

This paper not to be cited without prior reference to the authors .

Premier niveau trophique :

Etude des pigments photosynthétiques, de la matière organique particulaire et du phyto-plancton dans l'aire du Modèle mathématique C.I.P.S. - Mer du Nord.

Unité d'Océanologie
Collectif de Bio-Ecologie
(U.L.B. - Prof. J. BOUILLON -
M. STEYAERT)

par

J. STEYAERT et Ch. LANCELOT-VAN BEVEREN

Introduction.

L'étude et la compréhension de tout système biologique et plus particulièrement de l'étude d'anomalies ou d'écarts à la normale, nécessite une approche préalable de la distribution de ses éléments et toute variation propre au système. C'est ainsi que l'étude quantitative et qualitative de la biomasse phytoplanctonique (pigments photosynthétiques et cellules microalgales) et des matières organiques particulières a nécessité un inventaire détaillé à chacun des points du réseau, échantillonnés à différentes périodes de l'année et de manière répétée. Les déterminations et les comptages des espèces microalgales ont été faits par le Laboratoire du Prof. LOUIS de la Katholieke Universiteit Leuven (voir Technical report)

Chapitre I : Etude de la biomasse phytoplanctonique et des matières organiques particulières aux points fixes.

L'étude des stations fixes pendant les mois de janvier et de juin s'est portée sur un ensemble de 4 stations, chacune représentant des zones particulières du réseau couvert par le modèle mathématique:

M14 : station éloignée de la côte

M01 : station côtière située au sud de l'estuaire

M06 : station côtière faisant face à l'estuaire et donc soumise au brassage d'eaux d'origine différente

M16 : station côtière située au nord de l'estuaire.

Cette étude s'étend en général sur 5 jours et comprend :

- un échantillonnage journalier à la profondeur de 2 m
- un cycle de 24 heures à la profondeur de 2 m à raison d'un prélèvement toutes les 2 heures
- des profils verticaux aux 3 niveaux : surface - milieu - fond.

COMMENTAIRES.

A. Etude des variations à la profondeur de 2 m.

Remarque préliminaire : L'étude des variations diurnes à la station M16, mieux explicitée par le graphique I, met en évidence l'importance de l'interférence des phéo-pigments dans le calcul de la chlorophylle a par la méthode du SCOR (voir Rapport I, 1971).

En effet, bien que la méthode trichromatique du SCOR soit plus précise, elle ne tient pas compte de l'interférence des ^{phéo} pigments qui, absorbant moins de lumière par unité de poids, provoquent des erreurs d'estimation importantes lorsque ceux-ci sont présents en grandes concentrations. Effectivement, lorsqu'on compare la somme Chl.a + phéo.a, Chl.a (Lorenzen) et CHL.A (SCOR), on remarque que les écarts entre les valeurs sont fonction de la présence plus ou moins grande de phéo-pigments.

Dès lors, quoique monochromatique, il semble préférable d'opter pour la technique de Lorenzen dans tous les cas où la quantité de phéo-pigments est non négligeable par rapport à la teneur en chlorophylle a, ce qui est souvent le cas dans la zone délimitée par le modèle mathématique.

1) Station éloignée de la côte : M14 - Graphique III

Les prélèvements intensifs de janvier et de juin donnent des fluctuations journalières de concentrations désordonnées et probablement plus liées à l'erreur commise sur la mesure qu'à une variation réelle de concentration. En effet, la trop faible quantité de matière organique particulaire contenue dans 1 l. d'eau de mer prélevé au point 14 fait que les concentrations à mesurer sont infimes et dès lors l'écart entre les différentes mesures serait dû uniquement au fait que l'on se trouve à la limite inférieure de sensibilité des techniques de dosage.

L'absence de corrélation entre chlorophylle a et M.O.P. et les variations importantes de l'indice de diversité (fait sur des comptages de moins de 100 individus) semblent donc plus être dus au manque de précision des mesures qu'à une véritable hétérogénéité de population. Quant aux populations phytoplanctoniques, elles sont également dans les deux cas extrêmement pauvres en cellules. Il est à noter que tant au mois de janvier qu'au mois de juin, la quantité de Flagelés est égale ou supérieure au nombre de cellules phytoplanctoniques de plus grande taille (diatomées en très grande majorité). En janvier, l'élément important de la population est composé de *Melosira sulcata*, alors qu'en juin c'est *Rhizosolenia Stolterbotii* qui domine.

2) Etude de la station côtière MO1 durant le mois de janvier.

Graphique II - Graphique IV:

Les prélèvements du 24 janvier illustrés par la figure II A ne donnent aucune indication quant à une évolution cyclique de la biomasse phytoplanctonique. Les variations quantitatives de tous les paramètres mesurés ne semblent pas liées à l'heure du prélèvement ou à l'état de la marée, ce qui ne semble pas le cas de la composition quantitative de MOP : graphique IV. Cette différence dans la distribution qualitative des métabolites organiques doit être plus attribuée à une différence dans la qualité des détritiques (grazing sélectif ??) qu'à une véritable différence au niveau de la population phytoplanctonique.

Il faut d'ailleurs ajouter à cela que, la quantité de M.O.P. étant élevée par rapport à la chlorophylle a d'une part et que, d'autre part la quantité de phéo-pigments a étant toujours supérieure à la chlorophylle a, il y a de fortes chances pour que la majeure partie de la M.O.P. soit détritique.

Si le nombre de cellules phytoplanctoniques est plus ou moins constant pour les prélèvements des 23, 25 et 26 janvier 1973, la quantité dénombrée le 24.01.73 ne concorde nullement avec la quantité de chlorophylle ni celle des M.O.P.. La population phytoplanctonique des 4 échantillons est composée de diverses espèces (indice élevé) qui gardent plus ou moins le même rapport à l'exception d'une forte diminution de *Dimmerogramma minor* pour le prélèvement du 24.01.73. Cette espèce coloniale est davantage sujette à des erreurs de comptage, dues à l'hétérogénéité de sa distribution.

3) Etude de la station côtière M16 durant les mois de mai et de juin.

Graphique II C - Graphique V.

Les prélèvements effectués durant 24 heures (graphique II, C) couplés aux prélèvements journaliers (graphique V) mettent en évidence une variation cyclique de la biomasse phytoplanctonique.

L'inventaire qualitatif et quantitatif du phytoplancton (graphique V) montre que la variation de la biomasse mesurée par la chlorophylle et M.O.P. est en fait due à un bloom de *Skeletonema costatum*, la quantité de flagellés restant quasi constante au cours des 3 prélèvements.

Ceci explique la similitude dans la composition qualitative de M.O.P. ainsi que l'excellente corrélation de 0.99 entre M.O.P. et chlorophylle a qui laissait supposer effectivement une population homogène à la station M16.

Ceci nous amène à 2 hypothèses :

1° Il s'agit d'un véritable bloom phytoplanctonique de *Skeletonema costatum* ce qui est compatible avec les données de la littérature (Lanskaya 1963) : l'espèce *Skeletonema costatum* peut atteindre en période bloom une vitesse de croissance de une division toutes les 3 heures. Elle peut donc contribuer à des variations rapides de biomasse. Il reste donc à expliquer cette disparition rapide et sélective de la biomasse (grazing et activité bactérienne ?) puisqu'on ne la retrouve pas dans la matière organique détritique.

2° Il s'agit du mouvement d'une masse d'eau particulièrement riche en *Skeletonema costatum*, ce qui pourrait expliquer la faible augmentation de biomasse observée tant en juin qu'en mai entre 2 prélèvements consécutifs effectués à la même heure pour une même composition qualitative de M.O.P.. Dans ce cas il faudrait vérifier que l'on se trouve effectivement dans une vaste zone où la quantité de flagellés est constante.

Si l'on compare les quantités de cellules de *Skeletonema* obtenues au point M16 à celles des autres points du réseau, on constate que le centre du bloom se situe en fait plus haut (M21, M22). L'indice de 0,5 montre la prédominance de l'espèce en ces points. Le point M16 de par sa position marginale (voir rapport Phyto) pourrait donc être davantage troublé par des fluctuations de masses d'eau.

4) Etude de la station M06 aux mois de janvier et juin 1973.

Graphique II, B - Graphique VI.

Quoique la quantité d'énergie disponible à la station M06 (mesurée par M.O.P.) ne subisse pas de fortes variations saisonnières, il n'en va pas de même de la biomasse phytoplanctonique, il convient donc de discuter les mois d'été et d'hiver séparément.

a) Janvier

Les quantités de chlorophylle et de cellules phytoplanctoniques sont peu élevées et l'on peut attribuer les variations journalières à l'erreur commise sur la mesure.

Les quantités de M.O.P. sont élevées en comparaison des faibles teneurs en chlorophylle a et vue l'énorme quantité de phéo-pigments (toujours supérieure à la chlorophylle a) on pourrait penser que cet apport d'énergie est essentiellement détritique.

L'analyse des régressions M.O.P./chlorophylle a donne un coefficient de corrélation r beaucoup trop faible, ce qui renforce l'idée d'hétérogénéité au point M06. Cette hétérogénéité se traduit principalement dans les fluctuations d'Hyd. C et de lipides puisque la contribution protéique reste quasi constante : 54 à 59 %.

b) Juin

Les prélèvements effectués pendant 24 heures (Graphique II, B) ajoutés aux prélèvements journaliers (Graphiques VI) mettent en évidence une variation cyclique de la biomasse phytoplanctonique, moins spectaculaire toutefois qu'à la station M16 au mois de mai. L'étude quantitative et qualitative des cellules phytoplanctoniques (Graphique VI) montre qu'ici également l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique trouve son explication dans un enrichissement d'une espèce diatomée côtière, *Asterionella japonica*, présentant les mêmes caractéristiques que l'espèce *Skeletonema costatum* (Wood), quoiqu'ici, contrairement au point M16, les fluctuations de flagellés ne soient pas négligeables. Néanmoins, ils ne semblent pas intervenir dans la mesure de la biomasse quantifiée par la chlorophylle a. En effet, si l'on compare les prélèvements des 5 et 8 juin, la quantité de chlorophylle a est inversement proportionnelle à la quantité totale de cellules phytoplanctoniques mais directement proportionnelle à la quantité d'*Asterionella japonica*.

Chl.a	Total cellules vivantes / l.	<i>Asterionella</i>
1.53	382.10 ³	155.10 ³
1.78	237.10 ³	166.10 ³

Il semble donc que les variations de biomasse soient essentiellement dues à un bloom d'*Asterionella japonica*, ce qui rejoint la situation trouvée à la station M16.

De par sa position - côtière et estuarienne - le point M06 est soumis au brassage constant d'eaux de nature différente (explicité par la non corrélation entre M.O.P. et chlorophylle a) et il nous est dès lors impossible de dire si la situation correspond à un réel bloom phytoplanctonique (l'heure du maximum de biomasse phytoplanctonique étant tout-à-fait convenable) ou d'une arrivée d'eau plus riche en l'espèce *Asterionella japonica*.

B. Profils verticaux.

Graphiques VII, VIII, IX et X

La distribution verticale des pigments photosynthétiques couplée à celle de M.O.P. aux stations M06 et M01 caractérise une quantité de phéo-pigments a et de M.O.P. élevée en profondeur. Il y a donc de fortes chances pour que cet apport soit dû à la resuspension des sédiments du fond, vu la situation des stations.

Les points M01 et M06 diffèrent en ce sens qu'au point M01 le profil de M.O.P. suit exactement celui des phéo-pigments a alors qu'au point M06 il semble à la fois régi par la Chl.a et phéo.a.

Il semble donc que l'apport détritique soit important au point M01 puisqu'en outre le maximum de Chl.a ne s'accompagne pas d'un maximum de M.O.P..

Graphique I

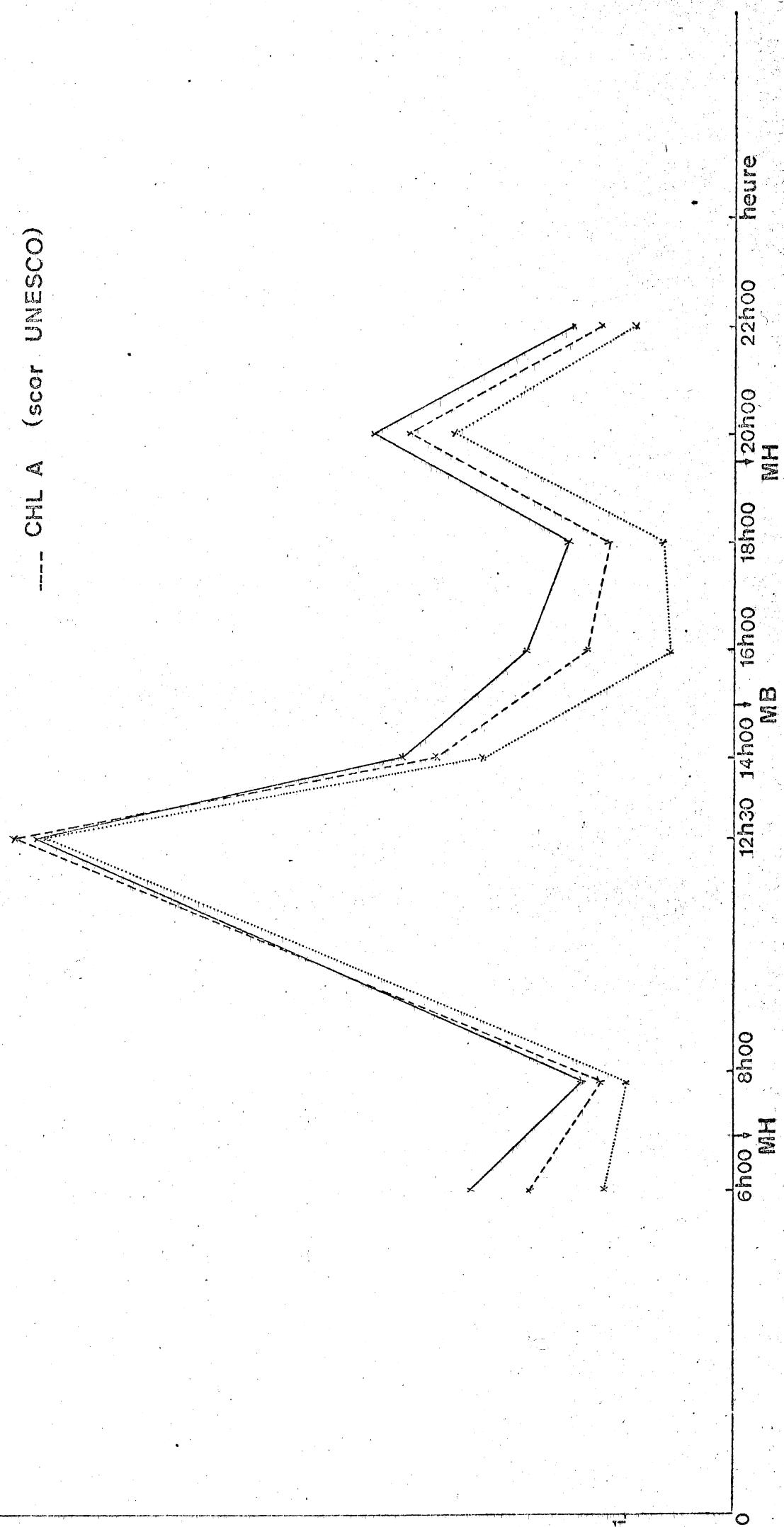
Etude des variations pigmentaires à la station M16 le 8 mai 1973

— pigments totaux chl a + phéo a

..... chl a

---- CHL A (scor UNESCO)

pigments mg / m³



heure

20h00

18h00

16h00

14h00

12h30

8h00

6h00

MH

MH

MH

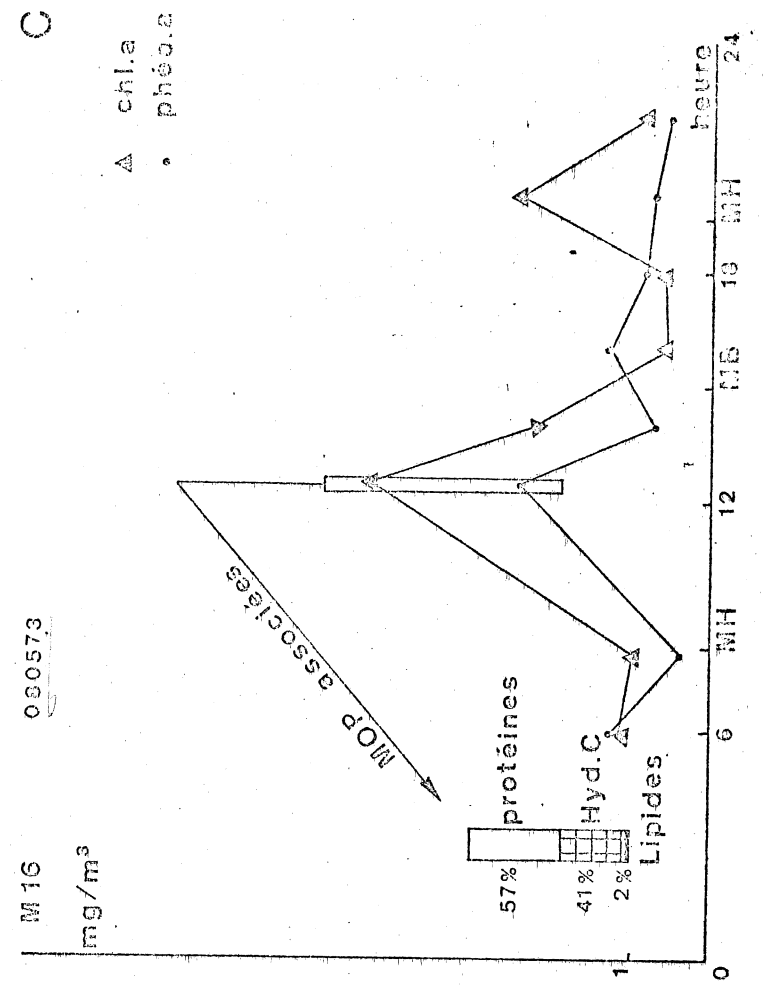
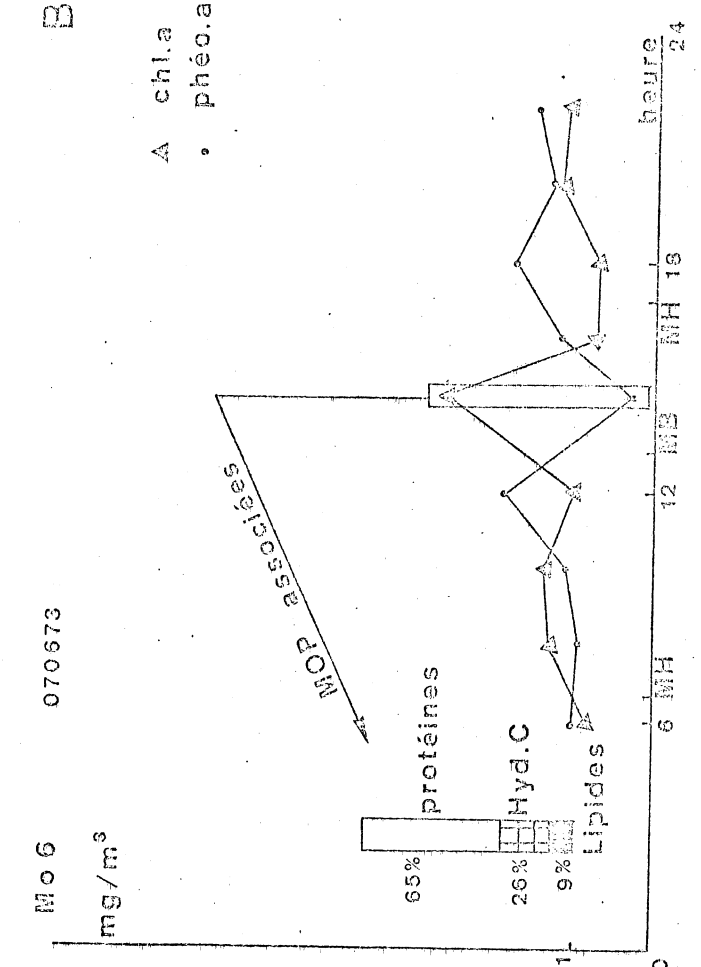
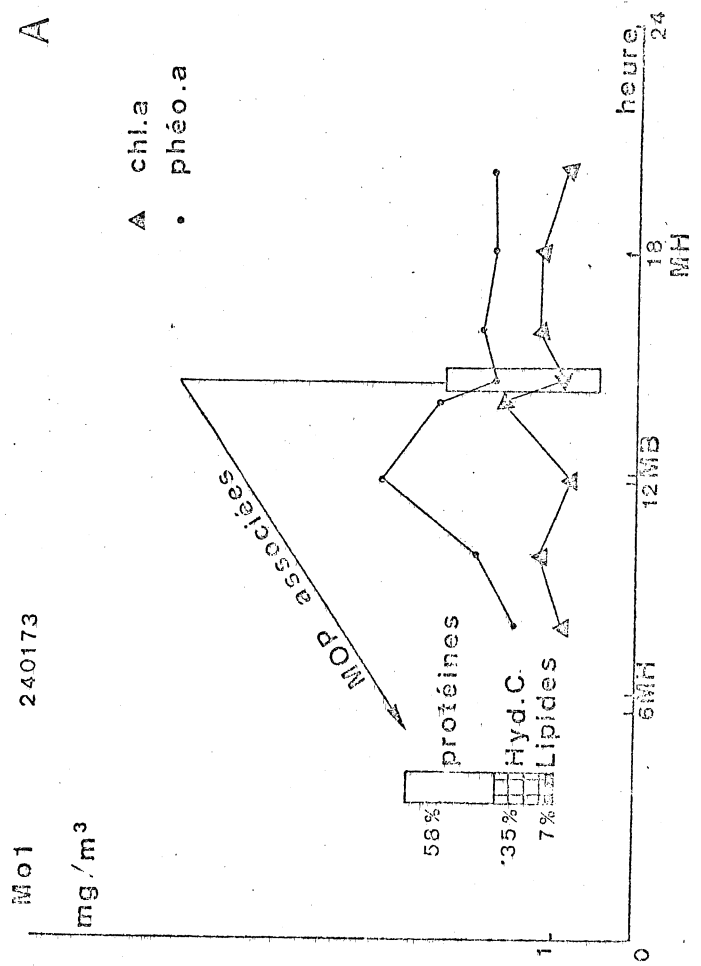
MH

MH

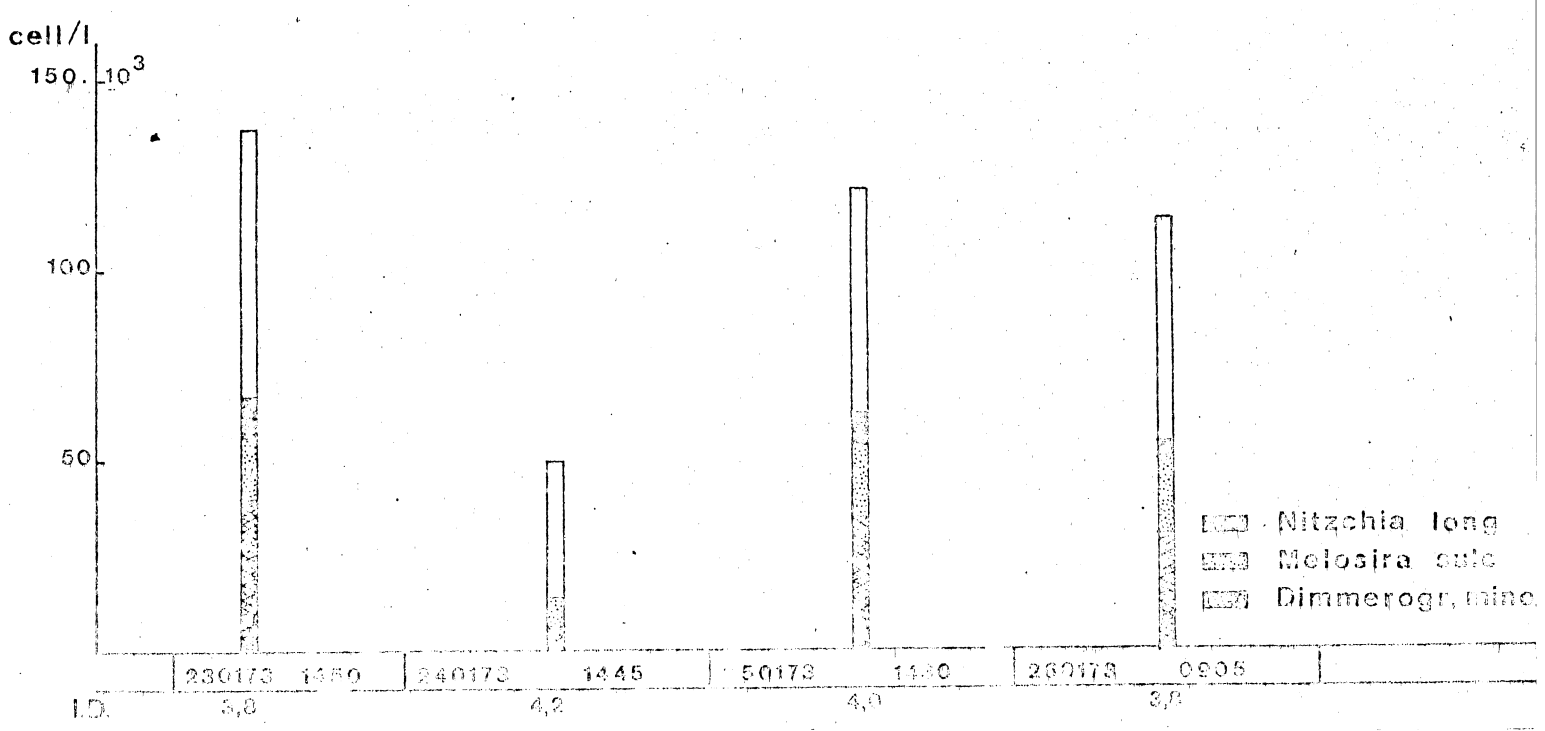
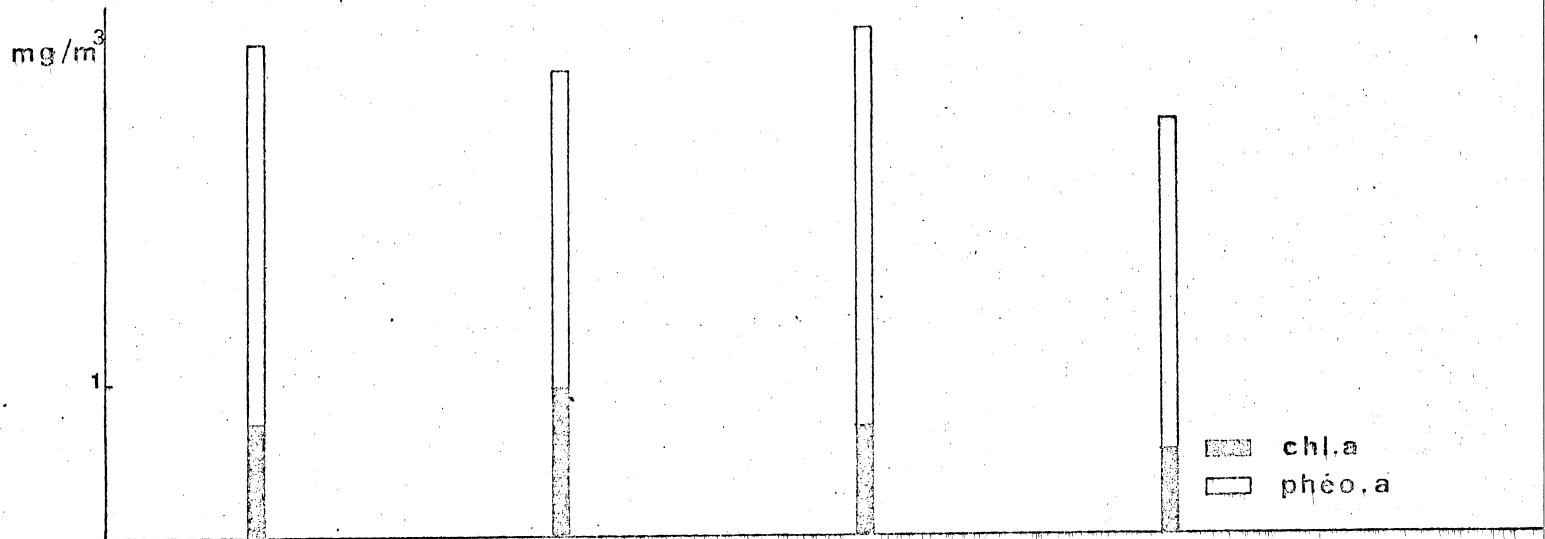
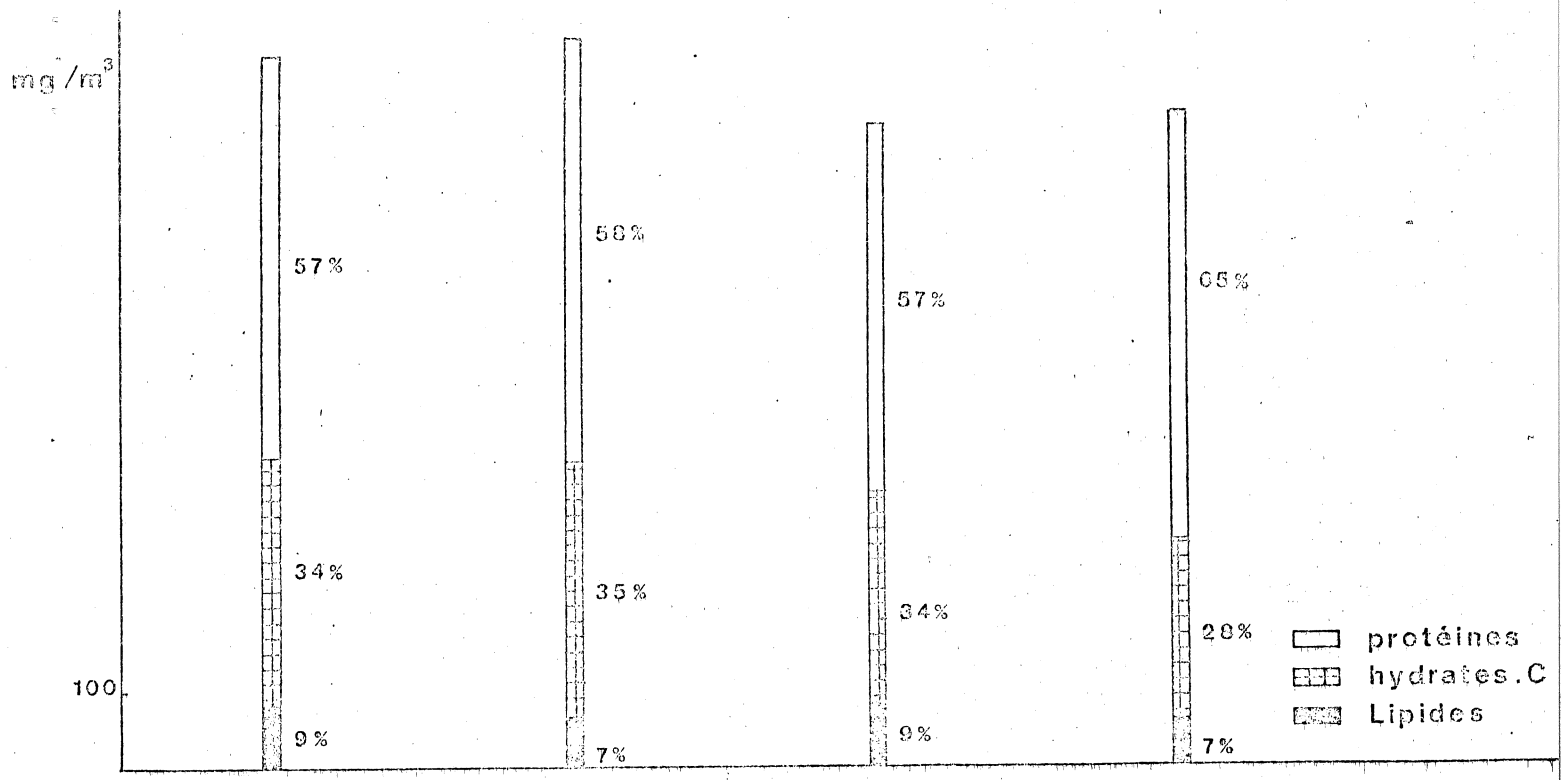
MH

MH

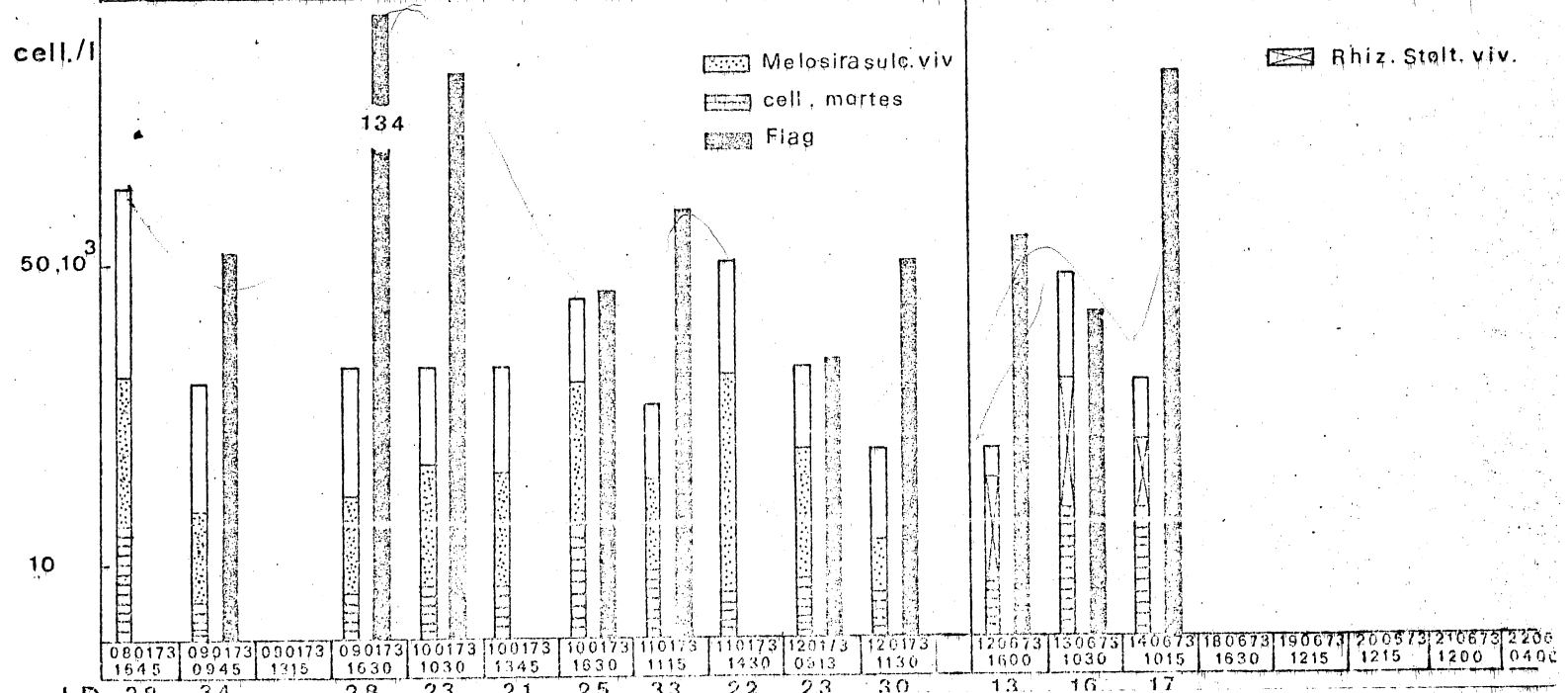
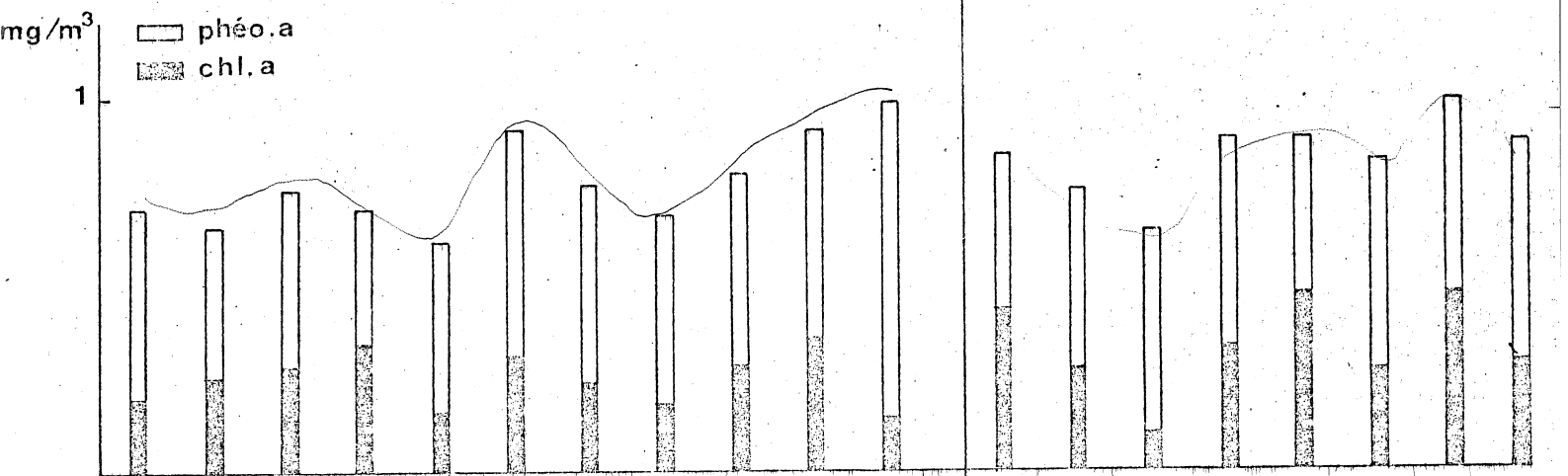
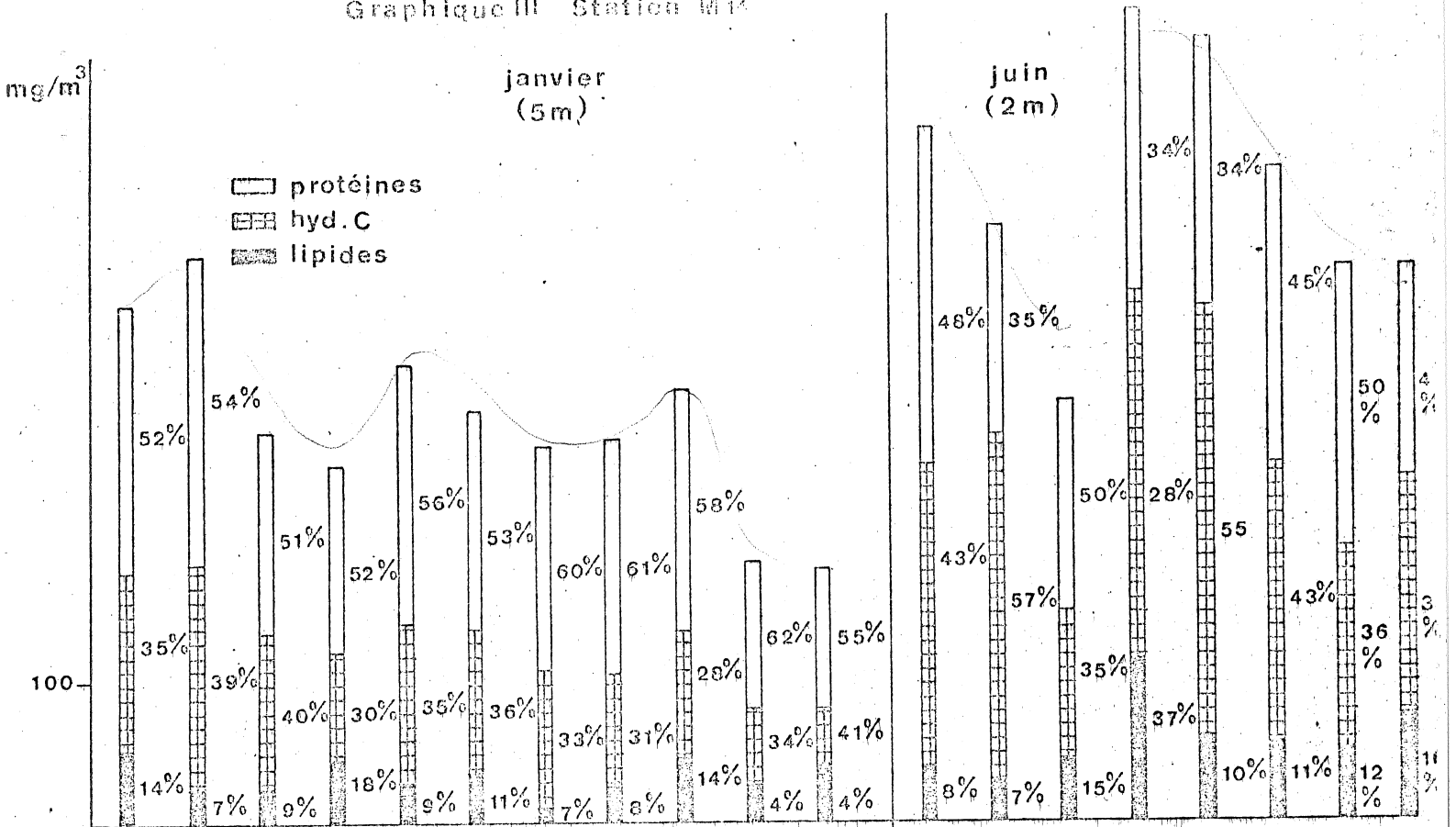
Graphique II : stations fixes Cycles de 24 heures



Graphique IV Station No 1 janvier 1973

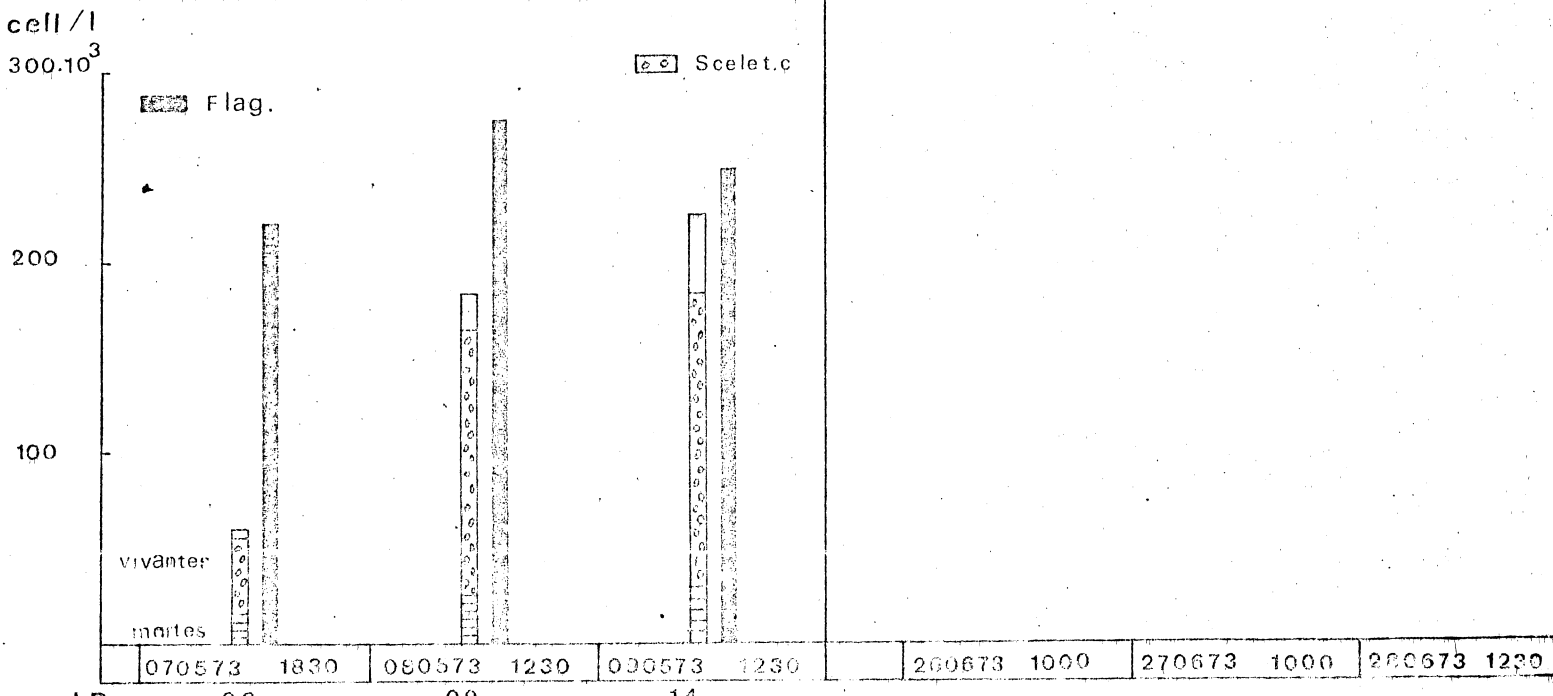
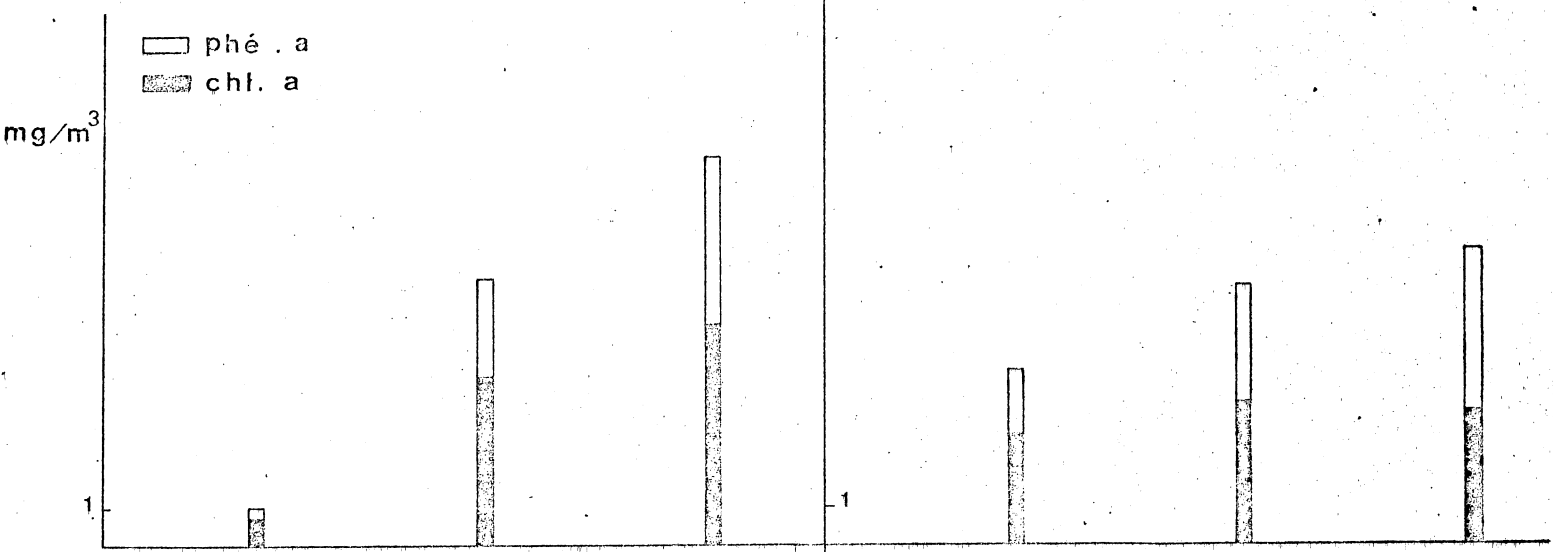
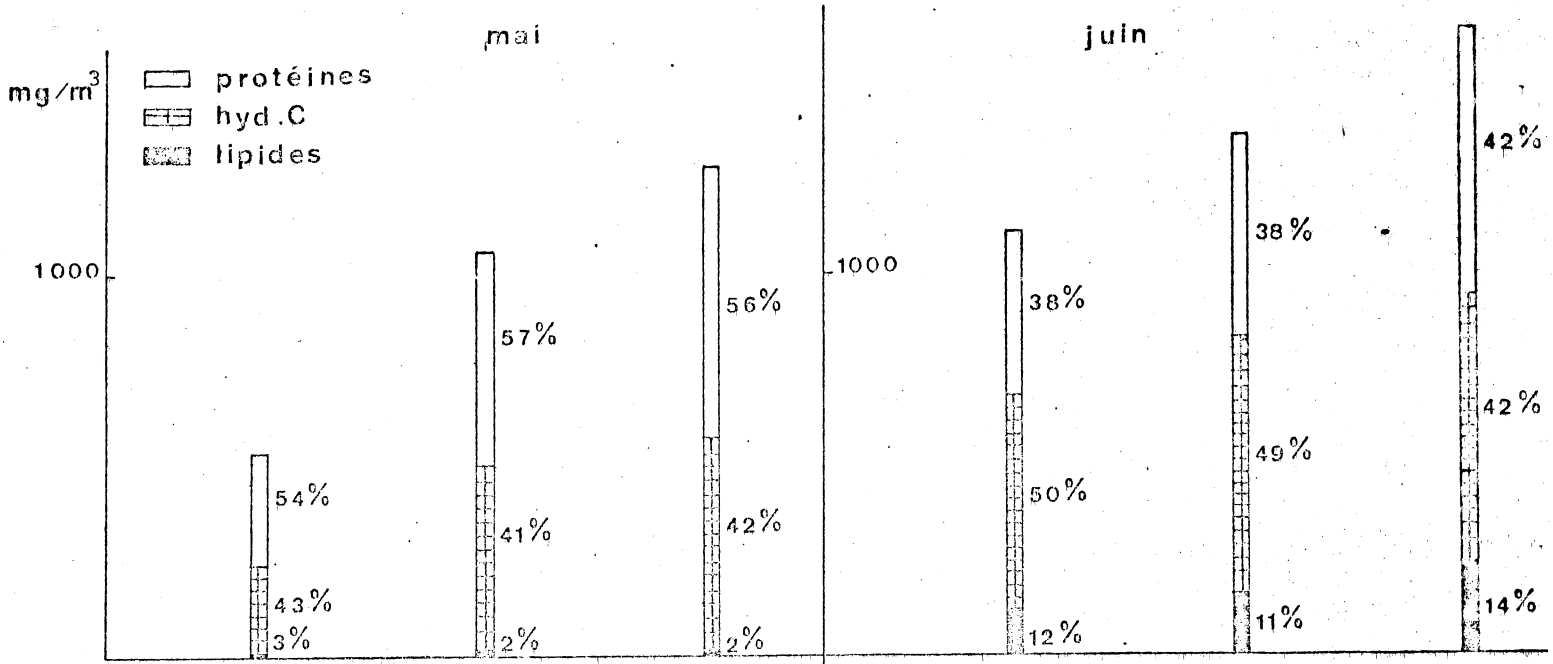


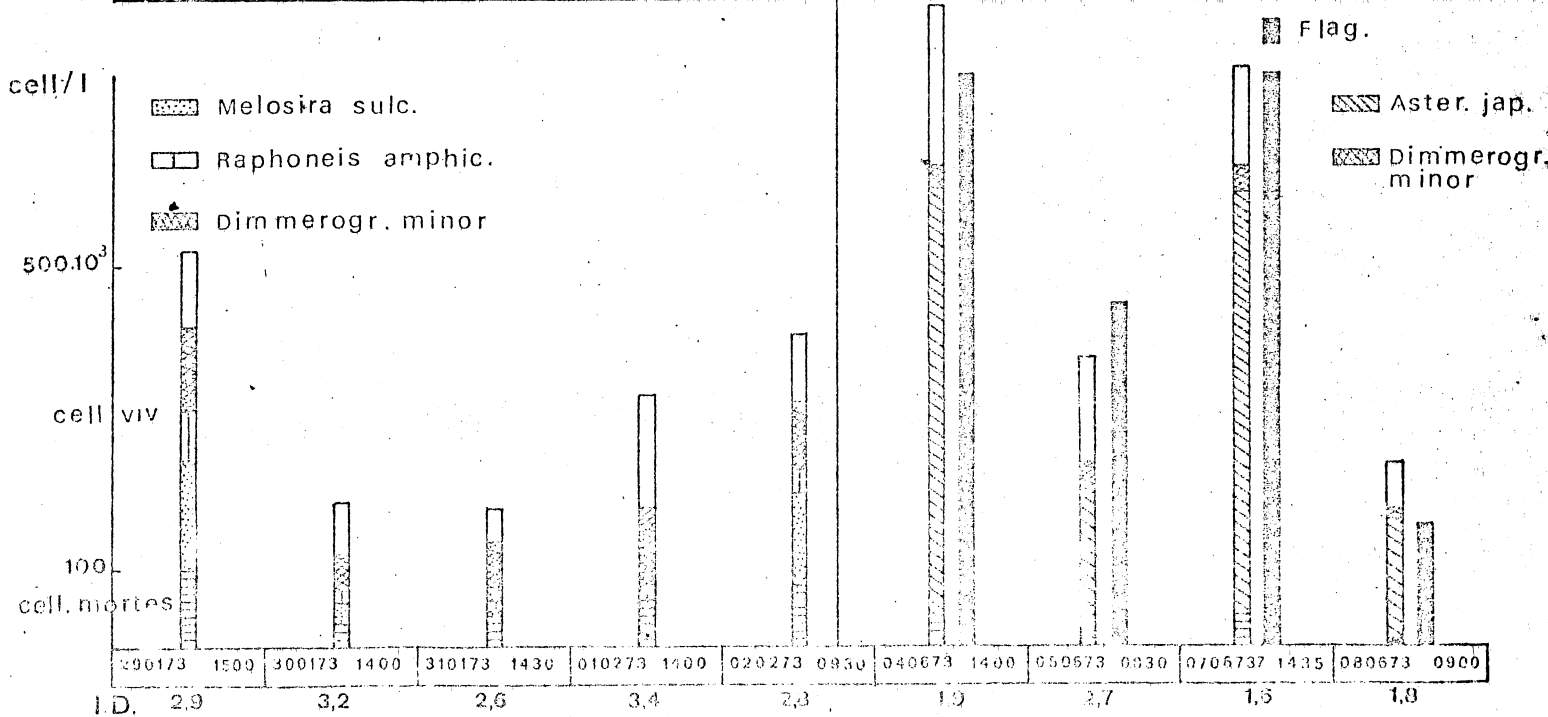
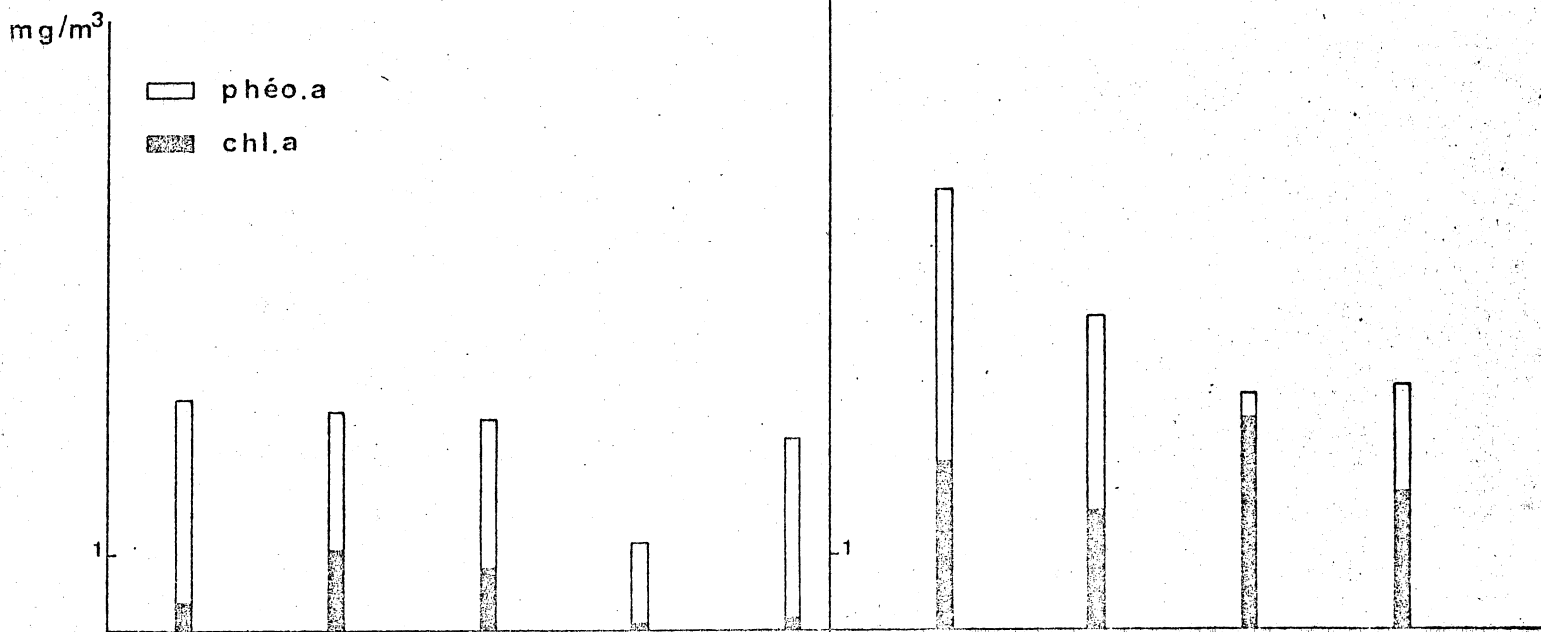
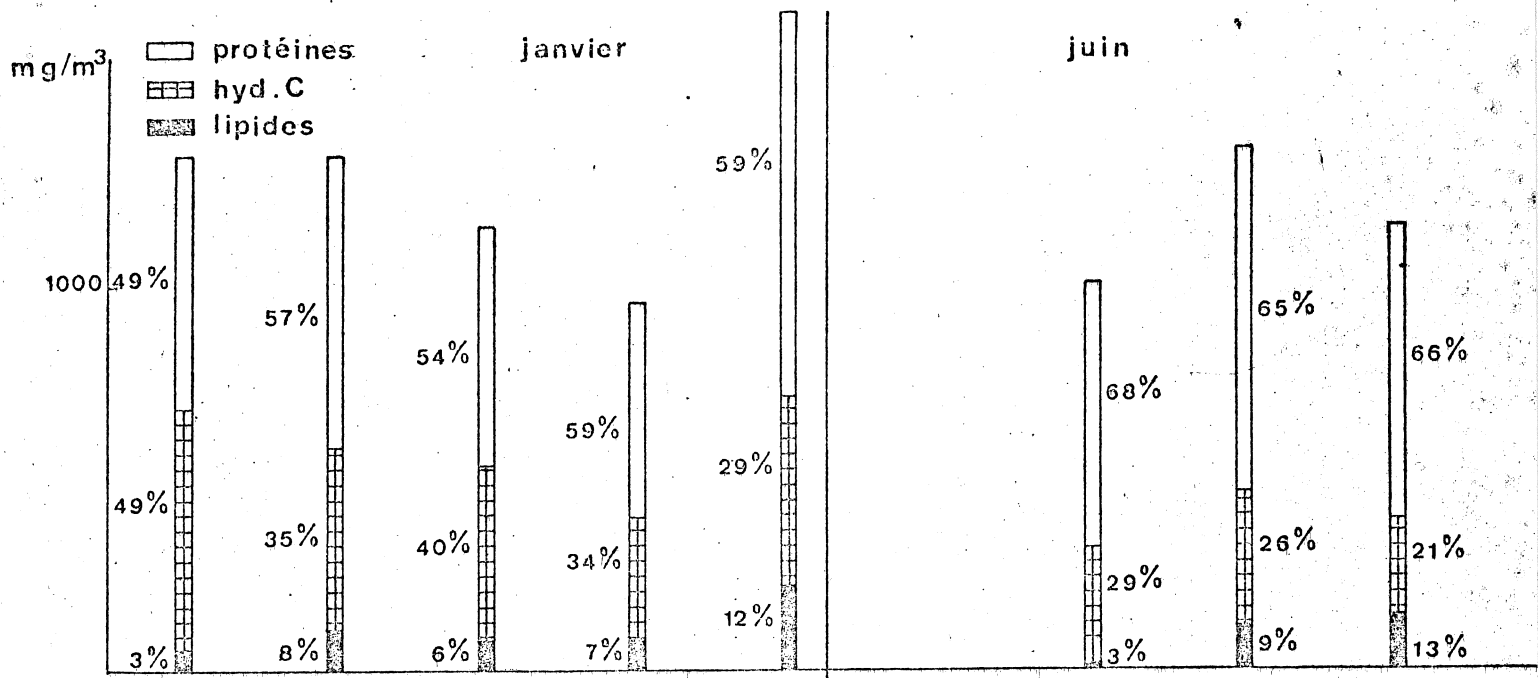
Graphique III Station 14



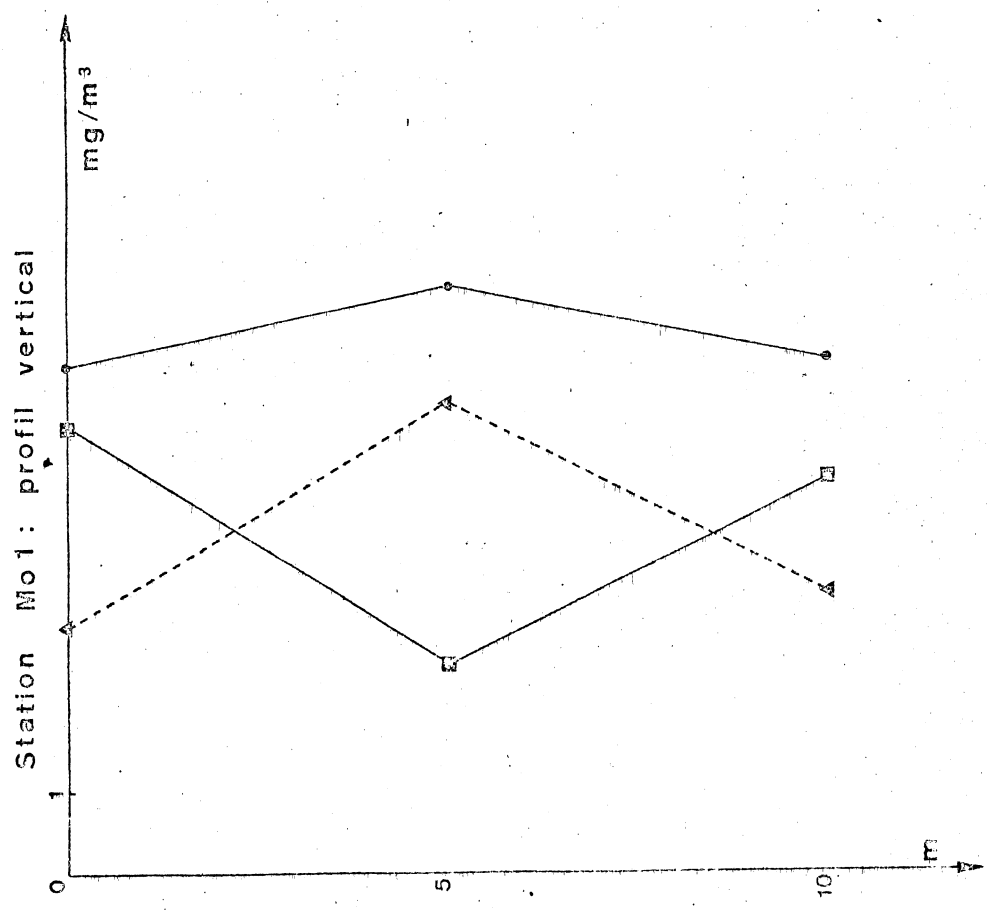
080173 1645 28 090173 0945 34 090173 1315 28 090173 1630 23 100173 1030 21 100173 1345 25 100173 1630 33 110173 1115 22 110173 1430 23 120173 0513 30 120173 1130 13 120673 1600 16 130673 1030 17 140673 1015 13 180673 1630 1215 200573 1215 1200 210673 1200 2206 0400

Graphique V Station M16



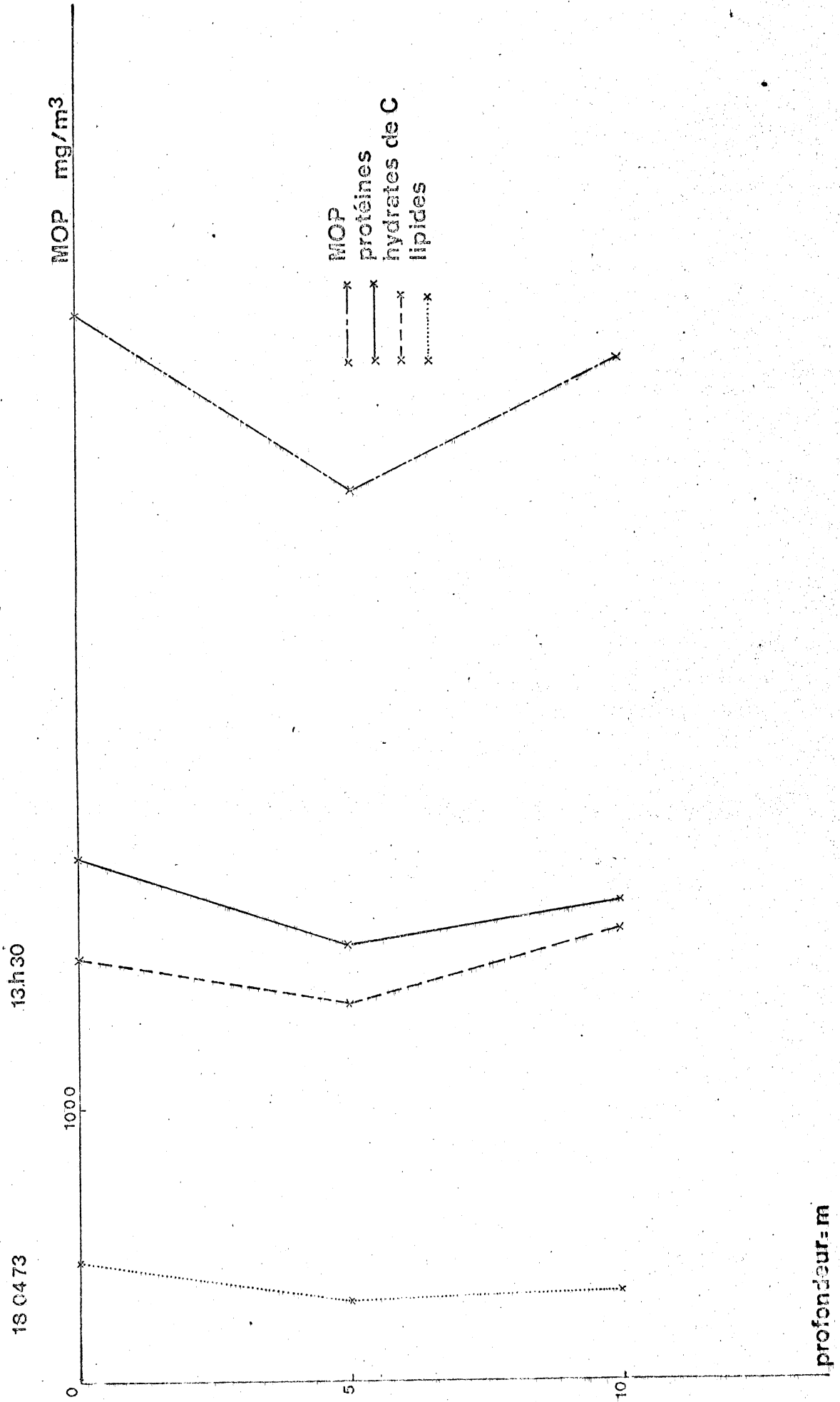


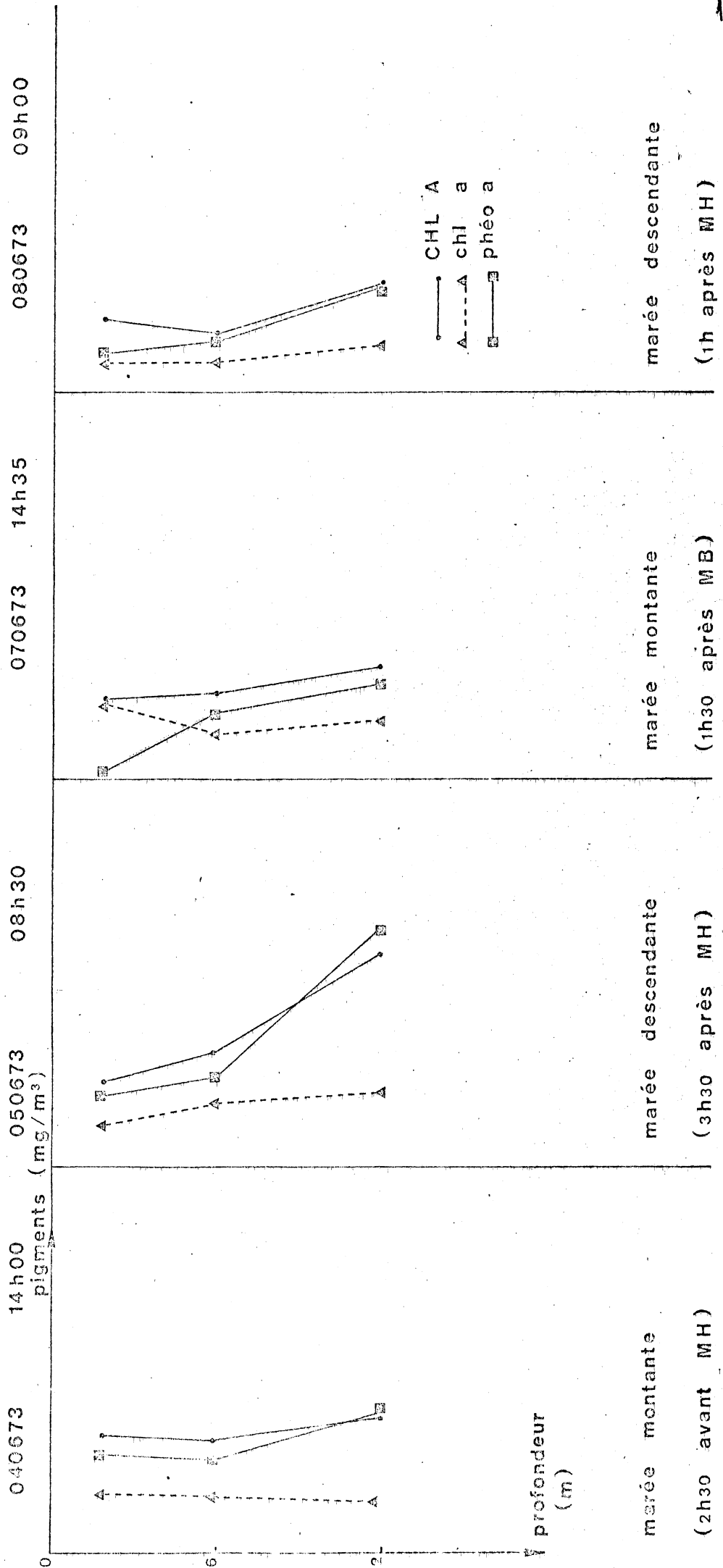
Graphique. VII



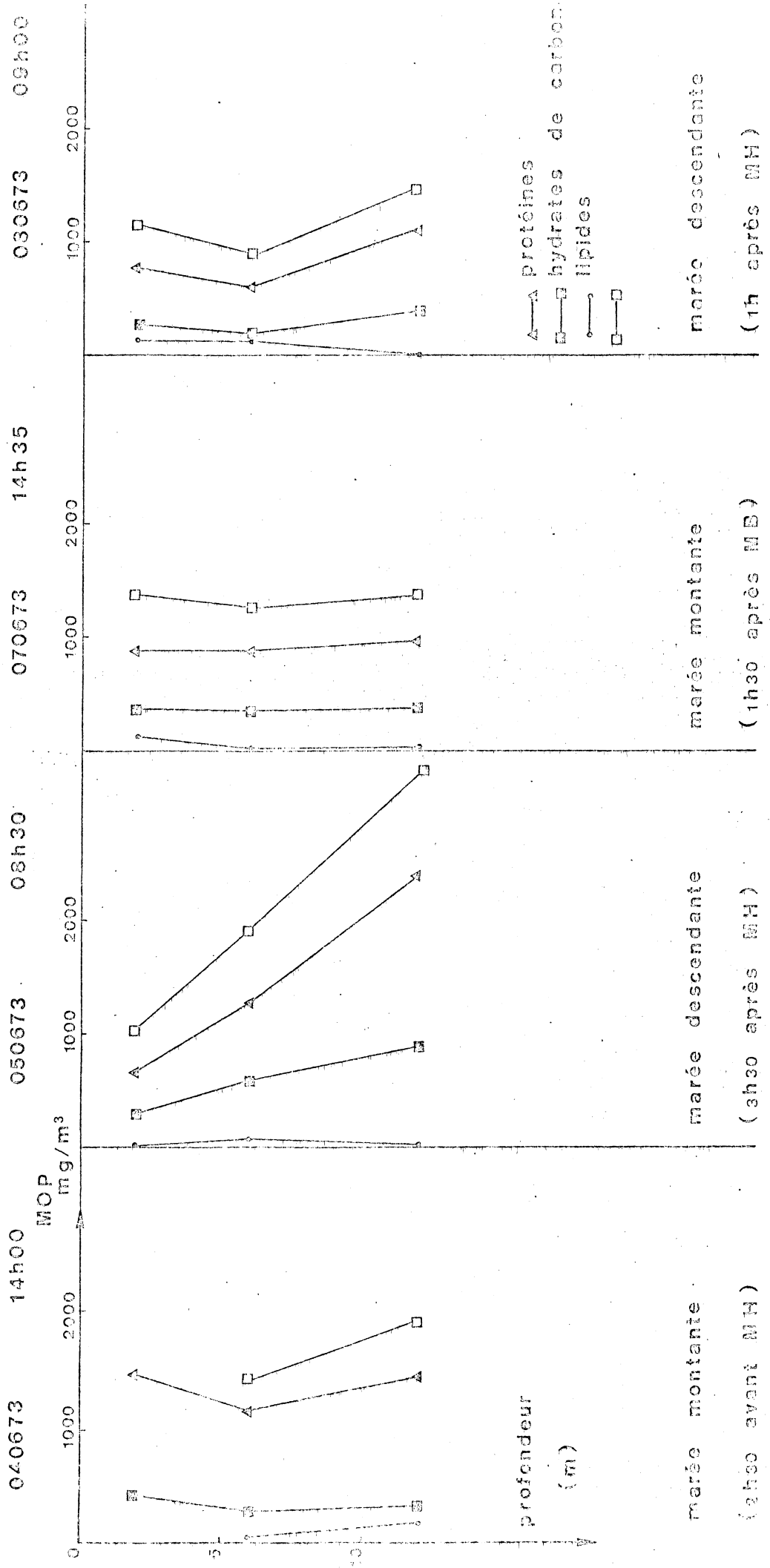
● — CHL A
▲ - - - chl a
■ — phl a

Graphique VIII. station MOI
profil vertical





Graphique X station Mo6 juin 1973



Chapitre II : Approche à l'étude des variations saisonnières des pigments chlorophylliens, de la matière organique particulaire et du phytoplancton.

1) Pigments chlorophylliens et M.O.P.

La matière organique particulaire constituant une des réserves énergétiques de l'écosystème (l'autre étant formée par la matière dissoute) joue un rôle extrêmement important dans la chaîne alimentaire puisqu'elle intervient aux différents niveaux trophiques. Elle comprend des particules vivantes (essentiellement phytoplanctoniques, vu notre mode de prélèvement), des particules mortes issues directement de la décomposition du plancton, des particules mortes néo-formées à partir des substances dissoutes et de la matière détritique, dans des proportions qui peuvent varier fortement.

Alors que la mesure de la chlorophylle a nous donne une estimation de la biomasse active dans la production de matières organiques, la mesure de la quantité de matières organiques particulaires M.O.P. nous permet d'évaluer la quantité d'énergie maximale utilisable par les organismes filtrants.

Cette énergie sera d'autant plus grande que les particules seront moins décomposées et peut donc se chiffrer au moyen de la somme Protéines - Hydrates de C - Lipides - exprimée en mg/m³ ou mieux, en tant que combustibles physiologiques et donc en K cal./ g m³.

Ce travail comprend une étude comparée des variations de la biomasse phytoplanctonique et de la M.O.P. dans la portion de la mer du Nord délimitée par le Modèle mathématique, durant les croisières 1972 (prélèvements de surface uniquement) et la croisière d'avril 1973 (profondeur 2 m) dans le but d'esquisser un cycle saisonnier de la matière particulaire, d'approcher le ou les facteurs qui régissent le mouvement du carbone dans le système et d'estimer d'une manière plus concrète les proportions relatives de phytoplancton vivant et de matière détritique au moyen du calcul des régressions.

Discussion.

Cartes I à VI

Tableau I.

La distribution des phéo-pigments (cartes II) met en évidence des quantités non négligeables de pigments dégradés en mer du Nord (principalement le long de la côte et devant les estuaires), d'où la nécessité d'effectuer la correction dans toute estimation de la biomasse phytoplanctonique active au moyen de la chlorophylle.

L'étude comparée des variations de la distribution de la biomasse phytoplanctonique active (exprimée par les variations de la Chl.a corrigée de son contenu en phéo-pigments a) et de la M.O.P. montrent que d'une manière générale, les maxima de M.O.P. se trouvent là où les chlorophylles a sont les plus importantes, ce qui pourrait vouloir signifier que le mouvement du carbone dans le système serait sous le contrôle du biota même si les détritiques sont parfois dominants quant à leur concentration, comme nous le verrons par la suite. Nous nous limiterons donc aux commentaires concernant les variations quantitatives de la Chl.a. Sans pouvoir donner de véritable cycle saisonnier de la biomasse phytoplanctonique (trop peu de mesures), on peut toutefois esquisser les tendances générales :

- les concentrations maximales se situent en automne et au printemps alors que les mois d'hiver et d'été ont une quantité plus réduite.
- à l'exception du mois de janvier où la biomasse semble avoir shifté vers le Sud du réseau, les concentrations les plus élevées occupent toujours la zone estuarine formée par le trio des stations M05 - M06 - M11 pour se diluer ensuite parallèlement à la côte et suivant un axe situé dans le prolongement de l'estuaire.
- la zone située entre les 2 axes M06 - M11 et M07 - M12 est particulière en ce sens que, quelle que soit la saison, on observe toujours une chute de concentration brutale de la biomasse phytoplanctonique (tant par les pigments que par le nombre de cellules) non toujours ressentie par M.O.P. ce qui nous amène à discuter l'aspect détritique au sein de la M.O.P. totale.

L'estimation des proportions relatives de phytoplancton vivant et de matière détritique est donnée par le calcul de la régression M.O.P./chlorophyllé a, $M.O.P. / Chl.a + phéo.a$, le problème des concentrations relatives de Chl.a - phéo.a au sein d'une population naturelle restant entier.

Comme nous le montre le tableau I, il existe, quelle que soit la saison, une excellente corrélation entre M.O.P. et chlorophylle, d'autant meilleure que l'on se trouve en période de bloom, ce qui nous permet de qualifier la quantité résiduelle QR (valeur de M.O.P.) lorsque la Chl.a s'annule) de détritique.

Il est intéressant de constater que, quel que soit le type de corrélation, la quantité résiduelle QR ne varie pas dans de grandes proportions au cours d'un même mois, ce qui voudrait dire que la quantité de M.O.P. associée à des phéo-pigments "détritiques" est faible. Notre étude couvrant un ensemble de 4 survey, ne nous permet donc pas de donner le cycle de M.O.P. dans le système mais certaines observations s'avèrent déjà très intéressantes, en parfait accord avec les conclusions d'une étude similaire effectuée par STEELE and BAIRD dans la Northern North Sea en 1961-1962.

Le rapport M.O.P. / Chl.a donné par la pente de la droite de régression caractérise l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques: il prend des valeurs maximales durant les mois de faible productivité et minimales durant les mois de bloom.

La quantité détritique varie suivant la saison: elle est la plus élevée en avril mais si l'on calcule, pour chaque réseau, de manière tout-à-fait arbitraire les proportions relatives de détritus par rapport à la quantité totale de M.O.P. moyenne, on constate que durant les périodes printanières et automnales les détritus ne constituent que 30 % du total alors qu'en hiver et en été, ils peuvent constituer jusqu'à 64 % du total M.O.P., de là l'importance des détritus en tant que flux d'énergie.

Cette estimation de la quantité détritique moyenne propre à chaque saison nous a permis d'évaluer d'une manière assez grossière les proportions relatives de détritus en chaque point du réseau (cartes V); Les zones les plus pauvres en détritus coïncident donc avec les zones les plus riches en biomasse phytoplanctonique.

Dans le but de vérifier cette hypothèse d'une manière plus rigoureuse, nous avons séparé le réseau d'avril où nous avons un nombre plus important de données, en 2 réseaux selon le critère qualitatif (voir § suivant) $P / HC > 1$ et $P / HC < 1$ (PARSONS et al. 1961).

Les résultats confirment qu'effectivement les proportions relatives des détritiques sont beaucoup plus importantes au large qu'à la côte. Ce même réseau d'avril nous a permis en outre d'approcher le problème de la distribution qualitative de M.O.P. au sein au sein d'un même réseau au moyen du calcul des régressions des différents métabolites sur la Chl.a.

		r	pen	te	QR	M.O.P. moyen	% détritiques
Protéines	P/HC > 1	0.94	128	174	1370	13	
	P/HC < 1	0.95	118	203	461	44	
Hyd. C	P/HC > 1	0.92	74	236	933	25	
	P/HC < 1	0.86	122	354	614	57	

Il en résulte que si les quantités détritiques sont semblables en valeur absolue, quelle que soit la zone étudiée, non seulement la participation qualitative des différents métabolites aux détritiques varie mais également la composition qualitative des cellules phytoplanctoniques.

Conclusions.

La localisation identique des zones de fortes concentrations de Chl.a et de M.O.P. ajoutée à l'excellente corrélation qui existe entre ces 2 paramètres sont en faveur de l'hypothèse d'un contrôle du mouvement du carbone dans le système par le biota, quelle que soit l'importance de la matière détritique.

Cette dernière peut constituer jusqu'à 60 % du total de M.O.P. disponible pour les organismes filtrants d'où son importance non négligeable en tant que flux d'énergie.

L'étude plus complète du réseau d'avril nous permet d'appuyer l'hypothèse d'une séparation du réseau en 2 zones quantitativement différentes (voir rapport ELSKENS) au moyen de données qualitatives.

En bref : les 2 zones se distinguent par une composition qualitative différente des cellules phytoplanctoniques et par une participation quantitativement et qualitativement différente de la matière détritique qui est beaucoup plus importante au large.

Cette situation caractérise un mois de productivité élevée, il est indispensable de répéter cette étude durant les mois où la production est plus faible.

De plus, des expériences en laboratoire sont en cours afin de déterminer si la composition qualitative du phytoplancton dépend plus de l'espèce de l'algue phytoplanctonique que de son état physiologique et donc de son environnement.

TABLEAU I : Relations entre M.O.P. et Chlorophylles

A) Réseau A.

Pigments (x)	r	P	penne	QR ₃ mg/m ³	\overline{MDP}_3 mg/m ³	%détritus
1) phéo a + chl a						
janvier 1972	0.85	0.99	158	265	483	55
juillet 1972	0.70	0.99	159	469	815	57
septembre 1972	0.98	0.99	112	132	836	16
avril 1973	0.95	0.99	79	832	1973	40
2) chl a						
janvier 1972	0.70	0.99	287 299	287	483	59
juillet 1972	0.55	0.95	522 240	522	815	64
septembre 1972	0.98	0.99	225 187	225	836	27
avril 1973	0.96	0.99	661 210	661	1973	34

B) Réseau d'avril séparé en 2 zones : côtère P/HC > 1
: "large" P/HC < 1

1) phéo a + chl a

P/HC > 1	0.99	0.99	78	661	2479	24
P/HC < 1	0.94	0.99	144	552	1174	46

2) chl a

P/HC > 1	0.95	0.99	202	470	2479	16
P/HC < 1	0.91	0.99	240	615	1174	52

r : coefficient de corrélation

P : sécurité de la corrélation

QR : quantité résiduelle de M.O.P. (=valeur de M.O.P lorsque la chlorophylle s'annule)

cartes 1 Distribution de la chlorophylle a mg/m³

janvier 1972

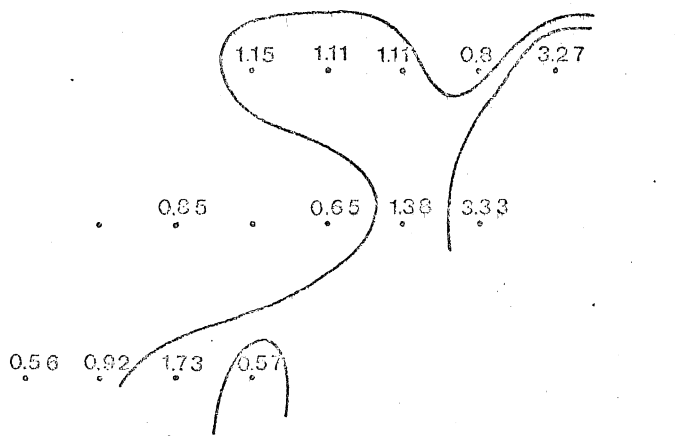
0.68 0.53 0.55 0.73 0.29

0.40 0.33 0.44 0.44 0.65

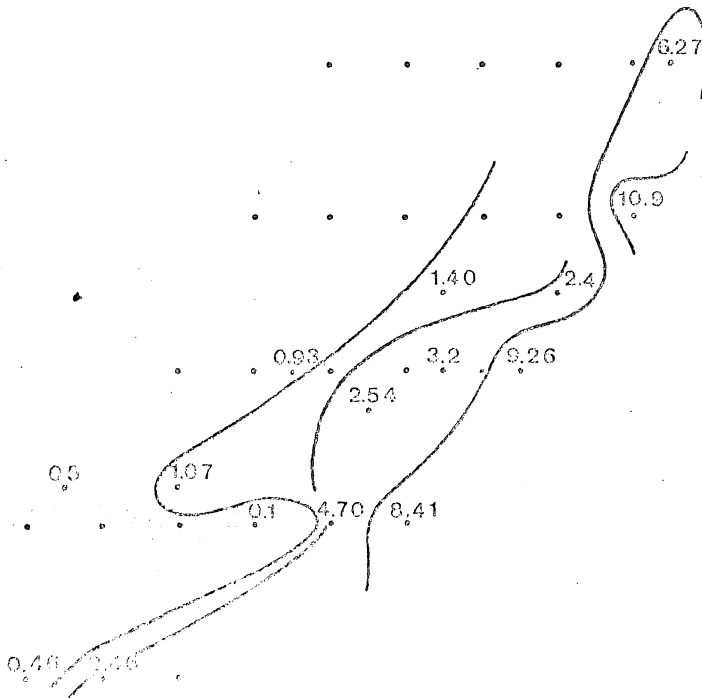
0.50 0.39 0.64 0.77 0.66

1.01 1.5 2.53

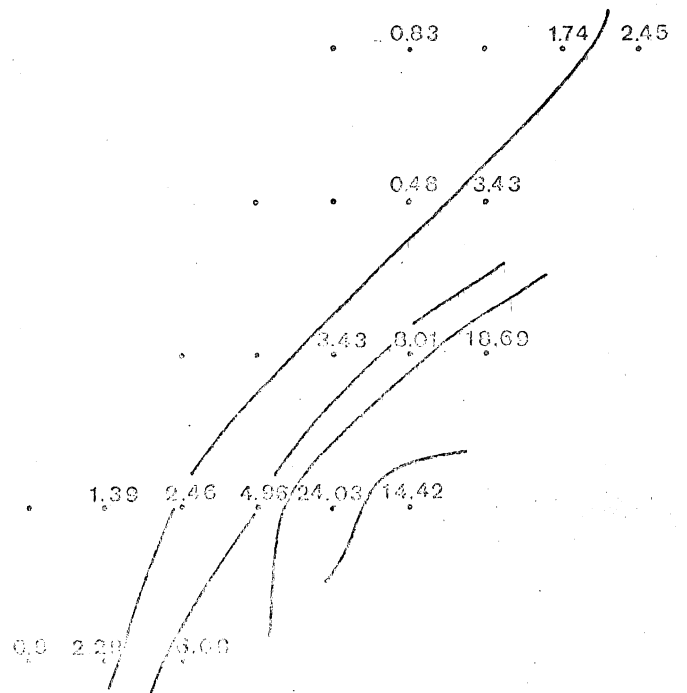
juillet 1972



septembre 1972
octobre 1972

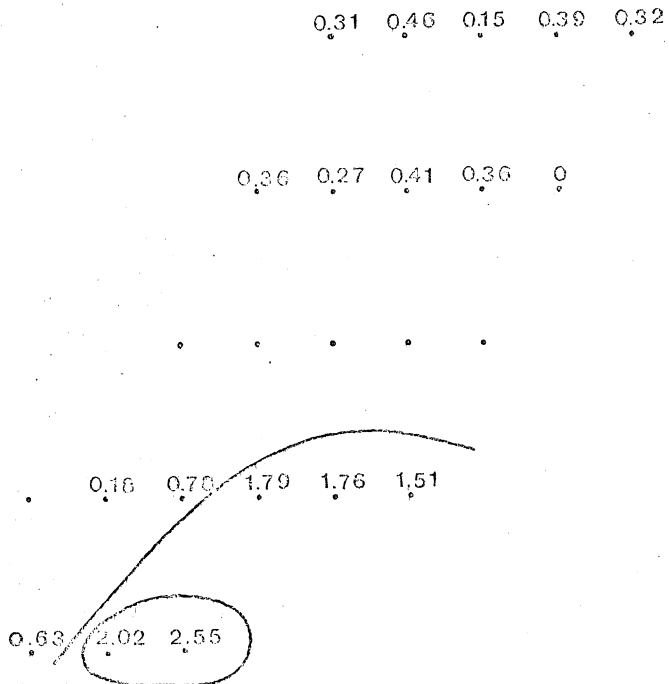


avril 1973

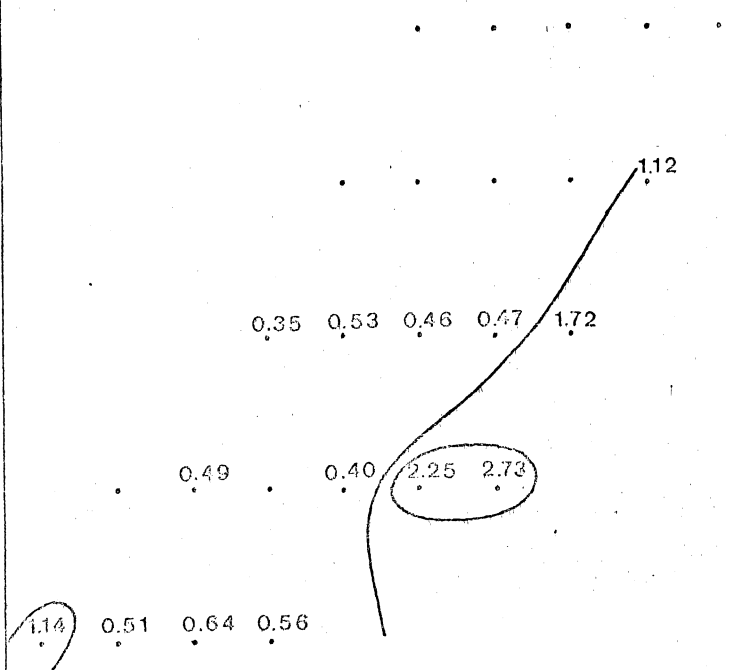


cartes Distribution des phéopigments a mg/m³

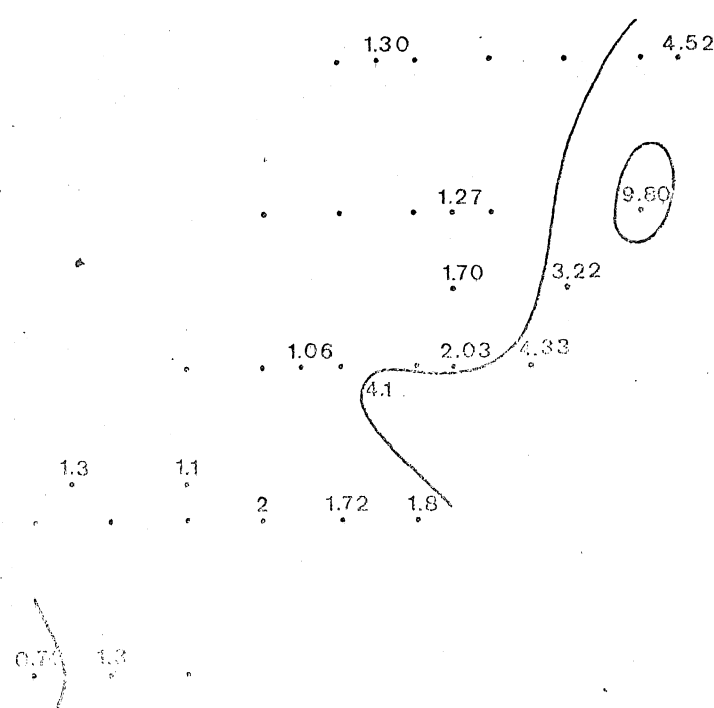
janvier 1972



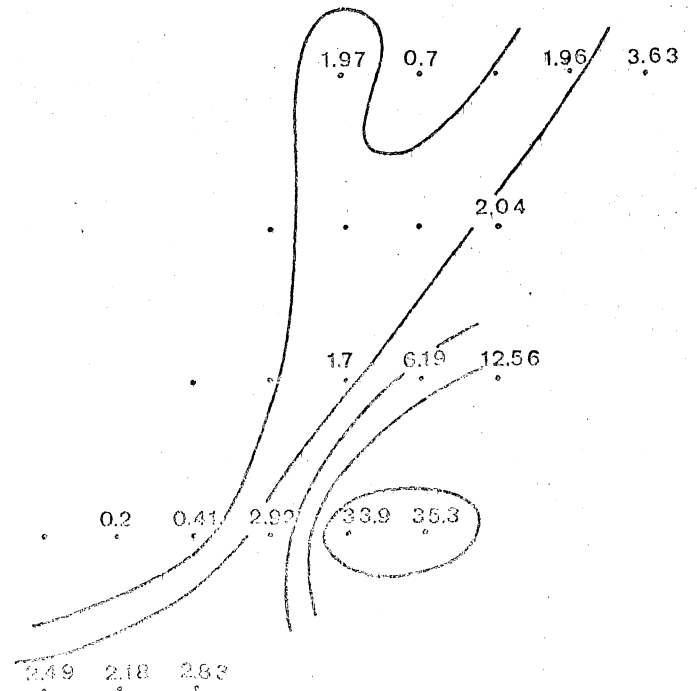
juillet 1972



septembre 1972
octobre 1972

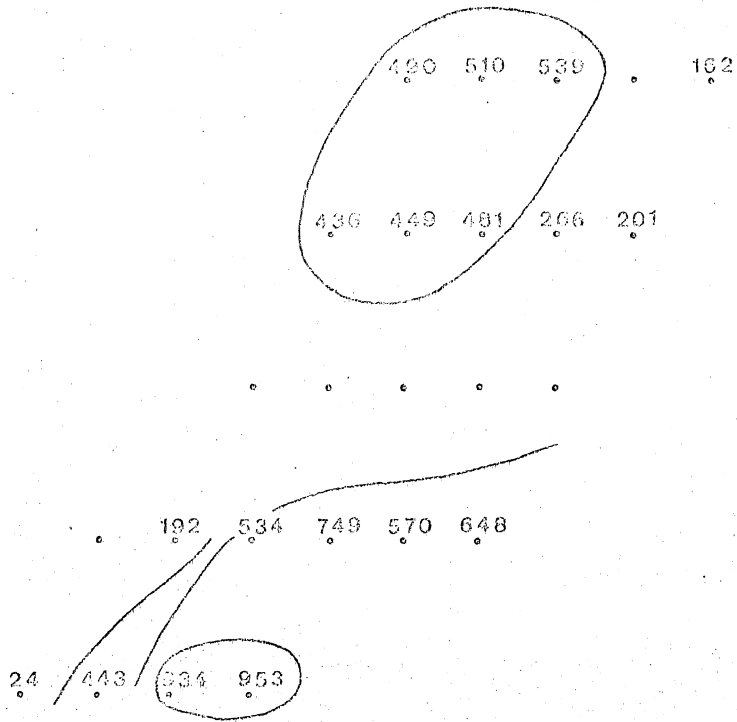


avril 1973

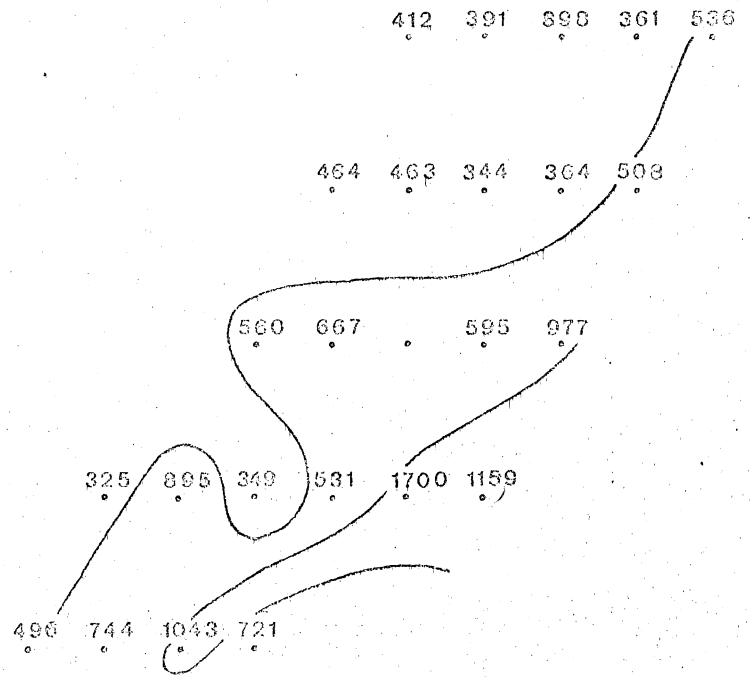


carte III Distribution de M.O.P. mg/m³

janvier 1972

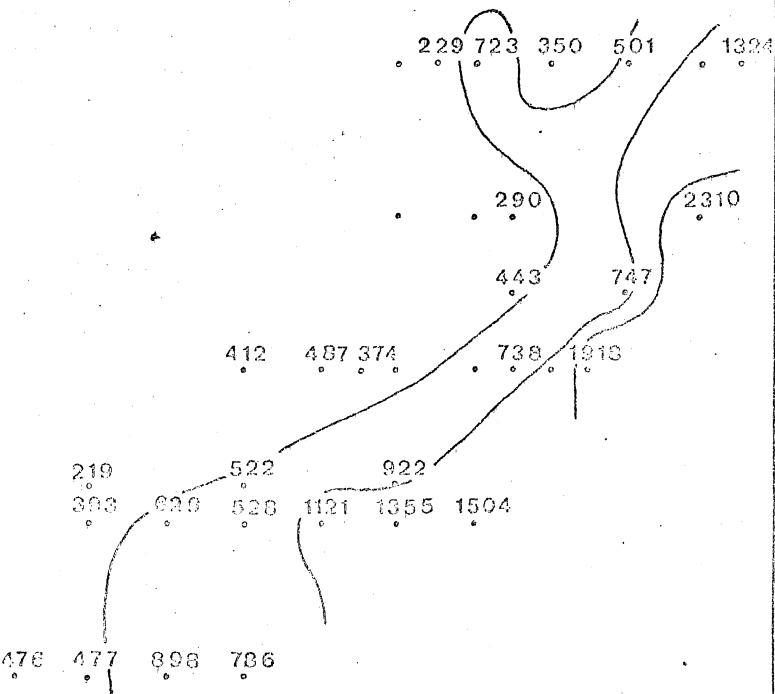


juillet 1972

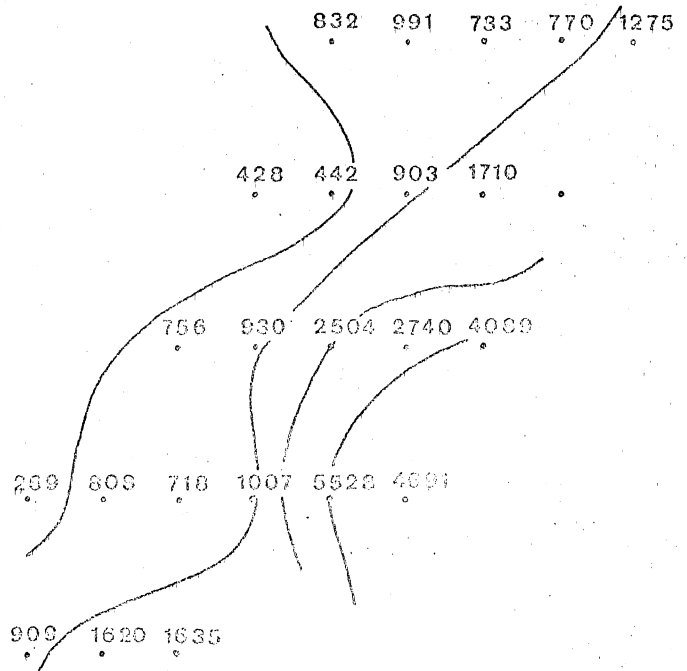


septembre 1972

octobre 1972

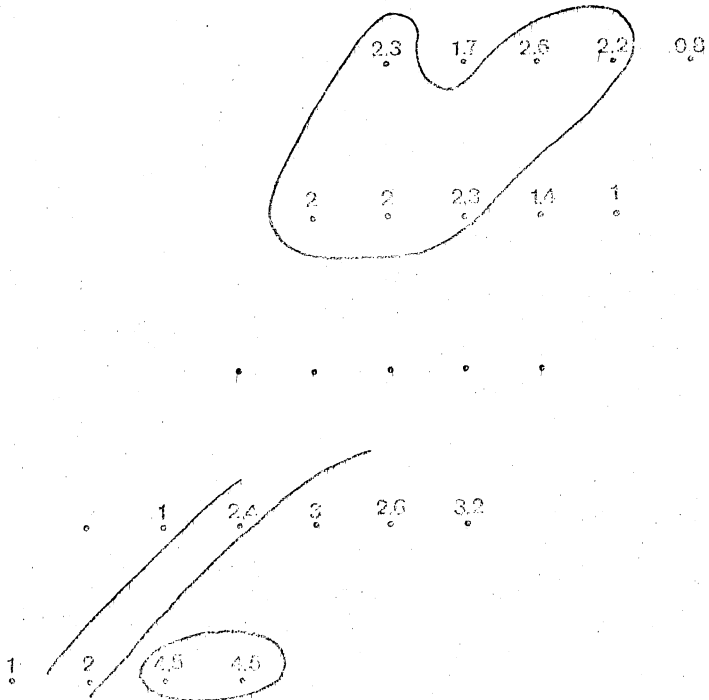


avril 1973

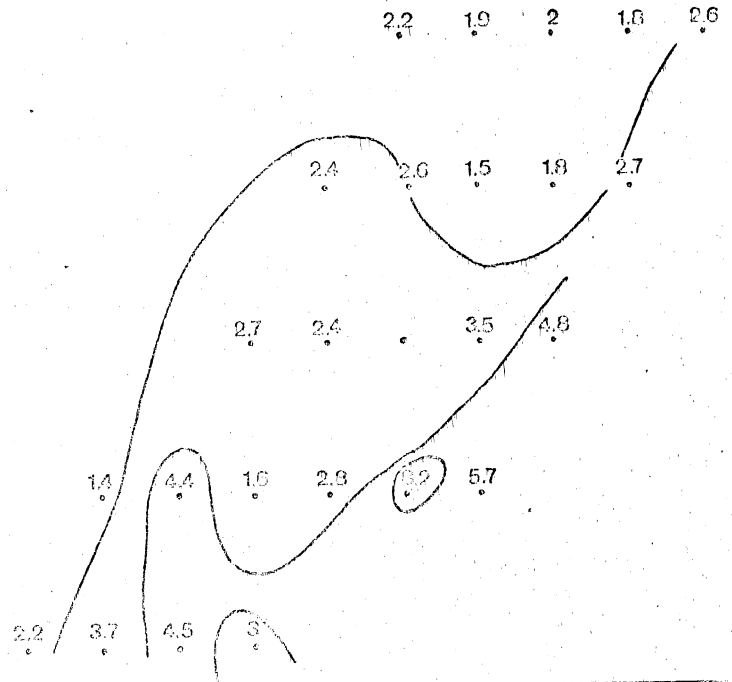


carte IV Valeurs physiologiques de M.O.P Kcal/gm³

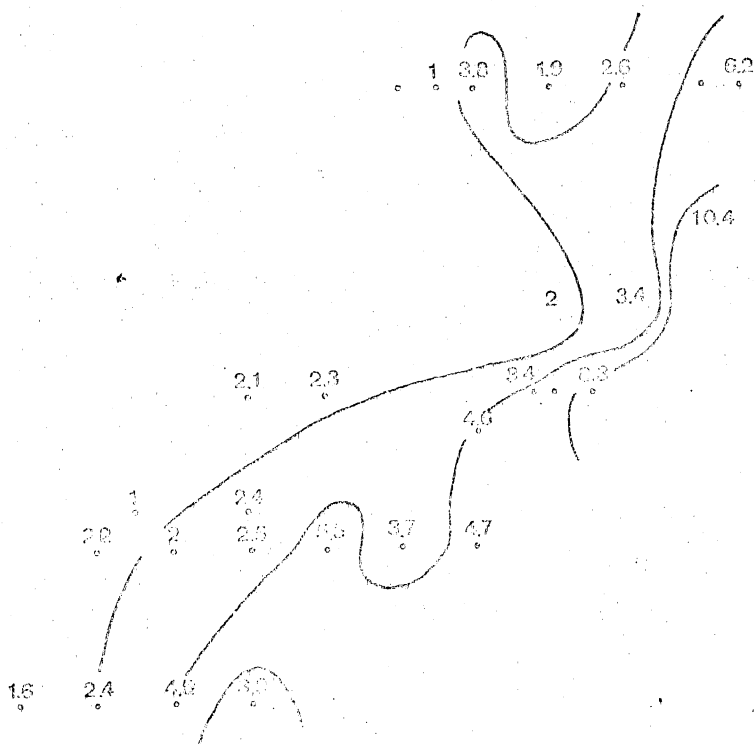
janvier 1972



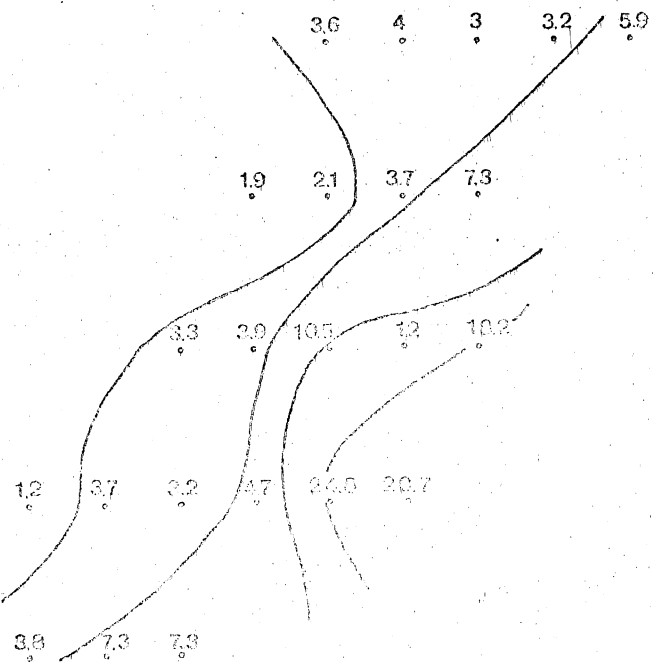
juillet 1972



septembre 1972
octobre 1972

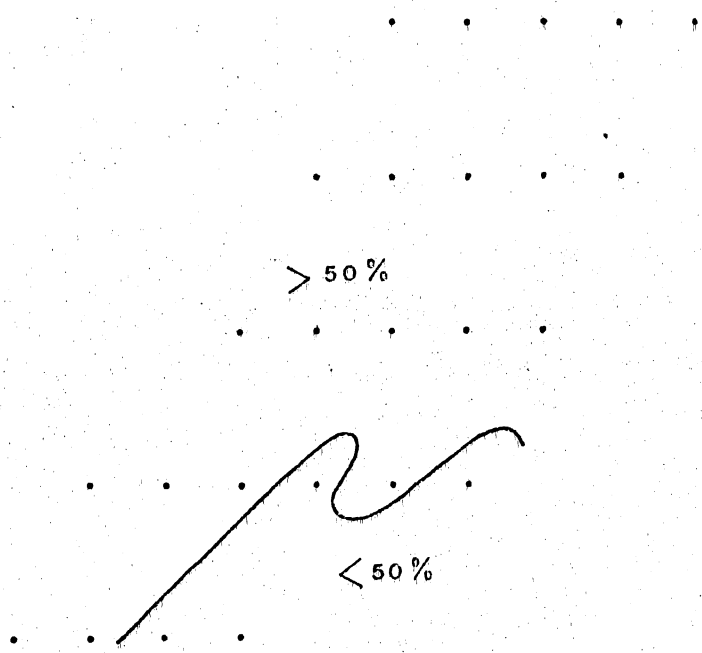


avril 1973

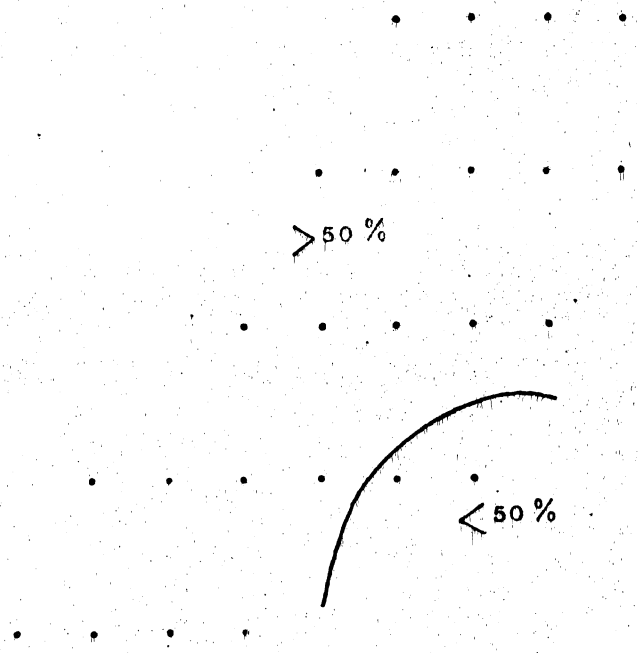


cartes V Estimation de la matière organique particulière détritique

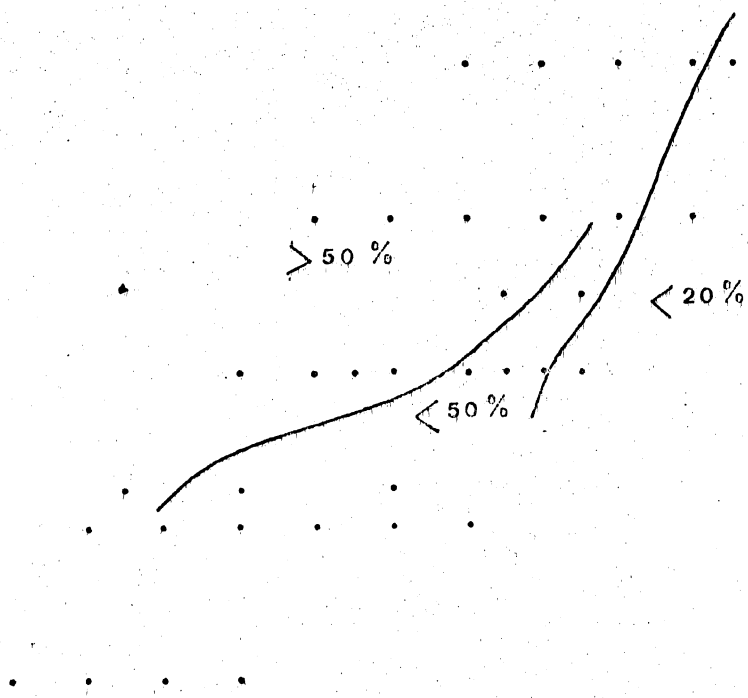
janvier 1972



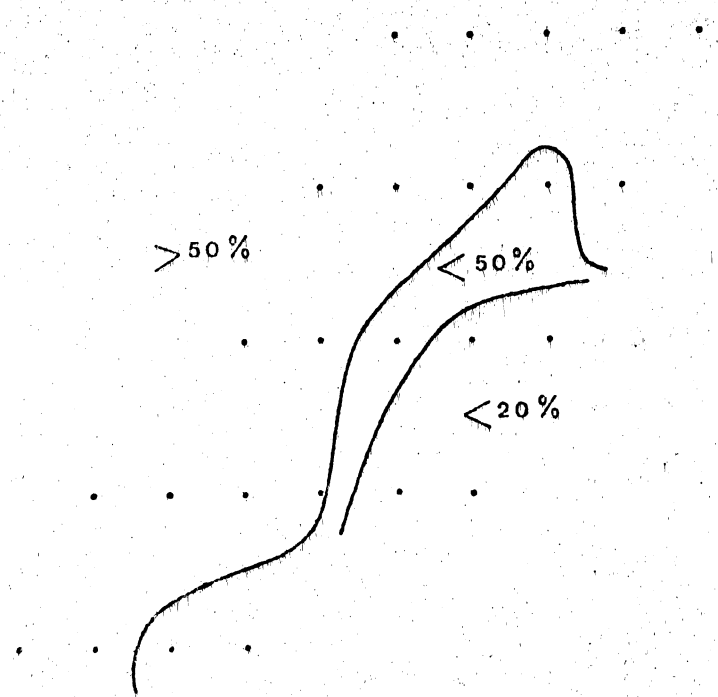
juillet 1972



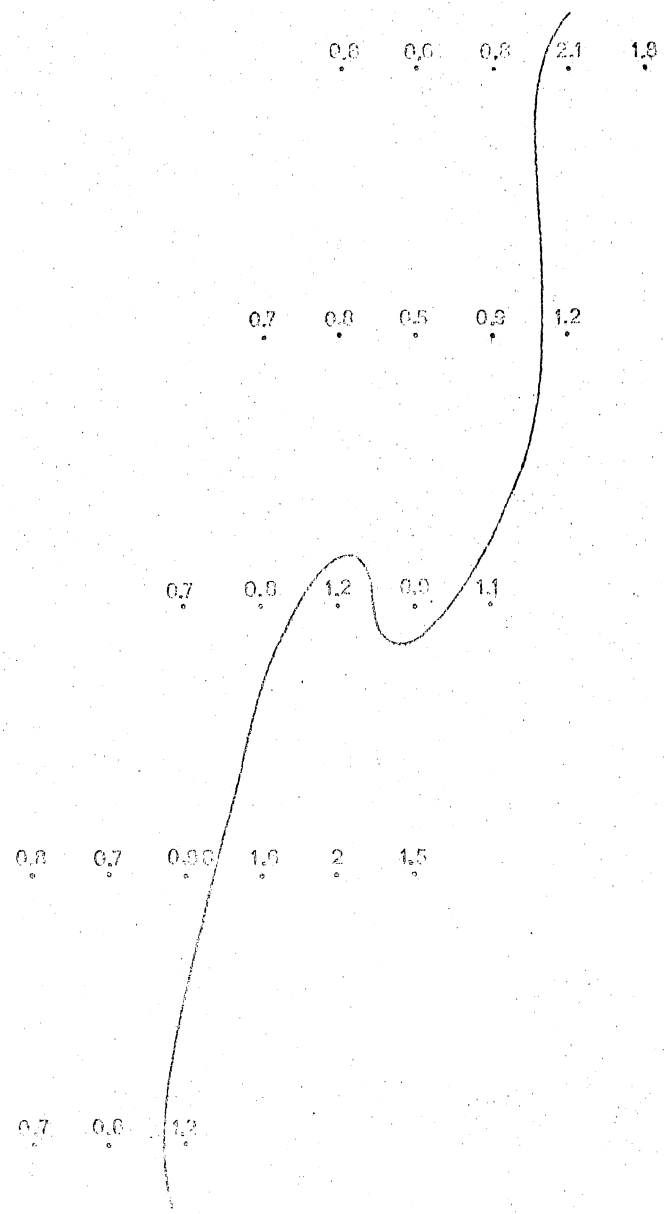
septembre 1972



avril 1973



carte VI Distribution du rapport P/HC



2) Phytoplancton.

La présente étude se rapporte à 8 croisières qui s'étalent de juillet 1971 à mai 1973. Il est évident que le peu de répétitions effectuées ne peut conduire qu'à des conclusions partielles et qu'à une ébauche de généralisation.

Nous discutons ici l'aspect quantitatif et qualitatif des résultats obtenus lors de ces campagnes.

A. Aspect quantitatif.

I. Quantité totale de cellules (à l'exclusion des Flagellés)

La quantité totale de cellules se réfère aussi bien aux cellules mortes qu'aux cellules vivantes en raison de l'uniformisation des données (la distinction n'ayant pas été faite à toutes les stations). Les résultats calculés représentent des moyennes pondérées (cellules par litre) sur l'ensemble des profondeurs échantillonnées. Si des différences notables interviennent entre différentes profondeurs d'une même station, elles sont inférieures aux différences observées entre les stations. Fig. 5 A.B.C. (06-07/1971) et 6 A.B.C. (09/1972) montrent clairement que les différences obtenues entre les densités à 0 m, 5 m et la moyenne pondérée sur la totalité des profondeurs échantillonnées modifient très peu la distribution générale. A l'exception de la Fig. 8 (04/1973, échantillonnage à profondeur unique de 2 m.), toutes les Fig. 1 à 7 représentent les résultats sous forme de moyenne pondérée.

De manière générale, on peut constater que :

1. le maximum de la biomasse phytoplanctonique basée sur le nombre de cellules se situe au printemps et à l'automne le long des côtes
2. la biomasse la plus réduite se situe en hiver
3. la quantité maximale de cellules en été se trouve à des stations plus éloignées de la côte.

Discussion.

Si ces trois points correspondent bien à l'image classique de la distribution de la biomasse phytoplanctonique en eaux côtières, quelques particularités propres à l'aire sont néanmoins à mettre en évidence.

9 /
 pour
 mais
 biomasse
 réduite
 ne faut
 que
 parler
 croisière

1. La répétition des données aux mêmes dates entre différentes années n'apparaît pas. D'année en année, seule la tendance générale d'un cycle saisonnier peut être comparé. Ainsi la campagne 09/71 reflète davantage une régression quantitative par rapport aux données de la campagne 07-08/1971 et n'est pas équivalente aux résultats obtenus en 09/1972. Il ne faut pas en conclure qu'il n'y a pas de répétition de cycle, mais plutôt qu'il y a un décalage et fluctuation d'une année à l'autre.
2. Les valeurs maximales obtenues au printemps et en automne sont plus ou moins semblables. Ceci ne peut cependant conduire à aucune conclusion définitive vu l'écart enregistré à cette époque entre les campagnes successives. Du point de vue de la composition spécifique, 04/1973 paraît plus proche de la situation hivernale que 04/1972.
3. En été, les maxima observés se situent plus au large et de manière plus prononcée dans la région sud du réseau.
4. Malgré les différences annuelles observées, il est remarquable que, tant au printemps qu'en automne, les quantités maximales de cellules phytoplanctoniques se localisent en 2 centres côtiers. L'un étant situé dans la région sud du réseau, l'autre dans la région nord.
 L'aire correspondant à la diminution ^{marquée} en nombre total de cellules se situe entre les radiales partant respectivement de la station M05 et de la station M11.
5. D'autre part, en toutes saisons, l'aire sud du réseau compte une plus grande densité cellulaire que l'aire nord, avec un minimum accusé dans la zone nord-ouest.
6. Enfin il faut remarquer à toutes les campagnes la présence d'une "encoche" minimale située de manière variable aux points M06, M07 et M12. Ces stations sont à comparer par leur faible quantité cellulaire, aux stations voisines et devraient refléter des conditions particulières en relation avec l'étendue de l'influence estuarienne.

*au large pour juillet 71 seulement
 au sud pour juillet 71
 et ce n'est que pour un maximum*

*minimale ou forte pour plus de cellules
 ne vient pas de + de biomasse*



en chlorophylle

juillet 71	1S = 1N
sept. 71	1N > 1S
Jan 72	1S > 1N
April 72	1S > 1N
Juin-Juillet 72	1S > 1N

septembre 72	1N > 1S
octobre 72	1N = 1S
Avril 73	1S > 1N
Juin 73	1N > 1S

II. Quantité de cellules mortes.

La distinction entre cellules vivantes et cellules mortes n'ayant pas été faite régulièrement, il n'est pas possible d'aborder l'évolution du rapport entre celles-ci au cours du temps.

Néanmoins, nous avons ces données pour les campagnes de 06-07/1972 et 09/1972 et il est intéressant de constater que face à l'estuaire le rapport cellules mortes / total cellules est faible et correspond à un faible taux de matière détritique. De plus, le pourcentage de cellules mortes n'est pas en relation avec la quantité cellulaire totale. Prenons comme exemple les stations

M02- 06/1972	Nb. moy.cell.	520 10^3 cell./l.
M15- 06/1972	Nb. moy.cell.	556 10^3 cell./l/
M06- 06/1972	Nb. moy.cell.	29 10^3 cell./l.
M10- 06/1972	Nb. moy.cell.	12 10^3 cell./l.

qui toutes ont moins de 1% de cellules mortes par rapport au total.

Des données plus nombreuses au cours de l'année pourraient nous informer sur l'évolution de ce rapport au cours du temps qu'il y aurait lieu de mettre en rapport avec la quantité de matière détritique.

III. Quantité de Flagellés.

Le dénombrement des Flagellés en eaux côtières est extrêmement difficile et il n'a pu être fait à toutes les stations échantillonnées. Au cours de l'année 1972 (Fig. 12-16), les valeurs maximales de Flagellés ont été obtenues en septembre et octobre (Fig. 15A et 16A). Les valeurs minimales par contre ont été observées en janvier. Il est également à noter que pour chacune des campagnes les quantités totales et les variations d'une station à l'autre sont moins grandes que pour les espèces phytoplanctoniques de plus grande taille. Il n'y a, de plus, pas de corrélation directe entre le nombre de Flagellés et le nombre de cellules phytoplanctoniques (Diatomées + Peridiniens). Le pourcentage de Flagellés par rapport au nombre global (cellules 'phytoplanctoniques' + Flagellés) est repris dans les Fig. 14B, 15B et 16B, qui montrent la relation inverse existant entre le pourcentage de Flagellés et le nombre global de cellules

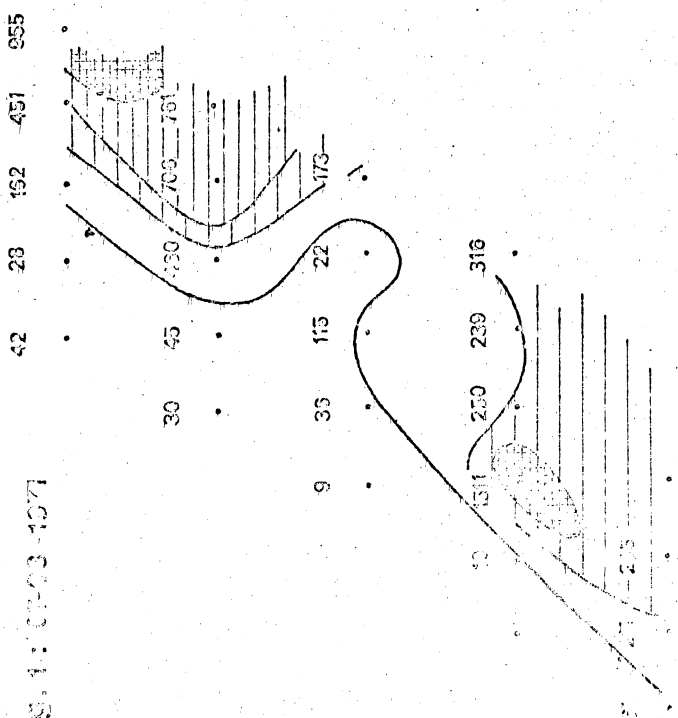


FIG. 1: 0703-1371

FIG. 2: 09-1371

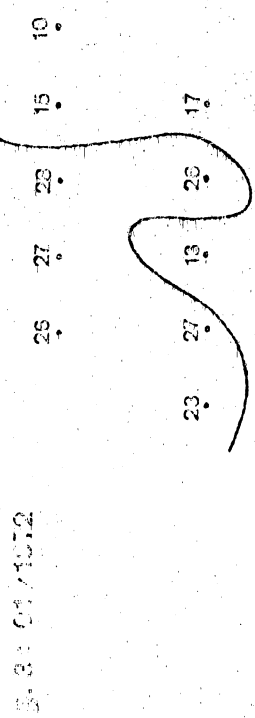
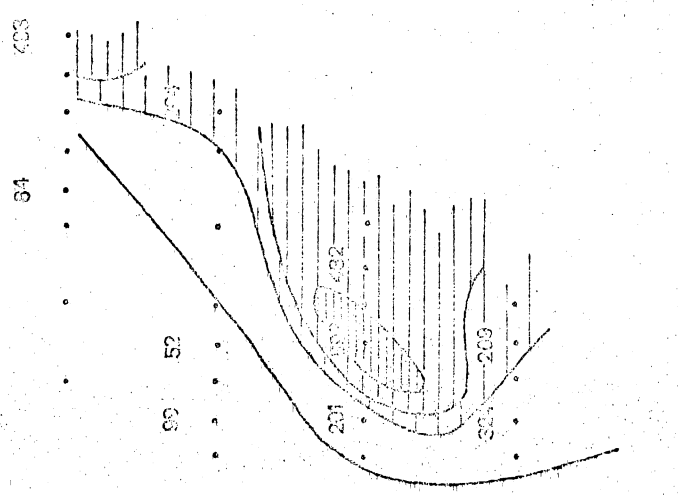
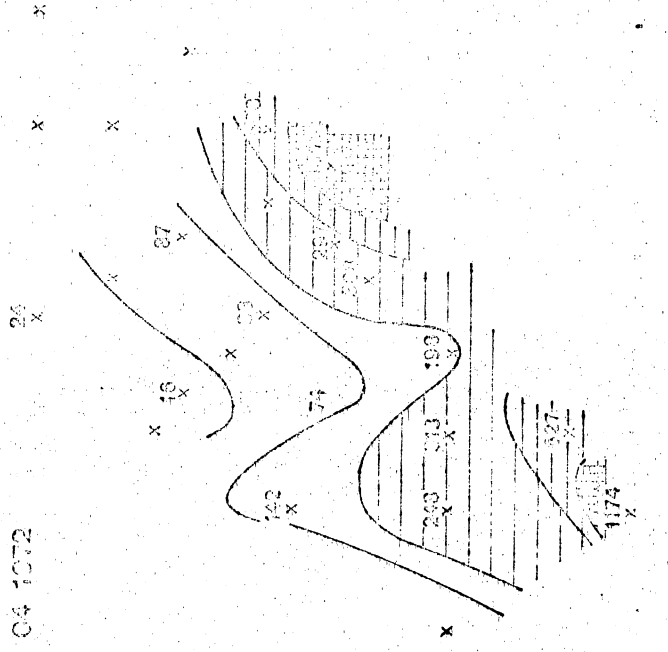
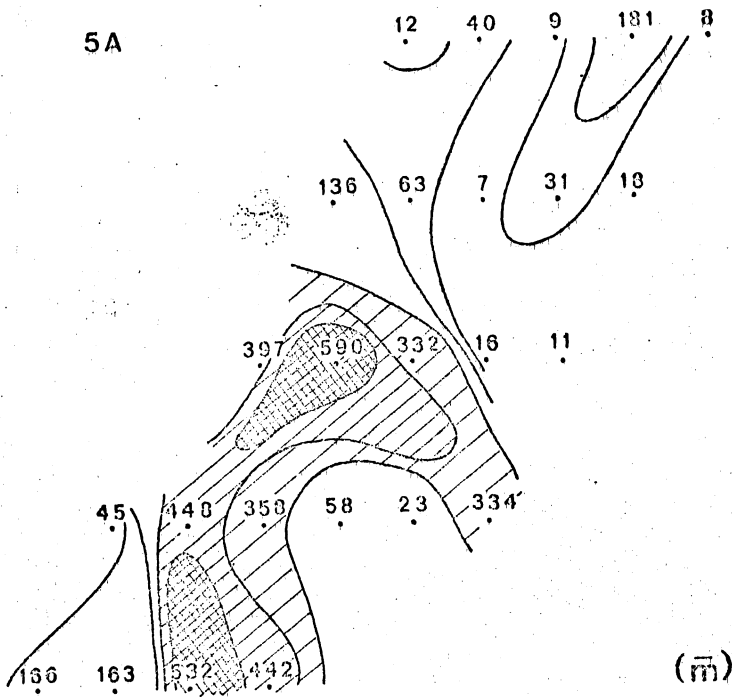


FIG. 3: 04-1372

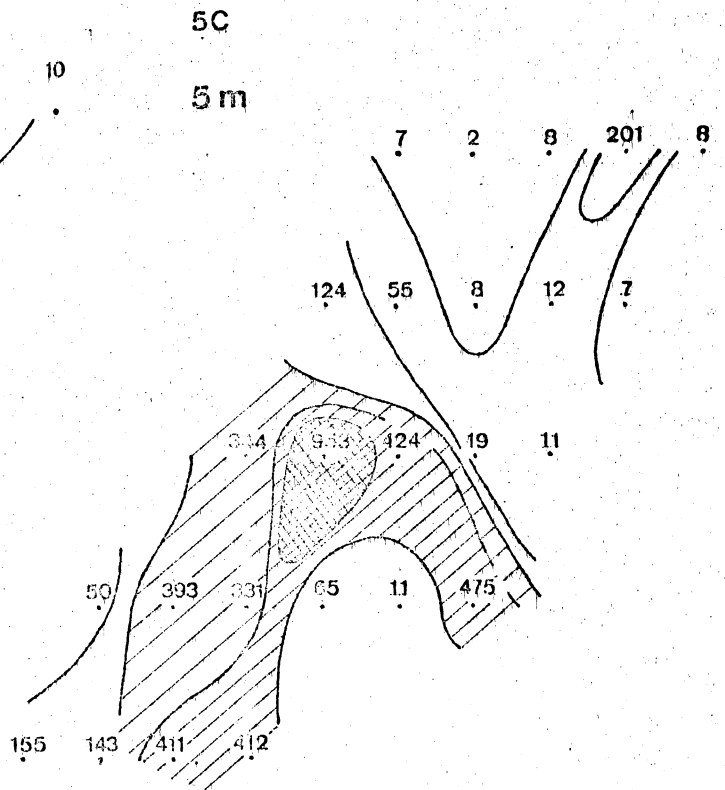
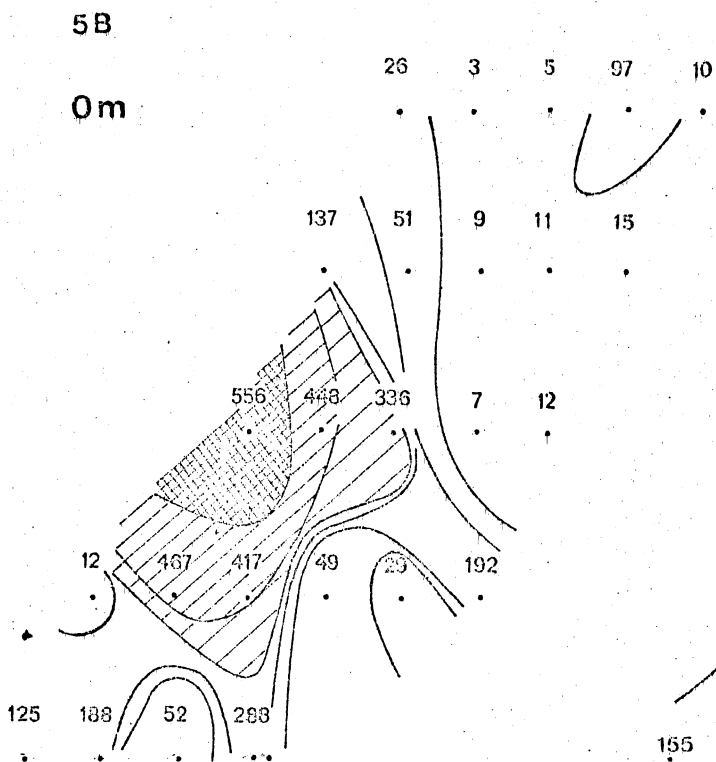
FIG. 4: 04-1372



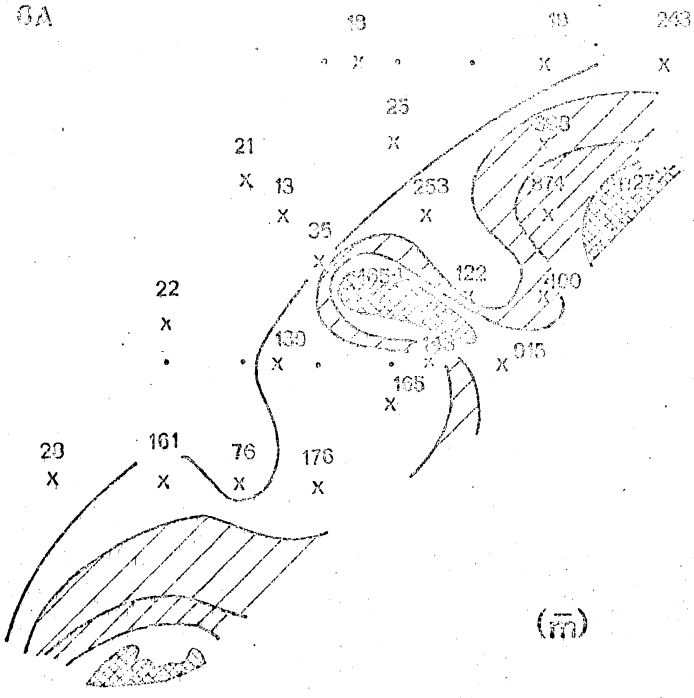
(m) 10^3 cell/l



06/07/1972
 10^3 cell/l



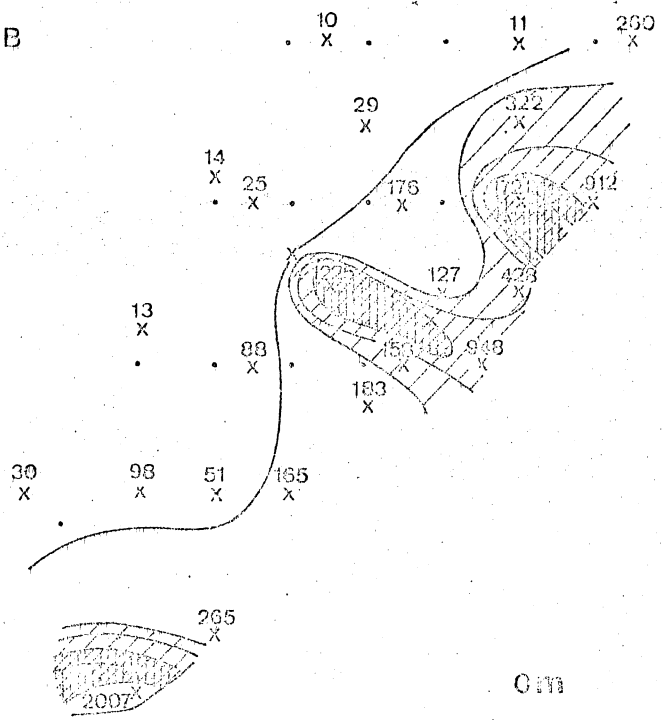
6A



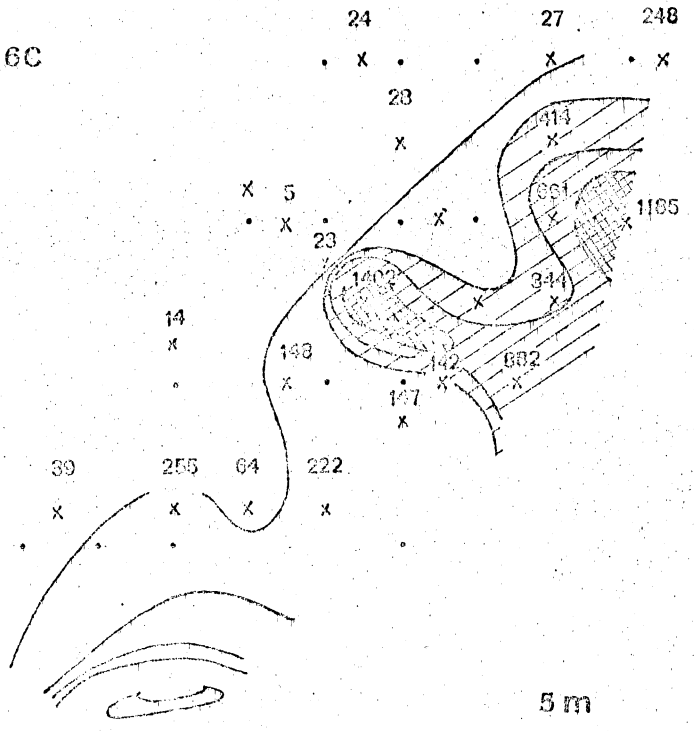
09/1972

10^3 cell/l

6B



6C



0m

5m

fig. 7

10/1972 10^3 cell/l (\bar{m})

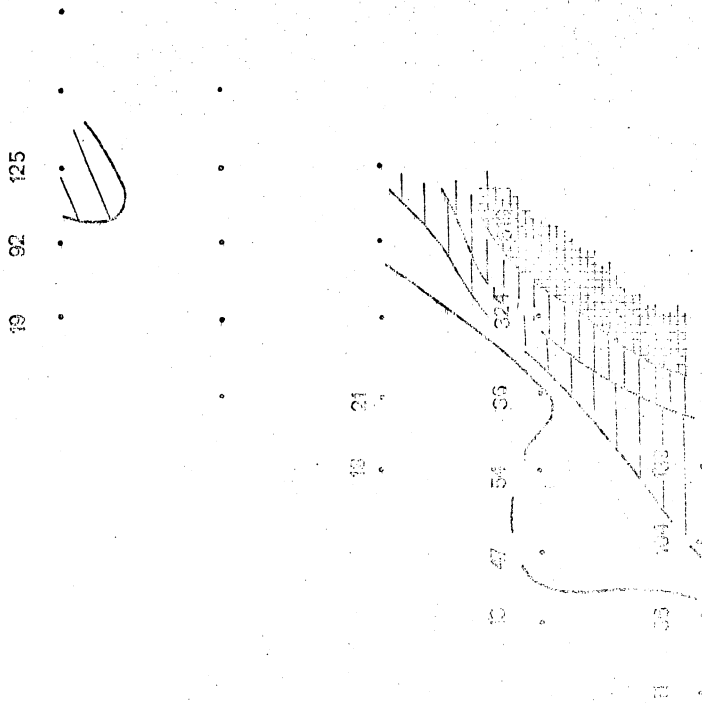
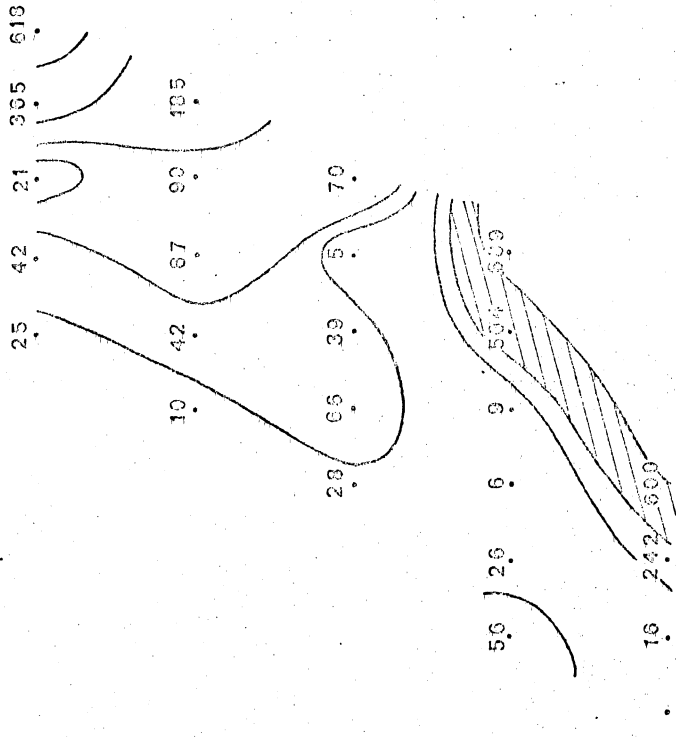


fig. 8

04/1973 10^3 cell/l (2m)



% cell - mortes / total cell

m surf 0.5-10 m

fig 9

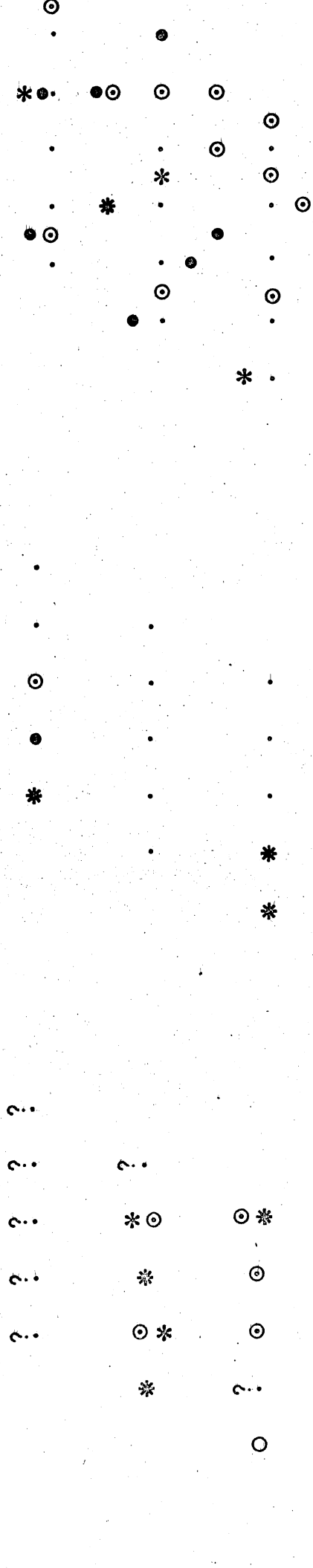
fig 10

fig 11

10/1972

09/1972

06_07/1972



- < 1%
- ⊙ 1-5%
- 5-10%
- * 10-20%
- * > 20%
- ? distinction inexistante

2 valeurs superposées =
 au-dessus : 0 m
 en dessous : 5-10m

Flagellés : Om
10³ cell/l

12

01/1972

8 ; 6 ; 8 ; 10 ; 6 ;

10 ; 6 ; 3 ; 3 ; 11 ;

14 21 . . 2 ; 3 ;

16

13

04/1972

. x . . . x . . x

x
13/ x . . . x . . x
x
13 x
6 x . . . 11 x . . . 3 x . . . 32 x
x
13 x
6 x . . . 11 x . . . 3 x . . . 32 x
x
13 x
6 x . . . 11 x . . . 3 x . . . 32 x

14 21 . . 2 ; 3 ;

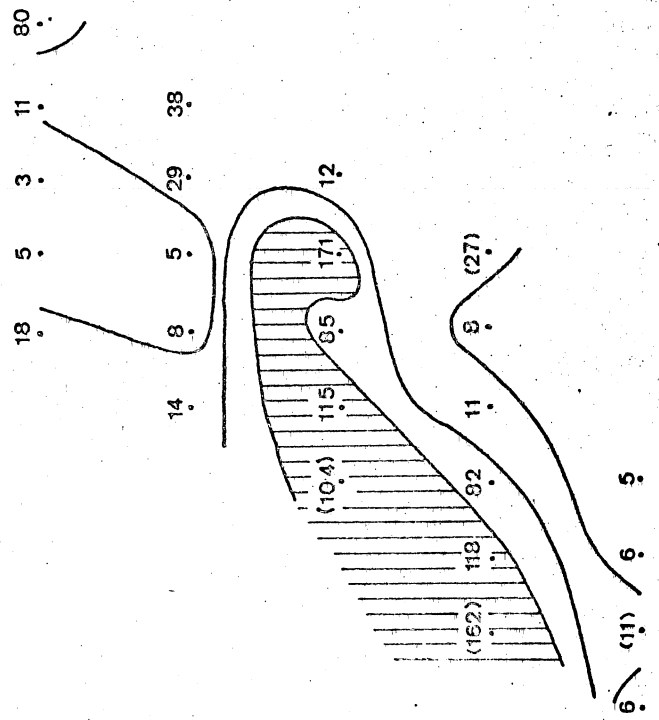
16

64 x

Flagellés : 0m
 () = 5m
 06 07 1972

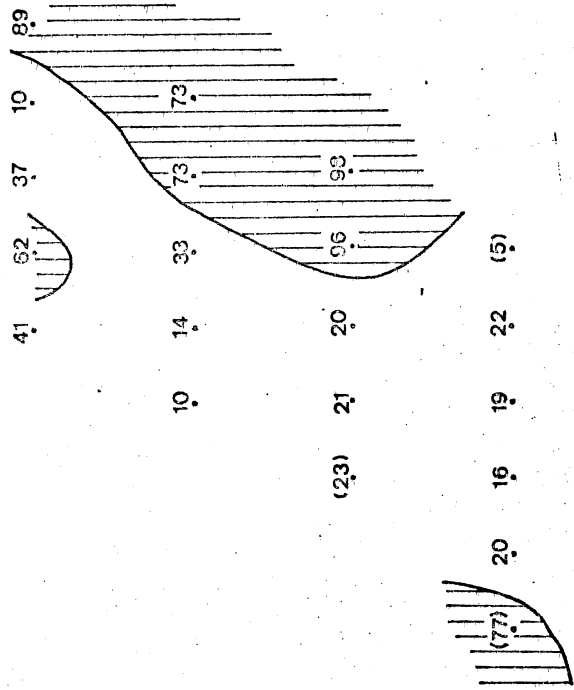
14A

10^3 cell/l



14B

% Flag-Tot

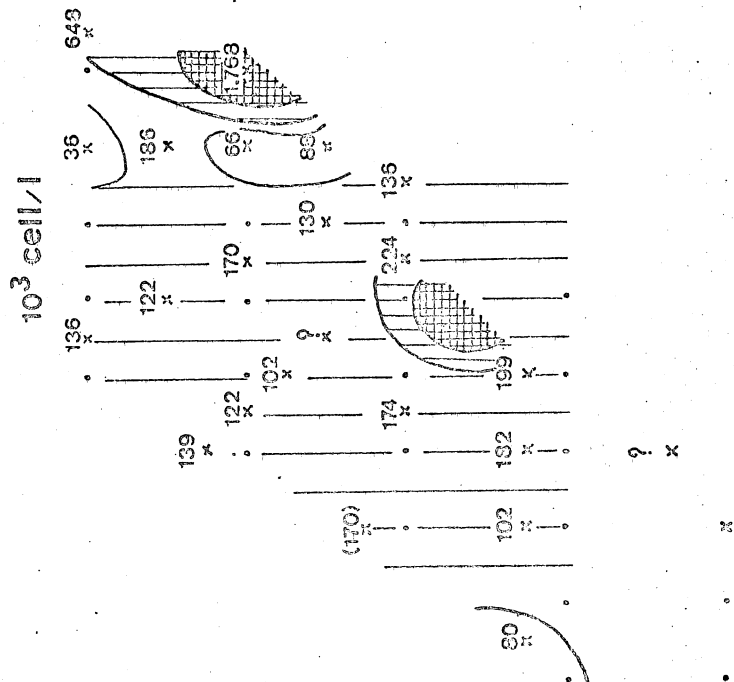


4 7 1 2

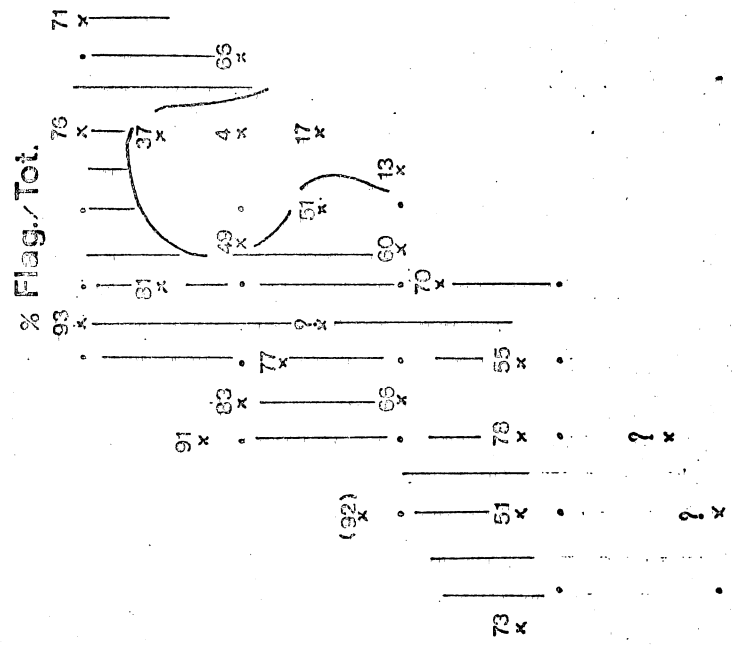
Flagellés : 0m
 () = 5m

09/1972

15A



15B



Flagellés : Om

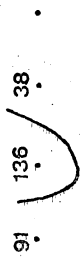
10 1972

10^3 cell/l

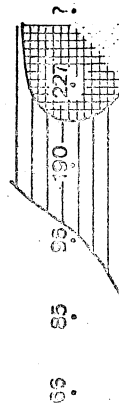
% Flag/Tot.

16A

16B

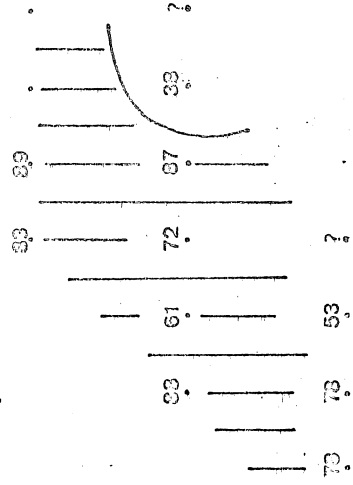


83 107



91

104 ?



B. Aspect qualitatif.

1. Evolution saisonnière de quelques espèces de diatomées.

Les Diatomées représentent en moyenne plus de 90 % de la quantité totale des cellules, à l'exception des stations côtières au nord du réseau pendant la campagne 07-08/1971.

Le choix s'est porté sur 6 espèces dont les fluctuations sont importantes au cours de l'année et qui totalisées entre elles composent la majorité du total phytoplanctonique (flagellés non compris).

1) Skeletonema costatum

Cette espèce côtière est connue comme un élément important des blooms phytoplanctoniques. Elle apparaît dans l'aire du réseau en 04/72 et 04/73. Les densités observées suivent assez les maxima du total des cellules.

Par contre *Skeletonema costatum* ne participe pas au bloom automnal à l'exception du point M01.

Une particularité se présente en septembre 1972 : la très grande quantité de *Skeletonema costatum* aux points M1699 et M01 liée également au maximum du total des cellules. L'absence totale de *Skeletonema costatum* en 06-07/1972 et de très grandes quantités en 07/1971, montrent bien que cette espèce est indicatrice des blooms printaniers.

2) Asterionella japonica

Comme *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica* est une espèce côtière qui participe au développement printanier. En septembre 1972, la distribution d'*Asterionella japonica* suit les maxima du total des cellules. En 07-08/71, on remarque une quantité non négligeable de cellules aux stations qui font face à l'estuaire de l'Escaut.

Cela pourrait correspondre - mais vu le nombre peu élevé de campagnes il est trop tôt pour conclure - à une initiation du bloom automnal. Ce dernier débiterait face à l'estuaire pour s'étaler et s'amplifier ensuite vers la côte sud et nord.

3) Leptocylindrus danicus

Les quantités maximales de *Leptocylindrus danicus* sont très nettement situées en fin été-automne. Sa distribution n'est pas liée à la proximité de la côte. Si les lignes de densité cellulaire suivent plus ou moins celles des densités du total phytoplanctonique, tant au printemps, en été et en automne, les maxima ne coïncident pas. Des fortes densités apparaissent ainsi en M02 (07/1971) et M16 et M1993 (09/1972).

4) Melosira sulcata

Melosira sulcata forme en hiver, quoique présente en faible quantité, la moitié de la population phytoplanctonique et pourrait de ce fait être considérée comme "hivernale". Le maximum de cellules de cette espèce se rencontre au printemps, le minimum en été.

5) Rhizosolenia Shrubsolei

Cette espèce ne suit nullement la distribution générale du total des cellules. Exception faite du point M07 (07-08/1971) et dans une moindre mesure M08 (07-08/1971), les plus grandes densités de cette espèce se rencontrent dans des zones de minimum de cellules totales. Il est à noter qu'en 07/1971, 04/1972 et 06/1972, *Rhizosolenia Shrubsolei* est présent en grand nombre face à l'estuaire. Cette espèce, de par son comportement très particulier dans l'aire étudiée, pourrait être employée, mise en corrélation avec d'autres facteurs par exemple, comme test d'espèce indicatrice.

6) Rhizosolenia Stolterfotii

Rhizosolenia Stolterfotii apparaît dans l'aire étudiée comme une espèce de début été, quasi inexistante en automne. Si l'apparition de l'espèce débute face à l'estuaire, le maximum migre en s'amplifiant vers le large.

De manière générale, l'ensemble des espèces précitées explique la distribution de la quantité de cellules phytoplanctoniques (exclusion faite des Flagellés). Un rapprochement dans le temps et une intensification du balayage du réseau à une profondeur devraient pouvoir déceler des points particuliers.

Les données actuelles ne permettent que l'esquisse d'ébauches d'évolution. A l'échelle de temps utilisée aucune espèce de courte durée d'apparition ne peut être prise en considération.

0 . x . . x . . x . . x

x . x . . x . . x . . x

x 0 . x . . x . . x . . x

0 x . 0 x . . x . . x . . x

0 x

0 x

0 x

0 (22) 31 x

.

.

.

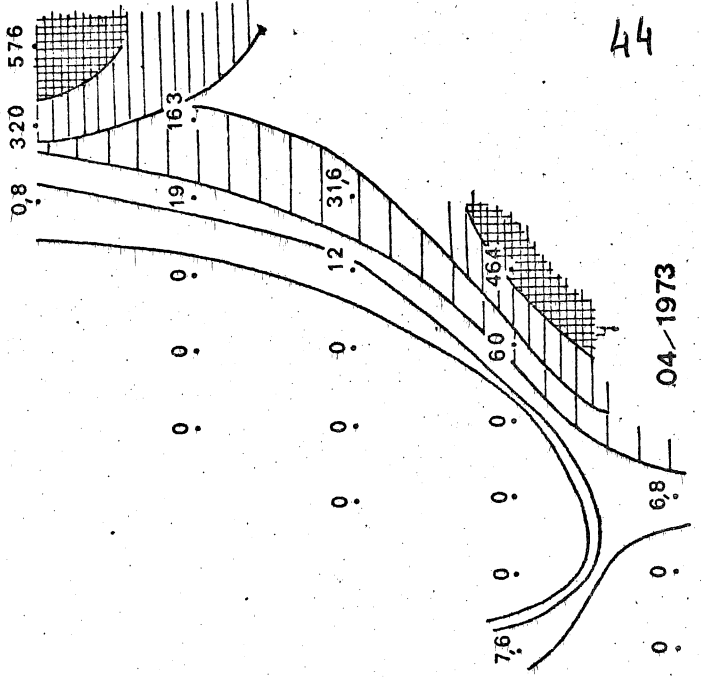
.

04/1972

Skeletonema costatum

10³ cell/l

IV



36

03

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

9.5

0

0

0

0

0

0

06-07/71

x

0

0

0

0

0 x

0 x

0 x

0 x

0 x

0 x

0 x

0 x

3 x

0 x

8.5 x

0 x

0 x

0 x

0 x

0 x

0.5 x

x

0 x

0 x

0 x

0 x

6 x

0 x

0 x

0 x

0 x

0 x

+

x

0 x

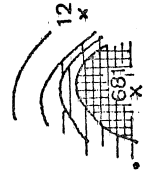
0 x

0 x

0 x

0 x

0 x

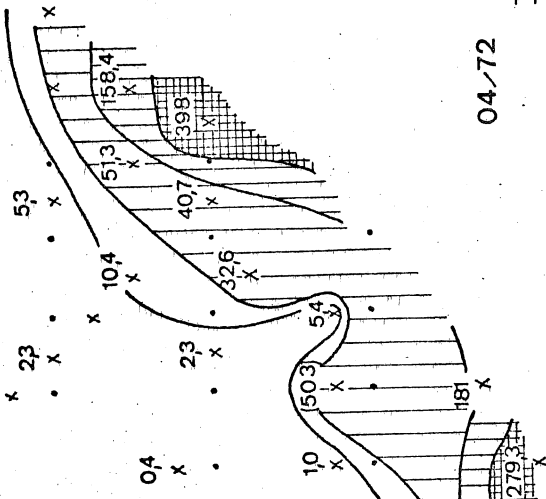


09/1972

04 x . . . x . x

0 0 0 0 0 0 0 6.7

0.5 0.3



Asterionella japonica

10³ cell/l

II

04/72

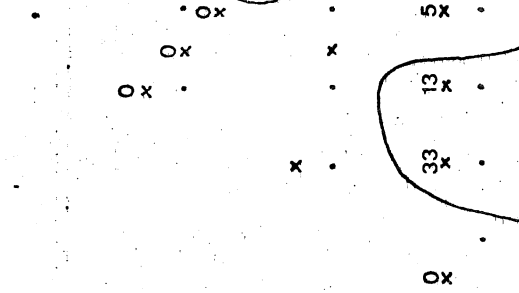
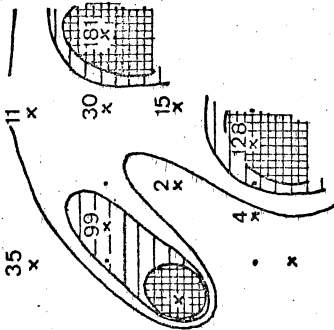
07-08/71

I

2 2.2 0.8 1.8

0.3 + x . . . + x \$

0 0 0 0 0 19 0



0 0 0 1 0 0 0

0 + i + 0 0 0

06-07/72

III

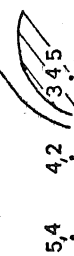
+ 007 16 161

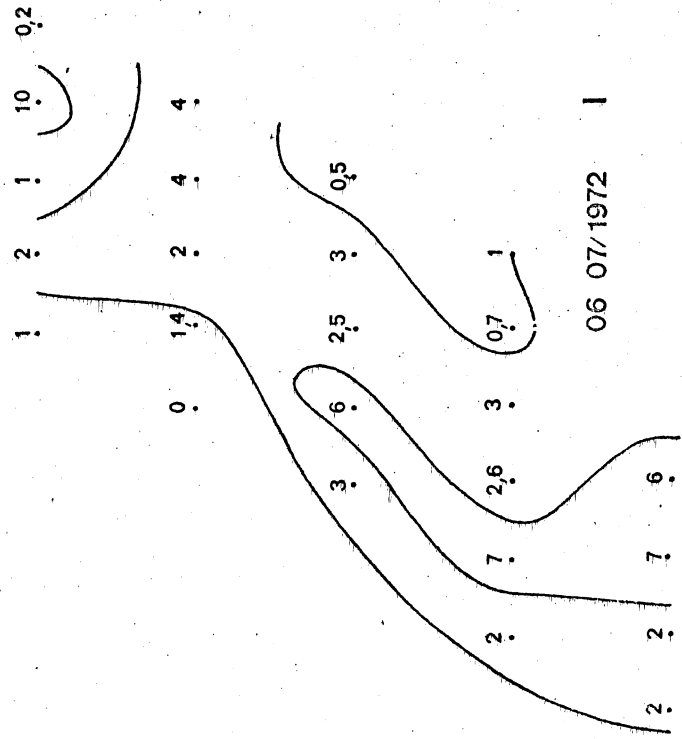
09/72

IV

04/73

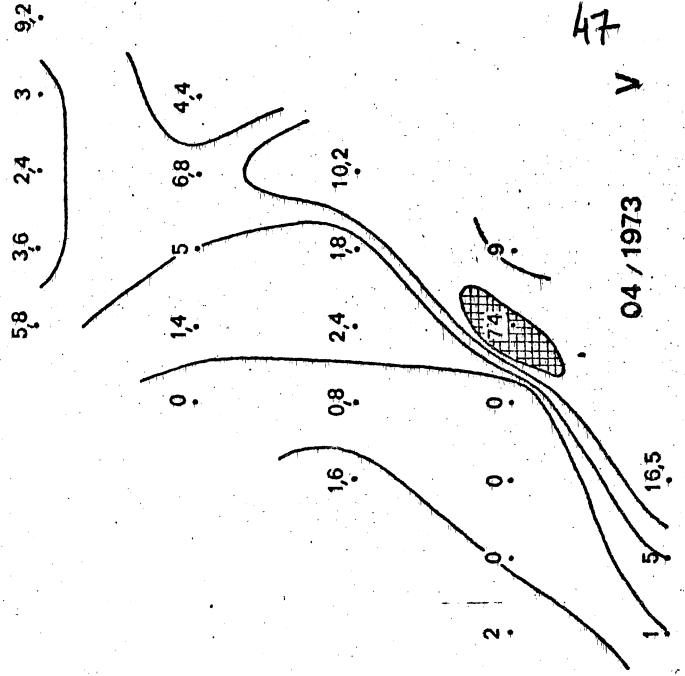
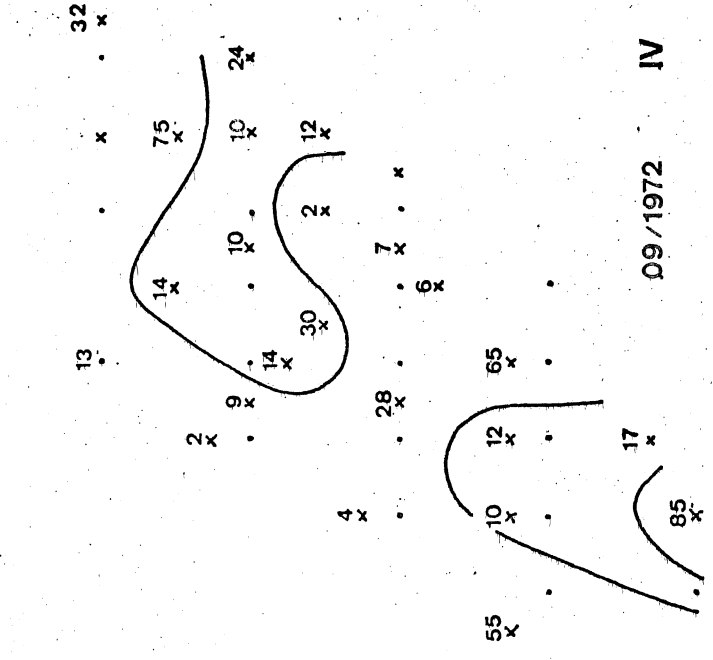
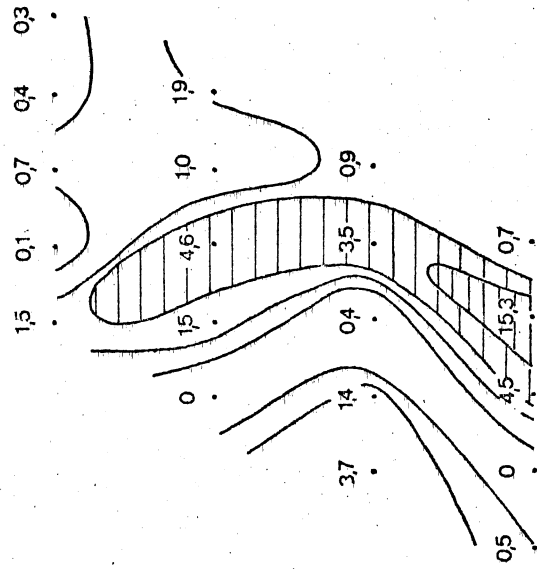
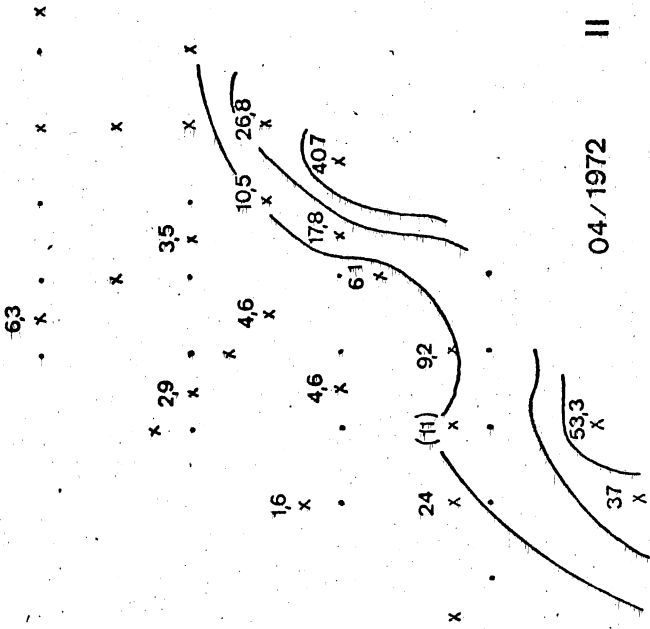
V

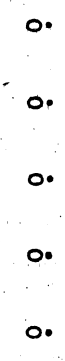
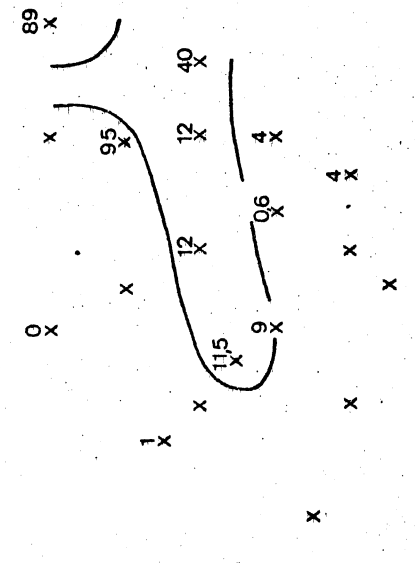
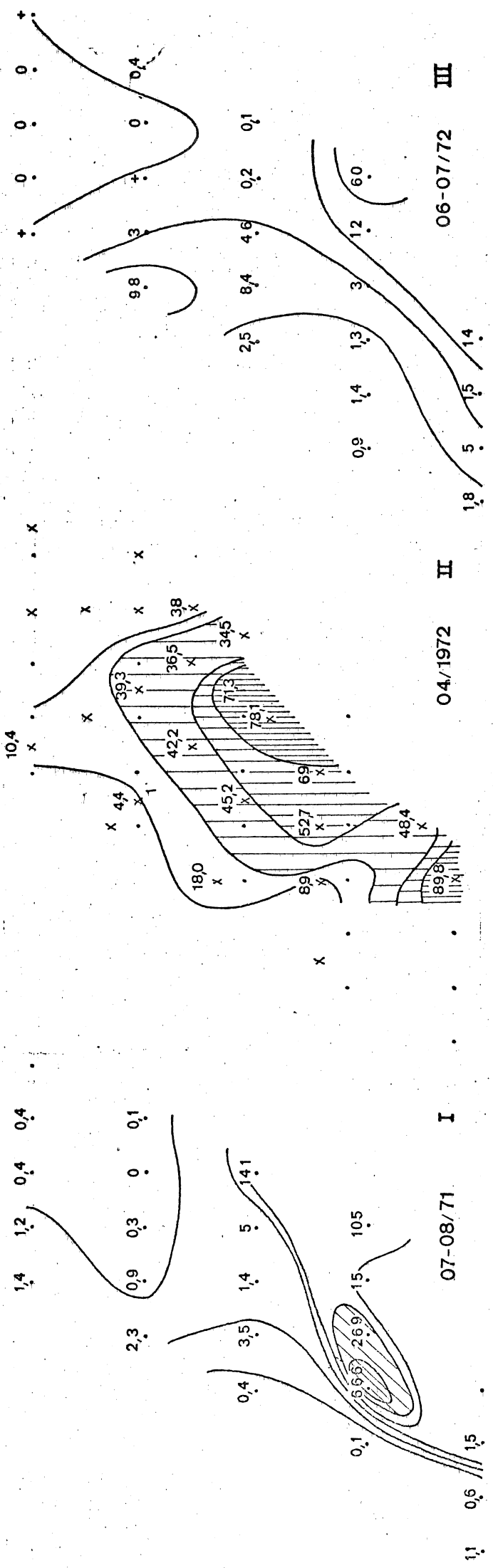




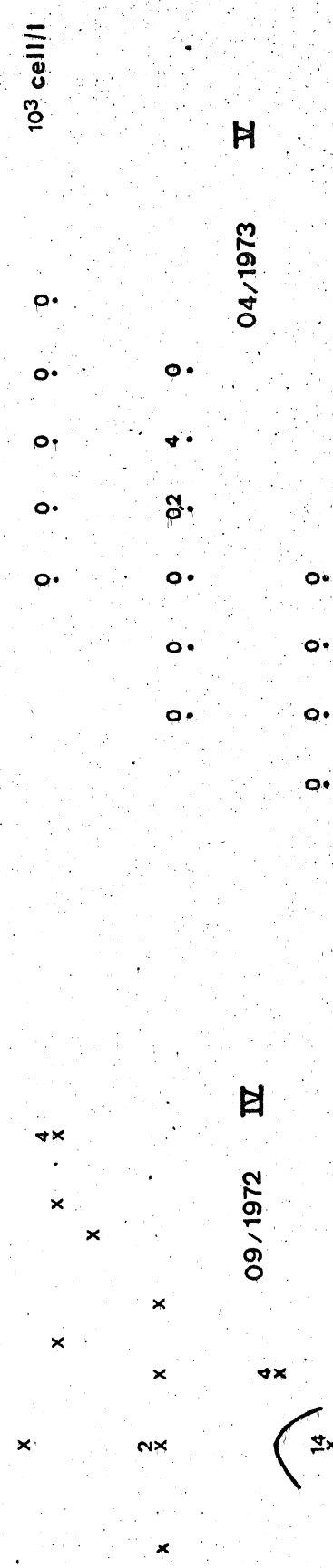
Melosira sulcata
10³ cells/l

04/1972 II





Rhizosolenia Shrubsolei



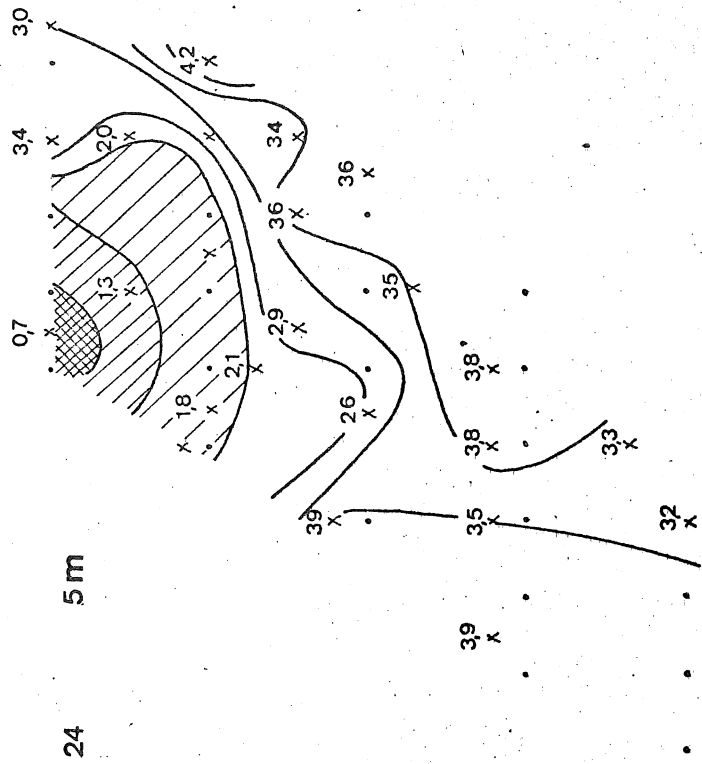
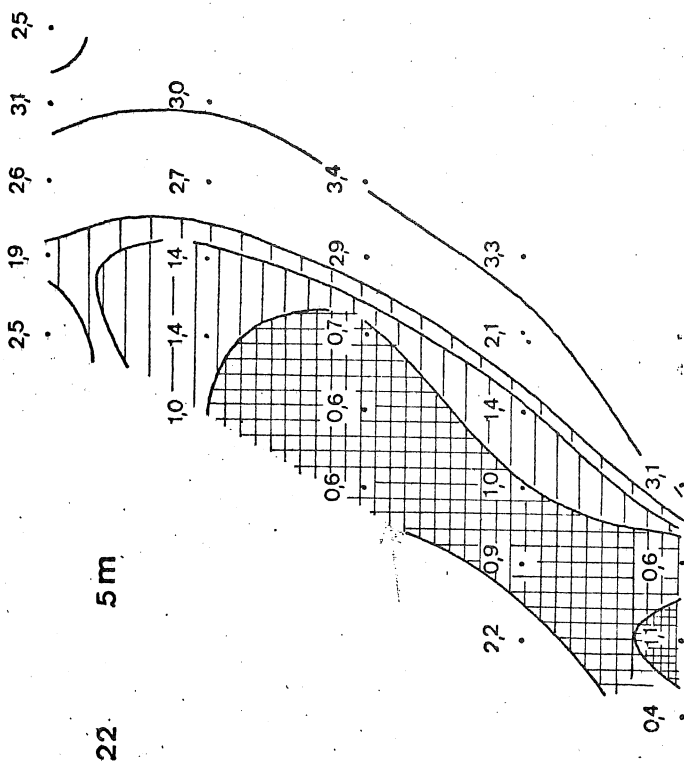
2) Les stations proches de la côte et plus particulièrement face à l'estuaire, ont des indices très élevés. Parfois cette aire se réduit à une bande côtière (06/1972) qui dans ce cas précis se superpose à la zone de faibles salinités. Dans la majorité des cas elle est particulièrement marquée au niveau de l'estuaire.

3) L'indice de diversité est élevé pour une biomasse élevée en des points différents suivant les campagnes, mais toujours situés aux abords de l'estuaire (M06: 07/1971; M01,M07: 01/1972; M01,M05: 06/1972; M1342: 00/1972; M06,M02: 04/1973). En ces points on peut donc parler de mélange et considérer l'aire ainsi délimitée comme l'image de la zone d'influence de l'estuaire.

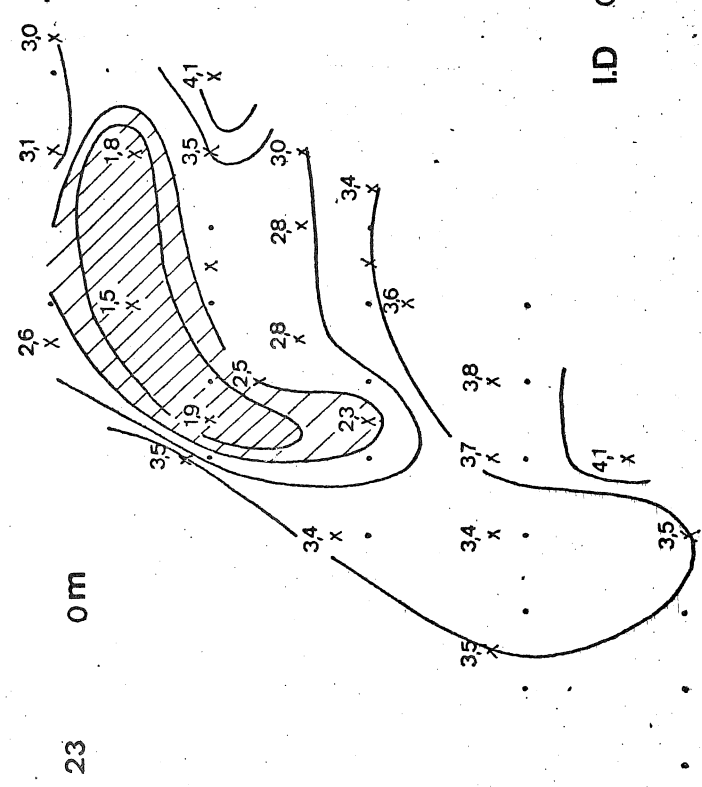
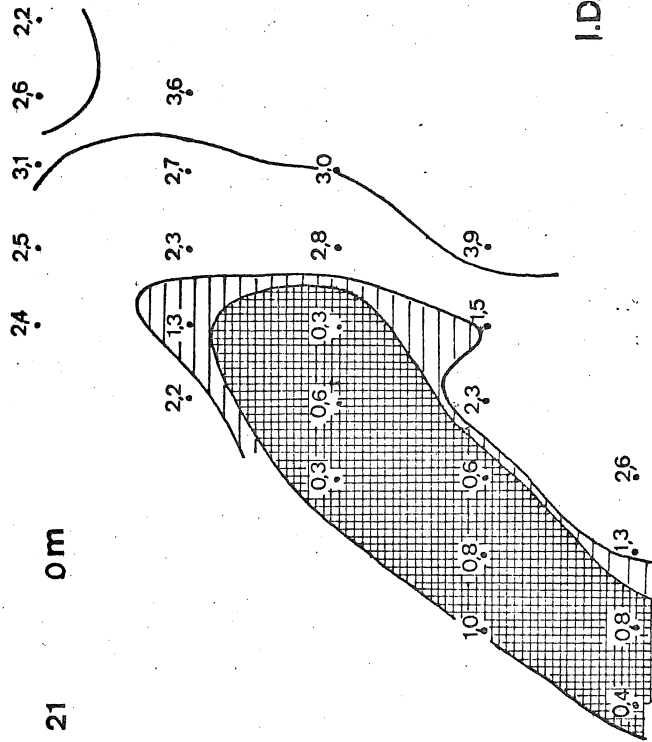
4) Une très grande quantité de cellules par litre est associée à un I.D. élevé, correspondant à une forte productivité dans le cas de M01,M05,M21,M22: 04/1973 (productivité supérieure à $10\text{mgC}/\text{m}^3/\text{jour}$) ; M01,M02,M11 : 07/1971.

5) "L'encoche", mentionnée dans le chapitre se rapportant au nombre de cellules, correspond à un indice relativement élevé (M12 : 07/1971; 06/1972; 04/1973 -M07: 04/1973) pour un nombre de cellules réduit. Ces points pourraient représenter la limite d'un type de population phytoplanctonique (à l'exclusion des Flagellés).

6) Les variations dans le rapport I.D. et nombre de cellules sont les plus grandes dans la zone estuarienne et sa limite. On constate effectivement que les mêmes points du réseau se trouvent une fois dans la situation de mélange, une autre fois dans la zone productive, une autre fois encore dans la situation limite. Deux alternatives sont possibles : le déplacement des eaux sous l'influence de la marée ou des courants ou encore du à la variation saisonnière. L'étude limitée et non concordantes aux points fixes, ne permet pas de trancher sur ce sujet.



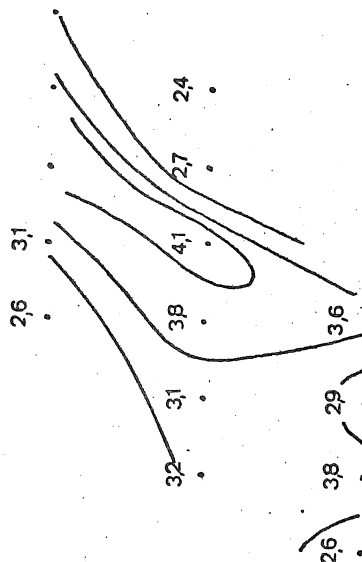
I.D. 06/1972



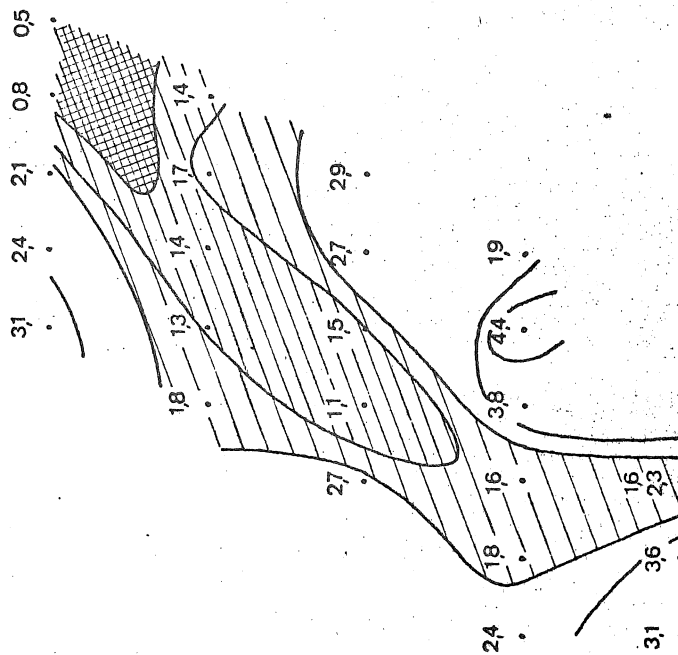
I.D. 09/1972

25

25 30 29



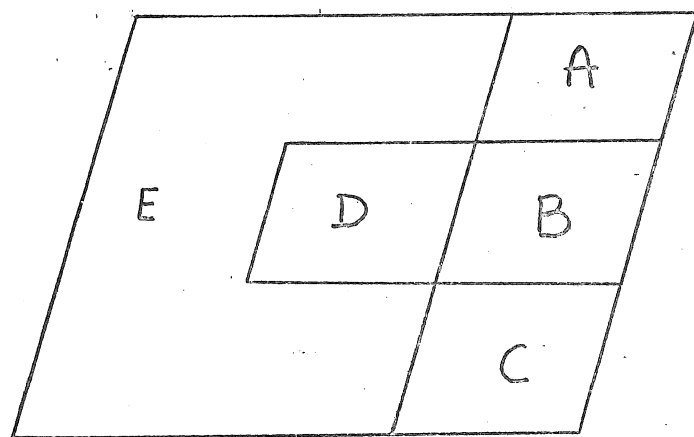
26



CONCLUSION

De l'étude de la biomasse phytoplanctonique (chlorophylles, quantité et spécificité des cellules) et de la matière organique particulaire, on peut conclure à certaines variations intrinsèques de ce système biologique. La variation des paramètres étudiés dépend en premier lieu de l'époque de l'année. Pour estimer la vitesse de ces variations, elle-même variable au cours du temps, il faudrait envisager un plus grand nombre de données pour l'ensemble du réseau. Les variations en fonction de la profondeur peuvent être considérées comme négligeable pour la majorité des paramètres étudiés. Les études en points fixes ont montré d'autre part que si les variations de jour en jour dans l'espace d'une semaine étaient négligeables devant les variations saisonnières les cycles journaliers par contre donnaient parfois des variations de concentrations significatives (M06-M16:prélèvements de juin et de mai) probablement dues au mouvement de la masse d'eau.

En l'ensemble de tous les paramètres étudiés confirme l'idée d'une subdivision du réseau en deux régions : une région côtière très productive et une plus au large moins productive. Néanmoins cette notion peut, à l'aide de l'étude saisonnière être quelque peu précisée. On peut schématiquement dire que l'entièreté du réseau peut - pour l'ensemble d'une année- être divisée en 5 parties.



A,B,C : côtiers, sont à biomasse élevée (chlorophylles, M.O.P., nombre de cellules)

A,C, se comportent de manière similaire avec une prédominance de valeurs plus élevées en C

B, face aux embouchures d'estuaire est souvent ~~en un de~~

plus pauvre en nombre de cellules(Diatomées) que A et C.
D, est une zone de grande fluctuation et la limite entre D et B
est elle-même variable suivant les campagnes. Les points
d'anomalie se situent dans cette zone.
E est une zone à faible biomasse et à caractère plus "océanique"