

**Record Number:** 1230  
**Author, Monographic:** Jones, H. G.//Morin, G.//Ouellet, M.//Sochanska, W.//Couture, P.  
**Author Role:**  
**Title, Monographic:** Étude physico-chimique et biologique des eaux du lac Saint-Jean : 1978  
**Translated Title:**  
**Reprint Status:**  
**Edition:**  
**Author, Subsidiary:**  
**Author Role:**  
**Place of Publication:** Québec  
**Publisher Name:** INRS-Eau  
**Date of Publication:** 1980  
**Original Publication Date:**  
**Volume Identification:**  
**Extent of Work:** xii, 350  
**Packaging Method:** pages incluant 5 annexes  
**Series Editor:**  
**Series Editor Role:**  
**Series Title:** INRS-Eau, Rapport de recherche  
**Series Volume ID:** 122  
**Location/URL:**  
**ISBN:** 2-89146-119-3  
**Notes:** Rapport annuel 1980-1981  
**Abstract:** Rapport rédigé pour Environnement Québec  
55.00\$  
**Call Number:** R000122  
**Keywords:** rapport/ ok/ dl

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

Rapport scientifique No 122  
1980

par  
H.G. Jones, G. Morin, M. Ouellet,  
W. Sochanska et P. Couture

ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE ET  
BIOLOGIQUE DES EAUX DU  
LAC SAINT-JEAN: 1978

Rédigé pour le  
Ministère de l'Environnement du Québec

ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE ET  
BIOLOGIQUE DES EAUX DU  
LAC SAINT-JEAN: 1978

Rapport scientifique No 122  
1980

par  
H.G. Jones, G. Morin, M. Ouellet,  
W. Sochanska et P. Couture

Rédigé pour le  
Ministère de l'Environnement du Québec

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



## RÉSUMÉ

La présente étude traite de la dynamique estivale et automnale de divers aspects physiques, chimiques et biologiques des eaux du lac Saint-Jean. À cette fin, pendant les mois de juin à octobre, dix stations pélagiques ont été échantillonnées et analysées pour plusieurs paramètres.

À vingt différentes reprises, les eaux de surface et de la zone photique ont été analysées pour leur température, leur transparence, leur concentration en azote et en phosphore sous leurs différentes formes dissoutes, leur valeur du potentiel de fertilité, leur contenu en chlorophylle-a totale et active ainsi que pour leur teneur en phaeopigments.

Pour ce qui concerne l'aspect qualitatif et quantitatif des organismes phytoplanctoniques, ceux-ci ont été identifiés aux genres à quatre reprises.

L'analyse du comportement de ces multiples variables aux dix stations nous porte à croire qu'il existe une dynamique de recyclage entre les eaux de surface (autotrophiques) et celles de la zone photique (hétérotrophiques).

Par contre, cette dernière zone, qui possède une plus grande activité hétérotrophique, démontre une plus grande homogénéité que les eaux de surface.

En ce qui concerne l'hétérogénéité des eaux de surface, il appert que l'influence des grandes rivières joue un rôle important dans la variation spatiale de plusieurs paramètres étudiés.

Enfin, il est réconfortant de constater que les eaux du lac ne possèdent pas d'indice évident de toxicité et que leur niveau trophique est relativement faible.



## TABLE DES MATIÈRES

	<u>PAGE</u>
RÉSUMÉ .....	i
TABLE DES MATIÈRES .....	iii
LISTE DES FIGURES .....	v
LISTE DES TABLEAUX .....	xi
CHAPITRE 1 - INTRODUCTION ET OBJECTIFS .....	1
CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE .....	5
2.1 Échantillonnage .....	6
2.2 Signification des paramètres .....	6
2.2.1 Les paramètres physiques .....	6
2.2.2 Les paramètres chimiques .....	7
2.2.3 Les paramètres biologiques .....	8
2.3 Méthodologie analytique physico-chimique et biologique ...	10
2.4 Méthode d'analyse statistique .....	10
CHAPITRE 3 - RÉSULTATS .....	13
CHAPITRE 4 - DISCUSSION .....	17
4.1 Étude de la variation spatiale des paramètres par la méthode des composantes principales et de l'interpolation optimale .....	18
4.1.1 Composantes principales .....	18
4.1.2 Interpolation optimale .....	21
4.1.3 Conclusion .....	22
4.2 Qualité des eaux .....	23
4.2.1 Les substances toxiques .....	23
4.2.2 Le niveau trophique .....	24
4.2.3 Conclusion .....	27

	<u>PAGE</u>
4.3 Les phénomènes biologiques liés à la production primaire .	27
4.3.1 Les corrélations .....	28
4.3.2 Les mécanismes d'action liés à la production primaire: les phénomènes biologiques .....	31
4.3.3 Conclusion .....	39
4.4 Les associations phytoplanctoniques .....	41
4.4.1 Aspects quantitatifs .....	42
4.4.2 Aspects qualitatifs .....	44
4.4.3 Conclusion .....	46
 CHAPITRE 5 - DISCUSSION GÉNÉRALE .....	 147
 CHAPITRE 6 - CONCLUSION GÉNÉRALE .....	 155
 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	 157
 ANNEXE 1 - SÉRIE A .....	 165
SÉRIE B .....	187
SÉRIE C .....	209
SÉRIE D .....	231
 ANNEXE 2 - DESCRIPTION DES MÉTHODOLOGIES ANALYTIQUES .....	 277
 ANNEXE 3 - MÉTHODE DES COMPOSANTES PRINCIPALES .....	 289
 ANNEXE 4 - MÉTHODE DE L'INTERPOLATION OPTIMALE .....	 303
 ANNEXE 5 - DIAGRAMME DE DISPERSION.....	 317

## LISTE DES FIGURES

		<u>PAGE</u>
2.1	Localisation des stations d'échantillonnage.....	12
4.1	Fonction de structure de la température des eaux de surface du lac Saint-Jean calculée en fonction des observations moyennes aux dix stations durant l'été 1978.....	48
4.2a	Variation de la température aux stations 203, 204 et 206.....	49
4.2b	Variation de la température aux stations 205 et 207.....	50
4.2c	Variation de la température aux stations 200, 201, 202, 208 et 209	51
4.3a	Variation des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 204, 205, 207, 208 et 209.....	52
4.3b	Variation des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 200, 201, 202, 203 et 206.....	53
4.4	Répartition des stations selon leur teneur maximale en chlorophylle- <u>a</u> active.....	54
4.5a	Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 200 et 201 en surface.....	55
4.5b	Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 202 et 203 en surface.....	56
4.5c	Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 204 et 205 en surface.....	57
4.5d	Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 206 et 207 en surface.....	58
4.5e	Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 208 et 209 en surface.....	59

4.6a	Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 200 et 201 dans la zone photique.....	60
4.6b	Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 202 et 203 dans la zone photique.....	61
4.6c	Variation de potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 204 et 205 dans la zone photique.....	62
4.6d	Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 206 et 207 dans la zone photique.....	63
4.6e	Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle- <u>a</u> active aux stations 208 et 209 dans la zone photique.....	64
4.7a	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 200..	65
4.7b	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 201..	66
4.7c	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 202..	67
4.7d	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 203..	68
4.7e	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 204..	69
4.7f	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 205..	70
4.7g	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 206..	71
4.7h	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 207..	72
4.7i	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 208..	73

	<u>PAGE</u>
4.7j	Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 209.. 74
4.8	Distribution spatiale du nombre moyen (x 1000) d'organismes phytoplanctoniques par litre de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978..... 75
4.9	Distribution spatiale du nombre moyen (x 1000) d'organismes phytoplanctoniques par litre en surface des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978..... 76
4.10	Distribution spatiale du nombre de genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978..... 77
4.11	Distribution spatiale du nombre moyen des genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.. 78
4.12	Distribution spatiale du nombre moyen des genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978..... 79
4.13	Distribution spatiale du nombre moyen des genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978..... 80
4.14	Distribution spatiale du nombre moyen des genres d'algues en surface des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978..... 81
4.15	Distribution spatiale des moyennes de l'indice de diversité des genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean durant l'été 1978..... 82
4.16	Distribution spatiale des moyennes de l'indice de diversité des genres d'algues en surface des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978..... 83
4.17	Distribution spatiale des coefficients de corrélations avant rotation entre la 1ère composante principale et les dix stations en fonction de la chlorophylle-a totale de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978..... 84

	<u>PAGE</u>	
4.18	Distribution spatiale des Cryptophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.....	85
4.19	Distribution spatiale des Cryptophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.....	86
4.20	Distribution spatiale des Cryptophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.....	87
4.21	Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Cryptophytes (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.....	88
4.22	Distribution spatiale des Chlorophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.....	89
4.23	Distribution spatiale des Chlorophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.....	90
4.24	Distribution spatiale des Chlorophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.....	91
4.25	Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Chlorophytes de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.....	92
4.26	Distribution spatiale des Chrysophytes (%) excluant les Bacillariophycées dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.....	93
4.27	Distribution spatiale des Chrysophytes (%) excluant les Bacillariophycées dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.....	94
4.28	Distribution spatiale des Chrysophytes (%) excluant les Bacillariophycées dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.....	95

	<u>PAGE</u>	
4.29	Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Chrysophytes (%) excluant les Bacillariophycées de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.....	96
4.30	Distribution spatiale des Bacillariophycées (No/Lx1000) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978..	97
4.31	Distribution spatiale des Bacillariophycées (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978 .....	98
4.32	Distribution spatiale des Bacillariophycées (No/Lx1000) dans la zone photique des eaux du lac Saint-jean pour le 24 juillet 1978..	99
4.33	Distribution spatiale des Bacillariophycées (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.....	100
4.34	Distribution spatiale des Bacillariophycées (No/Lx1000) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 juillet 1978..	101
4.35	Distribution spatiale des Bacillariophycées (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.....	102
4.36	Distribution spatiale des Bacillariophycées (No/Lx1000) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.....	103
4.37	Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Bacillariophycées (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.....	104
4.38	Distribution spatiale des genres de Pyrrophytes (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.....	105
4.39	Distribution spatiale des Pyrrophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.....	106
4.40	Distribution spatiale des Pyrrophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.....	107

	<u>PAGE</u>	
4.41	Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Pyrrophytes (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.....	108
4.42	Distribution spatiale des Cyanophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.....	109
4.43	Distribution spatiale des Cyanophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.....	110
4.44	Distribution spatiale des Cyanophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.....	111
4.45	Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Cyanophytes (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.....	112
4.46	Distribution spatiale de l'abondance relative des grands groupes d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.....	113
4.47	Distribution spatiale de l'abondance relative des grands groupes d'algues des eaux de surface du lac Saint-Jean pour l'été 1978....	114

## LISTE DES TABLEAUX

		<u>PAGE</u>
4.1	Corrélation entre les composantes principales et les stations en fonction de la chlorophylle- <u>a</u> totale.....	115
4.2	Corrélation entre les composantes principales et les stations après rotation en fonction de la chlorophylle- <u>a</u> totale.....	116
4.3	Variance cumulative expliquée pour les trois premières composantes principales en fonction des diverses variables étudiées.....	117
4.4a	Similarité de la station 200 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	118
4.4b	Similarité de la station 201 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	120
4.4c	Similarité de la station 202 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	122
4.4d	Similarité de la station 203 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	124
4.4e	Similarité de la station 204 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	126
4.4f	Similarité de la station 205 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	128
4.4g	Similarité de la station 206 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	130

	<u>PAGE</u>	
4.4h	Similarité de la station 207 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	132
4.4i	Similarité de la station 208 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	134
4.4j	Similarité de la station 209 avec les autres stations en fonction de divers paramètres, telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.....	136
4.5	Rétrospective des travaux concernant l'état trophique et la toxicité du lac.....	138
4.6	Sommaire des principales données recueillies au cours de l'été 1978.....	140
4.7	Répartition des mesures de PF selon trois classes.....	141
4.8	Les teneurs en phosphore: pourcentage des valeurs qui sont inférieures aux limites de détection.....	142
4.9	Coefficient de corrélation (r), variance expliquée (r <sup>2</sup> ) et niveau de signification des corrélations (p) obtenues en considérant pour un même paramètre les mesures de surface et celles de la zone photique .....	143
4.10	Corrélations significatives (r > 0.50; p < 0.001) entre différents paramètres mesurés en surface ou dans la zone photique (intégré)..	144
4.11	Liste des corrélations qui reflètent une tendance forte entre deux paramètres (p < 0.002) mesurés en surface ou dans la zone photique (intégré).....	145
4.12	Répartition des rapports chlorophylle-a active/phaeopigments en trois classes de valeurs.....	146

## CHAPITRE 1

### INTRODUCTION ET OBJECTIFS

## 1.1 INTRODUCTION

La présente étude s'inscrit à l'intérieur des travaux qui ont contribué, au cours de la dernière décennie, à caractériser les aspects socio-économiques et bio-physiques des milieux aquatiques et terrestres du bassin versant du lac Saint-Jean. Les efforts considérables fournis par l'INRS et plusieurs autres organismes sur les eaux de ce bassin sont liés à la particularité suivante: ce plan d'eau de 1 000 km<sup>2</sup>, qui possède un bassin versant de 74 000 km<sup>2</sup>, est le seul grand réservoir au Québec à être soumis à une activité humaine importante.

Le lac sert ainsi, contrairement aux autres grands réservoirs du Québec, à des fins industrielles (hydro-électricité et pâtes et papiers), à la navigation, à des fins touristiques et comme récepteur des rejets des centres démographiques et de l'exploitation agricole. Il en ressort donc que les formes d'utilisation de cette ressource sont vastes et que certaines peuvent avoir une influence plus accentuée que d'autres sur la qualité des eaux du lac.

## 1.2 OBJECTIFS

Ce rapport vise à compiler et traiter les données brutes recueillies par les Services de protection de l'environnement du Québec (SPEQ) au cours de l'été 1978. Les données étudiées sont la température de l'eau, la transparence mesurée à l'aide du disque de Secchi, les concentrations en azote et phosphore sous leurs diverses formes dissoutes, les valeurs du potentiel de fertilité, de la chlorophylle-a totale, de la chlorophylle-a active, des phaeopigments et enfin, le dénombrement et l'identification du genre des organismes phytoplanctoniques.

Mentionnons qu'il incombait à l'INRS-Eau, selon les exigences du contrat relatif à l'étude du comportement biologique du lac Saint-Jean (C.T. No 117431), à:

- 1.2.1 lister sous forme informatique les données recueillies au cours de l'année 1978 (Annexe 1);
- 1.2.2 faire une analyse statistique des paramètres à partir d'une étude dans l'espace et dans le temps de la variabilité des phénomènes et d'une évaluation des interrelations entre les paramètres (section 4.1);
- 1.2.3 discuter, à partir de critères d'évaluation, de la qualité des eaux du lac Saint-Jean en relation avec les différentes données analytiques obtenues: aspects quantitatifs (toxicité, niveau trophique: section 4.2);
- 1.2.4 interpréter les phénomènes biologiques liés à la production primaire à l'aide des mesures physiques, chimiques et biologiques: aspects qualitatifs (production autotrophe vs hétérotrophe: section 4.3);
- 1.2.5 avancer une tentative d'explication des "fleurs d'eau" observées tout au long de l'été 1978 par les équipes d'échantillonnage des Services de protection de l'environnement en relation avec les concentrations de chlorophylle et le dénombrement des organismes phytoplanctoniques (section 4.4).



CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

## 2.1 ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage ainsi que toute la partie analytique furent réalisés par les Services de protection de l'environnement du Québec. Les données proviennent de 20 passes d'échantillonnage de 10 stations établies sur le lac Saint-Jean (figure 2.1). Les échantillons ont été pris en surface et en profondeur, par intégration dans la zone photique de trois échantillons prélevés à 7/8, 4/8 et 1/8 d'une colonne d'eau correspondant à deux fois la profondeur déterminée au moyen du disque de Secchi. Notre interprétation portera sur un total de 289 échantillons.

En ce qui concerne les organismes phytoplanctoniques, l'analyse des résultats sera principalement axée sur les 29 échantillons prélevés dans la zone photique (échantillon intégré). Ceux-ci comprenant une plus grande diversité de genres que ceux de surface, ils se sont révélés statistiquement plus représentatifs de chaque station et caractérisent donc mieux la zone épilimnique du système aquatique. Ces échantillons ont été prélevés les 13 et 24 juillet ainsi que le 12 août 1978. Cette dernière passe ne comporte que neuf échantillons au lieu de dix; la station 204 n'ayant pas été analysée pour son contenu algologique.

Même si le dénombrement des genres a été effectué pour le 14 septembre plusieurs erreurs s'étant glissées dans la façon de compiler les résultats, il nous est apparu non pertinent de les considérer dans la discussion.

## 2.2 SIGNIFICATION DES PARAMÈTRES

Nous nous contenterons ici de résumer certaines notions qui ont déjà été élaborées dans des rapports antérieurs (Bisson et al., 1978; Jones et al., 1979).

### 2.2.1 Les paramètres physiques

Dans cette étude, seules la température et la transparence déterminée à l'aide du disque de Secchi furent mesurées.

La température serait le facteur écologique le plus important parmi tous ceux qui agissent sur les êtres vivants. Ainsi, parmi les composantes physico-chimiques des milieux aquatiques, la température des eaux jouerait un rôle primordial dans la distribution des espèces (Bremond et Perrodon, 1979). La mesure de la transparence intègre les effets combinés de la couleur et des particules en suspension dans l'eau qui influencent la transparence du milieu; il existe une étroite corrélation entre le pourcentage de lumière transmise et la mesure effectuée à l'aide du disque de Secchi. La lumière est un facteur qui agit surtout sur la structure chimique ainsi que sur la dynamique des systèmes lacustres (Wetzel, 1975).

### 2.2.2 Les paramètres chimiques

Les paramètres chimiques retenus dans cette étude ont été limités aux différentes formes d'azote et de phosphore en solution. Elles comprennent l'azote Kjeldahl, l'azote ammoniacal et les nitrates-nitrites, le phosphore inorganique et le phosphore total.

Les différentes formes des éléments considérés ici appartiennent aux substances nutritives; en période de production, elles se concentrent dans le réservoir biotique de l'écosystème aquatique. Dans une étude des éléments nutritifs, on devrait tenir compte des diverses formes de l'élément dans le milieu, de son partage entre le réservoir abiotique et biotique et de son taux de renouvellement (Jones et al., 1979). Dans la présente étude, à cause des contraintes logistiques, nous nous en sommes tenus qu'à l'étude des diverses formes en solution dans le milieu. De plus, la connaissance des concentrations en azote inorganique et en phosphore inorganique est essentielle à la détermination de la toxicité des eaux qui a été déterminée à l'aide d'un bio-essai réalisé avec l'algue Selenastrum capricornutum.

### 2.2.3 Les paramètres biologiques

Le test de fertilité, la détermination des concentrations en chlorophylle et en phaeophytine ainsi que le dénombrement et l'identification des organismes phytoplanctoniques sont inclus dans cette section de l'étude.

Le test de fertilité détermine la capacité du milieu à supporter la croissance d'un organisme autotrophe témoin, l'algue verte Selenastrum capricornutum (Berland et al., 1976; Thomas et al., 1974). Il permet d'évaluer le niveau trophique et la présence de substances toxiques dans le milieu (Miller et al., 1978).

La mesure de la concentration en chlorophylle permet de mesurer la biomasse et le potentiel photosynthétique de la population d'algues (Jorgensen, 1966; Brezonick et al., 1975). La chlorophylle active est spécifique aux organismes phytoplanctoniques vivants et pour la déterminer, on a tenu compte des concentrations de phaeopigments (Lorenzen, 1967; Moss, 1967). Les phaeopigments sont un produit de dégradation de la chlorophylle; l'importance de leur présence par rapport à la chlorophylle active nous renseigne sur l'état physiologique de la cellule et sur le potentiel hétérotrophe du milieu.

Afin de mieux comprendre les interrelations existant entre les populations phytoplanctoniques et les caractéristiques physico-chimiques d'un système aquatique, il est important de quantifier chaque espèce s'y développant dans l'espace et dans le temps. En effet, les associations planctoniques dépendent intimement des caractéristiques physiques et chimiques de leur environnement.

Ces associations sont donc couramment utilisées pour caractériser l'évolution dans le temps du niveau trophique des systèmes aquatiques (Lund, 1955, 1965, 1969; Nalewajko, 1966; Munawar et Nauwerck, 1971; Vollenweider et al., 1974).

Etant donné que l'identification des populations phytoplanctoniques était limitée au genre, il nous a été impossible d'utiliser la méthode quantitative de la mesure de biomasse par la sommation des biovolumes de chaque espèce selon la méthode décrite par Willen (1959) et Contant (1976).

Enfin, l'indice de diversité de Shannon et Wiener (Hutchinson, 1967) a été calculé en fonction des genres. Rappelons que cette méthode permet d'évaluer la variété des espèces rencontrées dans chaque échantillon. Toutefois, dans la présente étude, elle se définit comme étant la somme des proportions de chaque genre présent par rapport au nombre total de spécimens de l'échantillon. La fonction mathématique utilisée s'établit comme suit:

$$D = \frac{\sum ni}{N} \log_2 \frac{ni}{N}$$

où:

- D = diversité;
- n = nombre de spécimens de chaque genre "i";
- N = nombre total de spécimens de l'échantillon;
- i = 1, 2, 3, ... S : où S = nombre total des genres de l'échantillon.

De plus, l'indice de dominance a été calculé au moyen de la formule suivante:

$$Di = \sum (Ni/N)^2$$

où:

- Di = indice de dominance;
- Ni = nombre d'individus d'un genre;
- N = nombre total d'individus de l'échantillon.

Cet indice permet d'exprimer mathématiquement l'importance du taxon dominant la communauté.

### 2.3 MÉTHODOLOGIE ANALYTIQUE PHYSICO-CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE

A chaque station, après avoir déterminé la température en surface et la transparence avec le disque de Secchi, les échantillons étaient prélevés selon la technique décrite précédemment et acheminés aux laboratoires des SPEQ, à Québec, dans des glacières dont la température intérieure était maintenue à 4°C.

Les procédures analytiques utilisées par les SPEQ furent décrites à l'intérieur d'un rapport interne (Joubert, 1978a), dont certaines parties sont reproduites, à l'annexe 2. La mesure du potentiel de fertilité fut effectuée selon la technique standard décrite par APHA-AWWA-WPCF (1975) et Couture et al. (1978). La technique consiste à ensemercer une souche d'algues (Selenastrum capricornutum) à l'intérieur d'un échantillon d'eau stérilisée et filtrée. L'échantillon est par la suite incubé à  $24 \pm 2$  °C et exposée à une intensité lumineuse continue de 5 400 lux. Celui-ci est agité à la main à chaque jour et après 14 jours, la population est mesurée à l'aide d'un compteur de particules (Coulter Counter, Model TA-II, cellule de 70 $\mu$ ). Le nombre de cellules ainsi déterminé est par la suite converti en biomasse. Les dosages des diverses formes d'azote et de phosphore furent réalisés à l'aide d'un auto-analyseur Technicon.

Le dénombrement (N/L) des algues a été effectué à partir d'un échantillon de 10 ml auquel une solution de lugol avait été ajoutée lors du prélèvement. Les organismes ayant sédimenté après une période de 24 heures ont été identifiés et dénombrés à l'aide d'un microscope inversé (objectif 10x).

### 2.4 MÉTHODE D'ANALYSE STATISTIQUE

L'étude du comportement des stations les unes par rapport aux autres, pour chaque paramètre, nous permettra de caractériser le réseau actuel et

d'en faire ressortir, s'il y a lieu, les redondances. Cette étude est réalisée en recourant à la méthode des composantes principales décrite à l'annexe 3. Les données disponibles étant ponctuelles en raison de la nature discrète du réseau de mesures, il est nécessaire d'interpoler ces données de façon à estimer le phénomène en tout point du territoire. L'interpolation optimale utilise la fonction de structure du phénomène. Cette fonction de structure est une courbe, calculée à l'aide des observations, qui définit, pour une région homogène, les liens d'un phénomène en fonction de la distance (voir annexe 4).

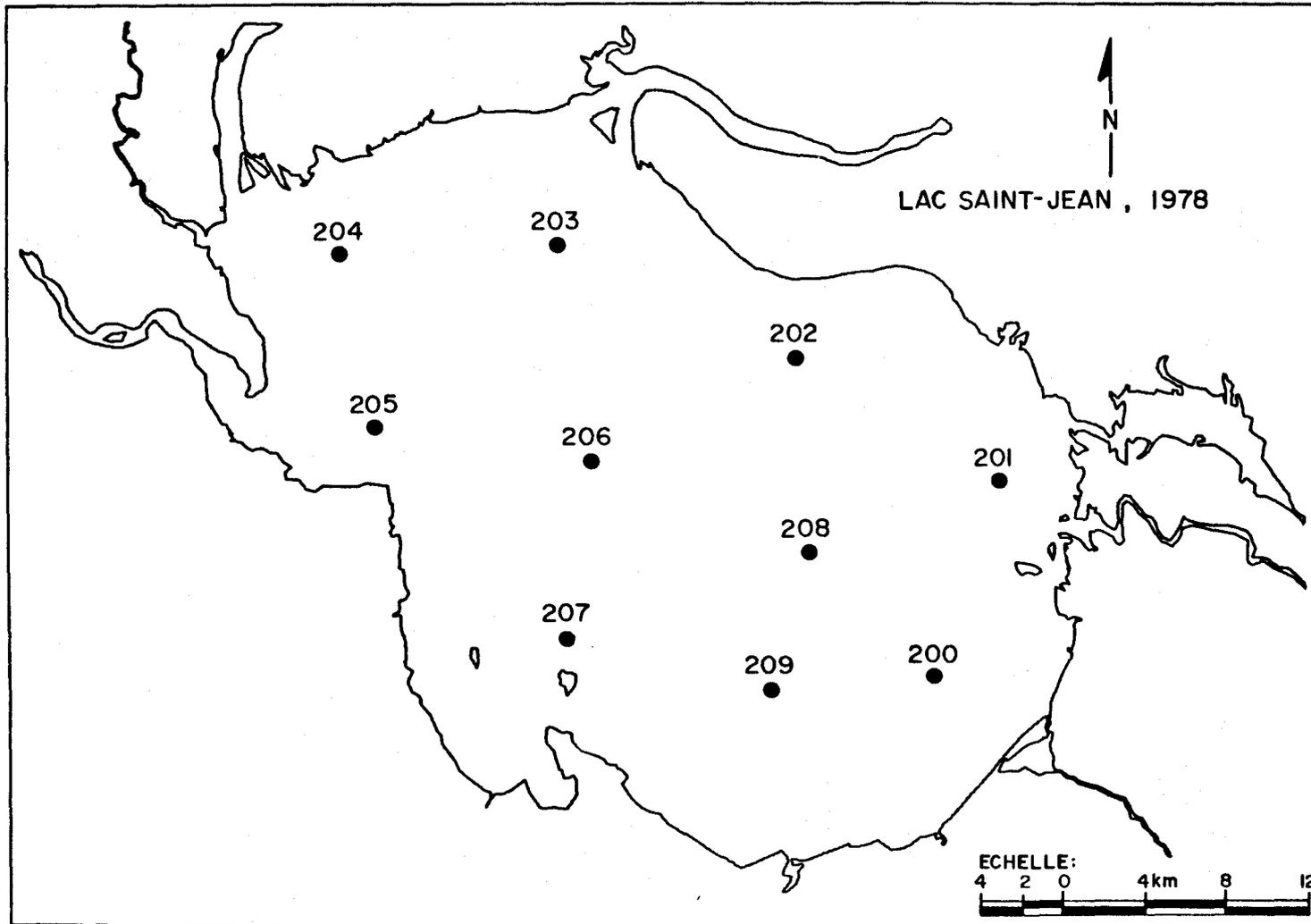


FIGURE 2.1 Localisation des stations d'échantillonnage.

CHAPITRE 3

RÉSULTATS

Les données recueillies au cours de l'été 1978 sont compilées sous forme de liste informatique à l'annexe 1. Elles sont regroupées en quatre séries:

- A) la température et la mesure de la transparence à l'aide du disque de Secchi;
- B) les différentes formes d'azote et de phosphore et le potentiel de fertilité;
- C) la chlorophylle et les phaeopigments;
- D) la composition de la communauté phytoplanctonique (genre).

En ce qui concerne le potentiel de fertilité (annexe 1, série B), trois paramètres sont rapportés: le potentiel de fertilité naturel (PFN), le potentiel de fertilité théorique calculé (PFTC) et le % d'inhibition  $\frac{(PFTC-PFN)}{PFTC}$ . Le PFN est la biomasse d'algues mesurées au laboratoire après 14 jours d'incubation alors que le PFTC est une valeur calculée d'après les concentrations en azote ou en phosphore inorganique, selon que l'un ou l'autre soit le facteur chimique de contrôle de la production; les calculs ont été faits selon les équations de Shiroyama et al. (1975):

$$PFTC_N = [N]^1 \times 38$$

$$PFTC_P = [P]^2 \times 0.43$$

---

<sup>1</sup> [N] en mg/L

<sup>2</sup> [P] en µg/L

où:

$PFTC_N$  est le potentiel de fertilité théorique (mg/L) calculé à partir des concentrations en azote total inorganique [N] et

$PFTC_P$  est le potentiel de fertilité théorique (mg/L) calculé à partir des concentrations en phosphore inorganique [P].

Il faut signaler ici que la constante 0.43 n'est valable que pour le cas où  $[P] > 10$  ppm, soit 30 ppb PQ. Dans les cas où  $[P] < 10$  ppm, on utilise la valeur 0.1 (Miller et al., 1974; Greene et al., 1975).

Pour la chlorophylle (annexe 1, série C), deux valeurs mesurées sont rapportées: la chlorophylle-a totale ainsi que les phaeopigments. Le % de chlorophylle-a active (chlorophylle-a active/chlorophylle-a totale) et le rapport chlorophylle-a active/phaeopigments sont des valeurs calculées.

En ce qui concerne les organismes phytoplanctoniques (annexe 1, série D) l'abondance des individus (N/L) de chaque genre tant pour la zone photique (intégration) que pour les échantillons de surface apparaît aux tableaux I-D-1 à I-D-8 en fonction des dates (13/07, 24/07, 12/08, 14/09) d'échantillonnage des dix stations. Les tableaux I-D-9 à I-D-16 représentent un résumé des résultats de l'inventaire des organismes phytoplanctoniques et ceci pour les quatre passes d'échantillonnage de la zone photique et de la surface des eaux du lac Saint-Jean. Enfin, les tableaux I-D-17 et I-D-18 représentent respectivement la composition en pourcentage (%) des grands groupes d'algues de la zone photique et de la surface pour les mois de juillet et août 1978. Dû à des erreurs de compilation des résultats de l'échantillonnage du 14 septembre 1978, ceux-ci n'ont pas été utilisés dans le calcul des pourcentages moyens des grands groupes d'algues.



CHAPITRE 4

DISCUSSION

Dans le cas de la campagne d'échantillonnage physico-chimique des dix stations, 20 séries de relevés sont disponibles. Par contre, le manque de synchronisme dans les prélèvements dû aux conditions climatiques implique que la présente discussion soit plus approfondie pour certaines périodes de l'année que pour d'autres. De plus, il semble difficile d'aborder une discussion sur la dynamique du phytoplancton et des conditions physico-chimiques à partir de simplement trois prélèvements où l'identification du phytoplancton fut effectuée. Enfin, la discussion du comportement du phosphore dans les eaux a été considérablement limitée par le fait que la plupart des valeurs étaient inférieures à la limite de détection.

En fonction de ce qui précède, la discussion du présent rapport traitera successivement des quatre points suivants:

- la variation spatiale des paramètres par la méthode des composantes principales et de l'interpolation optimale;
- la qualité physico-chimique des eaux du lac;
- les phénomènes et les mécanismes de la production primaire;
- les communautés phytoplanctoniques.

#### 4.1 ÉTUDE DE LA VARIATION SPATIALE DES PARAMÈTRES PAR LA MÉTHODE DES COMPOSANTES PRINCIPALES ET DE L'INTERPOLATION OPTIMALE

##### 4.1.1 Composantes principales

Les poids des stations sur les trois premières composantes principales calculés pour la chlorophylle-a totale apparaissent au tableau 4.1. Ce tableau nous montre que la première composante explique près de 30% de la variance et que les trois premières composantes expliquent plus de 64% de la variance totale. Un pourcentage élevé de la variance expliquée avec peu de composantes est un indice

d'homogénéité des données. Dans l'exemple ci-dessus, 64% de la variance expliquée au moyen de trois composantes peut être considéré comme faible, compte tenu du fait qu'il existe seulement dix stations d'échantillonnage.

Si l'on compare les coefficients de corrélation des stations avec la première composante principale, l'on constate que l'influence de cette composante n'a pas le même poids sur toutes les stations. Par exemple, la variance expliquée par la première composante est de 53% ( $0.726^2$ ) pour la station 200 et de seulement 1% pour la station 201. La variance expliquée (coefficient de corrélation au carré) varie d'une composante à l'autre.

Si la corrélation entre deux stations est parfaite (ceci n'implique pas que les stations aient nécessairement la même moyenne ou le même écart type), les coefficients de corrélation entre les composantes et ces deux stations seront égaux. Comme il est rarement possible d'observer des corrélations parfaites même pour deux stations voisines, par suite d'erreurs de mesure et de conditions locales, on doit rechercher les groupes homogènes en associant les stations de comportement semblable sur l'ensemble des premières composantes.

Le nombre de composantes à considérer ne suit pas de règles rigides. En général, il faut tenir compte de la variance expliquée par chacune des composantes ainsi que de la variance totale expliquée. Dans ce cas-ci on considère les trois premières composantes.

On peut faire ressortir les groupes en faisant subir une rotation aux axes principaux (méthode varimax). Si l'on fait cette rotation en utilisant par exemple les trois premiers axes principaux, la variance totale expliquée demeure la même mais est distribuée différemment sur les axes. La rotation étant faite, on détermine les groupes en soulignant, pour chaque station, la corrélation maximale. Les stations soulignées sur une même colonne forment un groupe.

Le tableau 4.2 montre les valeurs obtenues après rotation. Les groupes obtenus sont:

- A) 200, 204, 207 et 209;
- B) 202, 205 et 206;
- C) 201, 203 et 208<sup>1</sup>.

La rotation des axes est faite après avoir imposé le nombre d'axes que l'on désire garder. Dans ce cas-ci, on a imposé la rotation en ne conservant que les trois premiers axes même si la variance expliquée n'est que 64.5%. Il est à prévoir que si les groupes ne sont pas complètement homogènes et que l'on impose la rotation avec quatre axes par exemple, quelques stations à la limite d'un groupe peuvent former un autre groupe. De même, si l'on refait l'étude en utilisant seulement les stations d'un groupe, on peut obtenir des sous-groupes plus homogènes.

L'analyse en composantes principales a été faite sur tous les paramètres dont les données sont jugées valables, c'est-à-dire que les mesures ne sont pas à la limite de détection.

Le tableau 4.3 nous montre la variance expliquée après une, deux et trois composantes pour tous les paramètres. La variance expliquée, qui est de 60 à 65% pour les mesures en surface, peut être considérée comme faible, ce qui implique que le lac n'est pas homogène en surface. Par contre, pour les paramètres mesurés dans la zone photique, la variance expliquée est de 10 à 15% plus élevée que celles des paramètres mesurés en surface. Ceci suggère que le lac serait plus homogène si l'on considère l'ensemble de la zone photique plutôt que la surface uniquement. Il en est de même pour les communautés phytoplanc-toniques (voir section 4.4).

---

<sup>1</sup> L'appartenance de la station 208 au groupe C a été jugée comme étant la meilleure en dépit de la grande différence qui existe entre la valeur de son coefficient de corrélation et celle des coefficients de corrélation aux stations 201 et 203 (composante No 3).

La variance expliquée par la température est de 88% pour une composante. Ceci implique qu'avec une seule mesure de température sur le lac, on explique 88% de la variance qui a été observée à l'aide des dix stations.

Pour chacun des paramètres, on a effectué la rotation des trois premières composantes principales pour déterminer les groupes de stations, comme précédemment pour la chlorophylle-a totale. Les tableaux 4.4a à 4.4j résument les résultats obtenus pour chacun des paramètres. Ces tableaux montrent que les regroupements des stations sont très variables d'un paramètre à l'autre. Pour les chlorophylles, les groupes les plus fréquents sont formés des stations 200, 204, 207 et 209 pour un premier groupe et des stations 201, 202, 205, 206 et 208 pour un second groupe.

L'étude des tableaux nous montre que les groupes sont très variables d'un paramètre à l'autre et qu'on ne peut faire ressortir de région homogène avec précision. Enfin, signalons qu'un nombre plus élevé de stations peut être regroupé en considérant la zone photique. Ceci indique une fois de plus que la composition des eaux dans la zone photique est plus homogène aux différentes stations par rapport à la composition des eaux de surface.

#### 4.1.2 Interpolation optimale

Les calculs de la fonction de structure ont été effectués au moyen des mêmes paramètres que ceux utilisés pour l'analyse en composantes principales. Règle générale, les points calculés pour la fonction de structure sont très dispersés et l'ordonnée à l'origine est assez importante. A titre d'exemple, la figure 4.1 représente la fonction de structure de la température de l'eau.

L'examen du tableau 4.3 permet de constater qu'il existe une fonction de structure pour la température et pour les variables en

surface (phaeopigments, % chlorophylle-a active, N total, PFN, etc...) et dans la zone photique (chlorophylle-a active/phaeopigments, N total et  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ).

L'analyse des fonctions de structure nous renseigne sur les possibilités d'interpoler les paramètres entre les stations et nous permet de calculer l'erreur d'estimation (voir annexe 4). Pour un paramètre donné, s'il n'existe pas de fonction de structure en fonction de l'espace, ceci démontre que le paramètre n'est pas homogène pour les stations utilisées. Dans la présente étude, l'absence d'une fonction de structure pour des paramètres dont l'homogénéité relative a déjà été démontrée au moyen de la méthode des composantes principales pour la zone photique, nous invite à être prudent quant à conclure à l'homogénéité du système.

#### 4.1.3 Conclusion

A l'aide d'analyses statistiques multivariées telles que les méthodes des composantes principales et de la fonction de structure, on peut conclure que le lac est plus homogène en profondeur qu'en surface en considérant le comportement des variables de la zone photique. Par contre, dans les deux cas, le nombre de stations n'est pas suffisant pour bien faire ressortir les régions homogènes.

La répartition spatiale des stations d'un même groupement montre beaucoup de variation, c'est-à-dire que des stations très éloignées sont quelquefois groupées ensemble. Cependant, de tous les paramètres, la température de l'eau semble la plus homogène. On obtient pour ce paramètre deux groupes: soit les stations 203, 204, 205, 206 et 207 pour le premier qui est situé à l'ouest du lac et les stations 200, 201, 202, 208 et 209 pour le second groupe qui est à l'est du lac.

## 4.2 QUALITÉ DES EAUX

La qualité des eaux du lac fut abondamment traitée à l'intérieur d'ouvrages dont les principales conclusions sont résumées au tableau 4.5. Comme on peut le constater, les efforts furent concentrés principalement dans des travaux qui caractérisaient la cote trophique du lac et, à un degré moindre, dans des études liées à la toxicité. Les principales conclusions sont que, d'une part, cet écosystème semble être à un stade intermédiaire entre les niveaux oligotrophe et mésotrophe et que, d'autre part, la toxicité des eaux n'atteint pas une situation alarmante.

### 4.2.1 Les substances toxiques

Il semblerait, à première vue, en considérant les pourcentages d'inhibition présentés à l'annexe 1 (série B), que les eaux du lac soient toxiques. Cette situation semble se confirmer par l'apparition de plusieurs valeurs du pourcentage d'inhibition supérieures à 20%. Nous considérons cette valeur comme un seuil à partir duquel on peut identifier un phénomène d'intoxication. Cette norme a été fixée en considérant la précision liée au calcul du potentiel de fertilité théorique: PFTC (Shiroyama et al., 1975). De plus, on la considère comme étant un indice sévère puisqu'elle est plus élevée que les valeurs utilisées par Sachdev et Clesceri (1978)<sup>1</sup> ainsi que par Berland et al. (1974)<sup>2</sup>.

La signification du pourcentage élevé d'inhibition est cependant biaisée; en effet, à cause des faibles teneurs en phosphore inorganique qui sont souvent (84%) inférieures à la limite de détection, on ne peut arriver à un calcul précis de la valeur PFT. Dans ces conditions, la valeur calculée a pour effet de surestimer le pourcentage d'inhibition. L'utilisation de ce type de test pour des échantillons possédant des teneurs en substances nutritives faibles semble

---

<sup>1</sup> Une différence de 10% est significative.

<sup>2</sup> Un écart de 15% est significatif.

problématique; l'augmentation des coefficients de variation ainsi que la perte de résolution pour les faibles valeurs de PFN en serait la cause (Joubert, 1980).

Ces considérations nous invitent donc à rejeter l'hypothèse de la présence de substances toxiques dans les eaux du lac Saint-Jean; d'ailleurs, les valeurs trouvées dans une autre étude (Joubert, 1978a), à l'aide du même test, en ayant soin toutefois d'enrichir en nutriments les échantillons, n'ont pas démontré la présence d'une forte toxicité dans les eaux du lac.

#### 4.2.2 Le niveau trophique

Les études antérieures dont les conclusions ont été résumées à la section précédente furent effectuées en considérant les trois facteurs principaux (Vallentyne, 1973) déterminant le stade trophique d'un lac:

- 1- l'apport en substances nutritives;
- 2- le climat;
- 3- la forme et la dimension du bassin.

Les indices employés dans des études ayant pour objet la détermination du niveau trophique sont habituellement basés sur les concentrations en substances nutritives liées ou non à des mesures de production autotrophique et sur une interprétation des associations phytoplanctoniques. Les critères utilisés dans ces études sont liés au trois facteurs précédemment cités. On continuera à l'intérieur de cette présente étude à utiliser les mêmes critères pour vérifier si les hypothèses émises en 1977 restent valables (tableau 4.6).

#### **Température et Secchi**

Parmi les différents critères considérés, la température et la mesure de la transparence à l'aide du disque de Secchi sont ceux qui

varient le moins. Les valeurs de température sont comprises à l'intérieur des limites favorables pour la vie aquatique: elles sont semblables à celles mesurées lors de la campagne 1977 (Bison et al., 1978). Les mesures de la transparence à l'aide du disque de Secchi sont faibles et ne sont pas caractéristiques du milieu oligotrophe. Cette situation serait attribuable à la couleur brune de l'eau qui serait un indice de la présence de matière organique dissoute (Bisson et al., 1978; Jones et al., 1979). En effet, les variations des valeurs de la transparence dans le temps ne semblent pas être dépendantes des concentrations de chlorophylle.

### Azote et phosphore

L'analyse des teneurs en azote et en phosphore montre que les concentrations restent habituellement faibles; plusieurs valeurs sont d'ailleurs inférieures à la limite de détection des méthodes.

Les teneurs en nitrate-nitrite et en ammoniacque sont voisines de celles mesurées par Schindler (1972) et Fee (1976) dans d'autres lacs du Bouclier canadien. Les valeurs maximales des échantillons de surface tout comme celles des prélèvements intégrés ne dépassent en aucun temps les normes de qualité décrites par le Comité d'études sur le fleuve Saint-Laurent<sup>1</sup>. L'ensemble des teneurs (valeurs moyennes) en azote minérale se situent à l'intérieur de la gamme des concentrations (<0.2 mg N/L) rencontrées en milieu oligotrophe selon la classification de Vollenweider (1968). Pour une minorité de mesures, les valeurs maximales peuvent être associées à un état mésotrophe. Enfin, signalons que dans un autre rapport (Jones, et al., 1979), la considération des teneurs en N-Kjeldahl dans une étude de la relation N-organique versus N-inorganique a permis de situer le lac dans la classe oligo-mésotrophe.

---

<sup>1</sup> Normes:  $\text{NH}_3 = 0.02 - 1.5 \text{ mg N/L}$

Il faut signaler ici que cette situation est caractéristique des lacs peu minéralisés du bouclier canadien où la matière organique dissoute serait responsable de la couleur des eaux.

Les faibles concentrations en phosphore inorganique, souvent inférieures à  $10 \mu\text{g PO}_4/\text{L}$ , sont aussi caractéristiques d'un milieu pauvre en nutriments. L'ensemble des teneurs en phosphore total ainsi que les valeurs maximales caractérisent un état mésotrophe selon les seuils de Vollenweider (1968)<sup>1</sup>. La question du phosphore dans le lac Saint-Jean a été traitée abondamment (Jones et al., 1979; MRN, 1980) et selon les techniques utilisées, il apparaît que le lac se situe dans un état intermédiaire entre les stades oligotrophe et mésotrophe. De plus, il faut considérer que si l'on pouvait déterminer les valeurs du rapport [azote]/[phosphore], on arriverait à des valeurs élevées du rapport étant donné les faibles teneurs en phosphore. Cette situation serait caractéristique de milieux pauvres en substances nutritives où le phosphore apparaît comme un élément de contrôle de la production primaire (Chiaudani et Vighi, 1974; Miller et al., 1974; Campbell et al., 1976; Robarts et Southall, 1977).

#### Potentiel de fertilité

De tous les paramètres étudiés, le potentiel de fertilité est celui qui a démontré le plus de variabilité temporelle au cours de l'été; la valeur élevée des coefficients de variation le démontre bien. Ces fluctuations peuvent rendre difficile la caractérisation des eaux du lac. Pour tenir compte de cette particularité, on répartit les mesures de PFN en trois classes (tableau 4.7); ces grands groupes sont définis à partir des indices de production utilisés par Miller et al. (1974) et Greene et al. (1975). D'après cette répartition, 72% des valeurs sont représentatives d'un niveau oligotrophe ou mésotrophe. C'est à la fin de juillet et au début d'août que se rencontrent habituellement les mesures de PF élevées ( $> 0.8 \text{ mg/L}$ ).

---

<sup>1</sup> De 15 à  $90 \mu\text{g PO}_4/\text{L}$

## Chlorophylle

Les concentrations en chlorophylle-a active varient entre 0.2 µg/L et 2.8 µg/L; la teneur moyenne est de 0.9 µg/L en surface et de 0.8 µg/L dans les prélèvements intégrés. Ces dernières valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mentionnées par Schindler (1972), Duthie et Ostrofsky (1974) et Kerekes (1974) pour les eaux peu minéralisées du Bouclier canadien. Selon la classification de Wetzel (1975), le lac serait oligotrophe.

Mentionnons, enfin, que le genre Rhodomonas reste dominant tout au long de la période d'étude (voir 4.4). Ne connaissant pas l'espèce identifiée, il est difficile de caractériser le milieu à partir de la connaissance de la niche écologique de l'espèce; mentionnons que, dans ce genre, certaines espèces comme Rhodomonas lacustris se retrouvent souvent en eau claire (Palmer, 1962).

### 4.2.3 Conclusion

L'ensemble des valeurs discutées ci-haut corrobore celles des années précédentes. Les eaux du lac ne présenteraient pas d'indices évidents de toxicité et le niveau trophique de cet écosystème serait à un stade intermédiaire entre les niveaux oligotrophe et mésotrophe.

## 4.3 LES PHÉNOMÈNES BIOLOGIQUES LIÉS À LA PRODUCTION PRIMAIRE

Cette section de l'étude sera discutée à partir de l'analyse des corrélations effectuées entre chacun des paramètres biotiques (excluant les communautés phytoplanctoniques) ou abiotiques; on distinguera les valeurs en provenance des échantillons prélevés en surface de ceux qui ont été obtenus en intégrant la colonne d'eau (zone photique). A partir de l'analyse des variations des paramètres dans l'espace et dans le temps, différentes hypothèses seront soulevées à propos de la relation concernant les mécanismes autotrophes et hétérotrophes présents dans les eaux du lac. Enfin, on identifiera certains traits caractéristiques concernant l'hétérogénéité de cet écosystème.

Notre analyse apparaîtra parfois superficielle à cause des contraintes analytiques rencontrées lors du dépouillement des données. Ainsi, par exemple, on observe, pour le phosphore (tableau 4.8), que beaucoup de valeurs sont inférieures à la limite de détection qui n'est pas constante. Il existe, de plus, un manque de synchronisme dans les prélèvements; en effet, à cause des conditions météorologiques rencontrées, il était parfois difficile de visiter toutes les stations dans un temps relativement court. Enfin, les discussions concernant l'activité hétérotrophe seront faites à partir du rapport chlorophylle-a active/phaeopigments qui, rappelons-le, ne constitue qu'une évaluation grossière des processus hétérotrophiques.

#### 4.3.1 Les corrélations

Cette section a été réalisée à partir de l'étude des corrélations effectuées à l'aide d'un programme d'informatique "Scattergram", provenant de la banque SPSS. Nous avons rassemblé, à l'annexe 5, les diagrammes de dispersion qui se sont avérés les plus pertinents dans l'analyse des phénomènes étudiés.

Parmi les corrélations significatives ( $p < 0.001$ ), il y a celles qui soulignent l'étroite dépendance qui existe entre les mécanismes biologiques qui ont lieu à la surface du lac et ceux qui existent à l'intérieur de la zone photique. Il semblerait, en effet, que les variations des différentes formes de chlorophylle tout aussi bien que celle des teneurs en substances nutritives soient concomitantes en surface et dans la zone intégrée si l'on considère toutes les stations pour l'ensemble de la période d'échantillonnage (tableau 4.9).

La forte corrélation obtenue avec le phosphore total est liée au caractère limitatif de cet élément dans les eaux du lac (voir section 4.2); en effet, cette situation peut-être associée, d'une part, aux corrélations significatives obtenues avec les différentes formes de chlorophylle et, d'autre part, au caractère biogénique de cet élément

dont la masse principale se retrouve dans le "pool" biotique de l'écosystème (Jones et al., 1979). En ce qui concerne le potentiel de fertilité, l'absence de corrélation significative entre les prélèvements de surface et les échantillons intégrés pourrait traduire des différences au niveau des mécanismes liés à la biodisponibilité des substances nutritives; cet aspect sera développé à la section suivante où des hypothèses seront émises sur certains phénomènes associés à des processus autotrophes et hétérotrophes.

Les autres corrélations, à savoir celles qui considèrent séparément les paramètres entre eux en tenant compte de leur provenance (surface ou profondeur), sont ainsi regroupées:

- les corrélations fortement significatives ( $r^2 > 0.50$  et  $p < 0.001$ );
- les corrélations à tendances fortes.

Le premier groupe est caractérisé par des coefficients de corrélation élevés où la valeur de la variable expliquée est forte ( $r^2 > 0.50$ ) et le degré de signification élevé ( $p < 0.001$ ). On distingue les corrélations suivantes dans ce groupe (tableau 4.10):

- chlorophylle-a totale vs chlorophylle-a active;
- chlorophylle-a totale vs phaeopigments;
- chlorophylle-a active vs phaeopigments.

Si l'on considère le lac comme un système fermé où la chlorophylle et les phaeopigments font partie intégrante d'un cycle (échange énergétique), ces corrélations significatives traduisent la prédominance des mécanismes liés à la synthèse de la chlorophylle sur ceux associés à sa dégradation. En effet, il semblerait que pour l'ensemble des stations, tout au long de l'été, l'augmentation des teneurs en chlorophylle-a active soit concomitante à une hausse des teneurs en phaeopigments. Cette situation entraînerait, de plus, la présence d'un

phénomène très dynamique pouvant masquer la phase de dégradation de la chlorophylle-a active; en effet, durant cette étape (dégradation), on devrait assister à une diminution de concentrations en chlorophylle-a active versus une augmentation des pigments phaeophytine. On pense à la possibilité que les produits liés à la dégradation soient rapidement recyclés pour servir à constituer la biomasse de la succession suivante. Il faut toutefois être prudent avec cette conclusion puisque les phaeopigments ne constituent qu'une étape intermédiaire dans la dégradation de la chlorophylle alors que les pigments phaeophorbides-a en sont les produits finaux (Glooschenko et al., 1972).

Enfin, il faut considérer que le lac Saint-Jean est un système ouvert où les tributaires peuvent y transporter des charges en chlorophylle et en phaeopigments; ces charges allochtones se confondant alors avec celles qui ont été produites à l'intérieur du lac, il devient difficile de dissocier les phénomènes propres au lac de ceux qui sont associés aux tributaires.

Un autre phénomène se dégage à l'analyse de la relation chlorophylle-a active vs phaeopigments: les coefficients de corrélation obtenus avec les échantillons de surface sont supérieurs à ceux des prélèvements intégrés. Pour ces derniers, l'affaiblissement de la corrélation pourrait être associé à la présence de mécanismes autres que ceux liés aux métabolismes des autotrophes: les activités des hétérotrophes (bactérie, zooplancton..., voir section suivante).

Le deuxième groupe de corrélations présente des coefficients moins élevés que le premier; les variances expliquées et les degrés de signification y sont plus faibles (tableau 4.11). Les relations établies ici révèlent les tendances fortes pouvant exister entre deux paramètres. Encore ici, il faut être prudent dans l'interprétation des relations car souvent l'utilisation de variables dépendantes et le mode de dispersion des points dans les diagrammes de dispersion viennent fausser la signification des corrélations.

Il apparaît qu'en général, les corrélations soient plus significatives pour les échantillons intégrés que pour les prélèvements de surface. On note une corrélation entre la chlorophylle-a totale et le rapport chlorophylle-a active/phaeopigments. Cette relation est conséquente aux différents états physiologiques du phytoplancton au cours des étapes de la croissance, la division cellulaire étant une phase caractérisée par un rapport chlorophylle-a active/phaeopigments élevé par opposition à un rapport plus faible pour la phase de sénescence. De plus, il y aurait une relation inverse entre l'azote nitrate-nitrite et la chlorophylle-a active. Cette relation met en évidence le phénomène bien connu de l'utilisation des substances nutritives par le phytoplancton.

#### 4.3.2 Les mécanismes d'action liés à la production primaire: les phénomènes biologiques

Cette section de l'étude sera axée sur la compréhension de certains mécanismes pouvant exercer un contrôle sur la production phytoplanctonique. On élaborera des hypothèses concernant les mécanismes d'action qui entrent en jeu lors de la production phytoplanctonique. De plus, la dynamique de l'écosystème sera étudiée en fonction des échanges énergétiques ayant lieu en surface et à l'intérieur de la zone photique.

Afin de compléter l'analyse des phénomènes mis en évidence lors de l'étude des corrélations, on considérera maintenant les variations dans le temps de la température, du potentiel de fertilité et des diverses formes de chlorophylle pour chacune des stations. L'analyse portera aussi bien sur les échantillons prélevés en surface que sur les prélèvements intégrés. Dans cette analyse on ne pourra considérer les variations des diverses formes d'azote et de phosphore; les raisons sont que d'abord les teneurs dosées étaient souvent inférieures aux limites de détection de la technique et ensuite que les analyses étaient effectuées sur des échantillons stérilisés et filtrés.

## Température

La valeur maximale de la température (23.5 °C) fut mesurée le 22 juillet à la station 204 alors que la valeur minimale (8.8 °C) fut enregistrée à la station 201 le 13 octobre (figure 4.2 a, b, c). Durant la période étudiée, les températures semblent varier globalement de la même façon à toutes les stations: des valeurs maximales sont observées en juillet et août alors qu'à partir de septembre la chute s'amorce. Cette tendance pour l'ensemble des stations reflète une certaine homogénéité thermique qui fut déjà mise en évidence à la section 4.1.1 (Méthodes des composantes principales). En effet, on avait alors mentionné que la variance expliquée par la température était de 88% de l'ensemble des paramètres étudiés aux dix stations.

On peut cependant discerner trois groupes de stations en considérant les moments d'apparition des valeurs maximales:

- i) 203, 204, 206 (figure 4.2a);
- ii) 205, 207 (figure 4.2b);
- iii) 200, 201, 202, 208, 209 (figure 4.2c).

Le premier groupe se distingue par une augmentation marquée des valeurs au milieu des mois de juillet et août; pour le deuxième groupe, la hausse des températures a lieu à la mi-juillet et à la fin d'août alors que pour le troisième l'augmentation est observée au début et à la fin d'août. La similarité entre les stations 203, 204 et 206 pourrait être attribuable à l'influence des rivières Péribonca et Mistassini, deux tributaires à caractères forestiers, qui contribuent respectivement à 27 et 29% des apports hydrologiques du lac (INRS-Eau, 1979). Ces groupes sont semblables à ceux obtenus avec la méthode de l'interpolation optimale (section 4.1.2), sauf qu'avec cette technique, le premier et le deuxième groupe se confondent. Ce qui permet de diviser le lac en deux régions:

- i) région ouest: 203, 204, 205, 206 et 207;
- ii) région est: 200, 201, 202, 208 et 209.

On divise ainsi le lac en deux systèmes. Le premier (région ouest) subirait l'influence des milieux lotiques environnants. Les eaux, à ces stations, sont peu profondes et plus propices aux mélanges que celles du deuxième système; de plus elles se réchauffent rapidement dans la saison comme l'indiquent les maxima de température mesurés en juillet. Le deuxième système (région est) peut s'associer davantage à un milieu lentique; la situation des stations indiquent d'ailleurs que les rivières sont peu susceptibles d'avoir une influence sur celles-ci. Dans cette zone, les écarts de température sont en général moins prononcés que dans la zone précédente et de plus, le réchauffement des eaux y est plus tardif (août).

### **Chlorophylle**

On se limitera d'abord à une étude de la chlorophylle-a active puisqu'il est bien connu que c'est cette forme de pigment qui intervient dans le métabolisme du phytoplancton et qui est lié à la matière vivante (Lorenzen, 1967; Moss, 1967; Berland et al., 1972).

C'est en surface que les concentrations maximales se rencontrent à toutes les stations (figure 4.3 a, b). La valeur la plus élevée (2.84 µg/L) provient de la station 203 le 24 juillet alors que la plus faible (0.15 µg/L) fut mesurée à la station 201 (zone photique) le 21 juin. Les teneurs en chlorophylle dans le lac montrent beaucoup de variabilité; elles pourraient refléter la dynamique des échanges énergétiques qui ont lieu dans les eaux du lac tout en signalant l'apparition de certains facteurs qui peuvent influencer cette dynamique; en effet, il est connu que le contenu cellulaire en chlorophylle-a active varie en fonction des espèces, de leur état nutritionnel et des conditions lumineuses (Jorgensen, 1966; Jensen et Rystad, 1973; Brezonick et al., 1975).

Afin de mettre en évidence les secteurs ou encore les stations susceptibles de favoriser le dynamisme des échanges énergétiques, on divise les stations en deux classes selon que les teneurs maximales en surface sont inférieures à 1.5 µg/L ou supérieures. Les regroupements obtenus sont les suivants (figure 4.4):

- i) < 1.5 µg/L: 204, 205, 207, 208, 209;
- ii) > 1.5 µg/L: 200, 201, 202, 203, 206.

Le premier groupe de stations est localisé dans la section ouest ainsi que dans la région centrale (208 et 209) du lac; le deuxième occupe la partie est et une station (206) appartient à la région centrale (figure 4.4). Les teneurs en chlorophylle-a active avaient donc tendance à augmenter à mesure que l'on progresse selon la direction ouest-est dans les eaux du système; ce phénomène pourrait être associé à la croissance des organismes phytoplanctoniques au cours de leur passage dans les eaux du lac. Ce développement de la biomasse phytoplanctonique semble d'ailleurs se faire aussi bien dans la zone photique qu'en surface. En effet, si on considère maintenant l'ensemble des mesures pour toute la période d'échantillonnage et qu'on détermine la fréquence d'apparition de la relation [chlorophylle-a active (surface)] > [chlorophylle-a active (zone photique)], on constate que pour les stations 201, 205, 207 et 208 les concentrations sont habituellement (dans plus de 50% des cas) plus fortes en surface qu'à l'intérieur de la zone photique. La situation inverse se rencontre pour les autres stations. On peut aussi déceler une tendance entre l'apparition des températures élevées dans l'écosystème et les teneurs élevées en chlorophylle. On remarque qu'en ce qui concerne les stations qui subissent l'influence des milieux lotiques (203, 204, 205 et 207), les maximums en chlorophylle-a active se rencontrent habituellement au cours des périodes où les températures sont les plus élevées (juillet): figures 4.5a à 4.5e; figures 4.6a à 4.6e; les stations 204 et 207 semblent faire exception à cette règle bien qu'on doive noter dans le cas de 207 que les teneurs maximales en chlorophylle apparaissent tout de

même au début du mois d'août; pour 204, le nombre faible de détermination de chlorophylle pourrait en être la cause. La relation température élevée → teneur élevée en chlorophylle-a active se rencontre aussi aux stations associées au milieu lacustre (200, 201, 202, 208 et 209); les valeurs maximales se rencontrent généralement plus tardivement au cours de la saison (août).

### Les activités autotrophiques et hétérotrophiques

L'activité des autotrophes et des hétérotrophes (bactéries et zooplanctons) sont les principales composantes impliquées dans les processus d'échange énergétique. On tentera à présent de caractériser les stations en fonction du rapport chlorophylle-a active/phaeopigments. Selon Wetzel (1975), les teneurs relatives de phaeophytine peuvent permettre d'évaluer la quantité de matière détritale; le rapport chlorophylle-a active/phaeophytine pourrait donc servir comme un indice du potentiel hétérotrophe microbiologique (utilisation de la matière détritale) en regard de l'activité autotrophe du milieu (Jones et al., 1979).

Les variations des valeurs pour chacune des stations sont présentées aux figures 4.7a à 4.7j. On retrouve la valeur maximale (3.19) à la station 203 (zone photique) à la même date où on avait précédemment mis en évidence une forte augmentation des teneurs en chlorophylle-a active en surface. La valeur minimale (0.25) a été obtenue le 21 juin à la même station (201: zone photique) où les teneurs en chlorophylle-a active étaient les plus faibles. Dans ces figures, les points sont répartis de part et d'autre d'une limite fixée à 1; la situation des points, par rapport à cette valeur, permet de distinguer la prédominance des activités autotrophes sur les activités hétérotrophes lorsque le rapport est supérieur à 1; le phénomène inverse (hétérotrophe > autotrophe) est observé lorsque les valeurs sont inférieures à 1. Nous sommes conscients de ne pouvoir vérifier la fidélité d'un tel indice dans le cadre de cette étude; toutefois, on croit qu'il peut être utile pour décrire la tendance des activités autotrophes et hétérotrophes.

Pour chacune des stations, on a calculé le pourcentage des valeurs qui se situent de chaque côté de la limite; cette opération a été effectuée en tenant compte séparément des valeurs en provenance de la surface de celles obtenues par intégration de la zone photique (tableau 4.12). On observe que pour l'ensemble des stations en surface les activités autotrophes prédominent habituellement sur les activités hétérotrophes:  $(\% S > 1) > (\% S < 1)$ ; toutefois il semblerait que l'activité autotrophe prédomine en surface pour les stations 201, 204, 205 et 209:  $(\% S > 1) > (\% I > 1)$ ; aux stations 200, 202 et 203 c'est dans la zone photique que se rencontrerait surtout l'activité autotrophique:  $(\% S > 1) < (\% I > 1)$ . L'activité hétérotrophe semblerait prédominante aux stations 206, 207 et 208 pour les prélèvements effectués dans la zone photique:  $(\% S < 1) < (\% I < 1)$ .

Ainsi, en considérant le rapport chlorophylle-a active/phaeopigment on peut regrouper les stations en trois classes:

- i) les stations caractérisées par une activité autotrophe surtout en surface: 201, 204, 205 et 209;
- ii) les stations caractérisées par une activité autotrophe surtout dans la zone photique: 200, 202 et 203;
- iii) les stations caractérisées par une activité hétérotrophe surtout dans la zone photique: 206, 207 et 208.

### Potentiel de fertilité

L'analyse des rapport chlorophylle-a active/phaeopigments a permis de soupçonner la prédominance de l'activité autotrophe vis-à-vis l'activité hétérotrophe; en effet, ainsi que nous l'avons constaté seules les stations 206, 207 et 208 présenteraient les caractéristiques d'une hétérotrophie dominante pour les échantillons prélevés à l'intérieur de la zone photique. Ces activités entraînent nécessairement des

modifications majeures à l'intérieur des composantes (organismes, substances nutritives) impliquées dans les cycles de production; parmi celles-ci, il faut apporter une attention particulière à la synthèse et à la dégradation de la chlorophylle-a active et aux conséquences qu'entraînent ces deux phénomènes sur la variation des teneurs en substances nutritives biodisponibles (PF). En effet, une analyse des résultats de PFN pour toutes les stations du lac Saint-Jean démontre que les valeurs moyennes pour les stations 206, 207 et 208 (et en addition 209) sont plus élevées dans la zone photique par rapport aux autres stations.

En ce qui concerne les variations des mesures de PF dans tout le système du lac Saint-Jean, elles sont fortes; d'ailleurs, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, les PF moyens ont les coefficients de variation les plus élevées de toutes les valeurs moyennes calculées (section 4.2.2). Ces fluctuations révèlent la présence dans ce système de facteurs dynamiques qui auraient une influence sur la quantité (concentration) et la qualité (nature) des substances potentiellement biodisponibles du milieu. Le mode d'action de ces facteurs sera examiné à partir de l'étude des variations de la chlorophylle-a active versus les fluctuations du PF (figure 4.5a à 4.5e; 4.6a à 4.6e).

Pour l'ensemble des stations, l'analyse des variations des deux paramètres durant les périodes de production met en évidence plusieurs types de comportement; il apparaît difficile de pouvoir trouver des explications pour chacun. Il semble toutefois se manifester deux tendances principales. La première concerne la production de matière vivante alors que la seconde est liée à sa dégradation.

La production de la biomasse (augmentation de chlorophylle) conduit à une diminution des substances biodisponibles (PF). Ce phénomène connu de l'utilisation des substances nutritives par le phytoplancton au cours de la période estivale (Lund, 1970; Hannan *et al.*, 1972; Bombowna et Bucka, 1974; INRS-Eau, 1976) traduit l'existence d'une relation inverse entre la production mesurée et la production potentielle (Potash, 1956; Lund, 1970; Sakshaug et Mykkestad, 1973).

Cette relation se manifeste clairement aux stations 200, 201, 203 et 206 en surface et dans la zone photique (figures 4.5a, b, d; 4.6a, b, d).

La seconde tendance concerne la diminution des teneurs en chlorophylle-a active qui entraîne à plus ou moins long terme une augmentation des teneurs en substances nutritives biodisponibles (PF). Ce phénomène est associé à la dégradation de la matière vivante. On observe d'ailleurs que la diminution des concentrations en chlorophylle-a active est concomitante à une augmentation du pourcentage de phaeopigments alors que l'augmentation des teneurs en chlorophylle-a active est synchronisée à une diminution du pourcentage de phaeopigments. Ce comportement est typique aux phénomènes de dégradation et de synthèse de la matière organique végétale (Odum et al., 1958; Jensen et Sakshaug, 1973) et est lié aux recyclages des éléments nutritifs dans l'écosystème.

Les principaux agents responsables de ce recyclage seraient les bactéries et le zooplancton. Il existerait certaines évidences indiquant une minéralisation du phytoplancton détrital à l'intérieur de l'épilimnion (Golterman, 1973); en effet, il demeure difficile de comparer les concentrations de phosphore résiduelles dans l'eau avec les quantités de phosphore assimilées par les producteurs primaires. En ce qui concerne le zooplancton, Yentsch (1963) mentionne que dans le cas de l'azote et du phosphore, l'excrétion des brouteurs serait un facteur important du recyclage de ces substances: environ 70% de la demande journalière en N pour le phytoplancton serait assuré par ce mécanisme.

Il est difficile pour nous d'évaluer l'importance du broutage puisqu'aucune mesure concernant le zooplancton n'a été effectuée. Une évaluation peut cependant être tentée à partir du pourcentage de dégradation de la chlorophylle-a totale; en effet, Glooschenko et al. (1972) ont déjà établi une relation entre l'abondance des phaeopigments et la

présence de zooplancton. Toutefois, en ce qui concerne le lac Saint-Jean, le pourcentage de phaeopigments varie peu par rapport à d'autres milieux où on peut avoir sous forme dégradée jusqu'à 80% de la chlorophylle-a totale (Glooschenko et al., 1972).

Il faut enfin signaler l'apparition des valeurs élevées en PF durant l'été et particulièrement la tendance à l'augmentation à partir du mois d'août. Cet effet serait dû à l'action de la matière organique sur la fertilité potentielle des eaux (Berland et al., 1974; Visser et Couture, 1980). Une certaine controverse existe cependant au sujet des effets physiologiques de la matière organique sur les algues; en effet, alors que certains auteurs (Shapiro, 1957; Prakash, 1971) suggèrent la présence d'un effet de stimulation sur la croissance, les travaux de Christman et Minear (1971) montrent une relation inverse entre les concentrations de substances humiques et la productivité. Les travaux de Visser et Couture (1980) réalisés avec la matière organique extraite des eaux d'un réservoir situé à la baie James montrent qu'effectivement les deux phénomènes ont lieu à des périodes différentes au cours de l'année. Dans le cas des eaux du lac Saint-Jean, on ne peut qu'admettre que l'apparition de concentrations plus élevées en phosphore total dans les eaux à partir du mois d'août pourrait entraîner un effet de stimulation sur la fertilité potentielle des eaux.

#### 4.3.3 Conclusion

L'étude des corrélations entre les mesures effectuées sur les échantillons de surface et ceux provenant de la zone photique met en évidence la dépendance des mécanismes qui existent dans ces deux strates. De plus, les corrélations fortement significatives entre la chlorophylle-a totale vs la chlorophylle-a active, la chlorophylle-a totale vs les phaeopigments et la chlorophylle-a active vs les phaeopigments tout aussi bien à la surface qu'à l'intérieur de la zone photique suggèrent que les produits liés à la dégradation de la chlorophylle sont rapidement recyclés. On pense, de plus, que l'affaiblissement du coefficient de corrélation de chlorophylle-a active vs les

phaeopigments en surface par rapport à ceux de la zone photique pourrait être associé à la présence de mécanismes liés au métabolisme des hétérotrophes.

A première vue, en considérant globalement l'évolution des mesures de température, le lac Saint-Jean apparaît comme un système homogène. Toutefois, l'analyse temporelle de l'évolution des valeurs maximales permet de distinguer trois groupes de stations. En réunissant les deux derniers groupes, on arrive aux regroupements obtenus à l'aide de la méthode de l'interpolation optimale:

- i) région ouest: 203, 204, 205, 206 et 207;
- ii) région est: 200, 201, 202, 208 et 209.

Les concentrations maximales en chlorophylle se rencontrent en surface pour toutes les stations. On assiste, de plus, à une augmentation des teneurs en chlorophylle-a active à mesure que l'on progresse d'ouest en est dans les eaux du système. En confrontant ces valeurs aux températures, on arrive à distinguer des stations qui subissent l'influence des milieux lotiques environnants (203 et 205) des stations associées au milieu lacustre proprement dit (200, 201, 202, 208 et 209).

Selon que l'on considère la prédominance des activités autotrophes ou des activités hétérotrophes, on met en évidence que les premières se rencontrent en surface (201, 204, 205 et 209) ou dans la zone photique (200, 202 et 203) alors que les secondes sont préférentiellement observées dans la zone photique (206, 207 et 208). Il est à signaler que dans le cas de ce dernier groupe, les valeurs de PF sont plus élevées par rapport aux autres stations suggérant un effet lié à la dégradation sur la biodisponibilité des éléments nutritifs. Il semblerait, finalement, que l'augmentation des teneurs en chlorophylle-a active résulte en une diminution du PF à d'autres stations (200, 201, 203 et 206; en surface et dans la zone photique).

#### 4.4. LES ASSOCIATIONS PHYTOPLANCTONIQUES

Avant d'entreprendre la présente discussion, les auteurs désirent exprimer à ce point-ci certains aspects limitatifs des données phytoplanctoniques fournies par les SPEQ au consultant. Afin d'éviter une interprétation abusive de ces résultats, le lecteur devra toujours avoir présent à l'esprit que la présente discussion est basée sur les données recueillies à dix stations d'échantillonnage et visitées seulement à trois reprises pendant les mois de juillet et d'août. Il sera donc impossible d'établir la dynamique des successions temporelles des associations phytoplanctoniques, la période d'observation du cycle annuel étant beaucoup trop courte. De plus, l'identification des organismes ne tenant pas compte des espèces parce qu'elle se limite au niveau des genres a pour effet de limiter considérablement l'utilisation des associations phytoplanctoniques en tant qu'indicateur de la qualité du système aquatique.

Pour mieux faire ressortir toute l'ampleur de ces limitations, il serait bon de rappeler que le lac Saint-Jean possède une superficie de plus de 1 000 km<sup>2</sup> et que Contant (1976) y a identifié 244 différents taxa appartenant à 98 genres comparativement à 50 genres identifiés par les SPEQ. Ce même auteur a, de plus, identifié pour certains genres tels que Staurastrum, Eunotia et Dinobryon, respectivement 16, 14 et 10 espèces. Si l'on se réfère au grand principe écologique d'exclusivité des niches de Gauss, il est facile de comprendre les raisons pour lesquelles le nombre d'échantillons très restreints ainsi que le dénombrement des taxa au genre posent des restrictions considérables quant à la caractérisation du niveau trophique des eaux du lac Saint-Jean.

Dans le but d'extraire le maximum d'informations des résultats phytoplanctoniques, la présente discussion sera fortement orientée en fonction de la variabilité spatiale de l'abondance et de la composition des associations algologiques de la zone photique pour les mois de juillet et août seulement. Cette approche se veut une tentative de caractérisation biologique de la qualité des différents secteurs du lac. Dans certains cas, certains aspects quantitatifs et qualitatifs de la zone photique et de la surface feront l'objet d'interprétation comparative.

#### 4.4.1 Aspects quantitatifs

Les figures 4.8 et 4.9 illustrent respectivement la dispersion spatiale pour la zone photique et pour en surface du nombre d'organismes phytoplanctoniques par litre (N/L) pour l'été 1978. Le nombre maximal de 175 000 individus/L se retrouve dans la zone photique de la partie nord-ouest du lac (station 204) et est environ deux fois supérieur au nombre estimé en surface (80 000/L). Par contre, on retrouve dans la région centrale, tant en surface que pour la zone photique, sensiblement le même nombre d'organismes (60 000/L). Comparativement à d'autres systèmes lacustres, le N/L d'organismes est relativement faible. Sparling et Nalewajko (1970), dans leur étude de 40 lacs du sud ontarien, évaluent le N/L d'organismes comme variant entre  $0.2 - 0.3 \times 10^6/L$  pour les lacs pauvres en sels nutritifs du Bouclier précambrien et entre  $0.6 - 2.1 \times 10^6/L$  pour ceux situés sur les formations paléozoïques plus au sud. Il en est de même si l'on compare les présents résultats à ceux de Lund (1969) et à ceux de Findley et al. (1973) qui ont évalué des quantités atteignant respectivement  $40 \times 10^6$  et  $1 \times 10^6/L$  principalement pendant l'apparition de fleurs d'eau. D'autre part, si l'on se réfère à l'étude des populations phytoplanctoniques du lac oligotrophe de Tazenat (Devaux, 1973) dont le N/L d'individus varie entre  $1 \times 10^6$  et  $1 \times 10^5$  respectivement pour la période estivale et hivernale, les concentrations algologiques des eaux du lac Saint-Jean sont beaucoup plus réalistes.

Ces comparaisons numériques nous permettent donc de classifier le niveau trophique du lac Saint-Jean comme étant des plus oligotrophiques.

Les raisons pouvant expliquer la présence d'une densité plus élevée d'individus vers les régions périphériques et principalement dans la partie nord-ouest du lac sont probablement multiples. Une plus grande abondance de nutriments disponibles ainsi qu'une température et une turbulence des eaux plus fortes pourraient expliquer, du moins en

partie, cette distribution spatiale. Ces explications sont compatibles avec les conclusions de Lorefice et Munawar (1974). La plus grande abondance des espèces oligotrophes (Nalewajko, 1966) telles Melosira islandica et M. Relvetica au centre du lac, comparativement à la zone riveraine, supporte encore davantage cette explication. L'abondance légèrement plus élevée des Cyanophytes dans la zone riveraine pourrait être aussi interprétée sensiblement de la même manière.

La distribution spatiale du nombre de genres des populations phytoplanctoniques de la zone photique (figures 4.10 à 4.13) ainsi qu'en surface (figure 4.14) sont d'autres paramètres indicateurs de la plus grande abondance et diversité des régions périphériques du lac. On remarque encore les mêmes tendances, c'est-à-dire que le nombre maximal de genres aux stations périphériques est d'environ 30 tandis qu'il est d'environ 20 pour la partie centrale. De plus, le nombre moyen de genres de la zone photique (figure 4.13) est légèrement plus élevé que celui de la surface (figure 4.14). Il est bien connu que la productivité phytoplanctonique lacustre est très souvent supérieure à quelque distance sous la surface des eaux (Devaux, 1973; Ilmavirta, 1974). L'examen des résultats phytoplanctoniques d'échantillons prélevés en fonction de la profondeur, des eaux du lac Saint-Jean, nous a permis aussi de constater cette tendance.

Bien que le nombre maximal des différents genres pour une station atteint 30, ce nombre passe à 50 pour l'ensemble des échantillons étudiés, ce qui demeure tout de même très inférieur aux 96 genres et 244 taxas que Contant (1976) y identifia.

La distribution spatiale de l'indice de diversité des genres de la zone photique (figure 4.15) et de la surface (figure 4.16) est relativement très similaire. Celle-ci n'est que l'expression mathématique de l'abondance et des diverses formes discutées précédemment dans la présente partie du rapport.

Globalement, si la biomasse algale est exprimée en  $\text{mg/m}^3$  ou encore, comme dans la présente étude, en N/L, il devrait donc exister une relation directe entre celle-ci et la chlorophylle-a (Stadelman et Munawar, 1974). Si l'on représente graphiquement (figure 4.17) la dispersion des coefficients de corrélation de la chlorophylle-a avec la 1ère composante principale (tableau 4.1), on observe un patron de dispersion sensiblement semblable aux figures 4.8 à 4.16. On assiste à un regroupement des stations qui sont situées à la périphérie du lac et dont l'homogénéité décroît en fonction de l'ordre suivant: 204, 200, 205, 202, 209 et 207.

D'autre part, les stations 201, 203 et 208 possèdent un très faible coefficient de corrélation et sont localisées vers la partie centrale du lac. Ces regroupements ressemblent étroitement à ceux de la section 4.1.1 et mettent en évidence les rapports étroits existant entre la biomasse chlorophyllienne et la biomasse algale exprimée en poids par unité de volume des organismes.

#### 4.4.2 Aspects qualitatifs

Au cours de l'été 1978, la composition phytoplanctonique, tant de la zone photique qu'en surface, est largement dominée par les Cryptophytes (Rhodomonas sp. et Cryptomonas sp.) et à un degré moindre par les Chlorophytes (Chlamydomonas sp., Ankistrodesmus sp., Coelostrum). En juillet et août, l'abondance relative des Cryptophytes (figures 4.18 à 4.21) constitue vers la partie centrale du lac environ 60% (72 000/L) de la communauté. Par contre, dans la partie nord-ouest (station 204), le pourcentage de ce grand groupe n'excède pas 10%. En juillet et août, dans le lac Erié (Munawar et Munawar, 1976), Rhodomonas minuta et Cryptomonas losa forment environ 50% de la biomasse et diminuent par la suite pour les autres mois de l'année tout en maintenant leur abondance à environ 5%. Dans le lac Ontario (Munawar et Nauwerck, 1971), les Cryptophytes ne constituent pas plus de 10% de la communauté. Par contre, en été, Rhodomonas minuta atteint des teneurs maximales de

plus de  $2 \times 10^6$  individus/L et ceci particulièrement pour les régions riveraines. Ces deux mêmes espèces ont été décrites comme abondantes dans les eaux du lac Saint-Jean par Contant (1976).

Les Chlorophytes, dont les principaux genres sont les Chlamydomonas, Ankistrodesmus et Coelostrum, ont une distribution spatiale opposée à celle des Cryptophytes (figures 4.22 à 4.25). Ceux-ci atteignent leur minimum d'abondance de quelque 15% au centre du lac tandis que leur maximum de 30% se retrouve dans la partie nord-ouest du lac.

Les Chrysophytes (figures 4.26 à 4.29), excluant les Bacillariophycées et dont les principaux genres sont Chromulina, Mallomonas et Dinobryon, ont une abondance moyenne de 10%. L'absence de données à la station 204 pour le mois d'août a tendance à masquer leur maximum d'abondance qui se retrouve dans la région nord-ouest du lac au mois de juillet.

En ce qui concerne les Bacillariophycées (Melosira sp., Rhizosolenia sp., Nitzschia sp.), celles-ci constituent environ 13% de la communauté et sont légèrement plus abondantes à la périphérie du lac (figures 4.30 à 4.37). Tout comme pour les Pyrrophytes (figures 4.38 à 4.41, Gymnodium sp.) et les Cyanophytes (figures 4.42 à 4.45, Chroococcus sp., Aphanothece sp., Anabaena sp.), qui sont des composantes mineures de la communauté phytoplanctonique, la plus grande abondance de ces trois grands groupes se retrouve vers la périphérie du lac et est probablement associée aux facteurs physiques (température) et chimiques (nutriments). Des tendances similaires ont été décelées pour les lacs Erié et Ontario par les auteurs pré-cités.

Les figures 4.46 et 4.47 résument les répartitions spatiales relatives des grands groupes d'algues, respectivement pour la zone photique et la surface. Ces figures démontrent qu'il n'existe pas de différence marquée dans la répartition des algues en fonction de la zone photique et de la surface. Même les Cyanophytes ne sont pas systématiquement mieux représentées en surface.

Sauf pour la station 204, où les Chlorophytes (Chlamydomonas sp.) dominant et où les Cryptophytes (Rhodomonas sp., Cryptomonas sp.) atteignent leur abondance minimale (10%), les neuf autres stations sont caractérisées par des communautés phytoplanctoniques, tant pour la zone photique que pour la surface, qui sont grandement similaires.

Les caractéristiques physiques et chimiques particulières de cette partie nord-ouest du lac (Bisson et al., 1978) sont probablement responsables de ces différentes structures des populations phytoplanctoniques de la station 204.

En ce qui concerne le niveau trophique du lac en fonction des espèces indicatrices de la période estivale, tout laisse croire qu'il se situe dans la plage de l'oligotrophie.

Il n'existe pas d'espèces dominantes telles Asterionella, Fragillaria, Synura, Melosira, Stephanodiscus, Staurastrum, Cosmarium, et Pediastrum dont la présence pourrait être interprétée comme indicative d'un haut niveau trophique.

Même si l'abondance et le comportement spatial de Rhodomonas, de Cryptomonas et de Chlamydomonas du lac Erié et du lac Saint-Jean sont relativement similaires, par contre, les genres Stephanodiscus, Chlorella, Melosira, Pediastrum et Gymnodinium sont absents ou peu présents dans les eaux du lac Saint-Jean.

#### 4.4.3 Conclusion

En fonction de l'aspect quantitatif des populations phytoplanctoniques, il existe deux grands regroupements des stations étudiées. Ces stations, localisées à la périphérie du lac (204, 200, 209, 202, 207 et 206), forment un groupe homogène, tandis que les stations du centre du lac (208, 201 et 207) forment l'autre groupe.

Par contre, en fonction de la structure des communautés (aspects qualitatifs), la station 204 se détache significativement de toutes les autres. De plus, les aspects quantitatifs et qualificatifs des populations phytoplanctoniques sont indicateurs du niveau trophique oligotrophe.

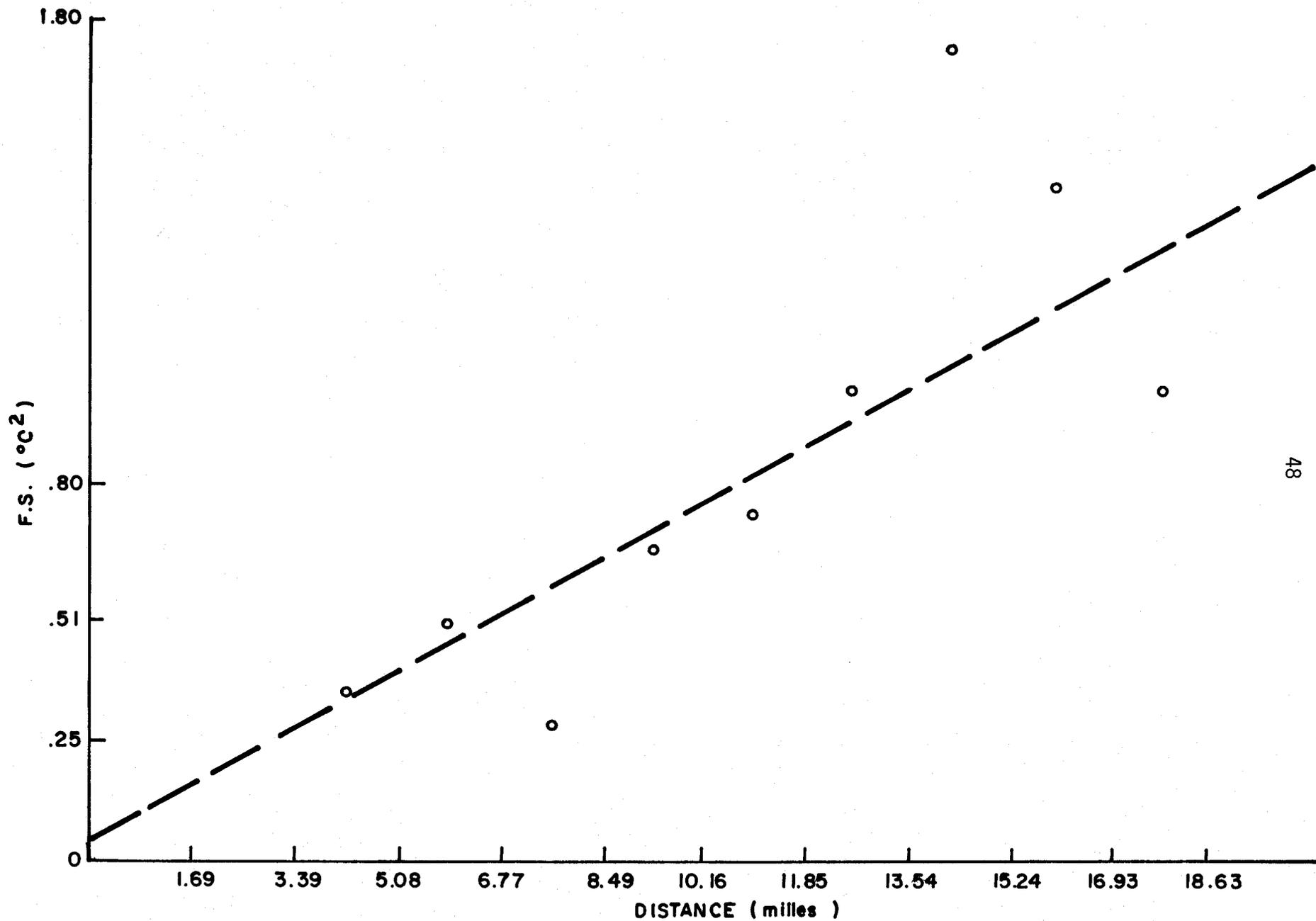


Figure 4.1. Fonction de structure de la température des eaux de surface du lac Saint-Jean calculée en fonction des observations moyennes aux dix stations durant l'été 1978.

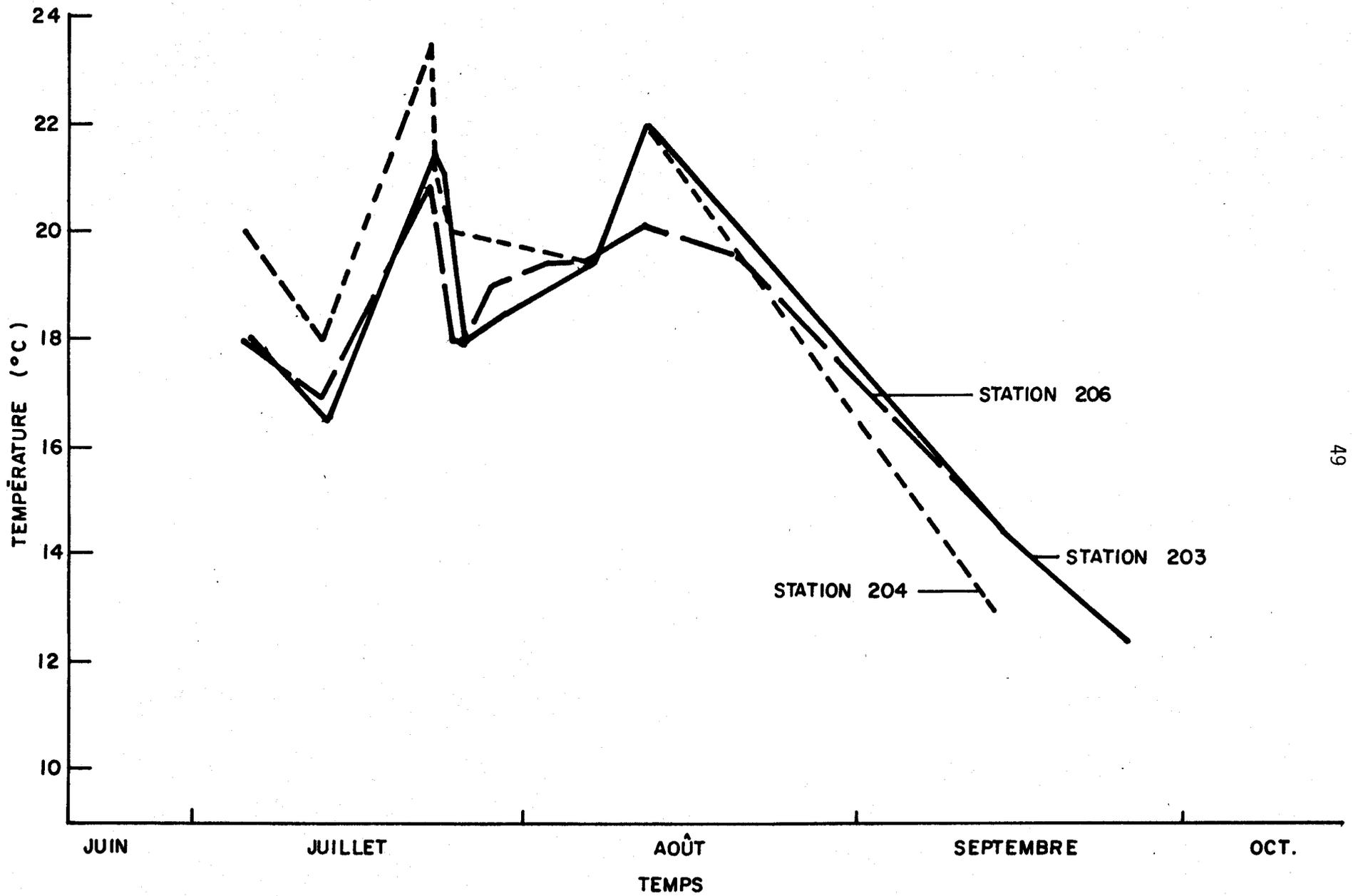


Figure 4.2a . Variation de la température aux stations 203,204 et 206.

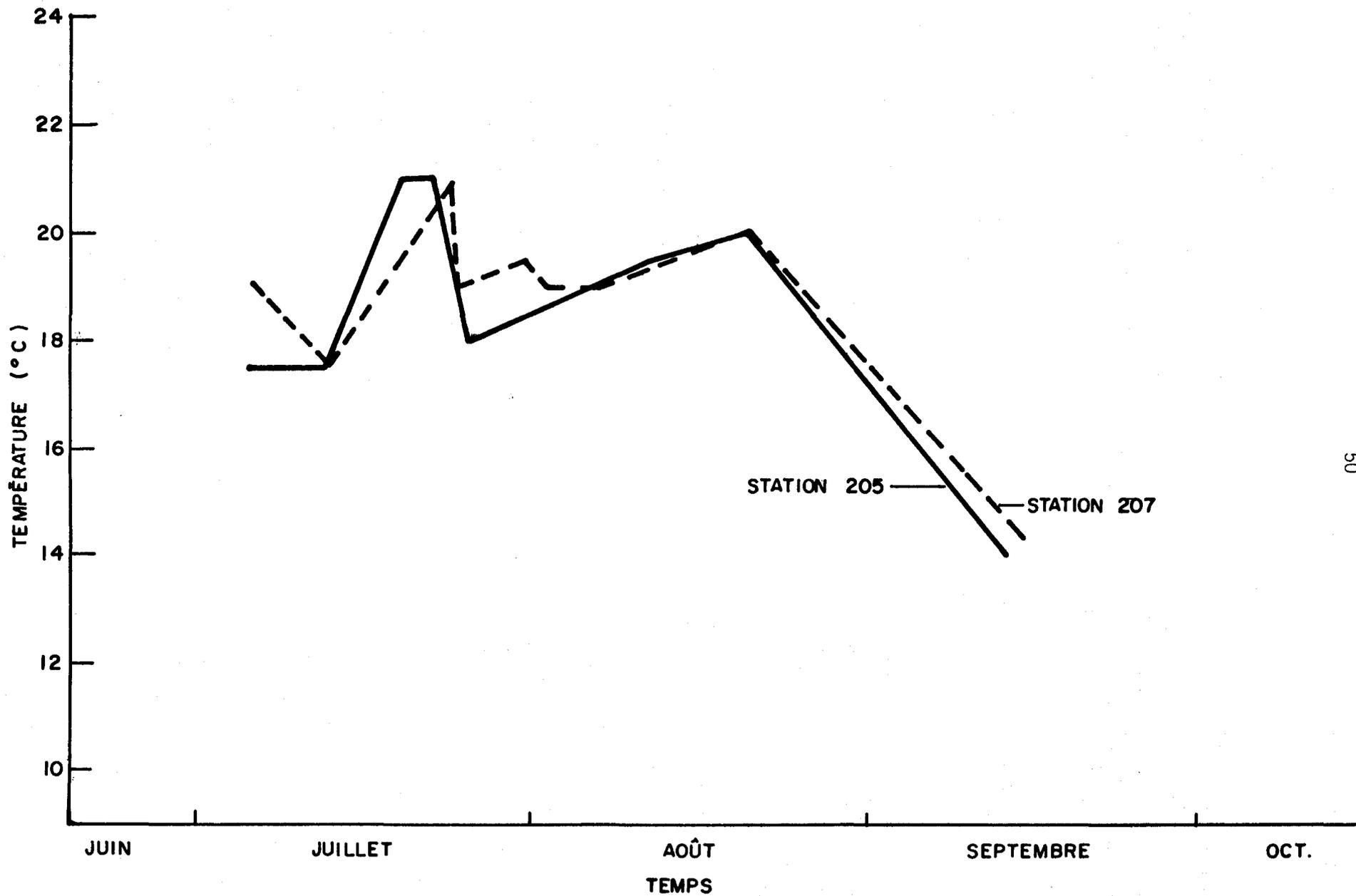


Figure 4. 2 b . Variation de la température aux stations 205 et 207 .

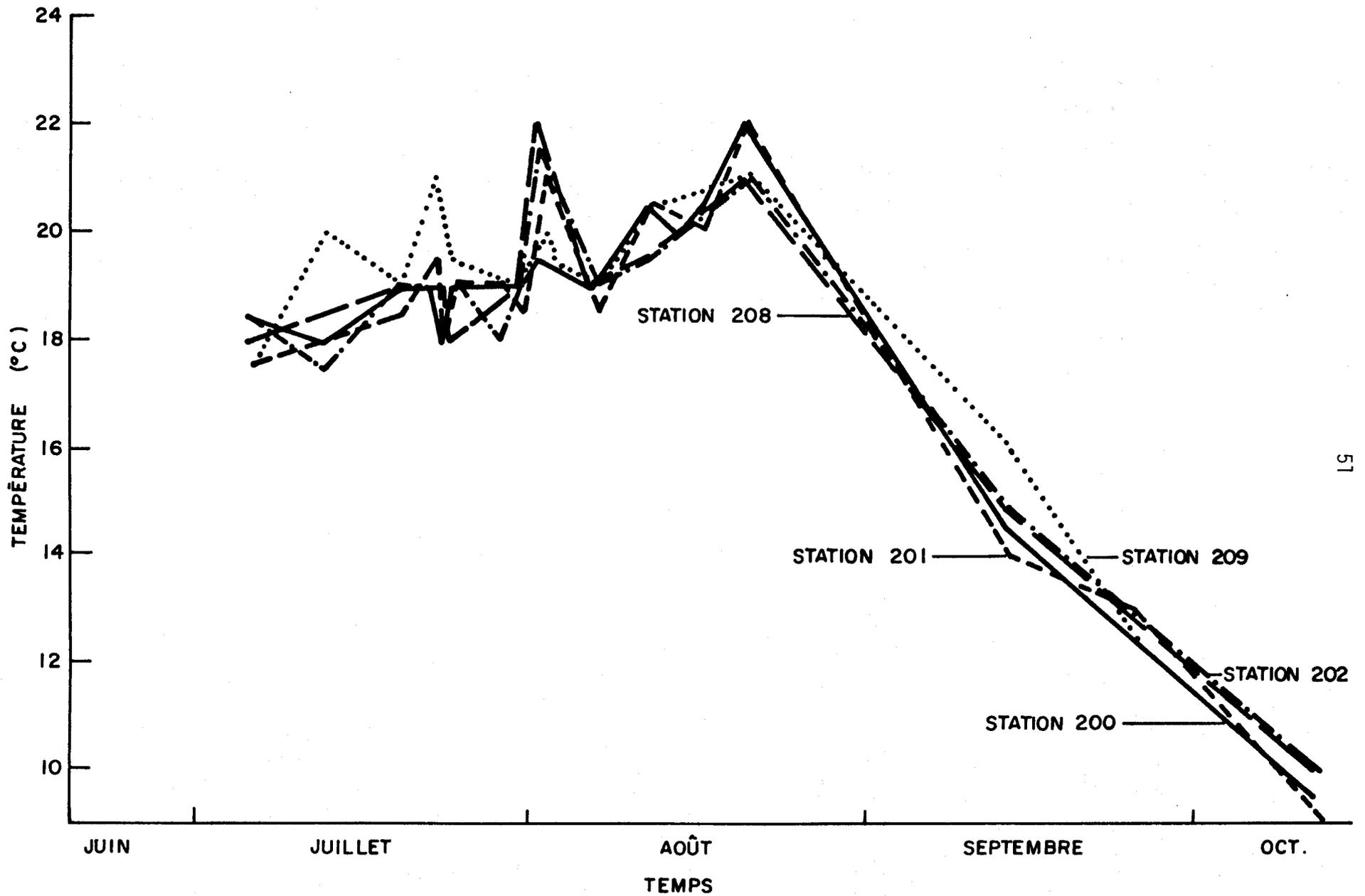


Figure 4. 2c . Variation de la température aux stations 200, 201, 202, 208 et. 209 .

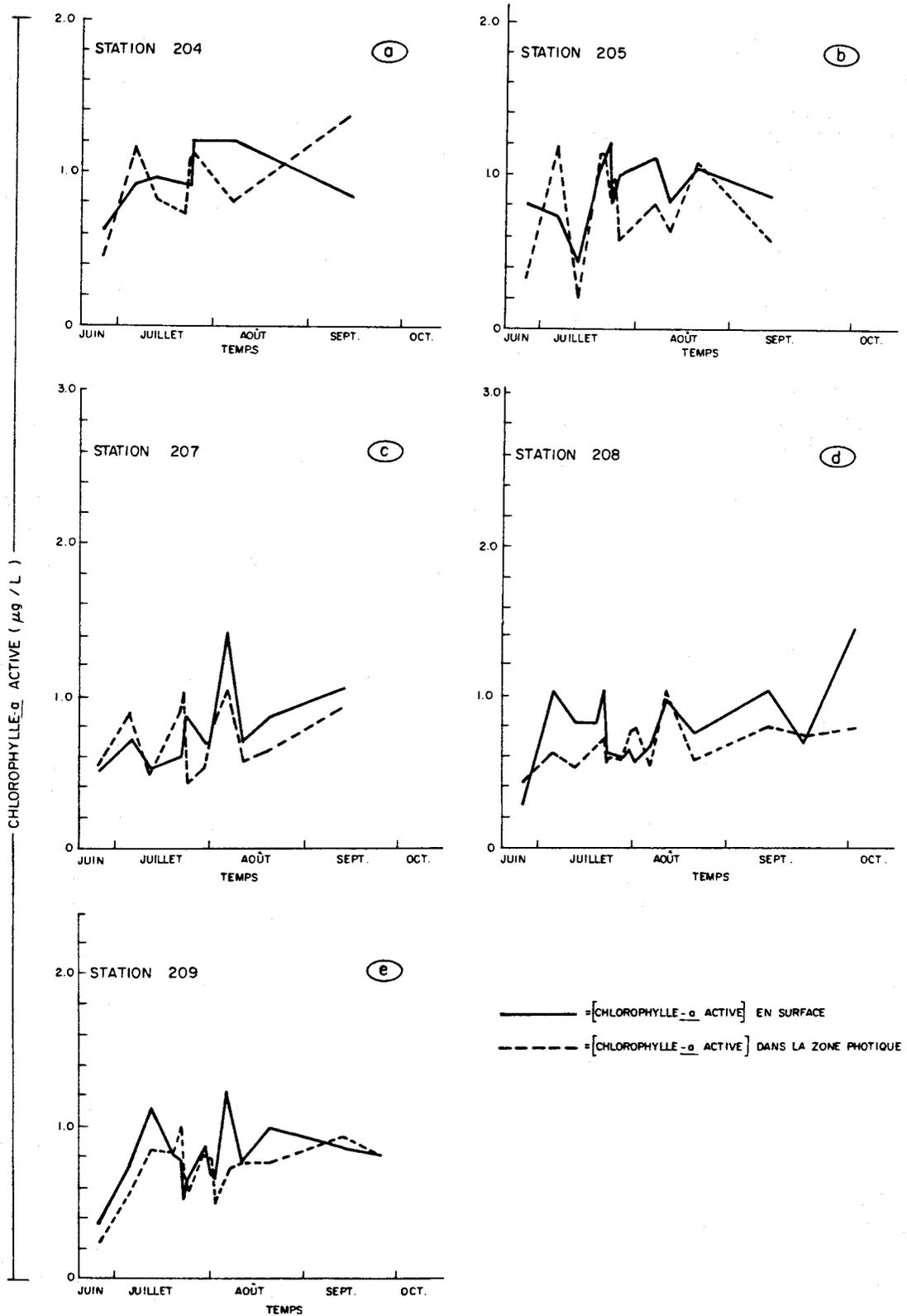


Figure 4.3 a. Variation des teneurs en chlorophylle-a active aux stations 204, 205, 207, 208 et 209.

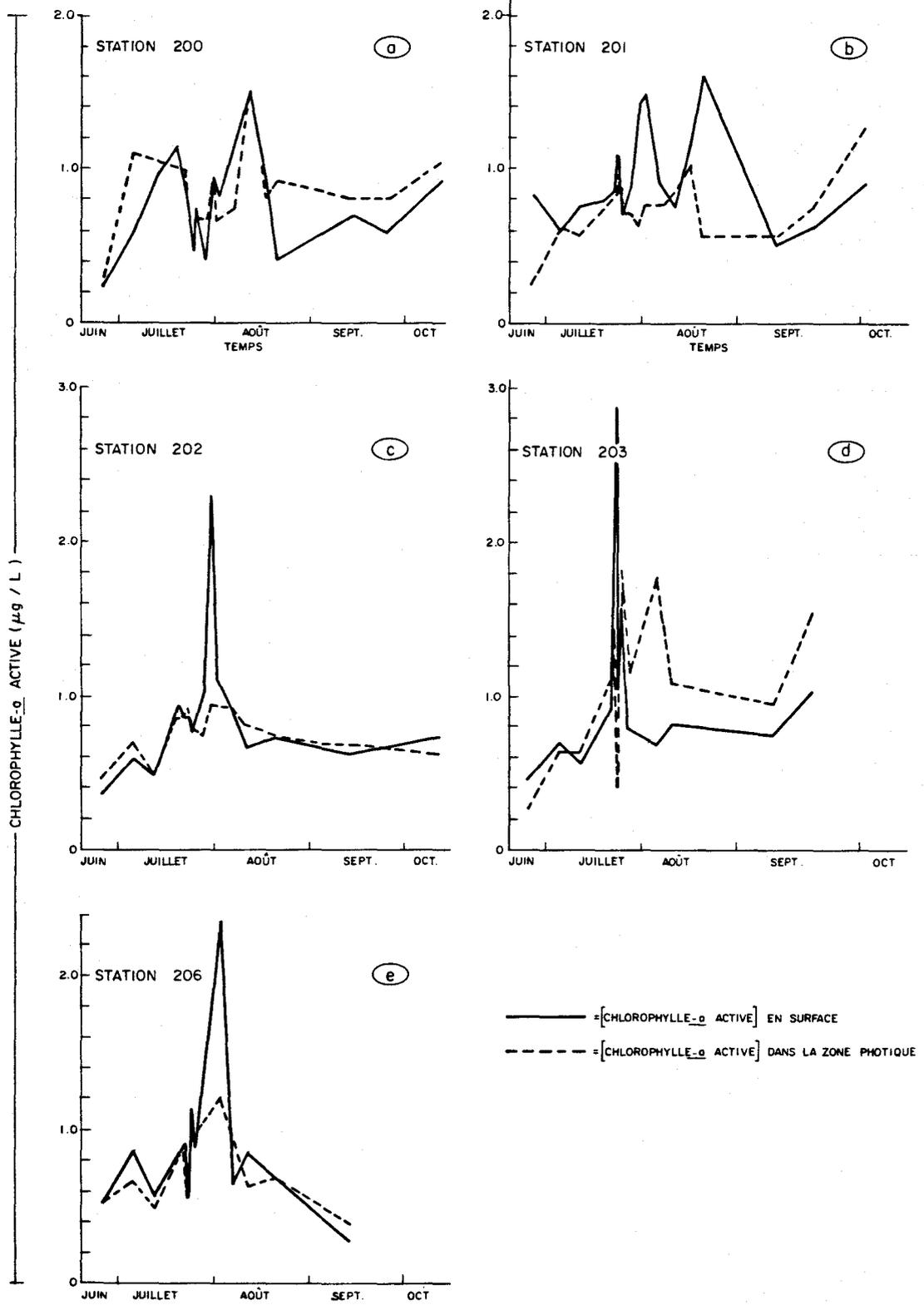


Figure 4.3 b. Variation des teneurs en chlorophylle-a active aux stations 200, 201, 202, 203 et 206.

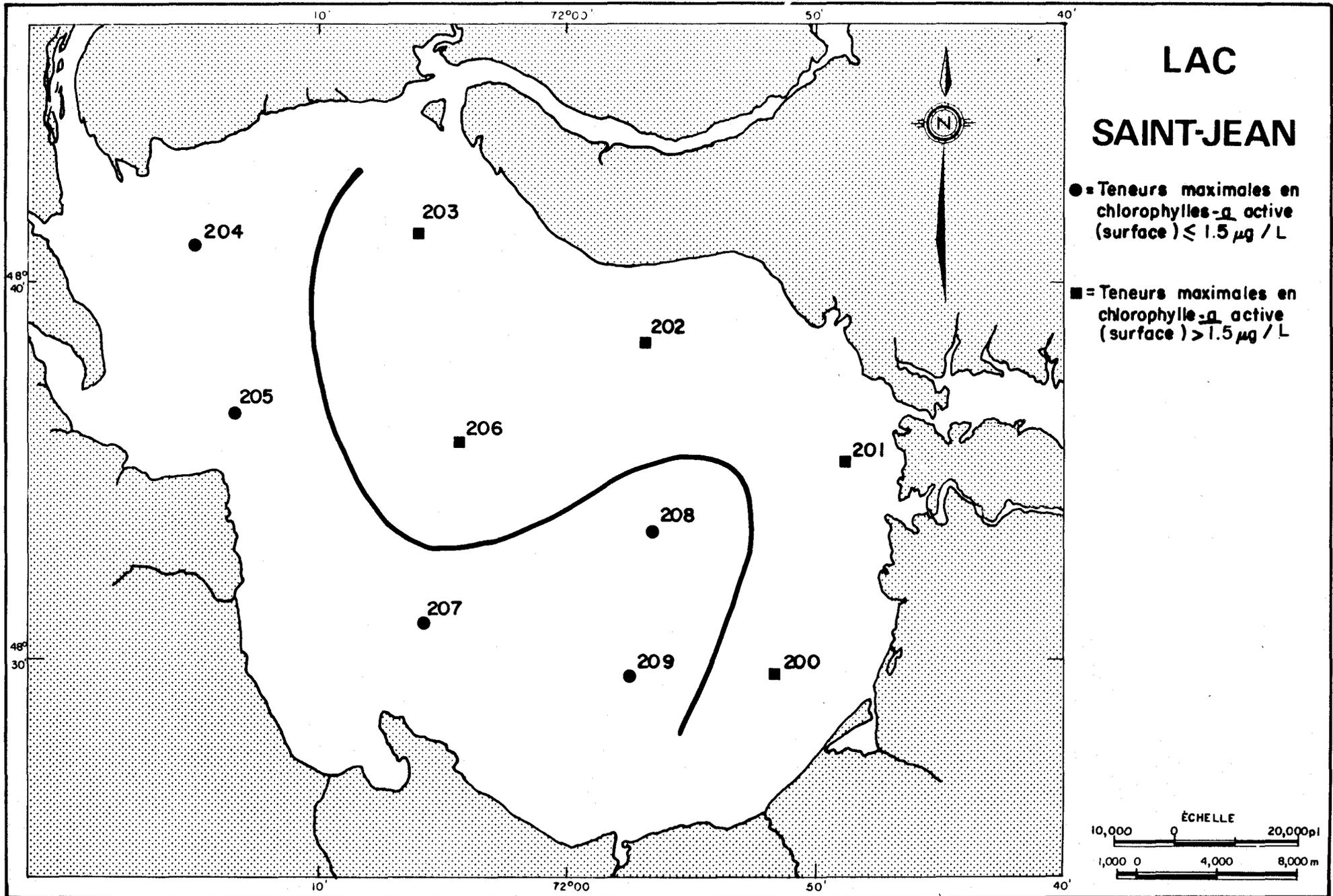


Figure 4.4. Répartition des stations selon leur teneur maximale en chlorophylle-a active

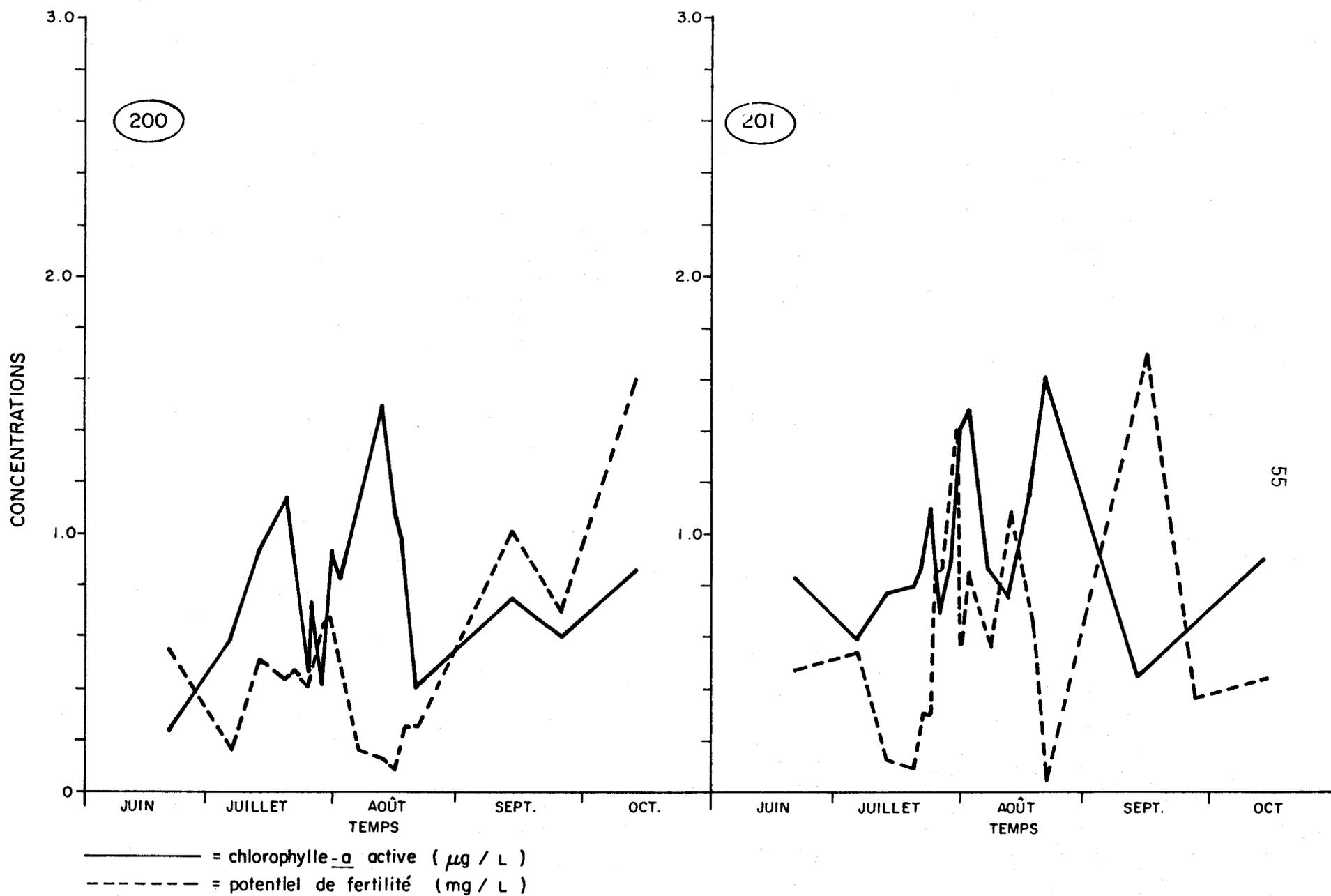


Figure 4.5a . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle-a active aux stations 200 et 201 en surface .

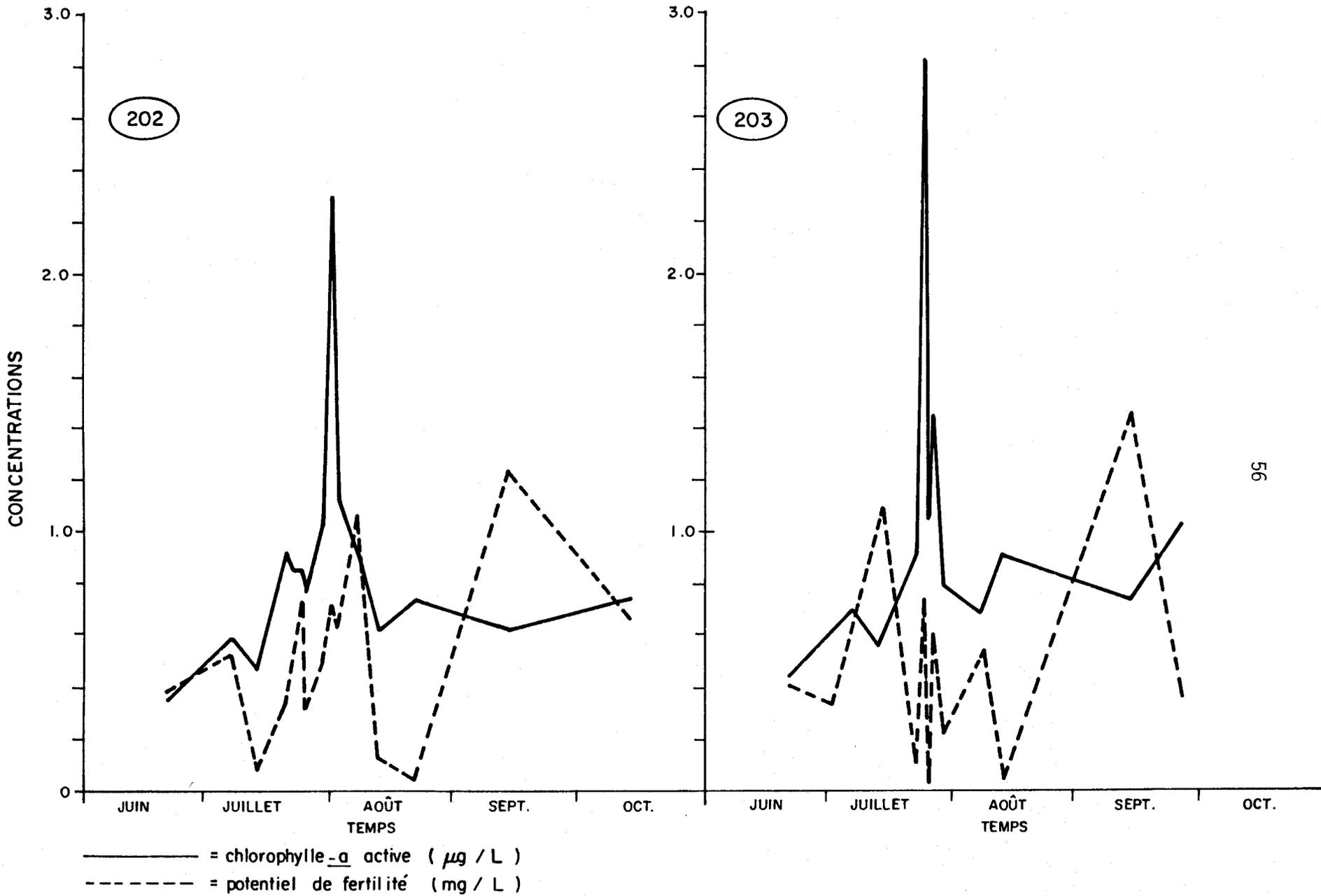


Figure 4.5 b . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle\_a active aux stations 202 et 203 en surface .

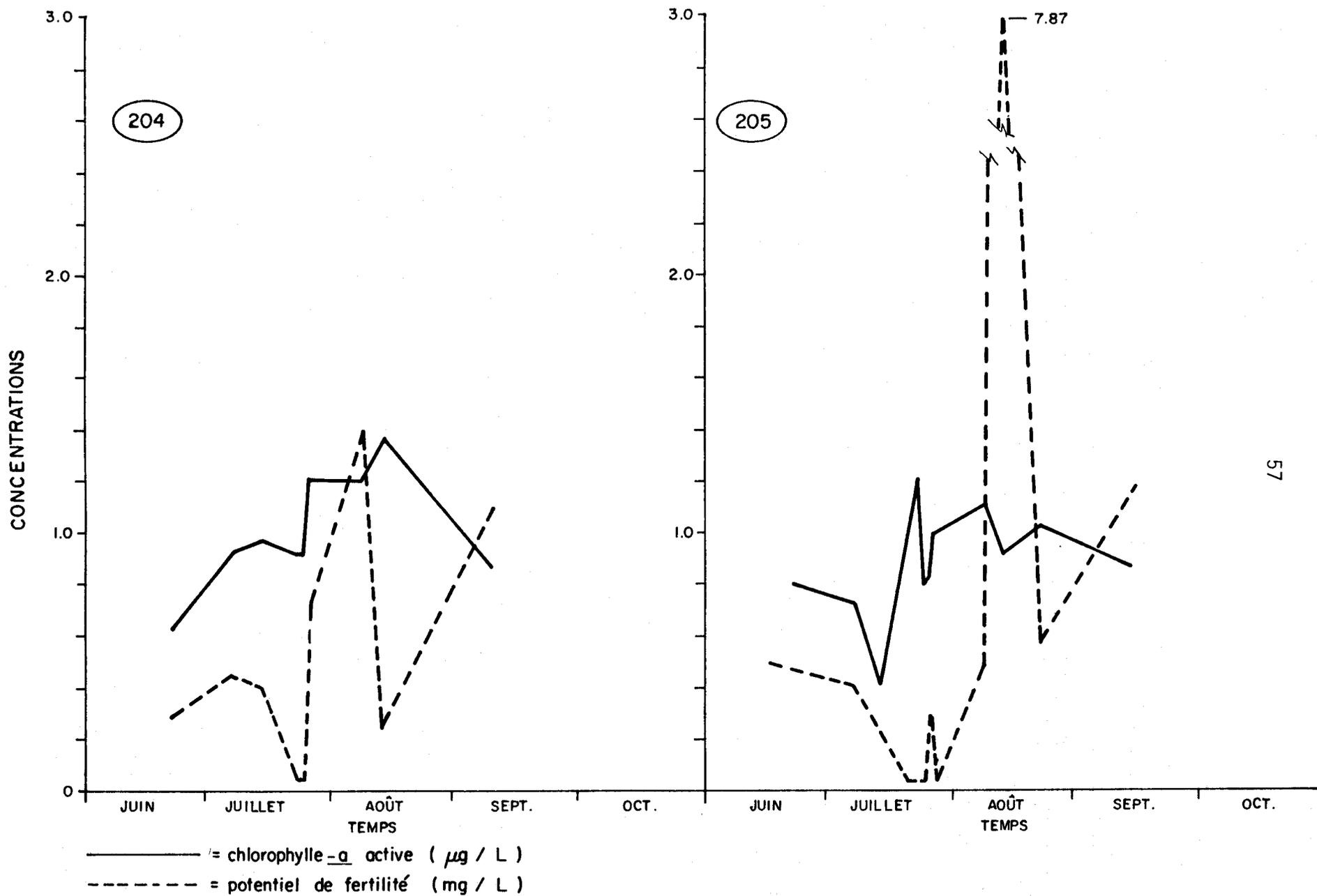


Figure 4.5 c . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle a active aux stations 204 et 205 en surface .

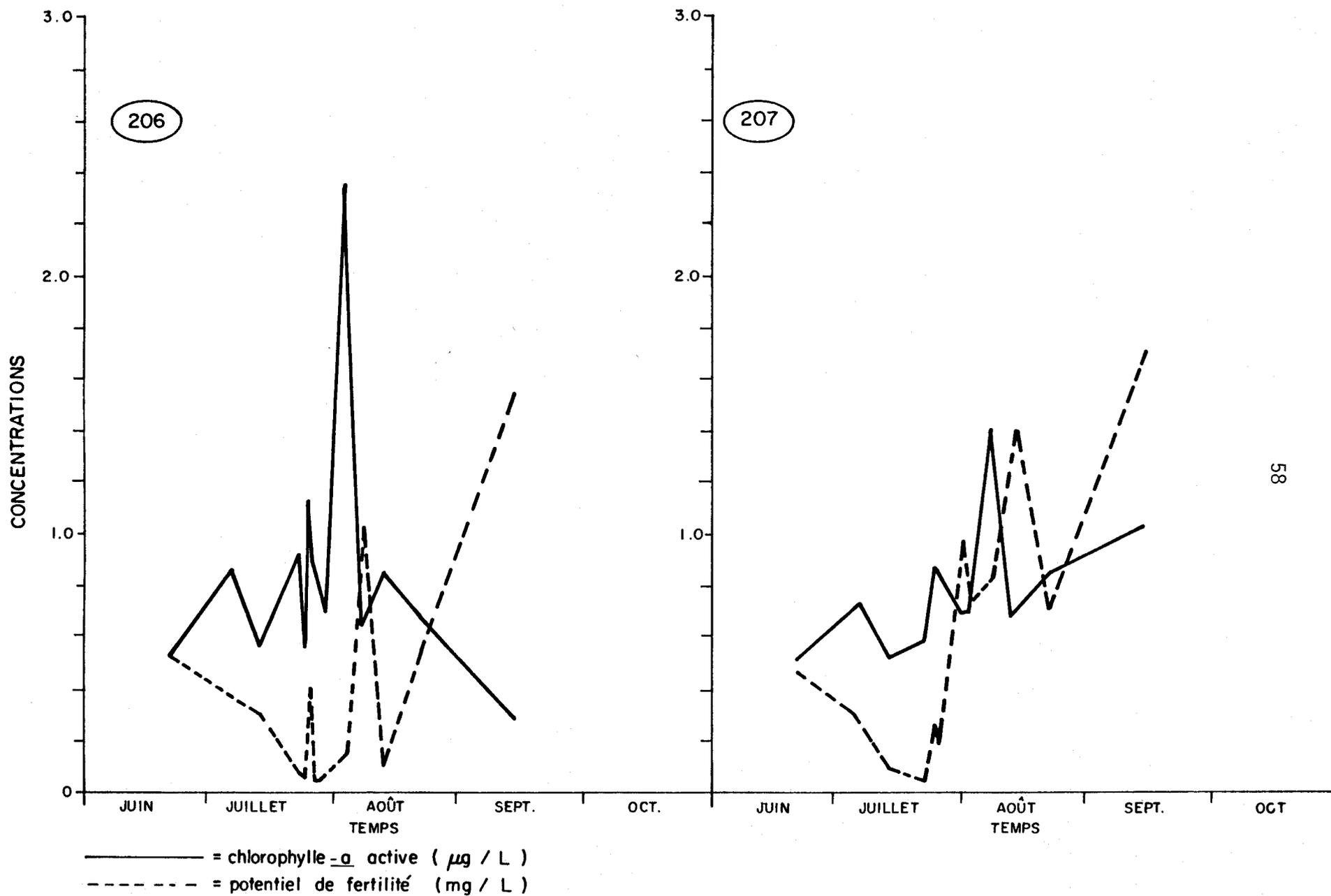


Figure 4.5 d . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle-a active aux stations 206 et 207 en surface .

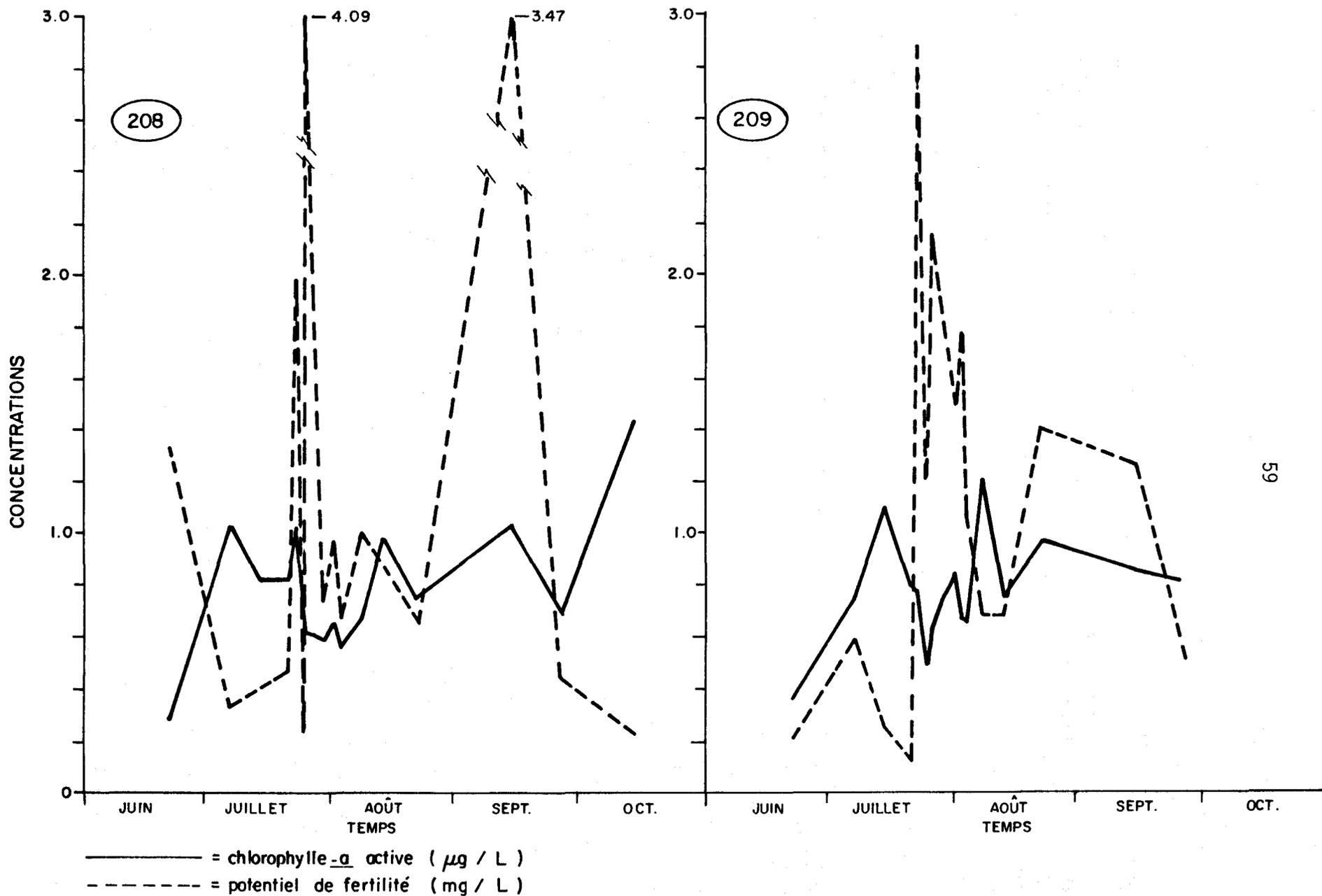


Figure 4.5e . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle-a active aux stations 208 et 209 en surface .

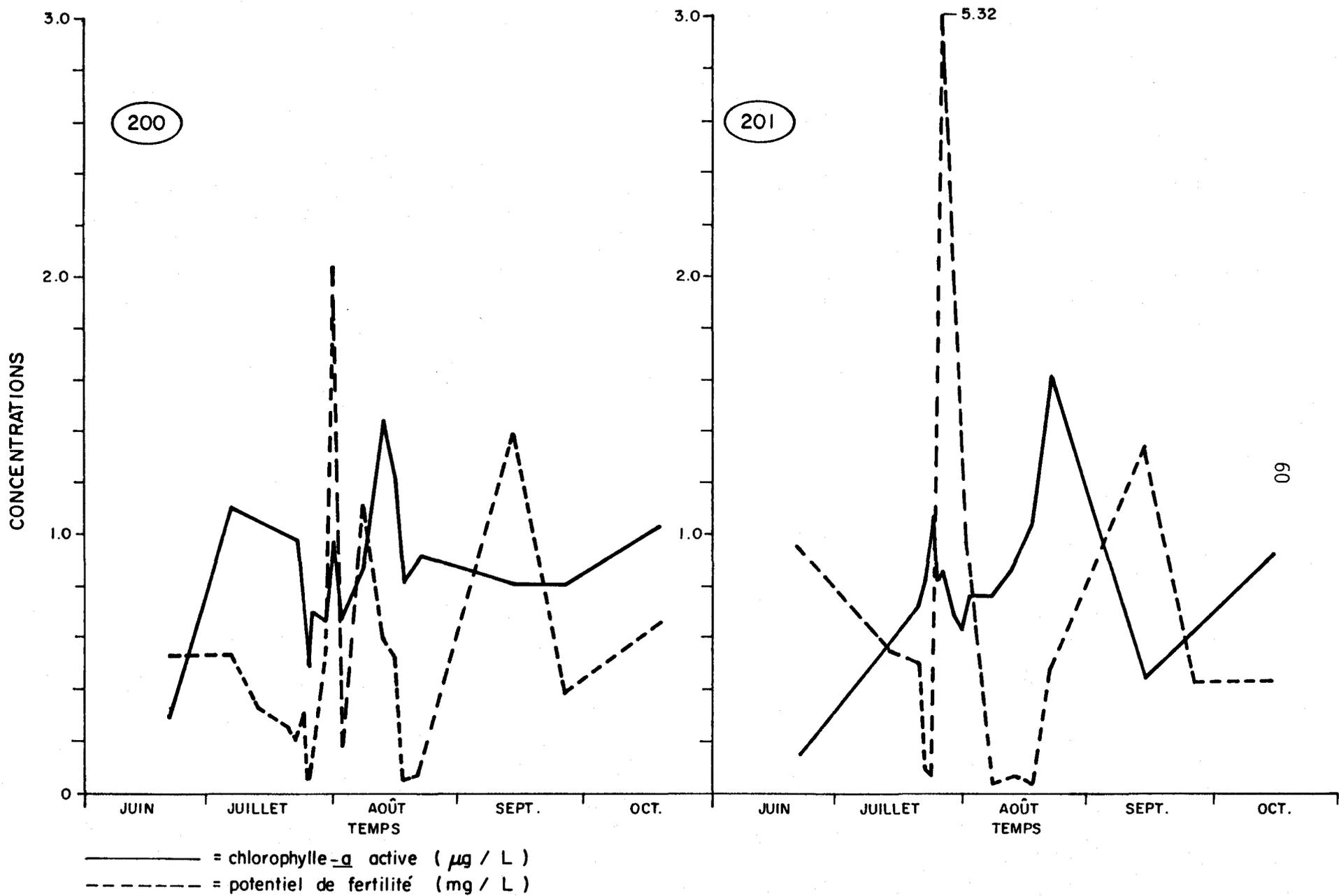


Figure 4.6 a . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle-a active aux stations 200 et 201 dans la zone photique .

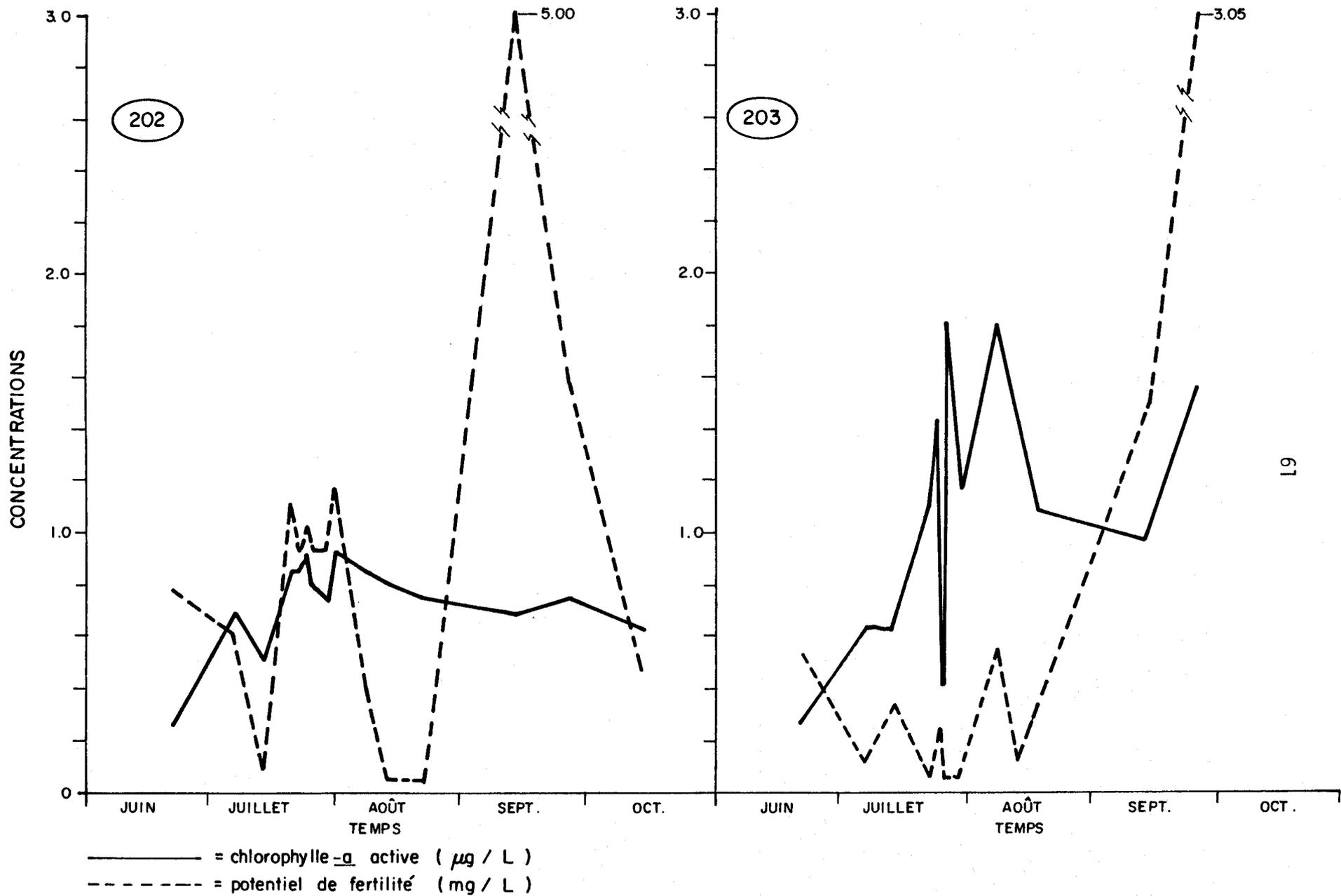


Figure 4.6 b . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle a active aux stations 202 et 203 dans la zone photique .

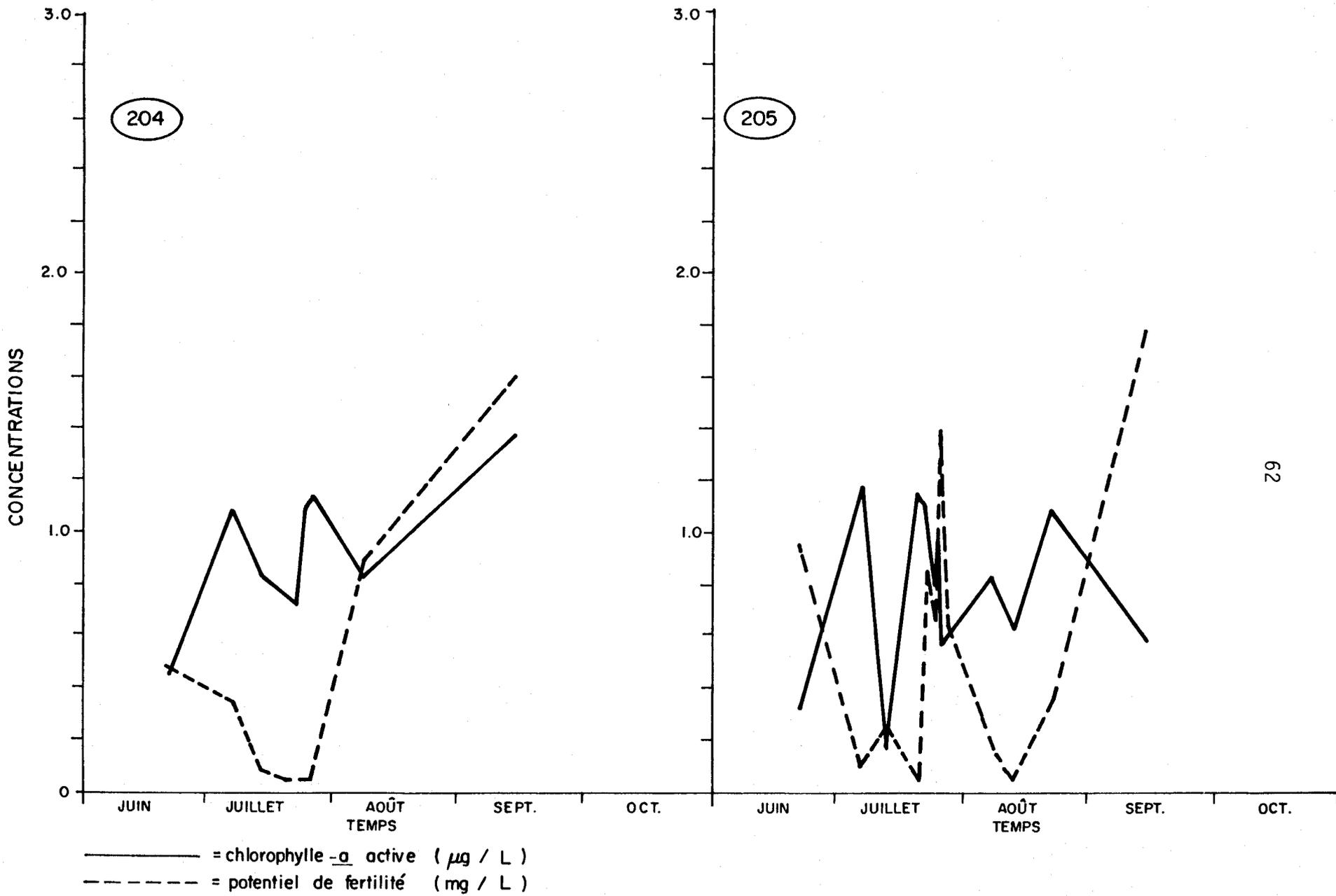


Figure 4.6 c . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle -a active aux stations 204 et 205 dans la zone photique .

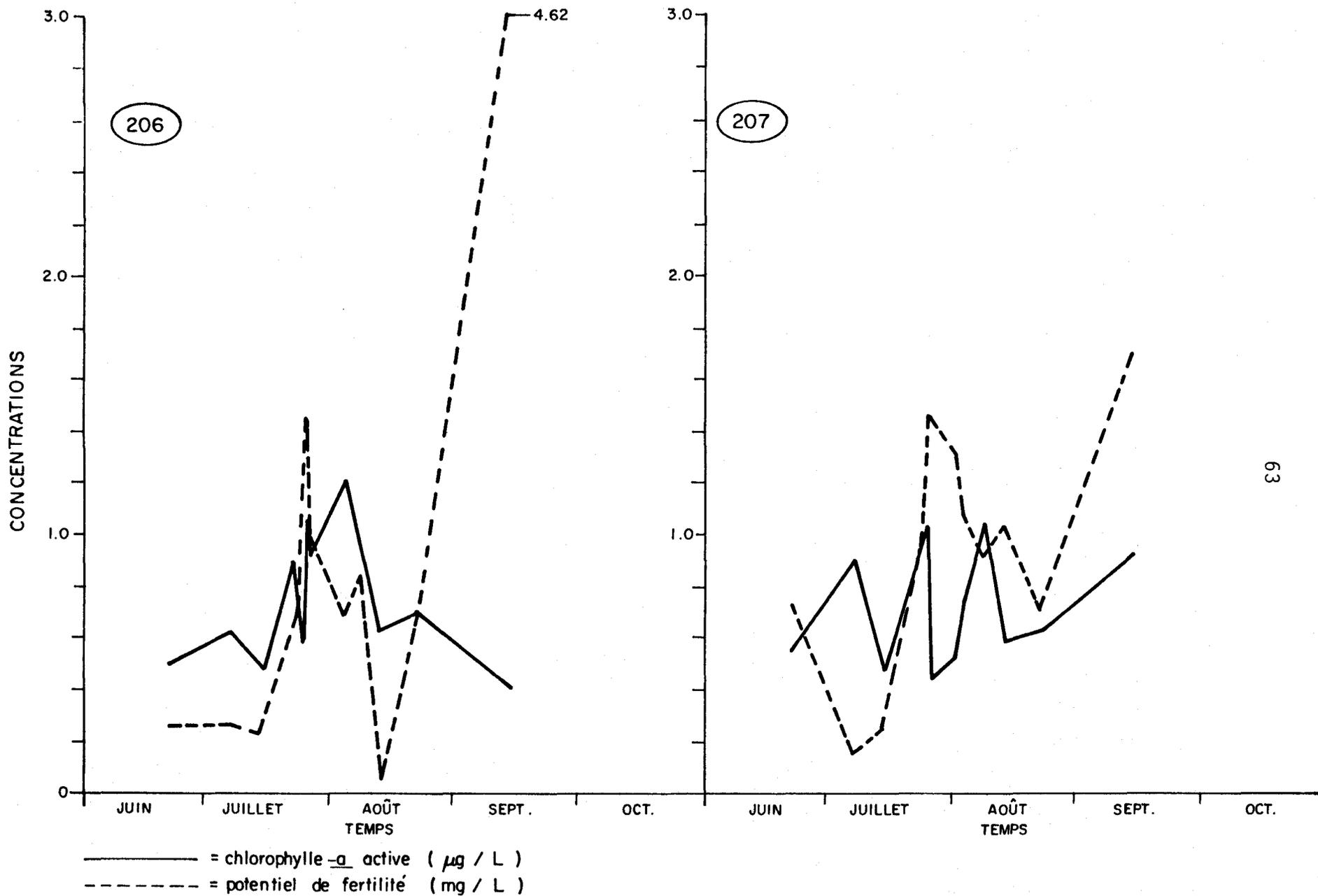


Figure 4.6d . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle-a active aux stations 206 et 207 dans la zone photique .

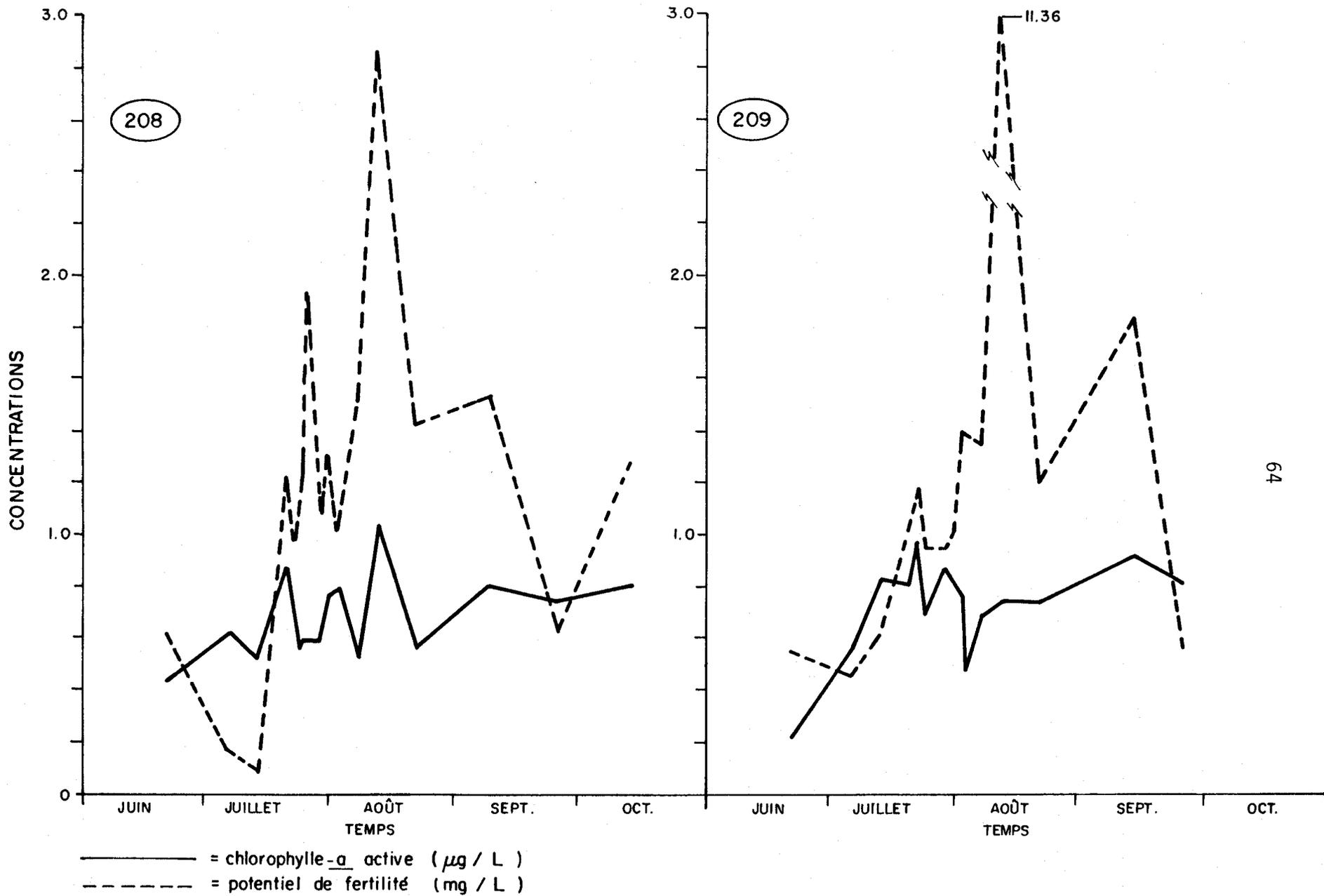


Figure 4.6e . Variation des potentiels de fertilité et des teneurs en chlorophylle-a active aux stations 208 et 209 dans la zone photique .

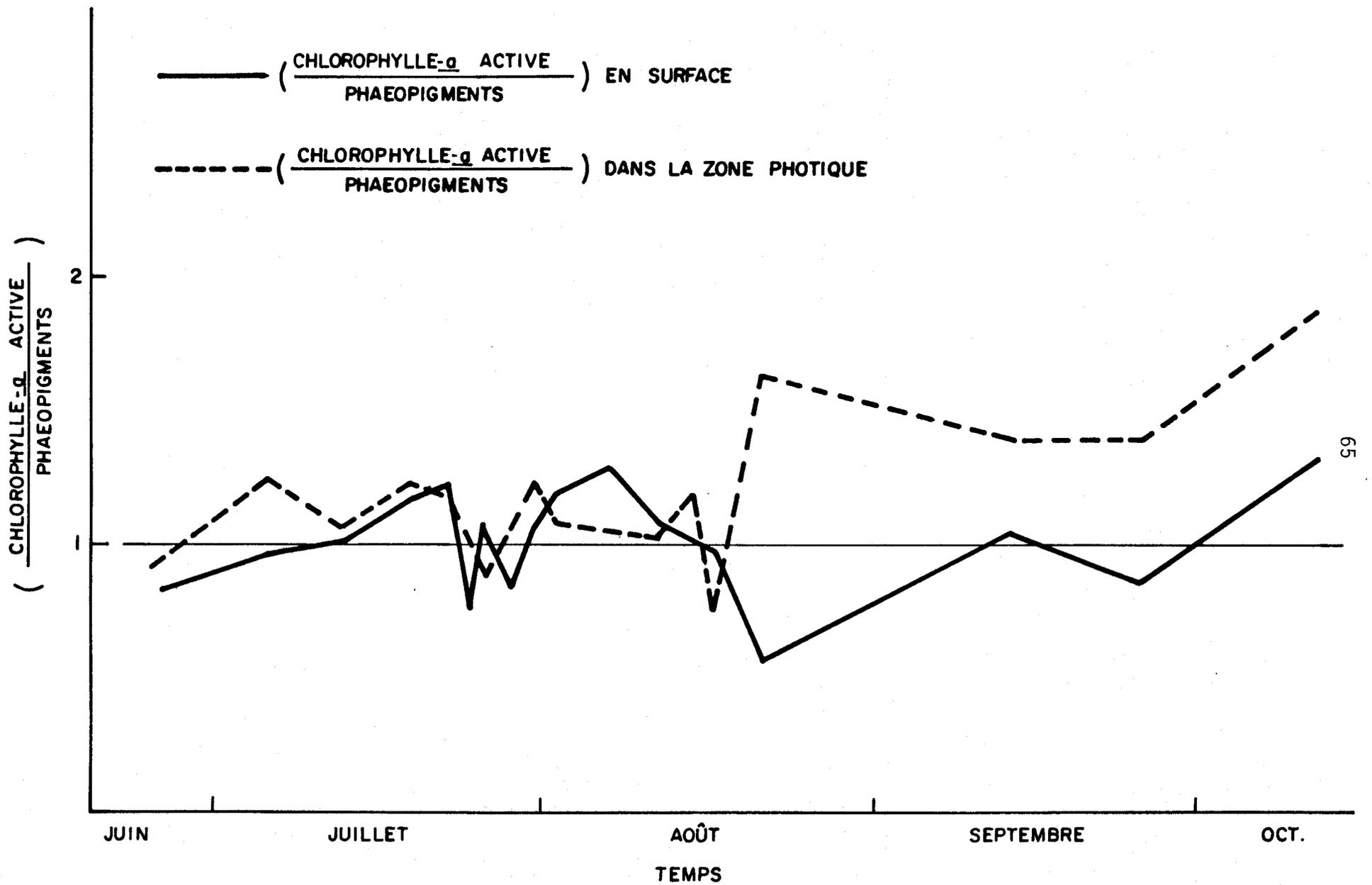


Figure 4. 7a . Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 200.

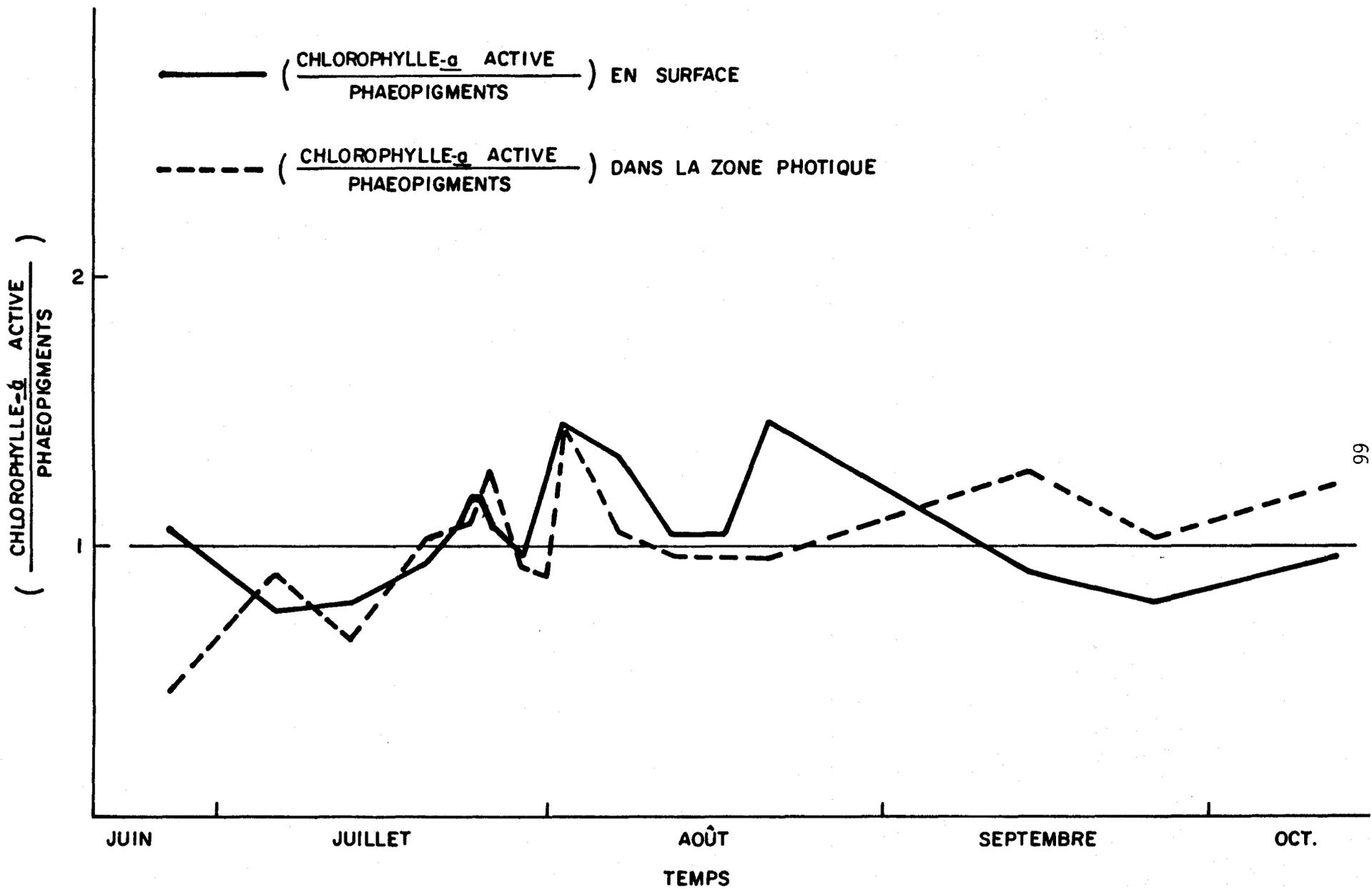


Figure 4.7b . Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 201.

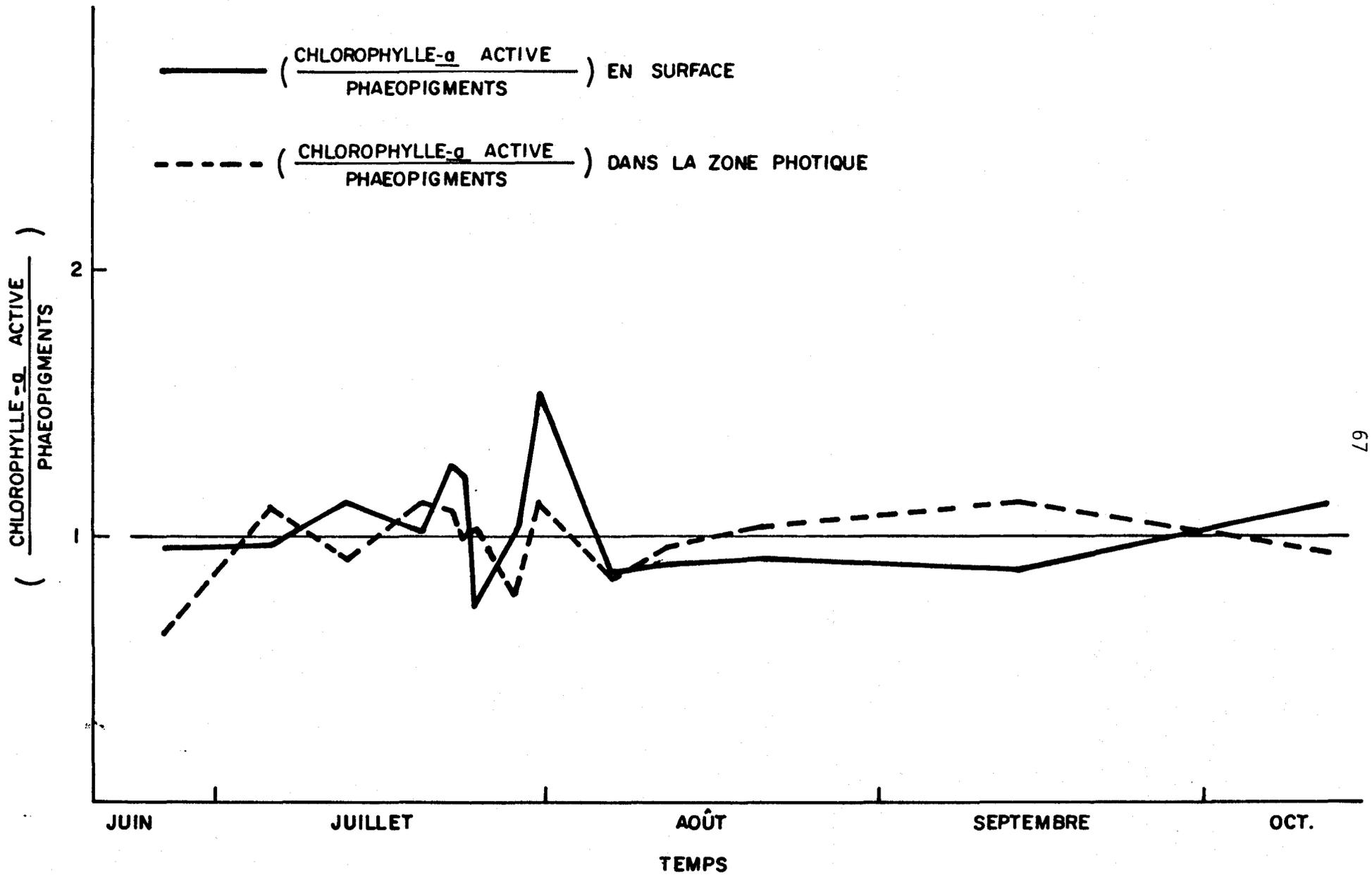


Figure 4.7c . Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 202.

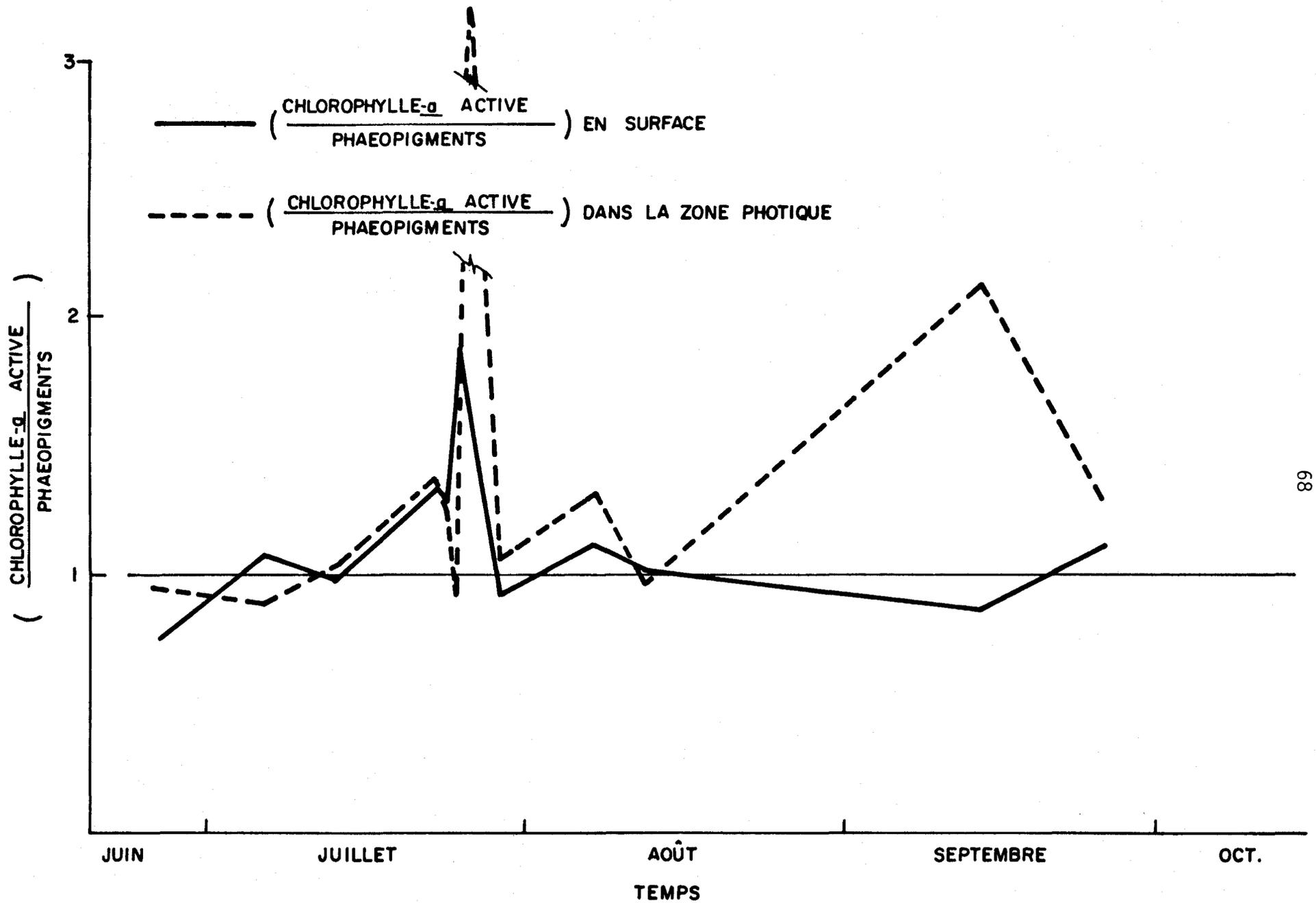


Figure 4.7d . Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 203.

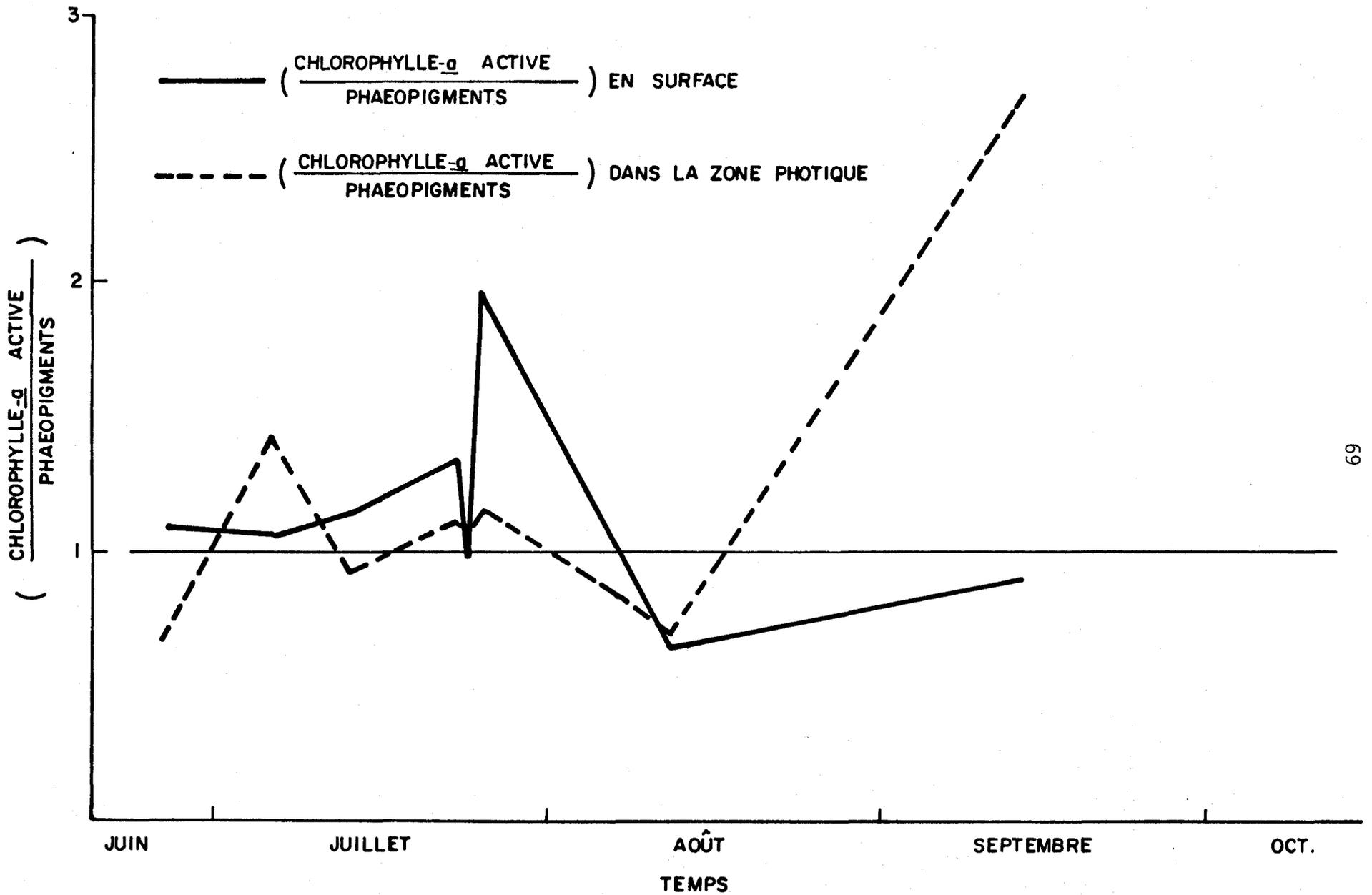


Figure 4.7e . Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 204 .

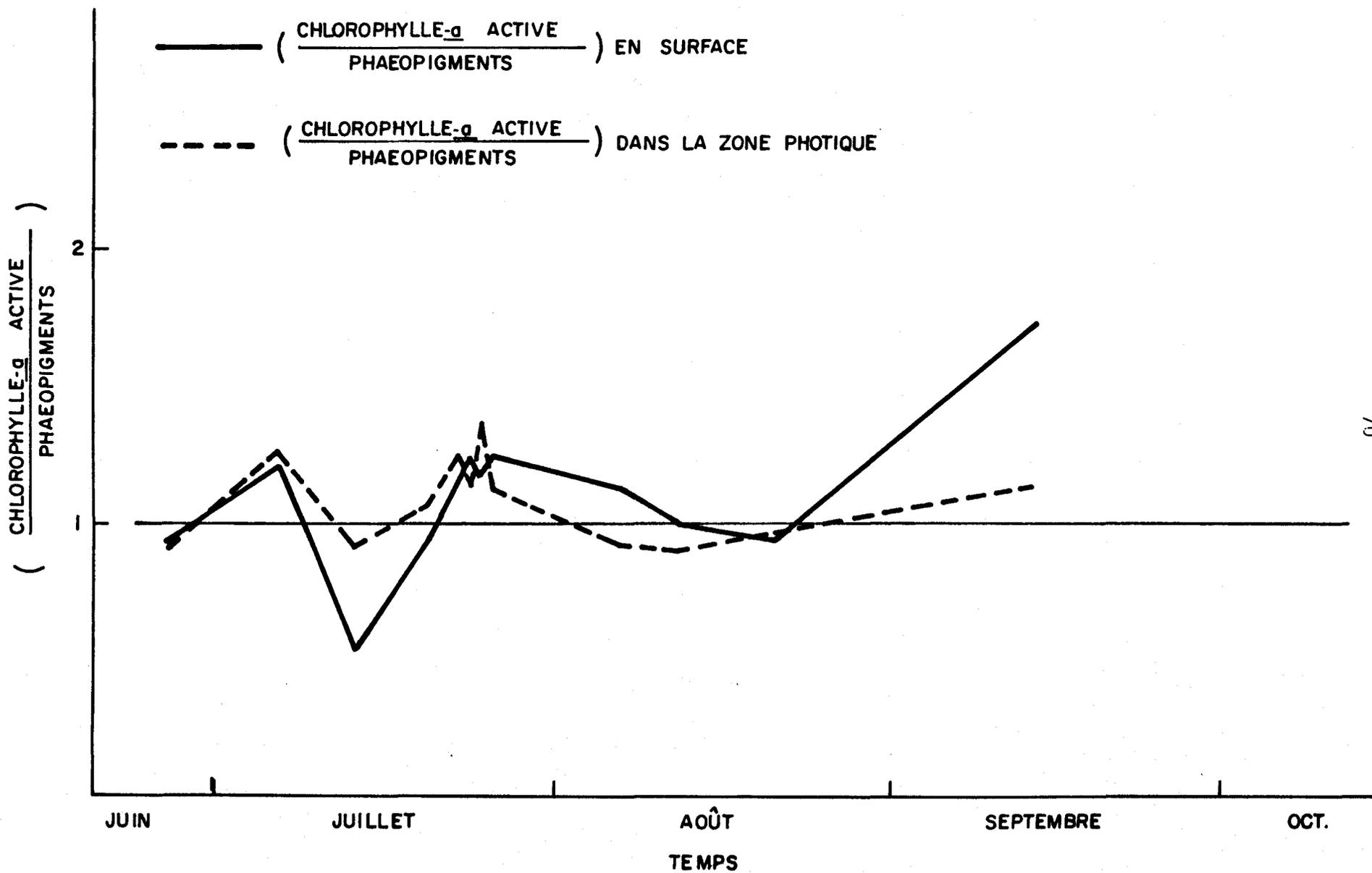


Figure 4.7f . Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 205.

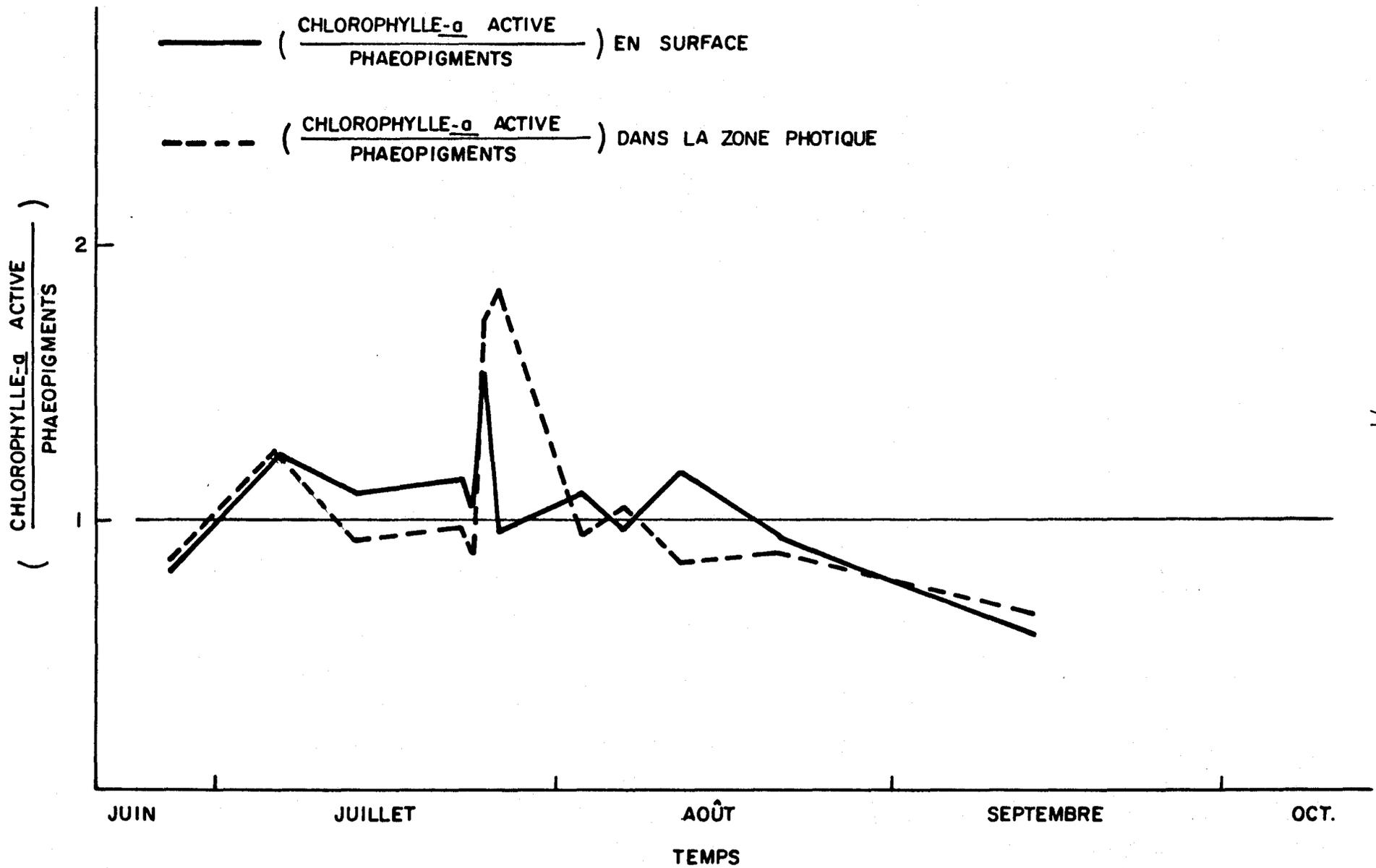


Figure 4.7g . Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 206.

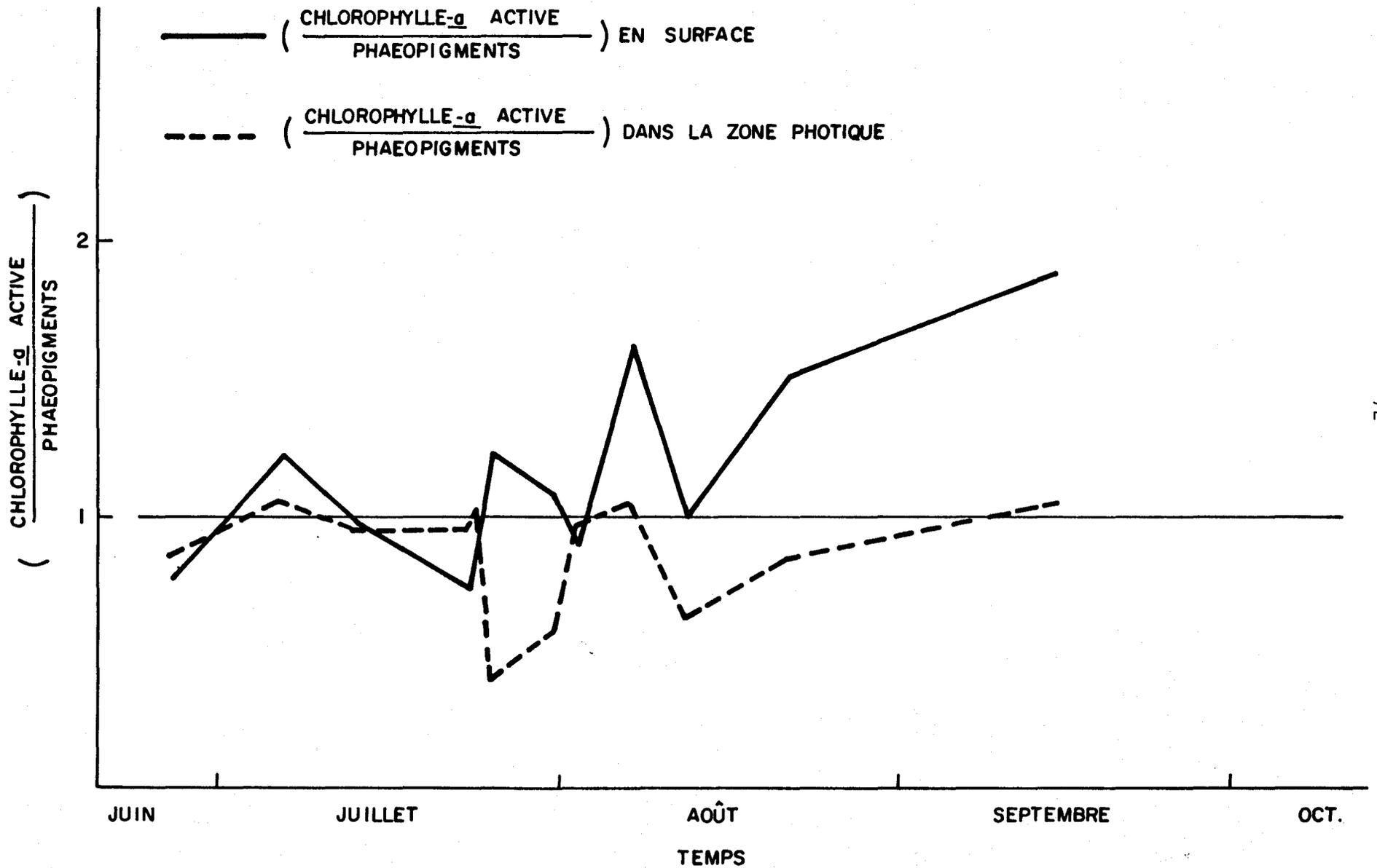


Figure 4.7h . Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 207.

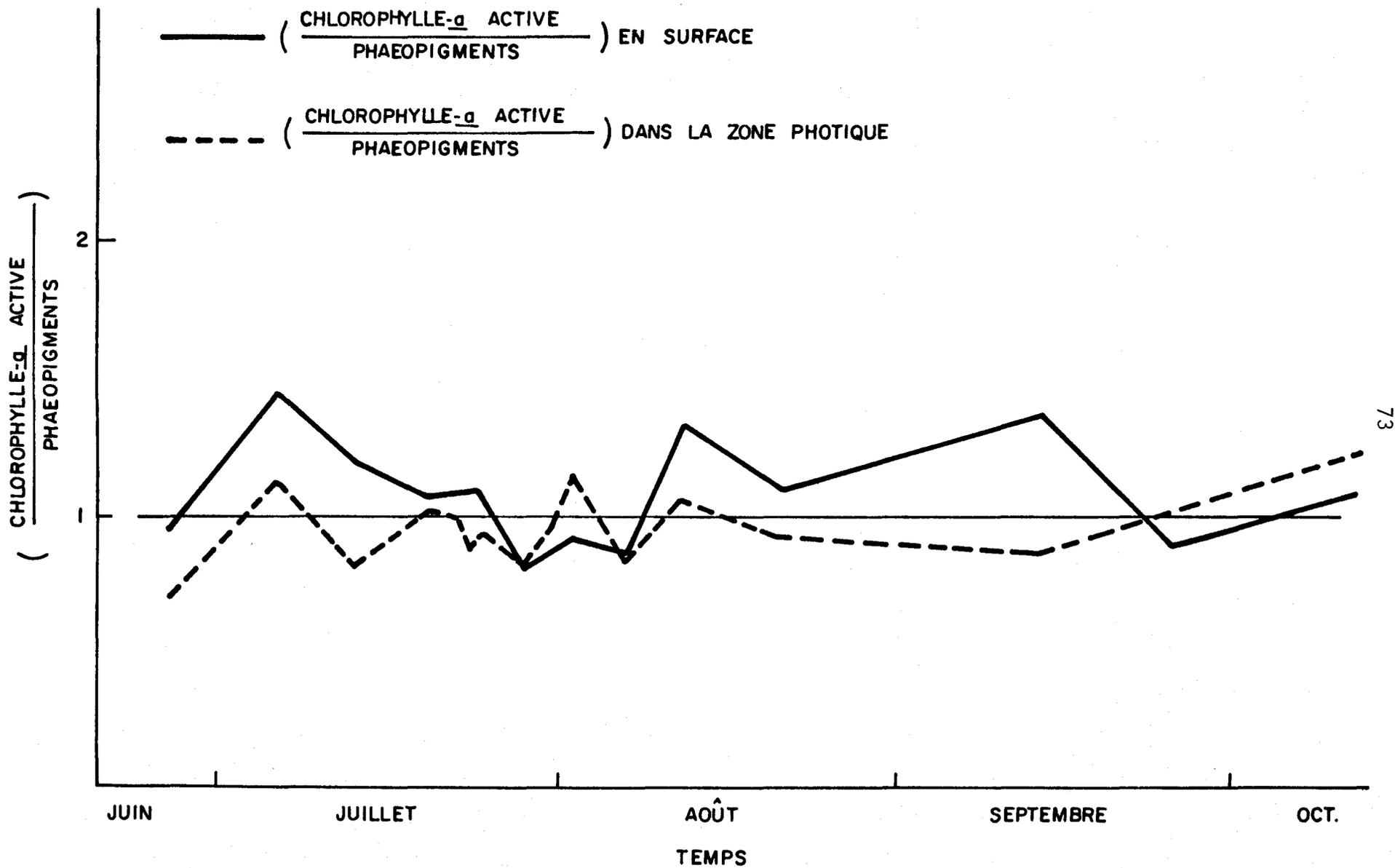


Figure 4.7i .Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 208.

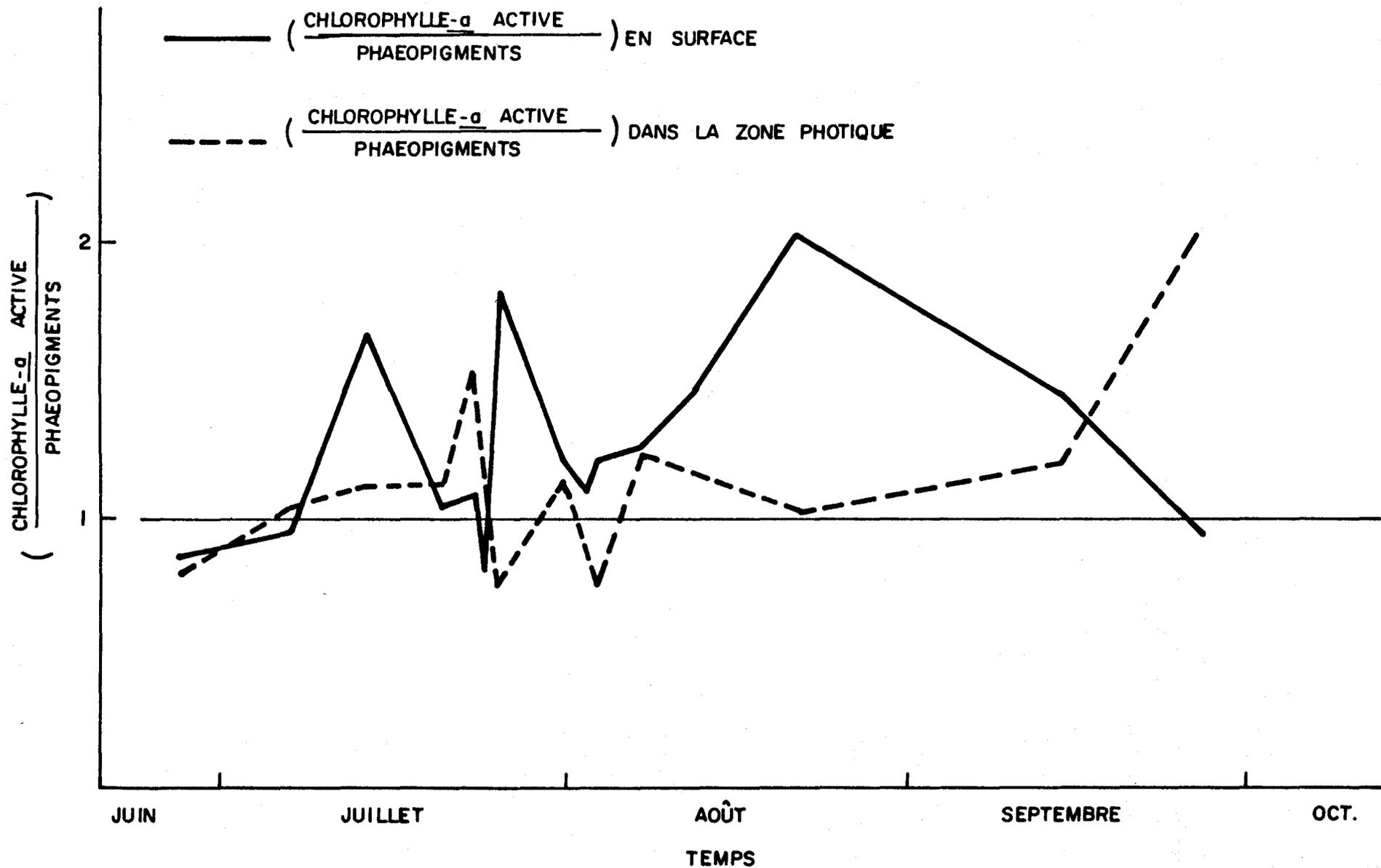


Figure 4.7 j .Variation de l'indice autotrophe - hétérotrophe à la station 209.

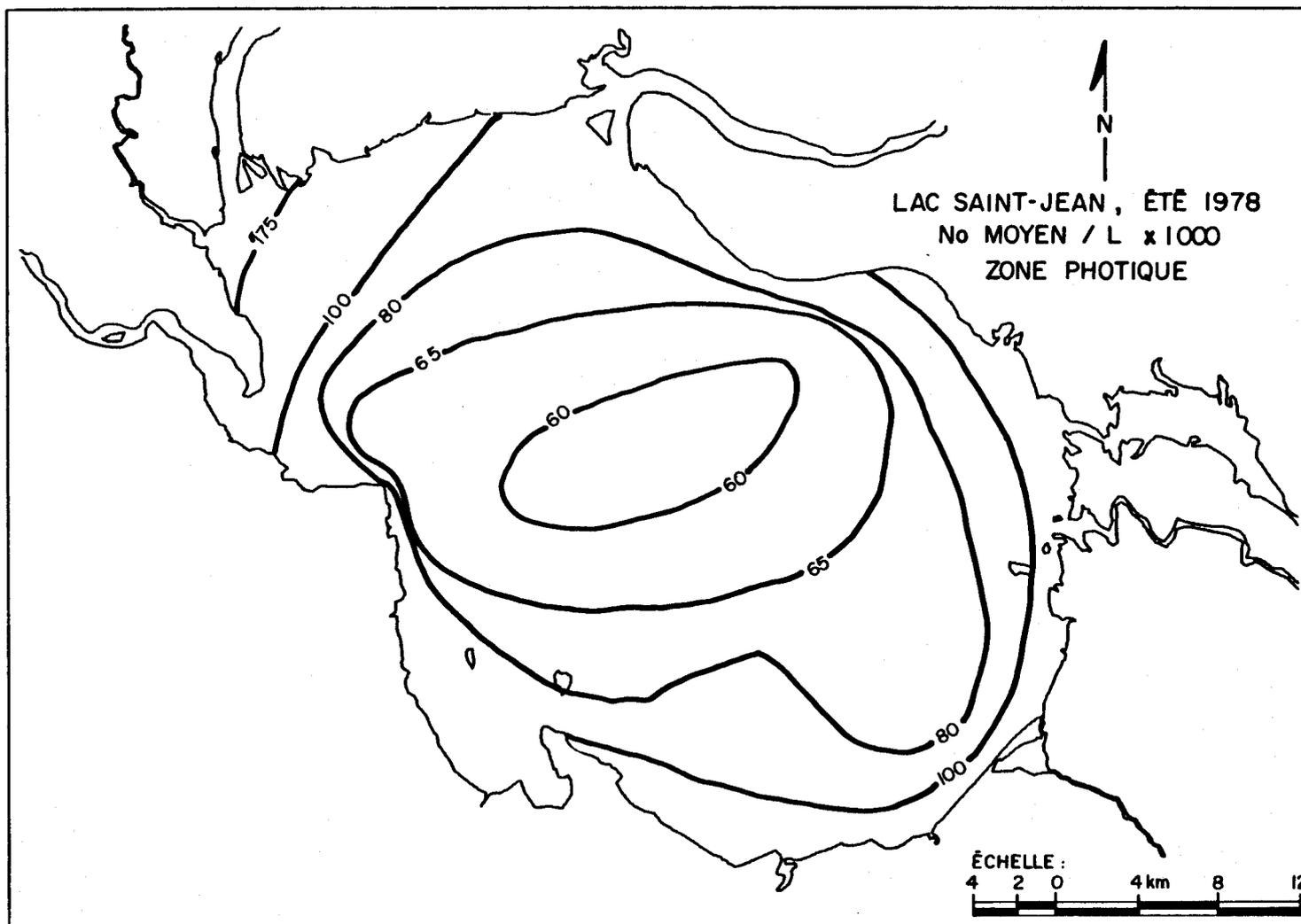


FIGURE 4.8 Distribution spatiale du nombre moyen (x 1000) d'organismes phytoplanctoniques par litre de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.

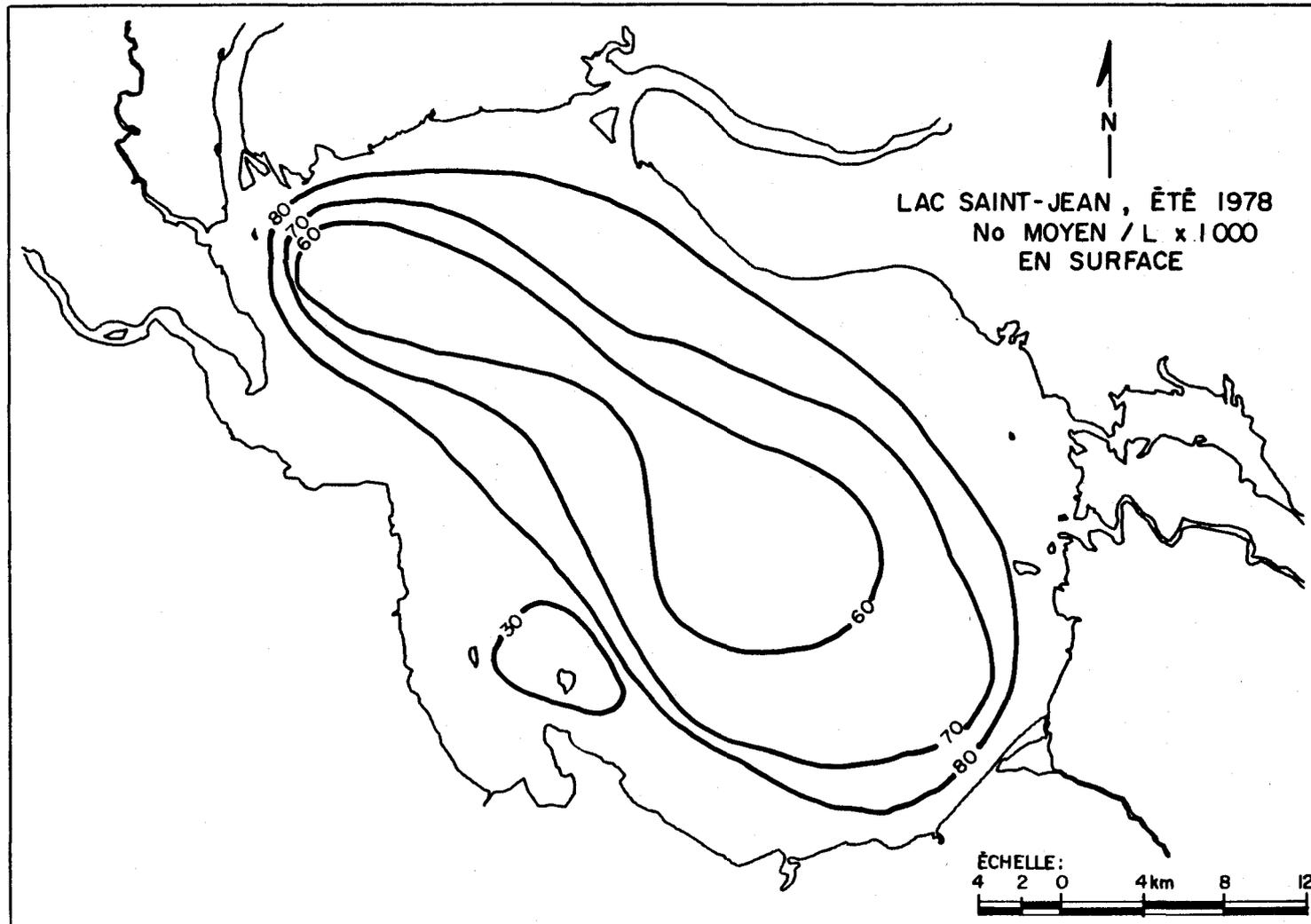


FIGURE 4.9 Distribution spatiale du nombre moyen (x 1000) d'organismes phytoplanctoniques par litre en surface des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.

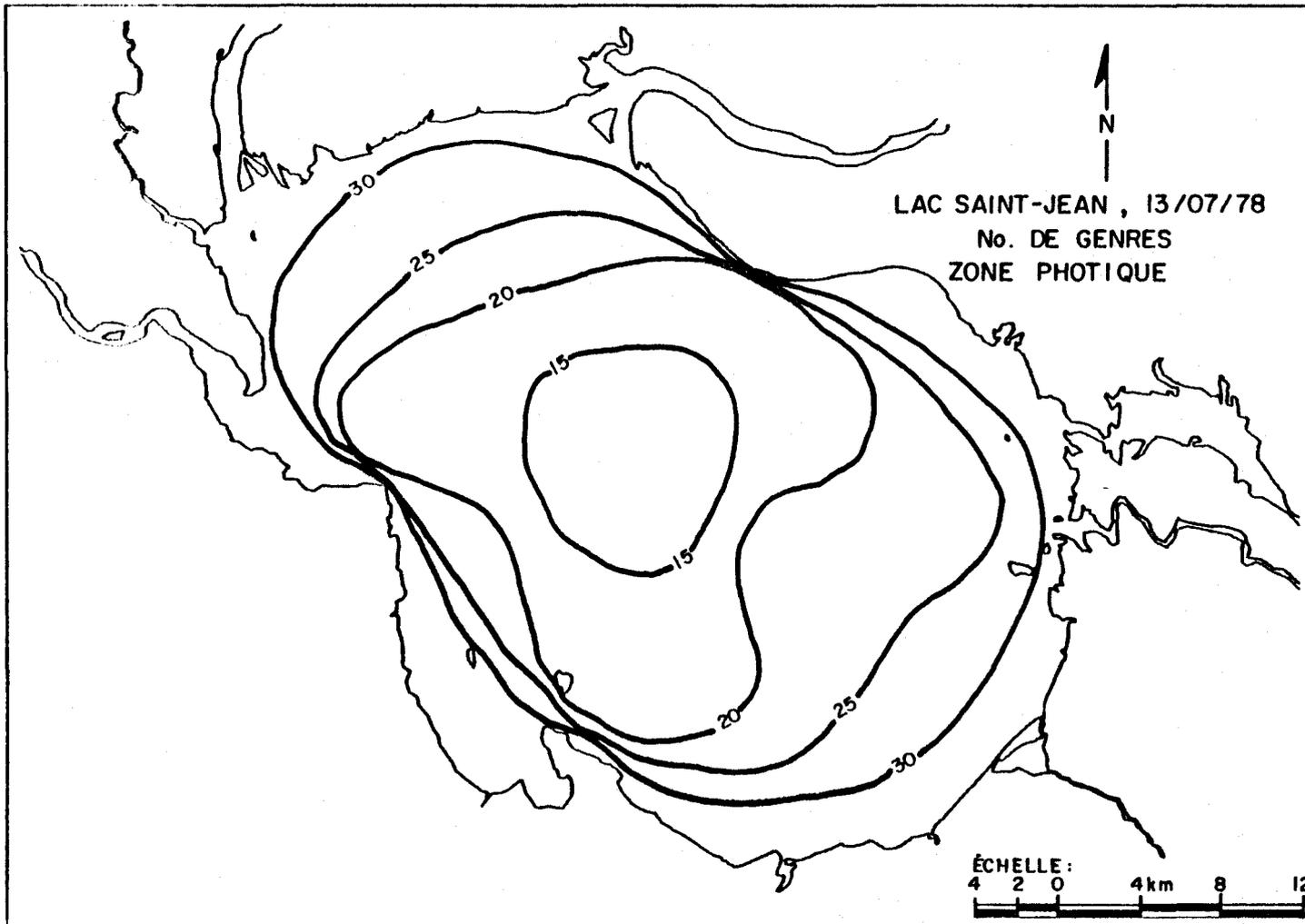


FIGURE 4.10 Distribution spatiale du nombre de genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

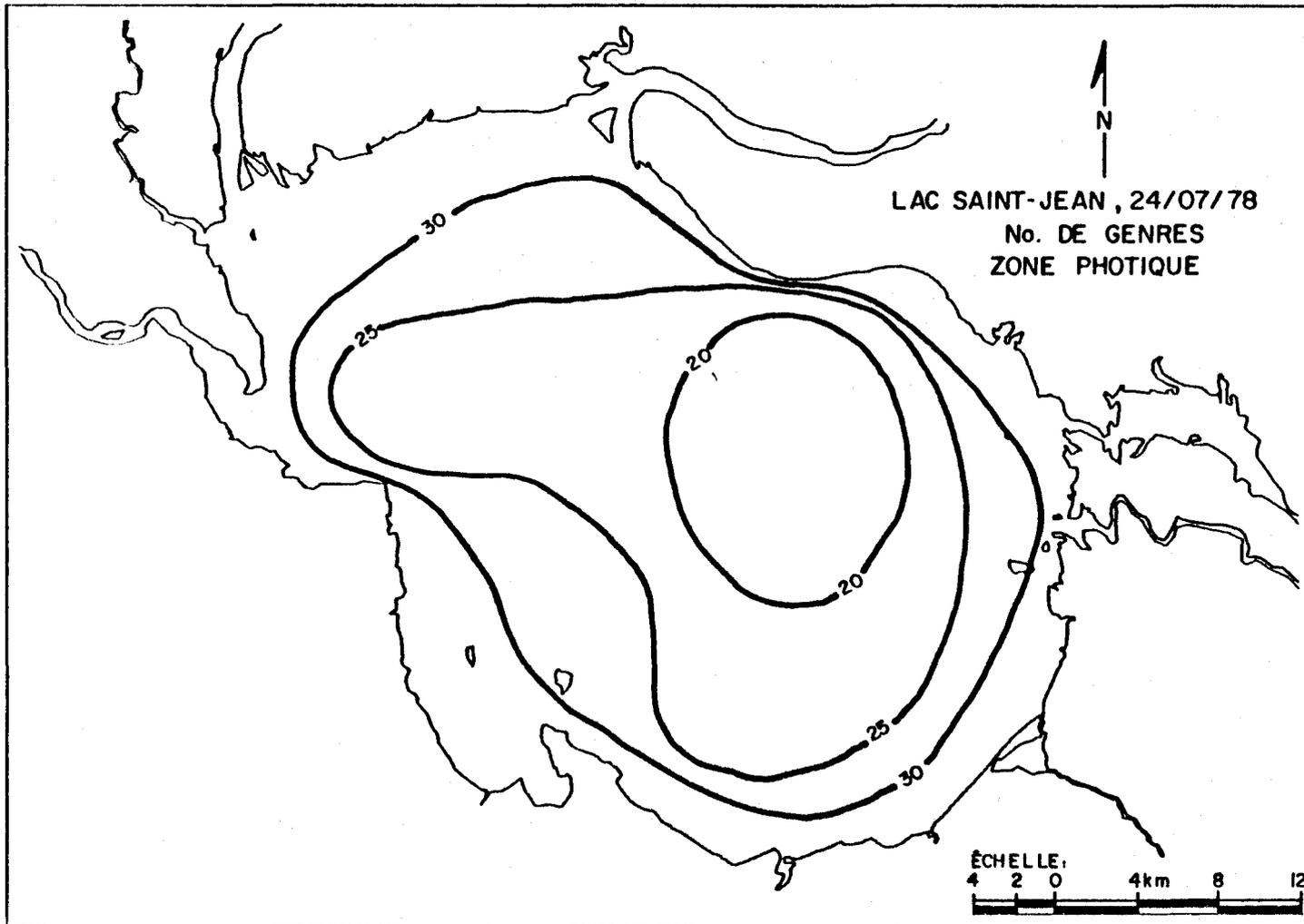


FIGURE 4.11 Distribution spatiale du nombre moyen des genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

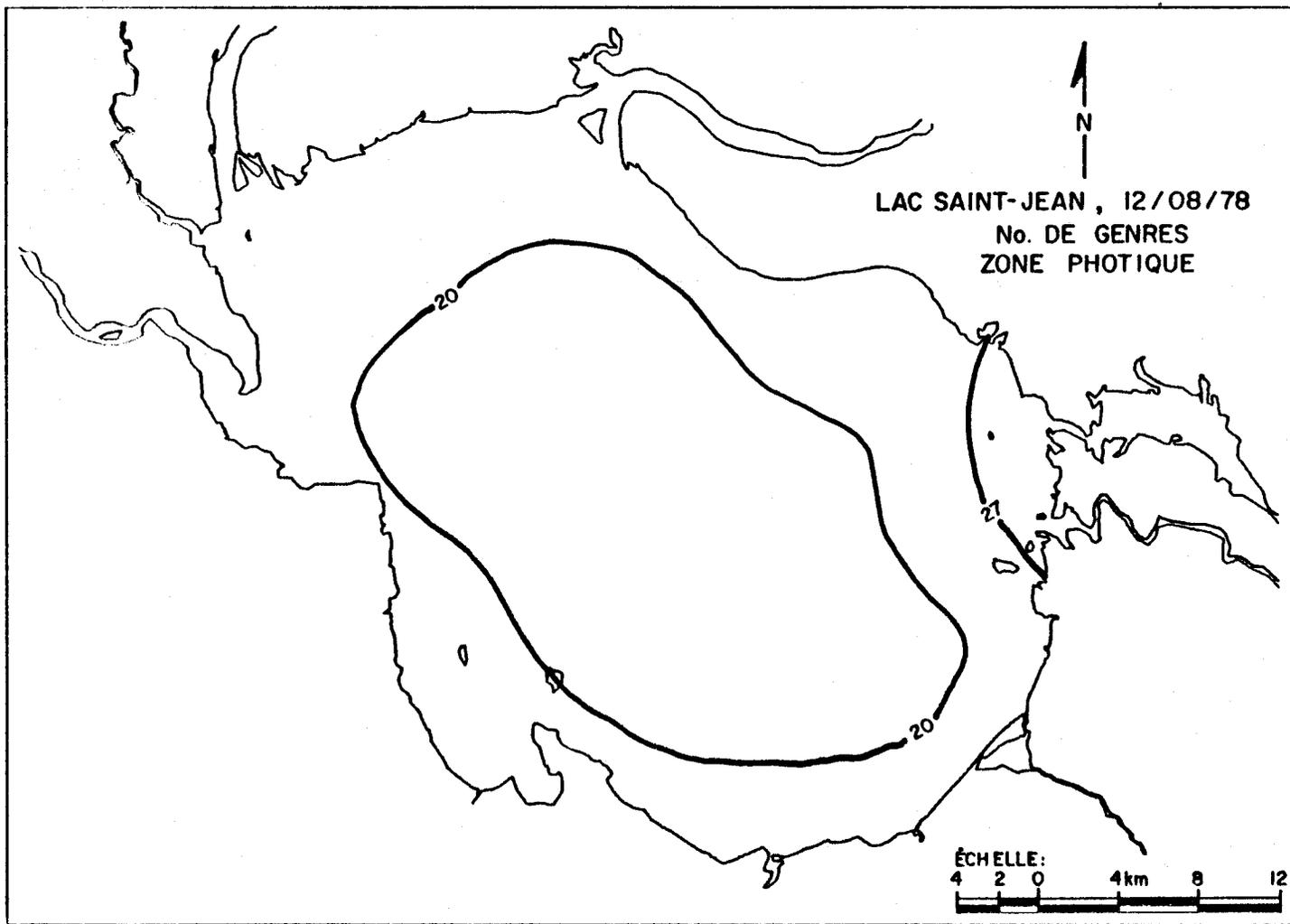


FIGURE 4.12 Distribution spatiale du nombre moyen des genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

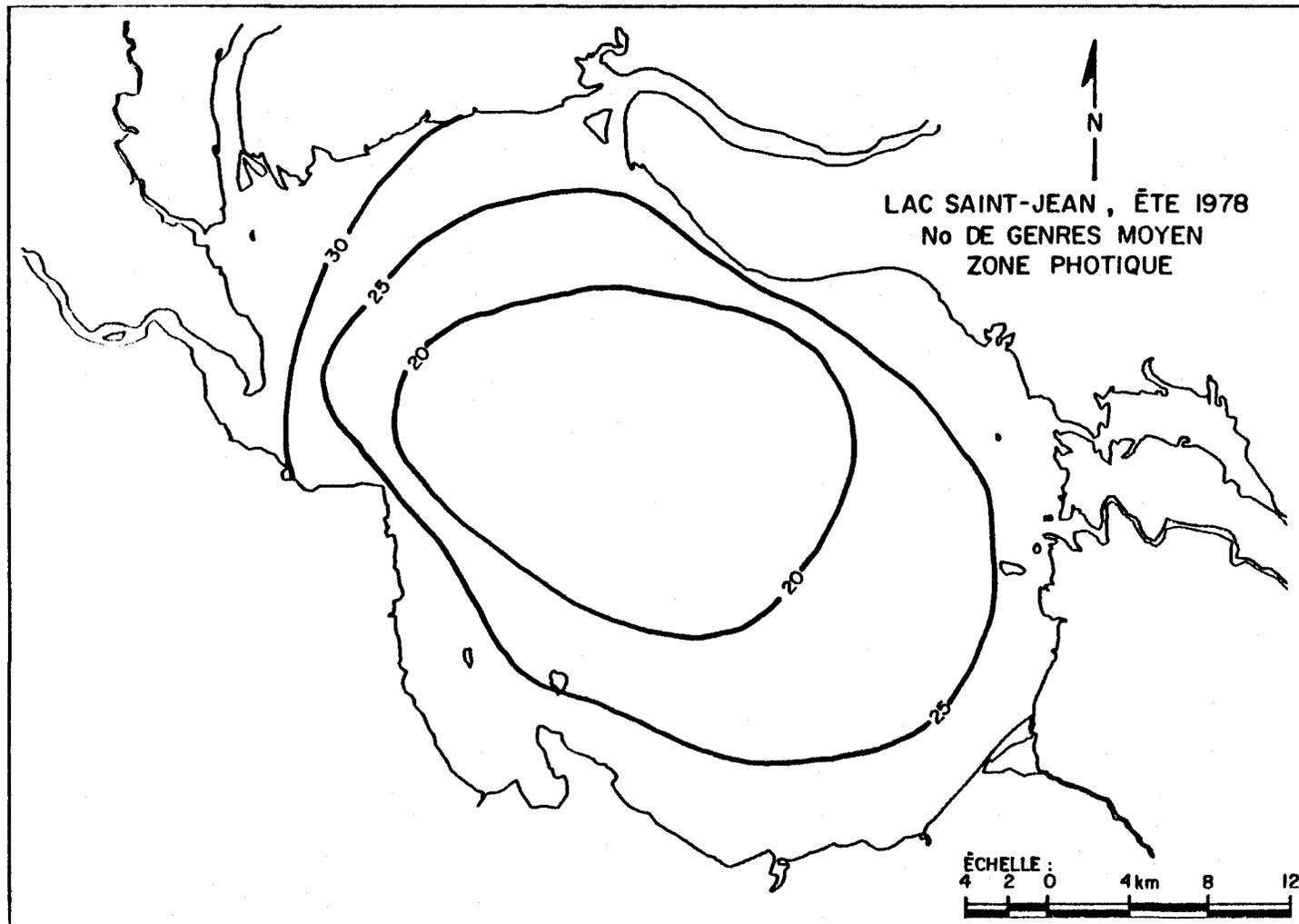


FIGURE 4.13 Distribution spatiale du nombre moyen des genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.

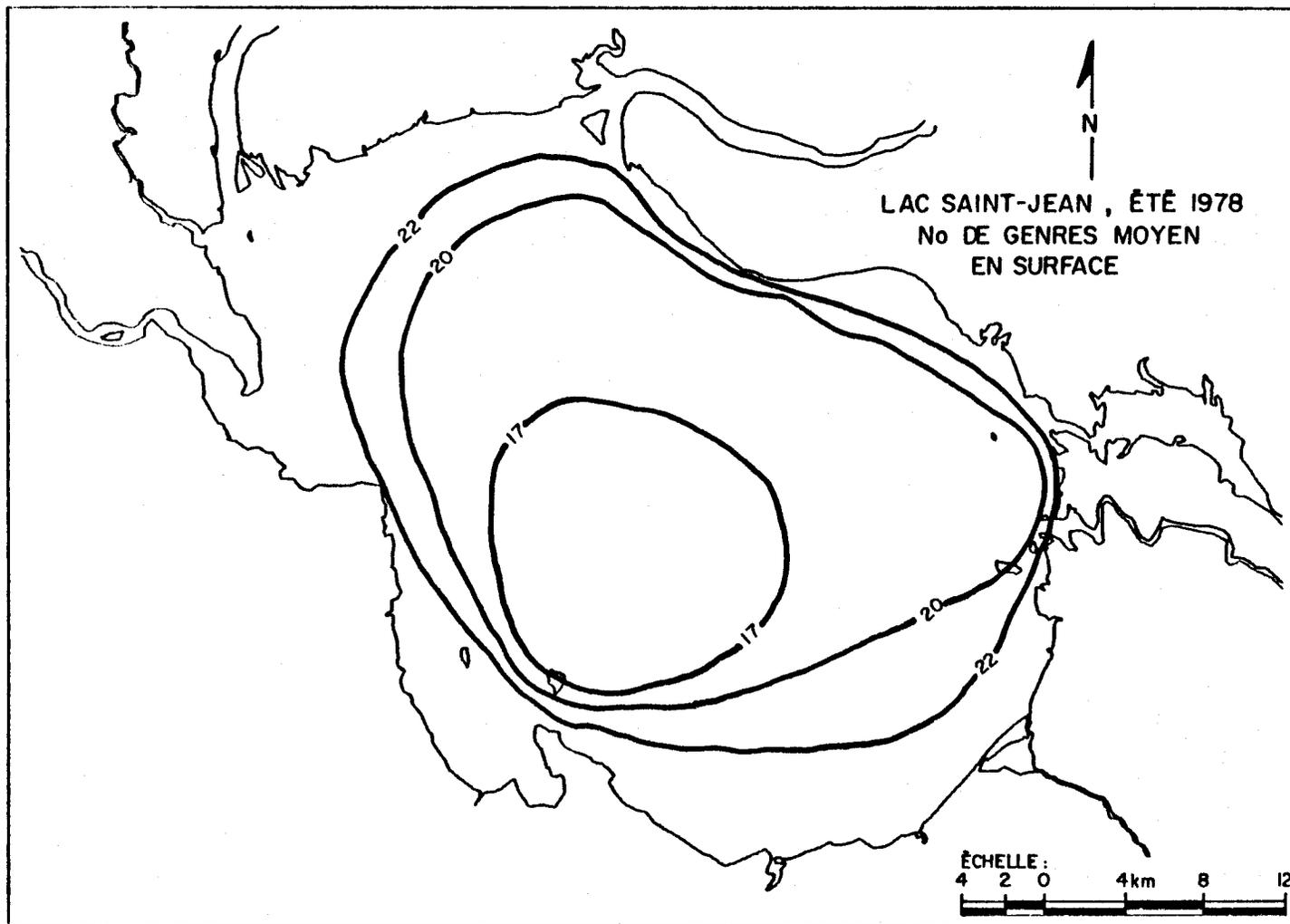


FIGURE 4.14 Distribution spatiale du nombre moyen des genres d'algues en surface des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.

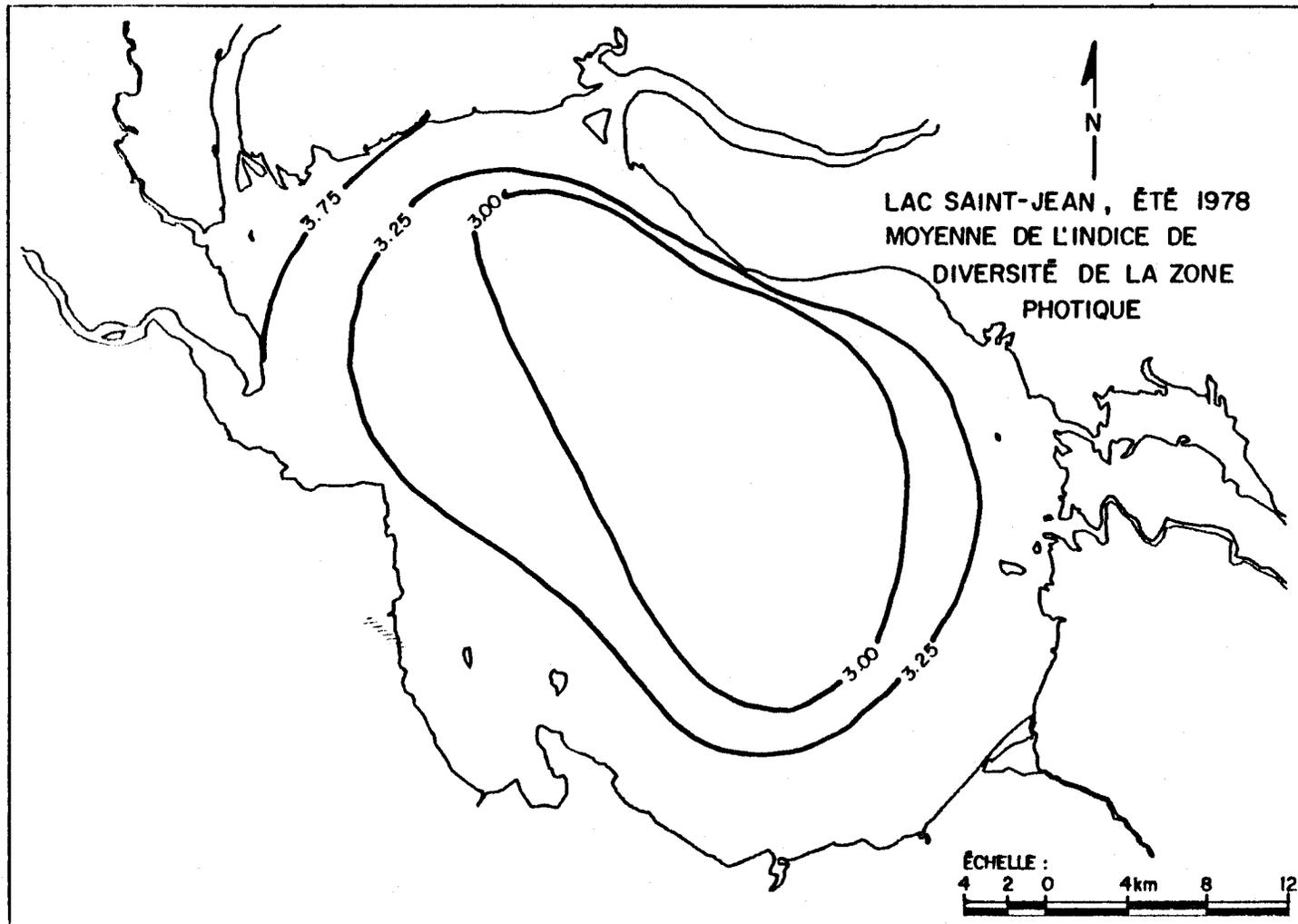


FIGURE 4.15 Distribution spatiale des moyennes de l'indice de diversité des genres d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean durant l'été 1978.

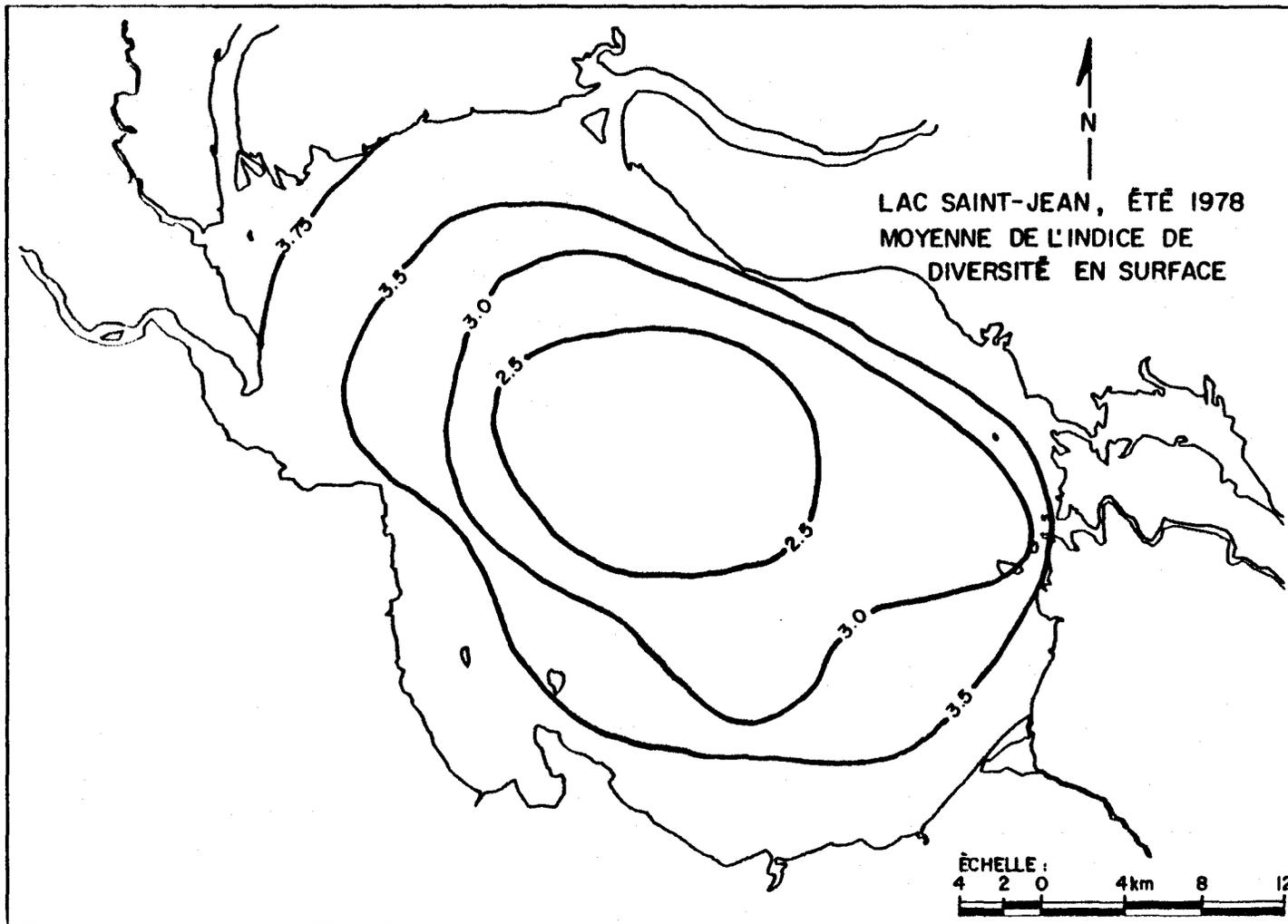


FIGURE 4.16 Distribution spatiale des moyennes de l'indice de diversité des genres d'algues en surface des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.

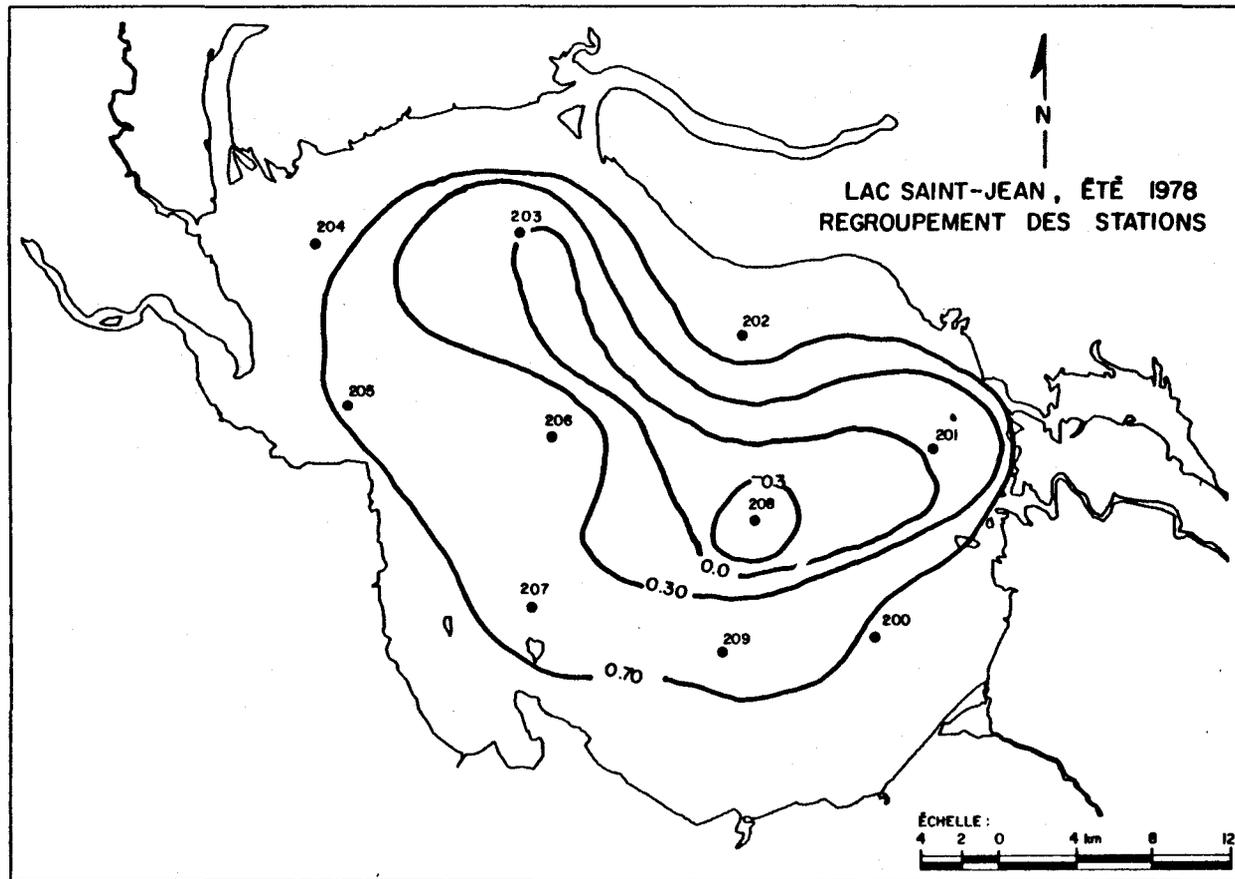


FIGURE 4.17 Distribution spatiale des coefficients de corrélations avant rotation entre la 1ère composante principale et les dix stations en fonction de la chlorophylle-a totale de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.

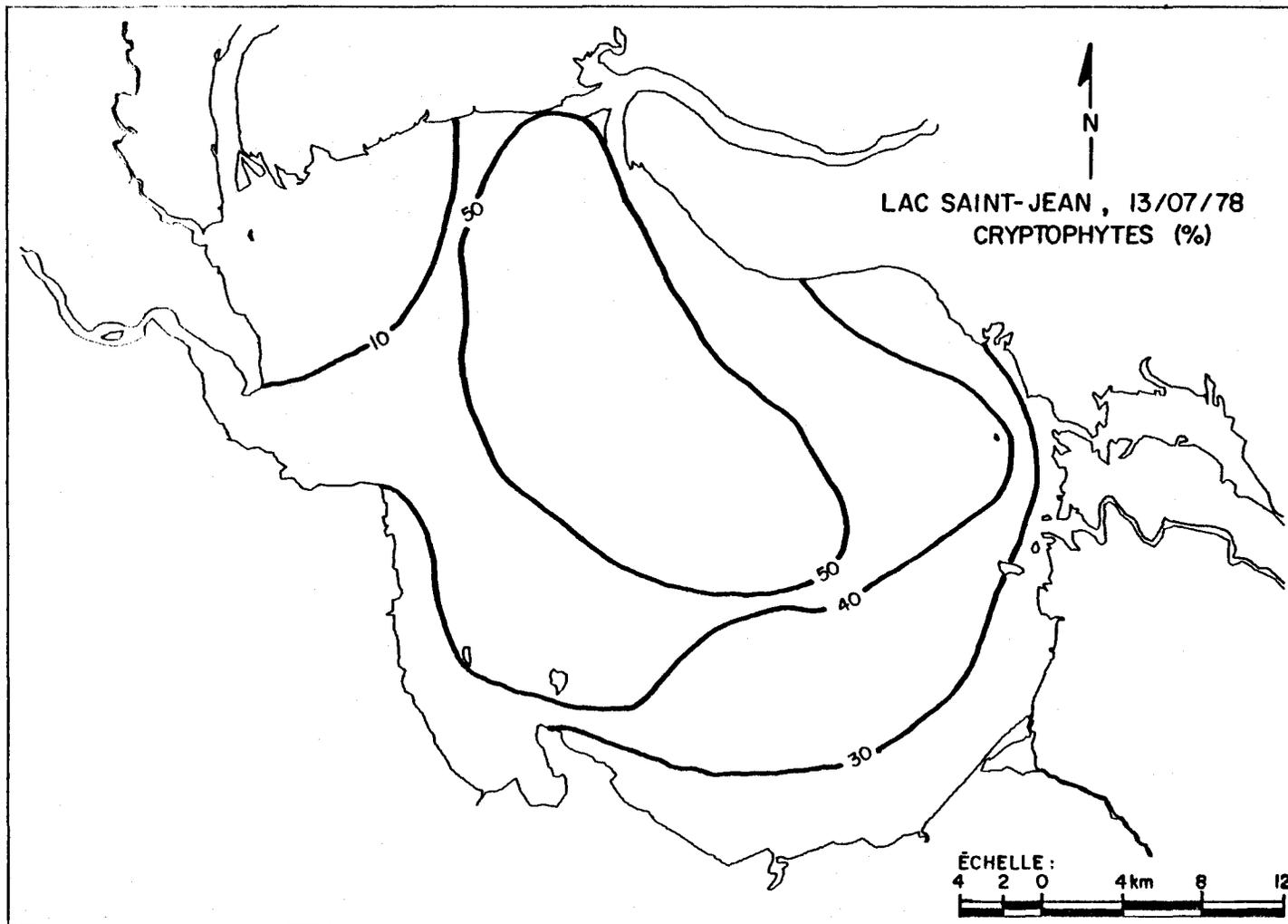


FIGURE 4.18 Distribution spatiale des Cryptophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

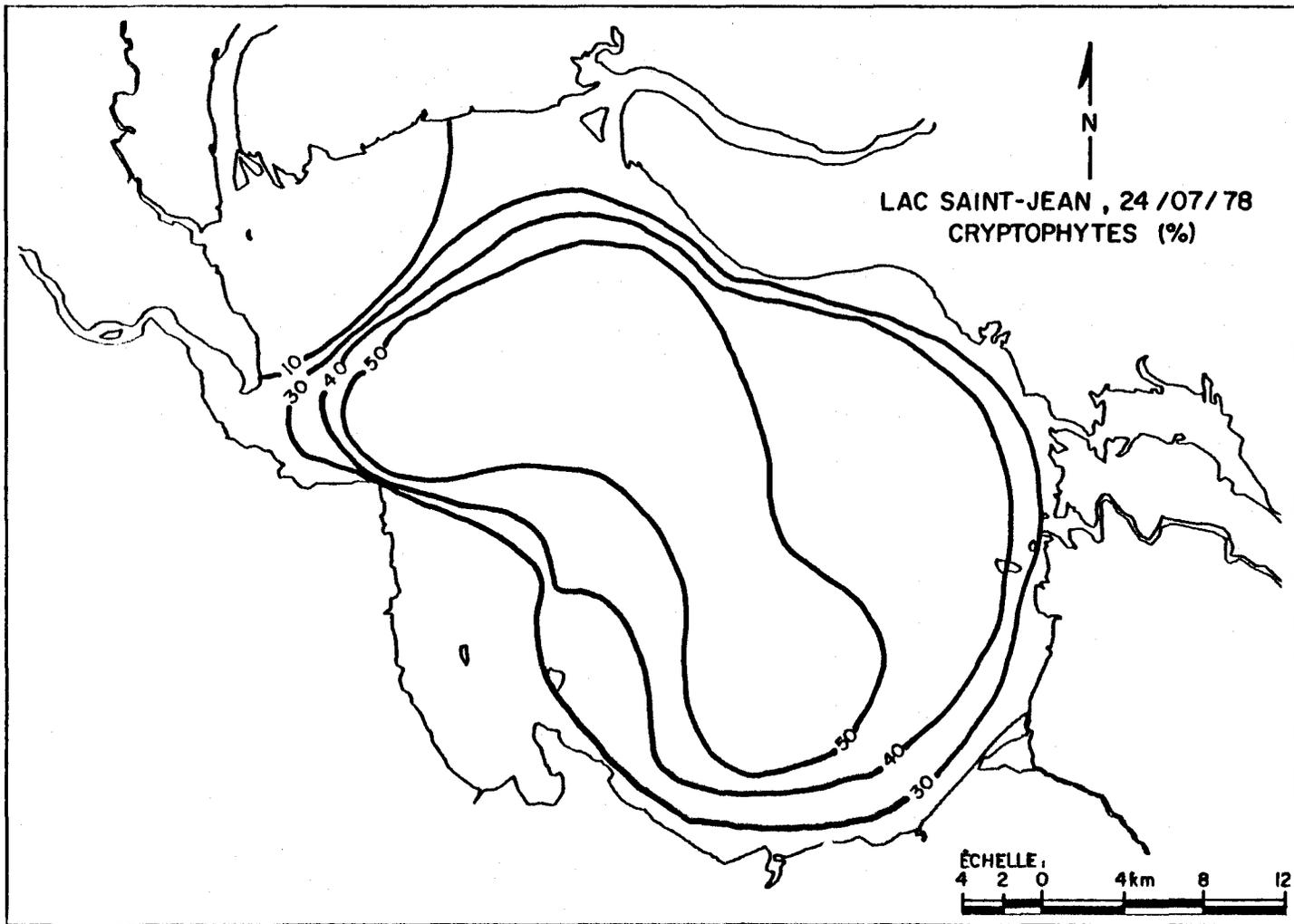


FIGURE 4.19 Distribution spatiale des Cryptophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

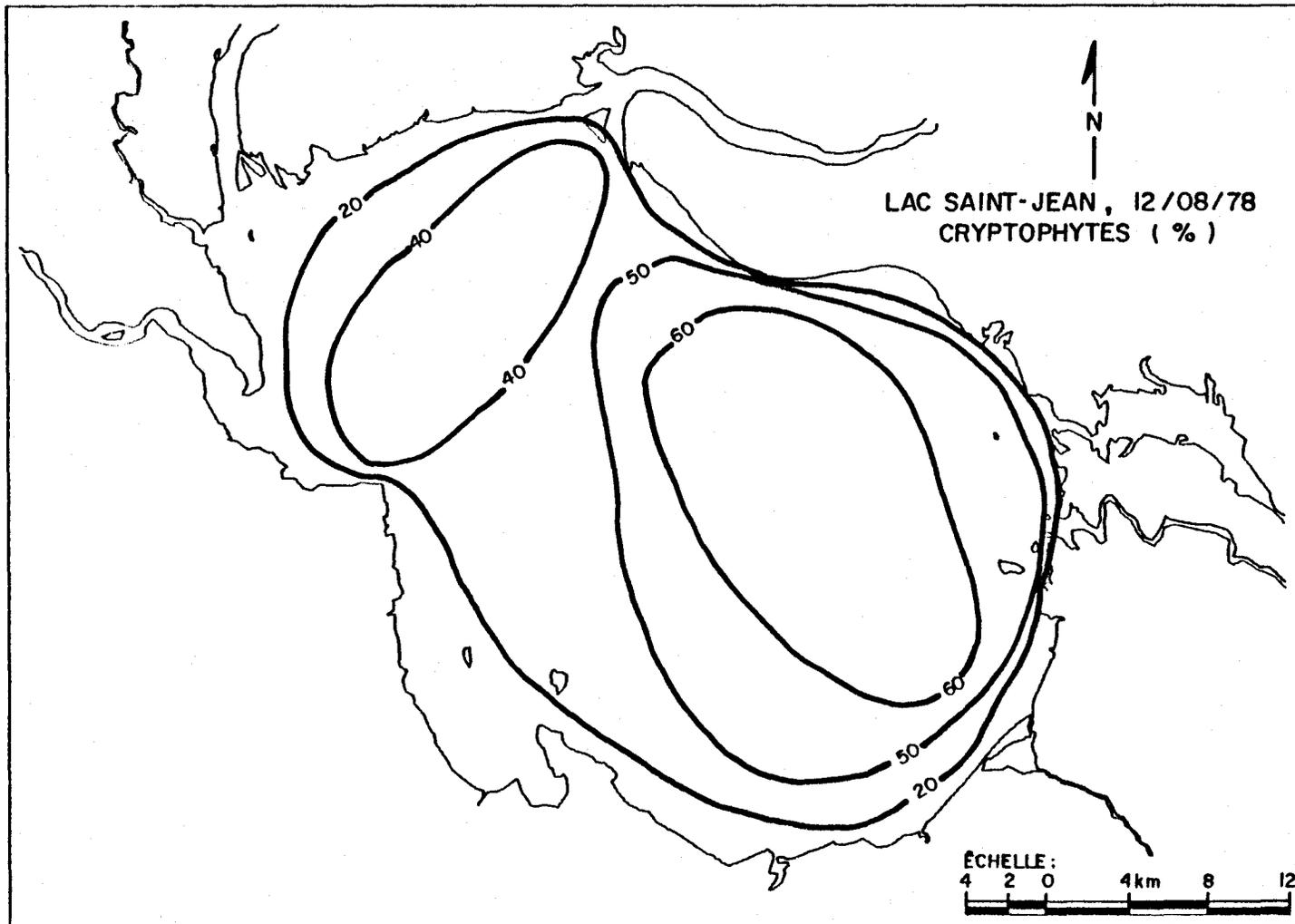


FIGURE 4.20 Distribution spatiale des Cryptophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

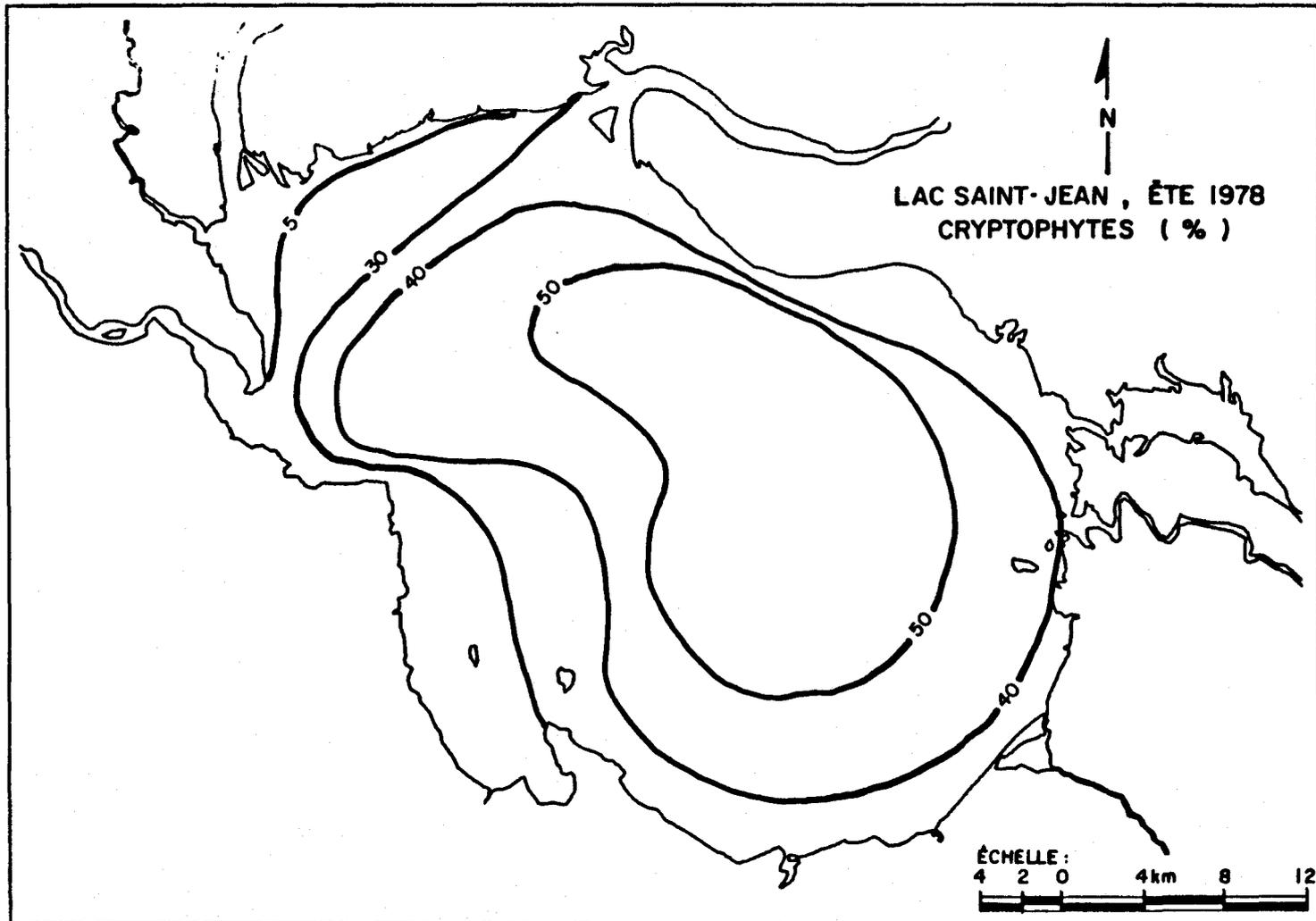


FIGURE 4.21 Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Cryptophytes (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.

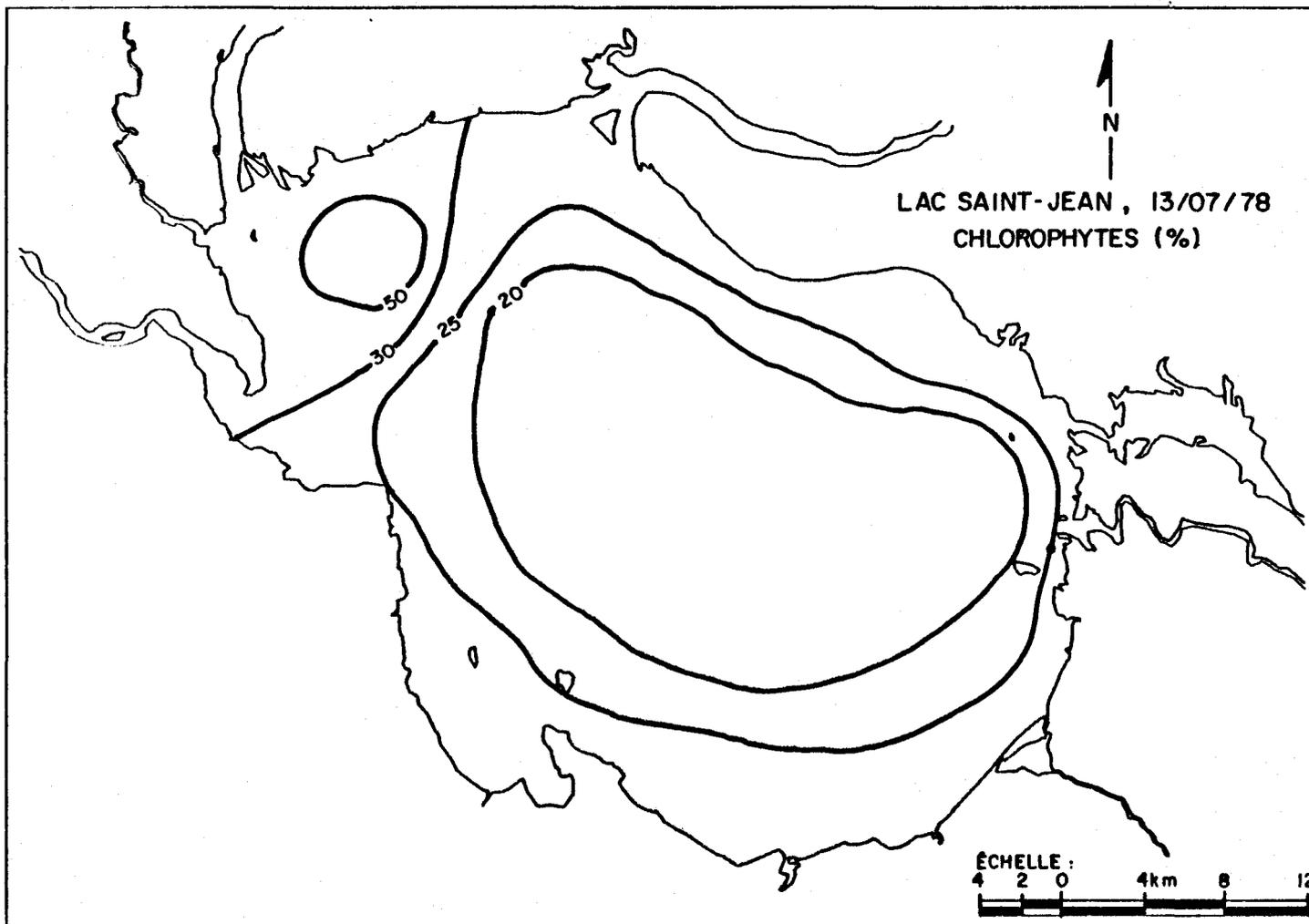


FIGURE 4.22 Distribution spatiale des Chlorophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

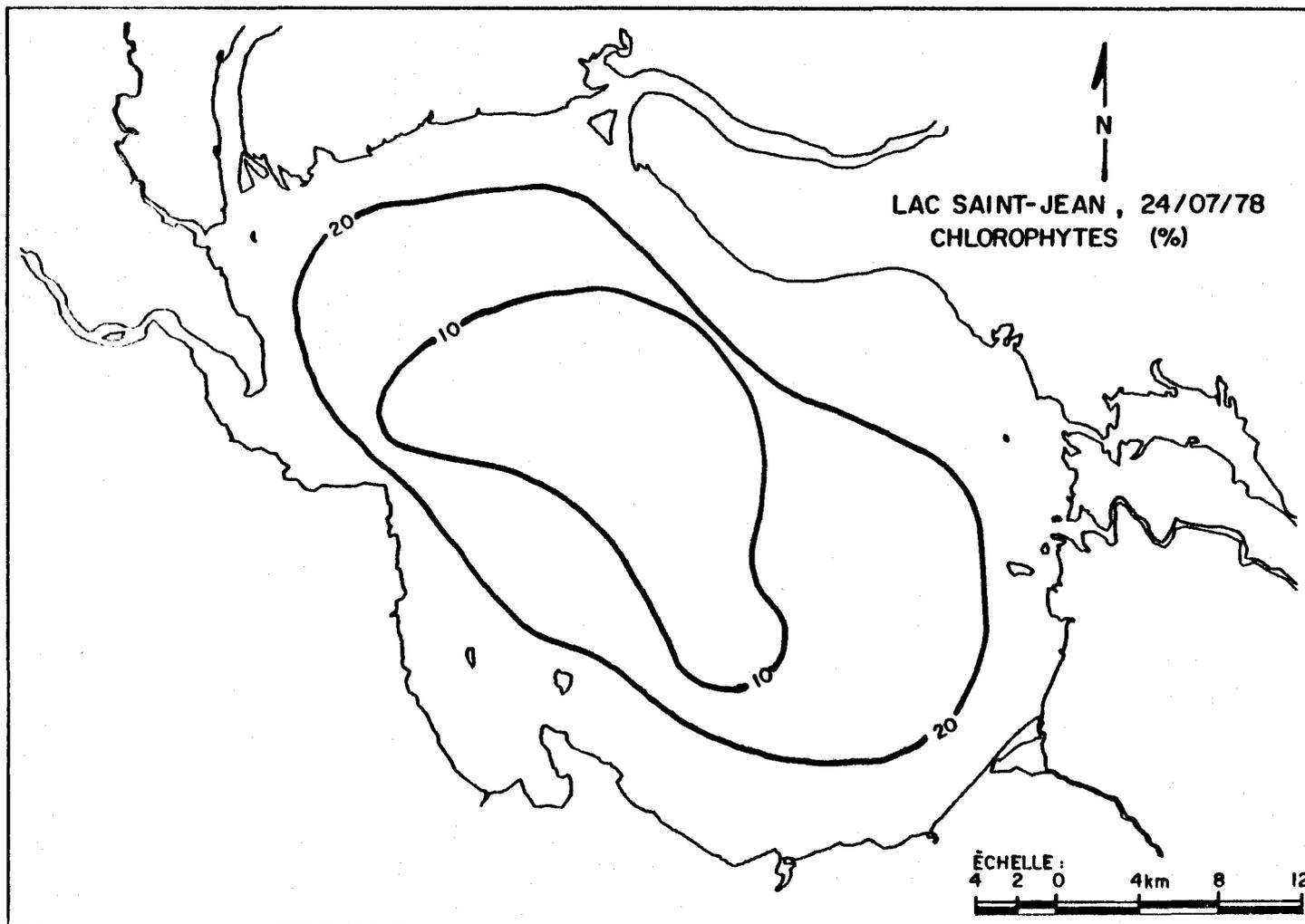


FIGURE 4.23 Distribution spatiale des Chlorophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

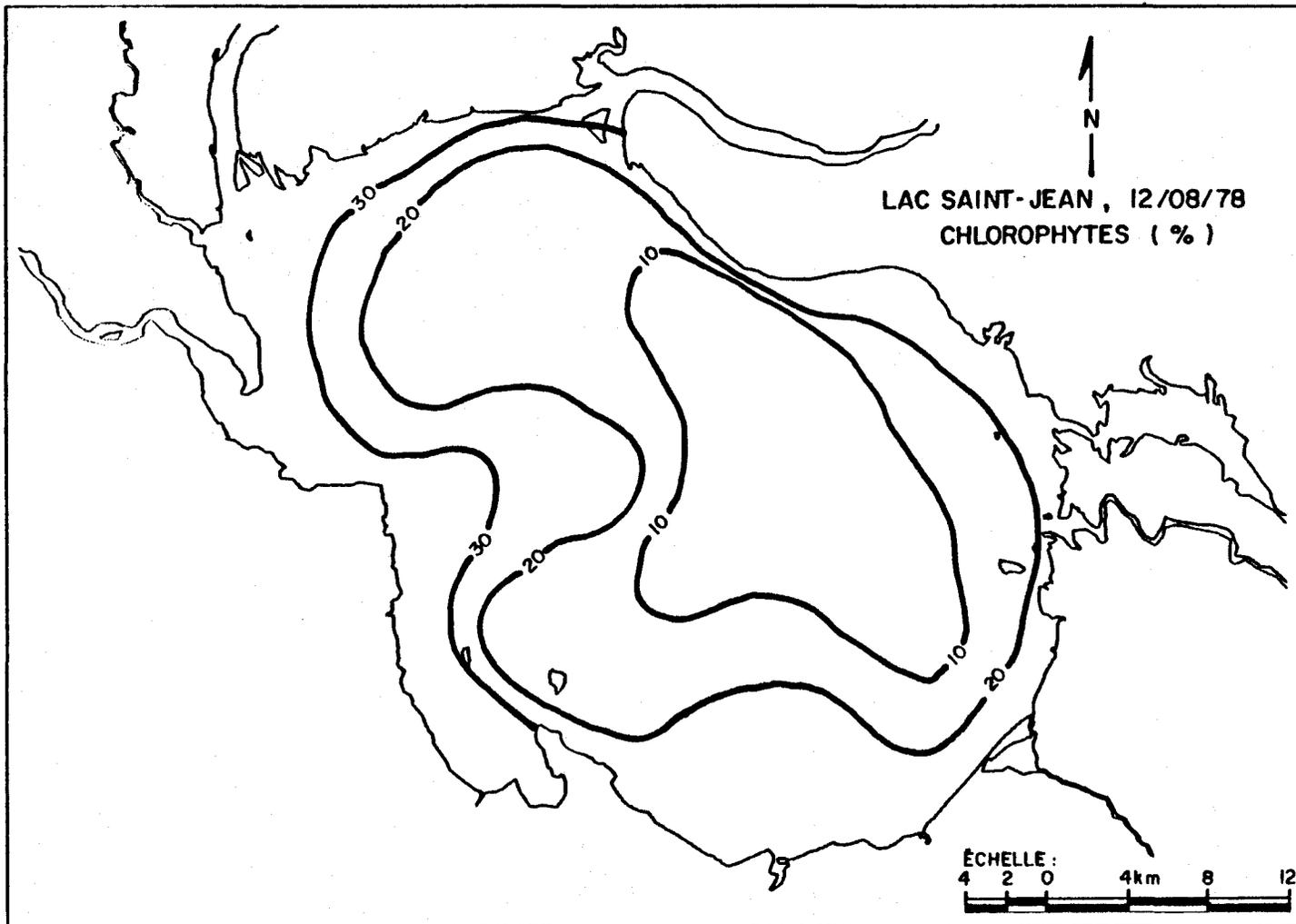


FIGURE 4.24 Distribution spatiale des Chlorophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

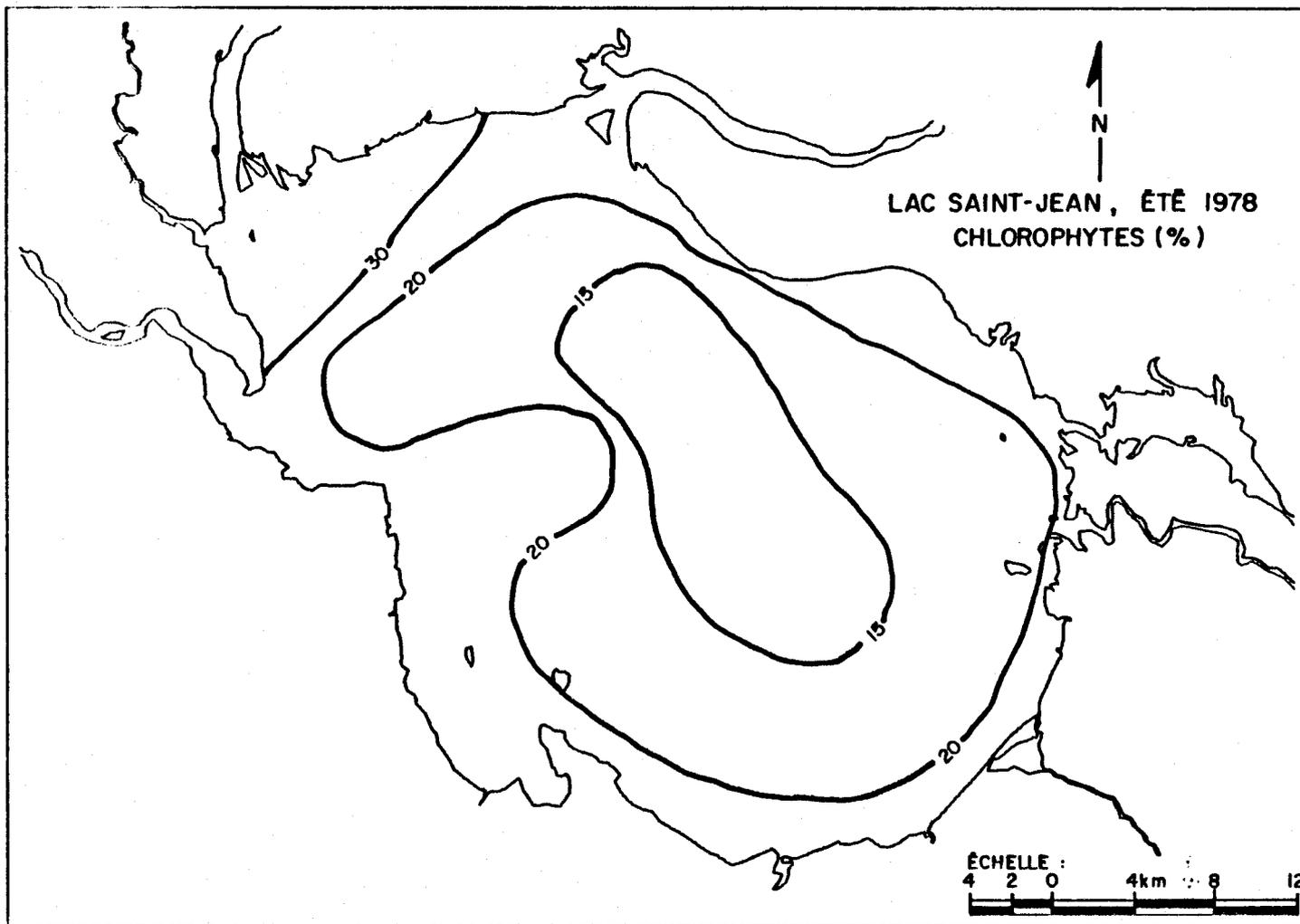


FIGURE 4.25 Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Chlorophytes de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.

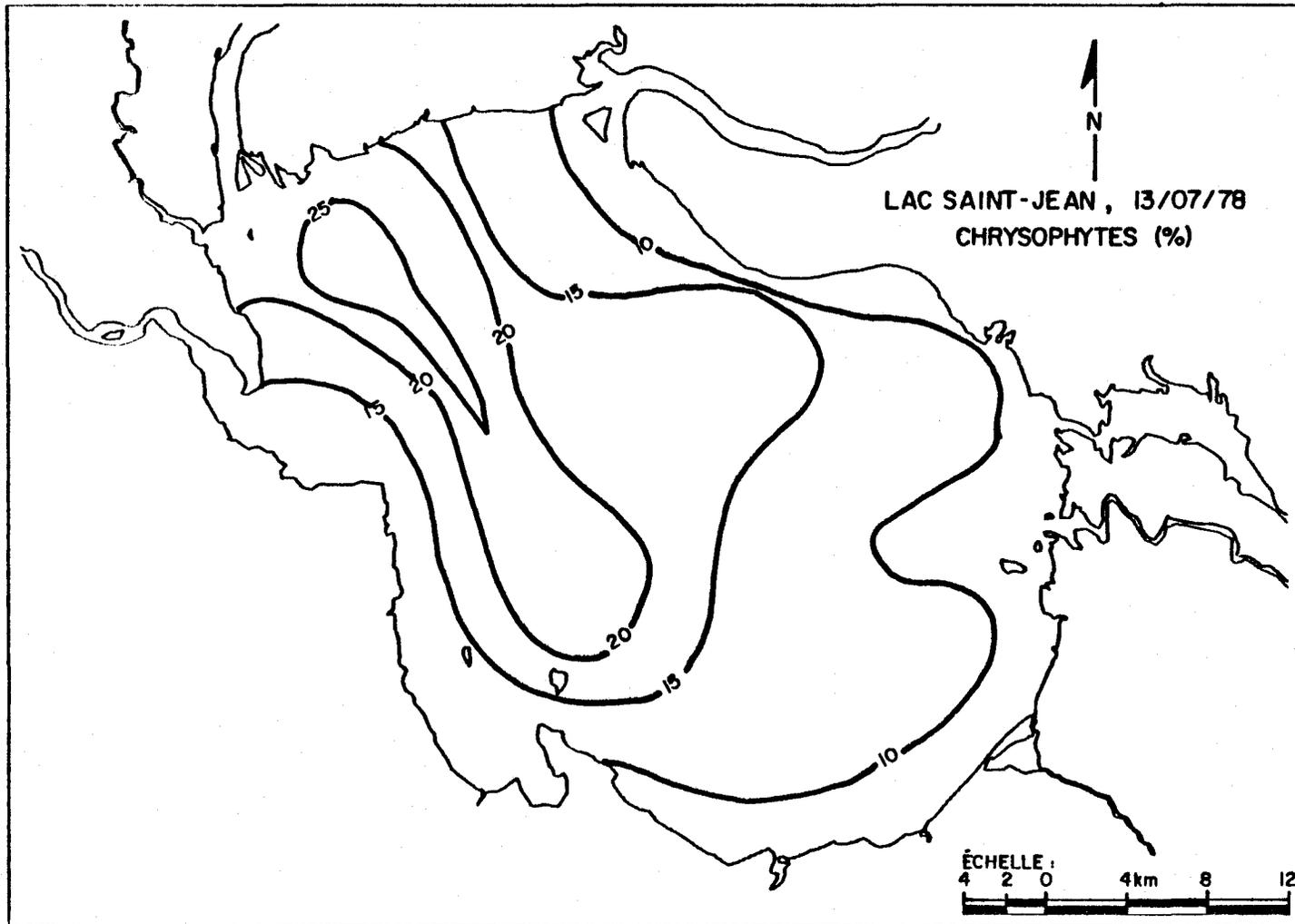


FIGURE 4.26 Distribution spatiale des Chrysophytes (%) excluant les Bacillariophycées dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

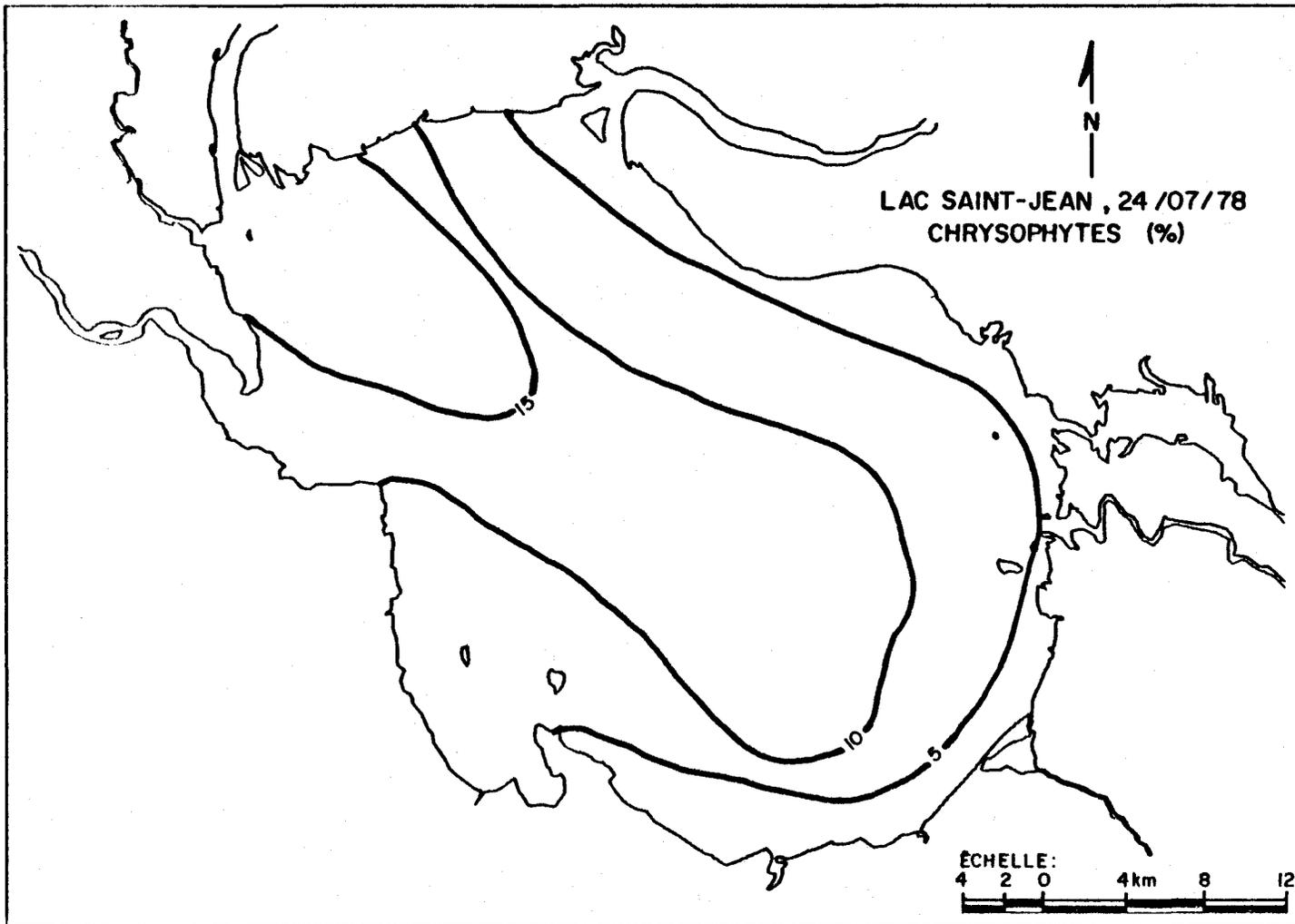


FIGURE 4.27 Distribution spatiale des Chrysophytes (%) excluant les Bacillariophycées dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

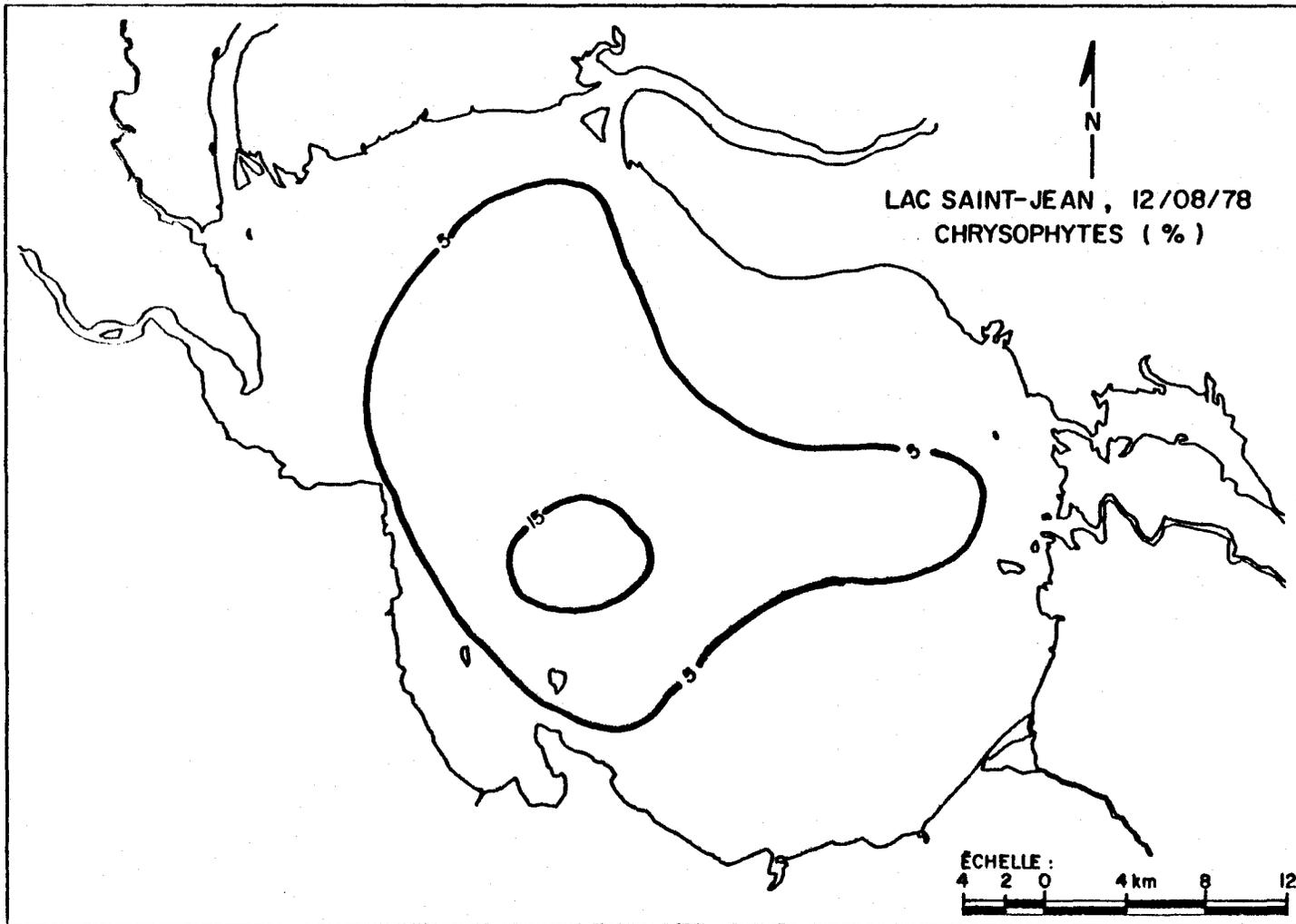


FIGURE 4.28 Distribution spatiale des Chrysophytes (%) excluant les Bacillariophycées dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

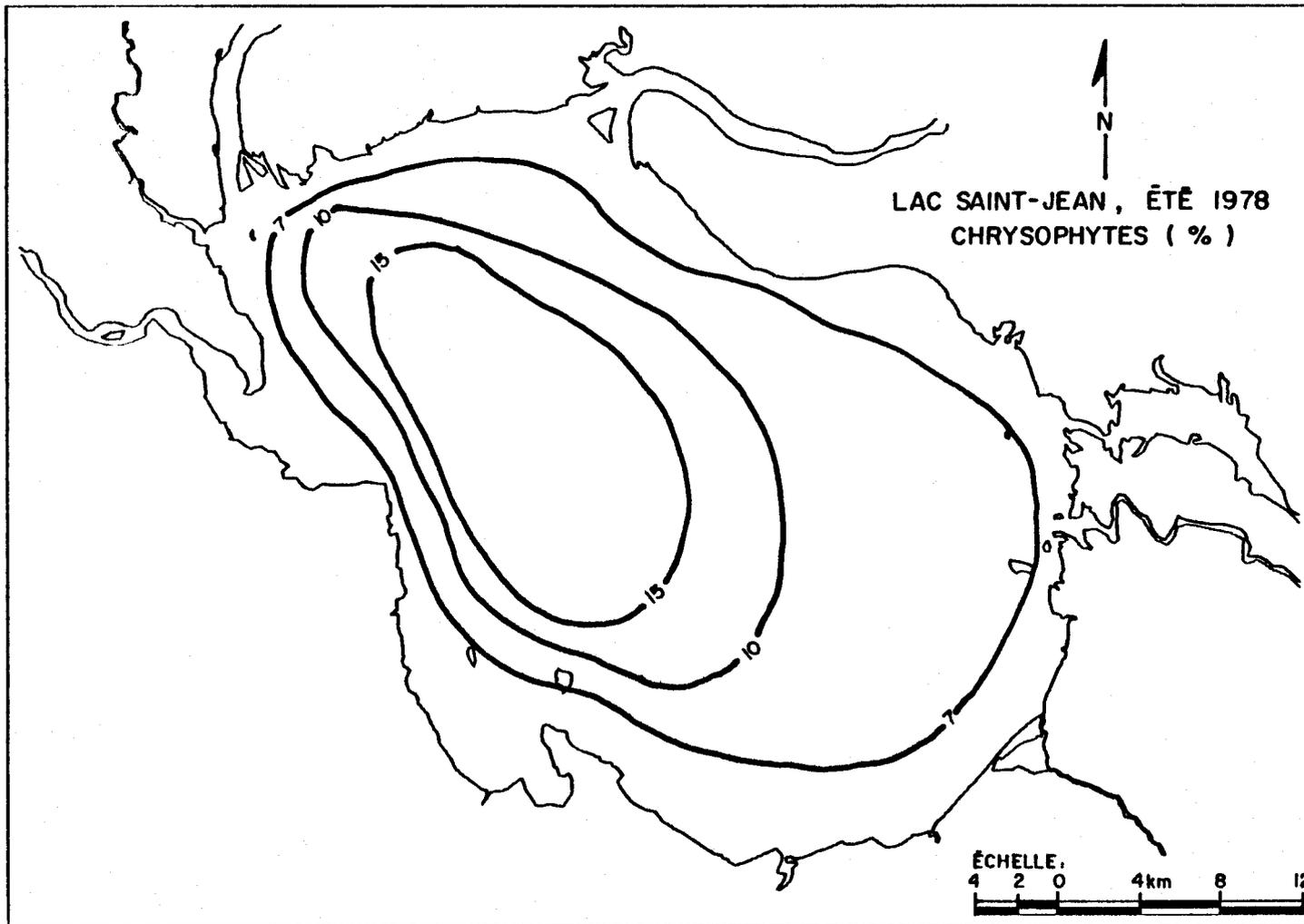


FIGURE 4.29 Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Chrysophytes (%) excluant les Bacillariophycées de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.

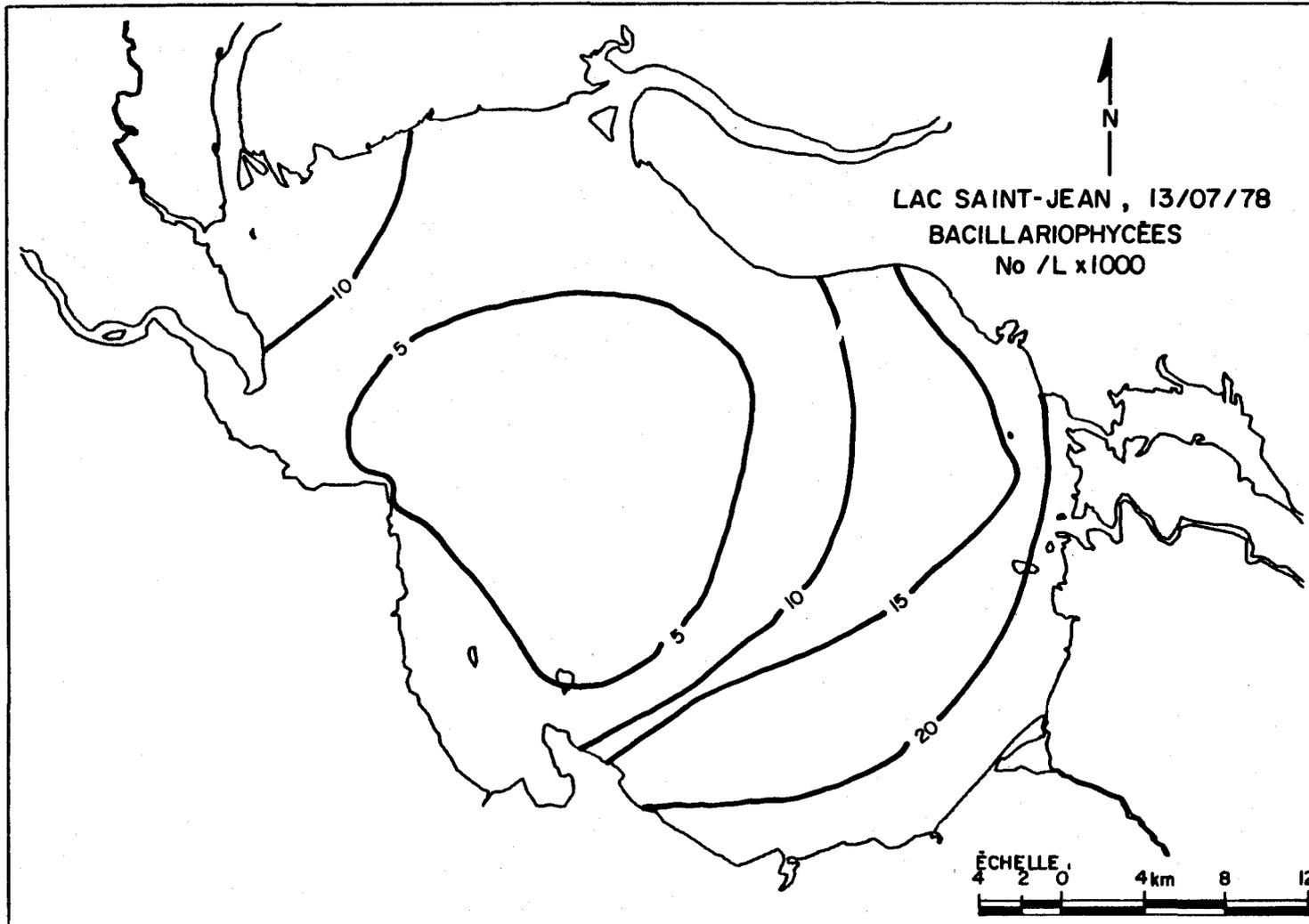


FIGURE 4.30 Distribution spatiale des Bacillariophycées (No/Lx1000) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

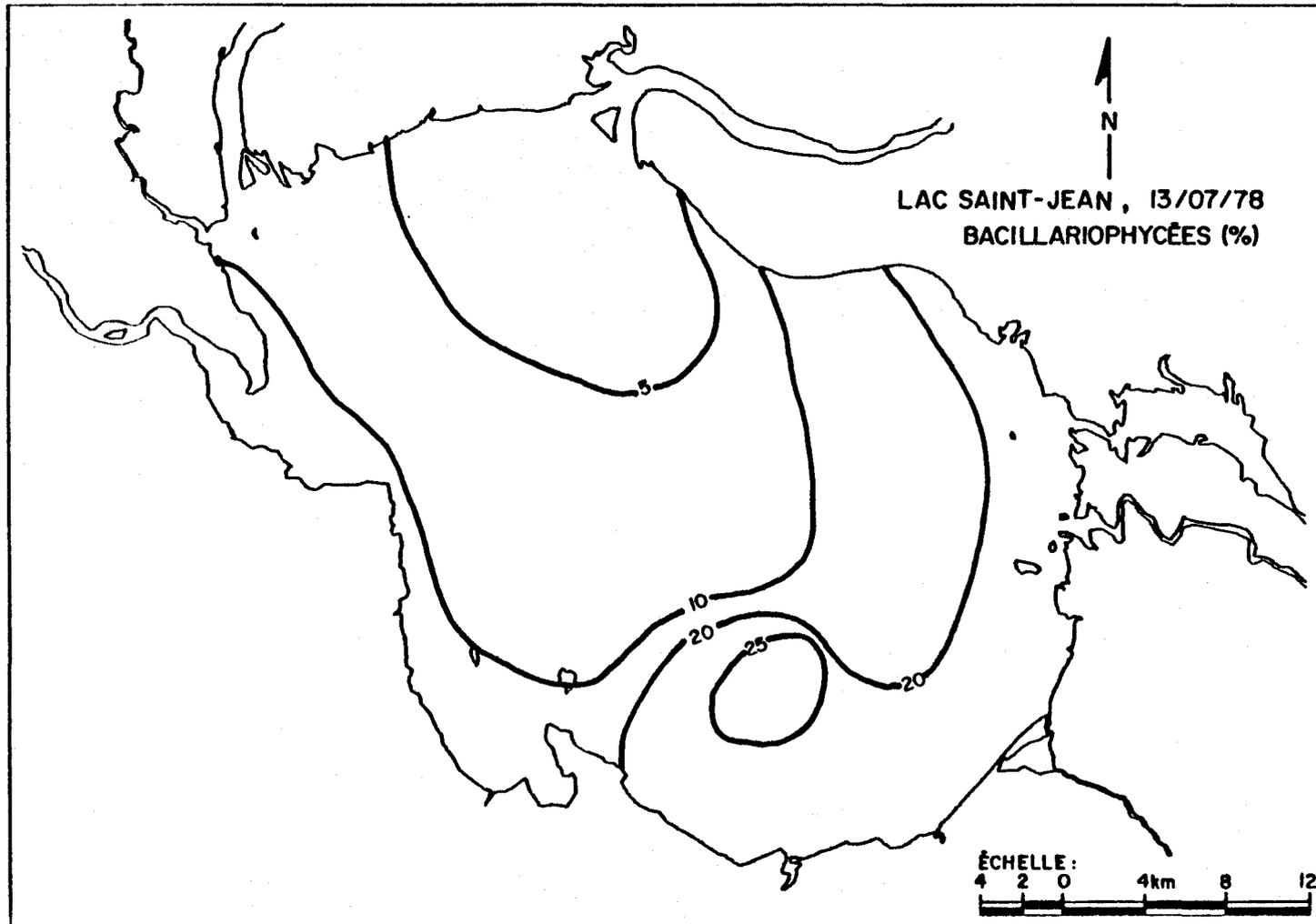


FIGURE 4.31 Distribution spatiale des Bacillariophycées (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

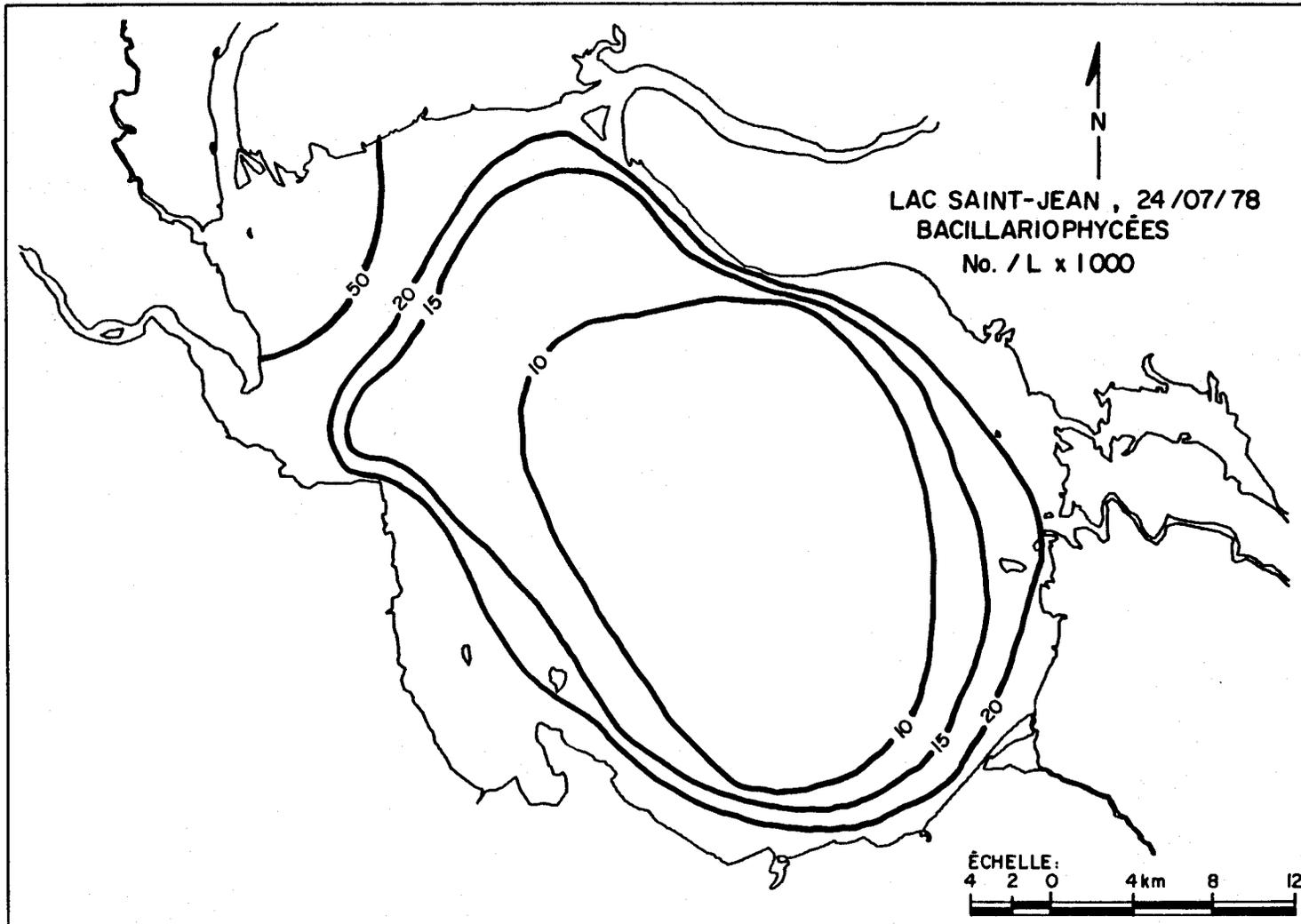


FIGURE 4.32 Distribution spatiale des Bacillariophycées (No/Lx1000) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

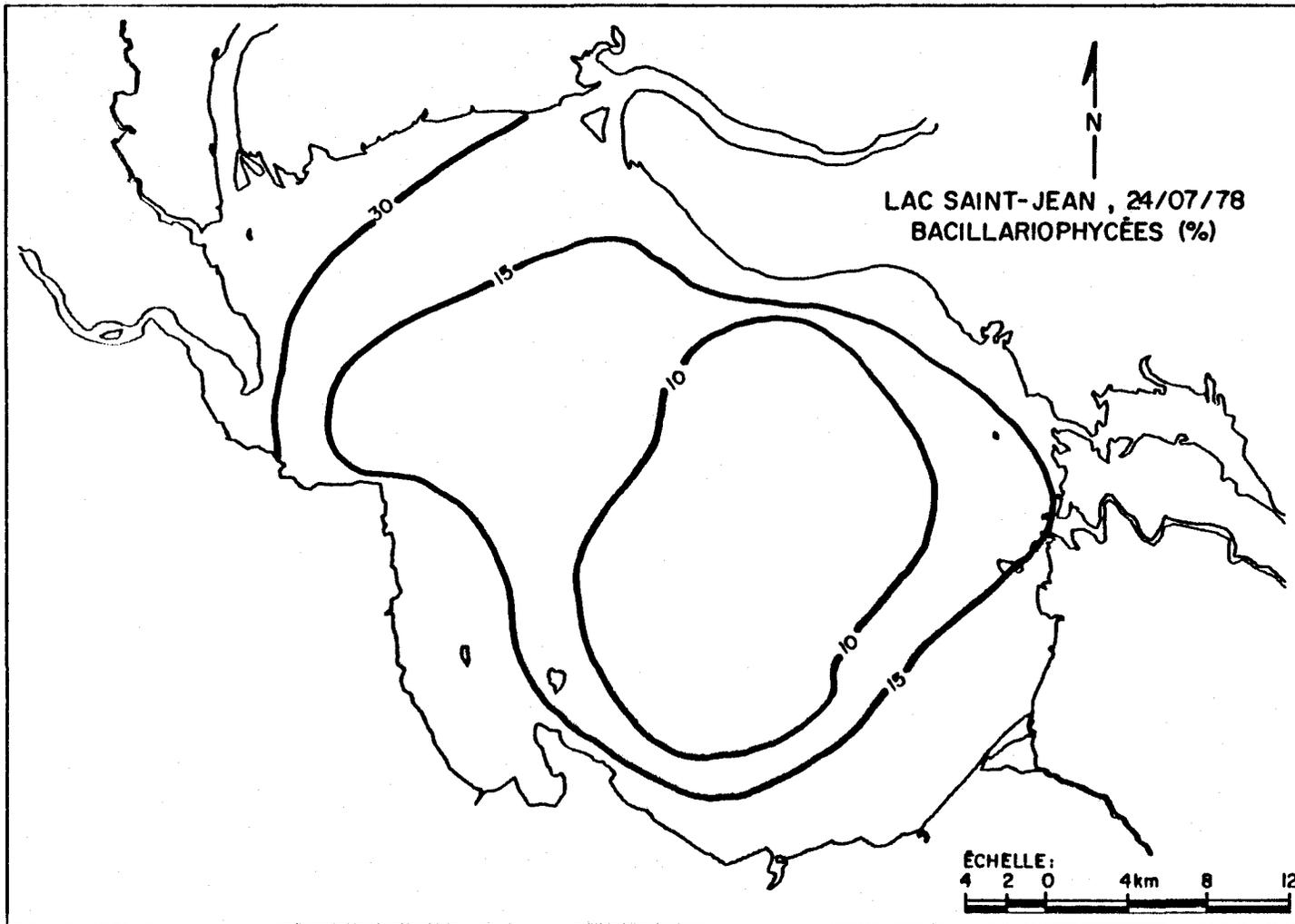


FIGURE 4.33 Distribution spatiale des Bacillariophycées (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

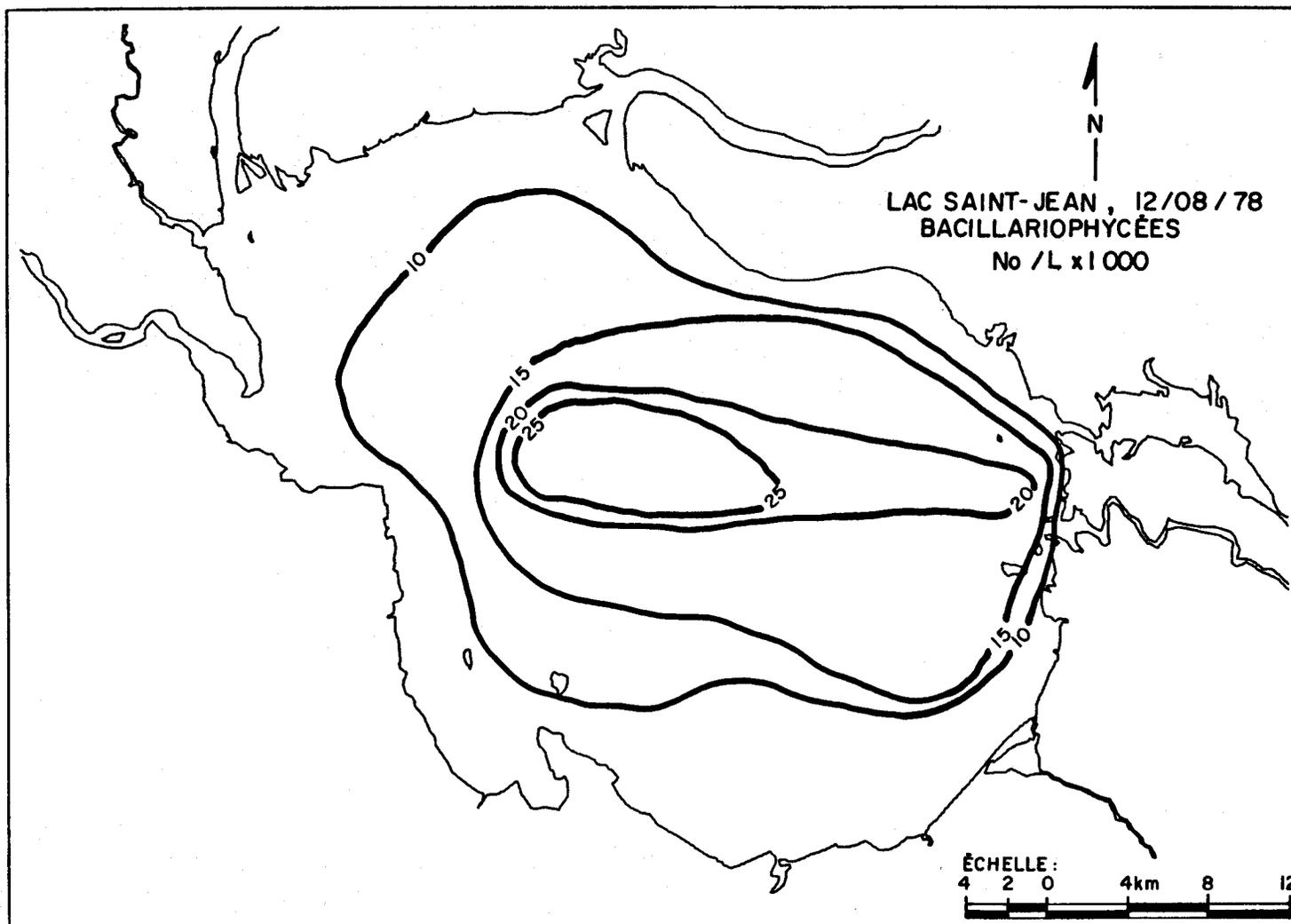


FIGURE 4.34 Distribution spatiale des Bacillariophycées (No/Lx1000) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 juillet 1978.

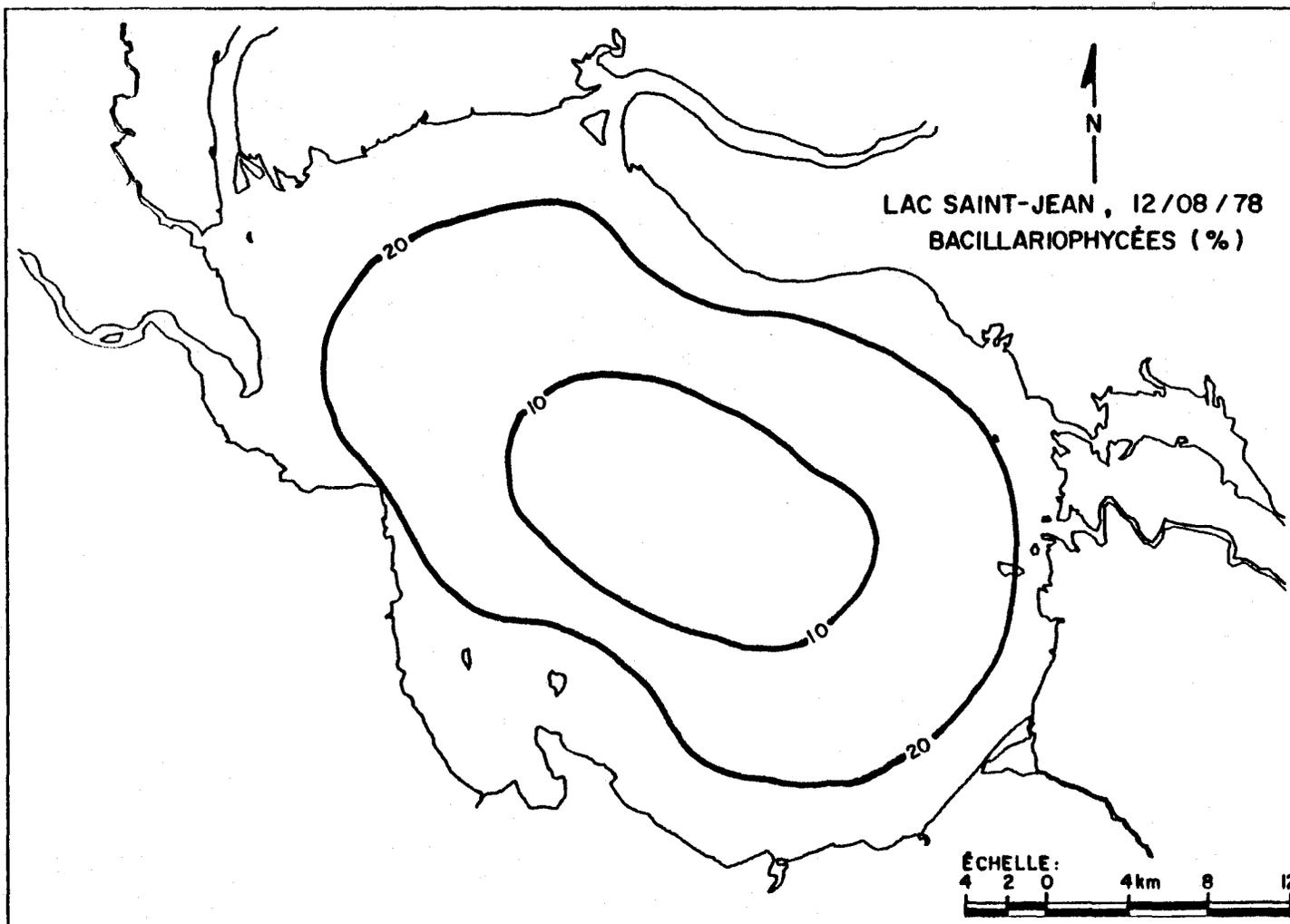


FIGURE 4.35 Distribution spatiale des Bacillariophycées (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

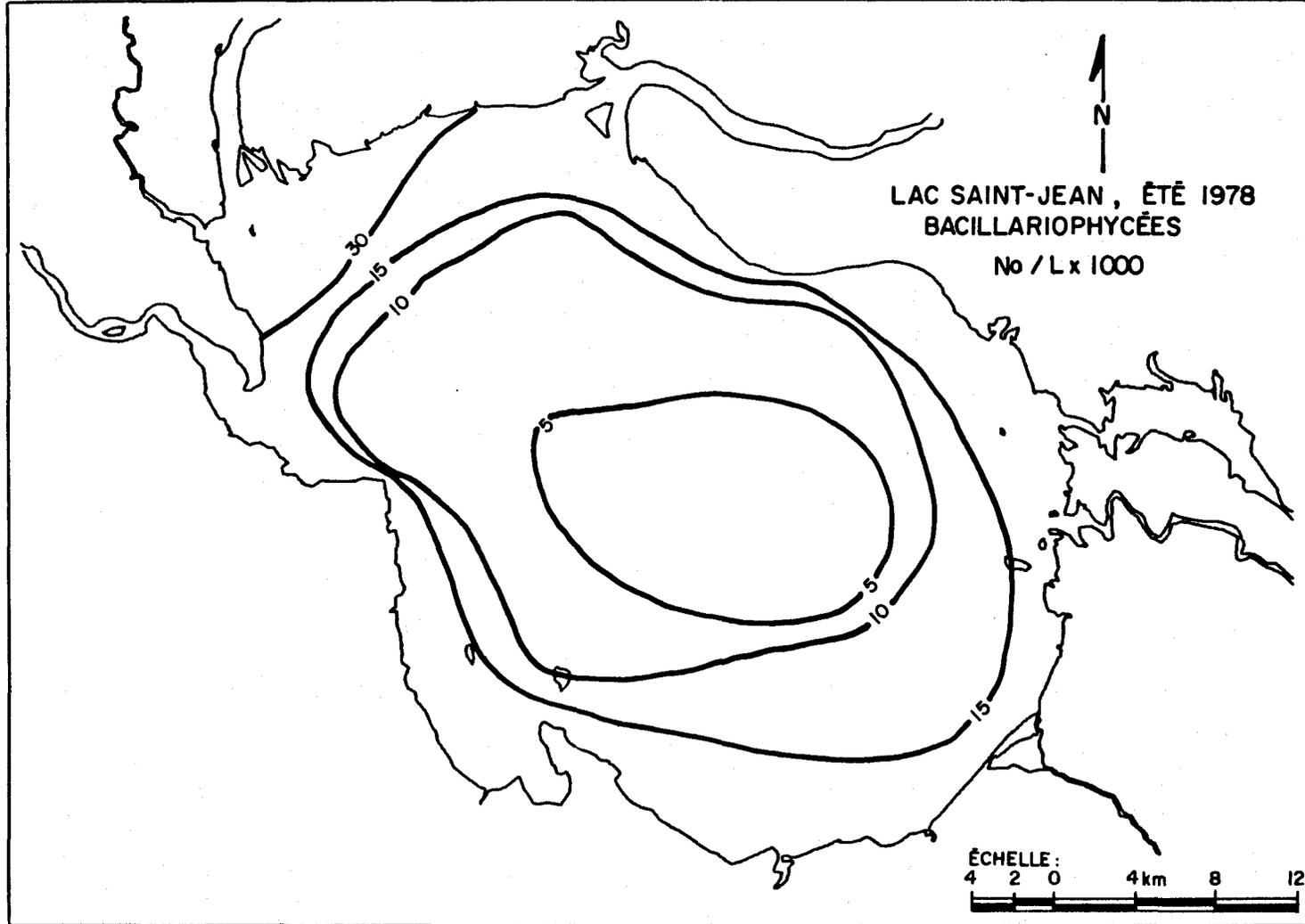


FIGURE 4.36 Distribution spatiale des Bacillariophycées (No/Lx1000) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.

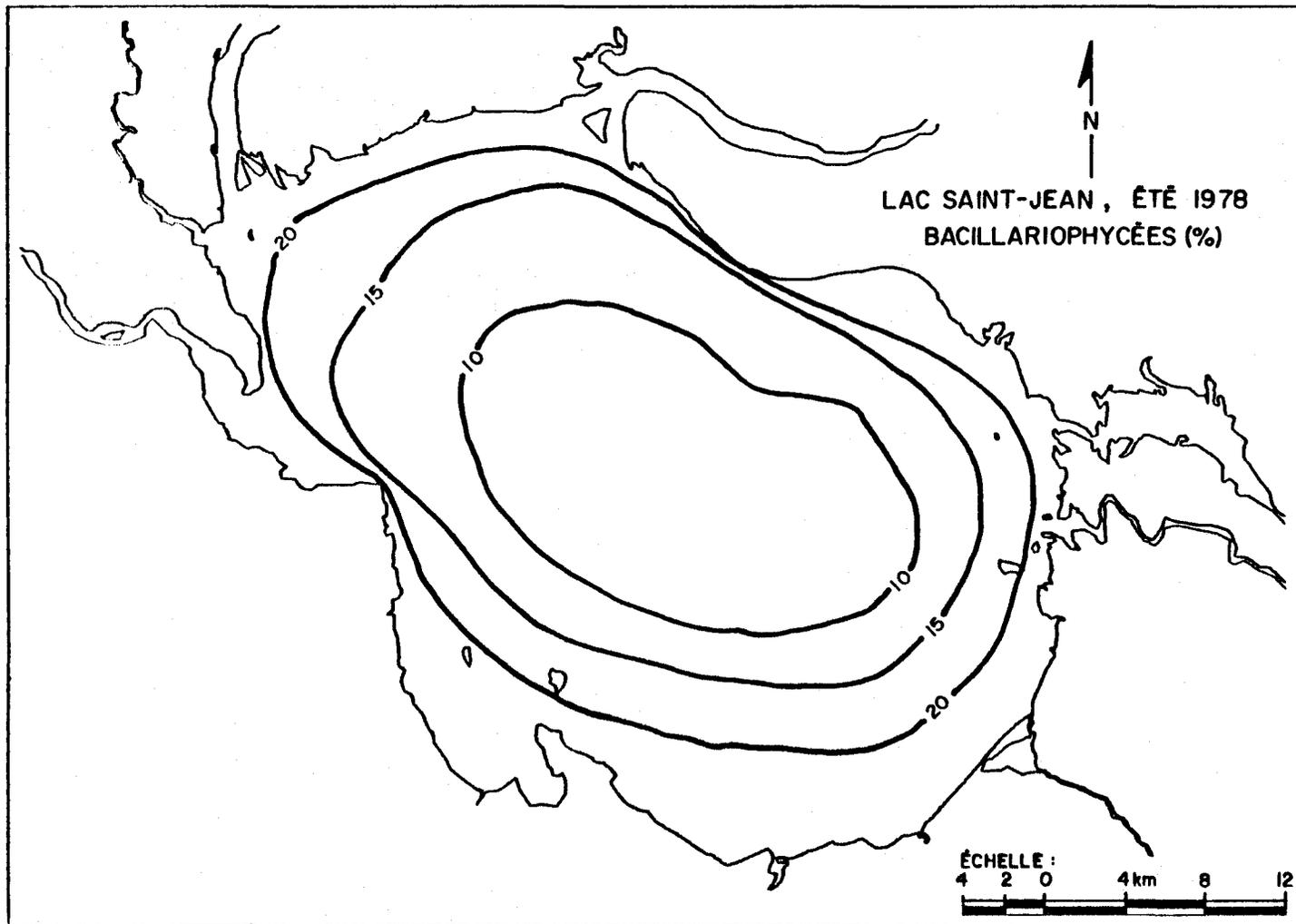


FIGURE 4.37 Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Bacillariophycées (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.

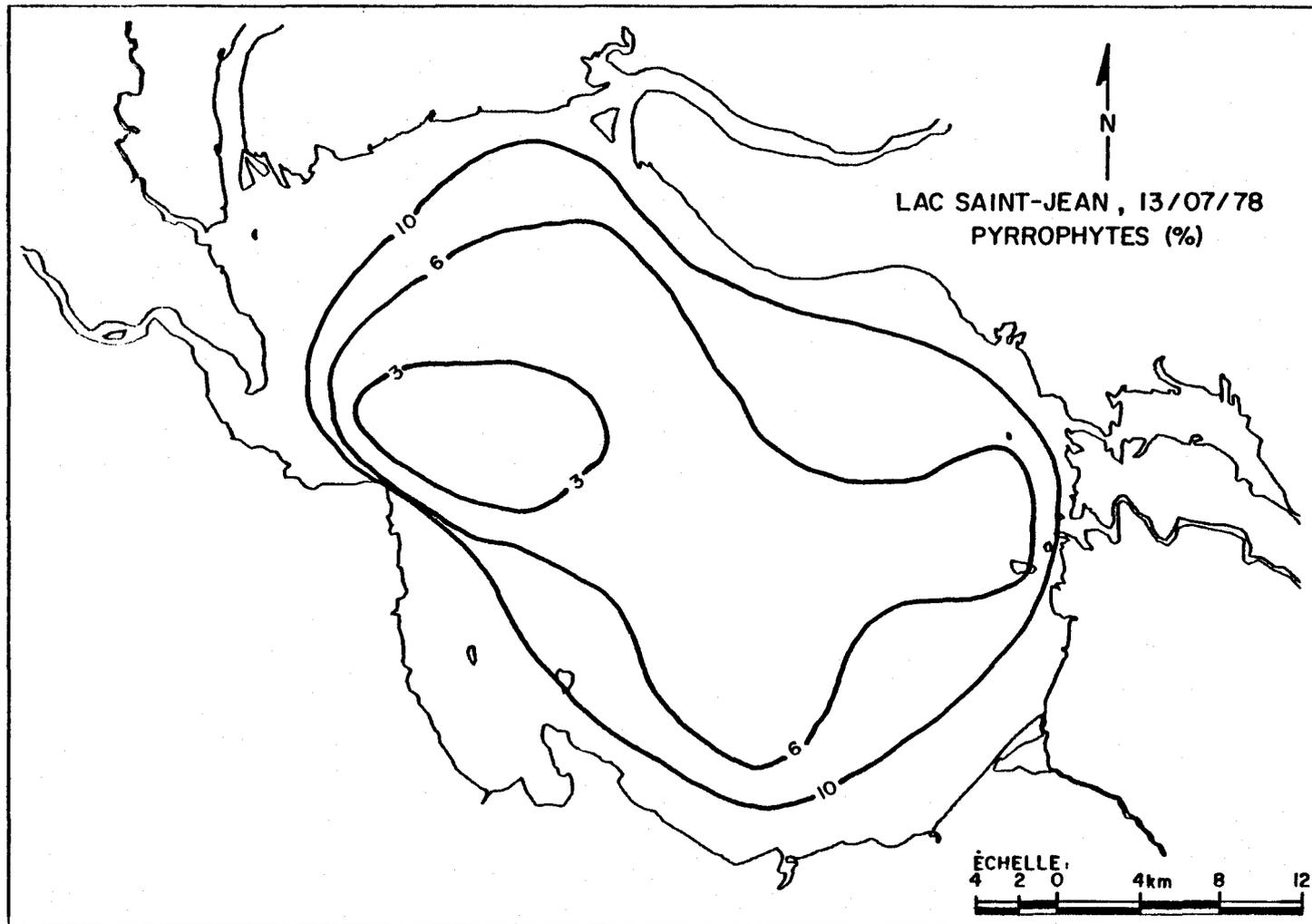


FIGURE 4.38 Distribution spatiale des genres de Pyrrophytes (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

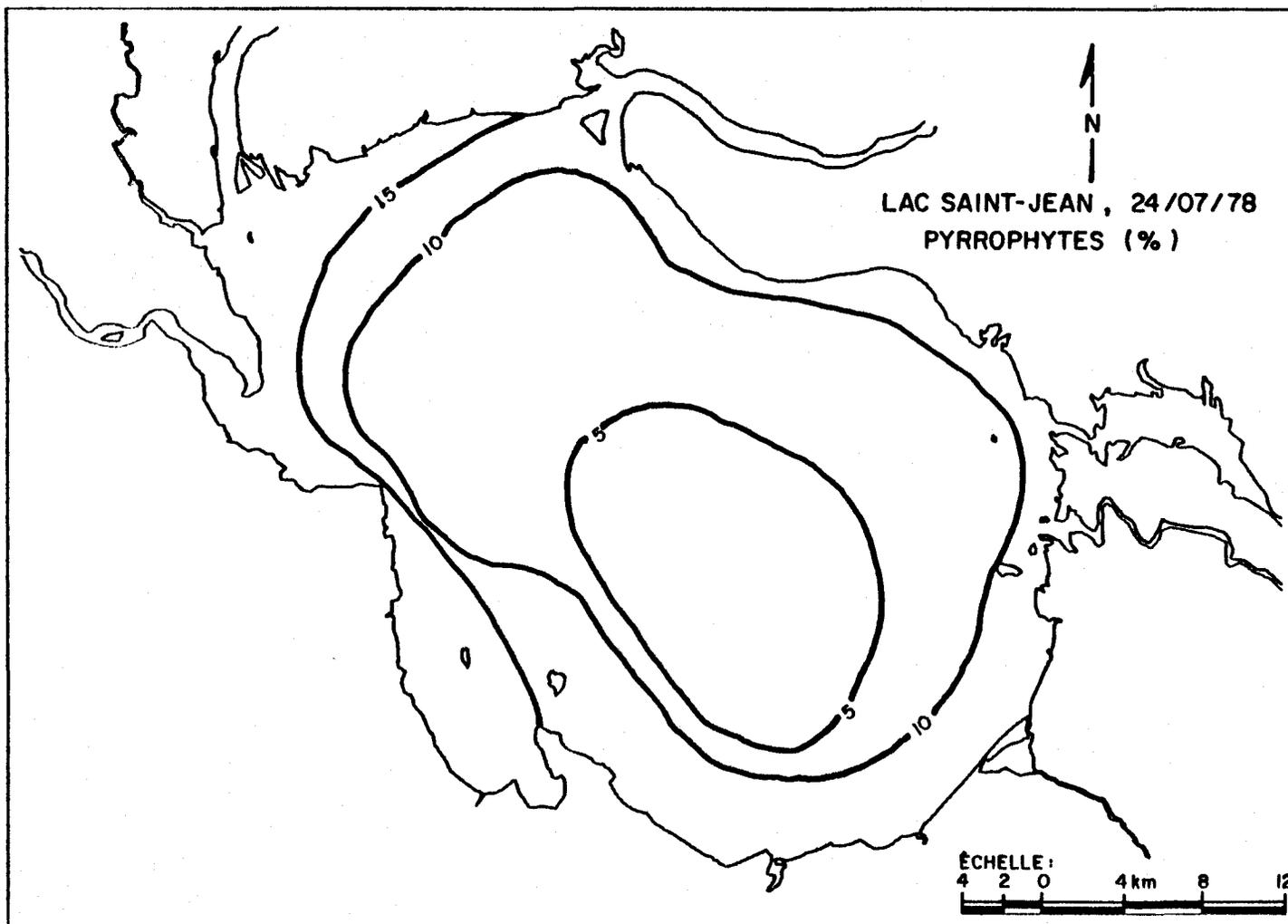


FIGURE 4.39 Distribution spatiale des Pyrrophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

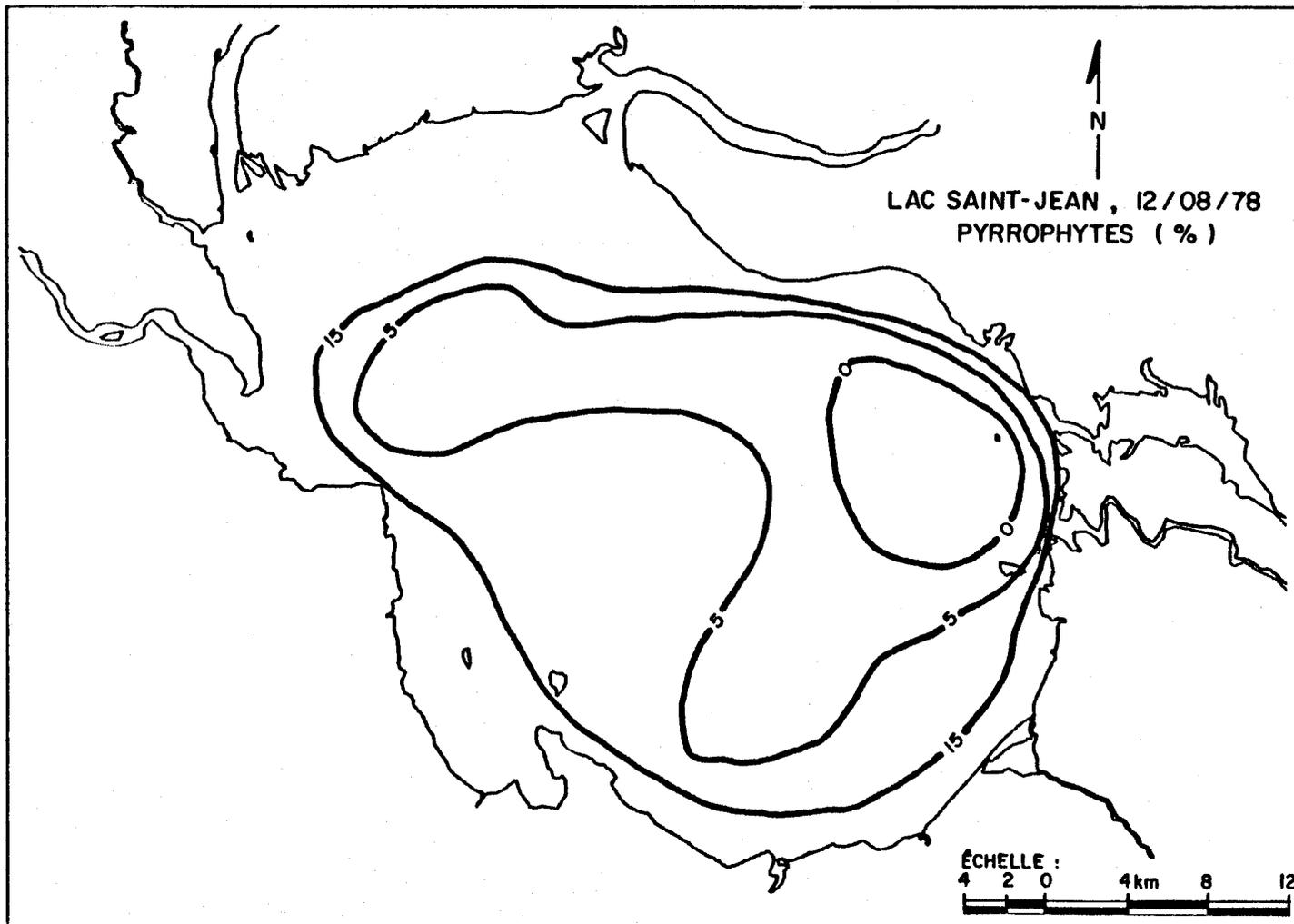


FIGURE 4.40 Distribution spatiale des Pyrrophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

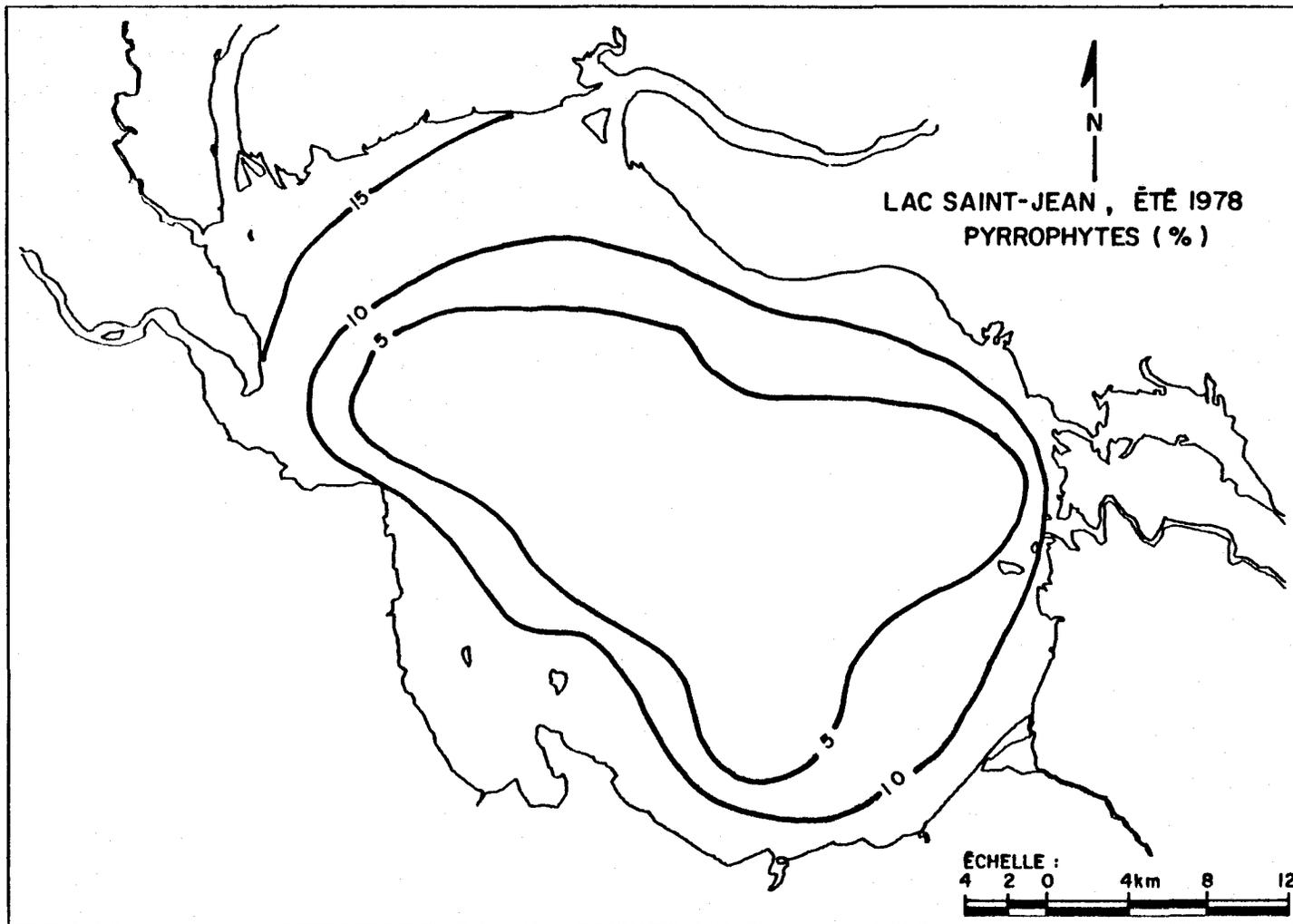


FIGURE 4.41 Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Pyrrophytes (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.

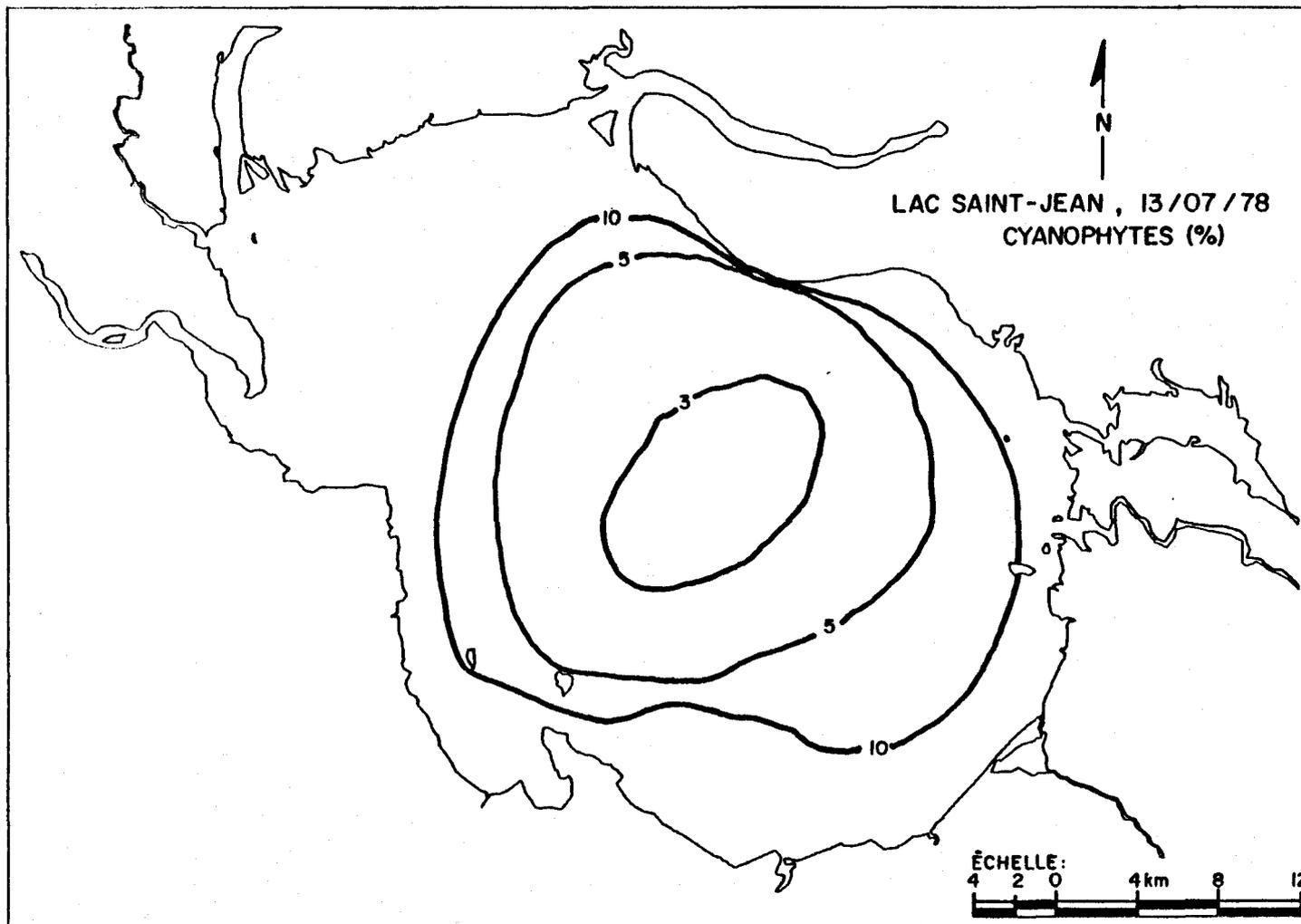


FIGURE 4.42 Distribution spatiale des Cyanophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

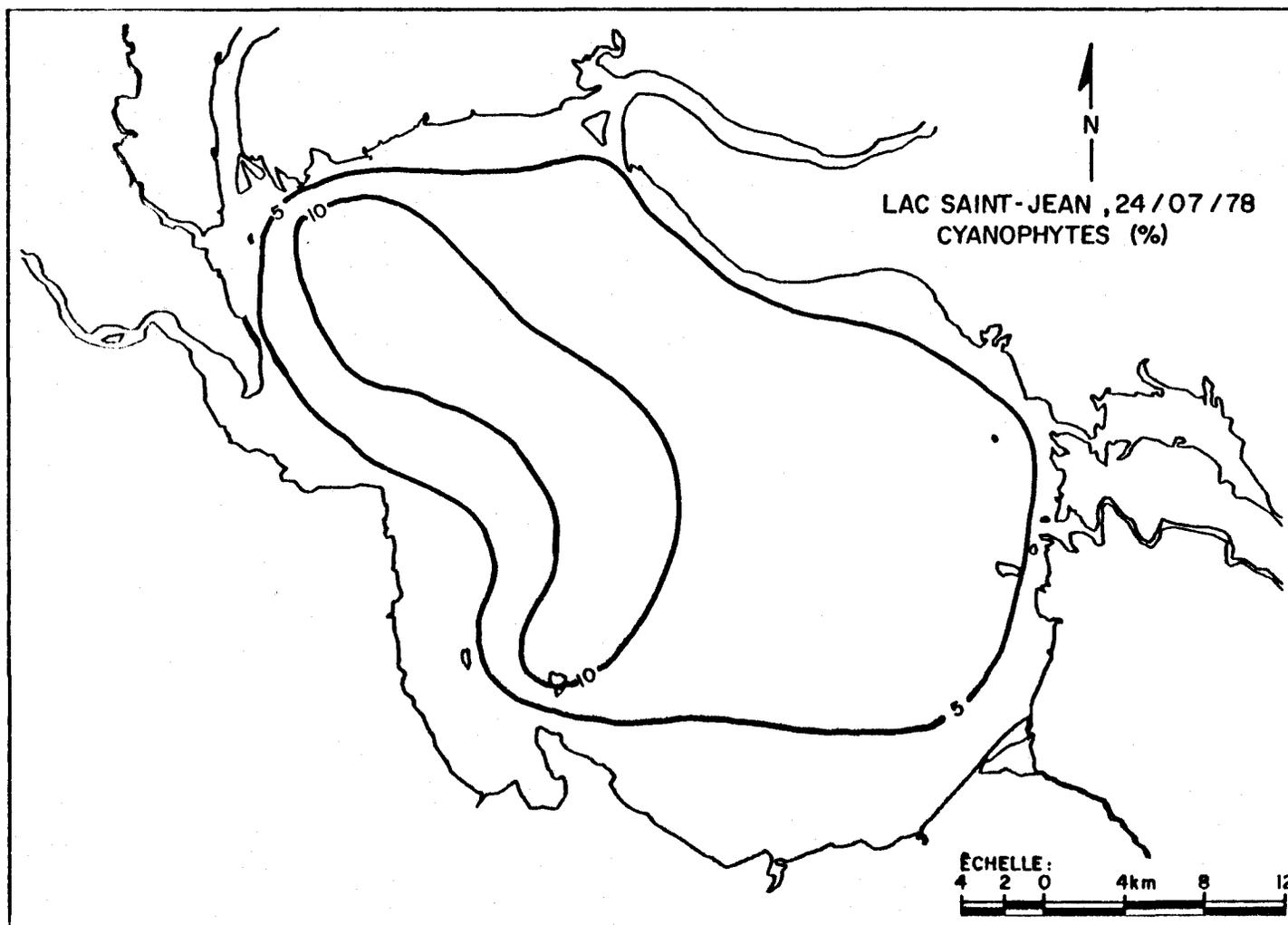


FIGURE 4.43 Distribution spatiale des Cyanophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

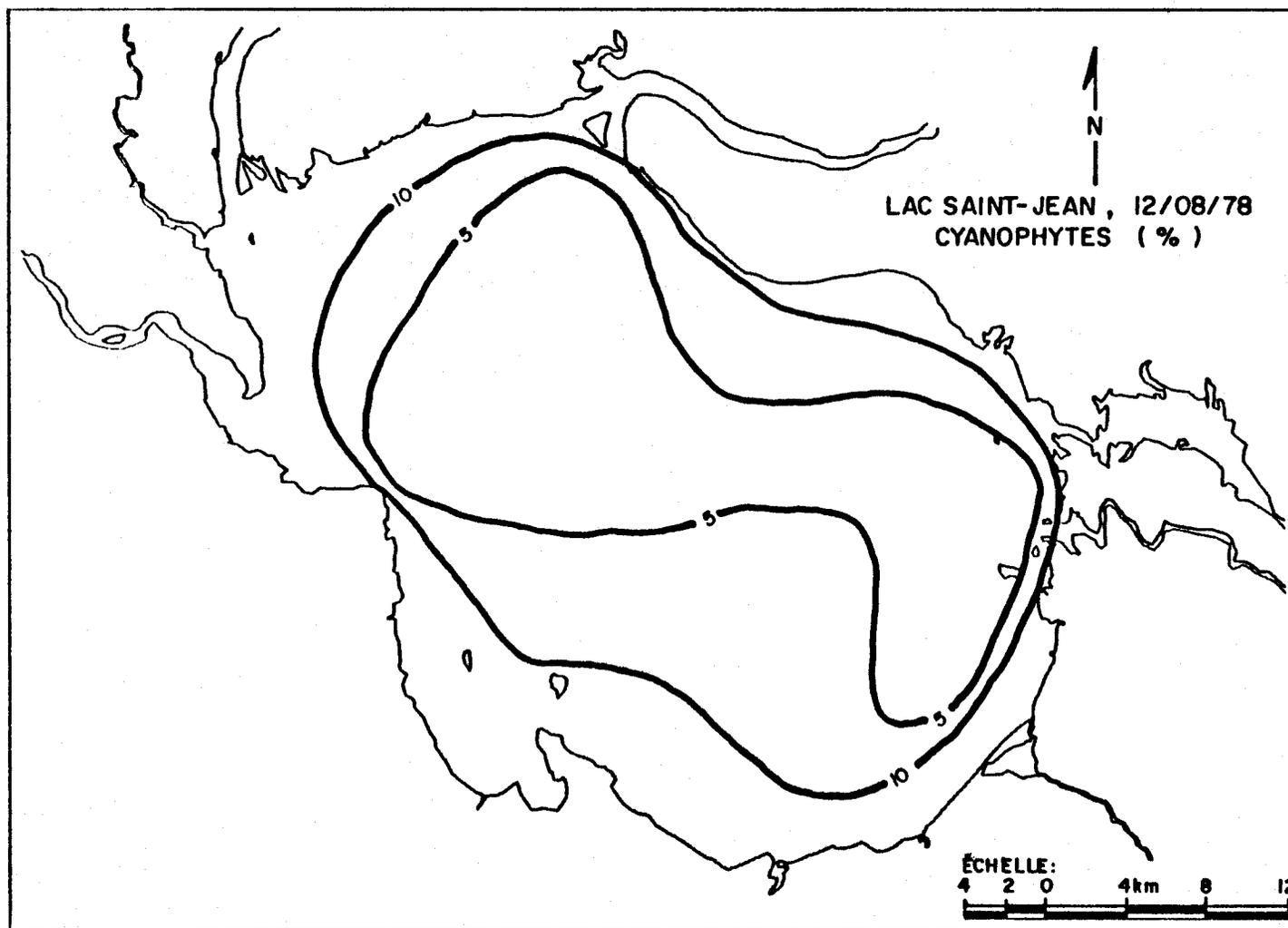


FIGURE 4.44 Distribution spatiale des Cyanophytes (%) dans la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

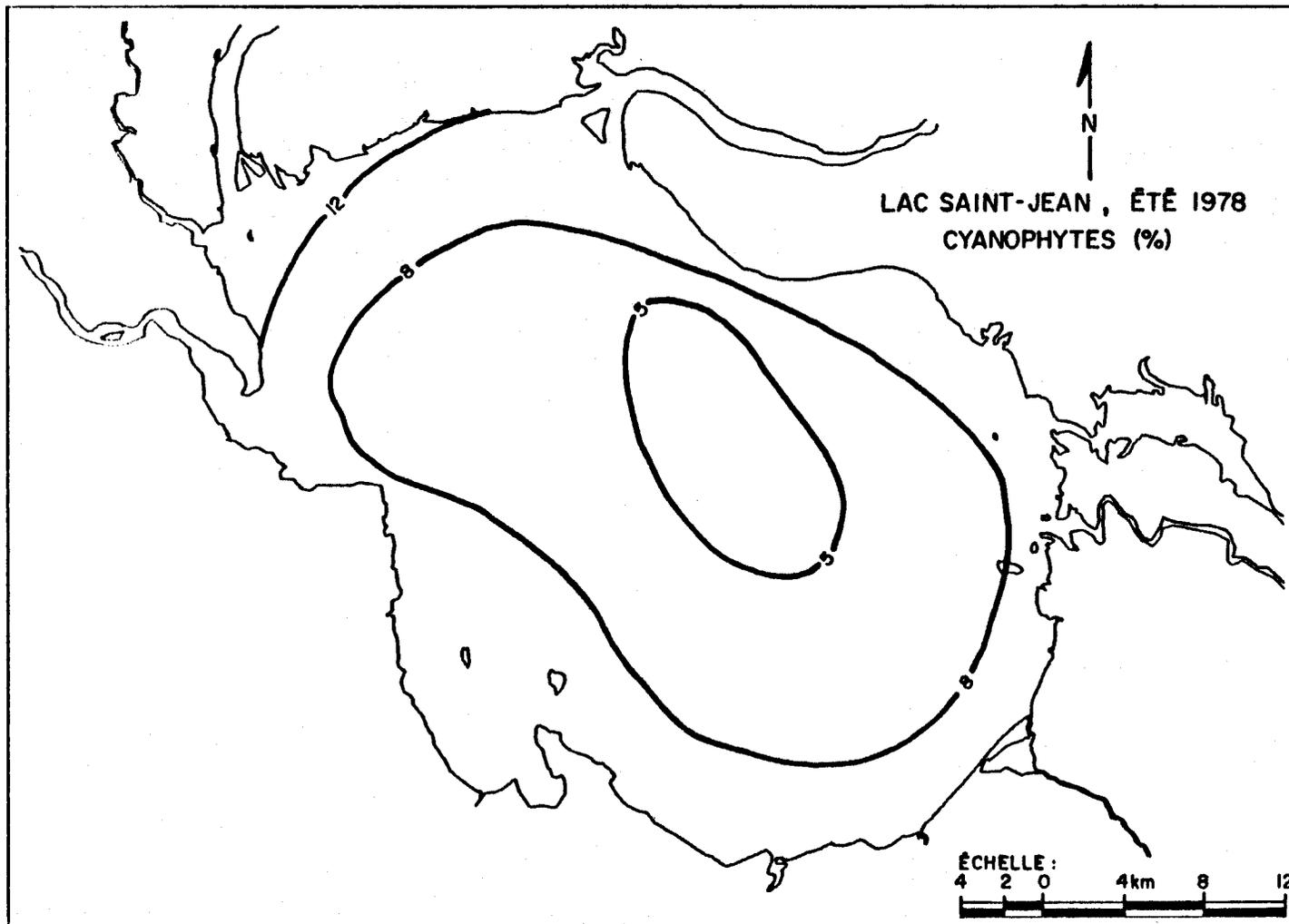


FIGURE 4.45 Distribution spatiale du nombre moyen des genres de Cyanophytes (%) de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.

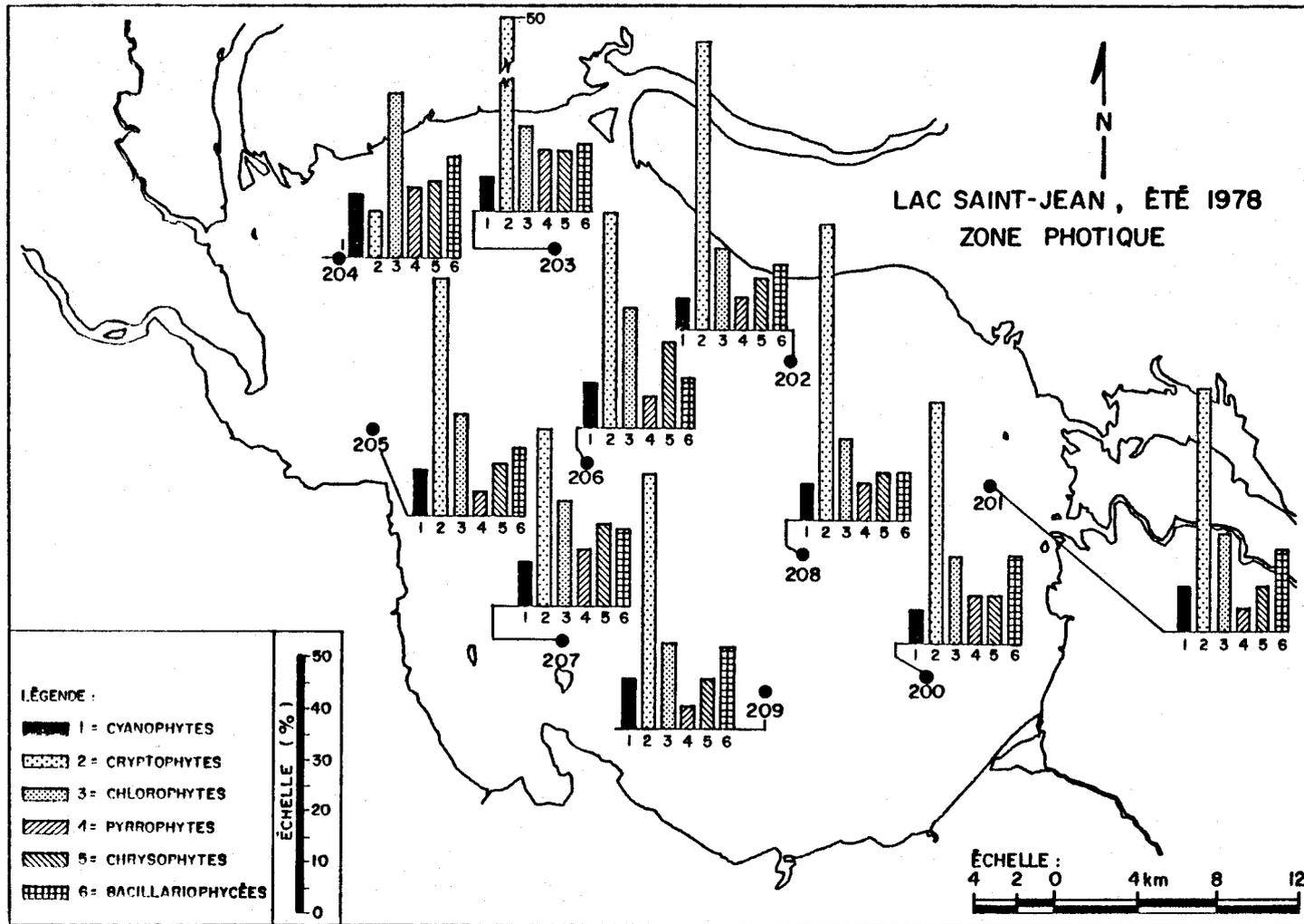


FIGURE 4.46 Distribution spatiale de l'abondance relative des grands groupes d'algues de la zone photique des eaux du lac Saint-Jean pour l'été 1978.

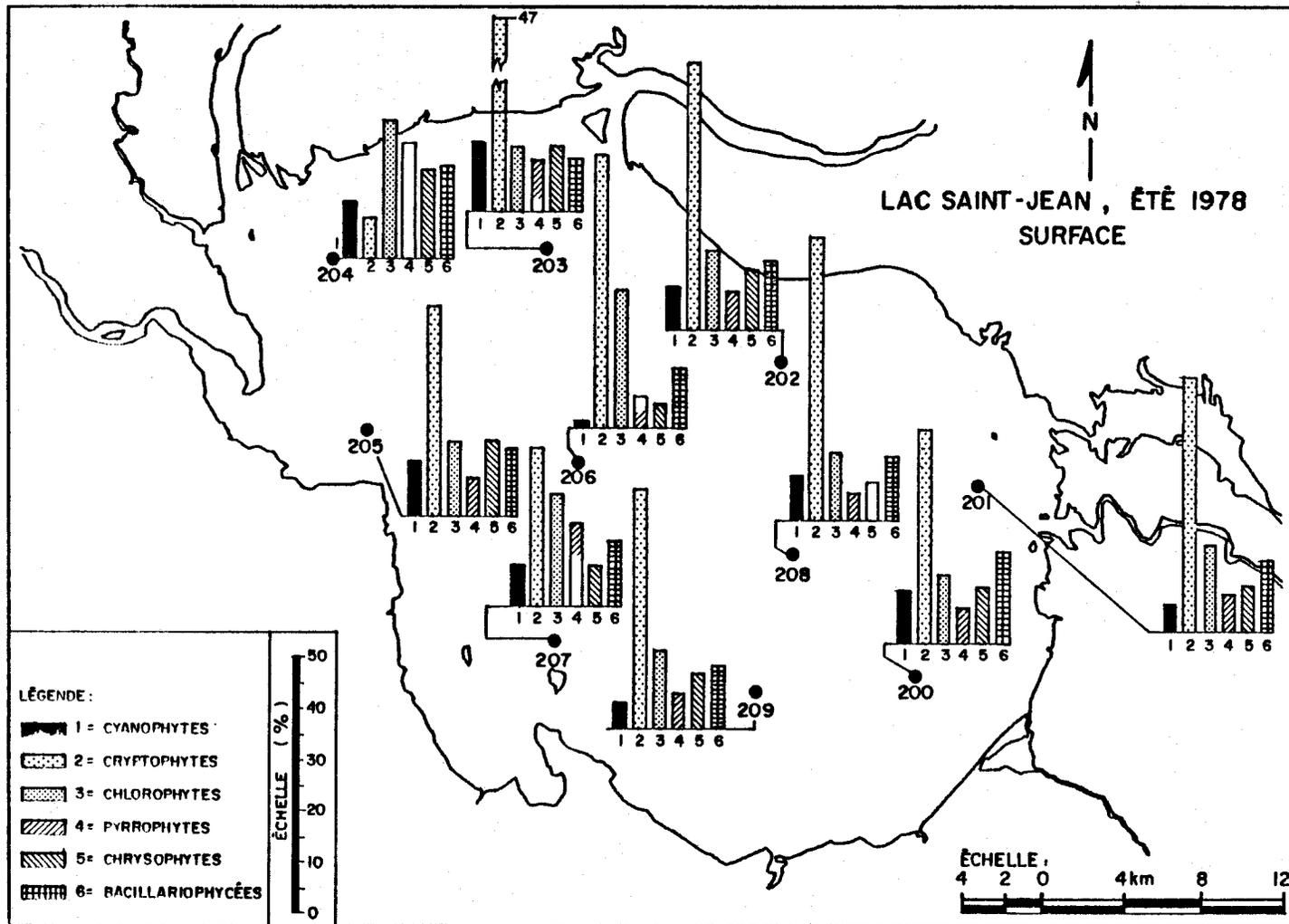


FIGURE 4.47 Distribution spatiale de l'abondance relative des grands groupes d'algues des eaux de surface du lac Saint-Jean pour l'été 1978.

TABLEAU 4.1 Corrélacion entre les composantes principales et les stations en fonction de la chlorophylle-a totale.

IDENTIFICATION DE LA STATION	COMPOSANTES			COEFFICIENT DE CORRELATION MULTIPLE
	No 1	No 2	No 3	
200	0.726	-0.320	0.127	0.803
201	0.087	0.796	0.043	0.802
202	0.657	0.565	-0.073	-0.870
203	0.041	0.519	0.679	0.855
204	0.731	-0.168	0.295	0.806
205	0.684	0.376	-0.334	0.849
206	0.358	0.389	-0.613	-0.809
207	0.551	-0.040	0.464	0.722
208	-0.370	-0.428	-0.353	0.666
209	0.654	-0.493	0.046	-0.820
Valeurs propres	2.967	2.075	1.4003	
Variance expliquée	29.7%	20.8%	14.0%	
Variance totale expliquée	29.7%	50.5%	64.5%	

TABLEAU 4.2 Corrélacion entre les composantes principales et les stations après rotation en fonction de la chlorophylle-a totale.

IDENTIFICATION DE LA STATION	COMPOSANTES		
	No 1	No 2	No 3
200	<u>0.764</u>	0.126	-0.215
201	-0.173	0.538	<u>0.569</u>
202	0.322	<u>0.765</u>	0.260
203	0.171	-0.003	<u>0.838</u>
204	<u>0.794</u>	0.138	0.009
205	0.287	<u>0.796</u>	-0.060
206	-0.113	<u>0.773</u>	-0.212
207	<u>0.680</u>	0.031	0.239
208	0.287	0.115	<u>0.590</u>
209	<u>0.725</u>	0.019	-0.383

TABLEAU 4.3 Variance cumulative expliquée pour les trois premières composantes principales en fonction des diverses variables étudiées.

NO	PARAMETRE	COMPOSANTES			F.S.
		1	2	3	
01 02 03 04 05	SURFACE { Chloro.-a totale Chloro.-a active Phaeopigments-a % Chloro.-a active Chloro.-a act./phaeo.	30 28 22 28 29	50 50 44 47 49	64 63 60 64 65	non non oui oui non
06 07 08 09 10	INTEGRE { Chloro.-a totale Chloro.-a active Phaeopigments-a % Chloro.-a active Chloro.-a act./phaeo.	42 41 (41) 39 38 35	65 65 (59) 59 62 58	75 78 (72) 72 77 76	non non non non oui
11	Temp. °C	88	97	98	oui
12	Disque Secchi	46	68	81	non
13	Cond. météorologiques				pas calculé
14 15 16 17 18	SURFACE { N am. N total PO <sub>4</sub> total (dis) P total (dis) NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub>	37 65   58	62 84   76	78 95   87	oui pas calculé pas calculé pas calculé
19 20 21 22 23	INTEGRE { N am. N total PO <sub>4</sub> total (dis) P total (dis) NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub>	54    52	72    77	85    87	pas calculé oui pas calculé pas calculé oui
24 25 26	SURFACE { PFN PFTC Inhibition	39 (46)	59 (64)	76 (78)	oui pas calculé pas calculé
27 28 29	INTEGRE { PFN PFTC Inhibition	50 (54)	72 (74)	83 (86)	non pas calculé pas calculé

TABLEAU 4.4a Similarité du comportement de la station 200 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
01	SURFACE	Chloro.-a totale					X			X		X	
02		Chloro.-a active								X		X	
03		Phaeopigments-a		X			X					X	
04		% Chloro.-a active						X				X	
05		Chloro.-a act./phaeo.											
06	INTEGRE	Chloro.-a totale					X				X		
07		Chloro.-a active									X	X	
08		Phaeopigments-a					X				X		
09		% Chloro.-a active							X	X		X	
10		Chloro.-a act-/phaeo.					X		X	X		X	
TOTAL		-	1	-	-	5	1	2	4	3	7		

TABLEAU 4.4a Similarité du comportement de la station 200 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
14	SURFACE	N. am.			X	X					X		
15		N total		X		X							
16		PO <sub>4</sub> total (dis)		X	X	X	X	X			X	X	
17		P total (dis)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
18		N + N		X		X						X	
19	INTEGRE	N am.					X						
20		N total			X					X	X	X	
21		PO <sub>4</sub> total (dis)		X									
22		P total (dis)		X	X	X		X		X	X		
23		N + N		X	X	X	X						
24	SURFACE	PFN		X	X								
25		PFTC			X	X	X				X	X	
26		Inhibition											Pas calculé
27	INTEGRE	PFN			X	X	X	X	X				
28		PFTC											
29		Inhibition											Pas calculé
TOTAL			-	7	9	10	6	4	2	3	6	5	

TABLEAU 4.4b Similarité du comportement de la station 201 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
01	SURFACE	Chloro.-a totale				X					X		
02		Chloro.-a active			X			X			X		
03		Phaeopigments-a	X				X					X	
04		% Chloro.-a active											
05		Chloro.-a act./phaeo.			X						X		
06	INTEGRE	Chloro.-a totale			X	X		X	X	X			
07		Chloro.-a active			X	X		X	X				
08		Phaeopigments-a										X	
09		% Chloro.-a active				X							
10		Chloro.-a act./phaeo.				X							
TOTAL		1	-	5	4	2	4	2	1	4	2		

TABLEAU 4.4b Similarité du comportement de la station 201 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	
14	SURFACE	N. am.							X		X	
15		N total	X			X						
16		PO <sub>4</sub> total (dis)	X		X	X	X	X	X			X
17		P total (dis)	X		X	X	X	X	X	X	X	X
18		N + N	X			X						X
19	INTEGRE	N am.			X			X	X	X	X	
20		N total					X					
21		PO <sub>4</sub> total (dis)	X									
22		P total (dis)	X		X	X		X		X	X	
23		N + N	X		X	X	X					
24	SURFACE	PFN				X	X	X	X			
25		PFTC						X	X			
26		Inhibition										Pas calculé
27	INTEGRE	PFN			X	X	X	X	X	X		
28		PFTC										
29		Inhibition										Pas calculé
TOTAL			7	-	6	7	6	5	6	7	4	5

TABLEAU 4.4c Similarité du comportement de la station 202 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
01	SURFACE	Chloro.-a totale						X	X				
02		Chloro.-a active		X				X			X		
03		Phaeopigments-a						X	X		X		
04		% Chloro.-a active								X	X		
05		Chloro.-a act./phaeo.		X							X		
06	INTEGRE	Chloro.-a totale		X		X		X	X	X			
07		Chloro.-a active		X		X		X	X				
08		Phaeopigments-a				X		X	X	X			
09		% Chloro.-a active		X		X	X				X		
10		Chloro.-a act./phaeo.						X			X		
TOTAL		-	5	-	3	1	8	5	3	6	-		

TABLEAU 4.4c Similarité du comportement de la station 202 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
14	SURFACE	N. am.	X			X					X		
15		N total						X	X	X	X	X	
16		PO <sub>4</sub> total (dis)	X	X		X	X	X	X			X	
17		P total (dis)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
18		N + N						X			X		
19	INTEGRE	N am.		X					X	X	X	X	
20		N total	X							X	X	X	
21		PO <sub>4</sub> total (dis)									X	X	
22		P total (dis)	X	X		X		X		X	X		
23		N + N	X	X		X	X						
24	SURFACE	PFN	X			X							
25		PFTC	X			X	X				X	X	
26		Inhibition											Pas calculé
27	INTEGRE	PFN	X			X	X	X	X				
28		PFTC		X		X	X	X	X	X	X		
29		Inhibition											Pas calculé
TOTAL			9	6	-	9	6		6	6	0	7	

TABLEAU 4.4d Similarité du comportement de la station 203 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION									REMARQUES		
		200	201	202	203	204	205	206	207	208		209	
01	SURFACE {	Chloro.-a totale		X							X		
02		Chloro.-a active					X		X				
03		Phaeopigments-a								X			
04		% Chloro.-a active					X		X				
05		Chloro.-a act./phaeo.					X		X				
06	INTEGRE {	Chloro.-a totale		X	X			X	X	X			
07		Chloro.-a active		X	X			X	X				
08		Phaeopigments-a			X			X	X	X			
09		% Chloro.-a active											
10		Chloro.-a act./phaeo.		X									
TOTAL		-	,	3	-	3	3	6	3	1	-		

TABLEAU 4.4d Similarité du comportement de la station 203 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE A STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
14	SURFACE	N. am.	X		X								
15		N total	X	X									
16		PO <sub>4</sub> total (dis)	X	X	X		X	X	X			X	
17		P total (dis)	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
18		N + N	X	X								X	
19	INTEGRE	N am.					X						
20		N total					X	X					
21		PO <sub>4</sub> total (dis)					X	X	X	X			
22		P total (dis)	X	X	X			X		X	X		
23		N + N	X	X	X		X						
24	SURFACE	PFN	X		X								
25		PFTC	X		X		X				X	X	
26		Inhibition											Pas calculé
27	INTEGRE	PFN	X		X		X	X	X				
28		PFTC		X	X		X	X	X	X	X		
29		Inhibition											Pas calculé
TOTAL			10	7	9	-	7	8	6	4	5	4	

TABLEAU 4.4e Similarité du comportement de la station 204 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	
01	SURFACE	Chloro.-a totale	X						X		X	
02		Chloro.-a active				X		X				
03		Phaeopigments-a	X	X							X	
04		% Chloro.-a active				X		X				
05		Chloro.-a act./phaeo.				X		X				
06	INTEGRE	Chloro.-a totale	X							X		
07		Chloro.-a active							X			
08		Phaeopigments-a	X							X		
09		% Chloro.-a active		X	X			X		X		
10		Chloro.-a act./phaeo.	X						X	X	X	
TOTAL		5	2	1	3	-	1	4	3	3	3	

TABLEAU 4.4e Similarité du comportement de la station 204 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
14	SURFACE	N. am.						X	X				
15		N total											
16		PO <sub>4</sub> total (dis)	X	X	X	X		X	X			X	
17		P total (dis)	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
18		N + N			X				X		X		
19	INTEGRE	N am.	X										
20		N total		X									
21		PO <sub>4</sub> total (dis)				X		X	X	X			
22		P total (dis)						X					
23		N + N	X	X	X	X							
24	SURFACE	PFN		X				X	X	X			
25		PFTC	X		X	X					X	X	
26		Inhibition											Pas calculé
27	INTEGRE	PFN	X		X	X		X	X				
28		PFTC		X	X	X		X	X	X	X		
29		Inhibition											Pas calculé
TOTAL			6	6	7	7	-	8	8	4	4	3	

TABLEAU 4.4f Similarité du comportement de la station 205 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
01	SURFACE	Chloro.-a totale			X				X				
02		Chloro.-a active		X	X						X		
03		Phaeopigments-a			X				X		X		
04		% Chloro.-a active	X									X	
05		Chloro.-a act./phaeo.								X			
06	INTEGRE	Chloro.-a totale		X	X	X			X	X			
07		Chloro.-a active		X	X	X			X				
08		Phaeopigments-a			X	X	X		X	X			
09		% Chloro.-a active		X	X		X				X		
10		Chloro.-a act./phaeo.			X						X		
TOTAL		1	4	8	3	2	-	5	3	4	1		

TABLEAU 4.4f Similarité du comportement de la station 205 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
14	SURFACE	N. am.					X		X				
15		N total			X				X	X	X	X	
16		PO <sub>4</sub> total (dis)	X	X	X	X	X		X			X	
17		P total (dis)	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
18		N + N								X			
19	INTEGRE	N am.				X							
20		N total				X			X				
21		PO <sub>4</sub> total (dis)				X	X		X	X			
22		P total (dis)	X	X	X	X				X	X		
23		N + N							X				
24	SURFACE	PFN		X				X		X	X		
25		PFTC											
26		Inhibition											Pas calculé
27	INTEGRE	PFN	X		X	X	X		X				
28		PFTC		X	X	X	X		X	X	X		
29		Inhibition											Pas calculé
TOTAL			4	5	6	8	7	-	10	7	4	3	

TABLEAU 4.4g Similarité du comportement de la station 206 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
01	SURFACE	Chloro.-a totale			X								
02		Chloro.-a active				X	X						
03		Phaeopigments-a			X			X			X		
04		% Chloro.-a active				X	X						
05		Chloro.-a act-/phaeo.				X	X						
06	INTEGRE	Chloro.-a totale		X	X	X		X		X			
07		Chloro.-a active e		X	X	X		X					
08		Phaeopigments-a	X				X						
09		% Chloro.-a active	X							X		X	
10		Chloro.-a act./phaeo.	X				X			X		X	
TOTAL		3	2	4	5	5	4	-	3	1	2		

TABLEAU 4.4g Similarité du comportement de la station 206 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
14	SURFACE	N. am.					X	X					
15		N total			X			X		X	X	X	
16		PO <sub>4</sub> total (dis)	X	X	X	X	X	X				X	
17		P total (dis)	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
18		N + N			X		X						
19	INTEGRE	N am.		X	X					X	X	X	
20		N total				X		X					
21		PO <sub>4</sub> total (dis)				X	X	X		X			
22		P total (dis)					X						
23		N + N						X					
24	SURFACE	PFN		X			X	X		X			
25		PFTC		X						X			
26		Inhibition											Pas calculé
27	INTEGRE	PFN	X		X	X	X	X					
28		PFTC		X	X	X	X	X		X	X		
29		Inhibition											Pas calculé
TOTAL			3	6	7	6	9	10	-	7	4	4	

TABLEAU 4.4h Similarité du comportement de la station 207 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
01	SURFACE	Chloro.-a totale	X				X					X	
02		Chloro.-a active	X									X	
03		Phaeopigments-a				X							
04		% Chloro.-a active			X						X		
05		Chloro-a act./phaeo.						X					
06	INTEGRE	Chloro.-a totale		X	X	X		X	X				
07		Chloro.-a active					X						
08		Phaeopigments-a			X	X		X	X				
09		% Chloro.-a active	X						X				
10		Chloro.-a act./phaeo.	X				X		X			X	
TOTAL		4	1	3	3	3	3	4	-	1	3		

TABLEAU 4.4h Similarité du comportement de la station 207 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
14	SURFACE	N. am.		X								X	
15		N total			X			X	X		X	X	
16		PO <sub>4</sub> total (dis)											Pas calculé
17		P total (dis)	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
18		N + N						X					
19	INTEGRE	N am.		X	X				X		X	X	
20		N total	X			X	X	X	X				
21		PO <sub>4</sub> total (dis)				X	X	X	X				
22		P total (dis)	X	X	X	X		X			X		
23		N + N									X	X	
24	SURFACE	PFN		X			X	X	X				
25		PFTC		X					X				
26		Inhibition											Pas calculé
27	INTEGRE	PFN									X	X	
28		PFTC		X	X	X	X	X	X		X		
29		Inhibition											Pas calculé
TOTAL			3	7	6	4	4	7	7	-	8	7	

TABLEAU 4.4i Similarité du comportement de la station 208 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
01	SURFACE	Chloro.-a totale		X		X							
02		Chloro.-a active		X	X			X					
03		Phaeopigments-a			X			X	X				
04		% Chloro.-a active			X					X			
05		Chloro.-a act./phaeo.		X	X								
06	INTEGRE	Chloro.-a totale	X				X						
07		Chloro.-a active	X								X		
08		Phaeopigments-a	X				X						
09		% Chloro.-a active		X	X		X	X					
10		Chloro.-a act./phaeo.			X			X					
TOTAL		3	4	6	1	3	4	1	1	-	1		

TABLEAU 4.4i Similarité du comportement de la station 208 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
14	SURFACE	N. am.					X	X	X				
15		N total			X			X	X	X		X	
16		PO <sub>4</sub> total (dis)											Pas calculé
17		P total (dis)	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
18		N + N			X		X		X				
19	INTEGRE	N am.		X	X				X	X		X	
20		N total	X		X					X		X	
21		PO <sub>4</sub> total (dis)			X							X	
22		P total (dis)	X	X	X	X		X		X			
23		N + N								X		X	
24	SURFACE	PFN										X	
25		PFTC	X		X	X	X					X	
26		Inhibition											Pas calculé
27	INTEGRE	PFN								X		X	
28		PFTC		X	X	X	X	X	X	X			
29		Inhibition											Pas calculé
TOTAL			4	4	9	4	5	5	6	8	-	9	

TABLEAU 4.4j Similarité du comportement de la station 209 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale.

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
01	SURFACE	Chloro.-a totale	X				X			X			
02		Chloro.-a active	X							X			
03		Phaeopigments-a	X	X			X						
04		% Chloro.-a active	X					X					
05		Chloro.-a act./phaeo.											
06	INTEGRE	Chloro.-a totale											
07		Chloro.-a active	X								X		
08		Phaeopigments-a		X									
09		% Chloro.-a active	X						X	X			
10		Chloro.-a act./phaeo.	X				X		X	X			
TOTAL		7	2	-	-	3	1	2	4	1	-		

TABLEAU 4.4j Similarité du comportement de la station 209 avec le comportement des autres stations en fonction de divers paramètres telle que déterminée au moyen de l'analyse par composante principale (suite).

NO	PARAMETRE	NUMERO DE LA STATION										REMARQUES	
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209		
14	SURFACE	N. am.		X						X			
15		N total			X			X	X	X	X		
16		PO <sub>4</sub> total (dis)	X	X	X	X	X	X	X				
17		P total (dis)	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
18		N + N	X	X		X							
19	INTEGRE	N am.		X	X				X	X	X		
20		N total	X		X					X	X		
21		PO <sub>4</sub> total (dis)			X						X		
22		P total (dis)											
23		N + N							X	X			
24	SURFACE	PFN								X			
25		PFTC	X		X	X	X				X		
26		Inhibition											Pas calculé
27	INTEGRE	PFN								X	X		
28		PFTC											
29		Inhibition											Pas calculé
TOTAL			5	5	7	4	3	3	5	6	7	-	

TABLEAU 4.5 Rétrospective des travaux concernant l'état trophique et la toxicité du lac.

REFERENCES	PARAMETRES OU METHODES UTILISES	CONCLUSIONS	REMARQUES	
A- NIVEAU TROPHIQUE: <u>Bisson et al.</u> (1978)	Chlorophylle active	Oligotrophe	Difficile de caractériser l'état trophique à cause de l'hétérogénéité du lac	
	Couleur, Secchi, profondeur moyenne, phosphore total, azote Kjeldahl, potentiel autotrophe et potentiel de fertilité	Mésotrophe		
	<u>Goeffroy et Michaud</u> (1979)	Evaluation numérique	Mésotrophe: stade préliminaire	La zone la plus profonde est oligotrophe alors que cinq autres secteurs sont mésotrophes à cause des valeurs relativement faibles de la profondeur moyenne
	<u>Jones et al.</u> (1979)	Diagramme de Vollenweider	Eutrophe	L'apport spécifique en P est calculé à partir des mesures de concentration dans les tributaires: surestimation
		Modèle d'apport	Mésotrophe	
		Modèle de Snodgrass et O'Melia	Mésotrophe	
		L'approche de Larsen et Mercier	Oligotrophe	
Dillon, Rigler et Kirchner		Oligo-mésotrophe Oligotrophe		
L'ensemble des méthodes	Stade intermédiaire entre oligotrophe et mésotrophe	En se basant sur l'homogénéité du lac		

TABLEAU 4.5 (suite).

REFERENCES	PARAMETRES OU METHODES UTILISES	CONCLUSIONS	REMARQUES
Sylvain (1979)	Modèle Dillon	Mésotrophe	
B- TOXICITE: Joubert (1978b)	Test avec <u>Selenastrum</u>	Toxicité faible	Seule certaines zones dans le confluent des tributaires sont affectées; outre ces endroits, il y a peu d'évidence d'une situation alarmante

TABLEAU 4.6 Sommaire des principales données recueillies au cours de l'été 1978.

PARAMETRES	VALEURS MAXIMALES	VALEURS MINIMALES	VALEURS MOYENNES	COEFFICIENT DE VARIATION (%)
Température (0°C)	23.5	8.8	18.4	15
Disque de Secchi (m)	3.1	1.4	2.1	16
NH <sub>3</sub> (mg N/L)				
surface	0.100	< 0.020	0.039	46
intégré	0.150	< 0.020	0.051	47
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> (mg N/L)				
surface	0.190	< 0.020	0.059	30
intégré	0.110	< 0.020	0.059	25
N-Kjeldahl (mg N/L)				
surface	0.270	0.080	0.167	22
intégré	0.400	0.130	0.208	22
P <sub>inorg.</sub> (mg PO <sub>4</sub> /L)				
surface	0.025	< 0.005	0.011	36
intégré	0.040	< 0.005	0.013	56
P <sub>total</sub> (mg PO <sub>4</sub> /L)				
surface	0.086	< 0.010	0.029	66
intégré	0.070	< 0.010	0.029	68
Potentiel de fertilité (mg/L)				
surface	0.03	7.87	0.72	121
intégré	0.03	11.36	0.94	136
Chlorophylle-a totale (µg/L)				
surface	5.0	0.5	1.6	37
intégré	3.2	0.4	1.5	29
Chlorophylle-a active (µg/L)				
surface	2.8	0.2	0.9	41
intégré	1.8	0.2	0.8	35

TABLEAU 4.7 Répartition des mesures de PF selon trois classes<sup>1</sup>.

DATES	FREQUENCE D'APPARITION DES VALEURS DANS CHAQUE CLASSE		
	≤0.1 mg/L	>0.1 mg/L et ≤0.8 mg/L	> 0.8 mg/L
21-06-78	0	17	3
06-07-78	0	19	1
13-07-78	5	14	1
20-07-78	3	5	4
22-07-78	7	6	7
24-07-78	5	8	7
25-07-78	4	6	9
26-07-78	4	5	3
29-07-78	2	5	5
31-07-78	0	3	8
02-08-78	0	5	6
03-08-78	0	2	2
07-08-78	1	9	10
12-08-78	7	6	7
15-08-78	1	1	0
17-08-78	2	2	0
21-08-78	4	8	4
14-09-78	0	20	0
26-09-78		10	2
13-10-78		8	2
	45 (16%) <sup>2</sup>	159 (56%)	81 (28%)

<sup>1</sup> Les trois classes ont été déterminées à partir des indices de production (Miller et al., 1974; Greene et al., 1975):

≤0.1 mg/L = oligotrophe  
 >0.1 à ≤0.8 mg/L = mésotrophe  
 >0.8 = eutrophe

<sup>2</sup> x (y) x = nombre total des valeurs rencontrées dans une classe.

y = % des valeurs rencontrées dans une classe

$$\frac{\text{nombre des valeurs d'une classe}}{\text{nombre total des valeurs}}$$

nombre total des valeurs

TABLEAU 4.8 Les teneurs en phosphore: pourcentage des valeurs qui sont inférieures aux limites de détection.

DATES	P <sub>organique</sub>		P <sub>total</sub>	
	limite <sup>1</sup>	total <sup>7</sup>	limite	total
21-06-78	2 <sup>2</sup>	20	0	20
06-07-78	19 <sup>3</sup>	20	19 <sup>3</sup>	20
13-07-78	14 <sup>2</sup>	20	4 <sup>6</sup>	20
20-07-78	12 <sup>4</sup>	12	12 <sup>4</sup>	12
22-07-78	20 <sup>4</sup>	20	18 <sup>4</sup>	20
24-07-78	20 <sup>5</sup>	20	10 <sup>5</sup>	20
25-07-78	19 <sup>5</sup>	20	6 <sup>5</sup>	20
26-07-78	12 <sup>5</sup>	12	6 <sup>5</sup>	12
29-07-78	12 <sup>5</sup>	12	9 <sup>5</sup>	12
31-07-78	12 <sup>5</sup>	12	12 <sup>5</sup>	12
02-08-78	11 <sup>5</sup>	11	6 <sup>5</sup>	11
03-08-78	3 <sup>5</sup>	4	2 <sup>5</sup>	4
07-08-78	14 <sup>5</sup>	20	10 <sup>5</sup>	20
12-08-78	15 <sup>5</sup>	20	6 <sup>5</sup>	20
15-08-78	0	1	0	1
17-08-78	3 <sup>5</sup>	4	1 <sup>5</sup>	4
21-08-78	14 <sup>5</sup>	16	0	16
14-09-78	20 <sup>5</sup>	20	0	20
26-09-78	12 <sup>5</sup>	12	0	12
13-10-78	1 <sup>5</sup>	10	0	10
% des valeurs inférieures aux limites	84		42	

<sup>1</sup> Nombre de valeurs qui étaient inférieures à la limite de détection lorsqu'elle était fixée à:

- <sup>2</sup> 5 µg PO<sub>4</sub>/L
- <sup>3</sup> 10 µg PO<sub>4</sub>/L
- <sup>4</sup> 25 µg PO<sub>4</sub>/L
- <sup>5</sup> 30 µg PO<sub>4</sub>/L
- <sup>6</sup> 40 µg PO<sub>4</sub>/L

<sup>7</sup> Nombre total des valeurs.

TABLEAU 4.9 Coefficient de corrélation ( $r$ ), variance expliquée ( $r^2$ ) et niveau de signification ( $p$ ) des corrélations obtenues en considérant pour un même paramètre les mesures de surface et celles de la zone photique.

PARAMETRES	$r$	$r^2$	$p$
Chlorophylle- <u>a</u> totale	0.54	0.29	<0.001
Chlorophylle- <u>a</u> active	0.49	0.24	<0.001
Phaeopigments	0.49	0.24	<0.001
N-ammoniacal	0.70	0.49	<0.001
N-Kjeldahl	0.45	0.20	<0.001
N-nitrate-nitrite	0.50	0.25	<0.001
P-total	0.85	0.73	<0.001
Potentiel de fertilité	0.14	0.02	<0.063

TABLEAU 4.10 Corrélations significatives ( $r > 0.50$ ;  $p < 0.001$ ) entre différents paramètres mesurés en surface ou dans la zone photique (intégré).

PARAMETRES	SURFACE		PROFONDEUR	
	r	p	r	p
Chlorophylle- <u>a</u> totale vs chlorophylle- <u>a</u> active	0.98	< 0.001	0.83	< 0.001
Chlorophylle- <u>a</u> totale vs paheopigments	0.94	< 0.001	0.88	< 0.001
% chlorophylle- <u>a</u> active vs $\frac{\text{chlorophylle-a active}^*}{\text{phaeopigments}}$	0.98	< 0.001	0.94	< 0.001
Chlorophylle- <u>a</u> active vs phaeopigments	0.83	< 0.001	0.66	< 0.001

r = coefficient de corrélation

p = niveau de signification

\* corrélations effectuées avec des variables dépendantes

TABLEAU 4.11 Liste des corrélations qui reflètent une tendance forte entre deux paramètres ( $p < 0.002$ ) mesurés en surface ou dans la zone photique (intégré).

PARAMETRES	SURFACE		INTEGRE	
	r	p	r	p
Chlorophylle- <u>a</u> totale vs % chlorophylle- <u>a</u> active*	0.26	<0.001	0.33	<0.001
Chlorophylle- <u>a</u> totale vs <u>chlorophylle-<u>a</u> active</u> phaeopigments	0.25	0.002	0.30	0.002
Chlorophylle- <u>a</u> active vs % chlorophylle- <u>a</u> active*	0.47	<0.001	0.63	<0.001
Chlorophylle- <u>a</u> active vs <u>chlorophylle-<u>a</u> active*</u> phaeopigments	0.46	<0.001	0.60	<0.001
Chlorophylle totale vs N-nitrate + nitrite	(-)0.14	0.040	(-)0.30	0.001
Phaeopigments vs N-nitrate + nitrite	(-)0.10	0.079	(-)0.30	0.001
N-ammoniacal vs N-Kjeldahl	0.26	0.028	0.57	<0.001
P-inorganique vs potentiel de fertilité	0.0	0.497	0.67	<0.001**

r = coefficient de corrélation

p = niveau de signification

\* Corrélations effectuées avec des variables dépendantes

\*\* Dispersion non homogène des points

(-) Coefficient de corrélation négatif

TABLEAU 4.12 Répartition des rapports chlorophylle-a active/phaeopigments en trois classes de valeurs.

	% des valeurs > 1		% des valeurs < 1	
	S	I	S	I
A- Autotrophe surtout en surface:				
201	59	53	41	47
204	67	55	33	45
205	67	58	33	42
209	73	66	27	34
B- Autotrophe surtout dans la zone photique:				
200	61	78	39	22
202	50	57	50	43
203	67	75	33	25
C- Hétérotrophe surtout dans la zone photique:				
206	58	33	42	67
207	58	33	42	67
208	63	38	37	62

- A Plus de 50% des valeurs montrent un indice > 1, les échantillons de surface (S) ont un indice > 1 plus fréquemment que les échantillons de la zone photique (I): activité autotrophe surtout en surface.
- B Plus de 50% des valeurs montrent un indice > 1; les échantillons de surface (S) ont un indice > 1 moins fréquemment que les échantillons de la zone photique (I): activité autotrophe surtout dans la zone photique.
- C Plus de 50% des valeurs montrent un indice < 1 pour les échantillons de la zone photique (I): activité hétérotrophe dans la zone photique.

CHAPITRE 5

DISCUSSION GÉNÉRALE

## DISCUSSION GÉNÉRALE

En dépit d'une campagne d'échantillonnage relativement intense, la méthodologie de travail a fourni peu d'informations nouvelles permettant d'augmenter d'une façon satisfaisante nos connaissances requises pour la gestion de la ressource. En se basant sur les conclusions de l'étude de 1978, nous croyons opportun, dans ce rapport, de discuter plus à fond de la philosophie de l'approche des diverses études limnologiques qui ont été effectuées jusqu'à présent sur les eaux du lac Saint-Jean.

Le lecteur de ce rapport a pu remarquer que la discussion des résultats (chapitre 4) a été principalement orientée vers le regroupement des stations qui possèdent un comportement semblable. Cette approche fut utilisée dans le but de déterminer les zones homogènes dont les comportements sont peut-être liés à des phénomènes morphométriques ou énergétiques. Les résultats d'une telle démarche pourront déboucher sur une gestion du lac par des processus de contrôle d'un nombre minimal de variables.

Ainsi, nous avons utilisé deux approches; la première est la méthode des composantes principales, un exercice mathématique, exécuté en fonction d'un regroupement des stations, tandis que la deuxième représente une approche plus qualitative basée sur l'observation visuelle de la distribution spatiale des données ou encore sur l'évolution temporelle des paramètres. L'approche qualitative comporte aussi une analyse de corrélation entre paramètres.

En théorie, les deux approches devraient nous permettre d'en arriver à des conclusions semblables. Cependant, l'approche qualitative n'a pas été effectuée seulement en fonction des variables discutées dans le présent rapport. Elle prend en considération les connaissances des divers auteurs suite à leur expérience déjà acquise sur cet écosystème. Rappelons, par exemple, que l'analyse des valeurs obtenues en 1976 et 1977 montrait que le lac Saint-Jean était de nature hétérogène. Pour les eaux de surface, deux comportements avaient été mis en évidence:

- a) celui des eaux influencées par les tributaires situés dans le nord-ouest et le sud-est du lac et;
- b) celui des eaux lacustres de nature pélagique situées vers le centre du lac.

Au cours de la présente étude, nous avons tenté de déterminer le degré de similarité entre les eaux en surface et celles de la zone photique. La composition des eaux subissant l'influence des grands tributaires ainsi que celle des stations pélagiques a été particulièrement étudiée au moyen des paramètres fortement associés à la dynamique des communautés phytoplanctoniques (chlorophylle totale, chlorophylle-a active, phaeophytine,  $N_i$  et  $N_t$ ,  $P_i$  et  $P_t$ , PFN).

Ainsi, afin d'augmenter le niveau d'information nécessaire à assurer une meilleure gestion des ressources aquatiques du lac Saint-Jean, nous avons étudié plus particulièrement si la quantité et la qualité de la production (biomasse phytoplanctonique; rapport autotrophe-hétérotrophe) étaient reliées avec la progression des eaux des rivières du nord-ouest du lac, ou du sud-est du lac, vers le centre ainsi que la décharge du lac. De plus, le degré de similarité entre les zones photiques et les zones des eaux de surface aurait pu nous renseigner sur la nature de la diffusion et de l'utilisation de la matière nutritive dans l'épilimnion du lac.

En dépit de la grandeur et de la complexité du système du lac Saint-Jean, nous avons cru que cette approche simple aurait pu générer des résultats pour rencontrer les objectifs 1.2.4 et 1.2.5. cités dans l'introduction de ce rapport, c'est-à-dire "interpréter les phénomènes biologiques liés à la production primaire à l'aide des mesures physiques, chimiques et biologiques", et "avancer une tentative d'explication des fleurs d'eau observées tout le long de l'été 1978...".

Les résultats acquis en 1978 démontrent qu'en partie les hypothèses globales que nous avons formulées étaient partiellement confirmées. Celles-ci nous permettent une perception de la relation cause-effet et deviennent une des étapes dans la compréhension du comportement du système.

Cependant, ces résultats n'ont conduit qu'à des observations globales sur le comportement du système et la valeur de la démarche pour instituer des méthodes de gestion de la ressource nous apparaît minime.

Ainsi, en ce qui concerne l'impact (cause → effet) des rivières sur le lac Saint-Jean, la méthode des composantes principales et la méthode qualitative démontrent l'influence des eaux courantes sur l'évolution de la température de l'eau du lac (4.1.3 et 4.3.2). La définition du regroupement des stations par les deux méthodes est un peu différente; cependant, ces regroupements sont fortement identifiés avec les zones directement influencées par les eaux des rivières ou celles du milieu du lac<sup>1</sup>. La méthode qualitative démontre, à son tour, que subséquente à la température maximale, il y a une croissance des populations phytoplanctoniques dans les diverses zones du lac (section 4.3.2). Toutefois, cette méthode qualitative est sujet à une certaine filtration des données et des rejets de certaines anomalies de comportement; les résultats représentent donc un comportement global du système dont les différences relativement petites entre les stations ont été supprimées.

En général, il y a donc une progression des zones de croissance dans le lac en fonction d'une direction ouest→est pendant l'été. Cette croissance des algues est reliée avec la bio-disponibilité des éléments nutritifs suite à la dynamique globale des activités autotrophes-hétérotrophes. Ainsi, la méthode qualitative démontre de plus grandes activités hétérotrophiques en profondeur dans la région du lac intermédiaire entre la zone influencée par les rivières ainsi que la zone profonde et la décharge du lac (section 4.3.2).

---

<sup>1</sup> Sauf dans le cas de la méthode des composantes principales pour la station 206.

Les méthodes qualitatives et l'analyse en composantes principales font ressortir la nature plus homogène des zones photiques par rapport aux eaux de surface. Ceci semble indiquer que pendant les périodes d'échantillonnage, les facteurs de turbulence et de diffusion du système contribuent à atténuer les différences entre le comportement physico-chimique des eaux de la zone photique par rapport à la dynamique des eaux de surface.

En ce qui concerne la méthode des composantes principales, les regroupements des stations en fonction du comportement des paramètres liés à la production phytoplanctonique du milieu ne reflètent pas le rapport entre les eaux des tributaires du lac et la croissance de la population phytoplanctonique (chlorophylle-a) tel que démontré par la méthode qualitative. Ainsi, les deux groupes de stations établis par la méthode des composantes principales pour la température (203, 204, 205, 206, 207 et 200, 201, 202, 208, 209) sont très différents des deux groupes caractérisant le comportement de la chlorophylle-a (200, 204, 207, 209 et 201, 202, 205, 206, 207). Il nous a été impossible de trouver une explication satisfaisante à ce dernier regroupement par une approche de cause à effet basée sur les phénomènes limnologiques.

Il reste toutefois que ce regroupement, tel que défini par la méthode des composantes principales, est "réel" et reflète possiblement un phénomène relié surtout aux différences entre les divers microphénomènes du milieu (en interrelation entre les espèces d'algues, phénomène de broutage, etc...).

Nous prenons pour acquis, dans le cas du lac Saint-Jean, que la température est un macrophénomène, au même titre que le vent, l'ensoleillement et le débit des grandes rivières. L'action de ces macrophénomènes définit le cadre global énergétique du système à l'intérieur duquel la structure de la population phytoplanctonique évolue. Ainsi, les caractéristiques globales des populations (ex. biomasse totale) peuvent refléter le cadre énergétique global du milieu, mais la structure et la dynamique de celles-ci (ex. progressions de diverses espèces, cycle des éléments nutritifs, dynamique des relations phytoplancton-zooplancton, etc...) dépendent des microphénomènes

effectifs pendant de courtes périodes de temps (ex. broutage de zooplancton, régulateur de croissance organique, produits excellulaires de divers organismes, etc...). Ces microphénomènes reliés entre eux pendant de courtes périodes de temps sont surtout de nature chimique et biologique. Par contre, les macrophénomènes reliés entre eux par des périodes de temps beaucoup plus longues sont surtout de nature physique. Dans le cas des eaux du lac Saint-Jean, nous possédons de bonnes connaissances sur le cadre énergétique global de ce système, c'est-à-dire la production phytoplanctonique des eaux oligotrophes influencée fortement par les eaux des tributaires. Toutefois, la problématique du "bloom" d'algues peut s'élaborer, selon toute vraisemblance, à partir du comportement d'une ou plusieurs espèces d'algues dont la stimulation de la croissance est surtout déclenchée par des microphénomènes effectifs pendant de courtes période de temps.

Ainsi, il sera très difficile, à partir d'une étude des macrophénomènes dont les mesures ponctuelles sont séparées par de longues périodes de temps, d'acquérir l'information nécessaire pour la compréhension de l'origine du "bloom" d'algues. Ceci est bien démontré par la difficulté d'établir une relation satisfaisante entre les données physico-chimiques 1978 avec la structure des populations phytoplanctoniques déterminée au genre. Il faudra surtout développer des hypothèses sur la croissance des espèces d'algues qui reflètent la nature épisodique de ce phénomène de "bloom" sur de courtes périodes de temps. Nous croyons à ce moment-ci que seule une méthodologie de travail orientée dans une direction de recherche plus fondamentale puisse nous permettre d'acquérir les données valables à la compréhension et par conséquent, à la gestion du lac Saint-Jean.

Les études du lac Saint-Jean depuis 1974 à 1978 n'ont fourni que des données globales; cependant, l'expérience acquise par ces études doit permettre l'élaboration de diverses hypothèses concernant les questions spécifiques sur la qualité des eaux du lac. Par exemple, en ce qui concerne la question du "bloom" d'algues, l'espèce dominante est parfois apparue comme étant du groupe des Cyanophycées. En effet, bien qu'en général les genres

Rhodomonas et Cryptomonas, qui sont des représentants du groupe des Cryptophycées, apparaissent en général dominant, leur nombre semblerait insuffisant pour produire un effet de "bloom". Par contre, il faut mentionner qu'à une occasion, le 31 juillet 1977 à la station 6, on a dénombré plus de  $21 \times 10^6$  algues/ml du genre Anabaena, une Cyanophycée.

La croissance de ce groupe (Cyanophycées) est favorisée par des conditions où le rapport azote:phosphore des eaux est moins que 5:1. Les rivières agricoles, telles que la Ticouapé, la Belle rivière et la Couchepagani-che, en se déchargeant dans le lac Saint-Jean, apportent des eaux dont le rapport azote:phosphore favorise la croissance des algues bleu-vert. Ainsi, avec la progression des eaux des rivières agricoles dans le lac, la matière en suspension sédimente et les eaux deviennent plus transparentes. Les algues bleu-vert se développent à une profondeur où les conditions de lumière sont optimales, et ceci surtout en période de calme. L'apparence d'un "bloom" d'algues sur le lac peut donc être le résultat d'un déplacement de la population des algues bleu-vert vers la surface de l'eau, soit volontaire, selon les conditions du milieu, soit involontaire, sous un effet de turbulence.

Pour valider une telle hypothèse, il faudra une méthodologie de travail dont la campagne d'échantillonnage soit intensive pendant des séries de courtes périodes de temps, séparées entre elles par des événements épisodiques. Ainsi, on doit, à partir de l'embouchure d'une rivière agricole telle la Belle rivière, établir une série restreinte de stations dans le cône de diffusion des eaux. Les profils verticaux de la transparence de l'eau, les concentrations de phosphore, d'azote et de chlorophylle et les espèces algologiques dominantes doivent être mesurés tous les jours. Après chaque événement de pluie ou de vent appréciable, on doit rapidement vérifier la structure verticale des populations pour déterminer si la destruction des populations originales en profondeur est la cause du "bloom" d'algues en surface. De plus, il est essentiel que, suite aux connaissances acquises sur les interrelations entre les espèces d'algues responsables du "bloom" et de la dynamique du milieu, il devrait y avoir une série d'expériences "in situ". Les objectifs de ces travaux viseront à déterminer les

phénomènes responsables du déclenchement de la croissance des algues et d'autre part, de déterminer la dynamique des transferts énergétiques nécessaires au maintien de la population. Nous croyons qu'à partir de maintenant, ce genre d'approche de l'hypothèse-recherche spécifique intensive sera mieux adaptée au programme du lac Saint-Jean que les campagnes globales sur tout l'écosystème. Mentionnons enfin que Armstrong et Schindler (1971) ont déjà observé, à une occasion, une biomasse phytoplanctonique élevée, jusqu'à 21  $\mu\text{g}$  chlorophylle-a/L, dans un lac du Bouclier précambrien où les concentrations en P total dissous étaient faibles (5 $\mu\text{g}$ /L).

En conclusion, la synthèse des données de 1978 nous a permis de déterminer l'influence des macrophénomènes (température et débit des grandes rivières) sur la progression globale de la biomasse dans l'écosystème du lac Saint-Jean. Toutefois, l'information disponible n'est pas de nature à permettre une explication des "blooms" d'algues sur le lac. Conscient de ce fait, nous recommandons que des approches orientées vers des hypothèses de travail sur les questions spécifiques soient entreprises. Nous avons déjà démontré que le lac Saint-Jean est hétérogène et que les campagnes d'inventaire de nature globale sont surtout propices pour les systèmes homogènes (Harris, 1980). Il faut respecter la nature hétérogène du lac Saint-Jean par une méthodologie de travail adaptée à cet état autant dans l'espace temporel que spatial.

CHAPITRE 6

CONCLUSION GÉNÉRALE

## CONCLUSION GÉNÉRALE

La synthèse des données disponibles de l'échantillonnage du lac Saint-Jean pour l'année 1978 nous permet d'avancer les conclusions suivantes:

- 1- Les paramètres physico-chimiques et biologiques sont caractéristiques d'un niveau trophique relativement faible qui se situe entre l'état oligotrophe et mésotrophe. Les concentrations en phosphore inorganique sont habituellement inférieures à  $10 \mu\text{g PO}_4/\text{L}$  alors que les valeurs de PF, dans une proportion de 72%, sont inférieures ou égales à  $0.8 \text{ mg/L}$ . Enfin, les concentrations en chlorophylle-a active restent faibles ( $0.2-2.8 \mu\text{g/L}$ ) et tout au long de la période de l'étude, les genres Rhodomonas et Cryptomonas dominent;
- 2- Les eaux du lac ne présentent pas d'indices évidents de toxicité;
- 3- L'étude des corrélations entre les mesures effectuées sur les échantillons de surface et ceux provenant de la zone photique met en évidence la dépendance des mécanismes qui existent entre ces deux milieux. Ainsi, par exemple, certaines corrélations suggèrent que les produits liés à la dégradation de la chlorophylle soient rapidement recyclés;
- 4- En confrontant les teneurs en chlorophylle-a active aux températures, on arrive à distinguer des stations qui subissent l'influence des milieux lotiques (203 et 205) et des stations associées au milieu lacustre (200, 201, 202, 208 et 209). Il semblerait, de plus, que les teneurs en chlorophylle-a active aient tendance à augmenter à mesure que l'on progresse d'ouest en est dans les eaux du lac;
- 5- Les activités autotrophes semblent se rencontrer en surface (201, 204, 205 et 209) ou dans la zone photique (200, 202 et 203) alors que les activités hétérotrophes sont préférentiellement observées dans la zone photique (206, 207 et 208). Dans le cas de ces trois dernières stations, les valeurs de PF sont plus élevées qu'aux autres stations, ce qui suggérerait un effet lié à la dégradation sur la biodisponibilité des éléments nutritifs.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- APHA-AWWA-WPCF (1975).  
Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th edition, American Public Health Association, Washington, 1193 p.
- ARMSTRONG, F.A.J. et SCHINDLER, D.W. (1971).  
Preliminary chemical characterization of waters in the experimental lakes area, Northwestern Ontario. J. Fish. Res. Board Can., 28: 171-187.
- BERLAND, B.R., BONIN, D.J., MAESTRINI, S.Y. et POINTIER, J.P. (1972).  
Etude de la fertilité des eaux marines au moyen de tests biologiques effectués avec des cultures d'algues. I. Comparaison des méthodes d'estimation. Int. Revue Ges. Hydrobiol., 57: 933-944.
- BERLAND, B.R., BONIN, D.J. et MAESTRINI, S.Y. (1974).  
Mise en évidence de facteurs réglant la productivité du phytoplancton des eaux de surface dans la partie nord occidentale de la mer Méditerranée au moyen de tests biologiques. Ann. Inst. Oceanogr. Paris, 50: 5-25.
- BERLAND, B.R., BONIN, D.J. et MAESTRINI, S.Y. (1976).  
De l'emploi concomitant d'enceintes dialysantes et de tests biologiques pour la détermination des facteurs nutritionnels limitant la production primaire des eaux marines. Ann. Inst. Oceanogr. Paris, 52: 45-55.
- BISSON, M., COUTURE, P. et VISSER, S.A. (1978).  
Etude de la qualité du milieu aquatique du lac Saint-Jean et de la rivière Saguenay. INRS-Eau, rapport scientifique numéro 92 (rédigé pour les Services de protection de l'environnement du Québec).
- BOMBOWNA, M. et BUCKA, H. (1974).  
Some Carpathian reservoirs and their production relations. Acta Hydrobiol., 16: 379-400.
- BREMOND, R. et PERRODON, C. (1979).  
Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et du cadre de vie, Direction de la prévention des pollutions, Service des problèmes de l'Eau, France. 259 p.
- BREZONIK, P.L., BROWNE, F.X. et FOX, J.L. (1975).  
Application of ATP to plankton biomass and bioassay studies. Water Res., 9: 155-162.
- CAMPBELL, P.G., COUTURE, P., LACHANCE, M. et TALBOT, L. (1976).  
Etude intégrée de la qualité des eaux des bassins versants des rivières Saint-François et Yamaska. Volume 2: Secteur des substances nutritives. INRS-Eau, rapport scientifique no 52, 127 p., 8 annexes. (Pour le Ministère des Richesses naturelles, Québec).
- CHIAUDANI, G. et VIGHI, M. (1974).  
The N:P ratio and tests with Selenastrum to predict eutrophication in lakes. Water Res., 8: 1063-1069.

- CHRISTMAN, R.F. et MINEAR, R.A. (1971).  
Organics in lakes. IN: Organic compounds in aquatic environments.  
S.J. Faist and J.V. Hunter (eds), Marcel Dekker, New-York, pp. 119-143.
- COUTURE, P. et VISSER, S.A. (1978).  
Evaluation à l'aide d'un bioessai de l'effet de facteurs environnementaux  
sur la fertilité potentielle des eaux de la rivière Desaulniers, baie  
James. INRS-Eau, rapport scientifique no 86, 85 p. (Pour la Société  
d'énergie de la baie James).
- CONTANT, H. (1976).  
Species composition and algal biomass of lac Saint-Jean, Québec and  
some of the important rivers. Unpubl. M. Sc. Thesis, Univ. Waterloo,  
232p.
- DEVAUX, J. (1973).  
Contribution à l'étude des populations phytoplanctoniques du lac de  
Tazenat (Puy-De-Dôme). Extrait des annales de la Station Biologique de  
Besse-En-Chandesse, France, no 7, 101p.
- DUTHIE, H.C. et OSTROFSKY, M.L. (1974).  
Plankton, chemistry and physics of lakes in the Churchill Falls region  
of Labrador. J. Fish. Res. Board Can., 31: 1105-1117.
- FEE, E.J. (1976).  
The vertical and seasonal distribution of chlorophyll in lakes of the  
experimental Lakes Area, Northwestern Ontario: implications for primary  
production estimates. Limnol. Oceanogr., 21: 767-783.
- FINDLEY, D.L., FINDLEY, D.I. and STEIN, J.A. (1973).  
Surface nitrogen and plankton in Skaha Lake, British Columbia (Canada).  
Freshwat. Biol., 3: 111-122.
- GLOOSCHENKO, W.A., MOORE, J.E. et VOLLENWEIDER, R.A. (1972).  
The seasonal cycle of phaeo-pigments in lake Ontario with particular  
emphasis on the role of zooplankton grazing. Limnol. Oceanogr., 5:  
29-33.
- GOEFFRION, J. et MICHAUD, J. (1979).  
Bassin hydrographique Saguenay-Lac Saint-Jean. Evaluation numérique de  
l'état trophique du lac Saint-Jean. Gouvernement du Québec. Services  
de protection de l'environnement. 36 p.
- GOLTERMAN, H.L. (1973).  
Vertical movement of phosphate in fresh water. IN: Environmental  
phosphorus handbook. Griffith E.J. et al. (eds), John Wiley and Sons,  
New-York. pp. 509-538.
- GREENE, J.C., MILLER, W.E. et SHIROYAMA, T. (1975).  
Utilization of algal assays to assess the effects of municipal, indus-  
trial and agricultural wastewater effluents upon phytoplankton produc-  
tion in the Snake River system. Water Air Soil Pollut., 4: 415-434.

- HANNAN, H.H., YOUNG, W.C. et MAYHEW, J.J. (1972).  
Nitrogen and phosphorus dynamics in three Central Texas impoundments. *Hydrobiologia.*, 40: 121-129.
- HARRIS, G.P. (1980).  
Temporal and spatial scales in phytoplankton ecology. Mechanism, methods, models, and management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 877-900.
- HUTCHINSON, G.E. (1967).  
A treatise on limnology, Vol. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley and Sons, Inc., N.Y.
- ILMAVIRTA, V. (1974).  
Diel periodicity in the phytoplankton community of the oligotrophic lake Pääjärvi southern Finland. I. Phytoplanktonic primary production and related factors. *Ann. Bot. Fennici*, 11: 136-177.
- JENSEN, A. et RYSTAD, B. (1973).  
Semi continuous monitoring of the capacity of sea water for supporting growth of phytoplankton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 11: 275-285.
- JENSEN, A. et SAKSHAUG, E. (1973).  
Studies on the phytoplankton ecology of the Trondheimsfjors: II-Chloroplast pigments in relation to abundance and physiological state of the phytoplankton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 11: 137-155.
- JONES, H.G., OUELLET, M., LECLERC, M., CLUIS, D., COUTURE, P., POTVIN, L. et SOCHANSKA, W. (1979).  
Productivité biologique des eaux du lac Saint-Jean. INRS-Eau, rapport scientifique no 76. (Pour les Services de protection de l'environnement).
- JORGENSEN, C.B. (1966).  
Potential sources of food for suspension feeders. IN: *Biology of suspension feeding*, Pergamon Press, New-York. pp. 158-181.
- JOUBERT, G. (1978a).  
Etude du bassin Saguenay - Lac Saint-Jean. Été 1978. Programme de bioessais. Gouvernement du Québec, Services de protection de l'environnement. Note interne, 7 p.
- JOUBERT, G. (1978b).  
Bassin hydrographique Saguenay - Lac Saint-Jean. Etude des problèmes de toxicité par les bioessais, 1978. Gouvernement du Québec, Services de protection de l'environnement. 55 p.
- JOUBERT, G. (1980).  
A bioassay application for quantitative toxicity measurements, using the green algae Selenastrum capricornutum. *Water Res.*, sous-presse.

- KEREKES, J.J. (1974).  
Limnological conditions in five small oligotrophic lakes in Terra Nova, National Park, Newfoundland. J. Fish. Res. Board Can., 31: 555-583.
- LOREFICE, G.G.J. and MUNAWAR, M. (1974).  
The abundance of Diatoms in the southwestern nearshore region of lake Ontario during the spring thermal bar period. Proc. 17th, Conf. Great Lakes, p. 619-628. (Inter. Assoc. Great Lakes Res.).
- LORENZEN, C.J. (1967).  
Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr., 12: 343-346.
- LUND, J.W.G. (1955).  
The ecology of algae and waterworks practice. Soc. Water Treat. Exam. Proc., 4: 83-99.
- LUND, J.W.G. (1965).  
The ecology of the freshwater phytoplankton. Biol. Rev., 40: 231-293.
- LUND, J.W.G. (1969).  
Phytoplankton. In: Eutrophication: causes, consequences, correctives. P. 306-331 (Nat. Acad. Sci. Washington, 661p.).
- LUND, J.W.G. (1970).  
Primary production. Water Treat. Exam., 19: 332-358.
- MILLER, W.E., GREENE, J.C. et SHIROYAMA, T. (1978).  
The Selenastrum capricornutum Printz algal assay bottle test. Environmental Research Laboratory, Corvallis, Oregon, EPA-600/9-78-018. 125 p.
- MILLER, W.E., MALONEY, T.E. et GREENE, J.C. (1974).  
Algal productivity in 49 lakes waters as determined by algal assays. Water Res., 8: 667-679.
- MOSS, B. (1967).  
A note on the estimation of chlorophyll-a in freshwater algal communities. Limnol. Oceanogr., 12: 340-342.
- MUNAWAR, M. and NAUWERCK, A. (1971).  
The composition and horizontal distribution of phytoplankton in lake Ontario during the year 1970. Proc. 14th. Conf. Great Lakes Res., p. 69-78. (Int. Assoc. Great Lakes Res.).
- MUNAWAR, M. and MUNAWAR, I.F. (1976).  
A lakewide study of phytoplankton biomass and the species composition in lake Erie April-December 1970. J. Fish. Res. Bd Can., 33: 581-600.
- NALEWAJKO, C. (1966).  
Composition of phytoplankton in surface water of lake Ontario. J. Fish. Res. Bd Can., 23: 1715-1725.

- ODUM, T.O., MCCONNELL, W. et ABBOT, W. (1958).  
The chlorophyll "A" of communities. *Mar. Sci. Instrum.*, 5: 65-96.
- PALMER, C.M. (1962).  
Algae in water supplies. U.S. Department of health, education and welfare, Public health service, publication no 657, Washington. 88 p.
- POTASH, M. (1956).  
A biological test for determining the potential productivity of water. *Ecology*, 37: 631-639.
- PRAKASH, A. (1971).  
Terigenous organic matter and coastal phytoplankton fertility. IN: *Fertility of the sea*, vol. 2. J.D. Bosthow (ed.), Gordon Breach, London and New-York. pp. 351-368.
- ROBARTS, R.D. et SOUTHALL, G.C. (1977).  
Nutrient limitation of phytoplankton growth in seven tropical man made lakes, with special reference to lake McIlwaine, Rhodesia. *Arch. Hydrobiol.*, 79: 1-35.
- SACHDEV, D.R. et CLESCERI, N.L. (1978).  
Effects of organic fractions from secondary effluents on Selenastrum capricornutum Kutz. *J. Water Pollut. Cont. Fed.*, 50: 1810-1820.
- SAKSHAUG, E. et MYKLESTAD, S. (1973).  
Studies on the phytoplankton ecology of the Trondheimsfjord: III- Dynamics of phytoplankton blooms in relation to environmental factors, bioassay experiments and parameters for the physiological state of the population. *J. Ex. Mar. Biol. Ecol.*, 11: 157-188.
- SCHINDLER, D.W. (1972).  
Problems of freshwaters. IN: *Productivity problems in freshwaters*. Z. Kajak et A. Hillbricht-Ilkowska, eds. Proc. IBP-UNESCO Symp., Kazimierz Dolny, Poland. pp. 311-331.
- SHAPIRO, J. (1957).  
Chemical and biological studies on the yellow organic acids of lake water. *Limnol. Oceanogr.*, 2: 161-179.
- SHIROYAMA, T., MILLER, W.E. et GREENE, J.C. (1975).  
Effect of nitrogen and phosphorus on the growth of Selenastrum capricornutum. IN: *Proceedings, Biostimulation and nutrient assessment Workshop*. EPA-660/3-75-034. pp. 132-143.
- SPARLING, J.H. and NALEWAJKO, C. (1970).  
Chemical composition and phytoplankton of lakes in Southern Ontario. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 27: 1405-1428.
- STADELMAN, P. and MUNAWAR, M. (1974).  
Biomass parameters and primary production at a nearshore and a midlake station of lake Ontario during IFYGL (IFYGL). Proc. 17th. Conf. Great Lakes Res., p. 109-119 (Int. Assoc. Great Lakes Res.).

- SYLVAIN, L. (1979).  
Bassin hydrographique Saguenay - Lac Saint-Jean. Apports de substances nutritives au lac Saint-Jean. Gouvernement du Québec. Services de protection de l'environnement, 75 p.
- THOMAS, W.H., SEIBERT, D.L.R. et DODSON, A.N. (1974).  
Phytoplankton enrichment experiments and bioassays in natural coastal sea water and in sewage outfall receiving waters off Southern California. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 2: 191-206.
- VALLENTYNE, J.R. (1973).  
The algal bowl, a Faustian view of eutrophication. *Fedn Proc. Fecn Ann. Socs expl. Biol.*, 32: 1754-1757.
- VISSER, S.A. et COUTURE, P. (1980).  
Les effets de la matière organique dissoute d'une eau douce sur la croissance de l'algue Selenastrum capricornutum. *Water Res.* (Soumis pour publication).
- VOLLENWEIDER, R.A. (1968).  
The scientific basis of lake and stream eutrophication with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. *Tech. Rep. OECD, Paris, DAS/DSI/68*, 27: 1-82.
- VOLLENWEIDER, R.A., MUNAWAR, M. and STADELMAN, P.S. (1974).  
A comparative review of phytoplankton and primary production in the Laurentian Great Lakes. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 31: 739-762.
- WETZEL, R.G. (1975).  
Light as an entity. IN: *Limnology*, W.B. Saunders Cie, Philadelphia. 743 p.
- WILLEN, T. (1959).  
The phytoplankton of Gorwälm, a bay of lake Malaren. *Oikos*, 10 (II): 241-273.
- YENTSCH, C.S. (1963).  
Primary production. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1: 157-175.



ANNEXE 1

SERIE A

## SERIE A

LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 21/ 6/78

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECLHI (M)
200		-99,0	2,0
201		-99,0	1,8
202		-99,0	1,9
203		-99,0	2,2
204		-99,0	2,0
205		-99,0	1,6
206		-99,0	2,2
207		-99,0	1,9
208		-99,0	2,1
209		-99,0	2,1

-99, - MANQUE DES DONNEES

## SERIE A

LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 6/ 7/76

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI ( M )
200		18.5	1.8
201		17.5	2.0
202		18.5	1.7
203		18.0	2.0
204		20.0	2.3
205		17.5	2.0
206		18.0	2.4
207		19.0	2.3
208		18.0	2.7
209		17.5	1.8

-99. - MARQUE DES DONNEES

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 13/ 7/78

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C)	PROF. SECCHI (M)
200		18.0	1.7
201		18.0	2.3
202		17.5	2.7
203		16.5	2.4
204		18.0	2.0
205		17.5	2.2
206		17.0	2.6
207		17.5	2.5
208		18.5	2.3
209		20.0	1.7

-99, - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 20/ 7/78

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C)	PROF. SECCHI (M)
200		19,0	2,3
201		18,5	2,8
202		19,0	2,4
203		-99,0	-49,0
204		-99,0	-99,0
205		21,0	2,0
206		-99,0	-99,0
207		-99,0	-99,0
208		19,0	1,9
209		19,0	2,3

-99, - MANQUE DES DONNEES

## SERIE A

LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 22/ 7/78

NO. DE STATION.	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI (M)
200		19,0	2,2
201		19,5	2,4
202		19,0	2,2
203		21,5	1,9
204		23,5	2,0
205		21,0	1,8
206		21,0	2,5
207		20,5	2,2
208		19,0	2,0
209		21,0	1,9

-99. - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 24/ 7/76

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI (M)
200		18,0	2,0
201		18,0	2,0
202		18,0	1,8
203		21,0	2,0
204		21,0	1,6
205		20,0	2,0
206		20,0	2,2
207		21,0	1,7
208		19,0	1,8
209		19,5	-99,0

-99. - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 25/ 7/78

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SLECHI ( M )
200		19,0	2,1
201		19,0	2,0
202		19,0	1,8
203		19,5	1,8
204		20,0	1,8
205		19,0	1,9
206		18,0	2,1
207		19,0	2,0
208		18,5	1,9
209		19,5	2,9

-99. - MANQUE DES DONNEES

-99. - MANQUE DES DONNEES

STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU (C)	PROF. SECHE (M)
200		-99.0	-99.0
201		-99.0	-99.0
202		-99.0	-99.0
203		18.0	1.6
204		-99.0	1.8
205		18.0	1.8
206		18.0	1.8
207		-99.0	-99.0
208		-99.0	-99.0
209		-99.0	-99.0

SERIE A  
 LAC ST-JEAN  
 ECHANTILLONNAGE DU: 26 / 7 / 78

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 29/ 7/78

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI (M)
200		19.1	1.9
201		19.1	2.0
202		18.0	1.7
203		18.5	2.0
204		-99.0	-99.0
205		-99.0	-99.0
206		19.0	2.2
207		-99.0	-99.0
208		-99.0	2.0
209		-99.0	-99.0

-99. - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
 LAC ST-JEAN  
 ECHANTILLONNAGE DU: 31/ 7/70

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SLOUHI ( M )
200		19,0	2,7
201		18,5	2,8
202		19,0	2,8
203		-99,0	-99,0
204		-99,0	-99,0
205		-99,0	-99,0
206		-99,0	-99,0
207		19,5	2,3
208		19,0	2,6
209		19,0	2,2

-99. - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
 LAC ST-JEAN  
 ECHANTILLONNAGE DU: 2/ 8/76

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI (M)
200		19.5	2.3
201		21.0	2.5
202		21.5	2.5
203		-99.0	-99.0
204		-99.0	-99.0
205		-99.0	-99.0
206		-99.0	-99.0
207		19.0	2.0
208		22.0	2.1
209		20.0	1.8

-99. - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
 LAC ST-JEAN  
 ECHANTILLONNAGE DU: 3/ 8/78

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI ( M )
200		-99.0	-99.0
201		-99.0	-99.0
202		-99.0	-99.0
203		-99.0	-99.0
204		-99.0	-99.0
205		-99.0	-99.0
206		19.5	1.8
207		-99.0	-99.0
208		-99.0	-99.0
209		19.0	2.1

-99. - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 7/ 8/76

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI (M)
200		19.0	2.4
201		18.5	3.0
202		19.0	2.4
203		19.5	2.6
204		19.5	2.6
205		19.0	2.3
206		19.5	2.4
207		19.0	2.3
208		19.0	2.7
209		19.0	3.1

-99. = MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 12/ 8/76

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C)	PROF. SECCHI (M)
200		20,5	2,2
201		20,5	2,3
202		19,5	2,6
203		22,0	2,1
204		22,0	2,4
205		19,5	2,2
206		20,0	2,4
207		-99,0	2,6
208		19,5	3,0
209		20,5	2,6

-99. - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 15/ 8/78

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C)	PROF. SECCHI (M)
200		20.0	1.9
201		-99.0	-99.0
202		-99.0	-99.0
203		-99.0	-99.0
204		-99.0	-99.0
205		-99.0	-99.0
206		-99.0	-99.0
207		-99.0	-99.0
208		-99.0	-99.0
209		-99.0	-99.0

-99. - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 17/ 8/78

N. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C)	PROF. SECCHI (M)
200		20,5	2,4
201		20,0	2,0
202		-99,0	-99,0
203		-99,0	-99,0
204		-99,0	-99,0
205		-99,0	-99,0
206		-99,0	-99,0
207		-99,0	-99,0
208		-99,0	-99,0
209		-99,0	-99,0

-99, - MANQUE DES DONNEES

## SERIE A

LAC ST-JEAN  
 ECHANTILLONNAGE DU: 21/ 8/78

NO. DE STATION.	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI ( M )
200		22,0	2,7
201		22,0	2,5
202		21,0	2,2
203		-99,0	-99,0
204		-99,0	-99,0
205		20,0	1,7
206		19,0	2,0
207		20,0	2,3
208		21,0	2,3
209		21,0	2,4

-99. - MANQUE DES DONNEES

## SERIE A

LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 14/ 9/70

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PRDF. SECCHI ( M )
200		14,5	1,8
201		14,0	2,4
202		15,0	2,2
203		14,5	2,2
204		13,0	1,8
205		14,0	1,8
206		14,5	2,2
207		14,5	2,1
208		15,0	2,2
209		16,0	2,1

-09, - MANQUE DES DONNEES

SERIE A  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 26/ 9/78

N.O. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI (M)
200		13.0	2.0
201		13.0	1.9
202		13.0	-99.0
203		12.6	1.9
204		-99.0	-99.0
205		-99.0	-99.0
206		-99.0	-99.0
207		-99.0	-99.0
208		13.0	1.7
209		12.8	1.7

-99. - MANQUE DES DONNEES

## SERIE A

LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 13/10/78

NO. DE STATION	HEURE	TEMPERATURE EAU ( C )	PROF. SECCHI ( M )
200		9,5	1,8
201		8,8	1,5
202		10,0	1,8
203		-99,0	-99,0
204		-99,0	-99,0
205		-99,0	-99,0
206		-99,0	-99,0
207		-99,0	-99,0
208		10,0	1,4
209		-99,0	-99,0

-99, - MANQUE DES DONNEES



ANNEXE 1

SERIE B

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 21/ 6/78

NO. DE STATION		N=KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.10	-.02	.08	16	16	.55	.52	0.00
	INTEGRE	.21	.05	.09	14	15	.63	-.16	0.00
201	SURFACE	.12	-.02	.08	7	5	.47	.16	0.00
	INTEGRE	.16	.02	.10	12	7	.95	.23	0.00
202	SURFACE	.11	-.02	.07	8	8	.39	.26	0.00
	INTEGRE	.20	.02	.11	12	12	.76	.39	0.00
203	SURFACE	.12	-.02	.07	13	12	.41	.39	0.00
	INTEGRE	.19	.03	.08	13	13	.53	.43	0.00
204	SURFACE	.15	-.02	.05	13	12	.28	.39	28.00 ?
	INTEGRE	.21	.05	.07	14	12	.48	.39	0.00
205	SURFACE	.15	.02	.03	13	8	.50	.26	0.00
	INTEGRE	.17	.03	.04	10	10	.95	.33	0.00
206	SURFACE	.13	-.02	.06	10	15	.53	-.16	0.00
	INTEGRE	.16	.02	.06	18	16	.26	.52	50.00 ?
207	SURFACE	.16	-.02	.06	14	8	.47	.26	0.00
	INTEGRE	.15	-.02	.05	12	12	.72	.39	0.00
208	SURFACE	.12	-.02	.06	18	8	1.35	.26	0.00
	INTEGRE	.14	-.02	.06	13	13	.62	.43	0.00
209	SURFACE	.11	-.02	.07	14	9	.21	-.29	28.00 ?
	INTEGRE	.14	-.02	.07	12	7	.56	.26	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU 6/ 7/76

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INDRG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.13	-.05	.06	25	25	.16	-.82	80.00 ?
	INTEGRE	.25	.05	.06	25	25	.62	-.82	24.00 ?
201	SURFACE	.15	-.05	.05	25	25	.57	-.82	30.00 ?
	INTEGRE	.20	.05	.05	25	25	5.27	-.82	0.00
202	SURFACE	-99.00	-.05	.19	25	25	.54	-.82	34.00 ?
	INTEGRE	.16	.05	.06	25	25	.62	-.82	24.00 ?
203	SURFACE	.16	-.05	.06	25	25	.33	-.82	60.00 ?
	INTEGRE	.18	.05	.07	25	25	.12	-.83	5.00 ?
204	SURFACE	.08	-.05	.07	25	25	.45	-.82	45.00 ?
	INTEGRE	.16	.05	.02	25	25	.36	-.82	56.00 ?
205	SURFACE	.23	.06	.05	25	25	.42	-.82	49.00 ?
	INTEGRE	.22	.06	.07	25	25	.10	-.82	88.00 ?
206	SURFACE	.13	-.05	.08	25	25	.38	-.82	54.00 ?
	INTEGRE	.16	.05	.07	25	25	.27	-.82	67.00 ?
207	SURFACE	.13	-.05	.06	25	25	.30	-.82	63.00 ?
	INTEGRE	.15	-.05	.06	25	25	.15	-.82	82.00 ?
208	SURFACE	.13	-.05	.07	25	25	.34	-.82	59.00 ?
	INTEGRE	.17	-.05	.05	25	25	.17	-.82	79.00 ?
209	SURFACE	.13	-.05	.06	25	25	.60	-.82	27.00 ?
	INTEGRE	.16	-.05	.06	25	25	.86	-.82	44.00 ?

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 13/ 7/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFIC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.17	-.05	.06	86	5	.51	-.16	0.00
	INTEGRE	.16	-.05	.05	50	7	.33	.23	0.00
201	SURFACE	.13	-.05	.09	80	5	.14	-.16	12.00 ?
	INTEGRE	.15	-.05	.06	50	7	.55	.23	0.00
202	SURFACE	.15	-.05	.06	50	5	.10	-.16	37.00 ?
	INTEGRE	.15	-.05	.06	50	5	.10	-.16	37.00 ?
203	SURFACE	.15	-.05	.06	55	5	1.09	-.16	0.00
	INTEGRE	.17	-.05	.06	60	5	.34	-.16	0.00
204	SURFACE	.08	-.05	.02	55	5	.41	-.16	0.00
	INTEGRE	.16	.05	.04	60	5	.10	-.16	37.00 ?
205	SURFACE	.16	-.05	.07	45	11	.24	.36	33.00 ?
	INTEGRE	.17	-.05	.06	60	5	.27	-.16	0.00
206	SURFACE	.17	-.05	.06	40	7	.30	.23	0.00
	INTEGRE	.16	-.05	.07	70	5	.24	-.16	0.00
207	SURFACE	.14	.10	.06	40	5	.10	-.16	37.00 ?
	INTEGRE	.17	-.05	.07	50	5	.25	-.16	0.00
208	SURFACE	.14	-.05	.06	40	7	.42	.23	0.00
	INTEGRE	.17	-.05	.06	50	5	.10	-.16	.37 ?
209	SURFACE	.14	.10	.06	40	7	.26	.23	0.00
	INTEGRE	.14	-.05	.06	50	5	.62	-.16	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VAlEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU 20/ 7/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.20	.02	.04	-30	-30	.44	-.98	55.16 ?
	INTEGRE	.22	.05	.06	-30	-30	.26	-.98	73.21 ?
201	SURFACE	.16	.03	.05	-30	-30	.09	-.98	90.42 ?
	INTEGRE	.18	.03	.06	-30	-30	.51	-.98	47.99 ?
202	SURFACE	.16	.03	.05	-30	-30	.31	-.98	67.86 ?
	INTEGRE	.16	.03	.07	-30	-30	1.12	-.98	0.00
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	.16	.03	.03	-30	-30	.05	-.98	95.35 ?
	INTEGRE	.19	-.02	.03	-30	-30	.05	-.98	95.35 ?
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	.15	-.02	.06	-30	-30	.48	-.98	50.68 ?
	INTEGRE	.16	.02	.06	-30	-30	1.23	-.98	0.00
209	SURFACE	.15	-.02	.06	-30	-30	1.33	-.98	0.00
	INTEGRE	.16	.02	.06	-30	-30	.98	-.98	0.00

-99. - MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMITE DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 22/ 7/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INDRG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.17	-.02	.05	-30	-30	.48	-.98	51.43?
	INTEGRE	.18	.03	.06	-30	-30	.20	-.98	79.74?
201	SURFACE	.16	-.02	.05	-30	-30	.32	-.98	67.76?
	INTEGRE	.15	-.02	.06	-30	-30	.09	-.98	90.58?
202	SURFACE	.16	-.02	.05	-30	-30	.54	-.98	44.53?
	INTEGRE	.13	.02	.07	-30	-30	.93	-.98	4.86?
203	SURFACE	.16	-.02	.05	-30	-30	.11	-.98	88.65?
	INTEGRE	.22	.03	.06	-30	-30	.05	-.98	95.35?
204	SURFACE	.15	-.02	.03	36	-30	.05	-.98	95.35?
	INTEGRE	.22	.05	.04	-30	-30	.05	-.98	95.35?
205	SURFACE	.16	-.02	.03	-30	-30	.05	-.98	95.35?
	INTEGRE	.21	.03	.04	-30	-30	.85	-.98	13.27?
206	SURFACE	.15	-.02	.05	-30	-30	.07	-.98	92.42?
	INTEGRE	.23	.04	.05	-30	-30	.70	-.98	28.20?
207	SURFACE	.16	-.02	.04	-30	-30	.05	-.98	95.35?
	INTEGRE	.15	-.02	.05	-30	-30	.93	-.98	4.67?
208	SURFACE	.15	-.02	.06	-30	-30	1.99	-.98	0.00
	INTEGRE	.17	-.02	.05	-30	-30	.98	-.98	.16?
209	SURFACE	.15	-.02	.05	36	-30	2.89	-.98	0.00
	INTEGRE	.17	-.02	.05	-30	-30	1.18	-.98	0.00

-.99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

## SERIE B

LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU 24/ 7/78

NO. DE STATION		N-NH <sub>2</sub> (PPM N)	NH <sub>3</sub> (PPM N)	NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> (PPM N)	P TOT (PPB PO <sub>4</sub> )	P INORG (PPB PO <sub>4</sub> )	PFN (MG/L)	PFIC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.16	-.02	.05	-10	-10	.93	-.33	0.00
	INTEGRE	.19	.04	.05	-10	-10	.31	-.33	5.18?
201	SURFACE	.16	.02	.05	11	-10	.30	-.33	9.79?
	INTEGRE	.19	.03	.05	-10	-10	.05	-.33	86.18?
202	SURFACE	.16	.02	.05	-10	-10	.73	-.33	0.00
	INTEGRE	.19	.03	.05	-10	-10	1.03	-.33	0.00
203	SURFACE	.14	.02	.05	11	-10	.73	-.33	0.00
	INTEGRE	.25	.04	.05	11	-10	.24	-.33	27.24?
204	SURFACE	.16	-.02	-.02	11	-10	.04	-.33	67.33?
	INTEGRE	.23	-.02	.03	11	-10	.05	-.33	86.18?
205	SURFACE	.18	.04	.05	11	-10	.03	-.33	90.15?
	INTEGRE	.30	.06	.05	15	-10	.67	-.33	0.00
206	SURFACE	.17	.03	.05	-10	-10	.05	-.33	86.18?
	INTEGRE	.24	.05	.05	11	-10	1.29	-.33	0.00
207	SURFACE	.18	.02	.03	-10	-10	.27	-.33	17.27?
	INTEGRE	.20	.02	.03	11	-10	1.18	-.33	0.00
208	SURFACE	.16	.02	.05	-10	-10	.27	-.33	17.27?
	INTEGRE	.21	.04	.05	11	-10	1.26	-.33	0.00
209	SURFACE	.16	.02	.05	-10	-10	1.22	-.33	0.00
	INTEGRE	.19	.02	.05	-10	-10	.96	-.33	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMITE DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 25/ 7/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.19	.03	.05	11	-10	.39	- .33	0,00
	INTEGRE	.23	.04	.05	11	-10	.06	- .33	83,11 ?
201	SURFACE	.16	.03	.05	-10	-10	.91	- .33	0,00
	INTEGRE	.24	.04	.05	11	-10	2,13	- .33	0,00
202	SURFACE	.16	-.02	.05	15	-10	.32	- .33	1,78 ?
	INTEGRE	.19	.04	.06	11	-10	.94	- .33	0,00
203	SURFACE	.18	.02	.05	11	-10	.04	- .33	87,09 ?
	INTEGRE	.22	.04	.06	11	-10	.05	- .33	86,18 ?
204	SURFACE	.09	-.02	.03	-10	-10	.72	- .33	0,00
	INTEGRE	.22	.03	.04	11	-10	.05	- .33	86,18 ?
205	SURFACE	.15	.03	.04	34	-10	.30	- .33	8,21 ?
	INTEGRE	.25	.04	.04	-10	-10	1,40	- .33	0,00
206	SURFACE	.09	.03	.04	-10	-10	.40	- .33	0,00
	INTEGRE	.23	.04	.05	11	-10	1,45	- .33	0,00
207	SURFACE	.11	.03	.03	-10	-10	.20	- .33	39,98 ?
	INTEGRE	.22	.03	.04	-10	-10	1,46	- .33	0,00
208	SURFACE	.12	-.02	.05	18	10	4,09	- .33	0,00
	INTEGRE	.20	.05	.05	11	-10	1,93	- .33	0,00
209	SURFACE	.13	.03	.04	15	-10	2,17	- .33	0,00
	INTEGRE	.20	.03	.04	11	-10	-99,00	- .33	-99,00

-99, = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 26/ 7/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PU4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.22	-.02	.02	-10	-10	.52	-.33	0.00
	INTEGRE	.23	-.02	.04	10	-10	.12	-.33	62.32 ?
201	SURFACE	.23	-.02	.02	10	-10	.73	-.33	0.00
	INTEGRE	.32	.03	.06	20	-10	5.33	-.33	0.00
202	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
203	SURFACE	.19	-.02	-.02	-10	-10	.61	-.33	0.00
	INTEGRE	.18	-.02	.06	10	-10	.05	-.33	86.18 ?
204	SURFACE	.20	-.02	-.02	10	-10	2.03	-.33	90.10 ?
	INTEGRE	.27	-.02	0.00	-10	-10	.05	-.33	86.18 ?
205	SURFACE	.17	-.02	.04	10	-10	.05	-.33	85.99 ?
	INTEGRE	.25	-.02	-.02	-10	-10	.69	-.33	0.00
206	SURFACE	.17	-.02	.05	-10	-10	.04	-.33	87.38 ?
	INTEGRE	.22	-.02	.02	-10	-10	1.00	-.33	0.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
209	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 29/ 7/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.18	.04	.07	10	-10	.66	- .33	0.00
	INTEGRE	.26	.06	.06	-10	-10	.57	- .33	0.00
201	SURFACE	.19	.04	.08	-10	-10	1.40	- .33	0.00
	INTEGRE	.24	.06	.07	-10	-10	1.96	- .33	0.00
202	SURFACE	.18	.04	.07	10	-10	.49	- .33	0.00
	INTEGRE	.16	.04	.07	-10	-10	.93	- .33	0.00
203	SURFACE	.18	.04	.06	-10	-10	.23	- .33	31.65?
	INTEGRE	.15	.05	.06	-10	-10	.05	- .33	86.18?
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	.22	.06	.07	10	-10	.05	- .33	86.18?
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	.19	.06	.06	-10	-10	.76	- .33	0.00
	INTEGRE	.19	.06	.07	-10	-10	1.10	- .33	0.00
209	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	.19	.05	.07	-10	-10	.96	- .33	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 31/ 7/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PD4)	P INORG (PPB PD4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.19	.03	.06	-10	-10	.66	- .33	0.00
	INTEGRE	.25	.06	.07	-10	-10	2.03	- .33	0.00
201	SURFACE	.16	.03	.07	-10	-10	.57	- .33	0.00
	INTEGRE	.19	.04	.07	-10	-10	1.37	- .33	0.00
202	SURFACE	.22	.04	.06	-10	-10	.71	- .33	0.00
	INTEGRE	.20	.04	.07	-10	-10	1.18	- .33	0.00
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	.16	.03	.05	-10	-10	.97	- .33	0.00
	INTEGRE	.24	.07	.07	-10	-10	1.31	- .33	0.00
208	SURFACE	.21	.05	.05	-10	-10	.99	- .33	0.00
	INTEGRE	.22	.06	.07	-10	-10	1.31	- .33	0.00
209	SURFACE	.20	.04	.04	-10	-10	1.51	- .33	0.00
	INTEGRE	.21	.04	.07	-10	-10	1.02	- .33	0.00

-99. - MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 2/ 8/78

NO. DE STATION		N=KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.20	.06	.06	10	-10	.49	- .33	0.00
	INTEGRE	.40	.12	.06	10	-10	.18	- .33	45.39 ?
201	SURFACE	.14	.02	.06	-10	-10	.94	- .33	0.00
	INTEGRE	.23	.05	.06	10	-10	.97	- .33	0.00
202	SURFACE	.20	.06	.06	-10	-10	.64	- .33	0.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	.20	.04	.05	-10	-10	.73	- .33	0.00
	INTEGRE	.21	.05	.06	10	-10	1.07	- .33	0.00
208	SURFACE	.25	.06	.05	10	-10	.68	- .33	0.00
	INTEGRE	.17	.04	.06	-10	-10	1.03	- .33	0.00
209	SURFACE	.16	.04	.06	-10	-10	1.78	- .33	0.00
	INTEGRE	.22	.05	.06	-10	-10	1.40	- .33	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 3/ 8/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFIC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
201	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
202	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	.16	.03	.03	10	10	.16	.33	51.17 ?
	INTEGRE	.19	.03	.03	10	-10	.69	-.33	0.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
209	SURFACE	.13	.03	.05	-10	-10	1.09	-.33	0.00
	INTEGRE	.17	.04	.05	-10	-10	1.38	-.33	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 7/ 8/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.17	-.03	.06	-10	-10	.16	-.33	52.96 ?
	INTEGRE	.16	.06	.06	10	10	1.12	.33	0.00
201	SURFACE	.15	-.03	.06	-10	-10	.56	-.33	0.00
	INTEGRE	.16	.06	.06	10	10	.04	.33	88.84 ?
202	SURFACE	.15	-.03	.06	-10	-10	1.07	-.33	0.00
	INTEGRE	.15	.05	.06	20	-10	.42	-.33	0.00
203	SURFACE	.15	-.03	.06	-10	-10	.56	-.33	0.00
	INTEGRE	.24	.12	.06	20	10	.56	.33	0.00
204	SURFACE	.15	-.03	-.02	-10	-10	1.43	-.33	0.00
	INTEGRE	.19	.06	.03	10	10	.30	.33	9.60 ?
205	SURFACE	.15	-.03	.06	-10	-10	.51	-.33	0.00
	INTEGRE	.27	.07	.06	20	10	.16	.33	52.55 ?
206	SURFACE	.14	.05	.06	-10	-10	1.04	-.33	0.00
	INTEGRE	.26	.08	.06	20	10	.83	.33	0.00
207	SURFACE	.16	-.03	.07	-10	-10	.84	-.33	0.00
	INTEGRE	.17	.07	.06	10	-10	.91	-.33	0.00
208	SURFACE	.16	-.03	.06	-10	-10	1.01	-.33	0.00
	INTEGRE	.15	.03	.06	10	-10	1.52	-.33	0.00
209	SURFACE	.13	-.03	.06	-10	-10	.69	-.33	0.00
	INTEGRE	.22	.07	.06	10	-10	1.36	-.33	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

## SERIE B

LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 12/ 8/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INDRG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.15	-.03	.06	-10	-10	.13	-.33	59.89?
	INTEGRE	.31	.10	.06	20	-10	.60	-.33	0.00
201	SURFACE	.16	-.03	.06	-10	-10	1.01	-.33	0.00
	INTEGRE	.21	.07	.07	10	-10	.07	-.33	79.86?
202	SURFACE	.14	-.03	.06	-10	-10	.13	-.33	59.89?
	INTEGRE	.22	.09	.06	10	-10	.05	-.33	86.18?
203	SURFACE	.16	-.03	.05	10	-10	.05	-.33	86.18?
	INTEGRE	.23	.09	.04	10	-10	.12	-.33	62.25?
204	SURFACE	.20	.06	-.02	15	-10	.24	-.33	27.77?
	INTEGRE	.20	.06	-.02	30	-10	.06	-.33	81.83?
205	SURFACE	.21	.06	.06	20	20	7.87	.65	0.00
	INTEGRE	.23	.07	.06	20	10	.05	.33	85.99?
206	SURFACE	.19	.06	.06	10	10	.10	.33	70.83?
	INTEGRE	.36	.13	.06	20	-10	.05	-.33	86.18?
207	SURFACE	.16	-.03	.06	-10	-10	1.42	-.33	0.00
	INTEGRE	.22	.07	.06	20	-10	1.03	-.33	0.00
208	SURFACE	.16	-.03	.06	-10	-10	.86	-.33	0.00
	INTEGRE	.21	.07	.06	20	10	2.86	.33	0.00
209	SURFACE	.16	-.03	.06	-10	-10	.69	-.33	0.00
	INTEGRE	.34	.15	.07	60	40	11.36	5.62	0.00

-99, - MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 15/ 8/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFIC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.22	.02	.06	20	-99	.07	-99.00	-99.00
	INTEGRE	.27	.04	.02	-99	20	.54	.65	16.93?
201	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
202	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
209	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 17/ 8/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.18	.04	.07	10	-10	.25	.33	25,26?
	INTEGRE	.24	.05	.07	10	-10	.05	-.33	86,18?
201	SURFACE	.17	-.02	.07	-10	-10	.70	-.33	0,00
	INTEGRE	.24	.05	.07	10	-10	.03	-.33	91,61?
202	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
203	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
204	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
205	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
206	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
207	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
208	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
209	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99	-99	-99,00	-99,00	-99,00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 21/ 8/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INDRG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION X
200	SURFACE	.27	.05	.06	55	-10	.25	-.33	25.27 ?
	INTEGRE	.30	.07	.06	50	30	.07	.98	92.94 ?
201	SURFACE	.23	-.03	.06	51	-10	.05	-.33	86.18 ?
	INTEGRE	.25	.06	.06	63	-10	.48	-.33	0.00
202	SURFACE	.23	.05	.06	55	-10	.05	-.33	86.18 ?
	INTEGRE	.29	.07	.06	60	-10	.05	-.33	86.18 ?
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	.27	-.03	.05	51	-10	.58	-.33	0.00
	INTEGRE	.29	-.03	.04	60	-10	.37	-.33	0.00
206	SURFACE	.24	-.03	.06	51	-10	.56	-.33	0.00
	INTEGRE	.25	.04	.06	60	-10	.66	-.33	0.00
207	SURFACE	.27	-.03	.06	50	-10	.70	-.33	0.00
	INTEGRE	.30	.05	.06	60	-10	.99	-.33	0.00
208	SURFACE	.24	-.03	.06	50	-10	.66	-.33	0.00
	INTEGRE	.29	.05	.06	68	-10	1.43	-.33	0.00
209	SURFACE	.25	.05	.06	55	10	1.41	-.33	0.00
	INTEGRE	.29	.05	.06	60	-10	1.20	-.33	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMITE DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 14/ 9/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+NO3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.17	-.04	.06	25	-10	1.02	-.33	0.00
	INTEGRE	.22	.04	.07	40	-10	1.39	-.33	0.00
201	SURFACE	.17	-.04	.08	30	-10	1.72	-.33	0.00
	INTEGRE	.20	-.04	.08	45	-10	1.35	-.33	0.00
202	SURFACE	.18	-.04	.07	25	-10	1.23	-.33	0.00
	INTEGRE	.20	-.04	.07	40	-10	5.00	-.33	0.00
203	SURFACE	.18	-.04	.07	30	-10	1.46	-.33	0.00
	INTEGRE	.16	-.04	.07	35	-10	1.50	-.33	0.00
204	SURFACE	.18	-.04	.05	25	-10	1.10	-.33	0.00
	INTEGRE	.18	-.04	.06	40	-10	1.60	-.33	0.00
205	SURFACE	.19	-.04	.07	35	-10	1.19	-.33	0.00
	INTEGRE	.20	-.04	.07	45	-10	1.78	-.33	0.00
206	SURFACE	.20	-.04	.07	30	-10	1.54	-.33	0.00
	INTEGRE	.16	-.04	.07	35	-10	4.62	-.33	0.00
207	SURFACE	.16	-.04	.07	25	-10	1.70	-.33	0.00
	INTEGRE	.16	-.04	.07	35	-10	1.70	-.33	0.00
208	SURFACE	.17	-.04	.07	40	-10	3.47	-.33	0.00
	INTEGRE	.19	-.04	.06	35	-10	1.55	-.33	0.00
209	SURFACE	.17	-.04	.07	35	-10	1.27	-.33	0.00
	INTEGRE	.18	-.04	.07	35	-10	1.84	-.33	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 26/ 9/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+ND3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.20	-.03	.06	55	-10	.68	-.33	0.00
	INTEGRE	.22	.03	.08	30	-10	.39	-.33	0.00
201	SURFACE	.14	-.03	.08	50	-10	.36	-.33	0.00
	INTEGRE	.20	.03	.08	40	-10	.44	-.33	0.00
202	SURFACE	.14	-.03	.08	50	-10	.59	-.33	0.00
	INTEGRE	.20	-.03	.08	35	-10	1.59	-.33	0.00
203	SURFACE	.15	-.03	.06	50	-10	.39	-.33	0.00
	INTEGRE	.21	-.03	.07	40	-10	3.05	-.33	0.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	.14	-.03	.08	45	-10	.47	-.33	0.00
	INTEGRE	.20	-.03	.08	45	-10	.62	-.33	0.00
209	SURFACE	.13	.03	.08	55	-10	.52	-.33	0.00
	INTEGRE	.16	-.03	.09	55	-10	.57	-.33	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE B  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 13/10/78

NO. DE STATION		N-KJ (PPM N)	NH3 (PPM N)	NO2+ND3 (PPM N)	P TOT (PPB PO4)	P INORG (PPB PO4)	PFN (MG/L)	PFTC (MG/L)	INHIBITION %
200	SURFACE	.20	-.04	.08	40	10	1.60	.33	0.00
	INTEGRE	.23	-.04	.07	60	15	.66	.49	0.00
201	SURFACE	.22	-.04	.08	60	10	.45	.33	0.00
	INTEGRE	.21	-.04	.08	55	15	.44	.49	9.76 ?
202	SURFACE	.17	-.04	.08	35	-10	.67	.33	0.00
	INTEGRE	.21	-.04	.07	45	10	.46	.33	0.00
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99	-99	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	.17	-.04	.08	35	10	.23	.33	28.91 ?
	INTEGRE	.20	-.04	.07	45	10	1.28	.33	0.00
209	SURFACE	.18	-.04	.08	40	10	.31	.33	4.94 ?
	INTEGRE	.18	-.04	.08	40	10	.37	.33	0.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION



ANNEXE 1

SERIE C

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 21/ 6/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	.50	.23	.27	45.80	.85
	INTEGRE	.63	.30	.33	48.10	.93
201	SURFACE	1.62	.83	.78	51.60	1.07
	INTEGRE	.74	.15	.59	19.90	.25
202	SURFACE	.73	.36	.37	49.00	.96
	INTEGRE	.71	.27	.44	38.50	.63
203	SURFACE	1.08	.46	.61	42.90	.75
	INTEGRE	.56	.27	.29	48.80	.95
204	SURFACE	1.20	.63	.57	52.70	1.11
	INTEGRE	1.15	.46	.69	40.00	.67
205	SURFACE	1.66	.81	.86	48.50	.94
	INTEGRE	.66	.32	.34	48.00	.92
206	SURFACE	1.15	.52	.63	45.00	.82
	INTEGRE	1.13	.52	.61	46.00	.85
207	SURFACE	1.18	.52	.66	44.00	.79
	INTEGRE	1.20	.55	.65	45.70	.84
208	SURFACE	.59	.29	.30	48.90	.96
	INTEGRE	1.07	.44	.63	41.10	.70
209	SURFACE	.76	.36	.40	47.20	.84
	INTEGRE	.51	.23	.28	45.50	.83

99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 6/ 7/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.22	.60	.62	49.40	.96
	INTEGRE	1.97	1.10	.87	55.80	1.26
201	SURFACE	1.38	.60	.78	43.50	.77
	INTEGRE	1.33	.63	.70	47.50	.90
202	SURFACE	1.22	.60	.62	49.40	.96
	INTEGRE	1.33	.70	.63	52.50	1.11
203	SURFACE	1.35	.70	.65	51.90	1.06
	INTEGRE	1.33	.63	.70	47.50	.90
204	SURFACE	1.81	.93	.87	51.60	1.07
	INTEGRE	1.87	1.09	.77	58.60	1.41
205	SURFACE	1.33	.73	.60	55.00	1.22
	INTEGRE	2.13	1.18	.95	55.50	1.25
206	SURFACE	1.56	.87	.69	55.70	1.26
	INTEGRE	1.14	.63	.51	55.50	1.25
207	SURFACE	1.33	.73	.60	55.00	1.22
	INTEGRE	1.75	.90	.85	51.50	1.06
208	SURFACE	1.75	1.03	.72	59.10	1.45
	INTEGRE	1.20	.63	.57	52.80	1.12
209	SURFACE	1.51	.75	.76	49.60	.98
	INTEGRE	1.10	.57	.53	51.70	1.07

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 13/ 7/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE PHAEOPIGMENTS	CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE	
		A TOTALE (PPB)	A ACTIVE (PPB)	A (PPB)	A ACTIVE ACTIV/PHAEOP.	
200	SURFACE	1.85	.93	.92	50.40	1.02
	INTEGRE	2.04	1.05	.99	51.40	1.06
201	SURFACE	1.73	.77	.97	44.20	.79
	INTEGRE	1.42	.57	.86	39.80	.66
202	SURFACE	.91	.48	.42	53.40	1.14
	INTEGRE	1.04	.50	.54	48.20	.93
203	SURFACE	1.14	.57	.57	49.70	.99
	INTEGRE	1.25	.63	.61	50.90	1.04
204	SURFACE	1.79	.97	.83	53.90	1.17
	INTEGRE	1.75	.83	.92	47.70	.91
205	SURFACE	1.22	.43	.78	35.70	.55
	INTEGRE	.38	.18	.20	47.70	.91
206	SURFACE	1.08	.57	.52	52.40	1.10
	INTEGRE	1.00	.48	.52	48.40	.94
207	SURFACE	1.08	.53	.55	49.30	.97
	INTEGRE	.95	.47	.48	49.20	.97
208	SURFACE	1.53	.83	.69	54.60	1.20
	INTEGRE	1.17	.53	.64	45.00	.82
209	SURFACE	1.75	1.10	.65	62.90	1.70
	INTEGRE	1.56	.83	.72	53.60	1.15

-.99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU 20/ 7/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE	PHAEOPIGMENTS	%CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE
		A TOTALE (PPB)	A ACTIVE (PPB)	A (PPB)	A ACTIVE	ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	2.13	1.15	.97	54.20	1.16
	INTEGRE	1.81	1.00	.81	55.30	1.24
201	SURFACE	1.65	.80	.85	48.60	.95
	INTEGRE	1.45	.73	.72	50.50	1.02
202	SURFACE	1.84	.93	.90	50.80	1.03
	INTEGRE	1.61	.86	.75	53.60	1.15
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	2.13	1.04	1.09	48.80	.95
	INTEGRE	2.23	1.15	1.08	51.70	1.07
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	1.62	.83	.78	51.60	1.07
	INTEGRE	1.72	.87	.85	50.40	1.02
209	SURFACE	1.56	.81	.76	51.60	1.07
	INTEGRE	1.51	.81	.70	53.40	1.15

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 22/ 7/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.56	.86	.70	55.30	1.24
	INTEGRE	1.78	.97	.81	54.40	1.19
201	SURFACE	1.66	.87	.79	52.20	1.09
	INTEGRE	1.62	.83	.78	51.60	1.07
202	SURFACE	1.54	.86	.67	56.30	1.29
	INTEGRE	1.64	.86	.77	52.70	1.12
203	SURFACE	1.61	.92	.69	57.10	1.33
	INTEGRE	1.96	1.10	.86	56.20	1.29
204	SURFACE	1.59	.92	.67	58.10	1.36
	INTEGRE	1.39	.73	.66	52.70	1.11
205	SURFACE	2.23	1.21	1.02	54.30	1.19
	INTEGRE	1.97	1.09	.88	55.50	1.25
206	SURFACE	1.72	.92	.79	53.70	1.16
	INTEGRE	1.81	.90	.91	49.80	.99
207	SURFACE	1.41	.60	.81	42.60	.74
	INTEGRE	1.85	.90	.95	48.60	.95
208	SURFACE	1.99	1.03	.95	52.10	1.09
	INTEGRE	1.48	.73	.75	49.50	.96
209	SURFACE	1.45	.77	.69	52.80	1.12
	INTEGRE	1.61	.98	.83	60.70	1.55

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 24/ 7/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE	PHAEOPIGMENTS	%CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE
		A TOTALE (PPB)	A ACTIVE (PPB)	A (PPB)	A ACTIVE	ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	1,23	,63	,60	51,50	1,06
201	SURFACE	2,03	1,10	,93	54,20	1,18
	INTEGRE	1,99	1,07	,92	53,70	1,16
202	SURFACE	1,56	,86	,70	55,30	1,24
	INTEGRE	1,85	,93	,92	50,40	1,02
203	SURFACE	5,04	2,84	2,21	56,20	1,29
	INTEGRE	2,59	1,44	1,15	55,70	1,26
204	SURFACE	1,84	,92	,92	50,00	1,00
	INTEGRE	2,15	1,09	1,06	50,90	1,04
205	SURFACE	1,46	,81	,65	55,30	1,24
	INTEGRE	1,51	,81	,70	53,40	1,15
206	SURFACE	1,10	,57	,53	51,50	1,06
	INTEGRE	1,25	,59	,66	47,00	,89
207	SURFACE	1,76	,87	,90	49,20	,97
	INTEGRE	2,06	1,03	1,03	50,20	1,01
208	SURFACE	1,22	,63	,58	52,10	1,09
	INTEGRE	1,21	,57	,65	46,70	,88
209	SURFACE	1,10	,50	,60	45,80	,84
	INTEGRE	1,50	,70	,80	46,80	,88

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 25/ 7/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE	PHAEOPIGMENTS	%CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE
		A TOTALE (PPB)	A ACTIVE (PPB)	A (PPB)	A ACTIVE	ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.07	.47	.60	43.80	.78
	INTEGRE	1.02	.50	.52	48.90	.96
201	SURFACE	1.60	.87	.73	54.20	1.18
	INTEGRE	1.59	.83	.75	52.60	1.11
202	SURFACE	1.79	.77	1.03	42.80	.75
	INTEGRE	1.57	.80	.77	50.90	1.04
203	SURFACE	1.63	1.06	.57	65.20	1.87
	INTEGRE	.86	.41	.45	47.60	.91
204	SURFACE	1.82	1.21	.61	66.50	1.99
	INTEGRE	2.13	1.15	.97	54.20	1.18
205	SURFACE	1.59	.86	.72	54.40	1.19
	INTEGRE	1.68	.97	.71	57.70	1.37
206	SURFACE	1.67	1.13	.73	60.70	1.55
	INTEGRE	1.63	1.03	.60	63.40	1.73
207	SURFACE	1.57	.87	.70	55.20	1.23
	INTEGRE	1.54	.43	1.11	28.10	.39
208	SURFACE	1.22	.62	.60	50.60	1.03
	INTEGRE	1.25	.60	.65	48.20	.93
209	SURFACE	1.25	.63	.61	50.90	1.04
	INTEGRE	1.29	.57	.72	44.00	.78

000, = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 26/ 7/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEDP.
200	SURFACE	1,41	.73	.67	52,10	1,09
	INTEGRE	1,48	.70	.78	47,20	.90
201	SURFACE	1,35	.70	.65	51,90	1,06
	INTEGRE	1,54	.87	.67	56,30	1,29
202	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
203	SURFACE	2,40	1,46	.93	61,00	1,57
	INTEGRE	2,38	1,81	.57	76,20	3,19
204	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	1,32	.67	.65	50,60	1,02
205	SURFACE	1,79	1,00	.79	55,80	1,26
	INTEGRE	1,19	.57	.62	47,80	.92
206	SURFACE	1,64	.90	.94	49,00	.95
	INTEGRE	1,44	.93	.50	64,90	1,85
207	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
208	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
209	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00

-99, = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMITE DE DETECTION

## SERIE C

LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 29/ 7/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	.67	.40	.47	46,00	.85
	INTEGRE	1.29	.67	.62	51,70	1,07
201	SURFACE	1.84	.90	.94	49,00	.96
	INTEGRE	1.45	.70	.75	48,20	.93
202	SURFACE	2.02	1.03	.98	51,30	1,05
	INTEGRE	1.65	.73	.91	44,60	.80
203	SURFACE	1.68	.80	.87	47,80	.92
	INTEGRE	2.00	1.17	.83	58,30	1,40
204	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
205	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
206	SURFACE	1.53	.70	.83	45,90	.85
	INTEGRE	-.99	-.99	-.99	-.99	-.99
207	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
208	SURFACE	1.35	.60	.75	44,50	.80
	INTEGRE	1.33	.60	.73	45,00	.82
209	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	1.73	.87	.87	50,00	1,00

-99, = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 31/ 7/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.61	.93	.87	51.60	1.07
	INTEGRE	1.73	.97	.77	55.80	1.26
201	SURFACE	2.53	1.41	1.12	55.60	1.25
	INTEGRE	1.36	.64	.72	47.20	.89
202	SURFACE	3.78	2.30	1.48	60.90	1.56
	INTEGRE	1.75	.93	.82	53.40	1.15
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	1.35	.70	.65	51.90	1.08
	INTEGRE	1.38	.52	.86	37.50	.60
208	SURFACE	1.40	.65	.75	46.70	.87
	INTEGRE	1.56	.77	.79	49.30	.97
209	SURFACE	1.56	.86	.70	55.30	1.24
	INTEGRE	1.56	.83	.72	53.60	1.15

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 2/ 8/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.53	.83	.69	54.60	1.20
	INTEGRE	1.28	.67	.61	52.30	1.10
201	SURFACE	2.46	1.50	.96	60.90	1.56
	INTEGRE	1.29	.77	.52	59.50	1.47
202	SURFACE	1.76	1.13	.63	64.30	1.80
	INTEGRE	-.99	-.99	-.99	-.99	-.99
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	1.48	.70	.78	47.20	.90
	INTEGRE	1.50	.73	.76	49.00	.96
208	SURFACE	1.19	.57	.62	47.80	.92
	INTEGRE	1.51	.80	.71	52.90	1.13
209	SURFACE	1.26	.67	.59	52.90	1.12
	INTEGRE	1.60	.77	.83	47.90	.92

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMITE DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 3/ 8/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
201	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
202	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
203	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
204	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
205	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
206	SURFACE	4,51	2,38	2,13	52,70	1,11
	INTEGRE	2,48	1,21	1,27	48,70	,95
207	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
208	SURFACE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
	INTEGRE	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
209	SURFACE	1,15	,63	,52	55,00	1,22
	INTEGRE	1,08	,48	,60	44,10	,79

-99, = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

## SERIE C

LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 7/ 8/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	2.00	1.13	.87	56.70	1.31
	INTEGRE	1.69	.87	.82	51.30	1.05
201	SURFACE	1.51	.87	.65	57.40	1.34
	INTEGRE	1.50	.77	.73	51.20	1.05
202	SURFACE	1.95	.92	1.02	47.40	.90
	INTEGRE	2.02	.93	1.08	46.30	.86
203	SURFACE	1.31	.69	.61	53.00	1.13
	INTEGRE	3.15	1.79	1.36	56.70	1.31
204	SURFACE	2.41	1.21	1.20	50.30	1.01
	INTEGRE	1.79	.83	.96	46.50	.87
205	SURFACE	2.11	1.11	1.00	52.70	1.12
	INTEGRE	1.72	.83	.89	48.50	.94
206	SURFACE	1.32	.65	.66	49.60	.98
	INTEGRE	1.88	.97	.92	51.40	1.06
207	SURFACE	2.27	1.41	.86	62.00	1.63
	INTEGRE	2.02	1.03	.98	51.30	1.05
208	SURFACE	1.45	.68	.78	46.60	.87
	INTEGRE	1.19	.53	.65	45.00	.82
209	SURFACE	2.17	1.22	.95	56.20	1.29
	INTEGRE	1.26	.70	.56	55.60	1.25

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 12/ 8/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE	PHAEOPIGMENTS	%CHLOROPHYLLE	CHLOROPHYLLE
		A TOTALE (PPB)	A ACTIVE (PPB)	A (PPB)	A ACTIVE	ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	2.87	1.50	1.37	52.20	1.09
	INTEGRE	2.82	1.44	1.38	51.10	1.05
201	SURFACE	1.49	.75	.74	50.40	1.02
	INTEGRE	1.74	.86	.88	49.60	.99
202	SURFACE	1.33	.63	.70	47.60	.91
	INTEGRE	1.64	.81	.83	49.20	.97
203	SURFACE	2.05	.92	1.13	45.00	.82
	INTEGRE	2.23	1.09	1.13	49.10	.97
204	SURFACE	3.12	1.38	1.74	44.30	.70
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.80	40.20	.67
205	SURFACE	1.84	.92	.92	50.00	1.00
	INTEGRE	1.33	.63	.70	47.60	.91
206	SURFACE	1.59	.86	.72	54.40	1.19
	INTEGRE	1.38	.63	.75	45.80	.85
207	SURFACE	1.38	.69	.69	50.00	1.00
	INTEGRE	1.49	.58	.91	38.80	.63
208	SURFACE	1.72	.98	.74	57.10	1.33
	INTEGRE	2.03	1.04	.99	51.40	1.06
209	SURFACE	1.25	.75	.51	59.70	1.48
	INTEGRE	1.38	.75	.63	54.20	1.18

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 15/ 8/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	2.15	1.09	1.06	50.90	1.04
	INTEGRE	2.23	1.21	1.02	54.30	1.19
201	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
202	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
209	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMITE DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 17/ 8/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.97	.98	.99	49.70	.99
	INTEGRE	1.84	.81	1.04	43.80	.78
201	SURFACE	2.25	1.15	1.10	51.10	1.05
	INTEGRE	2.10	1.04	1.06	49.40	.98
202	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
209	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMITE DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 21/ 8/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.10	.40	.70	36.60	.58
	INTEGRE	1.49	.92	.56	62.10	1.64
201	SURFACE	2.71	1.61	1.10	59.40	1.47
	INTEGRE	1.15	.57	.58	49.40	.98
202	SURFACE	1.54	.75	.79	48.80	.95
	INTEGRE	1.46	.75	.71	51.30	1.05
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	2.13	1.04	1.09	48.80	.95
	INTEGRE	2.23	1.09	1.13	49.10	.97
206	SURFACE	1.43	.69	.74	48.20	.93
	INTEGRE	1.46	.69	.77	47.40	.90
207	SURFACE	1.46	.86	.60	59.20	1.45
	INTEGRE	1.38	.63	.75	45.80	.85
208	SURFACE	1.43	.75	.69	52.20	1.09
	INTEGRE	1.20	.58	.63	47.90	.92
209	SURFACE	1.46	.98	.48	67.10	2.04
	INTEGRE	1.49	.75	.74	50.40	1.02

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 14/ 9/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.46	.75	.71	51.30	1.05
	INTEGRE	1.38	.81	.58	58.30	1.40
201	SURFACE	.97	.46	.51	47.40	.90
	INTEGRE	1.02	.58	.45	56.30	1.29
202	SURFACE	1.33	.63	.70	47.60	.91
	INTEGRE	1.28	.69	.59	54.00	1.17
203	SURFACE	1.61	.75	.86	46.40	.87
	INTEGRE	1.43	.98	.45	68.30	2.15
204	SURFACE	1.79	.86	.93	48.20	.93
	INTEGRE	1.89	1.38	.51	73.00	2.70
205	SURFACE	1.36	.86	.49	63.70	1.75
	INTEGRE	1.08	.58	.50	53.60	1.15
206	SURFACE	.77	.29	.48	37.50	.60
	INTEGRE	1.00	.40	.60	40.40	.68
207	SURFACE	1.59	1.04	.55	65.30	1.88
	INTEGRE	1.79	.92	.87	51.40	1.06
208	SURFACE	1.79	1.04	.76	57.90	1.37
	INTEGRE	1.74	.81	.93	46.30	.86
209	SURFACE	1.46	.86	.60	59.20	1.45
	INTEGRE	1.69	.92	.77	54.50	1.20

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMITE DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 26/ 9/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.29	.60	.69	46.60	.87
	INTEGRE	1.38	.81	.58	58.30	1.40
201	SURFACE	1.43	.63	.80	44.20	.79
	INTEGRE	1.49	.75	.74	50.40	1.02
202	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	1.46	.75	.71	51.30	1.05
203	SURFACE	1.97	1.04	.93	52.60	1.11
	INTEGRE	2.74	1.56	1.18	56.80	1.31
204	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	1.46	.69	.77	47.40	.90
	INTEGRE	1.59	.75	.74	50.40	1.02
209	SURFACE	1.66	.81	.86	48.50	.94
	INTEGRE	1.20	.81	.40	67.00	2.03

###, = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION

SERIE C  
LAC ST-JEAN  
ECHANTILLONNAGE DU: 13/10/78

NO. DE STATION		CHLOROPHYLLE A TOTALE (PPB)	CHLOROPHYLLE A ACTIVE (PPB)	PHAEOPIGMENTS A (PPB)	%CHLOROPHYLLE A ACTIVE	CHLOROPHYLLE ACTIV/PHAEOP.
200	SURFACE	1.51	.86	.65	57.20	1.34
	INTEGRE	1.59	1.04	.55	65.30	1.88
201	SURFACE	1.87	.92	.95	49.30	.97
	INTEGRE	2.34	1.27	1.11	53.20	1.14
202	SURFACE	1.38	.75	.63	54.20	1.18
	INTEGRE	1.28	.63	.65	49.50	.98
203	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
204	SURFACE	1.08	.63	.44	58.90	1.43
	INTEGRE	-.99	-.99	-.99	-.99	-.99
205	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
206	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
207	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
208	SURFACE	2.77	1.44	1.33	52.10	1.09
	INTEGRE	1.46	.81	.65	55.30	1.24
209	SURFACE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
	INTEGRE	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00

-99. = MANQUE DES DONNEES

AUTRE VALEUR NEGATIVE = LIMIT DE DETECTION



ANNEXE 1

SERIE D

TABLEAU 1-D-1 Composition et abondance phytoplanctoniques de la zone photique du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>CYANOPHYTES</b>														
<b>Myxophycées</b>														
<b>Chroococcales</b>														
Aphanothece										440	1	440	440	10%
Chroococcus	4 840	6 600	1 760	3 520	14 520	3 960	1 760	2 640	2 200	3 520	10	45 320	4 532	100%
Dactylococcopsis	440				880					440	3	1 760	587	30%
Glaucocystis		440								440	2	880	440	20%
Merismopedia					440	440					2	880	440	20%
Synechococcus				440							1	440	440	10%
<b>Oscillatoriales</b>														
Oscillatoria	2 200		440						440	1 320	4	4 400	1 100	40%
Phormidium				440							1	440	440	10%
<b>CRYPTOPHYTES</b>														
Chroomonas					2 200						1	2 200	2 200	10%
Cryptomonas	2 640	2 200	2 640	2 200	3 080	1 760	1 320	1 760	5 280	2 640	10	25 520	2 552	100%
Rhodomonas	31 680 <sup>1</sup>	31 240 <sup>1</sup>	29 040 <sup>1</sup>	40 920 <sup>1</sup>	3 520	14 960 <sup>1</sup>	22 480 <sup>1</sup>	22 840 <sup>1</sup>	53 680 <sup>1</sup>	22 440 <sup>1</sup>	10	272 800	27 280	100%

% cyanophyte: 200: 8; 201: 9; 202 3; 203: 6; 04: 205: 11; 206: 4; 207: 5; 208: 3, 209: 9

TABLEAU 1-D-1 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
CHLOROPHYTES														
Chlorophycées														
Volvocales														
Chlamydomonas	5 720	3 960	6 160	6 600	38 280 <sup>1</sup>	5 720	4 840	4 840	9 680	6 160	10	91 960	9 196	100%
Chlorococcales														
Actinastrum				440							1	440	440	10%
Ankistrodesmus	5 280	2 200	880	1 760	5 720	1 320	1 320	2 640	1 760	2 200	10	25 080	2 508	100%
Botryococcus	440								1 320	1 320	3	3 080	1 027	30%
Coelastrum		440			440			440			3	1 320	440	30%
Crucigenia		880		440	1 320						3	2 640	880	30%
Dictyosphaerium		440		440							2	880	440	20%
Elakatothrix										440	1	440	440	10%
Oocystis	440		440	880	440	440		440			6	3 080	513	60%
Quadrigula	440										1	440	440	10%
Senastrum			440								1	440	440	10%
Siderocellis	440	440	440	880				880			5	3 080	616	50%
Tetradesmus	440			440	880						3	1 760	587	30%
Tetraedron					440	440		440			3	1 320	440	30%
Treubaria	560										1	560	560	10%

<sup>1</sup>% de cyanophytes à la station 204: 12

TABLEAU 1-D-1 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>ZYGNEMATALES</b>														
Cosmarium		440			440	440					3	1 320	440	30%
Arthrodesmus								440			1	440	440	10%
<b>PYRRROPHYTES</b>														
Dinophycées														
Gymnodinium	6 160	3 080	4 400	3 960	14 960	440	1 320	1 760	4 840	2 640	10	43 560	4 356	100%
Peridinium	2 200	440	880		1 320			2 200	1 320	440	7	8 800	1 257	70%
<b>CHRYSOPHYTES</b>														
Chrysophycées														
Chromulina	4 840	4 400	7 480	7 040	22 000	4 400	6 600	7 480	5 720	5 280	10	75 240	7 524	100%
Kephyrion		440		440	2 200	440		440		440	6	4 400	733	60%
Mallomonas		1 320	1 320	440	440		880	1 760	1 760	2 640	8	10 560	1 320	80%
Ochromonadales														
Dinobryon	6 160	1 760	1 760	1 320	5 280	440	1 320	1 760	880	1 320	10	22 000	2 200	100%
Ochromonas					2 200						1	2 200	2 200	10%
Synura								440			1	440	440	10%

TABLEAU 1-D-1 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	X̄	OCCURRENCE
<b>Bacillariophycées</b>														
<b>Centrales</b>														
Cyclotella			440					440			2	880	440	20%
Melosira	2 640	880	880	1 320	3 520	440	1 320	1 320	1 760	7 920	10	22 000	2 200	100%
Rhizosolenia	10 560	10 120	2 200	440	1 760	1 320	880	1 760	3 520	2 640	10	35 200	3 520	100%
<b>Pennales</b>														
Achnanthes	880					880			440	880	4	3 080	770	40%
Amphora	440	440									2	880	440	20%
Asterionella		440	880		1 760			440	1 760	1 760	6	7 040	1 173	60%
Caloneis						440					1	440	440	10%
Ceratoneis										440	1	440	440	10%
Diatoma	440										1	440	440	10%
Eunotia	440	440			440				440		4	1 760	440	40%
Navicula	880	880	880		880		880			1 760	6	6 160	1 027	60%
Nitzschia	1 760	1 760	440		880	440	440	1 320		2 640	8	9 680	1 210	80%
Pinnularia	440										1	440	440	10%
Tabellaria	440	440	880		2 200				1 760		5	5 720	1 144	50%

TABLEAU 1-D-2 Composition et abondance phytoplanctoniques à la surface des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>CYANOPHYTES</b>														
<b>Myxophycées</b>														
<b>Chroococcales</b>														
Aphanothece								440			1	440	440	10%
Chroococcus	2 640	2 200		5 280	9 240	7 480			880	1 760	7	29 480	4 211	70%
Dactylococcopsis					440						1	440	440	10%
Merismopedia			440		440	440			440		4	1 760	440	40%
<b>Nostocales</b>														
Anabaena										440	1	440	440	10%
<b>Oscillatoriales</b>														
Oscillatoria	440	880							440	880	4	2 640	660	40%
<b>CRYPTOPHYTES</b>														
<b>Cryptophycées</b>														
Chroomonas					440	440					2	880	440	20%
Cryptomonas	1 760	2 200		3 080	1 320	7 040	440	1 760	880	1 760	9	20 240	2 249	90%
Rhodomonas	13 200	70 400	30 800	41 800	1 320	45 760	6 600	26 840	22 880	12 320	10	271 920	27 192	100%

TABLEAU 1-D-2 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
CHLOROPHYTES														
Chlorophycées														
Volvocales														
Chlamydomonas	6 160	1 320	880	3 520	12 360	8 360	1 320	3 960	2 200	3 080	10	43 120	4 312	100%
Chlorococcales														
Actinastrum				440							1	440	440	10%
Ankistrodesmus	880	3 080		2 200	3 080	3 520			440	440	7	8 680	868	70%
Botryococcus	440										1	440	440	10%
Characium					440						1	440	440	10%
Coelastrum					1 760	440					2	2 200	1 100	20%
Crucigenia				440		1 760					2	2 200	1 100	20%
Elakatothrix					440						1	440	440	10%
Golenkinia					440						1	440	440	10%
Oocystis	440			440	2 200		440				4	3 520	880	40%
Quadrigula			440		440		440				3	1 320	440	60%
Scenedesmus	440		880			440				440	4	2 200	550	40%
Selenastrum			440			440			440	440	4	1 760	440	40%
Siderocellis	440				440						2	880	440	20%
Tetraedron				440							1	440	440	10%
Tetradesmus				440				440			2	880	440	20%
Treubaria								440			1	440	440	10%

TABLEAU 1-D-2 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>PYRRROPHYTES</b>														
<b>Dinophycées</b>														
Gymnodinium	1 320	4 400		3 080	4 840	1 320		1 320	1 320	1 320	8	18 920	2 365	80%
Peridinium	2 640	1 760		440	2 640	1 320				440	6	9 240	1 540	60%
<b>CHRYSOPHYTES</b>														
<b>Chrysophycées</b>														
Chromulina	2 200	3 080	880	7 920	11 000	8 360		1 320	4 840	4 840	9	44 440	4 938	90%
Chrysochromulina										880	1	880	880	10%
Keppyrion				440	3 520	440					3	4 400	1 467	30%
Mallomonas		1 760	440		440	440		440		440	7	3 960	566	70%
<b>Ochromonadales</b>														
Ochromonas					440					440	2	880	440	20%
Dinobryon	6 600	2 640		3 080	6 600	6 600	440	880		1 320	8	28 160	3 520	80%
<b>Monosigales</b>														
Salpingoeca						440					1	440	440	10%

TABLEAU 1-D-2 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	$\Sigma X$	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>Bacillariophycées</b>														
<b>Centrales</b>														
Cyclotella	440	440	440					440		440	5	2 200	440	50%
Melosira	8 360	1 760	880	440	1 760	1 320		2 200	1 320	3 080	9	21 120	2 347	90%
Rhizosolenia	2 200	7 040		3 080	1 760	5 280		880	2 640	5 720	8	28 600	3 575	80%
Stephanodiscus			440								1	440	440	10%
<b>Pennales</b>														
Achnanthes	880					440		440	440		4	2 200	550	40%
Amphora										440	1	440	440	10%
Asterionella	1 760	440			880		1 320	880		1 320	6	6 660	1 100	60%
Diatoma										440	1	440	440	10%
Eunotia	1 320			440	3 960					440	4	6 160	1 540	40%
Navicula	880	880			440	440			440	440	6	3 520	587	60%
Nitzschia		880		880		880		880	440	880	6	3 080	513	60%
Tabellaria	440			440	880	440				1 320	5	3 520	704	50%

TABLEAU 1-D-3 Composition et abondance phytoplanctoniques de la zone photique du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>CYANOPHYTES</b>														
<b>Myxophycées</b>														
<b>Chroococcales</b>														
Aphanothece	440	2 640		440	4 840	880	2 640	1 320		880	8	14 080	896	80%
Chroococcus	3 520	8 800	5 280	2 200	12 310	7 920	5 280	13 190	3 960	2 200	10	64 500	6 500	100%
Dactylococcopsis		440		440							2	880	440	20%
Merismopedia		440				440			440		3	1 320	440	30%
Synechococcus			440	440			440				3	1 320	440	30%
<b>Nostocales</b>														
Anabaena	440	1 760	1 320	1 760	3 080			1 760		2 200	7	12 310	1 760	70%
<b>Oscillatoriales</b>														
Oscillatoria	880	440		440	440						4	2 200	550	40%
<b>CRYPTOPHYTES</b>														
Chroomonas		3 960				1 320	440		440		4	6 160	1 540	40%
Cryptomonas	4 840	5 720	1 760	5 720	12 310	6 160	8 360	8 360		7 040	9	60 230	6 700	90%
Rhodomonas	24 200	62 900	39 130	31 700	6 160	65 070	33 410	37 370	36 930	52 320	10	389 046	38 905	100%

TABLEAU 1-D-3 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	X̄	OCCURRENCE
<b>CHLOROPHYTES</b>														
<b>Chlorophycées</b>														
<b>Volvocales</b>														
Chlamydomonas	8 360	25 940	15 830	7 920	18 030	7 040	5 280	14 070	9 680	4 840	10	117 000	11 700	100%
<b>Chlorococcales</b>														
Ankistrodesmus	440	2 640	2 200	1 320	3 080	1 760	440	7 480	440		9	19 800	2 200	90%
Botryococcus	440	880	440			1 760	440	440		1 760	7	6 160	880	70%
Characium							880				1	880	880	10%
Coelastrum	880	2 640	1 760	440	5 280	880		1 760	440	1 760	9	15 830	1 760	90%
Crucigenia		880		440							2	1 320	660	20%
Elakatothrix			440		1 320	1 320				440	4	3 520	880	40%
Golenkinia		1 320			440	440					3	2 200	740	30%
Uocystis		1 320		440	440			2 200		440	5	4 840	970	50%
Scenedesmus								440			1	440	440	10%
Selenastrum	880						440			440	3	1 760	590	30%
Tetraedron					440		440	440	440		4	1 760	440	40%
Treubaria	440						440				2	880	440	20%
<b>ZYGNEMATALES</b>														
Cosmarium				1 320							1	1 320	1 320	10%

TABLEAU 1-D-3 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>PYRROPHYTES</b>														
Gymnodinium	4 840	12 310	7 040	5 720	27 260	8 800	3 960	12 750	3 520	2 200	10	88 370	8 837	100%
Peridinium	440	440	440	440	440	440		2 640			7	5 280	760	70%
<b>CHRYSOPHYTES</b>														
<b>Chrysophycées</b>														
Chromulina	440	7 040	3 080	2 640	10 120	5 280	10 120	3 520	5 280	440	10	47 920	4 792	100%
Chrysochromulina		440		440	1 320		440		1 320		5	3 960	800	50%
Kephyrion		440			4 840			1 760			3	7 040	2 350	30%
Mallomonas	3 520	1 760	3 520	1 760	6 160	5 280	1 320	2 640	3 520	1 760	10	31 220	3 122	100%
<b>Ochromonadales</b>														
Dinobryon	880	3 520		440	10 560		3 960	2 640	440		8	25 060	3 140	80%
Ochromonas							440	440			2	880	440	20%
Synura							440				1	440	440	10%
<b>Bacillariophycées</b>														
<b>Centrales</b>														
Cyclotella					440		440				2	880	440	20%
Melosira	3 520	3 960	3 080	2 640	9 680	2 640	3 520	1 320	1 760	4 840	10	36 930	3 693	100%
Rhizosolenia	2 640	10 550	3 080	4 400	33 860	10 560	1 320	10 120	3 080	440	10	80 010	8 001	100%
Stephanodiscus				1 320						440	2	1 760	880	20%

TABLEAU 1-D-3 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	X̄	OCCURRENCE
<b>Pennales</b>														
Achnanthes				440	880					440	3	1 760	590	30%
Asterionella	1 760			440	1 760	440	1 320		440		6	6 160	1 030	60%
Caloneis	440										1	440	440	10%
Diatoma	440							440			2	880	440	20%
Eunotia				1 320	440		1 320			440	4	3 520	880	40%
Frustulia			440								1	440	440	10%
Navicula		440					1 320	440	440	440	5	3 080	615	50%
Nitzschia	1 320	2 640		440	4 400	440		1 760	440		7	11 430	1 640	70%
Pinnularia					440						1	440	440	10%
Synedra					440						1	440	440	10%
Tabellaria	440	440	1 320	440	2 200		1 320				7	6 600	943	70%
<b>EUGLENOPHYTES</b>														
<b>Euglenales</b>														
Euglenes		440					880				2	1 320	660	20%
Trachelomonas	440										1	440	440	10%

TABLEAU 1-D-4 Composition et abondance phytoplanctoniques à la surface des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

	200	201	202	203	203	204	205	206	207	208	209	N	$\Sigma X$	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>CYANOPHYTES</b>															
Myxophycées															
Chroococcales															
Aphanothece	440								440		440	3	1 320	440	27%
Chroococcus	5 280	6 600	9 680	1 760		5 720	4 400	1 320	1 760	7 040	5 280	10	48 800	4 880	91%
Dactylococcopsis	440				440					440		3	1 320	440	27%
Glaucocystis				440								1	440	440	9%
Merismopedia	440	440				440				440	440	5	2 200	440	45%
Synechococcus	280	280					280					3	1 320	440	27%
Nostocales															
Anabaena	7 920	880	440	22 430	440				440			6	32 540	5 420	55%
Oscillatoriales															
Oscillatoria			440							440		2	880	440	18%
<b>CRYPTOPHYTES</b>															
Cryptophycées															
Cryptomonas	2 640	3 960	5 720	880	3 080	6 600	4 400	4 840	1 320	2 640	4 840	11	40 890	3 720	100%
Rhodomonas	29 892	43 530	7 490	43 100	12 320	1 760	34 300	44 850	1 760	39 130	64 190	11	388 620	35 330	100%

TABLEAU 1-D-4 (suite)

	200	201	202	203	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>CHLOROPHYTES</b>															
Chlorophycées															
Volvocales															
Chlamydomonas	9 672	4 400	11 880	6 160	2 640	18 910	7 480	1 320	2 200	5 720	13 200	11	83 540	7 600	100%
Chlorococcales															
Actinastrum			440	440						440		3	1 320	440	27%
Ankistrodesmus	2 200	3 080	440			6 160	2 200	880	1 320	880	2 200	9	19 350	2 150	82%
Botryococcus	440	880	440	440	440		880					6	3 520	587	55%
Coelastrum	440		1 320		1 320	440		440	440		440	7	4 840	810	64%
Crucigenia						440		440	440	440	440	5	2 200	440	45%
Dictyosphaerium								440				1	440	440	9%
Elakatothrix			440	1 320			880	440				4	3 080	770	36%
Golenkinia										440		1	440	440	9%
Oocystis			440						440	440		3	1 320	440	27%
Scenedesmus			880									1	880	880	9%
Senastrum										440		1	440	440	9%
Siderocellis	440											1	440	440	9%
Tetraedron						1 760	440	440			880	4	3 520	880	36%
Treubaria	400		440	440			440					4	1 760	440	36%
Zygnematales															
Closterium										440		1	440	440	9%
Euastrum			440									1	440	440	9%

TABLEAU 1-D-4 (suite)

	200	201	202	203	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	X̄	OCCURRENCE
<b>PYRROPHYTES</b>															
<b>Dinophycées</b>															
Gymnodinium	6 600	5 280	12 750	4 400	4 840	28 580	5 280	7 040	3 080	6 600	10 120	11	94 520	8 600	100%
Peridinium		1 760	440	880	440	2 200		880	1 760		1 320	8	9 680	1 210	73%
<b>CHRYSOPHYTES</b>															
<b>Chrysophycées</b>															
Chromulina	4 400	7 920	3 520	2 640			3 080	880	1 320	2 200	1 760	9	27 700	3 080	82%
Kephyrion						1 300					880	2	2 200	1 100	18%
Mallomonas	2 200	1 760	4 840	2 640	880	3 520	5 280	2 200	440	880	3 080	11	27 700	2 518	100%
<b>Ochromonadales</b>															
Dinobryon	1 320	1 760	2 640	1 760		10 100	2 200		440	1 760	2 640	9	25 520	2 835	82%
Ochromonas			440				440			880	440	4	2 200	550	36%
<b>Bacillariophycées</b>															
<b>Centrales</b>															
Cyclotella	440	1 320		880						440	1 320	5	4 400	880	45%
Melosira	2 200	3 960	880	440	2 200	8 360	2 640	2 640	880	3 520	4 840	11	32 530	2 957	100%
Rhizosolenia	10 990	15 390	15 840	3 960	1 760	29 480	8 800	440	880	3 080	3 520	11	94 160	8 560	100%

TABLEAU 1-D-4 (suite)

	200	201	202	203	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>Pennales</b>															
Achnanthes	440						440	440				3	1 320	440	27%
Amphora											440	1	440	440	9%
Asterionella	440	880	3 080	1 760		1 320	440	440		880	440	9	9 680	1 075	82%
Cocconeis											440	1	440	440	9%
Eunotia		440		440		1 760	440	440			440	6	3 960	660	55%
Frustulia											440	1	440	440	9%
Navicula	440	440			440	2 200						4	3 520	880	36%
Nitzschia	880	880	3 520		1 320	3 520	1 320	880		880	440	9	13 640	1 515	82%
Tabellaria		880	440			1 320		440		880	440	6	4 400	723	55%
<b>EUGLENOPHYTES</b>															
<b>Euglenales</b>															
Euglene			440									1	440	440	9%
Trachelomonas											440	1	440	440	9%

TABLEAU 1-D-5 Composition et abondance phytoplanctoniques de la zone photique du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	Σ	OCCURRENCE
CYANOPHYTES														
Myxophycées														
Chroococcales														
Aphanothece	440	440		880			440			1 320	5	3 520	704	56%
Chroococcus	3 080	2 200	3 960	2 200		3 080	1 320	4 840	7 480	3 520	9	31 680	3 520	100%
Gonphosphaeria								440			1	440	440	11%
Synechococcus		440	880								2	1 320	660	22%
Nostocales														
Anabaena		2 640					440				2	3 080	1 540	22%
Oscillatoriales														
Oscillatoria	440	440									2	880	440	22%
Spirulina									440		1	440	440	11%
CRYPTOPHYTES														
Cryptophycées														
Cryptomonas	10 560	12 320	12 320	7 480		3 520	440	1 760	8 360	3 080	9	59 840	6 649	100%
Rhodomonas	58 520	58 520	58 520	21 120		22 880	7 480	14 960	68 200	35 200	9	345 400	38 377	100%

TABLEAU 1-D-5 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	X̄	OCCURENCE
CHLOROPHYTES														
Chlorophycées														
Volvocales														
Chlamydomonas	6 160	16 720	1 760	6 160		12 320	10 560	7 040	7 480	10 560	9	78 760	8 751	100%
Chlorococcales														
Ankistrodesmus	1 320	1 760	880			440	440	1 320	1 320	1 320	8	8 000	1 100	89%
Botryococcus	440			2 200		880	440		440		5	4 400	880	56%
Chlorococcum								440			1	440	440	31%
Coelastrum		1 760	440				1 760		440	880	5	5 280	1 056	56%
Crucigenia		440		440		440	440		440		5	2 200	440	56%
Dictyosphaerium		440									1	440	440	31%
Elakatothrix			880			440					2	1 320	660	22%
Golenkinia									440		1	440	440	11%
Oocystis	440	440	440			880	440				5	2 640	528	56%
Scenedesmus	440										1	440	440	11%
Tetraedron	2 200	880						440	880	440	5	4 840	968	56%
ZYGNEATALES														
Cosmarium				440		440					2	880	440	22%
Arthrodesmus										440	1	440	440	11%

TABLEAU 1-0-5 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>PYRROPHYTES</b>														
<b>Dinophycées</b>														
Gymnodinium	7 480			10 560		3 080	2 640	8 360	4 840	2 200	7	39 160	5 594	78%
Peridinium			440	2 200				440			3	3 080	1 027	33%
<b>CHRYSOPHYTES</b>														
<b>Chrysophycées</b>														
Chromulina	3 080	3 080	1 760	5 280		2 640	30 080	7 920	2 200	1 320	9	30 360	3 373	100%
Chrysochromulina		1 320	880								2	2 200	1 100	22%
Kephyrion				440				440			2	880	440	22%
Mallomonas	440	1 320				440	1 760	440	1 760	440	7	6 600	943	78%
<b>Ochromonadales</b>														
Dinobryon			440	440	440			440	440		5	2 200	440	56%
Synura		880									1	880	880	11%
<b>Bacillariophycées</b>														
<b>Centrales</b>														
Cyclotella	1 760	1 760	440				440	1 320	1 760	440	7	7 920	1 131	78%
Melosira	4 840	8 800	3 520	4 840				3 080	1 760	3 520	8	35 640	4 455	89%
Rhizosolenia	4 400	5 720	6 600	3 080	3 080		440	5 280	3 520	3 080	9	35 200	3 911	100%

TABLEAU 1-D-5 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	$\Sigma X$	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>Pennales</b>														
Achnanthes		880									1	880	880	11%
Asterionella	1 760	440	880	440		440		1 760	1 760	1 320	8	8 800	1 100	89%
Eunotia				440				1 320	440	440	4	2 640	660	44%
Navicula		2 200	2 200	880			440		1 220	440	6	7 480	1 247	67%
Nitzschia	1 760	440	2 200	880	2 200	880	2 200	1 320	1 760		7	10 560	1 508	78%
Pinnularia			440	440							1	440	440	11%
Tabellaria	1 760	1 760		1 760					440	440	5	6 160	1 232	56%

TABLEAU 1-D-6 Composition et abondance phytoplanctoniques à la surface des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>CYANOPHYTES</b>														
<b>Myxophycées</b>														
<b>Chroococcales</b>														
Aphanothece	1 320		880					440	1 320	440	5	4 400	880	50%
Chroococcus	7 040	440	1 760	4 840	5 280	6 160	1 320	5 720	3 080		9	35 640	3 960	90%
Dactylococcopsis	440										1	440	440	10%
Glaucocystis					440	440					2	880	440	20%
Merismopedia					880						1	880	880	10%
<b>Nostocales</b>														
Anabaena	440		1 760	880		1 320			2 200		5	6 600	1 320	50%
<b>Oscillatoriales</b>														
Lepthothrin									440		1	440	440	10%
Oscillatoria					440						1	440	440	10%
Spirulina									440		1	440	440	10%
<b>CRYPTOPHYTES</b>														
<b>Cryptophycées</b>														
Chroomonas								440			1	440	440	10%
Cryptomonas	11 440	3 520	7 040	3 520	5 280	1 320	4 840		7 040	3 080	9	47 080	5 231	90%
Rhodomonas	55 000	25 960	34 760	35 640	1 760	15 840	33 440	3 080	42 240	29 920	10	277 640	27 764	100%

TABLEAU 1-D-6 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	X̄	OCCURRENCE
<b>CHLOROPHYTES</b>														
Chlorophycées														
Volvocales														
Chlamydomonas	6 160	22 880	4 840	5 720	14 960	7 920	74 800	8 360	18 920	12 760	10	177 320	17 732	100%
Volvox	440			440							2	880	440	20%
Chlorococcales														
Ankistrodesmus	880	2 200	1 320	4 400	5 280	1 320		440		440	8	16 280	2 035	80%
Botryococcus		1 320	4 840	2 200		440					4	8 800	2 200	40%
Chlorococcum	440										1	440	440	10%
Coelastrum	440					440		440			3	1 320	440	30%
Crucigenia			440		2 200	440		2 200			4	5 280	1 320	40%
Elakatothrix		440					440				2	880	440	20%
Rhabdoderma		440									1	440	440	10%
Scenedesmus			440								1	440	440	10%
Tetraedron	440	440				440		440	1 320		5	3 080	616	50%
<b>ZYGNEMATALES</b>														
Cosnarium				440							1	440	440	10%
Arthrodesmus				440							1	440	440	10%

TABLEAU 1-D-6 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	X̄	OCCURRENCE
<b>PYRROPHYTES</b>														
<b>Dinophycées</b>														
Gymnodinium	3 960	4 400	3 080	11 000	25 520	3 080	3 520	7 920	2 640	2 200	10	67 320	6 732	100%
Peridinium					440					440	2	880	440	20%
<b>CHRYSOPHYTES</b>														
<b>Chrysophycées</b>														
Chromulina	3 080	4 840	8 800	7 040		7 040	1 760	1 320	440	2 200	9	36 520	4 058	90%
Kephyrion	440				1 320						2	1 760	880	20%
Mallomonas	2 200				3 520	2 640	880	440			5	9 680	1 936	50%
<b>Ochromonadales</b>														
Dinobryon		440		3 080	4 400						3	7 920	2 640	30%
Synura				440	440		440				3	1 320	440	30%
<b>Bacillariophycées</b>														
<b>Centrales</b>														
Cyclotella	440	1 320	440		1 320		440	440	1 320	440	8	6 160	770	80%
Melosira	4 840	2 200	2 200	3 520	2 640	1 320	5 280	3 080	3 080	2 640	10	30 800	3 080	100%
Rhizosolenia	440	440	440	4 400	440	4 840	1 760	1 760	1 760	440	10	16 720	1 670	100%

TABLEAU 1-D-6 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	N	ΣX	$\bar{X}$	OCCURRENCE
<b>Pennales</b>														
Achnanthes		1 760									1	1 760	1 760	10%
Amphora	440										1	440	440	10%
Asterionella	1 760	440	440			1 320	3 520		440	1 320	7	9 240	1 320	70%
Eunotia	440			440	1 320						3	2 200	733	30%
Gyrosigma									440		1	440	440	10%
Navicula		440	440					440			3	1 320	440	30%
Nitzschia	440	1 320		1 760			440	1 320	1 760		6	7 040	1 173	60%
Pinnularia				440		440	440				3	1 320	440	30%
Tabellaria	1 320		440	880	440		440		440		6	3 960	660	60%

TABLEAU 1-D-7 Composition et abondance phytoplanctoniques de la zone photique du lac Saint-Jean pour le 14 septembre 1978.

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
CYANOPHYTES										
Myxophycées										
Chroococcales										
Aphanothece										880
Chroococcus	440	2 640	2 640			2 640		1 760		4 840
Dactylococcopsis		440								440
Glaucocystis								440		
Merismopedia										
Microcystis			440							
Nostocales										
Anabaena	440					440				
Oscillatoriales										
Leptothrix			440			880				440
Oscillatoria						440				
Phormidium						440				
CRYPTOPHYTES										
Cryptophycées										
Cryptomonas	4 840	1 320	5 720			440		2 640		7 040
Rhodomonas	17 160	7 920	19 360			6 600		9 680		19 800

TABLEAU 1-D-7 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
CHLOROPHYTES										
Chlorophycées										
Volvocales										
Chlamydomonas	4 400	4 400	6 600			3 520		440		880
Chlorococcales										
Ankistrodesmus	880	1 760	2 200			440		2 200		1 320
Botryococcus	1 320		880					440		440
Crucigenia	440	440						440		
Elakatothrix										440
Selenastrum			440							
Siderocelis								440		
Zygnematales										
Closterium						440				
Cosmarium		440								
Staurastrum								440		
PYRRROPHYTES										
Dinophycées										
Gymnodinium	880	440	440					880		
Peridinium	440	880	440							

TABLEAU 1-D-7 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
<b>CHRYSOPHYTES</b>										
<b>Chrysophycées</b>										
<b>Chromulinales</b>										
Chromulina	1 320	1 760	440			1 760				1 320
Chrysochromulina						440				
Kephyrion						880				880
Mallomonas	880									440
<b>Ochromonadales</b>										
Dinobyron	440	440	3 520			440				
Ochromonas		440								
<b>Bacillariophycées</b>										
<b>Centrales</b>										
Cyclotella	2 640	440	2 200			3 520		440		
Melosira	6 600	440	4 400			3 080		5 280		4 400
Rhizosolenia	1 320	880	2 200			440				1 760
<b>Pennales</b>										
Achnanthes	440		440			880				440
Amphora						440				
Asterionella	6 160	2 640	2 200			440		1 320		1 320
Eunotia	440	440	440			440				880

TABLEAU 1-D-7 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Frustulia						440				
Meridion	440									
Navicula	440	440				440		440		440
Nitzschia	440	1 320	1 760			880				
Pinnularia								440		
Tabellaria	3 960	3 520	880					4 400		880
EUGLENOPHYTES										
Euglanes										
Trachelomonas						880				
N	23	21	21			25		16		20
$\Sigma X$	56 760	33 440	58 080			31 680		29 920		49 280
$\bar{X}$	2,467	1,592	2,765			1,267		1,870		2,464
Dominance	0.140	0.109	0.153			0.094		0.173		0.205
Diversité	3.495	3.711	3.423			3.951		3.079		3.105

TABLEAU 1-D-8 Composition et abondance phytoplanctoniques à la surface des eaux du lac Saint-Jean pour le 14 septembre 1978.

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
CYANOPHYTES										
Myxophycées										
Chroococcales										
Aphanothece			3 960	3 520	2 640		1 760	440		1 760
Chroococcus					1 320			5 280		
Merismopedia	1 320									
Synechococcus			440		440		440			
Nostocales										
Anabaena							440			
CRYPTOPHYTES										
Cryptophycées										
Cryptomonas	3 080		2 640	3 080	3 080		880	1 760	5 280	5 280
Rhodomonas	7 480		17 600	9 680	14 520		24 640	13 640	19 360	26 840
CHLOROPHYTES										
Chlorophycées										
Volvocales										
Chlamydomonas	1 320		3 520	7 040	5 280		7 480	3 960		3 960

TABLEAU 1-D-8 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
<b>Chlorococcales</b>										
Ankistrodesmus	440		1 760	1 320	440		440	2 200		1 320
Botryococcus							440		880	
Coelastrum					880					
Crucigenia			440		880					
Siderocelis				440			440			
Tetraëdron								440		
<b>Zygnematales</b>										
Arthrodesmus							440			
Cosmarium				440						
<b>PYRROPHYTES</b>										
<b>Dinophycées</b>										
Gymnodinium	880		1 320	440	3 080		3 080	1 760	440	1 320
Peridinium	1 320				880				440	440
<b>CHRYSOPHYTES</b>										
<b>Chysophycées</b>										
<b>Chromulinales</b>										
Chromulina			1 320	3 520	6 600		6 160	3 960		4 400
Chrysochromulina			440							
Kephyrion			1 760	1 760						
Mallomonas					440		440			440

TABLEAU 1-D-8 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Ochromonadales										
Dinobyron			440	440	440		880	880		440
Synura	440									
Bacillariophycées										
Centrales										
Cyclotella	880		2 200	440	1 760		880		440	1 760
Melosira	8 800		5 720	3 960	4 840		3 080	1 320	4 400	2 200
Rhizosolenia			1 760	3 080	2 640		880	3 080		440
Pennales										
Achnanthes	440							440		
Amphora										440
Asterionella	2 200		1 320	1 320	3 960		2 640	1 760	2 200	1 320
Cocconeis							440			
Eunotia	440		440				1 320			1 760
Navicula			440	440				440	440	440
Nitzschia			440		440		880	440		
Tabellaria	880		440	880	440		440		1 760	440
EUGLENOPHYTES										
Euglanes										
Trachelomonas			440		2 200					

TABLEAU 1-D-8 (suite)

	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
N	14		21	17	21		23	17	10	20
$\Sigma X$	29 920		48 840	41 800	57 200		59 840	42 680	35 640	55 440
$\bar{X}$	2.137		2.325	2.458	2.723		2.601	2.510	3.564	2.917
Dominance	0.174		0.167	0.121	0.112		0.198	0.150	0.340	0.262
Diversité	3.037		3.381	3.439	3.710		3.270	3.325	2.166	2.879

TABLEAU 1-D-9 Résumé de l'inventaire des organismes phytoplanctoniques de la zone photique du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

PARAMETRES	STATIONS									
	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Nombre de genres	27	25	19	21	29	18	13	19	21	24
Nombre total d'organismes par litre	94 075	76 051	63 742	74 292	133 199	38 685	45 718	56 269	100 229	72 094
Nombre moyen d'organismes par genre/litre	3 484	3 042	3 355	3 538	4 593	2 149	3 516	2 962	4 773	3 004
Indice de diversité	3,55	3,21	2,94	2,58	3,56	3,02	2 56	3,18	2,74	3,66
Indice de dominance	0,15	0,21	0,24	0,33	0,14	0,20	0,29	0,20	0,31	0,13
Genre dominant - nombre d'organismes correspondants	Rhodo- monas 31 680	Rhodo- monas 31 240	Rhodo- monas 29 040	Rhodo- monas 40 920	Rhodo- monas 38280	Rhodo- monas 14 960	Rhodo- monas 22 880	Rhodo- monas 22 440	Rhodo- monas 53 680	Rhodo- monas 22 400
% de cyanophytes	8	9	3	6	12	11	4	5	3	9
Chlamydomonas/ Rhodomonas	0,08	0,07	0,09	0,05	-----	0,12	0,06	0,08	0,10	0,12

TABLEAU 1-D-10 Résumé de l'inventaire des organismes phytoplanctoniques à la surface des eaux du lac Saint-Jean pour le 13 juillet 1978.

PARAMETRES	STATIONS									
	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Nombre de genres	22	17	11	19	29	24	7	16	15	26
Nombre total d'organismes par litre	55 880	105 160	36 960	77 880	74 360	103 840	11 000	43 560	40 040	45 760
Nombre moyen d'organismes par genre/litre	2 540	6 186	3 360	4 099	2 564	4 327	1 571	2 723	2 669	1 760
Indice de diversité	3,66	2,12	1,19	2,62	3,99	3,05	1,92	2,31	2,45	3,81
Indice de dominance	0,12	0,46	0,70	0,31	0,09	0,23	0,40	0,40	0,35	0,12
Genre dominant - nombre d'organismes correspondants	Rhodomonas 13 200	Rhodomonas 70 400	Rhodomonas 30 800	Rhodomonas 41 800	Rhodomonas 12 320	Rhodomonas 45 760	Rhodomonas 6 600	Rhodomonas 26 840	Rhodomonas 22 880	Rhodomonas 12 320
% de cyanophytes	10	3	1	7	21	8	0	1	4	7
Chlamydomonas/ Rhodomonas	0,13	0,03	0,06	0,7	-----	0,15	0,07	0,07	0,04	0,14

TABLEAU 1-D-11 Résumé de l'inventaire des organismes phytoplanctoniques de la zone photique du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

PARAMETRES	STATIONS									
	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Nombre de genres	25	29	18	27	31	22	22	28	19	21
Nombre total d'organismes par litre	66 819	167 043	40 558	76 490	184 632	131 880	83 524	133 638	76 611	86 162
Nombre moyen d'organismes par genre/litre	2 673	5 760	5 030	2 832	5 957	5 994	3 796	4 773	3 980	4 103
Indice de diversité	3,41	3,39	2,88	2,30	3,98	2,89	3,15	3,67	2,76	2,40
Indice de dominance	0,17	0,18	0,23	0,20	0,09	0,27	0,20	0,13	0,27	0,39
Genre dominant - nombre d'organismes correspondants	Rhodo- monas 24 200	Rhodo- monas 62 900	Rhodo- monas 39 130	Rhodo- monas 31 700	Rhodo- monas 33 860	Rhodo- monas 65 070	Rhodo- monas 33 410	Rhodo- monas 37 370	Rhodo- monas 36 930	Rhodo- monas 52 300
% de cyanophytes	8	9	8	8	11	7	10	12	6	6
Chlamydomonas/ Rhodomonas	0,2	0,09	0,04	0,18	-----	0,09	0,25	0,22	0,06	0,13

TABLEAU 1-D-12 Résumé de l'inventaire des organismes phytoplanctoniques à la surface des eaux du lac Saint-Jean pour le 24 juillet 1978.

PARAMETRES	STATIONS									
	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Nombre de genres	25	22	27	20	21	21	21	17	25	28
Nombre total d'organismes par litre	91 436	106 823	156 058	97 152	32 530	86 162	72 094	19 342	81 326	125 726
Nombre moyen d'organismes par genre/litre	3 657	4 856	5 780	4 858	2 324	4 103	3 433	1 138	3 253	4 490
Indice de diversité	3,40	3,17	2,91	2,73	3,47	3,21	2,31	3,79	3,00	2,87
Indice de dominance	0,15	0,21	0,26	0,26	0,13	0,20	0,41	0,09	0,26	0,29
Genre dominant - nombre d'organismes correspondants	Rhodo- monas 29 892	Rhodo- monas 43 530	Rhodo- monas 15 840	Rhodo- monas 43 100	Rhodo- monas 29 480	Rhodo- monas 34 300	Rhodo- monas 44 850	Rhodo- monas 3 080	Rhodo- monas 39 130	Rhodo- monas 64 190
% de cyanophytes	16	8	7	25	4	6	2	13	11	5
Chlamydomonas/ Rhodomonas	0,09	0,09	-----	0,02	-----	0,13	0,11	-----	0,07	0,08

TABEAU 1-D-13 Résumé de l'inventaire des organismes phytoplanctoniques de la zone photique du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

PARAMETRES	STATIONS									
	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Nombre de genres	19	27	21	20	-----	18	19	21	22	19
Nombre total d'organismes par litre	110 779	129 242	100 668	72 534	-----	62 423	34 728	64 122	116 054	70 336
Nombre moyen d'organismes par genre/litre	5 830	4 787	4 794	3 627	-----	3 468	1 828	3 056	5 275	3 072
Indice de diversité	2,70	3,04	2,45	3,39	-----	3,04	3,26	3,55	2,50	2,72
Indice de dominance	0,30	0,24	0,36	0,14	-----	0,19	0,16	0,12	0,36	0,28
Genre dominant - nombre d'organismes correspondants	Rhodo- monas 58 520	Rhodo- monas 58 520	Rhodo- monas 58 520	Rhodo- monas 21 120	Rhodo- monas -----	Rhodo- monas 22 880	Rhodo- monas 10 560	Rhodo- monas 14 960	Rhodo- monas 68 200	Rhodo- monas 35 200
% de cyanophytes	14	5	5	4	-----	5	5	9	6	7
Chlamydomonas/ Rhodomonas	0,18	0,21	0,21	0,35	-----	0,15	-----	0,12	0,12	0,09

TABLEAU 1-D-14 Résumé de l'inventaire des organismes phytoplanctoniques à la surface des eaux du lac Saint-Jean pour le 12 août 1978.

PARAMETRES	STATIONS									
	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Nombre de genres	24	19	18	19	21	18	16	17	18	12
Nombre total d'organismes par litre	104 185	75 172	74 292	90 997	78 688	56 708	133 638	38 245	89 239	56 269
Nombre moyen d'organismes par genre/litre	4 341	3 956	4 127	4 789	3 747	3 150	8 352	2 250	4 958	4 689
Indice de diversité	2,71	2,83	2,79	3,17	3,34	3,33	2,04	3,31	2,63	2,17
Indice de dominance	0,30	0,23	0,25	0,19	0,16	0,14	0,38	0,14	0,28	0,34
Genre dominant - nombre d'organismes correspondants	Rhodomonas 55 000	Rhodomonas 25 960	Rhodomonas 34 760	Rhodomonas 35 640	Rhodomonas 25 520	Rhodomonas 15 840	Rhodomonas 74 800	Rhodomonas 8 360	Rhodomonas 42 240	Rhodomonas 29 920
% de cyanophytes	9	1	6	12	9	14	1	16	8	1
Chlamydomonas/ Rhodomonas	0,21	0,14	0,20	0,10	-----	0,08	-----	-----	0,17	0,10

TABLEAU 1-D-15 Résumé de l'inventaire des organismes phytoplanctoniques de la zone photique du lac Saint-Jean pour le 14 septembre 1978.

PARAMETRES	STATIONS									
	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Nombre de genres	23	21	21	-----	-----	25	-----	16	-----	20
Nombre total d'organismes par litre	36 120	21 280	36 960	-----	-----	20 160	-----	19 040	-----	31 360
Nombre moyen d'organismes par genre/litre	1 570	1 013	1 760	-----	-----	806	-----	1 190	-----	1 568
Indice de diversité	3,50	3,38	3,42	-----	-----	3,95	-----	3,08	-----	3,11
Indice de dominance	0,14	0,11	0,15	-----	-----	0,09	-----	0,17	-----	0,21
Genre dominant - nombre d'organismes correspondants	Rhodo- monas 17 160	Rhodo- monas 7 920	Rhodo- monas 19 360	Rhodo- monas -----	Rhodo- monas -----	Rhodo- monas 6 600	Rhodo- monas -----	Rhodo- monas 9 680	Rhodo- monas -----	Rhodo- monas 19 800
% de cyanophytes	2	14	10	-----	-----	24	-----	12	-----	21
Chlamydomonas/ Rhodomonas	0,28	0,17	0,30	-----	-----	0,07	-----	0,27	-----	0,36

TABEAU 1-D-16 Résumé de l'inventaire des organismes phytoplanctoniques à la surface des eaux du lac Saint-Jean pour le 14 septembre 1978.

PARAMETRES	STATIONS									
	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209
Nombre de genres	14	-----	21	17	21	-----	24	17	10	19
Nombre total d'organismes par litre	19 040	-----	31 080	26 600	36 400	-----	38 920	27 160	22 680	35 280
Nombre moyen d'organismes par genre/litre	1 360	-----	1 480	1 565	1 733	-----	1 622	1 598	2 268	1 857
Indice de diversité	3,04	-----	3,38	3,44	3,71	-----	3,27	3,33	2,17	2,88
Indice de dominance	0,17	-----	0,17	0,12	0,11	-----	0,20	0,15	0,34	0,26
Genre dominant - nombre d'organismes correspondants	Rhodo- monas 8 800	Rhodo- monas -----	Rhodo- monas 17 600	Rhodo- monas 9 680	Rhodo- monas 14 520	Rhodo- monas -----	Rhodo- monas 24 640	Rhodo- monas 13 640	Rhodo- monas 19 360	Rhodo- monas 26 840
% de cyanophytes	7	-----	14	13	12	-----	7	21	0	5
Chlamydomonas/ Rhodomonas	-----	-----	0,15	0,32	0,21	-----	0,04	0,13	0,27	0,20

TABLEAU 1-D-17 Pourcentage des grands groupes d'algues de la zone photique du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.

GRAND GROUPE	DATE	STATIONS										
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	$\bar{X}_s$
Cyanophytes	13/07	7.9	9.2	3.4	5.9	11.8	11.3	3.8	4.6	2.6	8.5	6.9
	24/07	7.9	8.6	7.7	7.6	11.2	7.0	10.0	12.6	5.8	5.5	7.6
	12/08	3.1	4.7	5.2	4.2	----	4.9	5.0	8.9	6.8	6.8	5.5
	$\bar{X}$	6.3	7.5	5.4	5.9	11.5	7.7	6.3	8.7	5.1	6.9	6.66
Cryptophytes	13/07	36.5	43.9	49.6	57.9	6.6	43.1	52.8	42.9	58.7	34.7	42.6
	24/07	43.4	43.4	48.1	50.0	10.0	54.9	50.5	34.2	49.4	62.2	44.6
	12/08	62.3	54.7	70.8	39.4	----	42.2	22.7	26.0	65.0	54.3	48.6
	$\bar{X}$	47.4	47.3	56.2	49.1	8.3	46.7	42.0	34.4	57.7	50.4	45.2
Chlorophytes	13/07	23.5	16.1	20.0	21.3	48.8	22.7	19.2	22.6	20.1	18.2	23.2
	24/07	17.1	21.3	22.8	11.7	15.8	10.0	9.4	20.3	14.5	10.1	15.3
	12/08	9.9	17.3	4.4	12.7	----	24.0	41.7	14.3	9.8	19.3	17.1
	$\bar{X}$	16.8	18.2	15.7	15.2	32.3	18.9	23.4	19.1	14.8	15.9	18.53
Pyrrophytes	13/07	9.0	5.0	8.0	5.0	12.0	1.0	3.0	7.0	6.0	4.0	6.0
	24/07	7.8	7.6	8.2	----	15.1	7.0	4.7	11.5	4.6	2.3	7.7
	12/08	6.7	0	0.4	17.5	----	4.9	7.6	13.6	4.1	3.1	6.4
	$\bar{X}$	7.8	6.3	5.5	11.3	13.6	4.3	5.1	10.7	4.9	3.1	6.7

TABLEAU 1-D-17 (suite)

GRAND GROUPE	DATE	STATIONS										
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	$\bar{x}_s$
Chrysophytes	13/07	11.7	10.4	16.5	12.4	24.1	13.6	19.2	21.1	8.3	13.4	15.1
	24/07	7.2	7.8	7.2	7.0	19.9	10.0	14.2	9.5	14.4	12.8	10.8
	12/08	3.1	5.1	7.0	8.4	----	5.6	17.9	14.3	3.7	2.5	6.2
	$\bar{x}$	7.3	7.8	10.2	9.2	21.0	9.7	15.7	15.0	8.8	9.6	10.7
Bacillariophycées	13/07	20.1	26.2	10.3	2.3	8.5	9.1	7.6	8.6	10.0	25.0	12.1
	24/07	15.7	10.7	8.7	15.2	29.7	11.0	11.5	8.1	6.9	----	10.8
	12/08	14.0	17.0	15.7	17.5	----	17.6	7.6	21.6	9.4	13.7	6.2
	$\bar{x}$	16.6	18.0	11.6	11.7	19.1	12.8	8.9	12.8	8.8	19.4	10.7
Euglenophytes	13/07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	24/07	0.6	0.6	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0.1
	12/08	0	1.0	0.8	0	----	0	1.2	0	0	0	0.4
	$\bar{x}$	0.6	0.8	0.8	0	0	0	1.2	0.6	0	0	0.17

TABLEAU 1-D-18 Pourcentage des grands groupes d'algues à la surface des eaux du lac Saint-Jean pour les mois de juillet et août 1978.

GRAND GROUPE	DATE	STATIONS										
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	Xs
Cyanophytes	13/07	5.5	2.9	1.1	6.7	13.6	7.6	0.0	1.0	4.4	6.7	5.4
	24/07	16.2	7.8	11.7	25.3	4.5	8.6	1.8	13.6	10.2	4.9	10.5
	12/08	8.8	0.5	5.9	6.2	8.9	13.9	0.9	16.1	8.3	0.7	7.0
	X̄	10.1	3.7	6.2	12.7	9.0	10.0	0.9	7.3	7.6	4.1	7.1
Cryptophytes	13/07	26.7	69.0	83.3	57.6	4.1	51.2	64.0	65.6	59.3	30.7	51.1
	24/07	35.6	44.5	14.7	45.2	6.1	43.4	68.8	15.9	51.3	54.8	38.0
	12/08	63.7	39.1	56.2	42.7	8.9	30.2	28.6	9.1	55.1	58.6	39.2
	X̄	42.0	50.8	51.4	48.5	6.3	41.6	53.8	30.2	55.2	48.0	42.7
Chlorophytes	13/07	15.7	4.1	7.1	9.6	29.5	14.4	20.0	11.1	7.7	9.6	12.8
	24/07	14.9	7.8	19.1	9.0	20.3	13.8	6.1	25.0	11.3	13.6	14.1
	12/08	8.4	36.8	15.9	14.9	28.8	19.3	56.2	31.0	22.6	23.4	25.7
	X̄	13.0	16.2	14.0	11.1	26.1	15.8	27.4	22.3	13.8	15.5	17.5
Pyrrophytes	13/07	7.1	5.8	0.0	4.5	10.0	2.5	0.0	3.0	3.3	3.8	4.0
	24/07	7.2	6.6	14.7	5.4	22.6	5.9	10.9	25.0	8.11	9.1	11.5
	12/08	3.7	5.8	4.1	12.0	33.1	5.4	2.6	20.6	2.9	4.6	9.5
	X̄	6.0	6.0	6.2	7.3	21.9	4.6	4.5	16.2	4.7	5.8	8.3

TABLEAU 1-D-18 (suite)

GRAND GROUPE	DATE	STATIONS										
		200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	$\bar{X}_s$
Chrysophytes	13/07	15.7	7.1	3.5	14.6	29.5	15.6	4.0	6.0	12.0	17.3	12.5
	24/07	8.6	10.7	12.7	7.2	11.0	12.3	4.2	11.3	7.0	7.0	9.2
	12/08	5.4	7.0	11.8	11.5	12.3	17.0	2.3	4.5	0.5	3.9	7.6
	$\bar{X}$	9.9	8.2	9.3	11.1	17.6	14.9	3.5	7.2	6.5	9.4	9.7
Bacillariophycées	13/07	29.1	10.8	4.7	6.7	13.0	8.4	12.0	13.1	13.1	31.7	14.2
	24/07	17.3	22.6	26.4	7.8	35.2	15.8	7.9	9.0	11.9	10.1	16.4
	12/08	9.7	10.5	5.9	12.5	7.8	13.9	9.2	18.4	10.3	8.9	10.7
	$\bar{X}$	18.7	14.6	12.3	9.0	18.6	12.7	9.7	13.5	11.7	16.9	13.7
Euglenophytes	13/07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24/07	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0.3	0.08
	12/08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$\bar{X}$	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.02



ANNEXE 2

DESCRIPTION DES METHODOLOGIES ANALYTIQUES

(extrait des SPEQ, 1978 et MRN, communication personnelle)

### Troisième programme - Lac

Permettra d'évaluer les phénomènes responsables d'un "bloom" d'algues possible comme ce fut le cas les années précédentes sur le lac. Un échantillonnage intensif de 10 points sera effectué sur le lac en moyenne tous les deux jours. Les prélèvements seront effectués dans des bouteilles brunes de 1 litre et placés dans une glacière avec glace. Ces points seront prélevés en double, soit un échantillon de surface et un échantillon intégré en profondeur. Une portion de l'échantillon servira au dosage de la chlorophylle (décrit au tableau 1.1) et le reste sera transvidé dans une bouteille blanche de 1 litre, stérilisé à l'autoclave le plus tôt possible et filtré par la suite. Un potentiel de fertilité seulement sera effectué sur ces échantillons, de même que les analyses de N et P.

Ces points auront une identification spéciale précédée de la lettre L: L-200 à L-209.

En préparant les échantillons, ils seront ré-identifiés comme suit: lettre L suivie d'une autre lettre indiquant si c'est l'échantillon de surface (S) ou de profondeur (P) puis des chiffres de la station, de 200 à 209 et suivi finalement du numéro du relevé (ex: LS-205-6, LP-205-6).

#### PREPARATIFS

1. Lavage des contenants servant à l'échantillonnage  
(Voir la méthode de nettoyage de la verrerie au tableau 1.2)
2. Prélèvements des échantillons

Les échantillons seront prélevés dans un contenant de 1 gallon, sans espace d'air, et placés immédiatement dans une glacière contenant de la glace (4°C). Les échantillons seront ensuite gardés à 4°C et à la noirceur (glacières fermées) jusqu'à leur préparation au laboratoire, qui devra se faire en dedans de 24 heures.

### 3. Entreposage des échantillons

Les échantillons stérilisés et filtrés, de même que les échantillons bruts, sont toujours gardés à la noirceur et à une température de 4°C.

### 4. Filtrations

Tous les échantillons filtrés, à l'exception de la portion d'échantillon devant servir au dosage de la chlorophylle, seront filtrés sur papier filtre Millipore type HA, d'une porosité de 0.45  $\mu\text{m}$  (cat. no: HAWP 047 00) et sous un vacuum n'excédant pas 0.5 atm (7.5 lb/po<sup>2</sup>). Tous les filtres utilisés devront subir un pré-traitement en effectuant une filtration de 500 ml d'eau ultra-pure. S'il y a trop de matériel en suspension dans l'échantillon, filtrer avec un préfiltre Whatman GF/C (filtre de verre) d'une porosité d'environ 1.2  $\mu\text{m}$ .

Ces filtres GF/C doivent subir le même prétraitement, c'est-à-dire un pré-rinçage de 500 ml avec de l'eau ultra-pure.

TABLEAU 1.1

## PREPARATION POUR DOSAGE DE LA CHLOROPHYLLE

Bien agiter la bouteille brune de 1 litre pour assurer la meilleure homogénéité possible.

Prélever immédiatement 250 ml dans un cylindre gradué et filtrer ce volume sur un papier filtre Whatman GF/C de 4.25 cm, avec une pression n'excédant pas 0.5 atm (7.5 lb/po<sup>2</sup>).

Le filtre est placé dans une boîte de pétri de 60 x 15 mm. La boîte de pétri est identifiée selon le code décrit dans le troisième programme puis enveloppée dans du papier d'aluminium et congelée immédiatement à -20°C à la noirceur.

S'il est impossible de filtrer tout le volume (250 ml), dû à la trop grande quantité de matières en suspension, filtrer ce qui est possible et faire la différence avec ce qui reste dans le cylindre et inscrire le volume filtré sur la boîte de pétri.

La boîte de pétri est envoyée au Ministère des Richesses naturelles du Québec.

NOTE: Les papiers filtres sont toujours manipulés avec des pinces spéciales Millipore. Ne jamais toucher avec les doigts.

Codes d'identifications: LS ou LP - (200 à 209) - no du relevé.

TABLEAU 1.2

## NETTOYAGE DE LA VERRERIE\*

1. Trempage 30 minutes dans une solution de Decon 75 bouillant.
2. Brossage.
3. Cycles de lavage - sans savon - laveuse automatique
  - a) Pré-rinçage (eau du robinet)
  - b) Lavage (eau du robinet)
  - c) Rinçage (eau du robinet)
  - d) Rinçage (eau déminéralisée)
4. Rinçage à l'acide
  - HCl 10%
  - Agitation (3 fois, y compris 2 fois durant le trempage)
  - Trempage 30 minutes
5. Rinçages à l'eau déminéralisée 7 fois avec une vigoureuse agitation à chaque fois.
6. Séchage (30 minutes minimum à 100°C).

---

\* de l'INRS-Eau

ANALYSE DE LA CHLOROPHYLLE-A  
PAR LA METHODE FLUOROMETRIQUE

traduction et adaptation par Benoît Bélanger

de: "Chlorophyll- $\alpha$  Fluorometric Method"  
par Stainton, Capel et Armstrong  
(référence 1)

PRINCIPE

Les particules en suspension, contenues sur un filtre de fibre de verre, sont broyées mécaniquement dans l'acétone afin d'extraire la chlorophylle. Lorsqu'une solution contenant des pigments photosynthétiques est excitée par de la lumière bleue, elle émet dans le rouge. En effet, la chlorophylle- $\alpha$  émet un pic entre 645 et 675 nm lorsqu'elle est excitée entre les longueurs d'onde de 430 et 445 nm. Dans cette période, on utilise un spectrophotomètre à fluorescence pouvant émettre autour de 400 nm et détecter une émission autour de 660 nm. Les unités de lecture de l'appareil étant arbitraires, on doit alors le calibrer à l'aide d'une solution de chlorophylle- $\alpha$  de concentration connue.

SENSIBILITE D'OPERATION

- dépend du volume de liquide disponible et pouvant être filtré. Selon les instruments utilisés, la quantité minimale détectable de chlorophylle- $\alpha$  dans 10 ml d'acétone 90% varie de 0.01 à 0.05  $\mu\text{g}$

ECART TYPE (à une concentration de 1.2  $\mu\text{g}$  chlorophylle- $\alpha$  / litre):

$\pm 0.12 \mu\text{g}$  chlorophylle- $\alpha$  / litre

### PRESERVATION DE L'ECHANTILLON

- après prélèvement, l'échantillon ne peut être conservé plus de 48 h. à 5°C;
- ne pas acidifier ou geler l'eau;
- filtrer sur filtres de fibre de verre Whatman GF/C incinérés préalablement à 550°C pendant une nuit;
- les filtres peuvent être gelés et conservés très longtemps à la noirceur.

### REACTIFS

- acétone grade ACS;
- solution mère de chlorophylle- $\alpha$ : extraire la chlorophylle de feuilles de chou vert foncé à l'aide de l'acétone de façon à obtenir 25 ml de solution vert foncé. Filtrer sur filtre de cellulose Whatman grade 2.

### APPAREILLAGE

- broyeur et pilon;
- moteur électrique entraîneur ou perceuse électrique à vitesse variable;
- appareil de filtration en verre;
- spectrophotomètre pour calibrer la solution mère de chlorophylle- $\alpha$ ;
- fluorimètre:

modèle 1: Turner Model III équipé de:

- A - filtre primaire - Kodak Wratten # 76
- B - filtre secondaire - Kodak Wratten # 26
- C - lampe bleue - Turner # 110-853
- D - porte à grande sensibilité

ou modèle 2: Spectrophotomètre à fluorescence Perkin Elmer 204

Sur cet appareil, les longueurs d'onde d'excitation et d'émission et la sensibilité sont ajustables sans l'utilisation de filtres ou fentes.

PROTOCOLECalibration de la solution mère de chlorophylle

1. Préparer une solution mère telle que l'absorbance à 665 nm ( $A_{665}$ ) est environ 0.6 à travers une cellule de 1 cm.
2. D'après les concentrations d'acétone utilisées, on lit à différentes longueurs d'onde. L'utilisation d'un spectrophotomètre d'une meilleure résolution permet l'emploi de l'acétone 100%:

- a- si l'on emploie de l'acétone 90%, on calcule la concentration de chlorophylle- $\alpha$  à l'aide de l'équation de Strickland et Parsons (1965):

$$C = (11.6) A_{665} - (1.31) A_{645} - (0.14) A_{630}$$

où C = concentration de chlorophylle- $\alpha$  en mg par litre d'acétone 90%

$A_{665}$  = absorbance à 665 nm

$A_{645}$  = " à 645 nm

$A_{630}$  = " à 630 nm

- b- si l'on emploie de l'acétone 100%, on calcule la concentration de chlorophylle- $\alpha$  à l'aide de l'équation de Holm (1954) vérifiée comme étant la plus exacte par Hoffman et Werner (1966):

$$C = (9.78) A_{662} - (0.99) A_{644}$$

où C = concentration de chlorophylle- $\alpha$  en mg par litre d'acétone 100%

$A_{662}$  = absorbance à 662 nm

$A_{644}$  = " à 644 nm

### Calibration du fluorimètre

1. Pour que l'appareil soit à la bonne sensibilité, il est préférable d'avoir une idée de la concentration des inconnus. Ainsi (voir analyse des échantillons), on passe un échantillon au fluorimètre et on augmente la sensibilité jusqu'à ce qu'on obtienne une bonne réponse sur le cadran (environ 50 divisions).

A partir de la solution mère, préparer des dilutions jusqu'à ce que la lecture ne dépasse pas l'échelle du cadran.

Ajuster l'appareil pour que cette dilution (1x) corresponde à 100 unités du fluorimètre (u.f.). Ajuster le zéro avec un blanc d'acétone.

Préparer d'autres dilutions (2/3x, 1/2x, 1/3x, 1/10x) à partir de la solution (1x) pour avoir 66.6, 50, 33.3, 10 u.f.

2. Tracer le graphe des unités de lecture (u.f.) en fonction de la concentration de chlorophylle-a. On peut alors obtenir le facteur de correction pour chaque sensibilité:

$$F = \frac{\text{chlorophylle-a } (\mu\text{g} / \text{l})}{\text{unités de lecture}}$$

$$\bar{F} = \frac{F(1x) + F(1/2x) + F(1/3x) + \dots + F(1/10x)}{n}$$

où n = nombre de dilutions + 1

### Analyse des échantillons

1. Agiter l'échantillon d'eau et mesurer un volume approprié (V1)\* dans un cylindre gradué puis filtrer sur des filtres GF/C de diamètre 4.2 cm. Ne pas faire un vide dépassant 15 pouces de  $\mu\text{g}$ .

\* V1 = 250 ml, pouvant atteindre 1 litre dans un lac oligotrophe

2. Si les filtres ne sont pas analysés immédiatement, entreposer à la noirceur à  $-10^{\circ}\text{C}$ .
3. S'assurer que la verrerie est bien rincée à l'acétone et qu'il ne reste aucune trace d'acide.
4. Mettre 10 ml d'acétone dans un cylindre gradué.
5. Placer le filtre avec des pinces dans le broyeur, ajouter 2 à 3 ml d'acétone.
6. Broyer jusqu'à l'obtention d'une solution uniformément pâteuse.
7. Transférer cette solution dans l'appareil à filtration en prenant soin de ne pas en perdre. Filtrer sur GF/F, ou filtrer sur GF/C deux (2) fois sur le même filtre. Rincer avec le reste de l'acétone. Recueillir le filtrat dans une bouteille en verre.
8. Compléter à 10 ml ou à un volume approprié (V2).
9. Mesurer la fluorescence.

Notes: 1 - Il est essentiel de procéder rapidement, l'acétone étant volatile et la chlorophylle instable à la lumière.

2 - Avec un papier filtre vierge, faire un blanc. Si on a à travailler dans la gamme la plus sensible du spectrophotomètre à fluorescence, il est nécessaire de corriger les lectures en soustrayant le blanc des inconnus.

### CALCULS

La concentration de chlorophylle- $\alpha$  en  $\mu\text{g/l}$  dans l'échantillon d'eau original peut alors être calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$\text{chlorophylle-}\alpha \text{ } (\mu\text{g/l}) = \bar{F} \times (\text{u.f.}) \times \frac{V2}{V1}$$

où V1 (ml) = volume d'eau filtré  
V2 (ml) = volume d'acétone dans laquelle la  
chlorophylle est extraite

#### REFERENCES

1. Stainton, M.P., Capel, M.J. and Armstrong, F.A.J. (1974).  
The chemical analysis on fresh water. Special Publication no 25, Dept.  
Envi. Win. Man., p. 105-109.
2. Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. (1965).  
A manual of sea water analysis. Fish. Res. Bd. Canada, p. 125-203.
3. Yentsch, C.S. and Menzel, D.W. (1963).  
A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin  
by fluorescence. Deep Sea Res., 10: 221-31.



ANNEXE 3

METHODE DES COMPOSANTES PRINCIPALES

L'analyse en composantes principales (Hotelling, 1933; Kendall, 1957; Anderson, 1958) est une méthode qui appartient à la statistique descriptive multidimensionnelle.

#### 4.1 DESCRIPTION THEORIQUE

Une série de  $p$  variables mesurées sur  $n$  observations est représentée par une matrice de dimension  $p \times n$  qu'on note  $X_{pn}$ . Chaque observation peut être représentée par un point dans un espace à  $p$  dimensions. Cependant, comme il peut exister une corrélation entre chaque variable, les  $p$  axes de cet espace ne sont pas toujours orthogonaux. L'analyse en composantes principales a pour but de faire subir une transformation aux variables pour rendre les axes orthogonaux et faire en sorte que le premier axe explique le maximum de variance, que le deuxième axe explique le maximum de variance résiduelle, etc...

Le calcul de la première composante principale se résume à la détermination de l'axe tel que la somme des carrés des distances des  $n$  points à cet axe soit minimale, ou encore que la somme des carrés des projections des points sur cet axe soit maximale.

Pour déterminer le second axe, on projette les  $n$  points dans un plan orthogonal au premier axe et on cherche l'axe tel que la somme des carrés des distances des points observations soit

minimale. On répète ce processus de calcul  $p$  fois. Les derniers axes expliquant de moins en moins de variance, les observations peuvent ainsi être représentées dans un sous-espace à  $q$  dimensions ( $q < p$ ) sans perte importante d'information, ce qui signifie qu'on remplace  $p$  variables reliées entre elles par  $q$  variables indépendantes.

#### 4.2 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Les calculs peuvent être effectués soit sur les variables observées, soit sur les variables centrées réduites. Dans cette étude, pour que chaque variable ait même poids dans la somme des carrés des distances, on travaille seulement avec les variables centrées réduites. Ainsi, par exemple, si les précipitations d'une station sont d'un ordre de grandeur différent d'une autre station, les séries centrées réduites peuvent être considérées homogènes quant à leur moyenne et à leur dispersion.

Notons  $X$  la matrice qui représente la série de variables mesurée sur  $n$  observations, et  $x_{ij}$  l'observation  $i$  de la variable  $j$ .

Les valeurs centrées réduites nous sont données par

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{X}_j}{\sigma_j} \quad (A-1)$$

$y$  = nouvelle variable centrée réduite de

moyenne = 0  
variance = 1;

$x$  = variable observée;

$\bar{X}_j$  = moyenne de la  $j^{\text{ième}}$  variable;

$\sigma_j$  = l'écart type de la  $j^{\text{ième}}$  variable.

La recherche des nouveaux axes pour les variables  $y$  est faite en respectant les critères suivants: nous choisissons les coefficients de façon à obtenir le maximum de variance pour la première composante; la deuxième composante est déterminée de façon à être orthogonale à la première et à expliquer le maximum de la variance résiduelle; la troisième doit être orthogonale aux deux premières et expliquer le maximum de variance résiduelle, etc...

Considérons  $n$  points dans un espace à  $p$  dimensions, lorsque les variables sont centrées réduites, c'est-à-dire, lorsque la moyenne est nulle et que la variance est unitaire. L'équation de l'axe des  $y$  est:

$$\frac{y_1 - m_1}{c_1} = \frac{y_2 - m_2}{c_2} = \dots \dots \dots \frac{y_p - m_p}{c_p} \quad (\text{A-2})$$

où les  $c_i$  sont les cosinus directeurs de cet axe et sont soumis à la condition:

$$\sum_{i=1}^p c_i^2 = 1$$

et les  $m_i$  sont les projections d'un point  $m$  sur les axes.

Puisque l'axe passe par l'origine, nous pouvons prendre zéro pour toutes les valeurs de  $m$ ; nous avons alors l'équation:

$$\frac{y_1}{c_1} = \frac{y_2}{c_2} = \dots \dots \dots \frac{y_p}{c_p} \quad (\text{A-3})$$

Nous recherchons l'axe  $y$  défini par ses cosinus directeurs qui rend minimale la somme des carrés des distances de  $n$  points observations à cet axe. Nous devons donc minimiser:

$$nD = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^p y_{ji}^2 - \left( \sum_{i=1}^p c_i y_{ji} \right)^2 \quad (\text{A-4})$$

Les  $y_{ji}$  étant centrés réduits, nous avons:

$$D = p - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^p c_i y_{ji} \right)^2 \quad (\text{A-5})$$

Il a été démontré que la condition (A-3) appliquée à (A-5) nous impose de minimiser:

$$D = p - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^p c_i y_{ji} \right)^2 + \lambda \sum_{i=1}^p c_i^2 \quad (\text{A-6})$$

$\lambda$  est un scalaire appelé multiplicateur de Lagrange.

L'équation (A-6) peut s'écrire:

$$D = p - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left( c_1 y_{j1} + c_2 y_{j2} + \dots + c_p y_{jp} \right)^2 + \lambda \left( c_1^2 + c_2^2 + \dots + c_p^2 \right) \quad (\text{A-7})$$

Pour trouver  $C$  qui minimise (A-7), nous devons annuler les dérivées partielles de cette équation par rapport aux coefficients  $c_k$ .

Nous obtenons:

$$\begin{aligned} 0 &= -\frac{2}{n} \sum_{j=1}^n \left( y_{jk} \sum_{i=1}^p c_i y_{ji} \right) + 2 \lambda c_k \\ &= -2 \sum_{i=1}^p c_i \frac{1}{n} \sum_{j=1}^p y_{ji} y_{jk} - \lambda c_k \end{aligned} \quad (\text{A-8})$$

$y$  étant centré réduit, nous avons:

$$r_{ik} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ji} y_{jk} \quad (\text{A-9})$$

$r_{ik}$  est le coefficient de corrélation entre les variables  $i$  et  $k$ .

L'équation (A-9) dans (A-8) nous donne l'équation à résoudre pour  $C_k$ :

$$\sum_{i=1}^p C_i r_{ik} - \lambda C_k = 0 \quad (\text{A-10})$$

Pour  $k$  variant de 1 à  $p$ , nous avons à résoudre le système d'équations suivant:

$$\left[ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^p C_i r_{i1} - \lambda C_1 = 0 \\ \sum_{i=1}^p C_i r_{i2} - \lambda C_2 = 0 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \dots \\ \sum_{i=1}^p C_i r_{ip} - \lambda C_p = 0 \end{array} \right] \quad (\text{A-11})$$

(A-11) peut s'écrire en notation matricielle

$$RL - \lambda L = 0 \quad (\text{A-12})$$

$R$  = matrice des coefficients de corrélation des variables

$$L = \text{vecteur unitaire} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ c_p \end{bmatrix}$$

L'élimination de  $L$  conduit finalement à résoudre:

$$\left| R - \lambda I \right| = 0 \quad (\text{A-13})$$

$I$  = matrice unité

$\lambda$  = valeurs propres

L'axe le plus près de tous les points au sens des moindres carrés a pour vecteur directeur un des vecteurs propres de la matrice des coefficients de corrélation et  $\lambda$  est la valeur propre correspondante.

Nous avons vu avec la relation (A-5) que, lorsque les variables sont centrées réduites, la distance  $D$  est égale à  $p$  moins la variance des projections des points sur l'axe. La variance des points projetés sur l'axe est égale à la valeur propre  $\lambda$ . On obtient donc pour  $D$ :

$$D = p - \lambda \quad (\text{A-14})$$

La plus grande des racines de l'équation caractéristique  $\lambda_1$  minimise  $D$  et définit le premier axe ou composante principale. La somme des carrés des distances des points à cet axe est minimum et les variates<sup>1</sup> mesurées le long de cet axe ont le maximum de variance.

Les premières variates ou composantes nous sont données par:

$$z_{n1} = \sum_{k=1}^p c_{k1} y_{nk} \quad (\text{A-15})$$

$z_{n1}$  = première variate ou première composante;

$c$  = cosinus directeur;

$y$  = observations centrées réduites.

Si on cherche maintenant l'axe perpendiculaire au premier, pour lequel la somme des carrés des distances des points à cet axe soit minimum, nous devons projeter tous les points sur un hyperplan orthogonal au premier axe. Nous nous trouvons alors dans un nouveau système comprenant  $p - 1$  équations et nous trouvons l'axe correspondant à  $\lambda_2$ , la deuxième plus grande racine et nous pouvons calculer les deuxièmes variates ou composantes.

Si nous procédons ainsi jusqu'à  $\lambda_p$ , nous avons obtenu une nouvelle série de variates  $Z$  qui ne sont pas corrélées et dont

---

<sup>1</sup> variate: variable aléatoire. Terme d'origine anglaise assez usité. "cf. dictionnaire de statistique", E. MORICE-DUNOD.

Les variances sont respectivement  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$  par ordre de valeur décroissante.

Si nous désirons obtenir une série de variates ou composantes normées, (A-15) doit être de la forme:

$$z_{nj} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_j}} \sum_{i=1}^p c_{ij} y_{ni} \quad (\text{A-16})$$

$z_{nj}$  = j<sup>ième</sup> composante, n<sup>ième</sup> observation;

$\lambda_j$  = j<sup>ième</sup> valeur propre;

$c$  = cosinus directeur;

$y$  = observation.

### A.3 PROPRIETES DU NOUVEAU SYSTEME D'AXES ET DES TRANSFORMEES

Nous allons énumérer les propriétés des nouvelles variates sans faire de démonstrations mathématiques. Ces démonstrations peuvent être retrouvées dans les ouvrages d'analyse multidimensionnelle.

#### A.3.1 Les variables transformées sont non-corrélées entre elles

C'est-à-dire qu'on a:

$$E(z_{.i} \cdot z_{.j}) = 0 \quad \text{pour } i \neq j \quad (\text{A-17})$$

Cette propriété est très importante si nous voulons nous servir de ces variables pour des régressions. Ainsi, si on trouve par régression une relation entre une variable et les composantes, nous pouvons améliorer cette relation en y ajoutant des termes sans qu'il soit nécessaire de refaire les premiers calculs.

### A.3.2 Les premières composantes contiennent une grande partie de la variance totale

Les calculs ont été faits de façon à ce que la première composante explique le maximum de variance, puis la deuxième explique le maximum de variance résiduelle, etc...

Comme les calculs sont faits avec une matrice semi-définie positive, ce qui est le cas pour une matrice de coefficients de corrélation, nous pouvons démontrer que:

$$\sum_{i=1}^p \lambda_i = p \quad (\text{A-18})$$

$p$  = nombres de variables;

$\lambda$  = valeur propre.

Nous pouvons calculer le pourcentage de variance expliquée en utilisant les  $m$  premières composantes à l'aide de:

$$p_m = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j}{p} \times 100 \quad (\text{A-19})$$

### A.3.3 Relation entre variables et composantes

Le coefficient de corrélation entre la variable  $i$  et la  $k^{\text{ième}}$  composante nous est donné par:

$$r(Y_{.i} : Z_{.k}) = \sqrt{\lambda_k c_{ik}} \quad (\text{A-20})$$

Le coefficient de corrélation multiple entre la variable  $i$  et les  $m$  premières composantes nous est donné par:

$$r(Y_{.i} : Z_{.1}, Z_{.2}, \dots, Z_{.m}) = \sqrt{\sum_{j=1}^m \lambda_j c_{ij}^2} \quad (\text{A-21})$$

### A.4 METHODE PRATIQUE DE CALCUL DES RACINES DE L'EQUATION CARACTERISTIQUE

Il existe plusieurs façons de calculer les valeurs et les vecteurs propres d'une matrice symétrique. Dans notre cas, les calculs des valeurs et vecteurs propres ont été faits à l'aide de la sous-routine EIGEN disponible dans la bibliothèque des programmes de la compagnie IBM (1970).

Cette sous-routine, qui calcule toutes les valeurs propres avec ou sans les vecteurs propres correspondants, utilise pour ses

calculs une méthode de diagonalisation adaptée pour les grandes calculatrices dont on peut trouver un exposé dans Rals et Wilf (1962).

#### REFERENCES

- ANDERSON, T.W. (1958).  
An introduction to multivariate statistical analysis. John Wiley and Sons, New York, 374 p.
- KENDALL, M.G. (1957).  
A course in multivariate analysis. Chas. Griffin and Co., London, 185 p.
- HOTELLING, H. (1933).  
Analysis of a complex of statistical variables into principal components. J. Educ. Psych., 24: 417-441, 498-520.
- IBM. (1970).  
System/360 Scientific Subroutine Package. Version III, 5TH EDITION.
- RALS, A. and H.S. WILF. (1962).  
Mathematical methods for digital computer. John Wiley and Sons, New York, chapter 7.



ANNEXE 4

METHODE DE L'INTERPOLATION OPTIMALE

Assumons qu'un phénomène  $f$  est connu sans erreur pour  $N$  points  $m_1, m_2 \dots m_n$  qu'on notera

$$f_1, f_2 \dots f_n$$

On cherche à évaluer la valeur au point  $m_0$  qu'on note  $f_0$ .

Premièrement on soustrait à chaque valeur la norme correspondante au point d'observation pour obtenir ce qu'on appelle les déviations

$$f'_i = f_i - \frac{\sum_{j=1}^N f_{ij}}{N} \quad (\text{B-1})$$

où

$f_{ij}$  est la  $j^{\text{ième}}$  observation de la station  $i$ .

La valeur cherchée au point  $m_0$  est donnée par:

$$f_0 = f'_0 + \overline{f_0} \quad (\text{B-2})$$

Gandin (1963) dans la théorie d'interpolation optimale calcule seulement les anomalies ( $f'$ ). La norme ou moyenne  $\overline{f_0}$  au point  $m_0$  est supposément connue. On verra plus loin comment on peut appliquer les mêmes théories sur les valeurs observées et ainsi ne pas avoir à estimer la norme par une autre méthode.

## a) Valeurs exactes

Nous cherchons la valeur  $f'_0$  c'est-à-dire la déviation au point  $(x_0, y_0)$ . Cette déviation peut être estimée par une équation de cette forme:

$$f'_0 = p_1 f'_1 + p_2 f'_2 + \dots + p_n f'_n = \sum_{i=1}^N p_i f'_i \quad (\text{B-3})$$

où:

$p_i$  = sont les poids à déterminer;

$f'_i$  = la déviation aux  $N$  stations.

On cherche les poids qui minimisent l'erreur quadratique moyenne

$$E^2 = \left( f'_0 - \sum_{i=1}^N p_i f'_i \right)^2 \quad (\text{B-4})$$

Transformons l'équation (B-4) en effectuant le carré tel qu'indiqué

$$\begin{aligned} E^2 &= \overline{f'_0^2} - 2 \sum_{i=1}^N p_i \overline{f'_0 f'_i} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_i p_j \overline{f'_i f'_j} \\ &= \overline{f'_0^2} - 2 \sum_{i=1}^N p_i \overline{f'_0 f'_i} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_i p_j \overline{f'_i f'_j} \\ &= \sigma_{00}^2 - 2 \sum_{i=1}^N p_i \sigma_{0i}^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_i p_j \sigma_{ij}^2 \end{aligned} \quad (\text{B-5})$$

Pour minimiser l'équation (B-5) il suffit d'annuler les dérivées partielles par rapport aux  $p_i$ . On obtient ainsi le système à  $N$  équations qu'on écrit sous forme matricielle:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12}^2 & \dots & \sigma_{1N}^2 \\ \sigma_{21}^2 & \sigma_{22}^2 & \dots & \sigma_{2N}^2 \\ \sigma_{N1}^2 & \sigma_{N2}^2 & \dots & \sigma_{NN}^2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{o1}^2 \\ \sigma_{o2}^2 \\ \vdots \\ \sigma_{oN}^2 \end{bmatrix} \quad (\text{B-6})$$

En vertu des propriétés d'une matrice de covariance ce système est régulier et admet une solution unique qui donne les  $N$  poids  $p_i$ . L'interpolation à l'aide de la formule (B-3) avec les poids  $p_i$  déterminés en résolvant l'équation (B-6) est appelée interpolation optimum. Les poids obtenus en résolvant l'équation (B-6) impliquent que l'erreur d'interpolation est minimum.

L'équation (B-6) sous forme simplifiée peut s'écrire

$$\sum_{j=1}^N \sigma_{ij}^2 p_j = \sigma_{oi}^2 \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (\text{B-7})$$

Multipliant (B-7) par  $p_i$  et sommant sur  $i$  on obtient:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sigma_{ij}^2 p_i p_j = \sum_{i=1}^N \sigma_{oi}^2 p_i \quad (\text{B-8})$$

Combinant (B-8) et (B-5) on obtient:

$$E^2 = \sigma_{00}^2 - \sum_{i=1}^N p_i \sigma_{0i}^2 \quad (\text{B-9})$$

$E^2$  représente la variance de l'erreur d'interpolation sur  $f'_0$ .  
C'est une mesure de l'incertitude.

Considérons quelques cas limites de l'interpolation optimale:

- Supposons que le point à interpoler coïncide avec la station (i). Le système donne comme solution  $p_{i0} = 1$  et  $p_{j0} = 0$  pour  $\forall j \neq i$ . On a donc un interpolateur exact. L'estimé le plus précis à ce point est celui observé étant donné qu'on a supposé qu'il n'y a pas d'erreurs de mesure.
- Si toutes les stations se situent suffisamment loin du point à interpoler pour qu'il n'y ait pas de corrélation possible avec le point et les stations, on obtient  $p_i = 0$  pour  $i = 1$  à  $N$ , c'est-à-dire que l'estimé qu'on peut faire à ce point est la norme, la déviation calculée étant nulle.

## b) Valeurs avec erreurs

Le système précédent suppose des valeurs exactes c'est-à-dire sans erreurs de mesure. Si l'on a des erreurs ( $\mathcal{E}$ ) sur les observations qu'on suppose:

- i) non systématiques de moyenne nulle  $\overline{\mathcal{E}_i} = 0$ ;
- ii) non corrélées avec les observations  $\overline{\mathcal{E}_i f_j} = 0$ ;
- iii) non corrélées entre elles  $\overline{\mathcal{E}_i \mathcal{E}_j} = 0$ ;

et qu'on cherche à estimer la déviation entachée d'erreurs ( $f'_0 + \mathcal{E}_0$ ), on est ramené au problème précédent en remplaçant la covariance des  $f'_0$  par la covariance des ( $f'_0 + \mathcal{E}_0$ ). L'équation (B-3) s'écrit alors:

$$f'_0 = p_0 (f'_1 + \mathcal{E}_1) + p_2 (f'_2 + \mathcal{E}_2) \dots = \sum_{i=1}^N p_i (f'_i + \mathcal{E}_i) \quad (\text{B-10})$$

En pratique on suppose que les erreurs de mesure sont analogues pour toutes les stations.

Comme précédemment on cherche les facteurs qui minimisent l'erreur moyenne

$$E^2 = \left( f'_0 - \sum_{i=1}^N p_i (f'_i + \mathcal{E}_i) \right)^2 \quad (\text{B-11})$$

Si l'on refait les mêmes calculs, on obtient le système

suivant à résoudre:

$$\sum_{j=1}^N p_j (\sigma_{ij}^2 + \epsilon_i \epsilon_j) = \sigma_{i0}^2 \quad (i = 1 \text{ à } N) \quad (\text{B-12})$$

$\epsilon_i \epsilon_j$  est la covariance des erreurs de mesure. En vertu des hypothèses faites sur les erreurs on a:

$$\epsilon_i \epsilon_j = \sigma_{\epsilon}^2 C_{ij} \quad (\text{B-13})$$

où:

$\sigma_{\epsilon}^2$  = variance commune des erreurs de mesure

$C_{ij} = 0$  pour  $i \neq j$

$= 1$  pour  $i = j$

La variance de l'interprétation nous est donnée par:

$$E^2 = \sigma_{00}^2 - \sum_{i=1}^N p_i \sigma_{0i}^2 \quad (\text{B-14})$$

les  $p_i$  étant déterminés en résolvant l'équation (B-12).

Dans ce cas on n'a plus un interpolateur exact, c'est-à-dire que si on interpole à un point qui coïncide avec une station, on ne retrouve pas  $p_{i0} = 1$  d'où la valeur estimée au point diffère de la valeur observée. Il est normal que les valeurs estimées ne soient pas égales aux valeurs expérimentales si ces valeurs ont une erreur.

## c) Problème de la norme

On vient de voir comment on peut déterminer la déviation  $f'_0$ . D'après l'équation (B-2):

$$f_0 = \overline{f_0} + f'_0$$

Ce que l'on cherche étant  $f_0$  on doit connaître  $\overline{f_0}$  au point désiré. Gandin (1963) propose deux méthodes permettant de calculer directement les valeurs  $f_0$  lorsque  $\overline{f_0}$  est inconnu.

Jusqu'à présent la détermination des poids n'était sujette qu'à la seule condition que l'erreur quadratique moyenne d'interpolation soit minimum. Comme conséquence, cette méthode d'interpolation peut être appliquée seulement aux déviations  $f'$ . Pour l'élément  $f$  lui-même, l'équation (B-3) peut s'écrire:

$$f_0 = \overline{f_0} - \sum_{i=1}^N p_i \overline{f_i} + \sum_{i=1}^N p_i f_i \quad (\text{B-15})$$

Généralement, le gradient du champ de la norme est considérablement plus petit que le gradient observé sur chaque situation. En particulier, on peut faire l'approximation suivante:

$$\overline{f_i} = \overline{f_0}$$

qu'on applique à l'équation (B-15) pour obtenir

$$f_0 = \left( 1 - \sum_{i=1}^N p_i \right) \overline{f_0} + \sum_{i=1}^N p_i f_i \quad (\text{B-16})$$

Gandin (1963) a par ailleurs démontré que si les distances entre les stations augmentent ainsi que les covariances, les poids obtenus par l'interpolation optimum baissent si toutes les autres conditions sont égales. La somme des poids diminue également. Ceci implique avec l'équation (B-16) que plus les stations sont distantes et que l'erreur des mesures augmente, le facteur appliqué à la norme sera de plus en plus grand, c'est-à-dire qu'à la limite, avec des distances inter-stations très grandes ou des erreurs très importantes sur les observations, le meilleur estimé en un point peut être la norme. Ainsi, on voit que le fait de travailler avec les valeurs sans contraintes supplémentaires, peut avoir un effet positif sur l'analyse en autant que l'on dispose de la norme au point à interpoler.

Si la norme au point à interpoler n'est pas connue et que l'on travaille directement avec les observations, on doit imposer que l'estimé soit sans biais.

Vérifions que l'espérance mathématique des valeurs calculées en un point, moins la valeur réelle, est nulle:

$$E \left( \sum_{i=1}^N p_i f_i - f_0 \right) = 0 \quad (\text{B-17a})$$

$$\sum_{i=1}^N p_i E [f_i] - E(f_0) = 0 \quad (\text{B-17b})$$

$$\sum_{i=1}^N p_i m - m = 0 \quad (\text{B-17c})$$

où:

$m$  représente la moyenne

$$m \left( \sum_{i=1}^N p_i - 1 \right) = 0. \quad (\text{B-18})$$

Pour que l'estimé soit sans biais, l'équation (B-18) doit être vérifiée. Quelque soit la valeur de  $m$ , cette équation est vérifiée si

$$\sum_{i=1}^N p_i = 1 \quad (\text{B-19})$$

Cette condition doit être imposée si on travaille avec les valeurs observées et non avec les déviations.

On peut démontrer que le système d'équations permettant de travailler sur la valeur et qui minimise l'erreur moyenne est identique au système précédent à laquelle on ajoute la contrainte (B-19). On obtient un système de  $N + 1$  équations et de  $N + 1$  inconnues, la  $(N + 1)^{\text{ième}}$  inconnue étant le paramètre de Lagrange  $\mu$ ,

$$\sum_{j=1}^N p_j \sigma_{ij}^2 = \sigma_{i0}^2 + \mu \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{B-20})$$

dans laquelle

$$\sum_{j=1}^N p_j = 1$$

La variance de l'erreur d'interpolation est donnée par:

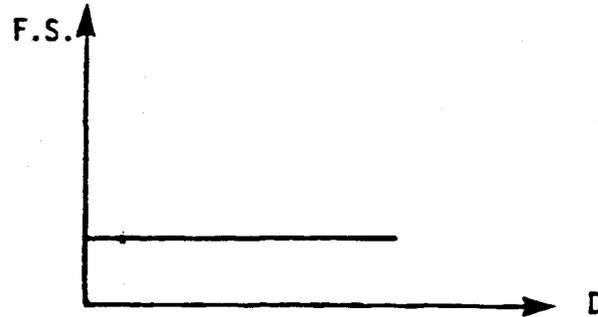
$$E^2 = \sigma_{00}^2 - \sum_{i=1}^N p_i \sigma_{i0}^2 + \mu \quad (\text{B-21})$$

#### d) Résolution pratique

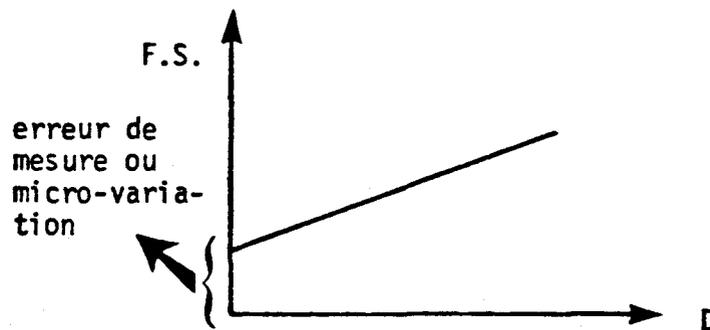
Pour résoudre le système d'équations (B-20), on doit connaître la fonction de covariance entre les stations et le point à interpoler; cependant, Gandin (1963) a démontré qu'il est possible de faire les calculs d'interpolation optimale, si ce qu'il appelle "fonction de structure" du phénomène à interpoler, est connu. La fonction de structure de Gandin ou demi-variogramme de la théorie du krigeage (Delhomme, 1976) est une courbe, calculée à l'aide des observations, qui définit, pour une région homogène, les liens d'un phénomène en fonction de la distance. Cette courbe est utilisée par la suite pour déterminer les valeurs  $b_{i0}$  entre les stations et le point à interpoler en fonction de la distance qui les sépare.

La forme de courbe obtenue pour la fonction de structure est une description synthétique de la structure spatiale du phénomène étudié. Les formes les plus courantes sont:

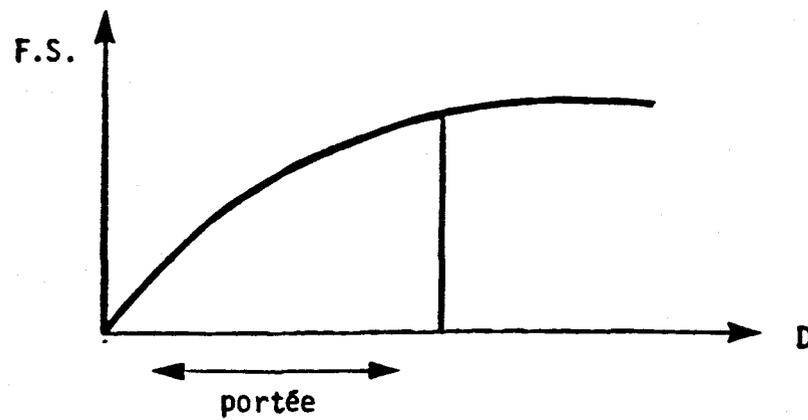
i) pour un phénomène aléatoire



ii) pour un phénomène ayant des erreurs d'observation ou de micro-variations



iii) pour un phénomène dont la zone d'influence est limitée



La forme mathématique de la fonction de structure proposée est:

$$\text{F.S.} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \left( f'_i - f'_j \right)^2 \quad (\text{B-22})$$

où

$f'_i$  = déviation par rapport à la moyenne;

$m$  = nombre d'observations;

$i$  et  $j$  varient de 1 à  $N$ .

La fonction de structure étant connue, on peut remplacer les  $\sigma_{ij}^2$  et  $\sigma_{oi}^2$  du système d'équations (B-20), pour le calcul des poids  $p_i$ , par les valeurs  $b_{ij}$  et  $b_{oi}$  prises par la fonction de structure.

Quant à l'erreur d'interpolation, elle est calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$E = \sum_{i=1}^N p_i b_{oi} + \mu \quad (\text{B-23})$$

Cette équation est équivalente à l'équation B-21 étant donné que la fonction de structure et la fonction de covariance sont reliées par:

$$\text{F.S.} = \sigma_{00}^2 - \sigma_{oi}^2 \quad (\text{B-24})$$

REFERENCES

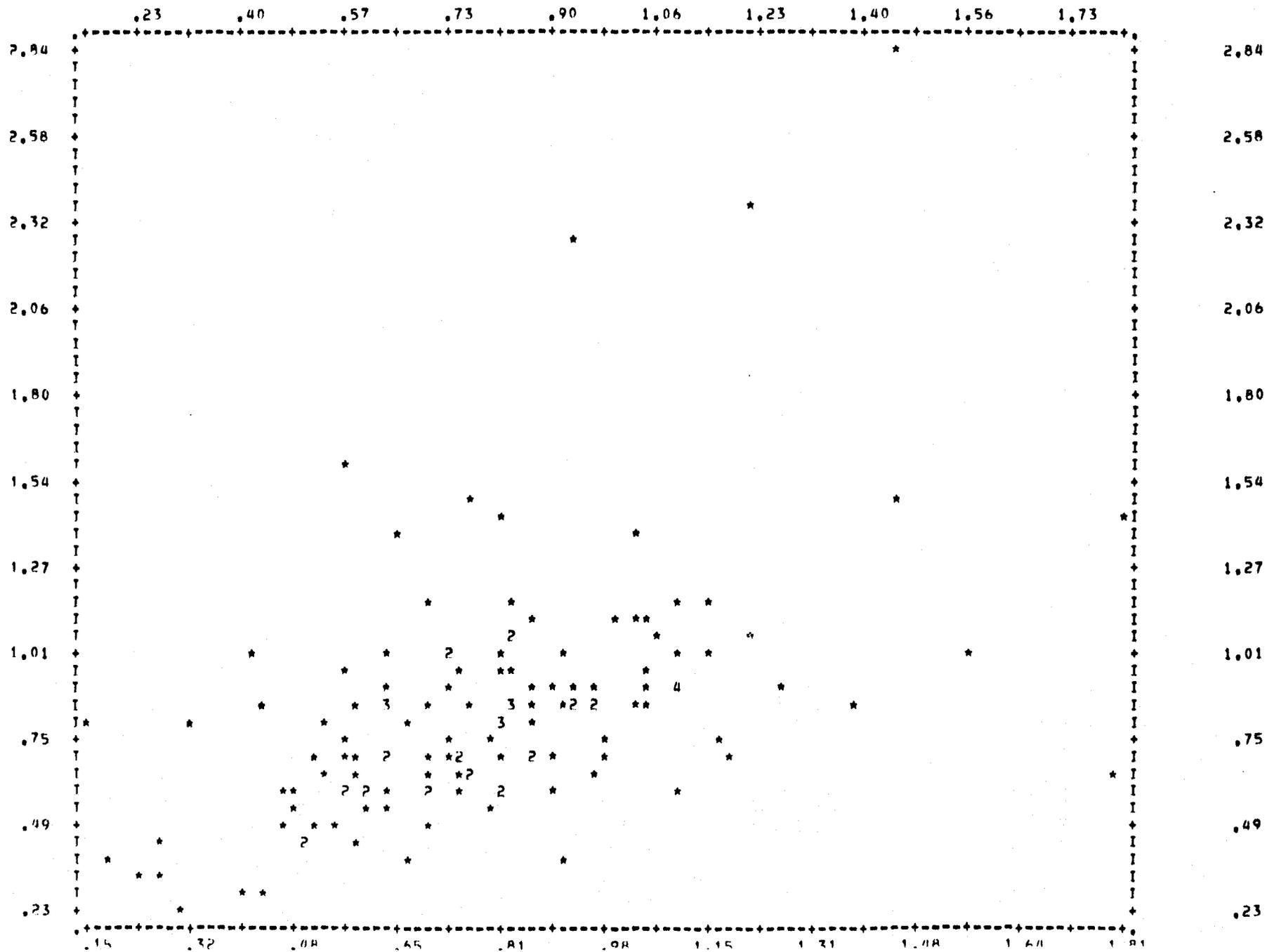
- DELHOMME, J.P. (1976).  
Application de la théorie des variables régionalisées dans les sciences de l'eau. Thèse de Docteur-Ingénieur. Université Pierre et Marie Curie. Paris-6.
- GANDIN, L.S. (1963).  
Objective analysis of meteorological fields. Leningrad, Translated from Russian by "Israel Program for Scientific translations", Jerusalem, 1965.
- GANDIN, L.S. (1970).  
The planning of meteorological station networks. WMO Technical Note No 111.

ANNEXE 5

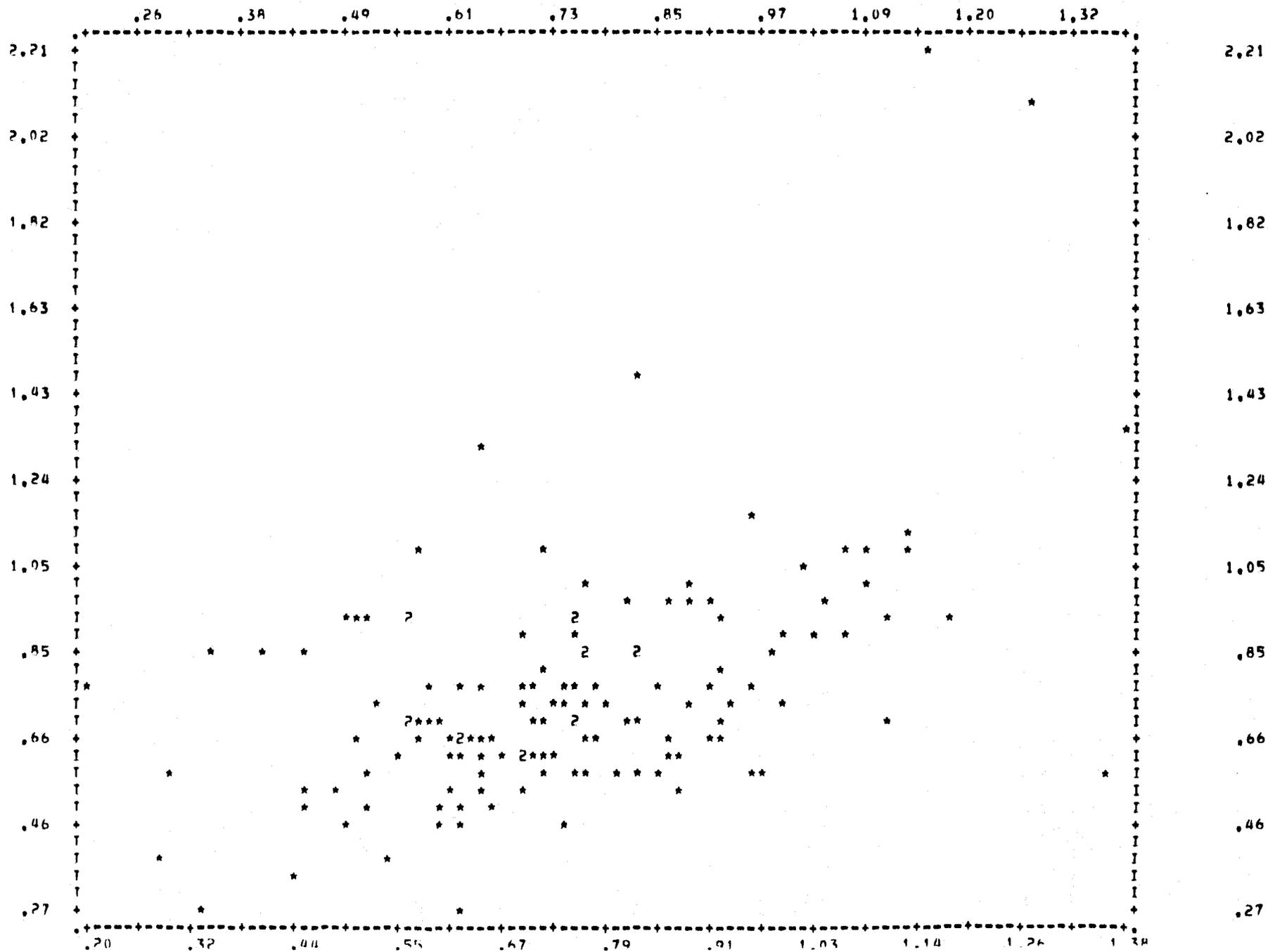
DIAGRAMMES DE DISPERSION



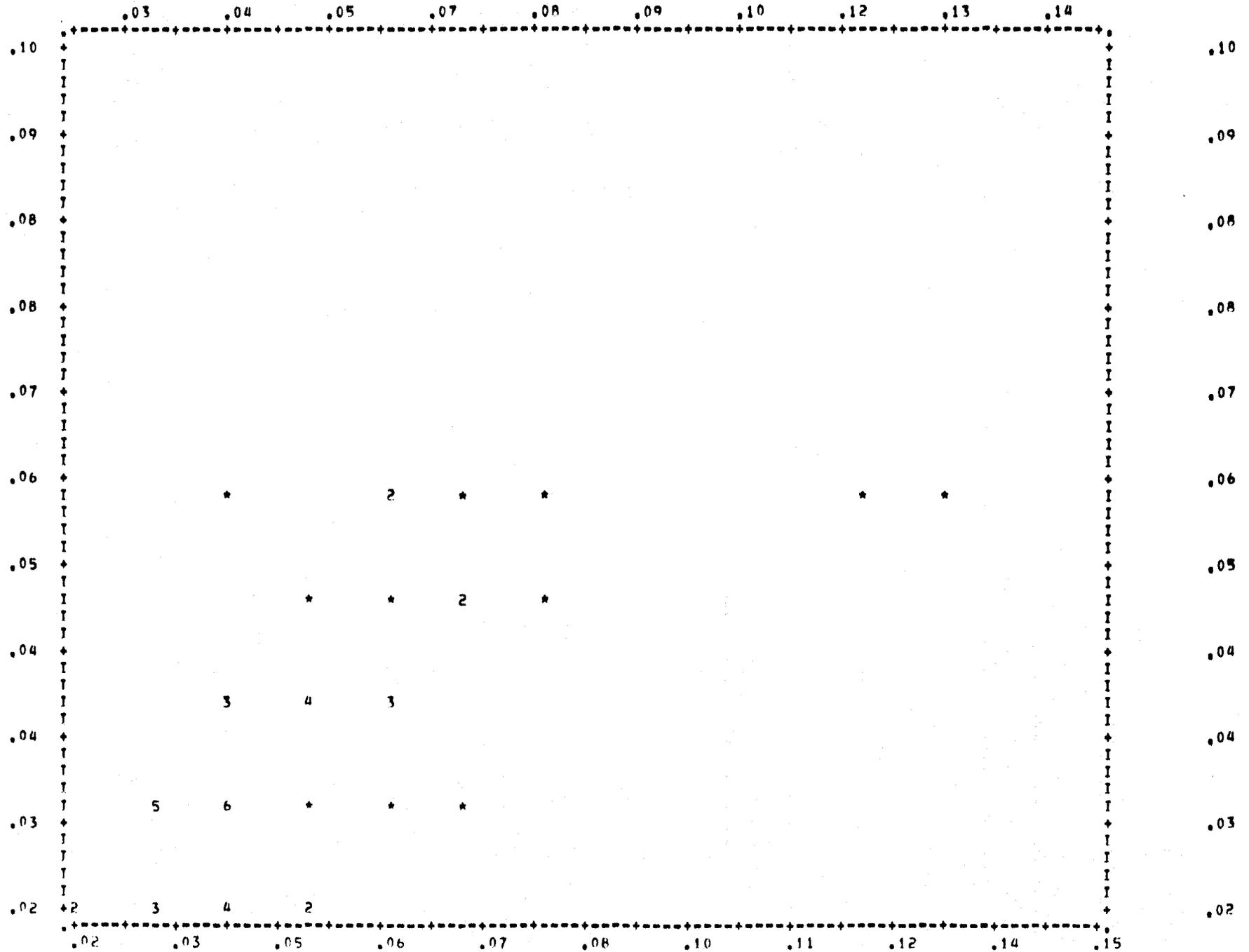
SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR02 : chlorophylle-a active, surface  
 (ACROSS) PAR07 : chlorophylle-a active, intégré



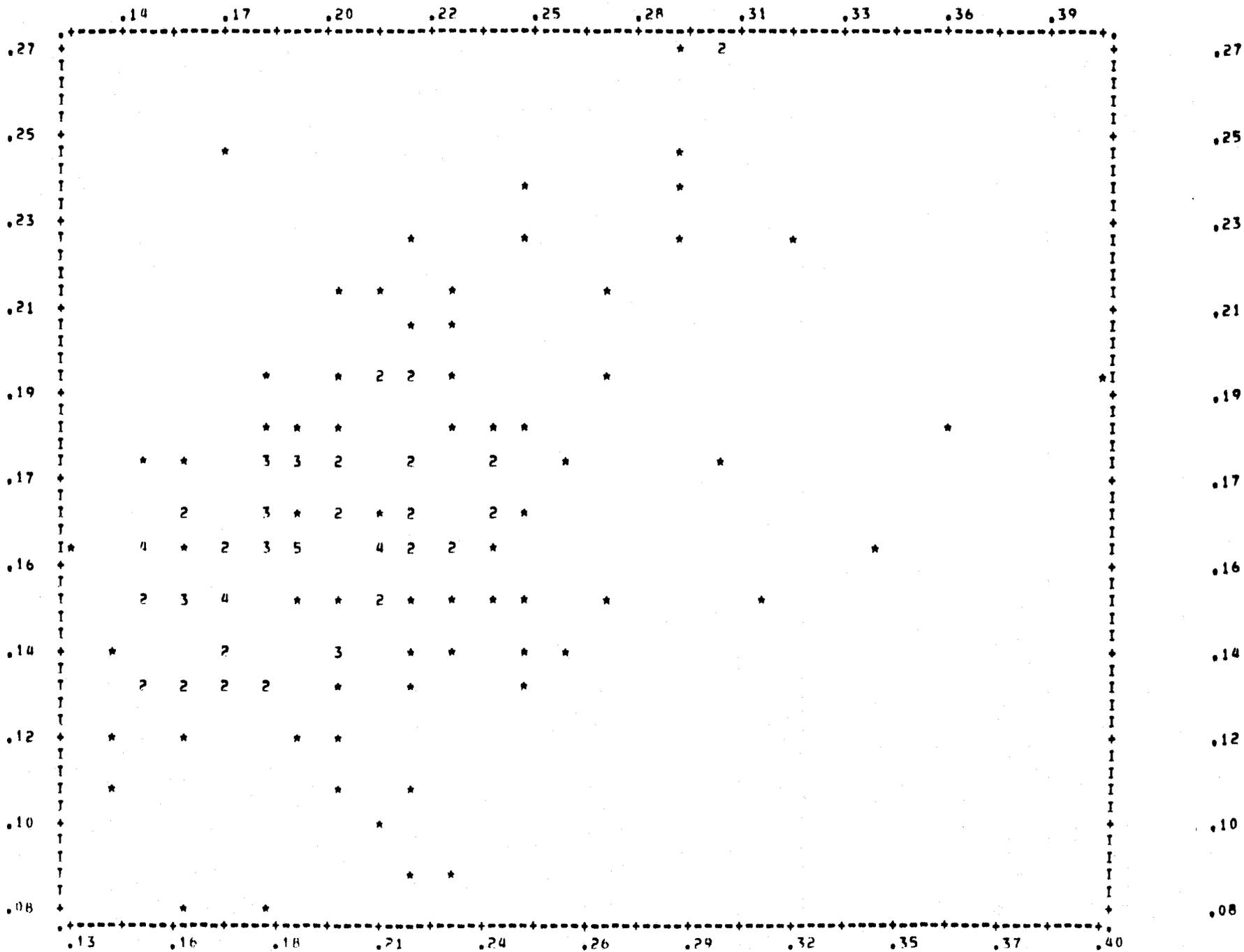
SCATTERGRAM OF (DOWN) PAP03 : phaeopigments, surface  
 (ACROSS) PAP04 : phaeopigments, profondeur



SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR13 : N-ammoniacal, surface  
 (ACRUSS) PAR1A : N-ammoniacal, intégré

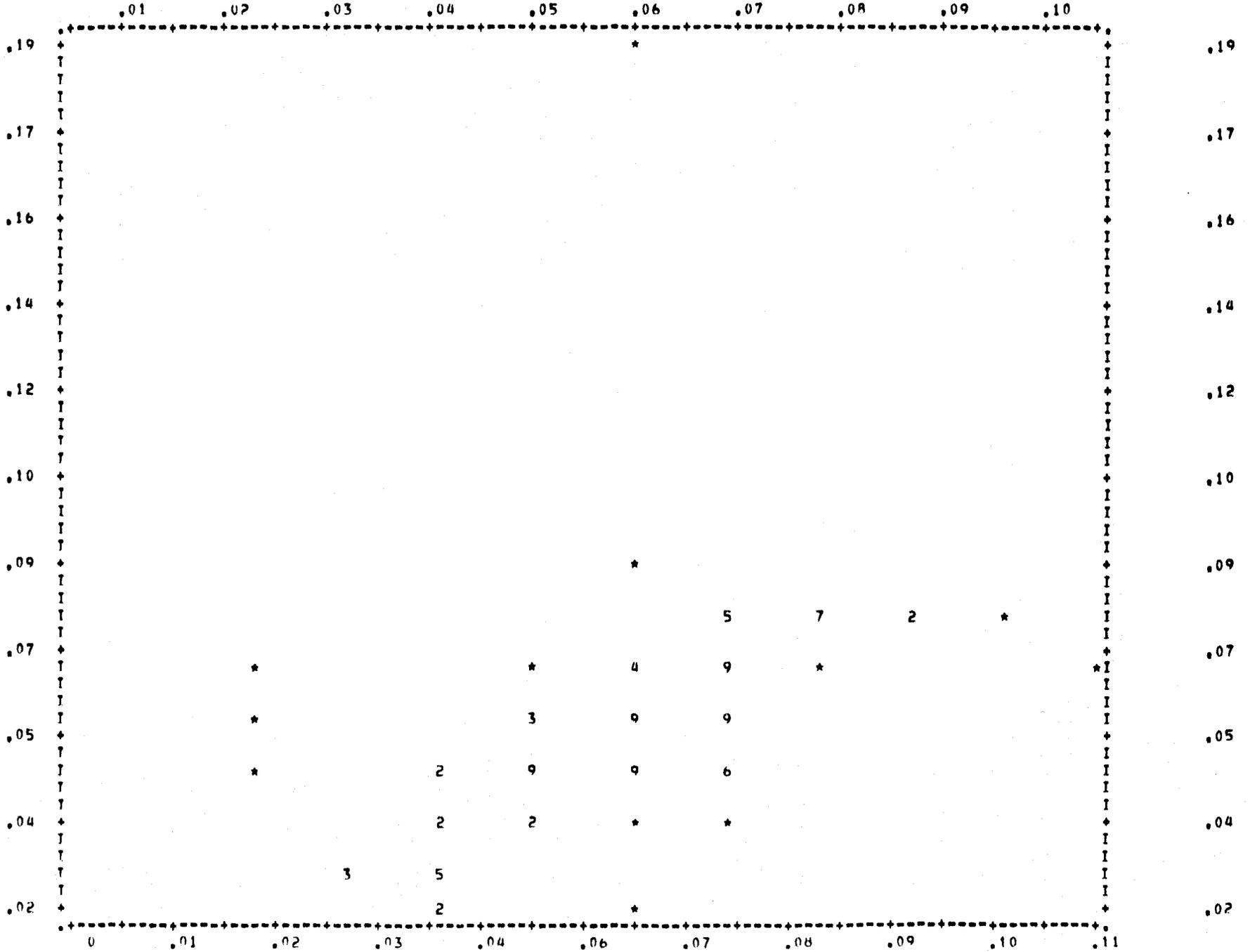


SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR14 : N-Kjeldahl, surface  
 (ACROSS) PAR10 : N-Kjeldahl, intégré

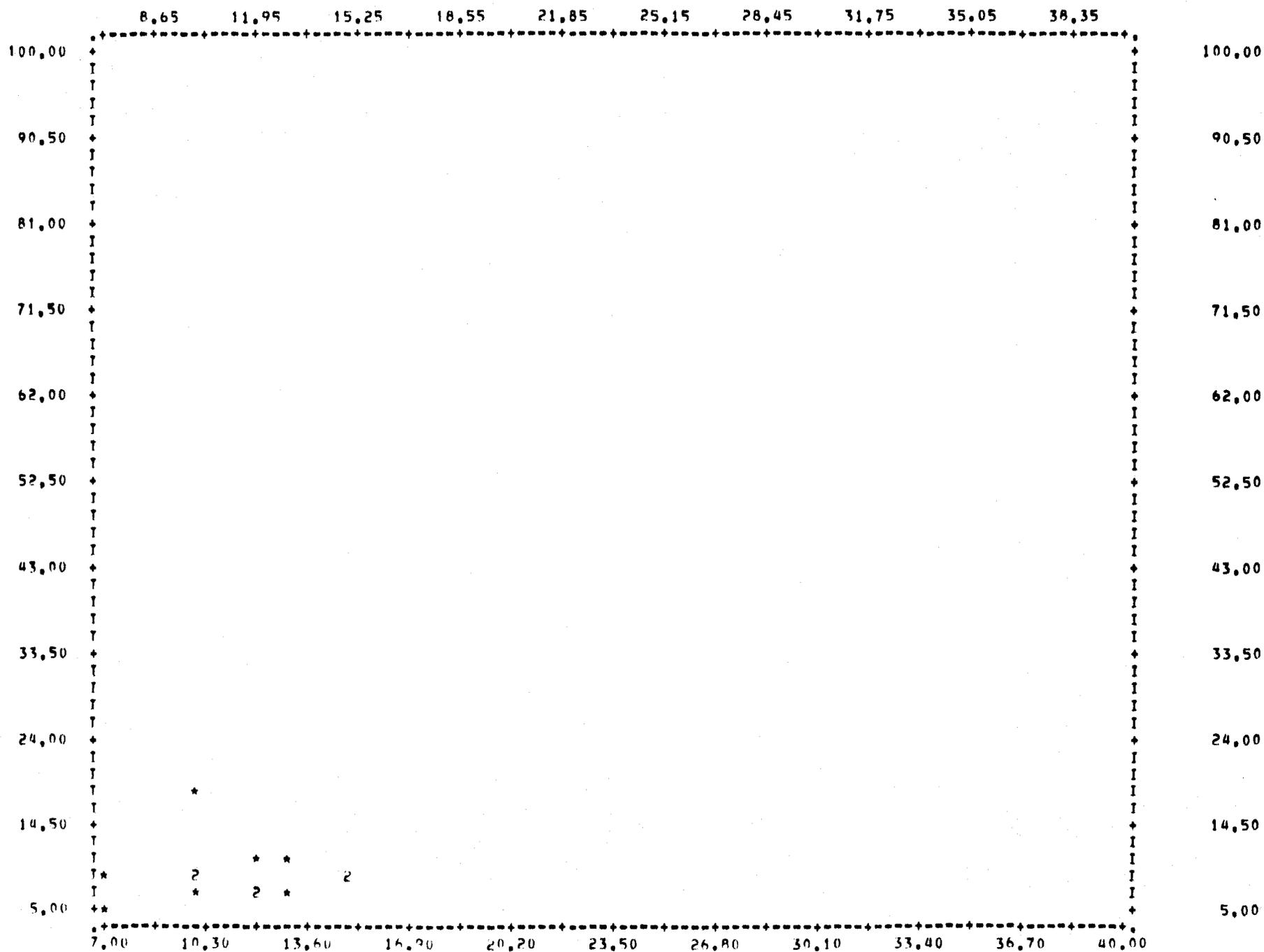


SCATTERGRAM OF

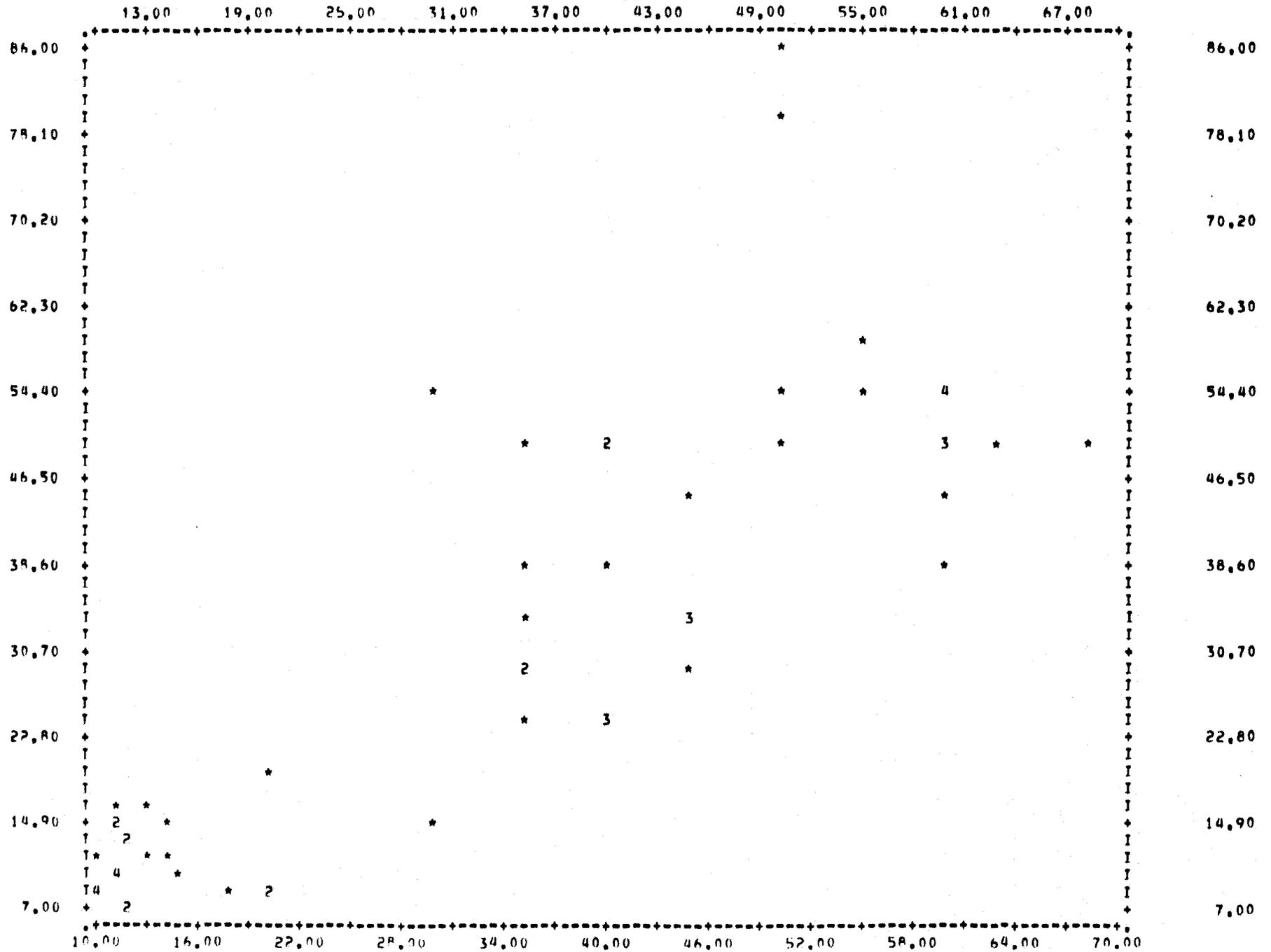
(DOWN) PAR17 : N-nitrate + nitrite, surface  
 (ACROSS) PAR22 : N-nitrate + nitrite, intégré



SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR15 : P-inorganique, surface  
 (ACROSS) PAR20 : P-inorganique, intégré

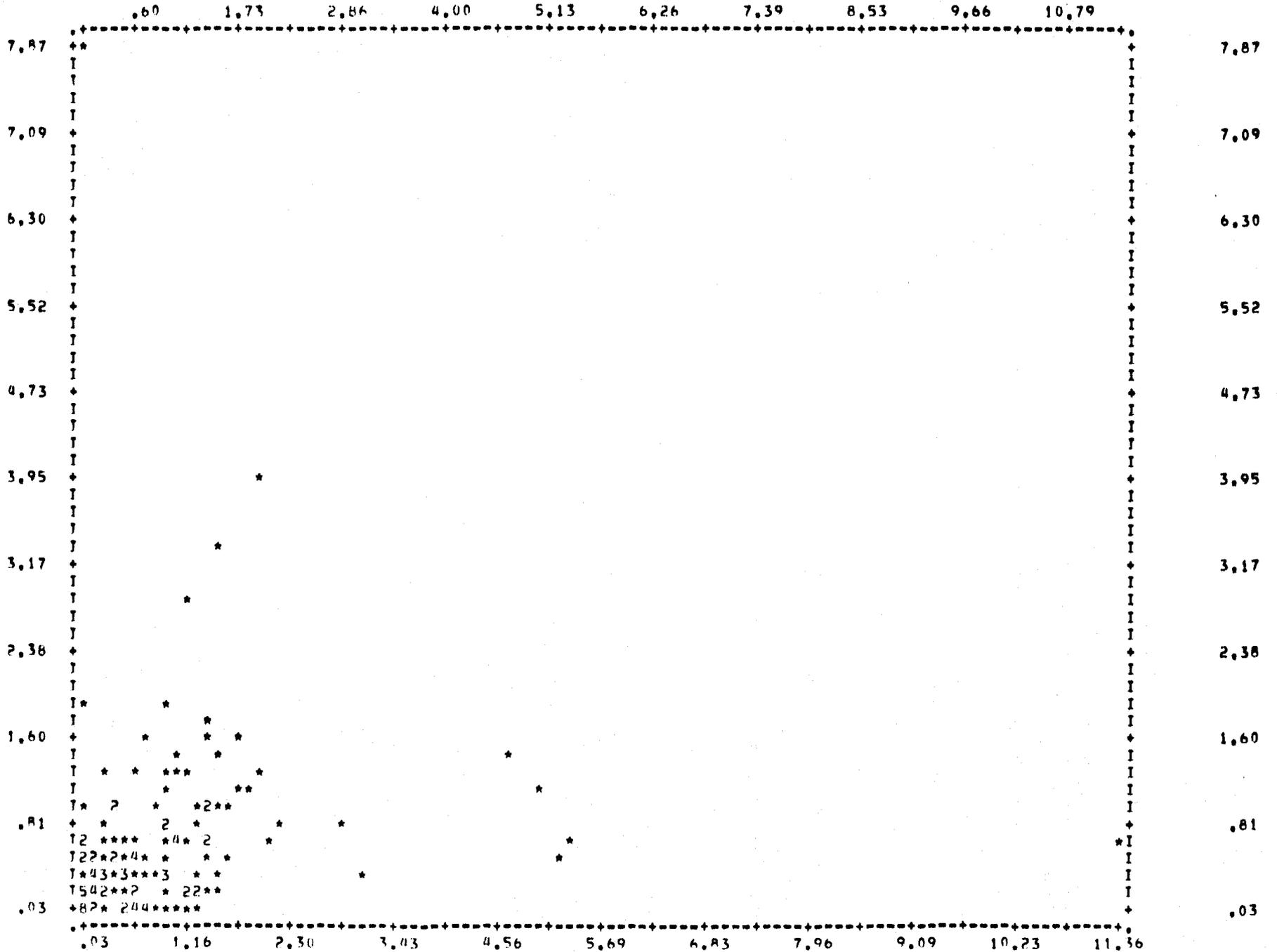


SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR16 : P-total, surface  
 (ACROSS) PAR21 : P-total, intégré

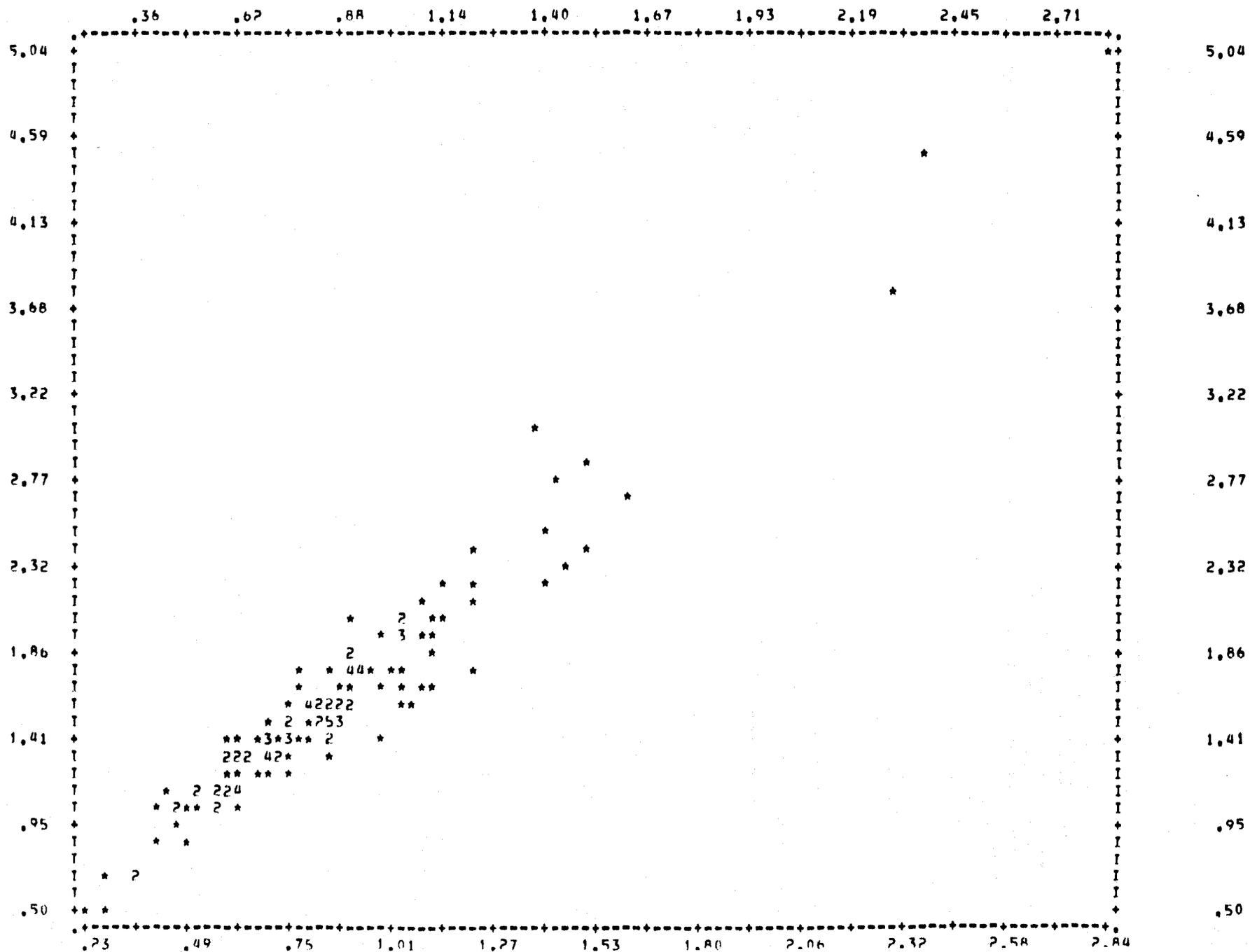


SCATTERGRAM OF

(DOWN) PAR23 : potentiel de fertilité, surface  
 (ACROSS) PAR26 : potentiel de fertilité, profondeur

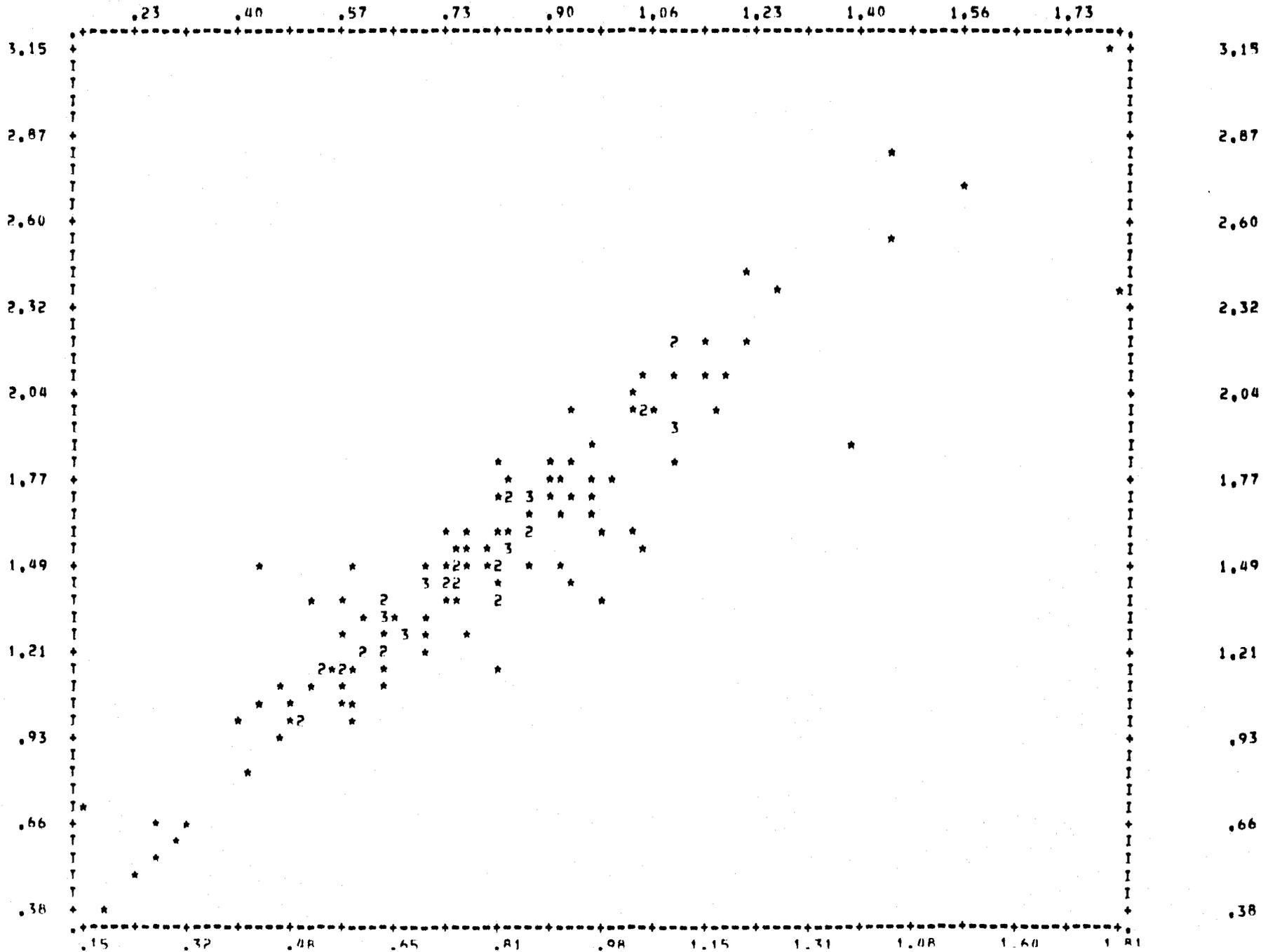


SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR01 : chlorophylle-a totale, surface  
 (ACROSS) PAR02 : chlorophylle-a active, surface

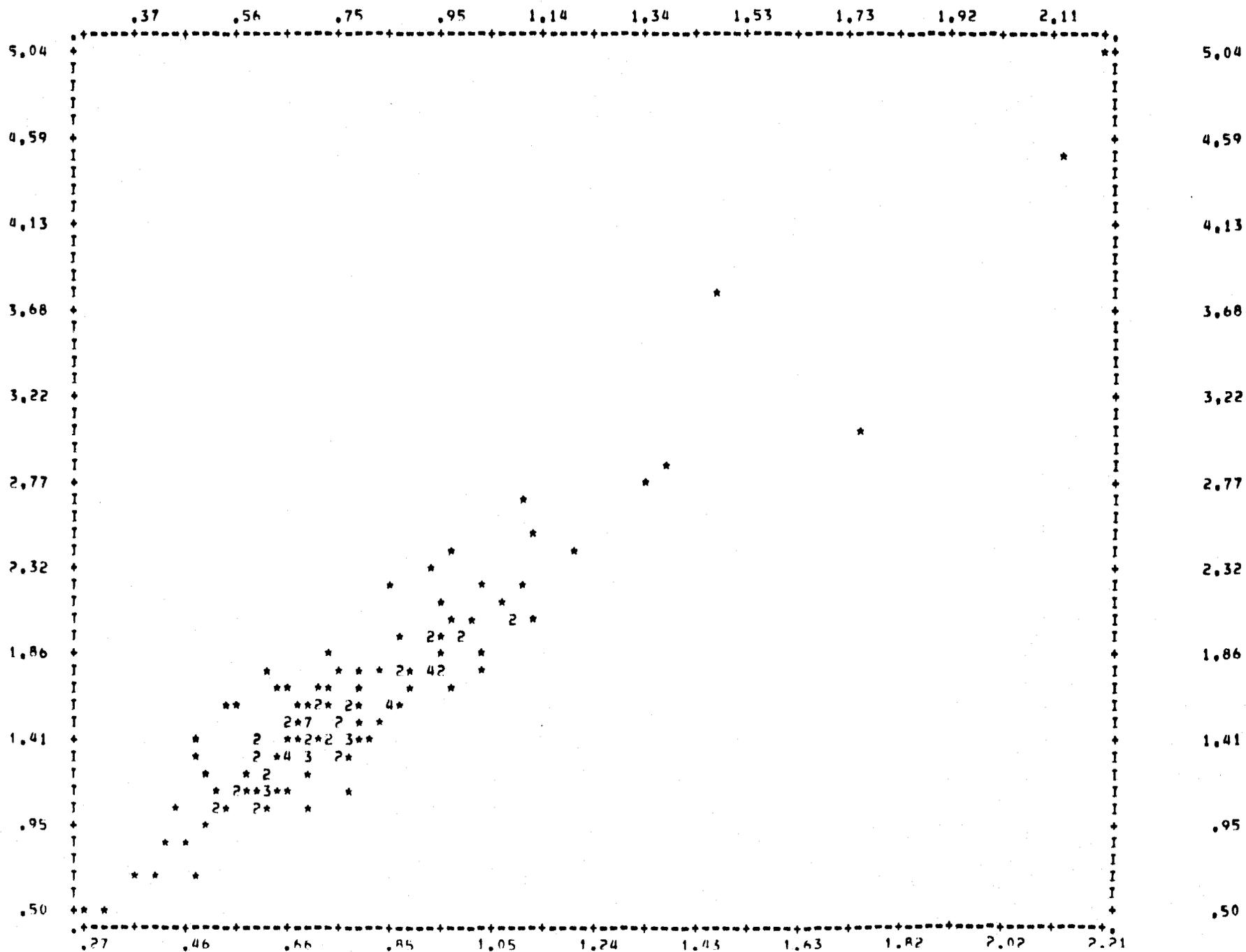


SCATTERGRAM OF

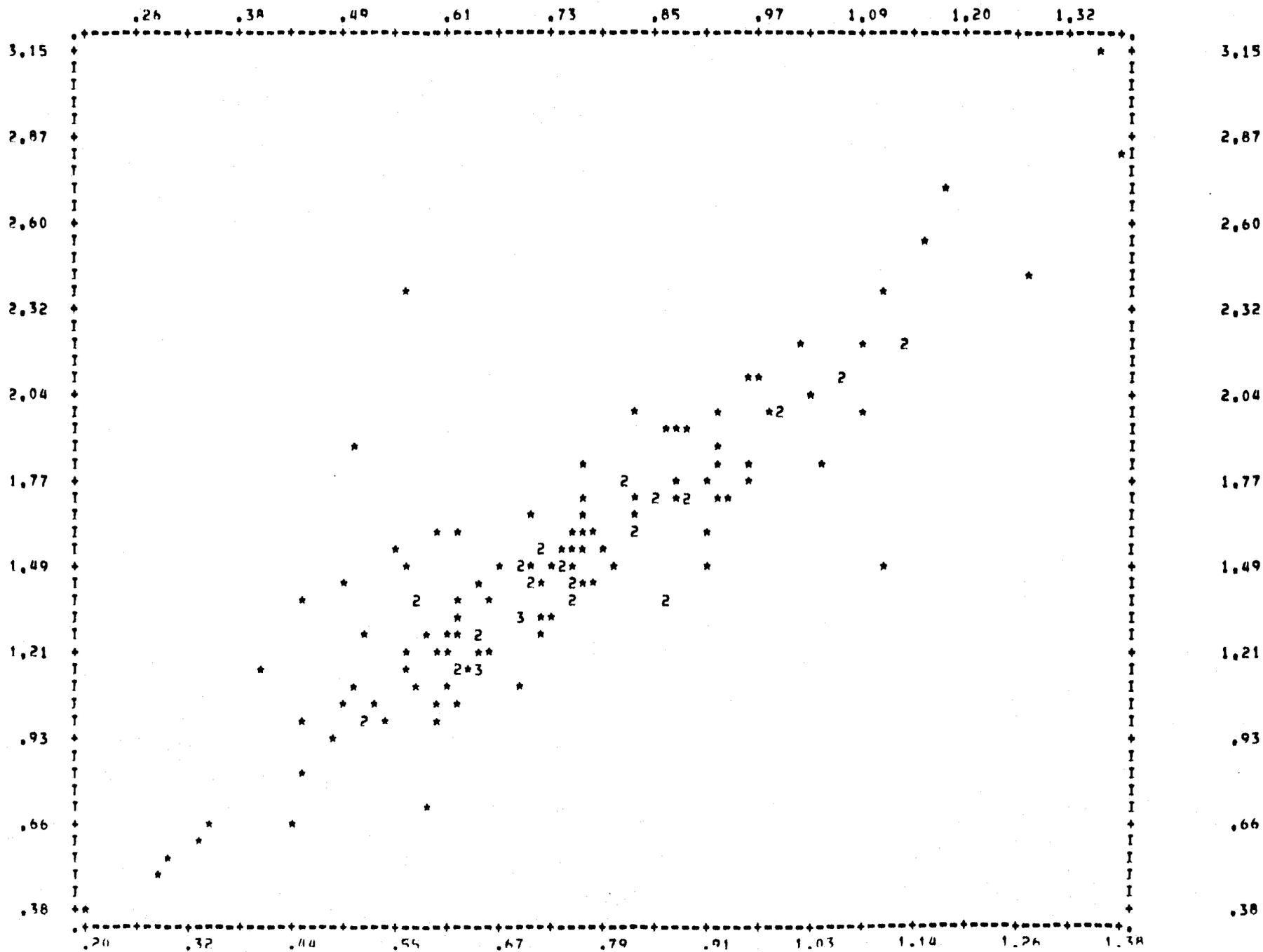
(DOWN) PAR06 : chlorophylle-a totale, intégré  
 (ACROSS) PAR07 : chlorophylle-a active, intégré



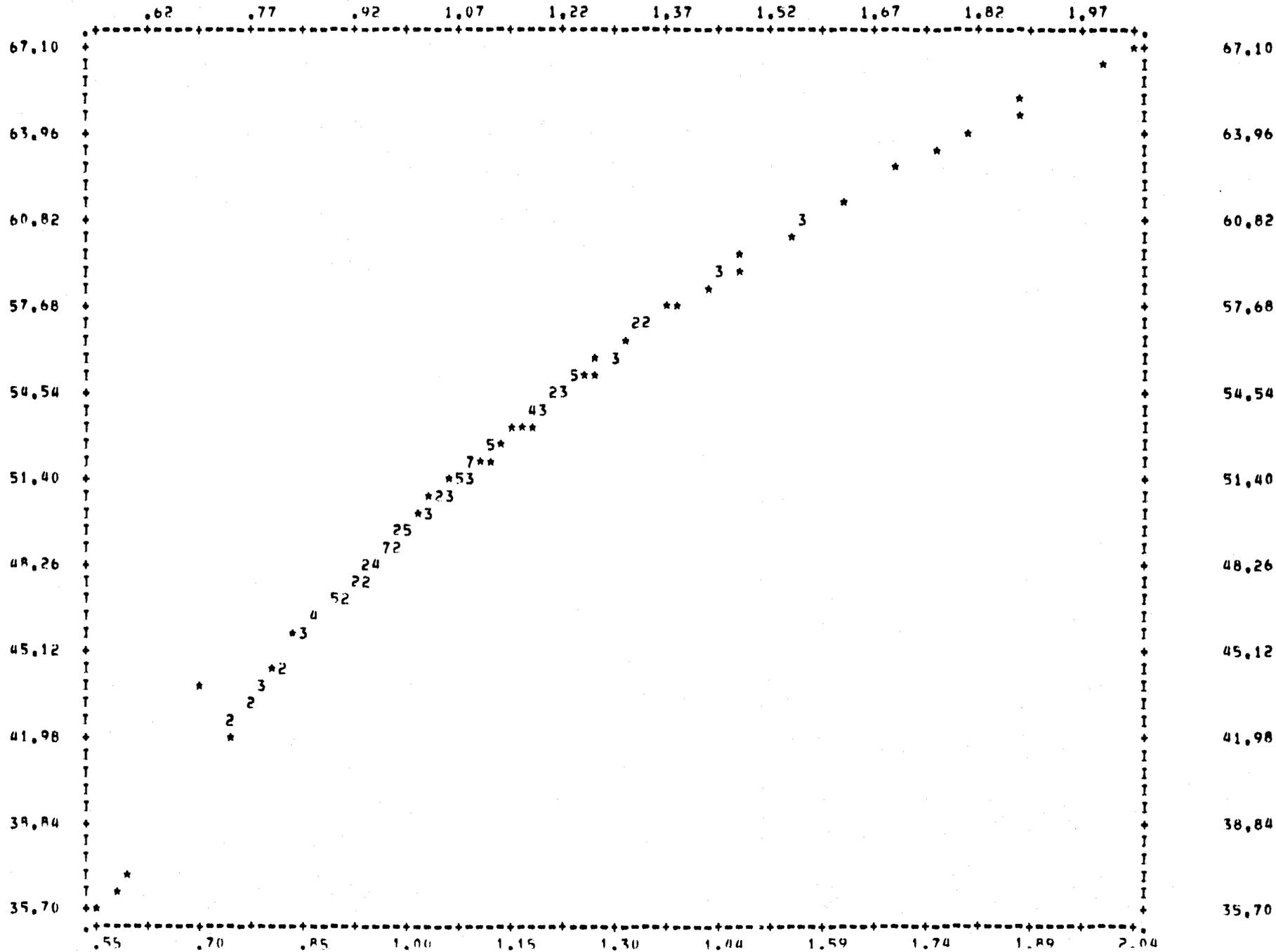
SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR01 : chlorophyll-a totale, surface  
 (ACROSS) PAR03 phaeopigments, surface



SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR06 : chlorophylle-a totale, intégré  
 (ACROSS) PAR0A : phaeopigments, intégré



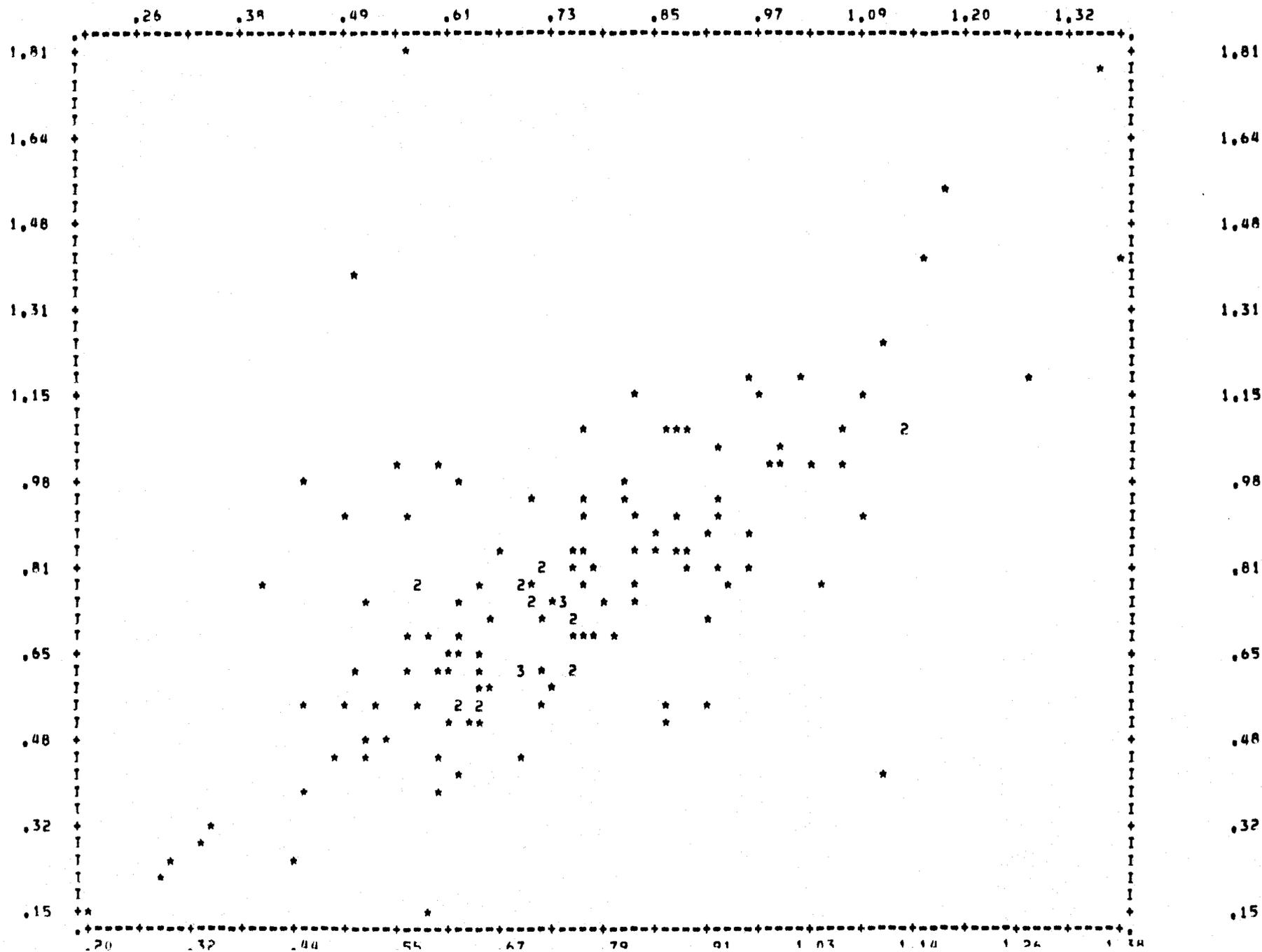
SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR04 : % chlorophyll-*a* active, surface  
 (ACROSS) PAR05 : chlorophyll-*a* active, surface  
 phaeopigments



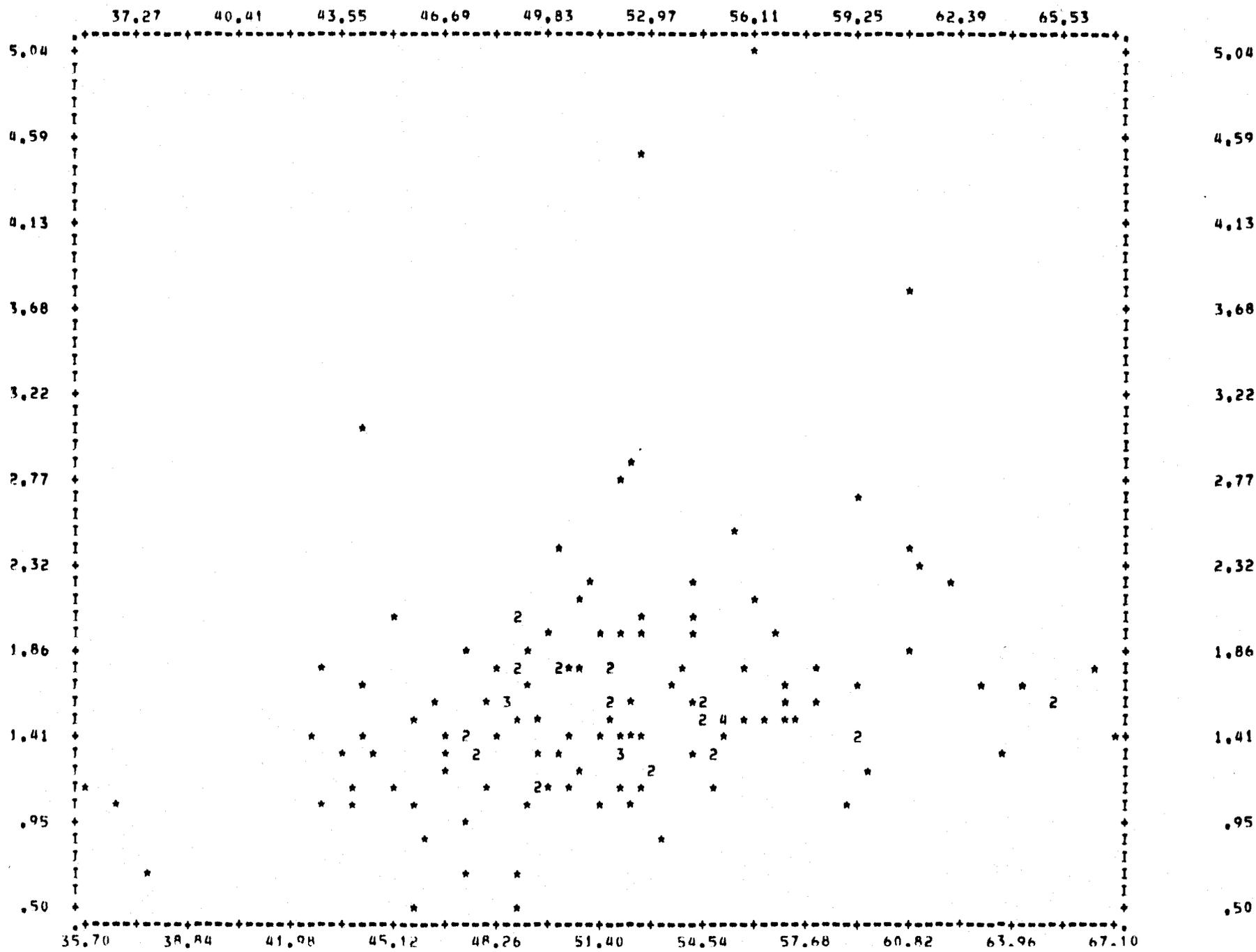




SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR07 : chlorophylle-a active, intégré  
 (ACROSS) PAR08 : phaeopigments, intégré

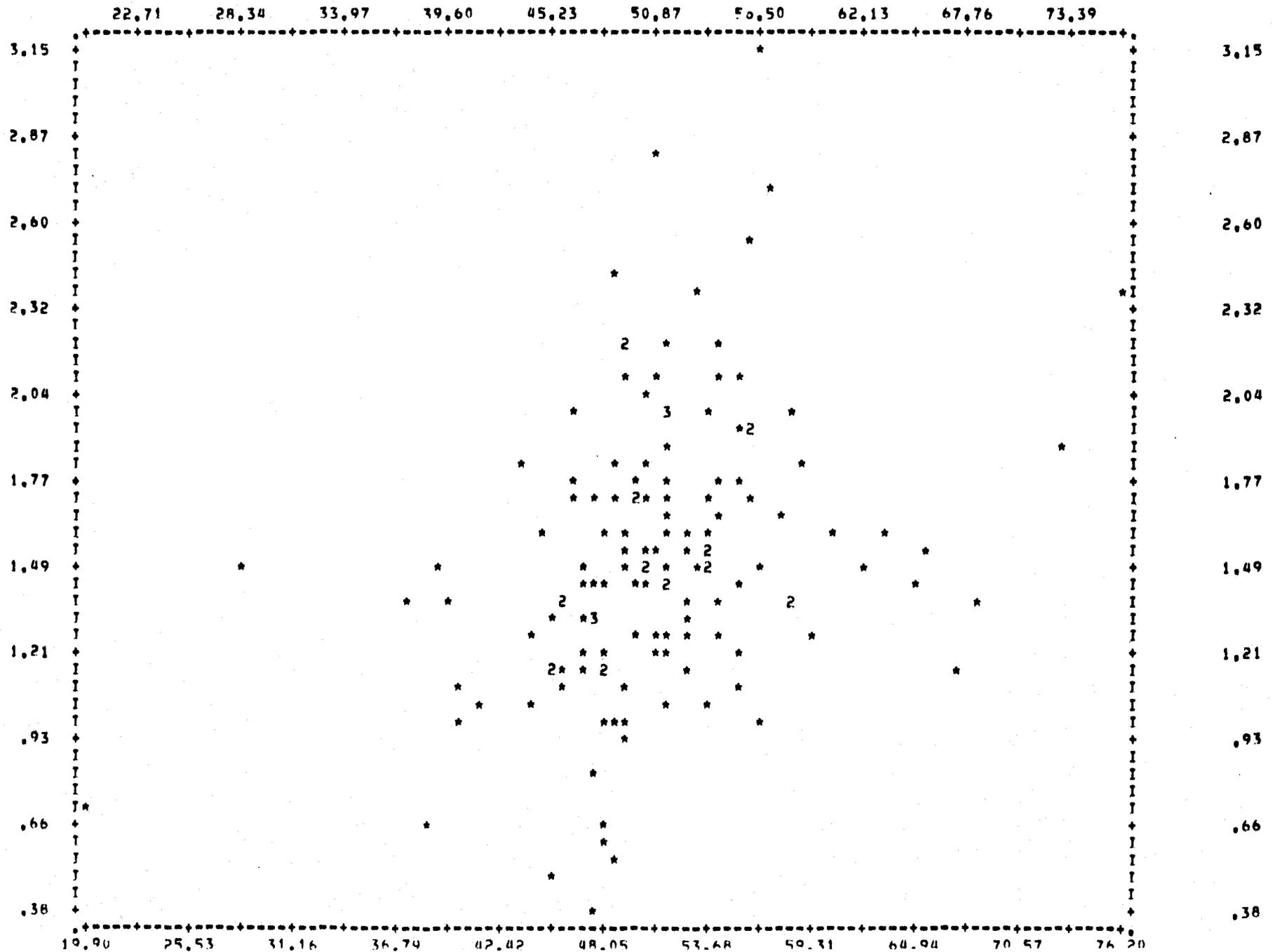


SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR01 : chlorophylle-a totale, surface  
 (ACROSS) PAR04 : % chlorophylle-a active, surface

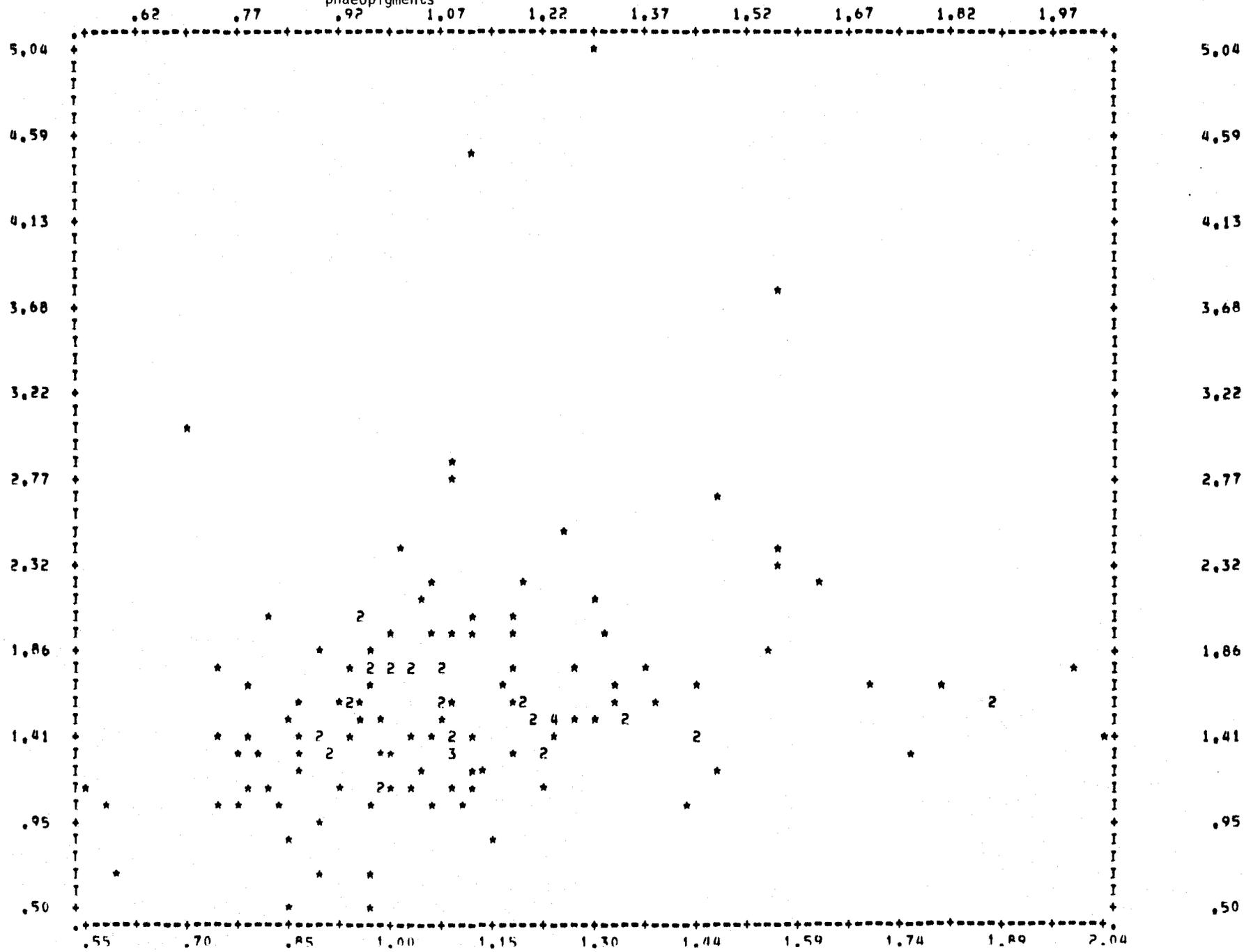


SCATTERGRAM OF

(DOWN) PAR06 : chlorophylle-a totale, intégré  
 (ACROSS) PAR09 : % chlorophylle-a active, intégré

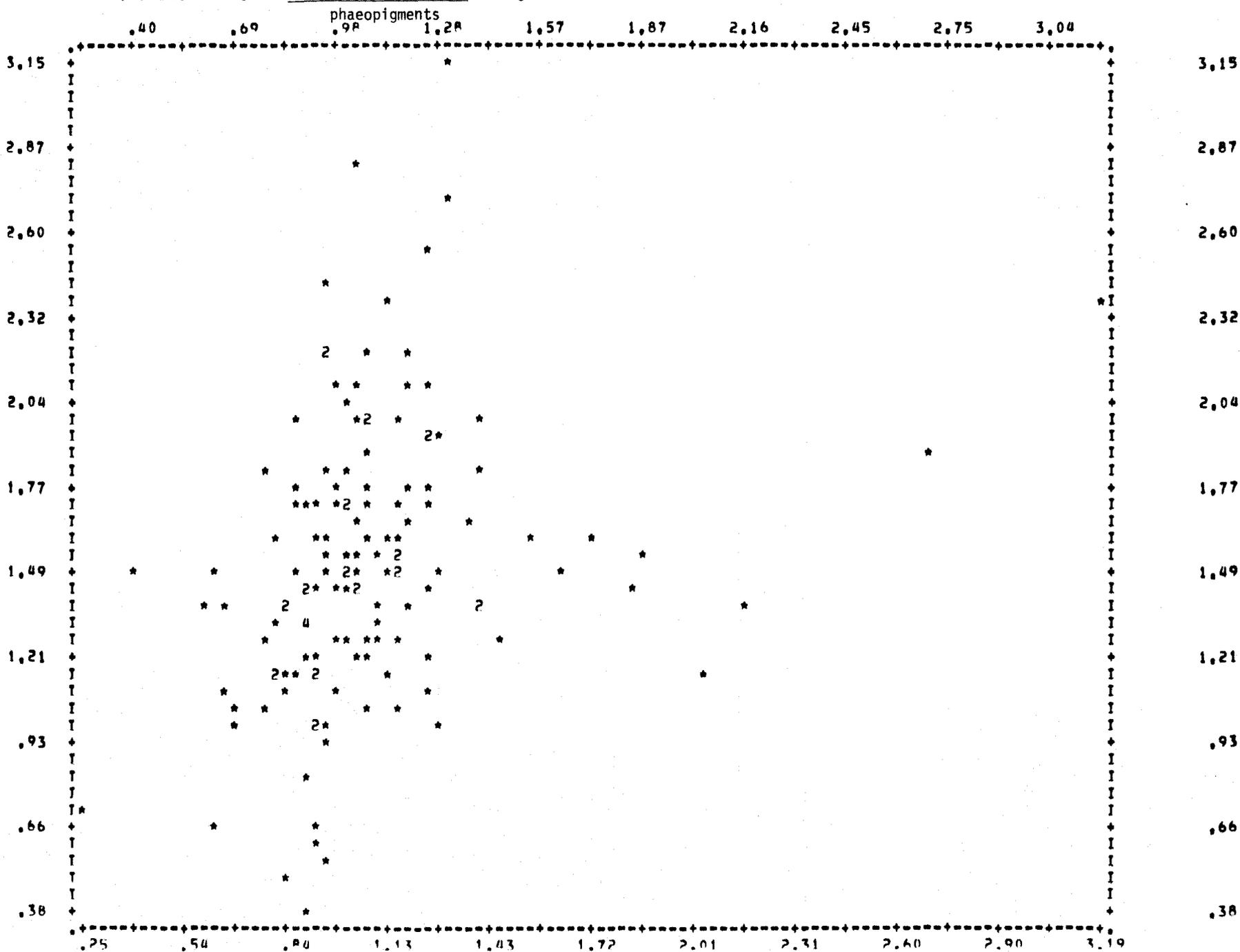


SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR01: chlorophylle-a totale, surface  
 (ACROSS) PAR05: chlorophylle-a active, surface  
 phaeopigments

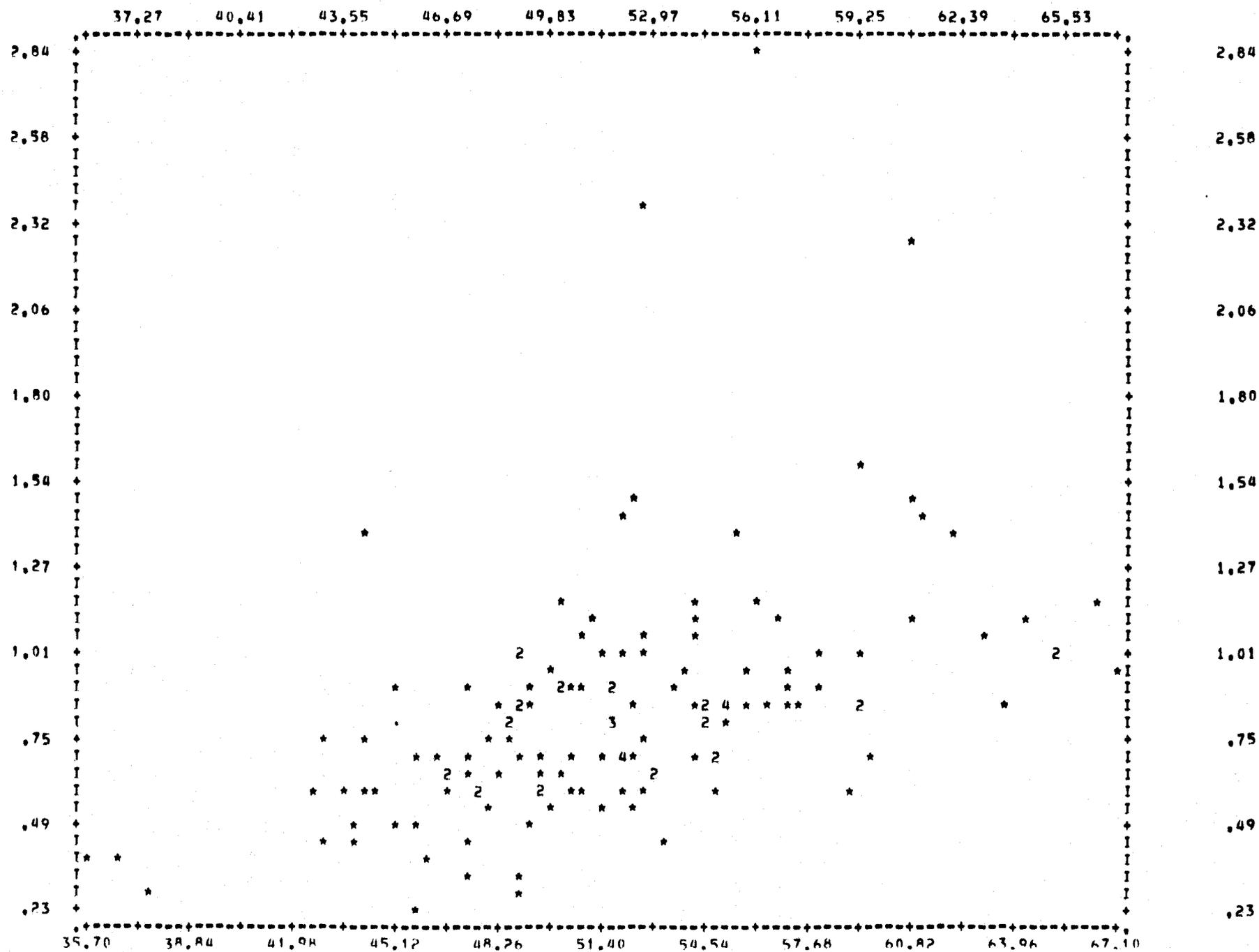


SCATTERGRAM OF

(DOWN) PAR06 : chlorophylle-a totale, intégré  
 (ACROSS) PAR10 : chlorophylle-a active, intégré

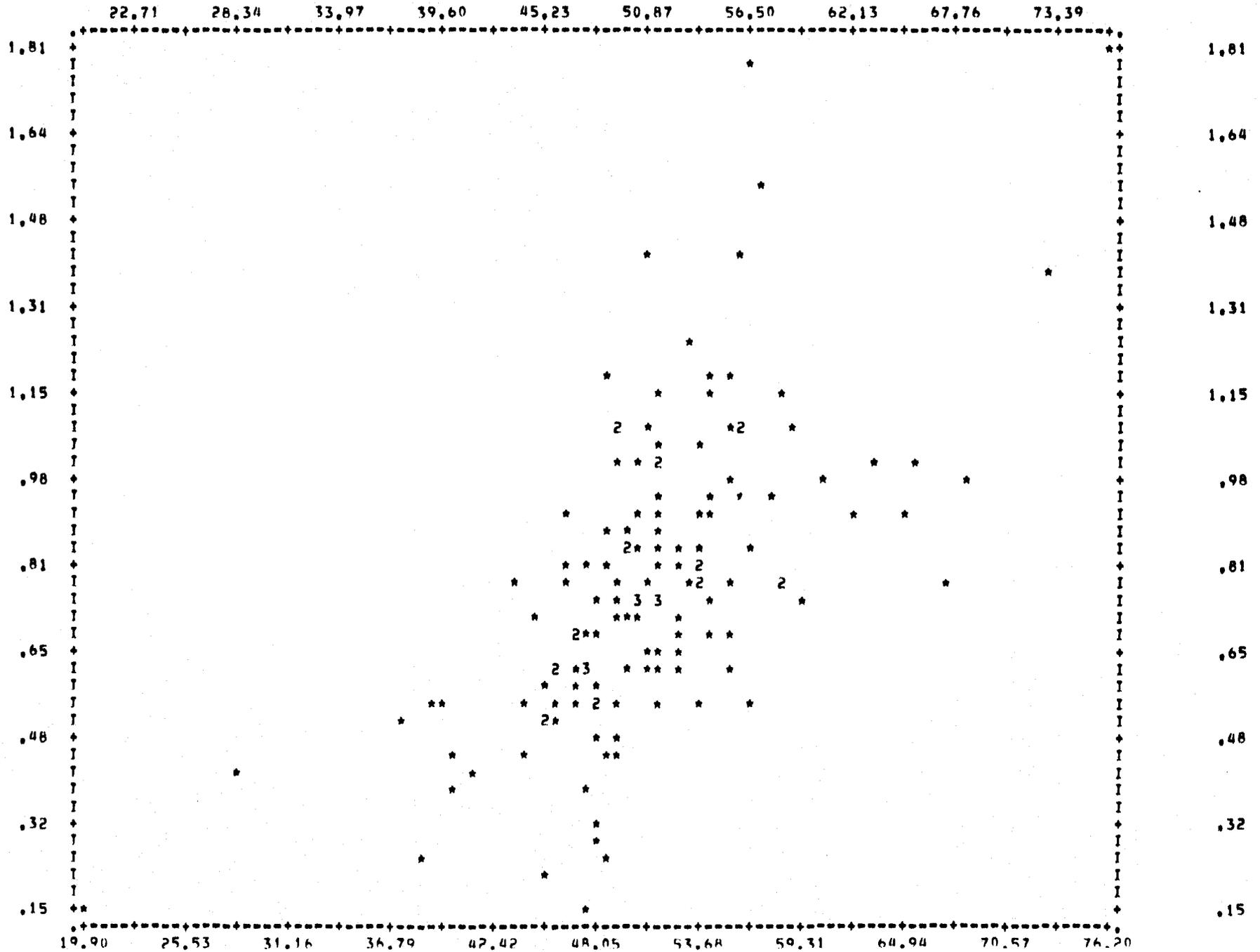


SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR02 : chlorophyll-a active, surface  
 (ACROSS) PAR04 : % chlorophyll-a active, surface

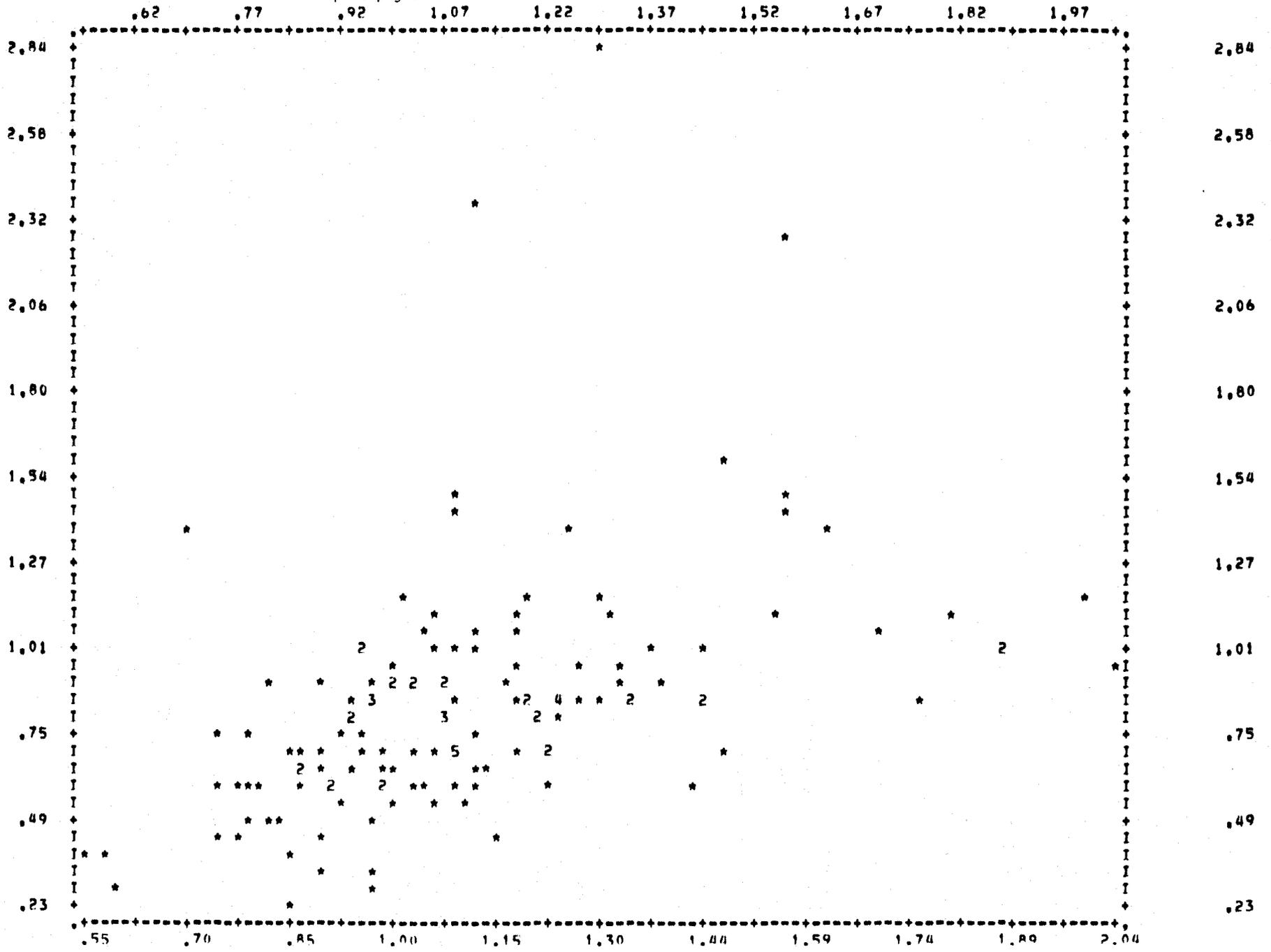


SCATTERGRAM OF

(DOWN) PAR07 : chlorophylle-a active, intégré  
 (ACROSS) PAR09 : % chlorophylle-a active, intégré

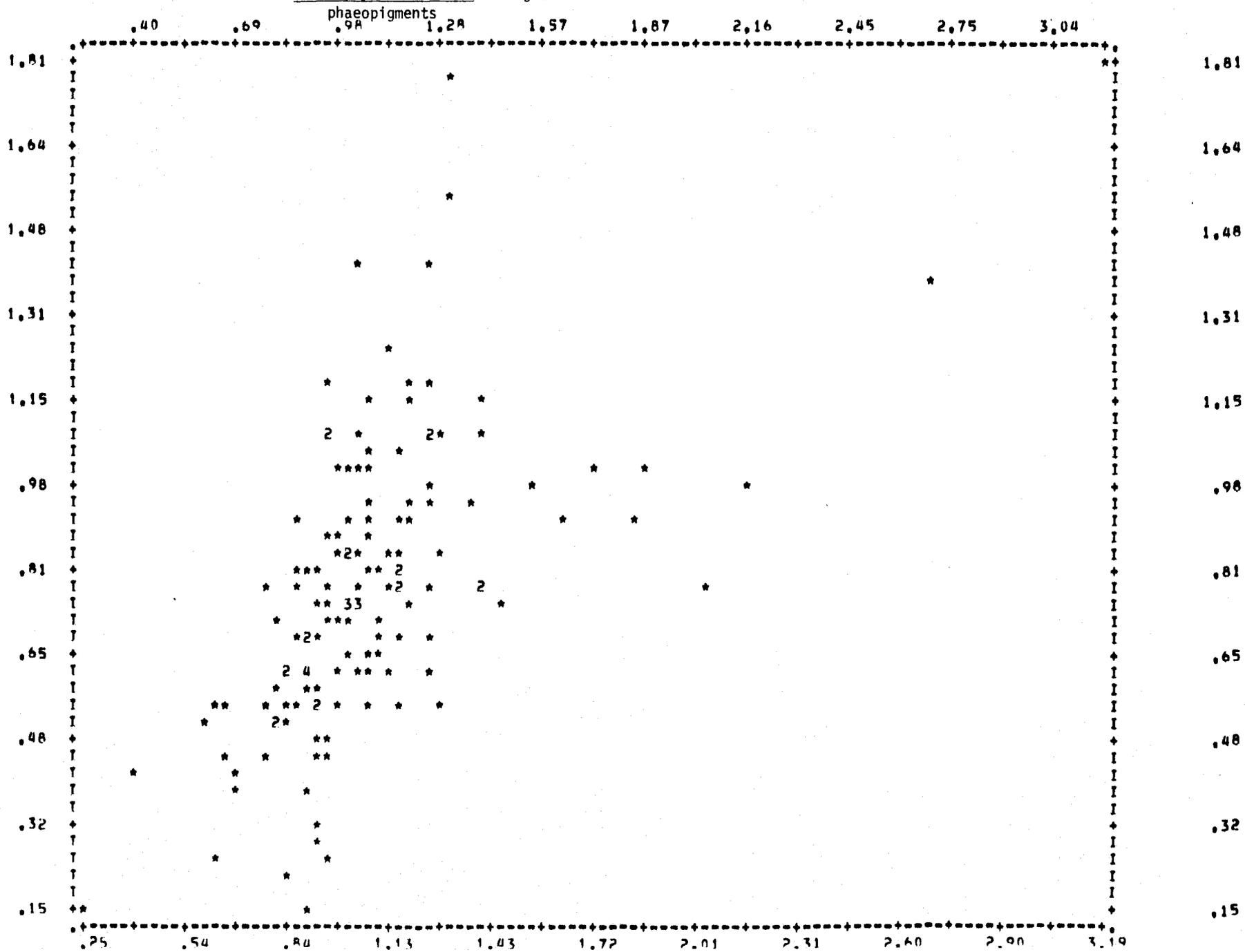


SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR02 : chlorophyll- $\alpha$  active, surface  
 (ACROSS) PAR05 : chlorophyll- $\alpha$  active, surface  
 phaeopigments

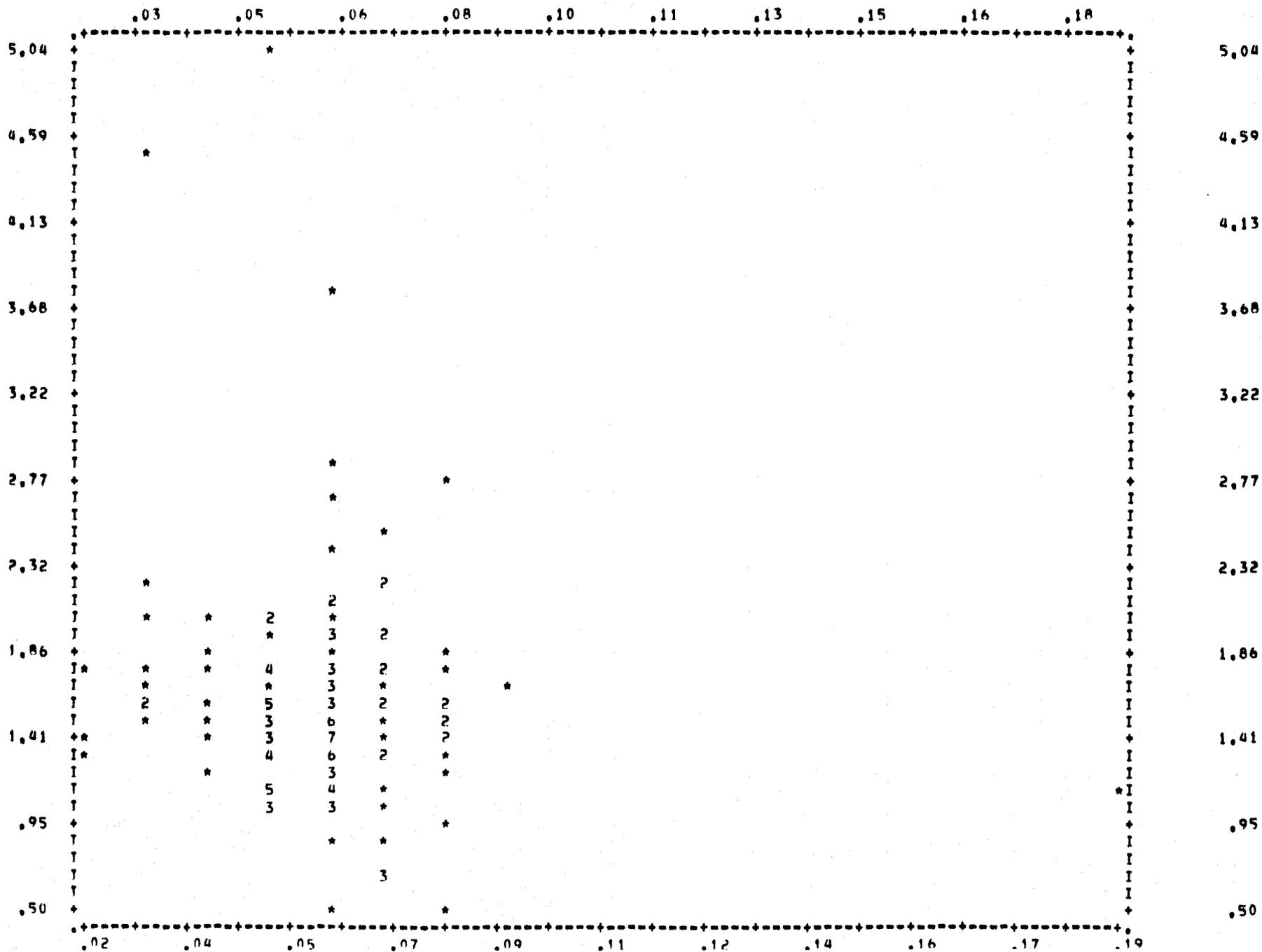


SCATTERGRAM OF

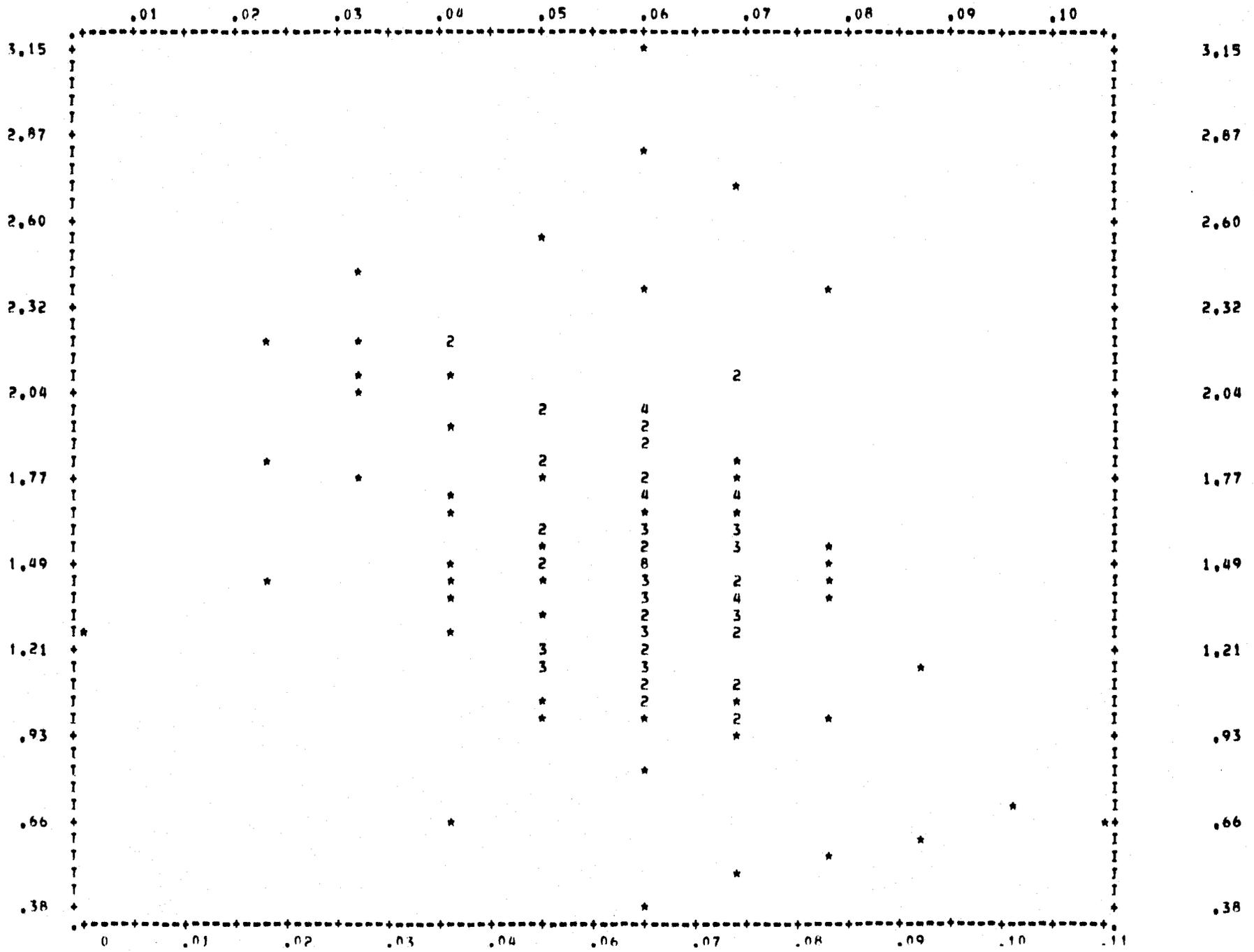
(DOWN) PAR07 : chlorophylle-a active, intégré  
(ACROSS) PAR10 : chlorophylle-a active, intégré



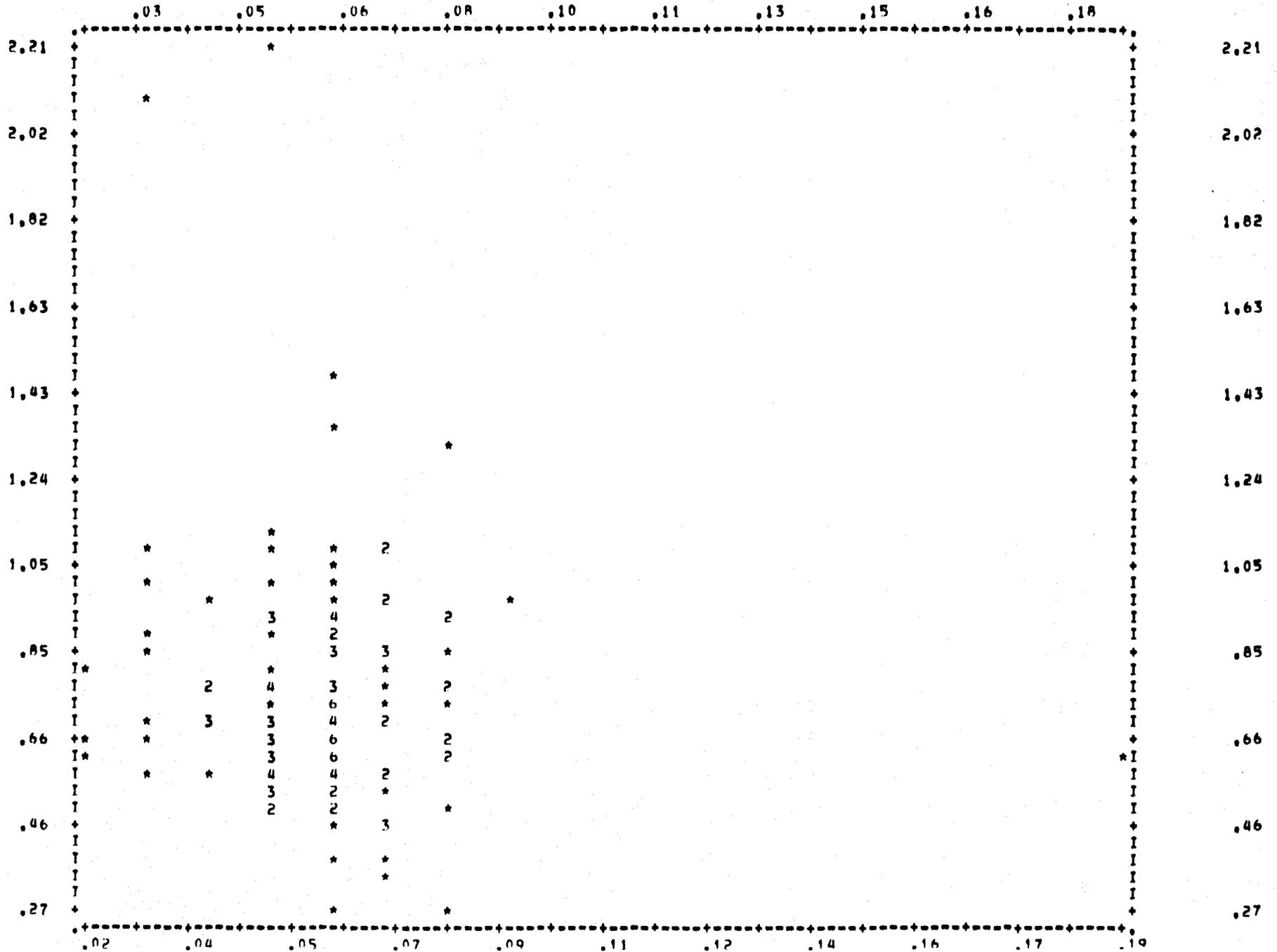
SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR01 : chlorophylle-a totale, surface  
 (ACROSS) PAR17 : N-nitrate + nitrite, surface



SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR06 : chlorophylle-a totale, intégré  
 (ACROSS) PAR22 : N-nitrate + nitrite, intégré

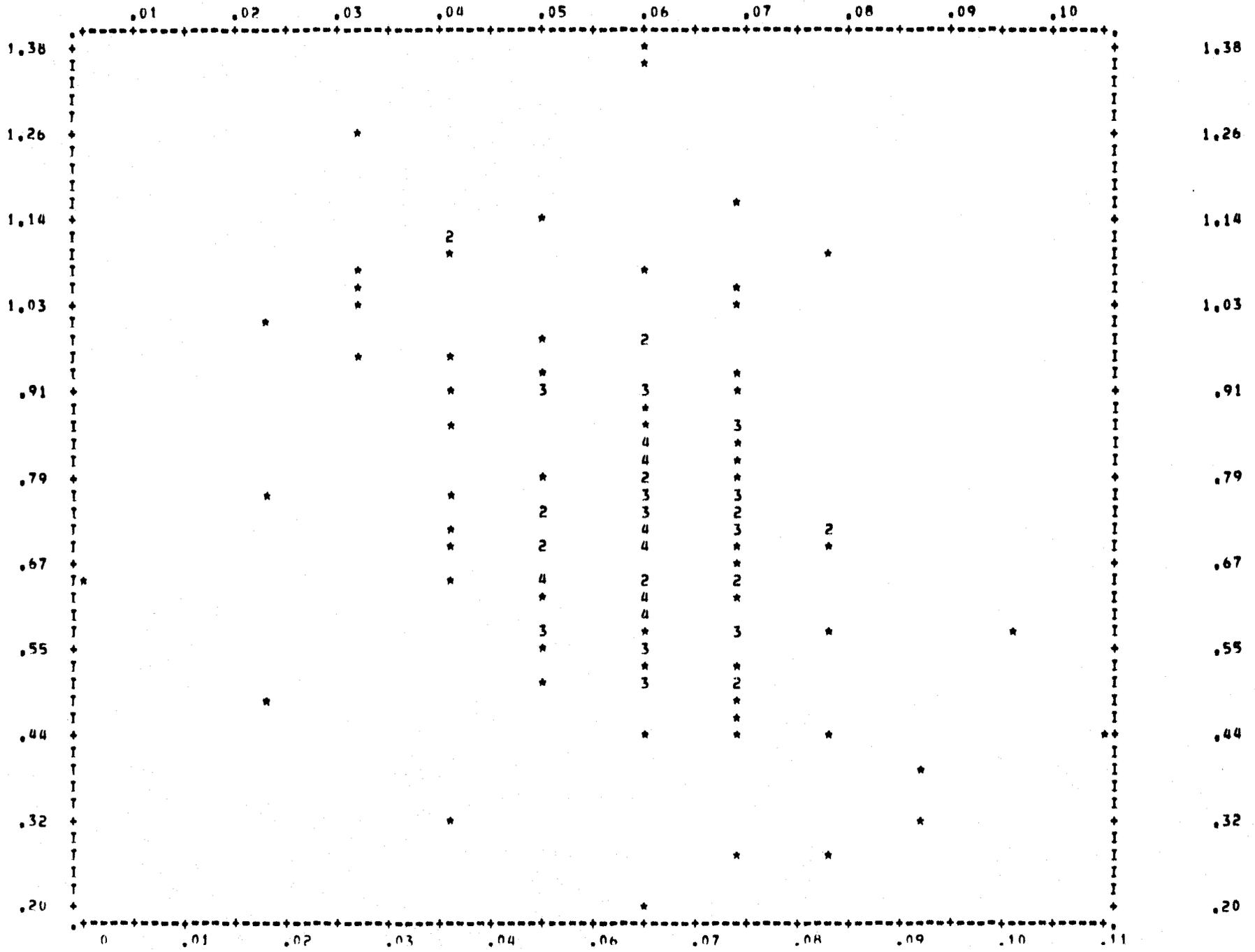


SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR03 : phaeopigments, surface  
 (ACROSS) PAR17 : N-nitrate + nitrite, surface

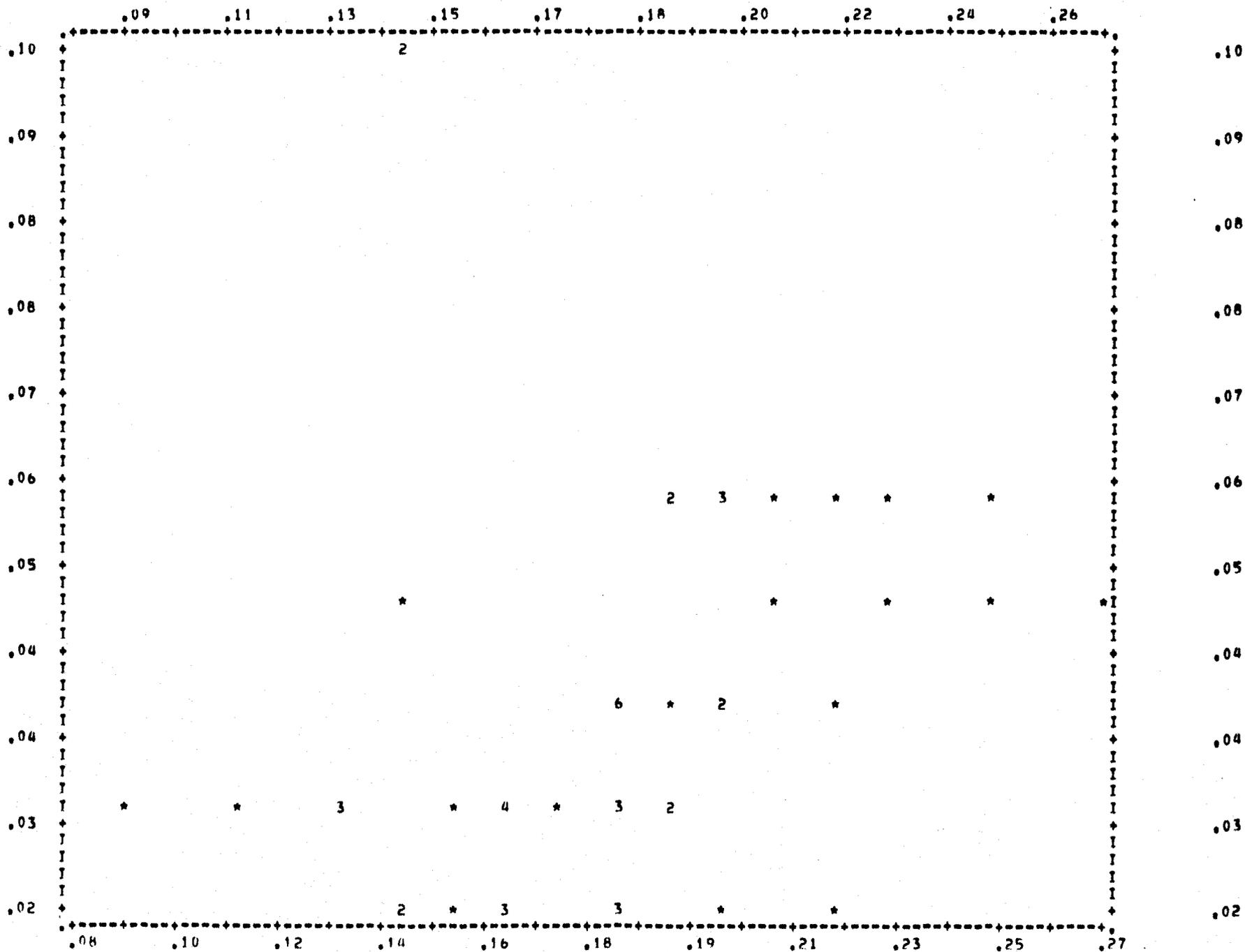


SCATTERGRAM OF

(DOWN) PAR0A : phaeopigments, intégré  
 (ACROSS) PAR2P : N-nitrate + nitrite, intégré

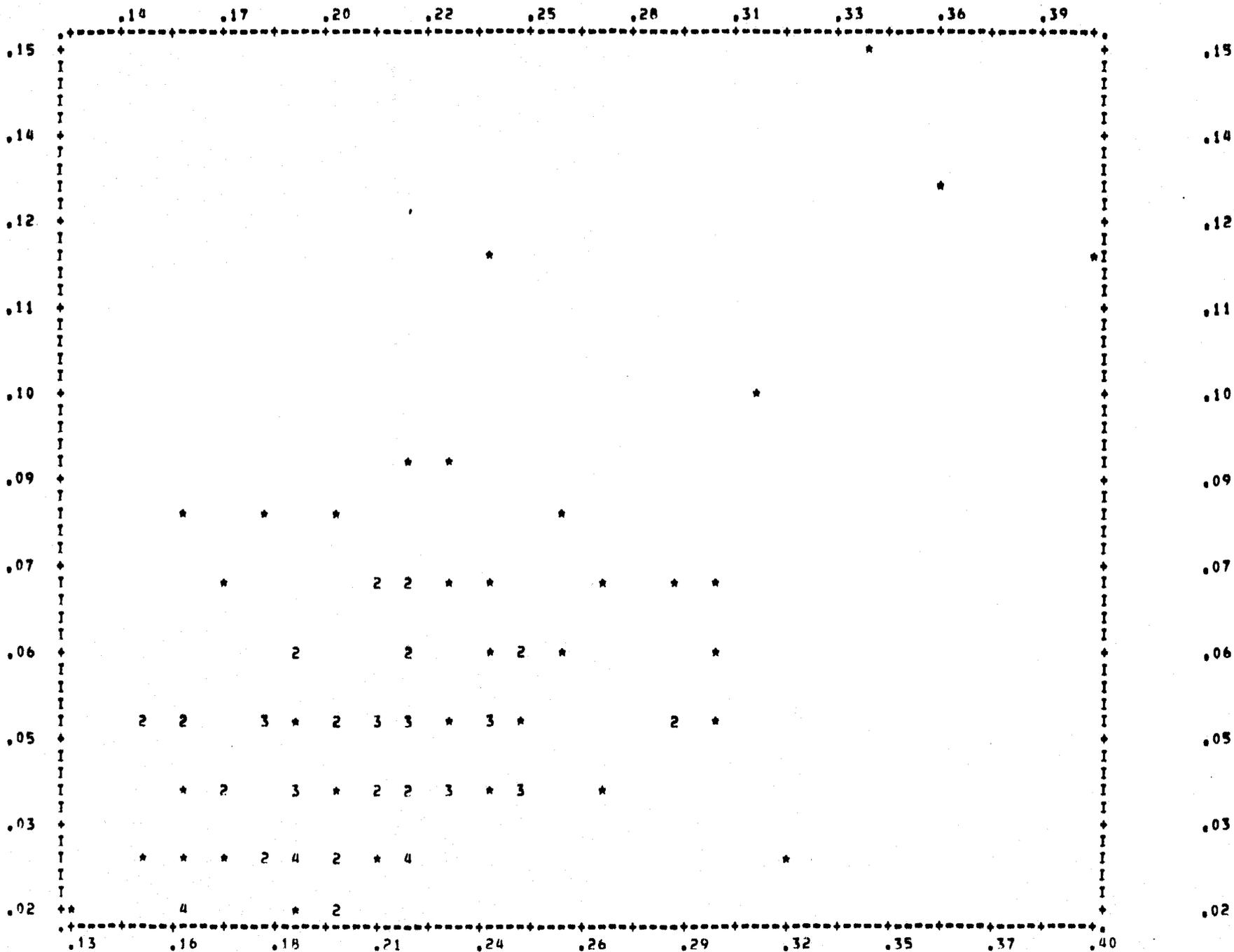


SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR13 : N-ammoniacal, surface  
 (ACROSS) PAR14 : N-Kjeldahl, surface



SCATTERGRAM OF

(DOWN) PAR1A : N-ammoniacal, intégré  
 (ACROSS) PAR19 : N-Kjeldahl, intégré





SCATTERGRAM OF (DOWN) PAR20 : P-inorganique, intégré  
 (ACROSS) PAR26 : Potentiel de fertilité, intégré

