

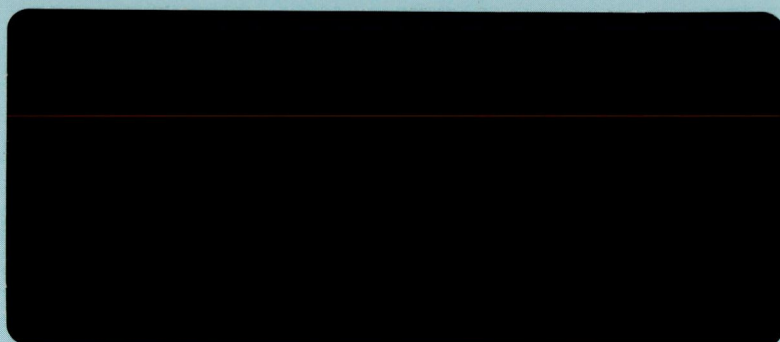


Environnement
Canada

Environment
Canada

Conservation et
Protection

Conservation and
Protection



PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT ST. LAWRENCE ACTION PLAN

CENTRE SAINT-LAURENT
ST. LAWRENCE CENTRE

SC041601
G47etu 601

6476tu

01

249207
X

SC041601647 etu
CGL-2817
PRÉLIMINAIRE
Les ex.

ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ DE LA QUALITÉ
DE L'EAU À LA SECTION DE JAUGEAGE
DE LANORAIE

PAR

ANDRÉ GERMAIN

THANH-THAO PHAM *

ENVIRONNEMENT CANADA
CENTRE SAINT-LAURENT
HYDROLOGIE ET RÉSEAUX
LONGUEUIL

1989

* Université McGill, Faculté des sciences, Département de biologie

RÉSUMÉ

Cette étude a pour but d'étudier la variation à l'intérieur de la colonne d'eau ainsi que de mesurer la variabilité latérale de la qualité de l'eau du fleuve au niveau de Lanoraie. Les résultats indiquent que la qualité de l'eau de surface est homogène à celle du fond sauf dans le cas de la turbidité, l'aluminium, le cuivre, le manganèse et le zinc. Par contre, les concentrations varient considérablement d'une rive à l'autre excepté les paramètres suivants: l'aluminium, le zinc, le nickel, le cuivre, le manganèse, le fer et le pH obtenu sur le terrain. Les paramètres qui peuvent mieux expliquer la variabilité latérale sont les sulfates, l'alcalinité totale, les nitrite-nitrate, le magnésium, la conductivité mesurée en laboratoire et le plomb. *

SUMMARY

The primary objective of this study was to determine the variation in the water column and also the lateral variability of water quality in the St. Lawrence River in the region of Lanoraie. The results show that the water quality is homogeneous in the water column except for the following parameters: turbidity, aluminium, copper, manganese and zinc. However, the concentrations vary significantly across the river except for aluminium, zinc, nickel, copper, manganese, iron and pH measured on the field. The lateral variability can be explained by these parameters: sulphates, alkalinity, nitrite-nitrate, magnesium, specific conductivity measured in the laboratory and lead.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les personnes suivantes pour leur contribution à la rédaction de ce rapport:

- l'équipe du Service des relevés hydrologiques du Canada et celle de la section Entente et Monitoring pour leur participation à l'échantillonnage
- le personnel des laboratoires de Longueuil et de Burlington pour les analyses
- les personnes ressources affectées au système informatique
- Diane Brûlé pour la dactylographie de ce document

Nos remerciements vont également aux personnes qui ont collaboré à la lecture critique ainsi qu'à toute autre personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation du présent rapport.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ.....	iii
SUMMARY.....	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES ANNEXES.....	vi
1.0 <u>INTRODUCTION</u>	1
2.0 <u>MÉTHODOLOGIE</u>	2
3.0 <u>RÉSULTATS</u>	7
3.1 <u>Les caractéristiques physiques</u>	7
3.2 <u>Ions principaux</u>	9
3.3 <u>Les nutriments</u>	9
3.4 <u>Métaux</u>	10
4.0 <u>DISCUSSION</u>	13
4.1 <u>Homogénéité verticale et hétérogénéité latérale</u>	13
4.2 <u>Zones du fleuve</u>	13
4.3 <u>Corrélation entre les paramètres</u>	15
4.4 <u>Paramètres expliquant la variabilité latérale</u>	16
CONCLUSION.....	17
BIBLIOGRAPHIE.....	18
ANNEXES.....	20

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1: Méthodes d'analyses et limites de détection des paramètres mesurés.....	5
Tableau 2: Vérification de l'homogénéité des eaux du fleuve pour différents paramètres à l'intérieur de différentes zones à Lanoraie.....	14

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la section de jaugeage à Lanoraie.....	3
Figure 2: Coupe transversale du fleuve à Lanoraie avec les stations d'échantillonnage.....	4

LISTE DES ANNEXES

1. Données de chacun des paramètres et représentées sur une coupe transversale.....	30
2. Répartition des données par zone.....	50
3. Coefficient de corrélation et coefficient de détermination entre surface et fond de chacun des paramètres.....	55
4. Matrice de corrélation entre les paramètres.....	57

1.0 INTRODUCTION

Depuis le début de son programme de collecte d'échantillons d'eau, la Direction des eaux intérieures de la région du Québec prélève des échantillons à la surface de différents plans d'eau. Tous ces échantillons sont prélevés à une profondeur variant de 0.5 à 1 mètre, sauf pour quelques études spéciales telles qu'une étude trophique, où ils ont été recueillis à différentes profondeurs (Germain et al., 1984). Le phénomène de stratification thermique est bien connu dans les lacs (Wetzel, 1975; Mathieu, MENVIQ), un milieu plus statique. Dans le fleuve Saint-Laurent, un milieu très dynamique, la variabilité latérale de la qualité de ses eaux en aval de Montréal est bien connue. Par contre, peu de rapports traitent de la stratification ou de la variabilité verticale du fleuve. A notre connaissance, seul Kurdnac (1973) fait mention de prélèvements faits à deux profondeurs dans le fleuve près de Montréal, soit à un et six pieds respectivement, et ce, à intervalle d'une heure. Plus récemment, Tremblay (1985) fait mention de l'hétérogénéité longitudinale et l'homogénéité verticale du fleuve au niveau de Sainte-Foy, dans le cadre d'un prélèvement portant sur la variation saisonnière de la concentration des ions majeurs. Il est à noter que le rapport de Tremblay n'était pas encore publié lors du déroulement de notre étude.

Dans le cadre de cette étude, nous avons voulu mesurer la variabilité latérale de la qualité de l'eau du fleuve au niveau de Lanoraie et surtout, la variation à l'intérieur de la colonne d'eau afin de vérifier la représentativité de notre façon d'échantillonner. Le secteur de Lanoraie a été choisi à cause de l'apport important de la rivière des Outaouais qui amène une eau très différente de celle des Grands Lacs, ce qui permet de bien voir les variations latérales des paramètres étudiés.

2.0 MÉTHODOLOGIE

En juillet 1985, nous avons fait le prélèvement de 31 échantillons d'eau dans la section transversale de Lanoraie du fleuve Saint-Laurent (Fig. 1). Cette section a été retenue à cause de la connaissance et de la documentation existante sur la largeur et les profondeurs de cette coupe transversale du fleuve (Fig. 2) et produite par l'équipe du Service des relevés hydrologiques du Canada, région du Québec. Les échantillons d'eau étaient prélevés avec l'aide du personnel des Relevés hydrologiques selon les subdivisions latérales, au nombre de 23, utilisées lors des mesures du débit du fleuve. Parmi ces 23 sous-sections, dix ont fait l'objet de prélèvement d'eau. Ces dix sections correspondent aux sub-divisions 1, 3, 5, 7 et suivantes, c'est-à-dire une section échantillonnée sur deux, à partir de la rive droite du fleuve, soit du côté sud près de Les Grèves. L'échantillonnage s'est fait à partir d'un bateau à moteur et la localisation des stations s'est faite au moyen de la tellurométrie. Les prélèvements ont été faits à trois profondeurs pour chaque colonne d'eau, soit à un mètre de la surface, à un mètre au dessus du fond et à la mi-profondeur sauf à la première section où seulement deux échantillons ont été recueillis. L'eau a été ramassée au moyen d'une bouteille Van Dorn qui était descendue à la profondeur voulue, activée au moyen d'un messenger puis remontée à bord du bateau. L'échantillon était ensuite divisé à l'intérieur de différentes bouteilles, préalablement lavées selon les méthodes prescrites par Environnement Canada (1983). Les échantillons étaient ensuite mis dans les glacières à 4 °C et acheminés au laboratoire pour analyses. La préservation des échantillons et des analyses ont été faites selon les méthodes recommandées par Environnement Canada (1981).

Le tableau 1 montre les paramètres analysés et les limites de détection inhérentes aux méthodes utilisées pour les analyses. Les mesures de température, de conductivité, d'oxygène dissous et de pH ont été faites aux lieux de prélèvement au moyen d'un multianalyseur Mark IV en surface et en profondeur pour chaque colonne d'eau. Des relèvements de température ont

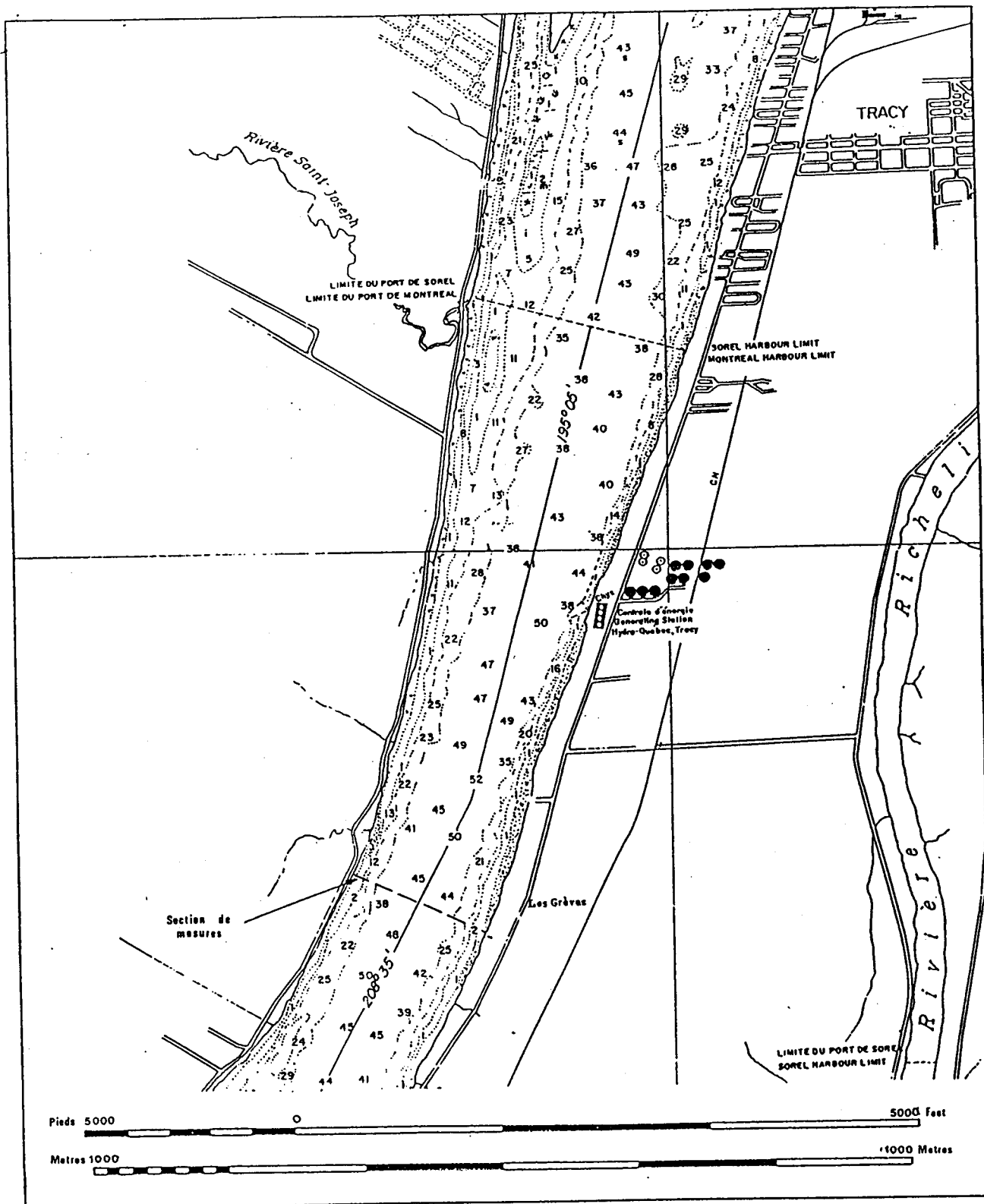


Figure 1 Localisation de la section de jaugeage de Lanoraie

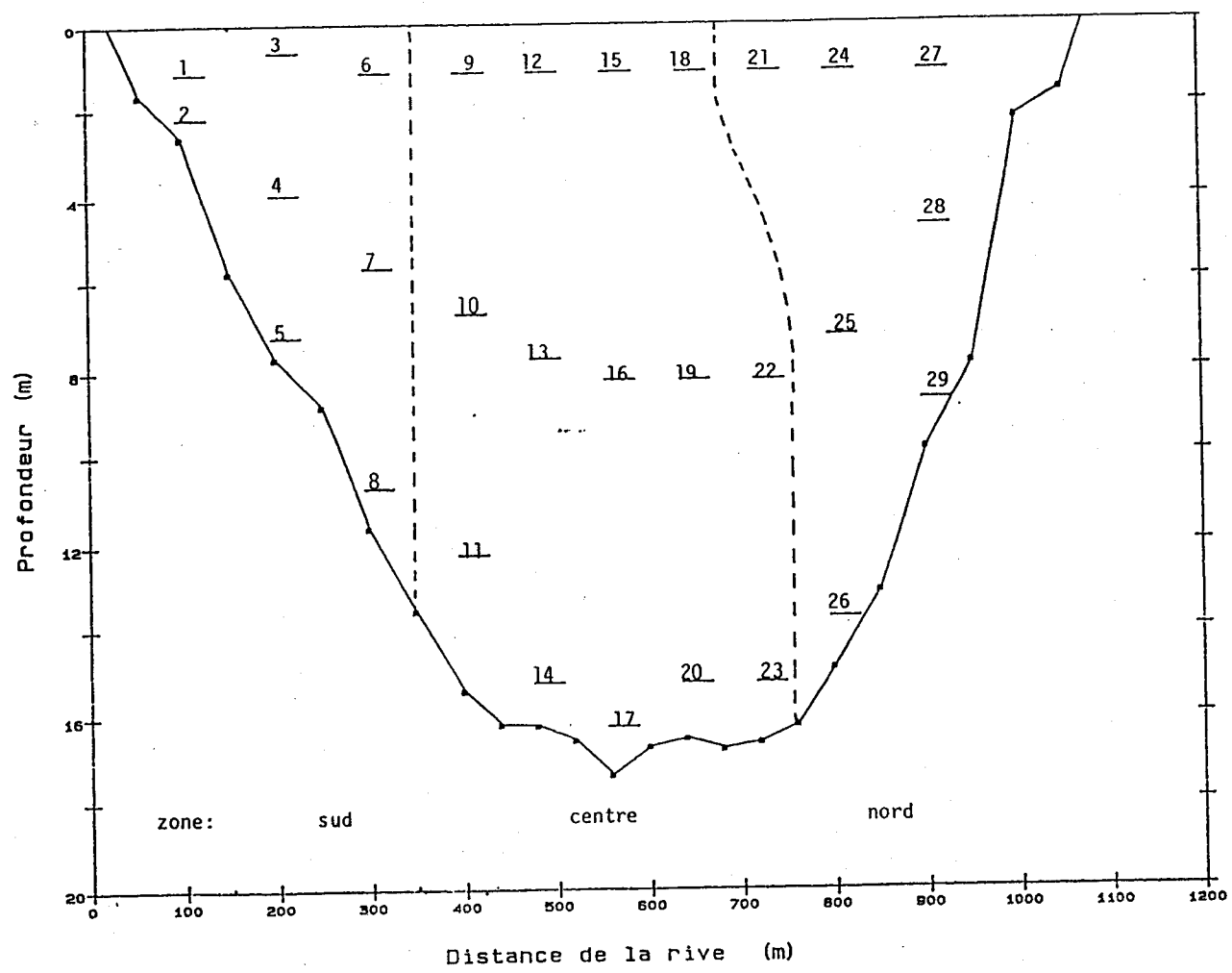


Figure 2 Coupe transversale du fleuve à Lanoraie avec les stations d'échantillonnage

Tableau 1 Méthodes d'analyses et limites de détection
des paramètres mesurés

Paramètre	Méthode d'analyse	Limite de détection
pH terrain	Électrométrie	0.1 unité
pH laboratoire	Électrométrie	0.1 unité
Conductivité spécifique	Électrométrie	1 uS/cm
Température	Électrométrie	0 C
Turbidité	Comparaison visuelle	0 JTU
Alcalinité totale	Titration potentiométrique aux pH de 4.2 et 4.5	0.5 mg/L
Dureté totale	Calculs	1 mg/L
Calcium	Absorption atomique	0.002 mg/L
Magnésium	Absorption atomique	0.001 mg/L
Sodium	Absorption atomique	0.23 mg/L
Potassium	Absorption atomique	0.1 mg/L
Chlorures	Colorimétrie, autoanalyseur	0.05 mg/L
Sulfates	Colorimétrie, autoanalyseur	0.2 mg/L
NO ₂ -NO ₃	Colorimétrie, autoanalyseur	5 ug/L
Phosphore total	Colorimétrie, autoanalyseur	2 ug/L
Aluminium	Absorption atomique avec extraction de solvant	0.05 mg/L
Arsenic	Emission de plasma	0.4 ug/L
Cadmium	Absorption atomique avec extraction de solvant	0.001 mg/L
Cuivre	Absorption atomique avec extraction de solvant	0.001 mg/L
Fer	Absorption atomique avec extraction de solvant	0.001 mg/L
Manganèse	Absorption atomique avec extraction de solvant	0.001 mg/L
Nickel	Absorption atomique avec extraction de solvant	0.001 mg/L
Plomb	Absorption atomique avec extraction de solvant	0.001 mg/L
Sélénium	Emission de plasma	0.4 ug/L
Zinc	Absorption atomique avec extraction de solvant	0.001 mg/L

été faits une seconde fois en août, à l'aide d'un appareil Hydrolab, à intervalle de profondeur d'un mètre aux trois verticales correspondant aux stations régulières du réseau de surveillance de la qualité de l'eau opérées à cette section transversale. Pour des fins de contrôle de qualité, un prélèvement a été fait en triplicata à la surface de la dernière colonne d'eau qui se trouve du côté de la rive gauche (côté nord) et en plus les mesures du pH et de la conductivité ont été reprises en laboratoire pour toutes les stations. L'interprétation des résultats s'est faite en rapportant les valeurs mesurées sur une carte représentant une coupe de la section transversale du fleuve à Lanoraie, en comparant les valeurs de surface à celles obtenues au fond, en subdivisant la section transversale en trois grandes zones au moyen du pH, de la conductivité spécifique et de la température et en vérifiant la conformité des autres paramètres à cette subdivision.

L'interprétation statistique des résultats s'est faite en quatre temps. En premier lieu, nous avons vérifié la normalité des résultats d'un paramètre au moyen du test "Wilk-Shapiro". Deuxièmement, nous avons vérifié l'égalité des variances avant de tester l'hypothèse d'égalité des moyennes ou des médianes selon le cas. Lorsque les données suivent une distribution normale, le test de t est appliqué pour tester l'égalité des moyennes. Dans le cas des données "non-normales", nous avons vérifié l'égalité des médianes en utilisant soit le test de corrélation de rang pour les données paires ou le test de Mann-Whitney pour les données non paires. Finalement, nous avons établi une matrice de corrélation entre les paramètres pour les différents paramètres mesurés. De plus, nous avons utilisé le test d'analyse en composante principale afin de déterminer les paramètres les plus significatifs quant à la variabilité latérale de la qualité de l'eau du fleuve.

3.0 RÉSULTATS

3.1 Les caractéristiques physiques

pH

Le pH mesuré sur le terrain varie de 7.80 à 8.30. La moyenne du pH est légèrement plus basse sur le côté de la rive nord (8.02) que celle du côté de la rive sud (8.22) ce qui indique l'influence de l'eau provenant de la rivière des Outaouais et de la rivière l'Assomption. Les valeurs du pH obtenues en laboratoire (8.36) sont plus élevées mais ont le même comportement que celles du terrain (8.22) et sont aussi homogènes sur la colonne d'eau ($r^2 = 0.6613$).

Conductivité

La conductivité mesurée sur le terrain varie entre 176 et 800 uS/cm. La rive nord possède une conductivité moyenne (203.8 uS/cm) plus basse que celles du centre (286.3 uS/cm) et celle du côté de la rive sud (296.4 uS/cm). Par contre, la conductivité spécifique est homogène sur la colonne d'eau ($r^2 = 0.9576$). Les valeurs de conductivité mesurées en laboratoire sont un peu moins élevées (249.0 uS/cm) mais suivent le même profil que les valeurs obtenues sur le terrain (267.3 uS/cm).

Il est important de noter que les résultats du pH et de la conductivité spécifique semblent délimiter les mêmes masses d'eau. Une première s'étend sur une largeur de 600 mètres à partir de la rive droite en surface et est légèrement plus large, avec 680 mètres en profondeur.

Température

Les températures sont plus élevées sur le côté de la rive nord (médiane = 21.80 °C) que sur le côté de la rive sud (médiane = 20.70 °C). Ceci est causé par l'apport de l'eau de rivière des Outaouais qui est plus chaude. La différence la plus marquée se situe à 350 mètres de la rive nord du fleuve ce qui montre l'étendue de l'eau influencée par la rivière des Outaouais. Sur la verticale, la température est homogène pour l'ensemble des trois zones ($r^2 = 0.9146$). Un autre prélèvement de température effectué le 6 août 1985 montre que les températures sont légèrement plus élevées mais on peut quand même remarquer le gradient croissant de la rive sud à la rive nord.

Turbidité

Parmi les paramètres physiques étudiés, la turbidité est le plus variable sur la colonne d'eau et ceci est démontré par la moins bonne corrélation ($r^2 = 0.2851$). La différence entre les zones est aussi significative.

Oxygène dissous et pourcentage de saturation en O_2

Les valeurs d'oxygène dissous sont plus faibles sur le côté de la rive nord. Par contre, les valeurs du pourcentage de saturation, tenant compte de la température de l'eau, indiquent des valeurs uniformes sauf pour les deux stations se trouvant le long de la rive sud. Pour ces deux paramètres, les valeurs mesurées en surface sont semblables à celles du fond soit $r^2 = 0.7373$ pour l'oxygène dissous et $r^2 = 0.7865$ pour le pourcentage de saturation en O_2 .

3.2 Ions principaux

Alcalinité totale

L'alcalinité est un paramètre représentatif du pouvoir tampon et de l'origine des eaux à cet endroit. Les valeurs sont plus variables et plus basses pour l'eau de la rive nord tandis qu'elles sont plus homogènes et plus élevées pour l'eau provenant des Grands Lacs. Sur la colonne d'eau, les données de surface sont représentatives de celles du fond pour les trois zones ($r^2 = 0.8310$).

Calcium et magnésium

Le calcium et la magnésium ont une influence majeure sur la dureté de l'eau ce qui fait que ce dernier suit le même profil que les deux ions principaux. On remarque des valeurs plus faibles sur le côté de la rive gauche indiquant une eau peu minéralisée. La corrélation entre les résultats de surface et ceux du fond est excellente pour le calcium ($r^2 = 0.8353$) ainsi que pour le magnésium ($r^2 = 0.8800$), comme c'est le cas des indices de minéralisation tels que la dureté et la conductivité spécifique. Les autres ions principaux (sodium, potassium, chlorures, sulfates) sont aussi retrouvés en plus faibles quantités sur le côté de la rive nord. Toutefois, la corrélation entre les données mesurées en surface et celles du fond est excellente pour chacun de ces ions.

3.3 Les nutriments

$\text{NO}_2\text{-NO}_3$

Les valeurs de surface sont représentatives de celles du fond ($r^2 = 0.6400$). Par contre, on retrouve une différence significative entre les zones 1 (sud) et 3 (nord) ainsi que entre zones 2 (centre) et 3 (nord). L'apport de l'eau de la rivière des Outaouais se fait sentir sur le côté de la rive nord où on note une moyenne plus faible (0.164 mg/L) que celle du centre (0.189 mg/L) et celle de la rive sud (0.198 mg/L).

Phosphore total

La rivière des Outaouais contient une grande quantité d'éléments nutritifs et la rive nord du fleuve reflète cet apport. On retrouve donc un gradient décroissant de la rive nord (0.046 mg/L) à la rive sud (0.031 mg/L). La corrélation est assez bonne entre les valeurs de surface et celles du fond ($r^2 = 0.5519$).

3.4 Métaux

Aluminium

L'aluminium est un des paramètres pour lequel la méthode analytique amène une variabilité assez forte et la cartographie montre bien cette variabilité sur la colonne d'eau ($r^2 = 0.0566$). Lorsqu'on enlève les données aberrantes, le calcul statistique nous donne une meilleure corrélation entre surface et fond ($r^2 = 0.4665$). Sur la largeur du fleuve, la différence entre les quantités d'aluminium n'est pas significative entre les zones.

Cuivre

Ce métal se retrouve à des niveaux moyens (3.2 $\mu\text{g/L}$) près de la limite de détection (1.0 $\mu\text{g/L}$) et ne permet pas d'évaluer la relation surface-fond avec précision. Il pourrait y avoir un apport du côté de la rive sud mais cet apport n'est pas important et ceci est démontré par la faible différence entre les zones.

Zinc

Les données obtenues pour le zinc sont assez variables et ceci est démontré par les résultats du triplicata mesurés dans la première section de la rive nord. Cependant, la différence entre les zones est faible d'après les calculs statistiques. Le zinc est un deuxième métal qui ne montre pas une bonne corrélation entre la surface et le fond ($r^2 = 0.2115$). Par contre, lorsque les valeurs aberrantes sont omises, le coefficient de corrélation augmente à 0.8004 ($r^2 = 0.6406$).

Manganèse

Le manganèse montre peu de différence sur la largeur du fleuve. Les quantités retrouvées sont à la limite de détection de la méthode utilisée. Les valeurs les plus élevées sont mesurées à la mi-profondeur près des berges, mais à ce niveau ne sont pas significatives. La corrélation entre les valeurs de surface et celles du fond est faible ($r^2 = 0.0416$).

Nickel

Le nickel est aussi retrouvé en quantités à la limite de détection. La différence entre les valeurs d'une rive à l'autre n'est pas significative. Sur la colonne d'eau, la corrélation est relativement forte entre les données de surface et les données du fond ($r^2 = 0.6667$).

Cadmium

Toutes les données du cadmium sont sous la limite de détection.

Fer

Les données obtenues sont variables dans chacune des zones. La corrélation entre la surface et le fond est bonne pour l'eau provenant des Grands Lacs mais les valeurs sont plus variables pour les deux colonnes d'eau sur le long des berges qui correspondent à des zones de mélanges. Toutefois, la différence d'une rive à l'autre n'est pas significative.

Plomb

Les résultats du centre du transect sont plus faibles (1.14 mg/L) tandis qu'ils sont élevés (2.11 mg/L) sur le côté de la rive nord où la faible dureté de l'eau de la rivière des Outaouais favorise la solubilisation du plomb. A l'intérieur de la colonne d'eau, les résultats sont relativement homogènes ($r^2 = 0.4490$).

Arsenic

L'arsenic montre une bonne corrélation entre les valeurs de surface et du fond ($r^2 = 0.6400$). Les valeurs les plus élevées se trouvent dans la zone du centre (moyenne = 0.59 mg/L) qui est composée de l'eau des Grands Lacs. La différence entre les zones est significative d'après les calculs statistiques.

Sélénium

Les données du sélénium mesurées en surface sont représentatives de celles du fond ($r^2 = 0.4000$). Sur la largeur du fleuve, les concentrations varient considérablement d'une rive à l'autre.

4.0 DISCUSSION

4.1 Homogénéité verticale et hétérogénéité latérale

Le tableau 2 résume les comparaisons entre surface et fond et entre les zones. D'après les résultats des analyses statistiques, nous remarquons que seulement cinq paramètres parmi ceux étudiés montrent une faible corrélation entre les valeurs mesurées en surface et celles mesurées au fond du fleuve. Ces cinq paramètres sont: la turbidité, l'aluminium, le cuivre, le manganèse et le zinc. Parmi ce groupe, l'aluminium et le zinc contiennent des données aberrantes. Si nous enlevons ces valeurs aberrantes lors du calcul de la corrélation entre surface et fond, alors la corrélation augmente à 0.800 pour le zinc et à 0.683 pour l'aluminium. Une comparaison entre les données des trois zones donne des différences significatives pour la majorité des paramètres étudiés sauf pour l'aluminium, le zinc, le nickel, le cuivre, le manganèse, le fer, et le pH mesuré sur le terrain. Pour l'aluminium et le zinc, nous avons effectué une deuxième analyse statistique en omettant les données aberrantes. Les résultats obtenus des deux analyses statistiques indiquent que les quantités retrouvées sont relativement les mêmes d'une rive à l'autre. Le rapport de Tremblay (1985) mentionne également cette homogénéité verticale et l'hétérogénéité sur la largeur du fleuve.

4.2 Zones du fleuve

A partir des données obtenues et des résultats des analyses statistiques, nous pouvons dire que les trois grandes zones du transect au niveau de Lanoraie sont composées de deux masses d'eau importantes, celle des Grands Lacs et celle de la rivière des Outaouais. La zone 1, qui est une zone de mélange de la rive sud, est principalement sous l'influence de l'eau provenant des Grands Lacs ainsi que des rejets municipaux. La zone 2, qui se trouve au centre du fleuve, est composée majoritairement de la masse d'eau provenant des Grands Lacs. Finalement, la zone 3 est aussi une zone

Tableau 2 Vérification de l'homogénéité des eaux du fleuve pour différents paramètres à l'intérieur des différentes zones à Lanoraie

Paramètre	Surface vs Fond	Zone x vs Zone y		
		1 vs 2	1 vs 3	2 vs 3
pH terrain	non	=	=	=
pH laboratoire	oui	≠	≠	≠
Cond. terrain	oui	=	≠	≠
Cond. laboratoire	oui	≠	≠	≠
Alcalinité totale	oui	≠	≠	≠
Dureté totale	oui	=	≠	≠
Température	oui	=	≠	≠
Oxygène dissous	oui	≠	≠	≠
% Saturation O ₂	oui	≠	≠	=
- Turbidité	non	≠	=	≠
Calcium	oui	=	≠	≠
Magnésium	oui	≠	≠	≠
Sodium	oui	≠	≠	≠
Potassium	oui	=	≠	≠
Sulfates	oui	≠	≠	≠
Chlorure	oui	≠	≠	≠
NO ₂ -NO ₃	oui	=	≠	≠
Phosphore total	oui	=	≠	≠
Aluminium	non	=	=	=
Aluminium*	oui	=	=	=
Arsenic	oui	≠	=	≠
Cuivre	oui	=	=	=
Fer	oui	≠	=	=
- Manganèse	non	=	=	=
- Nickel	non	=	=	=
Plomb	oui	=	≠	≠
Zinc	non	=	=	=
Zinc*	oui	=	=	=

zone 1 zone sud

zone 2 zone centre

zone 3 zone nord

"oui" signifie que les valeurs sont homogènes sur la colonne d'eau

"non" signifie que les valeurs ne sont pas homogènes sur la colonne d'eau

"=" les moyennes ou les médianes des deux zones étudiées
ne sont pas significativement différentes

"≠" les moyennes ou les médianes des deux zones étudiées
sont significativement différentes

"*" sans les valeurs aberrantes

de mélange se trouvant le long de la rive nord et est fortement affectée par l'eau de la rivière des Outaouais. Ces deux masses d'eau possèdent des caractéristiques différentes (Désilets, Langlois - Environnement Canada 1989). Pour l'eau des Grands Lacs, la turbidité et les éléments nutritifs sont faibles tandis que le niveau de minéralisation est élevé. Par contre, l'eau faiblement minéralisée de la rivière des Outaouais est plus turbide et contient une grande quantité de phosphore. Ces deux masses d'eau ne se mélangent pas dans le fleuve ce qui nous permet de distinguer les zones qui sont sous l'influence soit des eaux provenant des Grands Lacs ou de la rivière des Outaouais. Les "boxplots" (Annexe 2) montrent la distribution ainsi que la variation des données dans chaque zone du transect.

4.3 Corrélation entre les paramètres

Un test de corrélation a été établi pour vérifier l'interaction entre les paramètres. La matrice de corrélation est présentée à l'annexe 4. Une comparaison de notre matrice à celle obtenue par Désilets (1989) donne des résultats semblables. Nous pouvons observer que les indices de minéralisation et les ions principaux sont fortement liés entre eux. Il existe aussi des corrélations positives entre les métaux. Il est à noter que notre matrice de corrélation a été calculée à partir des données obtenues dans une seule journée tandis que celle de Désilets a été faite à partir des données de plusieurs années. Il est aussi important de mentionner que lorsqu'on obtient une bonne corrélation entre deux paramètres de notre matrice, cette interaction peut être causée par un facteur externe. Prenons comme exemple la corrélation positive qui existe entre le plomb et la température. Cette corrélation ne signifie pas que la température affecte directement le plomb mais elle indique plutôt l'origine de l'eau. L'eau provenant de la rivière des Outaouais est plus chaude et surtout moins dure ce qui favorise la solubilité du plomb.

4.4 Paramètres expliquant la variabilité latérale

Le test d'analyse en composante principale utilisé nous a donné les six paramètres qui expliquent le plus la variabilité latérale. L'ordre croissant de l'influence de ces paramètres est: le plomb, la conductivité mesurée en laboratoire, le magnésium, les $\text{NO}_2\text{-NO}_3$, l'alcalinité totale, les sulfates. Ces six paramètres peuvent être utilisés pour évaluer la variabilité latérale du fleuve à Lanoraie. Pour d'autres endroits du fleuve, comme à Cornwall, où les sources de BPC sont proches, et où nous avons déjà mesuré une forte variabilité latérale, il est important de tenir compte de ces connaissances préalables pour évaluer la variabilité du fleuve. Pour des raisons internes, la mesure des matières solides en suspension dans l'eau n'a pas été effectuée. Une étude semblable à la nôtre ne devrait pas le négliger, étant donné la forte variabilité des mesures de turbidité que nous avons obtenue. Une connaissance préalable de la variabilité latérale des eaux du fleuve dans la section à l'étude serait utile lors des prochaines études portant sur la qualité de l'eau du fleuve.

CONCLUSION

Le but de cette étude est de principalement étudier la variation à l'intérieur de la colonne d'eau et aussi de mesurer la variabilité latérale de la qualité de l'eau du fleuve. D'après les résultats du test de t pairé, nous pouvons affirmer que la qualité de l'eau mesurée à la surface est représentative de l'eau au fond du fleuve sauf pour cinq paramètres où nous avons obtenus des valeurs de corrélation assez basses entre les données. Pour la différence entre les zones, elle est significative pour presque tous les paramètres excepté sept cas où les valeurs ne varient pas considérablement d'un rive à l'autre. De plus, les différences les plus remarquables sont normalement entre les zones un et trois et entre les zones deux et trois. Étant donné que les zones sud et centre possèdent des caractéristiques assez semblables, nous pouvons dire que ces deux zones représentent sensiblement la même masse d'eau, c'est-à-dire celle provenant des Grands Lacs, tandis que la zone nord est fortement influencée par l'eau de la rivière des Outaouais. Nous avons aussi déterminé par le test d'analyse en composante principale que six paramètres suffisaient à expliquer 95% de la variabilité latérale de la qualité de l'eau à cet endroit du fleuve. La comparaison de notre matrice de corrélation à celle obtenue par Désilets (1983) indique que les interactions sont demeurées les mêmes.

Nous pouvons affirmer que nos résultats sont significatifs car nous avons utilisé assez d'échantillons pour que nos données soient fiables et pour pouvoir effectuer des analyses statistiques valables. D'autres études sur la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent peuvent être effectuées en modifiant légèrement la méthodologie. Notre étude peut être reprise en utilisant moins d'échantillons si on veut étudier la variation grossière. Pour mesurer un bilan massique, on peut faire une optimisation des zones au moyen de plusieurs verticales.

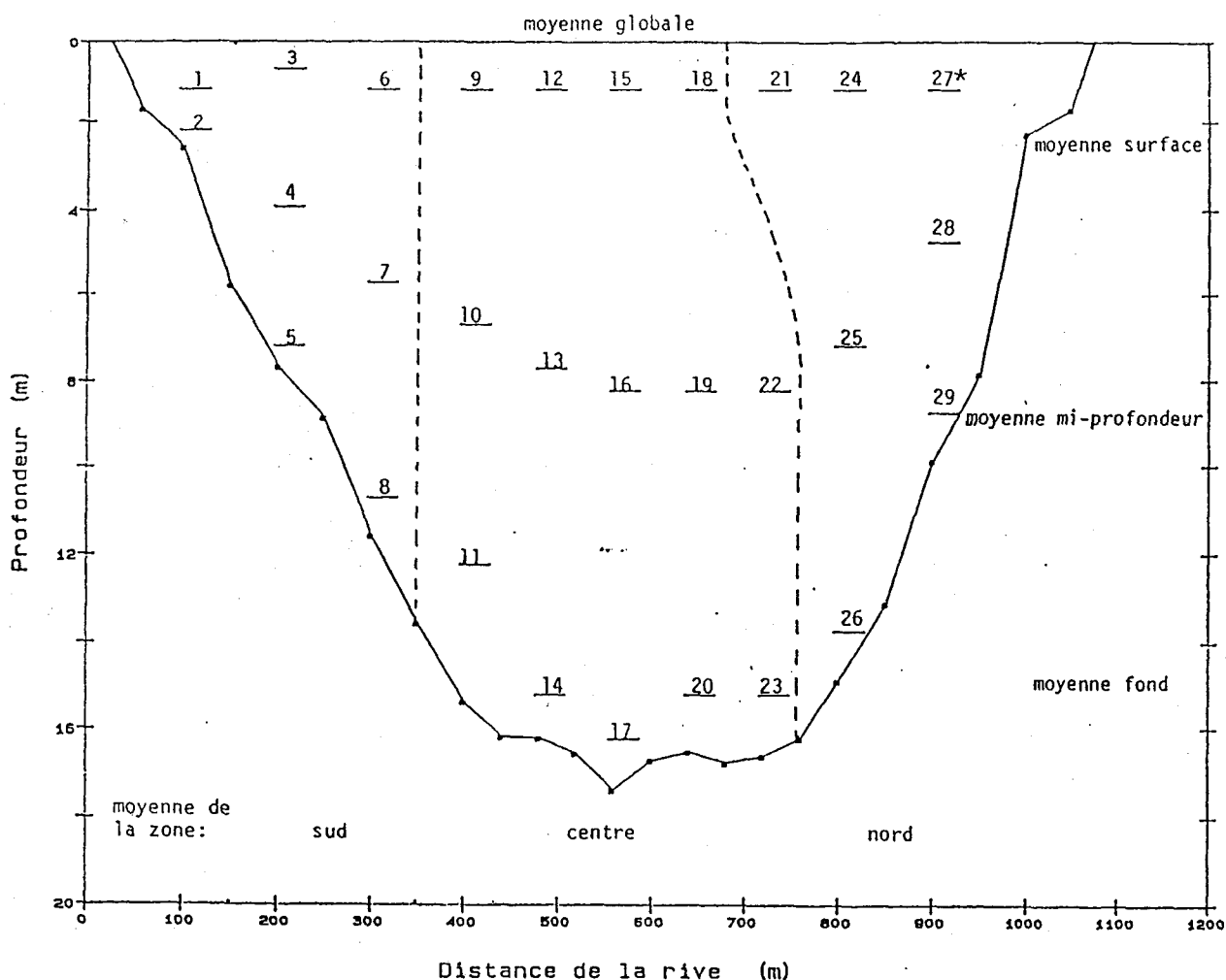
BIBLIOGRAPHIE

- Burns, B.R., 1973. Water Quality Surveys carried out on the Saint Lawrence River and the Bay of Quinte 1972. Environmental Protection Service, Environment Canada.
- Désilets, L. et Langlois, C., 1989. Variabilité spatiale et saisonnière de la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent. Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Direction des eaux intérieures, Montréal; 112 p.
- Environnement Canada, 1981. Analytical Methods Manual. Inland waters directorate, Water Quality Branch. Ottawa.
- Environnement Canada, 1983. Échantillonnage pour la qualité de l'eau. Direction de la qualité de l'eau, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa, Canada. 67 p.
- Germain, A. et Janson, M., 1984. Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent de Cornwall à Québec (1977-1981). Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Section des relevés de qualité, Région du Québec; 232 p.
- Germain, A., F. Lavoie et M. Janson, 1987. Étude sur l'eutrophisation de la baie Missisquoi. Environnement Canada, Direction des eaux intérieures et des terres, Région du Québec; 97 p.
- Kemmer, F.N., 1984. Manuel de l'eau. Technique et Documentation - Lavoisier. Paris; 930 p.
- Kudrnac, I.K., 1973. Étude de la qualité de l'eau de trois sections du fleuve Saint-Laurent par l'analyse continue. Environmental Research - Division of Korab Marine Ltd.
- Mathieu, P., P. Gentes et J.P. Gauthier, 1979. Méthode numérique d'évaluation de l'état trophique des lacs. Ministère des Richesses naturelles, Gouvernement du Québec; 57 p.
- Sokal, R.R. et Rohlf, F.J., 1981. Biometry 2nd edition. W.H. Freeman and Company. New York; 839 p.
- Tremblay, G.H., 1985. Variations temporelles des concentrations en ions majeurs du fleuve Saint-Laurent et évaluation de l'apport fluvial dans la zone estuarienne. Rapp. tech. can. hydrogr. sci. océan. No 64: xi + 63 p.
- Wetzel, R.G., 1975. Limnology. W.B. Saunders Company, Philadelphia; 743 p.

ANNEXE 1

**Données obtenues pour chacun des paramètres et représentées
sur les coupes transversales du fleuve à Lanoraie**

Localisation des stations d'échantillonnage et légende



moyenne globale: moyenne de l'ensemble des données

moyenne surface: moyenne des données mesurées à la surface

moyenne mi-profondeur: moyenne des données mesurées à la mi-profondeur

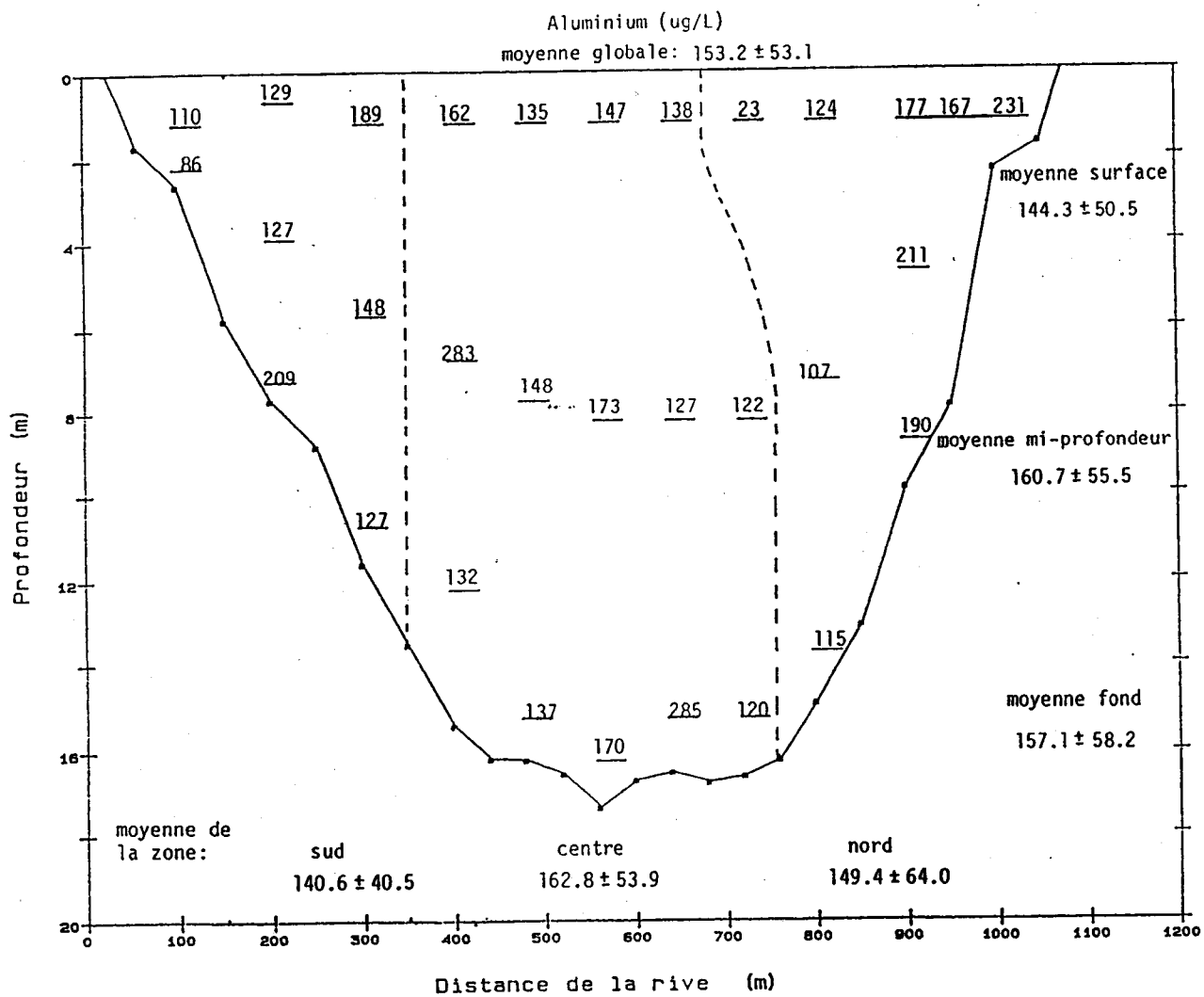
moyenne fond : moyenne des données mesurées au fond

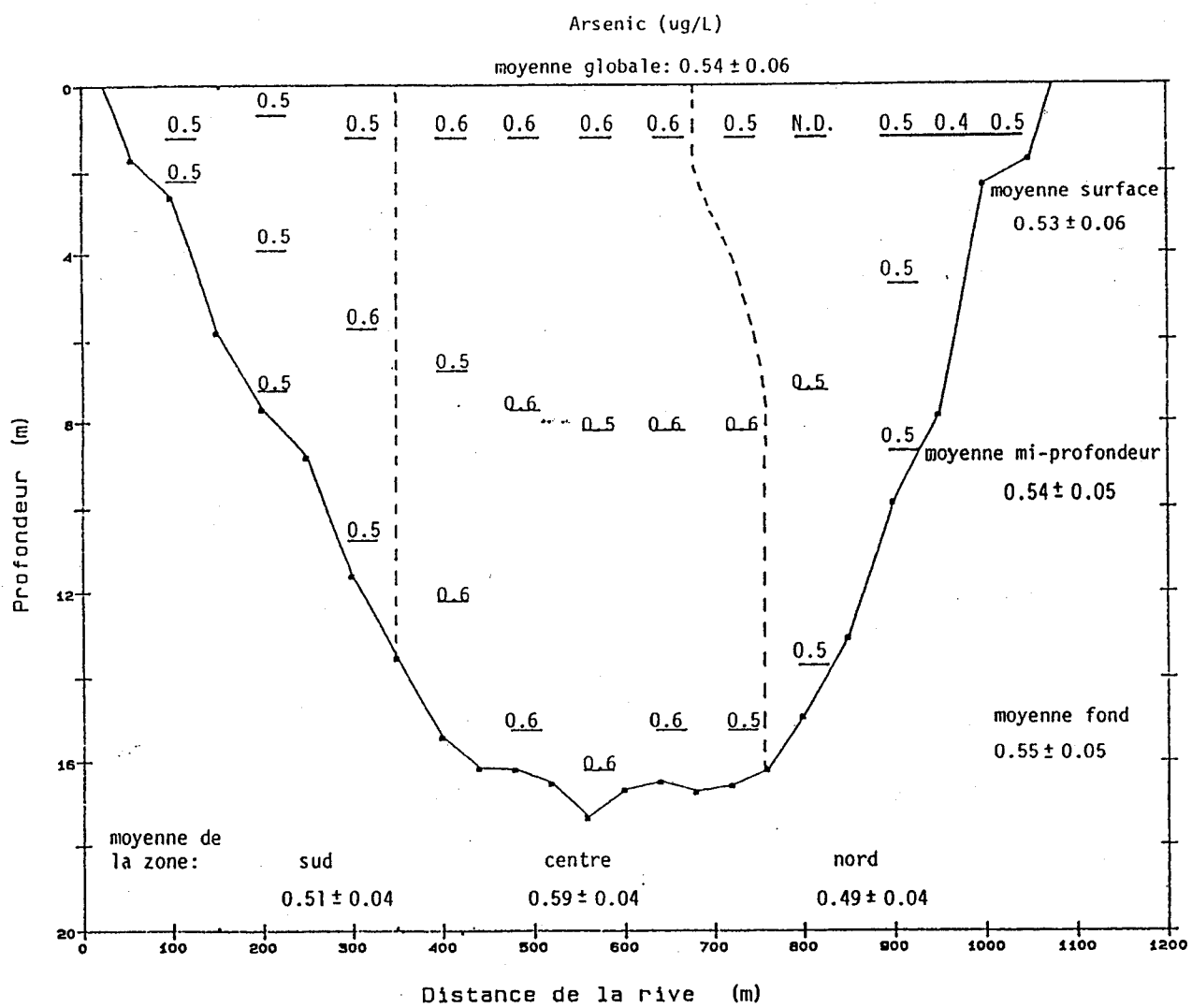
moyenne zone sud: moyenne des données mesurées sur la colonne d'eau de la zone sud

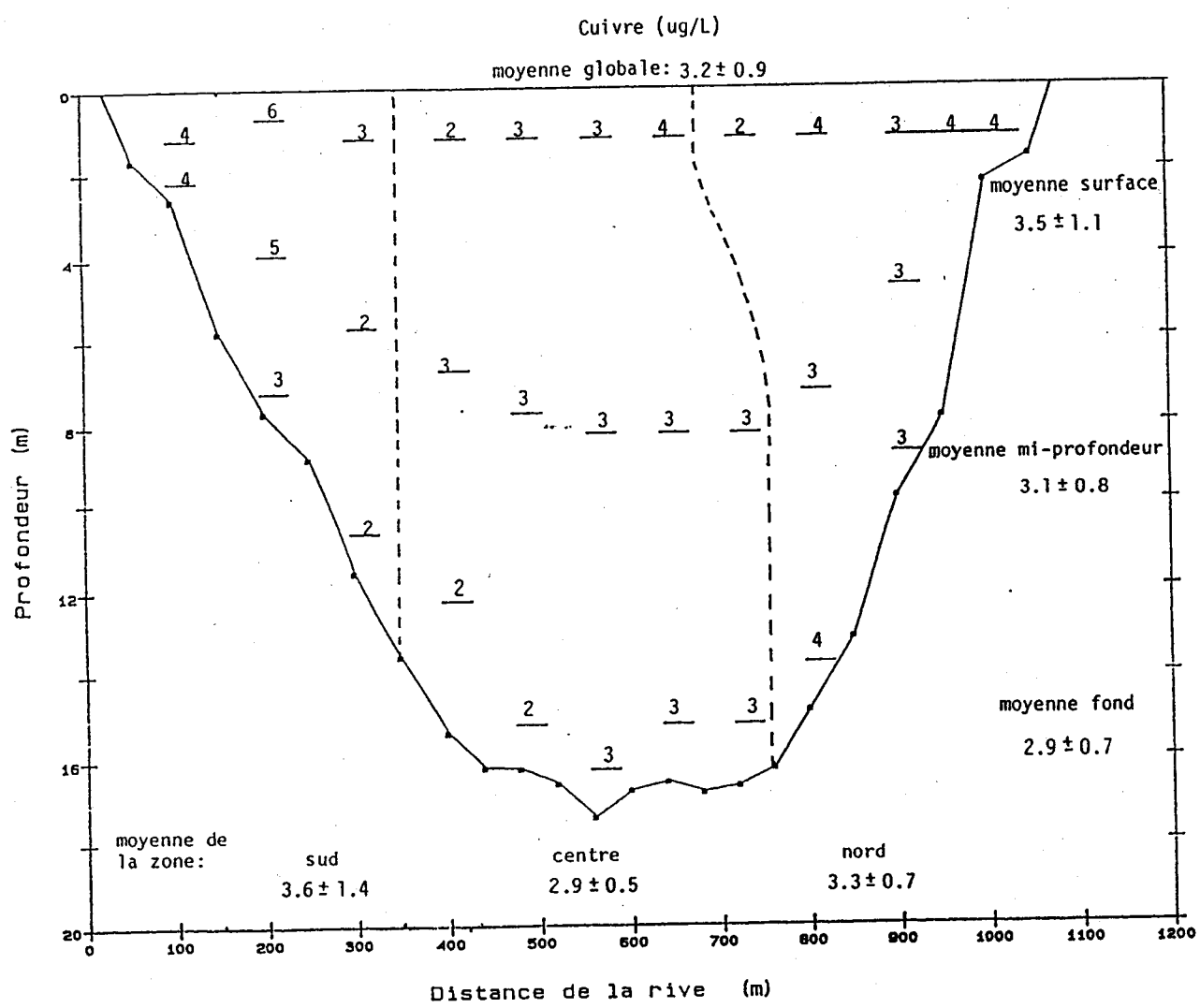
moyenne zone centre : moyenne des données mesurées sur la colonne d'eau de la zone centre

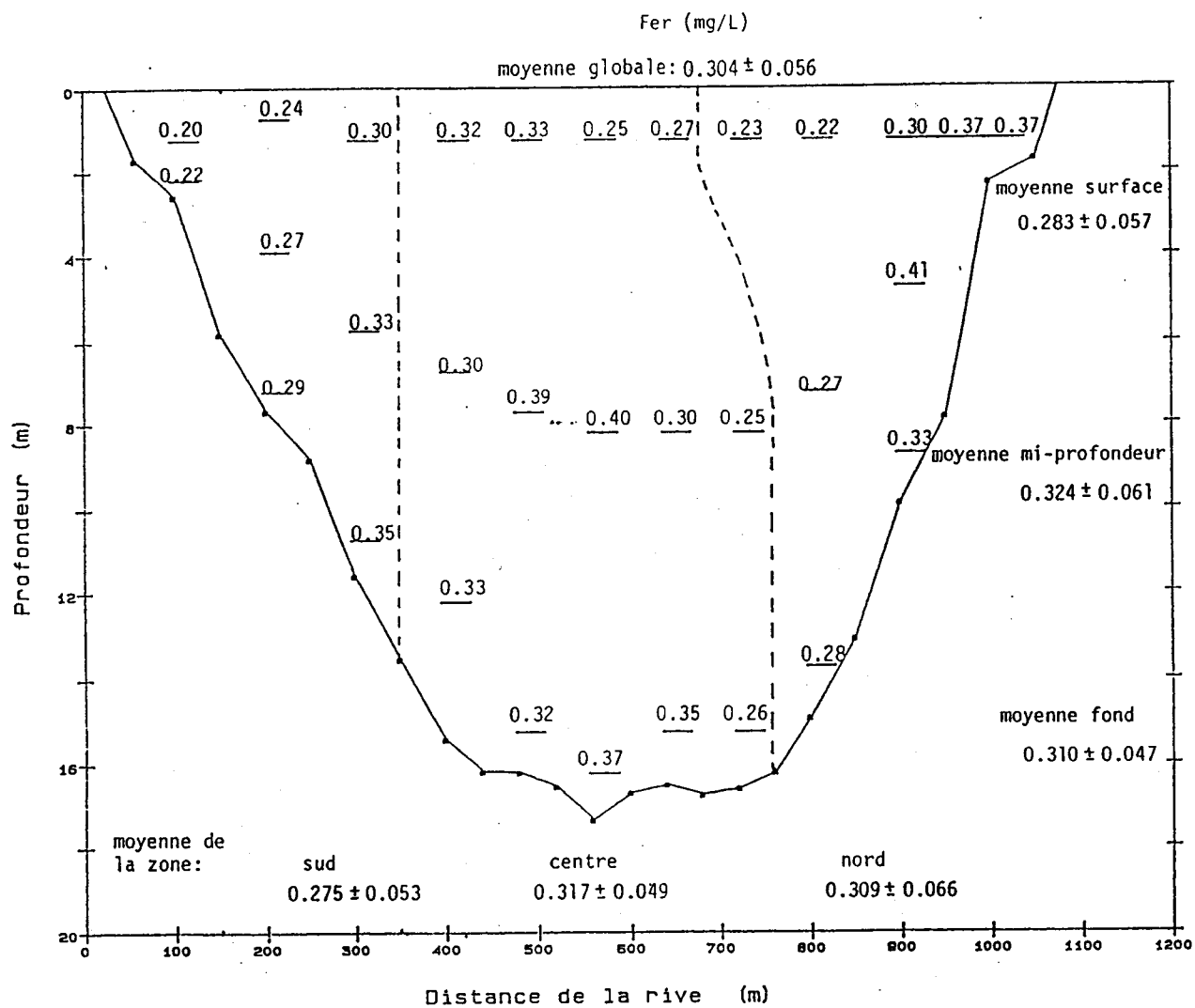
moyenne zone nord: moyenne des données mesurées sur la colonne d'eau de la zone nord

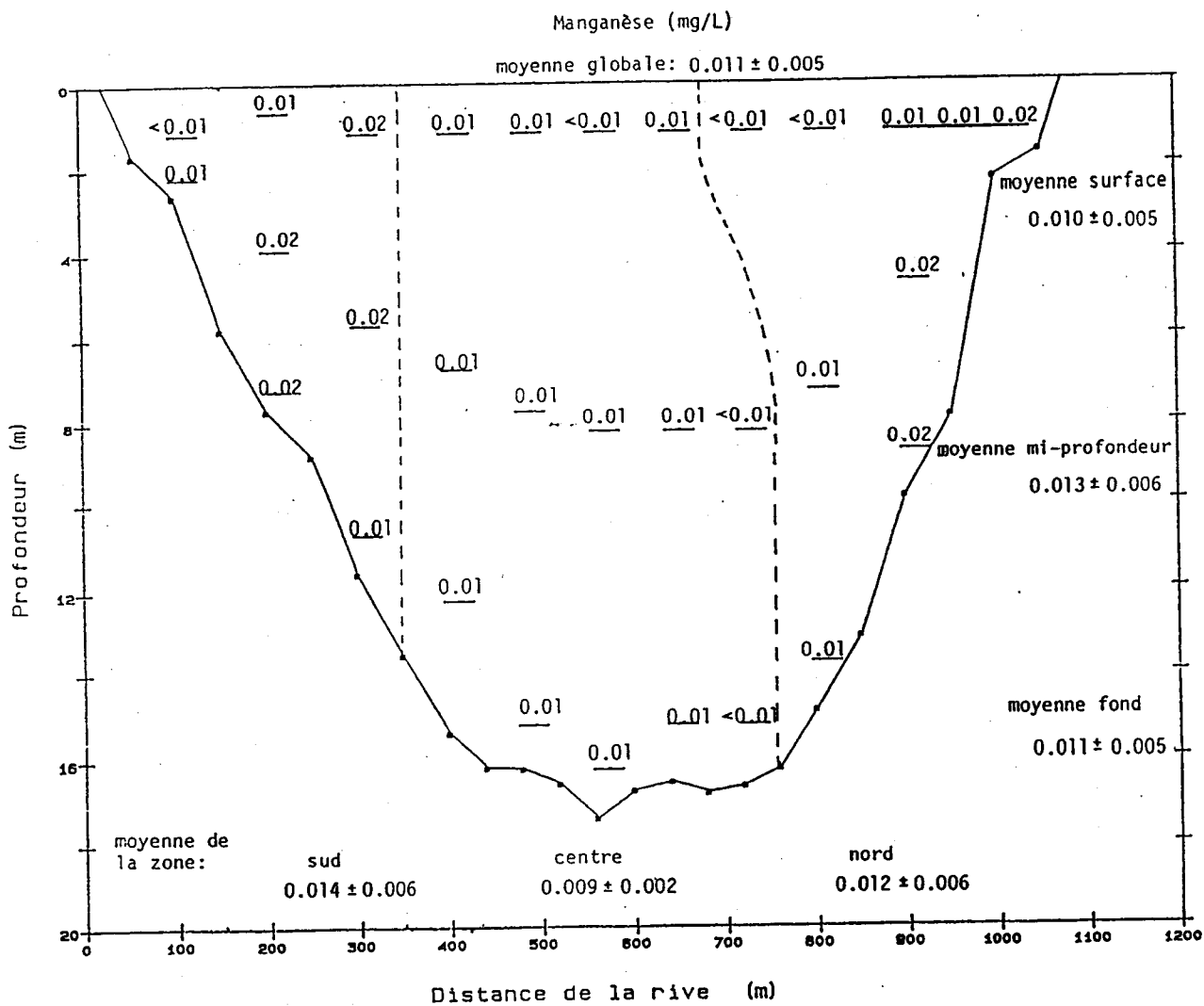
* prélèvements en triplicata pour plusieurs paramètres à la station 27

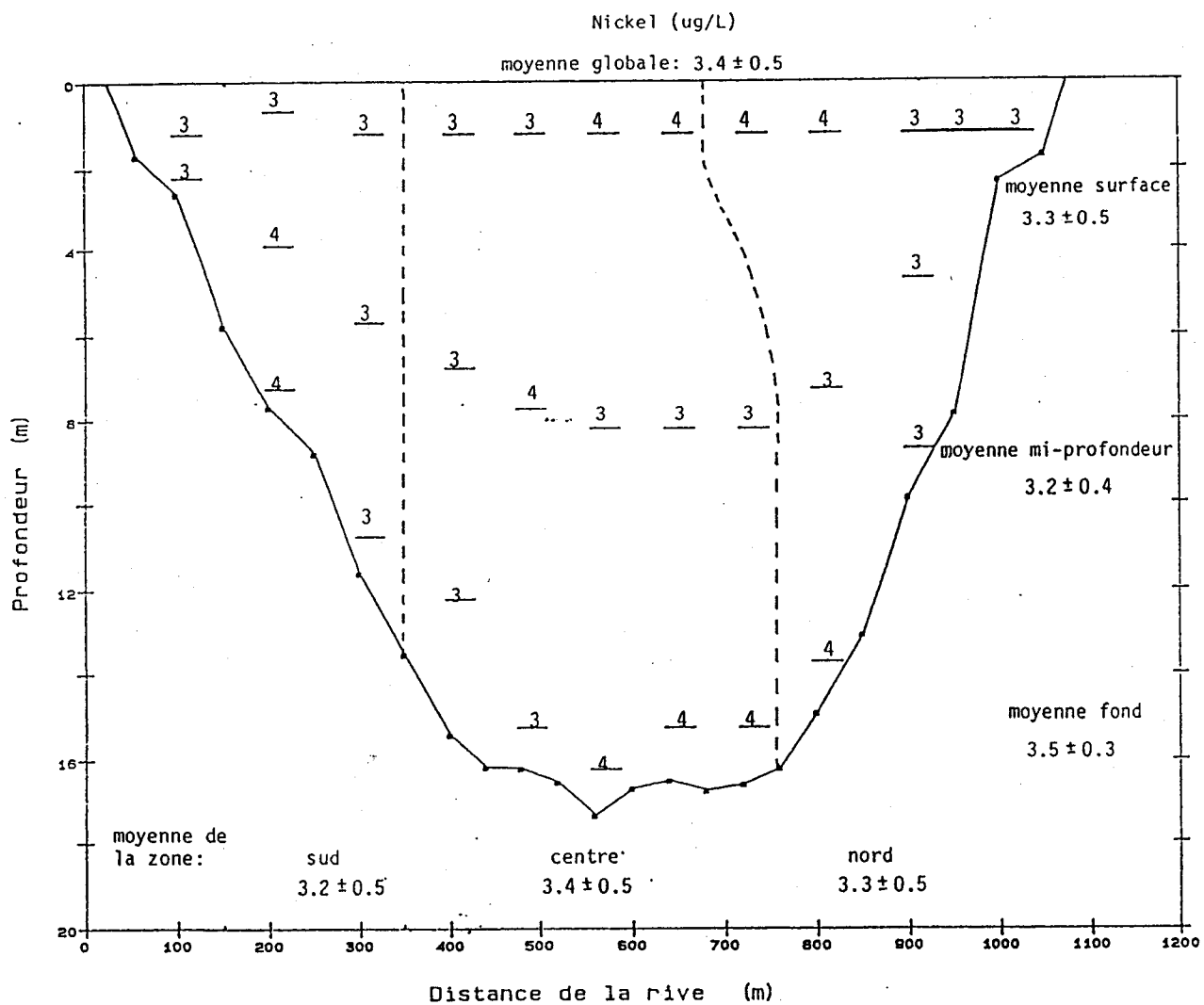


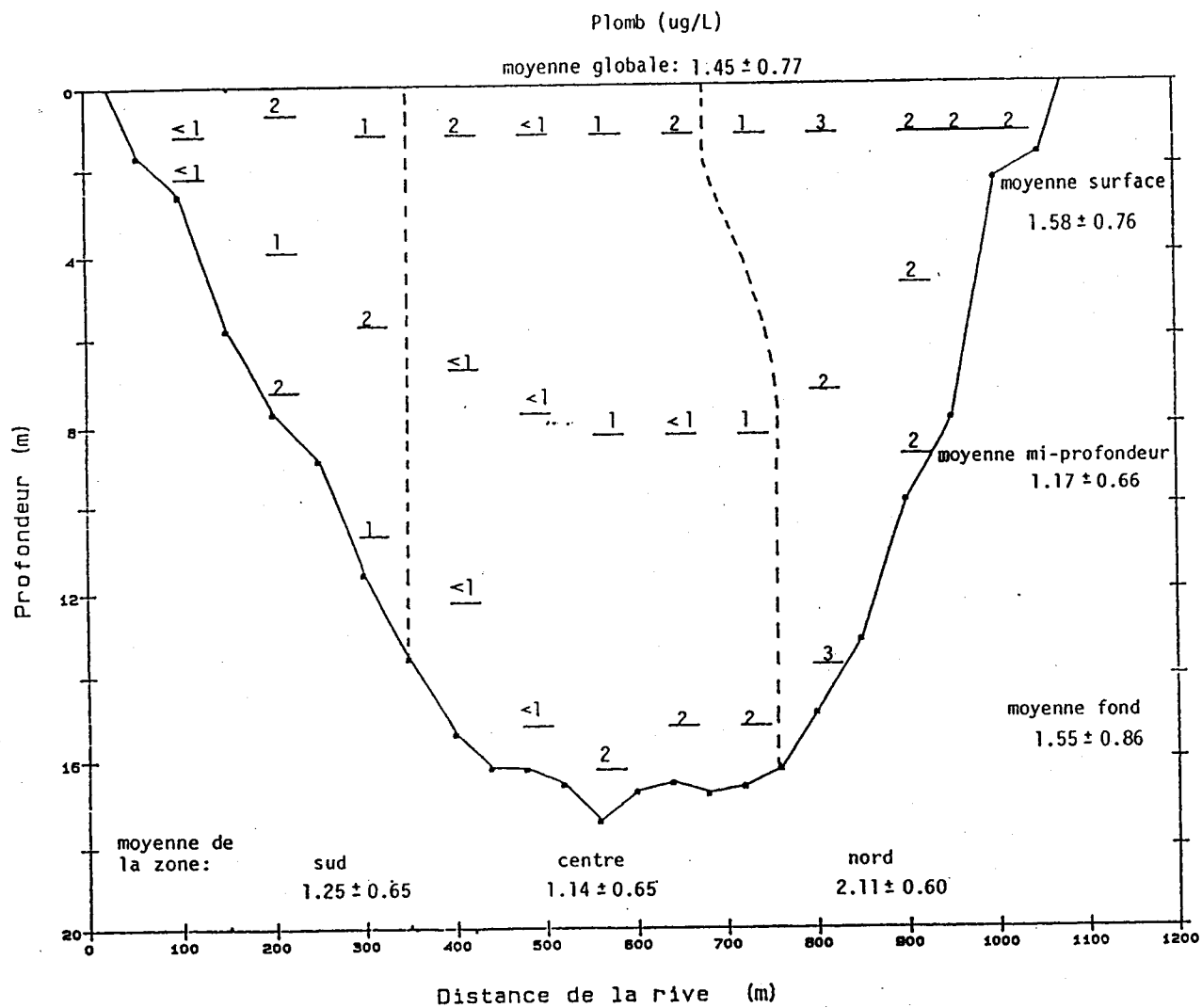


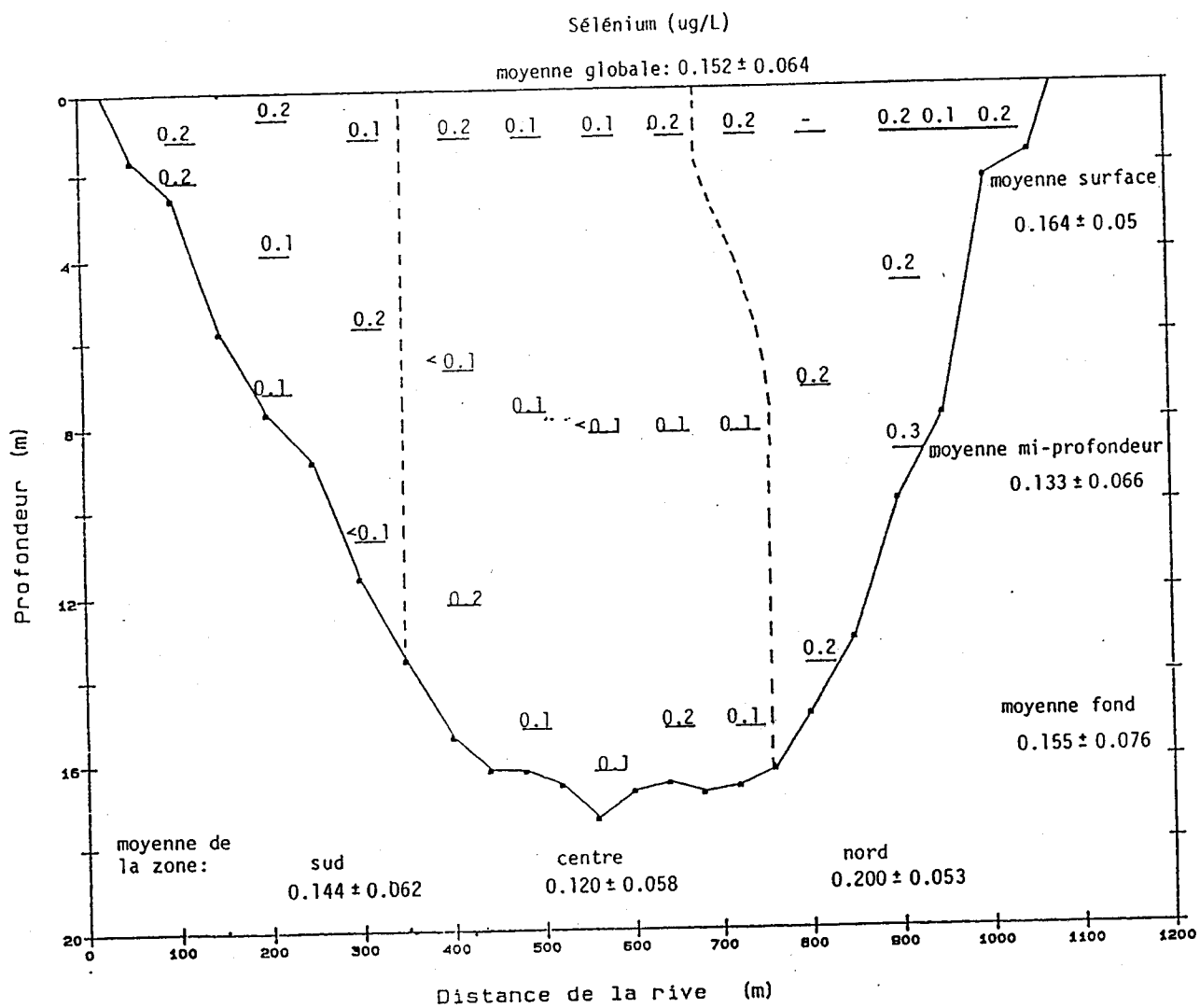


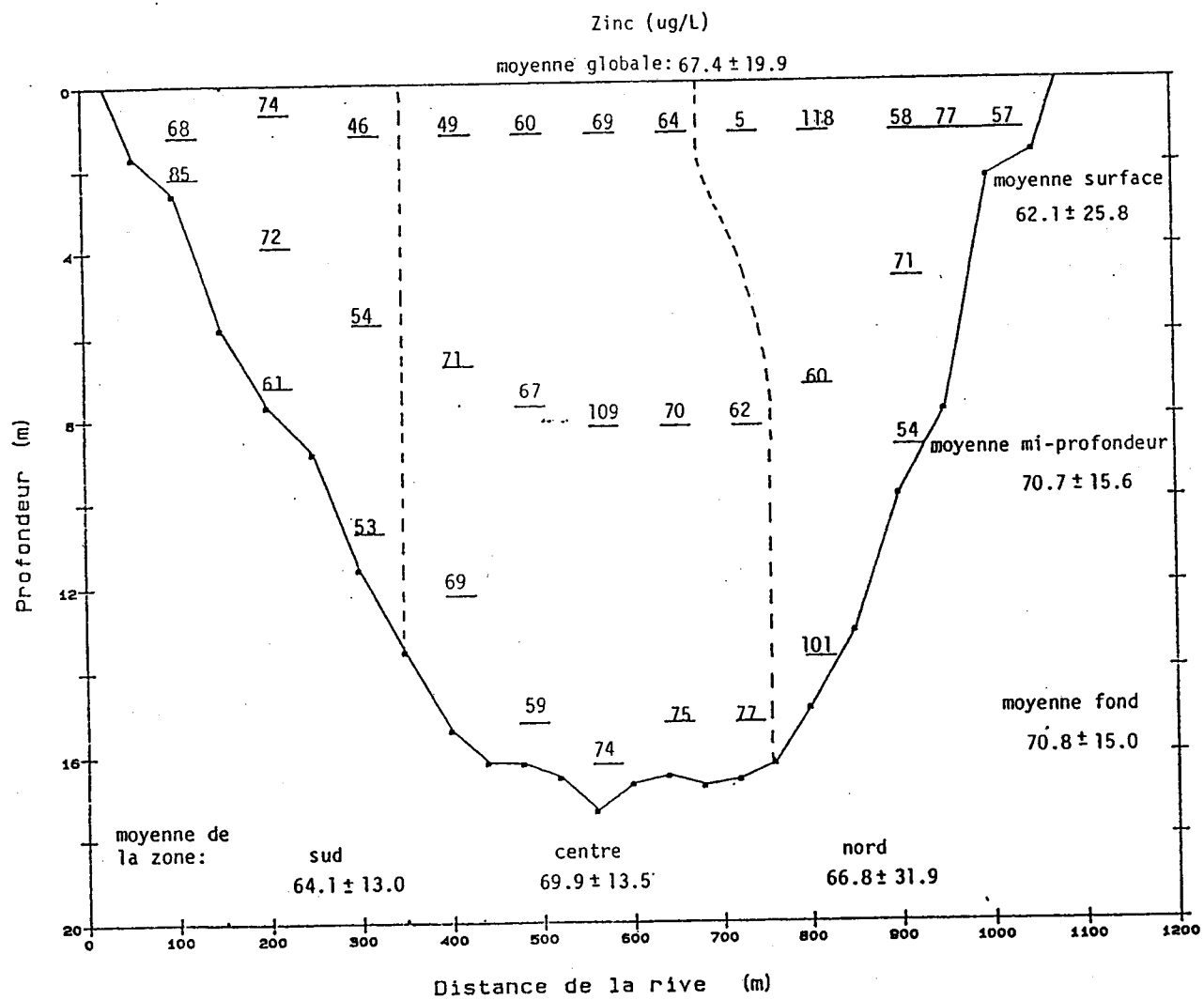


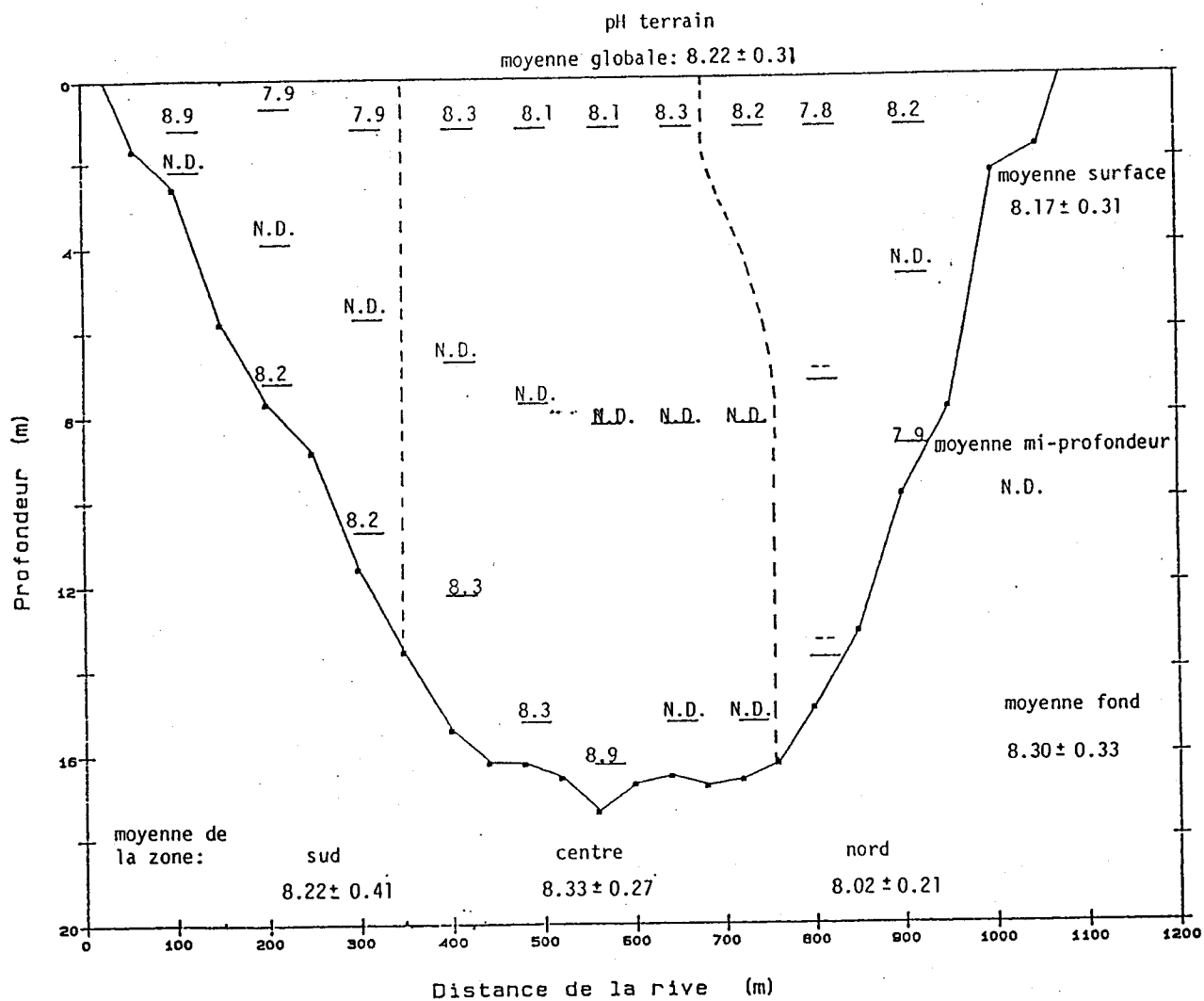


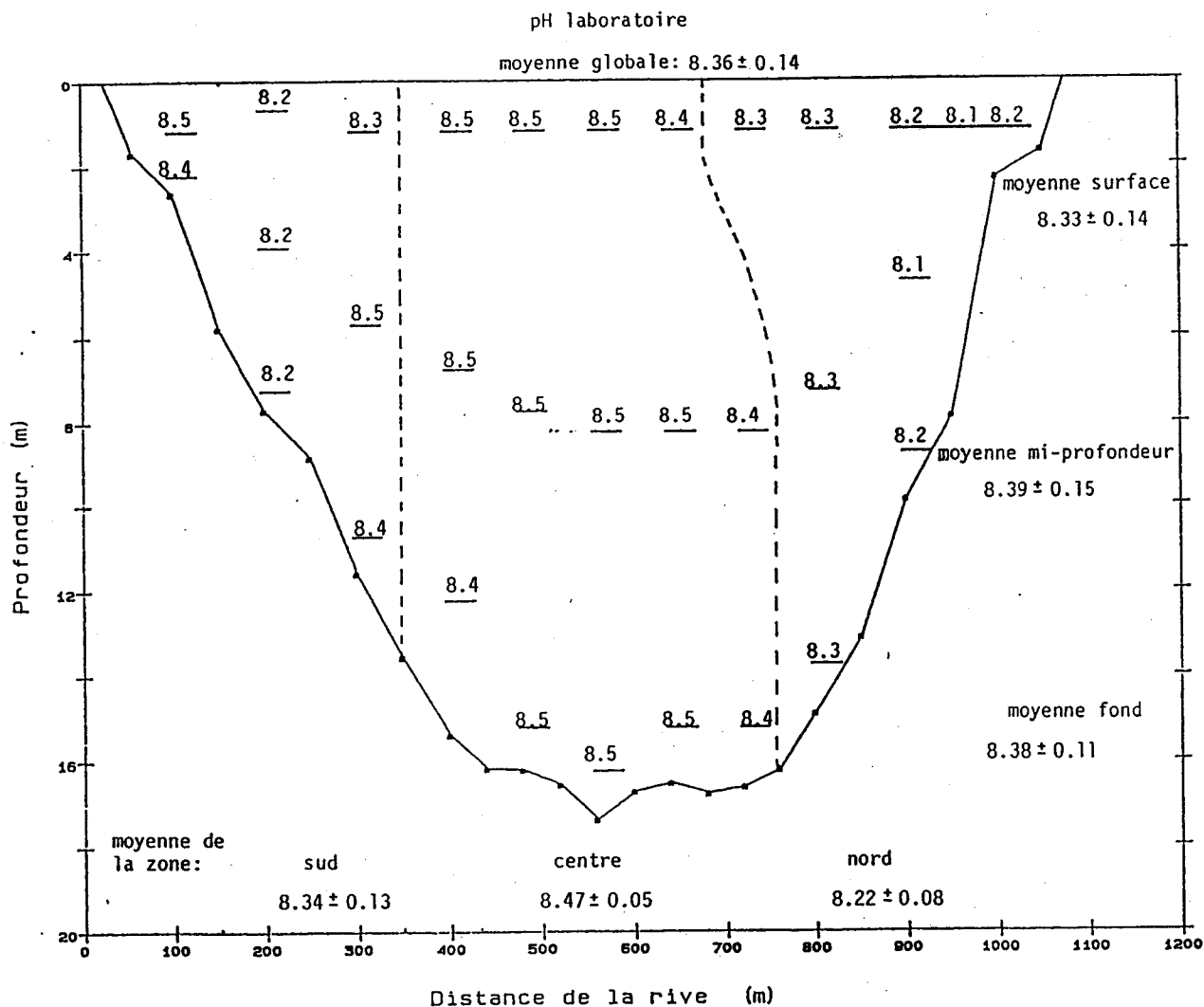


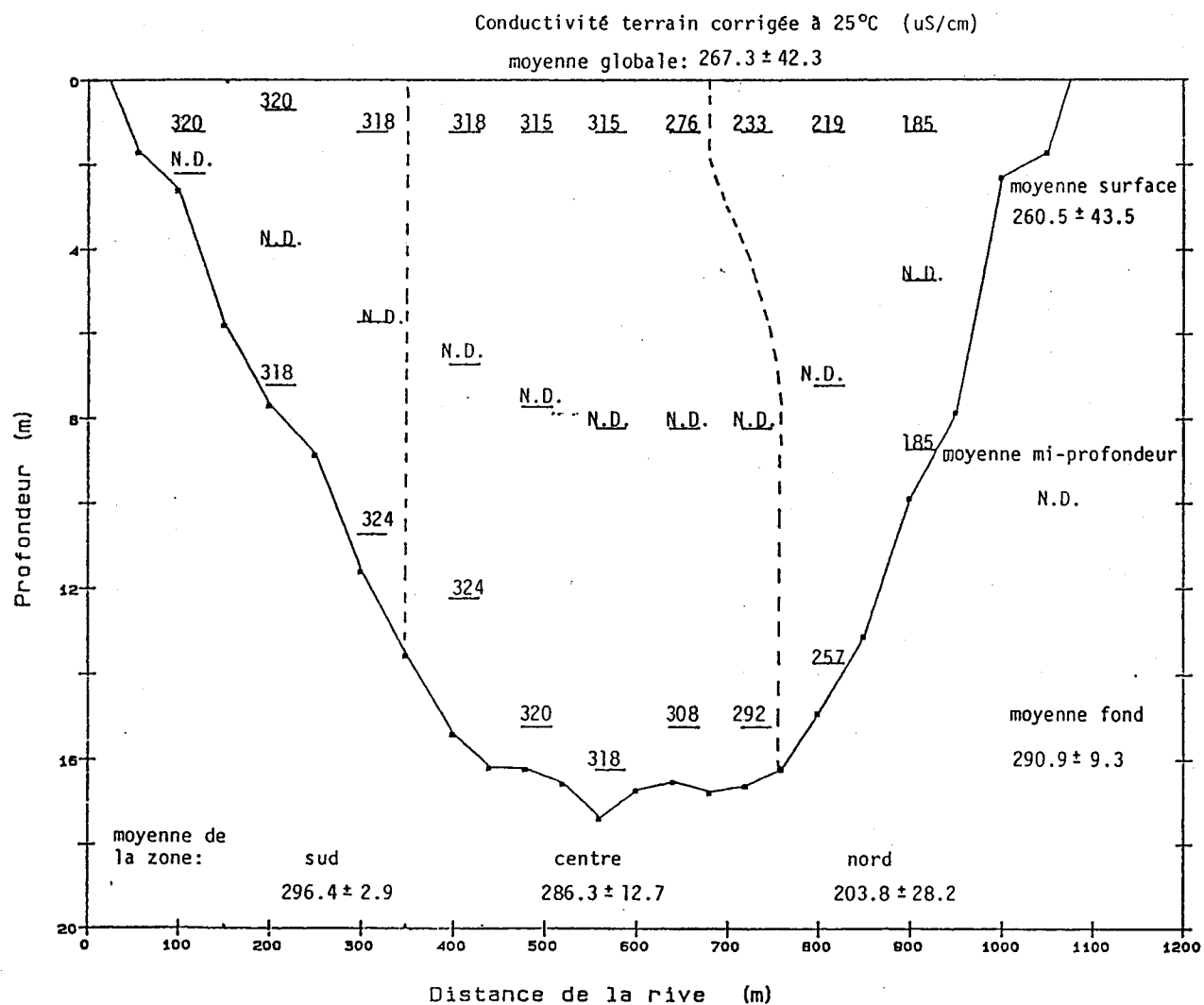




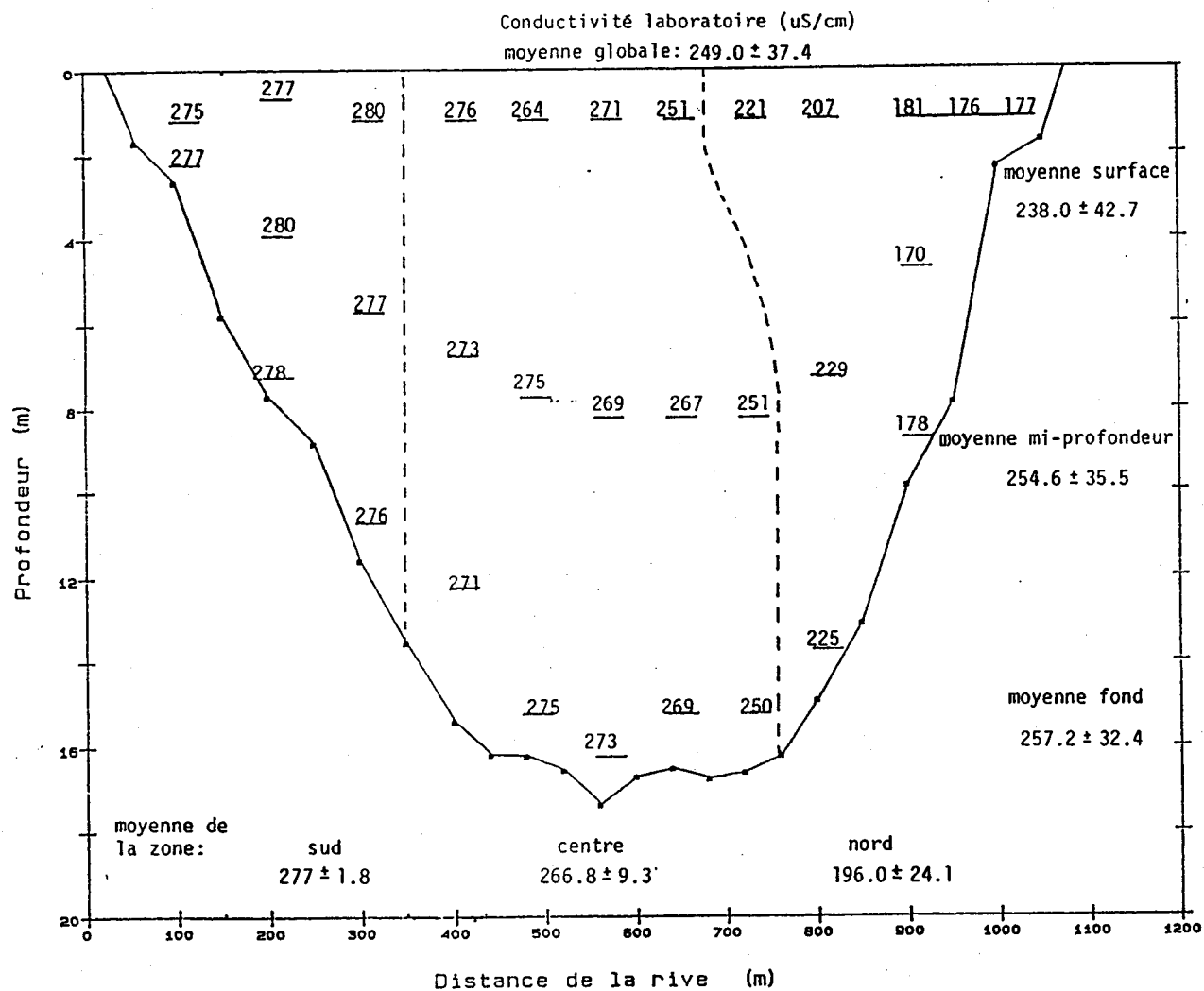


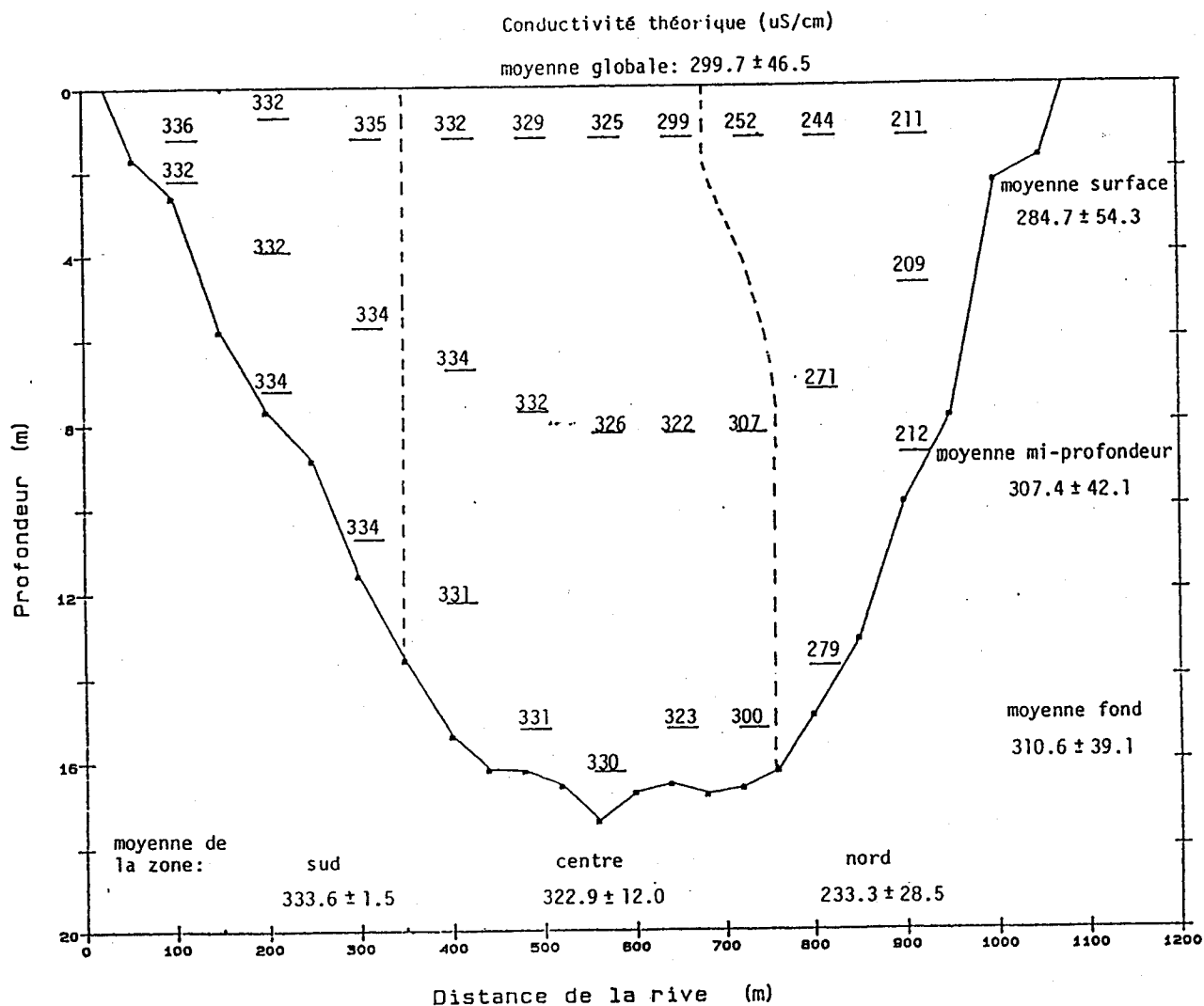


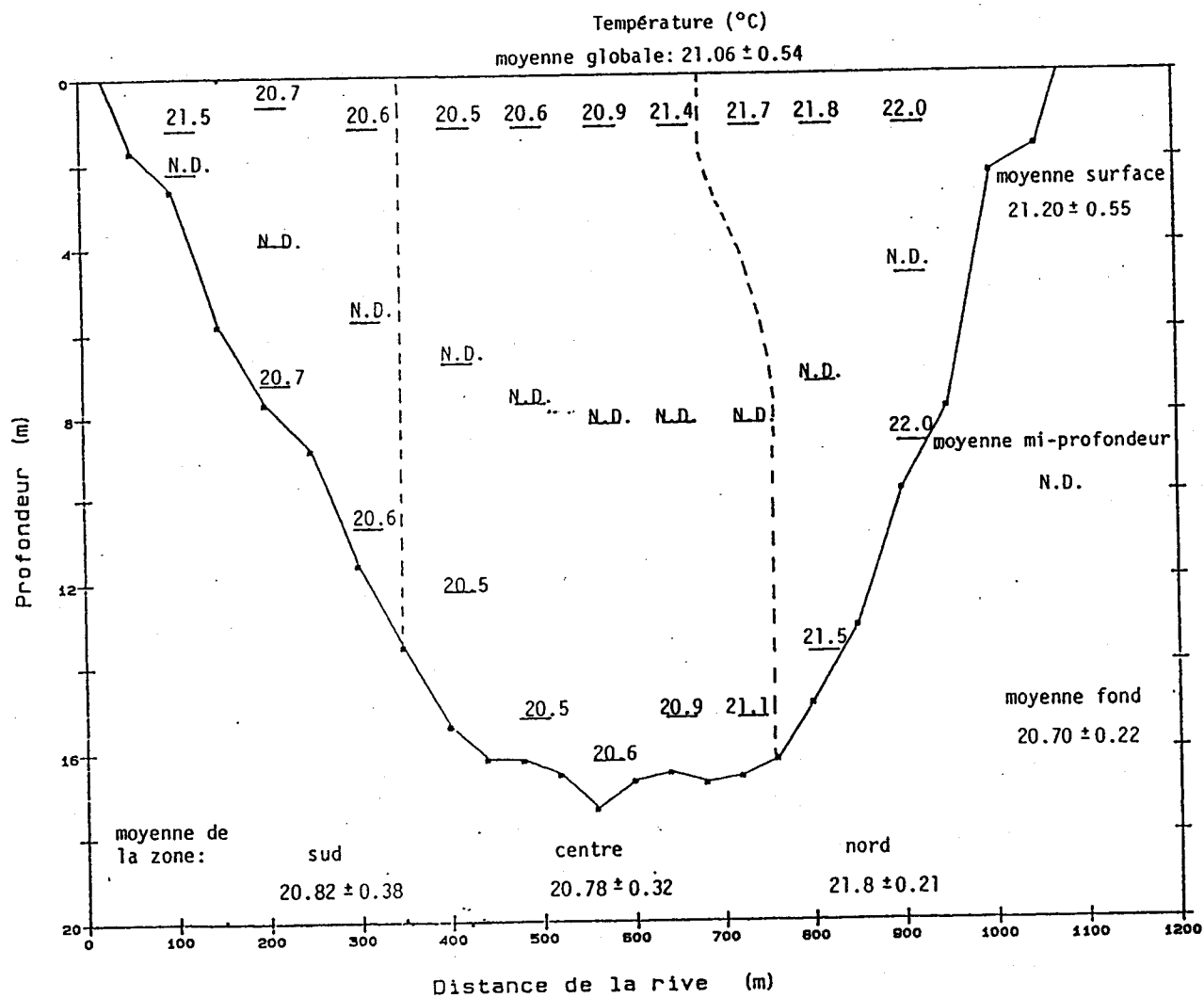




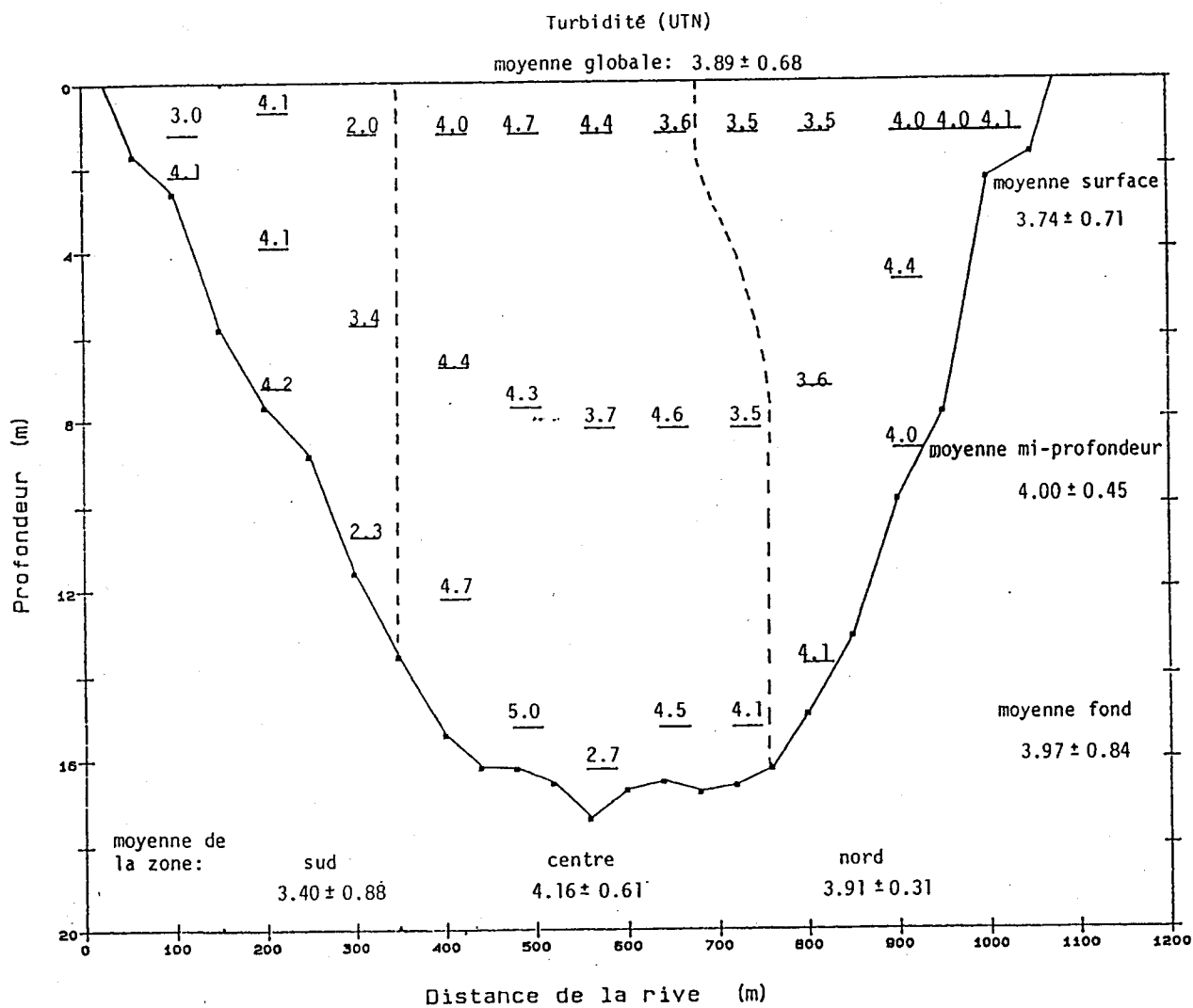
N.D. Non déterminé

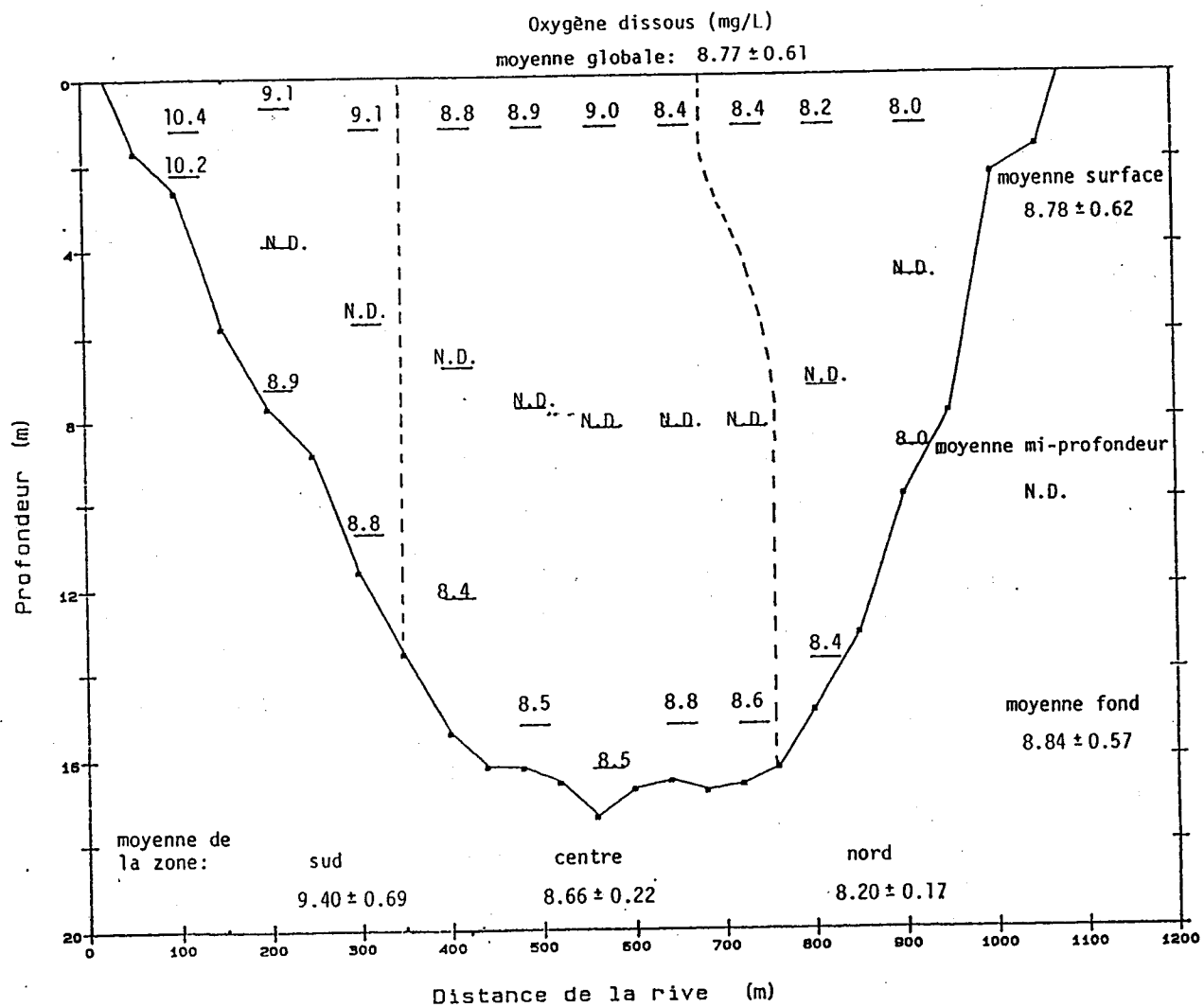


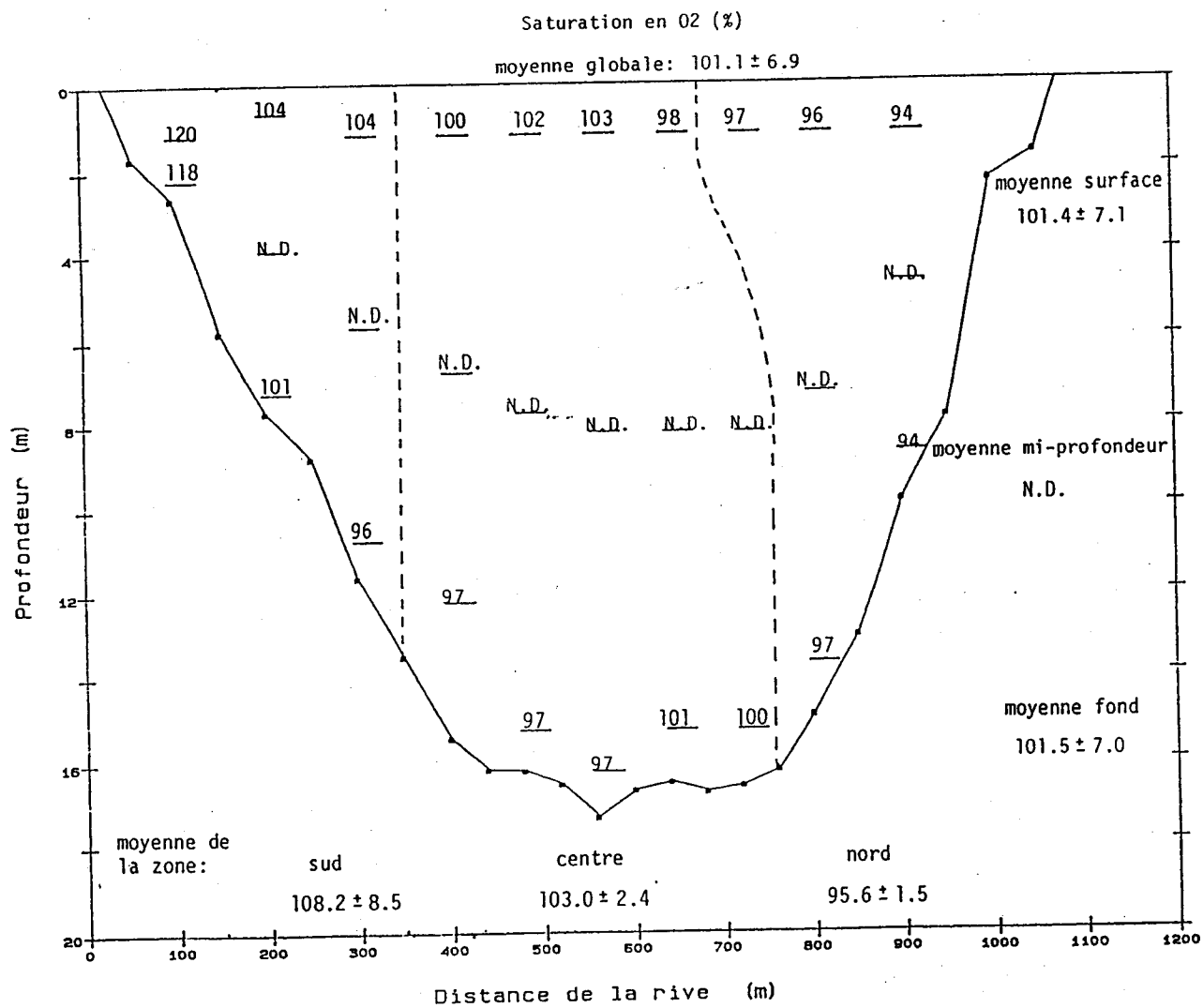




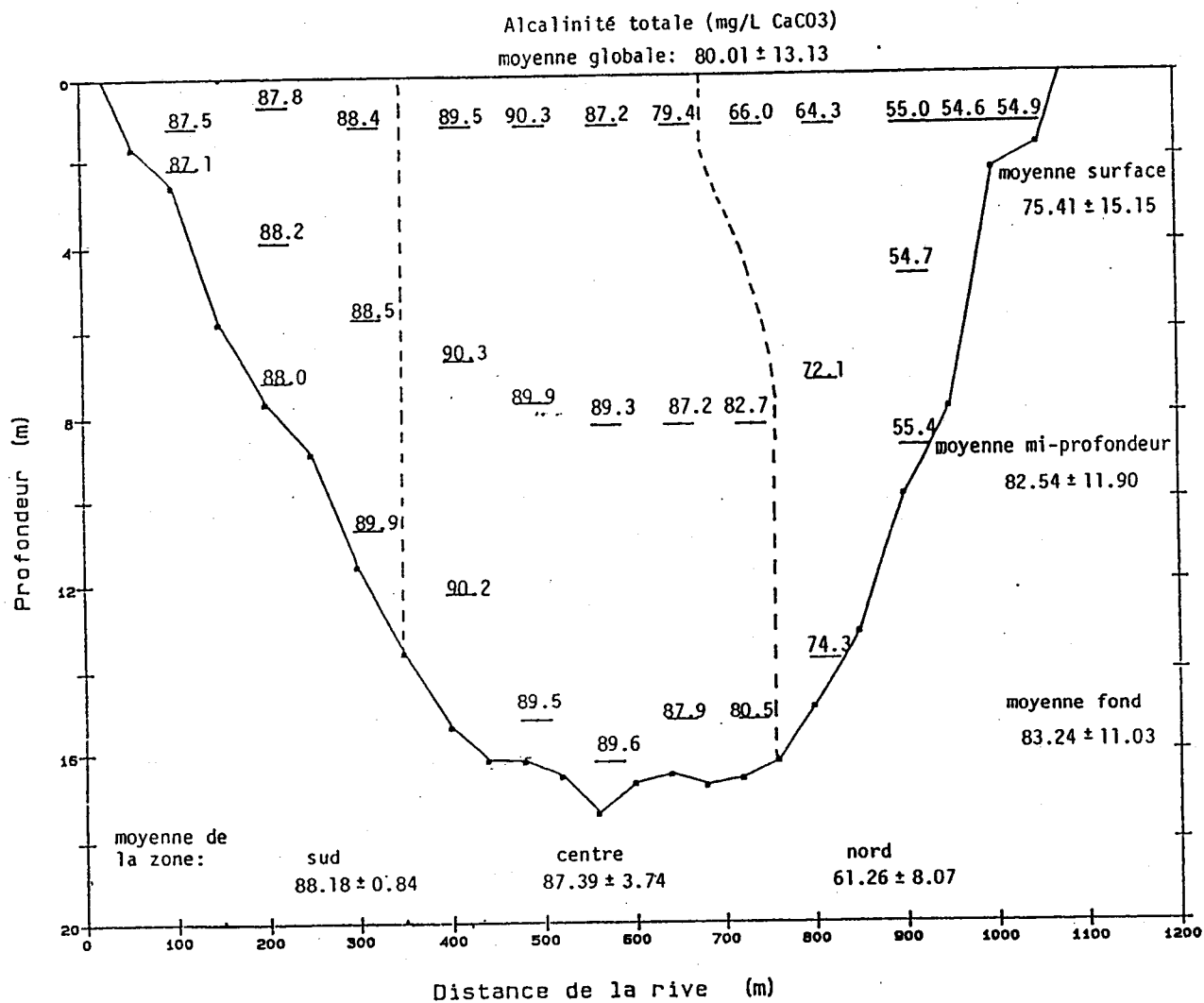
N.D. Non déterminé

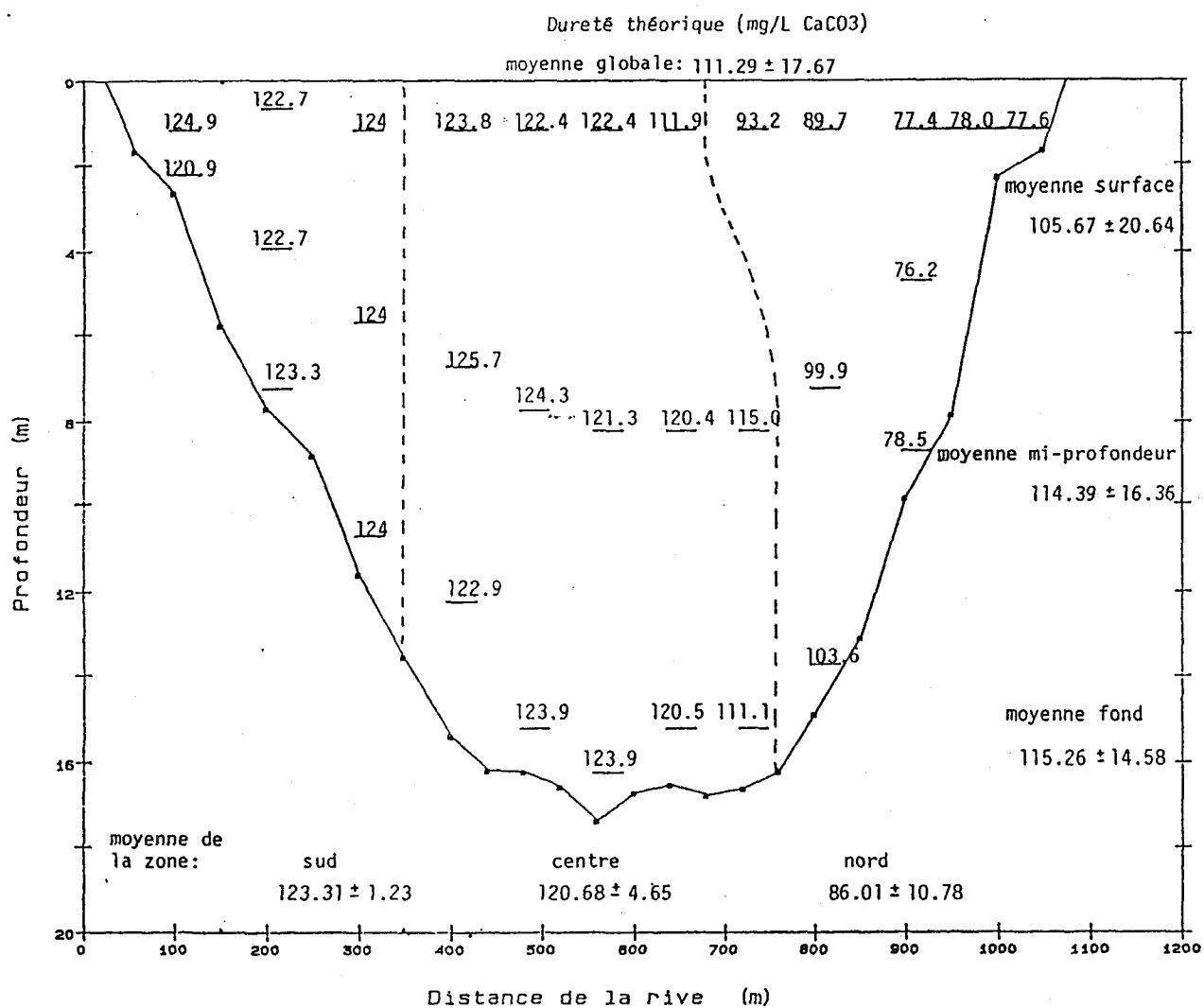


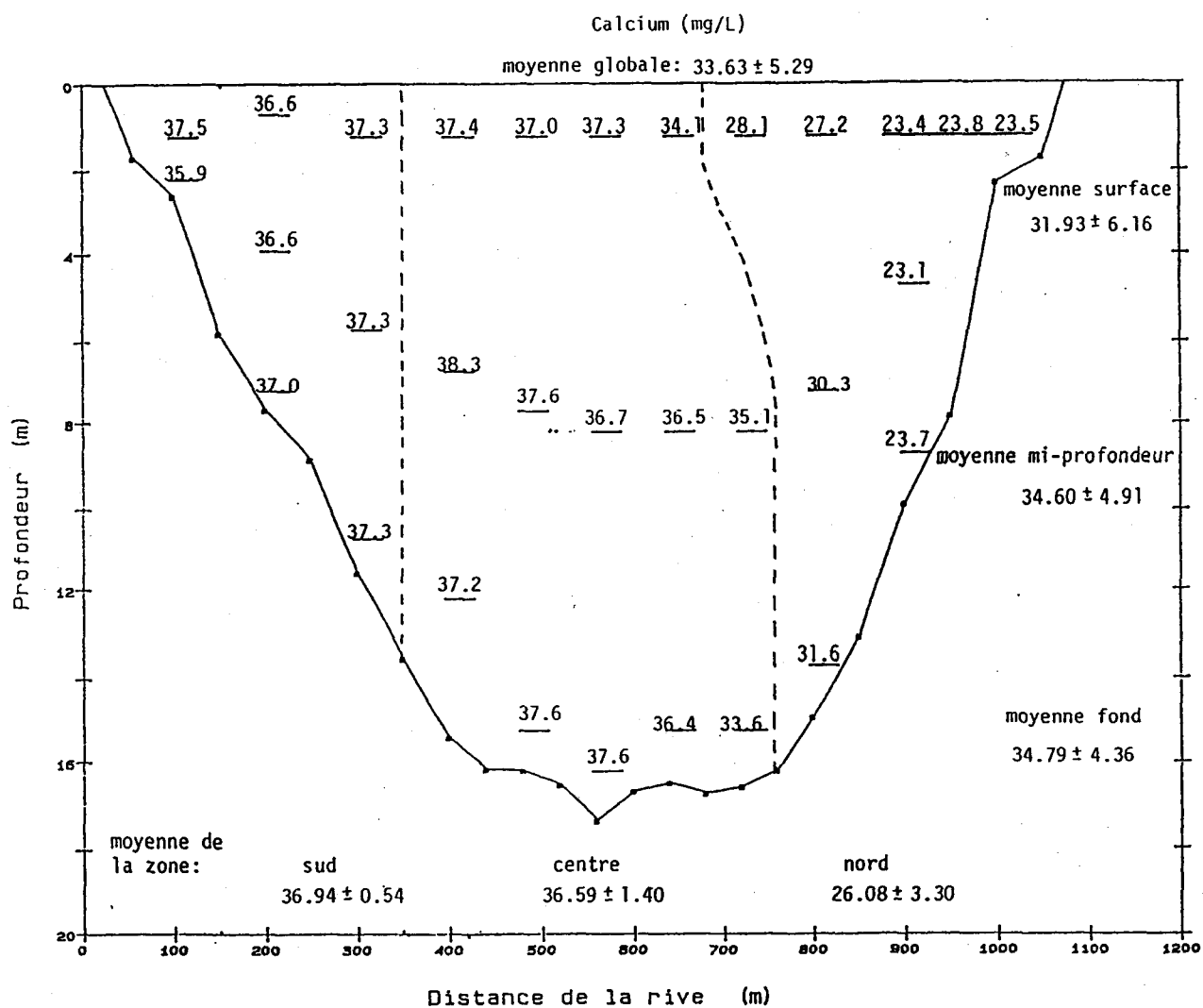


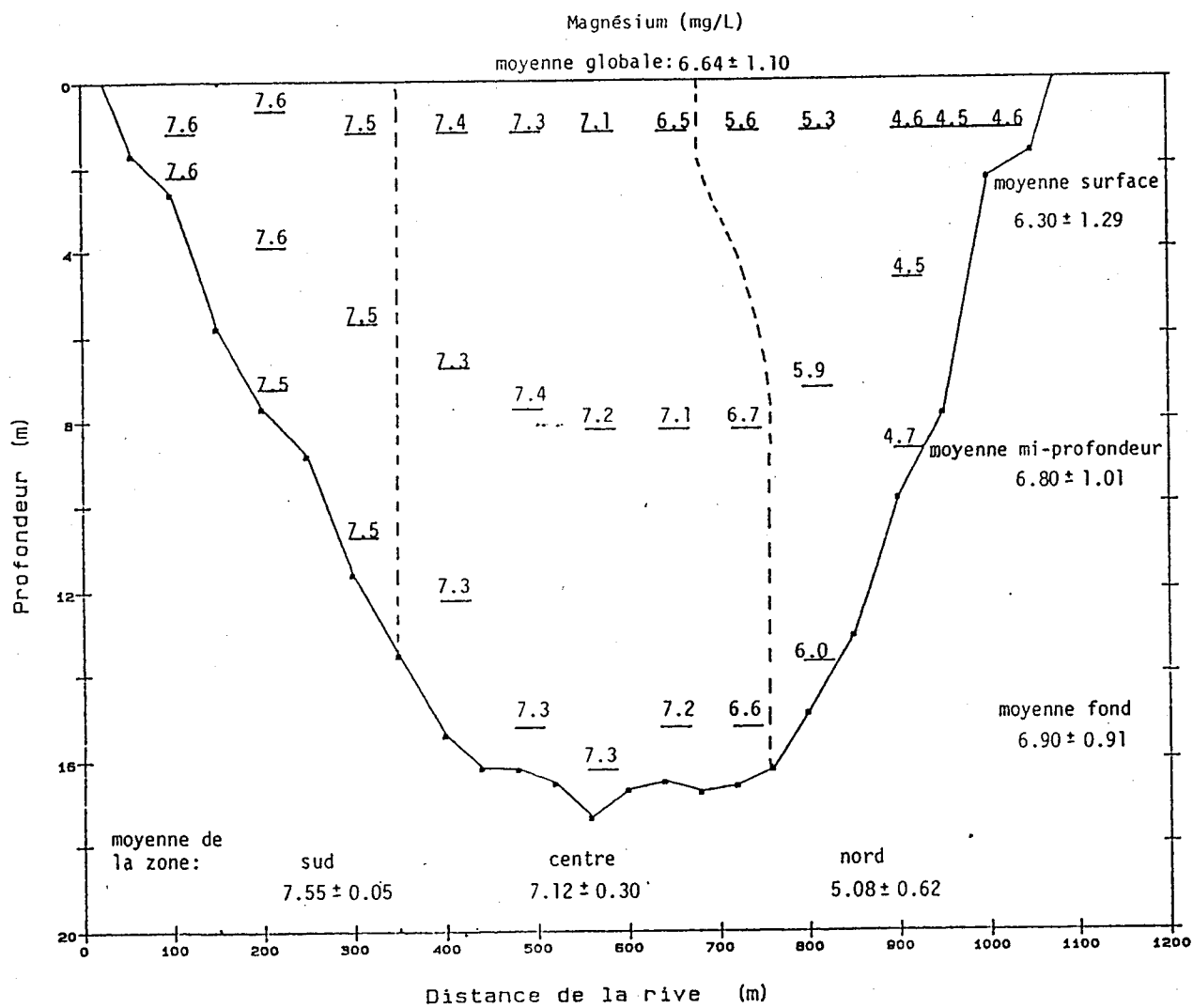


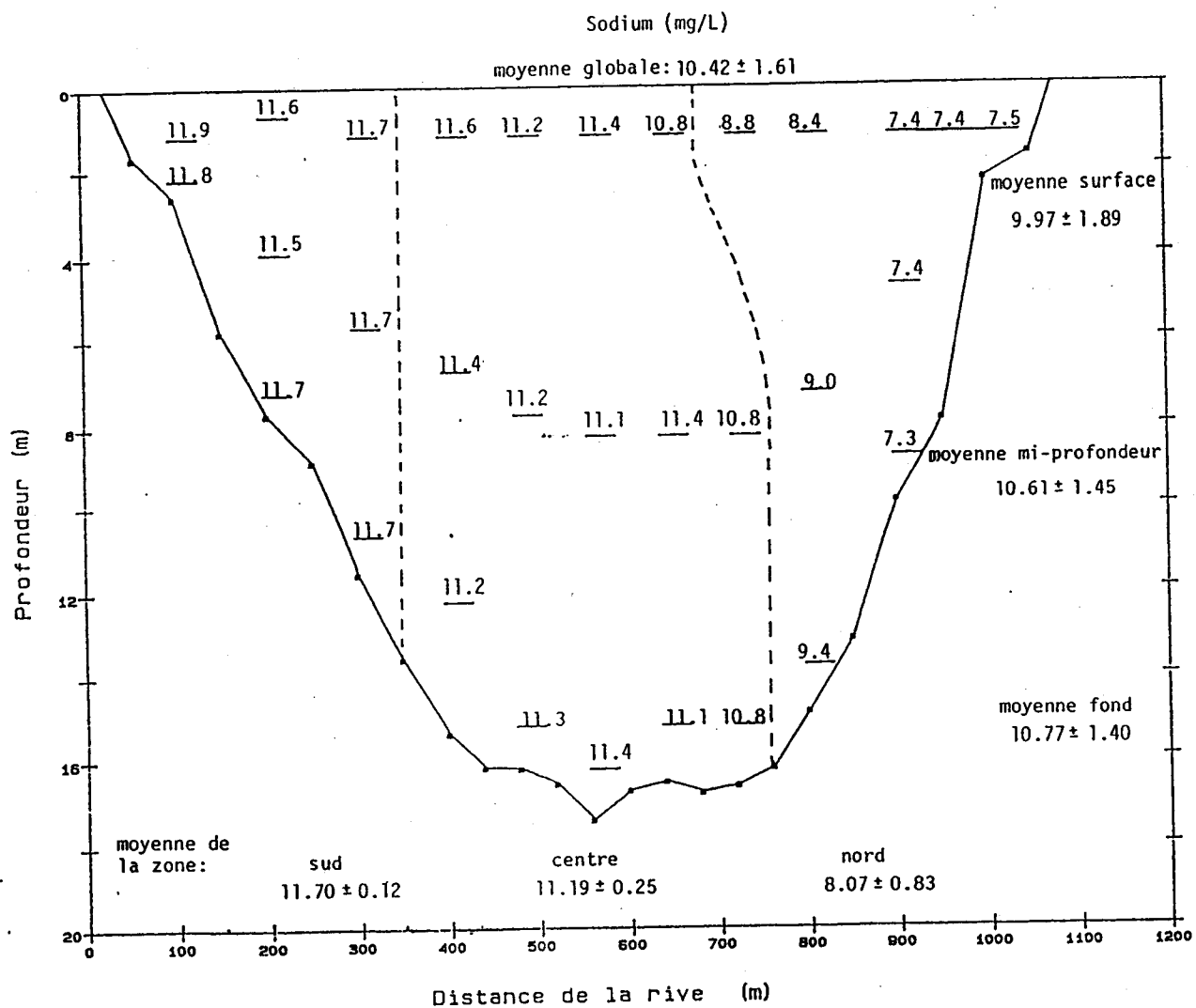
N.D. Non déterminé

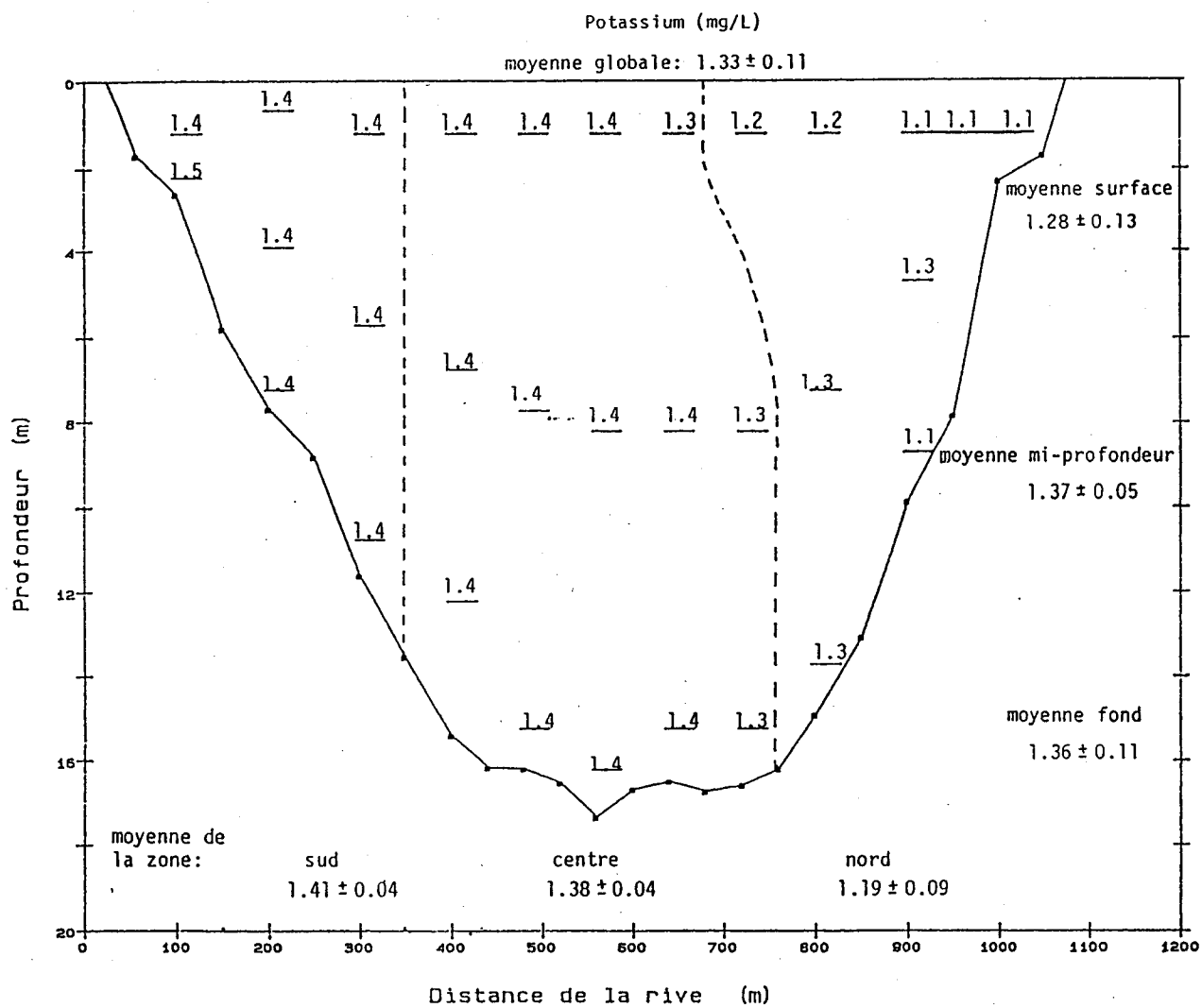


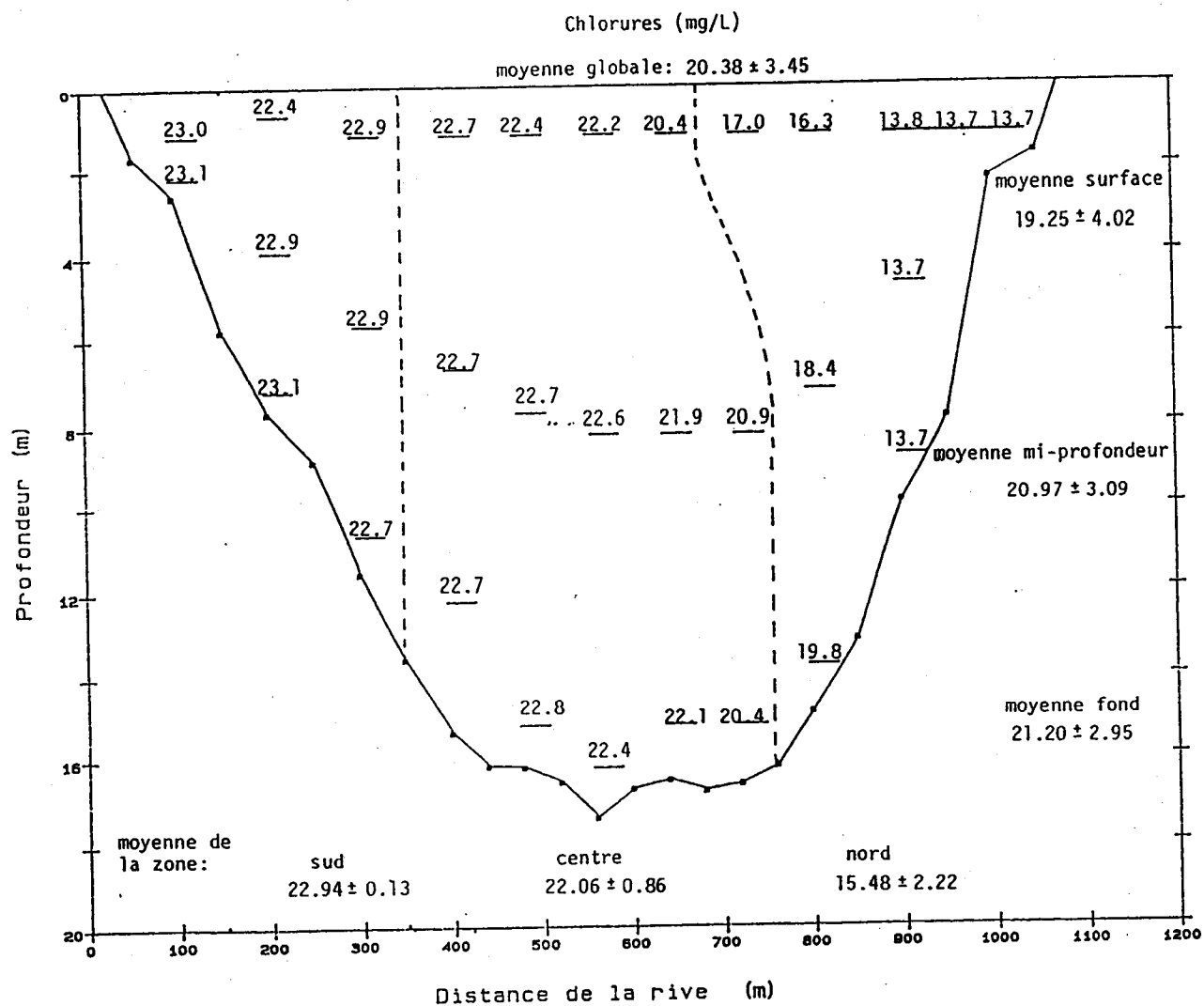


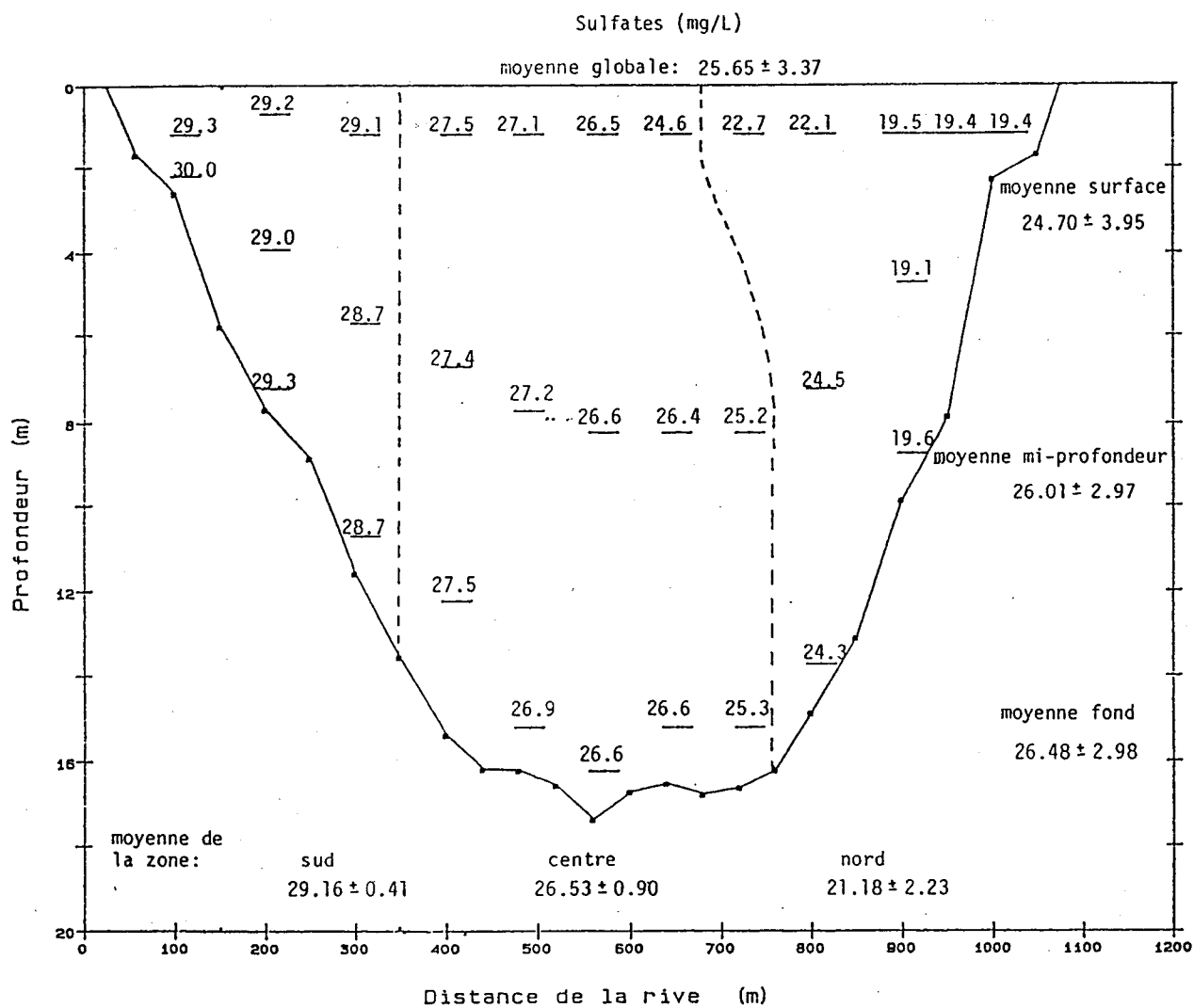


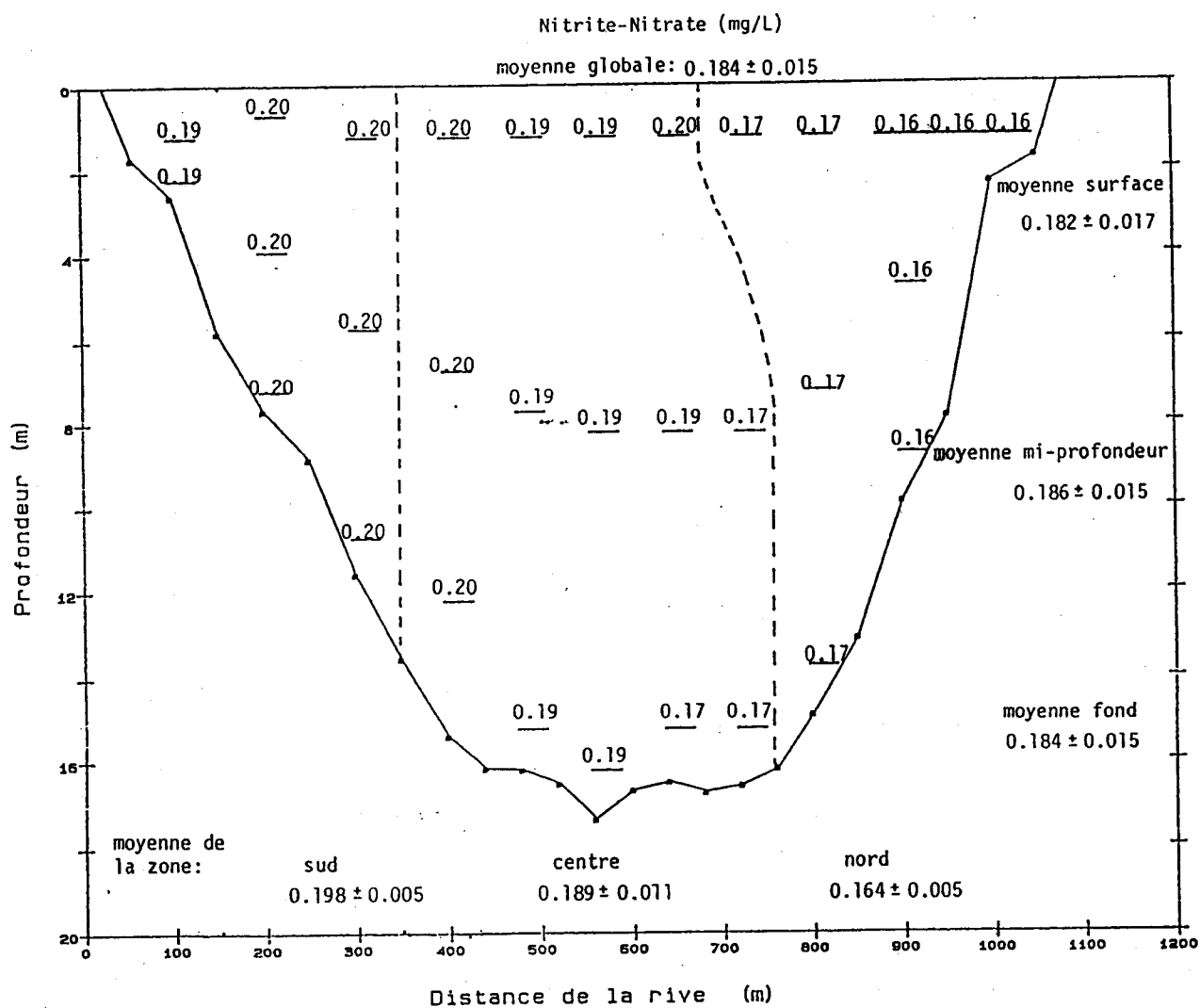


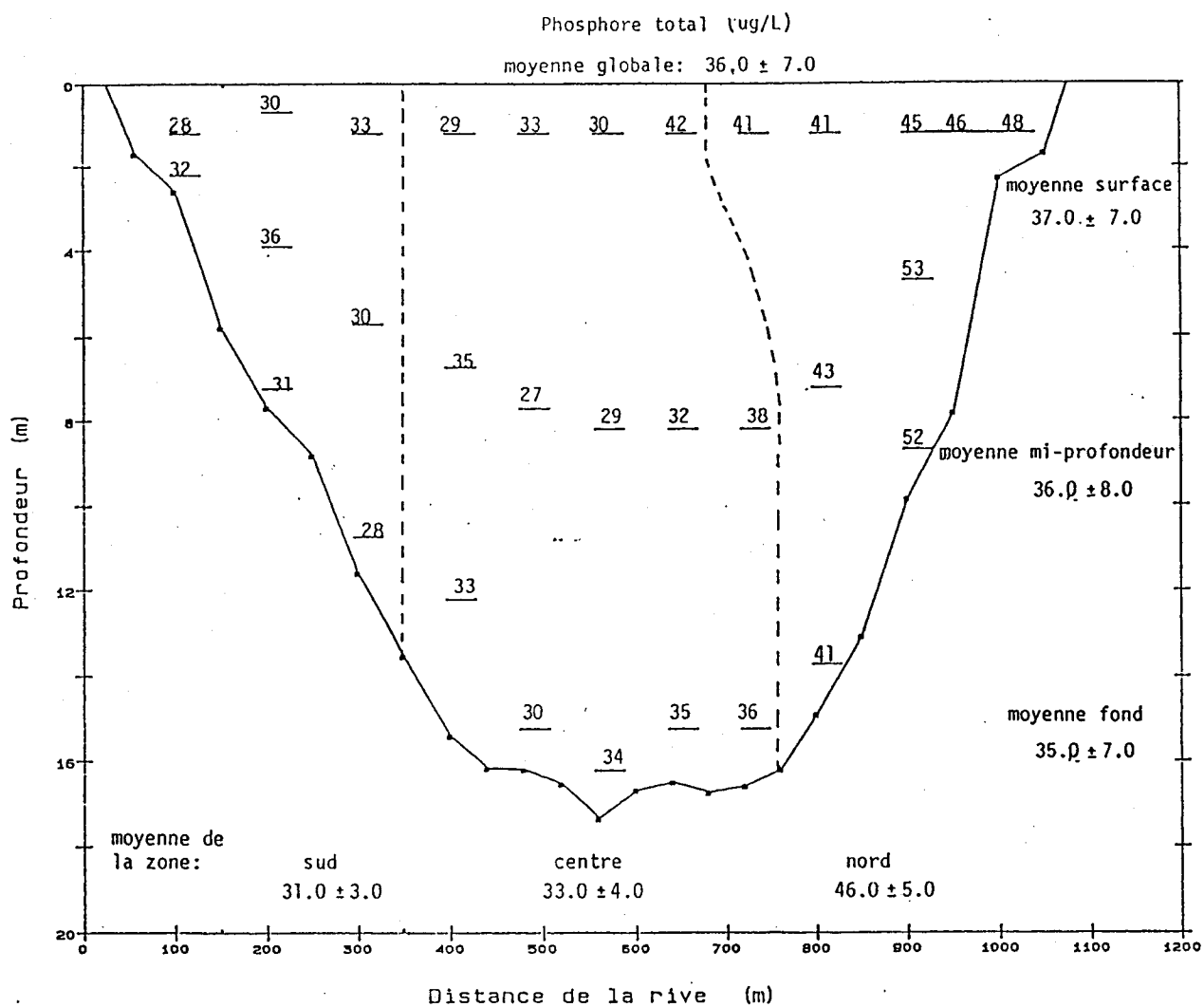








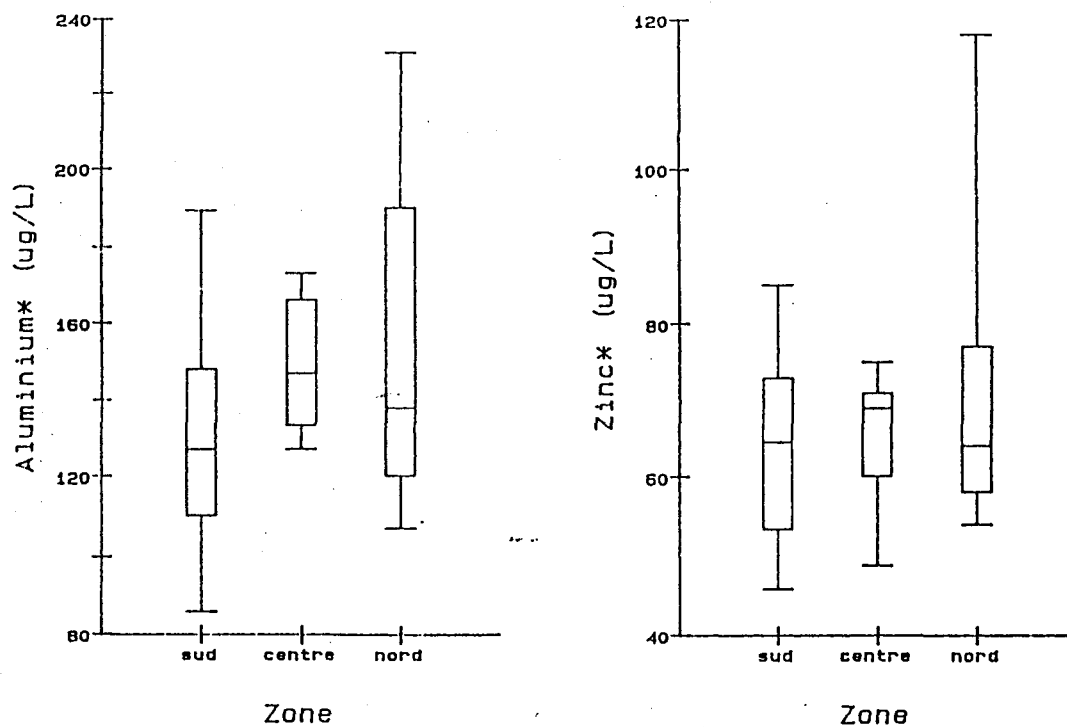




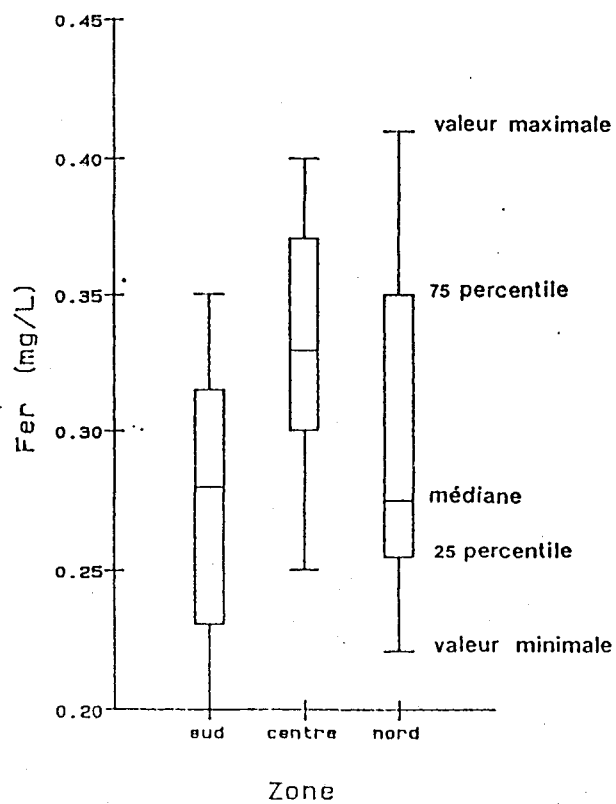
50 49

ANNEXE 2

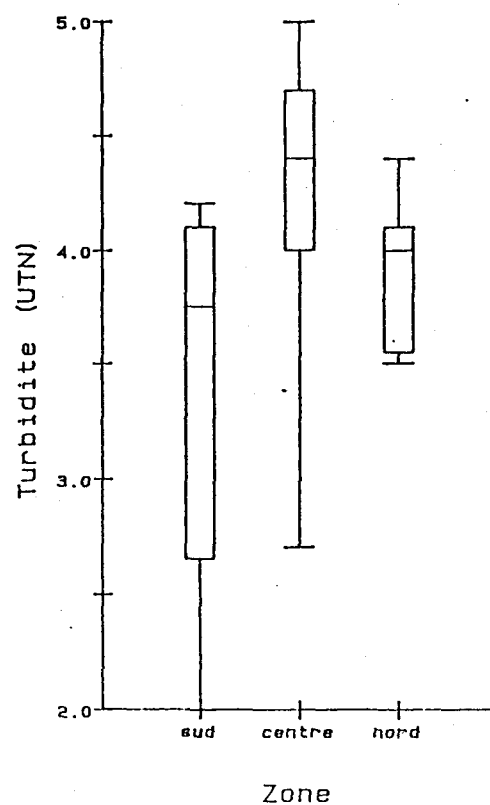
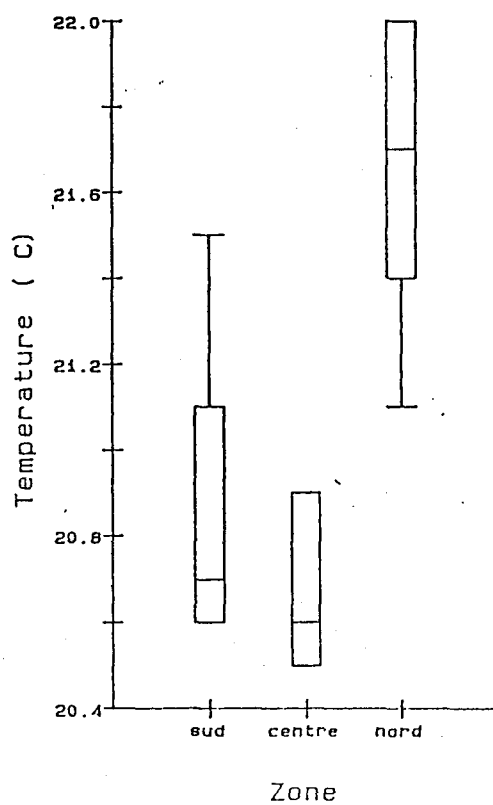
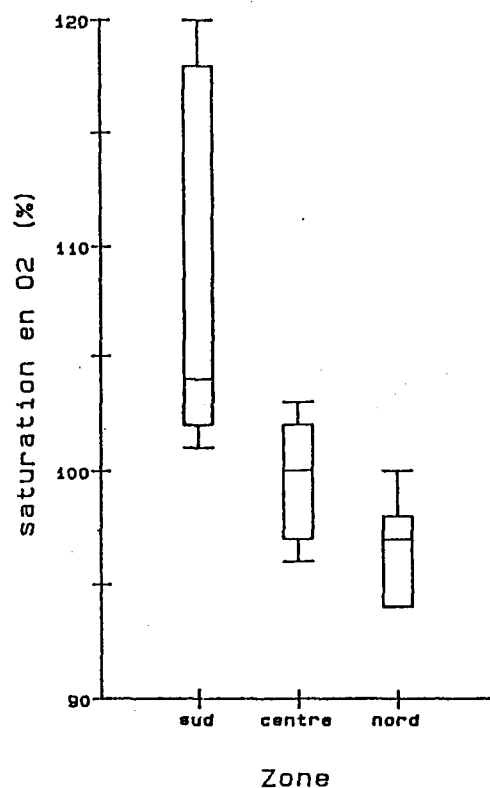
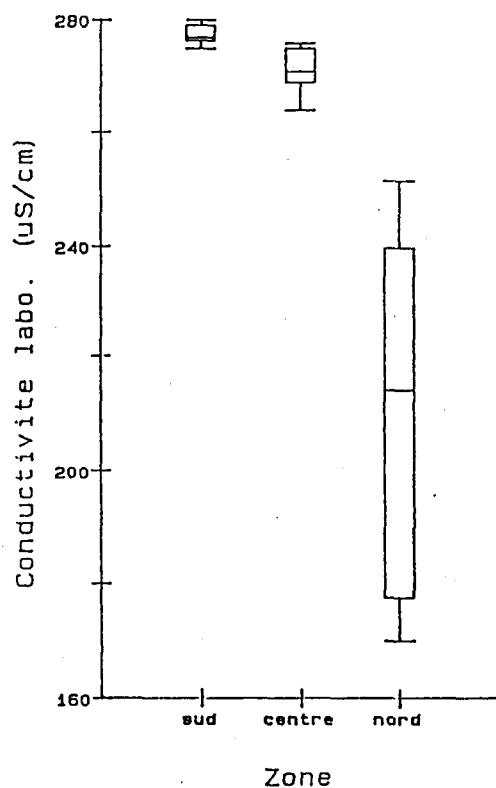
Répartition des données de l'aluminium*, du zinc* et du fer par zone



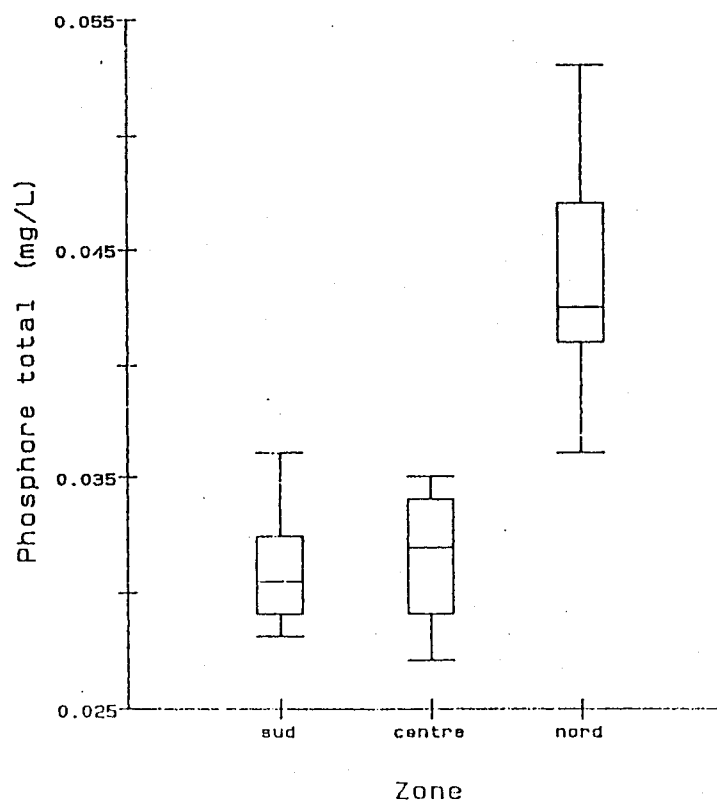
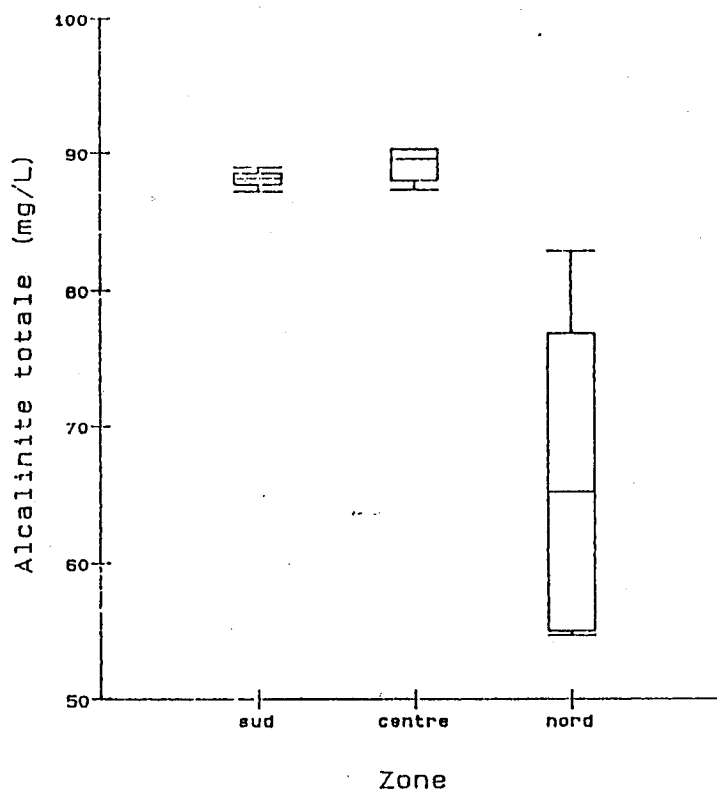
"*" sans les valeurs aberrantes



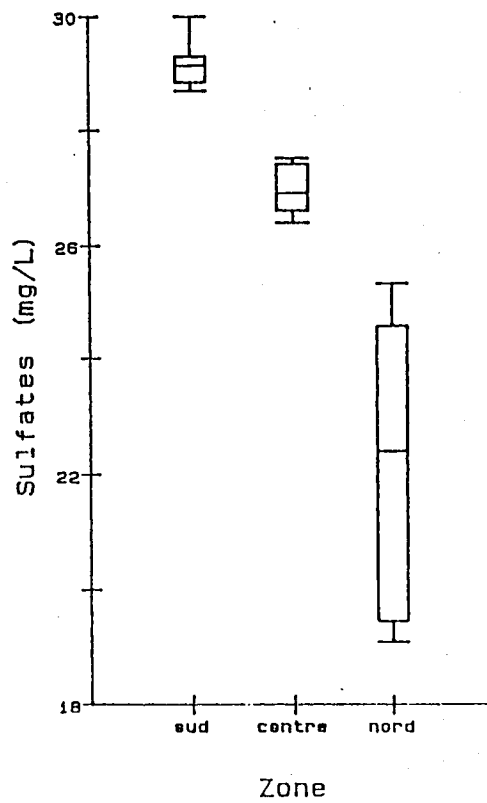
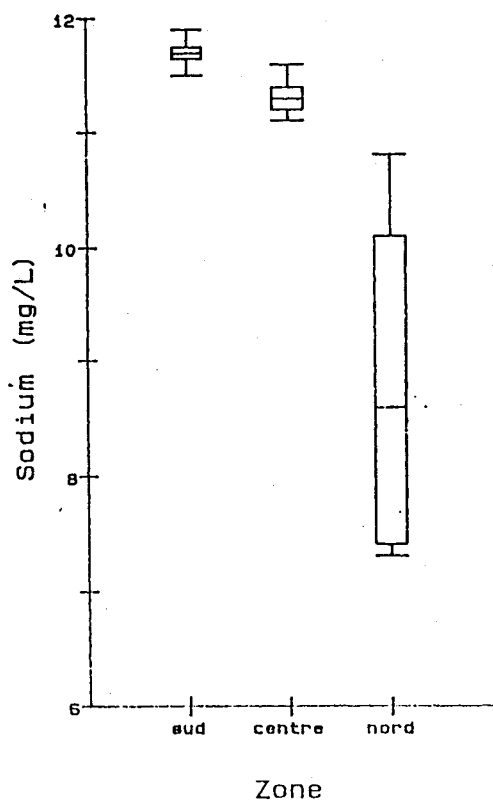
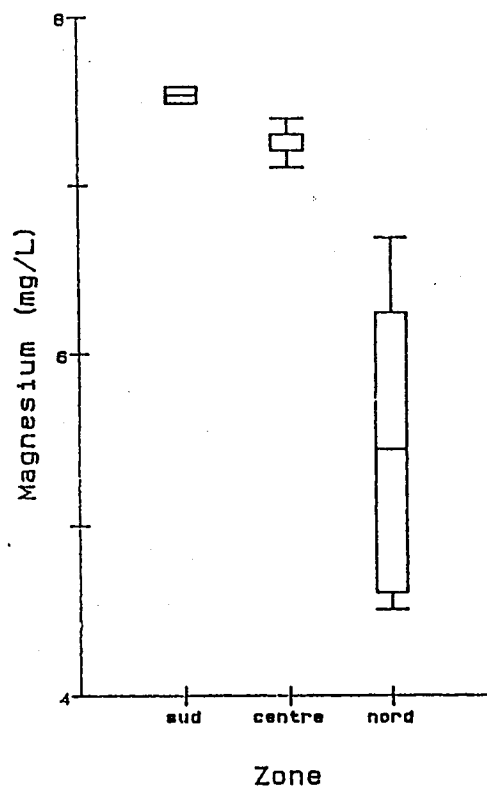
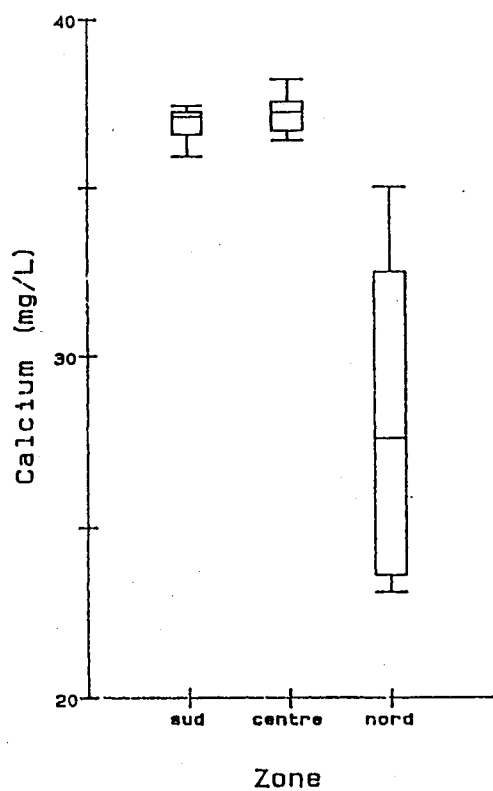
Répartition des données de la conductivité mesurée au laboratoire, de pourcentage de saturation en O₂, de température et de turbidité par zone



Répartition des données de l'alcalinité totale et du phosphore total par zone



Répartition des données du calcium, du magnésium,
du sodium et des sulfates par zone



ANNEXE 3

Coefficients de corrélation et de détermination
entre surface et fond de chacun des paramètres

Corrélation entre les valeurs mesurées à la surface et celles
mesurées à un mètre du fond pour chaque paramètre étudié

Paramètre	Coefficient de corrélacion (r)	Coefficient de détermination (r ²)
pH terrain	0.000020	4.00E-10
pH labo.	0.813195	0.661285
Conductivité labo.	0.944509	0.892098
Cond. terrain corrigée	0.978591	0.957641
Cond. théorique	0.925274	0.856132
Température	0.956388	0.914677
Turbidité	0.533953	0.285106
Oxygène dissous	0.858656	0.737291
% Sat. O ₂	0.886860	0.786521
Alcalinité totale	0.911565	0.830950
Dureté totale	0.922402	0.850828
Calcium	0.913955	0.835314
Magnésium	0.938150	0.880125
Sodium	0.904339	0.817829
Potassium	0.892237	0.796088
Sulfates	0.947746	0.898222
Chlorures	0.926759	0.858882
NO ₂ -NO ₃	0.800022	0.640035
Phosphore total	0.742869	0.551854
Aluminium	0.237926	0.056609
Aluminium*	0.683036	0.466538
Arsenic	0.800000	0.640000
Cadmium	id*	id*
Cuivre	0.436184	0.190257
Fer	0.670076	0.449002
Manganèse	0.209925	0.041585
Nickel	0.816497	0.666670
Plomb	0.669063	0.447646
Sélénium	0.632456	0.400000
Zinc	0.459925	0.211531
Zinc*	0.800392	0.640628

* sans les valeurs aberrantes

id* valeurs identiques pour toutes les stations

ANNEXE 4.

Matrice de corrélation entre les paramètres étudiés

55

[illegible]

Suite de la matrice de corrélation

[illegible]

