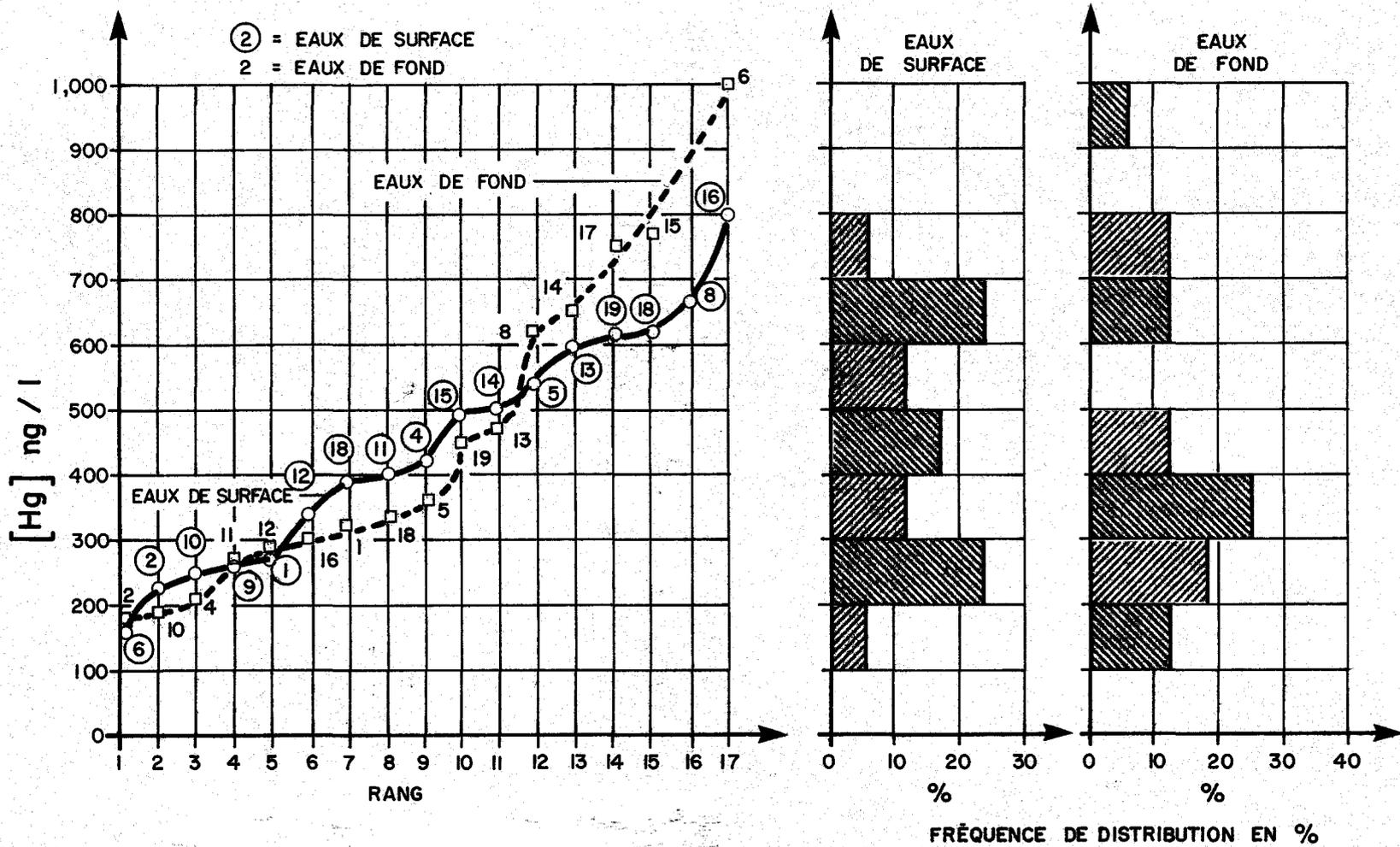


Fig .4. 2 . Classement et fréquence des concentrations de mercure mesurées dans les eaux du bassin du lac Mistassini .

les sédiments lacustres, au cours des cycles annuels, deviennent soit un puits, soit une source de mercure, selon l'influence combinée des processus de sédimentation entraînant une extraction du mercure du milieu aqueux au bénéfice de la phase sédimentaire et des processus thermodynamiques qui favoriseront la remise en solution de cet élément (changement dans l'état d'oxydation des sédiments entraîné par l'activité microbologique); ainsi, il est possible, selon le lieu et la période de l'année, que s'établisse un gradient entraînant des concentrations de mercure plus élevées en surface ou en profondeur selon la dominance de l'un ou l'autre des phénomènes.

Les concentrations moyenne de mercure varient selon le laboratoire d'analyse; ainsi, le laboratoire d'Environnement Canada rapporte des concentrations moyennes de 0.44 et 0.45 ppb pour les eaux en surface et en profondeur respectivement tandis que le laboratoire des Services de protection de l'environnement rapporte, pour les mêmes échantillons, des valeurs de 0.24 et 0.26 ppb. Une particularité à laquelle on ne s'attendait pas à l'analyse du comportement plausible de certaines caractéristiques physico-chimiques en milieu lacustre, c'est de trouver, fait confirmé par les deux laboratoires, des concentrations moyennes de mercure dans les eaux de surface identiques aux concentrations mesurées dans les eaux recueillies en profondeur. L'écart type de la population des concentrations en profondeur est plus grande que celle calculée pour les eaux de surface. Ce résultat est plausible étant donné que les eaux en profondeur, à proximité des sédiments, sont susceptibles d'être plus influencées par les échanges entre la phase aqueuse et la phase sédimentaire.

#### 4.1.3 LES SEDIMENTS DE SURFACE

La distribution des concentrations de mercure dans les sédiments de surface est représentée à la Figure 4.3. La pente de la courbe représentant les concentrations classées par ordre croissant augmente lentement puis brusquement pour les sites 4, 14 et 1. Pour certains des sites qui sont situés en fin de courbe, on peut s'attendre à des singularités locales qui peuvent être naturelles (aires de minéralisation, failles géologiques, etc.) ou d'origine humaine telle que les activités minières. Ainsi, le site 1 (petit lac Témiscamie), situé en tête du bassin dans la partie nord-est de la région d'étude, affiche un comportement particulier qui, comme on le verra plus loin dans la discussion, est sans doute associé au processus de sédimentation qui se traduit par des sédiments à haute teneur en

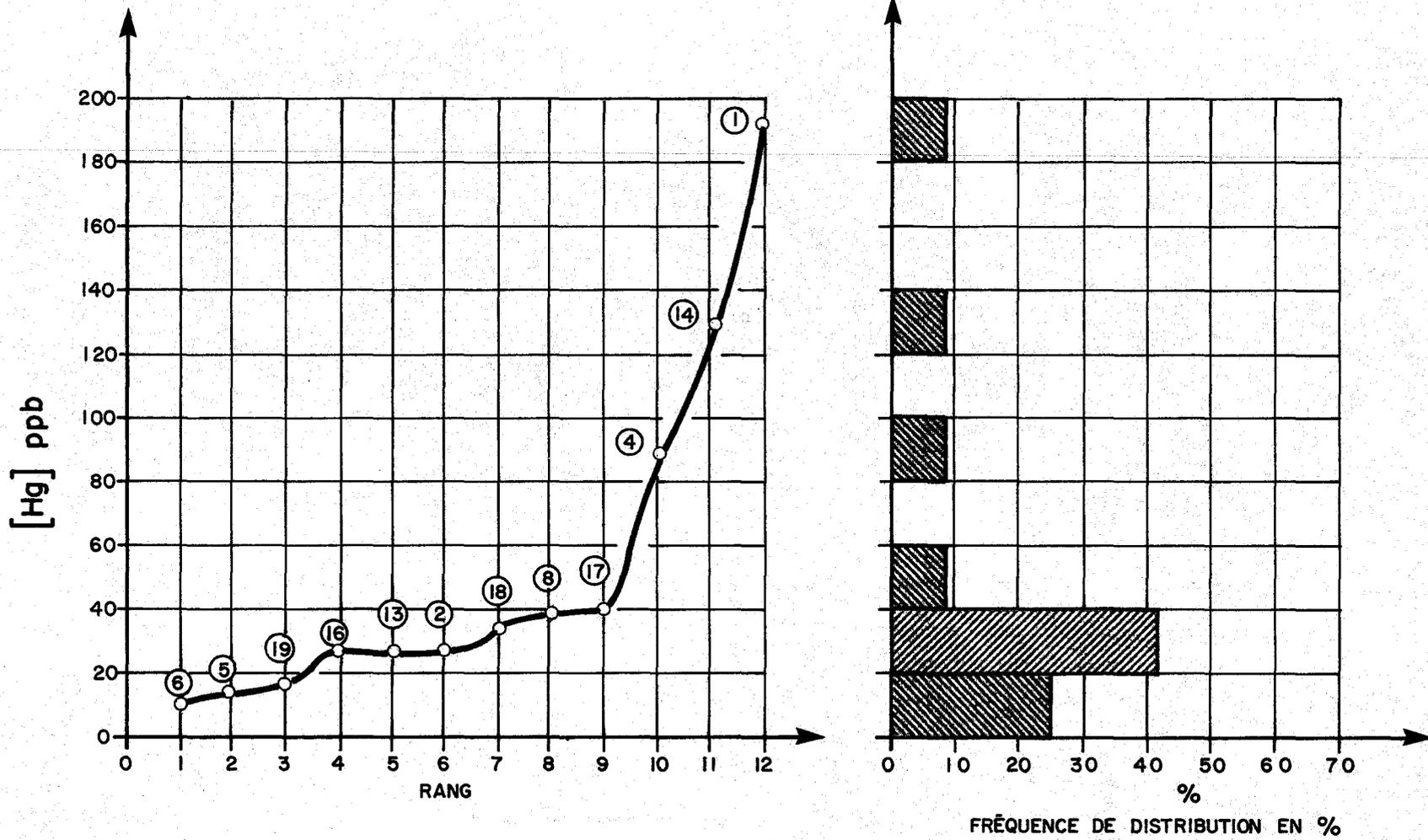


Fig. 4.3 .Classement et fréquence de mercure dans les sédiments de surface du bassin du lac Mistassini .

matière organique. De même, la portion du site 14 sur la courbe apparaissant à la Figure 4.3 n'a rien de surprenant si l'on considère qu'il est situé dans la baie du Poste, à courte distance hydrologique des résidus géologiques produits par les opérations de la mine Icon Sullivan Joint Venture sise au sud de la baie du Poste.

La concentration moyenne de Hg dans les sédiments superficiels recueillis à l'aide d'une benne de type Eckman est d'environ 40 ppb avec un écart type de la population de l'ordre de 23 ppb. Si l'on ajoute à ces résultats les concentrations mesurées dans l'intervalle stratigraphique de 0 à 2 cm, la concentration moyenne passe à 54 ppb et l'écart type à 55 ppb. Ces différences sont possiblement attribuables à la technique d'échantillonnage. En effet, la partie superficielle des sédiments (0 à 2 cm) recèle des teneurs en mercure généralement plus élevées que les intervalles situés à des niveaux stratigraphiques plus bas (8 à 16 cm). Lorsque la texture des sédiments s'y prête, l'échantillonneur de type Eckman peut entrer profondément dans le sédiment; l'échantillon de sédiment que l'on obtient ainsi est d'avantage représentatif d'une moyenne sur les 8 ou 12 premiers cm que de la concentration de mercure à l'interface sédiment-eau. Ainsi, on doit s'attendre à obtenir des valeurs plus faibles en mercure dans les sédiments de surface selon qu'ils ont été recueillis par une benne plutôt que par un carottier.

## 4.2 L'INFLUENCE DES ACTIVITES HUMAINES DE LA REGION DE CHIBOUGAMAU

Malgré que l'exploitation minière dans la région de Chibougamau ne soit pas particulièrement intense et que le minerai traité soit plus pauvre en mercure que les minerais semblables dans le Nord-Ouest (MacLachy et Jonasson, 1974), il est possible que les émanations de mercure, associées à l'ensemble des activités gravitant autour de cette ville minière et forestière, aient une influence marquée sur les précipitations dans la région d'étude.

La Figure 4.4 illustre le comportement de substances gazeuses et particulaires après leur émission d'une cheminée ou, plus généralement, au niveau du sol. On y constate que la concentration dans l'air, au niveau du sol, diminue rapidement avec la distance, les concentrations théoriques étant déjà 1,000 fois moins élevées à 10 km de la source qu'à 100 m. Du fait que la distance qui sépare le site le plus au sud-ouest de la région d'étude (site 19) de Chibougamau est de l'ordre de 20 km, on devrait s'attendre à ce que les concentrations de mercure

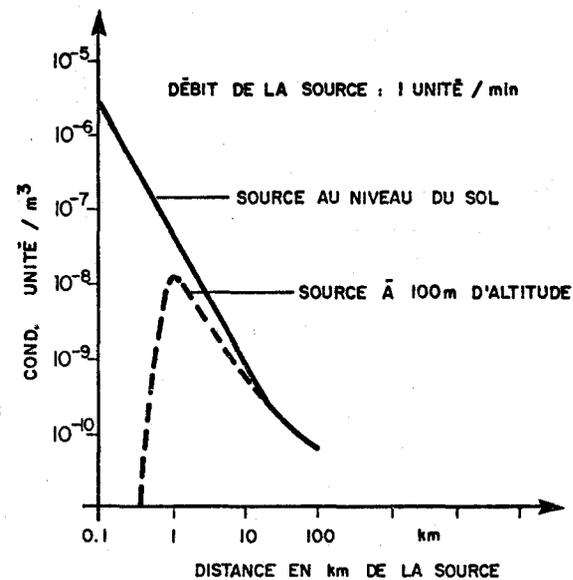
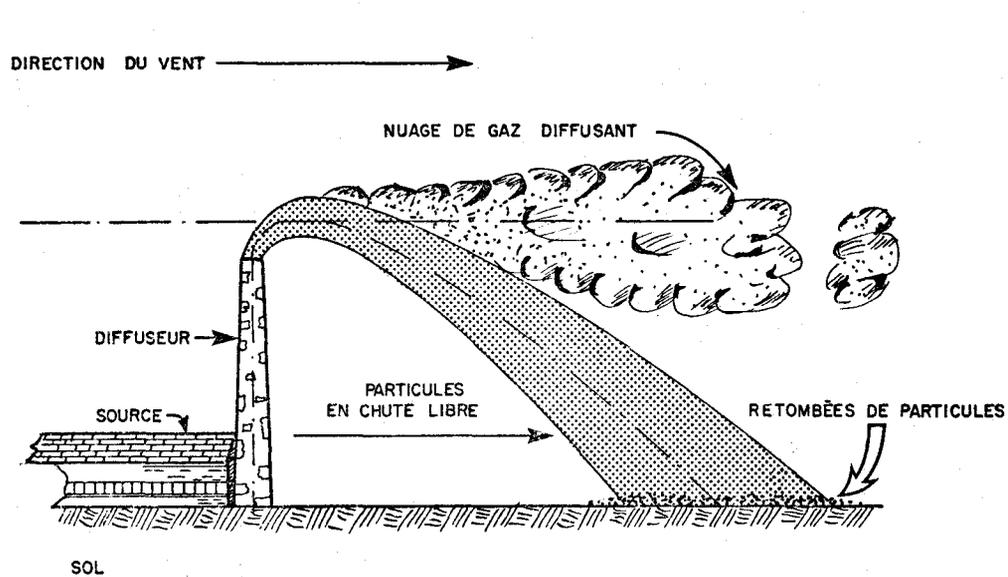


Fig . 4 . 4 . Schéma illustrant les retombées de particules et la diffusion d'un nuage gazeux en provenance d'une source active ( Tromp, 1963 ) .

dans son atmosphère environnant soient plus grandes d'au moins un facteur 10 par rapport au point 1 distant d'environ 400 km de Chibougamau dans l'axe sud-ouest nord-est; ainsi, malgré des concentrations de 1,000 à 5,000 fois plus faibles dans l'atmosphère au point 19, par rapport à la zone à proximité de la source, devrions-nous retrouver des concentrations diminuant progressivement en s'éloignant des sources potentielles de mercure. A l'examen de la Figure 4.5, on constate que les concentrations de mercure dans la neige ne suivent pas de tendance particulière avec l'éloignement de la source. Cette constatation est la même, quel que soit le laboratoire considéré, malgré que les concentrations obtenues par le laboratoire n<sup>o</sup> 4 soient plus faibles en général que celles obtenues par le laboratoire n<sup>o</sup> 5. Or, il apparaît plausible, voir même probable, que la distribution des concentrations de mercure dans la neige reflète en quelque sorte les tendances dominantes dans l'atmosphère environnante. Si tel est le cas, il semble qu'il soit possible d'affirmer que les influences des activités humaines de la région de Chibougamau sur les concentrations de mercure dans la neige recouvrant la région d'étude soient suffisamment minimes pour être masquées par d'autres phénomènes à l'échelle locale dans la région d'étude ou par des phénomènes atmosphériques se déroulant à l'échelle même du continent.

Il est peut-être essentiel de faire remarquer ici que la différence entre les résultats rapportés par les laboratoires n<sup>os</sup> 4 et 5 n'est pas un handicap sérieux à l'interprétation faite dans cette section. La sous-estimation ou la surestimation des valeurs réelles de l'un ou l'autre des laboratoires (ou des deux) est probablement reproductible pour l'un d'entre eux à  $\pm 30\%$ <sup>1</sup>. Etant donné, d'une part, que certaines valeurs coïncident parfaitement et, d'autre part, que l'on ne sait pas si la probabilité d'une sous-estimation due à la méthode d'analyse ou à des pertes dans la manutention est plus grande que la probabilité d'une surestimation provenant d'une contamination ou d'un autre facteur, il ne reste que l'écart type de la population pour justifier l'une ou l'autre des séries de valeurs. Comme dans la neige on doit s'attendre à une variabilité élevée des concentrations de ses constituants mineurs, la population de paramètres présentant le plus grand écart type nous apparaît comme plus représentative des phénomènes environnementaux. Dans ce contexte,

<sup>1</sup>

La valeur  $\pm 30\%$  est estimée à partir de l'interprétation de la double analyse d'échantillons d'eau faite par le laboratoire d'Environnement Canada.

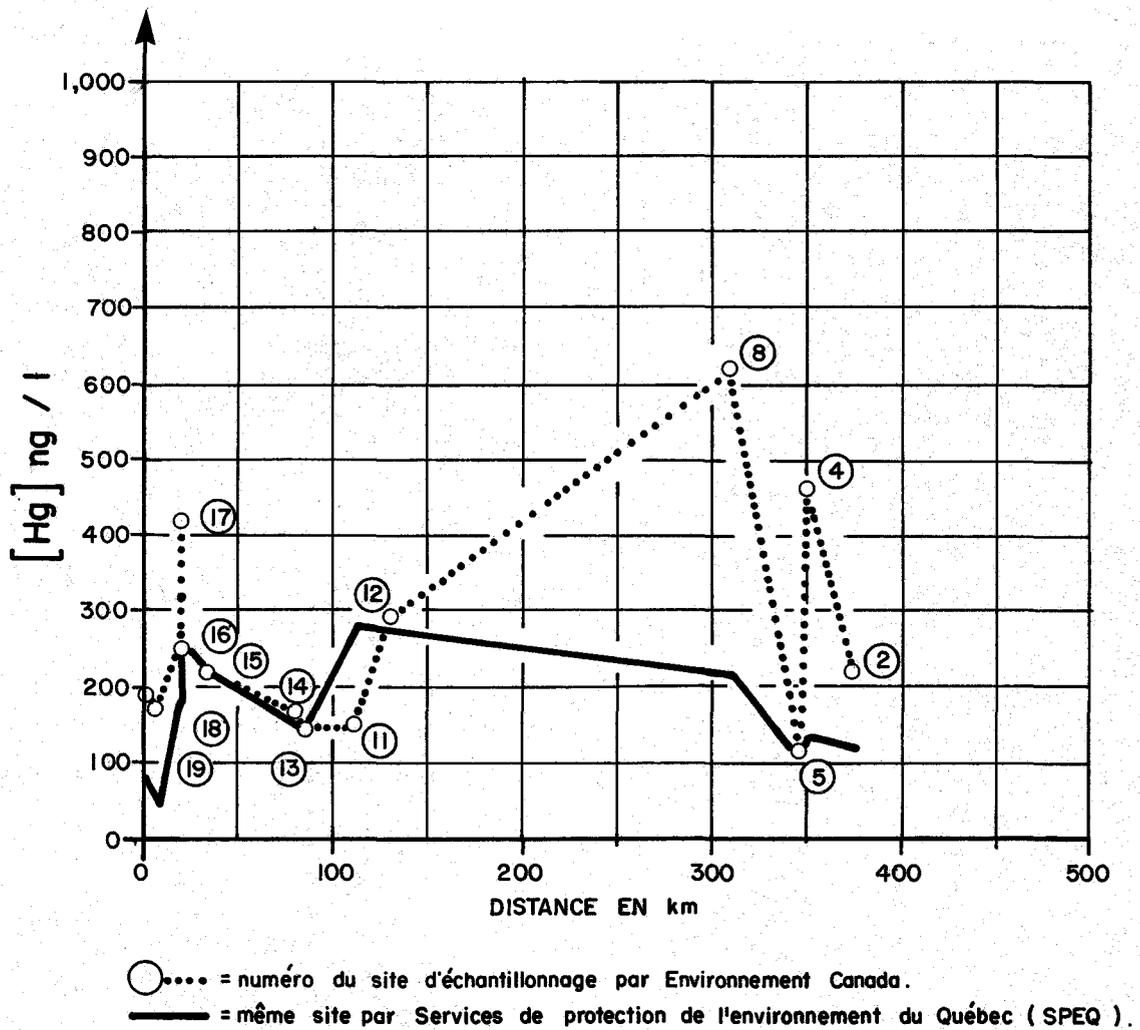


Fig.4.5 . Évolution de la concentration du mercure dans la neige en fonction de la distance (radiale) du site 19 situé à l'extrémité sud-ouest de la région du bassin du lac Mistassini.

on retiendrait la série de concentrations de mercure rapportée par le laboratoire n<sup>o</sup> 4.

### 4.3 L'INFLUENCE DES ACTIVITES MINIERES SUR LA COMPOSITION DES SEDIMENTS DE LA BAIE DU POSTE

Le peu de résolution phénoménologique associé à la faible densité de l'échantillonnage dans la région de la baie du Poste ne nous permet pas d'associer, à coup sûr, la dominance des éléments traces (Cu, Zn, Cd) aux activités minières passées sises au sud de la baie du Poste. Le Tableau 4.3 illustre les rapports de concentrations de différents éléments (Cu, Ni, Mn) entre le niveau superficiel (0 à 2 cm) et un niveau stratigraphique inférieur (12 à 14 cm ou 72 à 74 cm, selon le cas).

L'examen des rapports de concentration entre différents niveaux stratigraphiques indique des valeurs élevées dans l'échantillon recueilli à proximité de la mine et des valeurs plus faibles au site 14, valeurs qui sont quand même sensiblement plus élevées à ce site qu'au site 13, situé au nord de l'esker, et qu'aux sites du lac Waconichi. Les concentrations élevées de cuivre retrouvées dans la zone superficielle des sédiments recueillis au site 14 permettent de déceler une influence de la mine à une distance relativement éloignée. Si l'augmentation de cuivre dans les sédiments superficiels témoigne d'une influence des activités minières passées sises au sud de la baie du Poste, l'augmentation considérable de mercure dans les sédiments risque fort d'être attribuable à ces mêmes activités, quel que soit le processus de transfert du mercure impliqué<sup>1</sup>. Cependant, seule une analyse plus poussée permettrait d'estimer les répercussions de ces activités sur le cycle biotique du mercure dans les eaux de la baie du Poste.

### 4.4 COMPORTEMENT GEOCHIMIQUE DES SEDIMENTS

#### 4.4.1 GEOCHIMIE DES SEDIMENTS DE SURFACE

Pour mieux comprendre la distribution géographique des éléments chimiques analysés, il est avantageux d'utiliser, en plus des résultats en provenance des échantillons des sites superficiels (5, 6, 8, 16, 17, 19), les résultats de l'inter-

---

<sup>1</sup> Des concentrations de mercure très élevées (10 fois les concentrations de base) ont été mesurées dans les couches superficielles de sédiments recueillis aux abords de la zone minière. (Jones, H.-G. et Ouellet, M., INRS-Eau, résultats non publiés, 1976).

Tableau 4.3 Comparaison des rapports de concentrations de Cu, Ni et Mn mesurées à différents niveaux stratigraphiques des sédiments lacustres.

SITE	NIVEAUX STRATIGRAPHIQUES	RAPPORT		
		Cu	Ni	Mn
à proximité de la mine*	$\frac{0-2 \text{ cm}}{72-74 \text{ cm}}$	400	24	2
site 14 à 6.4 km à l'aval de la mine	$\frac{0-2 \text{ cm}}{12-14 \text{ cm}}$	1.4	1.1	1.1
	$\frac{0-2 \text{ cm}}{72-74 \text{ cm}}$	11	2	4
site 13 à 9.6 km** au nord de l'esker	$\frac{0-2 \text{ cm}}{12-14 \text{ cm}}$	~1	~1	~1
site 18 Lac Waconichi	$\frac{0-2 \text{ cm}}{12-14 \text{ cm}}$	~1	1.1	~1
	$\frac{0-2 \text{ cm}}{72-74 \text{ cm}}$	1.7	~1	1.2

\* Rapport stratigraphique (Ouellet, M., 1975)

\*\* Ce rapport stratigraphique n'apparaît pas comme fiable; il doit être considéré comme un indice témoignant des concentrations faibles en surface des sédiments.

TABLEAU 4.4

Comparaison des analyses faites sur deux sous-échantillons de sédiments provenant des 12 sites étudiés par les laboratoires n<sup>os</sup> 4 et 5.

ELEMENT	MOYENNE (ppm)	ECART TYPE	MOYENNE 5 MOYENNE 4	r
Hg <sup>4</sup>	0.05	0.04	1.0	0.80*
Hg <sup>5</sup>	0.05	0.05		
Cu <sup>4</sup>	11.0	9.8	1.7	0.94*
Cu <sup>5</sup>	19.4	15.9		
Zn <sup>4</sup>	82.	18.	1.1	0.77*
Zn <sup>5</sup>	87.	30.		
Ni <sup>4</sup>	15.	5.	2.3	0.50
Ni <sup>5</sup>	35.	14.		
Co <sup>4</sup>	9.	10.	1.9	0.92*
Co <sup>5</sup>	17.	15.		
Mn <sup>4</sup>	560.	250.	1.3	0.84*
Mn <sup>5</sup>	740.	400.		

4 Laboratoire du ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales

5 Laboratoire des Services de protection de l'environnement du Québec

r Coefficient de corrélation

\* Pas de différence significative au niveau de probabilité de 95% entre les résultats des laboratoires n<sup>os</sup> 4 et 5.

valle supérieur des carottes recueillies aux sites 1, 2, 4, 13, 14 et 18.

Les résultats des analyses chimiques faites sur les échantillons provenant de ces 12 sites seront discutés, selon leur distribution géographique, en fonction de leurs interrelations.

#### *Les relations entre les résultats d'analyses des deux méthodes*

Avant d'entrer plus à fond dans la discussion, il est important de souligner les différences dans les résultats d'analyses pour le Hg, Cu, Zn, Ni, Co et Mn faites indépendamment par les laboratoires n<sup>os</sup> 4 et 5. Le Tableau 4.4 fait ressortir quelques caractéristiques statistiques des résultats obtenus par les deux laboratoires. Compte tenu de la limite de détection pour le Pb qui est de 2 ppm pour le laboratoire n<sup>o</sup> 4, cet élément n'a pas été inclus dans ce tableau.

Il ressort que les résultats moyens du laboratoire n<sup>o</sup> 5 sont supérieurs par un facteur de 1.5 s'échelonnant d'un minimum de 1.0 pour le Hg à un maximum de 2.3 pour le Ni. De plus, il n'existe pas de corrélation significative au niveau de probabilité de 95% pour le Ni. Ces différences sont probablement attribuables à une mise en solution poussée au moyen d'une oxydation plus forte utilisée par le laboratoire n<sup>o</sup> 5 et que cette mise en solution n'est pas constante d'un élément à un autre, phénomène qui pourrait être attribué à la structure de la matrice cristalline. De plus, ceci n'élimine pas la possibilité d'une contamination systématique lors du traitement de l'échantillon par l'un ou l'autre des laboratoires ou encore par les deux à la fois.

#### *La méthode statistique d'analyse des données*

Afin d'étudier l'intensité des interrelations existantes entre les sites ou les variables, nous allons utiliser la méthode de l'analyse des composantes principales de mode-Q (sites) et de mode-R (variables). Cette méthode d'analyse statistique a été décrite par Kendall (1957) et améliorée par la suite par Kaiser (1958). Les aspects théoriques de ce type d'analyse statistique sont longuement traités par Cattell (1952), Harman (1960), Hadley (1964) et Horst (1965).

Lorsque l'interprétation de la matrice des données est faite en fonction des interrelations basées sur le coefficient de corrélation des sites, c'est-à-dire la comparaison des lignes ou des rangées entre elles, on est en présence du type d'analyse des composantes principales de mode-Q. Par contre, lorsque l'interprétation est faite en fonction des interrelations entre les variables, soit la comparaison des colonnes entre elles, on est en présence d'une analyse de mode-R.

Cette méthode statistique facilitera l'interprétation des données en regroupant les sites (mode-Q) ou les variables (mode-R) possédant un comportement similaire. On réduira ainsi les nombreuses interrelations entre les paramètres de la matrice des données à un petit nombre de composantes indépendantes pouvant être plus facilement reliées à des processus majeurs sous-jacents. Dans la présente situation, il pourrait s'agir de processus écologique ou géologique. Les poids des sites (mode-Q) ou des variables (mode-R) sont calculés à partir de la matrice des coefficients de corrélation pour les trois plus importantes composantes (A, B et C) expliquant généralement la majeure partie de la variance totale qui apparaît à une extrémité des axes.

#### *L'illustration des résultats*

Les poids des variables ou des sites sur les trois composantes principales sont illustrés au moyen de diagrammes tridimensionnels (Figures 4.6 à 4.12). Dans ces illustrations, les coordonnées de l'axe A (composante principale) sont représentées au moyen de lignes verticales projetées à partir de l'extrémité de chaque vecteur sur le plan horizontal passant par les axes B et C. Pour simplifier la lecture du diagramme tridimensionnel, les coordonnées négatives de l'axe A sont représentées par des lignes pointillées. Aussi, chaque variable ou site analysé est identifié à l'extrémité de son poids sur l'axe A.

Sans entrer dans la théorie mathématique de l'analyse factorielle par composantes principales, on peut généralement admettre que la répartition spatiale relative des sites (mode-Q) ou des variables (mode-R) dans les figures tridimensionnelles, permet de constater rapidement l'intensité des interrelations existant dans une matrice de données. Des variables de longueur égale et occupant une position rapprochée seront fortement corrélative entre elles et posséderont les mêmes tendances

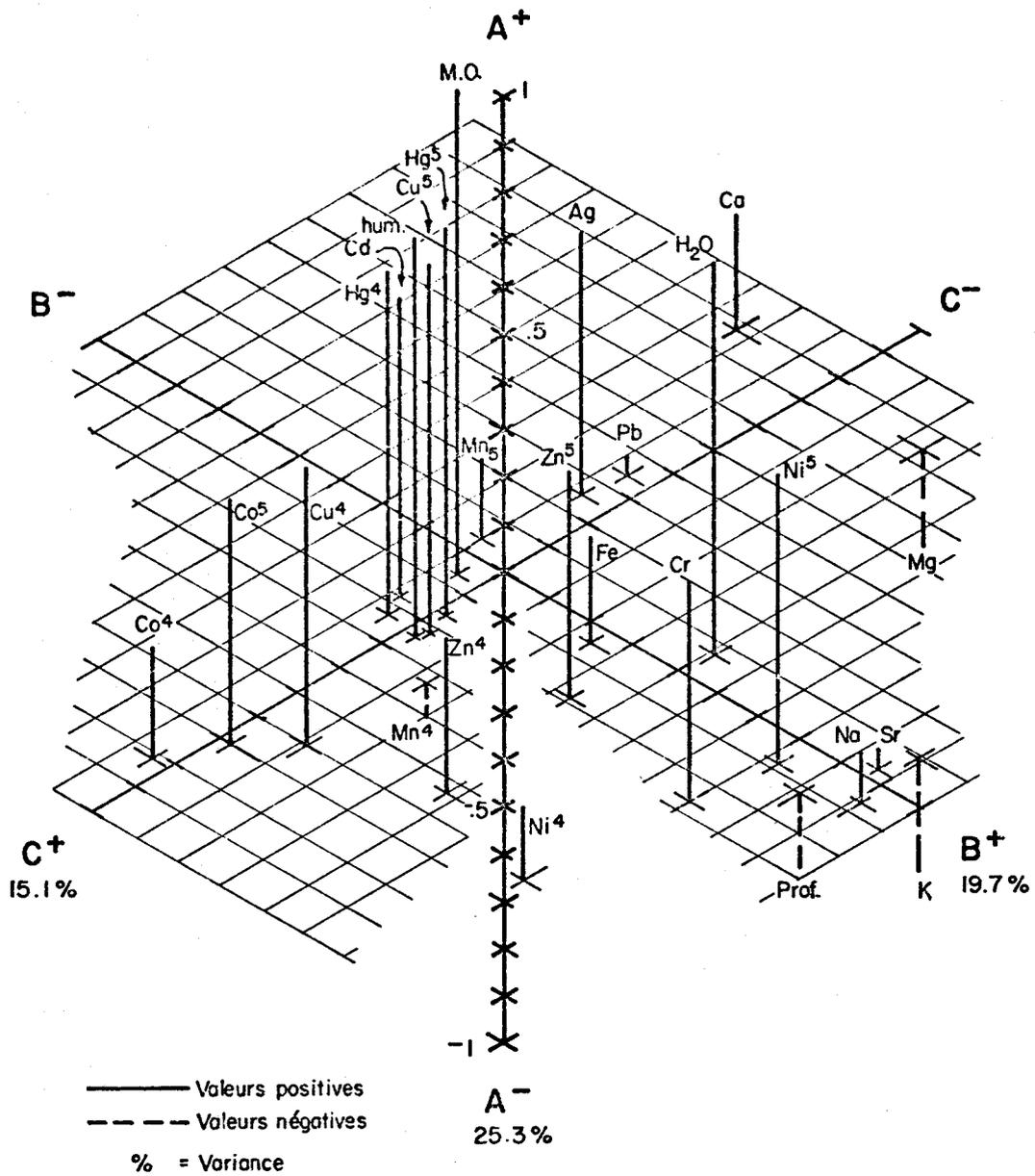


Fig. 4.6a. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les sédiments de surface des 12 sites de la région du lac Mistassini. Résultats des laboratoires n<sup>os</sup> 4 et 5.

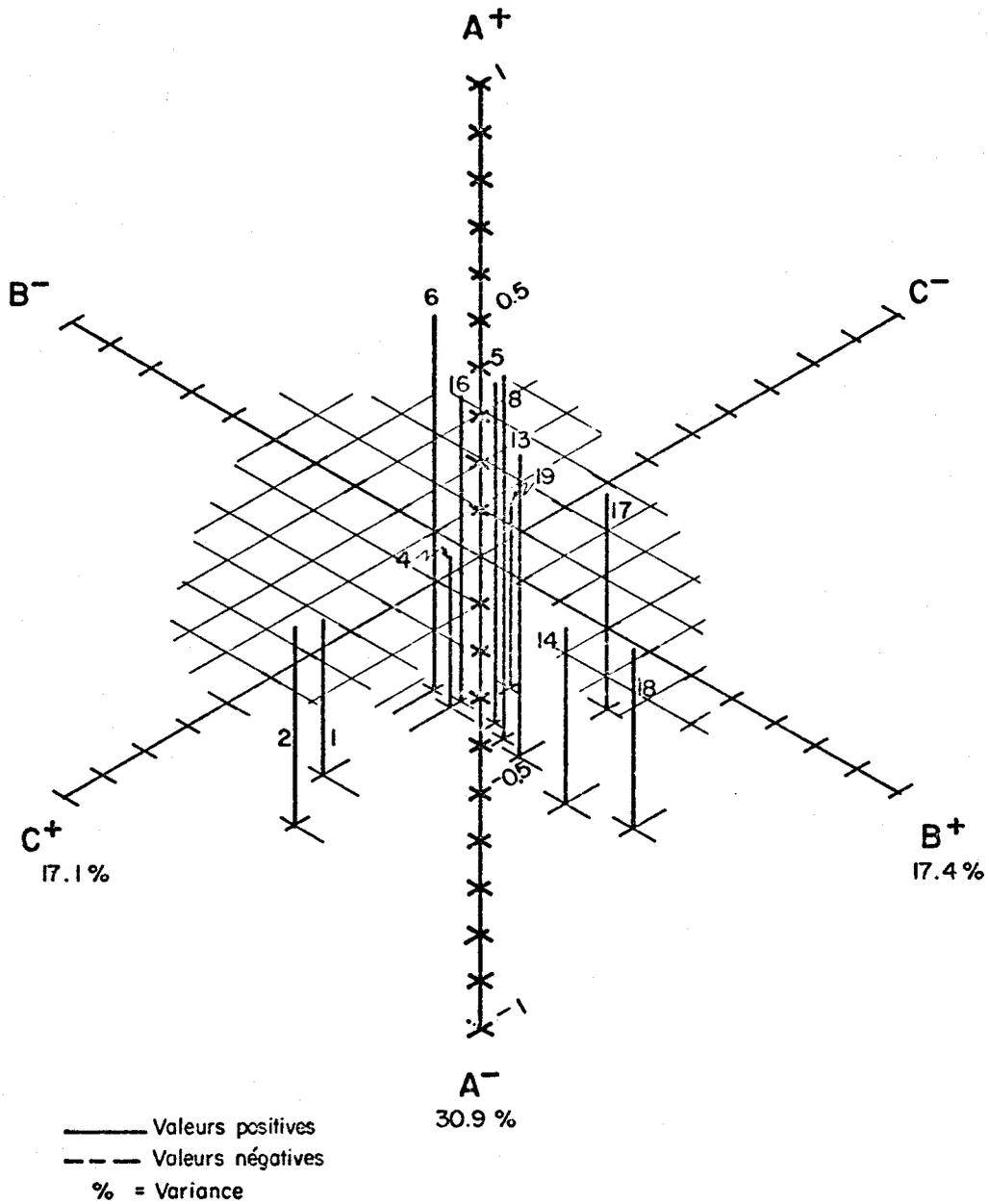


Fig. 4.6b. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-Q, pour les sédiments de surface des 12 sites de la région du lac Mistassini. Résultats des laboratoires n<sup>os</sup> 4 et 5.

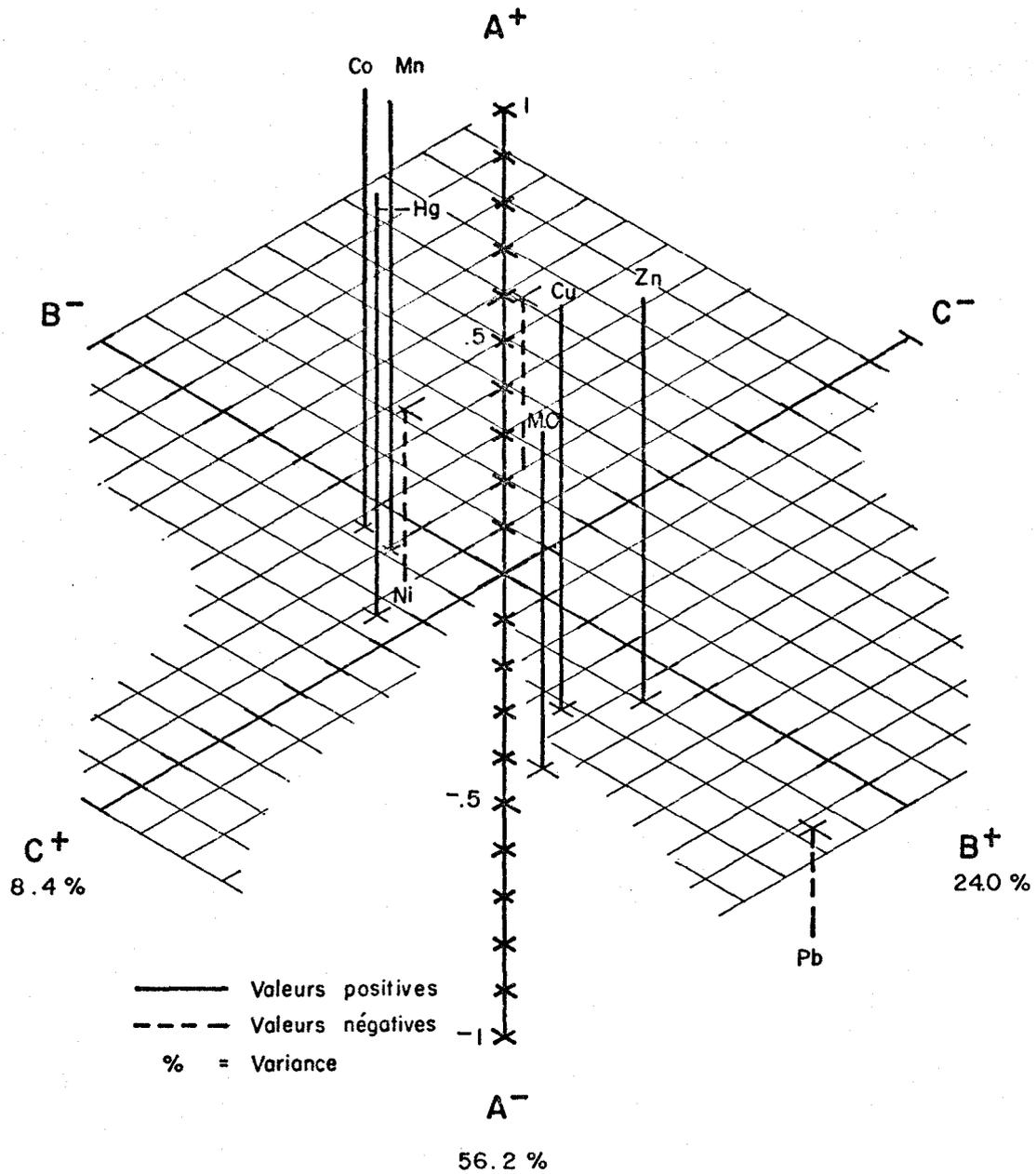


Fig. 4.7a. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 1 (petit lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n° 4.

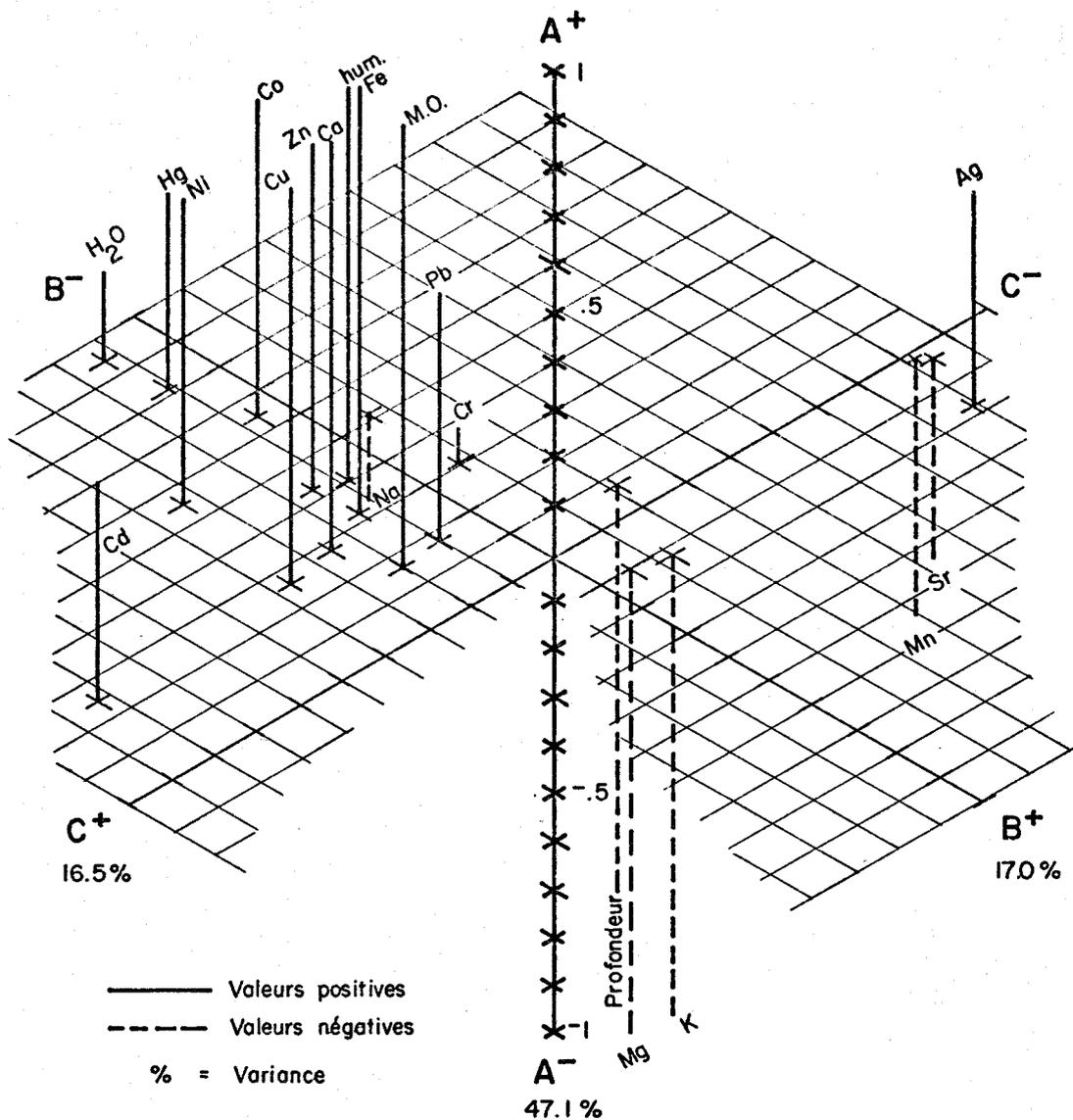


Fig. 4.7b. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 1 (petit lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n<sup>o</sup> 5.

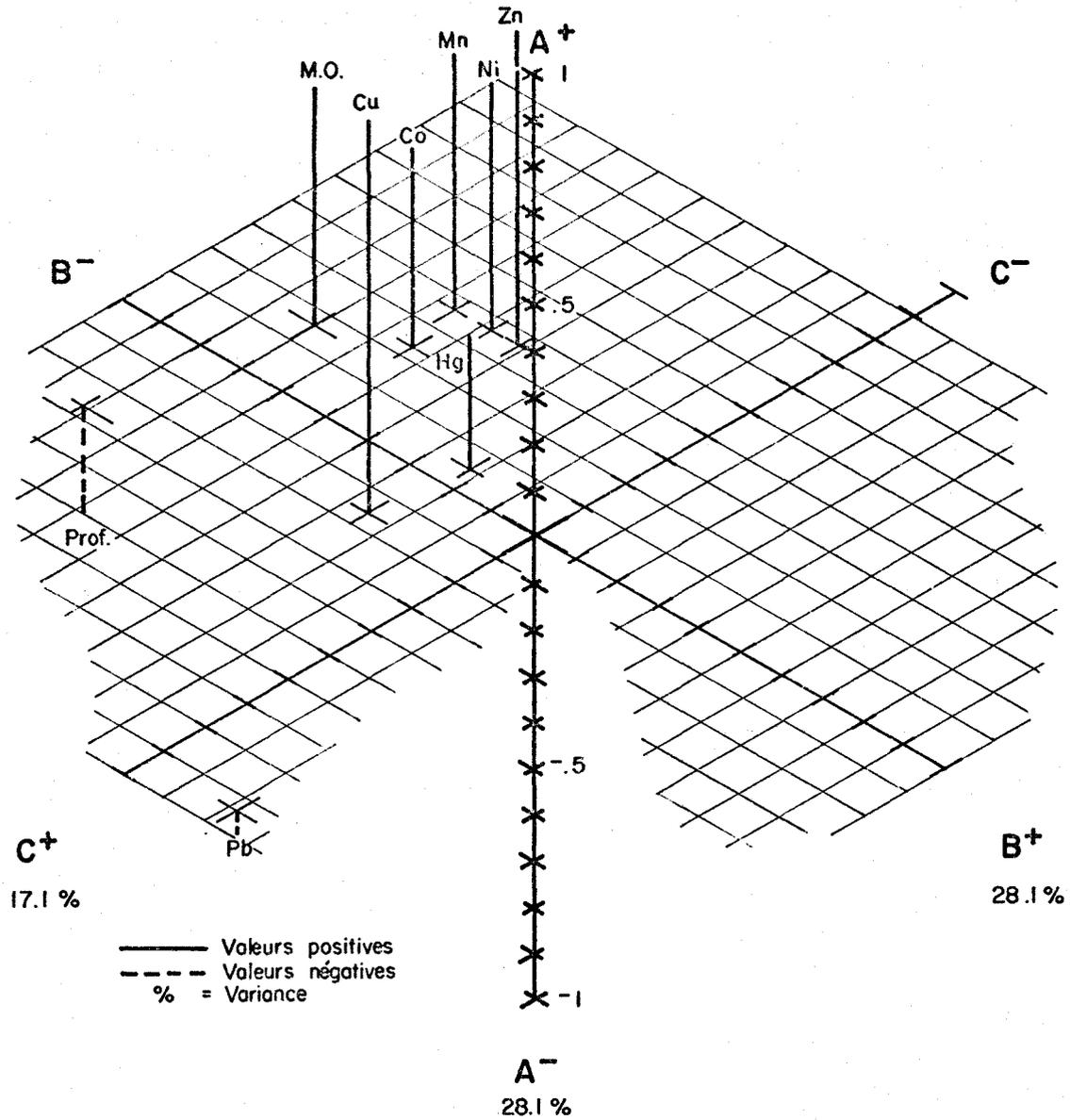


Fig. 4.8a. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 2 (lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n° 4.

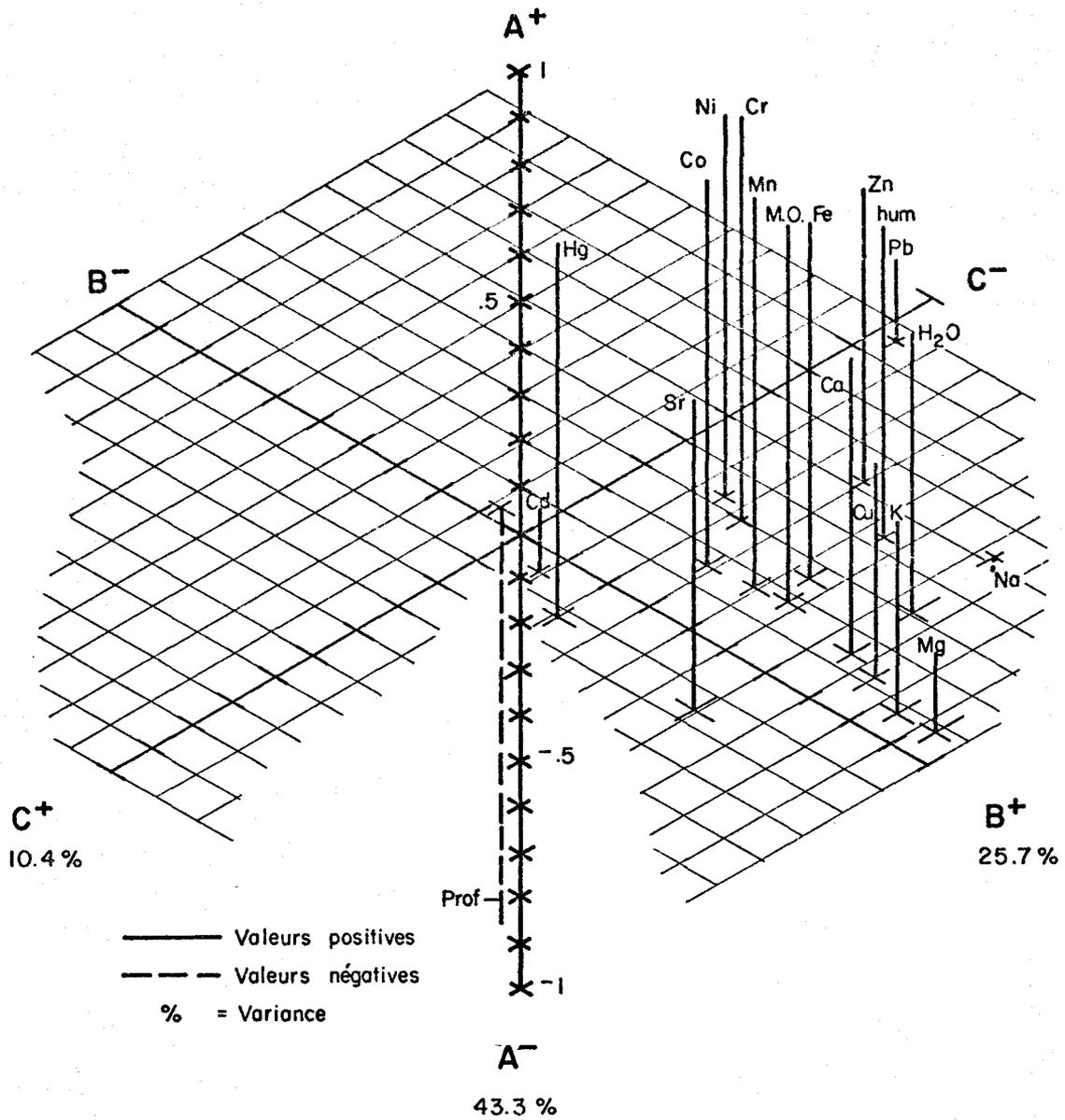


Fig. 4.8b. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte de sédiments du site 2 (lac Témiscamie). Résultats du laboratoire n° 5.

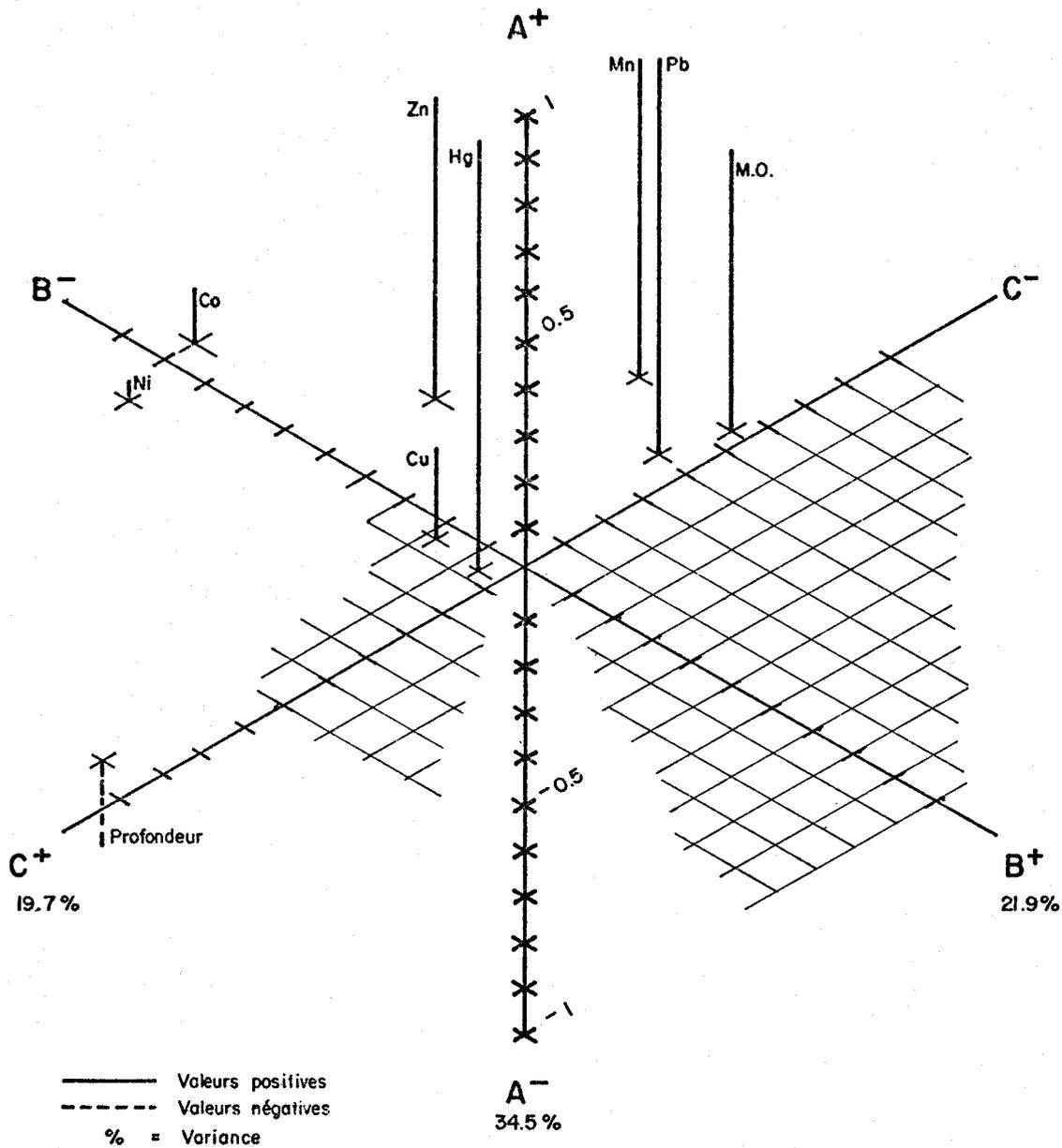


Fig 4.9a. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte des sédiments du site 4 (lac Clairiy). Résultats du laboratoire n° 4.

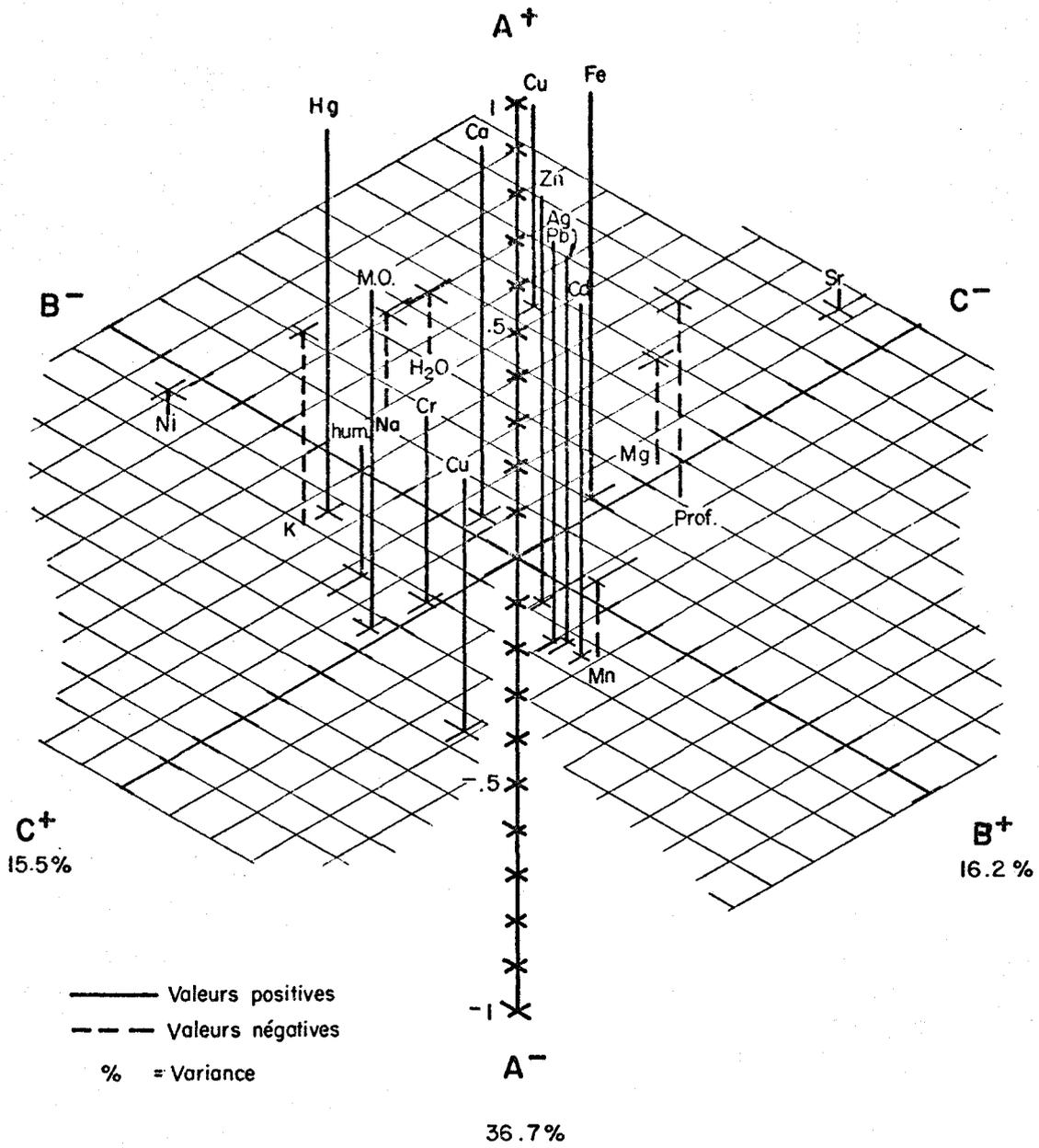


Fig. 4.9b. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte des sédiments du site 4 (lac Clairy). Résultats du laboratoire n° 5.

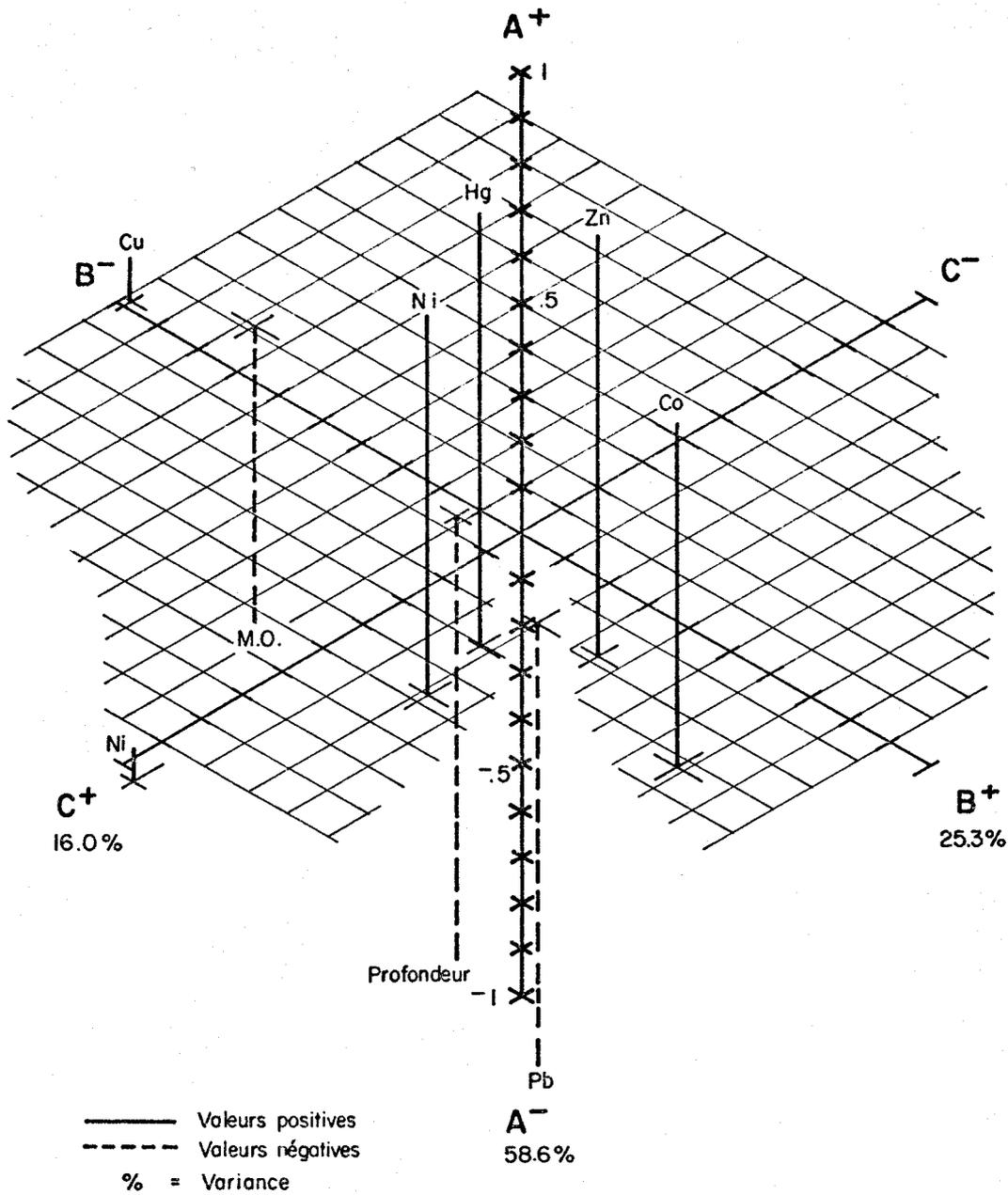


Fig. 4.10a. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte des sédiments du site 13 (lac Mistassini). Résultats du laboratoire n° 4.

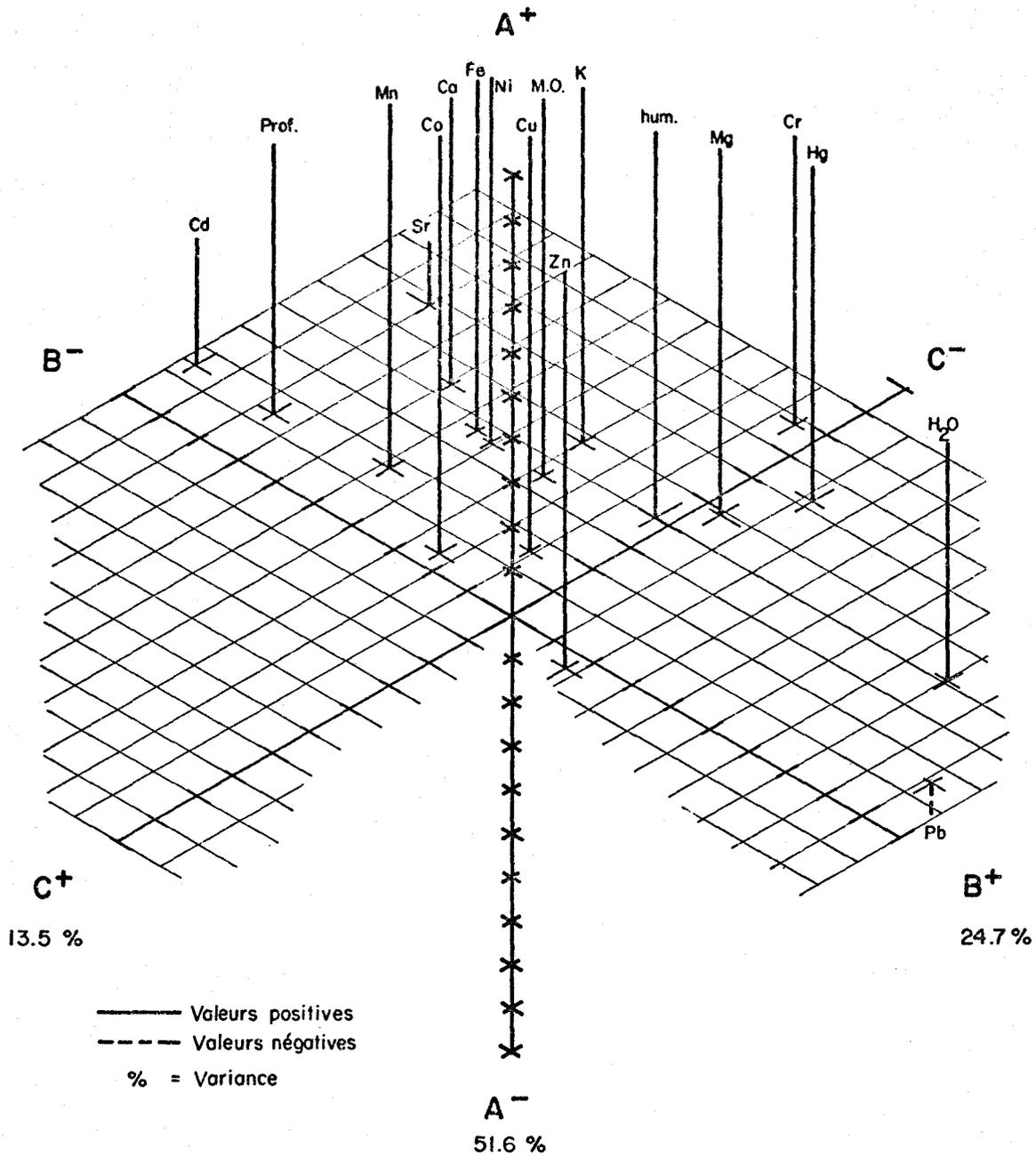


Fig. 4.10b. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte des sédiments du site 13 (lac Mistassini). Résultats du laboratoire n° 5.

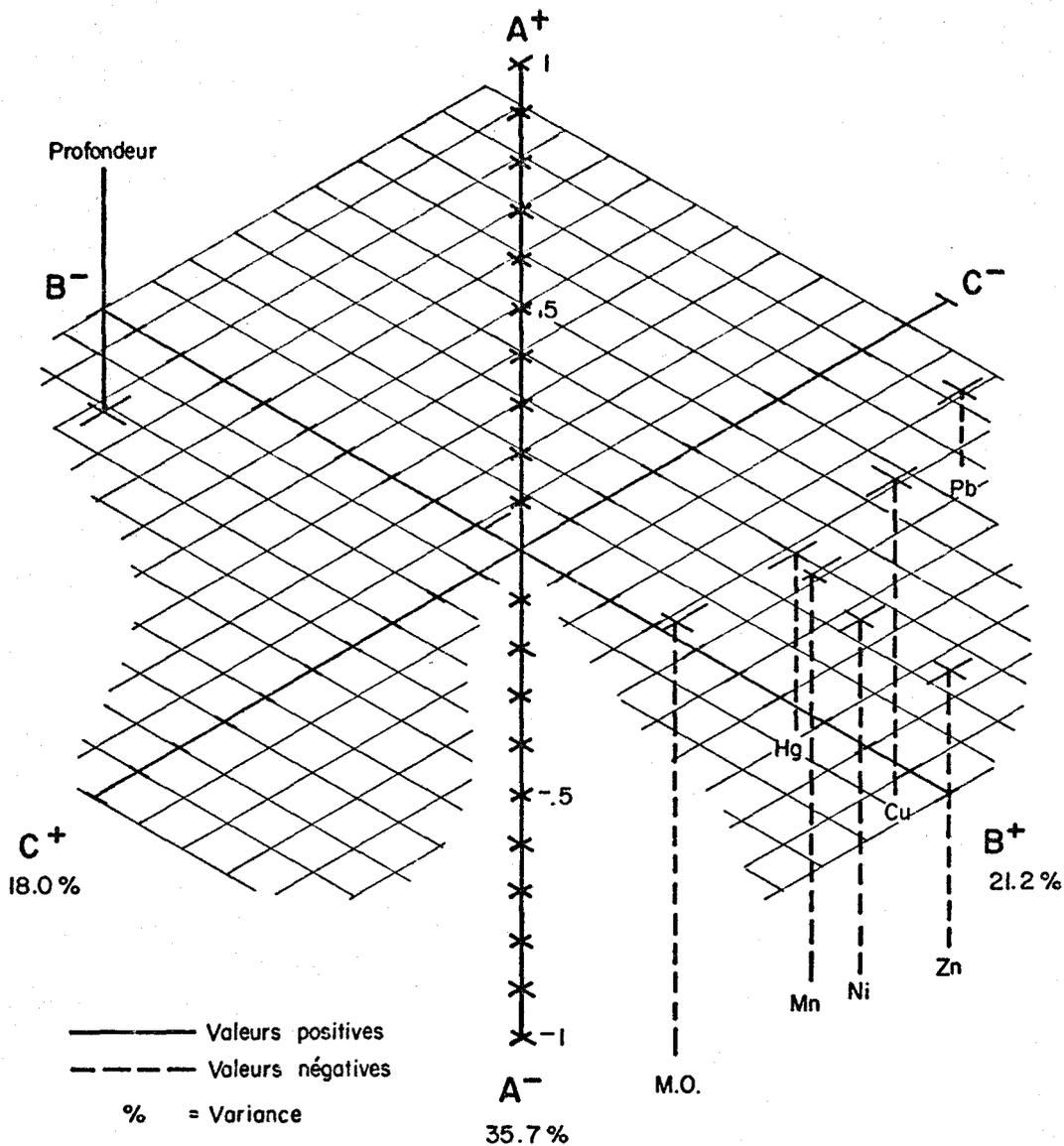


Fig. 4.11a. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte des sédiments du site 14 (lac Mistassini). Résultats du laboratoire n<sup>o</sup> 4.

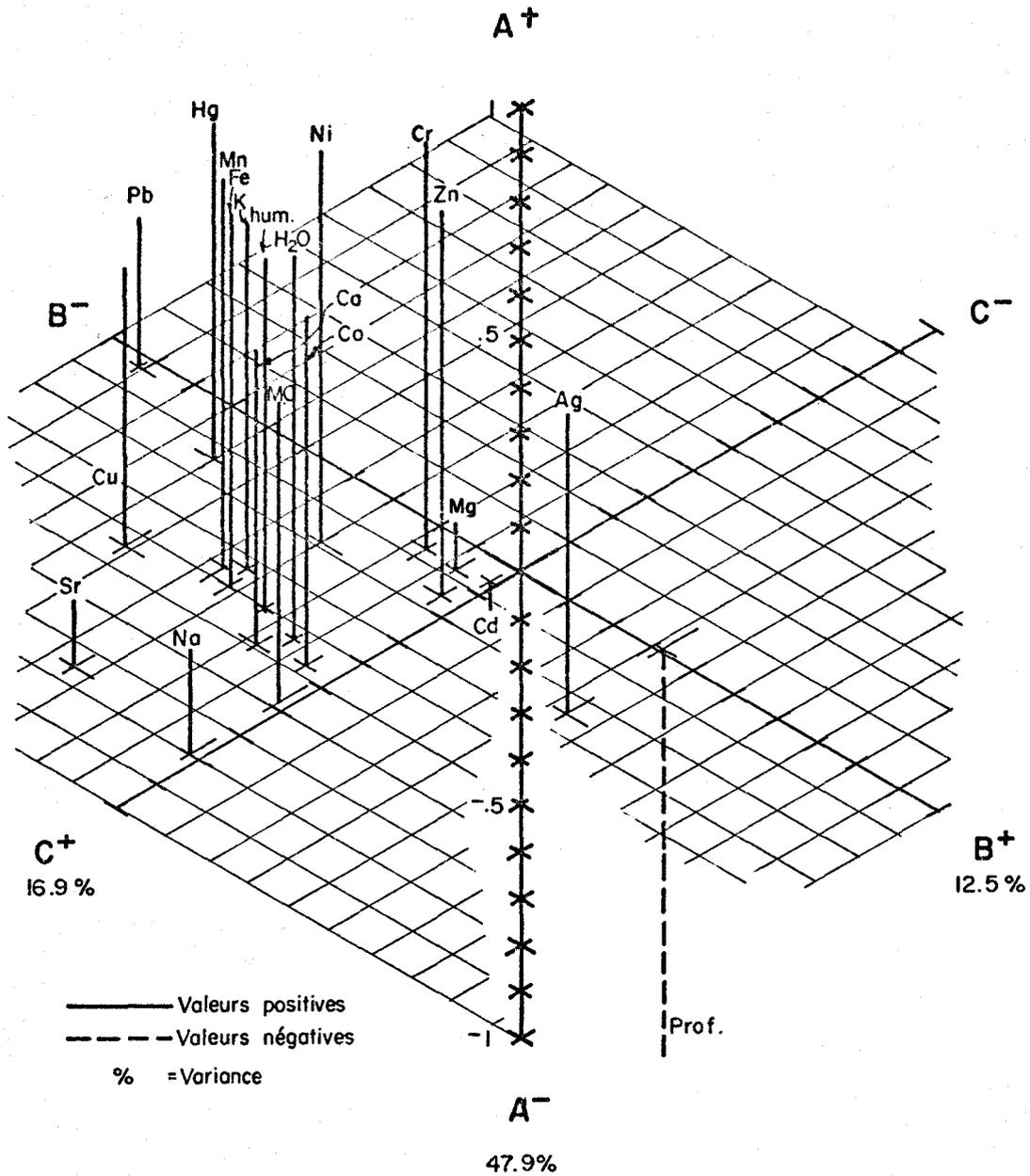


Fig. 4.11b. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte des sédiments du site 14 (lac Mistassini) Résultats du laboratoire n° 5.

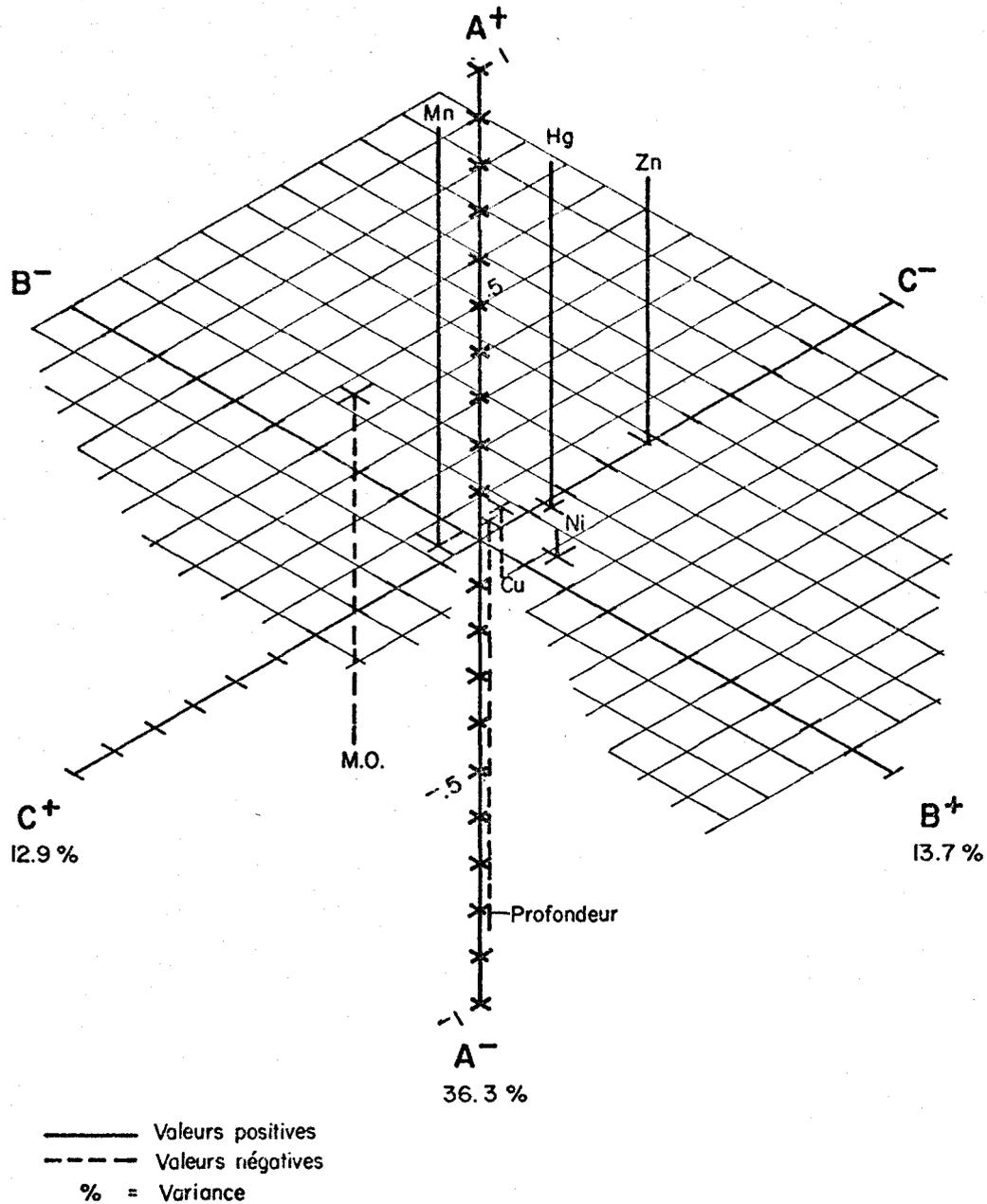


Fig. 4.12a. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte des sédiments du site 18 (lac Waconichi) Résultats du laboratoire n° 4.

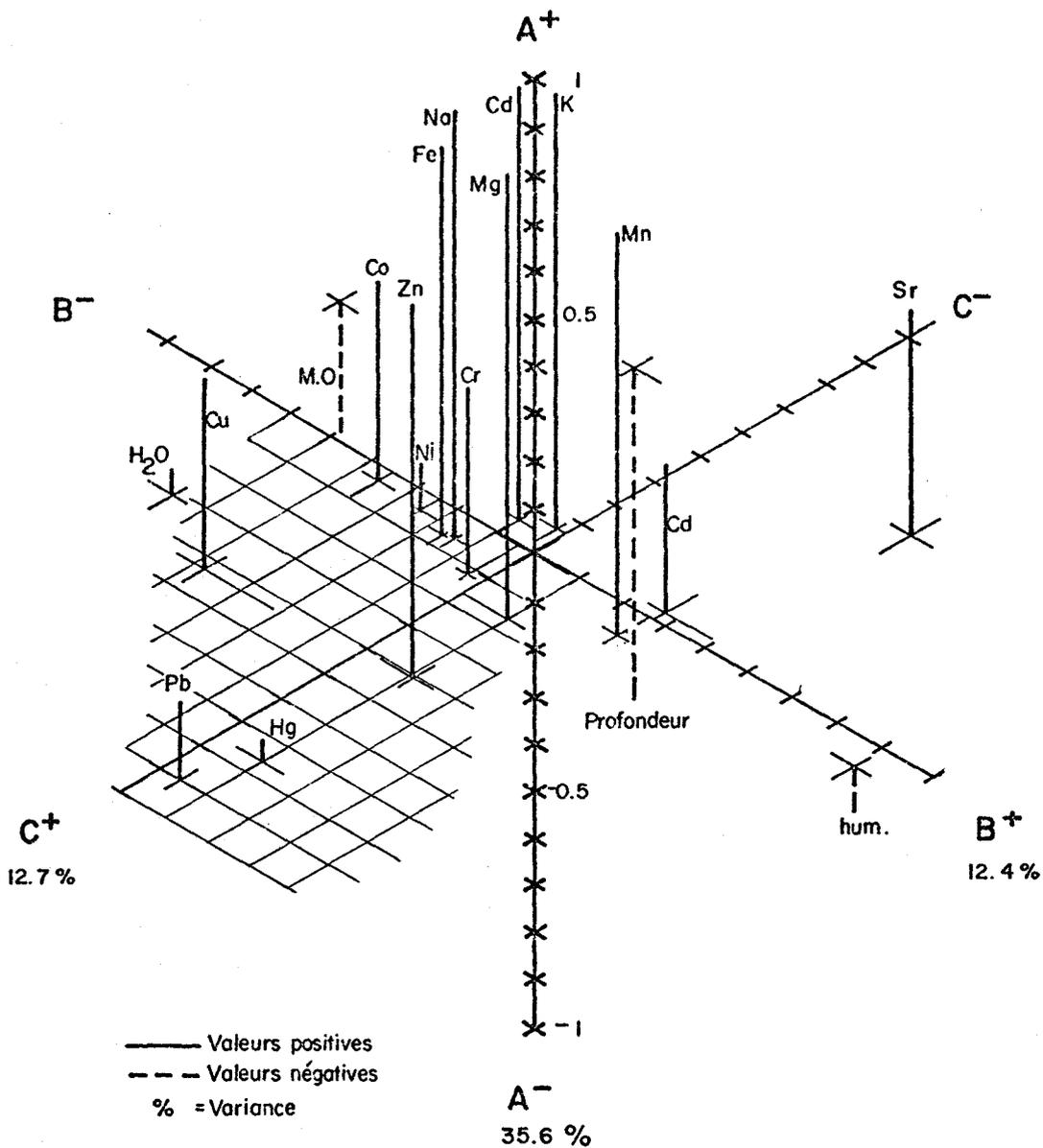


Fig. 4.12b. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte des sédiments du site 18 (lac Waconichi) Résultats du laboratoire n° 5.

corrélation entre la matière organique et le Hg<sup>(5)</sup> ( $r=0.80$ ;  $p < 0.01$ ) et Hg<sup>(4)</sup> ( $r= 0.73$ ;  $p < 0.01$ ) renforce cette hypothèse.

*Les relations entre le mercure et la matière organique sédimentaire*

Les données actuelles ne nous permettent certes pas de croire que la région nord-est du lac Mistassini soit un point chaud en Hg et que celui-ci proviendrait directement et en grande quantité des formations géologiques environnantes. Ceci demeure peu plausible si l'on considère que le site 2 (lac Témiscamie), situé dans cette même région, est caractérisé par une faible teneur en Hg (27 et 35 ppb) ainsi qu'en matière organique (12.7%).

La structure morphologique des bassins lacustres du petit lac Témiscamie (site 1) et du lac Témiscamie (site 2) peut être responsable en grande partie des teneurs en matière organique et conséquemment en Hg pour ces sites. Le site d'échantillonnage 1, situé à plus de 30 m de fond et sensiblement abrité des apports fluviaux inorganiques, aura tendance à produire un type de sédiment beaucoup plus organique que celui du site 2, lequel est situé à 10 m de fond et subi probablement la forte influence d'une sédimentation fluviale de l'écoulement amont.

Loring (1975), dans son étude concernant la qualité des sédiments du golfe du St-Laurent et de la rivière Saguenay, a démontré que la répartition géographique de la matière organique et du Hg suivait les mêmes tendances. De même, Ouellet et Poulin (1976a), dans une étude paléolimnologique du lac Waterloo, ont mis en évidence le fait qu'il existait de fortes corrélations positives entre la distribution stratigraphique de plusieurs éléments géochimiques, incluant le Hg, avec la matière organique. De plus, ces mêmes auteurs (1976b), dans une étude géochimique sur 150 échantillons de sédiments superficiels du lac Matamek, ont démontré que la composition chimique des sédiments était fonction de la hauteur de la colonne d'eau au point d'échantillonnage. Un sédiment provenant d'une station peu profonde du bassin lacustre aura tendance à être plus pauvre en matière organique et en métaux traces qu'un sédiment provenant du point le plus profond du lac. Tel que mis en évidence au lac Matamek, ceci n'exclut pas le fait que la géologie environnante du bassin versant puisse influencer la composition chimique du sédiment lacustre ou des eaux de surface.

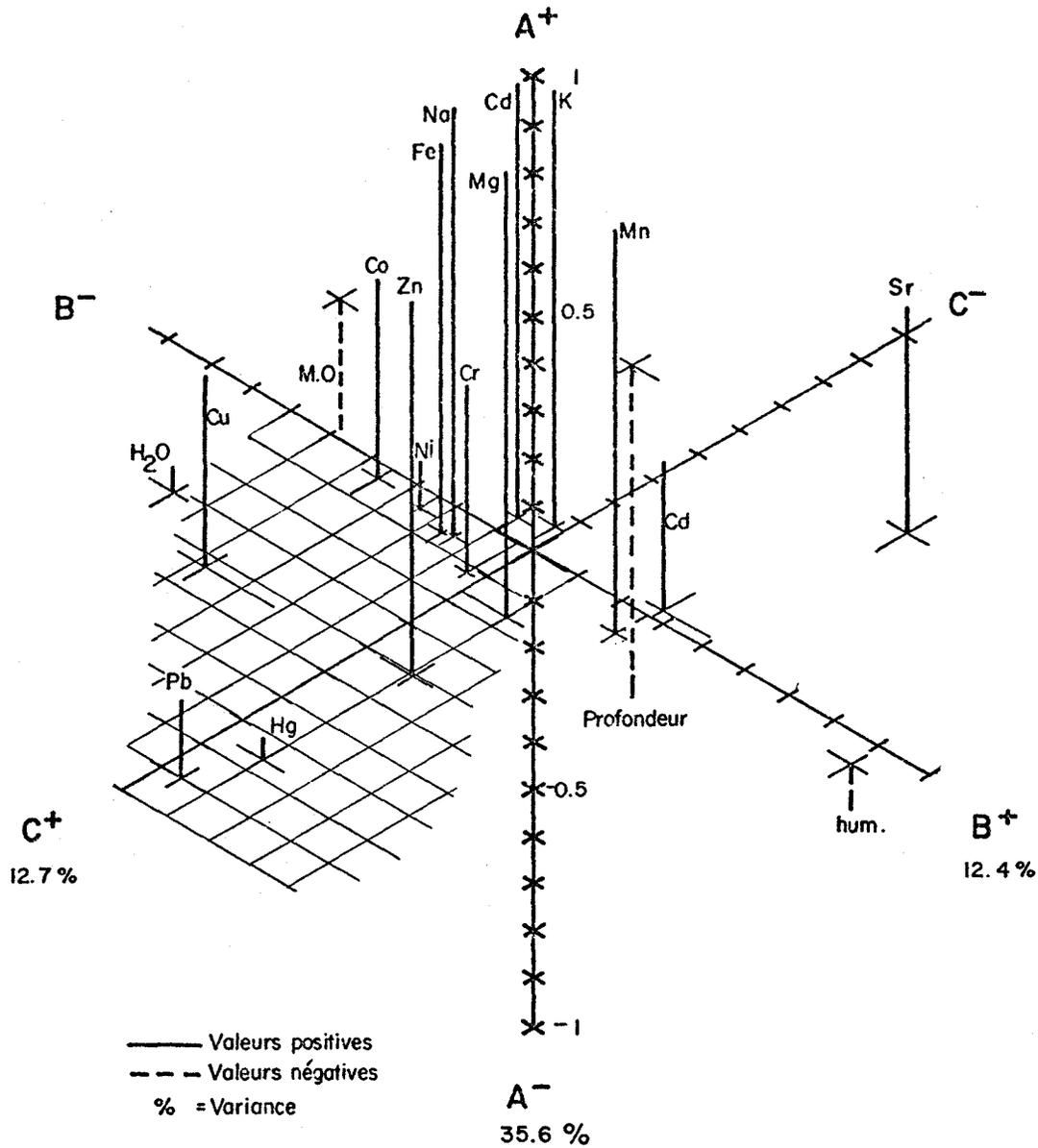


Fig. 4.12b. Dispersion tridimensionnelle des poids des variables, calculés par analyse des composantes principales de mode-R, pour les paramètres de la carotte des sédiments du site 18 (lac Waconichi) Résultats du laboratoire n° 5.

( $r \approx 1$ ). Par contre, des variables fortement éloignées auront tendance à exhiber des comportements opposés ( $r \approx -1$ ).

Si l'on compare dans la Figure 4.6a les positions relatives des variables du Tableau 4.4, on réalise que le Ni<sup>4</sup> et le Ni<sup>5</sup> possèdent le coefficient de corrélation ( $r = 0.501$ ) le plus faible des six paires de variables. Ces deux variables sont réciproquement éloignées et de hauteur inégale. Par contre, l'opposé est vrai pour les autres variables de ce même tableau. Le Hg<sup>4</sup> et le Hg<sup>5</sup> possèdent des poids très fortement positifs, sensiblement de même intensité et très rapprochés l'un de l'autre. On peut déduire rapidement que ces deux dernières variables ont un comportement plus semblable entre elles que le Ni<sup>4</sup> par rapport au Ni<sup>5</sup>.

#### *L'analyse des interrelations*

Si l'on soumet à une analyse de composantes principales de mode-R l'ensemble des paramètres physico-chimiques des sédiments de surface obtenus au moyen des méthodes utilisées par les laboratoires n<sup>os</sup> 4 et 5, on constate qu'il existe plusieurs interrelations significatives à l'extrémité positive de l'axe A (Fig. 4.6a). Par ordre décroissant, les variables, dont le poids est significatif sur la partie positive de l'axe A qui explique 25.3% de la variance totale, sont<sup>1</sup>: la matière organique<sup>(5)</sup> (0.96), l'humidité<sup>(5)</sup> (0.85), la perte de H<sub>2</sub>O<sup>(5)</sup> (0.84), le Hg<sup>(5)</sup> (0.81), le Hg<sup>(4)</sup> (0.70), le Cu<sup>(5)</sup> (0.78), le Cd<sup>(5)</sup> (0.63), le Ni<sup>(5)</sup> (0.61), le Cu<sup>(4)</sup> (0.59), l'Ag<sup>(5)</sup> (0.58), le Co<sup>(5)</sup> (0.52), le Zn<sup>(5)</sup> (0.49) et le Cr<sup>(5)</sup> (0.47). Les fortes interrelations positives, caractérisant cet ensemble de variables (famille de variables) le long de l'axe A, pourraient s'expliquer par le fait qu'un sédiment lacustre, fortement organique comme celui du site 1, possède un grand pouvoir de complexation pour ces éléments chimiques. De plus, il est bien connu qu'il existe aussi une forte corrélation positive entre la teneur en matière organique d'un sédiment lacustre et son contenu en eau.

Il est intéressant de constater que les échantillons dont la teneur en matière organique est faible présentent aussi des concentrations de Hg relativement faibles. Les sites 6 et 13, affichant respectivement des teneurs en matière organique de 3.7 et 4.0%, présentent des concentrations de Hg de 10 et 20 ppb (laboratoire n<sup>o</sup> 5) et de 27 et 46 ppb (laboratoire n<sup>o</sup> 4). Le fait qu'il existe un haut facteur de

<sup>1</sup>

L'indice (4) ou (5) désigne le laboratoire responsable de l'analyse.

corrélation entre la matière organique et le Hg<sup>(5)</sup> ( $r=0.80$ ;  $p < 0.01$ ) et Hg<sup>(4)</sup> ( $r= 0.73$ ;  $p < 0.01$ ) renforce cette hypothèse.

*Les relations entre le mercure et la matière organique sédimentaire*

Les données actuelles ne nous permettent certes pas de croire que la région nord-est du lac Mistassini soit un point chaud en Hg et que celui-ci proviendrait directement et en grande quantité des formations géologiques environnantes. Ceci demeure peu plausible si l'on considère que le site 2 (lac Témiscamie), situé dans cette même région, est caractérisé par une faible teneur en Hg (27 et 35 ppb) ainsi qu'en matière organique (12.7%).

La structure morphologique des bassins lacustres du petit lac Témiscamie (site 1) et du lac Témiscamie (site 2) peut être responsable en grande partie des teneurs en matière organique et conséquemment en Hg pour ces sites. Le site d'échantillonnage 1, situé à plus de 30 m de fond et sensiblement abrité des apports fluviaux inorganiques, aura tendance à produire un type de sédiment beaucoup plus organique que celui du site 2, lequel est situé à 10 m de fond et subi probablement la forte influence d'une sédimentation fluviale de l'écoulement amont.

Loring (1975), dans son étude concernant la qualité des sédiments du golfe du St-Laurent et de la rivière Saguenay, a démontré que la répartition géographique de la matière organique et du Hg suivait les mêmes tendances. De même, Ouellet et Poulin (1976a), dans une étude paléolimnologique du lac Waterloo, ont mis en évidence le fait qu'il existait de fortes corrélations positives entre la distribution stratigraphique de plusieurs éléments géochimiques, incluant le Hg, avec la matière organique. De plus, ces mêmes auteurs (1976b), dans une étude géochimique sur 150 échantillons de sédiments superficiels du lac Matamek, ont démontré que la composition chimique des sédiments était fonction de la hauteur de la colonne d'eau au point d'échantillonnage. Un sédiment provenant d'une station peu profonde du bassin lacustre aura tendance à être plus pauvre en matière organique et en métaux traces qu'un sédiment provenant du point le plus profond du lac. Tel que mis en évidence au lac Matamek, ceci n'exclut pas le fait que la géologie environnante du bassin versant puisse influencer la composition chimique du sédiment lacustre ou des eaux de surface.

### *Caractéristiques géochimiques des sites*

Si l'on soumet les variables étudiées à une analyse de composantes principales de mode-Q, on y détecte une similarité de comportement pour l'ensemble des sites (Fig. 4.6b). Les sites 1 et 2 se différencient quelque peu le long de la partie positive de l'axe C et il en est de même pour les sites 14, 17 et 18 le long de l'axe B.

Le premier groupe de sites (1, 2) se caractérise par une haute teneur en matière organique, en perte d'eau, humidité, Hg, Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, Cr et une faible teneur en Na, K, Ca, Pb et Cd. Par contre, les sites 14, 17 et 18 sont généralement caractérisés par une dominance en métaux traces et ceci particulièrement pour le site 14.

Une quatrième composante principale expliquant 13.5% de la variance, et non incluse dans la Figure 4.6b, fait ressortir le site 19 comme étant grandement différent du reste. Le Ca et le Mg sont les deux seuls éléments dominants à ce site, les autres variables étudiées y étant représentées en quantité minimale. Ce type de distribution géographique de plusieurs éléments est probablement associé aux diverses formations géologiques de la région telles que les roches métasédimentaires situées à l'ouest du lac Waconichi.

#### 4.4.2 GEOCHIMIE STRATIGRAPHIQUE DES SEDIMENTS LACUSTRES

Pour les 6 sites échantillonnés stratigraphiquement, l'épaisseur des sédiments récupérés varie entre un minimum de 14 cm pour le site 1, à un maximum de 114 cm pour le site 14. Il va de soi que l'intervalle stratigraphique de 14 cm ne peut représenter tout au plus que les quelques 200 dernières années. Il est fort possible (cela dit sous toute réserve) que la partie inférieure de la carotte de 114 cm soit contemporaine du début de la période postglaciaire. La faible teneur en matière organique au niveau stratigraphique de 110 cm (Fig. 3.10) tend à suggérer cette corrélation avec l'époque précédant immédiatement l'implantation d'une végétation arborescente dans la région.

Par analogie aux travaux paléolimnologiques de Ignatius (1956) et de Ouellet et Poulin (1975), on peut établir l'âge de l'implantation de la forêt de conifè-

res dans la région du lac Mistassini à environ 6 ou 7,000 ans avant aujourd'hui. L'implantation d'une forêt dense à l'intérieure d'un bassin versant a pour effet de réduire l'apport allochtone de substances inorganiques tout en favorisant une sédimentation autochtone et allochtone de substances organiques à l'intérieur de la cuvette lacustre.

Les carottes des sites 1 et 13 étant très courtes, elles n'ont été analysées respectivement que pour 7 et 4 niveaux stratigraphiques. Elles demeurent paléolimnologiquement peu révélatrices. Les autres carottes révèlent une évolution géochimique des sédiments lacustres assez semblables. De façon générale, les figures 4.7 à 4.12 révèlent une étroite association de la matière organique avec un grand nombre de variables. La distribution stratigraphique quantitative des différentes variables étudiées tend à augmenter graduellement de bas en haut de la colonne sédimentaire. Le Hg, le Pb et, dans certains cas, le Cu (Fig. 3.7, 3.8, 3.10 et 3.11), dont les concentrations augmentent généralement lentement le long de la colonne de sédiments, c'est-à-dire au cours des derniers millénaires, changent brusquement leur allure de croissance vers le niveau stratigraphique de 10 cm. Pour la région étudiée, on peut évaluer l'âge de cette épaisseur de sédiments lacustres à environ 100 ans. Si l'on exclut ces trois derniers éléments, l'évolution géochimique des sédiments étudiés est caractéristique de l'ontogénie lacustre postglaciaire où les fluctuations climatiques et les processus de podzolisation sont les principaux phénomènes écologiques contrôlant la composition géochimique des sédiments des lacs.

L'augmentation du Hg et du Pb, à partir du niveau stratigraphique de 10 cm, ne peut être attribuable qu'aux diverses activités anthropiques qui ont des effets de plus en plus considérables sur la qualité de l'atmosphère et des précipitations à l'échelle de notre planète. Ouellet (1975) a mis en évidence ce phénomène sur l'ensemble du territoire québécois.

La diminution rapide de la teneur en Hg, comme le montre la Figure 3.10a est probablement attribuable à une erreur d'analyse de la part du laboratoire n° 4. Dans la partie "b" de cette même figure, les résultats du laboratoire n° 5 se traduisent par l'augmentation habituelle.

La limite de détection de 2 ppm du Pb par le laboratoire n° 4 fait que, dans plusieurs cas (Figures 3.6a, 3.7a, 3.11a), la distribution stratigraphique de cet élément demeure constante. La méthode d'analyse plus précise du laboratoire n° 5 corrige généralement cet artifice. De plus, l'augmentation brusque de Hg vers le niveau de 10 cm de la Figure 3.8b n'est probablement pas significative et peut être associée aussi à la limite de détection de la méthode.

D'autre part, les basses teneurs en matière organique, situées vers le haut de la colonne stratigraphique des Figures 3.9 et 3.11, sont probablement attribuables au fait que ces sites n'ont pas été échantillonnés au point le plus profond de la cuvette lacustre.

## CONCLUSION

L'INRS-Eau a entrepris, en mars 1976, une expédition préliminaire à la demande du comité interministériel sur le mercure dans la région du lac Mistassini; mission à portée limitée qui visait surtout à:

- a) estimer le bruit de fond naturel régional du mercure;
- b) vérifier si les activités industrielles de Chibougamau peuvent avoir un effet sur la concentration du mercure dans la région;
- c) estimer l'impact des apports miniers sur la composition des sédiments du lac Mistassini;
- d) vérifier si les formations géologiques particulières peuvent contribuer à accroître la concentration de mercure dans les eaux et les sédiments.

### *Le niveau de base des concentrations de mercure*

1. On estime à environ 0.2 ppb le niveau de base des concentrations de mercure dans le couvert de neige; la gamme de variation des concentrations dans la neige s'étale entre 0.1 et 0.6 ppb et l'écart type des échantillons est d'environ 0.15 ppb.
2. En considérant les résultats des analyses obtenus par deux laboratoires différents, la valeur moyenne de la concentration du mercure des eaux de surface serait semblable à la valeur moyenne pour les eaux de profondeur: on estime que cette valeur moyenne se situerait entre 0.25 et 0.45 ppb avec un écart type de la population de concentrations de l'ordre de 0.25 ppb.  
Malgré la similitude des valeurs moyennes de surface et de profondeur, les concentrations de surface étaient, pour un même site, plus souvent supérieures aux concentrations de profondeur.
3. On constate que les concentrations de mercure sont plus élevées dans les eaux du lac Waconichi, du lac Winsch et dans les eaux du lac Clairly qu'aux autres sites de la région d'étude où l'eau a été échantillonnée.

4. Deux sites, situés dans la partie nord du lac Mistassini, à proximité de la zone où on a recueilli des conifères présentant des teneurs en mercure qui apparaissent élevées, affichent un comportement singulier: à l'un d'entre eux, la concentration de mercure dans la neige est la plus élevée enregistrée dans toute la région d'étude tandis qu'à l'autre, ce sont les eaux recueillies en profondeur qui présentent la concentration la plus élevée de toute la région.
5. Le niveau de base de la concentration de mercure dans les sédiments récents (une centaine d'années) se situe entre 35 et 40 ppb; cependant, lorsque l'on considère pour quelques sites les concentrations de mercure dans seulement les deux premiers cm de sédiments, on obtient des concentrations passablement plus élevées couvrant une gamme de variations comprise entre 25 et 190 ppb.
6. Trois sites affichent un comportement singulier en présentant des concentrations de mercure dans les sédiments récents (0 à 2 cm) beaucoup plus élevées qu'ailleurs dans la région d'étude; il s'agit du petit Lac Témiscamie (190 ppb), de la baie du Poste au sud du lac Mistassini (130 ppb) et du lac Clairiy au nord-est de la région d'étude (89 ppb).

*L'influence des activités humaines dans la région de Chibougamau*

7. Les activités humaines de la région de Chibougamau n'ont pas d'influence décelable sur les concentrations de mercure dans le manteau neigeux recouvrant la région d'étude.

*L'influence de la mine Icon Sullivan Joint Venture*

8. Les activités minières passées de la mine Icon Sullivan Joint Venture sont susceptibles d'avoir favorisé l'augmentation de la concentration de mercure dans les sédiments de la baie du Poste.

*Les influences géologiques*

9. Si l'on considère strictement la géochimie, on peut supposer que par l'intermédiaire des divers processus d'érosion, une partie importante du Hg dé-

celé dans le milieu aquatique, provient de la sphalérite (ZnS) principalement localisée dans la partie sud de la région étudiée ainsi que des shales carbonés qui sont d'origine volcanique et d'âge aphébien et que l'on retrouve à l'est du lac Albanel.

10. Les résultats des analyses stratigraphiques mettent en évidence une légère tendance à l'augmentation de la concentration de mercure (et de plusieurs autres éléments) dans les sédiments qui se sont formés depuis l'apparition d'une végétation arborescente dans la région, comme en témoigne l'augmentation progressive de la teneur en matière organique dans les sédiments.
11. Les tendances à l'augmentation du mercure dans les strates récentes de sédiments s'accroissent en même temps que celles du plomb, indiquant ainsi l'influence universelle de l'industrialisation, particulièrement au cours des 100 dernières années.
12. Il existe une relation étroite entre le contenu en matière organique et en mercure dans les sédiments laissant soupçonner que le cycle de la matière organique dans le milieu exerce une influence prépondérante sur le comportement du cycle du mercure.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARBEAU, A., NANTEL, A. et DORLOT, F. (1976).  
Etude sur les effets médicaux et toxicologiques du mercure organique dans le Nord-Ouest québécois. Ministère des Affaires sociales, Direction générale de la Programmation.
- BIGGS, R.B., MILLER, J.C., OTLEY, M.J. et SHIELO, C.L. (1973).  
Trace metals in several Delaware watersheds. University of Delaware, Water Resources Center. Newark, Delaware, Nov. 1973.
- CAMERON, E.M. et JONASSON, I.R. (1972).  
Mercury in Precambrien shales of the Canadian Shield.  
in: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 36: 985-1005.
- CATTELL, R.B. (1952).  
Factor analysis: an introduction for psychologist and social scientists.  
Harper, New-York.
- FORGET, J. (1976).  
Si la sidérurgie privée s'y intéresse, le projet FERAL pourrait se réaliser dès 1983. *Le Soleil*, Septembre 1976.
- GROS, J.J. (1975).  
Géologie de la partie sud de la baie du Poste. Rapport préliminaire - R.P. 610, Service des gîtes minéraux, ministère des Richesses naturelles.
- HADLEY, G. (1964).  
Linear algebra. Addison-Wesley Inc., Mass.
- HARMAN, G.H. (1960).  
Modern factor analysis. Chicago Univ. Press, Illinois.
- HESS, F.D. (1974).  
The geochemical cycle of mercury and the pollutional increment. Ph.D. thesis, University of Southern California.
- HORST, P. (1965).  
Factor analysis of data matrices. Holt, Rinehart and Winston, Toronto.
- IGNATIUS, H.O. (1956).  
Lake-Wisconsin stratigraphy in North central Quebec and Ontario (Canada).  
Ph.D. thesis, Yale Univ.
- JONASSON, I.R. et BOYLE, R.W. (1972).  
Geochemistry of mercure and origins of natural contamination of the environment Can. Inst. Mining Met. Bull. 65: 717.
- KAISER, H.F. (1958).  
The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23: 187-200.
- KENDALL, M.F. (1957).  
A course in multivariate analysis. Hafner, New York.

- LIVINGSTONE, D.A. (1955).  
A lightweight piston sampler for lake deposits. *Ecology*, 36: 137-139.
- LORING, D.H. (1975).  
Mercury in the sediments of the Gulf of St-Lawrence. *Can. J. Earth. Sci.*, 12: 1219-1237.
- MACLATCHY, J.E. et JONASSON, I.R. (1974).  
The relationship between mercury occurrence and mining activity in the Nottaway and Rupert river basins of Northwestern Quebec. Geological Survey of Canada, GSC Paper 74-55. *Energie, Mines et Ressources, Canada*.
- MAGOS, L. et CLARKSON, T.W. (1972).  
Atomic absorption determination of total inorganic and organic mercury in blood. *Journal of the AOAC*, 55: 966-971.
- MINISTERE DES RICHESSES NATURELLES. (1967).  
Minéralisation métallique dans les régions de Noranda, Matagami, Val d'Or, Chibougamau. Les Services géologiques.
- MINISTERE DES RICHESSES NATURELLES. (1970).  
Superficie des bassins versants du Québec. 3ième partie. Service de l'hydrographie, H-10.
- MINISTERE DES RICHESSES NATURELLES. (1969).  
Carte géologique du Québec. Direction générale des Mines.
- MINISTERE DES TERRES ET FORETS. (1973).  
Cartes: Massifs boisés du Québec.
- QUELLET, M. (1975).  
Augmentation récente de métaux lourds dans les sédiments de plusieurs lacs de l'Ontario et du Québec. Conférence Int. sur les métaux lourds dans l'environnement. Toronto, Oct. 27-31, 1975.
- QUELLET, M. et POULIN, P. (1975).  
Quelques aspects paléoécologiques de la tourbière et du lac Desaulniers et quelques spectres sporolliniques modernes du bassin de la Grande Rivière, baie James. INRS-Eau, rapport scientifique n° 58, 48 p. (Pour la Société d'énergie de la baie James).
- QUELLET, M. et POULIN, P. (1976a).  
Etude paléoécologique des sédiments du lac Waterloo, Québec. INRS-Eau, rapport scientifique n° 64, 87 p. (Pour le ministère des Richesses naturelles, Québec).
- QUELLET, M. et POULIN, P. (1976b).  
Résultats préliminaires sédimentologiques et paléolimnologiques de la région de la rivière Matamek. INRS-Eau, rapport interne n° 46, 48 p. (Pour Woods Hole Oceanographic Institution).
- ROUSSEAU, J. (1952).  
Les zones biologiques de la péninsule Québec-Labrador et l'hémisarctique. *Canadian Journal of Botany*, Vol. 30, pp. 436-474.

- SASSEVILLE, J.-L., BELANGER, G., DELISLE, G. et RIVERIN, M. (1976).  
Le mercure au Nord-Ouest québécois: aspects environnementaux. Rapport du comité interministériel sur le mercure. Services de protection de l'environnement du Québec, juillet 1976.
- THOMAS, R.L., McMILLAN, R.K. LOWE, W.E. et SLY, P.G. (1975).  
Preliminary report on a 1975 survey on the distribution of mercury in the sediments of the Bell River system. Northwest Quebec, between lake Quevillon and lake Matagami. Process Research Division. Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Canada, Novembre 1975.
- TROMP, S.W. (1963).  
Medical biometeorology. Weather, climate and the living organism. Elsevier, New York.
- VILLENEUVE, G.O. (1967).  
Sommaire climatique du Québec M-24. Volume 1. Service de météorologie. Ministère des Richesses naturelles.
- WAHL, W.G. (1953).  
Région de la rivière Témiscamie, territoire de Mistassini. Rapport géologique 54. Service de la Carte géologique. Ministère des Richesses naturelles.
- WINMILL, E. *et al.* (1972).  
Enquête scientifique relative à la provenance et à la distribution du mercure dans l'environnement au Nord-Ouest québécois. Direction de la protection écologique. Ottawa.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs veulent témoigner leur gratitude à mesdemoiselles Andrée Baillargeon et Lise Raymond et à messieurs Magella Cantin et André Parent qui ont dépensé une énergie considérable afin de préparer et éditer ce document dans des délais très courts.

Il faut aussi souligner l'excellente collaboration des laboratoires suivants:

- Environnement Canada et les laboratoires du CCIW, Burlington;
- Ministère des Richesses naturelles du Québec, Centre de recherches minérales;
- Ministère des Richesses naturelles du Québec, Service de la qualité des eaux;
- Services de protection de l'environnement du Québec.

Finalement, les auteurs tiennent tout particulièrement à remercier Monsieur Louis Rousseau, directeur de l'INRS-Eau, pour l'intérêt qu'il a porté à ce projet et ses nombreux commentaires positifs lors de la révision de ce rapport.

Annexe A

TABLEAU A1: Composition chimique des branches et des épinés des conifères.

n°	Nom du lieu	Age de l'arbre	Niveau (m)	Espèce		Densité	Diamètre du tronc (cm)	Perte <sup>5</sup> 25-50 (%)	Humi- <sup>5</sup> dité (%)	M.O. <sup>5</sup> (%)	Hg <sup>5</sup> total (ppb)	Na <sup>5</sup> (ppm)	K <sup>5</sup> (ppm)	Pb <sup>5</sup> (ppm)	Ca <sup>5</sup> (ppm)	Mg <sup>5</sup> (ppm)	Cu <sup>5</sup> (ppm)	Zn <sup>5</sup> (ppm)	Ni <sup>5</sup> (ppm)	Co <sup>5</sup> (ppm)
				Epi-nette	Sa-pin															
3	Lac Albanel	1 an	1.5	x		faible	7.5-10	53.4	7.2	98.0	21	2000	3800	<0.1	3600	1200	0.8	42.6	1.1	0.13
3	Lac Albanel	2 ans	1.5	x		faible		51.1	7.1	97.7	40	1800	2700	<0.1	4900	1200	0.6	47.3	3.0	0.85
3	Lac Albanel	3 ans	1.5	x		faible		48.0	7.1	97.5	45	1900	2500	1.5	7600	1200	1.3	47.4	1.9	0.85
7	Lac Mistassini	1 an	1.5		x	forte	7.5-10	46.5	9.2	97.0	80	2500	1100	1.8	11300	1800	1.4	56.2	3.9	0.89
7	Lac Mistassini	2 ans	1.5		x	forte		52.4	9.6	97.9	420	2600	1700	1.2	6800	1400	2.5	36.9	2.8	1.30
13	Baie du Poste, nord de l'esker			x		-	10	49.6	7.5	98.1	60	1700	1000	1.8	3600	1800	2.4	19.0	4.2	1.05
18	Lac Waconichi		2	x		moyenne	12.5	49.0	7.1	98.1	36	1700	600	2.7	4500	1300	3.3	28.4	4.7	1.23

<sup>5</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.

TABLEAU A2: Variation chimique et physico-chimique de la neige.

n°	Nom du lieu	Date d'échantillonnage	Épaisseur (cm)	Consistance	pH <sup>2</sup>	Conductivité <sup>2</sup> (µmhos/cm)	Conductivité <sup>3</sup> (µmhos/cm)	Couleur <sup>3</sup> (unités Hazen)	Hg (ppb) <sup>5</sup>	Hg (ppb) <sup>1</sup>	Na (ppm) <sup>3</sup>	K (ppm) <sup>3</sup>	Ca (ppm) <sup>3</sup>	Mg (ppm) <sup>3</sup>	Fe (ppm) <sup>3</sup>	Mn (ppm) <sup>3</sup>	Cl (ppm) <sup>3</sup>	F (ppm) <sup>3</sup>	N Kjeldahl <sup>5</sup> (ppm de N)	N Kjeldahl <sup>3</sup> (ppm de N)	SO <sub>4</sub> (ppm) <sup>3</sup>	P total <sup>5</sup> (ppm de PO <sub>4</sub> )	P total <sup>3</sup> (ppm de PO <sub>4</sub> )
2	Lac Témiscamie	19.03	75	sorbet	5.2	-	8.0	-9	0.13	0.22	0.1	0.5	0.1	0.05	0.01	0.01	0.4	<0.02	0.20	0.05	1.5	0.02	0.02
4	Lac Clairiy (nord)	18.03	25	sorbet	5.3	-	4.0	-9	0.12	0.46	0.05	0.5	0.8	0.05	0.01	0.01	0.3	<0.02	0.10	0.05	1.3	0.02	0.18
5	Lac Clairiy	18.03	25	sorbet	5.3	-	8.0	-9	0.10	0.12	0.1	0.5	0.1	0.05	0.01	0.01	0.5	<0.02	0.10	0.05	1.0	0.02	0.07
6	Lac Mistassini (nord de Wabassinon)	19.03	20	sorbet	5.3	-	9.0	-9	0.23	0.62	0.2	0.5	0.8	0.05	0.01	0.01	0.6	<0.02	0.15	0.16	1.2	0.02	0.08
11	Lac Mistassini (baie Abatagouche, nord)	23.03	0-2	sorbet	5.2	12.0	10.0	-9	0.28	0.15	0.1	0.1	0.2	0.05	0.04	0.01	0.5	<0.02	0.15	0.21	1.4	0.04	0.17
12	Lac Mistassini (baie Abatagouche, nord)	23.03	0-2	sorbet	5.2	9.0	8.0	-9	-	0.29	0.1	0.5	0.3	0.05	0.03	0.01	0.3	<0.02	0.15	0.12	1.5	0.04	0.06
13	Lac Mistassini (baie du Poste, nord de l'esker)	23.03	-	-	5.3	15.0	4.0	-9	0.13	0.15	0.05	0.5	0.1	0.05	0.01	0.01	0.3	<0.02	0.20	0.08	1.1	0.02	0.10
14	Lac Mistassini (baie du Poste, sud de l'esker)	23.03	40	sorbet	5.3	12.0	11.0	-9	0.16	0.17	0.1	0.1	0.3	0.05	0.01	0.01	0.5	<0.02	0.25	0.19	1.4	0.04	0.31
15	Lac Waconichi (nord de Heart I)	22.03	0-5	sorbet	6.0	11.4	9.0	-9	0.21	0.22	0.3	0.1	0.2	0.05	0.01	0.01	0.6	<0.02	0.30	0.21	1.1	0.03	0.23
16	Lac Waconichi (rétrécissement du lac)	22.03	0-5	sorbet	5.6	4.0	-	-9	0.26	0.25	0.1	0.1	0.6	0.3	0.04	0.01	0.5	<0.02	0.15	0.32	-	0.02	0.30
17	Lac Waconichi (baie Spawning)	22.03	0-5	sorbet	6.0	9.0	6.0	-9	0.18	0.42	0.3	0.1	0.3	0.06	0.03	0.01	0.6	<0.02	0.20	0.10	1.2	0.02	0.16
18	Lac Waconichi	22.03	-	sorbet	6.5	17.0	12.0	-9	0.05	0.17	0.2	0.1	0.8	0.5	0.01	0.01	0.5	<0.02	0.15	0.20	1.6	0.02	0.07
19	Lac Winsch	22.03	-	-	5.2	6.0	8.0	-9	0.10	0.19	0.2	0.1	0.4	0.1	0.01	0.01	0.5	<0.02	0.25	0.11	1.5	0.04	0.14

<sup>1</sup> Analyses réalisées par Environnement Canada.

<sup>2</sup> Analyses réalisées par l'INRS-Eau.

<sup>3</sup> Analyses réalisées par le ministère des Richesses naturelles, Service de la qualité des eaux.

<sup>5</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.

TABLEAU A3: Composition chimique et physico-chimique des eaux de surface et des eaux de fond.

n	Lieu d'échantillonnage <sup>6</sup>	Date d'échantillonnage	Distance de la rive (km)	Profondeur (m)	Température (°C)	Matière en suspension	pH <sup>2</sup>	Conductivité <sup>3</sup> (µmhos/cm)	Conductivité <sup>2</sup> (µmhos/cm)	Alcalinité <sup>3</sup> (ppm de CaCO <sub>3</sub> )	Couleur (unités Hazen)	Hg (ppb) <sup>5</sup>	Hg (ppb) <sup>1</sup>	Na (ppm) <sup>3</sup>	K (ppm) <sup>3</sup>	Ca (ppm) <sup>3</sup>	Mg (ppm) <sup>3</sup>	Fe (ppm) <sup>3</sup>	Mn (ppm) <sup>3</sup>	Si <sup>3</sup> (ppm de SiO <sub>2</sub> )	Cl (ppm) <sup>3</sup>	F (ppm) <sup>3</sup>	N Kjeldahl <sup>3</sup> (ppm de N)	SO <sub>4</sub> (ppm) <sup>3</sup>	P total (ppm de PO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup>	
1	Surface	19.03	-	1.1	0	-	5.7	-	13	-	-	0.10	0.28	-	-	-	-	0.03	0.01	-	-	-	-	-	-	-
	Fond	19.03	-	30	-	-	5.7	-	14	-	-	0.10	0.32	-	-	-	-	0.27	0.08	-	-	-	-	-	-	
2	Surface	19.03	9	1.0	0	-	5.2	-	17	6	-	-	0.23	0.9	0.3	2.0	0.5	0.09	0.01	-	0.6	0.08	-	2.1	-	
	Fond	19.03	9	10	-	x	4.1	-	40	4	-	0.10	0.18	0.7	0.3	1.5	0.4	2.0	0.13	-	0.6	0.07	-	2.5	-	
4	Surface	18.03	0.5	1.1	0	-	6.3	-	-	-	-	0.12	0.42	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	18.03	0.5	6	2	-	5.3	-	-	-	-	0.10	0.21	-	-	-	-	0.06	0.01	-	-	-	-	-	-	
5	Surface	18.03	0.5	1.1	0	-	5.6	-	-	-	-	0.28	0.54	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	18.03	0.5	4	-	-	6.1	-	-	-	-	0.18	0.36	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
6	Surface	19.03	3	1.5	0	-	7.1	-	26	-	-	0.12	0.16	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	19.03	3	43	4	-	-	-	26	-	-	1.13	1.0	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
8	Surface	19.03	4	1.5	0	-	7.1	26	-	-	-	0.34	0.66	-	-	-	-	0.09	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	19.03	4	63	4	x	6.9	-	-	-	-	0.10	0.62	-	-	-	-	0.03	0.01	-	-	-	-	-	-	
9	Surface	18.03	1.5	1.5	0	-	6.2	-	-	-	-	0.14	0.26	-	-	-	-	0.02	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	18.03	1.5	11	2	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.01	-	-	-	-	-	-	
10	Surface	18.03	2	1.5	0	x	3.6	-	-	-	-	0.17	0.25	-	-	-	-	0.02	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	18.03	2	15	2	x	6.2	-	-	-	-	0.10	0.19	-	-	-	-	0.02	0.01	-	-	-	-	-	-	
11	Surface	23.03	-	1.7	0	-	7.2	32	40	14	-9	0.22	0.40	0.5	0.2	3.9	1.8	0.01	0.01	2.8	0.3	0.03	0.06	2.5	0.02	
	Fond	23.03	-	10	2	-	7.2	65	77	36	-9	0.26	0.27	0.5	0.2	8.0	4.1	0.04	0.01	2.6	0.4	0.02	0.11	3.0	0.02	
12	Surface	23.03	1	1.7	0	-	7.3	-	54	-	-	0.28	0.34	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	23.03	1	13	2	-	7.3	71	84	41	-9	0.11	0.29	0.6	0.2	9.0	4.4	0.03	0.01	2.4	0.4	0.03	0.13	3.2	0.02	
13	Surface	23.03	-	1.0	-	-	7.0	77	90	51	-9	0.22	0.60	0.5	0.2	10.0	4.5	0.01	0.01	2.5	0.4	0.02	-	4.2	-	
	Fond	23.03	-	15	-	-	7.3	92	93	61	-9	0.20	0.47	0.5	0.2	9.8	4.4	0.03	0.01	-	0.4	0.03	-	4.3	-	
14	Surface	23.03	-	0.9	-	-	6.9	69	89	40	-9	0.29	0.50	0.5	0.2	9.5	4.2	0.01	0.01	2.2	0.3	0.02	0.10	4.2	0.02	
	Fond	23.03	-	5	-	-	7.0	76	93	44	-9	0.16	0.65	0.6	0.3	10.2	4.8	0.40	0.05	3.5	0.5	0.02	-	3.9	-	
15	Surface	22.03	1.5	1.7	0	-	7.5	-	63	-	-	-	0.49	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	22.03	1.5	18	4	-	7.1	-	61	-	-	0.53	0.77	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
16	Surface	22.03	0.4	1.7	0	-	7.5	-	67	-	-	0.59	0.79	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	22.03	0.4	21	4	-	7.1	-	75	-	-	0.40	0.30	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
17	Surface	22.03	1	1.7	0	-	7.1	-	64	-	-	-	0.62	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
	Fond	22.03	1	7	2	-	7.0	-	66	-	-	0.12	0.75	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
18	Surface	22.03	0.3	-	-	-	7.2	70	111	31	-9	-	0.39	0.5	0.2	6.5	3.5	0.01	0.01	2.3	0.3	0.02	0.02	3.8	0.02	
	Fond	22.03	0.3	10	-	-	7.4	-	64	92	-	0.14	0.34	0.9	0.5	16.0	11.0	0.97	0.10	6.2	0.5	0.04	0.10	4.4	0.02	
19	Surface	22.03	0.3	1.0	-	-	7.9	161	155	104	-9	-	0.62	0.7	0.5	18.0	10.0	0.01	0.01	3.9	0.5	0.03	0.02	5.6	0.02	
	Fond	22.03	0.3	30	-	-	7.4	162	154	105	-9	0.19	0.45	0.7	0.5	19.5	10.0	0.15	0.04	6.4	0.4	0.03	0.05	5.7	0.02	

<sup>1</sup> Analyses réalisées par Environnement Canada.

<sup>2</sup> Analyses réalisées par l'INRS-Eau.

<sup>3</sup> Analyses réalisées par le ministère des Richesses naturelles, Service de la qualité des eaux.

<sup>5</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.

<sup>6</sup> Pour le nom du lieu d'échantillonnage, voir le tableau 2.1.

TABLEAU A4: Composition chimique et physico-chimique des sédiments de surface.

n°	Nom du lieu	Profondeur (m)	Physico-chimique				Chimique																							
			Eau (%) <sup>1</sup>	Perte 25-50 (%) <sup>5</sup>	Humidité (%) <sup>5</sup>	M.O. (%) <sup>5</sup>	Hg (ppb) <sup>5</sup>	Hg (ppb) <sup>4</sup>	Hg (ppb) <sup>1</sup>	Na (ppm) <sup>5</sup>	K (ppm) <sup>5</sup>	Ag (ppm) <sup>5</sup>	Pb (ppm) <sup>5</sup>	Pb (ppm) <sup>4</sup>	Ca (ppm) <sup>5</sup>	Mg (ppm) <sup>5</sup>	Sr (ppm) <sup>5</sup>	Cu (ppm) <sup>5</sup>	Cu (ppm) <sup>4</sup>	Zn (ppm) <sup>5</sup>	Zn (ppm) <sup>4</sup>	Cd (ppm) <sup>5</sup>	Ni (ppm) <sup>5</sup>	Ni (ppm) <sup>4</sup>	Co (ppm) <sup>5</sup>	Co (ppm) <sup>4</sup>	Fe (ppm) <sup>5</sup>	Mn (ppm) <sup>5</sup>	Mn (ppm) <sup>4</sup>	Cr (ppm) <sup>5</sup>
1	Petit lac Témiscamie	30	93.6	7.3	36.6	192	135	-	500	700	0.6	1.4	<2	3200	800	56	42	30	112	92	0.4	62	16	46.3	20	44900	1330	856	42	
2	Lac Témiscamie	10	63.2	1.3	12.7	27	35	-	200	900	<0.1	0.2	2	1900	1300	30	26	17	87	96	0.4	22	23	48.7	38	27800	480	480	22	
4	Lac Clairiy(nord)	6	58.4	2.2	11.6	89	100	-	400	1800	0.3	6.3	31	3100	2700	50	16	5	129	94	0.4	38	14	17.7	9	48200	1490	944	32	
5	Lac Clairiy	4.5	75	73.9	0.9	13.9	14	35	0.01	400	1600	<0.1	1.5	<2	3600	4000	59	6	5	88	90	0.2	30	14	0.6	5	23100	590	580	23
6	Lac Mistassini (nord de Wabassinon)	4.3	49	62.2	0.6	3.7	10	20	0.02	600	2900	0.1	2.6	<2	2800	4500	57	11	9	67	68	0.1	40	17	15.6	8	20900	860	858	28
8	Lac Mistassini (bras est)	6.3	84	82.7	1.0	8.4	39	40	<0.01	1100	3600	0.2	3.4	<2	3200	5000	80	15	11	100	100	0.2	58	24	16.9	10	19900	400	444	40
13	Lac Mistassini (baie du Poste, nord de l'esker)	15	50.3	0.4	4.0	27	46	-	200	700	<0.1	1.0	2	1900	1700	25	8	5	41	72	0.1	15	11	2.5	3	8900	300	380	10	
14	Lac Mistassini (baie du Poste, sud de l'esker)	5	83.7	2.7	20.1	129	60	-	400	1700	0.1	9.2	15	7500	3800	56	57	31	122	106	0.5	40	18	14.5	3	19000	720	498	23	
16	Lac Waconichi (rétrécissement du lac)	4	57	61.2	0.6	9.7	27	25	0.02	300	1100	<0.1	1.3	<2	3100	2900	41	8	5	67	68	0.2	25	11	8.1	3	13400	870	730	15
17	Lac Waconichi (baie Spawning)	7	62	70.5	0.7	12.4	40	20	0.02	400	1300	<0.1	44.4	4	3900	3200	59	9	4	102	80	0.3	26	10	8.3	4	14900	880	426	18
18	Lac Waconichi	10	83.6	1.2	20.2	34	95	-	500	1800	<0.1	10.4	2	4500	3700	24	26	8	79	78	0.7	36	14	8.4	3	9900	105	106	20	
19	Lac Winsch	10	59	63.9	0.7	15.7	17	20	0.02	200	800	0.4	1.3	<2	12300	7500	24	9	3	55	40	0.1	26	7	9.6	2	12300	820	372	16

<sup>1</sup> Analyses réalisées par Environnement Canada.

<sup>4</sup> Analyses réalisées par le ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales.

<sup>5</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.

TABLEAU A5: Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du petit lac Témiscamie (site 1).

Profondeur (cm)	Perte 25-50 (%) <sup>5</sup>			Humidité (%) <sup>5</sup>			M.O. (%) <sup>5</sup>																						
	Hg (ppb) <sup>5</sup>	Hg (ppb) <sup>4</sup>	Na (ppm) <sup>5</sup>	K (ppm) <sup>5</sup>	Ag (ppm) <sup>5</sup>	Pb (ppm) <sup>5</sup>	Pb (ppm) <sup>4</sup>	Ca (ppm) <sup>5</sup>	Mg (ppm) <sup>5</sup>	Sr (ppm) <sup>5</sup>	Cu (ppm) <sup>5</sup>	Cu (ppm) <sup>4</sup>	Zn (ppm) <sup>5</sup>	Zn (ppm) <sup>4</sup>	Cd (ppm) <sup>5</sup>	Ni (ppm) <sup>5</sup>	Ni (ppm) <sup>4</sup>	Co (ppm) <sup>5</sup>	Co (ppm) <sup>4</sup>	Fe (ppm) <sup>5</sup>	Mn (ppm) <sup>5</sup>	Mn (ppm) <sup>4</sup>	Cr (ppm) <sup>5</sup>						
0 - 2 <sup>4,5</sup>	93.6	7.3	36.6	192	135	500	700	0.6	1.4	<2	3200	800	56	42	30	112	92	0.4	62	16	46.3	20	44900	1330	856	42			
2 - 4 <sup>4,5</sup>	83.3	5.2	35.9	65	140	400	700	0.6	1.4	<2	3200	800	57	37	28	92	88	0.4	55	16	35.8	20	41300	1240	800	28			
4 - 6 <sup>4,5</sup>	87.7	5.6	34.3	92	130	300	700	0.6	0.8	<2	3300	900	56	40	29	90	98	0.4	58	18	36.9	19	42900	1250	808	30			
6 - 8 <sup>4,5</sup>	93.6	5.5	34.9	140	115	400	800	0.5	0.8	<2	3400	900	56	38	28	102	92	0.5	70	16	40.7	19	43300	1270	820	25			
8 - 10 <sup>4,5</sup>	90.3	4.6	28.4	100	110	400	1500	0.2	0.8	<2	3100	1900	55	37	25	82	86	0.5	56	17	35.8	18	38800	1080	758	30			
10 - 12 <sup>4,5</sup>	85.6	2.8	16.5	65	55	400	2500	0.5	0.8	<2	2700	2700	59	26	13	70	54	0.3	49	19	29.3	10	28400	700	412	31			
12 - 14 <sup>4,5</sup>	88.0	3.8	22.8	73	130	400	1800	0.6	0.6	<2	2900	2100	68	28	22	72	74	0.2	48	19	34.1	22	35200	910	858	28			

<sup>4</sup> Analyses réalisées par le ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales.

<sup>5</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.

TABLEAU A6: Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Témiscamie (site 2).

Profondeur (cm)	Perte 25-50 (%) <sup>5</sup>	Humidité (%) <sup>5</sup>	M.O. (%) <sup>5</sup>	Hg (ppb) <sup>4,5</sup>	Na (ppm) <sup>5</sup>	K (ppm) <sup>5</sup>	Ag (ppm) <sup>5</sup>	Pb (ppm) <sup>4,5</sup>	Ca (ppm) <sup>5</sup>	Mg (ppm) <sup>5</sup>	Sr (ppm) <sup>5</sup>	Cu (ppm) <sup>4,5</sup>	Zn (ppm) <sup>4,5</sup>	Cd (ppm) <sup>5</sup>	Ni (ppm) <sup>4,5</sup>	Co (ppm) <sup>4,5</sup>	Fe (ppm) <sup>5</sup>	Mn (ppm) <sup>4,5</sup>	Cr (ppm) <sup>5</sup>
0 - 2 <sup>5</sup>	63.2	1.3	12.7	27	200	900	<0.1	0.2	1900	1300	30	26	87	0.4	22	48.7	27800	480	22
2 - 4 <sup>4</sup>	-	-	-	35	-	-	-	<2	-	-	-	17	96	-	23	38	-	480	-
4 - 6 <sup>5</sup>	65.5	1.7	11.6	14	500	900	<0.1	0.3	2000	1400	28	30	100	1.3	20	46.0	28000	450	20
6 - 8 <sup>4</sup>	-	-	-	25	-	-	-	<2	-	-	-	17	100	-	21	31	-	486	-
8 - 10 <sup>5</sup>	64.0	1.5	10.3	18	500	900	<0.1	<0.1	1800	1300	22	25	110	1.4	20	39.9	26900	410	20
10 - 12 <sup>4</sup>	-	-	-	25	-	-	-	<2	-	-	-	14	86	-	17	22	-	402	-
12 - 14 <sup>5</sup>	55.7	1.1	7.2	10	300	700	<0.1	0.2	1400	1100	20	17	54	0.1	17	16.9	19000	260	17
14 - 16 <sup>4</sup>	-	-	-	30	-	-	-	<2	-	-	-	17	114	-	23	42	-	482	-
16 - 18 <sup>5</sup>	63.7	1.8	10.3	11	400	800	<0.1	0.3	2000	1200	21	24	105	<0.1	19	48.7	33400	480	19
18 - 20 <sup>4</sup>	-	-	-	35	-	-	-	<2	-	-	-	19	110	-	24	38	-	518	-
20 - 22 <sup>5</sup>	65.1	1.7	10.1	13	300	700	<0.1	0.3	1800	1300	21	30	108	1.1	20	29.5	24600	390	20
22 - 24 <sup>4</sup>	-	-	-	35	-	-	-	<2	-	-	-	18	98	-	20	24	-	430	-
24 - 26 <sup>5</sup>	62.8	1.5	9.8	16	500	800	<0.1	0.8	1800	1300	22	24	115	0.3	19	30.8	22100	340	19
26 - 28 <sup>4</sup>	-	-	-	30	-	-	-	<2	-	-	-	16	80	-	18	17	-	390	-
28 - 30 <sup>5</sup>	50.4	0.9	6.1	12	300	600	<0.1	<0.1	1300	1000	18	17	68	0.1	14	13.1	17100	230	14
30 - 32 <sup>4</sup>	-	-	-	20	-	-	-	<2	-	-	-	16	94	-	18	15	-	360	-
32 - 34 <sup>5</sup>	61.1	1.3	9.0	9	400	800	<0.1	<0.1	1700	1400	23	24	63	0.6	10	19.0	23400	300	10
34 - 36 <sup>4</sup>	-	-	-	30	-	-	-	<2	-	-	-	13	86	-	16	14	-	314	-
36 - 38 <sup>5</sup>	57.7	1.1	7.4	8	300	700	<0.1	0.3	1400	1200	19	18	63	1.1	18	19.5	18000	270	9
38 - 40 <sup>4</sup>	-	-	-	25	-	-	-	<2	-	-	-	10	60	-	14	12	-	226	-
40 - 42 <sup>5</sup>	21.3	0.2	0.9	5	200	300	<0.1	<0.1	700	700	14	7	15	0.6	3	4.7	5400	60	3
42 - 44 <sup>4</sup>	-	-	-	20	-	-	-	<2	-	-	-	12	56	-	10	8	-	198	-
44 - 46 <sup>5</sup>	51.3	0.7	4.8	9	400	900	<0.1	0.1	1500	1500	21	25	46	0.2	7	9.5	13400	180	7
46 - 48 <sup>4</sup>	-	-	-	25	-	-	-	<2	-	-	-	16	56	-	10	5	-	164	-

<sup>4</sup> Analyses réalisées par le ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales.

<sup>5</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.

TABLEAU A7: Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Clairy (site 4).

Profondeur (cm)	Perte 25-50 (%) <sup>5</sup>	Humidité (%) <sup>5</sup>	M.O. (%) <sup>5</sup>	Hg (ppb) <sup>4,5</sup>	Na (ppm) <sup>5</sup>	K (ppm) <sup>5</sup>	Ag (ppm) <sup>5</sup>	Pb (ppm) <sup>4,5</sup>	Ca (ppm) <sup>5</sup>	Mg (ppm) <sup>5</sup>	Sr (ppm) <sup>5</sup>	Cu (ppm) <sup>4,5</sup>	Zn (ppm) <sup>4,5</sup>	Cd (ppm) <sup>5</sup>	Ni (ppm) <sup>4,5</sup>	Co (ppm) <sup>4,5</sup>	Fe (ppm) <sup>5</sup>	Mn (ppm) <sup>4,5</sup>	Cr (ppm) <sup>5</sup>
0 - 2 <sup>5</sup>	58.4	2.2	11.6	89	400	1800	0.3	6.3	3100	2700	50	16	129	0.4	38	17.7	48200	1490	32
2 - 4 <sup>4</sup>	-	-	-	100	-	-	-	31	-	-	-	5	94	-	14	9	-	944	-
4 - 6 <sup>5</sup>	59.0	2.2	11.0	86	500	1800	0.3	5.7	2900	2500	46	16	114	0.5	40	15.2	46500	1300	33
6 - 8 <sup>4</sup>	-	-	-	90	-	-	-	24	-	-	-	4	94	-	14	8	-	676	-
8 - 10 <sup>5</sup>	58.7	2.0	10.8	67	500	1600	0.3	3.6	3000	2800	48	17	105	0.5	34	15.6	43000	910	29
10 - 12 <sup>4</sup>	-	-	-	56	-	-	-	<2	-	-	-	4	68	-	13	6	-	486	-
12 - 14 <sup>5</sup>	56.4	1.8	8.7	28	400	1900	<0.1	0.2	2700	2700	46	15	60	0.2	39	13.4	29800	630	30
14 - 16 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	3	70	-	13	6	-	512	-
16 - 18 <sup>5</sup>	59.0	1.9	9.0	29	400	1700	<0.1	0.1	2800	2800	45	12	79	<0.1	33	13.7	31800	640	24
18 - 20 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	4	82	-	14	6	-	518	-
20 - 22 <sup>5</sup>	60.2	2.0	9.2	27	400	1700	<0.1	0.1	2700	2700	48	13	85	<0.1	37	14.6	33900	640	34
22 - 24 <sup>4</sup>	-	-	-	45	-	-	-	<2	-	-	-	3	80	-	15	8	-	508	-
24 - 26 <sup>5</sup>	60.8	2.1	9.5	21	700	2400	<0.1	0.1	2800	2700	49	9	87	0.2	42	14.7	34000	610	26
26 - 28 <sup>4</sup>	-	-	-	60	-	-	-	<2	-	-	-	4	76	-	14	9	-	576	-
28 - 30 <sup>5</sup>	61.8	2.1	9.8	11	500	2200	<0.1	0.1	2900	2900	49	13	78	<0.1	42	15.9	34700	650	26
30 - 32 <sup>4</sup>	-	-	-	50	-	-	-	<2	-	-	-	4	80	-	13	6	-	610	-
32 - 34 <sup>5</sup>	61.4	2.0	9.9	14	600	2400	<0.1	0.1	2900	2700	44	9	79	<0.1	42	16.1	35300	660	26
34 - 36 <sup>4</sup>	-	-	-	60	-	-	-	<2	-	-	-	5	80	-	12	6	-	512	-
36 - 38 <sup>5</sup>	61.1	1.8	10.2	22	800	2400	<0.1	0.1	2900	2800	49	13	78	0.2	41	16.7	37500	650	35
38 - 40 <sup>4</sup>	-	-	-	60	-	-	-	<2	-	-	-	3	84	-	14	11	-	528	-
40 - 42 <sup>5</sup>	60.7	1.6	10.4	21	600	2300	<0.1	0.1	2700	2800	51	12	83	0.3	40	15.8	32200	580	33
42 - 44 <sup>4</sup>	-	-	-	55	-	-	-	<2	-	-	-	3	70	-	12	3	-	406	-
44 - 46 <sup>5</sup>	60.1	2.4	8.7	17	700	2700	<0.1	0.5	2700	2800	43	13	77	<0.1	41	15.9	35800	600	26
46 - 48 <sup>4</sup>	-	-	-	45	-	-	-	<2	-	-	-	3	72	-	13	4	-	430	-
48 - 50 <sup>5</sup>	60.6	2.3	8.0	16	700	2400	<0.1	0.6	2700	2800	52	13	76	<0.1	35	15.4	34500	570	25
50 - 52 <sup>4</sup>	-	-	-	50	-	-	-	<2	-	-	-	4	76	-	14	6	-	464	-
52 - 54 <sup>5</sup>	60.0	2.1	8.5	20	700	2500	<0.1	0.2	2700	2800	51	12	74	<0.1	36	15.4	35400	620	25
54 - 56 <sup>4</sup>	-	-	-	55	-	-	-	<2	-	-	-	5	82	-	16	11	-	494	-
56 - 58 <sup>5</sup>	63.0	2.3	8.6	18	700	2400	<0.1	0.4	2900	3000	62	14	82	<0.1	40	17.8	39000	630	27
58 - 60 <sup>4</sup>	-	-	-	50	-	-	-	<2	-	-	-	5	82	-	15	8	-	488	-
60 - 62 <sup>5</sup>	62.9	2.1	8.8	18	700	2300	<0.1	0.1	2900	2800	58	9	75	<0.1	39	15.4	35500	620	28
62 - 64 <sup>4</sup>	-	-	-	75	-	-	-	<2	-	-	-	4	76	-	14	5	-	438	-
64 - 66 <sup>5</sup>	60.9	1.7	8.2	22	600	2100	<0.1	0.1	2900	2800	65	9	80	0.2	41	16.9	37200	610	27
66 - 68 <sup>4</sup>	-	-	-	60	-	-	-	<2	-	-	-	5	84	-	15	8	-	520	-
68 - 70 <sup>5</sup>	62.7	1.7	9.2	24	700	2400	<0.1	0.2	2800	3000	60	10	77	<0.1	40	19.7	38500	640	29
70 - 72 <sup>4</sup>	-	-	-	65	-	-	-	<2	-	-	-	3	74	-	14	8	-	464	-
72 - 74 <sup>5</sup>	59.8	1.8	9.3	26	600	2300	<0.1	0.4	2700	2900	56	8	83	0.2	38	14.9	35900	660	25

<sup>4</sup> Analyses réalisées par le ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales.

<sup>5</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.

**TABLEAU A8:** Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Mistassini (baie du Poste, nord de l'esker: site 13).

Profondeur (cm)	Perte 25-50 (%) <sup>5</sup>	Humidité (%) <sup>5</sup>	M.O. (%) <sup>5</sup>	Hg (ppb) <sup>4,5</sup>	Na (ppm) <sup>5</sup>	K (ppm) <sup>5</sup>	Ag (ppm) <sup>5</sup>	Pb (ppm) <sup>4,5</sup>	Ca (ppm) <sup>5</sup>	Mg (ppm) <sup>5</sup>	Sr (ppm) <sup>5</sup>	Cu (ppm) <sup>4,5</sup>	Zn (ppm) <sup>4,5</sup>	Cd (ppm) <sup>5</sup>	Ni (ppm) <sup>4,5</sup>	Co (ppm) <sup>4,5</sup>	Fe (ppm) <sup>5</sup>	Mn (ppm) <sup>4,5</sup>	Cr (ppm) <sup>5</sup>
0 - 2 <sup>5</sup>	50.3	0.4	4.0	27	200	700	<0.1	1.0	1900	1700	25	8	41	0.1	15	2.5	8900	300	10
2 - 4 <sup>4</sup>	-	-	-	46	-	-	-	<2	-	-	-	5	72	-	11	3	-	238	-
4 - 6 <sup>5</sup>	50.9	0.5	4.9	28	200	800	<0.1	1.0	2000	1900	22	10	51	0.1	17	5.4	10100	380	10
6 - 8 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	6	62	-	8	1	-	356	-
8 - 10 <sup>5</sup>	51.7	0.6	5.8	31	200	1000	<0.1	1.0	2300	2200	28	11	52	0.2	20	6.0	11800	440	16
10 - 12 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	3	-	-	-	6	60	-	9	1	-	390	-
12 - 14 <sup>5</sup>	49.7	0.5	5.3	28	200	900	<0.1	0.4	2300	1900	30	10	47	0.4	19	5.5	11400	440	12
14 - 16 <sup>4</sup>	-	-	-	35	-	-	-	4	-	-	-	5	56	-	7	1	-	368	-

<sup>4</sup> Analyses réalisées par le ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales.

<sup>5</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.

TABLEAU A9: Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Mistassini (baie du Poste, sud de l'esker: site 14).

Profondeur (cm)	Perte 25-50 (%) <sup>1</sup>	Humidité (%) <sup>1</sup>	M.O. (%) <sup>1</sup>	Hg (ppb) <sup>1,2</sup>	Na (ppm) <sup>2</sup>	K (ppm) <sup>2</sup>	Ag (ppm) <sup>2</sup>	Pb (ppm) <sup>2,3</sup>	Ca (ppm) <sup>2</sup>	Mg (ppm) <sup>2</sup>	Sr (ppm) <sup>2</sup>	Cu (ppm) <sup>2,3</sup>	Zn (ppm) <sup>2,3</sup>	Cd (ppm) <sup>2</sup>	Ni (ppm) <sup>2,3</sup>	Co (ppm) <sup>2,3</sup>	Fe (ppm) <sup>2</sup>	Mn (ppm) <sup>2,3</sup>	Cr (ppm) <sup>2</sup>
0 - 2 <sup>s</sup>	83.7	2.7	20.1	129	400	1700	0.1	9.2	7500	3800	56	57	122	0.5	40	14.5	19000	720	23
2 - 4 <sup>h</sup>	-	-	-	60	-	-	-	15	-	-	-	31	106	-	18	3	-	498	-
4 - 6 <sup>s</sup>	83.3	2.9	20.0	103	300	1400	0.1	5.9	7500	3600	54	40	112	0.5	35	10.9	19300	700	21
6 - 8 <sup>h</sup>	-	-	-	150	-	-	-	14	-	-	-	26	100	-	16	1	-	462	-
8 - 10 <sup>s</sup>	85.4	3.1	21.6	80	600	1500	0.1	3.0	7300	4100	56	35	112	0.5	37	13.0	19600	700	28
10 - 12 <sup>h</sup>	-	-	-	105	-	-	-	7	-	-	-	23	102	-	18	1	-	456	-
12 - 14 <sup>s</sup>	85.1	1.7	22.6	78	600	1500	0.2	2.1	7300	4000	54	40	107	0.4	35	12.1	18800	670	27
14 - 16 <sup>h</sup>	-	-	-	110	-	-	-	2	-	-	-	19	98	-	16	1	-	396	-
16 - 18 <sup>s</sup>	85.3	2.2	24.0	77	600	1400	0.2	1.3	7500	4000	49	34	96	0.4	33	11.9	19200	620	27
18 - 20 <sup>h</sup>	-	-	-	100	-	-	-	3	-	-	-	21	94	-	17	2	-	448	-
20 - 22 <sup>s</sup>	85.0	2.4	24.1	51	700	1500	0.2	0.7	7500	4000	54	34	94	0.5	30	12.5	20200	610	27
22 - 24 <sup>h</sup>	-	-	-	90	-	-	-	<2	-	-	-	19	88	-	15	2	-	418	-
24 - 26 <sup>s</sup>	85.3	2.2	24.2	58	500	1400	0.2	1.2	7500	4000	52	32	90	0.2	36	12.9	18000	650	26
26 - 28 <sup>h</sup>	-	-	-	10	-	-	-	<2	-	-	-	13	88	-	15	3	-	382	-
28 - 30 <sup>s</sup>	82.6	2.1	25.5	48	500	1400	0.2	0.2	7600	3900	50	23	90	0.3	35	11.7	18000	560	23
30 - 32 <sup>h</sup>	-	-	-	15	-	-	-	<2	-	-	-	11	86	-	16	3	-	446	-
32 - 34 <sup>s</sup>	81.0	2.7	24.3	47	500	1300	0.2	0.4	7800	3800	47	22	129	0.3	36	12.4	16100	590	22
34 - 36 <sup>h</sup>	-	-	-	75	-	-	-	<2	-	-	-	12	84	-	15	4	-	366	-
36 - 38 <sup>s</sup>	80.8	2.6	23.4	45	400	1300	0.2	0.1	7400	3700	49	20	79	0.3	28	11.9	14700	540	20
38 - 40 <sup>h</sup>	-	-	-	70	-	-	-	<2	-	-	-	10	80	-	14	1	-	368	-
40 - 42 <sup>s</sup>	78.7	2.3	19.6	36	300	1100	0.1	0.6	6700	3500	49	18	81	0.3	30	11.7	13100	480	26
42 - 44 <sup>h</sup>	-	-	-	20	-	-	-	<2	-	-	-	10	80	-	14	2	-	318	-
44 - 46 <sup>s</sup>	74.7	1.7	16.7	30	300	1000	0.1	0.6	5700	3100	43	17	69	0.3	29	10.2	12500	400	21
46 - 48 <sup>h</sup>	-	-	-	50	-	-	-	<2	-	-	-	7	74	-	13	2	-	266	-
48 - 50 <sup>s</sup>	69.4	1.2	12.2	24	200	1000	<0.1	0.6	4500	2500	39	12	59	0.3	26	8.8	11300	300	20
50 - 52 <sup>h</sup>	-	-	-	45	-	-	-	<2	-	-	-	6	66	-	12	1	-	202	-
52 - 54 <sup>s</sup>	63.8	1.1	9.4	21	300	900	<0.1	0.2	3500	2200	40	8	48	0.3	23	8.2	9700	220	16
54 - 56 <sup>h</sup>	-	-	-	30	-	-	-	<2	-	-	-	4	56	-	10	1	-	196	-
56 - 58 <sup>s</sup>	58.1	0.8	7.3	18	200	800	<0.1	0.3	2900	1900	37	7	42	0.2	20	7.5	8500	190	13
58 - 60 <sup>h</sup>	-	-	-	30	-	-	-	<2	-	-	-	4	52	-	8	2	-	162	-
60 - 62 <sup>s</sup>	57.5	0.8	7.3	22	200	900	<0.1	0.2	3000	1900	38	6	47	0.2	20	8.5	8500	190	13
62 - 64 <sup>h</sup>	-	-	-	25	-	-	-	<2	-	-	-	5	50	-	8	1	-	144	-
64 - 66 <sup>s</sup>	53.8	0.7	8.1	22	200	900	<0.1	0.3	2800	1800	40	6	44	0.2	17	7.8	8400	160	12
66 - 68 <sup>h</sup>	-	-	-	25	-	-	-	<2	-	-	-	4	52	-	9	2	-	152	-
68 - 70 <sup>s</sup>	51.7	0.7	5.1	14	200	900	<0.1	0.2	2700	1800	41	6	42	0.2	16	8.1	7800	170	12
70 - 72 <sup>h</sup>	-	-	-	25	-	-	-	<2	-	-	-	3	46	-	9	1	-	148	-
72 - 74 <sup>s</sup>	54.3	0.6	7.5	15	300	1100	<0.1	0.4	3700	2100	51	5	41	0.2	20	7.9	9000	190	14
74 - 76 <sup>h</sup>	-	-	-	25	-	-	-	<2	-	-	-	5	42	-	9	3	-	164	-
76 - 78 <sup>s</sup>	59.8	0.5	9.1	15	600	1200	<0.1	0.4	4200	2800	52	15	40	0.3	19	11.1	9900	200	10
78 - 80 <sup>h</sup>	-	-	-	30	-	-	-	<2	-	-	-	6	44	-	11	2	-	178	-
80 - 82 <sup>s</sup>	53.2	0.7	8.8	14	700	1300	<0.1	1.6	4100	2600	44	13	35	0.3	21	10.4	8800	210	18
82 - 84 <sup>h</sup>	-	-	-	20	-	-	-	<2	-	-	-	6	40	-	10	3	-	180	-
84 - 86 <sup>s</sup>	54.7	0.6	8.2	7	300	1000	<0.1	0.2	3300	2300	37	11	29	0.3	16	9.7	8800	190	15
86 - 88 <sup>h</sup>	-	-	-	15	-	-	-	<2	-	-	-	5	34	-	12	3	-	140	-
88 - 90 <sup>s</sup>	53.0	0.5	4.0	7	300	900	<0.1	0.1	3100	2000	37	11	22	0.4	13	9.7	8200	180	15
90 - 92 <sup>h</sup>	-	-	-	20	-	-	-	<2	-	-	-	5	32	-	10	2	-	136	-
92 - 94 <sup>s</sup>	73.5	1.7	24.1	13	600	1000	<0.1	<0.1	6000	2600	53	18	24	0.8	17	11.9	11900	260	12
94 - 96 <sup>h</sup>	-	-	-	5	-	-	-	<2	-	-	-	14	38	-	12	4	-	384	-
96 - 98 <sup>s</sup>	78.1	2.4	32.8	15	500	800	<0.1	<0.1	7700	2800	53	28	38	0.6	23	11.6	13100	360	9
98 - 100 <sup>h</sup>	-	-	-	20	-	-	-	<2	-	-	-	12	42	-	13	4	-	368	-
100-102 <sup>s</sup>	60.4	0.7	9.3	8	500	1000	<0.1	0.6	3800	2300	54	15	29	0.2	15	7.9	9200	190	10
102-104 <sup>h</sup>	-	-	-	10	-	-	-	<2	-	-	-	4	30	-	7	1	-	120	-
104-106 <sup>s</sup>	40.4	0.2	2.2	2	300	700	<0.1	0.2	2100	2100	51	6	14	<0.1	16	3.6	6900	90	11
106-108 <sup>h</sup>	-	-	-	5	-	-	-	<2	-	-	-	2	18	-	7	1	-	68	-
108-110 <sup>s</sup>	24.4	0.1	1.0	2	300	400	<0.1	0.1	5000	3100	43	5	11	<0.1	11	3.6	5100	70	11
110-112 <sup>h</sup>	-	-	-	10	-	-	-	<2	-	-	-	2	18	-	4	1	-	78	-
112-114 <sup>s</sup>	22.0	0.1	0.8	2	200	400	<0.1	<0.1	14700	8400	47	5	11	<0.1	8	3.5	4700	100	8

<sup>1</sup> Analyses réalisées par le ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales.

<sup>2</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.

TABLEAU A10: Variation de la composition chimique et physico-chimique d'une carotte des sédiments du lac Waconichi (site 18).

Profondeur (cm)	Perte 25-50 (%) <sup>5</sup>			Humidité (%) <sup>5</sup>	M.O. (%) <sup>5</sup>	Hg (ppb) <sup>4,5</sup>	Na (ppm) <sup>5</sup>	K (ppm) <sup>5</sup>	Ag (ppm) <sup>5</sup>	Pb (ppm) <sup>4,5</sup>	Ca (ppm) <sup>5</sup>	Mg (ppm) <sup>5</sup>	Sr (ppm) <sup>5</sup>	Cu (ppm) <sup>4,5</sup>	Zn (ppm) <sup>4,5</sup>	Cd (ppm) <sup>5</sup>	Ni (ppm) <sup>4,5</sup>	Co (ppm) <sup>4,5</sup>	Fe (ppm) <sup>5</sup>	Mn (ppm) <sup>4,5</sup>	Cr (ppm) <sup>5</sup>
	25-50 (%) <sup>5</sup>	Humidité (%) <sup>5</sup>	M.O. (%) <sup>5</sup>																		
0 - 2 <sup>5</sup>	83.6	1.2	20.2	34	500	1800	<0.1	10.4	4500	3700	24	26	79	0.7	36	8.4	9900	105	20		
2 - 4 <sup>4</sup>	-	-	-	95	-	-	-	<2	-	-	-	8	78	-	14	3	-	106	-		
4 - 6 <sup>5</sup>	84.8	0.8	21.4	24	2200	2600	<0.1	4.2	6000	4200	34	26	78	0.5	37	9.4	11700	105	26		
6 - 8 <sup>4</sup>	-	-	-	70	-	-	-	<2	-	-	-	7	66	-	14	3	-	100	-		
8 - 10 <sup>5</sup>	83.4	1.1	21.4	18	1200	2600	<0.1	3.3	5900	4200	45	21	84	0.5	36	10.5	11600	105	21		
10 - 12 <sup>4</sup>	-	-	-	75	-	-	-	<2	-	-	-	8	82	-	16	1	-	102	-		
12 - 14 <sup>5</sup>	82.8	0.9	23.8	18	1400	2500	<0.1	3.3	5900	4200	33	28	84	0.6	31	9.5	10600	110	28		
14 - 16 <sup>4</sup>	-	-	-	75	-	-	-	<2	-	-	-	7	82	-	14	1	-	102	-		
16 - 18 <sup>5</sup>	82.0	1.2	20.4	13	1400	2500	<0.1	3.0	5900	4100	61	20	79	0.7	38	9.9	11400	120	20		
18 - 20 <sup>4</sup>	-	-	-	65	-	-	-	<2	-	-	-	8	76	-	14	2	-	104	-		
20 - 22 <sup>5</sup>	81.3	1.2	20.7	12	1300	2300	<0.1	2.9	5700	4000	56	17	67	0.5	29	8.6	11100	120	17		
22 - 24 <sup>4</sup>	-	-	-	65	-	-	-	<2	-	-	-	7	72	-	15	5	-	98	-		
24 - 26 <sup>5</sup>	79.9	1.6	20.3	17	500	1700	<0.1	3.1	4300	3500	36	21	62	0.4	31	7.6	9300	95	21		
26 - 28 <sup>4</sup>	-	-	-	65	-	-	-	<2	-	-	-	8	76	-	14	4	-	104	-		
28 - 30 <sup>5</sup>	81.9	1.3	20.8	17	1100	2500	<0.1	2.8	5200	3800	59	24	71	2.6	33	7.9	1000	105	24		
30 - 32 <sup>4</sup>	-	-	-	70	-	-	-	<2	-	-	-	9	78	-	17	1	-	102	-		
32 - 34 <sup>5</sup>	81.9	1.7	19.6	24	400	1700	<0.1	2.4	4200	3400	34	16	63	0.5	33	6.2	10200	95	24		
34 - 36 <sup>4</sup>	-	-	-	100	-	-	-	<2	-	-	-	8	78	-	15	2	-	106	-		
36 - 38 <sup>5</sup>	82.1	1.6	19.5	24	400	1600	<0.1	2.8	4100	3300	40	17	60	0.5	32	6.6	9500	95	26		
38 - 40 <sup>4</sup>	-	-	-	70	-	-	-	<2	-	-	-	8	74	-	13	2	-	102	-		
40 - 42 <sup>5</sup>	82.4	1.7	19.9	24	1100	2400	<0.1	2.7	5700	4000	67	13	67	1.0	39	8.6	10800	110	27		
42 - 44 <sup>4</sup>	-	-	-	70	-	-	-	5	-	-	-	8	78	-	16	1	-	96	-		
44 - 46 <sup>5</sup>	82.6	1.8	20.2	24	1100	2400	<0.1	2.9	5600	3800	70	21	72	0.6	32	7.6	9700	100	21		
46 - 48 <sup>4</sup>	-	-	-	60	-	-	-	5	-	-	-	8	78	-	15	1	-	102	-		
48 - 50 <sup>5</sup>	83.0	1.8	20.7	24	1100	2500	<0.1	2.7	5400	4000	66	23	70	0.5	30	7.8	9900	105	23		
50 - 52 <sup>4</sup>	-	-	-	45	-	-	-	<2	-	-	-	9	78	-	15	1	-	100	-		
52 - 54 <sup>5</sup>	82.6	1.6	21.1	12	400	1700	<0.1	2.8	4200	3400	32	19	65	0.6	31	7.1	9300	95	19		
54 - 56 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	7	68	-	14	3	-	98	-		
56 - 58 <sup>5</sup>	82.6	1.6	21.4	17	500	1800	<0.1	3.1	4600	3800	39	14	70	0.7	31	8.4	8400	100	14		
58 - 60 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	9	76	-	15	4	-	100	-		
60 - 62 <sup>5</sup>	83.4	1.6	21.5	17	500	1700	<0.1	2.3	4500	3400	40	14	69	0.7	28	8.5	9000	95	14		
62 - 64 <sup>4</sup>	-	-	-	45	-	-	-	<2	-	-	-	9	78	-	14	1	-	100	-		
64 - 66 <sup>5</sup>	82.8	1.8	22.1	16	500	1700	<0.1	2.7	4500	3800	40	14	71	0.7	35	10.4	8900	100	14		
66 - 68 <sup>4</sup>	-	-	-	45	-	-	-	<2	-	-	-	9	80	-	15	3	-	104	-		
68 - 70 <sup>5</sup>	83.0	1.6	23.5	20	700	1700	<0.1	2.4	4700	3300	30	28	55	0.6	31	11.6	8800	85	14		
70 - 72 <sup>4</sup>	-	-	-	45	-	-	-	<2	-	-	-	9	70	-	13	3	-	94	-		
72 - 74 <sup>5</sup>	82.4	1.0	21.9	17	400	1800	<0.1	2.8	4500	3300	38	15	61	0.6	34	8.4	9200	90	23		
74 - 76 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	8	72	-	14	2	-	98	-		
76 - 78 <sup>5</sup>	82.6	1.1	22.4	15	300	1800	<0.1	2.1	4500	3300	40	16	56	0.5	32	7.8	8800	90	24		
78 - 80 <sup>4</sup>	-	-	-	5	-	-	-	<2	-	-	-	9	74	-	14	3	-	100	-		
80 - 82 <sup>5</sup>	82.9	1.1	22.6	16	400	1800	<0.1	2.1	4400	3300	42	17	59	0.5	29	7.9	10000	90	17		
82 - 84 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	10	72	-	14	2	-	100	-		
84 - 86 <sup>5</sup>	82.8	1.1	23.1	16	400	1700	<0.1	1.9	4300	3300	49	22	55	0.3	33	8.7	10500	90	22		
86 - 88 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	8	68	-	13	2	-	86	-		
88 - 90 <sup>5</sup>	83.0	1.1	23.0	15	400	1800	<0.1	2.0	4400	3200	41	13	59	0.2	35	8.1	9900	90	20		
90 - 92 <sup>4</sup>	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	7	70	-	15	2	-	90	-		
92 - 94 <sup>5</sup>	82.8	1.1	23.1	16	400	1700	<0.1	2.2	4500	3300	40	18	55	0.4	39	9.2	9200	90	18		
94 - 96	-	-	-	35	-	-	-	<2	-	-	-	8	72	-	16	2	-	90	-		
96 - 98	82.8	1.1	22.8	15	500	1900	<0.1	2.3	4300	3200	42	15	60	0.5	40	8.1	9800	90	15		
98 - 100	-	-	-	40	-	-	-	<2	-	-	-	9	72	-	14	1	-	88	-		
100-102	82.9	1.2	22.9	13	400	1700	<0.1	2.1	4600	3200	41	19	56	0.5	37	7.6	8400	95	19		
102-104	-	-	-	35	-	-	-	<2	-	-	-	8	70	-	14	2	-	88	-		
104-106	83.3	0.9	23.2	20	500	1700	<0.1	2.1	4600	3300	41	18	55	0.5	34	7.8	8800	90	18		
106-108	-	-	-	55	-	-	-	<2	-	-	-	9	76	-	16	3	-	92	-		
108-110	82.9	1.0	22.6	24	500	1800	<0.1	2.2	4600	3300	45	16	56	0.5	34	7.8	8800	90	16		

<sup>4</sup> Analyses réalisées par le ministère des Richesses naturelles, Centre de recherches minérales.

<sup>5</sup> Analyses réalisées par les Services de protection de l'environnement du Québec.