

C.I.P.S.

MODELE MATHEMATIQUE DE LA
POLLUTION EN MER DU NORD.

TECHNICAL REPORT
1972/BIOL.-SYNTHÈSE 03.

/This paper not to be cited without prior reference to the author/

PREMIER NIVEAU TROPHIQUE : ANALYSES DE PIGMENTS PHOTOSYNTHÉTIQUES
ET DE PHYTOPLANCTON.

Unité d'Océanologie
Collectif de Bio-Ecologie (ULB-Prof.J.Bouillon-)
M.Steyaert-)
par

J.Steyaert & Ch.Van Beveren.

INTRODUCTION.

Le présent rapport concerne l'analyse des pigments photosynthétiques et l'analyse quantitative et qualitative du phytoplancton. Les résultats concernent les campagnes Juillet-août-septembre 1971, janvier 1972, les radiales avril 1972 (uniquement phytoplancton) et juillet 1972 (uniquement chlorophylle).

I. PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUES.

Les commentaires ci-dessous concernent la synthèse des données "pigments photosynthétiques" couvrant les campagnes "Grand réseau" de juillet - août 1971, janvier 1972 et juillet 1972.

Les analyses des échantillons du réseau radial n'ont pas été effectués, ceux-ci ayant été égarés et dégelés pendant un temps non défini avec la conséquence que les pigments photosynthétiques, très fragiles, ont subi une certaine dégradation qu'il est impossible d'estimer. Dès lors, des "anomalies" (dues peut-être uniquement à ces phénomènes de dégradation) pourraient être dangereusement interprétées. C'est pourquoi nous avons préféré abandonner le dosage de ces échantillons.

D'autre part, les chlorophylles des campagnes "estuaires" ont été dosées mais non publiées: l'aspect des spectres donne tout lieu de croire à une nette prédominance de phéopigments (déplacement des maxima et dans la région rouge et dans la bande de Soret). Cette hypothèse devrait se vérifier à l'aide d'analyses chromatographiques. A ce titre des essais ont été faits mais infructueux vu la trop faible quantité d'eau filtrée. Nous profiterons donc de la prochaine campagne estuaire pour recueillir la quantité de matériel nécessaire à l'élaboration d'un nombre suffisant de plaques de chromatographie permettant de séparer et de caractériser les différents pigments en présence.

COMMENTAIRES.

- L'aspect qualitatif concerne l'essai de différenciation chl.a active, phéopigment a au moyen de processus "Lorenzen". Il est à rappeler qu'il ne faut pas considérer les valeurs absolues en soi, mais bien le spectre des variations et plus particulièrement celui du rapport phéo.a/ chl.a .

- L'intégration quantitative comprend d'une part la moyenne pondérée (exprimée en mg/m³), et d'autre part la quantité de pigments se trouvant dans la colonne d'eau située sous 1 m² de surface. Cette dernière a été envisagée sous deux aspects :

- intégration sur toute la colonne d'eau
- intégration jusqu'à 1 % de lumière afin de distinguer la quantité de chlorophylle appartenant uniquement à la zone euphotique.
- L'ensemble des résultats comprenant les deux années est résumé dans les figures 1 à 6.

1. Aspect général des variations.

1°) Annuelles.

De l'ensemble des figures, il ressort que la quantité de pigments photosynthétiques, tant CHL.A que chl.a, est de loin supérieure l'année 1971 à l'exception toutefois de la station M05 qui possède une concentration plus grande en juillet 1972. Mais il est à noter que la profondeur d'échantillonnage en 1972 est de 6,50 m contre 5 m en 1971 et qu'au surplus l'apport "fond" en 1972 est considérable, ce qui dès lors influence et la moyenne pondérée et l'intégration par m². D'où l'importance de rester ^{constant} dans la prise d'échantillons.

2°) Saisonnieres.

Ces observations préliminaires concernent uniquement l'année 1972 durant laquelle la quasi totalité du réseau a été échantillonnée aussi bien en hiver qu'en été.

D'une manière générale, et d'un point de vue strictement quantitatif la concentration des pigments est uniformément peu élevée tant en janvier qu'en juillet à l'exception des stations côtières présentant tout à fait normalement un maximum de concentration en été.

Il faut néanmoins prendre en considération la station M01 dont la quantité de chlorophylle est particulièrement faible en juillet et particulièrement élevée en janvier.

Les stations faisant face aux estuaires fluctuent de manière plus désordonnée et seront discutées dans le paragraphe suivant.

2. Profils horizontaux.

1°) Moyennes pondérées.

Des figures 1 et 2, il ressort l'existence de 2 types de profils horizontaux : d'une part ceux groupant les transects M01 - M04, M16 - M20, M21 - M25 et d'autre part ceux situés devant les embouchures.

Transects M01 - M16 - 21

En été, l'allure générale du profil se caractérise par une quantité de chlorophylle élevée à la côte qui diminue ensuite brutalement pour atteindre des concentrations très faibles en fin de transect. La station M01 fait cependant exception de par sa quantité relativement basse en 1972. Les rapports phéo.a/chl.a (Fig. 3) sont inférieurs à 1 ou au grand maximum égaux à 1.

En hiver, il faut distinguer les transects Nord (M16-M21) où il n'y a pas de variation en fonction de l'éloignement de la côte, du transect M01 dont le profil est similaire à celui des mois d'été mais dont le rapport phéo.a/chl.a est de loin supérieur à 1, ce qui témoigne d'une très grande quantité de pigments dégradés par rapport à la chlorophylle active.

Transect M05 - M11

En été, l'allure générale du profil se caractérise par une chute brutale de concentration aux stations suivant immédiatement celles situées aux embouchures, à savoir M05 et M11, chute à laquelle succède un 2ème pic de concentration respectivement aux stations M08 et M13. Ces mêmes stations sont caractérisées par un rapport phéo.a/chl.a extrêmement bas ce qui témoigne d'une très grande quantité de chlorophylle active alors que pour les stations pauvres voisines, M06 et M12, ce même rapport est maximum. Il est toutefois à noter que le phénomène est beaucoup plus marqué en 1971 et que si l'on observe un réel pic de concentration aux stations M08 ET M13 en 1971, on enregistre qu'une légère hausse en 1972.

En hiver, seul le transect M05 a été effectué et il est à remarquer d'une part une concentration maximum au point M07 et d'autre part des rapports phéo.a/chl.a très élevés et ce jusqu'à la station M08.

2°) Valeurs intégrées en m².

Comme l'indiquent les figures 4, 5 et 6, ces valeurs varient avec la profondeur. C'est pourquoi, dans la mesure où nous disposons des données de "Secchi", nous avons jugé plus correct de limiter l'intégration jusqu'à 1 % de lumière et corrélér ainsi nos résultats avec ceux donnés par la productivité primaire et l'inventaire du phytoplancton.

Cette autre méthode d'intégration distingue également les deux types de profils (juillet 1971).

La remontée de biomasse qui caractérise chaque fin de transect, doit être attribuée à une plus grande pénétration de lumière due à l'éloignement de la côte. La quantité élevée observée à la station M08 par le calcul de la moyenne pondérée, est confirmée ici par le fait que la majorité des pigments appartiennent à la zone euphotique; ce qui par contre n'est pas le cas de la station M13. En ce qui concerne janvier 1972, les données, même si elles sont incomplètes, fluctuent de manière si désordonnée qu'il est difficile de les interpréter.

3. Profils verticaux.

D'une manière générale, les profils verticaux des stations éloignées des côtes sont rectilignes alors que les stations côtières d'une part et d'autre part celles situées devant les embouchures présentent des différences de concentration suivant la profondeur d'échantillonnage, avec toutefois des différences plus marquées en ce qui concerne les stations proches des embouchures, celles-ci subissant en fait une double influence : côtière et estuarienne.

Il est encore à mentionner le profil particulier de la station M08 (juillet 1971) qui présente un réel pic de concentration à 10 m de profondeur.

4. Conclusions.

De l'analyse des pigments photosynthétiques au cours des années 1971 et 1972, se dégagent certaines caractéristiques :

- quelle que soit la saison, il existe 2 types de stations :
 - M01 à M04, M16 à M20, M21 à M25 : ces stations présentent un gradient normal de concentration : côte → large avec toutefois un caractère plus côtier pour le transect M01
 - M05 à M10, M11 à M15 : ces stations situées aux embouchures sont tributaires d'arrivées d'eaux estuariennes et sont donc sous la dépendance de facteurs multiples d'où leur complexité. Ces dernières seront discutées de manière plus précise et à l'aide de paramètres supplémentaires dans la suite du présent rapport.
- Les concentrations de chlorophylle sont beaucoup plus uniformes en hiver qu'en été surtout en ce qui concerne les stations appartenant à la partie Nord du réseau.
- Durant les mois d'été, le rapport phéo.a/chl.a est toujours inférieur à 1, sauf aux stations M06 et M12. Durant les mois d'hiver par contre, il est toujours supérieur à 1, sauf pour les stations situées plus au large.
Les maxima enregistrés à M06 et M12 seraient donc plus liés à un phénomène de localisation que de temps.
Le spectre des variations du rapport phéo.a/chl.a semble apporter une information complémentaire utile mais qui, à lui seul, ne peut trouver sa pleine signification.

fig.1 : moyennes ponderees ChL.A

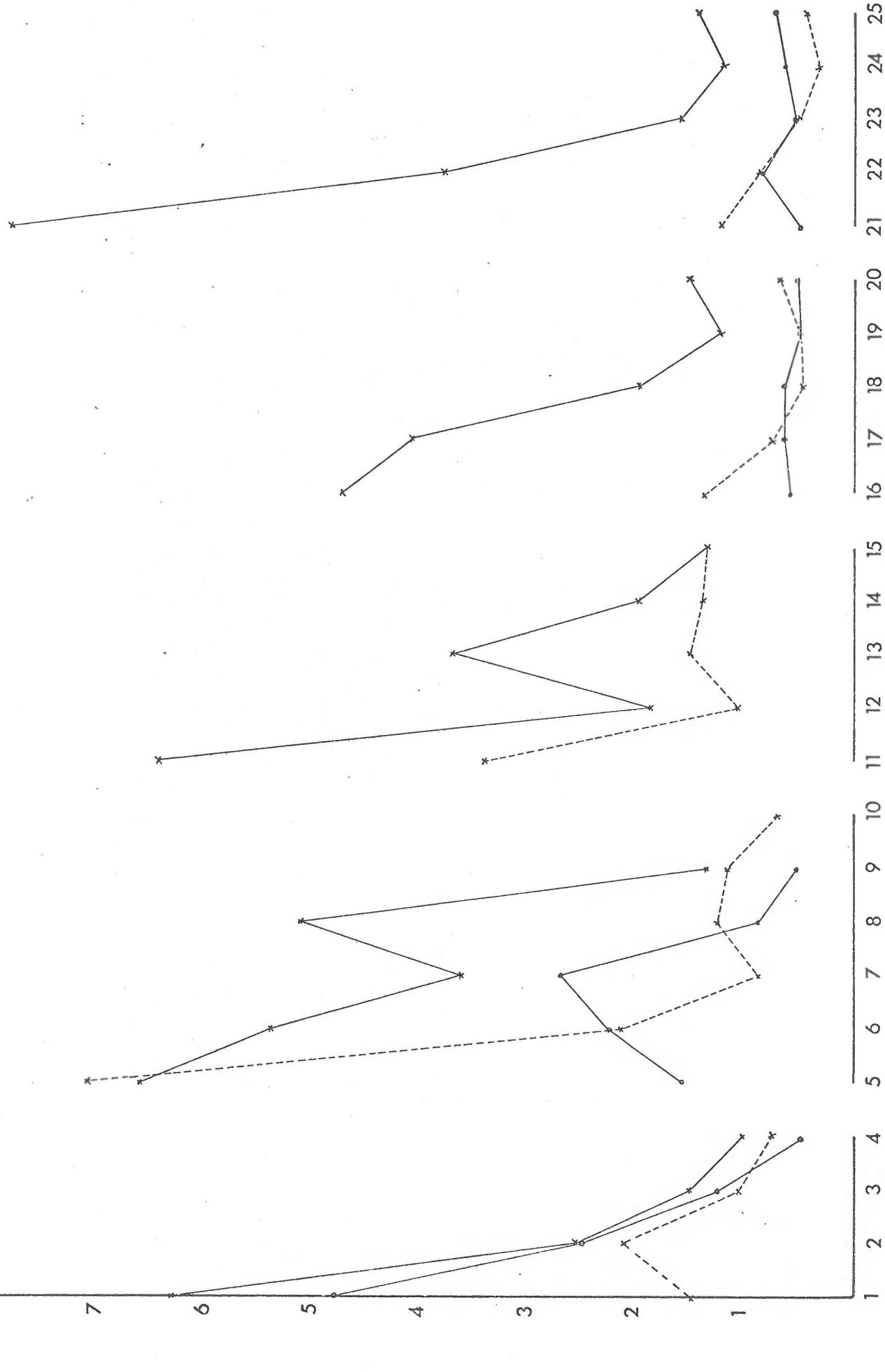


fig. 2 : moyennes pondérées - Chl.a

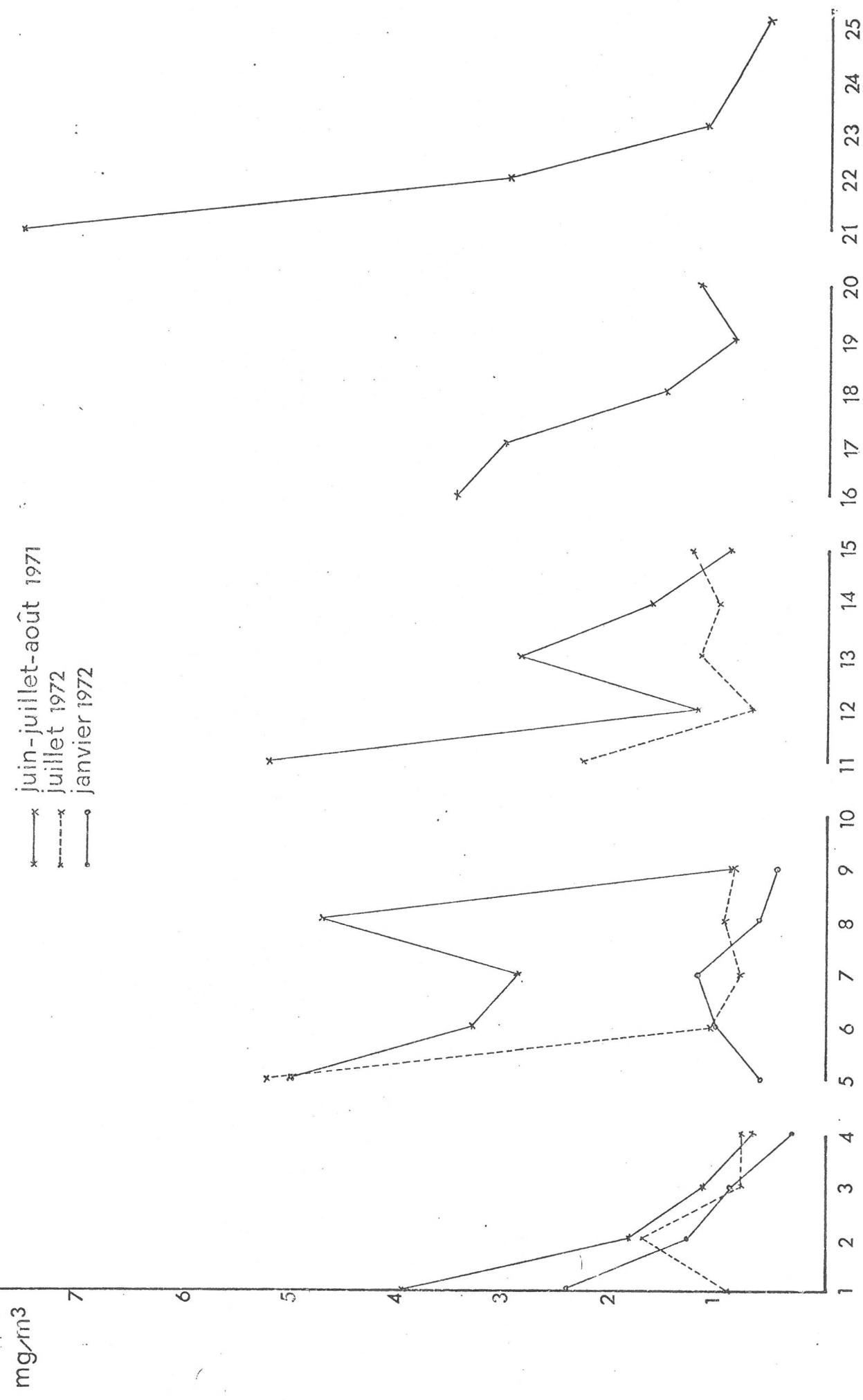


fig. 3 : moyennes pondérées - pheo a / chl.a

pheo_a/chl.a

juin juillet août 1971
juillet 1972
janvier 1972

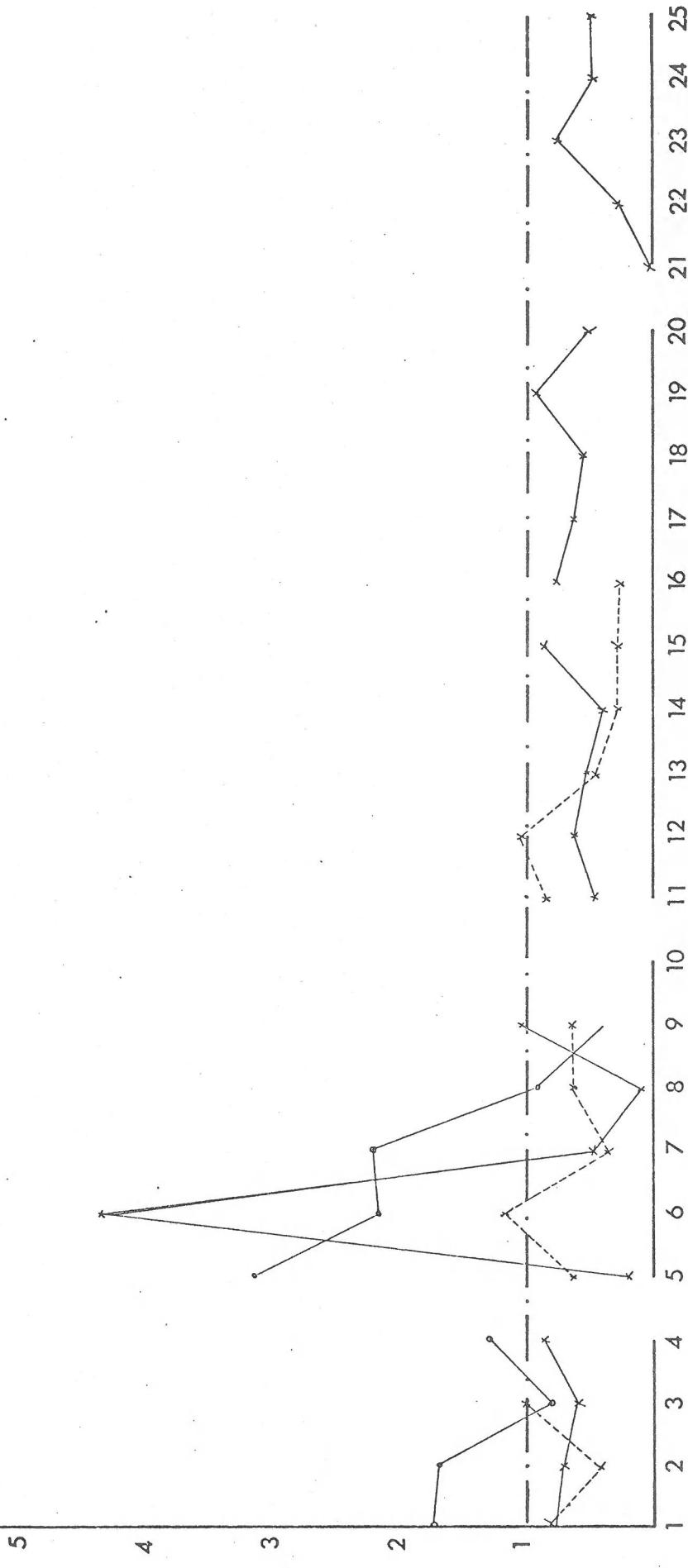


fig. 4 - CHL.A : intégrées en m^2 - juillet/août 1971

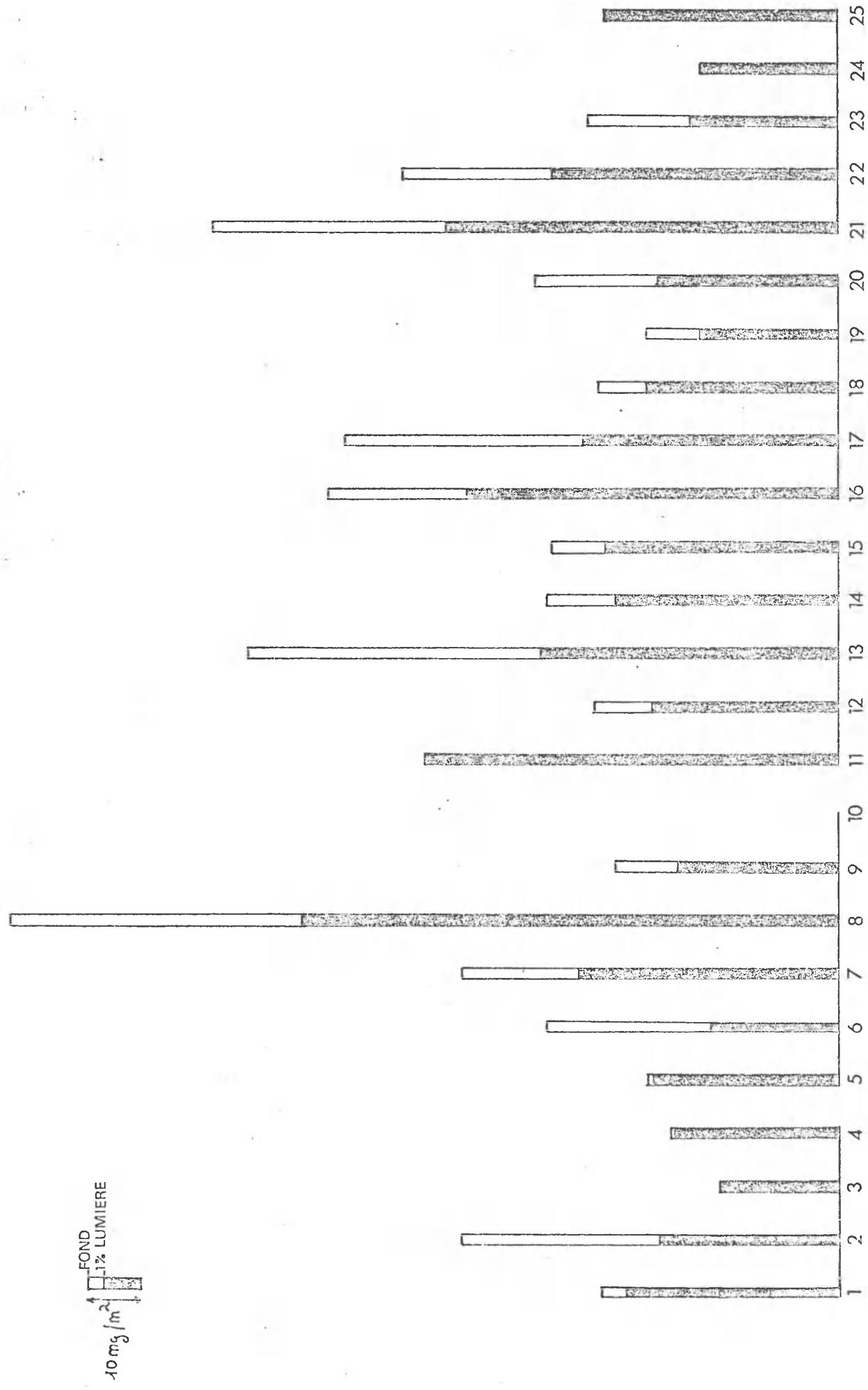


fig: 5- CHL.A : integrees en m^2 - janvier 1972

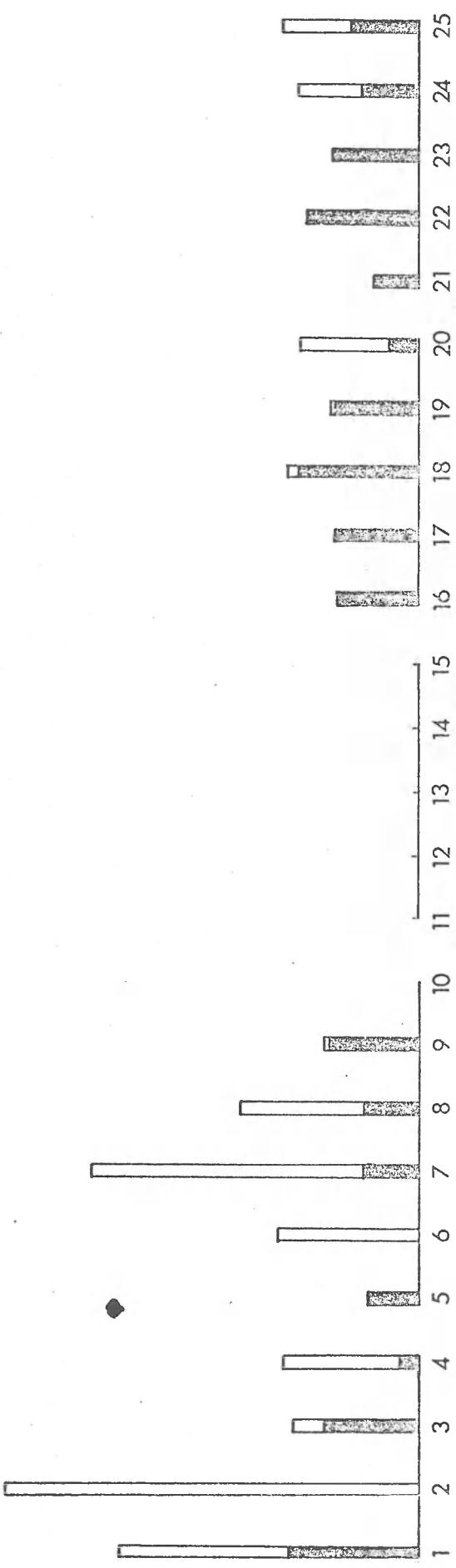
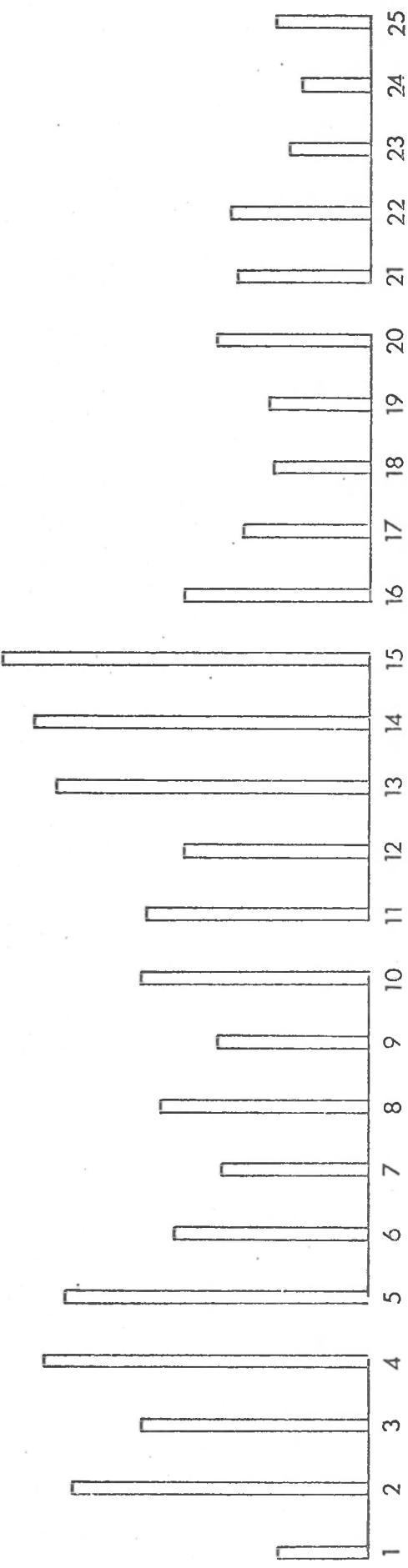


fig. 6 : .CHL.A : intégrées en m^2 juillet 1972



II. PHYTOPLANCTON.

La synthèse des résultats obtenus au moyen des données du Prof. LOUIS, se rapporte aux campagnes de juillet-août-septembre 1971, janvier 1972 ainsi que du réseau radial d'avril 1972.

La période ne couvrant pas une année complète et le nombre de répétitions aux mêmes points étant limités, il est, à l'heure actuelle, difficile d'envisager des conclusions générales.

Les variations, tant quantitatives que qualitatives, sont très rapides, et dans l'espace et dans le temps. De plus, l'échantillonnage à grande discontinuité ne permet qu'une approche d'ensemble ~~pour~~ tout le réseau. C'est dans cette optique que nous avons envisagé l'analyse des résultats.

1. Aspect quantitatif.

L'aspect quantitatif se rapporte au dénombrement des diatomées et dinoflagellés de grande taille et ne comprend ni les flagellés, ni les dinoflagellés de petite taille.. Par recouplement avec les données du Laboratoire du Prof. POLK, il est néanmoins possible, dans certains cas, de préciser de manière plus spécifique la notion "micro" et "nano" plancton déterminé par ~~filtration~~.

La quantité de phytoplancton exprimée en cellules par litre, devrait idéalement se référer à un échantillon pris à une profondeur donnée d'une station et ceci en même temps que tous les autres facteurs. Toute intégration faite sur un petit nombre d'échantillons comporte une marge d'erreur trop importante et conduit en quelque sorte à des artefacts. Dans le cas présent, l'intégration s'est imposée pour des raisons de corrélation, tant avec la chlorophylle qu'avec la productivité primaire.

Deux aspects peuvent être envisagés dans l'intégration quantitative: d'une part la moyenne pondérée (cellules par litre) et d'autre part la quantité totale de cellules phytoplanctoniques présente dans une colonne d'eau sous 1 m², en considérant celle-ci jusqu'à 1 % de lumière ou jusqu'à la profondeur maximale.

1°) Les moyennes pondérées.

Pour uniformiser les données, nous les avons ramenées au mieux à la pondération jusqu'à 1 % de lumière afin d'obtenir des mesures plus ou moins comparables. Dans certains cas, le 1 % de lumière n'étant pas fixé, nous n'avons pas mis les résultats en graphique. La Fig. 1 résume les résultats (voir Table I) concernant le grand réseau. De ces données, il se dégage que la quantité de phytoplancton observée en janvier 1972 est uniformément très faible excepté au point M01. Pour les mois de juillet-août-septembre 1971 par contre, les quantités sont très élevées et plus particulièrement près des côtes avec une chute marquée en fin de transect, (probablement liée à une présence de zooplancton). Deux transects (11 à 15; 5 à 9) se comportent néanmoins de manière particulière montrant une diminution de biomasse aux stations 6 et 12 qui succèdent à celles proches de l'embouchure (5 et 11). La relativement basse quantité phytoplanctonique trouvée à M 11 a été discutée dans un rapport antérieur concernant les échantillons de surface et il est à mettre en rapport avec la marée (confirmée par les variations en teneur de chlorophylle et la composition floristique).

La station M08 est particulière en juillet 1971 par sa grande quantité de phytoplancton présente dans la zone euphotique ; au mois de janvier 1972, la hausse par rapport aux stations voisines n'est que très faible.

Les points de la campagne II de septembre 1971 sont trop disparate que pour être considérés dans la discussion, avec cependant la remarque que pour le transect M11 - M14, les valeurs sont supérieures en septembre à celles obtenues au mois de juillet.

Table I.

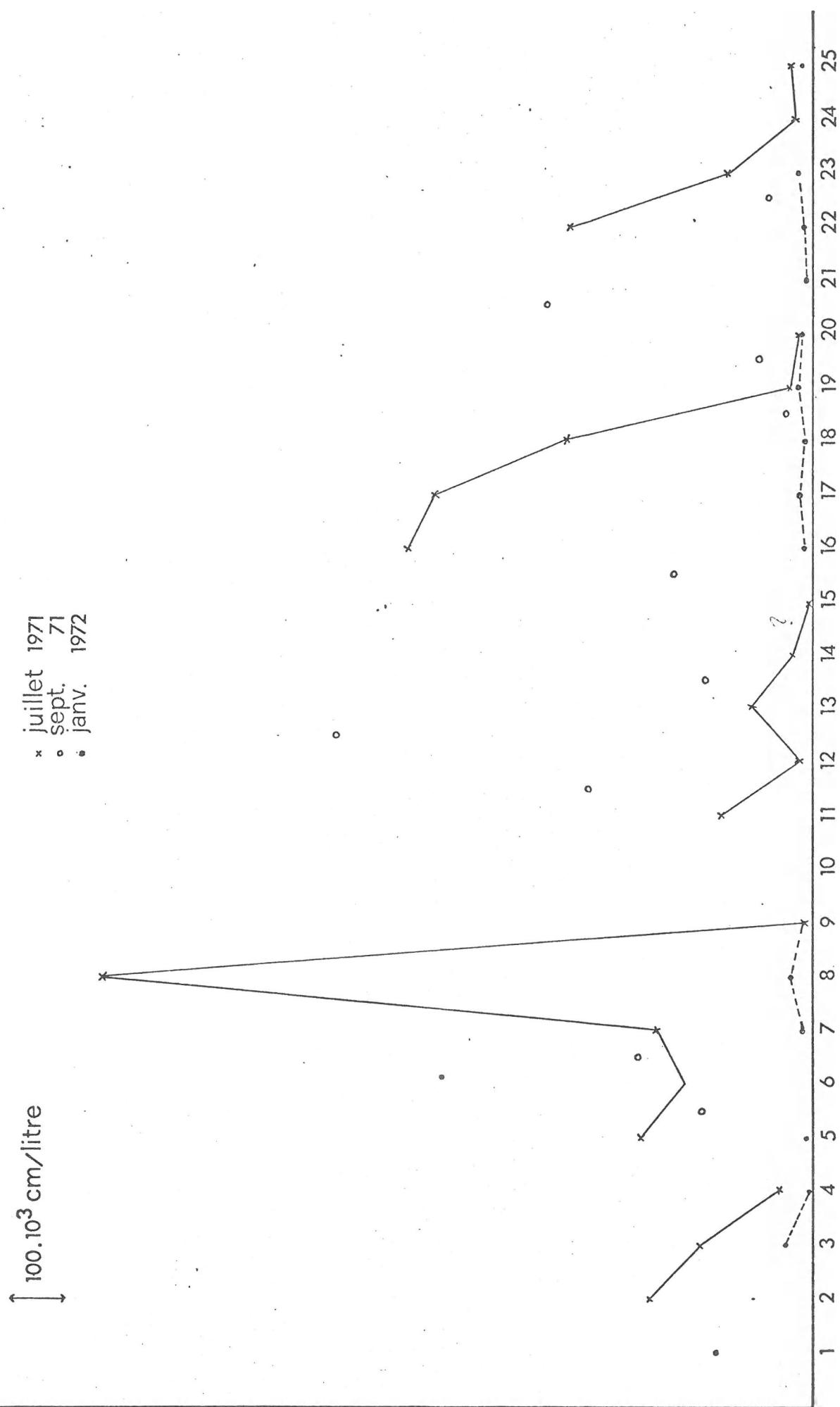
JUILLET AOÛT 1971	Moyennes pondérées (1% lum) nb. de cell./ 1×10^3	Intégration (1% lum) nb. de cell./ $m^2 \times 10^6$	SEPT. 1971	Moyennes pondérées (1% lum) nb. de cell./ 1×10^2	Intégration (1% lum) nb. de cell./ $m^2 \times 10^6$
M01	-	-	M54	209 (3m)	1254
M02	302 (14m)	4233	M55	324 (8m)	2592
M03	211 (16m)	3377	M59	482 (9m)	8676
M04	60 (24m)	1442	M60	892 (19m)	33896
M05	362 (4.5m)	1628	M61	201 (27m)	10854
M06	239 (2.5m)	597	M63	264 (10m)	5280
M07	286 (16m)	4580	M66	52 (20m)	2080
M08	1328 (30m)	2060	M67	99 (27m)	2643
M09	10 (27m)	261	M68	493 (6.5m)	6409
M11	173 (13.5m)	2342	M70	84 (17m)	1428
M12	22 (22m)	490			
M13	115 (27m)	646			
M14	36 (30m)	810			
M15	9 (32m)	299			
M16	761 (9m)	6853			
M17	706 (14.5m)	10231			
M18	460 (13m)	5983			
M19	45 (19m)	863			
M20	30 (27m)	808			
M21	955 (13m)	12420			
M22	451 (15m)	6760			
M23	162 (19m)	3078			
M24	28 (7.5m)	486			
M25	42 (30m)	1251			

Table I. (suite).

JANV. 1972	Moyennes pondérées (1% lum) nb. de cell./ 1. x 10 ³	Intégration (1% lum) nb. de cell./ m ² x 10 ⁶	AVRIL 1972	Moyennes pondérées max. récolte nb. de cell./ 1. x 10 ³
M01	177 (5m)*	888	M1097	627 (5m)
M02	-	-	M01	1174 (10m)
M03	48 (10m)	484	M1344	198 (30m)
M04	4 (5m)	20	M1348	313 (30m)
M05	11 (5m)	54	M1352	248 (30m)
M06	-	-	M1486	304 (15m)
M07	19	94	M61	74 (30m)
M08	38 (10m)	375	M1634	142 (40m)
M09	14 (25m)	343	M59	297 (15m)
M16	17 (20m)	344	M1699	88 (30m)
M17	26 (20m)	514	M67	16 (35m)
M18	13 (30m)	399	M2552	1348 (5m)
M19	27 (25m)	678	M1693	522 (20m)
M20	20 (10m)	203	M65	87 (25m)
M21	10 (15m)	152	M72	24 (20m)
M22	16 (20m)	310	M2689	608 (10m)
M23	28 (25m)	690		
M24	28 (15m)	414		
M25	22 (15m)	334		

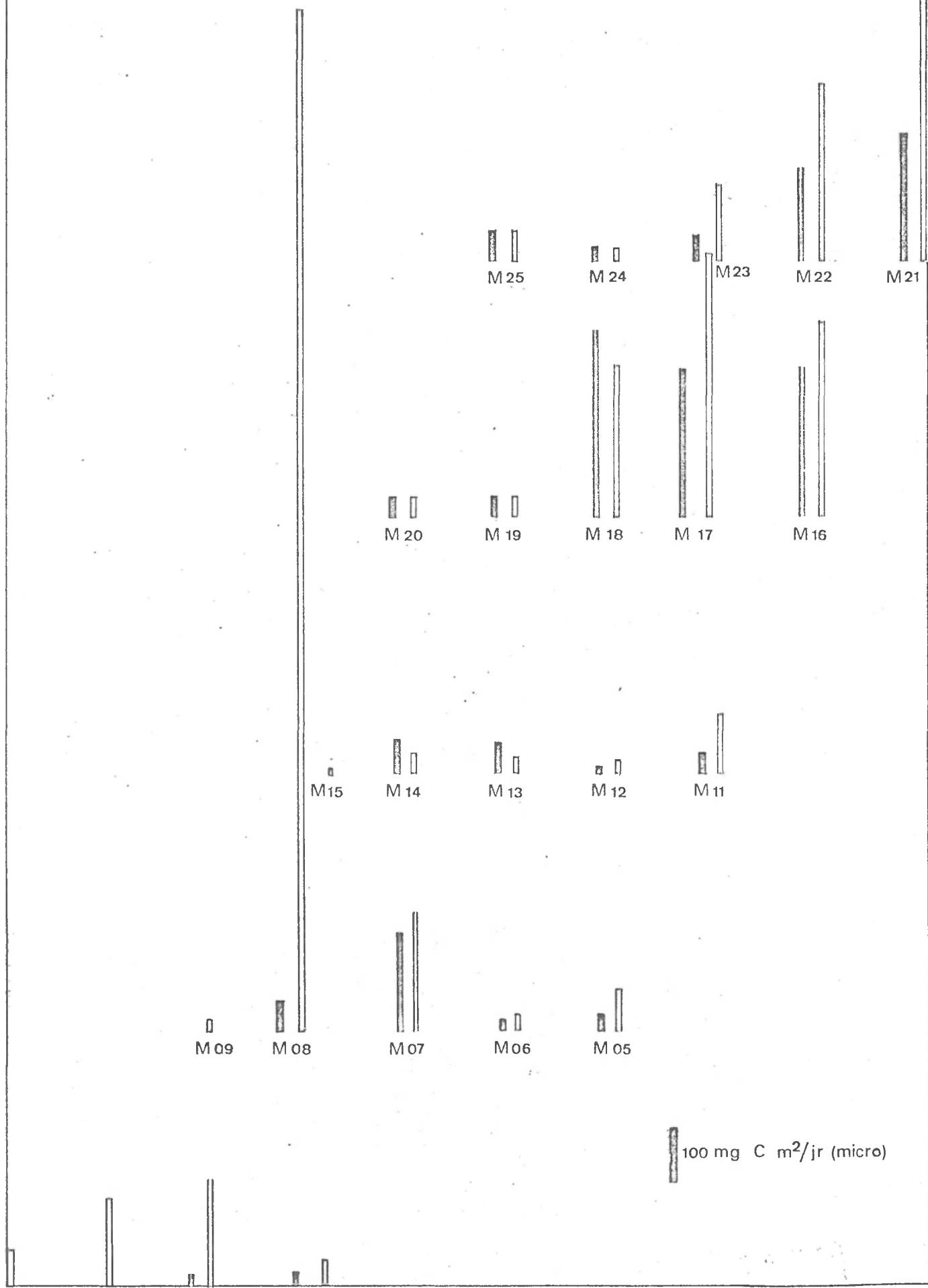
*: profondeur
d'échantillonnage
se rapprochant
le plus du 1 %
de lumière.

fig.1 : moyennes pondérées $\rightarrow 1\%$ luminosité en cell/l.



06.08.71

fig.2 : Diat. m^2 intégrée $\rightarrow 1\%$



2°) Valeurs intégrées en m².

L'intégration par m² est une mesure qui est fortement dépendante de la profondeur. Elle a été calculée dans ce cas jusqu'au 1 % de lumière afin de faciliter les comparaisons avec les données de productivité (Int. Prod.).

Pour juillet-août 1971, l'allure générale (Fig. 1 et 2) reste assez semblable à celle obtenue par les valeurs pondérées à l'exception des stations M17 et M08, ce qui signifie qu'à ces 2 stations la haute teneur en phytoplancton se situe dans la zone euphotique. Pour la campagne de janvier 1972, (Fig. 3 et 4) la différence est plus prononcée, particulièrement dans les zones situées au Nord (transect 16-20; 21-25) et est due à une forte pénétration de la lumière.

3°) Profils verticaux (Fig. 5 et 6)

Les profils verticaux sont généralement rectilignes pour les stations éloignées de la côte tant en juillet-août-septembre 1971 qu'en janvier 1972.

Pour les stations côtières, le profil vertical est souvent plus différencié et plus particulièrement face aux embouchures.

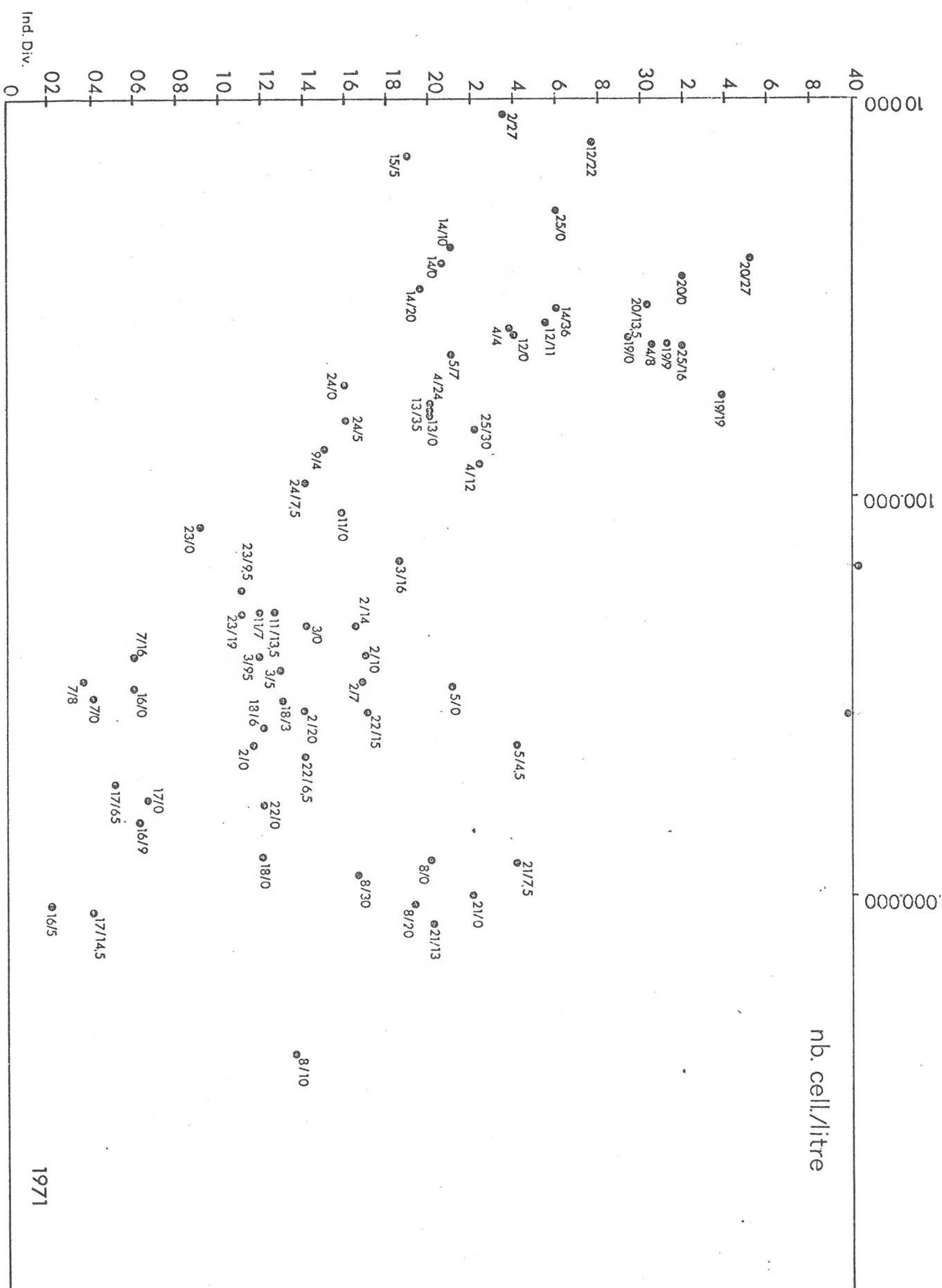
2. Aspect qualitatif.

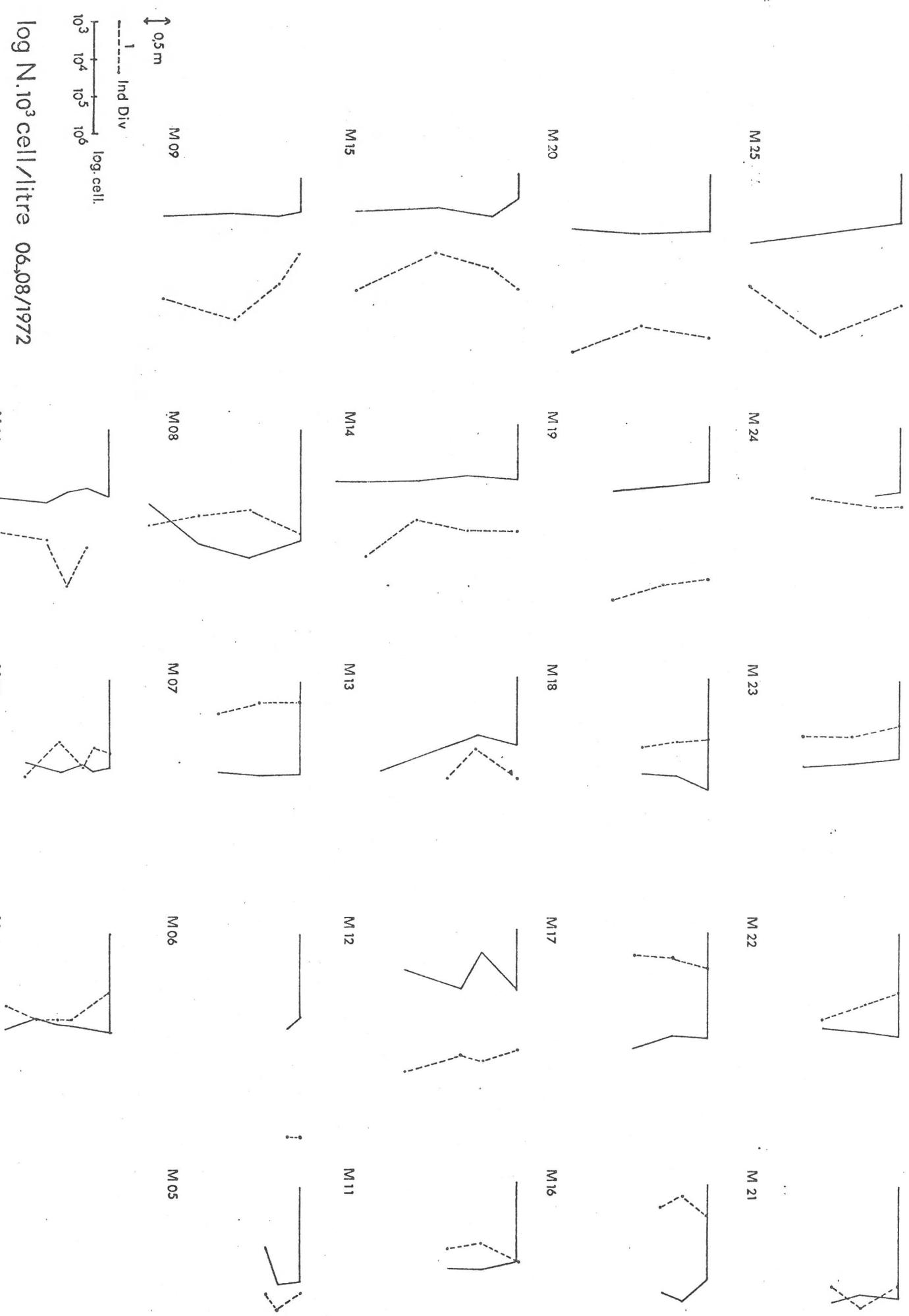
La détermination qualitative des espèces phytoplanctoniques est révélatrice de la nature des communautés, mais ne peut pas entrer sous forme de liste d'espèces dans le modèle mathématique. Aussi avons-nous essayé plusieurs méthodes de numérisation des données.

1°) L'indice de Diversité

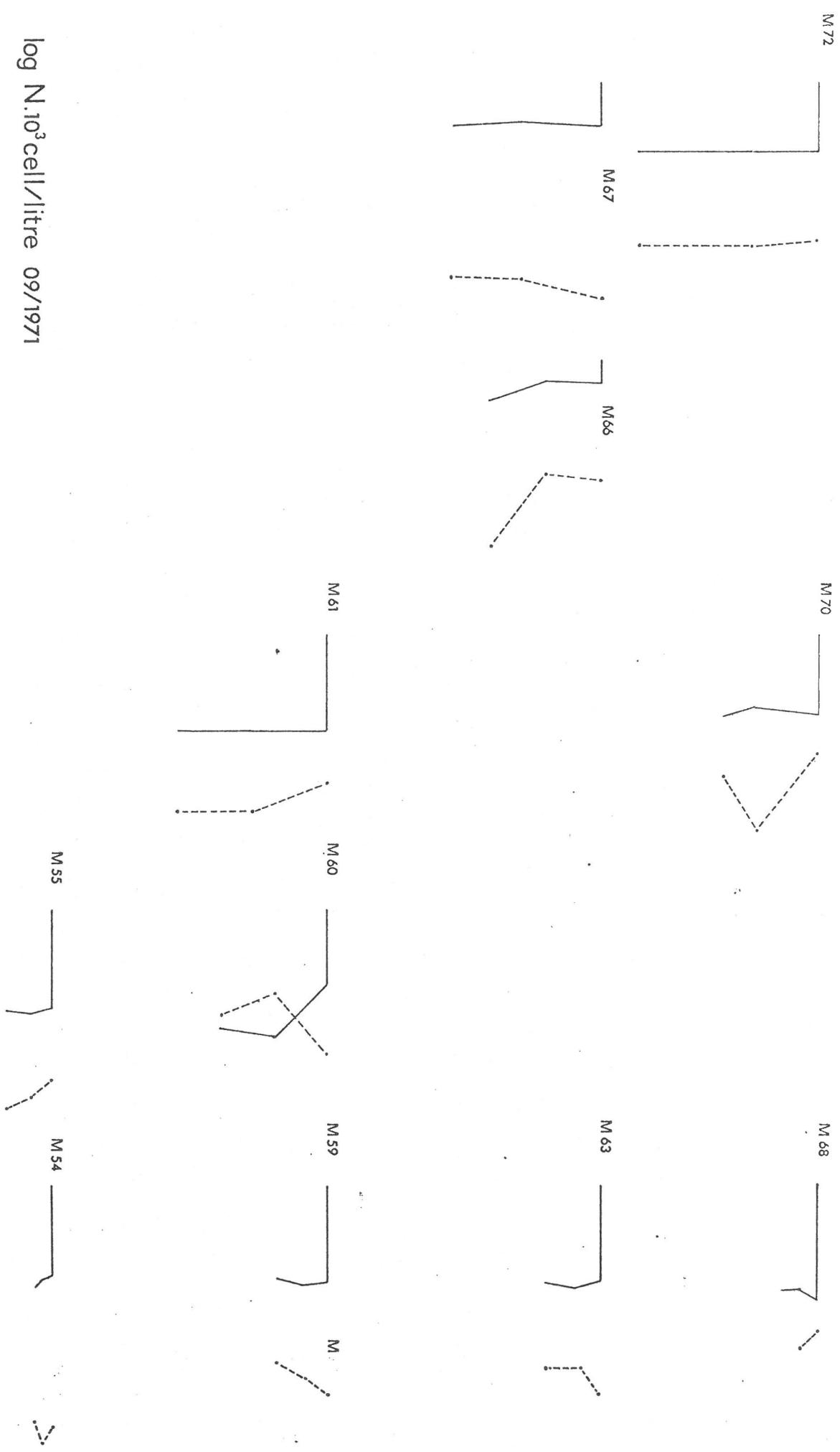
L'indice de diversité apporte une information concernant la structure des communautés et peut-être utilisée tant pour comparer différentes communautés que pour comparer la même communauté au cours du temps. C'est dans cette optique, que l'indice de diversité (Shanon-Waver) a été récemment employé par Copeland et Bechtel (1971) pour l'étude de diverses communautés en relation avec le degré de pollution des eaux.

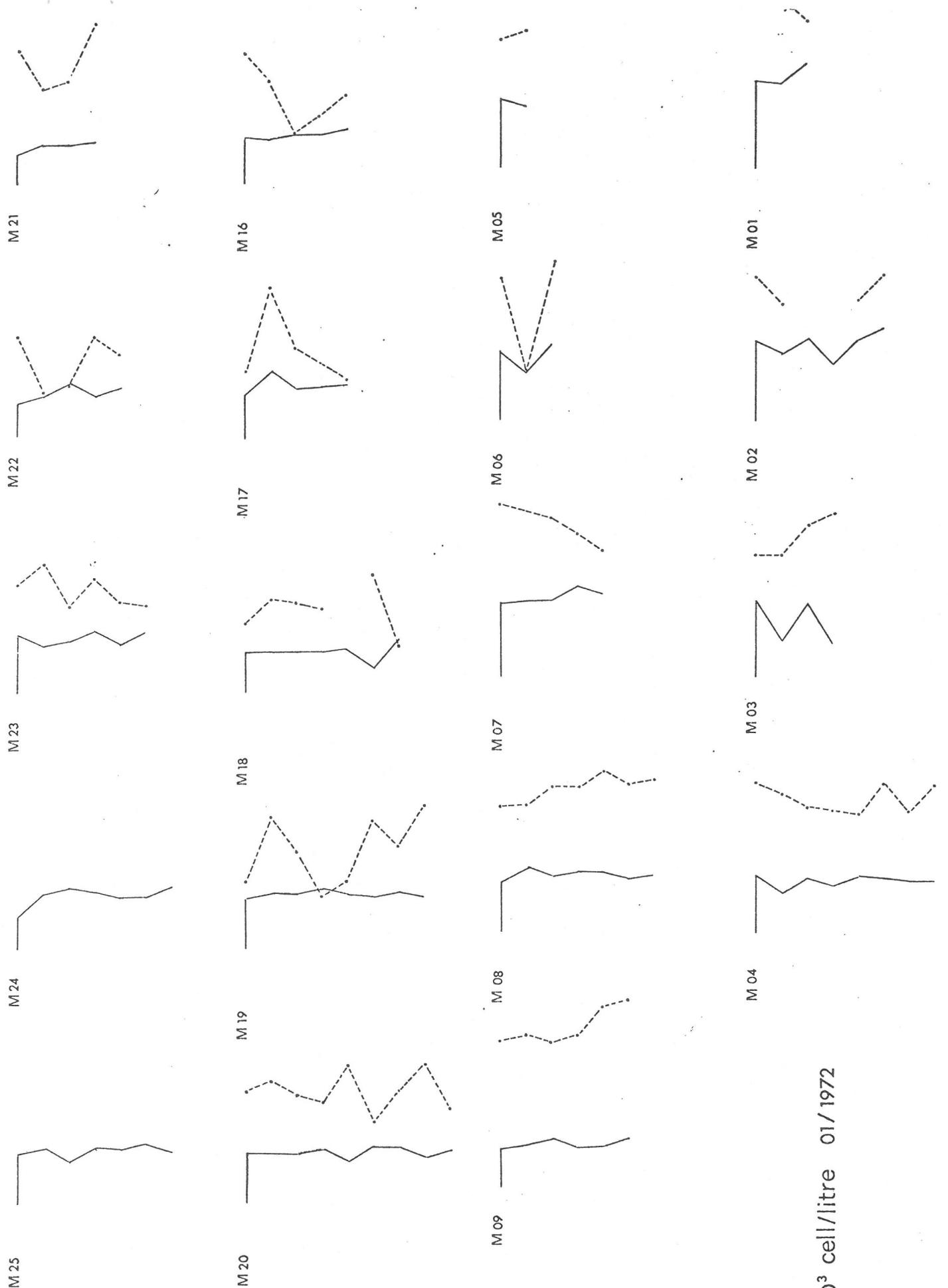
L'indice de diversité (mesure de la pente de la droite qui relie l'incrément du nombre d'espèces à l'incrément logarythmique du



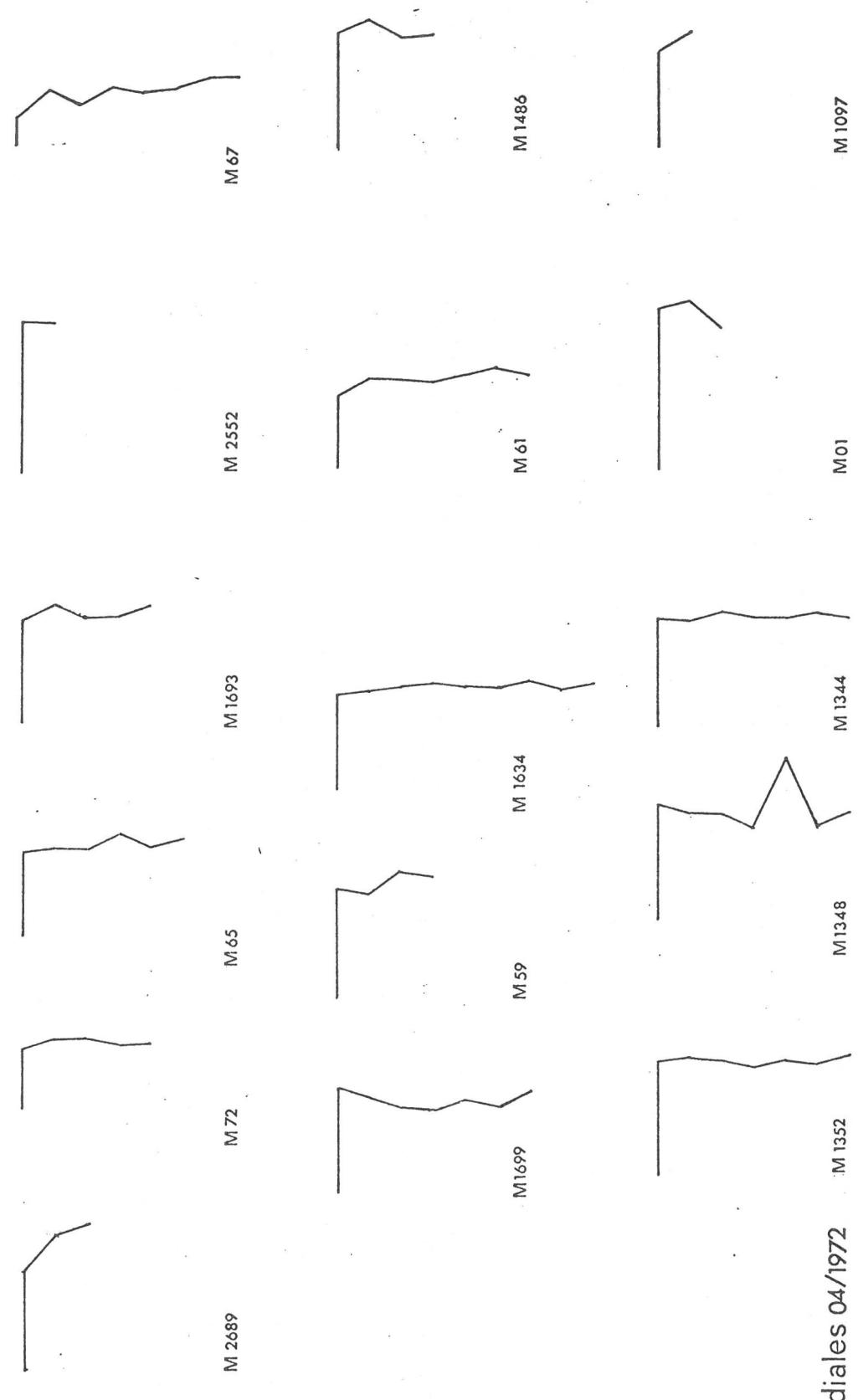


log N.10³ cell/litre 09/1971





log N 10³ cell/litre 01/1972



nombre d'individus comptés) doit néanmoins être considéré avec prudence plus spécialement dans le cas des communautés phyto-planctoniques à diatomées, car celles-ci sont en soi spécialisées aux conditions environnantes. De plus, plusieurs facteurs peuvent interférer tels : mélange de masses d'eau, le transport, etc. Dans un système idéalisé, l'indice de diversité augmente lorsque la population approche de son climax; l'indice de diversité est bas au début des successions.

Tenant compte de ces remarques, nous pensons néanmoins pouvoir discuter quelques résultats obtenus lors des campagnes réalisées dans le cadre du modèle mathématique. Si nous considérons la campagne juillet-août 1971, on remarque qu'au large l'indice de diversité est élevé et correspond à une quantité phytoplanctonique faible; par contre les stations côtières ont un indice généralement bas. Ceci indiquerait un gradient de la côte vers le large. Fait exception à cette règle l'élévation de l'indice aux stations M06 et M12, ce qui serait à mettre en relation avec un mélange de masses d'eau.

A noter également l'indice relativement bas aux stations M07 et M13. Comparant les données de juillet-août avec celles de septembre 1971 l'on peut observer que les points situés au large accusent une plus forte diversité liée à une diminution de la biomasse. La station M54 maintient l'allure particulière observée au point M06 et la station M60 correspond à la situation observée au point M13. En janvier 1972, les indices sont relativement élevés et liés à une biomasse phytoplanctonique faible. Cette apparente contradiction s'explique par la présence d'un grand nombre d'espèces "sporadiques" dont le pourcentage prend une valeur d'autant plus élevée que le total est faible. De plus, les variations de l'indice sur l'ensemble du réseau sont assez faibles : seule la station M07 accuse une légère élévation de l'indice et les stations M17, M18, M19 une légère diminution.

La distribution verticale de l'indice de diversité est plus ou moins uniforme en été alors qu'en janvier des variations accusées s'observent à la station M06 et dans le secteur Nord du réseau.

Nous pourrions donc résumer que l'indice de diversité en tant que spectre général donne une information supplémentaire quant à la structure de la population et nous renseigne en quelque sorte sur son "état". Néanmoins, il serait dangereux de vouloir les considérer comme valeurs absolues.

Un autre moyen d'approche au problème serait de trouver des espèces ou des populations liées à des conditions aprticulières. Dans ce but, nous avons cartographié les quantités totales (moyennes pondérées) de quelques espèces sélectionnées. La quantité observée étant d'une part fonction de la variation saisonnière, et d'autre part du milieu ambiant, il faudrait un grand nombre d'observations répétées au même point pour déceler l'influence de l'un ou l'autre facteur.

La caractérisation qualitative des populations échantillonnées au cours des différentes saisons, et cela de manière répétée, peut déceler des anomalies à certains points, telle une eutrophication rapide ou le maintien d'une population active différenciée à certains endroits. Dans le cas présent, la cartographie des différentes espèces n'a pas révélé une flore différente, quelques anomalies sont apparues. Ainsi, pour les campagnes juillet-août 1971, l'espèce *Rhizosolenia Shrubsolei* apparaît au point M07 comme dominante à 95 %. D'autre part, aux stations M16, M17, M18, M21, M22 et M23 *Ceratium fusus* et *Ceratium tripos* sont présents en grande quantité. Leur apparition massive dans la partie côtière Nord du réseau en août 1971 pourrait être attribuée à un état plus avancé des populations. Il est néanmoins impossible, vu l'écart de temps des échantillonnages, de savoir si une différence réelle du milieu existe ou si par contre l'époque importe davantage. Il s'avère donc nécessaire de réduire au maximum l'espace de temps entre la première et la dernière station ou à défaut de faire des recoupements ultérieurs. Pour la campagne de janvier 1972 tous les points sont à prédominance marquée de *Melosira sulcata*, mais la quantité maximale est observée aux stations M01, M08, M02.

Avec toutes les réserves nécessaires, et sans passer à des conclusions formelles, on remarque que la comparaison des données des différentes campagnes conduit à l'idée d'un déplacement du maximum vers le Nord au cours de la progression saisonnière (*Rhizoslenia Shrubsolei*, *Asterionella japonica...*), ce qui indiquerait qu'il y a d'une part une succession qui s'installe de la côte vers le large et d'autre part du Sud vers le Nord.

Une autre constatation - déjà discutée dans un précédent rapport - est l'influence des estuaires sur les points côtiers M05 et M11.

Rhizosolenia shrubsolei

nb. cell./ litre $\times 10^3$

0 : 07 08 1971 0.2 10.4 0 0 0.4 0.3 0 0.4 0.2 5.0
 0 : 09 / 1971 1.4 1.7 1.2 0 0.4 0.3 0 0.4 0.2 0
 0 : 01 / 1972 0 0.44 0.9 1.7 0.3 3.93 0.2 0.1 0.1 0.1
 0 : 04 / 1972 2.3 4.4 0.9 1.7 0.3 0 0 0.1 0.1 0.1

422 365 38

18 45 71 72

0.4 3.5 0.8 2.6

9 53 69 0.1
 0.3 0.9 0.3 105
 666 269 152 9

48.4

0.3 0.03 1.9 90
 1.1 0.6 1.5 2.8

Ceratium fusus

nb. cell / litre $\times 10^3$

0 : 07.08.1971
0 : 09 / 1971
0 : 01 / 1972

8.9 17 7.9 133 0.2 359 539 0

1.7 0.7 39 0.6 358 0 602 726 0

2 0.1 1.7 0 3.9 0 0.8 0

0 0 0 0.02 0.05 0.1 0.1 0

0 0 0

Asterionella japonica

nb. cell./ litre $\times 10^3$

0 : 07.08.1971
0 : 09. / 1971
0 : 01 / 1972

$$\begin{array}{r} 0.03 \\ \underline{\times 67} \\ \hline 0 \end{array}$$

0.06	<u>0.5</u>	0.5
0.07	<u>0.3</u>	0.3
0.07	<u>0.0</u>	0.0
0.07	<u>0.4</u>	0.4
0.07	<u>0.0</u>	0.0

01 6
60 6
0 6
678 6
0 6
80 6
0 6
0 6

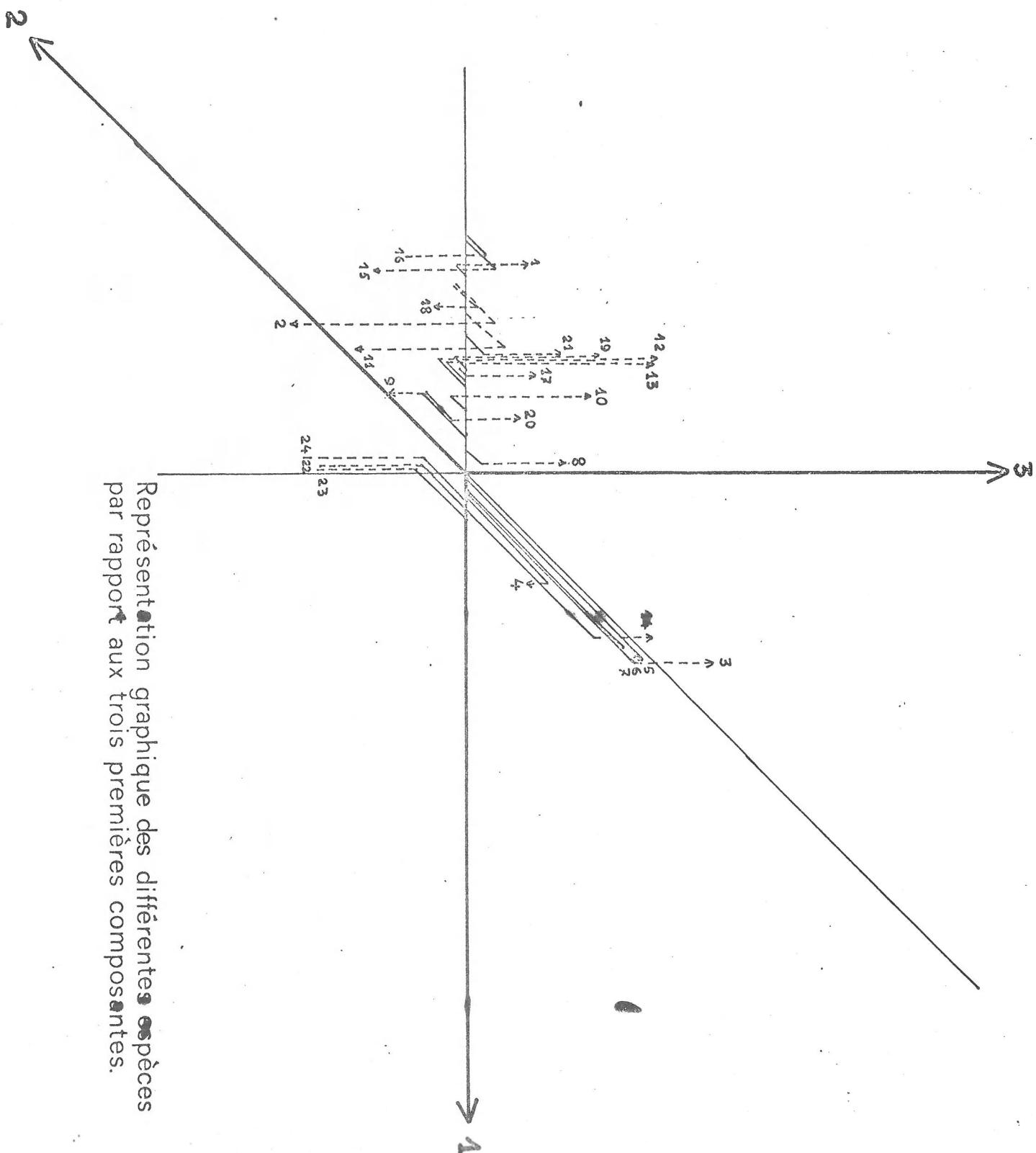
$$\begin{array}{r} \underline{3.3} \\ - 1.0 \\ \hline 2.3 \end{array}$$

La Figure montre la quantité d'algues d'eau douce qui pénètre dans l'eau de mer. De toute évidence, l'estuaire du Rhin influence davantage le système marin que l'estuaire de l'Escaut. A ces stations l'heure de la marée et la simultanéité de l'échantillonnage nous apparaissent essentielles.

L'approche du problème phytoplanctonique au moyen de la cartographie de certaines espèces est de toute évidence soumise à une estimation subjective peu adéquate pour le modèle mathématique. Aussi, avons-nous essayé une méthode d'analyse factorielle des espèces qui, étendue sur plusieurs campagnes, pourrait se coupler à une analyse de paramètres du milieu. L'analyse des composantes principales a déjà été appliquée par plusieurs auteurs dans le domaine agronomique, zoologique, et plus récemment par Margalef et Blasco sur le phytoplancton. Le but de cette analyse est de trouver des associations d'espèces qui ont un comportement similaire vis-à-vis des composantes principales ou tout au moins pour les premières d'entre elles. L'analyse a été effectuée sur 24 espèces couvrant les données de 1971 (juillet, août et septembre). Le choix de ces espèces doit encore être soumis à une étude approfondie utilisant un programme quelque peu modifié. L'analyse obtenue sur ces espèces donne 75 % de la variance pour les 8 premières composantes et plus de 50 % pour les 4 premières. Ultérieurement, il serait intéressant de voir la corrélation existant entre chacune de ces composantes avec les autres paramètres du modèle. Dans le cas présent, on remarque que *Eucampia* et *Dithylum* se comportent de manière semblable et sont des éléments importants de la composante 3. *Ceratium fusus*, *Ceratium tripos* et *Peridinium pedumculatum* sont fortement liées négativement à la composante 4; *Rhisozolenia Stolterfoteii*, *Rhisozolenia Shrubsolei*, *Rhisozolenia hebetata* *semispina* sont également négativement liés à la composante 2. Cette étude tout à fait introductory ne pourra être considérée comme valable que si les espèces choisies sont prises dans des échantillons couvrant au moins une année entière.

Table II.

CUMULATIVE PROPORTION OF TOTAL VARIANCE								
EIGENVECTORS								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
- .17	• .32	• .44	• .53	• .60	• .66	• .71	• .75	• .80
MELOSIRA SULCATA	- .3641	• .0247	• .1301	• .0423	• .1996	• .2174	• .1066	• .1848
SCELETONEMA COST.	- .3233	- .0754	- .3085	- .1655	- .0882	• .0913	• .1090	- .0063
LEPTOCYLINDR. DAN.	• .0475	- .4385	- .1379	- .1753	- .0387	• .0691	• .0313	- .1046
GUINARDIA FLACC.	- .0565	- .2149	- .0337	- .0454	- .0723	- .2725	- .2251	- .6335
RHIZOS. STOLTERF.	• .0392	- .4202	- .0042	- .1155	- .0529	• .0182	• .0762	- .1132
RHIZOS. SHRUBSOLET	• .0377	- .4117	• .0062	- .1245	- .0167	- .1153	- .0471	• .2175
RHIZOS. HEBET. SEMI.	• .0087	- .4563	- .0155	- .1229	• .0589	- .1609	- .0186	- .0024
CHAETOC. COSTATUS	- .0441	- .0313	• .1650	• .0006	• .2996	• .5965	- .0767	• .0129
CHAETOC. CURVISET.	- .0687	• .1148	• .0731	- .4053	• .1253	- .0963	• .2911	• .2058
CHAETOC. RADIANA	- .1236	• .0332	• .2513	- .2564	- .4130	- .0166	- .0660	- .1913
CHAETOC. BOREALIS	- .2911	- .1009	- .2789	• .0769	- .2130	• .1111	- .1163	• .1252
EUCAMPIA ZOODIAC.	- .1769	• .0779	• .4036	- .2600	- .2566	• .0615	- .0582	• .0241
DITHYLM BRIGHTW.	- .1494	• .0810	• .4097	- .2664	- .2458	- .0572	- .0332	• .0006
CERATAULINA BERG.	• .0684	- .3176	• .1067	- .0121	• .1576	• .2399	• .2439	- .3482
DIMEROGRAMMA MIN.	- .4209	- .0578	- .2260	• .0346	- .0947	• .0683	- .0419	- .0554
RAPHONEIS AMPHIC.	- .4274	- .0471	- .1507	• .0387	- .0779	• .0894	• .0514	- .0375
ASTERIONELLA JAP.	- .1643	• .0270	• .1522	• .0136	• .2697	- .4549	- .1237	- .0707
THALASSIONEMA NIT.	- .2948	- .0748	- .0859	• .0845	• .0833	- .2497	- .0277	- .2412
NITZSCHIA LONGISS.	- .1881	• .0514	• .2795	- .0366	• .4013	• .1626	- .2085	.2208
NITZSCHIA SERIATA	- .0728	• .0489	• .1138	• .0277	• .0572	- .1435	• .7972	.2352
NITZSCHIA CLOSTER.	- .2492	- .0409	• .1569	• .0464	• .3589	- .3490	- .1484	- .1168
CERATIUM FUSUS	• .0840	• .1312	- .1982	- .3053	• .1115	• .0128	- .1132	.0294
CERATIUM TRIPLOS	• .0610	• .1097	- .1922	- .3987	• .1630	• .0101	- .0995	- .1455
PERIDINIUM PEDUNC.	• .0471	• .1195	- .2349	- .5026	• .1995	• .0218	- .0079	- .0593



Représentation graphique des différentes espèces par rapport aux trois premières composantes.

CONCLUSIONS.

- De l'étude systématique quantitative des populations phytoplanctoniques du réseau, plusieurs faits semblent se détacher :
 1. Un gradient de succession apparaît de la côte vers le large et du Sud vers le Nord.
 2. Les populations côtières et plus particulièrement certains points tels M07 et M13 paraissent soumis à une productivité particulière : biomasse élevée, indice de diversité bas. Par contre les points M06 et M12 sont à biomasse basse et indice de diversité élevé.
 3. La partie Nord du réseau suit en tous points le gradient normal côte \Rightarrow large.
 4. L'influence côtière est plus marquée dans le premier transect (M01-M04).
 5. Toutes les stations en fin de transect sont appauvries en phytoplancton, probablement du au grazing.
 6. Le spectre de variation est faible en début de saison et s'accentue aux mois d'été.
- Mais si l'étude du phytoplancton en soi est indicatrice, elle révèle sa pleine signification couplée aux données de chlorophylle et de productivité.
Ainsi les transects Nord (M16 - M20 ; M21 - M25) paraissent identiques du point de vue productivité, teneur en pigments chlorophylliens et biomasse phytoplanctonique. L'allure générale est assez semblable aussi au premier transect (M01 - M04).
Par contre, à tous points de vue, les transects qui font face aux embouchures sont particuliers. Effectivement, les stations près des embouchures sont caractérisées par une forte influence de la marée et une quantité phytoplanctonique ainsi qu'une teneur en chlorophylle élevées (dépendante des marées) mais une productivité relativement moins élevée. Les stations (campagne 1971) M06 et M12 sont très particulières : biomasse phytoplanctonique très basse (tant par les mesures de chlorophylle que par les comptages de cellules).

L'indice de diversité est élevé et la productivité très basse. Par contre les stations M07 et M13 ont une biomasse associée à un indice de diversité très bas (particulièrement pour M07) mais une productivité très élevée. De plus, à ces mêmes stations M07 et M13, le rapport phéo.a/chl.a est au minimum, alors qu'il est maximum aux stations M06 et M12. Si l'on compare ces résultats aux données d'éléments nutritifs tels les nitrates, on remarque que la limite de ces derniers se trouve entre les stations M07-M08 et M13-M14. Cette situation correspond à une succession assez générale : nutrients abondants et biomasse + productivité basse, suivis d'une diminution de nutrients, une biomasse croissante et une productivité élevée, se terminant par une absence de nutrient alliée à une biomasse élevée et une productivité basse. Néanmoins les stations M06 et M12 ont une flore phytoplanctonique variée (indice de diversité anormalement élevé) ce qui conduirait à croire que ces deux points sont dans une situation critique et accusent la limite de l'influence estuarienne. La confrontation avec les autres paramètres et plus particulièrement la salinité et la silice serait très intéressante.