IMPACT DE LA POLLUTION SUR LE SYSTEME PLANCTONIQUE ET L'ECOSYSTEME DU GOLFE DE FOS EN 1975

par

F. BLANC et M. LEVEAU

Equipe travaillant sur le projet
P. BENON, F. BLANC, M.C. BONIN, B. BOURGADE, P. DAVID
R. KANTIN, J.C. ROMANO, D. SAUTRIOT

I

INTRODUCTION

I - INTRODUCTION

Le but poursuivi dans cette étude était, avant tout, de rechercher s'il y avait eu au cours des cinq dernières années, des modifications importantes des conditions écologiques et des structures du système planctonique, consécutifs à la mise en route du complexe industriel de Fos.

Afin d'avoir une vue aussi précise que possible de ce système planctonique, nous avons envisagé l'étude d'un grand nombre de paramètres, afin de recueillir le maximum d'informations concernant, les fluctuations spatio-temporelles des structures hydrologiques, la richesse en éléments nutritifs et leurs répercussions sur le fonctionnement des populations phytoplanctoniques.

Il s'est donc avéré indispensable de connaître la composition spécifique, la diversité, la densité des populations et leur biomasse.

Par ailleurs, vu le développement industriel dans cette région, il nous a paru intéressant de rechercher les teneurs en divers polluants (hydrocarbures, phénols, détergents, cyanures, métaux lourds), leurs sources, leur distribution et de connaître leur impact éventuel sur la flore et la faune pélagique.

II

MISSIONS EFFECTUEES

LOCALISATION DES STATIONS

II - MISSIONS EFFECTUEES - LOCALISATION DES STATIONS

Comme prévu dans le contrat, nous avons réalisé deux missions dans le golfe de Fos, selon un processus classique d'échantillonnage.

Cependant, afin de mieux cerner certains phénomènes hydrobiologiques, nous avons été amenés à en effectuer deux autres (les 29/4/75 et 24/6/75), mais cette fois dans une optique différente. Nous voulions connaître l'évolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques et biologiques dans les eaux issues du Canal de Caronte. Nous avons, pour ce faire, employé une "drogue" immergée dans une masse d'eau dont nous avons suivi le déplacement. Nous utiliserons partiellement les résultats de ces missions pour étayer les conclusions concernant les missions classiques. Nous donnerons également un compte-rendu de la mission réalisée en mai 1974.

Nous avons donc dans ce rapport les résultats des trois principales missions que nous appelerons par la suite Fos I, Fos II et Fos III et qui ont été effectuées aux dates suivantes:

Fos I	21 - 22 mai 1974	33 stations
Fos II	23 - 24 avril 1975	35 stations
Fos III	25 - 26 novembre 1975	16 stations (3 niveaux)

Les résultats obtenus lors des années antérieures (1969, 1970) concernant cette région nous ont incité à faire des prélèvements à trois périodes intéressantes du cycle de la matière vivante : printemps, début été et hiver. C'est en effet pendant ces saisons que l'on observe d'importantes modifications qualitatives et quantitatives des populations phyto- et zooplanctoniques. Or l'un des buts de cette étude, en plus de la définition des structures tant hydrologique que biologique, était de percevoir l'impact des "polluants" et des "nutrients" sur la physiologie des populations planctoniques qui se relaient au cours d'une année.

La localisation des stations (fig. 1,32,60) nous a permis de prospecter l'ensemble des différentes aires du golfe perturbées par diverses effluences: Rhône, émissaires industriels de la côte Est et N.W. du golfe.

Nous avons effectué au total 116 prélèvements dont 84 dans les eaux de surface, les plus fréquemmment soumises à la dessalure et à la pollution, et 16 à 5 m ainsi que près du fond. Les eaux subsuperficielles et de fond n'ont été recueillies qu'au cours de la mission hivernale.

III
METHODOLOGIE

III - PARAMETRES ETUDIES - METHODOLOGIE

Pour définir les structures hydrologiques, physico-chimiques et biologiques du golfe, nous avons, au maximum, analysé une trentaine de paramètres. Il peut sembler, a priori, que certains paramètres analysés apportent une information redondante (cas des paramètres utilisés pour déterminer la biomasse microplanctonique). En fait nous avons toujours voulu nous prémunir, quand cela était possible, contre certains aléas dûs au mauvais fonctionnement temporaire de quelques appareils de mesure. Une variable redondante pourra donc dans certain cas pallier à l'absence de mesure. Nous signalerons en outre, que toute mesure suspecte pour des raisons diverses a été volontairement éliminée des résultats présentés ici.

Les paramètres analysés peuvent être divisés en trois grandes catégories: physico-chimiques, biologiques et polluants.

III - 1. Paramètres physico-chimiques.

Salinité : méthode potentiométrique au salinomètre Hytech.

L'étude de la salinité des eaux permet de définir la structure haline, donc de délimiter les différentes aires diluées en d'en connaître l'origine. Dans le cas du golfe, le repérage des eaux diluées superficielles est capital car elles sont souvent les "vecteurs" de substances particulaires et dissoutes (sels nutritifs, polluants).

Températures : elles furent mesurées soit à la sonde Beckman (type soit avec des thermomètres à renversement.

Disque de Secchi : permet de déterminer la transparence des eaux et d'estimer l'intensité de la turbidité, donc de la pénétration de la lumière dans les couches subsuperficielles, lumière indispensable à toute activité photosynthétique.

Seston : c'est le poids de matériel particulaire en suspension dans les eaux (matériel détritique et vivant, organique et minéral). Nous avons utilisé des filtres Whatmann (pores de 0.45 μ) pour recueillir ce matériel.

Oxygène dissous : dosage par la méthode de Winkler

En écologie, l'analyse des teneurs en oxygène des eaux est indispensable car elles peuvent refléter soit un état de dégradation du milieu (pouvant aller jusqu'à l'anoxie) qui devient alors impropre à la vie de la plupart des espèces, ou au contraire, indiquer une activité photosynthétique

importante. Plus le milieu sera pollué, riche en matière organique détritique ou en produits chimiques, plus la consommation d'oxygène sera importante, par suite des oxydations de ces substances.

Eléménts nutritifs : $P\text{-}PO_4$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$; $N\text{-}NH_4$, $Si\text{-}SiO_2$.

Les dosages ont été effectués selon les méthodes de Strickland et Parsons automatisées par l'emploi de chaines Technicon. L'ammoniaque par la méthode de Koroleff manuelle.

Les résultats sont exprimés en µatg/l de l'élément (P, N ou Si) sous forme de phosphates, nitrates, nitrites, ammoniaque et silicates.

Les phosphates : ce sont des sels nutritifs indispensables à la synthèse organique photo-autotrophe. Lorsque les concentrations sont élevées, il se produit une eutrophisation du milieu qui se traduit par un développement éxubérant de quelques espèces phytoplanctoniques. Par la suite, à la mort des cellules, lors de la dégradation bactérienne, la concentration en matière organique détritique est telle que la consommation en oxygène devient très importante. Dans les milieux fermés et semi-fermés, cette oxydation du matériel organique peut avoir des conséquences catastrophiques sur la faune benthique par l'apparition d'un milieu anoxique.

Dans le cas du golfe de Fos, les fortes teneurs en phosphates des eaux de surface ont pour origine, comme on le verra ultérieurement, les rejets par les émissaires de détergents auxquels sont souvent associés des polyphosphates qui, après hydrolyse, sont transformés en orthophosphates assimilables par les cellules du phytoplancton.

Les nitrates, nitrites et ammonium : ces trois sels sont également indispensables au développement du phytoplancton. Des teneurs trop élevées provoquent une eutrophisation du milieu. Dans le golfe, les principales sources d'azote sont sans nul doute, l'effluence rhodanienne, les émissaires urbains et industriels et tout particulièrement ceux de la cokerie qui, selon les prévisions, devait rejeter de grandes quantités d'ammonium.

Les silicates ; ils entrent dans la constitution des tests de Diatomées. Ils sont toujours en quantité suffisante dans les régions néritiques en raison des apports terrigènes.

III - 2. Paramètres biologiques.

Détermination et numération du phytoplancton (selon la méthode d'Utermöhl)

L'étude qualitative et quantitative du phytoplancton et les calculs des indices de diversité spécifique (Shannon) sont des paramètres qui s'avèrent indispensables à l'interprétation écologique car ils nous fournissent des renseignements sur "l'état de santé" du milieu prospecté ainsi que sur les deux paramètres qui suivent.

Chlorophylle *a* et phéophytine. Le dosage de ces deux pigments est obtenu par une méthode fluorimétrique (fluorimètre Turner) qui permet de déceler des teneurs très faibles en ces pigments. Les concentrations en chl.*a* exprimées en µg/l, permettent d'estimer la biomasse phytoplanctonique. Les teneurs en chl.*a* associées à celles de phéophytine nous renseignent sur l'état physiologique des populations algales.

Les adenylates : ATP, ADP, AMP (adénosine 5' phosphate tri, di et mono)

L'extraction est réalisée à l'aide de Tris (Holm-Hansen et Booth, 1966) puis par des transformations enzymatiques de l'ADP et de l'AMP on obtient de l'ATP que l'on dose par une réaction de bioluminescence avec le complexe luciférine-luciférase de *Photinus pyralis* (Pradet, 1967). Ces adénylates entrent dans la composition de la matière vivante et présentent des liaisons riches en énergie. Ils sont indispensables à la synthèse des protéines. Leur dosage permet d'estimer la biomasse ainsi que l'état physiologique du microplancton.

Carbone, azote et hydrogène particulaires. Le matériel particulaire est recueilli sur des filtres en fibre de verre et le dosage est effectué avec un analyseur Perkin-Elmer.

Le dosage de ces éléments, constituants essentiels de la matière vivante, nous renseigne également sur les concentrations en biomasse microplanctonique. Les résultats obtenus sont cependant entachés d'une certaine erreur, du fait que dans les régions néritiques, la fraction détritique organique est parfois prépondérante.

Le zooplancton. La détermination qualitative et la numération des différentes espèces offrent aussi un grand intérêt du fait de la présence d'espèces "indicatrices" de milieux dessalés et pollués. En outre, l'abondance, la présence ou l'absence de quelques espèces dans des aires bien délimitées, nous renseignent sur l'état de dégradation ou de santé de ces aires. Pour recueillir le zooplancton, nous avons utilisé deux filets couplés de type Juday-Bogorov.

III - 3. Les polluants.

Hydrocarbures totaux et hydrocarbures aromatiques

Nous les avons dosés au spectrophotomètre I.R. selon la méthode de Simard et al. (1951) qui permet également d'estimer le pourcentage d'hydrocarbures aromatiques.

Nous avons été amenés à analyser les teneurs en hydrocarbures totaux dans les eaux en raison, d'une part de l'importance dans cette région du trafic maritime, et d'autre part des transvasements fréquents des produits pétroliers de ou vers les nombreuses raffineries qui bordent le golfe, transvasements au cours desquels il y a des pertes de fuels et de produits raffinés.

En raison de la nature physico-chimique de ces produits, nous tenons à signaler qu'aucune méthode de prélèvement n'est à ce jour parfaite. Nous avons utilisé une technique qui, selon la littérature, s'avère être la moins mauvaise et la plus simple : les échantillons étant prélevés au seau.

Phénols (méthode de dosage selon Simard et al.(1951) au spectrophotomètre IR)

Les phénols ont été dosés car ce sont des agents toxiques très puissants qui peuvent détruire à des doses relativement faibles (de l'ordre du ppm) les membranes cellulaires en dénaturant les protéines.

Les sources principales des composés phénoliques sont en général les raffineries, les cokeries, les industries chimiques, industries qui sont implantées en bordure du golfe.

En outre, la partie Sud du golfe reçoit, par l'intermédiaire du Rhône des eaux de drainage qui véhiculent des phénols entrant dans la composition de quelques herbicides notamment le 2,4 dichlorophénol, l'acide 2,4 dichlorophénoxyacétique et des fungicides 2,2' méthylène bis 4 chlorophénol.

Il était donc intéressant de rechercher les teneurs en phénols dans les eaux du golfe.

Détergents anioniques (méthode colorimétrique au bleu de méthylène selon Longwell et Maniece (1955)

La présence de nombreux émissaires urbains et industriels rejetant quotidiennement en mer des quantités non négligeables de détergents, nous a déterminé à rechercher leur teneur et leur répartition dans les eaux du golfe. En outre, si, de nos jours, les détergents utilisés sont presque entièrement biodégradables, il arrive parfois que les produits de cette dégradation soient aussi toxiques sinon plus que les produits originels. Ils possèdent également un pouvoir de rétention,dans leurs micelles, de déchets (hydrocarbures polycycliques notamment) qui viennent augmenter la toxicité propre des agents tensio-

actifs. Pour toutes ces raisons, il nous a semblé bon de rechercher l'impact de ces surfactifs sur les populations phyto- et zooplanctoniques.

Cyanures

Ils sont dosés selon la méthode colorimétrique d'Aldridge (1945) modifiée par Bark et Higson (1964) après extraction à l'éther diisopropylique selon Kruse et Mellon (1951).

Il n'est plus nécessaire de signaler la haute toxicité des cyanures à des doses infinitésimales. Si nous avons entrepris ces analyses c'est que la cokerie devait rejeter des quantités non négligeables (20 à 50 mg/l). Les teneurs observées lors de Fos I étant très nettement au-dessous des seuils létaux donnés par la littérature, la recherche des cyanures fut abandonnée lors des missions suivantes (Fos II et Fos III).

Métaux lourds

Pour doser les éléments à l'état de traces dans l'eau de mer, nous avons utilisé une méthode polarographique à redissolution anodique qui permet de détecter les métaux sous forme ioniques à des teneurs de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-9}M.

Les éléments dosés sont le cuivre, le plomb, le cadmium, le zinc. N'ayant pas fait de minéralisation préalable, ni de filtration, nous n'avons donc analysés que les éléments sous forme ionique solubles, qui ne représentent qu'une fraction de la totalité du métal présent dans l'eau.

En effet on sait que les métaux existent sous diverses formes: colloïdes, métal complexé ou associé avec des composés organiques ou minéraux, métal adsorbé sur les particules vivantes ou détritiques.

III - 4. Traitement des données. Méthodologie mathématique

Le faisceau étendu de paramètres que nous avons étudiés lors des trois missions réalisées dans le golfe de Fos (Fos I, Fos II, Fos III) a mis à notre disposition une information dont le volume important nous a conduit à utiliser l'ordinateur et la technique mathématique pour la traiter.

Pour ces trois missions (notées F1, F2, F3) nous avions en général à traiter trois tableaux correspondant respectivement aux paramètres généraux (notés PG : physiques, chimiques, biologiques, etc...) et aux espèces du phytoplancton (noté PH) et aux espèces du zooplancton (noté ZO).

Le premier tableau noté PG a toujours été traité séparément ainsi que le second PH mais dans ce cas les variables du tableau PG ont été ajoutées en é-

léments supplémentaires (sans masse) qui ne perturbent donc pas l'analyse et peuvent par leur projection sur les graphes plan factoriel, aider à l'interprétation écologique des axes.

Enfin nous avons traité le tableau PHZ = PH ∪ ZO, les variables du tableau PG étant toujours placées en éléments supplémentaires.

Cette procédure a généralement été suivie en ce qui concerne le traitement par l'analyse des correspondances, avec toutefois certaines modifications que nous signalerons en temps utile.

L'analyse hiérarchique a été effectuée uniquement sur le tableau ZOPH pour Fos I et Fos II. La représentation sur un espace unidimensionnel de l'espace des facteurs l'a été également pour Fos I et Fos II.

Cette limitation du traitement des données l'a été en raison d'impératifs financiers d'une part, et de temps d'autre part.

Le contrat ne prévoyait pas ce genre de traitement.

Analyse factorielle des correspondance

La méthode employée est basée sur la représentation d'un ensemble de prélèvements I par un nuage de points N(I) munis d'une masse dans un espace euclidien E de dimension égale au nombre total de variables (paramètres physiques, chimiques, espèces phyto- et zooplanctoniques, etc...) La métrique définie sur E (métrique du chi 2) permet d'évaluer la distance entre deux points de N(I) représentant deux prélèvements. L'hétérogénéité entre les prélèvements est mesurée par la somme des carrés des distances pondérées (inertie) au centre de gravité du nuage. Parmi tous les sous-espaces de E de dimension k on recherche le sous-espace F pour lequel les projections des points de I ont, en relation avec le centre de gravité, l'inertie la plus proche possible de celle du nuage initial. La détermination de ces sous-espaces est réalisée en recherchant, tout d'abord le sous-espace de dimension un, d'inertie minimale. Puis les axes d'inertie minimales soumis aux contraintes d'orthogonalité. Ce que nous appelerons un facteur est l'opérateur de projection sur F (élément du dual de F).

Les facteurs sont obtenus par décomposition spectrale (recherche des valeurs et vecteurs propres) de la matrice QV, matrice où Q est la matrice diagonale définissant la métrique employée et V la matrice d'inertie par rapport au centre de gravité (Benzecri, 1973).

Les valeurs propres de cette matrice donnent l'inertie expliquée par chaque axe factoriel (QV étant une matrice stochastique dans laquelle toutes les

valeurs propres sont inférieures à un). De la même manière, nous pouvons associer un nuage de points à l'ensemble des variables définies précédemment dans un espace euclidien de dimension (card I). Une des propriétés fondamentales de l'analyse des correspondances est que les résultats d'une analyse effectuée sur I peuvent être facilement déduits de ceux résultant d'une analyse sur J et inversement. De plus, cette possibilité de transition entre les résultats de ces deux analyses permet la représentation simultanée dans les mêmes sous-espaces des projections des points des N(I) et N(J); les positions relatives des nuages projetés N(I) et N(J) peuvent être interprétées à l'aide d'un petit nombre de graphes de dimension deux.

Pour faciliter cette interprétation, notons les propriétés suivantes:

- Si les points représentant les prélèvements sont proches, ils auront des profils voisins.
- Si les points représentant les variables sont proches, elles seront associées de la même manière que les prélèvements.
- Si un prélèvement et une variable sont proches, la variable caractérisera le profil de la station de prélèvement.

L'analyse des correspondances que nous venons de décrire peut être considérée comme un cas particulier de l'analyse en composantes principales, mais elle possède l'avantage de postuler un nombre limité d'hypothèses de départ que nous pouvons plus facilement satisfaire en écologie marine et permet le traitement d'échantillons non aléatoires comportant des variables redondantes. En outre, l'utilisation des aides à l'interprétation comme les contributions absolues, contributions relatives (cosinus carré des angles que font les vecteurs représentatifs des variables ou des prélèvements avec les axes) facilitent grandement l'interprétation des structures factorielles obtenues.

Nous obtenons donc des variables (resp: stations) de départ dans un espace factoriel de dimension supérieure à 3 donc dont la représentation graphique est difficile à réaliser; comme nous l'avons vu, nous tournons cette difficulté en étudiant les structures des projections sur des graphes de dimension 2. Il est pourtant souvent utile de mettre en évidence la structure dans l'espace multidimensionnel retenu, c'est pourquoi nous avons utilisé une méthode mathématique de représentation.

Normalisation

L'analyse des correspondances ne travaille correctement que sur des matrices homogènes c'est-à-dire que toutes les grandeurs du tableau doivent

être des quantités de même nature ce qui n'est pas le cas lorsqu'on traite les tableaux correspondant aux paramètres physico-chimiques.

En outre, si dans le cas des espèces phyto- et zooplanctoniques, il y a homogénéité, ces variables quantitatives ne sont pas du même ordre de grandeur. Et si certaines de ces espèces ont une échelle de l'ordre de 10^6 alors que pour d'autres elle n'est que de 10^2, il se produira en quelque sorte au cours de l'analyse une "attraction" des axes factoriels par les espèces de valeurs élevées.

Pour remédier à ces inconvénients, nous avons effectué une normalisation des données en remarquant qu'en analyse des correspondances, on compare des profils. Or comme on ne s'intéresse qu'à la répartition des espèces dans les stations indépendamment de leur abondance en général, on a normé en divisant le coefficient d'abondance de chaque espèce par la somme totale de ces coefficients sur toutes les stations.

Deux espèces seront d'autant plus proches qu'elles seront réparties de la même façon dans toutes les stations.Tous les poids des espèces seront donc égaux à 1 en analyse des correspondances c'est-à-dire qu'elles jouent toutes, a priori, le même rôle indépendamment de leur abondance.

Pour les stations, deux stations seront d'autant plus proches qu'elles contiendront un grand nombre d'espèces dans les mêmes proportions. Le poids d'une station sera d'autant plus grand qu'elle contiendra une plus grande proportion de chaque espèce. Ce type de normalisation paraît naturel puisque toutes les espèces jouent des rôles " a priori " identiques et que dans la comparaison des stations, on tient compte en quelque sorte de l'abondance de toutes les espèces.

Méthode de représentation multidimensionnelle par un graphe de dimension 2 (méthode d'Andrews).

Il existe de nombreuses méthodes de représentation graphique d'un ensemble de points dont on connaît les coordonnées dans un système d'axes. Ces méthodes ont l'inconvénient de ne permettre que la représentation de points repérés par une, deux ou trois coordonnées.

Une idée originale due à Andrews (1972) consiste à associer à chaque point une fonction d'une variable réelle et de comparer les fonctions obtenues pour étudier les proximités relatives d'un ensemble de points d'un espace euclidien de dimension k.

A un point x de coordonnées x1, x2, ... xk, on associe la fonction fx définie par :

$$fx(t) = x1/\sqrt{2} + x2 \sin t + x3 \cos t + x4 \sin 2t + x5 \cos 2t + \ldots.$$

$$t \in]-\pi , +\pi [$$

Propriétés de la fonction fx.

a) si on a n points x : x1, x2 ... xn, dont le centre de gravité est $\bar{x}$, on a la relation:

$$\overline{fx}\ (t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} fx_i\ (t)$$

b) pour deux points x et y on a :

$$\| fx\ (t) - fy\ (t) \|_{L_2} = \int_{-\pi}^{+\infty} [\ fx\ (t) - fy\ (t)\ ]^2\ dt$$

telle que :

$$\| fx\ (t) - fy\ (t) \|_{L_2} = \pi \| x - y \|^2 = \pi \sum_{i=1}^{k} (x_i - y_i)^2$$

Deux points proches donnent des fonctions voisines, deux points très éloignés donneront des fonctions très différentes.

c) On obtient des représentations unidimensionnelles pour une valeur particulière de t = to , fx (to) est proportionnelle à la longueur de la projection du vecteur (x1, x2, ..., xk) sur le vecteur ($1/\sqrt{2}$, sin to, cos to, sin 2to, cos 2to, sin 3to, ...) = f (to)

puisque

$$fx\ (to) = \left\{ \frac{x'\ f1\ (to)}{f_1'\ (to)\ f1\ (to)} \right\} [\ f_1'\ (to)\ f1\ (to)]$$

f' (to) transposée de f1 (to).

Andrews fait remarquer que la projection sur un espace à une dimension peut révéler des particularités qui peuvent être obscurcies par d'autres dimensions.

d) Si les composantes des données sont non corrélées et de variance connue σ^2, alors la valeur de la fonction à t, fx (t) a la variance :

$$\text{Var}\ [\ fx\ (t)] = \sigma^2\ (\ \frac{1}{2} + \sin^2 t \cos^2 t + \sin^2 2t + \cos^2 2t + \ldots)$$

si k est impair

$$\text{Var}\ [\ fx\ (t)] = \frac{1}{2}\sigma^2 k$$

si k est pair

$$\frac{1}{2}\sigma^2\ (k-1) < \mathrm{Var}[\,fx\,(t)\,] < \frac{1}{2}\sigma^2\ (k+1)$$

Dans le premier cas la variance ne dépend pas de t, dans le second elle en dépend peu.

Classification hiérarchique

Dans l'analyse factorielle (des correspondances ou en composantes principales), la méthode implique une simplification de l'espace de référence (espace des espèces ou des stations) en un sous-espace de travail de dimension réduite, l'espace factoriel. Les éléments à étudier sont projetés dans ce sous-espace et on réalise ainsi une ordination des vecteurs espèces ou stations suivant certaines directions privilégiées de ce sous-espace; nous pourrons alors aboutir à une partition suivant ces axes, des éléments étudiés en plusieurs groupes plus ou moins flous.

Avec les méthodes de classification, on aboutit directement à une partition de l'ensemble de départ en sous-ensembles disjoints. On peut soit réaliser une partition unique, soit réaliser une chaine de partitions. Cette dernière solution permettra dans une certaine mesure de mettre en évidence non seulement les liaisons entre éléments à classer mais aussi entre les groupes individualisés à différents niveaux de la chaine. Ceci peut être représenté graphiquement par une arborescence ou dendrogramme.

Nous avons, pour notre part, employée une méthode agglomérative hiérarchique qui réunit les objets à classer en fonction de leur affinité (mesurée ici par la distance du chi 2).

Les méthodes hiérarchiques travaillent pas à pas au niveau le plus bas du dendrogramme elles forment des classes d'espèces ou de stations très semblables. Ces classes sont réunies au fur et à mesure que l'on s'élève dans le niveau hiérarchique et que la ressemblance est moins grande et on aboutit finalement à une seule classe. A chaque niveau (noeud) est souvent associé un indice qui caractérise la ressemblance des objets groupés à ce niveau.

Le but d'une méthode hiérarchique est donc de décrire la structure de l'espace des objets à classer en optimisant le chemin qui va de chaque objet à la réunion de tous les objets. Cette optimisation ne va pas sans quelques déformations de l'espace considéré, le contractant ou le dilatant, ce qui peut être gênant si on l'ignore lors de l'interprétation écologique. C'est pourquoi nous avons utilisé, pour notre part, la méthode d'agglomération par

la variance (Benzecri, 1969) qui minimise ces inconvénients. Elle affecte chaque classe à un niveau hiérarchique qui dépend de sa taille, elle donne une bonne structure de l'espace des objets car elle ne dilate que les régions de forte densité.

IV

RESULTATS

IV - RESULTATS

IV - 1. Fos I mission des 21 - 22 mai 1974

IV - 1.1. Paramètres physico-chimiques.

IV - 1.1.1. *Distribution spatiale des températures (fig. 2).*

On observe une décroissance thermique du sud vers le nord du golfe. Cette baisse de température constatée le deuxième jour de la mission au fond du golfe résulte d'une remontée d'eau subsuperficielle, plus froide, conséquence de l'action du vent de secteur N-NO (mistral) qui a repoussé les eaux superficielles, plus chaudes, vers le large.

On remarque également la présence de la nappe d'eau plus froide ($< 18°C$) en forme de digitation, qui barre le sud du golfe et dont l'origine est rhodanienne.

IV - 1.1.2. *Distribution spatiale des salinités (fig. 3).*

L'hydrologie des eaux de surface du golfe de Fos est assez complexe car elle est régie par les variations de débit de divers effluents mais aussi par les conditions météorologiques locales qui manifestent, à certaines périodes de l'année, une grande instabilité. Ainsi, au cours de notre mission, la mer a été belle et peu agitée le premier jour, mais il n'en a pas été de même le second car un vent violent de secteur N-NO est venu profondément bouleverser la structure hydrologique observée la veille.

On peut cependant, pour la mission considérée, diviser schématiquement le golfe en trois aires de dilution et en deux autres, de type néritique oligotrophe plus ou moins perturbé.

Au sud du golfe s'observent les digitations des isothermes et isohalines qui caractérisent l'extension vers l'est de la nappe de dilution rhodanienne.

Au NE, on remarque un étalement des eaux d'origine durancienne qui sortent par le canal de Caronte et atteignent le They de la Gracieuse. Entre ces deux dernières zones de dilution, on notera la présence d'une eau néritique plus salée et plus froide (stations 12, 13, 14 et 15).

Au NO, nous repérons une troisième aire de dilution ayant pour origine les eaux du Rhône qui s'écoulent par les canaux de Port-Saint-Louis et celui du Rhône à Port de Bouc qui débouche au niveau d'une des darses.

IV - 1.2. Eléments nutritifs.

IV - 1.2.1. *Distribution spatiale des teneurs en phosphates* ($P\text{-}PO_4$) (*fig.7*).

Les teneurs oscillent entre 0,4 et 4,3 µatg/l (moyenne de 1,22). Elles sont nettement plus élevées que celles des eaux méditerranéennes du large, où en surface, les concentrations sont nulles ou avoisinent 0,05 µatg/l. La plupart des stations localisées au sud du golfe et au nord dans les eaux de type néritique "pur" (stations 27 et 28) ont des teneurs en phosphates très proches de celles observées dans les eaux profondes en Méditerranée (0,5 µatg/l).

Bien que les phosphates ne présentent aucune corrélation significative avec l'ensemble des paramètres analysés, on constate cependant que les aires de dilution rhodanienne et durancienne (tout particulièrement la station 4 et les stations localisées à la sortie de Caronte) ont des teneurs très élevées (fig. 7).

La forte teneur (4,25 µatg/l) observée à la station 17, dans l'aire de dilution durancienne peut, a priori, paraître anormale. Dans cette région, cependant, la plupart des orthophosphates proviennent de l'hydrolyse des polyphosphates, composants essentiels des détergents. Or les teneurs de ces derniers fluctuent notablement au cours de la journée dans les eaux usées rejetées en mer; celles-ci, en se déplaçant ensuite vers le centre du golfe, peuvent expliquer l'existence de ces lentilles d'eau riches en phosphates que l'on rencontre à quelque distance de la côte.

On note également des teneurs particulièrement fortes sur la côte Est (dans une zone localisée au sud de Ponteau) dans des eaux non diluées (> 3 µatg/l). Ces phosphates ont, dans cette région, sans aucun doute une origine industrielle.

IV - 1.2.2. *Distribution spatiale des teneurs en nitrates* ($N\text{-}NO_3$) (*fig. 8*).

Pour les eaux de surface méditerranéennes, les teneurs en nitrates dans le golfe sont élevées (moyenne 2,53); cependant comparativement à celles des phosphates, elles sont nettement plus faibles, exception faite de la station 4 (embouchure du Rhône) où la concentration est de 31,81 µatg/l.

La répartition semble, de prime abord, erratique bien qu'il existe une corrélation hautement significative avec les salinités ($r = 0{,}500^{xx}$).

du Rhône à Port-de-Bouc qui débouche en partie au niveau des darses.

Les eaux de type néritique, peu ou pas diluées, sont localisées au SE et au N. L'apparition d'eau de type néritique, en surface dans cette zone, est due aux conditions météorologiques ayant régné le second jour de la mission.

IV - 1.1.3. *Distribution spatiale des teneurs en oxygène dissous (mℓ/ℓ) (fig.4).*

Les teneurs en oxygène dissous (ml/l) sont relativement faibles pour les eaux de surface, à l'exception toutefois de la zone située au débouché immédiat du Canal de Caronte où elles atteignent des valeurs supérieures à 7 ml/l. Elles présentent une corrélation hautement significative avec les valeurs de la salinité ($r = 0.736^{xx}$), les aires diluées étant les plus oxygénées. Il convient toutefois de noter que la zone N - non dessalée - présente les concentration en oxygène dissous élevées qui résultent vraisemblablement de l'agitation de la mer le second jour de la mission.

Les teneurs élevées en O_2 dissous observées dans l'aire de dilution "durancienne" ont très certainement pour origine les fortes concentrations phytoplanctoniques qui présentent une intense activité photosynthétique.

IV - 1.1.4. *Transparence des eaux (en m) : Disque de Secchi (fig. 5).*

Les isoplèthes déterminent des aires assez voisines de celles définies par les isohalines. Dans les aires diluées, la turbidité est importante puisque la transparence peut être inférieure à 2m alors qu'elle est supérieure à 20 m au SE dans les eaux néritiques.

IV - 1.1.5. *Distribution des poids sestoniques en mg/ℓ (fig. 6).*

Le golfe de Fos, aire présque entièrement diluée, présente des teneurs en seston peu élevées si on la compare aux aires de dilution de l'Atlantique; cependant par rapport aux autres régions néritiques méditerranéennes, la charge est importante.

La distribution des valeurs de seston recoupe très nettement celle des salinités : les aires les plus diluées ayant des eaux très chargées en matériel particulaire (détritique ou vivant).

Les deux aires les plus riches, localisées à l'ouest du golfe, trouvent leur origine dans les effluences principale et secondaires du Rhône.

IV - 1.2.3. *Distribution spatiale des teneurs en nitrites* ($N\text{-}NO_2$) (*fig. 9*)

On observe une augmentation générale des teneurs en nitrites dans les aires de dilution NE et S riches en matériel organique particulaire, où la dégradation bactérienne doit être très active. On trouve cependant quelques fortes valeurs, en dehors de ces deux zones, aux stations 9, 10 et 13 dont l'origine nous échappe.

Les valeurs du rapport N/P (ou plus exactement NO_3/PO_4) oscillent entre 0,29 et 14,59 (embouchure du Rhône) avec une moyenne de 2,10. Nous retrouvons donc un phénomène déjà observé lors de missions précédentes (Blanc et Leveau, 1970 et 1973) qui se traduit par un déséquilibre, vers les valeurs faibles, de la balance de sels nutritifs. Ce déficit en azote minéral existe bien que les concentrations relevées dans le golfe soient nettement supérieures à celles des eaux néritiques oligotrophes avoisinantes. Seules les fortes concentrations en phosphates, du reste anormales pour le milieu marin, bouleversent ce rapport. En outre, il se peut que le turnover de l'azote soit très rapide et que les faibles concentrations observées ne nuisent pas au développement phytoplanctonique dont la biomasse, comme on le verra ultérieurement est particulièrement élevée. Il est également vraisemblable que les teneurs en azote organique dissous ne sont pas négligeables dans cette région qui reçoit autant d'émissaires urbains. Or, pour certains auteurs (Sloan et Strickland, 1966) quelques diatomées dont *Skeletonema costatum* auraient parfois un comportement hétérotrophe. L'azote ne serait pas, dans ce cas, un facteur limitant.

IV - 1.3. Paramètres biologiques

IV - 1.3.1. *Distribution spatiale des densités cellulaires (nombre de cellules par litre) et des indices de diversité spécifique (bits par cellule).*

Une soixantaine d'espèce phytoplanctoniques ont été déterminées mais comme dans tout milieu extrême, seulement 5 ou 6 d'entre elles représentent plus de 90 % de la population. Parmi celles-ci, on note les diatomées centriques, toutes d'eau douce ou saumâtre, *Cyclotella* sp. (fig. 10), *Chaetoceros vistulae*, (fig 11), *Melosira varians* (stations du Rhône), des dinofla-

gellés *Exuviella baltica* (fig. 12) et *Gymnodinium simplex*, des chlorophycées *Chlorella* sp. et diverses chlorococcales (originaires du Rhône) et enfin des cyanophycées *Oscillatoria tenuis*. Toutes ces espèces sont très résistantes (euryhalines et eurybiotes). Elles pullulent dans les aires eutrophes alors que les autres espèces deviennent rares.

La distribution spatiale des densités cellulaires (fig. 13) recoupe très nettement celle des salinités. On observe en effet les maxima de biomasse autotrophe dans les aires diluées durancienne et rhodanienne, où le nombre de cellules atteint le million au litre et dépasse même les 100 millions au litre dans le canal de Caronte.

Ces énormes concentrations cellulaires confirment le caractère eutrophe de ces deux aires où l'on note en outre une certaine paucispécificité, comme nous l'indiquent les faibles valeurs des indices de diversité de Shannon (inférieurs au voisins de 1) (fig. 14). Par contre, dans les autres zones, N et SE, définies précédemment du point de vue hydrologique comme de type néritique "pur", les faibles densités cellulaires, doublées d'une grande variété spécifique, provoquent une augmentation notable des indices (> à 2 au N et compris entre 1 et 3,5 au SE).

IV - 1.3.2. *Distribution spatiale des teneurs en chlorophylle a (µg/ℓ).*

La répartition des concentrations en chlorophylle *a* (fig. 15) permet de retrouver les différentes zones déjà signalées précédemment. Ainsi le coefficient de corrélation avec la salinité ($r = -0,90^{xx}$) est hautement significatif. Les aires diluées durancienne et rhodanienne sont les plus riches avec une valeur maximale au débouché du canal de Caronte de 49,65 µg/1. Les aires de type néritique localisées au N et au SE sont bien individualisées et caractérisées par des teneurs inférieures à 1µg/1. Il est à noter toutefois, que la plupart des valeurs sont inférieures à celles trouvées dans le golfe en 1969, à la même période (Blanc et al, 1972) excepté dans l'aire de dilution durancienne.

On remarque enfin, que la zone N qui présente en général une dilution superficielle ainsi que des teneurs élevées en chlorophylle *a*, n'a ici que des teneurs faibles, typiques des aires néritiques classiques, explicables par le mélange et le déplacement des eaux vers le sud, consécutifs à l'agitation de la mer. Ceci est un argument tendant à prouver le caractère eutrophe de la seule couche superficielle.

IV - 1.3.3. *Distribution des teneurs en phaeophytine (µg/ℓ)*

La phaeophytine étant considérée comme un produit de dégradation des chlorophylles, il n'est pas surprenant que la répartition spatiale de ses teneurs soit à peu près identique à celle de la chlorophylle *a* (fig. 16). On note toutefois une légère différence entre les distributions, due à une faible augmentation des concentrations dans la zone de dilution située au NO. Cette région étant peu profonde (5 à 10m) il se peut qu'une forte agitation de toute la masse d'eau ait remis en suspension ces cellules en voie de dégradation se trouvant sur le fond (stations 30, 32 et 33).

IV - 1.3.4. *Distribution des pourcentages de phaeophytine/ pigments totaux (fig. 17)*

On remarquera que dans toute la région située au N et au NO, le pourcentage de phaeophytine est élevé. Ceci dénote un état de dégradation assez avancé des populations phytoplanctoniques, qui, dans cette zone peu profonde, hydrologiquement assez isolée, sont soumises à l'action de polluants (hydrocarbures aromatiques, phénols) qui freinent l'activité photosynthétique et parfois même peuvent attaquer les membranes cellulaires.

IV - 1.3.5. *Distribution du carbone et de l'azote particulaires en µg/ℓ (fig. 18, 19)*

Les tracés des isoplèthes (fig. 18 et 19) des composants élémentaires de la matière organique (C et N) donnent, comme les autres paramètres d'estimation de la biomasse, un reflet de la structure écologique du golfe, en ce sens qu'ils permettent de délimiter les différentes aires diluées et eutrophes déjà signalées ci-dessus (coefficient de corrélation salinité-carbone = - $0{,}872^{xx}$ et salinité - azote = - $0{,}642^{xx}$). Cependant les valeurs du carbone et de l'azote sont respectivement 7 et 3 fois inférieures à celles trouvées en 1969 dans la même zone. Cette différence (entre 7 et 3) est due vraisemblablement à la modification de la composition spécifique du phytoplancton et surtout aux fluctuations des concentrations en hydrocarbures, d'une part et de la charge en éléments carbonés minéraux d'autre part, eux-mêmes liés aux variations de débit des effluents.

IV - 1.3. 6. *Distribution spatiale des teneurs en adenylates (ATP, ADP, AMP)*

Les valeurs trouvées dans le golfe sont nettement plus fortes que celles signalées en pleine mer, même en zone d'upwelling (Grall et al., 1974). Ceci confirme le caractère eutrophe de cette région, déterminant les poussées

phytoplanctoniques exubérantes. Si l'on s'intéresse à la répartition spatiale des concentrations en adénosines 5' phosphate, on remarque que celle de l'ATP et de l'ADP (fig. 20 et 21) sont très voisines et semblent délimiter quatre grandes zones : la première, au débouché immédiat du canal de Caronte, présente les plus fortes concentrations en ATP et ADP de l'ensemble du golfe; la seconde, au SE, présente les plus faibles valeurs; enfin, deux zones riches, l'une située au nord sur des fonds peu importants (5m) l'autre au sud ouest, sous l'influence du Rhône.

Les fortes valeurs trouvées au nord perturbent quelque peu le schéma donné par les autres paramètres indicateurs de la biomasse phytoplanctonique. En fait, il se peut qu'elles soient dues à la seule présence sur les filtres de micro-organismes zooplanctoniques, puisqu'au cours de cette mission aucune filtration différentielle n'a été effectuée.

Les différentes masses d'eau signalées ci-dessus apparaissent encore plus tranchées dans la représentation spatiale de la somme $\sum$ = ATP+ADP+AMP (fig. 22). Par contre, si l'on constate pour l'AMP le même schéma général, il est beaucoup moins net, les zones ayant tendance à s'interpénétrer (fig. 23). Ceci nous amène à penser que les concentrations en adénosine monophosphate ont une autre signification écologique que celle des adénosines di- et triphosphates.

Ceci est confirmé si l'on représente spatialement les proportions relatives entre les trois formes, au moyen de la charge énergétique:

$$CE = \frac{ATP + 1/2\ ADP}{ATP + ADP + AMP}$$ (fig. 24).

On constate an effet qu'en règle générale, les zones où le CE est faible se superposent à celles présentant les plus fortes valeurs en ATP, ADP et $\sum$, donc les plus riches en biomasse.

IV - 1.3.7. *Distribution spatiale des densités zooplanctoniques (en nombre d'individus par m^3)*

Les densités zooplanctoniques fluctuent notablement suivant les stations prospectées (de 15 à 3000 individus/m^3). La station la plus pauvre (30) est située directement au sud de la darse nord dont les eaux sont polluées par l'effluence d'un émissaire industriel. On note également une certaine raréfaction du zooplancton superficiel dans les eaux de type néritique localisées au sud du golfe.

Si la plupart des groupes zooplanctoniques sont représentés dans les eaux superficielles, les crustacés constituent à eux seuls plus de 90 % de la population. On note une nette prédominance des copépodes et tout particulièrement des *Acartia clausi* (64,45 %), des *Centropages typicus* (6,72 %), des *Clausocalanus* et *Paracalanus* (8,28 %) et du cladocère *Podon polyphemoïdes* (8,14 %). Enfin parmi les autres groupes seuls les appendiculaires avec *Oikopleura* (3,02 %) atteignent une valeur estimable.

La répartition des densités zooplanctoniques (fig. 25) montre, par rapport à celle des autres paramètres, une certaine originalité puisqu'on observe les plus fortes concentrations en organismes dans la zone localisée entre les aires de dilution durancienne et rhodanienne. Il faut noter en outre, que l'espèce dominante (*Acartia clausi*) évite l'aire de dilution durancienne puisqu'on n'atteint plus qu'une centaine d'individus/m^3 soit 13 % environ de la population. Elle est remplacée par les *Podon polyphemoïdes*, espèce très résistante, caractéristique des aires diluées et par des larves de cirripèdes.

L'origine d'une telle disparité est liée sans nul doute à la qualité des eaux (plus ou moins diluées, polluées, riches en phytoplancton,...) mais aussi à la topographie de golfe, les fonds variant dans la région de 5 à 60 m.

IV - 1.3.8. *Distribution des indices de diversité spécifique du zooplancton (bits par individu).*

La diversité spécifique donnée par les indices de diversité de Shannon (ID) est en général peu élevée comme dans tout milieu aux conditions écologiques extrêmes. Ils varient entre 0,4 et 2,6. Les zones les plus pauvres montrent une diversité plus élevée (fig. 26) due au grand nombre d'espèces par rapport au nombre d'individus récoltés. Les zones à faible indice (débouchés sud et nord du Rhône, zone intermédiaire entre les aires de dilution) ont toujours pour origine la forte proportion d'*Acartia clausi*.

IV - 1.4. Les polluants

IV - 1.4.1. *Distribution des hydrocarbures totaux en ppm.*

La figure 27 nous montre trois sites principaux présentant une teneur notable en hydrocarbures, localisés au NO du golfe (sud des darses) à la station 7, et dans la proche zone du débouché du canal de Caronte. Avec la

méthode de prélèvement utilisée (seau), la gamme de concentrations varie de 0,1 à 1,2 ppm. Les teneurs les plus faibles en hydrocarbures se trouvent paradoxalement au nord du golfe, ce qui peut s'expliquer par le fait que, le deuxième jour de notre mission, un fort mistral s'est levé, balayant la couche superficielle et provoquant des remontées d'eau sous-jacente de type néritique oligotrophe.

L'origine des hydrocarbures est à rechercher, d'une part dans les rejets au niveau des émissaires industriels (raffineries, industries pétroléochimiques), d'autre part dans les pertes occasionnées lors des chargements et déchargements des pétroliers, nombreux dans le golfe, mais aussi dans le trafic maritime intense régnant dans cette région.

La valeur en hydrocarbures, extrèmement élevée, observée à la station 7 peut correspondre à une nappe isolée en provenance soit du Rhône, soit du relargage d'un pétrolier.

De façon générale, la répartition des teneurs en hydrocarbures semble liée aux trois principales effluences (Rhône, Caronte, canal Saint-Louis) mais elle dépend également de l'abondance des pétroliers et de la fréquence des chargements. La pollution par ces deux dernières formes est évidemment fort aléatoire (dans le temps et dans l'espace).

IV - 1.4.2. *Distribution des pourcentages d'hydrocarbures aromatiques par rapport aux hydrocarbures totaux (fig. 28).*

C'est dans la zone située au NO au débouché du canal Saint-Louis et des darses que le pourcentage d'hydrocarbures aromatiques est le plus élevé, puisqu'ils représentent jusqu'à 60 % des hydrocarbures totaux. Il est à noter que les hydrocarbures aromatiques sont les plus toxiques et qu'ils peuvent être cancérigènes.

IV - 1.4.3. *Distribution des teneurs en phénols en ppm (fig. 29).*

La présence des phénols est restreinte à la nappe de dilution durancienne, où les teneurs varient de 0,01 à 0,05 ppm. Les phénols proviennent donc essentiellement de l'étang de Berre et des industries se trouvant sur son pourtour; ils arrivent dans le golfe de Fos par le canal de Caronte. On observe également une teneur supérieure à 0,01 ppm sur la côte est (station 11) au niveau de l'effluence d'une centrale thermique qui utilise l'eau de mer dans ses circuits de refroidisement. Cette station se trouve en outre affectée par les eaux usées des usines situées au nord de la centrale.

IV - 1.4.4. *Distribution des teneurs en détergents anioniques en ppm (fig. 30).*

Leur distribution suit d'assez près celle des salinités; leurs maximums sont localisés dans les aires de dilution rhodanienne et durancienne ainsi qu'au niveau des darses nord et du débouché du canal de Saint-Louis. Cependant, du fait même des variations quotidiennes des concentrations en détergents au niveau des émissaires et du déplacement des masses d'eau, les maximums peuvent se trouver à une certaine distance des effluences. Ainsi retrouve-t-on des concentrations de 0,8 ppm à la station 7 à plus de 2 milles de l'embouchure du Rhône et des teneurs de 0,6 à 0,8 ppm à plus d'un mille du débouché du canal de Caronte. En outre, il est à noter une nette augmentation des concentrations en surfactifs anioniques dans la partie est du golfe, au niveau de l'effluence de la centrale thermique de Ponteau. Il est bon de signaler enfin que les détergents peuvent retenir à l'intérieur de leurs micelles d'autres polluants et notamment des hydrocarbures. Ceci pourrait expliquer dans une certaine mesure la concomitance des maximums observés à la station 7 (hydrocarbures et détergents).

IV - 1.4.5. *Distribution spatiale des teneurs en cyanures en ppm (fig. 31).*

La présence , au nord du golfe, d'une cokerie rejetant des cyanures nous a incité à rechercher leurs teneurs dans les eaux du golfe. Celles-ci sont, pour toutes les zones, en général très faibles (de 0 à 0,05 ppm). Cependant, il ne faut pas oublier que les cyanures sont très vite métabolisés, et il se peut que les valeurs enregistrées correspondent à un stade ultime de dégradation ce qui pourrait expliquer ces faibles concentrations. On notera qu'en dehors de la zone nord, il existe deux foyers où les concentrations sont légèrement plus élevées. L'un se trouve dans la zone de dilution durancienne, l'autre à l'extrémité de l'effluence de la centrale thermique, sur la côte est.

IV - 2. Fos II mission des 23 - 24 avril 1975 (fig. 32).

IV - 2.1. Paramètres physico-chimiques.

IV - 2.1.1. *Distribution spatiale des températures (fig. 33)*

Elles sont comprises entre 14,2 et 18,2° C; les eaux néritiques localisées dans la partie est du golfe sont les plus chaudes (peu différentes de 17 °C) alors que les eaux diluées localisées au nord et à l'embouchure du Rhône ne dépassent guère 15°C. La "plage" d'eau chaude de direction WE qui barre le golfe sur toute sa largeur, a une origine qui nous échappe, d'autant que les eaux de cette nappe sont encore franchement dessalées (31°/oo) et qu'aucun rejet côtier ne semble pouvoir expliquer cette augmentation de température.

IV - 2.1.2. *Distribution spatiale des salinités (fig. 34).*

La distribution des valeurs de salinité des eaux de surface (fig. 34) est à peu près identique à celle que nous avions donnée dans le rapport "Point Zéro" sur Fos. Les seules différences concernent l'intensité de la dessalure et des points de détail dans la localisation et l'étendue des nappes de dilution superficielles.

On retrouve en effet:

- le "coin salé" dans la partie est et SE du golfe, qui correspond à une pénétrante d'eau franchement marine.
- au SO, l'extension de la nappe de dilution rhodanienne qui s'étend vers l'est jusqu'à la station 2. Au NE ces eaux viennent affronter celles de l'aire de la dilution "durancienne".
- au NE,la sortie des eaux d'origine diverse, par le canal de Caronte (eau de dérivation de la Durance, de l'Arc, de la Touloubre et d'émissaires urbains et industriels) que nous appelerons "eaux duranciennes". Au débouché du canal de Caronte, ces eaux prennent une direction NE-SO, longent le They de la Gracieuse et sont ensuite reprises par la nappe de dilution rhodanienne.
- au nord enfin, nous trouvons une nappe de dilution qui a son origine d' une part dans l'écoulement des eaux douces par la darse nord, et d'autre part dans la sortie des eaux saumâtres par le canal Saint-Louis.

Ces différentes aires n'existent en fait que par temps calme. En effet trois missions supplémentaires réalisées en 1974 et 1975 nous ont permis de

constater très nettement que les eaux issues de Caronte dérivent tantôt vers le nord, par vent de SE, tantôt vers le sud et l'est par vent de secteur NO. Dans ce dernier, cas, les eaux s'écoulent le long de la côte, atteignent les bouées de Carro et poursuivent leur cheminement vers le SE.

IV - 2.1.3. *Distribution des teneurs en oxygène dissous en ml/l (fig. 35).*

Les teneurs oscillent entre 6,31 et 8,31 ml/L. Elles sont tout à fait normales pour des eaux de surface.

IV - 2.1.4. *Transparence des eaux exprimée en mètres (fig. 36).*

Les valeurs de la transparence obtenues à l'aide du disque de secchi, nous permettent de retrouver assez grossièrement les principales aires déjà délimitées par les salinités. On repère en effet des eaux assez claires (transparence supérieure à 10 m) au SE, alors qu'au niveau de l'embouchure du Rhône et des aires diluées, situées à l'ouest et au nord du golfe, la charge en matériel particulaire et en hydrocarbures des eaux provoquent une nette diminution de la transparence (entre 0,5 et 3 m).

IV - 2.1.5. *Distribution des teneurs en matériel particulaire (fig. 37).*

Les teneurs oscillent entre 2 et 30 mg/l avec des valeurs qui avoisinent à la plupart des stations, 3 ou 4 mg/l. Pour des eaux de surface méditerranéennes, ces concentrations sont relativement fortes. Cela est dû en partie à la charge minérale très importante amenée par les divers effluents. Ces apports terrigènes sont particulièrement nets dans l'aire de dilution rhodanienne qui, du reste, peut être délimitée par les seules valeurs sestoniques.

On remarquera la faible charge en matériel particulaire en suspension à proximité de Ponteau (valeur inférieure à 2mg/l), alors qu'à la station 1 de type franchement néritique elle atteint 8mg/l. Il se peut que cette valeur élevée, à cette station, soit due, comme on le verra par la suite, à la présence de fortes concentrations de détergents anioniques qui ont la particularité de retenir dans leur réseau des particules organiques.

IV - 2.2. Eléments nutritifs

IV - 2.2.1. *Distribution des teneurs en phosphates ($P\text{-}PO_4$ en µatg/ℓ) (fig. 38).*

Les teneurs en phosphore sous forme d'orthophosphates varient de 0,12 à 3,68 µatg/l, cette dernière valeur étant localisée à proximité de l'embouchure du Rhône . Les concentrations à la plupart des stations sont proches de celles des eaux méditerranéennes de fond, considérées comme riches, alors que dans les eaux de surface, elles sont souvent voisines de zéro. La répartition géographique prouve encore que cette richesse en phosphates est en relation directe avec les apports terrigènes. On notera également la forte teneur (2,80 µatg/1) enregistrée à la station 22, au sud du débouché du canl de Caronte, qui est vraisemblablement la conséquence de rejets d'eaux polluées par l'émissaire de Lavéra. Des valeurs très élevées ont été maintes fois observées dans cette région (rapport "Point Zéro", bulletin n° 2 du SPPPI).

IV - 2.2.2. *Distribution des teneurs en nitrates ($N\text{-}NO_3$ en µatg/ℓ) (fig. 39.*

La répartition des teneurs en nitrates suit d'assez près celle des salinités : les eaux les plus diluées (Rhône, 100 µatg/1; sortie de Caronte 9,26 µatg/1; débouché du canal Saint-Louis, 6,70 µatg/1) sont les plus riches, alors que celles du "coin salé" de type néritique sont relativement pauvres (entre 0,11 et 0,67 µatg/1). Les autres missions effectuées au cours de 1974 et 1975 prouvent que les teneurs en nitrates fluctuent considérablement dans le temps et l'espace, mais elles restent cependant toujours supérieures à celles des autres aires néritiques avoisinantes pour les mêmes périodes. Il y a donc, par les différents apports terrigènes, une eutrophisation du milieu.

IV - 2.2.3. *Distribution spatiale des densités phytoplanctoniques (cellules/ℓ).*

L'analyse qualitative des populations phytoplanctoniques nous a permis de déterminer 22 espèces de diatomées centriques, 27 de diatomées pennées, 23 de dinoflagellés, 3 espèces de cyanophycées et 3 d'algues vertes, soit au total 80 espèces environ. Ce nombre est relativement faible par rapport à la mer ouverte, pour cette période printanière . En outre, comme dans tout milieu dit "extrême" (dessalé, pollué et eutrophe), on constate que 3 ou 4 espèces représentent la presque totalité de la biomasse phytoplanctonique.

Dans le golfe, nous relevons parmi ces espèces : *Skeletonema costatum* (fig. 40), *Exuviella baltica* (fig. 41), *Chaetoceros decipiens* (fig. 42), *Cyclotella* sp. (fig. 43).

La répartition spatiale (fig. 44) de la biomasse phytoplanctonique (nombre de cellules par litre) montre, comme pour les autres paramètres, une nette opposition entre la zone diluée et eutrophe, localisée à l'ouest qui est très riche et la zone est, oligotrophe et beaucoup plus pauvre.

Les concentrations cellulaires varient entre 26 000 cell./l à la station 2 et 2,5 millions de cell./l à la station 26. Elles sont relativement faibles pour cette saison printanière tout particulièrement dans cette région eutrophe. En effet, l'année précédente (Fos I), à la même période nous avions relevé des densités cellulaires beaucoup plus importantes, dépassant 100 millions de cellules au litre. Malgré ces différences, nous pensons qu'il ne faut pas attribuer cette pauvreté, du reste toute relative, à la seule action de la pollution. En effet, il ne faut pas oublier que les populations phytoplanctoniques ne sont pas stables, mais qu'il existe des successions de populations avec des minima et des maxima qui correspondent à des renouvellements des espèces dominantes en fonction des variations climatiques saisonnières. A notre avis, l'impact de la pollution et de l'eutrophisation sur le sous-écosystème primaire, se traduit principalement par une diminution de la diversité spécifique et par un état permanent d'immaturité de ce sous-écosystème.

IV - 2.2.4. *Distribution spatiale des teneurs en chlorophylle a et phaeophytine.*

Les fluctuations spatiales des concentrations en chlorophylle (paramètre qui traduit dans une certaine mesure l'état physiologique et la biomasse phytoplanctonique) confirment celles des densités cellulaires (fig. 45). On retrouve une zone ouest riche et une zone est et SE beaucoup plus pauvre. Par rapport à l'année précédente, où nous avions relevé un maximum de 49 µg/l avec une moyenne de 10 µg/l, les valeurs obtenues lors de cette mission-ci sont faibles mais cependant 10 à 20 fois supérieures à celles des eaux néritiques avoisinantes.

Les phéopigments ou pigments de dégradation ont dans les grandes lignes une répartition identique à celle des chlorophylles *a* avec des concentrations maximales dans toutes la zone ouest (fig. 46). L'augmentation des teneurs au niveau de l'embouchure du Rhône est due sans aucun doute, à la forte mortalité du phytoplancton d'eau douce, alors qu'au niveau du débouché du canal

de Caronte où les eaux sont également fortement diluées, on ne constate pas d'augmentation aussi importante de la phaeophytine. Cela est dû vraisemblablement à la composition spécifique à base d'espèces très résistantes et bien adaptées à ces milieux saumâtres.

IV - 2.2.5. *Distribution des teneurs en carbone et azote particulaires en µg/ℓ et des rapports C/N.*

Les isoplèthes du carbone particulaire (fig. 47) nous permettent de définir dans l'espace, l'étendue des aires diluées dont la charge en matériel particulaire est supérieure à celles des eaux "néritiques". Les concentrations en carbone particulaire au niveau du débouché du canal de Caronte sont à peu près identiques à celles observées lors de Fos I. Dans ce cas, le carbone est surtout constitué par de la matière organique. Devant le Rhône, par contre, les teneurs en carbone augmentent puisqu'elles étaient de 990 µg/1 lors de Fos I et qu'elles atteignent 2033 µg/1 pour Fos II. Dans cette région, cet élément est surtout d'origine minérale comme le prouvent du reste les valeurs en azote (représentatives du matériel organique) qui lors de Fos I et de Fos II n'ont guère varié (137 et 121 µg/1).

Les isoplèthes de l'azote particulaire (fig. 48) délimitent assez grossièrement les aires diluées et eutrophes; on retrouve en effet une zone est avec des faibles teneurs, inférieures à 55 µg/1 alors que les zones de dilution de Caronte et du Rhône présentent des valeurs supérieures à 100 µg/1. Il est à noter que les teneurs en azote particulaire de Fos I et Fos II sont peu différentes bien que le nombre de cellules phytoplanctoniques par litre, trouvé lors de Fos II soit nettement inférieur.

Ce phénomène peut avoir une double origine : soit une variation qualitative des espèces soit une augmentation du matériel détritique organique.

Les valeurs des rapports C/N peuvent également nous renseigner sur l'origine de ce matériel particulaire. En effet, on sait que dans la matière organique vivante, végétale ou animale, ces rapports oscillent entre 3,5 et 7. Dans les aires rhodanienne et durancienne (fig. 49) les valeurs élevées, supérieures à 10, prouvent qu'une fraction du carbone ne provient pas de matériel vivant mais plutôt minéral (carbonates) ou de substances carbonées autres (hydrocarbures, détergents). Ainsi aux stations 1, 2 et 3 (localisées au sud du golfe) dont les eaux ne sont contaminées ni par les eaux du Rhône, ni par celles de Caronte, les valeurs des rapports C/N supérieures à 10 ne peuvent s'expliquer que par la présence de substances riches en

carbone. Nous pensons aux détergents qui peuvent retenir dans leurs micelles des substances hydrocarbonées.

IV - 2.2.6. *Distribution des densités zooplanctoniques (individus/m^3)*

Les densités zooplanctoniques (fig. 50) fluctuent notablement suivant les stations prospectées (de 10 à 2300 individus/m^3). Les stations les plus pauvres (3, 6, 7, 8, 9) sont localisées aux confins de l'aire de dilution rhodanienne qui, par ailleurs, est relativement riche en phytoplancton. Il est vraisemblable, vu la mobilité des espèces zooplanctoniques qu'elles ont migré sous la couche diluée.

Si la plupart des groupes zooplanctoniques sont représentés dans les eaux superficielles, la diversité spécifique est pourtant peu élevée (une quarantaine d'espèces seulement) et les crustacés constituent à eux seuls plus de 90 % de la population. On note en effet, une nette prédominance des *Acartia clausi* (fig. 51), *Podon polyphemoïdes* (fig. 52), et des *Oithona nana* (fig. 53) qui sont toutes des espèces euryhalines et généralement très résistantes aux fluctuations physico-chimiques du milieu.

La répartition des densités zooplanctoniques (fig. 50) montre par rapport à celle des autres paramètres une certaine originalité, puisqu'on observe des densités relativement élevées dans la zone oligotrophe (SE). On note cependant que c'est au débouché du canal de Caronte que la biomasse zooplanctonique est la plus élevée (plus de 2000 individus par m^3) bien que cette zone soit une des plus polluée et eutrophe du golfe. Les espèces signalées ci-dessus sont en partie responsables de cette augmentation de biomasse auxquelles viennent s'adjoindre des espèces méroplanctoniques (larves d'espèces fixées : larves de moules et de cirripèdes). On remarquera également que les *Podon polyphemoïdes* sont uniquement localisés dans la zone nord, la plus polluée (fig. 52).

IV - 2.3. Les polluants.

IV - 2.3.1. *Distribution des teneurs en hydrocarbures en ppm (fig. 54).*

Lors de cette mission, nous avons observé sur toute la surface du golfe à l'exception de la zone est, une fine pellicule d'hydrocarbures. Les résultats des analyses confirment nos observations faites à bord du navire. Les valeurs obtenues, bien que très fortes, puisque supérieures à 1 ppm

dans toute la partie ouest, sont pourtant sous estimées car nous avons toujours évité de recueillir la pellicule superficielle, pour ne doser que les hydrocarbures de la couche sous-jacente (20 à 30 premiers centimètres). Ces valeurs dénotent une pollution très importante par les hydrocarbures qui peut expliquer la relative pauvreté en phytoplancton des eaux superficielles. Toutefois, nos autres missions effectuées dans le golfe en 1974 et 1975 montrent très nettement que les concentrations fluctuent notablement dans le temps et dans l'espace et qu'elles sont étroitement liées aux conditions météorologiques et vraisemblablement à l'activité portuaire (déchargement et chargement des hydrocarbures). Nous avons constaté en effet, que par vent de secteur N-NO et de SE (missions supplémentaires effectuées en 1975), par mer agitée, les concentrations maximales ne dépassaient pas ou peu 1 ppm.

Nous avons pu noter également que les hydrocarbures aromatiques ne dépassaient pas 5 % des hydrocarbures totaux, alors qu'en 1974 ils représentaient de 10 à 60 % de ceux-ci dans certaines parties du golfe, et en particulier au débouché des darses et du canal Saint-Louis, et au large de Ponteau.

Ce problème nous avait paru beaucoup plus inquiétant que les fortes concentrations en hydrocarbures aliphatiques car ils sont considérés comme beaucoup plus toxiques pour la flore et la faune.

IV- 2.3.2. *Distribution des teneurs en phénols en ppm (fig. 55).*

Les concentrations en phénols, comme le prouvent les autres missions sont très fluctuantes dans le temps et dans l'espace. Nous avons cependant, toujours trouvé les concentrations maximales dans la zone nord et au débouché du canal de Caronte.

IV - 2.3.3. *Distribution des teneurs en détergents anioniques (fig. 56).*

La répartition spatiale des teneurs en agents tensio-actifs est de prime abord assez déroutante du fait qu'elle semble très aléatoire. On note, en effet, de très fortes concentrations (supérieures à 1mg/1) aussi bien d dans la zone néritique est que dans les aires de dilution. Il faut peut-être rechercher l'origine de cette disparité dans les fluctuations journalières des rejets mais aussi dans les déplacements des masses d'eau superficielles qui véhiculent ces agents de surface, déplacements qui, ainsi que nous l' avons signalé, sont fortement dépendant de la force, de la direction et de la durée des vents. Or dans cette région, les vents n'étant pas particulièrement stables, les nappes de dilution rhodanienne ou celle issue de Caronte

peuvent passagèrement atteindre la zone est et dépasser la cap Couronne.

Nous tenons également à signaler, du fait des fortes concentrations rencontrées à une certaine distance des points de rejets, que la biodégradation en mer ne semble pas très rapide. Des teneurs de 1 ppm et même supérieures prouvent le haut degré de pollution par les détergents de toute cette zone.

IV - 2.3.4. *Distribution spatiale des teneurs en métaux lourds (formes ioniques) exprimées en ppb ou µg/ℓ.*

Les teneurs en zinc (fig. 57) ne montrent aucune corrélation significative avec les autres paramètres analysés. Leur distribution semble régie par le hasard. De ce fait, nous ne pouvons pas préciser l'origine de ce métal dans le golfe. Nous pouvons cependant affirmer que les teneurs en zinc sont très nettement supérieures à celles habituellement données dans la littérature, où les teneurs moyennes pour l'eau de mer oscillent entre 0,5 et 10 µg/1 (Goldberg, 1963). Quelques auteurs comme Andersen et al., dans l'inner Oslofjord et Donadey en mer Ligure ont parfois observé des teneurs comparables.

Inner Oslofjord 40,6 - 72,5 µg/1
Mer Ligure à 10 m. 84,5 - 0,4 µg/1

La distribution des teneurs en cadmium (fig. 58) montre que l'aire de dilution durancienne, la zone située au débouché des darses ainsi que celle localisée au nord de Caronte (station 26) sont les régions les plus polluées. On remarquera par contre que toute la zone de dilution rhodanienne ne présente pas de teneurs aussi élevées.

Pour l'eau de mer, les teneurs moyennes trouvées dans la littérature varient entre 0,02 et 0,11 µg/1. Dans le golfe, les concentrations sont supérieures puisqu'elles sont comprises entre 0,07 et 5,5 µg/1 avec une moyenne de 0,36 µg/1 si l'on ne tient pas compte de la valeur particulièrement forte de 5,5 µg/1.

Il faut souligner cependant que des teneurs comparables ont été trouvées en diverses zones polluées : Monterey Bay (4,7 - 0,02 µg/1), eaux côtières de l'Angleterre (4,2 µg/1), mer d'Irlande (1,4 µg/1), Inner Oslofjord (0,92 - 0,67 µg/1).

La distribution des teneurs en plomb (fig. 59) permet de constater que

les eaux de l'aire de dilution rhodanienne et celles de l'ouverture du golfe sont les moins polluées. Elles ont des teneurs inférieures à 2 ppb. On constate, par contre, que toute la partie centrale et nord du golfe ont des teneurs qui oscillent entre 1 et 12,1 ppb. La valeur la plus forte est observée à la station 26 où l'on a déjà enregistré la concentration maximale en cadmium. Cette station se trouve à proximité des rejets de dragages du golfe. Il se peut qu'il y ait des relargages des métaux à partir des sédiments remis en suspension.

Pour ce métal, comme pour les autres, nous observons de très fortes concentrations qui sont typiques des aires polluées. Le tableau ci-dessous nous donne quelques valeurs trouvées dans la littérature.

eau de mer (teneurs moyennes)	0,03 µg/l	
Monterey Bay	2,2 - 0,1 µg/l	moyenne 0,9 µg/l
eaux côtières californiennes	0,4 - 0,08 µg/l	
eaux côtières de l'Angleterre	5,0 µg/l	
eaux côtières de Mer d'Irlande	0,4 - 2,9 µg/l	
Inner Oslofjord	1,0 - 2,8 µg/l	
Golfe de Fos	0,55 - 12,5 µg/l	moyenne 4,45 µg/l

IV - 3. Fos III mission des 25 - 26 novembre 1975 (fig. 60).

IV - 3.1. Paramètres physico-chimiques.

IV - 3.1.1. *Distribution spatiale des températures (fig. 61 et 62).*

La cartographie des températures de surface permet de distinguer plusieurs zones: l'une , située à l'est (T° = 14-15°C), relativement chaude pour la saison correspond à la pénétrante néritique, les autres localisées à l'ouest et au nord, plus froides ($10° < T < 14°$) reçoivent les eaux douces de diverses effluences (Rhône, sorties secondaires du Rhône au niveau des darses et du canal Saint Louis, et enfin canal de Caronte) qui ont pour effet d'abaisser les températures.

A 5 mètres de profondeur, sous la nappe de dilution, les températures plus élevées (fig. 62) correspondent à celles des eaux néritiques. Une telle distribution des températures, prouve, du moins pour cette saison, la faible influence dans le plan vertical des arrivées d'eau douce à l'exception toutefois de la région NO. En effet, dans ce secteur où les profondeurs sont peu importantes, il y a une pénétration réduite des eaux franchement marines donc un faible volant thermique et par suite de l'accumulation des eaux dessalées il se produit une baisse notable des températures dans toute la tranche d'eau.

IV - 3.1.2. *Distribution spatiale des salinités*

On retrouve en surface (fig. 63), les différentes aires de dilution déjà définies lors de Fos I et Fos II, à savoir à l'ouest et NO, les aires de dilution rhodanienne principale et secondaires et au NE celle de "Berre-Durance". A l'ouest on remarque toujours l'aire néritique ($S°/_{oo} = 38°/_{oo}$) non touchée par la dilution.

On notera lors de cette mission, la faible intensité de la dessalure, au niveau du débouché du canal de Caronte qui résulte vraisemblablement d'une diminution des rejets dans l'étang de Berre des eaux du canal de dérivation de la Durance.

A 5 m (fig. 64), on discerne encore un peu, d'après la forme des isohalines, l'influence des diverses arrivées d'eau douce, en particulier à l'ouest du golfe. A l'est on remarquera la remontée vers le nord de l'isohaline $38°/_{oo}$ au dela de Caronte, ce qui traduit le faible impact dans le plan vertical des eaux de sortie de "Berre-Durance".

IV - 3.2. Eléments nutritifs

IV - 3.2.1. *Phosphore sous forme d'orthophosphates ($P\text{-}PO_4$ en µatg/ℓ)*

Les teneurs en phosphore sous forme d'orthophosphates sont très fortes en surface et à 5 m (fig. 70 et 71) et ce, tout particulièrement, dans les aires de dilution ouest et nord où nous avons noté des concentrations de 5 et 8 µatg/1. Ces teneurs sont anormalement élévées, comparées à celles des eaux de surface franchement marines où ordinairement elles ne dépassent guère 0,05 µatg/1. Cette eutrophisation peut, comme nous l'avons maintes fois signalé, provoquer des multiplications exubérantes de quelques espèces phytoplanctoniques. Ainsi à cette période de l'année, pourtant peu favorable au développement algal, remarque-t-on une bonne corrélation entre les concentrations en phosphates et les densités phytoplanctoniques (stations 6,7,8 et 10).

IV - 3.2.2. *Azote sous forme de nitrates (fig. 72 et 73), nitrites (fig. 74 et 75), ammonium (fig. 76 et 77) et rapports $N\text{-}NO_3$ / $P\text{-}PO_4$ (fig. 78-79).*

Les teneurs en nitrates que ce soit en surface ou à 5 m ne sont pas particulièrement fortes, à l'exception toutefois de celles des eaux localisées à l'embouchure du Rhône (fig. 72). Les concentrations, dans les zones de dilution ouest et nord sont tout à fait similaires à celles rencontrées dans les eaux profondes de Méditerranée. On observe donc, comme lors de Fos I et de Fos II, l'action eutrophisante des eaux du Rhône au SO et NO (sorties secondaires) alors que la zone néritique est reste pauvre en nitrates.

En ce qui concerne les nitrites et l'ammonium, les teneurs bien qu'élevées pour des eaux de surface, ne sont pas catastrophiques; elles sont proches de celles des eaux profondes.

On notera que les concentrations les plus fortes en ammonium ne sont pas trouvées, comme pour les nitrates et les nitrites, au niveau de l'embouchure du rhône, mais dans la zone NO où l'on observe l'écoulement des eaux sortant des darses. Il se peut que les rejets des cokeries soient à l'origine de l'augmentation des teneurs en ammonium.

On observe (fig. 78 et 79) , comme lors des précédentes missions, un déséquilibre du rapport N/P vers les faibles valeurs dans presque toutes les zones à l'exception de l'aire de dilution rhodanienne. Ce déséquilibre est provoqué par l'énorme apport de phosphates par les émissaires alors que les apports d'azote sous les trois formes minérales restent relativement faibles. Mais étant donné que les populations algales ne semblent pas souffrir d'une

IV - 3.1.3. *Transparence des eaux en mètres. Disque de Secchi (fig. 65)*

Elle permet de délimiter les aires de dilution qui sont en général plus turbides que les aires néritiques. Lors de cette mission, on constate une faible turbidité à la station 4 devant le débouché du canal de Caronte. Ce fait, assez exceptionnel pour cette zone confirme les faibles apports d'eau douce déjà constatés par l'étude des salinités.

Nous remarquerons également que les eaux de la station 1 (près du Cap Couronne) sont moins transparentes que celles de la station 2 (en face de Ponteau). Nous verrons par la suite que cette station 1 présente une charge en matériel particulaire et des teneurs en polluants divers assez importante pour un secteur marin de type néritique.

IV - 3.1.4. *Matériel particulaire en suspension (mg/ℓ)*

La distribution des valeurs de surface (fig. 66) permet de discriminer les aires déjà définies par les salinités, les températures et la transparence. La zone ouest montre des eaux de surface relativement chargées en matériel particulaire. On remarquera encore que les eaux de sortie de Caronte, peu dessalées, montrent des concentrations en seston peu importantes. Les valeurs supérieures à 5 mg/l, trouvées aux stations 3 et 11 dans l'aire néritique, peuvent être dues notamment à la présence malencontreuse sur les filtres de petits organismes zooplanctoniques (larves de copépodes) qui augmentent alors anormalement ces teneurs.

Les fortes valeurs trouvées au NO à -5 m (fig. 67) semblent confirmer l'hypothèse formulée ci-dessus de la contamination de toute la tranche d'eau par les effluences secondaires du Rhône. Il se peut aussi qu'il y ait, dans cette zone peu profonde, une remise en suspension du matériel sédimenté, par les hélices des navires.

IV - 3.1.5. *Oxygène dissous en mℓ/ℓ (fig. 68 et 69)*

A l'exception des aires diluées, où l'on note des valeurs supérieures à 6 ml/l, on peut affirmer que les tenuers en oxygène dissous sont relativement faibles pour des eaux de surface et ce, tout particulièrement dans la zone néritique est.

A 5 m, on trouve des valeurs qui sont assez proches de celles des eaux néritiques de surface ce qui confirme l'extension de celles-ci vers le nord, sous la nappe de dilution.

carence azotée, il serait bon à l'avenir de rechercher les teneurs en azote organique (protéines et acides aminés libres).

IV - 3.2.3. *Silicates Si-SiO_2 en uatg/ℓ (fig. 80 et 81).*

La répartition des teneurs en silicates montre très nettement leur origine terrigène (maxima dans les zones diluées). Les silicates qui entrent dans la constitution des tests des diatomées ne doivent jamais être un facteur limitant dans cette région, même lorsque les densités cellulaires sont particulièrement élevées.

IV - 3.3. Paramètres biologiques.

IV - 3.3.1. *Densités phytoplanctoniques (fig. 82 et 83) et distribution spatiale des principales espèces.*

Les concentrations cellulaires sont de 10 à 100 fois moins fortes que pendant la période printanière, mais leur répartition spatiale reste identique: les aires diluées, eutrophes, ouest et NE restent les plus productives (100 à 200.10^3 cell./l) alors que l'aire néritique oligotrophe, localisée au SE est toujours pauvre (fig. 82). A 5 m, dans les eaux néritiques sous jacentes, on observe à peu près la même distribution spatiale qu'en surface; les différences les plus importantes concernent les concentrations cellulaires qui sont en moyenne 10 fois moins élevées hormis dans le secteur est où elles sont légèrement supérieures à 5 m en raison de la plus grande transparence des eaux qui permet aux cellules de coloniser les niveaux inférieurs.

Les espèces les plus abondantes lors de cette période hivernale et dont la répartition spatiale est la plus large sont *Thalassionema nitzschioïdes* (fig. 84 et 85) et *Cyclotella* sp. (fig. 86 et 87). On s'aperçoit de nouveau que ces deux espèces montrent une nette préférence pour les eaux de surface eutrophes de la zone ouest. Dans cette zone, on notera l'importante diminution des densités cellulaires à 5 m de profondeur, due sans nul doute à des conditions biotiques moins favorables qu'en surface (augmentation de la salinité, diminution des teneurs en sels nutritifs, intensité lumineuse réduite en raison de la forte turbidité).

IV - 3.3.2. *Indices de diversité spécifiques du phytoplancton (bits/cell.)*

Ils traduisent assez bien l'état de structuration du système phytoplanctonique, à savoir que les aires eutrophes où les I.D. sont faibles, ont des

populations numériquement plus riches que celles de l'aire néritique oligotrophe mais beaucoup moins diversifiées (paucispécificité) (fig. 88). Ceci est du reste confirmé par l'augmentation des I.D. à 5 m où l'on retrouve des eaux néritiques oligotrophes pauvres en individus mais plus riches en espèces que les eaux de surface (fig. 89).

IV - 3.3.3. *Paramètres indicateurs de la biomasse et de l'état physiologique des populations phytoplanctoniques*

A. *Carbone particulaire en ug/ℓ (fig. 90 et 91), azote particulaire (fig. 92 et 93), rapports C/N (fig. 94 et 95).*

Si on explique assez facilement les fortes teneurs en carbone dans les secteurs SO et NO par les apports rhodaniens de matériel détritique organique et minéral, par contre, les teneurs élevées (1000 µg/l) observées aux stations 1 et 2 (zone néritique) sont assez surprenantes. Elles ne peuvent avoir la même origine en raison de l'éloignement des effluences. Nous pensons que des hydrocarbures et quelques organismes de petite taille ont pu être retenus sur les filtres et qu'ils peuvent être considérés comme les sources principales de ces taux de carbone anormalement élevés. Parallèlement on observe dans ce secteur une augmentation des teneurs en azote particulaire (fig. 92) ce qui semblerait prouver l'origine organique du carbone. Toutefois les rapports C/N (fig. 94) étant supérieurs à 30, il ne peut s'agir uniquement de matière organique vivante car dans celle-ci les rapports oscillent entre 4 et 8. C'est une des raisons qui nous font pencher pour une origine artificielle (hydrocarbures, détergents, chaine hydrocarbonée synthétique) de ce carbone particulaire, donc nous amène à conclure à la pollution de ce secteur.

Dans les autres zones, exceptées celles proches des effluences, les rapports voisins de 9 traduisent la part importante que prend la matière organique dans la fraction particulaire. On remarquera, sous la nappe de dilution, donc dans des eaux de type néritique, peu turbides, que les valeurs des rapports tendent à se rapprocher encore plus de celles trouvées dans la matière vivante (fig. 95). Dans le nord par contre, où les fonds sont peu importants, ce qui nuit à la pénétration des eaux néritiques, nous observons une augmentation des valeurs de ces rapports (compris entre 10 et 12) traduisant ainsi la part plus importante prise par le carbone minéral dans le taux total de carbone.

B. *Chlorophylle a en µg/l (fig. 96 et 97), phaeophytine en µg/l (fig. 98 et 99) pourcentage de phaeophytine (fig. 100 et 101)*

Les très faibles teneurs en chlorophylle *a* traduisent assez bien la pauvreté de la biomasse végétale et leur faible activité photosynthétique, traits caractéristiques de cette saison hivernale.

Leurs distributions en surface et à 5 m recoupent celles des densités phytoplanctoniques et permettent, une fois encore, de délimiter les aires eutrophes et oligotrophe, que ce soit dans le plan horizontal ou vertical.

La répartition des phaeophytines (chlorophylles dénaturées) est semblable à celle de la chlorophylle *a* (fig. 98 et 99). Les plus fortes valeurs sont trouvées dans les aires diluées où existe vraisemblablement une forte mortalité des cellules dulçaquicoles, donc une dégradation des pigments assimilateurs; ceci est encore plus visible sur la figure 100 où, pour les eaux de surface, les phaeophytines peuvent représenter jusqu'à 50 % des pigments totaux. On notera également une nette augmentation de ces pourcentages au niveau de Ponteau. Il se peut que le choc thermique subit par les cellules, lors de leur passage dans les circuits de refroidissemant de la centrale provoque un "stress" physiologique important, pouvant aller jusqu'à la mort de ces cellules. On observe aussi une augmentation des pourcentages en phaeophytine en profondeur où nous avons trouvé les densités zooplanctoniques maximales. Or il est bien connu que les organismes zooplanctoniques sont tenus pour responsables, dans une large mesure, de la formation des phaeophytines.

IV - 3.3.4. *Répartition des densités zooplanctoniques en nombre d'individus par m3 (fig. 102 et 103), de quelques espèces principales (fig. 104 à 107) et des indices de diversité spécifiques (fig. 108 et 109).*

A cette période de l'année, les densités zooplanctoniques, à l'opposé de celles du phytoplancton, sont très importantes puisque l'on a recueilli jusqu'à 8000 ind./m^3. Cependant, comme pour les autres missions, nous retrouvons une certaine paucispécificité puisque les deux principales espèces *Paracalanus parvus* (fig. 104 et 105) et *Acartia clausi* (fig. 106 et 107) représentent la presque totalité de l'éffectif. Les indices de diversité spécifiques (fig. 108 et 109) qui, pour l'ensemble du golfe restent faibles, (peu différents de 2) traduisent assez bien cette monotonie du stock zooplanctonique.

Nous signalerons également que les densités maximales du zooplancton se trouvent sous la couche de dilution superficielle; en effet, les zooplanc-

tontes doués de mouvements propres peuvent fuir les eaux de surface où les conditions biotiques sont difficiles.

IV - 3.4. Les polluants.

IV - 3.4.1. *Distribution des hydrocarbures en ppm/ mélange standard (fig. 110 et 111).*

De prime abord cette distribution semble assez erratique, toutefois on s'aperçoit que la pollution par les hydrocarbures concerne l'ensemble des eaux du golfe (eaux de surface et de profondeur, aire de dilution et de type néritique "pur").

En surface (fig. 110) les teneurs sont comprises entre 0,36 et 6,7 ppm. Les valeurs maximales sont trouvées au débouché du canal de Caronte (6,7 ppm) et dans l'aire de dilution"Berre-Durance". Les secteurs nord et sud sont les plus épargnés par cette pollution. A 5 m par contre, on observe une répartition inverse : les plus fortes teneurs en hydrocarbures sont localisées au NE (2,7 ppm), SE (5,7 ppm) et SO (1,5 ppm) alors que sous la zone de dilution "durancienne" les teneurs inférieures à 0,7 ppm en font une région relativement peu touchée par cette pollution.

IV - 3.4.2. *Phénols en ppm/hydrobenzène (fig. 112 et 113).*

Les teneurs oscillent entre 0,008 et 0,09 ppm. Toutes les zones du golfe sont touchées à des degrés divers par ces polluants. Lors de cette mission, il est difficile de définir géographiquement les sources de pollution par les phénols car leur distribution est trop erratique.

En surface on observe des valeurs importantes d'une part dans la partie ouest du golfe près du They de la Gracieuse, donc dans la nappe de dilution "durancienne", alors que les teneurs au niveau du débouché du canal de Caronte sont relativement faibles (0,02 ppm), et d'autre part en face de la centrale de Ponteau (0,044 ppm).

A la station 1 (zone néritique) considérée comme une station de référence de type marin, on trouve, à 5 m, une très forte valeur (0,092 ppm). Nous avons constaté que les eaux de cette station, bien que rarement affectées par la dilution sont néanmoins fort polluées par les hydrocarbures, phénols et métaux lourds. Nous pensons que l'origine de cette pollution est à rechercher dans les rejets par les émissaires industriels dont les eaux usées s'écoulent en longeant de si près la côte qu'il est difficile d'effectuer des prélève-

ments dans ces eaux en raison des hauts fonds. Ces eaux usées sont parfois repérables en raison de leur coloration blanchâtre.

IV - 3.4.3. *Détergents anioniques en ppm/ manoxol O T (fig. 114 et 115).*

Si les concentrations sont dans l'ensemble inférieures à celles relevées lors de Fos I et Fos II, on remarque encore cependant que les teneurs les plus élevées sont localisées d'une part dans l'aire de dilution "durancienne" pour les eaux de surface et d'autre part à 5 m, près des effluences principale et secondaire du Rhône.

La pauvreté en détergents observée dans les eaux de surface est à relier à leur faible dessalure lors de cette mission, ce qui montre la part importante que prennent les eaux usées (urbaines et industrielles) dans l'enrichissement des eaux du golfe en surfactifs.

IV - 3.5. Métaux lourds, formes ioniques en ppb (µg/l).

IV - 3.5.1. *Zinc (II) (fig. 116 et 117).*

La distribution spatiale des teneurs en ce métal semble régie par le hasard bien que les eaux du secteur nord montrent un léger enrichissement par rapport à celles localisées au sud, à l'ouverture du golfe. En surface, les concentrations oscillent entre 6,2 et 65,7 ppb (moyenne = 29,7 ppb) et entre 10,8 et 65,2 ppb à 5 m de profondeur (moyenne = 34,2 ppb). Les teneurs moyennes bien que légèrement inférieures à celles observées lors de Fos II restent néanmoins suffisamment fortes pour conclure à une pollution permanente des eaux du golfe par le zinc.

IV - 3.5.2. *Cadmium (II) (fig. 118 et 119).*

La distribution spatiale des teneurs en cadmium comme celle du zinc est très erratique. Toutes les zones, marine ou de dilution sont contaminées par ce métal. Cependant, il apparaît très nettement que les eaux du niveau - 5 m sont beaucoup plus polluées par ce métal que celles de surface puisque les valeurs moyennes sont respectivement pour ces deux niveaux de 2,7 ppb et 1,2 ppb.

Les teneurs en cadmium sont contrairement à celles du zinc, nettement plus importantes que lors de Fos II. De telles concentrations nous semblent fort alarmantes si l'on sait que le cadmium peut déjà, à des doses sublétales de 0,005 à 0,5 ppm, provoquer des troubles du métabolisme chez les poissons

se traduisant par une anémie sanguine et une hyperglycémie. En outre, le cadmium affecte sérieusement, à des doses nettement plus faibles que celles observées dans le golfe, le métabolisme du calcium, du potassium, du magnésium et du phosphore inorganique. De plus elles diminuent profondément le rythme respiratoire.

IV.- 3.5.3. *Plomb (II) en ppb (fig. 120 et 121).*

On remarque que les teneurs moyennes en plomb sont, comme celles du zinc et du cadmium, plus fortes à 5 m (moyenne = 6,3 ppb) qu'en surface (moyenne = 4,15 ppb). Ces concentrations sont du même ordre de grandeur que celles observées lors de Fos II (moyenne 4,45 ppb) avec comme valeurs extrêmes 0,1 et 11,1 µg/1 en surface et 0,4 et 13,7 µg/1 à 5 m pour Fos III, et 0,55 et 12,5 µg/1 en surface pour Fos II.

Toutes les zones du golfe sont polluées plus ou moins intensément par le plomb puisqu'on trouve des concentrations 100 à 200 fois supérieures à celles des eaux du large, mais on remarquera cependant les taux particulièrement élevés observés sur la côte est près de Ponteau.

IV - 3.5.4. *Cuivre (II) en µg/ℓ ou ppb (fig. 122 et 123).*

Lors de cette mission, contrairement à ce que l'on observe pour les autres métaux, les teneurs en cuivre ne sont pas particulièrement importantes si on les compare à celles des eaux du large (teneurs comprises entre 0,5 et 3,0 µg/1) à l'exception de quelques stations de la côte est (station 1 = 17 µg/1 en surface; station 2 en face de Ponteau = 11,4 µg/1).

Les teneurs moyennes sont pour la surface 5,2 µg/1 et 6,2 µg/1 à -5 m.

Il semble qu'il y ait un enrichissement des eaux de surface en cuivre par les effluences rhodanienne et durancienne.

L'origine de la valeur relativement élevée observée à la station 1, près du Cap Couronne, dans des eaux de type néritique non diluées est peut être la conséquence de l'utilisation périodiques de sels de cuivre par les industries de la côte est pour détruire les organismes fixés dans leurs canalisations.

V

INTERPRETATION ECOLOGIQUE

LISTE DES IDENTIFICATEURS CORRESPONDANTS AUX PARAMETRES UTILISES DANS LES DIFFERENTES ANALYSES

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES

TEM	Température
SAL	Salinité
ODI	Oxygène dissous
SEC	Disque de Secchi
SES	Seston
NO3	Nitrates
PO4	Phosphates
NO2	Nitrites
SI3	Silicates
N3P	Rapport NO3/PO4
N2P	Rapport NO2/PO4
NNP	Rapport NO3+NO2/PO4
C	Teneur en carbone du seston
N	Teneur en azote du seston
C/N	Rapport carbone/azote
PHY	Chlorophylle *a*
PHA	Phéopigments
PPH	% de phéophytine
P/C	Rapport phéopigments/chlorophylle
ATP	Adénosine triphosphates
ADP	Adénosine diphosphates du phytoplancton
AMP	Adénosine monophosphates
ATZ	
ADZ	Adénylates du zooplancton
AMZ	
CEP	Charge énergétique du phytoplancton
CEZ	Charge énergétique du zooplancton
E1	Somme des adénylates du zooplancton
E2	Somme des adénylates du phytoplancton
TPP	Phytoplancton total
ZOO	Zooplancton total
IDP	Indice de diversité du phytoplancton
IDZ	Indice de diversité du zooplancton

POLLUANTS

HYD	Hydrocarbures
PHE	Phénols
DET	Détergents anioniques
CYA	Cyanures
ARO	% d'hydrocarbures aromatiques par rapport aux hydrocarbures totaux
CU	Cuivre (II)
PB	Plomb (II)
CD	Cadmium (II)
ZN	Zinc (II)

PHYTOPLANCTON

ACH	Achnanthes spp
AMF	Amphora spp
ANP	Amphidinium spp
AST	Asterionella formosa
CER	Ceratium spp
CHC	Chaetoceros curvisetus
CHD	Chaetoceros decipiens
CHL	Chlorella spp
CHP	Chlorophycées
CHS	Chaetoceros spp
CHV	Chaetoceros vistulae
CIL	Ciliés nus
COC	Cocconeis spp
COS	Coscinodiscus spp
CYC	Cyclotella spp
CYM	Cymbella spp
DIA	Diatoma spp
DIC	Dictyocha fibula
DIP	Diploneis spp
EUG	Petits Flagellés
EXU	Exuviella spp
FRA	Fragillaria crotonensis
GOM	Gomphonema spp
GRA	Grammatophora spp
GYM	Gymnodinium spp
GYR	Gyrodinium fusus
HEM	Hemiaulus hauckii
LEP	Leptocylindrus danicus
LIC	Licmophora spp
MEI	Melosira italica
MEJ	Melosira jurgensii
MEL	Melosira spp
MEV	Melosira varians
NAV	Navicula spp
NCL	Nitzschia closterium
NDE	Nitzschia delicatula
NLO	Nitzschia longissima
NSE	Nitzschia seriata
OSC	Oscillatoria spp
PER	Peridinium spp
PTM	Prorocentrum micans
PTR	Peridinium trochoideum
RDE	Rhizosolenia delicatula
RHH	Rhizosolenia hebetata
RHI	Rhizosolenia spp
SHR	Schroederella delicatula
SKE	Skeletonema costatum
STE	Stenosemella ventricosa
STR	Steenstrupiella steenstrupi
SUR	Surirella spp
SYN	Synedra ulna
TFF	Thalassiothrix frauenfeldi
THA	Thalassionema nitzschioides
TNA	Tintinnopsis nana

ZOOPLANCTON

ACC	Acartia clausi
ACL	Acartia latisetosa
CAH	Calanus helgolandicus
CAM	Calanus minor
CAN	Candacia armata
CAV	Cavolinia sp
CEN	Centropages typicus
CHA	Chaetognathes (Sagitta spp)
CLA	Clausocalanus sp
CLP	Clausocalanus sp + Paracalanus parvus
COR	Coryceus spp
CRE	Creseis sp
EUC	Eucalanus sp
EUT	Euterpina acutifrons
EVA	Evadne spinifera
FRI	Fritillaria sp
ISI	Isias clavipes
LAN	Larves Annélides
LBM	Larves Brachyoures + Macroures
LCI	Larves Cirripèdes
LDE	Larves Décapodes divers
LGA	Larves Gastéropodes
LPE	Larves Pélécipodes
LPD	Larves Porcellana
LPT	Larves Ptéropodes
LPO	Larves Poissons
LZO	Larves Zoé
NAU	Nauplii de Copépodes
OIH	Oithona helgolandica
OIK	Oikopleura spp
OIN	Oithona nana
OIT	Oithona spp
ONC	Oncea sp
OSE	Oithona setigera
PAR	Paracalanus parvus
POD	Podon polyphémoïdes
SWP	Total des Oeufs de Poissons
TEM	Temora stylifera
TLD	Total larves de Décapodes et de Porcellana
WAN	Oeufs Anchois
WPO	Oeufs Poissons

V - INTERPRETATION ECOLOGIQUE A PARTIR DU TRAITEMENT MATHEMATIQUE

A partir des différents traitements mathématiques : analyse des correspondances, représentation d'un espace multidimensionnel dans un espace unidimensionnel (méthode d'Andrews), analyse hiérarchique d'agglomération par la variance, nous allons essayer de dégager les grandes lignes éco-structurales du golfe de Fos.

V - 1. Fos I.

V - 1.1. Analyse des correspondances

Les tableaux considérés dans les analyses sont successivement : PG (paramètres généraux : physiques, chimiques, biologiques, etc...) PH (phytoplancton) et ZO (zooplancton). Les dimensions de ces tableaux sont :

PG (i,j) $\quad i \in [1,n]$, $j \in [1,m]$ $\quad \begin{cases} n = 33 \text{ stations} \\ m = 27 \text{ paramètres} \end{cases}$

PH (i,j) $\quad n = 33 \; ; \; m = 34$

ZO (i,j) $\quad n = 33 \; ; \; m = 17$

Les tableaux traités par l'analyse des correspondances sont successivement PG, puis PH avec PG en variables supplémentaires, puis ZO avec PG et PH en éléments suppléméntaires et enfin G = PH $\cup$ ZO $\cup$ PG.

Nous discuterons successivement ces différentes analyses en considérant surtout les graphes plans factoriels 1-2.

V - 1.1.1. *Traitement des paramètres généraux*

Plan factoriel 1 - 2.

Il "extrait" à lui seul 52,7 % de la variance avec 41,3 % pour le premier facteur et 11,4 % pour le second, ce qui correspond à la suite des valeurs propres suivantes, 0,3055 pour le premier axe et 0,0845, 0,072 ... etc pour les autres.

Cette discontinuité brusque dans le spectre des valeurs propres laisse prévoir une nette dichotomie dans la structure factorielle sur le premier axe. Cette dichotomie est du reste très visible sur la fig. 124 où l'on voit que l'axe 1 discrimine d'une part la station 25 et ses satellites immédiats (21, 26, 18) et d'autre part le reste des stations de prélèvements du golfe de Fos.

Le tableau d'aide aux interprétations suivant confirme ce point de vue :

stations	25	21	26	18
contribution absolue	0,1611	0,0153	0,0288	0,0244
contribution relative	0,8892	0,8038	0,5718	0,2090
corrélation avec le facteur 1	- 0,943	- 0,897	- 0,756	- 0,457

Remarque : il faut noter la forte contribution absolue de l'élément 25, ce qui aurait peut-être nécessité une autre analyse du tableau auquel on aurait retranché cet élément et qui aurait vraisemblablement éclairci la structure.

Cette configuration met en évidence, d'une façon éclatante, l'action prépondérante au moment de nos prélèvements, de la pénétration des eaux en provenance de l'étang de Berre par le canal de Caronte (eaux de Berre elles-mêmes mêlées aux apports duranciens).

Les éléments de l'espace dual, celui des paramètres, qui sont intéressants sont TPP (total numérique du phytoplancton), PHY (chlorophylle a), AMP (adenylate monophosphoré) et PHA (phaeophytine).

paramètres	TPP	PHY	AMP	PHA
contribution absolue	0,1222	0,0481	0,0209	0,0129
contribution relative	0,1660	0,0575	0,0168	0,0138
corrélation avec le facteur 1	- 0,407	- 0,240	- 0,129	- 0,117

L'axe 1, correspondant aux eaux de Caronte qui se répandent dans le golfe de Fos, sont le siège d'une poussée très forte en phytoplancton. Il n'est donc pas étonnant de trouver (TPP) fortement corrélé à cet axe, et ayant de bonnes relations de voisinage avec la station 25, point de sortie du canal de Caronte. Le paramètre (PHY) chlorophylle a est proche de ces deux éléments (TPP et 25) ce qui est tout à fait logique. La position des paramètres AMP et PHA est beaucoup moins triviale, elle se rapproche des stations 21 et 26

qui sont des transitions entre les eaux de Berre et celles du golfe. Ce rapprochement marque le net vieillissement ou peut-être le stress physiologique que subissent les populations photoautotrophes lorsqu'elles passent des eaux de Berre dans celles du golde de Fos, beaucoup plus salées, plus chaudes et peut-être polluées.

L'axe 1 distribue de son côté positif pratiquement toutes les stations du golfe (hormis la station 4 correspondant à l'intrusion rhodanienne et les stations 31, 32 et 33 qui s'écartent de cet axe pour des raisons identiques : pénétrantes secondaires du Rhône au NO du golfe par le canal Saint Louis et le canal du Rhône à Port-de-Bouc qui débouche en partie au niveau des darses). Parmi ce nuage de stations, on note la projection des paramètres SAL (salinité; corrélation avec F1 = 0,308), TEM (température; corrélation avec F1 = 0,328), des polluants: CYA (cyanures), DET (détergents), PHE (phénols), HYD (hydrocarbures). Il est intéressant de noter d'autre part la projection en bout d'axe 1 des indices de diversité IDP (indice de diversité phyto) et IDZ (indice de diversité zooplancton) ce qui tendrait à montrer que ce sont les populations les plus structurées (au sens de Margalef) qui se développent dans le golfe; populations peu importantes en nombre d'individus mais dont le spectre spécifique est assez large.

On remarquera également la proximité de l'ATP (adénosine triphosphate) et de C (carbone particulaire) et N (azote particulaire) ce qui confirme l'ATP dans son rôle d'indicateur de biomasse organique.

En ce qui concerne l'axe 2, il faut noter les bonnes corrélations de la station 4 (r = 0,424) avec cet axe (station 4 située à l'embouchure du Rhône) ainsi que celles des stations 31,32,33 du fond du golfe.

stations	4	31	32	33
contribution relative	0,1794	0,2555	0,4571	0,4187
corrélation avec F2	0,4236	0,5055	0,6761	0,6471

Il convient de noter également la projection dans le voisinage immédiat de ces stations, des hydrocarbures aromatiques (ARO) qui sont opposés sur cet axe aux hydrocarbures totaux. Nous avons observé en effet, dans toute cette zone NO, que le pourcentage d'hydrocarbures aromatiques par rapport aux hydrocarbures totaux, était très élevé (60 %). Ces hydrocarbures aromatiques pourraient être la conséquence de l'intense trafic maritime dans cette zone (darses).

La proximité entre PHA (phaeophytine) et 4 (Rhône) montre l'importance des apports détritiques végétaux par le fleuve corrélatif de chlorophylles dénaturées. Cette proximité sera encore plus intéressante à discuter dans le plan 3 - 4.

Plan factoriel 3 - 4 (fig.125)

Il extrait 9,8 + 8,4 = 18,2 % de la variance.

L'axe 3 met en évidence une structure intéressante : les proximités des stations 4 et 26 avec le paramètre PHA (phaeophytine) en projection opposée avec les maxima phytoplanctoniques TPP et la station 25. Ceci tend à montrer la relation qui existe entre les chlorophylles dénaturées et les débris végétaux de la station 4 d'une part et les populations vieillissantes ou stressées de la station 26 d'autre part.

Les hydrocarbures aromatiques et totaux sont cette fois réunis d'un même côté de l'axe 4.

De ce fait la position des maxima zooplanctoniques du côté opposé de l'axe, aux stations 14, 15, 16, 17 et 5 n'est peut-être pas un hasard. Il se peut que la présence d'hydrocarbures en surface, en augmentant la tension superficielle, nuise aux mouvements natatoires des zooplanctontes et qu'alors ils évitent les aires riches en hydrocarbures.

Il se peut aussi que les maxima zooplanctoniques observés à ces stations localisées au centre du golfe, donc dans une zone d'affrontement des différentes masses d'eau, soient dûs à la richesse en matériel organique particulaire qui serait alors utilisé comme source trophique par les zooplanctontes.

Il est intéressant de considérer maintenant la structure factorielle obtenue à partir du tableau des phytoplanctontes, indépendamment des paramètres généraux, ces derniers étant simplement introduits dans l'analyse comme paramètres supplémentaires (donc sans masse et n'influençant pas les structures obtenues) susceptibles d'aider à certaines interprétations.

V - 1.1.2. *Traitement des espèces phytoplanctoniques.*

C'est le tableau PH qui va être traité par l'analyse des correspondances (cf. liste des identificateurs); nous avons écarté de ce tableau, après, réflexion, les espèces trop sporadiques d'une part et d'autre part les espèces dont l'effectif était si faible qu'il rentrait dans l'intervalle des erreurs de comptage par la méthode d'Utermöhl.

Plan factoriel 1 - 2 (fig.126).

Il extrait 37,2 % de la variance (soit 21,7 % et 15,5 %). Les deux directions explicatives correspondent comme pour l'analyse des paramètres généraux à l'influence rhodanienne pour l'axe 1 et à la pénétration des eaux sortant du canal de Caronte pour l'axe 2. On note l'inversion dans la hiérarchie des facteurs par rapport à l'analyse des paramètres généraux, ce qui est explicable par le fait que la communauté d'espèces caractérisant la pénétrante rhodanienne lui est très spécifique, alors que de nombreuses espèces seront communes aux eaux d'origine Berre-Durance et aux eaux du golfe de Fos.

Il est intéressant de noter, à l'extrémité négative de l'axe 1, la présence de la station 4 avec son cortège d'espèces indicatrices de la pénétration rhodanienne, CHP (chlorophycées), FRA *(Fragillaria crotonensis)*, MEL *(Melosira varians)*, SYN *(Synedra ulna)*, NCL *(Nitzschia closterium)*, GRA *(Grammatophora* sp.*)*, DIA *(Diatoma* ind.*)*, NSE *(Nitzschia seriata)*, AST *(Asterionella formosa)*, THA *(Thalassionema nitzschioïdes)*.

station ou param.	4	CHP	MEL	AST	THA	SYN	NCL	GRA	DIA	NSE
contrib. absolue	0,4255	0,0741	0,0748	0,0604	0,0550	0,0415	-0,2210	0,0142	0,0105	0,0119
contrib. relative	0,5665	0,4707	0,4696	0,4773	0,4685	0,0482	0,3472	0,1634	0,2164	0,0656
corrél. avec F1	-0,753	-0,686	-0,685	-0,691	-0,685	-0,695	-0,589	-0,404	-0,465	-0,256

A l'extrémité positive de l'axe 2, on relève la position de la station 25 (sortie du canal de Caronte) et à proximité immédiate on note l'espèce CHV *(Chaetoceros vistulae)*, espèce dont la poussée exubérante caractérise ces eaux. Le paramètre supplémentaire TPP (total numérique du phytoplancton) se projette tout près de ces deux éléments, sa corrélation avec le facteur 2 étant de 0,751. Il est également intéressant de noter, en position plus basse sur l'axe 2, l'étagement des stations 26, 18 et 21 qui traduit l'éloignement progressif des eaux de Berre-Durance dans le golfe. Cet éloignement s'accompagne d'une augmentation de la diversité spécifique de 26 vers 21 avec l'apparition de la diatomée *Cyclotella* sp., des péridiniens *Exuviella* et *Gymnodinium*, la cyanophycée *Oscillatoria tenuis*. On constate que le paramètre PHY (chlorophylle *a*, corrélation avec F2 = 0,903) se projette près des stations 25 et 26 riches en phytoplanctontes, alors que les chlorophyl-

les dénaturées PHA (phaeophytines, r avec F2 = 0,582) se projettent encore plus loin dans le sens de l'écoulement des eaux près de la station 21 et des stations 19 et 20. Cette augmentation des pigments dénaturés marque sans doute un vieillissement (ou un stress) des populations phytoplanctoniques de la masse d'eau en provenance de Berre. Il se peut aussi que ces phaeophytines résultent de phénomènes de "grazing" importants; on remarquera à ce sujet la projection près de PHA des ciliés (CIL) qui sont des phytophages filtreurs très actifs. Enfin il faut signaler la présence des cyanophycées *Oscillatoria* (OSC) qui sont riches en phaeophytine. La projection de AMP (adénosine monophosphate, r avec F2 = 0,622) molécule pauvre en énergie, dans la même zone semble confirmer cette structure.

station ou espèce	25	26	CHV	CYT	CIL	EXU	OSC
contribution absolue	0,1464	0,0678	0,0941	0,0381	0,0357	0,0305	0,0311
contribution relative	0,0931	0,0280	0,5633	0,5487	0,5445	0,6163	0,3391
corrélation avec F2	0,305	0,167	0,751	0,741	0,738	0,785	0,582

Il est intéressant de noter en outre, le passage progressif de l'influence de Berre-Durance à celle du Rhône par une suite logique de stations avec une zone d'affrontement marquée par les stations 13, 14, 10, 16, 24, 28. On peut noter aussi que si la transition est logique vers l'influence rhodanienne avec les stations 6, 5 et 7, celles-ci sont tout de même assez éloignées de 4, ce qui met en évidence la faible étendue géographique de la pénétrante rhodanienne au moment de nos prélèvements. Il est intéressant de souligner la projection des paramètres polluants (cyanures, hydrocarbures) près des stations caractérisant les eaux néritiques du golfe de Fos. Ces eaux présentent des populations phyto- et zooplanctoniques relativement bien structurées (projections des indices de diversité IDF et IDZ). A ce sujet, il faut signaler l'opposition sur l'axe 2 avec les eaux de la sortie de Caronte qui présentent, elles, des populations peu structurées (entropie forte, indice de diversité faible). Les populations du golfe de Fos comportent un grand nombre d'espèces dont un pourcentage important de dinoflagellés, *Ceratium* sp. (CER), *Peridinium trochoïdeum* (PTR), *Gyrodinium* sp. (GYR), *Peridinium* sp. (PER), la diatomée *Rhizosolenia delicatula* (RHD), les phyto-

phages comme *Stenosemella nivalis* (STE) et *Tintinopsis nana* (TNA) espèces également présentes aux stations 23 et 33.

V - 1.1.3. *Traitement des espèces zooplanctoniques.*

Dans le cas de Fos I, le tableau ZO a été traité par l'analyse des correspondances, les variables des tableaux PG et PH étant placées en éléments supplémentaires. Dans les autres analyses, nous suivront une procédure différente en constituant comme nous l'avons déjà dit un tableau ZPH = ZO PH et en introduisant PG en éléments supplémentaires.

Plan factoriel 1 - 2 (fig.127).

Il extrait 44,9 % de la variance

L'axe 1 qui explique 24,9 % de la variance discrimine de son côté négatif toutes les stations situées au sud du golfe (de la station 1 à la station 15). Cette zone géographique est caractérisée par une association spécifique typique des milieux néritiques avec *Oikopleura* sp. (OIK), le cladocère du genre *Evadne* (EVA), les chaetognathes (CHA) liés à la forte dessalure du Rhône avec principalement *Sagitta setosa*, les copépodes *Acartia clausi* et *Centropages* (ACC et CEN), les oeufs de poissons et d'anchois (WPO, WAN, SWP) (ce qui confirme ainsi le rôle important du golfe de Fos comme zone de ponte). Il faut signaler la projection du cortège d'espèces phytoplanctoniques caractéristiques du Rhône ainsi que de la station 4 à l'extrémité de l'axe 1 ainsi que des indices de diversité, ce qui tendrait à justifier la présence d' *Acartia clausi* très éclectique dans son régime alimentaire et dont la présence serait en relation avec ce grand choix de nourriture. Les oikopleuridae filtreurs de grosses particules organiques seraient là pour la même raison. Les chaetognathes prédateurs au niveau secondaire formeraient le dernier maillon de cette ébauche de chaine alimentaire.

Les axes 1 et 2 à leurs extrémités positives isolent un autre embryon de chaine alimentaire en relation cette fois, directement, avec la poussée phytoplanctonique due à l'intrusion des eaux de Berre-Durance. Dans cette chaine les phytophages sont représentés par des larves de cirripèdes (LCI) et des *Podon polyphemoïdes* (POD), les représentants des carnivores par les corycaeidae (COR). La base de cette chaine alimentaire est constituée par la poussée de *Chaetoceros vistulae* (CHV) accompagnée des péridiniens des genres *Exuviella* (EXU) et *Gymnodinium* (GYM), des diatomées du genre *Cyclotella* (CYT) et des algues bleues *Oscillatoria tenuis* (OSC). Cette structure de fin de poussée où le grazing est important est confirmée par les projec-

tions des paramètres (PHA) phaeophytine et (AMP) adénosine monophosphate.

L'axe 2 isole sur sa partie négative les larves de gastéropodes (LPT) et de crustacés brachioures et macroures en relation avec les stations nord du golfe 33, 31, 30 et 29, et 11 et 12 représentant la zone de Ponteau.

Il faut remarquer d'une part, en relation avec ces zooplanctontes, la présence d'une population végétale assez pauvre constituée principalement de péridiniens *Ceratium* (CER) , *Peridinium* (PER), *Amphidinium* (AMP) et d' espèces benthiques *Licmophora* sp. (LIC) et *Gomphonema olivum* (GOM); et d'autre part la projection des hydrocarbures aromatiques (ARO). L'association larves - présence d'hydrocarbures tendrait à prouver la grande résistance de ces larves vis-à-vis de la pollution.

Nous allons maintenant avec l'analyse hiérarchique qui va suivre, essayer de préciser les communautés phyto- et zooplanctoniques caractérisant les différentes aires géographiques du golfe de Fos.

V - 1.2. Analyse hiérarchique.

L'agglomération par la variance que nous avons utilisé pour traiter le tableau PHZ = PH + ZO (les variables étant normées par le procédé exposé dans le chapitre de méthodologie mathématique, nous travaillerons sur les profils), nous a permis d'obtenir le dendrogramme (fig.128) que nous allons brièvement commenter.

Nous voyons qu'il isole sur sa gauche un groupe d'espèces très proche constituant la communauté caractéristique de l'intrusion rhodanienne : *Melosirae* (MEL), chlorophycées (CHP), *Fragillaria crotonensis* (FRA), *Thalassionema nitzschioïdes* (THA), *Synedra ulna* (SYU), *Asterionella formosa* (AST). Ce groupe très homogène correspond aux espèces qui ont les contributions les plus fortes vis-à-vis du facteur 1 de l'analyse des correspondances (cf § précédent). Ce groupe est relié à un grand ensemble d'espèces, lui-même très subdivisé. La valeur au noeud d'agglomération est de l'ordre de grandeur de la premiere valeur propre de l'analyse des correspondances (0,3390 pour 0,3279). Le premier sous-ensemble que nous appelerons groupe 2 correspond à la communauté caractéristique de l'intrusion Berre-Durance par le canal de Caronte; on y relève les espèces suivantes : *Chaetoceros vistulae* (CHV), *Gymnodinium* (GYM), *Exuviella* (EXU) , *Cyclotella* (CYC), *Oscillatoria tenuis* (OSC) et les phytophages par filtration, ciliés (CIL) et larves de cirripèdes (LCI).

Le sous-ensemble suivant ou groupe 3 réunit les espèces caractéristiques du golfe de Fos et confirme certains aspects de structures que nous avions mis en évidence par l'analyse des correspondances.

Le groupe 4 réunit de nombreuses espèces benthiques comme *Grammatophora* (GRA), *Cymbella* (CYM), *Licmophora* (LIC), etc...

Le groupe 5 caractérisant des eaux à population végétale appauvrie, comme nous l'avons vu, correspond à des régions industrielles du nord du golfe ou de la région de Ponteau où les taux d'hydrocarbures aromatiques sont importants.

Le groupe 6 réunit une grande majorité de zooplanctontes en relation avec certaines poussées d'algues comme les chlorophycées et les diatomées du genre *Nitzschia*. On peut signaler la bonne liaison qui existe entre *Acartia clausi* et les chaetognathes, relation que nous avons déjà relevé ainsi que d'autres auteurs, comme étant probablement une relation de prédation. La relation entre les chlorophycées, *Podon* et les corycaeidae peut être aussi d'ordre trophique.

Par la méthode de représentation graphique unidimensionnelle d'Andrews nous allons tenter enfin de donner une cartographie écologique du golfe de Fos au moment de nos prélèvements.

V - 1.3. Méthode de représentation de l'espace des 5 facteurs par une fonction (représentation unidimensionnelle - méthode d'Andrews)

Le traitement du tableau général P = PG ∪ PH ∪ ZO par l'analyse des correspondances nous a amené à retenir cinq facteurs. L'emploi de la méthode d'Andrews nous permet de calculer, pour chaque station de prélèvement, une fonction des coordonnées de cette station sur les axes factoriels. La comparaison des formes des courbes nous donne la possibilité de grouper les stations en familles semblables par l'allure de leurs courbes représentatives.

On obtient ainsi les familles de stations (fig. 129 -1 à 4) :
5,6,7,8,17 et 18 auxquelles on peut joindre 25 et 26
30,31,32, 15 et 16 dont les allures ne sont pas très éloignées
1,2,24
3,12,13,14

Le premier groupe correspond aux aires de dilution sous influences rhodanienne et marseillaise, la station 4 ayant un graphe d'allure générale

semblable mais très décalé (et plus ample) par rapport à ceux de la famille, ce qui peut mettre en évidence l'individualité de cette station de sortie des eaux du Rhône.

Les graphes des stations 25, 26, 27, 28 et 20 donnent la famille des eaux de Caronte qui sont peu reliables entre eux..

Enfin les graphes des stations 21 et 22 sont très proches.
Il convient de signaler tout de même l'allure assez similaire, avec quelques décalages, des stations d'intrusion rhodanienne 4 et de Caronte 25 et 26.
La famille 3,12,13,14 correspond à l'aire d'influence de Ponteau.

V - 2. Fos II.

V - 2.1. Analyse des correspondances

Les tableaux considérés et leurs dimensions sont successivement :

PG (i,j) $i = \in [1,m]$ $j = \in [1,n]$ m = 31 paramètres
n = 35 stations

PH (i,j) m = 40 espèces n = 35 stations

ZO (i,j) m = 23 espèces n = 35 stations

Nous avons suivi exactement la même procédure que pour Fos I si ce n' est que le dernier tableau traité correspond à PHZ = PH $\cup$ ZO avec PG en éléments supplémentaires.

V - 2.1.1. *Traitement des paramètres généraux*

Plan factoriel 1 - 2 (fig. 130).

Il extrait 52,5 % de la variance
L'axe 1 (35,3 %) correspond à la pénétrante rhodanienne bien plus accentuée que lors de la mission Fos I, son extension géographique atteignant les stations 3, 5 et 6.

La nette influence de cette pénétration des eaux rhodaniennes est figurée par la projection des paramètres NO3 (nitrates) et PO4 (phosphates). Le paramètre salinité se projette à l'autre extrémité de l'axe.En outre, l'hypothèse de l'intrusion des eaux rhodaniennes est confirmée par la proximité de PHA et SES (phaeophytine et seston) par rapport aux NO3 et PO4. En effet, il est bien connu que les eaux rhodaniennes ont une charge en matériel particulaire (seston) élevée et que la quantité de débris organiques végétaux

véhiculés par ces eaux augmente les teneurs en chlorophylle dénaturée (phaeophytine).

Le tableau des aides à l'interprétation va confirmer cette structure :

station ou param.	4	5	6	NO3	PO4	SES	PHA	SAL
contrib. absolue	0,1467	0,0124	0,0138	0,1348	0,0201	0,0102	0,0070	0,0046
contrib. relative	0,9265	0,5222	0,6299	0,2839	0,0358	0,0362	0,0080	0,0551
corrél. avec F1	-0,963	-0,723	-0,794	-0,533	-0,189	-0,190	0,090	0,235

valeur propre 1 $\lambda_1 = 0,22723$

On remarque que les populations phytoplanctoniques les plus importantes se trouvent à l'opposé sur l'axe 1 (TPP), liées aux stations centrales du golfe. Ces populations sont d'ailleurs bien structurées, les indices de diversité spécifique pour le phytoplancton (IDP) se projetant également du côté positif de l'axe I. Les métaux lourds (CD, cadmium; ZN, zinc; PB, plomb) se projettent aussi de ce même côté, à l'opposé de la pénétrante rhodanienne; ces pollutions sont donc spécifiques du golfe de Fos et liées à l'activité industrielle.

L'axe 2 est surtout déterminé par les détergents (DET) dont la contribution absolue sur 2 est de 0,0832 alors que la valeur propre est $\lambda_2 = 0,1111$, ainsi que par la station 23 (contrib. abs. = 0,0402).; ceci n'est pas étonnant si l'on considère que l'on trouve des valeurs de 2,35 ppm de détergents en 23. Cette répartition un peu aléatoire des détergents se retrouve aux stations 7, 15, 1, 26 et 2.

stations	23	7	15	1	26	2
contribution absolue	0,0402	0,0173	0,0075	0,0065	0,0024	0,0023
contribution relative	0,8010	0,7223	0,4885	0,2774	0,1409	0,1884
corrélation avec F2	0,895	0,850	0,699	0,526	0,375	0,434

Plan factoriel 2 - 3 (fig.131).

Il extrait 30,1 % de la variance, les valeurs propres sont :

$\lambda_2 = 0,1110$ 17,2 %

$\lambda_3 = 0,8342$ 12,9 %

Ce plan met en évidence, surtout par l'axe 2, la relation des paramètres comme les adénylates mono, di et tri phosphorés relatifs au zooplancton (AMZ, ADZ, ATZ) avec le zooplancton total, ce qui tendrait à montrer que les hypothèses que nous avions émises sur leur utilisation comme indicateurs de biomasse d'une part et comme indices de physiologie de masse d'autre part, sont justifiés. Il faut tout de même signaler la position de AMZ près de la station 25 qui est le siège de la multiplication de 2 ou 3 espèces zooplanctoniques (Corrycaeidae, larves de pélécypodes et *Evadne*). Peut-être, comme pour le phytoplancton, la présence de AMZ (adénosine monophosphate liée au zooplancton), molécule pauvre en énergie, indique-t-elle une population stressée.

Comme lors de la mission Fos I, on voit que les populations phytoplanctoniques les plus riches sont encore liées à la pénétrante des eaux de Berre-Durance ainsi qu'aux arrivées secondaires du Rhône hors de la pénétrante de Berre (stations 16 et 33). En effet, on remarque à l'extrémité négative de l'axe 3 les projections des paramètres TPP (phytoplancton total), PHY (chlorophylle *a*), ATP, ADP, AMP (adénylates relatifs au phytoplancton) et des stations 16 et 33. A l'autre extrémité de ce même axe, on trouve les stations 1,2, 10, 11, 12, 13, 8, 9, 19, 18 et 20 correspondant à la pénétration des eaux néritiques, qui, ainsi que nous l'avons déjà signalé dans nos publications, a un impact très important sur la structure écologique du golfe de Fos, lorsque l'influence de Berre-Durance est minimale, ce qui est ce cas ici. Cette pénétrante néritique s'accompagne de populations assez diversifiées mais quantitativement pauvres. On peut relever aussi la présence des hydrocarbures dans la région de Ponteau, la variable HYC se projetant près des stations 12 et 13.

V - 2.1.2. *Traitement des espèces phytoplanctoniques (fig.132).*

On traite le tableau PH avec les éléments de PG en variables supplémentaires.

Plan factoriel 1 - 2

Il extrait 34,2 % de la variance

La configuration obtenue dessine une étoile à trois branches.

L'axe 1 qui explique 21 % de la variance, isole de son côté négatif, les

eaux de la pénétrante rhodanienne avec les projections des stations 3, 4, 5 et 6 et leur cortège d'espèces indicatrices : *Surirella* (SUR), *Asterionella formosa* (AST), *Gomphonema* (GOM), *Melosira varians* (MEV), *Melosira italica* (MEI), *Cymbella* (CYM),des diatomées benthiques indéterminées (DIA), des euglènes (EUG), *Navicula* (NAV), *Oscillatoria* (OSC). On remarque également la projection des nitrates et celle des phosphates qui présentent de bonnes corrélations avec cet axe (resp = -0,620 et -0,168). Cet axe discrimine donc, comme pour Fos I, la pénétrante rhodanienne avec des populations quantitativement pauvres et qualitativement différentes de celles du reste du golfe.

L'axe 2 sépare du côté positif les stations nord du golfe où l'influence rhodanienne se fait peut-être sentir d'une manière indirecte par le canal Saint-Louis (stations 34, 29, 33 et 30) avec comme espèces caractéristiques des diatomées dulçaquicoles *Melosira jurgensii* (MEJ),*Cyclotella* (CYC) et le tintinnide *Tintinnopsis nana* (TNA) qui est un filtreur efficace.

Les populations les plus abondantes marquées par la projection de la variable (TPP) se trouvent de nouveau près des stations 25, 28, 24, 26 et 32 caractérisant les eaux sortant de Caronte avec les espèces de chlorophycées (CHL), *Skeletonema costatum* (SKE), *Chaetoceros dydimus* (CHD), *Exuviella* (EXU). On note également à proximité de ce groupe, la projection des paramètres chlorophylle *a* et phaeophytine (PHY et PHA). On remarquera aussi la projection des métaux lourds (PB et CD) qui présentent des corrélations positives assez élévées avec l'axe 1 (0,506 et 0,412) donc en opposition avec l'influence rhodanienne; pour Zn on trouve 0,733.

L'axe 2 isole sur son côté négatif les stations caractérisant la pénétration néritique (1, 11, 12, 13, 9, 10, 18, 19) qui est importante lorsque l'écoulement des eaux de Caronte est faible. Ces eaux sont claires comme l'indique la projection de SEC (disque de Secchi) avec des populations très structurées, où l'on reconnaitra des espèces caractéristiques du stade III de succession des populations (sensus Margalef) comme les diatomées *Hemiaulus hauckii* (HEM), *Nitzschia seriata* (NSE), *Schroederella delicatula* (SHR), les dinoflagellés *Gymnodinium* sp. (GYM) , *Peridinium trochoïdeum* (PET), *Ceratium* (CER) *Gyrodinium* (GYR).

V - 2.1.3. *Traitement des espèces planctoniques (fig.133 et 134).*

On traite cette fois le tableau PHZ = PH ∪ ZO.

Les éléments du tableau PG sont encore introduits dans l'analyse en varia-

bles supplémentaires. L'ajout des variables zooplanctoniques ne change que très peu les structures obtenues lors du traitement des variables phytoplanctoniques (tableau PH).

Plan factoriel 1 - 2 (fig.133).

Nous obtenons toujours dans ce plan, la même étoile à trois branches qui isole à l'une de ses extrémités les espèces caractéristiques du Rhône (côté négatif de l'axe 1). C'est une association que nous avons déjà décrite dans l'analyse précédente.

L'axe 2 discrimine toujours les stations localisées au nord ouest du golfe au niveau des darses (33, 34, 35) et à un degré moindre les stations 28, 29, 30 et 31 avec passage progressif aux eaux périphériques à la sortie de Caronte où l'on retrouve le cortège d'espèces photoautotrophes déjà décrites auxquelles s'ajoutent des filtreurs de l'échelon secondaire comme les ciliés nus (CIL) les Oikopleuridae (OIK),les *Podon polyphemoïdes* (POD).On relève aussi la présence de nombreux stades larvaires, larves d'annélides (LAN), larves de cirripèdes (LCI) ou de stades juvéniles comme les naupli de copépodes (NAC) et les larves Zoe (LZO).

L'extrémité négative de cet axe 2 isole de nouveau les populations phytoplanctoniques bien structurées du stade 3 de Margalef à base de dinoflagellés. Cette communauté phytoplanctonique voisine avec des éléments de l'échelon secondaire comme les copépodes *Clausocalanus* (CLA), *Centropages* (CEN) et *Calanus helgolandicus* (CAH).

La sortie de Caronte proprement dite est très importante en ce qui concerne la structure des populations zooplanctoniques. Cela apparaît bien dans le plan 2 - 3.

Plan factoriel 2 - 3 (fig.134).

Il extrait 11,1 % de la variance et regroupe sur le côté négatif de l'axe 3, les stations de sortie de Caronte avec leur chef de file, la station 25, puis 19 et 20 et, à un degré moindre, 21 et 24. On remarque la projection du paramètre ZOO (biomasse zooplanctonique totale) de ce côté de l'axe (corrélation avec F3 = -0,648). La station 25, située dans le canal de Caronte lui-même est caractérisée par les cladocères du genre *Evadne* (EVA), les copépodes corycaeidae (COR) et les larves de pélécipodes (PEL); lors de la pénétration de ces eaux provenant de Berre-Durance, dans le golfe de Fos, le spectre des espèces s'enrichit par l'ajout des copépodes des genres *Paracalanus* (PAR), *Euterpina* (EUT), *Acartia* (ACC), des larves de cirripèdes (LCI), ou de gastéropodes (LGA) et les cladocères *Podon polyphemoïdes* (POD).

V - 2.2. Analyse hiérarchique (fig. 135).

L'analyse du tableau PHZ = PH ∪ ZO fait apparaître deux grands ensembles. Le premier de ces deux ensembles regroupe toutes les espèces d'influence rhodanienne : *Nitzschia longissima* (NLO), *Surirella* (SUR), des euglènes (EUG), *Fragillaria crotonensis* (FRA), *Achnanthes* (ACH), *Melosira varians* (MEV), *Oscillatoria tenuis* (OSC), *Synedra ulna* (SYN), *Melosira italica* (MEI), des diatomées indéterminées (DIA), *Navicula* (NAV), *Cymbella* (CYM), *Asterionella* (AST), *Gomphonema* (GOM), *Cocconeis* (COC), *Stenosemella* (STE).

On remarque la prédominance d'espèces dulçaquicoles et d'espèces benthiques ainsi que la présence du tintinnide filtreur *Stenosemella*.

En ce qui concerne le second ensemble, il est un peu plus malaisé à commenter. A l'extrême droite de la hiérarchie, on voit apparaître un groupe assez homogène à base de zooplanctontes : *Euterpina* (EUT), des larves de gastéropodes (LGA), *Podon polyphemoïdes* (POD), des larves de cirripèdes (LCI), des chaetognathes (CHA), *Paracalanus* (PAR), *Acartia* (ACC), *Oithona* (OIT), *Calanus helgolandicus* (CAH) auxquels s'ajoutent les phytoplanctontes *Exuviella* (EXU), *Nitzschia delicatula* (NDE), *Rhizosolenia delicatula* (RDE), *Leptocylindrus danicus* (LEP), *Ceratium* (CER), qui est une communauté classique du milieu étudié et que nous avons maintes fois décrite. Au sein de cette communauté, il existe des espèces présentant des relations trophiques qui se retrouvent très souvent; il en est ainsi de *Exuviella*, *Podon polyphemoïdes*, larves de cirripèdes, acartidae (plus omnivores) et des prédateurs comme les chaetognathes.

Cette communauté constitue en quelque sorte le bruit de fond écologique du golfe de Fos

Sur ce groupe important, s'en branchent d'autres beaucoup plus réduits qui décrivent des associations plus locales. Ainsi le groupe 2 correspond au noyau de la communauté de Caronte (station 25) avec *Evadne* (EVA), des larves de pélécipodes (LPE) , *Coryceus* (COR). Le groupe 1 caractérisait la pénétrante néritique au SE du golfe avec *Peridinium* sp. (PER), *Clausocalanus* (CLA), *Hemiaulus hauckii* (HEM), *Centropages* (CEN).

Mais nous ne nous étendrons pas davantage sur ces aspects de structure que nous avons abondamment décrits lors des commentaires de l'analyse factorielle.

V - 2.3. Méthode de représentation des 5 facteurs dans un espace unidimensionnel (méthode d'Andrews).

La méthode d'Andrews va nous permettre de représenter l'espace des cinq facteurs retenus lors de l'analyse factorielle du tableau PHZ par un graphique qui va représenter chaque station par une fonction des 5 facteurs considérés. Les stations qui auront des courbes représentatives de même profil seront regroupées.

L'examen des différents graphes (fig. 136 - 1 à 5) nous permet de grouper les stations ainsi :

3,4,5,6, famille des stations du Rhône

7,8,9,10, qui forment une sorte de barrière avec les eaux néritiques extérieures au golfe

32,33,34 stations du NO du golfe et des darses

Le graphe de la station 25 forme un U assez curieux que tendent à imiter les stations 19 et 20 mais à un degré moindre, c'est pourquoi nous les grouperons sous le nom de famille de Caronte

Enfin, une famille de stations périphériques : 21,22,23,31 et un groupe formé des stations 15,16,17. En dernier lieu, les stations du NE du golfe 26,27,28 ainsi que la station 14 qui présentent des courbes de profils semblables mais d'amplitude supérieure au groupe précédent. Ces deux groupes représentent des zones situées de part et d'autre de l'influence de Caronte.

V - 3. Fos III

Pour Fos III, faute de moyens calculs (en temps et en finances), nous nous sommes bornés à traiter les données se rapportant aux paramètres généraux (tableau PG) et aux populations planctoniques (tableau PHZ = PH ∪ ZO) avec PG en variables supplémentaires, par l'analyse des correspondances uniquement.

V - 3.1. Traitement des paramètres généraux (fig. 137).

Le plan 1 - 2 "extrait" 26,5 % de variance, soit 15,6 % pour le premier facteur (F1) et 10,9 % pour le second (F2).

Sommairement, on peut dire que l'axe 1 sépare les prélèvements en deux blocs : du côté positif de l'axe, on trouve ceux de surface, du côté négatif ceux du niveau - 5m. On remarque les projections, du côté négatif de l'axe de paramètres caractéristiques d'un écosystème pauvre en énergie (adénylates

mono- et diphosphates AMP et ADP) alors que du côté positif (eau de surface) on observe des paramètres caractéristiques de la réserve nutritive (NO3, nitrates; PO4, phosphates; NO2, nitrites).

Les populations végétales les plus abondantes sont localisées à -5m (projection de TTP, phytoplancton total du côté négatif de l'axe 1); elles sont relativement bien structurées (ID, indice de diversité du côté négatif de l'axe 1) alors que les populations de surface le sont peu. On notera la projection de PHA, phaeophytine (chlorophylle dénaturée) du côté positif de l'axe 1 à proximité des stations de surface 3 et 5 qui sont situées de part et d'autre du chenal d'écoulement des eaux de "Berre-Durance"; ceci semble indiquer que les populations photoautotrophes de ces eaux déperissent lorsqu'elles se trouvent à une certaine distance de leur source (chenal de Caronte).

Il semble, en outre, vu les projections de l'ammonium (NH4), de l' ADP et de l'AMP du côté négatif et celles des nitrates, nitrites et phosphates, et des adénylates triphosphorés (ATP) riches en énérgie du côté positif, que les populations photoautotrophes du niveau 5m aient une physiologie très différente de celles de surface. A -5m, les populations phytoplanctoniques consomment activement les sels nutritifs (nitrates, phosphates) mais stockent peu d'énergie alors qu'en surface le contraire semble se produire. Ainsi du côté positif de l'axe repère-t-on à côté de l'ATP (molécule riche en énergie), la charge énergétique du phytoplancton (CEP) ce qui traduit une activité physiologique ralentie des cellules phytoplanctoniques qui peut correspondre à un vieillissement des populations (présence de phaeophytine,PHA ou chlorophylle dénaturée).

A l'exception du cuivre, on remarquera que les projections des métaux zinc (ZN), plomb (PB), et surtout cadmium (CD) sont situées du côté négatif de l'axe 1, ce qui signifie que la pollution par les métaux lourds est plus importante à 5m qu'en surface.

Il est bon de signaler également la bonne relation de voisinage entre les détergents (DET) et les phosphates (PO4), tout spécialement au niveau des stations 11 et 12. Cette relation DET - PO4 semble confirmer l'origine artificielle de l'eutrophisation (enrichissement en polyphosphates) dans le golfe, par l'intermédiaire des rejets urbains et industriels.

V - 3.2. Traitement des variables planctoniques (tableau PHZ = PH ∪ ZO).

Le plan 1-2 "extrait" 17,4 % + 11,5 % = 28,9 % de la variance (fig.138).

Il isole de nouveau par l'axe 1 l'influence rhodanienne. on notera, en effet, la projection de la station 16 (eaux de sortie du Rhône en surface) avec ses espèces caractéristiques *Melosira italica* (MEI), *Melosira varians* (MEV), *Achnantes* sp. (ACH), des diatomées benthiques indéterminées (DIA), *Cymbella* (CYM), *Fragillaria* (FRA), *Synedra ulna* (SYN), *Oscillatoria tenuis* (OSC). Du même côté de l'axe 1 se projette également le prélèvement 32 (sortie des eaux du Rhône à -5m) avec *Navicula* (NAV), *Amphidinium* sp. (ANP) et *Cocconeis* (COC) soit le cortège classique d'espèces des eaux d'intrusion rhodanienne.

L'axe 2 met en évidence une autre aire de dilution correspondant à la pénétrante "Berre-Durance" (station 5 située au nord de Caronte et stations 4,6,8,13) avec les espèces suivantes: des euglènes (EUG), *Peridinium trichoïdeum* (PER), *Schroederella* sp. (SHR), des filtreurs comme les ciliés nus (CIL) et *Tintinnopsis nana* (TNA) ainsi que quelques autres espèces typiques de ce milieu : *Prorocentrum micans* (PRM), *Surirella* (SUR), *Nitzschia seriata* (NSE), *Cyclotella* (CYC), *Gymnodinium* (GYM), *Skeletonema costatum* (SKE), *Exuviella* (EXU), *Leptocylindrus danicus* (LED), *Thalassionema nitzschioïdes* (THN) et des chlorophycées (CHL).

Cet axe isole donc une communauté d'espèces caractéristiques d'un système peu structuré à forte biomasse (projection de TPP, phytoplancton total et de PHY, chlorophylle *a*). Cette situation est souvent typique de la région correspondant à la zone de dilution "Berre-Durance".

A l'autre extrémité de l'axe, on trouve la plupart des stations et des prélèvements ainsi que les projections de la majorité des espèces phyto- et zooplanctoniques, ce qui traduit une bonne structuration de l'écosystème.

VI

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Depuis ces dernières décennies, le développement considérable de l'activité industrielle mondiale, et depuis quelques années sur le pourtour du golfe de Fos et de l'étang de Berre, nous amène à poser la question qui préoccupe actuellement de nombreux écologistes dans d'autres régions, à savoir si les sous-produits de cette activité industrielle, rejetés dans le domaine néritique, ne perturbent pas gravement le cycle de la matière vivante dans les eaux considérées. En effet, l'étude des métaux lourds, par exemple, revêt une importance considérable dans le déroulement des processus métaboliques, soit en les facilitant s'ils sont à l'état de traces (oligo-éléments), soit en les inhibant gravement (toxicité) s'ils dépassent certains seuils de concontration.

Nous nous sommes donc proposés d'étudier la structure et le fonctionnement du système planctonique au sein de l'écosystème très particulier du golfe de Fos que l'on peut, a priori, estimer gravement déséquilibré par l'arrivée de nombreux émissaires industriels et urbains. Chacun sait en effet, que ce système planctonique constitue le chaînon primordial de la chaîne alimentaire qui régit le cycle de la vie dans les océans.

Le meilleur moyen pour réaliser cette étude est de recueillir une masse considérable d'informations, tant physiques, que chimiques et biologiques sur ce milieu. Pour ce faire, nous avons effectué des prélèvements sur un réseau serré de stations judicieusement choisies en fonction des diverses effluences.

L'analyse, pour chacun de ces prélèvements, d'un faisceau étendu de paramètres a permis d'obtenir un très grand nombre de données. A partir de cette information, nous avons essayé de faire surgir un modèle conceptuel du fonctionnement et de la structure de l'écosystème de Fos.

Le modèle que nous dégagerons, dans cette première étape, ne sera que très approché; il nécessiterait évidemment la poursuite des efforts car les mécanismes de régulation éco-physiologique d'un tel milieu sont d'une grande complexité. En outre, à la lumière de ces premiers résultats, il nous paraît indispensable de poursuivre cette étude en utilisant une stratégie d'échantillonnage plus adaptée.

Dans l'état actuel des choses, notre ambition n'est donc pas de donner un modèle définitif et très performant, mais de discuter les grands traits de l'écologie du golfe de Fos en liaison avec les problèmes de pollution.

Ainsi, les représentations spatiales des paramètres et les différentes analyses mathématiques réalisées nous ont permis, d'une part de définir les grandes influences structurales du golfe de Fos et d'autre part de les hiérarchiser. En outre, avec l'analyse hiérarchique (agglomération par la variance) nous avons pu établir des communautés d'espèces planctoniques caractéristiques de ces diverses influences.

La première influence individualisée par l'analyse des correspondances est la pénétration des eaux rhodaniennes dans le golfe de Fos. En effet, elle a été le plus souvent identifiée à l'axe 1 de l'analyse factorielle, celui qui "extrait" le plus de variance. Cette prépondérance est confirmée par l'allure des isoplèthes, comme celles de la salinité, des sels nutritifs et des densités phytoplanctoniques, etc...

La seconde influence venant tout de suite après dans la hiérarchie que nous avons pu établir, correspond à la sortie des eaux de "Berre-Durance" par le canal de Caronte. Cette seconde influence sera également confirmée par le "maping" des différents paramètres (hydrologiques, biologiques et polluants).

La troisième correspond aux zones nord-nord ouest du golfe de Fos où se font sentir l'action directe des effluences secondaires du Rhône (canal Saint Louis et darses) et périodiquement celle des eaux de sortie de Caronte qui décrivent un mouvement anticyclonique sous la dépendance directe des conditions météorologiques, des vents de secteur SE en particulier.

Enfin, la quatrième influence peut être définie comme une zone néritique de base, localisée au SE et qui n'est que peu fréquemment touchée par les nappes de dilution rhodanienne et de Caronte. L'extension de ces eaux néritiques "pures" est fonction inverse de l'intensité des deux premières influences.

Nous allons maintenant, envisager de définir d'une manière un peu plus détaillée la structure et le fonctionnement de l'écosystème limité au plancton, suivant ces quatre influences.

1. L'influence rhodanienne.

Elle peut être caractérisée premièrement par une dessalure intense; l'extension géographique de cette nappe de dilution est fonction d'une part des débits du Rhône et d'autre part du régime des vents. Elle présente toujours une forte réserve nutritive et particulièrement de fortes concentrations en nitrates pouvant atteindre 100 µatg/l et en phosphates (4 µatg/l). La transparence des eaux est réduite par rapport aux autres régions par suite d'une turbidité très forte.

Le spectre spécifique du phytoplancton caractérise aussi très bien cette influence. Il se compose en majorité d'espèces dulçaquicoles et benthiques; parmi celles-ci nous relevons pour le phytoplancton, les diatomées *Melosira varians*, *Melosira italica*, *Gomphonema* sp., *Grammatophora* sp., *Fragillaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Surirella* sp., *Cyclotella* sp., *Nitzschia closterium*, *Thalassionema nitzschioides*, *Synedra ulna*, *Cymbella* sp., *Navicula* sp., *Cocconeis* sp., *Diploneis* sp., des cyanophycées comme *Oscillatoria tenuis*, des euglènes enfin; pour l'échelon secondaire (zooplancton) on trouve sporadiquement le tintinnide filtreur *Stenosemella ventricosa* et passagèrement des copépodes eurybiotes du genre *Acartia* et des chaetognathes *Sagitta setosa*. La présence de ces espèces permet de délimiter l'extension de la nappe de dilution rhodanienne dans le golfe.

D'un point de vue quantitatif, ces espèces ne représentent pas, en général, une biomasse importante; cependant, de temps en temps, on note un accroissement considérable de cette biomasse dû à une multiplication passagère de Melosirae et à un degré moindre des *Cyclotella* dont les densités peuvent dépasser le million de cellules au litre.

Ainsi, lors de nos trois missions, l'ordre de grandeur des variations du nombre de cellules phytoplanctoniques se situait entre 200 000 et 3 millions par litre. En raison de ce que nous venons de dire, la diversité de ces populations , relativement variable, est, elle, comprise entre 0,5 et 3 bits/cellule.

L'importance des teneurs en chlorophylle *a* et en C et N particulaires, paramètres indicateurs de la biomasse, nous revèle la richesse en matériel organique d'origine végétale du seston. Pour ce qui est des pigments assimilateurs, il convient de signaler les taux également élevés de chlorophylles dénaturées (phaeophytine) dans ces eaux. Ceux-ci peuvent résulter soit d'un trouble physiologique (stress) des populations photo-autotrophes, soit de l'apport massif de débris végétaux par le fleuve.

Quant à la pollution, il ne semble pas que le Rhône soit un vecteur important de métaux lourds (CU, Pb, Cd, Zn); mais nous avons noté que les teneurs en détergents sont quelques fois élevées dans l'aire d'influence rhodanienne, pouvant atteindre lors de Fos I et Fos II, 0,8 et 1,6 ppm à la même station 7.

Pour les hydrocarbures, des teneurs importantes ont pu être observées dans l'aire d'influence rhodanienne lors de Fos I et au débouché du Rhône lors de Fos II. Mais, comme aucun gradient rhodanien de la répartition de ces polluants n'a pu être mis en évidence, on ne peut rejeter, a priori, l'hypothèse de déversements accidentels par des navires, ce qui expliquerait leur distributin en "taches" dans le golfe.

2. Influence de la sortie des eaux de Caronte.

Les eaux sortant de Caronte proviennent du bassin de dilution qu'est devenu l'étang de Berre depuis que le canal de dérivation de la Durance y débouche au nord. Les eaux qui arrivent dans le golfe de Fos vont, en l'absence de vent, cheminer selon une direction NE - SO, longer le They de la Gracieuse et être reprises par la nappe de dilution rhodanienne. Dans le golfe elles s'étendent alors en éventail; leur extension y sera fonction du débit au niveau de Caronte mais aussi des conditions météorologiques. En effet, ces eaux peuvent, par vent de SE, se déplacer selon un mouvement anticyclonique et contaminer toute la région nord. Par vent de NO, elles seront au contraire plaquées contre la côte est et pourront entraîner les eaux issues des émissaires industriels, nombreux sur toute cette côte. Dans ce cas, toutes les eaux polluées seront repérables bien au large de Carro, ainsi que cela a été constaté lors du suivi d'une "drogue" (bouée immergée à - 50 cm).

Les eaux débouchant par le canal de Caronte présentent une dessalure très variable, de 3 à 20 °/₀₀. Elles se caractérisent par une charge en matériel particulaire assez importante (de 8 à 30 mg/l), d'origine essentiellement organique. La transparence de ces eaux est faible; les teneurs en sels minéraux, tout particulièrement en phosphates, sont très élevées (de 3 à 4 µatg/l et parfois jusqu'à 8 µatg/l) par rapport aux eaux néritiques de surface avoisinantes (0,05 µatg/l).

L'origine de telles concentrations en phosphates est à rechercher dans l'utilisation des détergents qui contiennent jusqu'à 50 % de polyphosphates et dans leur rejet par les émissaires urbains et industriels.

Cette richesse en sels nutritifs, en phosphates notamment, provoque une très forte eutrophisation qui se traduit par la prolifération de quelques espèces phytoplanctoniques très eurybiotes. Les populations d'espèces photoautotrophes sont faiblement structurées (I.D. = indice de diversité spécifique inférieur ou peu différent de 1), par contre les niveaux quantitatifs atteints sont tout à fait exceptionnels. Ainsi avons nous pu compter jusqu'à 100 millions de cellules par litre d'eau pour une poussée de *Chaetoceros vistulae*, au débouché de Caronte.

Les communautés caractéristiques de cette influence Berre-Durance sont constituées,pour le phytoplancton par les diatomées *Cyclotella, Melosira, Chaetoceros vistulae, Skeletonema costatum,* les dinoflagellés *Peridinium, Exuviella; Prorocentrum micans, Gymnodinium;* pour le zooplancton, des phytophages secondaires tels les larves de cirripèdes, *Podon polyphemoïdes,* des ciliés, des tintinnides, des appendiculaires comme *Oikopleura*, des espèces opportunistes comme les Acartidae *Acartia clausi et Acartia latisetosa.* A côté des phytophages, on trouve des espèces carnivores comme les copépodes corycaeidae et des chaetognathes (*Sagitta setosa*). Nous avons remarqué que quelques-unes de ces espèces pouvaient se multiplier de façon éxubérante.

Les paramètres représentatifs de la biomasse comme la chlorophylle *a* (+ phaeophytine), le carbone et l'azote particulaires, l'ATP présentent toujours des teneurs très élevées, signes d'une vie intense dans cette région. Nous avons pu noter également que les concentrations en chlorophylle *a* étaient toujours maximales à la sortie de Caronte et qu'elles diminuaient à mesure que les populations phytoplanctoniques, transportées par les courants, s'éloignaient de ce débouché. La chlorophylle *a* est alors remplacée par de la chlorophylle dénaturée (phaeophytine) ce qui traduit soit un vieillissement, soit plutôt un "stress" physiologique intense de ces populations doublé d'une mortalité croissante des cellules, qui au fur et à mesure de l'éloignement, rencontrent des conditions de vie de plus en plus difficiles.

Les nombreuses industries situées sur le pourtour de l'étang de Berre et les effluents ménagers pouvant s'y déverser ont pour corollaire, la présence, dans la nappe de dilution Berre-Durance, d'un certain nombre de polluants, les plus caractéristiques étant les phénols et les détergents anioniques. Bien que la répartition des hydrocarbures montre une certaine analogie avec celle des salinités (nappe de dilution de Caronte), nous pensons cependant, que ces hydrocarbures proviennent pour une grande part de l'important trafic maritime régnant dans cette région du golfe. Les valeurs extrêmes

enregistrées (>5 ppm) correspondraient vraisemblablement à des nappes isolées dérivantes.

Dans cette aire d'influence Berre-Durance, nous avons toutefois noté la présence d'hydrocarbures aliphatiques ramifiés qui, en certains points, représentaient 50% des hydrocarbures totaux, ce qui fait penser à une pollution par les raffineries.

Les deux missions réalisées hors contrat, où nous avons utilisé une " "drogue", nous ont permis de constater chaque fois des concentrations maximales au débouché du canal de Caronte, en raison vraisemblablement d'une navigation intense dans le canal, et une diminution progressive des teneurs avec l'éloignement de la bouée immergée.

Cette constatation est également valable pour les détergents dont les plus fortes concentrations furent observées au débouché même du canal pour atteindre des teneurs à peine décelables à quelques milles.

En ce qui concerne les métaux lourds, des teneurs non négligeables en cadmium et plomb sont également observées dans ce secteur.

3. Zone nord.

Elle se caractérise par des fonds peu importants (7 à 8 mètres en moyenne) et une salinité variable. Le secteur ouest, qui reçoit les arrivées secondaires du Rhône est toujours dessalé; par contre pour le secteur est, l'amplitude de variations de salinité est très accentuée et fonction des conditions météorologiques. Ainsi par vent de SE, les eaux de l'aire de dilution de Berre-Durance, peuvent se déplacer vers le nord selon un mouvement anticyclonique et envahir tout ce secteur. Par vent de NO au contraire, les eaux de surface diluées, refoulées vers le sud, sont remplacées par des eaux sous-jacentes, de type néritique, donc très salées.

Cette zone peut être considérée comme très instable d'un point de vue hydrologique. En outre, aux fluctuations importantes et rapides de la salinité, sont toujours associées celles des autres paramètres physiques (T°C, O_2 dissous), chimiques (sels nutritifs) et biologiques (diversité et densité des populations, teneurs en chlorophylle, carbone et azote particulaires, ATP,...).

Les populations phytoplanctoniques de cette région sont constituées par un mélange d'espèces "rhodanienne" et "carontienne". Elles sont en général, quantitativement pauvres; parfois cependant, une espèce se multiplie activement pour atteindre des densités proches du million de cellules par litre.

Dans cette zone, le zooplancton est toujours faiblement représenté, car, en raison des faibles profondeurs, il ne peut éviter, par des migrations verticales, les eaux de surface dessalées et polluées.

En effet, cette zone est particulièrement touchée par la pollution due aux hydrocarbures. Le pourcentage d'hydrocarbures aromatiques, les plus toxiques, peut atteindre jusqu'à 60 % des hydrocarbures totaux. Pourtant, comme pour les autres paramètres, on n'observe pas de continuité spatio-temporelle mais plutôt une succession de "taches" entraînées par les courants. En outre, cette zone présente des concentrations en phénols importantes comme c'était le cas pour celle de Berre-Durance.

Au NE, près de la zone de relargage des sédiments dragués, le cadmium et le plomb présentent des teneurs particulièrement fortes, dues vraisemblablement à une remise en solution de ces éléments. On observe des valeurs élevées en cadmium ($>$ 1 ppb) dans les eaux situées au débouché des darses également. En fait, toute la zone nord est fortement polluée par les métaux lourds, où les concentrations sont 10 à 100 fois supérieures à celles enregistrées en mer ouverte.

En conclusion on peut dire que tout le secteur nord du golfe est affecté par une pollution d'origine industrielle qui explique vraisemblablement la pauvreté relative de la flore et de la faune.

4. Zone néritique.

Localisée au SE du golfe cette zone peut être caractérisée par une salinité élevée; supérieure à 37,00 °/₀₀, une transparence relativement bonne (de 10 à 20 m), une réserve nutritive, en général, faible (zone oligotrophe) bien que parfois, face à Ponteau notamment, les teneurs en phosphates peuvent dépasser 3 µatg/l à la suite de rejets industriels, qui provoquent alors une eutrophisation passagère.

Dans l'espace, l'extension vers l'ouest de cette zone néritique est variable; elle dépend d'une part des débits des deux principales effluences (Rhône et Caronte) et d'autre part des conditions météorologiques, les aires de dilution rhodanienne et "carontienne" pouvant envahir presque entièrement cette aire néritique par vents de secteur Ouest ou NO.

La flore et la faune de cette zone sont tout à fait caractéristiques des eaux néritiques typiques. Les populations phytoplanctoniques sont bien structurées; elles correspondent au stade III de la succession des populations (au sens de Margalef) avec les diatomées *Hemiaulus hauckii, Nitzschia seriata,*

Schröderella delicatula, les dinoflagellés *Peridinium trochoïdeum, Gymnodinium, Gyrodinium*. Nous avons donc une flore très diversifiée (ID spécifiques élevés) mais relativement pauvre en individus.

En ce qui concerne le zooplancton, nous retrouvons le même phénomène , soit une faune très diversifiée, mais quantitativement peu abondante. On retiendra parmi les espèces récoltées que les crustacés occupent une place primordiale tout spécialement les copépodes qui sont les plus abondants avec les genres *Centropages, Clausocalanus, Paracalanus et Calanus* et les cladocères avec les *Podon* et les *Evadne tergestina et Evadne spinifera*.

Les paramètres représentatifs de la biomasse (chlorophylle *a*, azote particulaire) montrent des concentrations peu élevées, alors que celles du carbone particulaire peuvent, au contraire, marquer une certaine hausse due, soit aux particules minérales carbonatées en suspension, soit aux hydrocarbures ou détergents (fig. 48,49,56). De ce fait, les rapports C/N sont dans toute la partie sud, relativement forts par rapport aux autres régions où la fraction organique vivante donc riche en azote est importante.

Sur la côte est du golfe, en bordure de cette zone néritique, sont établies de nombreuses industries qui rejettent des quantités assez considérables de polluants chimiques divers. Les eaux, issues de ces émissaires, s'écoulent à proximité de la côte; en raison des hauts fonds, il est souvent difficile, voire impossible de se rapprocher de cette côte pour y faire des prélèvements dans l'écoulement d'eaux usées.

Malgré les inconviénients concernant les prélèvements dans cette zone, nous avons pu, à certaines périodes et à une distance assez grande des points d'émission des polluants, déceler des teneurs assez fortes en phosphates, phénols, détergents, cyanures et métaux lourds. Pour ces derniers, nous avons trouvé, lors de Fos III (au niveau de Ponteau, station 2) des concentrations fortes pour le cuivre et le cadmium, près du fond et dans toute la tranche d'eau pour le zinc et le plomb.

La réalisation de nombreuses missions nous a permis de donner brièvement les principaux caractères concernant la structure et le fonctionnement de l' écosystème des eaux de surface. On pouvait alors se demander qu'elles étaient les répercussions en profondeur, de toutes ces arrivées d'eau dans le golfe, car ces effluences sont en général les vecteurs de la plupart des polluants. Aussi il nous a paru fort intéressant d'envisager, lors de la dernière mission, (Fos III) de faire des prélèvements en profondeur.

Nous ne nous permettrons pas, après une seule mission où nous avons effectué des prélèvements à différents niveaux, de tirer des conclusions hatives ce qui semblerait scientifiquement peu scrupuleux, bien que les résultats obtenus soient fort intéressants.

Les seules remarques qui s'imposent sont celles signalées ci-dessous,mais elles ne correspondent, signalons-le, qu'à la situation écologique du jour de la mission

En profondeur :

- la dessalure n'affecte guère les couches sous-jacentes,
- on constate une baisse notable des teneurs en oxygène,
- les concentrations en sels nutritifs sont plus faibles, surtout en $P\text{-}PO_4$
- la densité du phytoplancton est variable suivant les stations, elle est en général plus faible à - 5m qu'en surface mais la diversité spécifique est par contre légèrement supérieure à celle observée en surface dans le coin salé situé à l'est.
- les paramètres caractéristiques de la biomasse (chlorophylle a, carbone, azote particulaires, ATP ont également une distribution spatiale fort variable mais les valeurs des concentrations de tous ces paramètres sont en général plus faibles qu'en surface. Seuls les densités zooplanctoniques et les indices de diversité correspondant sont dans l'ensemble, plus élevés en profondeur qu'en surface.Ce phénomène, non particulier au golfe de Fos, est en fait général car les zooplanctontes doués de mouvements propres, effectuent des migrations verticales au cours de la journée.
- les polluants ne montrent pas, comme en surface, une distribution spatiale régulière. Certaines stations présentent des maxima près du fond, d'autres en surface. On peut affirmer cependant, que toute la tranche d'eau est contaminée par les polluants et tout particulièrement par les métaux lourds. Pour ces derniers, il se peut que cette augmentation des teneurs soit due à un relargage progressif à partir des minéraux argileux ou bien à une libération lors de la sédimentation des organismes morts.

En résumé nous dirons que le golfe de Fos se caractérise par :

-- une dilution constante des eaux de surface mais d'intensité variable dans le temps et l'espace, fonction des débits des effluences et des conditions météorologiques. Cette dilution ne semble guère affecter les couches d'eau sous-jacentes. On remarque généralement trois aires de dilution (localisées à l'ouest et au NE) et une zone située au SE qui présente le plus souvent des caractéristiques hydrologiques marines (aire néritique).

-- une augmentation de la turbidité et de la charge en matériel particulaire dans les différentes aires de dilution, ce qui a pour effet de diminuer la pénétration de la lumière dans les couches sous-jacentes et peut entraîner une réduction de l'activité photosynthétique.

-- une eutrophisation excessive, tout particulièrement par les phosphates qui atteignent parfois des concentrations 100 à 200 fois plus élevées que celles des eaux de surface méditerranéennes.

-- des teneurs en nitrates, nitrites, ammonium assez importantes mais jamais exceptionnelles (sauf à l'embouchure du Rhône).

-- des densités phytoplanctoniques très fluctuantes au cours des saisons mais qui restent toujours supérieures à la normale et ce, tout particulièrement lors des poussées de printemps.

-- une faible diversité spécifique très caractéristique des milieux eutrophes et pollués où uniquement quelques espèces se multiplient très activement pour atteindre des concentrations éxubérantes (plusieurs millions de cellules au litre).

-- des teneurs en chlorophylle *a*, phaeophytine, carbone et azote particulaires, ATP très élevées dans les aires de dilution rhodanienne et "durancienne" qui traduisent très nettement les fluctuations de la biomasse et de la composition spécifique du phytoplancton.

-- des fluctuations spatio-temporelles des densités zooplanctoniques dont les maxima sont observés sous la couche de dilution à l'exception de la zone nord peu profonde et polluée que les zooplanctontes semblent éviter.

-- des indices de diversité spécifiques assez faibles qui prouvent l'exclusion de certaines espèces non résistantes et peu adaptées aux variations rapides des conditions biotiques.

-- de fortes teneurs en polluants divers comme les hydrocarbures, phénols, détergents, métaux lourds qui montrent, à la fois dans le temps et dans l'espace, une distribution très erratique, ce qui ne nous permet pas de localiser avec certitude les sources de pollution. Nous pouvons affirmer cependant que toutes les aires et tous les niveaux prospectés sont touchés à des degrés divers par les différents types de polluants analysés. Certains secteurs, comme l'aire de dilution durancienne au débouché du canal de Caronte, sont plus particulièrement touchés par une pollution due aux détergents et aux hydrocarbures. La zone est, de type néritique "pur" peut parfois ne pas être épargnée par ce type de pollution.

-- on remarque enfin, que tous les secteurs du golfe sont pollués par les métaux lourds qui présentent une distribution en "taches" et que leurs teneurs moyennes sont plus importantes à -5m qu'en surface.

En outre, si on prend comme teneurs de base, celles données dans la littérature par Chester et Stoner (1974) et Preston et al. (1972) pour l'ensemble des océans (tableau 1), on s'aperçoit que les concentrations moyennes observées dans le golfe (tableau 2) sont 30 à 40 fois plus élevées pour le zinc et pour le cadmium, 10 à 20 fois pour le cuivre et plus de 100 fois pour le plomb.

Toutefois si on compare les tenaurs en métaux lourds des eaux du golfe de Fos à celles de régions côtières industrialisées, on s'aperçoit qu'elles peuvent être du même ordre de grandeur (tableau 3).

Il faut souligner cependant que les valeurs moyennes que nous donnons pour le golfe, ne correspondent qu'à des teneurs en métaux lourds sous forme ionique dissoute; or, une fraction non négligeable de ces métaux, le plomb en particulier, peut se trouver sous forme particulaire et chélatée. On peut donc affirmer que les valeurs citées sont sous-estimées par rapport aux teneurs réelles.

Nous signalerons également que les concentrations observées dans le golfe sont, d'après les données bibliographiques, supérieures à la plupart des doses sublétales pour de nombreux organismes. En outre, par le biais des mécanismes de concentration par les organismes filtreurs notamment, il peut se produire une accumulation telle de ces métaux qu'ils ont alors des effets létaux.

A la suite des résultats obtenus concernant les métaux lourds, il nous semble important à l'avenir d'arriver à préciser les "sources" de ces polluants mais aussi de contrôler, sur des organismes judicieusement choisis, leur vitesse d'accumulation.

Tableau 1

Teneurs en métaux lourds des eaux de surface (plein océan)

concentrations en µg/l (ppb)

	Cd	Cu	Zn	Pb	
Chester et Stoner (1974)	0,04 à 0,14	0,3 à 2,7	0,1 à 1,2		océan indien
	0,04 à 0,30	0,3 à 3,8	0,6 à 5,2		atlantique nord
	0,04 à 0,10	0,3 à 3,9	0,6 à 2,2		atlantique sud
Preston et al (1972)	0,04	0,26	3,0	0,02	atlantique

Tableau 2

Teneurs en métaux lourds dans le golfe de Fos

concentrations moyennes en ppb

	Cd	Cu	Zn	Pb
FOS III surface	1,2	5,2	29,7	4,1
	0,4 à 2,75	2,5 à 17,0	6,2 à 65,7	1,1 à 11,1
- 5 m	2,8	6,1	34,2	6,3
	0,5 à 9,9	2,7 à 11,4	10,8 à 65,2	0,4 à 13,7
fond	1,6	5,7	32,9	4,7
FOS II surface	1,03	-	63,0	4,45
	0,07 à 5,5	-	6 à 120	0,55 à 12,5

Tableau 3

Teneurs en métaux lourds dans les eaux côtières et les estuaires (eau de surface); concentrations en µg/1 (ppb)

Auteurs	Cd	Cu	Zn	Pb	localités
Preston et al (1972)	0,6	3,6	26,6	2,3	mer d'Irlande
	7,7	4,6	1,5	1,5	estuaire de la Severn
	0,8	3,3	11,7	2,2	Tyne-Teed (G.B.)
	0,6	2,8	1,8	6,2	estuaire de la Clyde
Arnac (1973	0,10-5,6	0,10-20	-	0,30-20	estuaire du Saint Laurent
Steele (1973)	<0,01-0,18	0,3-1,5	1,8-11,8	0,02-0,36	estuaire de la Clyde
Abdullah et Royle (1972)	0,7	3	48	4	baie de Liverpool
	2,4	3	20	3,5	Cardigan bay
	4	4	21	5	Bristol Channel (près de Cardiff)
Chan et al. (1974)	45 max. 100	69 max. 100	92 max. 330	98 max. 660	Hong-Kong (19000 industries)
Dutton et al (1974)	1,6	2	12	-	Détroit de Douvres
	6,2	2,8	1,6	-	mer du Nord
	-	3	-	-	côte ouest Angleterre
	-	-	20	-	mer d'Irlande
Hang (1974)	0,9	10,4	72,5	10,4	fjords norvégiens (moyennes)

Remarque : On se rend compte que pour une même localité, mais à des époques différentes les teneurs subissent d'énormes fluctuations

stations	température °C	salinité °/..	oxygène dissous ml/l	Secchi en m	seston en mg/l	C µg/l	H µg/l	N µg/l	phosphates µatg/l	nitrates µatg/l	nitrites µatg/l	chlorophylle a µg/l	phaeophytine µg/l	% de phaeoph.	pico-moles/l ATP	ADP	AMP	phyto. total nbre cell./l	ID phyto.	zoopl. total ind./m³	ID zoo.	hydrocarbures totaux en ppm	% hydroc. arom.	phénols en ppm	détergents anioniques (ppm)	cyanures en ppm
1	17,4	37,79	5,46	24,0	5,4	556,0	145,5	68,1	0,74	2,73	0,08	0,19	0,11	36,6	105	119	7	53790	1,11	97	2,21	0,31	Δ	<0,01	0,19	<0,02
2	17,9	37,54	5,50	17,0	4,5	442,7	125,0	61,5	0,74	3,75	0,09	0,34	0,11	24,4	116	116	80	53800	1,85	109	1,75	0,30	Δ	<0,01	0,40	<0,02
3	17,3	37,39	5,42	13,0	5,1	448,4	102,7	53,9	1,14	4,55	0,32	0,40	0,08	17,3	147	178	85	63580	1,83	301	1,77	0,30	Δ	<0,01	0,58	<0,02
4	18,9	14,37	5,84	2,0	8,7	990,0	206,9	137,4	2,18	31,81	0,73	15,86	5,36	25,2	863	1862	150	2991230	0,61	920	1,81	0,30	Δ	<0,01	0,57	<0,02
5	18,2	36,22	5,85	4,5	8,3	628,9	190,4	80,0	0,94	1,72	0,13	1,71	0,42	19,7	482	737	156	132140	0,85	1942	0,82	0,16	5-10	<0,01	0,54	<0,02
6	18,6	36,32	5,45	4,0	6,5	367,1	81,0	38,7	0,72	1,29	0,12	1,64	0,44	21,1	1378	1102	827	81240	1,99	209	2,25	0,12	20	<0,01	0,25	<0,02
7	18,8	35,18	5,60	4,0	13,6	498,9	245,0	59,7	0,43	1,08	0,09	3,50	0,09	2,5	560	610	240	1206080	0,52	206	2,62	1,25	10	<0,01	0,93	<0,02
8	18,2	36,55	5,46	10,0	8,2	608,2	182,4	87,6	0,37	0,71	0,12	1,50	0,15	9,1	124	248	93	817280	0,54	133	2,31	0,21	15	<0,05	0,29	<0,02
9	19,1	36,12	5,52	11,0	6,8	618,6	173,6	79,4	0,39	0,81	0,26	2,49	0,64	20,4	210	300	230	159370	1,84	855	1,38	0,10	20	<0,01	0,19	<0,02
10	18,8	37,43	5,48	17,0	7,3	443,2	166,9	63,9	0,44	0,67	0,20	0,32	0,06	16,2	66	94	29	44220	1,96	664	1,57	0,19	10	<0,01	0,71	-
11	17,8	37,65	5,27	17,0	5,7	513,7	166,2	80,1	3,51	2,18	0,12	0,24	0,15	38,4	160	206	38	22400	2,48	229	1,83	<0,10	15	<0,05	0,85	0,06
12	17,6	37,82	5,34	17,0	3,8	250,0	94,6	33,1	0,83	1,25	0,08	0,26	0,05	16,6	152	193	14	4520	3,93	556	1,10	0,20	10	<0,01	0,60	<0,02
13	17,2	37,77	5,29	14,0	4,1	295,6	88,9	41,0	0,39	0,81	0,93	0,21	0,09	29,5	228	243	21	19910	2,10	610	1,21	0,20	5-10	<0,01	0,10	<0,02
14	17,2	37,64	5,34	14,0	3,7	170,1	52,0	25,5	0,53	0,57	0,07	0,29	0,03	9,4	282	234	141	86210	1,94	1459	1,01	<0,10	Δ	<0,01	0,23	0,027
15	17,7	37,36	5,53	11,0	3,6	243,0	62,2	36,3	1,56	1,04	0,18	0,45	0,11	19,6	500	700	350	169750	2,07	2869	0,99	0,34	Δ	<0,05	0,55	0,022
16	18,2	35,28	5,61	7,0	6,4	564,5	163,6	83,0	1,42	1,73	0,21	2,07	0,37	15,2	336	513	140	252580	1,48	1789	0,99	<0,10	Δ	<0,05	0,26	0,024
17	18,6	34,36	5,62	6,0	5,8	584,0	156,3	82,0	4,21	2,19	0,15	3,21	0,17	5,0	409	437	342	989790	1,58	2033	1,03	0,20	Δ	<0,01	0,19	<0,02
18	18,8	29,91	5,91	2,5	7,7	1123,5	259,0	128,0	2,97	0,86	0,13	14,25	1,59	10,0	684	670	655	6288060	1,10	1124	1,84	0,31	Δ	<0,01	0,42	0,049
19	18,3	30,66	5,89	8,5	9,8	1106,4	231,4	125,6	1,10	0,67	0,12	4,06	0,62	13,2	483	406	305	6101660	1,32	630	1,53	0,85	Δ	<0,01	0,10	<0,02
20	19,1	31,55	5,76	8,0	9,5	1183,4	261,8	134,0	1,43	0,81	0,34	4,35	0,44	9,2	495	561	347	1970780	1,70	113	2,04	0,12	5-10	<0,05	0,27	0,024
21	18,1	27,52	7,15	1,5	12,4	1470,2	326,6	165,8	1,04	1,99	0,18	12,41	2,52	16,9	591	513	657	22275952	0,58	588	2,58	0,26	10	<0,05	0,21	<0,02
22	18,9	34,13	6,10	3,5	7,7	681,5	186,5	79,5	0,83	1,07	0,10	2,18	1,02	31,9	448	560	294	1875370	1,28	248	1,81	0,26	10	<0,05	0,63	<0,02
23	19,6	33,58	6,19	1,3	13,2	756,8	210,0	86,2	0,99	2,91	0,23	1,13	0,63	34,6	275	488	244	1829470	1,26	58	1,80	0,25	Δ	<0,05	0,73	<0,02
24	19,6	36,41	5,99	1,6	9,0	319,6	117,6	38,4	1,02	3,15	0,28	0,79	0,27	25,5	254	478	21	1087580	0,54	75	2,29	0,40	Δ	<0,05	0,15	<0,02
25	19,4	13,08	8,04	1,0	13,5	2998,7	528,7	316,3	1,52	0,95	0,28	49,65	2,53	4,3	4174	2480	2081	100573632	0,31	135	2,49	0,35	Δ	<0,05	0,35	<0,02
26	17,5	16,82	7,50	2,0	12,8	2393,0	477,8	283,0	1,78	1,73	0,41	33,78	6,33	15,8	1620	661	1483	17583936	1,00	449	2,40	0,16	Δ	<0,05	0,56	0,021
27	16,1	37,47	6,14	8,0	2,2	303,0	57,4	29,2	0,53	1,11	0,09	9,12	1,60	43,0	526	466	76	771050	0,62	432	2,18	0,10	Δ	<0,05	0,58	<0,02
28	15,9	37,71	6,10	9,0	2,6	365,7	67,8	60,7	0,37	0,67	0,06	0,36	0,04	11,1	226	680	56	110940	2,02	205	0,84	<0,05	Δ	<0,05	0,34	<0,02
29	16,3	37,55	6,17	6,0	2,3	335,6	52,0	45,6	1,06	0,67	0,12	0,27	0,20	42,6	1509	1058	231	83110	2,22	911	1,20	<0,10	Δ	<0,01	0,30	0,036
30	15,7	36,96	5,92	1,0	9,1	574,8	84,8	51,1	0,94	2,19	0,18	0,46	0,37	44,6	260	536	50	38670	2,18	15	2,39	0,12	Δ	<0,01	0,29	0,024
31	16,6	34,27	5,76	3,0	3,2	387,3	60,6	32,0	0,73	1,16	0,37	0,44	0,27	38,0	269	466	41	99330	1,55	15	-	0,24	42	<0,01	0,75	0,030
32	16,2	35,97	6,05	1,0	5,8	348,3	84,6	44,9	0,78	2,65	0,33	0,84	0,40	32,3	465	673	20	68600	2,21	2196	0,36	0,34	73	<0,01	0,58	<0,02
33	16,3	36,40	5,94	2,0	3,5	297,0	54,7	37,8	3,10	2,65	0,31	0,63	0,36	36,4	295	748	30	80620	2,18	251	1,18	<0,10	45	<0,01	0,22	0,046

RESULTATS DE FOS I

FOS I : LISTE DES ESPECES PHYTO- ET MICROPLANCTONIQUES

BACILLARIOPHYCEES

DIATOMEES CENTRIQUES

Chaetoceros vistulae Apstein
Coscinodiscus gigas Ehrenberg
" lineatus Ehr.
" radiatus Ehr.
Cyclotella spp Kutz
Guinardia flacida Castracane
Hemiaulus hauckii Grun
Leptocylindrus danicus Cleve
Melosira italica (Ehr.) Kutz
" jurgensii Agardh
" monoliformis Ag.
" varians Agardh
Rhizosolenia alata f. gracillissima (Cleve) Grun
" delicatula Cleve
" hebetata f. semispina (Hen) Gran
" stolterfothii Per.
Skeletonema costatum Greville
Thalassiosira decipiens (Grun) Jörgensen

DIATOMEES PENNEES

Achnanthes spp Bory
Amphora spp Ehr.
Asterionella formosa Hassall
Cocconeis spp (Ehr.) Grun
Cymbella spp Agardh
Diatoma spp DeCandolle
Diploneis spp (Ehr.) Cleve
Epithemia spp Breb.
Fragillaria crotonensis Kitton
Gomphonema spp Kutz
Grammatophora spp Ehr.
Licmophora spp Agardh
Navicula spp Bory
Nitzschia spp Hassall
" "closterium" (Ehr.)Smith
" "delicatula" Cleve
" "seriata" Cleve
Pleurosigma angulatum Smith
" elongatum Smith
Striatella unipunctata Lyngbye
Surirella spp Turpin
Synedra ulna Ehr.
Tabellaria fenestrata Kutz
Thalassionema nitzschioides Grun

DINOPHYCEES

Amphidinium spp Claparède et Lachmann
Ceratium breve (Ost.& Schm.) Schr.
" candelabrum (Ehr.) Stein
" furca (Ehr.) Clap. & Lach.
" fusus (Ehr.) Dujardin
" massiliense (Gourret) Jör.
" pentagonum Gourret
" tripos (Muller) Nitzsch.
Dinophysis sacculus Stein
Exuviella spp Cienkoski
" baltica Lohmann
" compressa Bailey
Goniaulax spp Diesing
Gymnodinium spp Stein
Gyrodinium fusiforme Kofoid & Surezy
Ornithocercus magnificus (Stein) Schütt
Oxytoxum scolopax Stein
Peridinium crassispes Kofoid
" depressum Bailey
" diabolus Cleve
" granii Ostenfeld
" ovatum (Pouchet) Schütt
" steinii Jörgensen
" trochoïdeum (Stein) Lemm.
Prorocentrum micans Ehr.

CYANOPHYCEES

Oscillatoria spp Vaucher
Spirulina spp Turpin

CHLOROPHYCEES

Actinastrum spp Lagerheim
Ankistrodesmus spp Corda
Chlorella spp Beyerinck
Chodatella spp Lemmermann
Pediastrum spp Meyen
Scenedesmus spp Meyen

CILIES

CILIES OLIGOTRICHES spp

TINTINNIDES

Favella campanula (Schmidt) Kof.& Campb.
Stenosemella ventricosa Clap. & Lachm.
Tintinnopsis nana Lohmann
" beroidea Stein
Xystonella longicauda (Bdt) Bdt

****
FOS I : 21 et 22 MAI 1974
****

ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES

STATIONS	NOMBRE TOTAL DE CELLULES PAR LITRE	INDICE DE DIVERSITE SPECIFIQUE
1	53 790	1,1072
2	53 800	1,8522
3	63 580	1,8269
4	2 911 230	0,6136
5	132 140	1,8478
6	81 240	1,9854
7	1 206 080	0,5230
8	817 280	0,5445
9	159 370	1,8427
10	44 220	1,9618
11	22 400	2,4824
12	4 520	3,9334
13	19 910	2,0958
14	86 210	1,9378
15	169 750	2,0724
16	252 580	1,4753
17	989 790	1,5819
18	6 288 060	1,0953
19	6 101 660	1,3453
20	1 970 750	1,6952
21	22 275 950	0,5443
22	1 875 370	1,2780
23	1 829 470	1,8780
24	1 087 580	0,5418
25	100 573 630	0,3448
26	17 583 930	1,0010
27	711 050	0,6206
28	110 940	2,0216
29	83 110	2,2157
30	38 670	2,1830
31	99 330	1,5492
32	68 600	2,2056
33	80 620	2,1776

FOS I : Espèces principales.l^{-1}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BACILLARIOPHYCEES											
Amphora spp	-	-	-	100	10	-	-	-	-	-	10
Asterionella formosa	-	-	-	200	10	-	20	-	-	-	-
Chaetoceros vistulae	-	8 000	7 000	9 000	5 000	10 000	10 000	20 000	5 000	500	100
Coscinodiscus gigas	20	30	30	-	-	-	20	-	-	-	120
Cyclotella spp	12 000	22 000	25 000	55 000	50 000	40 000	110 000	75 000	80 000	80 000	-
Cymbella spp	20	-	-	200	-	-	-	-	-	-	120
Diatoma spp	-	-	-	450	200	50	-	10	-	-	100
Fragillaria crotonensis	-	-	-	3 000	-	-	-	-	-	-	-
Gomphonema spp	10	-	-	50	-	-	-	-	-	10	90
Grammatophora spp	-	-	-	100	20	-	-	-	-	-	-
Leptocylindrus danicus	50	20	-	-	-	-	20	20	-	-	200
Licmophora spp	170	-	-	-	-	-	-	-	-	10	280
Melosira toutes spp	-	60	-		150	80	-	-	70	-	-
Navicula spp	300	30	10	800	140	100	180	20	10	60	320
Nitzschia "closterium"	10	-	-	700	100	-	-	-	20	-	240
Nitzschia "delicatula"	100	60	10	60	30	10	-	-	-	-	10
Nitzschia "seriata"	240	30	20	2 000	4 000	60	10	-	-	-	80
Rhizosolenia toutes spp	130	30	-	-	110	110	30	-	-	60	10
Skeletonema costatum	-	-	-	300	150	200	-	-	280	-	160
Synedra ulna	10	10	10	3 000	100	150	60	-	-	10	60
Thalassionema nitzschioides	60	20	10	2 000	20	-	-	-	-	-	50
DINOPHYCEES											
Amphidinium spp	-	-	-	200	50	20	-	-	-	10	100
Ceratium toutes spp	40	50	40	20	40	60	10	30	50	70	100
Exuviella spp	100	3 000	6 000	40 000	60 000	20 000	85 000	34 000	48 000	8 000	400
Gymnodinium spp	-	50	-	-	100	50	20	30	200	30	150
Gyrodinium fusiforme	60	50	20	-	30	60	10	80	140	360	400
Peridinium trochoideum	90	40	10	-	-	-	140	400	1 800	700	2 800
Peridinium autres spp	40	10	10	-	-	10	10	-	50	10	90
CYANOPHYCEES-CHLOROPHYCEES											
Chlorella spp	40 000	20 000	25 000	9 000	11 000	9 000	9 000	12 000	18 000	14 000	12 000
Chlorophycées autres spp	-	-	-	60 000	200	-	-	-	-	-	-
Oscillatoria spp	-	50	40	-	100	340	600	320	600	-	-
CILIES-TINTINNIDES											
Ciliés Oligotriches spp	90	70	90	370	720	690	240	280	230	200	110
Stenosemella ventricosa	-	-	10	-	20	-	20	-	10	-	-
Tintinnopsis nana	10	30	-	-	120	200	30	20	-	10	10

FOS I : Espèces principales.l^{-1}	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
BACILLARIOPHYCEES											
Amphora spp	40	-	-	-	-	20	-	-	60	150	-
Asterionella formosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaetoceros vistulae	1 000	11 000	20 000	40 000	20 000	450 000	4 600 000	3 300 000	1 000 000	20000000	1 300 000
Coscinodiscus gigas	70	30	40	-	-	-	-	300	240	500	80
Cyclotella spp	-	2 000	3 000	5 500	75 000	300 000	1 200 000	2 400 000	450 000	1 700000	350 000
Cymbella spp	80	-	-	-	-	40	50	40	-	-	50
Diatoma spp	-	-	-	20	10	10	-	-	-	-	-
Fragillaria crotonensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gomphonema spp	20	-	-	-	-	-	-	10	100	-	-
Grammatophora spp	-	-	-	-	-	-	-	40	40	-	-
Leptocylindrus danicus	60	100	20	-	-	-	-	200	160	-	40
Licmophora spp	50	20	30	20	-	-	20	400	540	-	-
Melosira toutes spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	200
Navicula spp	300	80	10	120	70	100	400	320	340	260	50
Nitzschia "closterium"	40	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-
Nitzschia "delicatula"	30	40	40	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitzschia "seriata"	160	80	40	40	20	-	-	20	30	30	10
Rhizosolenia toutes spp	70	90	10	40	10	40	-	-	-	-	-
Skeletonema costatum	-	100	-	-	-	-	140	120	-	50	-
Synedra ulna	40	-	10	10	-	10	-	-	-	-	-
Thalassionema nitzschioides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DINOPHYCEES											
Amphidinium spp	-	20	10	200	-	-	-	-	-	-	-
Ceratium toutes spp	120	20	60	60	90	40	-	20	-	40	40
Exuviella spp	-	2 000	5 000	31 000	150 000	235 000	470 000	350 000	450 000	450000	200 000
Gymnodinium spp	20	20	150	500	500	100	2 000	1 500	1 200	1100	600
Gyrodinium fusiforme	60	360	60	100	360	140	-	10	-	-	600
Peridinium trochoideum	900	90	40	100	120	240	80	40	-	-	2 600
Peridinium autres spp	120	50	180	70	30	-	-	30	-	100	-
CYANOPHYCEES-CHLOROPHYCEES											
Chlorella spp	600	3 600	30 000	42 000	4 000	2 500	3 000	40 000	50 000	100000	12 000
Chlorophycées autres spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
Oscillatoria spp	-	20	120	180	640	460	11 000	5 000	7 000	2400	4 600
CILIES-TINTINNIDES											
Ciliés Oligotriches spp	20	20	50	170	1 180	850	1 260	3 420	10 890	21180	1 310
Stenosemella ventricosa	-	-	10	10	80	-	-	-	-	-	20
Tintinnopsis nana	-	-	-	10	200	140	-	40	-	140	3 000

FOS I : Espèces principales.l^{-1}	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
BACILLARIOPHYCEES											
Amphora spp	-	-	-	-	-	-	-	20	-	20	-
Asterionella formosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaetoceros vistulae	1 200 000	1 000 000	96000000	13000000	650 000	54 000	10 000	20 000	5 000	30 000	30 000
Coscinodiscus gigas	400	-	-	-	-	20	-	20	40	80	20
Cyclotella spp	500 000	50 000	3000000	4000000	22 000	12 000	16 000	11 000	50 000	20 000	16 000
Cymbella spp	-	20	-	-	-	20	-	20	40	-	-
Diatoma spp	-	-	90	40	-	-	80	-	80	-	-
Fragillaria crotonensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250	-
Gomphonema spp	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-
Grammatophora spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptocylindrus danicus	40	-	-	-	-	110	50	-	140	40	40
Licmophora spp	-	60	-	80	120	20	-	50	370	40	60
Melosira toutes spp	-	-	-	20	-	-	-	80	-	220	160
Navicula spp	100	10	600	200	310	80	10	60	450	310	50
Nitzschia "closterium"	-	-	-	-	-	-	40	-	60	-	-
Nitzschia "delicatula"	-	-	-	-	-	-	-	-	60	-	-
Nitzschia "seriata"	40	-	-	90	80	-	90	80	500	100	50
Rhizosolenia toutes spp	-	10	-	-	10	10	10	10	-	-	40
Skeletonema costatum	-	-	50	-	-	140	460	-	-	100	-
Synedra ulna	-	-	-	-	10	-	30	40	250	160	20
Thalassionema nitzschioides	-	20	-	-	-	-	-	-	-	70	40
DINOPHYCEES											
Amphidinium spp	-	20	500	80	100	200	900	400	50	40	100
Ceratium toutes spp	20	20	-	20	100	160	210	140	110	410	120
Exuviella spp	100 000	13 000	1500000	500000	15 000	31 000	15 000	1 000	-	-	-
Gymnodinium spp	300	250	4800	10000	4 500	1 200	400	150	10	140	300
Gyrodinium fusiforme	360	240	-	80	100	260	160	100	140	600	360
Peridinium trochoideum	4 500	2 400	-	500	480	1 500	60	200	60	120	400
Peridinium autres spp	-	40	-	20	200	180	250	160	20	160	200
CYANOPHYCEES-CHLOROPHYCEES											
Chlorella spp	10 000	20 000	30000	36000	16 000	9 000	38 000	4 000	41 000	11 000	25 000
Chlorophycées autres spp	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-
Oscillatoria spp	1 700	100	6000	21000	300	80	100	-	-	-	-
CILIES-TINTINNIDES											
Ciliés Oligotriches spp	2 320	310	30400	16240	840	600	780	700	140	2 040	1 380
Stenosemella ventricosa	240	-	-	-	120	60	40	20	10	20	20
Tintinnopsis nana	9 000	900	30	70	290	30	130	140	80	2 500	6 020

FOS I : LISTE DES ESPECES ZOOPLANCTONIQUES

HYDROZOAIRES

Anthoméduses

Rathkea octopunctata Sars
Podocoryne sp.

Leptoméduses

Obelia sp.

Trachyméduses

Aglaura hemistoma Per et Les
Persa incolorata Mac Grady

SIPHONOPHORES

Diphyinae

Lensia conoïdea Keferstein et Ehlers
Lensia subtilis Chun
Muggiaea kochi Will
Muggiaea atlantica Cunningham
Chelophyes appendiculata Echscholtz

ANNELIDES

Polychètes (larves)

Magelona sp.
Tomopteris helgolandica Greef
Eulalia viridis L.
Pectinaria auricoma O.F. Müll.
Nerine sp.

CHAETOGNATHES

Sagitta setosa Müller

MOLLUSQUES

Gastéropodes

larves indéterminées de ptéropodes

Céphalopodes

larves sepia sp.

CRUSTACES

Cladocères

Podon polyphemoides Leuckart
Evadne spinifera P.E. Müller

Ostracodes

Cypridina sp.

Copépodes

Calanus minor Claus
Paracalanus parvus Claus
Calocalanus pavo Dana
Clausocalanus sp.
Eucalanus sp.
Temora stylifera Dana
Centropages kroyeri Giesbrecht
Centropages typicus Kröyer
Centropages violaceus Claus
Isias clavipes Boeck
Lucitutia flavicornis Claus
Haloptilus sp.
Candacia armata Boeck
Pontella mediterranea Claus
Anomalocera patersoni Templeton
Labidocera wollastoni Lubbock
Acartia clausi Giesbrecht
Oithona helgolandica Claus
" plumifera Baird
" nana Giesbrecht
" setigera Dana
Euterpina acutifrons Claus
Amphiascus sp.
Oncea sp.
Coryceus sp.

Cirripèdes

Larves Balanus sp.

Mysidacées
Amphipodes
Décapodes

macroures (larves indeterm.)
brachyoures (larves indéterm.)

ECHINODERMES

Ophiurides (larves ind.)
Echinides (larves ind.)

TUNICIERS

Appendiculaires

Oikopleura sp.

Thaliacés

Thalia democratica Forskal
Doliolum nationalis Bogert

POISSONS

Engraulidés (oeufs)
Clupéidés (oeufs et larves)
Gadidés (oeufs et larves)
indéterminés

FOS I espèces principales/m^3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CHAETOGNATHES												
Sagitta spp	-	-	-	14,28	2,85	0,87	4,42	1,36	7,14	2,04	-	-
MOLLUSQUES												
Gastéropodes (larves ind.)	-	-	-	-	0,57	0,29	-	0,34	-	-	3,06	5,10
CRUSTACES												
Cladocères												
Podon polyphemoïdes Leuckart	-	-	1,70	35,70	0,57	0,58	-	-	-	-	17,34	22,44
Evadne spinifera P.E.Müller	1,02	0,34	2,04	-	1,71	1,81	3,40	1,02	0,34	0,34	-	-
Copépodes												
Paracalanus et Clausocalanus	3,40	3,06	14,28	69,02	42,18	15,95	10,88	5,78	26,52	31,28	4,08	2,04
Centropages typicus Kröyer	3,74	9,86	20,40	2,38	34,77	12,47	25,16	7,82	22,10	19,38	0,68	4,08
Isias clavipes Boeck	0,68	1,36	2,04	4,76	6,84	-	0,34	0,34	6,12	7,82	-	2,04
Acartia clausi Giesbrecht	34,00	43,18	119,68	361,76	1020,87	63,51	51,68	30,60	385,56	287,30	93,84	274,04
Oithona helgolandica Claus	0,34	0,68	-	9,42	1,71	1,74	1,02	-	-	3,40	1,02	3,40
Corycaeus spp	-	0,34	-	-	1,71	-	0,68	-	-	8,16	2,04	3,40
Cirripèdes												
Larves ind.	-	-	-	2,38	-	-	-	-	-	-	-	-
Décapodes												
Brachyoures (larves ind.)	-	-	-	-	0,57	-	0,34	-	2,38	0,68	2,38	0,68
Macroures (larves ind.)	-	-	-	-	1,14	-	0,34	-	-	-	-	-
TUNICIERS												
Appendiculaires												
Oikopleura spp	6,80	-	8,50	14,28	17,67	14,21	9,86	7,48	43,86	25,50	6,12	-
POISSONS												
Engraulidés												
Oeufs d'anchois	-	-	0,34	-	2,78	-	1,02	0,68	0,68	-	-	-
Divers												
Oeufs ind.	1,36	2,04	7,14	21,35	6,27	9,86	8,50	6,80	7,82	1,70	0,68	1,36
Larves ind.	-	-	-	-	1,14	0,58	0,68	-	0,34	0,34	0,34	-

FOS I espèces principales/m^3	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CHAETOGNATHES												
Sagitta spp	0,34	1,72	18,81	8,07	14,25	-	-	0,34	-	-	-	-
MOLLUSQUES												
Gastéropodes (larves ind.)	0,34	1,72	-	-	1,14	0,85	0,34	0,34	1,70	-	-	-
CRUSTACES												
Cladocères												
Podon polyphemoïdes Leuckart	18,36	26,77	75,81	46,74	52,01	27,19	62,90	6,80	95,56	16,32	3,74	1,36
Evadne spinifera P.E.Müller	-	-	-	0,85	1,14	2,55	0,34	-	-	-	-	-
Copépodes												
Paracalanus et Clausocalanus	9,52	29,74	27,93	52,27	35,34	97,74	27,20	5,10	86,02	18,36	14,88	8,16
Centropages typicus Kröyer	23,46	25,50	38,19	31,45	18,24	78,20	7,48	2,04	32,98	6,12	4,76	1,70
Isias clavipes Boeck	2,38	10,62	9,12	1,72	4,56	5,10	-	-	1,70	-	0,68	-
Acartia clausi Giesbrecht	290,36	726,32	1473,45	897,60	1023,15	452,63	257,04	42,84	100,30	95,20	6,46	26,18
Oithona helgolandica Claus	1,36	0,85	-	0,42	1,14	2,55	3,06	0,68	4,76	-	0,34	-
Corycaeus spp	1,02	1,27	1,71	1,72	-	7,65	2,72	2,38	7,14	1,70	-	-
Cirripèdes												
Larves ind.	-	0,85	-	2,12	-	5,10	4,08	1,36	7,48	0,68	0,68	0,68
Décapodes												
Brachyoures (larves ind.)	-	0,85	-	2,97	1,14	-	-	-	-	-	-	0,68
Macroures (larves ind.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68
TUNICIERS												
Appendiculaires												
Oikopleura spp	11,22	13,17	63,84	2,97	35,34	16,57	0,34	1,36	3,40	1,36	-	-
POISSONS												
Engraulidés												
Oeufs d'anchois	0,34	0,85	0,57	1,27	1,71	0,85	2,38	0,34	1,70	1,70	-	1,36
Divers												
Oeufs ind.	2,38	3,40	11,97	3,40	2,85	2,97	2,04	1,36	1,70	3,74	4,42	2,38
Larves ind.	-	-	0,57	-	0,57	-	-	-	-	-	0,34	0,34

FOS I espèces principales/m^3	25	26	27	28	29	30	32	33				
CHAETOGNATHES												
Sagitta spp	0,68	-	-	-	-	-	6,84	-				
MOLLUSQUES												
Gastéropodes (larves ind.)	-	-	-	-	9,52	1,70	0,57	0,34				
CRUSTACES												
Cladocères												
Podon polyphemoïdes Leuckart	32,98	128,52	61,88	13,60	5,78	-	0,57	0,68				
Evadne spinifera P.E.Müller	-	1,02	1,36	-	0,34	-	-	-				
Copépodes												
Paracalanus et Clausocalanus	6,46	5,05	12,58	0,68	22,44	0,68	18,24	5,44				
Centropages typicus Kröyer	1,70	8,16	2,72	-	28,90	1,36	14,82	3,40				
Isias clavipes Boeck	-	-	-	-	0,68	-	1,71	-				
Acartia clausi Giesbrecht	20,74	36,04	134,30	102,34	445,06	4,42	1241,46	118,66				
Oithona helgolandica Claus	-	2,38	2,38	-	6,04	-	-	0,34				
Corycaeus spp	6,04	13,94	6,80	0,68	4,42	-	-	0,34				
Cirripèdes												
Larves ind.	9,86	18,36	15,64	1,36	-	-	-	1,70				
Décapodes												
Brachyoures (larves ind.)	-	-	0,34	-	2,72	0,34	2,28	1,70				
Macroures (larves ind.)	-	-	7,48	0,68	5,44	-	3,99	12,92				
TUNICIERS												
Appendiculaires												
Oikopleura spp	1,36	1,70	3,06	1,02	2,38	0,34	1,71	1,36				
POISSONS												
Engraulidés												
Oeufs d'anchois	0,34	-	-	-	0,34	0,68	-	0,34				
Divers												
Oeufs ind.	-	2,72	1,70	0,34	3,06	-	1,71	0,68				
Larves ind.	0,34	-	-	-	-	0,34	0,57	0,34				

stations	température °C	salinité °/₀₀	oxygène dissous ml/l	Secchi en m	seston en mg/l	C µg/l	H µg/l	N µg/l	C/N	phosphates µatg/l	nitrates µatg/l	chlorophylle a µg/l	phaeophytine µg/l	% de phaeoph.	pico-moles/l ATP phyto.	pico-moles/l ADP phyto.	pico-moles/l AMP phyto.	charge énerg. phyto.	phyto. total nbre cell./l	TD phyto.	zoo total ind./m³	TD zoo.	pico-moles/l ATP zoo.	pico-moles/l ADP zoo.	pico-moles/l AMP zoo.	charge énerg. zoo.	hydrocarbures totaux en ppm	phénols en ppm	détergents anioniques (ppm)	zinc µg/l	Cadmium µg/l	Plomb µg/l
1	16,2	38,08	6,7	14,0	8,4	850	159	54	15,7	0,17	0,11	0,77	0,15	16,3	339	761	653	0,43	46500	3,23	587	2,76	36	36	44	0,47	1,00	0,096	1,30	89,5	0,44	1,60
2	15,3	37,13	7,0	10,0	4,4	653	142	142	10,7	0,23	0,69	0,49	0,21	30,0	561	867	867	0,43	26110	2,85	125	2,72	-	-	-	-	0,86	0,109	0,77	98,0	0,29	1,80
3	15,2	22,01	7,2	1,5	11,7	1051	213	95	11,1	1,57	13,85	2,39	0,58	19,5	894	1737	1658	0,41	113480	3,50	31	3,61	18	50	42	0,40	1,32	0,064	< 0,05	45,5	0,24	1,95
4	14,7	2,91	8,1	0,5	30,0	2033	339	121	16,7	3,68	100	3,90	0,34	37,5	108	588	696	0,29	603830	3,03	378	3,75	14	52	102	0,24	3,35	0,068	< 0,05	12,5	0,10	1,20
5	14,3	29,68	7,8	2,0	27,0	1870	306	148	12,5	2,22	19,53	4,70	0,88	15,7	1224	2250	2346	0,41	257540	3,50	133	2,65	22	28	56	0,34	0,84	0,028	0,32	23,5	0,18	0,85
6	15,1	30,02	7,2	3,0	15,6	1214	255	135	8,9	2,72	19,53	3,33	1,29	27,9	1188	2232	2042	0,42	267640	3,27	24	3,68	20	28	34	0,41	0,84	0,030	0,07	23,0	0,17	1,00
7	14,9	34,79	7,9	4,5	7,2	1816	149	243	3,3	0,36	2,18	2,82	0,93	24,8	900	1700	1750	0,40	274660	2,92	17	3,58	22	40	48	0,39	1,08	0,044	1,60	55,0	0,23	4,30
8	15,3	35,92	7,0	5,0	4,2	508	108	168	3,0	0,41	0,70	0,36	0,16	30,7	446	800	624	0,45	53330	2,93	39	3,28	16	23	22	0,47	1,80	0,125	< 0,05	117,0	0,12	1,35
9	15,2	37,06	6,9	7,0	5,0	358	115	45	7,8	0,22	0,19	0,44	0,12	21,4	234	842	664	0,38	66270	2,82	53	1,99	20	20	40	0,38	1,16	0,061	< < 0,05	57,5	0,07	0,55
10	15,8	37,76	7,3	11,0	4,2	514	112	67	7,6	0,12	0,21	0,51	0,14	21,5	426	474	380	0,52	153410	2,72	270	3,26	16	34	36	0,39	0,54	0,074	< 0,05	6,5	0,33	6,40
11	17,7	38,09	6,5	11,0	2,0	238	120	27	8,6	0,25	0,47	-	-	-	890	934	758	0,53	33340	2,63	269	3,13	22	32	24	0,49	0,66	0,036	0,11	19,5	0,12	1,75
12	16,6	38,15	7,1	13,0	2,0	274	68	43	6,4	0,19	0,47	0,58	0,11	15,9	644	618	570	0,52	102070	2,74	364	3,23	20	29	18	0,51	0,65	0,072	0,12	83,5	0,26	2,20
13	17,7	35,67	6,7	10,0	4,4	568	104	49	11,3	0,41	0,19	0,71	0,17	19,3	296	614	637	0,39	108370	2,67	455	2,46	8	10	11	0,45	3,12	0,061	< 0,05	87,0	0,39	5,75
14	17,8	35,70	7,2	6,0	3,1	684	157	86	7,8	0,31	1,60	2,59	0,42	13,9	1270	1456	1268	0,50	651530	2,33	222	1,78	242	380	1104	0,25	1,10	0,028	0,05	60,0	0,67	10,05
15	18,0	30,17	7,1	2,0	3,7	999	205	139	7,1	0,30	1,14	4,39	0,69	13,5	1534	2326	2324	0,44	1032910	1,50	456	3,52	98	74	220	0,34	1,20	0,029	1,09	77,5	0,18	1,00
16	17,3	31,27	6,1	2,0	6,3	837	214	113	7,3	0,42	0,49	5,88	1,57	21,1	1870	2802	2670	0,45	2539110	1,28	50	3,66	54	76	182	0,29	0,54	0,015	0,07	75,0	0,29	7,20
17	16,2	31,41	7,0	3,0	4,2	661	105	82	8,1	0,83	2,22	2,55	0,36	12,3	768	1200	816	0,49	1204290	1,52	429	2,33	20	54	90	0,29	0,83	0,072	< 0,05	63,5	0,45	6,10
18	16,9	34,09	6,3	8,0	3,0	485	71	44	11,0	0,13	0,67	0,18	0,15	45,4	344	474	472	0,45	133380	1,34	230	3,05	296	206	560	0,38	0,74	0,053	< 0,05	6,0	0,34	5,55
19	15,8	38,10	6,5	11,0	5,0	538	128	50	10,6	0,37	0,32	0,37	0,13	26,0	483	506	391	0,53	127600	2,14	874	3,10	82	129	118	0,45	0,85	0,028	0,17	37,5	0,35	7,35
20	16,3	34,23	6,4	4,0	6,2	2505	368	81	30,6	2,80	0,16	0,67	0,15	18,3	364	528	566	0,43	126030	1,67	802	3,21	64	100	296	0,25	2,38	0,044	0,17	28,0	0,14	1,20
21	15,2	28,95	7,1	7,0	4,0	832	131	78	10,6	0,40	3,09	2,31	0,32	14,1	622	830	582	0,51	240710	1,72	807	3,22	64	56	68	0,48	1,36	0,086	0,12	80,0	0,44	8,80
22	15,1	30,55	7,0	4,0	5,5	542	143	56	9,5	0,43	4,13	1,66	0,20	10,7	738	902	698	0,51	348570	1,37	241	2,62	488	244	244	0,63	8,50	0,080	< 0,05	51,5	0,30	3,85
23	16,1	31,60	7,6	3,5	4,2	713	134	83	8,5	0,43	1,51	2,51	0,75	23,0	932	1580	1416	0,44	387790	2,06	533	2,94	24	76	140	0,26	0,62	0,159	2,35	24,5	0,13	1,05
24	14,9	29,74	7,4	3,5	4,0	601	123	71	8,4	0,35	3,82	2,08	0,33	13,7	800	1000	920	0,48	740640	2,19	930	3,35	42	70	224	0,23	0,51	0,048	0,10	41,0	0,27	3,10
25	15,3	16,40	8,3	2,0	5,3	1037	210	107	9,6	0,34	9,36	5,49	0,12	2,1	893	1161	804	0,52	1354130	1,47	2302	3,57	40	92	182	0,28	1,07	0,128	< 0,05	78,0	0,45	2,30
26	14,7	30,87	6,8	2,5	2,0	481	107	63	7,5	0,34	3,36	2,09	0,61	22,5	420	682	474	0,48	1586630	1,63	327	3,30	10	11	31	0,30	0,72	0,046	0,97	120	5,50	12,50
27	14,3	30,29	7,1	3,0	3,0	545	109	59	9,2	0,21	2,20	2,10	0,42	16,6	612	766	560	0,51	538890	2,36	37	2,97	10	5	24	0,32	0,98	0,159	< 0,05	56,0	0,26	2,45
28	14,3	31,13	7,3	3,0	9,0	814	201	107	7,5	0,33	2,15	2,74	0,57	17,2	590	886	884	0,44	983880	1,25	348	3,31	6	8	33	0,19	0,94	0,195	0,10	98,0	0,50	6,70
29	14,2	30,24	7,3	3,0	4,7	546	143	64	8,5	0,33	2,65	2,25	0,58	20,5	606	766	714	0,48	329540	2,07	181	2,45	7	14	42	0,22	0,95	0,038	0,07	120	0,45	7,85
30	14,4	29,71	7,0	3,0	5,2	592	157	82	7,1	0,55	3,74	2,55	0,47	15,6	186	512	418	0,40	406820	2,16	372	2,53	11	16	38	0,29	0,95	0,132	0,13	120	0,54	5,90
31	14,5	30,19	7,1	3,0	4,5	620	137	61	10,5	0,27	3,07	2,25	0,54	19,3	526	862	578	0,49	692010	2,15	388	3,13	6	6	31	0,21	1,54	0,046	0,10	105,0	0,35	7,45
32	14,6	30,59	7,1	2,0	4,5	544	126	66	8,2	2,09	2,66	2,41	0,55	18,6	378	810	972	0,36	872810	2,19	493	3,50	15	17	74	0,22	1,95	0,045	0,13	66,0	1,90	11,90
33	15,3	28,51	6,9	2,0	6,5	735	147	81	9,0	0,51	6,70	2,84	0,84	22,8	1312	1470	1156	0,52	1210210	1,69	137	3,65	6	13	19	0,33	0,94	0,037	< 0,05	43,0	0,35	4,00
34	15,7	32,04	8,1	2,0	10,0	820	204	121	6,7	0,38	0,69	3,36	0,81	19,4	886	1946	1830	0,40	1502870	1,12	386	3,22	8	3	32	0,23	0,93	0,060	0,43	90,0	1,05	7,45
35	16,0	31,09	7,1	2,0	4,2	594	134	70	8,4	0,36	3,07	2,59	0,43	14,2	709	982	762	0,49	794750	2,15	192	3,10	8	22	22	0,36	0,43	0,037	< 0,05	49,0	0,14	1,50

RESULTATS DE FOS II

FOS II : LISTE DES ESPECES PHYTO- ET MICROPLANCTONIQUES

BACILLARIOPHYCEES

DIATOMEES CENTRIQUES

Chaetoceros curvisetus Cleve
" decipiens f.singularis Gran
" didymus Ehr.
Coscinodiscus gigas Ehr.
" lineatus Ehr.
" radiatus Ehr.
Cyclotella spp Kutz
Ditylum brightwelli West
Guinardia flaccida Castracane
Hemiaulus hauckii Grun
Leptocylindrus danicus Cleve
Melosira italica (Ehr.) Kutz
" jurgensii Agardh
" varians Agardh
Rhizosolenia alata f. gracillissima (Cleve) Grun
" delicatula Cleve
" hebetata f. semispina (Hen) Gran
" robusta Normann
" stolterfothii Per.
Schröderella delicatula Per.
Skeletonema costatum Greville
Thalassiosira decipiens (Grun) Jörgensen

DIATOMEES PENNEES

Achnanthes spp Bory
Amphora spp Ehr.
Asterionella formosa Hassall
Cocconeis spp (Ehr.) Grun
Cymbella spp Agardh
Diatoma spp DeCandolle
Diploneis spp (Ehr.) Cleve
Epithemia spp Breb.
Fragillaria striatula Lyngbye
" crotonensis Kitton
Gomphonema spp Kutz
Grammatophora spp Ehr.
Hantzschia spp Grun
Licmophora spp Agardh
Navicula spp Bory
Nitzschia spp Hassall
" "closterium" (Ehr.)Smith
" "delicatula" Cleve
" longissima (Breb)Ralf
" "seriata" Cleve
" sinuata Smith
Pinnularia spp Ehr.
Pleurosigma angulatum Smith
" elongatum Smith
Striatella unipunctata Lyngbye
Surirella spp Turpin
Synedra ulna Ehr.
Thalassionema nitzschioides Grun

DINOPHYCEES

Amphidinium spp Claparède et Lachmann
Ceratium candelabrum (Ehr.) Stein
" furca (Ehr.) Clap. & Lachm.
" fusus (Ehr.) Dujardin
" massiliense (Gourret) Jörg.
" pentagonum Gourret
" tripos (Muller) Nitzsch.
Dinophysis sacculus Stein
Exuviella spp Cienkoski
" baltica Lohmann
" compressa Bailey
Goniaulax spp Diesing
Gymnodinium spp Stein
Gyrodinium fusiforme Kofoid & Surezy
Peridinium crassispes Kofoid
" depressum Bailey
" diabolus Cleve
" granii Ostenfeld
" ovatum (Pouchet) Schütt
" minusculum Pavillard
" steinii Jörgensen
" trochoideum (Stein) Lemm.
Prorocentrum micans Ehr.

CYANOPHYCEES

Oscillatoria spp Vaucher
Spirulina spp Turpin

CHLOROPHYCEES

Chlorella spp Beyerinck
Chodatella spp Lemmermann
Petits flagelles

SILICOFLAGELLES

Dictyocha fibula Ehr.

CILIES - TINTINNIDES

Ciliés Oligotriches spp
Stenosemella ventricosa Clap. & Lachm.
Tintinnopsis nana Lohmann

****
FOS II : 24 et 25 AVRIL 1975
****

ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES

STATIONS	NOMBRE TOTAL DE CELLULES PAR LITRE	INDICE DE DIVERSITE SPECIFIQUE
1	46 500	3,2253
2	26 110	2,8529
3	113 480	3,5039
4	603 830	3,0207
5	257 540	3,5045
6	267 640	3,2732
7	274 660	2,9204
8	53 330	2,9398
9	66 270	2,8167
10	153 410	2,7208
11	33 340	2,6346
12	102 070	2,7438
13	108 370	2,8710
14	651 530	2,3289
15	1 032 910	1,4993
16	2 539 110	1,2759
17	1 204 290	1,5200
18	133 380	1,3457
19	127 600	2,1382
20	126 030	1,6668
21	240 710	1,7159
22	348 570	1,3716
23	387 790	2,0620
24	740 640	2,1930
25	1 354 130	1,4697
26	1 586 630	1,6340
27	538 890	2,3627
28	983 880	1,2463
29	323 540	2,0731
30	406 820	2,1551
31	692 010	2,1458
32	872 810	2,1910
33	1 210 210	1,6920
34	1 502 870	1,1215
35	794 750	2,1465

FOS II : espèces principales/L^{-1}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BACILLARIOPHYCEES												
Achnanthes spp	-	-	400	7 000	2 400	-	-	-	-	-	-	-
Asterionella formosa	-	-	27 600	18 000	42 600	58 200	-	-	-	-	-	-
Chaetoceros curvisetus	-	-	-	-	-	-	7 200	1 200	1 000	1 800	2 400	5 400
Chaetoceros decipiens f.singu-	16 500	1 500	200	-	3 600	2 800	52 200	1 600	1 000	8 700	6 900	46 500
Cocconeis spp (laris	300	60	200	-	1 800	200	400	80	-	-	20	-
Cymbella spp	80	-	2 800	8 000	4 800	6 000	1 200	1 200	120	20	-	-
Cyclotella spp	-	2 100	14 400	15 000	10 800	7 200	9 800	9 600	1 200	2 700	-	-
Diatoma spp	-	-	15 600	46 000	30 000	24 600	1 800	20	-	-	300	-
Fragillaria crotonensis	-	-	140	8 400	3 300	480	-	-	-	-	-	-
Gomphonema spp	-	-	2 600	4 000	6 600	7 200	60	200	80	100	-	-
Hemiaulus hauckii	2 400	-	-	-	-	-	-	-	400	600	300	300
Leptocylindrus danicus	800	600	1 200	4 600	1 100	800	800	2 800	100	500	20	1 100
Licmophora spp	180	200	400	-	-	200	120	200	100	30	20	40
Melosira toutes spp	-	-	20 200	324 000	85 200	101 800	73 400	600	180	40	-	-
Navicula spp	100	-	9 600	54 000	17 400	18 000	4 800	3 000	600	600	-	-
Nitzschia "closterium"	300	200	-	4 000	-	-	1 400	40	60	600	300	300
Nitzschia "delicatula"	9 300	1 500	1 800	48 000	7 800	7 800	4 200	160	-	3 000	1 800	5 600
Nitzschia longissima	20	10	1 600	11 000	700	2 000	-	40	-	10	-	-
Nitzschia "seriata"	3 600	1 600	1 600	4 000	600	7 200	5 200	2 600	13 800	63 000	500	3 200
Rhizosolenia delicatula	700	2 000	100	-	480	600	2 400	2 200	1 000	3 000	260	1 500
Rhizosolenia hebetata f. semi-	400	200	100	-	180	200	680	140	340	460	70	180
Surirella spp (spina	-	-	2 400	8 000	1 200	1 200	-	-	-	-	-	-
Schröderella delicatula	-	-	-	-	-	-	-	-	1 000	700	200	200
Skeletonema costatum	2 400	110	2 720	1 200	1 520	800	51 600	1 620	6 200	5 100	120	4 800
Synedra ulna	-	-	2 400	25 000	12 000	7 200	120	-	80	-	-	-
Thalassionema nitzschioides	200	80	-	-	-	-	-	-	120	-	-	20
DINOPHYCEES												
Ceratium toutes spp	100	-	-	-	40	-	-	20	40	50	60	60
Exuviella spp	1 500	12 600	4 800	300	22 800	12 000	52 800	22 800	26 100	11 400	2 700	1 200
Gymnodinium spp	1 400	200	-	-	40	-	-	40	-	2 600	60	1 800
Gyrodinium fusiforme	-	20	-	-	20	-	-	-	380	3 000	-	2 100
Peridinium trochoideum	1 300	1 900	400	-	-	-	2 000	160	7 800	41 700	15 300	21 900
Peridinium autres spp	330	50	-	-	-	-	-	-	20	560	210	2 580
CYANOPHYCEES-CHLOROPHYCEES												
Oscillatoria spp	10	-	320	1 000	260	320	20	20	80	-	10	-
Chlorella spp	-	-	5 400	5 000	-	500	1 800	2 400	3 000	1 500	1 200	1 500
Petits flagellés	-	200	-	6 600	-	80	-	40	100	140	-	200
CILIES-TINTINNIDES												
Ciliés Oligotriches spp	350	30	40	1 700	5 160	200	220	-	140	1 800	130	1 200
Stenosemella ventricosa	500	-	-	400	1 200	-	-	-	-	-	10	30
Tintinnopsis nana	-	-	80	-	140	120	80	200	40	-	-	10

FOS II : espèces principales/L^{-1}	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
BACILLARIOPHYCEES												
Achnanthes spp	-	200	-	-	100	-	-	-	-	-	200	-
Asterionella formosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600	-
Chaetoceros curvisetus	1 100	33 000	7 200	1 800	2 100	3 600	1 800	300	2 800	-	-	-
Chaetoceros decipiens f.singu-	5 400	198 000	568 000	1790 000	800 000	106 000	62 000	1 200	18 600	6 000	30 600	144 000
Cocconeis spp (laris	40	-	-	-	80	-	-	100	-	200	-	500
Cymbella spp	40	1 800	600	600	600	40	-	1 200	1 200	-	400	-
Cyclotella spp	9 000	14 400	1 800	34 800	72 000	2 400	-	7 200	9 000	30 000	79 200	195 000
Diatoma spp	200	2 400	600	1 200	600	-	200	-	600	100	200	-
Fragillaria crotonensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gomphonema spp	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hemiaulus hauckii	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptocylindrus danicus	600	120	3 600	140	-	-	900	-	-	-	120	40
Licmophora spp	400	1 400	220	160	40	20	-	440	-	60	200	600
Melosira toutes spp	20	80	-	220	140	-	200	100	160	40	180	-
Navicula spp	-	3 600	1 800	2 400	2 400	-	-	1 200	600	-	-	1 000
Nitzschia "closterium"	200	2 400	100	1 800	200	40	-	60	600	80	1 200	400
Nitzschia "delicatula"	3 000	7 200	1 200	2 400	2 400	1 800	36 000	1 800	4 800	3 000	7 200	6 000
Nitzschia longissima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	200
Nitzschia "seriata"	3 000	6 000	4 800	10 800	5 400	100	15 000	4 200	1 800	2 400	6 000	1 600
Rhizosolenia delicatula	600	2 600	6 000	3 600	1 200	100	400	160	100	320	3 600	1 000
Rhizosolenia hebetata f. semi-	320	180	10	340	120	20	10	100	120	80	280	700
Surirella spp (spina	20	-	-	-	-	-	-	80	-	20	-	-
Schröderella delicatula	210	280	20	60	-	-	600	-	-	120	600	-
Skeletonema costatum	43 200	92 400	32 400	81 600	60 000	5 000	2 900	9 000	10 800	36 600	31 800	126 000
Synedra ulna	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400
Thalassionema nitzschioides	-	120	-	-	-	-	-	80	-	120	280	600
DINOPHYCEES												
Ceratium toutes spp	20	-	-	20	-	60	-	20	20	100	20	40
Exuviella spp	22 800	263 000	385 000	573 000	243 600	7 800	1 100	93 600	174 600	261 600	216 000	252 000
Gymnodinium spp	4 800	2 400	1 800	4 800	2 400	400	-	1 200	-	-	120	-
Gyrodinium fusiforme	260	80	240	200	-	80	-	20	1 200	40	60	-
Peridinium trochoideum	8 400	16 200		27 000	7 800	4 200	2 400	280	9 600	4 200	4 800	3 000
Peridinium autres spp	140	40	40	60	20	280	240	460	200	260	200	70
CYANOPHYCEES-CHLOROPHYCEES												
Oscillatoria spp	600	40	-	60	20	-	-	440	80	120	40	50
Chlorella spp	3 000	3 000	1 200	1 800	3 000	600	2 000	2 400	3 000	2 400	3 000	6 000
Petits flagellés	100	-	40	200	-	80	-	-	80	140	600	400
CILIES-TINTINNIDES												
Ciliés Oligotriches spp	300	340	2 820	10 440	170	80	2 200	120	420	160	1 360	1 030
Stenosemella ventricosa	-	20	-	320	-	-	-	-	20	-	160	-
Tintinnopsis nana	20	100	640	720	40	-	-	120	140	160	440	300

FOS II : espèces principales/L^{-1}	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
BACILLARIOPHYCEES											
Achnanthes spp	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asterionella formosa	-	-	-	-	-	-	-	-	1 200	-	-
Chaetoceros curvisetus	-	36 000	20 000	17 000	-	-	-	-	-	-	-
Chaetoceros decipiens f.singu-	6 000	1030 000	114 000	747 000	132 000	123 000	270 000	291 000	741 000	1200000	333 000
Cocconeis spp (laris	-	-	-	200	-	200	-	200	200	-	-
Cymbella spp	400	100	-	-	-	80	-	-	-	-	-
Cyclotella spp	588 000	231 000	159 000	24 000	54 000	102 000	141 000	192 000	129 000	120000	87 000
Diatoma spp	-	-	400	100	-	-	-	-	-	-	-
Fragillaria crotonensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gomphonema spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hemiaulus hauckii	-	200	-	-	-	200	-	-	-	-	-
Leptocylindrus danicus	-	-	400	-	-	-	600	-	-	-	-
Licmophora spp	200	400	-	-	-	80	200	600	-	200	100
Melosira toutes spp	20	-	-	-	500	1 200	100	-	300	-	800
Navicula spp	6 000	400	3 000	1 000	-	600	6 000	3 000	18 000	2 000	-
Nitzschia "closterium"	100	3 000	2 000	200	100	200	200	1 000	100	-	3 000
Nitzschia "delicatula"	-	200	3 000	1 200	3 000	1 000	6 000	6 000	7 000	15 000	18 000
Nitzschia longissima	300	-	-	-	100	-	-	20	1 200	-	100
Nitzschia "seriata"	1 600	1 200	12 000	2 200	2 000	1 800	4 000	1 800	800	3 000	6 000
Rhizosolenia delicatula	-	200	100	600	200	300	200	1 000	100	100	200
Rhizosolenia hebetata f. semi-	-	400	200	500	100	200	1 000	100	600	200	500
Surirella spp (spina	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-
Schröderella delicatula	-	200	60	-	-	-	200	-	-	-	80
Skeletonema costatum	117 000	159 000	159 000	72 000	48 000	87 000	159 000	195 000	243 000	78 000	135 000
Synedra ulna	100	100	-	-	-	60	40	20	120	-	200
Thalassionema nitzschioides	-	100	-	-	-	-	-	600	1 000	-	-
DINOPHYCEES											
Ceratium toutes spp	-	30	-	-	-	-	10	-	-	-	10
Exuviella spp	630 000	114 000	63 000	117 000	81 000	87 000	99 000	168 000	57 000	81 000	198 000
Gymnodinium spp	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-
Gyrodinium fusiforme	-	40	500	-	30	300	100	100	200	50	-
Peridinium trochoideum	600	200	800	200	300	300	400	9 000	-	300	400
Peridinium autres spp	10	90	-	-	20	100	-	-	-	-	-
CYANOPHYCEES-CHLOROPHYCEES											
Oscillatoria spp	200	30	30	340	10	20	40	-	50	-	-
Chlorella spp	1 000	9 000	500	100	2 000	500	3 000	3 000	9 000	3 000	12 000
Petits flagellés	100	100	-	-	100	200	300	-	-	-	200
CILIES-TINTINNIDES											
Ciliés Oligotriches spp	340	420	330	720	620	330	740	830	1 340	1 200	1 000
Stenosemella ventricosa	10	10	50	-	10	30	40	20	30	20	-
Tintinnopsis nana	900	500	500	1 400	1 400	500	2 100	1 400	30 000	27 000	15 000

FOS II : LISTE DES ESPECES ZOOPLANCTONIQUES

HYDROZOAIRES

Anthoméduses

Podocoryne sp.

Leptoméduses

Obelia sp.

Trachyméduses

Persa incolorata Mac Grady

SIPHONOPHORES

Agalmidae

Agalma elegans Sars

Diphyidae

Lensia subtilis Chun
Muggiaea kochi Will
Muggiaea atlantica Cunningham
Chelophyes appendiculata Echscholtz

ANNELIDES

Polychètes (larves)

Magelona sp.
Tomopteris helgolandica Greef
Eulalia viridis L.
Pectinaria auricoma O.F. Müll.
Nerine sp.

CHAETOGNATHES

Sagitta setosa Müller

MOLLUSQUES

Gastéropodes

Larves ind.

Pélécipodes

Larves ind.

CRUSTACES

Cladocères

Penilia avirostris Dana
Podon polyphemoïdes Leuckart
Evadne spinifera P.E. Müller

Ostracodes

Cypridina sp.

Copépodes

Calanus helgolandicus Claus
Calanus minor Claus
Paracalanus parvus Claus
Clausocalanus sp.
Eucalanus sp.
Temora stylifera Dana
Centropages typicus Kröyer
Centropages kröyeri Giesbrecht
Centropages violaceus Claus
Lucitutia flavicornis Claus
Haloptilus sp.
Candacia armata Boeck
Pontella mediterranea Claus
Anomalocera patersoni Templeton
Labidocera wollastoni Lubbock
Acartia clausi Giesbrecht
Oithona helgolandica Claus
" plumifera Baird
" nana Giesbrecht
" setigera Dana
Macrostella gracilis Dana
Euterpina acutifrons Claus
Amphiascus sp.
Tisbe sp.
Oncea sp.
Coryceus sp.
Monstrilla sp.

Nauplii de copépodes

Cirripèdes

Larves Balanus sp.

Mysidacés

Isopodes

Larves epicarida sp.

Amphipodes

Euphausiacées

Décapodes
zoé
larves de Porcellana sp.
larves diverses

ECHINODERMES

Echinides larves

Ophiurides larves

TUNICIERS

Appendiculaires

Oikopleura sp.

Thaliacés

Thalia democratica Forskal
Doliolum nationalis Bogert

POISSONS

Clupéidés

Gadidés

divers

FOS II espèces principales/m^3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ANNELIDES												
Polychètes (larves ind.)	1,00	0,11	3,44	2,87	11,09	0,16	0,50	-	0,62	6,52	2,71	1,07
CHAETOGNATHES												
Sagitta spp	10,97	11,94	2,41	4,36	2,22	2,33	0,90	0,01	0,37	2,93	0,91	-
MOLLUSQUES												
Gastéropodes (larves ind.)	0,17	0,25	0,69	10,02	3,06	0,31	0,11	0,01	0,25	2,02	0;91	0,74
Pélécipodes (larves ind.)	0,36	0,36	0,79	87,31	12,49	0,62	0,08	0,04	1,17	2,25	3,60	3,22
CRUSTACES												
Cladocères												
Podon polyphemoides Leuckart	2,12	-	2,41	6,47	3,88	0,16	0,23	0,05	0,62	0,67	5,90	5,36
Evadne spinifera P.E.Müller	-	-	0,18	0,36	0,20	0,08	0,06	-	-	-	7,71	7,51
Copépodes												
Calanus helgolandicus Claus	36,39	3,59	0,34	5,75	1,11	0,78	0,46	0,02	0,22	28,32	3,17	37,53
Paracalanus parvus Claus	88,33	10,41	1,03	29,47	1,66	5,60	1,46	0,03	1,12	19,55	19,04	66,49
Clausocalanus spp	14,13	1,08	0,18	0,36	-	-	-	-	0,07	7,20	13,15	10,72
Eucalanus spp	20,48	1,08	0,18	2,52	0,10	-	-	-	-	3,15	2,27	1,07
Centropages typicus Kröyer	215,88	22,96	2,24	11,50	3,33	2,33	0,50	0,01	0,39	28,32	13,15	26,81
Acartia clausi Giesbrecht	99,84	50,24	9,29	83,01	74,89	2,64	1,26	0,03	37,82	74,17	92,48	88,49
Oithona spp	70,91	13,84	1,72	56,86	3,28	4,90	3,89	0,01	4,84	70,59	70,73	71,92
Euterpina acutifrons Claus	-	0,10	0,07	0,72	-	0,04	-	-	0,23	0,67	0,91	1,07
Oncea spp	-	0,36	-	11,14	3,06	0,78	0,50	-	-	-	0,91	0,32
Corycaeus spp	2,83	0,11	1,21	4,31	1,11	0,01	-	-	0,13	0,45	1,36	1,07
Nauplii ind.	0,36	-	-	3,24	0,55	0,16	0,40	0,01	0,39	2,93	2,71	0,74
Cirripèdes												
Larves ind.	-	0,11	0,59	7,91	2,60	1,08	0,50	-	-	-	0,91	-
Décapodes												
Zoé ind.	1,76	0,25	2,41	4,67	1,94	0,03	0,02	-	0,16	1,12	0,32	-
Larves ind.	0,96	0,11	0,69	4,67	0,84	0,40	-	-	0,39	0,67	-	-
Larves porcellana	-	-	0,04	0,29	-	0,08	-	-	-	4,72	-	-
TUNICIERS												
Appendiculaires												
Oikopleura spp	12,72	6,10	1,38	2,14	0,06	0,04	1,20	-	1,86	12,14	32,64	32,17

FOS II espèces principales/m^3	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ANNELIDES												
Polychètes (larves ind.)	1,62	0,99	1,33	1,49	2,13	0,94	2,56	2,76	2,47	0,22	3,54	7,82
CHAETOGNATHES												
Sagitta spp	13,39	0,99	2,93	0,75	2,29	1,47	1,54	9,95	6,59	1,09	2,65	34,29
MOLLUSQUES												
Gastéropodes (larves ind.)	-	0,33	26,83	1,49	0,98	0,40	8,20	7,18	3,30	0,33	7,07	46,32
Pélécipodes (larves ind.)	-	0,99	3,20	1,49	1,47	0,13	7,17	4,97	16,48	1,09	1,77	22,26
CRUSTACES												
Cladocères												
Podon polyphemoides Leuckart	2,84	135,76	14,12	6,72	126,41	15,93	121,46	166,33	163,16	87,81	114,10	224,99
Evadne spinifera P.E.Müller	-	0,33	0,27	0,25	0,06	0,13	92,25	42,55	31,31	2,00	2,65	4,21
Copépodes												
Calanus helgolandicus Claus	1,22	1,32	61,27	1,24	-	16,46	1,78	4,97	11,13	15,56	7,52	22,86
Paracalanus parvus Claus	25,93	0,66	53,01	3,98	6,38	60,26	227,04	179,59	98,89	71,36	22,11	46,32
Clausocalanus spp	7,60	-	-	-	-	3,21	4,61	3,32	2,06	-	-	3,61
Eucalanus spp	10,13	-	-	5,23	0,98	0,27	4,10	4,97	2,06	0,23	14,03	4,81
Centropages typicus Kröyer	33,60	1,65	4,26	0,25	2,78	24,90	38,44	6,08	30,07	3,77	3,53	25,87
Acartia clausi Giesbrecht	241,09	57,65	32,77	13,69	116,58	50,73	176,30	131,52	210,95	9,78	135,33	235,82
Oithona spp	92,41	7,48	71,44	2,74	13,59	21,28	126,07	169,65	106,74	12,89	11,06	30,08
Euterpina acutifrons Claus	0,81	-	1,33	0,50	0,98	0,08	-	2,76	0,12	-	-	0,36
Oncea spp	-	-	14,12	0,50	0,07	-	0,51	3,86	0,12	-	0,35	0,36
Corycaeus spp	0,87	0,06	1,86	-	0,33	0,08	0,31	2,21	-	-	-	0,36
Nauplii ind.	1,62	0,17	80,98	3,24	6,06	0,13	14,35	8,84	13,60	3,77	63,68	24,66
Cirripèdes												
Larves ind.	-	2,96	64,20	3,48	136,44	0,53	0,31	22,10	79,11	26,68	118,97	113,10
Décapodes												
Zoé ind.	6,89	1,98	0,53	0,75	1,64	0,80	-	0,12	1,64	1,56	4,42	11,43
Larves ind.	0,41	0,17	0,53	0,25	-	0,40	-	-	0,02	0,33	1,75	1,20
Larves porcellana	-	-	-	-	-	0,40	0,21	-	0,16	0,11	-	2,41
TUNICIERS												
Appendiculaires												
Oikopleura spp	12,56	0,66	2,66	0,50	0,65	30,92	44,07	25,42	22,67	0,22	0,44	3,59

FOS II espèces principales/m^3	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
ANNELIDES												
Polychètes (larves ind.)	22,60	13,05	1,75	7,55	0,06	6,14	4,42	24,29	36,96	28,77	7,48	
CHAETOGNATHES												
Sagitta spp	0,90	-	-	0,09	0,06	0,21	0,18	1,44	0,12	3,38	0,75	
MOLLUSQUES												
Gastéropodes (larves ind.)	63,24	4,49	0,54	10,25	0,85	1,23	7,23	6,58	7,53	5,16	4,49	
Pélécipodes (larves ind.)	325,27	15,91	1,46	18,34	1,69	0,82	6,02	9,11	2,87	2,21	1,75	
CRUSTACES												
Cladocères												
Podon polyphemoides Leuckart	318,04	110,92	39,36	117,06	97,32	177,11	110,83	95,71	12,56	8,48	10,73	
Evadne spinifera P.E.Müller	182,51	1,86	0,05	-	-	0,82	1,61	-	0,06	0,15	-	
Copépodes												
Calanus helgolandicus Claus	0,90	0,82	0,87	2,17	0,56	0,82	3,81	11,13	0,72	2,60	1,50	
Paracalanus parvus Claus	268,35	6,13	1,17	9,71	5,08	2,86	7,13	24,78	13,28	10,70	8,48	
Clausocalanus spp	18,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Eucalanus spp	23,49	3,66	3,21	3,41	3,39	5,73	12,27	1,44	8,61	37,62	18,71	
Centropages typicus Kröyer	39,75	3,26	-	1,08	1,13	0,22	-	1,01	1,79	3,68	-	
Acartia clausi Giesbrecht	340,42	20,47	5,54	33,98	13,82	32,72	34,53	36,73	33,37	16,60	116,26	
Oithona spp	211,42	55,04	5,23	17,80	11,44	37,63	26,90	77,40	18,66	29,51	17,96	
Euterpina acutifrons Claus	3,61	0,40	0,05	-	0,53	0,21	0,18	2,52	0,12	-	-	
Oncea spp	5,42	0,40	-	2,70	1,13	1,64	6,42	2,02	-	7,74	3,49	
Corycaeus spp	14,46	-	0,05	-	-	-	0,18	2,02	-	0,06	0,10	
Nauplii ind.	36,14	6,52	5,25	24,27	3,68	5,32	49,79	23,78	15,07	75,25	19,96	
Cirripèdes												
Larves ind.	257,61	25,68	4,37	56,44	3,39	10,23	46,58	106,25	13,99	29,51	17,96	
Décapodes												
Zoé ind.	0,90	17,13	4,06	16,73	6,21	6,14	9,53	1,43	5,38	3,32	3,24	
Larves ind.	2,71	1,22	0,12	2,16	1,13	0,82	0,80	2,52	0,39	0,15	0,75	
Larves porcellana	-	0,82	2,33	3,24	0,03	2,45	1,03	0,77	0,06	0,37	-	
TUNICIERS												
Appendiculaires												
Oikopleura spp	62,34	6,52	0,05	0,22	0,28	-	1,61	4,55	3,23	-	0,10	

stations	profondeur en m	température °C	salinité °/°°	oxygène dissous ml/l	Secchi en m	seston en mg/l	C µg/l	N µg/l	C/N	phosphates µatg/l	nitrates µatg/l	nitrites µatg/l	ammoniaque µatg/l	silicates µatg/l	chlorophylle a µg/l	phaeophytine µg/l	% phaeoph.	10^{-2} µg/l ATP phyto.	ADP phyto.	AMP phyto.	charge énerg. phyto.	phyto. total nbre cell./l	ID phyto.	zoo. total ind./m3	ID zoo.	pico-moles/l ATP zoo.	ADP zoo.	AMP zoo.	charge énerg. zoo.	hydrocarbures totaux en ppm	phénols en ppm	détergents anioniques (ppm)	Zinc en ppb	Cadmium en ppb	Plomb en ppb	Cuivre en ppb
0		15,2	38,10	5,95		4,60	1236	38	32	0,41	0,70	0,09	0,37	0,67	0,06	0,04	40	7	7	5	0,56	3890	3,37	1460	1,52	18	9	4	0,73	0,59	0,008	0,03	17,7	1,7	6,6	17,0
1	5	15,4	38,12	5,90	14	3,00	265	26	10	0,58	0,44	0,07	0,10	0,89	0,09	0,03	25	4	6	5	0,47	3750	2,25	1583	2,07	35	19	6	0,74	5,70	0,092	0,01	22,6	4,2	4,0	3,4
30		15,3	38,14	5,98		2,67	1778	50	35	0,36	0,88	0,12	0,37	1,78	0,16	0,05	23	19	20	18	0,51	5370	2,16	-	-	-	-	-	-	0,86	0,024	0,13	56,0	1,2	12,5	3,3
0		15,3	38,15	5,82		2,50	350	33	11	0,30	0,79	0,05	0,30	1,56	0,14	0,16	53	6	4	6	0,50	2890	3,48	2219	1,58	0,6	0,3	1,5	0,31	0,97	0,044	0,08	43,6	0,8	11,1	4,4
2	5	15,3	38,17	5,94	22	2,40	231	28	8	0,48	1,93	0,10	0,23	2,44	0,16	0,11	41	5	1	4	0,50	9040	1,94	3953	2,00	38	11	0	0,89	0,77	0,035	0,14	37,1	1,5	6,6	11,4
25		15,4	38,20	5,95		2,00	361	35	10,5	0,20	0,35	0,05	0,64	0,44	0,19	0,11	37	39	35	1	0,75	2590	2,59	-	-	-	-	-	-	0,86	0,021	0,04	400	11,5	9,3	10,4
0		15,4	38,08	5,87		5,29	149	23	6,5	0,25	1,14	0,09	0,27	0,67	0,19	0,03	29	7	6	5	0,56	1680	3,29	474	2,41	20	3	0	0,93	0,94	0,020	0,10	10,0	0,5	1,8	4,3
3	5	15,4	38,12	5,84	16	2,38	150	18	8	0,20	0,79	0,05	0,32	0,44	0,17	0,09	35	5	10	23	0,26	1780	3,99	3753	1,69	20	8	0	0,86	0,90	0,017	0,10	37,8	1,4	10,2	8,5
20		14,3	38,12	5,72		2,43	249	22	11	0,58	2,63	0,20	0,30	3,11	0,03	0,28	90	17	14	20	0,73	5850	2,36	-	-	-	-	-	-	0,76	0,018	0,08	14,6	0,1	4,0	7,8
0		12,7	34,06	6,10		3,75	314	31	11	1,24	3,51	0,22	0,41	4,67	1,05	0,34	24	14	22	6	0,60	123430	2,08	2138	1,79	11	3	0	0,89	6,70	0,018	0,18	10,6	0,9	2,2	7,9
4	5	15,2	38,14	5,86	7	2,25	192	17	11	0,28	1,05	0,07	0,33	4,00	0,17	0,14	65	6	4	10	0,40	4870	3,40	3205	2,06	28	9	5	0,77	0,55	0,043	0,05	10,8	2,4	3,1	2,7
13		14,8	38,11	5,82		6,86	549	33	16,5	0,41	0,61	0,10	0,48	0,89	0,21	0,28	57	5	7	12	0,35	8150	2,92	-	-	-	-	-	-	2,00	0,037	0,09	10,7	0,3	0,9	6,2
0		11,9	32,32	6,36		4,31	421	34	12,5	0,96	6,14	0,22	1,25	7,11	0,78	0,28	21	13	17	19	0,44	168150	1,89	1766	2,13	3	2	3	0,50	0,36	0,009	0,11	51,0	1,4	1,3	5,7
5	5	14,0	37,86	5,77	4	2,63	308	30	10	0,28	0,79	0,17	0,49	0,89	0,27	0,22	45	12	10	18	0,43	14540	2,80	2538	2,86	27	13	1	0,82	0,73	0,016	0,04	42,2	0,6	0,4	3,0
7		14,0	37,89	5,90		12,71	403	30	13,5	1,24	2,72	0,15	1,25	4,22	0,37	0,28	43	18	1	24	0,43	13840	2,64	-	-	-	-	-	-	0,63	0,017	0,11	3,2	0,1	0,4	3,8
0		11,8	32,70	6,11		3,25	391	41	9,5	1,45	7,54	0,32	1,01	9,78	1,80	0,43	19	26	28	3	0,70	297860	1,79	925	2,20	13	3	3	0,76	0,71	0,021	0,03	30,4	0,7	2,2	4,1
6	5	13,6	37,41	5,80	4	3,77	211	18	12	8,00	1,40	0,15	0,79	1,33	0,42	0,29	41	16	12	50	0,44	43990	2,19	3136	2,14	16	8	3	0,74	2,71	0,018	0,02	65,2	6,9	4,8	10,5
10		14,1	37,86	5,93		5,43	415	27	15	1,67	1,58	0,20	0,64	2,00	0,33	0,25	43	32	28	12	0,64	14560	2,28	-	-	-	-	-	-	1,00	0,028	0,02	30,0	0,1	2,6	4,1
0		10,6	27,51	6,69		5,54	475	48	10	1,88	11,67	0,24	1,54	12,44	0,47	0,45	49	8	13	16	0,39	68910	2,67	697	2,37	3,1	1,6	4,3	0,27	0,40	0,024	0,14	34,9	0,4	1,8	4,9
7	5	12,0	36,76	6,08	3	4,52	329	34	109,5	1,78	2,19	0,14	0,98	3,56	0,55	0,33	37	9	11	4	0,60	29770	2,48	1132	2,81	32	17	1	0,81	0,59	0,014	0,08	18,4	0,5	2,6	3,1
10		11,8	37,32	6,10		12,50	349	27	13	1,78	1,40	0,17	1,15	3,56	0,22	0,26	54	23	31	56	0,35	16050	2,16	-	-	-	-	-	-	0,60	0,020	0,06	79,0	1,1	6,6	6,7
0		11,9	32,66	6,16		11,38	359	39	9	8,00	4,21	0,22	1,01	5,56	1,10	0,45	29	14	33	9	0,54	325990	1,97	3634	2,03	53	52	11	0,68	0,55	0,010	0,06	36,8	1,4	4,9	3,2
8	5	14,8	37,78	6,41	4	2,75	200	25	8	0,36	0,96	0,07	0,41	1,11	0,42	0,21	33	12	8	11	0,52	12690	2,47	8194	1,80	36	44	37	0,50	0,48	0,065	0,08	47,8	2,8	4,8	4,1
13		14,8	37,81	5,59		2,63	283	26	11	0,28	1,23	0,14	1,00	0,67	0,19	0,13	41	15	14	5	0,65	8080	2,82	-	-	-	-	-	-	1,16	0,037	0,12	38,1	0,5	4,7	6,1
0		13,1	35,53	5,74		3,00	442	48	9	0,36	1,58	0,15	0,62	2,22	0,68	0,18	21	47	34	27	0,51	115400	2,10	3223	2,06	22	12	6	0,70	0,86	0,042	0,09	23,8	0,6	4,0	6,4
9	5	14,9	38,01	5,60	6	2,00	284	37	8	0,30	1,67	0,14	0,29	1,78	0,18	0,12	40	10	13	4	0,61	7110	3,20	5044	1,90	16	3	15	0,51	0,82	0,072	0,24	28,0	1,9	12,0	7,2
15		15,0	38,13	5,60		1,88	147	13	11	0,99	3,77	0,34	0,58	4,00	0,14	0,12	46	15	14	6	0,63	8170	2,17	-	-	-	-	-	-	0,90	0,031	0,19	21,2	1,9	3,1	5,5
0		13,5	36,54	6,01		3,50	408	40	10	0,74	6,14	0,34	0,94	6,22	1,06	0,46	30	45	47	37	0,53	196890	1,89	3884	1,40	7	6	3	0,63	0,60	0,050	0,05	20,7	2,8	4,0	3,8
10	5	15,0	37,59	5,50	4	1,90	219	25	9	1,70	2,54	0,22	0,59	2,00	0,38	0,14	27	51	49	16	0,65	30570	2,64	10784	1,46	3	4	1	0,63	0,68	0,021	0,10	36,4	1,9	7,1	6,4
25		15,0	38,01	5,55		14,17	920	35	26	1,98	1,58	0,24	0,81	1,33	0,14	0,34	70	17	18	14	0,53	5240	3,05	-	-	-	-	-	-	0,87	0,020	0,04	11,3	3,8	3,5	3,6
0		13,2	34,95	5,94		5,88	367	39	9,5	0,76	5,88	0,39	0,94	6,22	0,94	0,23	19	52	52	43	0,53	180440	2,18	3870	2,04	9	3	1	0,81	1,74	0,024	0,14	18,7	0,6	3,1	2,9
11	5	15,7	37,50	5,78	5	6,25	211	33	6,5	0,63	0,88	0,17	0,90	1,11	0,50	0,22	29	43	47	40	0,52	28130	2,74	2930	2,08	4	5	2	0,68	0,54	0,025	0,17	35,5	1,1	6,6	5,9
24		14,7	37,97	5,59		7,25	308	29	11	0,30	0,88	0,17	1,05	1,56	0,23	0,16	41	48	39	7	0,72	7030	2,75	-	-	-	-	-	-	0,94	0,010	0,06	43,6	1,2	6,6	9,5
0		13,3	36,10	5,79		2,20	191	26	7,5	0,74	2,89	0,14	0,98	2,89	0,46	0,13	22	31	29	12	0,63	52970	1,75	2029	1,50	39	14	22	0,61	0,76	0,037	0,05	65,7	0,8	9,3	2,5
12	5	15,2	37,59	5,62	6	2,40	146	15	9,5	0,61	1,23	0,12	0,66	0,67	0,24	0,13	35	28	9	8	0,72	16920	1,85	3194	2,28	35	32	3	0,73	1,22	0,037	0,03	20,3	7,5	9,3	5,0
44		14,7	37,96	5,61		4,38	320	29	11	0,25	0,70	0,10	0,46	0,67	0,14	0,12	46	23	22	7	0,65	8850	3,29	-	-	-	-	-	-	1,00	0,014	0,01	13,5	1,0	4,9	2,2
0		12,0	34,23	6,00		3,57	231	29	8	0,84	5,26	0,24	0,77	6,22	0,94	0,23	20	70	82	89	0,46	85140	2,32	1314	2,21	9	7	8	0,52	1,25	0,012	0,17	62,0	0,6	4,4	2,6
13	5	15,2	37,84	5,70	4	1,80	179	13	14	1,14	1,14	0,12	1,07	0,67	0,20	0,15	43	19	19	12	0,57	15710	2,46	4575	1,91	16	16	13	0,53	0,72	0,017	0,01	11,6	0,9	6,2	6,9
44		13,6	37,87	5,65		4,13	328	29	11,5	0,43	0,44	0,20	0,50	1,78	0,28	0,15	35	40	36	21	0,60	12830	2,75	-	-	-	-	-	-	0,75	0,037	0,02	5,5	0,9	2,6	4,0
0		12,1	34,12	6,06		3,30	161	15,5	10	0,56	3,86	0,20	0,80	6,00	0,97	0,30	24	45	46	9	0,68	235790	1,93	1284	2,35	29	15	33	0,47	1,26	0,048	0,08	6,2	0,7	2,2	3,6
14	5	15,1	37,75	5,61	5	2,30	223	24	9,5	1,37	1,67	0,22	0,76	2,44	0,18	0,16	47	12	12	2	0,69	23010	2,68	2086	2,59	16	7	3	0,75	0,51	0,002	0,20	43,6	1,4	13,7	7,7
24		15,1	38,13	5,50		4,60	462	32	14,5	0,30	1,23	0,12	0,58	0,89	0,16	0,16	50	40	30	3	0,75	2350	3,69	-	-	-	-	-	-	0,74	0,018	0,04	10,0	0,3	2,2	4,2
0		12,2	34,04	6,05		2,60	337	29,6	11	0,81	6,75	0,26	0,88	8,00	0,68	0,21	24	52	50	31	0,58	82140	1,91	156	2,72	0,5	0,2	0,1	0,75	1,02	0,015	0,01	33,8	1,9	5,8	3,6
15	5	15,5	36,44	5,78	5	2,10	164,5	17,4	9,5	0,89	4,91	0,19	0,81	3,33	0,24	0,14	37	9	10	8	0,52	8360	1,77	704	2,68	0,2	3	1,6	0,35	1,48	0,043	0,08	51,0	9,9	6,2	6,1
25		15,5	36,47	5,54		2,10	282	20,5	14	0,61	5,53	0,22	0,77	6,67	0,19	0,18	49	62	56	14	0,68	66350	1,85	-	-	-	-	-	-	1,38	0,021	0,22	22,6	1,3	6,2	6,0
0		7,9	0,71	7,91		34 00	2099	129	16	4,03	45,00	1,00	0,75	41,11	1,08	1,46	57	17	37	101	0,23	180650	2,49	2180	1,91	0,2	0,3	0,04	0,65	0,63	0,017	0,14	9,7	0,6	1,1	6,0
16	5	15,3	37,77	5,68	2	2,97	705	46	15	0,43	1,32	0,12	0,52	2,89	0,27	0,38	58	38	40	31	0,53	7010	3,30	3172	2,00	1,3	4	0,8	0,54	0,72	0,018	0,24	38,4	2,2	4,0	6,8
28		15,7	37,96	5,49		9,83	603	39	15,5	0,56	2,02	0,19	0,56	3,11	0,15	0,19	56	60	53	13	0,69	210	2,97	-	-	-	-	-	-	0,74	0,010	0,05	16,8	0,5	5,8	7,4

RESULTATS DE FOS III

FOS III : LISTE DES ESPECES PHYTO- ET MICROPLANCTONIQUES

BACILLARIOPHYCEES

DIATOMEES CENTRIQUES

Chaetoceros convolutus Castr.
" curvisetus Cleve
" danicus Cleve
" decipiens Gran
Coscinodiscus gigas Ehr.
" granii Gough
" lineatus Ehr.
" radiatus Ehr.
Cyclotella spp Kutz
Dactyliosolen mediterraneus Per.
Eucampia zoodiacus Ehr.
Guinardia ?lacida Castr.
Hemiaulus hauckii Grun
Leptocylindrus danicus Cleve
Melosira italica (Ehr.) Kutz
" varians Agardh
Rhizosolenia alata f. gracillissima (Cleve) Grun
" calcar-avis Schultze
" delicatula Cleve
" robusta Normann
" setigera Brightwell
" stolterfothii Per.
Schröderella delicatula Per.
Skeletonema costatum Greville
Thalassiosira decipiens (Grun) Jörgensen
Triceratium favus Ehr.

DIATOMEES PENNEES

Achnanthes spp Bory
Amphora spp Ehr.
Asterionella formosa Hassall
Cocconeis spp (Ehr.) Grun
Cymbella spp Agardh
Diatoma spp DeCandolle
Diploneis spp (Ehr.) Cleve
Epithemia spp Breb.
Fragillaria crotonensis Kitton
Gomphonema spp Kutz
Grammatophora spp Ehr.
Gyrosigma spp (Hass) Cleve
Hantzschia spp Grun
Licmophora spp Agardh
Navicula spp Bory
Nitzschia spp Hassall
" "closterium" (Ehr.)Smith
" "delicatula" Cleve
" longissima (Breb.)Ralf
" "seriata" Cleve
" sinuata Smith
Pinnularia spp Ehr.
Pleurosigma angulatum Smith
" elongatum Smith
Striatella unipunctata Lyngbye
Surirella spp Turpin
Synedra ulna Ehr.
Thalassionema nitzschioides Grun
Thalassiothrix frauenfeldi Grunau

DINOPHYCEES

Amphidinium spp Clap. & Lachm.
Ceratium candelabrum (Ehr.) Stein
" extensum (Gourret) Cleve
" furca (Ehr.) Clap. & Lachm.
" fusus (Ehr.) Dujardin
" massiliense (Gourret) Jörg.
" pentagonum Gourret
" tripos (Muller) Nitzsch.
Dinophysis sacculus Stein
Exuviella spp Cienkoski
" baltica Lohmann
" compressa Bailey
Goniaulax spp Diesing
Gymnodinium spp Stein
Gyrodinium fusiforme Kof. & Surezy
Ornithocercus magnificus (Stein) Schütt
Oxytoxum scolopax Stein
Peridinium crassispes Kofoid
" depressum Bailey
" granii Ostenfeld
" globulus Stein
" ovatum (Pouch) Schütt
" steinii Jörg.
" trochoideum (Stein) Lemm.
Polykrikos scharzi Bütschli
Prorocentrum micans Ehr.

CYANOPHYCEES

Oscillatoria spp Vaucher
Spirulina spp Turpin

CHLOROPHYCEES

Chlorella spp Beyerinck
Scenedesmus spp Meyen
Petits Flagellés

SILICOFLAGELLES

Dictyocha fibula Ehr.

CILIES - TINTINNIDES

Ciliés Oligotriches spp
Amphorella amphora Clap. & Lachm.
Codonellopsis pusilla (Cleve) Kof. & Camp
" schabi (Brandt) Kof. & Camp
Dadayella ganymedes (Entz) Kof. & Campb.
Dicty ysta elegans Ehr.
" mitra Haeckel
Eutintinnus lusus-undae (Entz) Kofoid
Helicostemella subulata (Ehr.) Jörgensen
Salpingella minutissima Kof. & Campb.
Steenstrupiella steenstrupi (C & L) K &
Stenosemella ventricosa (Clap. & Lach)Jö
Tintinnopsis nana Lohmann
" campanula (Ehr.) Daday

****
FOS III : 25 et 26 NOVEMBRE 1975
****

ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES

STATIONS		NOMBRE TOTAL DE CELLULES PAR LITRE	INDICE DE DIVERSITE SPECIFIQUE
I	1	3 890	3,3741
	2	3 750	2,2469
	3	5 370	2,1588
II	4	2 890	3,4848
	5	9 040	1,9403
	6	2 590	2,5924
III	7	1 680	3,2861
	8	1 780	3,9277
	9	5 890	2,3617
IV	10	123 430	2,0787
	11	4 870	3,3980
	12	8 150	2,9263
V	13	168 150	1,8881
	14	14 540	2,7986
	15	13 840	2,6392
VI	16	297 880	1,7902
	17	43 990	2,1854
	18	14 560	2,2774
VII	19	68 910	2,6674
	20	29 770	2,4760
	21	16 050	2,1567
VIII	22	325 990	1,9713
	23	12 690	2,4661
	24	8 080	2,8166
IX	25	115 400	2,1032
	26	7 110	3,2042
	27	8 170	2,1679
X	28	196 890	1,8894
	29	30 570	2,6361
	30	5 240	3,0537
XI	31	180 440	2,1766
	32	28 130	2,7356
	33	7 050	2,7452
XII	34	52 970	1,7430
	35	16 920	1,8536
	36	8 860	3,2850
XIII	37	85 140	2,3198
	38	15 710	2,4636
	39	12 830	2,7527
XIV	40	235 790	1,9271
	41	23 010	2,6819
	42	2 350	3,6946
XV	43	82 140	1,9081
	44	8 360	1,7729
	45	66 350	1,8544
XVI	46	180 650	2,4890
	47	7 010	3,3029
	48	210	2,9650

FOS III:espèces principales/l^{-1}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BACILLARIOPHYCEES												
Achnanthes spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-
Amphora spp	-	10	-	-	-	-	-	-	-	50	20	10
Asterionella formosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaetoceros toutes spp	10	-	-	70	40	140	10	80	50	100	70	-
Cocconeis spp	20	10	20	-	-	-	-	-	-	100	10	30
Coscinodiscus toutes spp	-	110	-	-	-	-	-	-	-	10	10	20
Cymbella spp	10	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-
Cyclotella spp	1 000	2 500	1 000	100	50	10	50	10	10	116 000	1 500	50
Diatoma spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	50
Diploneis spp	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70
Fragillaria crotonensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptocylindrus danicus	20	20	10	20	20	10	100	100	180	33 800	80	20
Licmophora spp	-	-	10	-	-	-	-	-	-	200	-	10
Melosira toutes spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210	-	140
Navicula spp	20	70	10	40	20	20	40	30	100	220	120	1 300
Nitzschia "closterium"	-	10	-	-	-	-	-	-	-	300	40	500
Nitzschia "delicatula"	280	180	100	300	10	-	200	180	1 000	1 400	220	100
Nitzschia "seriata"	10	-	-	-	-	-	-	-	10	1 800	10	40
Rhizosolenia toutes spp	40	20	-	80	-	70	10	110	120	700	30	40
Schröderella delicatula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-	-
Skeletonema costatum	960	-	-	-	-	-	-	190	-	920	-	-
Surirella spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Synedra ulna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thalassionema nitzschioides	380	190	300	270	300	30	110	190	2 000	64 500	300	2 500
Thalassiothrix frauenfeldi	160	140	30	30	150	70	40	130	140	700	140	160
DINOPHYCEES												
Amphidinium spp	220	50	80	130	10	10	20	20	20	50	40	80
Ceratium toutes spp	20	20	10	20	20	-	20	-	-	-	20	-
Exuviella spp	70	20	10	40	120	200	40	20	20	860	200	-
Gymnodinium spp	30	-	-	10	-	-	-	-	-	-	30	-
Peridinium trochoideum	-	-	-	-	-	50	-	-	-	40	-	-
Peridinium toutes spp	30	10	-	20	10	-	-	-	-	-	40	30
Prorocentrum micans	-	10	-	10	10	10	20	20	10	2 700	20	50
CYANO-CHLOROPHYCEES,SILICO (FLAGELLES.												
Oscillatoria spp	20	10	-	10	30	-	-	20	-	-	10	-
Chlorella spp	50	50	3 000	50	1 800	1 500	50	50	2 100	1 500	900	2 400
Dictyocha fibula	60	10	10	50	-	20	70	80	50	-	50	20
Petits flagellés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 100	20	-
CILIES-TINTINNIDES												
Ciliés Oligotriches	280	130	420	670	900	160	630	240	30	180	520	100
Steenstrupiella steenstrupi	30	30	50	20	10	30	10	20	10	-	10	10
Stenosemella ventricosa	80	90	270	750	5 400	10	190	280	20	10	400	200
Tintinnopsis nana	-	-	-	-	-	-	10	10	-	20	-	-

FOS III: espèces principales/l^{-1}	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
BACILLARIOPHYCEES												
Achnanthes spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amphora spp	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asterionella formosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaetoceros toutes spp	20	-	40	-	10	90	-	380	290	-	-	40
Cocconeis spp	-	-	-	-	-	-	10	40	200	-	-	-
Coscinodiscus toutes spp	40	10	10	-	40	10	10	-	80	-	-	-
Cymbella spp	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
Cyclotella spp	110 000	4 000	4 000	155 000	19 500	5 500	13 000	14 400	9 000	151 000	1 000	3 500
Diatoma spp	-	-	10	10	-	-	20	20	20	10	-	10
Diploneis spp	-	10	-	-	-	10	-	10	50	-	-	-
Fragillaria crotonensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130	-	-
Leptocylindrus danicus	6 700	2 100	1 000	39 900	2 500	380	3 600	1 100	500	35 700	600	100
Licmophora spp	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-
Melosira toutes spp	90	-	-	90	-	-	-	70	50	10	-	-
Navicula spp	500	100	500	140	700	50	200	700	50	100	200	180
Nitzschia "closterium"	-	200	100	300	300	120	-	300	-	200	-	200
Nitzschia "delicatula"	700	1 000	-	600	400	40	300	400	50	800	100	1 000
Nitzschia "seriata"	500	-	10	400	20	-	-	100	-	-	-	10
Rhizosolenia toutes spp	220	40	10	200	-	-	-	60	60	160	10	-
Schröderella delicatula	50	-	--	10	-	-	600	-	-	-	-	-
Skeletonema costatum	460	30	100	1 420	390	80	440	360	100	12 500	20	-
Surirella spp	10	-	-	-	30	-	-	20	40	-	-	-
Synedra ulna	10	10	-	10	-	-	10	-	-	-	-	10
Thalassionema nitzschioides	18 600	4 500	5 600	87 700	15 900	2 500	3 900	8 100	3 900	108 000	4 300	1 200
Thalassiothrix frauenfeldi	-	-	60	10	50	-	-	-	-	-	-	20
DINOPHYCEES												
Amphidinium spp	-	10	600	60	220	180	-	30	80	80	20	20
Ceratium toutes spp	-	-	-	-	-	-	10	-	-	10	10	-
Exuviella spp	800	180	300	2 800	280	90	400	60	30	2 800	600	280
Gymnodinium spp	-	-	-	-	-	-	300	100	20	300	400	-
Peridinium trochoideum	1 700	80	-	-	120	10	1 000	10	-	300	-	20
Peridinium toutes spp	-	10	10	10	20	10	10	-	-	10	20	20
Prorocentrum micans	14 200	820	540	2 500	480	30	1 700	90	-	5 300	4 800	20
CYANO-CHLOROPHYCEES, SILICO (FLAGELLES.												
Oscillatoria spp	-	-	-	20	10	-	10	20	20	30	-	10
Chlorella spp	900	100	300	2 700	1 500	4 900	3 000	900	900	900	100	800
Dictyocha fibula	20	40	10	140	10	20	10	120	-	40	400	20
Petits flagellés	7 200	-	-	1 500	-	-	8 700	300	-	50	300	-
CILIES-TINTINNIDES												
Ciliés Oligotriches	3 700	380	200	800	300	220	29 400	1 000	190	1 400	120	240
Steenstrupiella steenstrupi	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-
Stenosemella ventricosa	1 100	760	200	1 400	680	90	120	780	220	5 800	140	180
Tintinnopsis nana	30	20	40	100	400	10	2 100	140	60	170	10	-

FOS III: espèces principales/l^{-1}	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
BACILLARIOPHYCEES												
Achnanthes spp	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Amphora spp	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10
Asterionella formosa	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Chaetoceros toutes spp	20	60	10	80	–	–	–	–	–	–	210	60
Cocconeis spp	–	20	–	30	10	10	10	60	30	–	100	30
Coscinodiscus toutes spp	–	10	10	30	20	20	–	50	10	–	30	10
Cymbella spp	–	–	20	10	–	–	30	–	30	–	120	40
Cyclotella spp	51 000	1 000	5 000	94 000	11 000	300	62 500	6 300	100	10 500	50	2 500
Diatoma spp	40	10	20	30	50	–	–	–	80	–	120	70
Diploneis spp	–	–	10	–	–	–	–	–	50	10	–	20
Fragillaria crotonensis	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Leptocylindrus danicus	11 400	400	–	16 800	1 200	100	33 300	1 800	–	9 600	1 900	500
Licmophora spp	10	–	–	10	–	20	10	20	–	–	20	–
Melosira toutes spp	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50	220
Navicula spp	600	100	160	3 900	100	200	400	800	1 000	300	460	900
Nitzschia "closterium"	100	–	–	–	–	–	–	200	–	–	100	–
Nitzschia "delicatula"	600	200	100	6 300	40	1 200	3 900	400	500	300	700	600
Nitzschia "seriata"	–	100	–	–	–	–	–	–	–	–	100	100
Rhizosolenia toutes spp	–	–	–	40	–	–	–	30	–	–	–	–
Schröderella delicatula	–	–	–	20	–	–	90	–	20	–	10	10
Skeletonema costatum	280	–	40	1 560	–	40	2 270	380	20	230	–	80
Surirella spp	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Synedra ulna	10	–	–	–	–	10	–	–	40	–	10	30
Thalassionema nitzschioides	37 200	2 500	700	69 000	6 900	1 300	65 100	11 700	3 000	30 300	12 000	2 000
Thalassiothrix frauenfeldi	–	20	30	–	–	–	–	–	20	30	–	110
DINOPHYCEES												
Amphidinium spp	10	80	50	60	–	60	20	30	30	10	20	100
Ceratium toutes spp	–	30	–	20	–	–	–	10	–	50	50	–
Exuviella spp	1 900	400	200	400	3 000	60	4 000	1 600	30	100	60	40
Gymnodinium spp	20	40	10	–	200	–	–	–	20	–	–	–
Peridinium trochoideum	–	–	–	20	40	10	30	10	20	–	–	30
Peridinium toutes spp	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	10
Prorocentrum micans	2 500	70	60	1 500	1 900	20	1 700	380	60	80	10	–
CYANO-CHLOROPHYCEES, SILICO (FLAGELLES.												
Oscillatoria spp	–	10	20	20	–	20	10	10	–	20	–	40
Chlorella spp	7 800	1 200	900	600	900	1 200	700	900	1 500	200	100	900
Dictyocha fibula	10	30	20	20	60	10	140	90	–	10	–	10
Petits flagellés	–	–	–	60	80	20	1 500	100	80	–	40	40
CILIES-TINTINNIDES												
Ciliés Oligotriches	1 300	320	600	1 100	4 500	240	4 400	800	30	280	420	240
Steenstrupiella steenstrupi	20	20	–	10	20	10	40	–	10	30	10	–
Stenosemella ventricosa	300	240	120	1 100	370	260	70	2 300	90	740	80	80
Tintinnopsis nana	–	10	10	60	120	20	100	40	–	10	–	–

FOS III: espèces principales/l^{-1}	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
BACILLARIOPHYCEES												
Achnanthes spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600	-	-
Amphora spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-
Asterionella formosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 200	-	-
Chaetoceros toutes spp	260	-	10	90	30	-	30	-	20	-	-	-
Cocconeis spp	-	100	200	80	100	30	-	-	-	400	200	-
Coscinodiscus toutes spp	-	-	10	-	-	-	160	-	10	10	30	50
Cymbella spp	-	-	200	20	-	10	-	-	-	3 600	200	-
Cyclotella spp	10 000	5 000	4 500	121 500	3 500	100	28 500	1 000	16 800	45 000	2 600	-
Diatoma spp	-	40	200	-	30	60	-	-	-	3 400	600	-
Diploneis spp	-	10	-	-	-	-	-	-	10	600	-	-
Fragillaria crotonensis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	450	80	-
Leptocylindrus danicus	17 700	1 000	500	28 500	2 100	-	16 800	600	12 600	170	30	-
Licmophora spp	-	-	-	-	10	-	-	-	-	800	-	-
Melosira toutes spp	330	30	-	60	240	200	10	-	70	96 600	550	-
Navicula spp	100	700	900	700	900	110	300	50	900	7 800	500	50
Nitzschia "closterium"	-	-	-	-	-	-	40	10	-	600	-	-
Nitzschia "delicatula"	500	1 100	600	6 000	4 500	20	3 300	100	1 800	4 200	100	-
Nitzschia "seriata"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhizosolenia toutes spp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schröderella delicatula	440	-	-	20	-	-	-	-	20	-	-	-
Skeletonema costatum	4 740	-	20	13 500	310	80	210	-	270	400	-	-
Surirella spp	-	10	-	150	10	-	-	-	-	200	10	-
Synedra ulna	-	10	-	-	-	-	-	-	-	250	180	-
Thalassionema nitzschioides	42 300	6 200	3 600	61 500	9 100	700	31 800	5 700	33 000	8 400	900	-
Thalassiothrix frauenfeldi	-	10	-	-	60	30	-	-	-	-	10	-
DINOPHYCEES												
Amphidinium spp	-	-	50	10	10	210	-	20	30	800	-	-
Ceratium toutes spp	20	-	-	-	10	10	10	20	10	-	30	-
Exuviella spp	2 300	-	100	2 200	200	120	110	30	60	1 600	120	10
Gymnodinium spp	-	-	40	20	-	-	-	-	10	280	-	-
Peridinium trochoideum	300	100	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Peridinium toutes spp	-	-	-	10	-	-	10	-	10	10	-	-
Prorocentrum micans	300	80	20	220	-	-	30	30	20	110	-	-
CYANO-CHLOROPHYCEES, SILICO (FLAGELLES.												
Oscillatoria spp	10	90	60	30	60	40	10	30	30	350	130	10
Chlorella spp	1 800	300	1 500	900	1 200	100	100	100	50	-	-	-
Dictyocha fibula	260	20	10	10	10	-	100	-	-	-	-	-
Petits flagellés	100	200	50	180	-	-	-	-	-	-	-	-
CILIES-TINTINNIDES												
Ciliés Oligotriches	2 700	620	80	400	280	260	400	420	380	2 200	200	10
Steenstrupiella steenstrupi	220	-	-	-	10	20	10	-	70	-	-	-
Stenosemella ventricosa	200	70	40	20	110	110	90	150	100	120	440	50
Tintinnopsis nana	100	10	20	40	10	10	10	40	-	40	-	-

FOS III : LISTE DES ESPECES ZOOPLANCTONIQUES

HYDROZOAIRES

Anthoméduses
- Podocoryne sp.
- Eucodonium brownei Hartlaub

Leptoméduses
- Obelia sp.
- Phialidium hemisphaericum L.

Trachyméduses
- Aglaura hemistoma Per et Les
- Liriope tetraphylla Cham et Eisenb.

SIPHONOPHORES

Agalmidae
- Agalma elegans Sars

Diphyidae
- Lensia conoidea Kef. et Ehlers.
- Lensia subtilis Chun.
- Muggiaea kochi Will.

ANNELIDES

- Polychètes (larves)
- Tomopteris helgolandica Greef
- Magelona sp.
- Eulalia viridis L.
- Pygospio sp.
- Nerine sp.

CHAETOGNATHES

- Sagitta setosa Müller
- Sagitta inflata Grassi

MOLLUSQUES

Gastéropodes
- Cavolina sp.
- Creseis sp.
- larves ind.

Pélécipodes
- larves ind.

CRUSTACES

Cladocères
- Penilia avirostris Dana
- Podon polyphemoïdes Leuckart
- Evadne spinifera P.E. Müller

Ostracodes
- Cipridina sp.

Copépodes
- Calanus helgolandicus Claus
- Calanus minor Claus
- Paracalanus parvus Claus
- Clausocalanus sp.
- Eucalanus sp.
- Calocalanus pavo Dana
- Rhincalanus nasutus Giesbrecht
- Mecynonera clausi J.C. Thompson
- Euchaeta marina Prétandrea
- Temora stylifera Dana
- Pleuromamma abdominalis Lubbock
- Centropages typicus Kröyer
- Lucitutia flavicornis Claus
- Heterorhabdus papilliger Claus
- Haloptilus sp.
- Anomalocera patersoni Templeton
- Augaptilus anceps Farran
- Labidocera wollastoni Lubbock
- Pontella sp.
- Candacia armata Boeck
- Acartia clausi Giesbrecht
- Acartia latisetosa Kriczaguin
- Oithona helgolandica Claus
- Oithona plumifera Baird
- Oithona nana Giesbrecht
- Oithona setigera Dana
- Microstella rosea Dana
- Macrostella gracilis Dana
- Euterpina acutifrons Claus
- Amphiascus sp.
- Tisbe sp.
- Aegisthus sp.
- Clytemnestra scutellata Dana
- Oncea sp.
- Saphirina sp.
- Coryceus sp.
- Monstrilla sp.

Nauplii (copépodes)

Cirripèdes
- larves Balanus

Mysidacées

Isopodes
- Epicarida sp.

Amphipodes

Euphausiacées

Décapodes
- Porcellana sp. (larves)
- divers (larves)
- zoé

ECHINODERMES

Echinide (larves)

Ophiuride (larves)

TUNICIERS

Appendiculaires
- Fritillaria sp.
- Oikopleura sp.

Thaliacés
- Thalia democratica Forskal
- Doliolum nationalis Borgert

POISSONS

Clupéidae (oeufs et larves)

Gadidae (oeufs et larves)

autres (oeufs et larves)

FOS III espèces principales/m^3	1	2	4	5	7	8	10	11	13	14	16	17
ANNELIDES												
Polychètes (larves ind.)	0,17	0,47	2,62	5,48	-	4,47	1,36	0,48	0,70	3,55	0,16	3,17
CHAETOGNATHES												
Sagitta spp	2,83	0,17	13,73	12,06	1,00	2,98	1,36	1,42	4,25	4,96	0,45	21,31
MOLLUSQUES												
Gastéropodes												
Cavolinia spp	2,83	2,83	0,23	-	1,00	5,96	2,04	0,95	-	-	-	1,81
Creseis spp	9,44	4,72	3,92	5,48	1,79	2,25	1,36	1,42	-	0,70	-	0,16
Larves ind.	7,08	11,81	10,46	21,93	4,78	50,70	29,24	34,00	4,97	57,38	2,72	23,57
Pélécipodes (larves ind.)	-	15,11	1,96	18,63	4,78	55,93	6,80	19,56	9,92	52,41	13,60	106,08
CRUSTACES												
Cladocères												
Podon polyphemoides Leuckart	0,16	0,17	0,23	7,67	1,00	1,00	0,68	-	8,50	8,50	8,16	9,97
Evadne spinifera P.E.Müller	0,47	0,94	21,58	87,69	4,78	20,12	4,76	3,40	0,72	0,35	-	0,45
Copépodes												
Calanus helgolandicus Claus	7,08	6,14	9,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanus minor Claus	26,92	24,55	42,50	48,23	5,37	23,86	0,68	35,70	0,40	9,22	0,56	0,91
Paracalanus parvus Claus	1167,33	1127,66	1732,69	2418,12	276,77	2476,93	1303,56	1905,70	738,38	867,00	481,66	1991,04
Temora stylifera Dana	5,19	21,72	0,23	1,10	-	0,42	-	4,26	-	12,05	-	0,45
Centropages typicus Kröyer	53,36	44,86	40,54	44,94	10,74	10,44	12,92	16,16	2,13	7,80	2,27	10,43
Candacia armata Boeck	8,50	9,92	9,81	4,38	-	0,42	2,72	7,66	7,08	35,50	-	19,95
Acartia clausi Giesbrecht	23,14	57,55	107,88	868,15	47,12	833,60	497,76	727,60	596,41	746,58	138,27	437,92
Oithona helgolandica Claus	8,97	27,39	30,08	74,54	20,88	43,25	22,44	62,06	41,08	37,55	27,20	31,73
Oithona plumifera Baird												
Oithona nana Giesbrecht	0,47	6,14	-	20,92	-	35,05	6,12	35,70	4,25	28,33	36,72	53,04
Oithona setigera Dana	47,22	43,44	26,15	94,27	29,82	63,38	17,00	90,96	57,37	209,67	21,16	74,35
Euterpina acutifrons Claus	0,17	7,56	-	2,19	0,42	1,00	-	8,50	0,40	6,38	2,27	34,45
Oncea spp	3,78	13,22	-	0,46	-	9,70	16,32	12,72	16,30	3,55	2,27	3,63
Coryceus spp	15,58	13,69	15,04	15,35	2,98	3,74	6,12	9,36	4,97	9,92	8,61	15,86
Nauplii ind.	5,19	6,14	5,88	23,02	1,79	13,42	6,80	11,90	5,67	130,33	3,63	149,15
Cirripèdes												
Larves ind.	2,36	0,47	3,92	5,48	-	2,24	174,76	73,10	248,62	139,55	170,45	64,83
TUNICIERS												
Appendiculaires												
Fritillaria spp	23,61	32,11	13,73	16,44	5,96	5,23	4,08	44,20	-	19,13	-	-
Oikopleura spp	14,14	58,08	80,42	110,71	38,18	65,61	10,88	64,60	4,25	127,50	0,16	47,60
POISSONS												
Oeufs ind.	0,94	0,47	4,58	15,35	2,98	4,47	2,04	0,24	-	-	0,16	-
Larves ind.	0,94	0,94	13,73	0,46	1,79	1,00	2,04	16,32	-	0,35	-	0,16

FOS III espèces principales/m^3	19	20	22	23	25	26	28	29	31	32	34	35
ANNELIDES												
Polychètes (larves ind.)	1,42	1,45	2,52	0,22	-	0,43	10,90	0,15	4,79	4,36	0,54	-
CHAETOGNATHES												
Sagitta spp	0,13	5,04	0,22	17,00	4,12	7,23	2,61	20,17	1,31	15;81	2,18	10,96
MOLLUSQUES												
Gastéropodes												
Cavolinia spp	-	-	0,22	1,26	0,89	-	0,17	0,37	5,74	0,31	17,43	11,79
Creseis spp	0,13	-	3,78	-	1,81	1,11	4,71	4,58	5,74	-	28,33	40,19
Larves ind.	2,13	25,44	11,33	193,93	21,70	29,66	9,94	63,14	5,23	28,33	5,45	17,54
Pélécipodes (larves ind.)	8,85	87,60	37,15	297,19	30,74	38,34	6,28	94,74	18,31	115,51	4,36	11,69
CRUSTACES												
Cladocères												
Podon polyphemoides Leuckart	4,25	4,75	5,04	5,67	5,43	12,94	3,66	3,28	6,10	7,63	0,54	5,85
Evadne spinifera P.E.Müller	-	-	-	0,63	1,81	0,43	0,52	0,65	6,54	2,73	7,09	6,58
Copépodes												
Calanus helgolandicus Claus	-	-	-	-	-	18,08	1,05	-	0,15	1,09	0,31	0,15
Calanus minor Claus	0,13	-	3,15	-	43,40	20,25	3,66	4,58	10,90	-	0,31	5,12
Paracalanus parvus Claus	102,71	431,38	973,81	4114,00	1921,36	2000,94	836,40	5971,85	704,41	173,59	194,52	828,69
Temora stylifera Dana	-	-	-	1,89	52,45	87,53	6,28	3,92	-	7,63	0,31	28,50
Centropages typicus Kröyer	-	12,24	8,81	40,93	29,85	31,11	7,85	23,68	4,79	17,99	2,73	11,69
Candacia armata Boeck	4,25	6,30	3,15	5,74	0,89	12,30	6,18	4,58	-	0,83	0,31	0,15
Acartia clausi Giesbrecht	157,97	315,94	1774,30	3103,43	655,40	2408,94	2723,14	4174,25	1723,54	1983,88	1545,26	1677,85
Oithona helgolandica Claus	13,81	15,25	30,22	30,22	24,42	30,38	21,45	59,63	34,44	113,33	15,81	130,08
Oithona plumifera Baird												
Oithona nana Giesbrecht	10,63	30,10	78,70	35,26	8,15	7,23	6,28	31,57	49,69	114,97	15,81	54,08
Oithona setigera Dana	16,29	58,64	16,37	62,33	77,76	156,26	27,72	85,91	86,31	105,17	22,34	139,58
Euterpina acutifrons Claus	0,35	5,40	11,33	25,19	0,51	9,40	0,18	5,89	3,05	29,99	0,31	0,15
Oncea spp	30,10	15,00	30,85	8,18	34,36	17,36	7,85	7,85	13,08	11,99	6,00	46,77
Coryceus spp	0,66	1,50	19,52	15,11	18,09	13,02	14,12	11,40	13,95	9,81	25,62	35,08
Nauplii ind.	4,25	12,50	5,04	29,60	0,89	6,51	2,09	8,51	2,18	13,63	1,09	5,12
Cirripèdes												
Larves ind.	322,65	45,90	586,81	54,78	180;85	17,36	153,78	103,48	1147,28	111,71	108,44	56,27
TUNICIERS												
Appendiculaires												
Fritillaria spp	-	-	0,73	11,33	1,81	2,89	1,05	2,62	1,31	4,36	4,91	16,81
Oikopleura spp	0,13	30,12	5,04	98,22	94,04	64,38	17,26	79,80	10,90	27,29	8,18	26,31
POISSONS												
Oeufs ind.	-	-	-	0,22	0,82	-	0,18	0,65	0,87	-	3,82	0,15
Larves ind.	0,13	-	-	13,22	0,51	6,51	3,66	4,58	1,31	0,31	0,31	-

FOS III espèces principales/m^3	37	38	40	41	43	44	46	47				
ANNELIDES												
Polychètes (larves ind.)	0,15	0,42	0,27	0,27	-	-	0,46	-				
CHAETOGNATHES												
Sagitta spp	2,63	21,41	5,20	23,14	1,96	0,32	9,00	0,23				
MOLLUSQUES												
Gastéropodes												
Cavolinia spp	4,20	0,15	5,20	6,14	-	1,71	0,23	-				
Creseis spp	22,09	17,04	15,11	86,88	2,61	4,53	44,13	24,19				
Larves ind.	1,05	30,22	6,61	8,50	0,16	0,56	-	-				
Pélécipodes (larves ind.)	1,42	23,93	8,03	7;09	1,64	3,97	0,12	9,81				
CRUSTACES												
Cladocères												
Podon polyphemoides Leuckart	1,58	2,23	-	0,27	0,08	0,56	13,90	45,77				
Evadne spinifera P.E.Müller	5,25	15,00	-	2,83	3,60	0,32	0,81	1,16				
Copépodes												
Calanus helgolandicus Claus	-	11,68	3,77	3,37	-	-	-	-				
Calanus minor Claus	8,93	26,86	14,22	18,86	2,61	7,37	2,46	7,85				
Paracalanus parvus Claus	226,67	2305,70	417,44	867,00	81,01	266,33	365,35	777,42				
Temora stylifera Dana	-	28,12	1,42	5,20	-	13,04	45,77	270,69				
Centropages typicus Kröyer	4,73	9,23	4,72	4,72	0,16	1,71	4,08	0,38				
Candacia armata Boeck	0,15	-	0,47	0,27	-	2,27	2,46	0,23				
Acartia clausi Giesbrecht	770,70	1672,30	567,61	618,61	17,30	67,44	1397,60	1738,58				
Oithona helgolandica Claus	15,74	88,57	25,03	53,37	4,57	182,43	148,75	154,31				
Oithona plumifera Baird												
Oithona nana Giesbrecht	22,27	13,43	5,20	16,06	0,16	12,46	14,71	7,85				
Oithona setigera Dana	47,22	125,51	35,42	128,39	13,00	86,13	37,60	61,46				
Euterpina acutifrons Claus	-	-	-	-	-	-	0,23	-				
Oncea spp	24,13	65,90	93,50	97,28	3,60	9,07	18,81	7,19				
Coryceus spp	42,51	37,78	26,92	40,61	7,17	17,23	40,86	18,31				
Nauplii ind.	0,42	0,42	-	1,40	0,33	1,71	0,12	2,61				
Cirripèdes												
Larves ind.	87,00	13,43	11,33	7,09	3,60	1,71	9,81	6,54				
TUNICIERS												
Appendiculaires												
Fritillaria spp	2,10	12,59	2,36	2,83	1,31	1,71	-	1,96				
Oikopleura spp	9,44	38,62	17,00	59,03	5,23	10,77	0,81	19,71				
POISSONS												
Oeufs ind.	0,15	-	0,47	0,47	0,08	0,85	-	-				
Larves ind.	1,58	2,52	-	0,47	1,31	0,32	0,46	-				

Fig. 1. Situation des stations . FOS I. Mai 1974

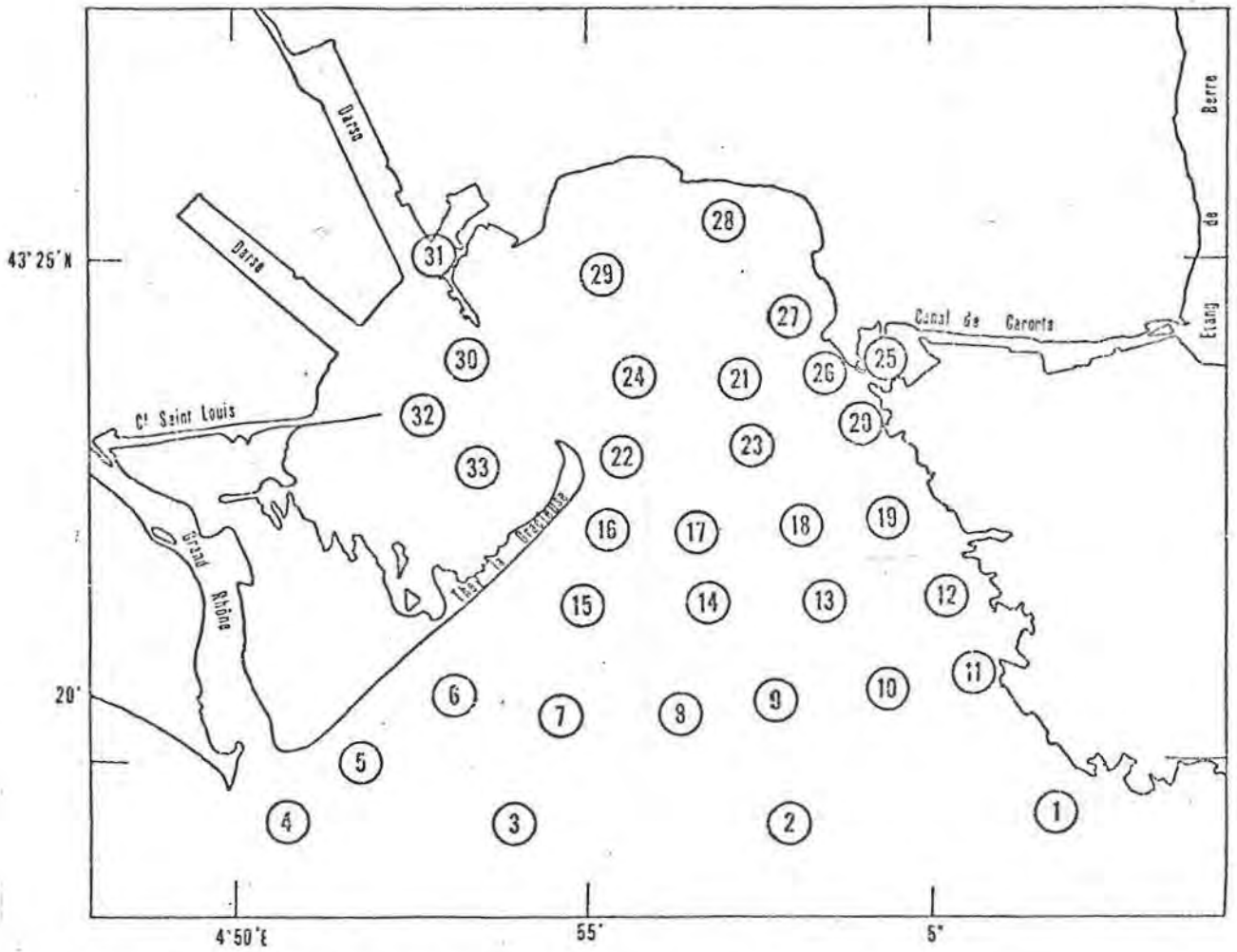


Fig. 2. Températures de surface (°C)

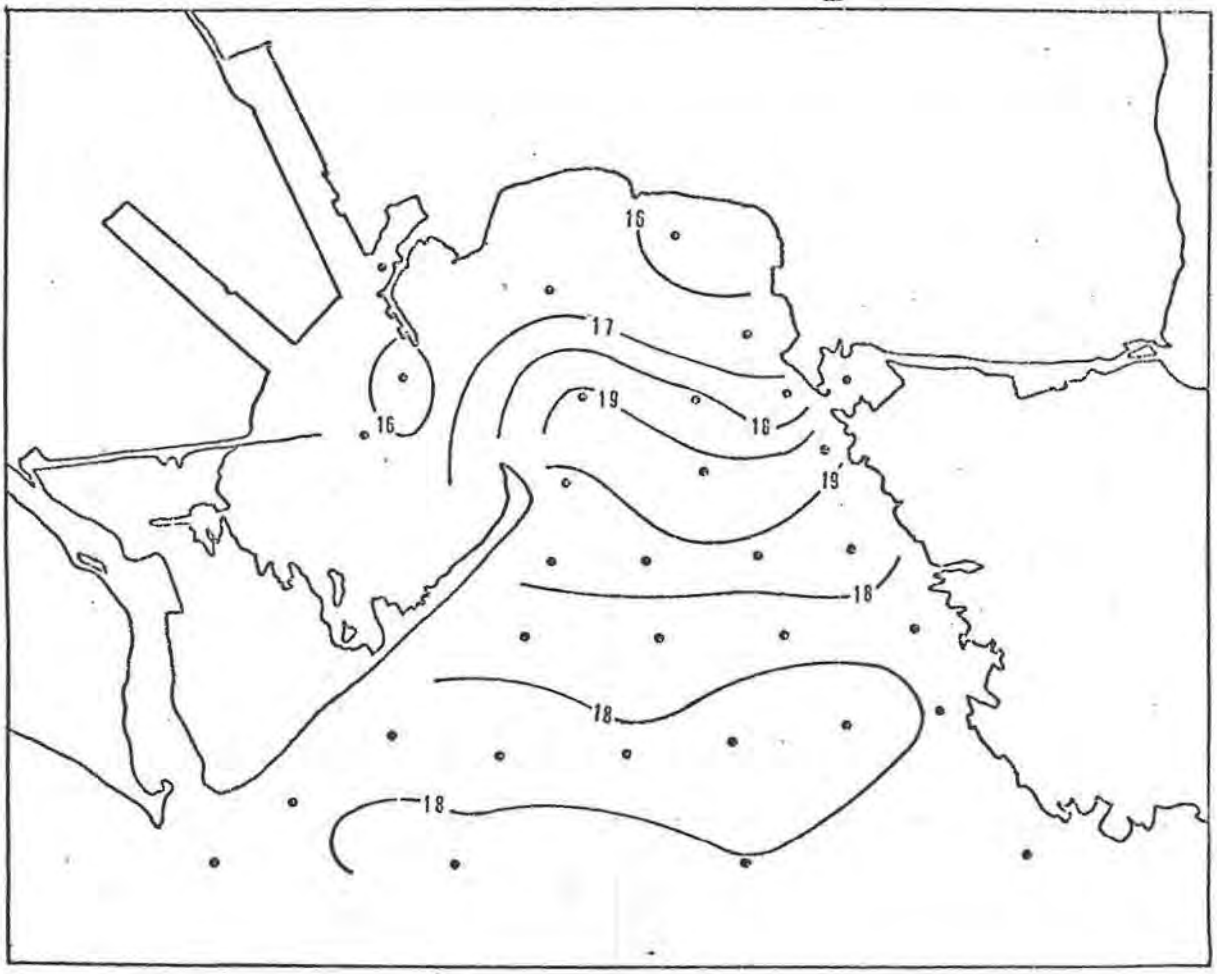


Fig. 3. Salinités de surface (°/₀₀)

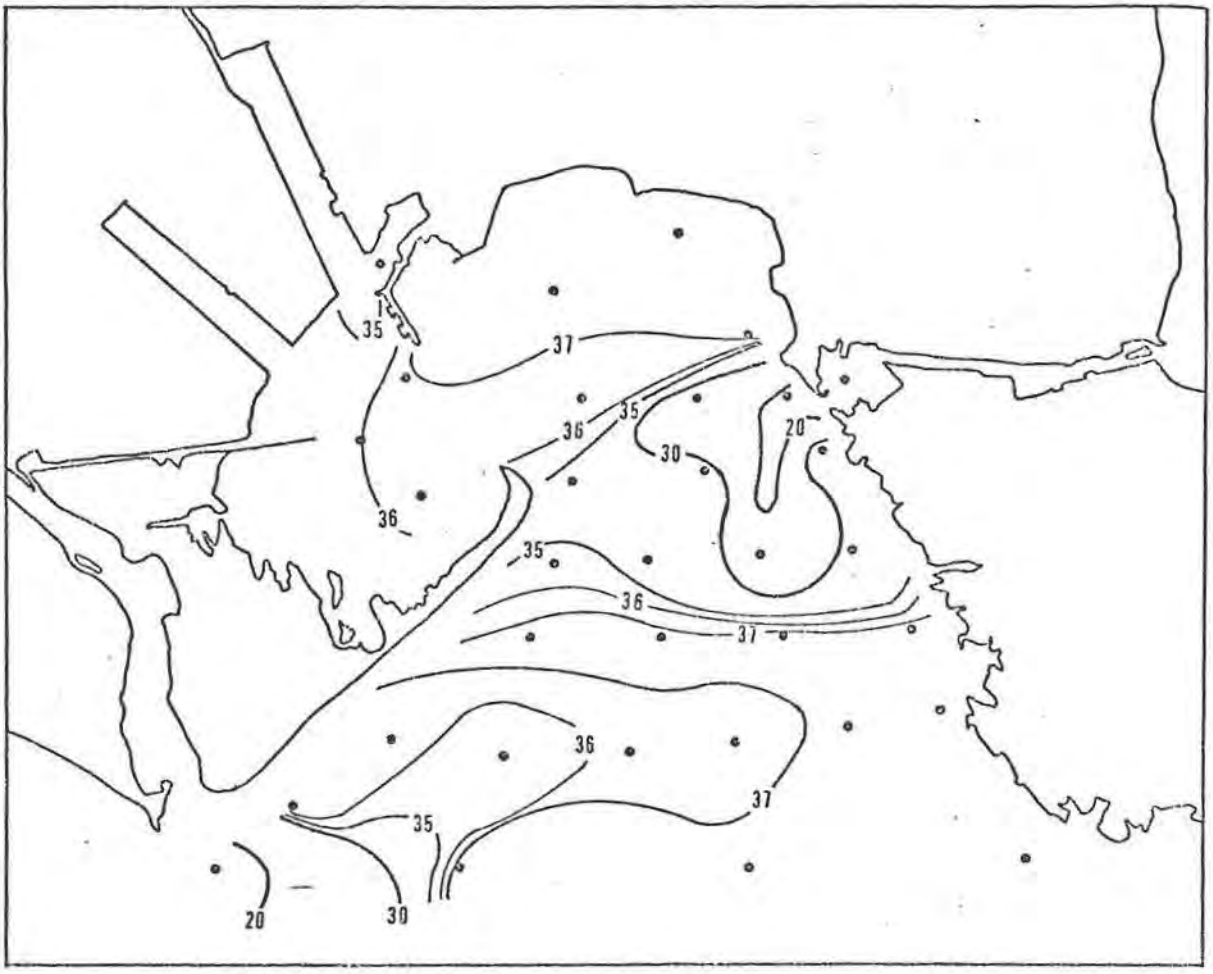


Fig. 4. Oxygène dissous (ml/l)

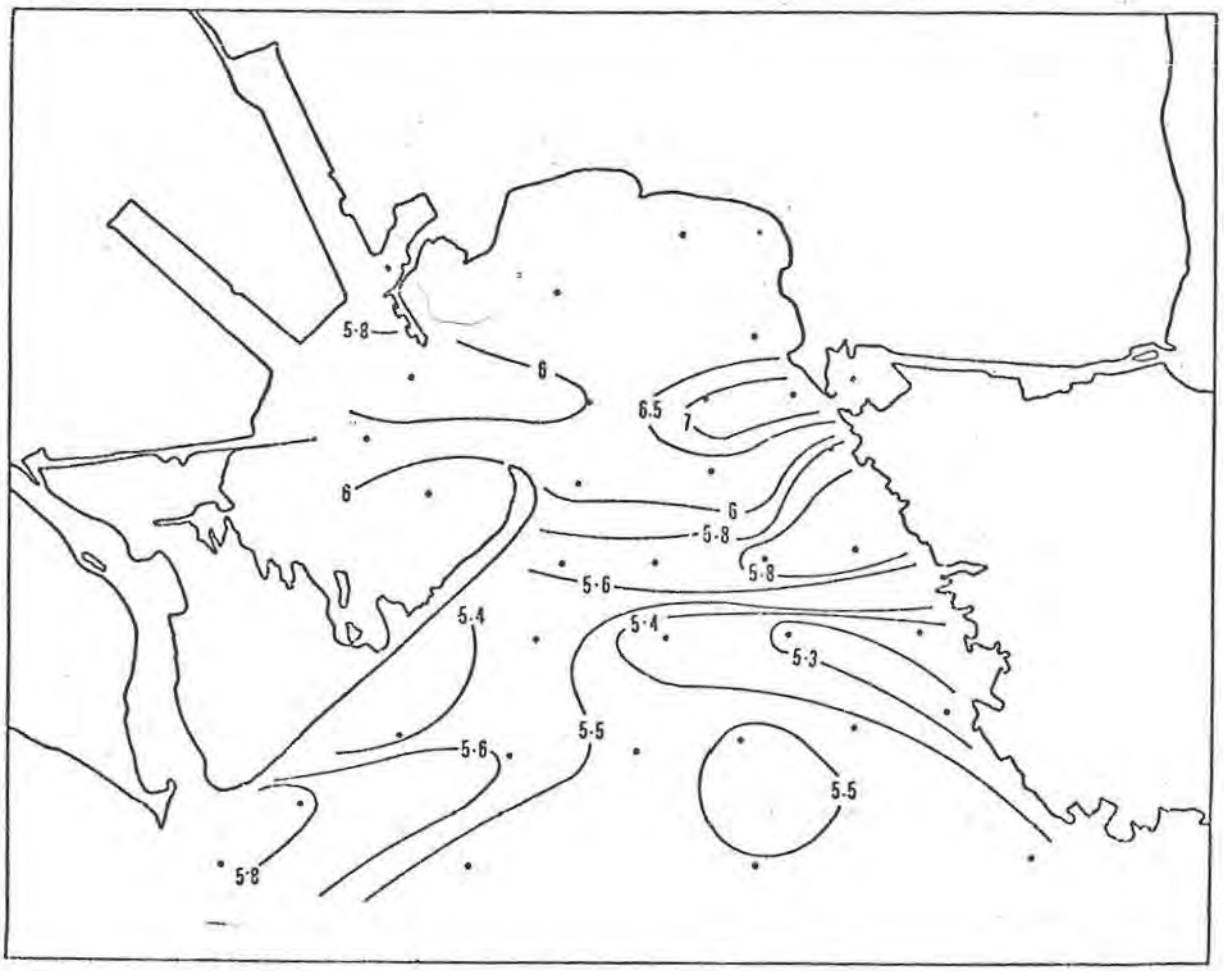


Fig. 5. Disque de Secchi (en m)

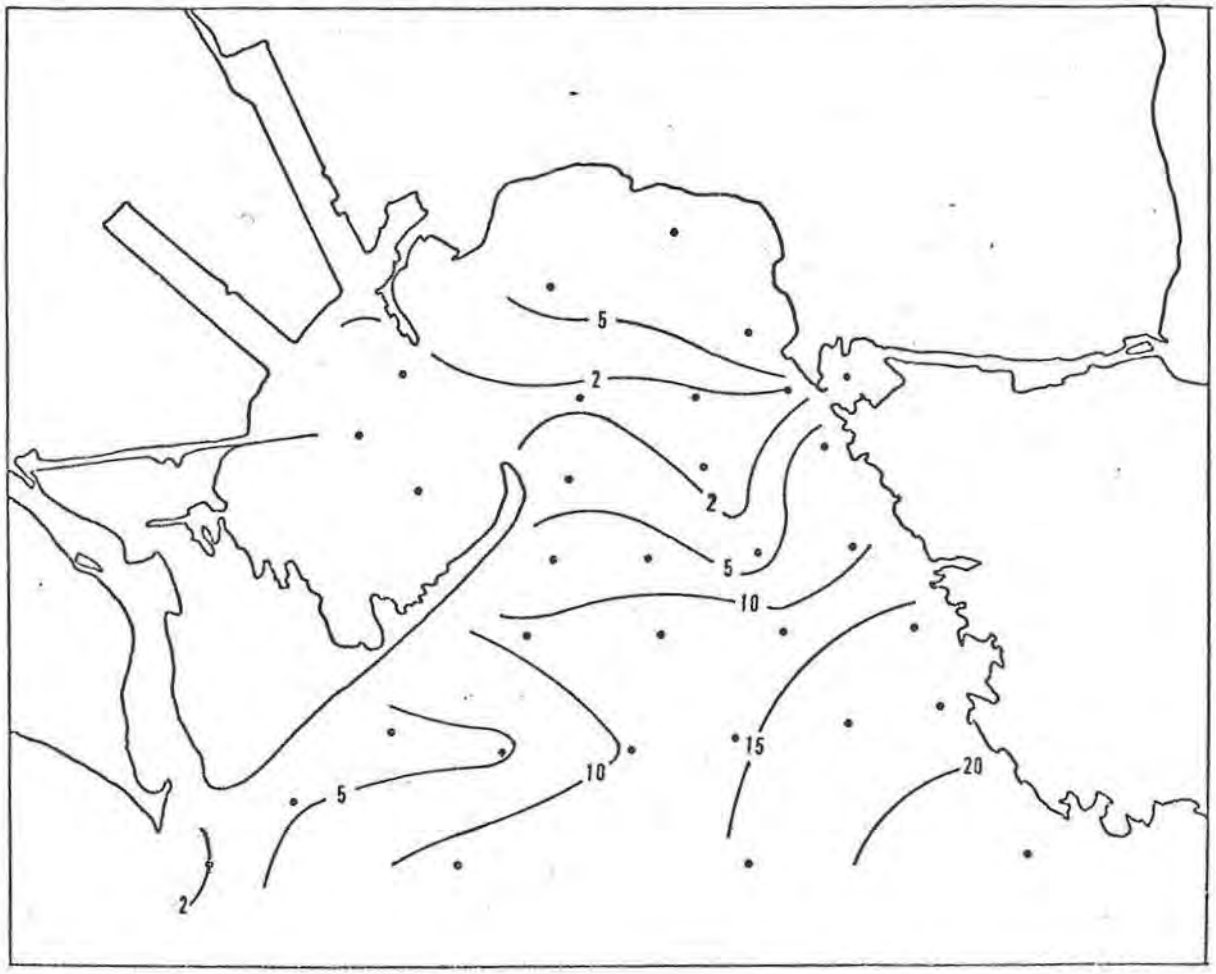


Fig. 6. Matériel particulaire ou seston (mg/l)

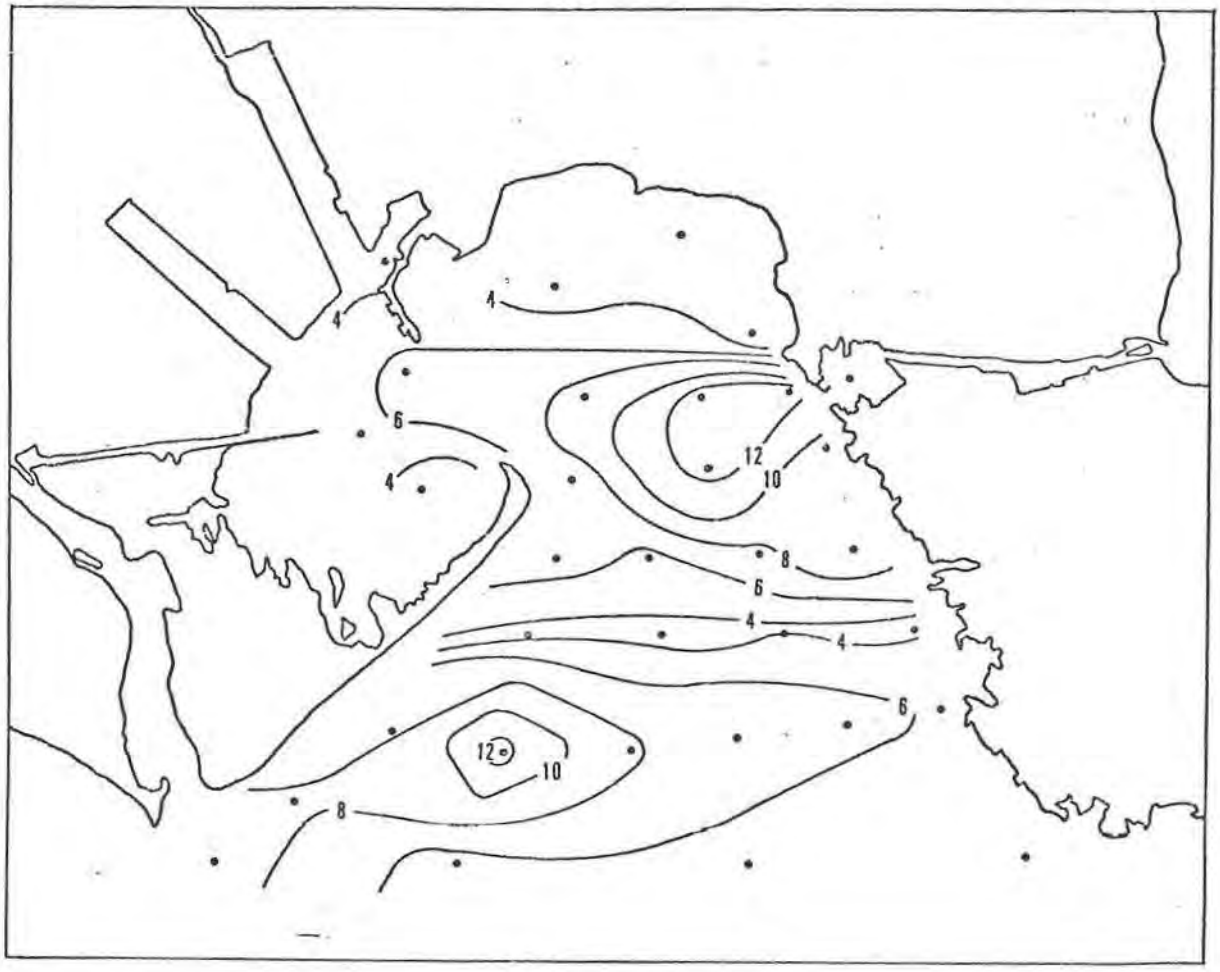


Fig. 7. Nitrates (µatg/1)

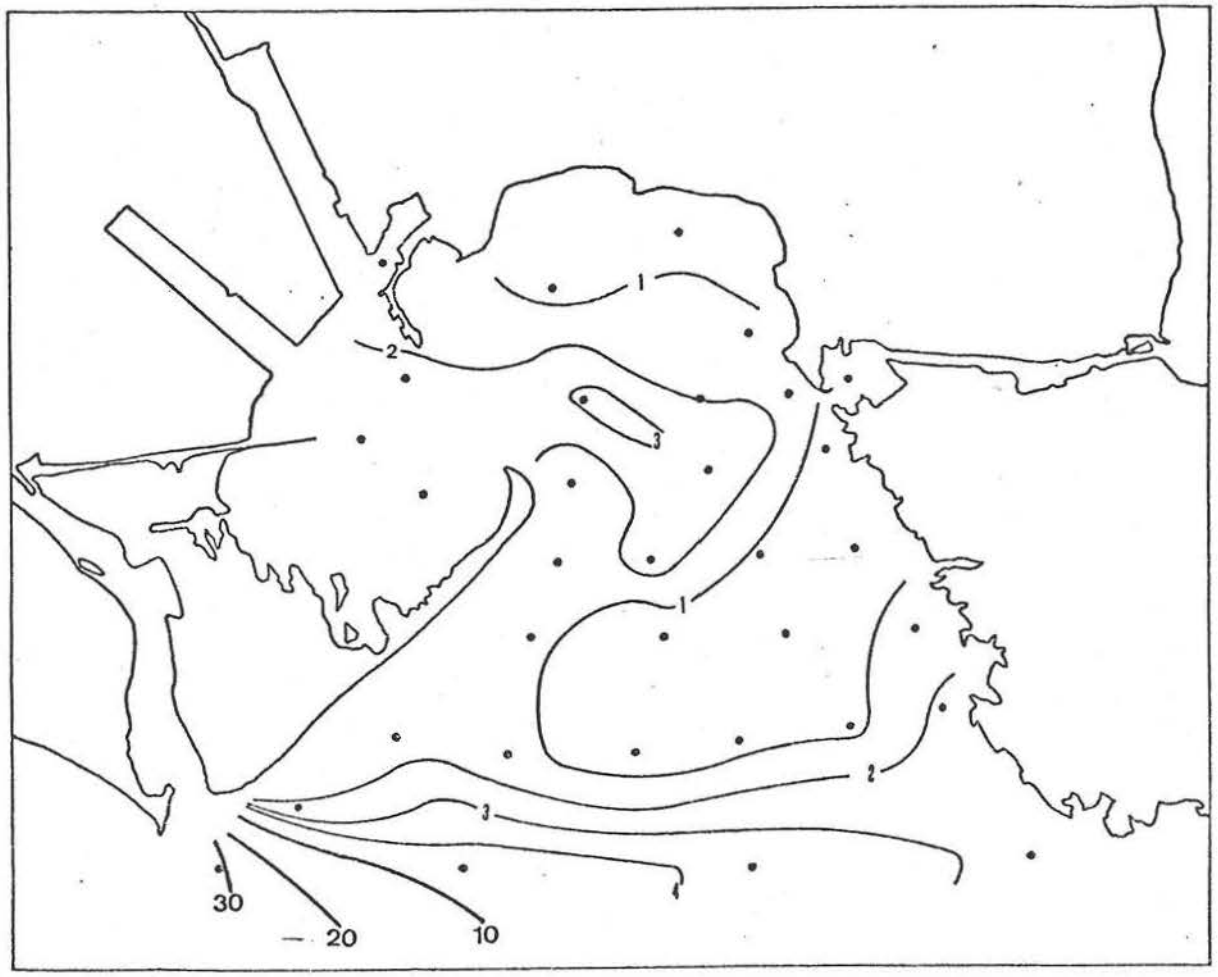


Fig. 8. Phosphates (µatg/1)

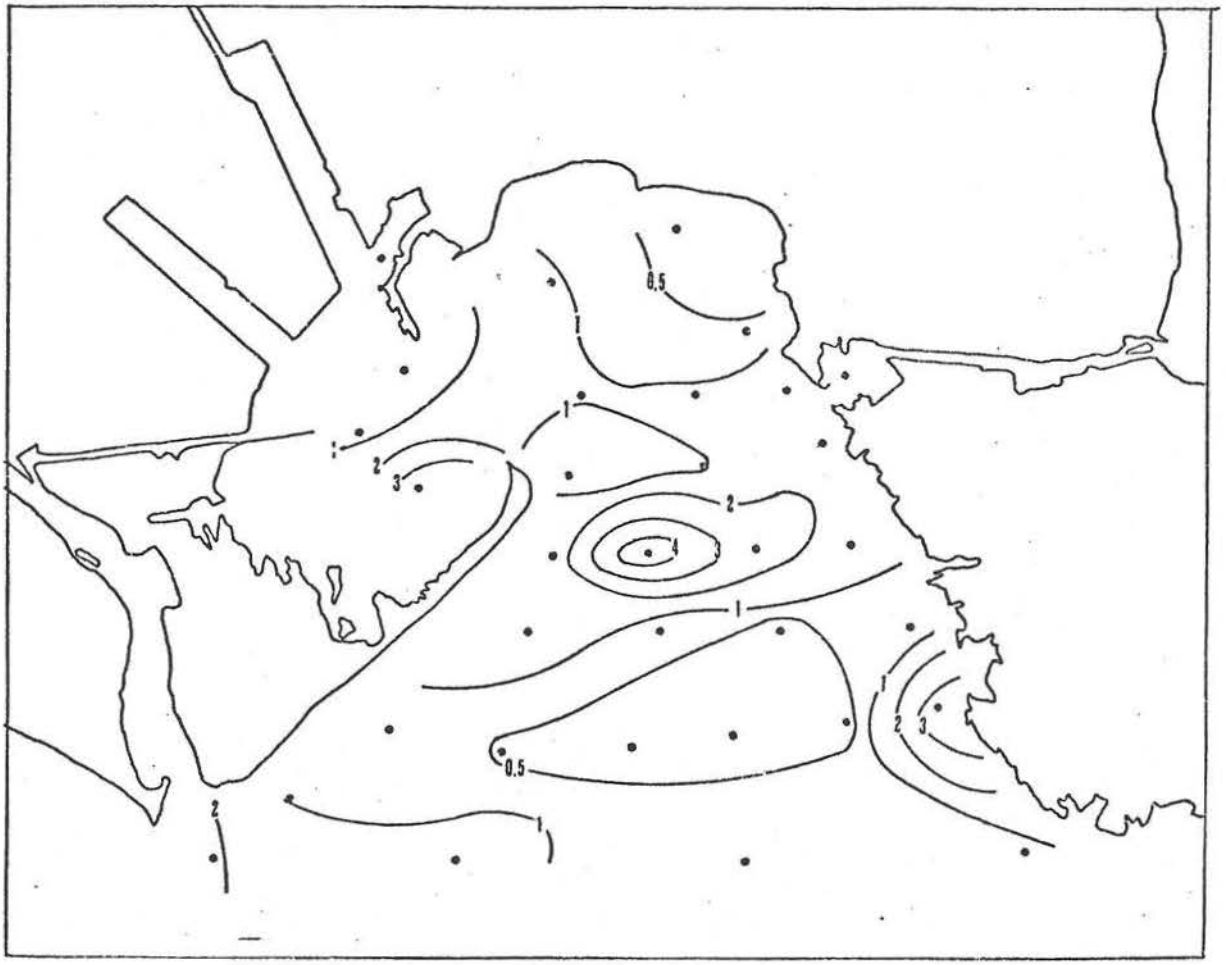


Fig. 9. Nitrites (µatg/l)

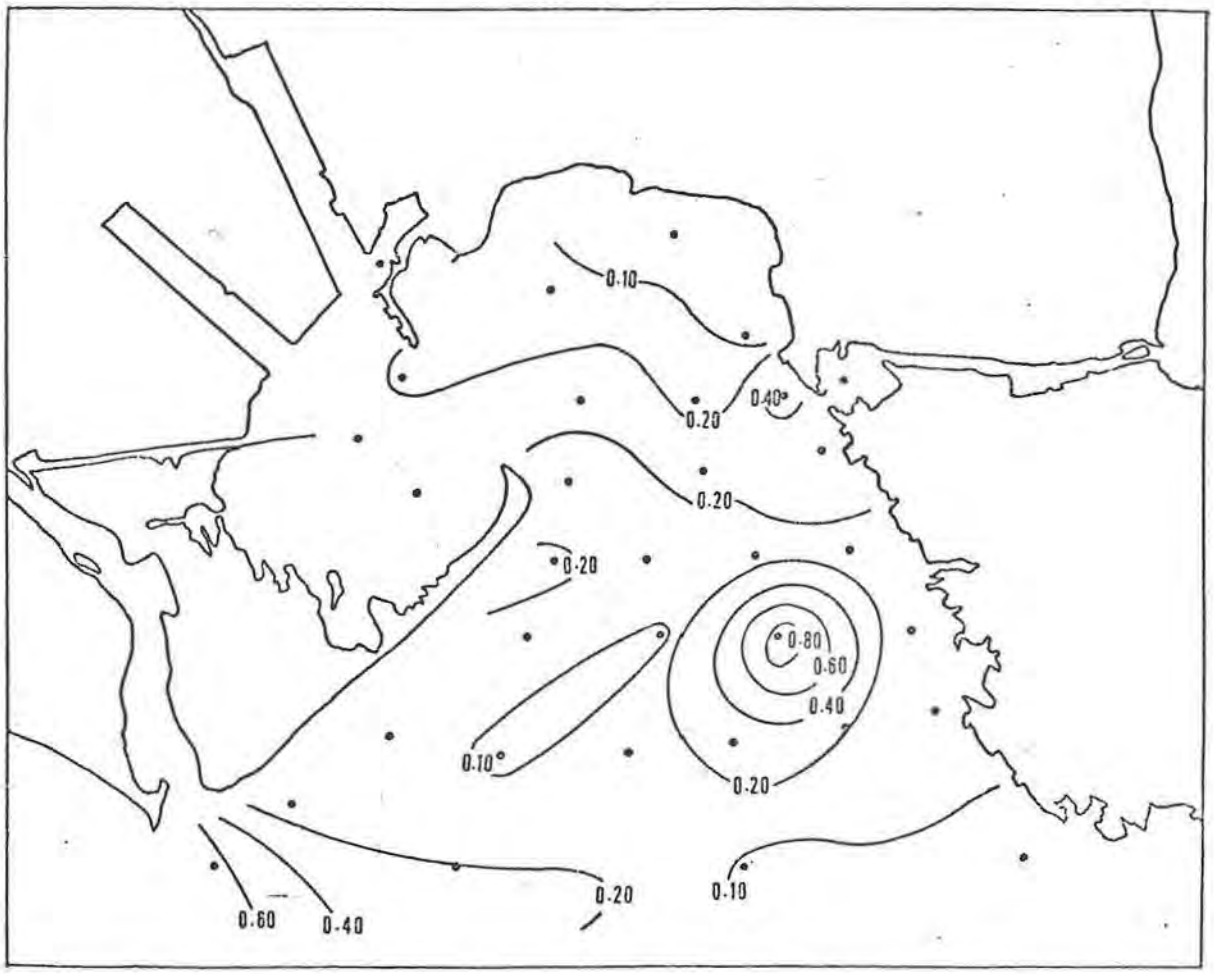


Fig. 10. Répartition des Chaetoceros vistulae (nbre cell./l)

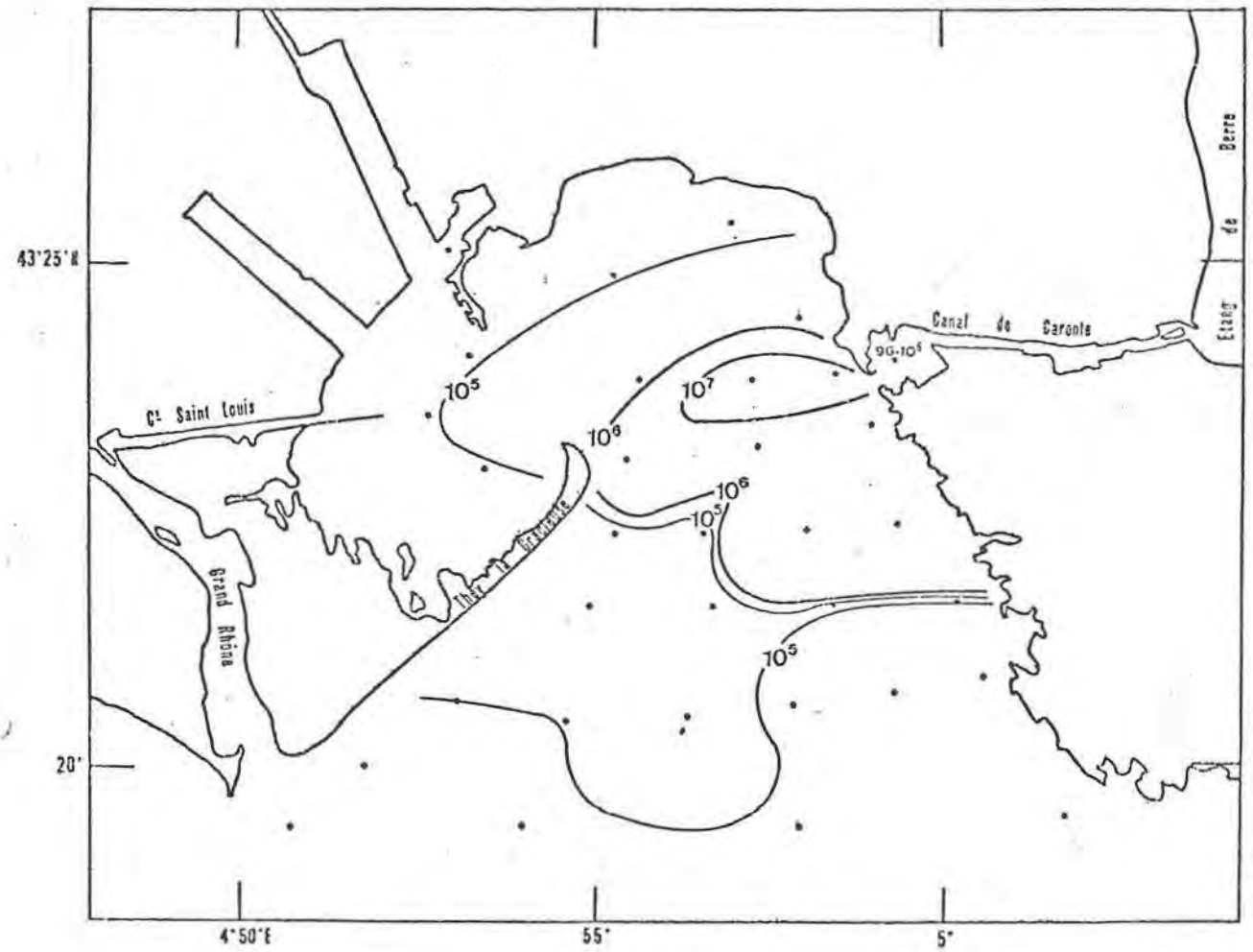


Fig. 11. Répartition des Cyclotella (nbre de cell./l)

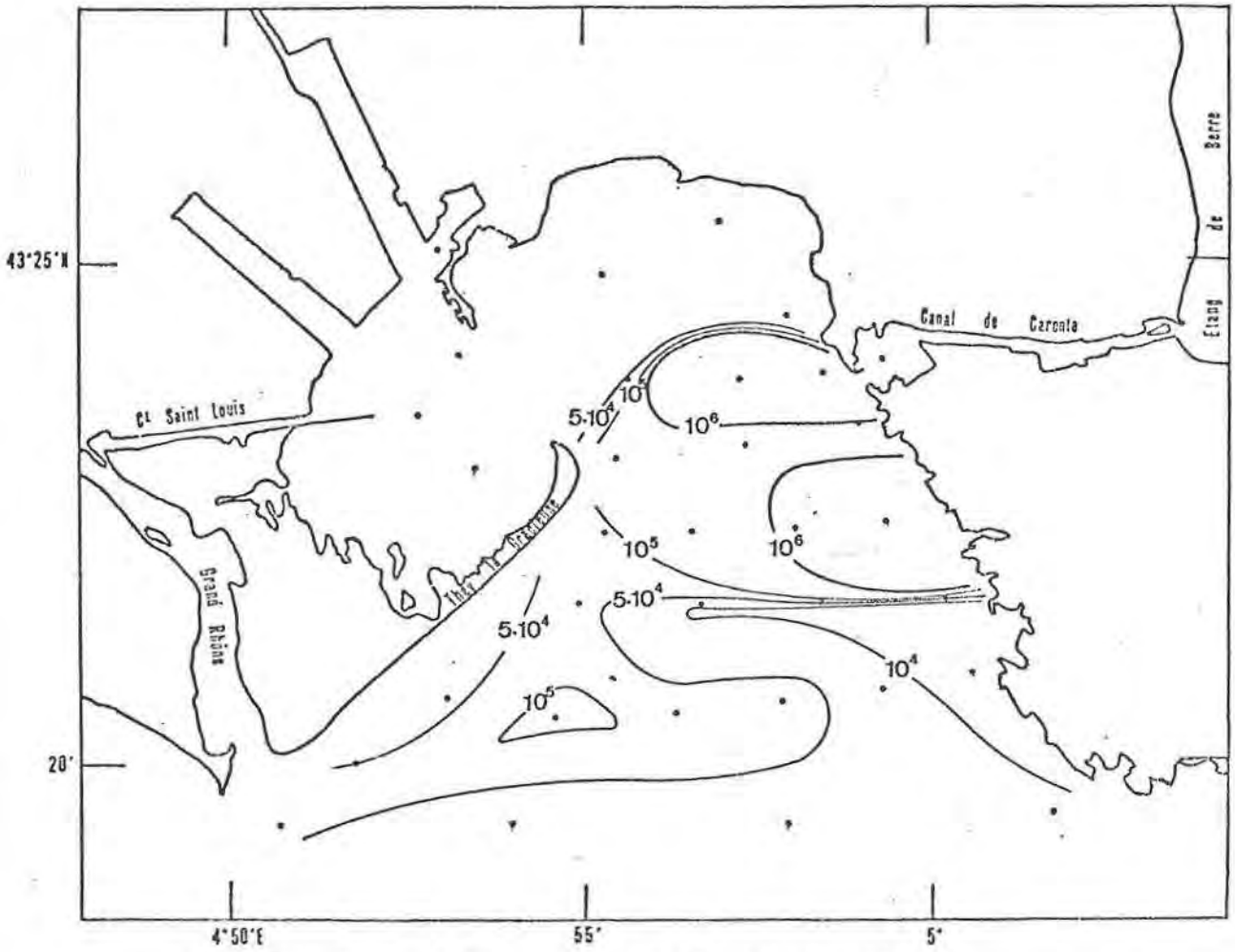


Fig. 12. Répartition des Exuviella (nbre cell./l)

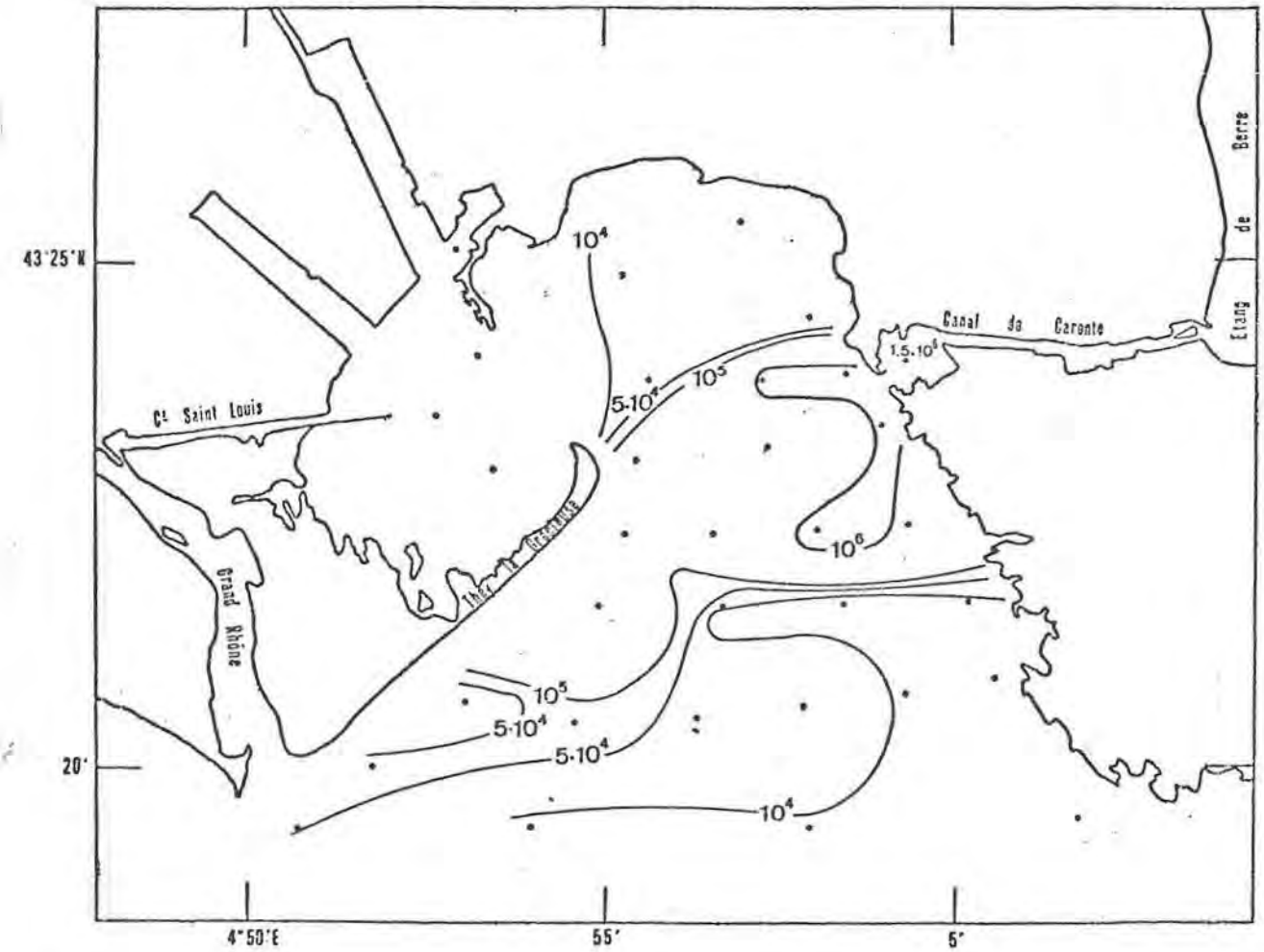


Fig. 13. Phytoplancton total (nbre cell./l)

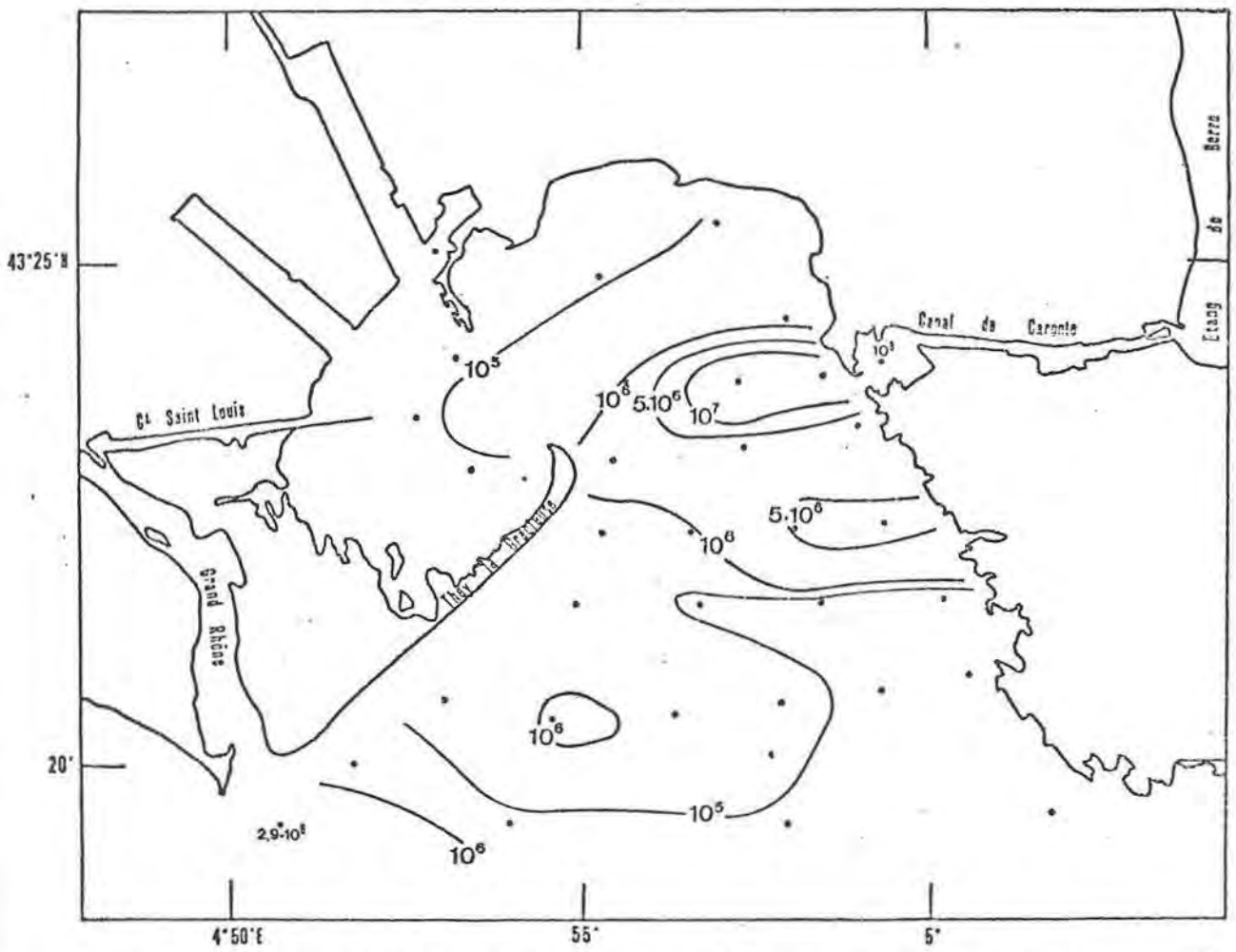


Fig. 14. Indice de diversité spécifique du phytoplancton

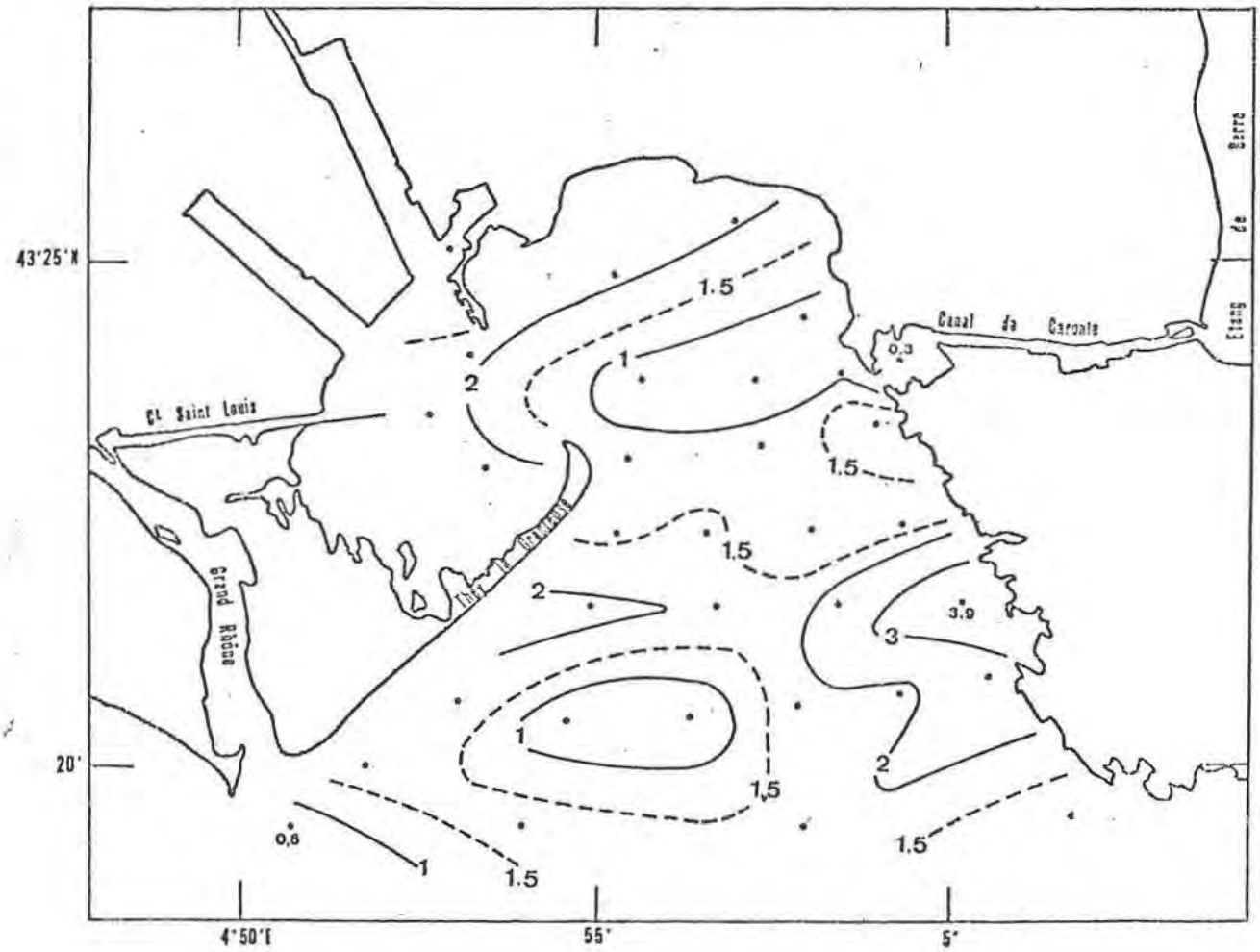


Fig. 15. Chlorophylle a (µg/1)

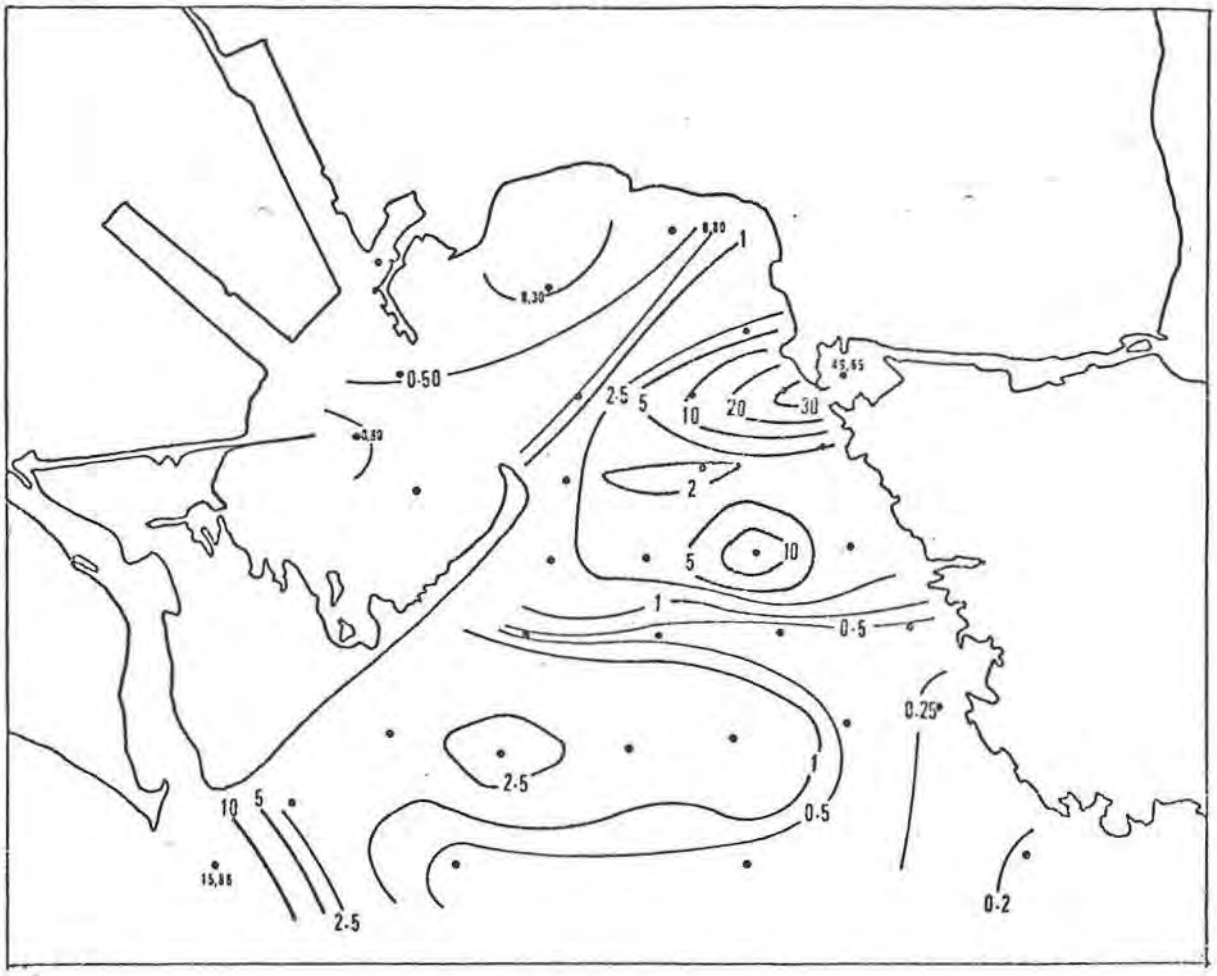


Fig. 16. Phaeophytines (µg/1)

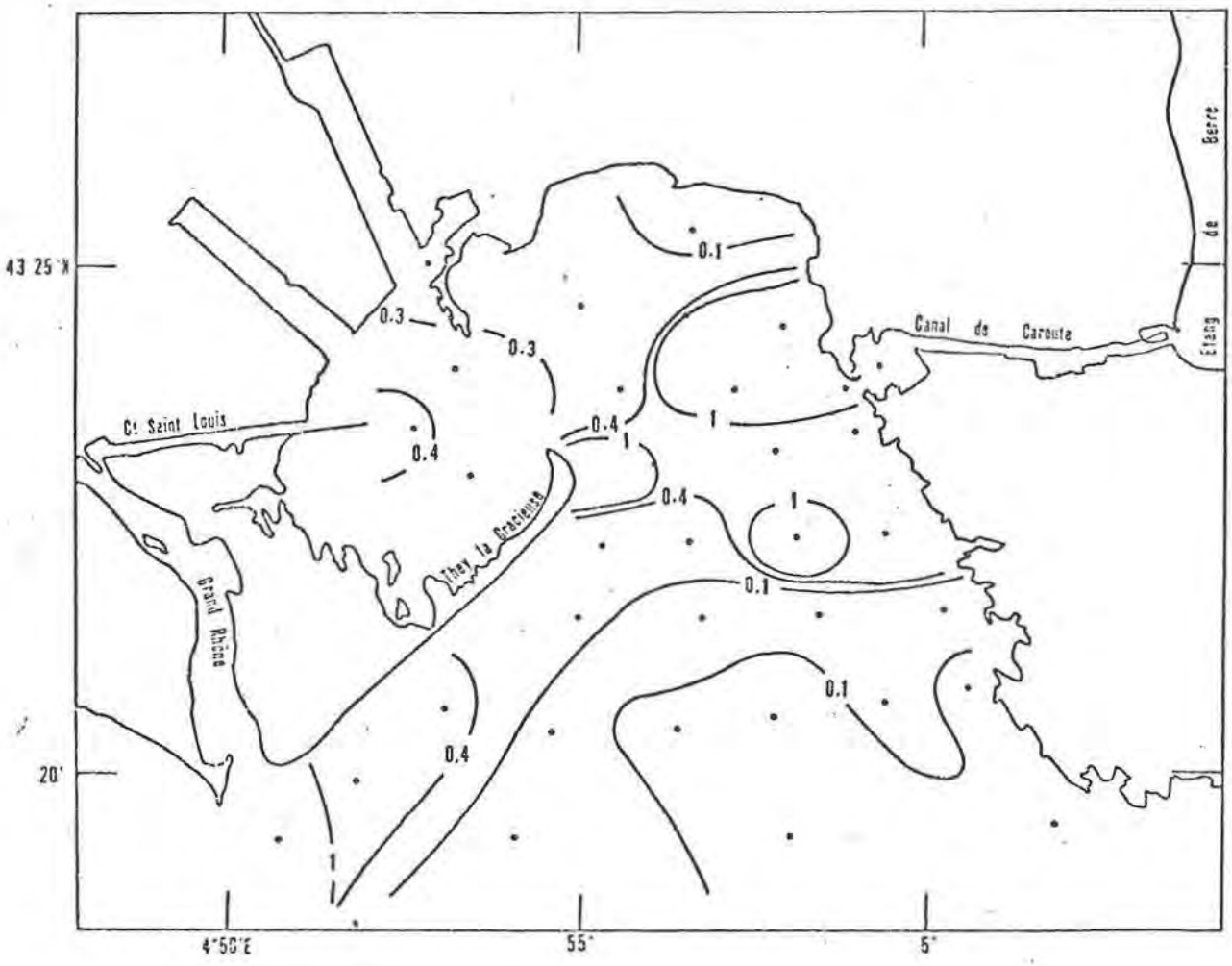


Fig. 17. Rapport phaeophytine / pigments totaux (en %)

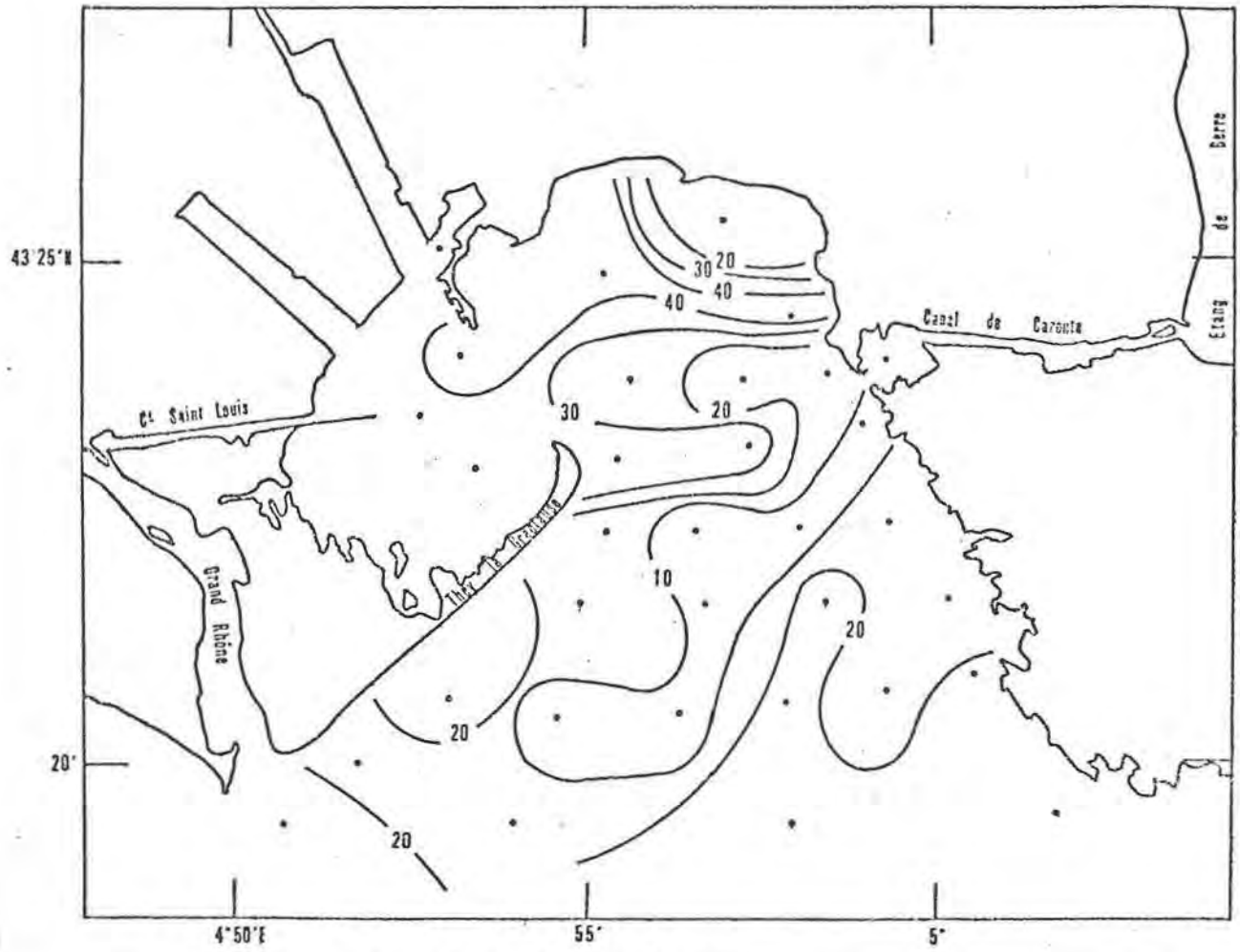


Fig. 18. Carbone particulaire (µg/1)

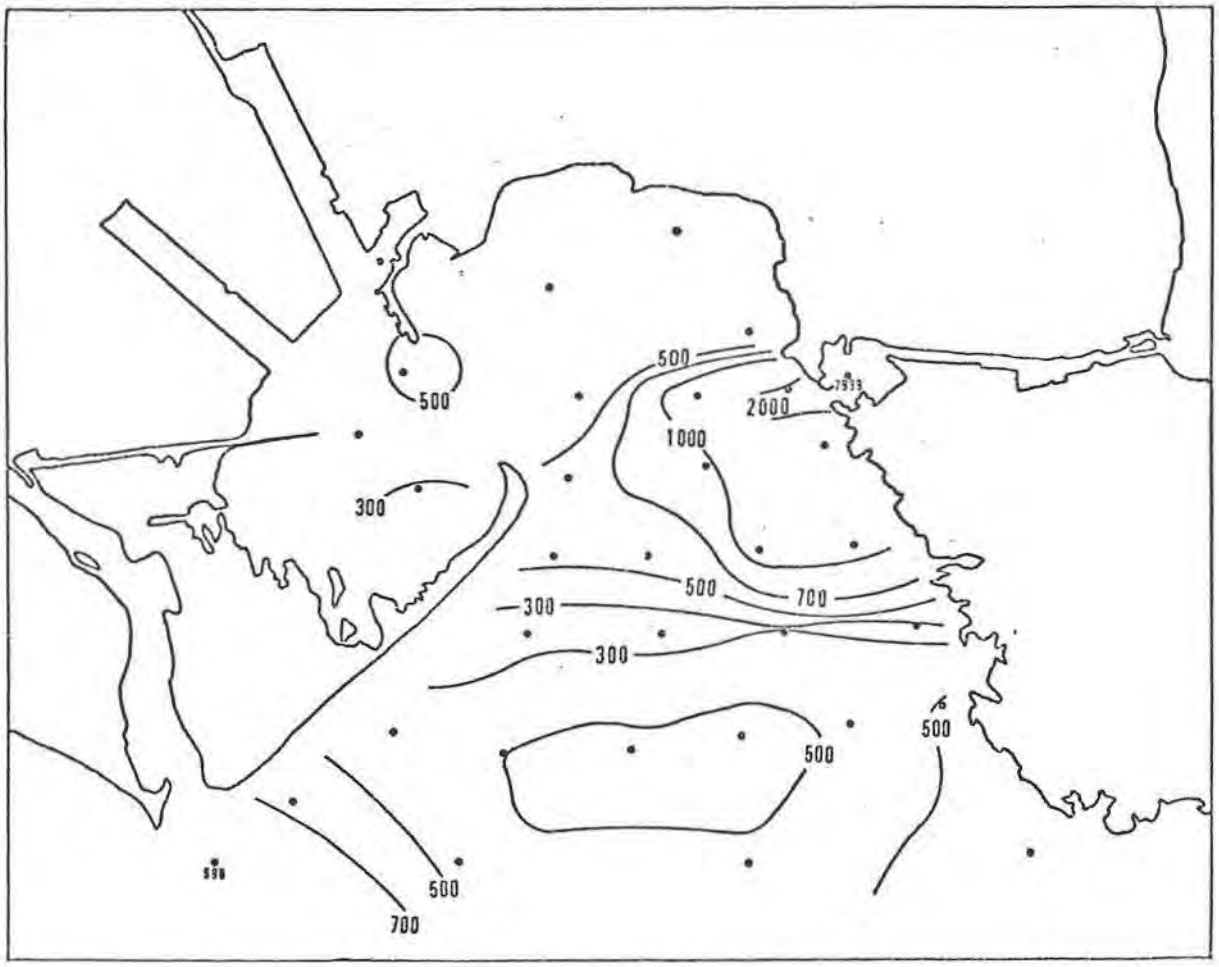


Fig. 19. Azote particulaire (µg/l)

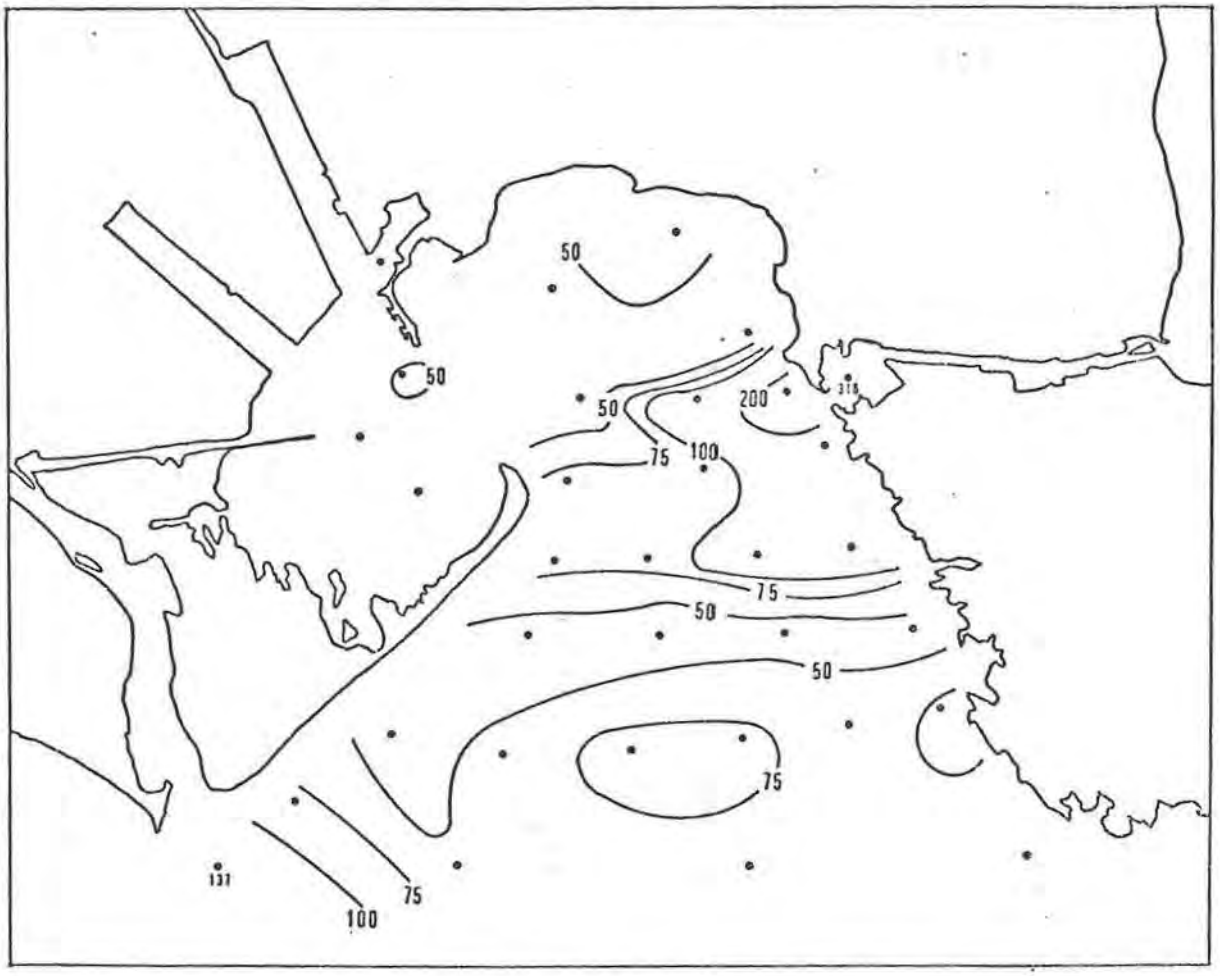


Fig. 20. Adénosine triphosphate ou ATP (picomoles/l)

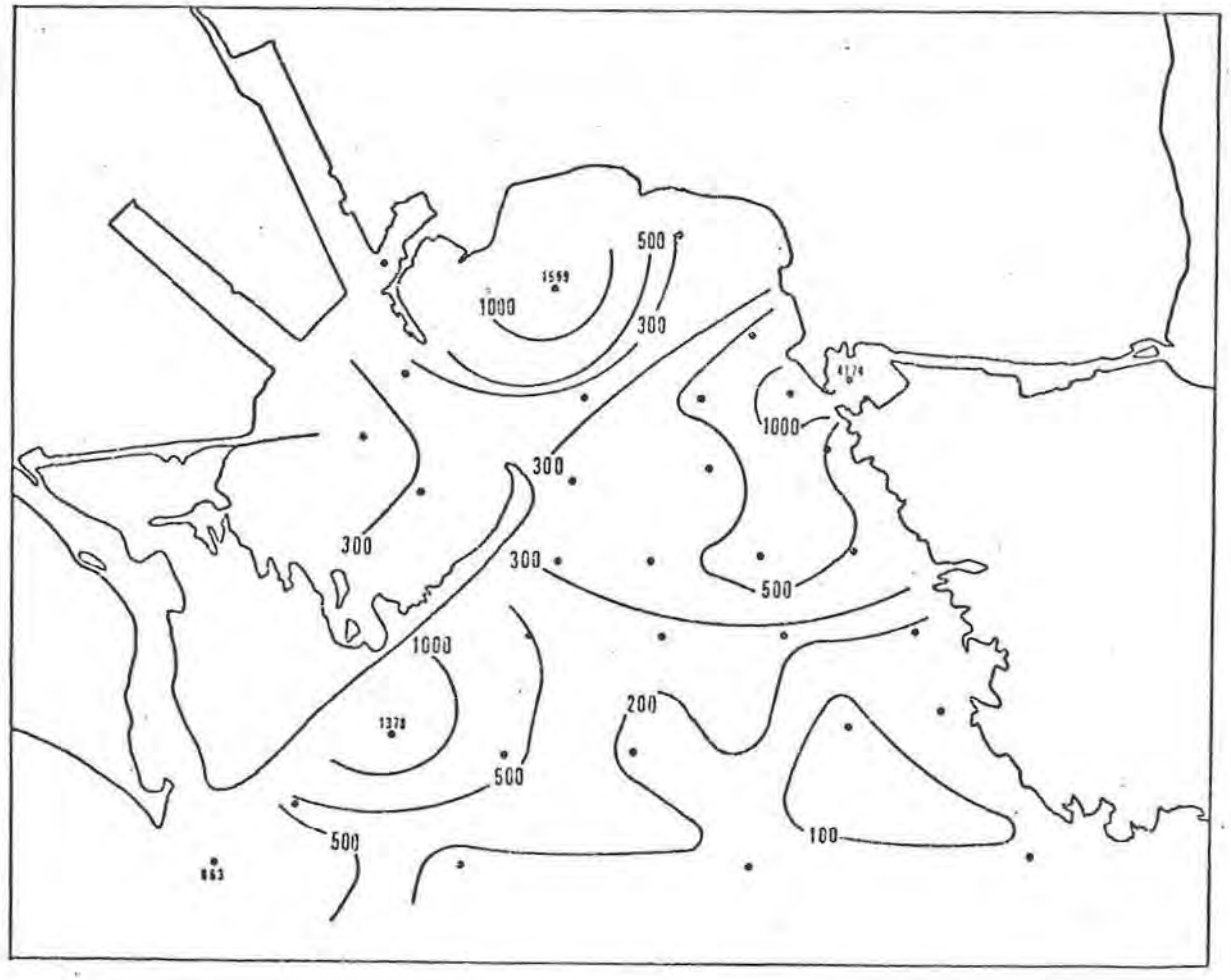


Fig. 21. Adénosine diphosphate ou ADP (picomoles/l)

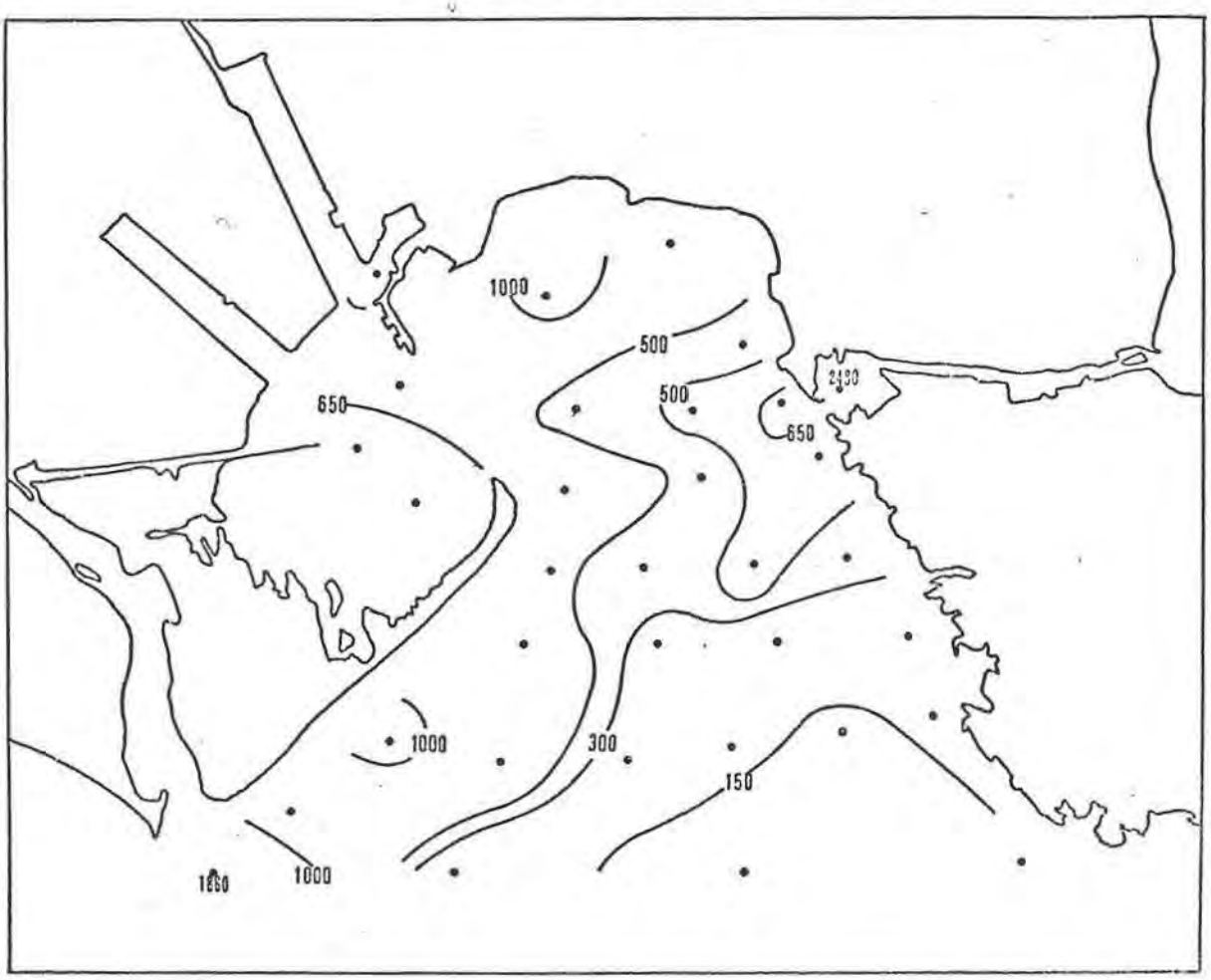


Fig. 22. Σ = ATP + ADP + AMP (picomoles/l)

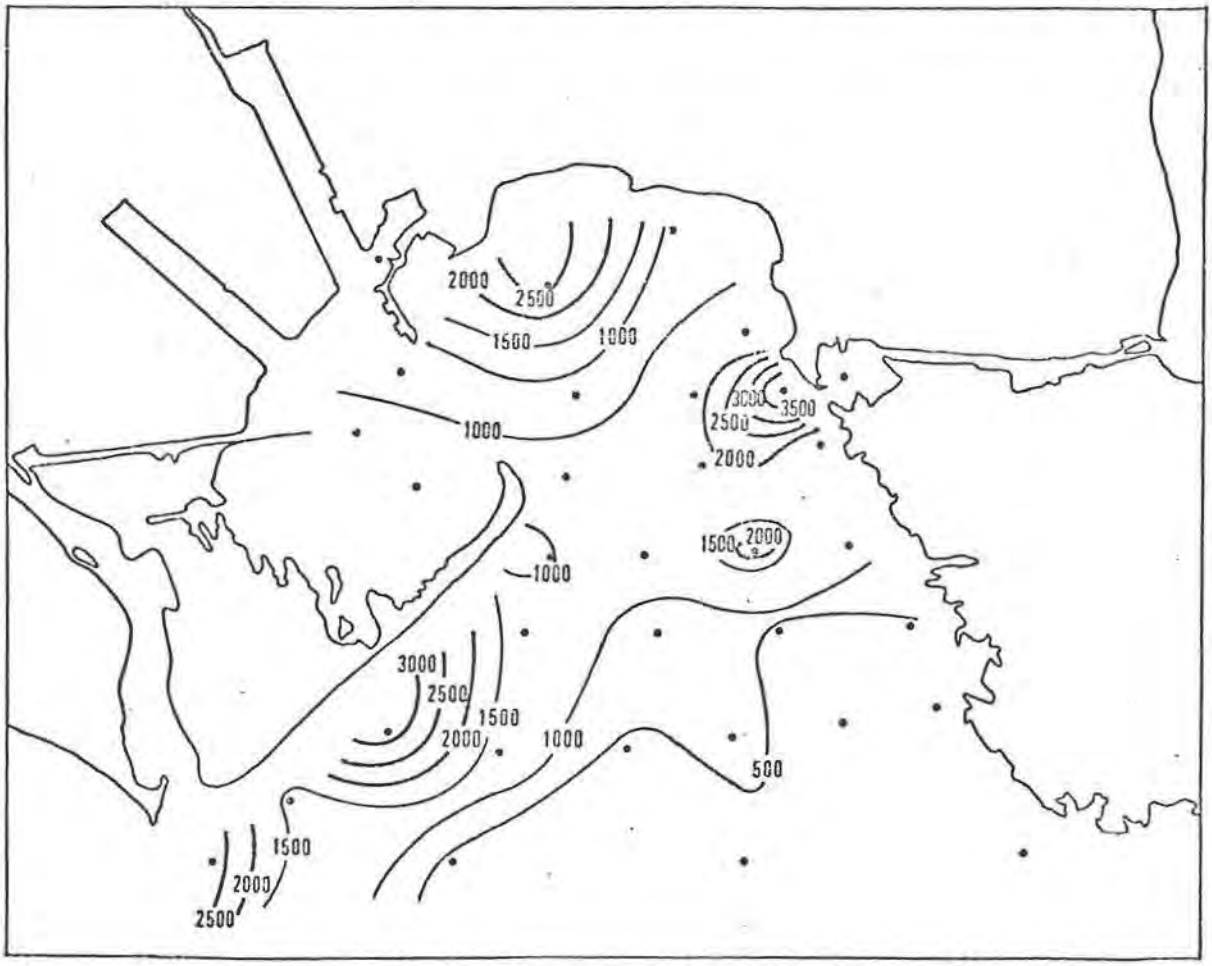


Fig. 23. Adénosine monophosphate ou AMP (picomoles/l)

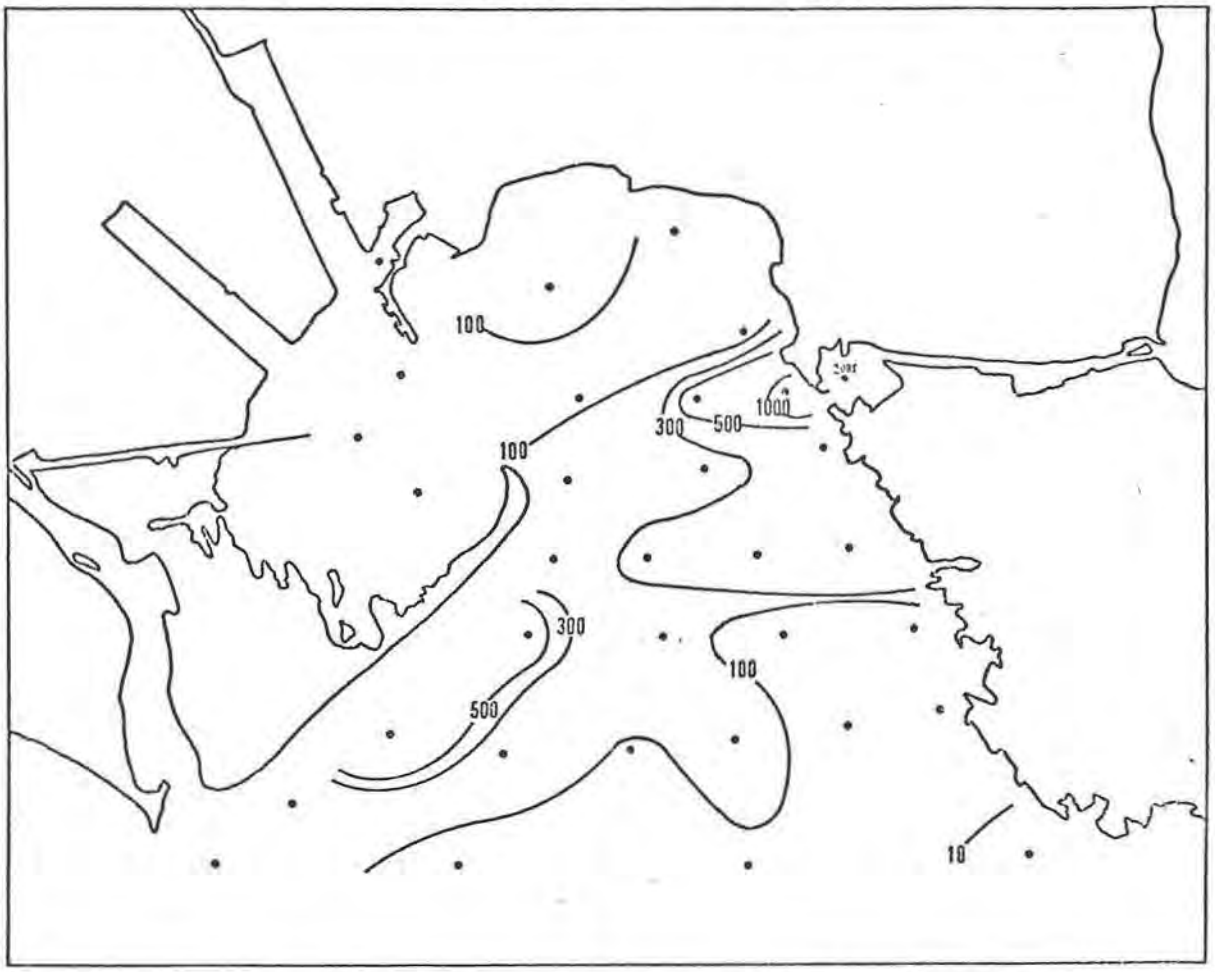


Fig. 24. Charge énergétique ou $CE = \frac{ATP + 1/2ADP}{ATP+ADP+AMP}$

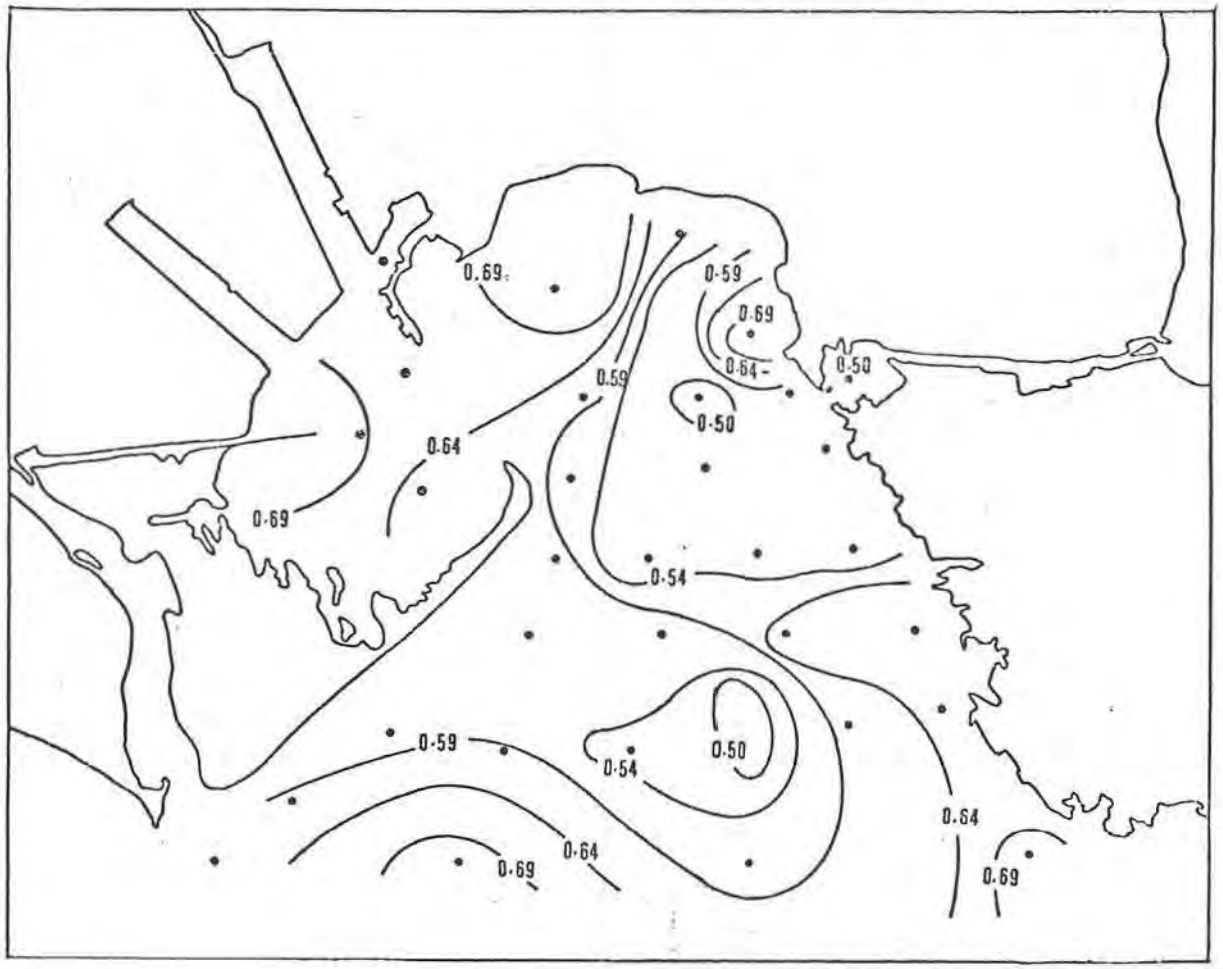


Fig. 25. Zooplancton total (nbre ind./m^3)

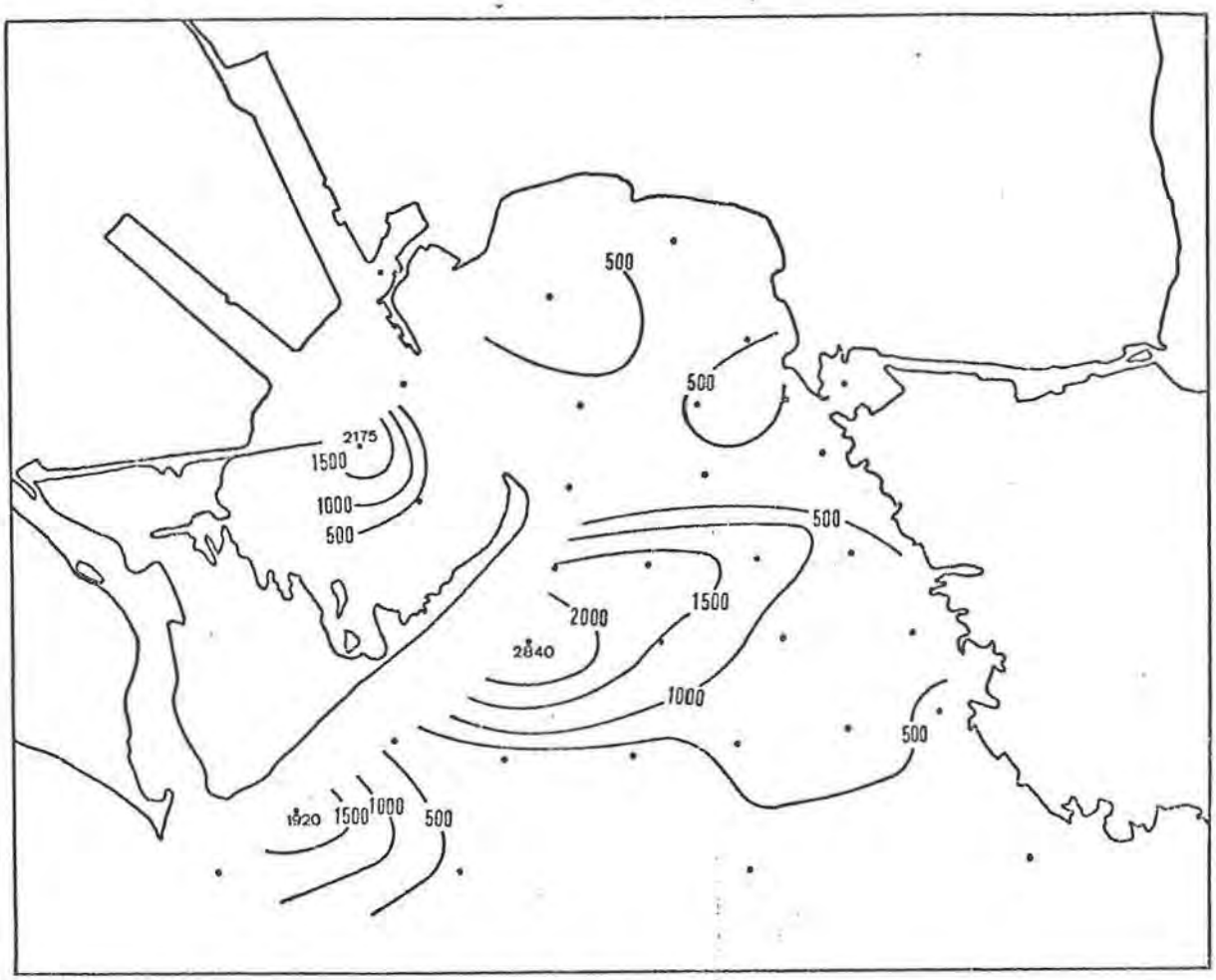


Fig. 26. Indice de diversité du zooplancton (ID)

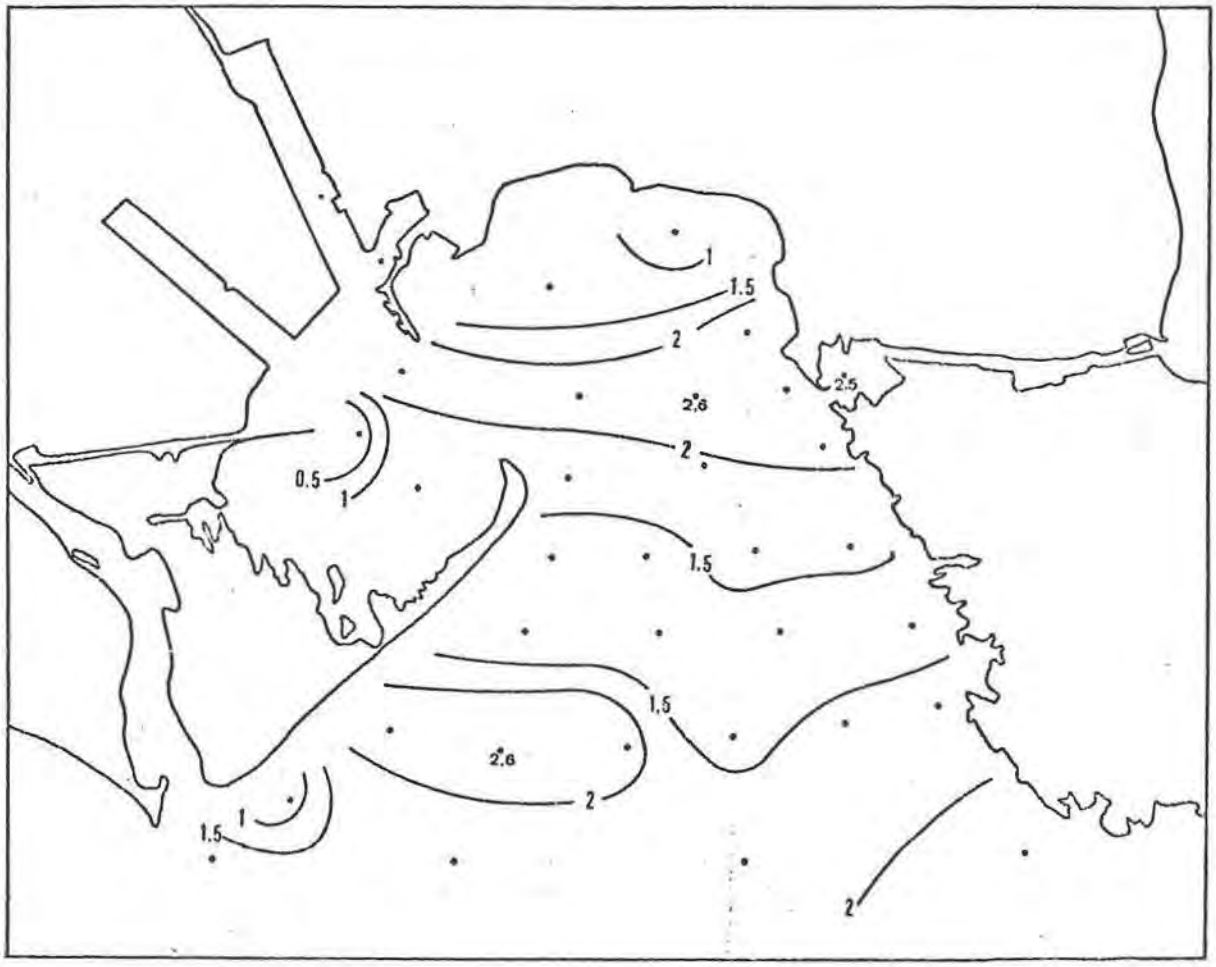


Fig. 27. Hydrocarbures totaux en ppm/mélange standard { 37,5% isooctane / 37,5% n-hexadécane / 25,0% benzène }

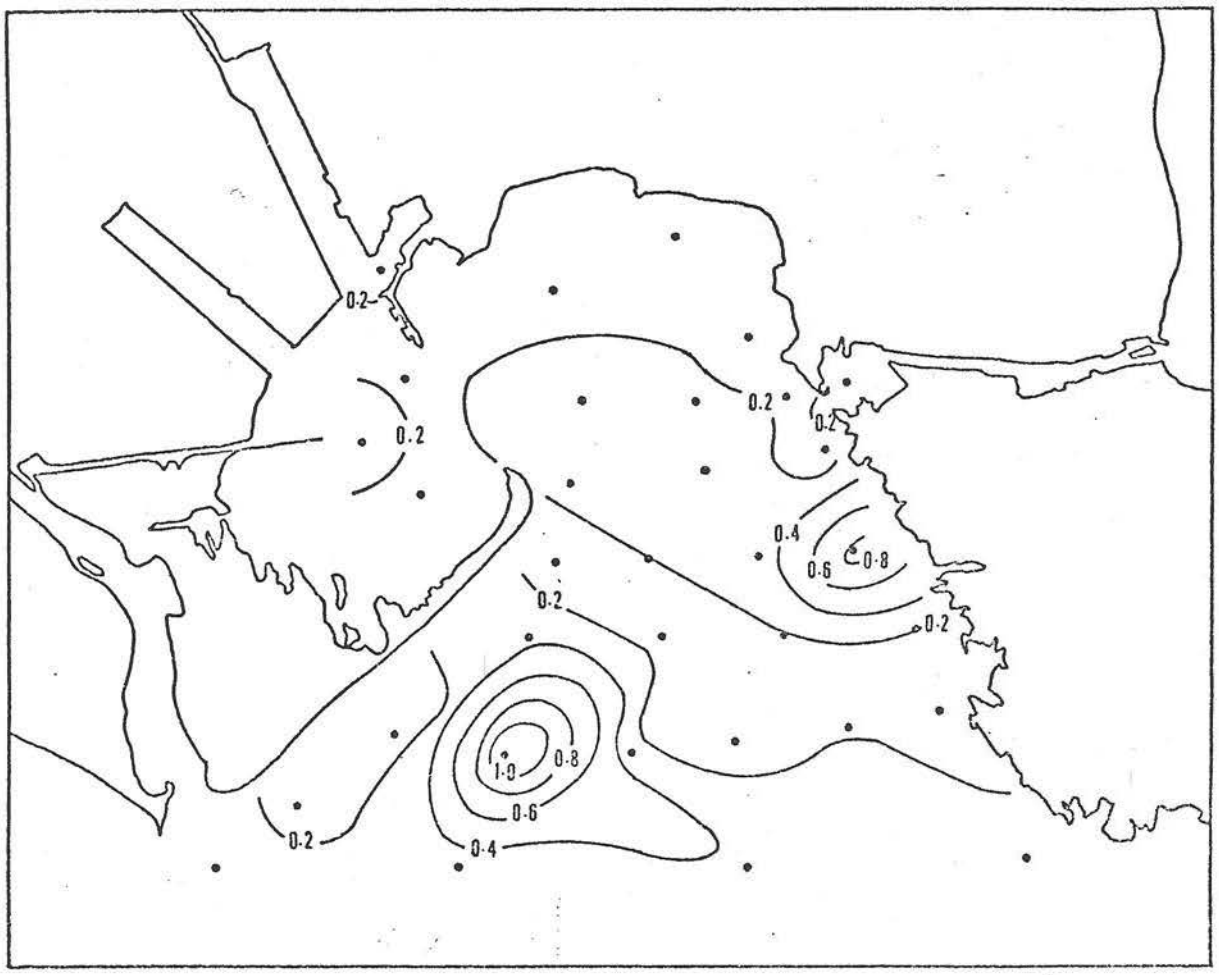


Fig. 28. Pourcentage des hydrocarbures aromatiques / H.C. totaux

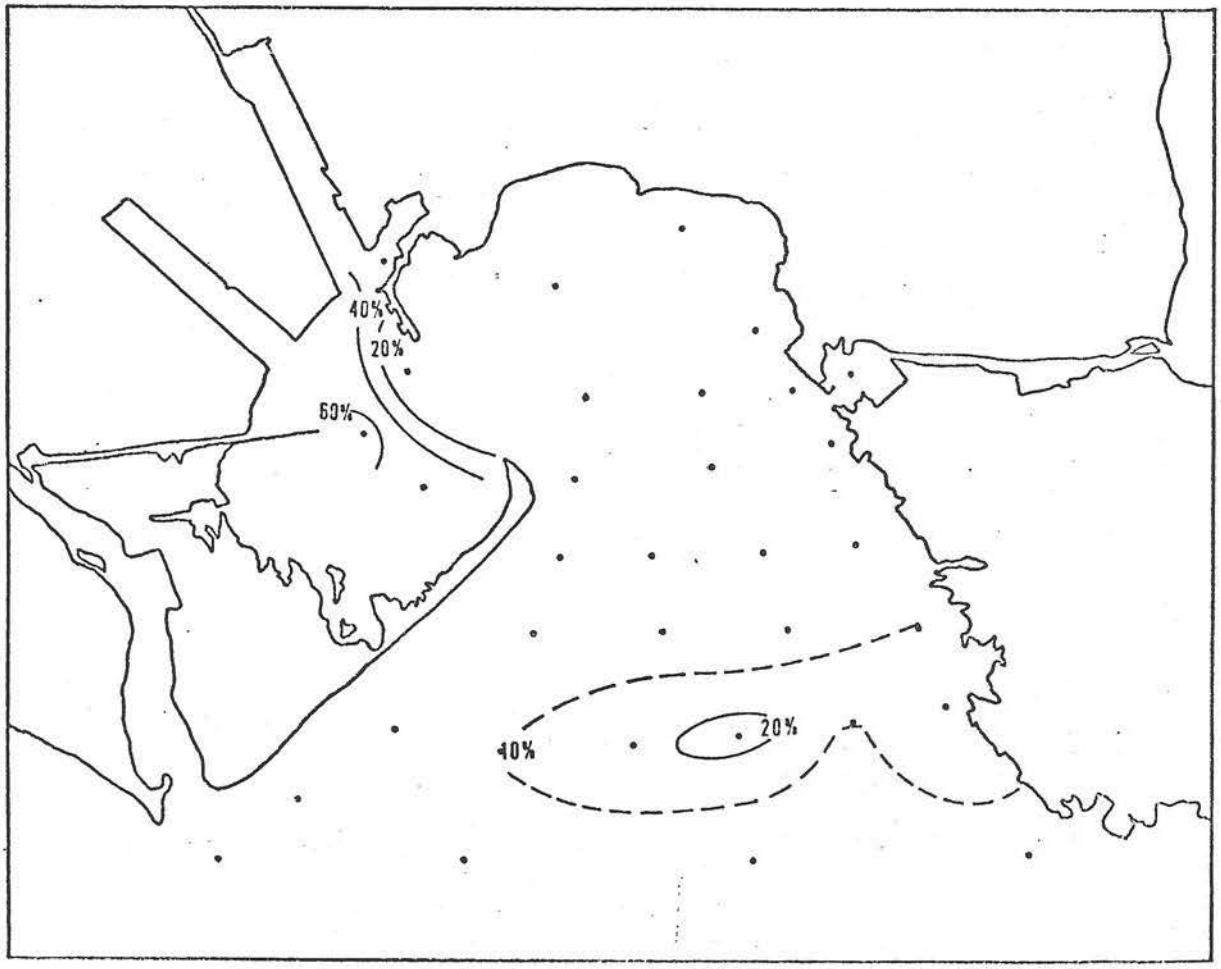


Fig. 29. Phénols (ppm)

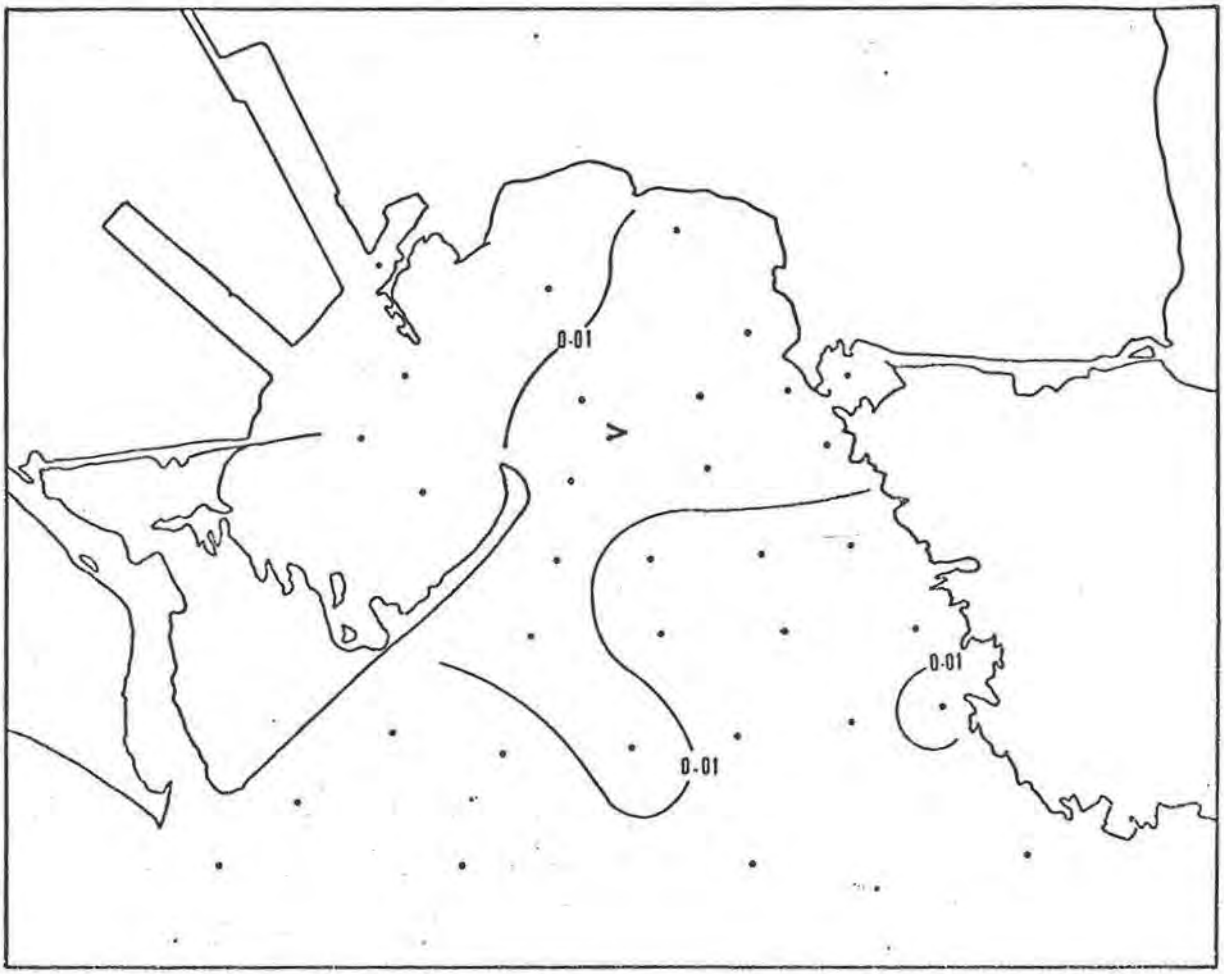


Fig. 30. Détergents anioniques (ppm)

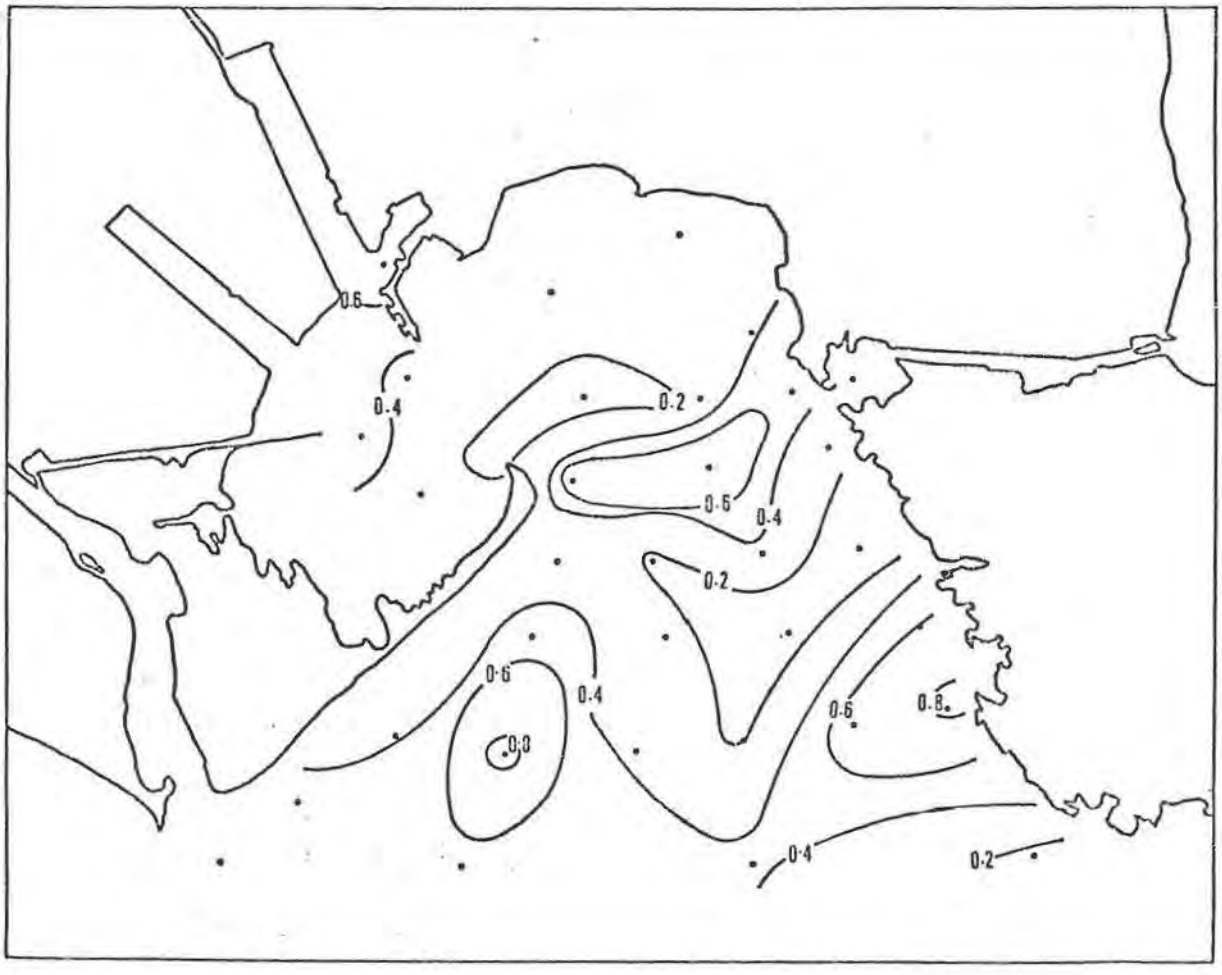


Fig. 31. Cyanures (ppm CN^-)

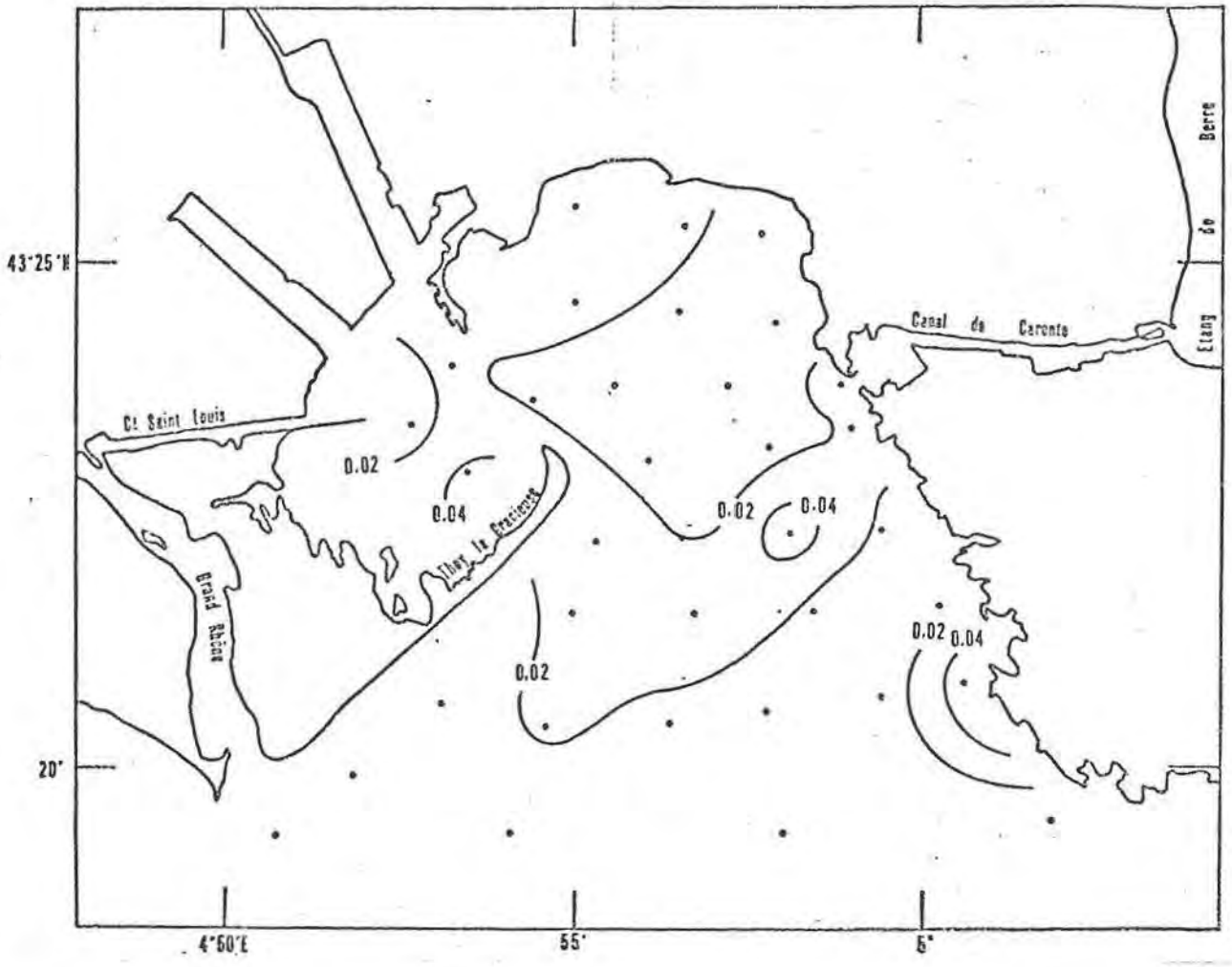


Fig. 32. Situation des stations. FOS II. Avril 1975

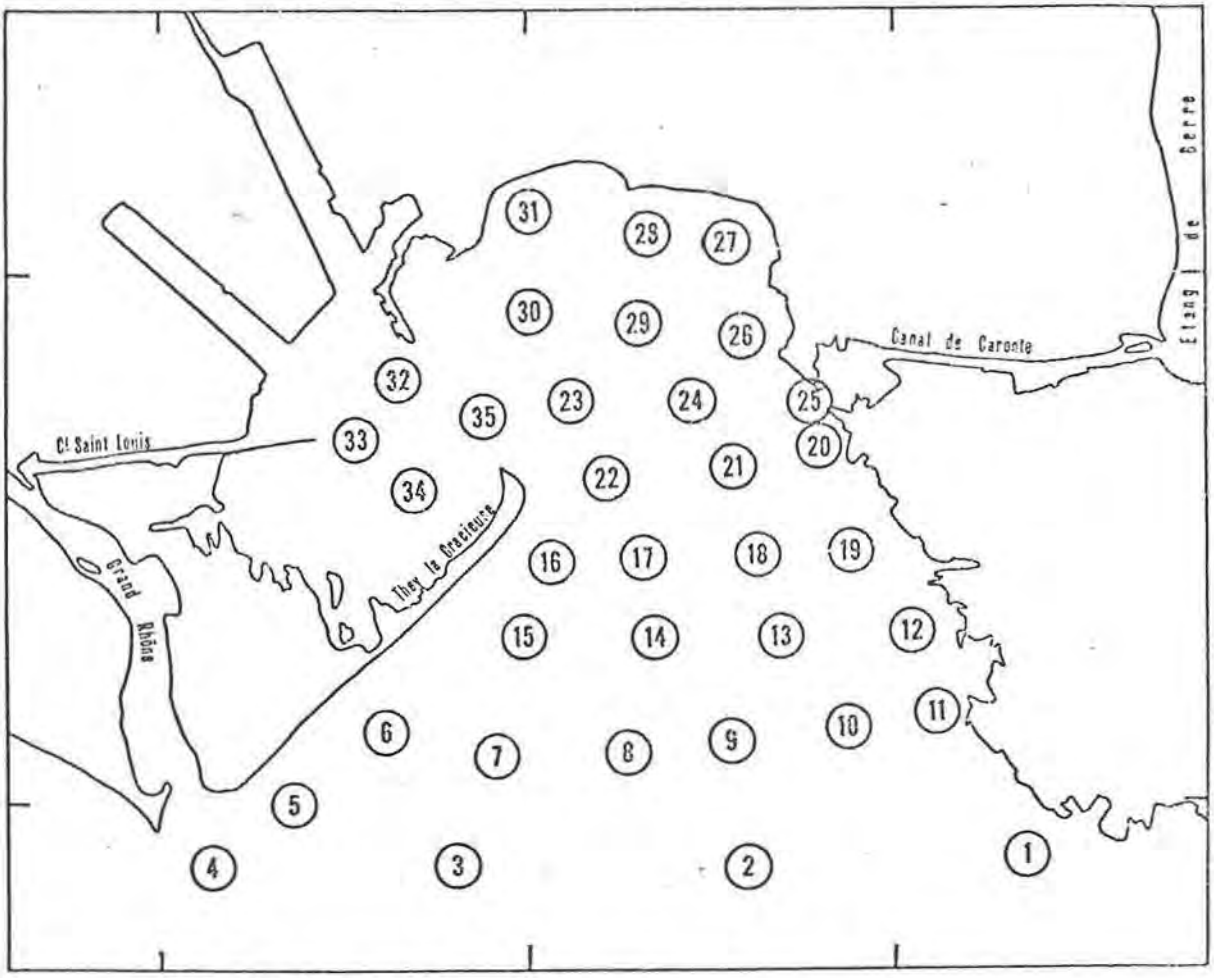


Fig. 33. Températures (°C)

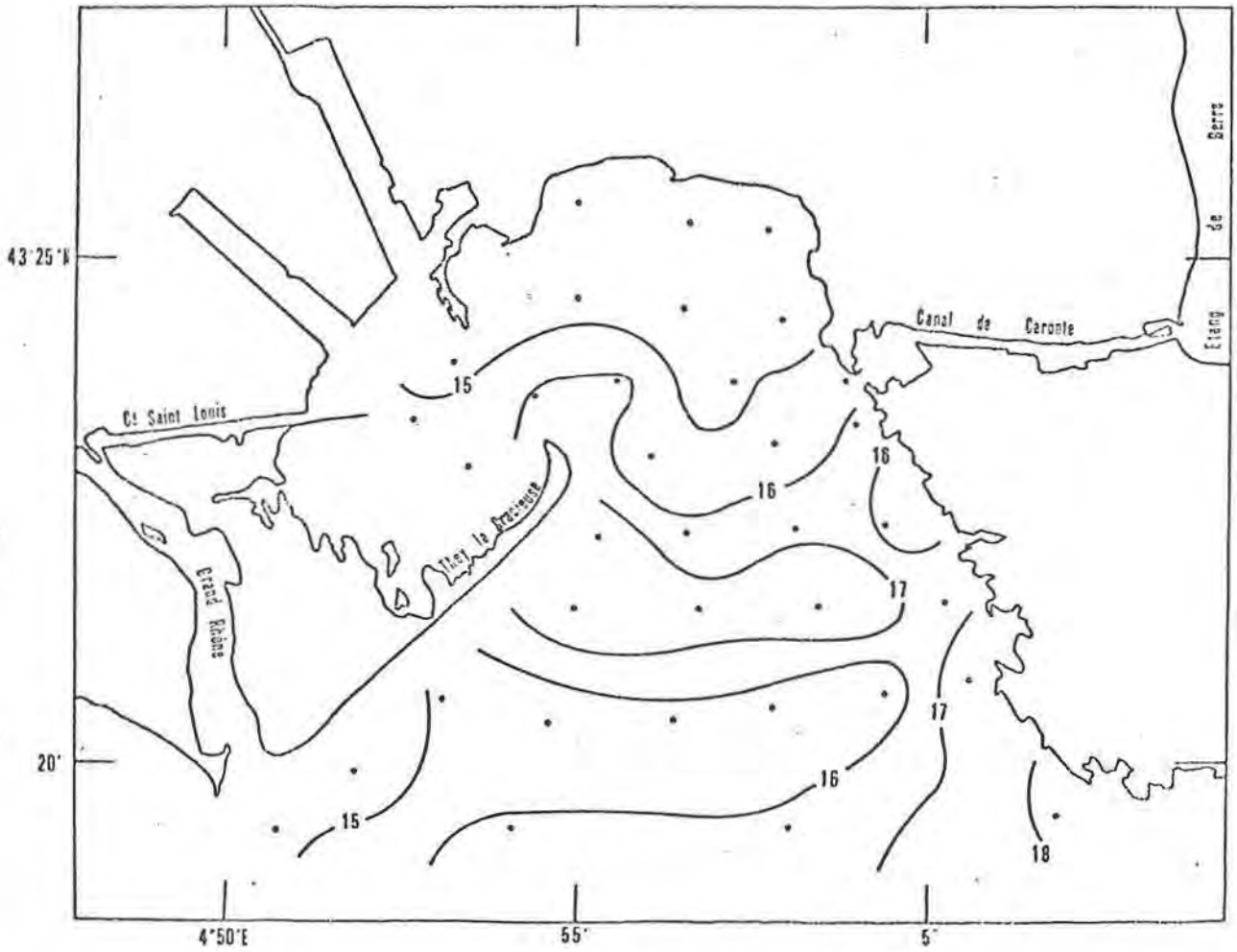


Fig. 34. Salinités (°/oo)

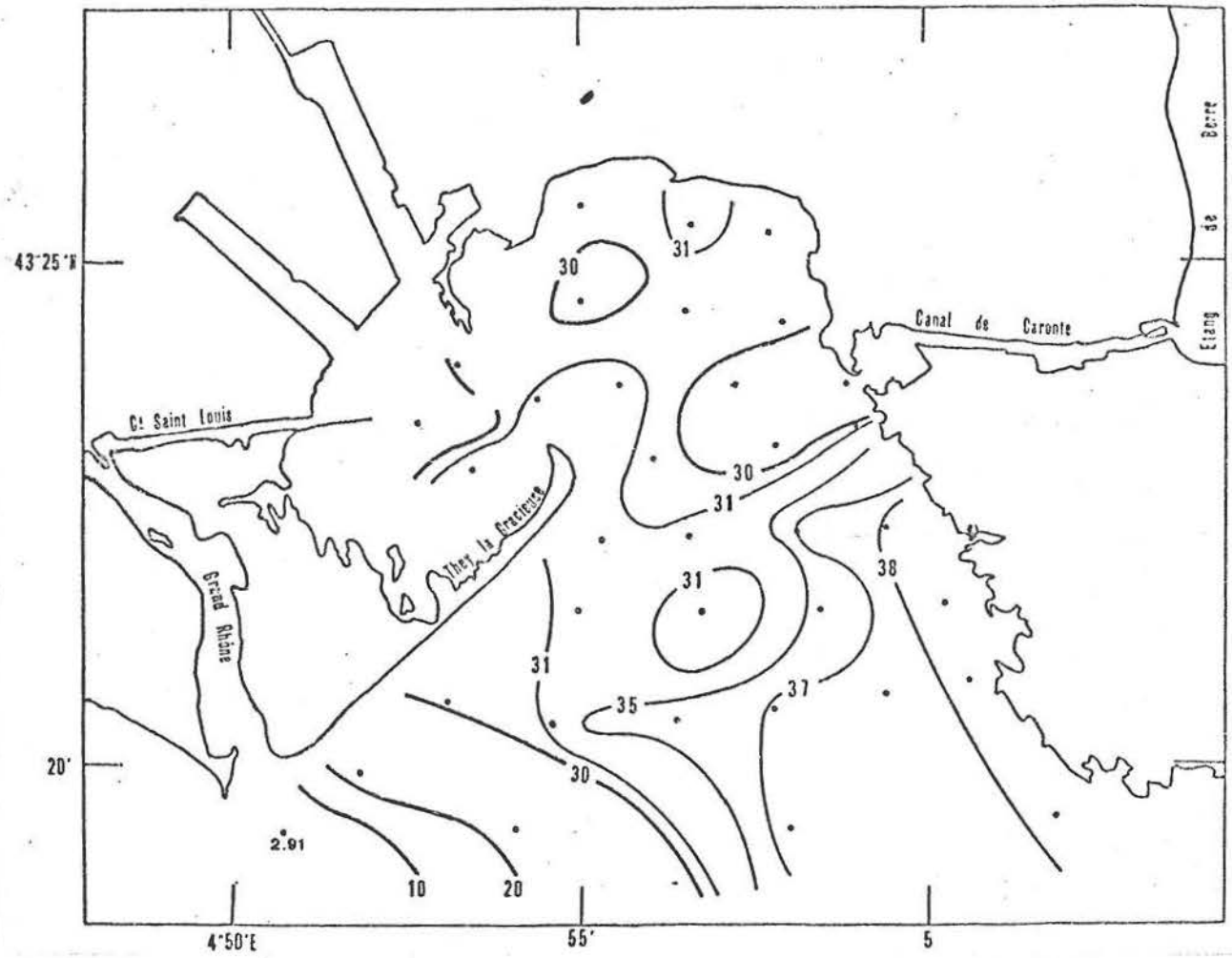


Fig. 35. Oxygène dissous (ml/l)

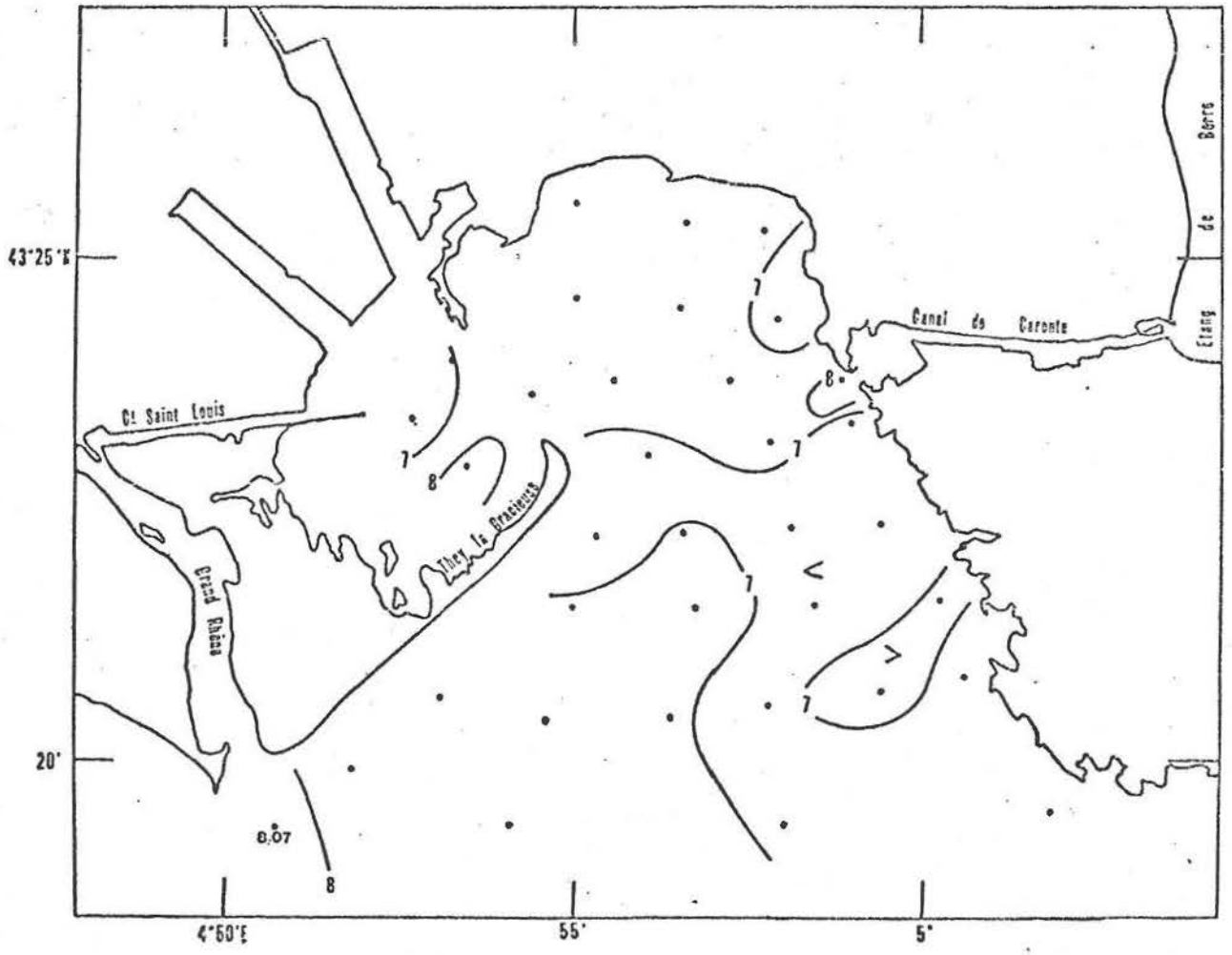


Fig. 36. Disque de Secchi (en m)

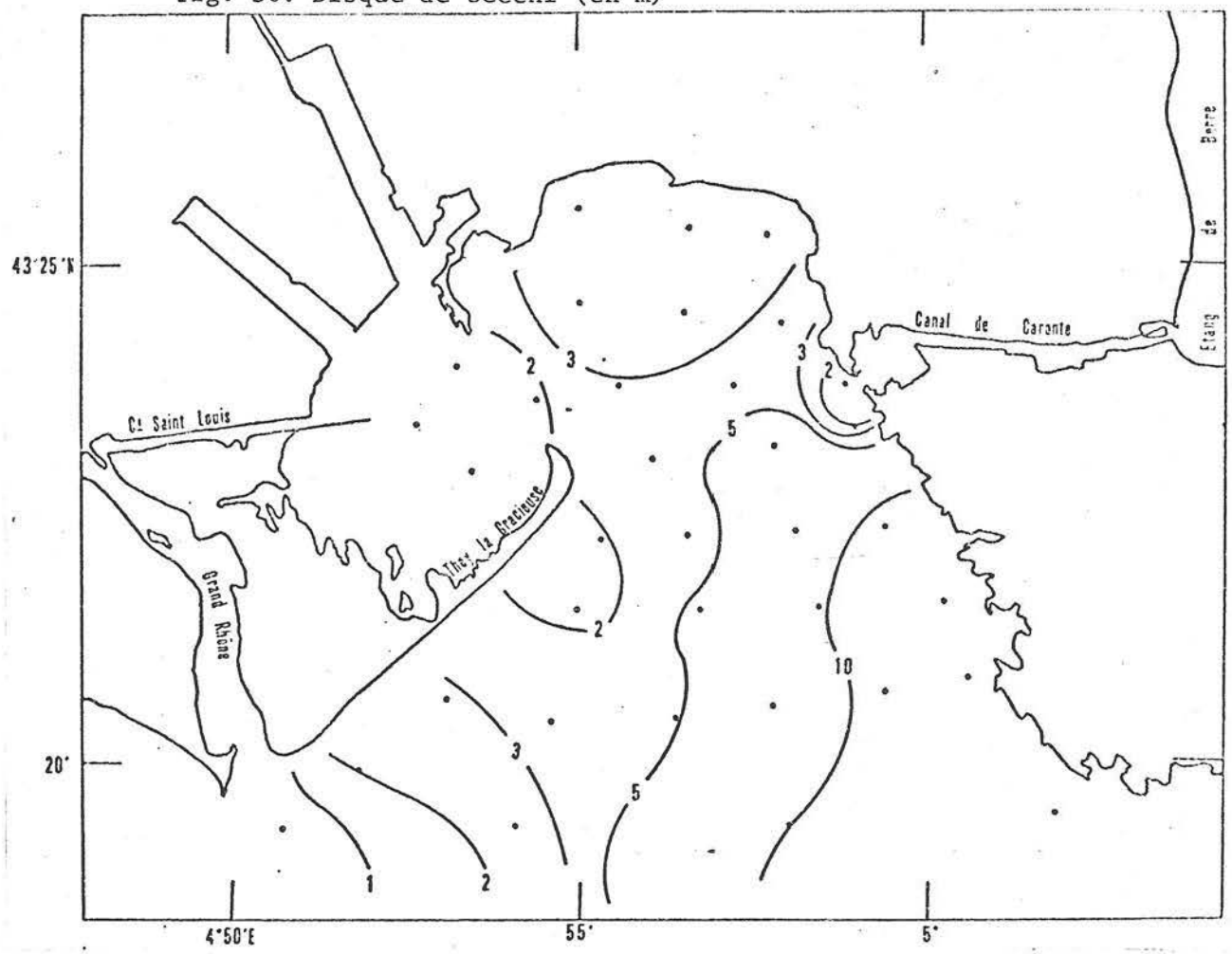


Fig. 37. Matériel particulaire ou seston (mg/l)

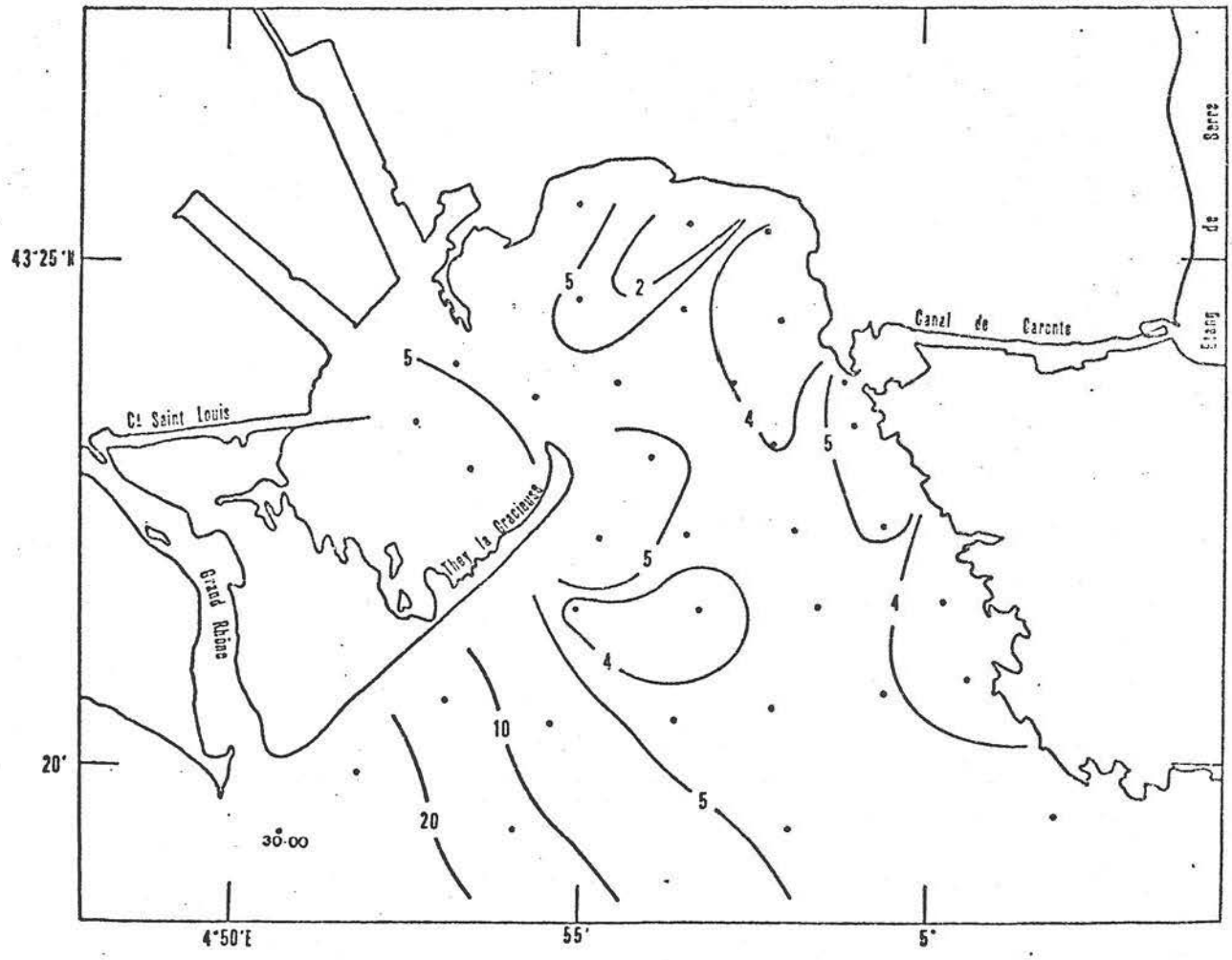


Fig. 38. Phosphore sous forme d'orthophosphates (µatg/l)

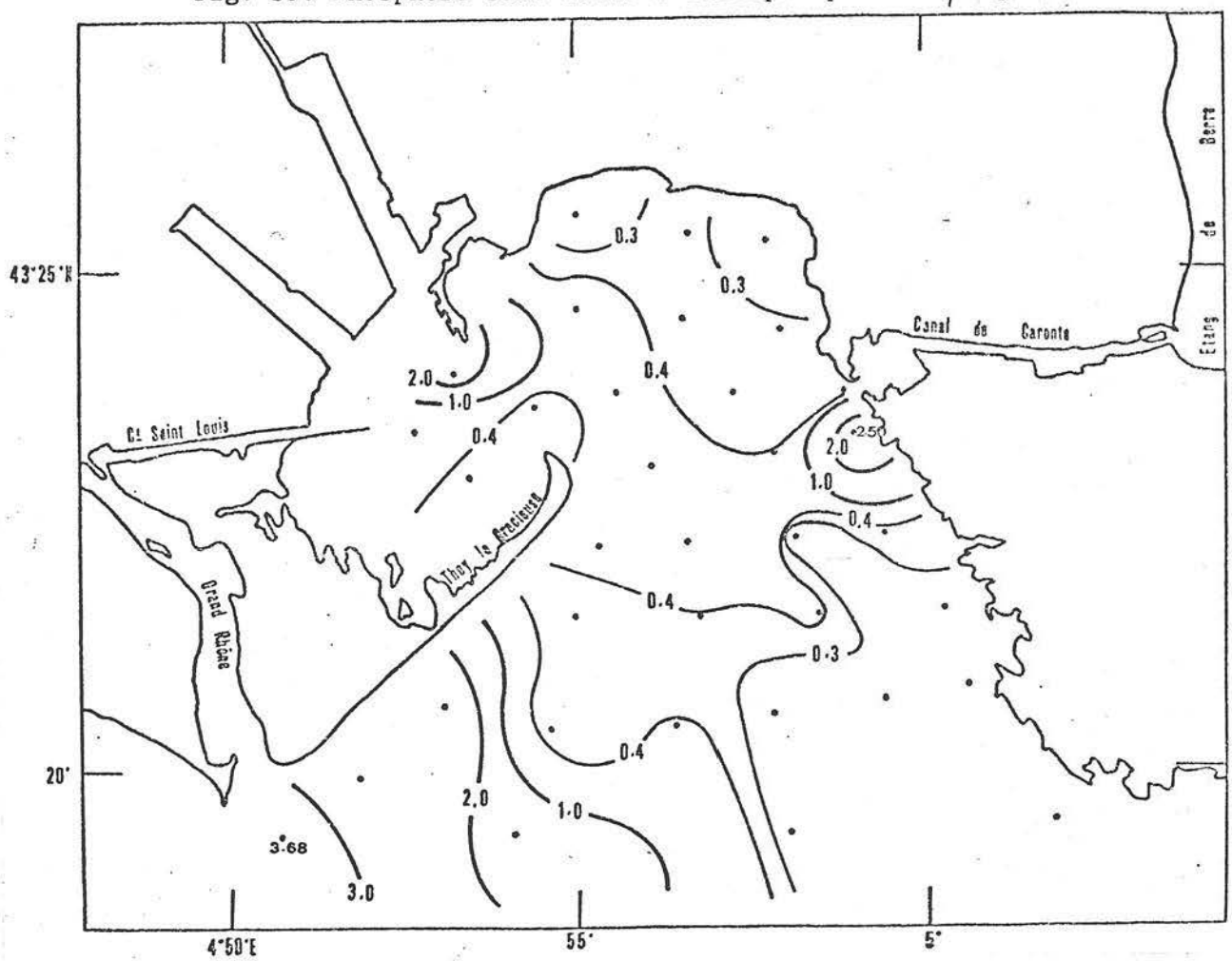


Fig. 39. Azote sous forme de nitrates (µatg/l)

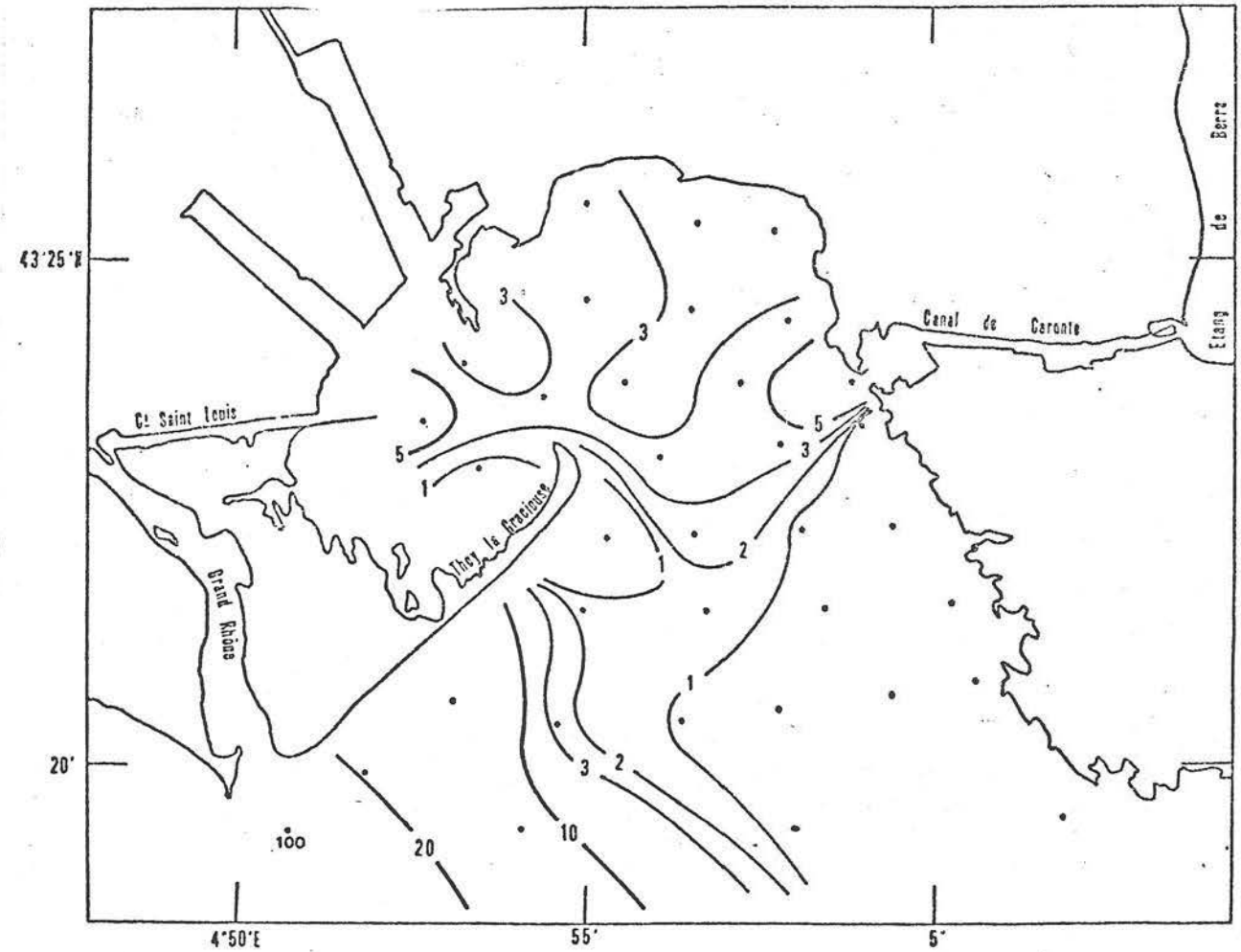


Fig. 40. Répartition de Skeletonema costatum (nbre cell. $\times 10^6$ /l)

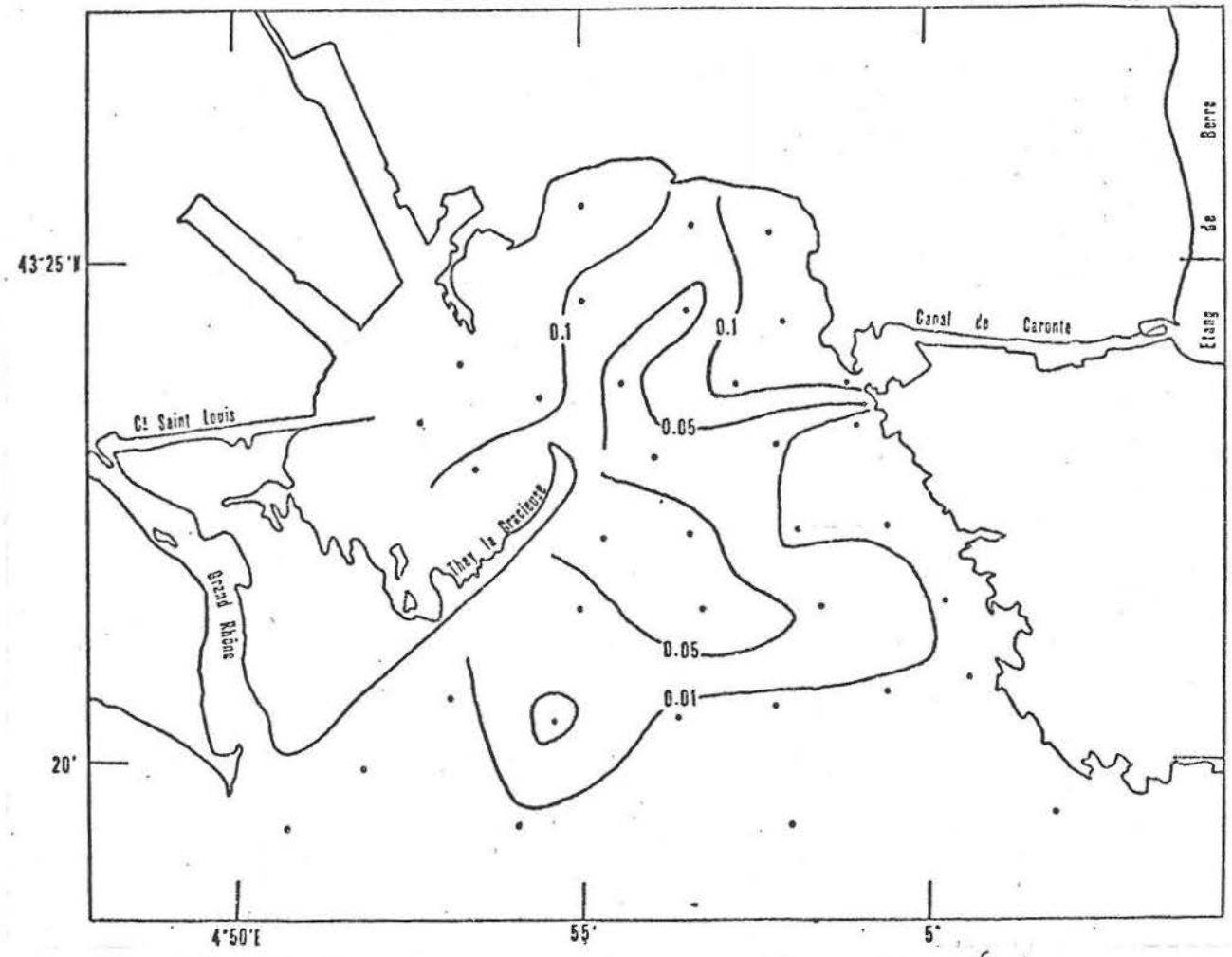


Fig. 41. Répartition d'Exuviella sp. (nbre cell. $\times 10^6$/l)

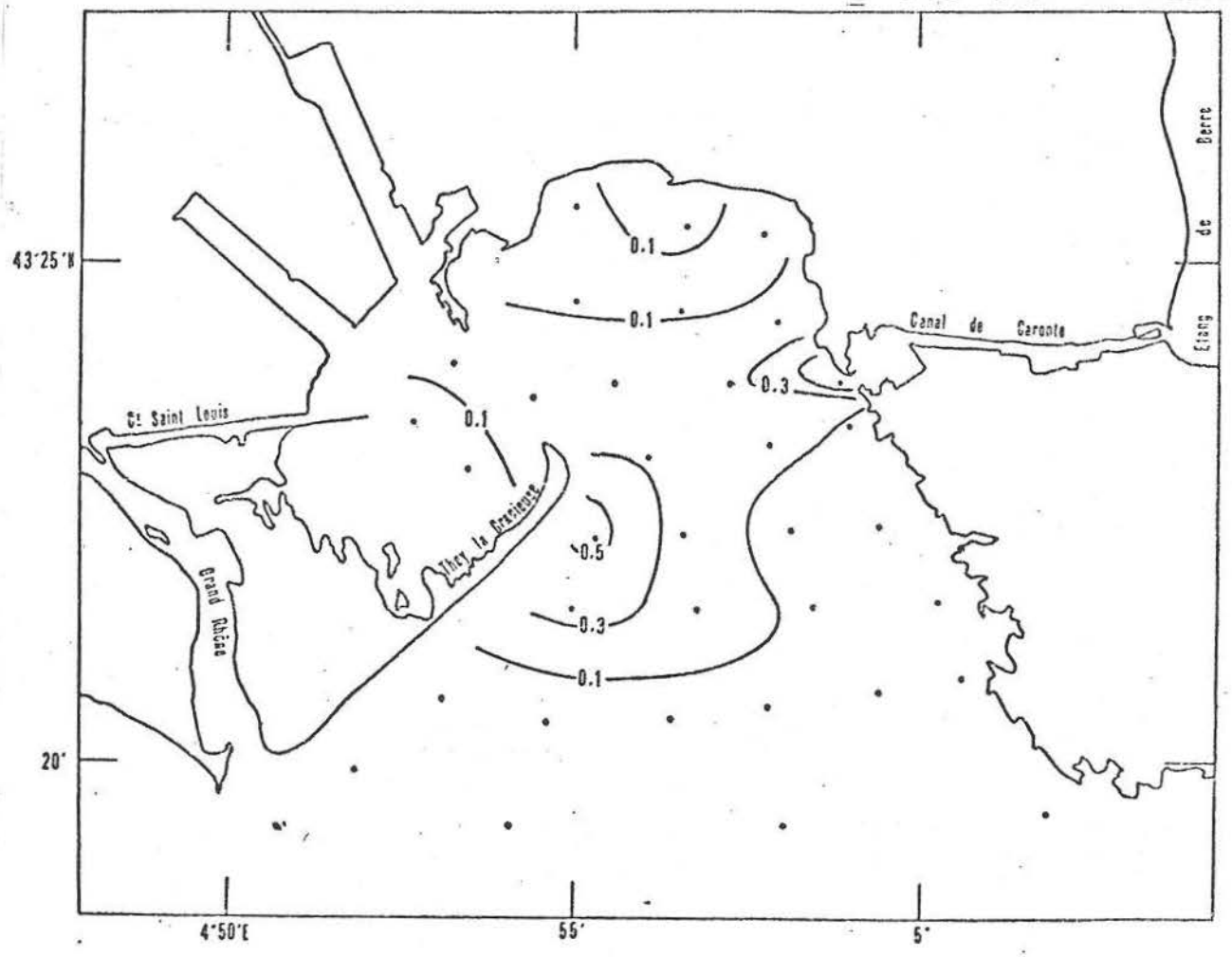


Fig. 42. Répartition de Chaetoceros decipiens (nbre cell.$\times 10^6$/l)

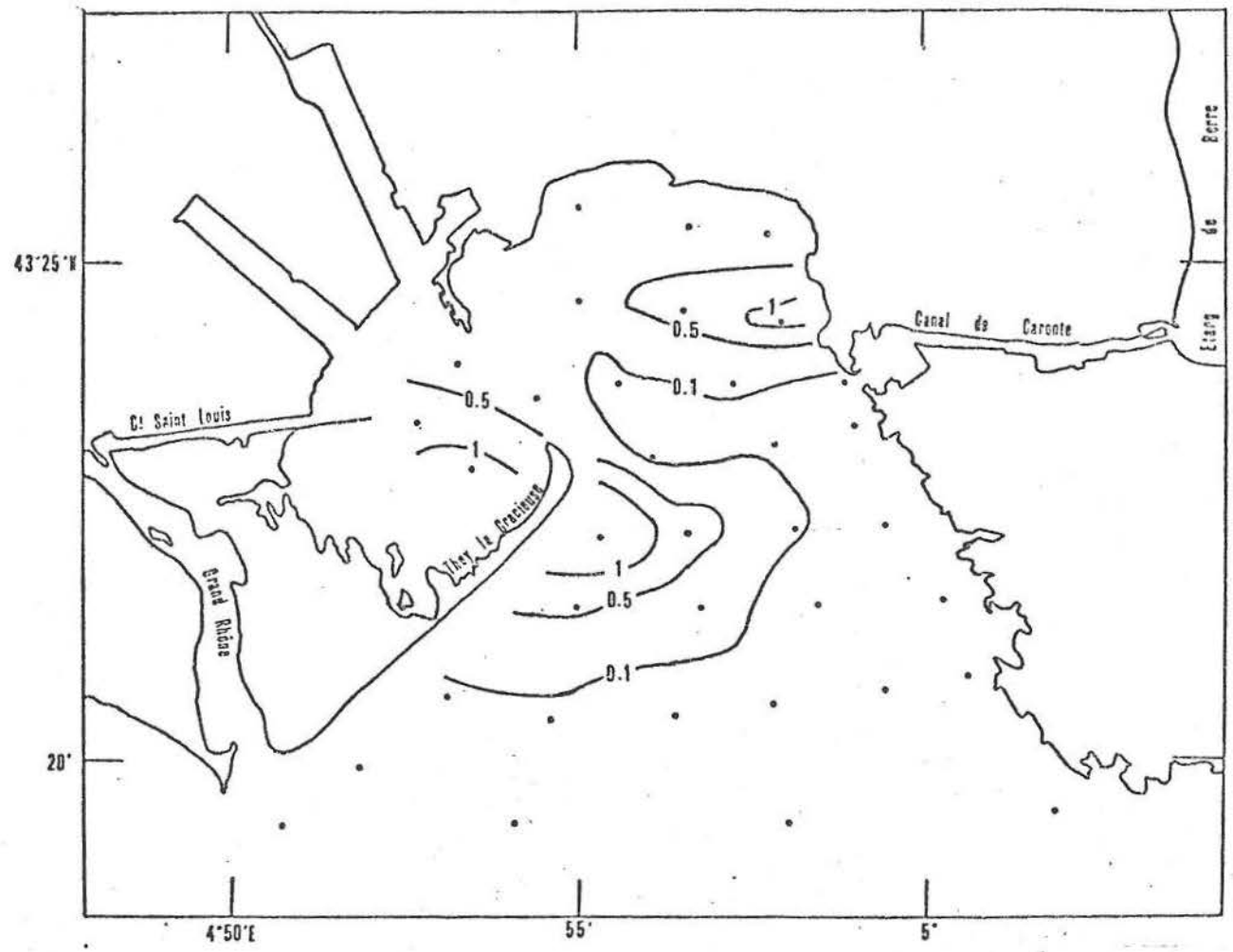


Fig. 43. Répartition de Cyclotella sp. (nbre de cell.$\times 10^6$/l)

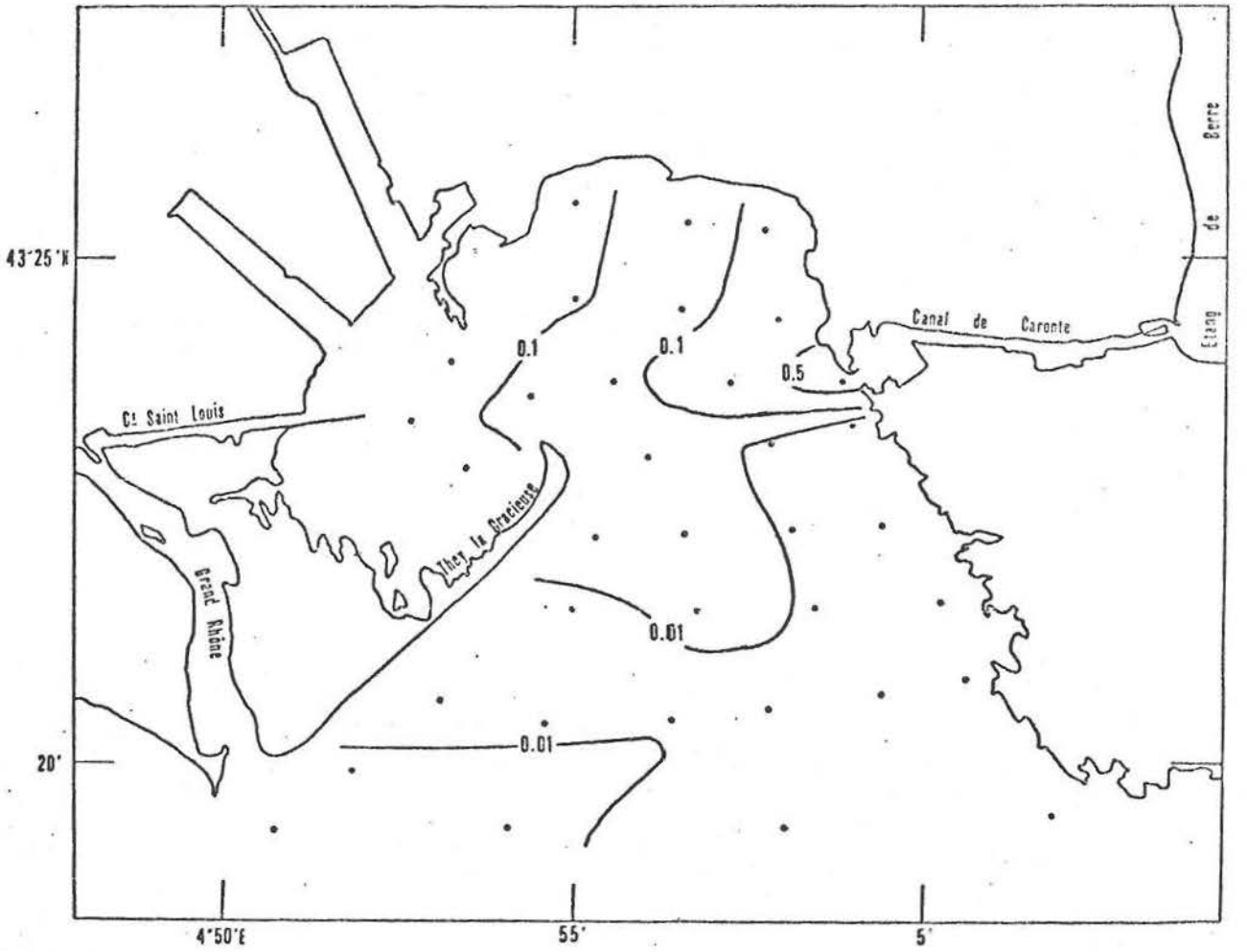


Fig. 44. Phytoplancton total (nbre cell.$\times 10^6$/l)

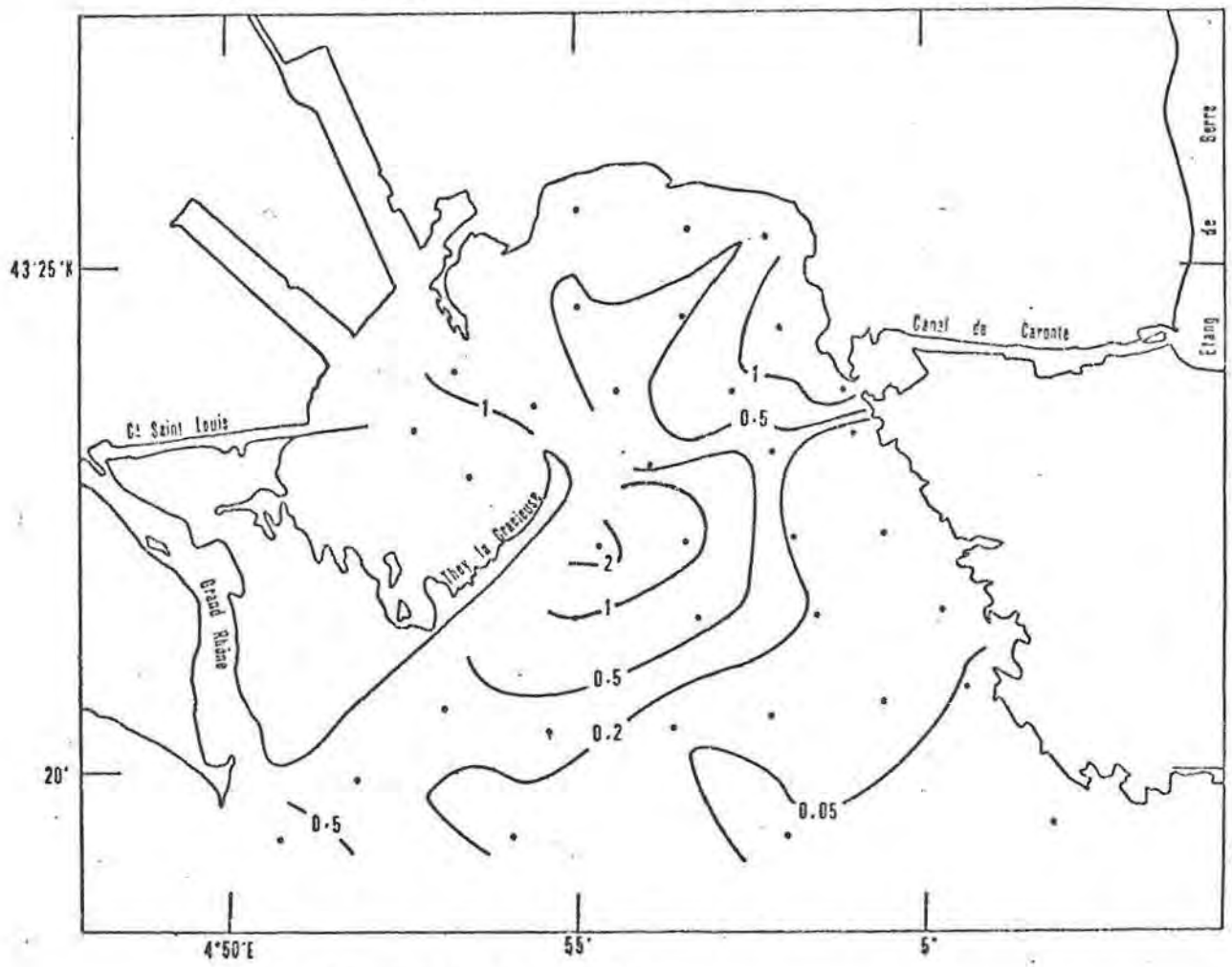


Fig. 45. Chlorophylle a (µg/l)

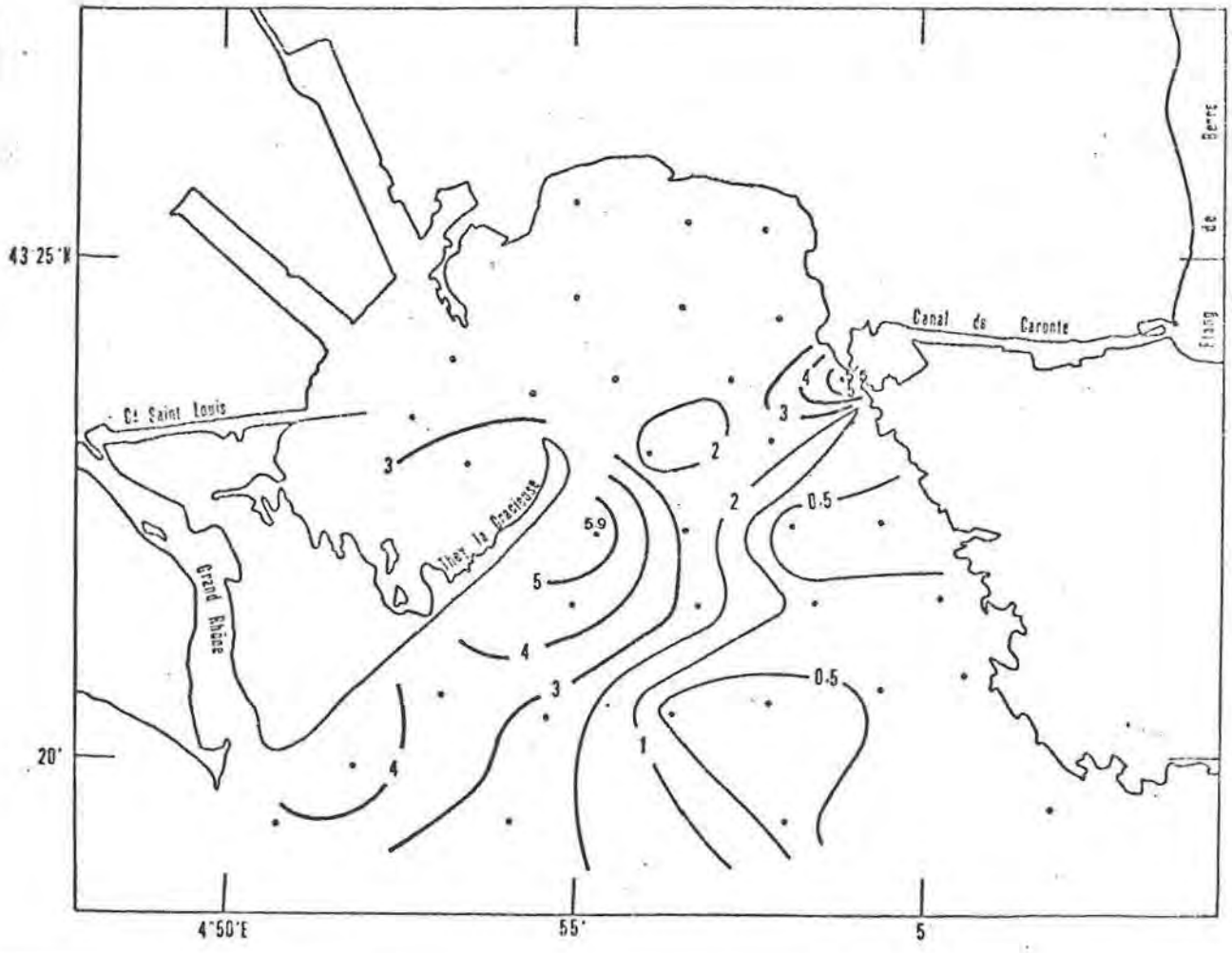


Fig. 46. Phaeophytine (µg/1)

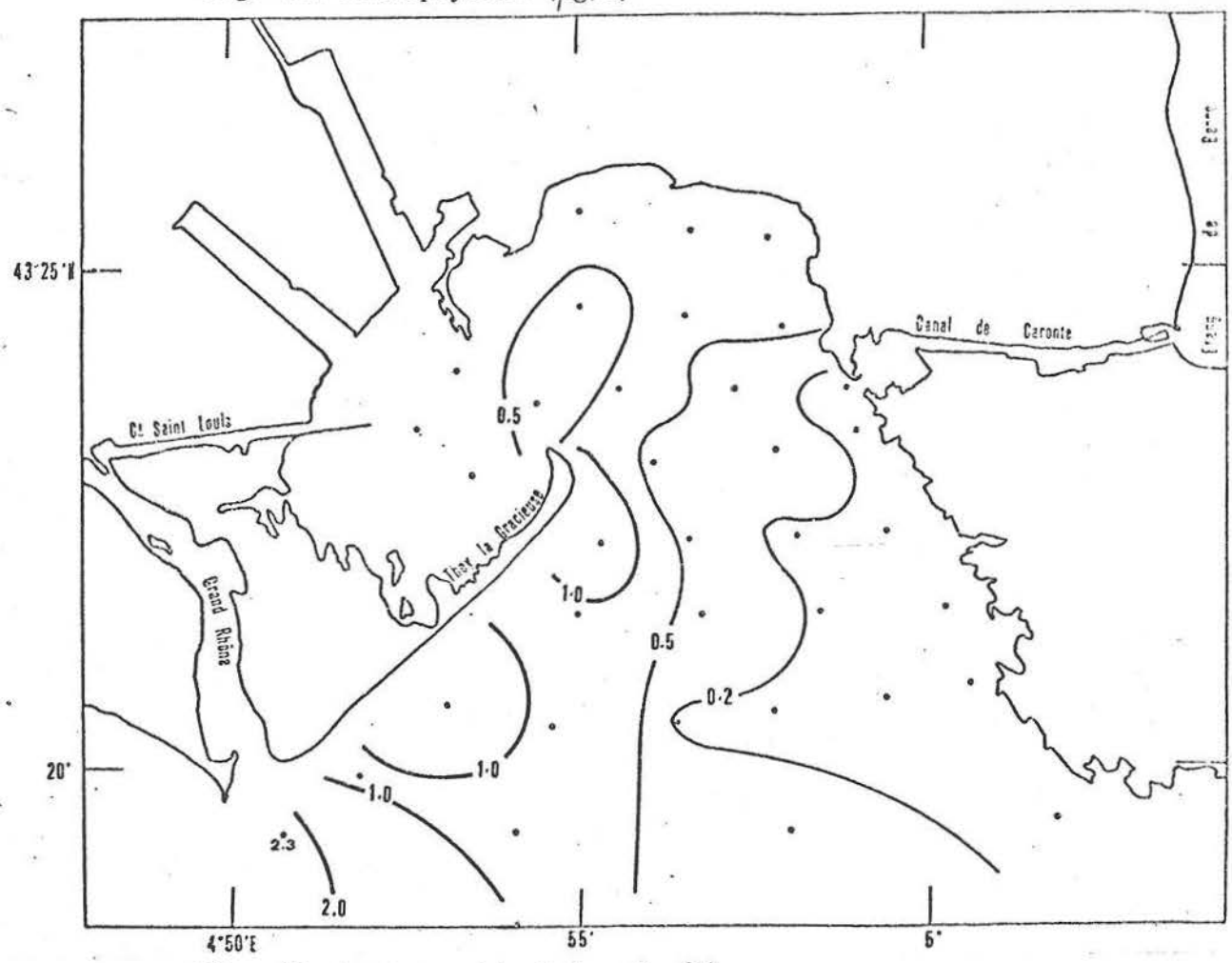


Fig. 47. Azote particulaire (µg/1)

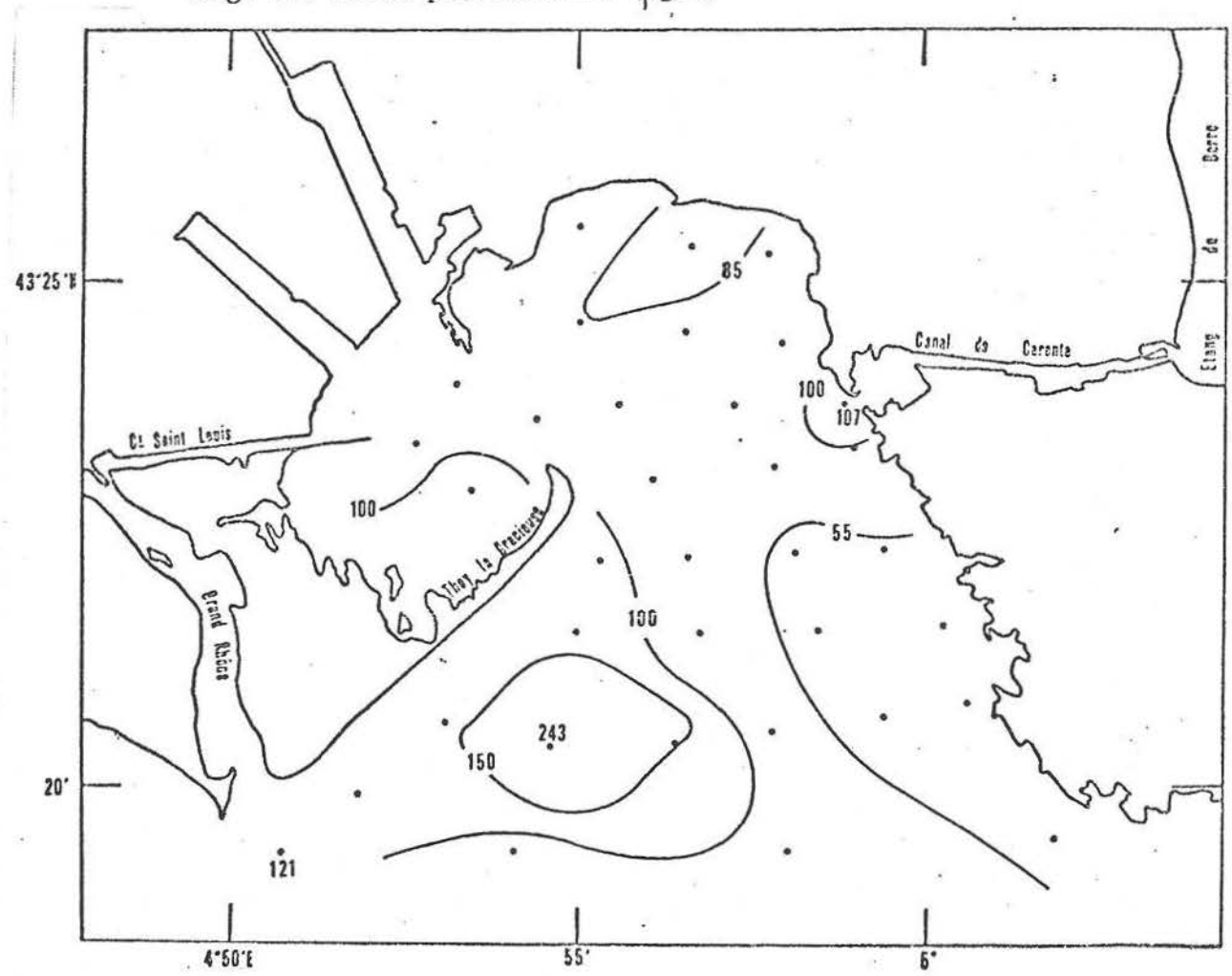


Fig. 48. Carbone particulaire (µg/l)

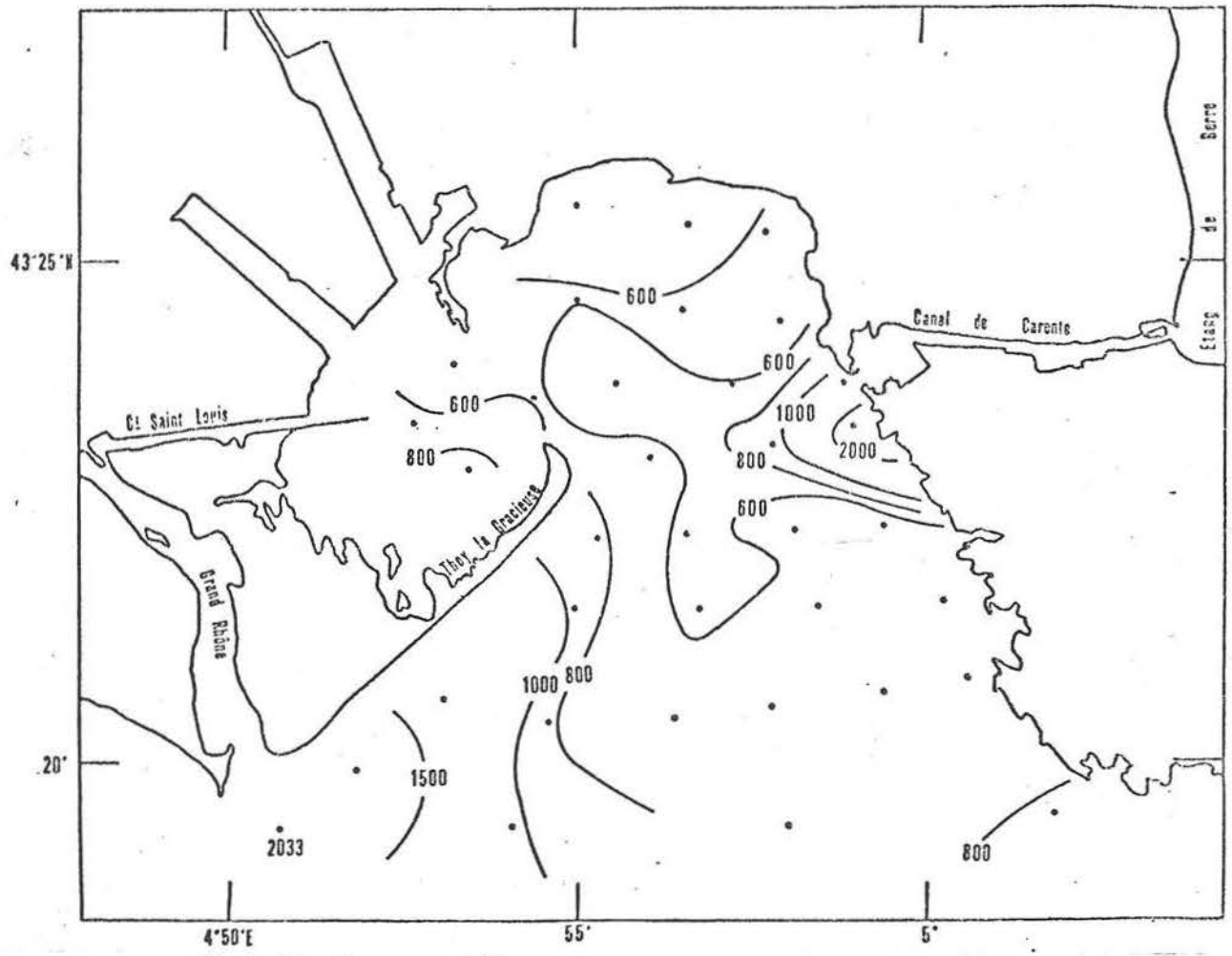


Fig. 49. Rapport C/N

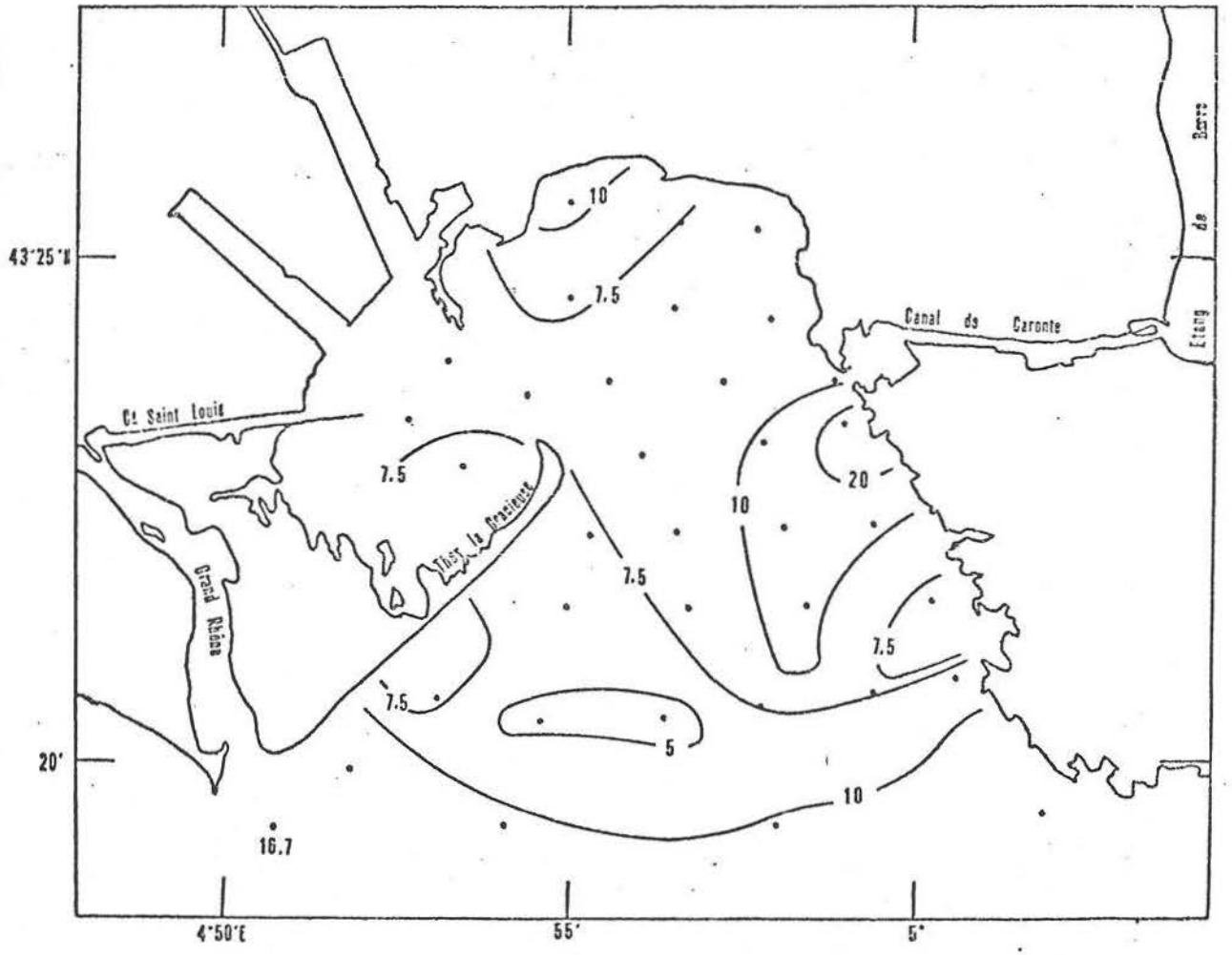


Fig. 50. Zooplancton total (nbre ind./m^3)

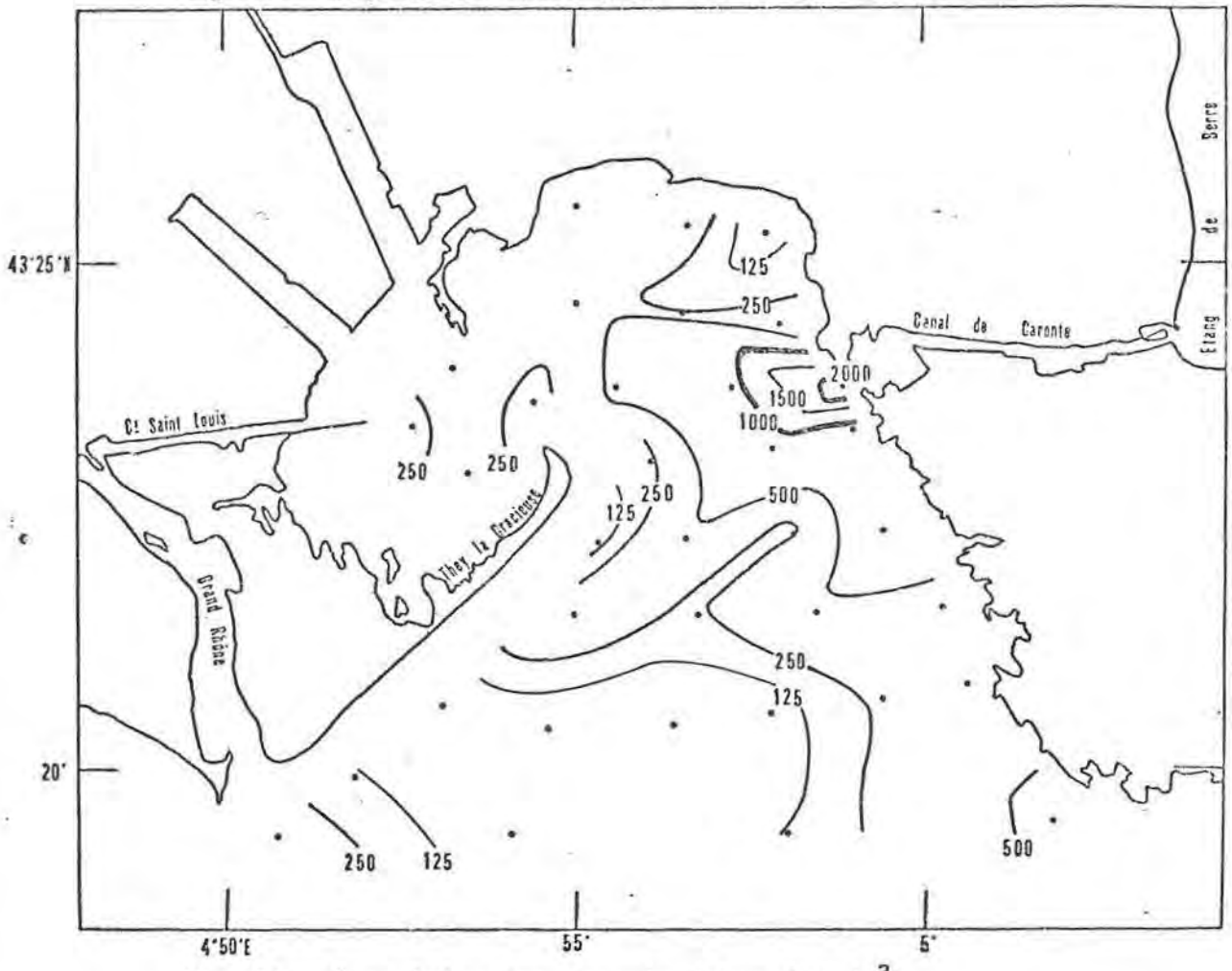


Fig. 51. Répartition des <u>Acartia</u> (nbre ind./m^3)

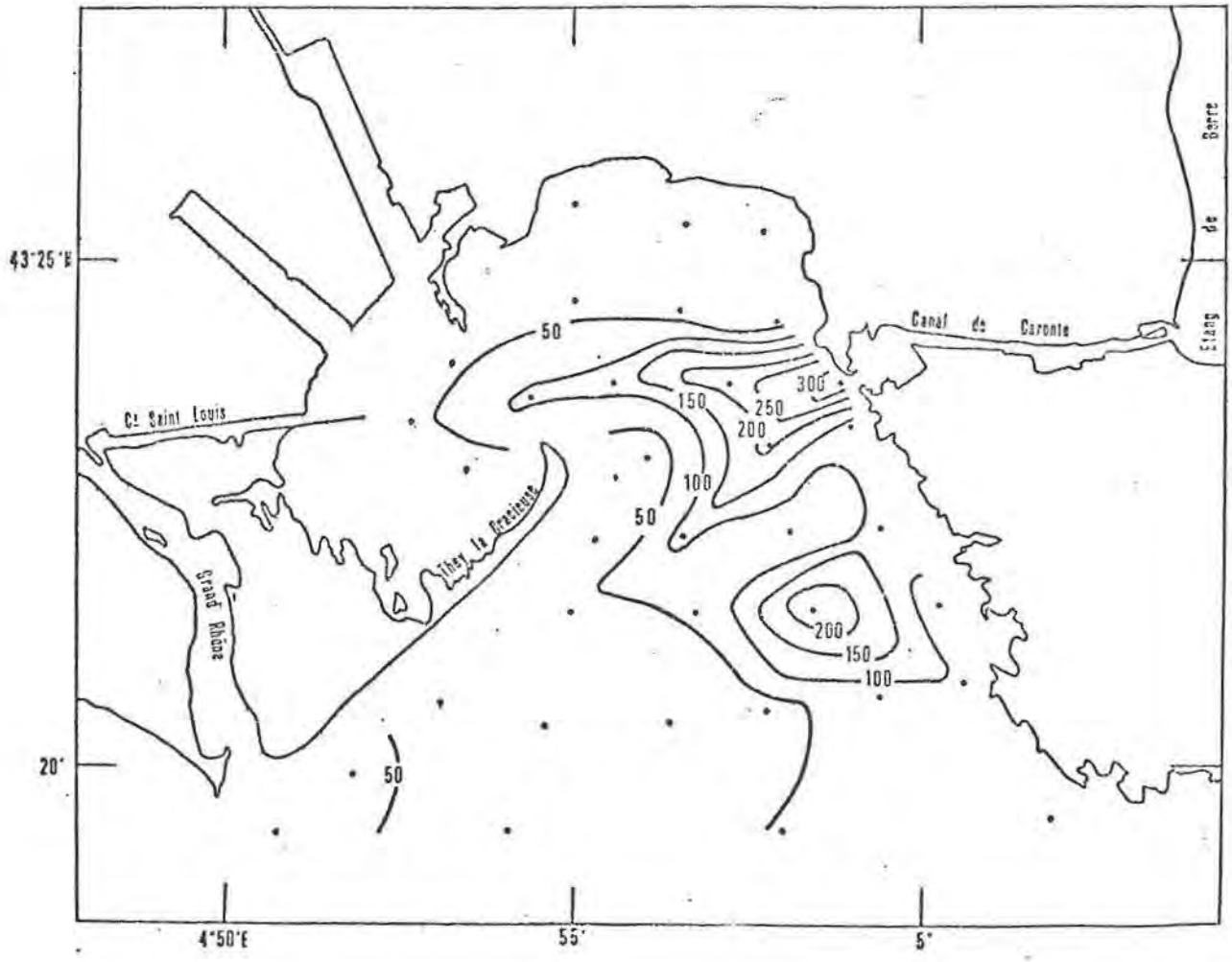


Fig. 52. Répartition des Podon polyphemoides (nbre ind./m^3)

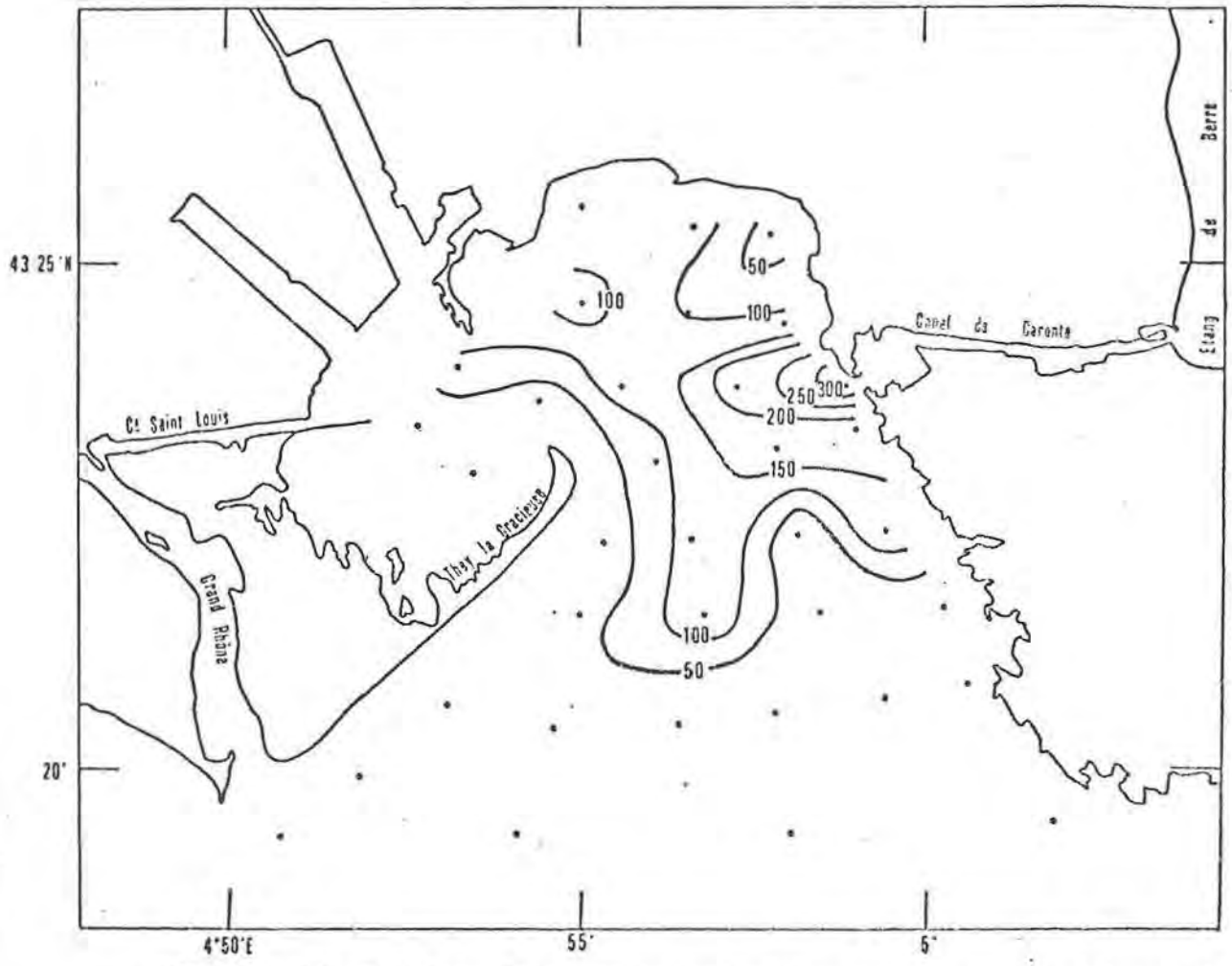


Fig. 53. Répartition d'Oithona helgolandica et O. setigera (nbre ind./m^3)

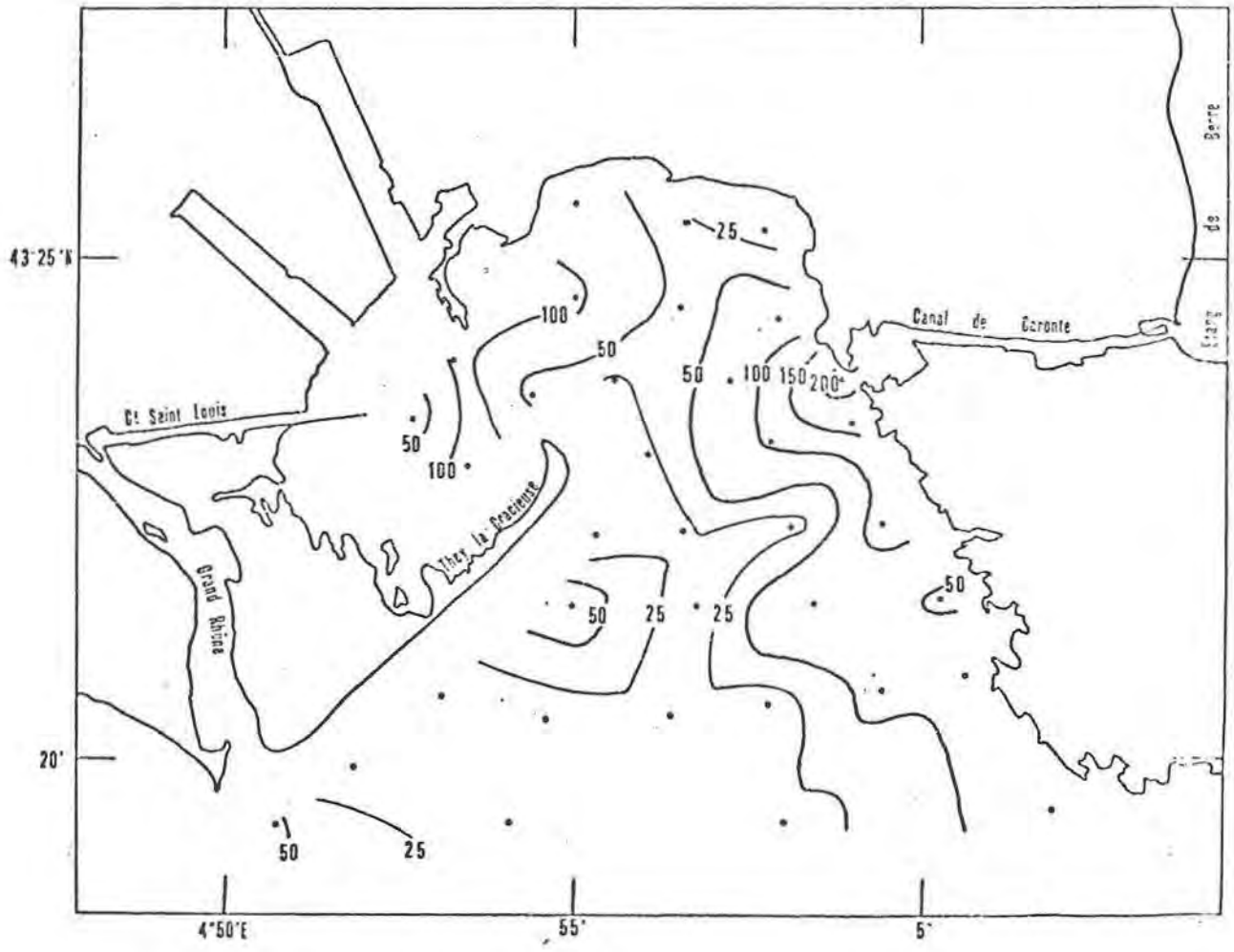


Fig. 54. Hydrocarbures totaux (ppm/mélange standard)

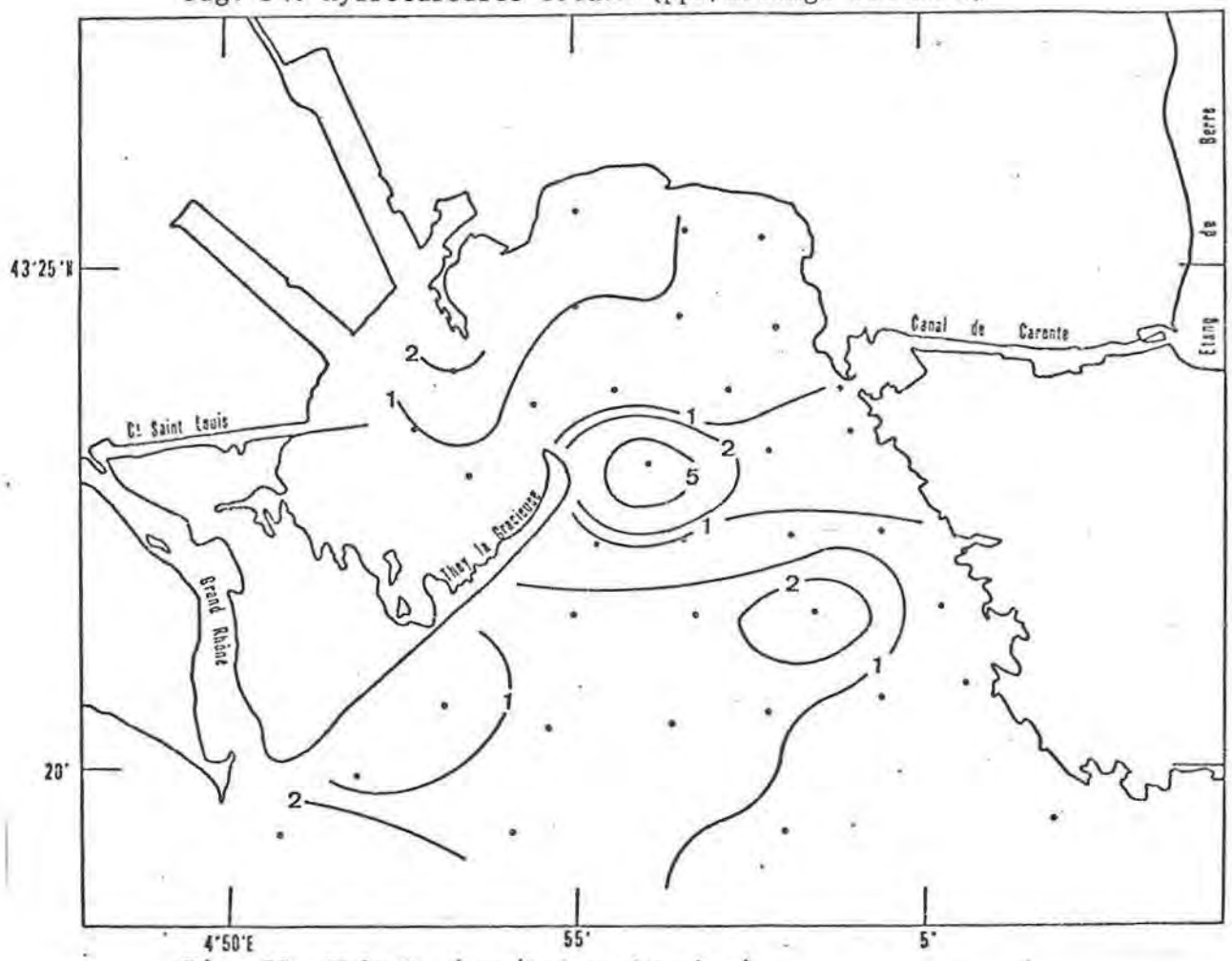


Fig. 55. Phénols (ppm/hydroxybenzène)

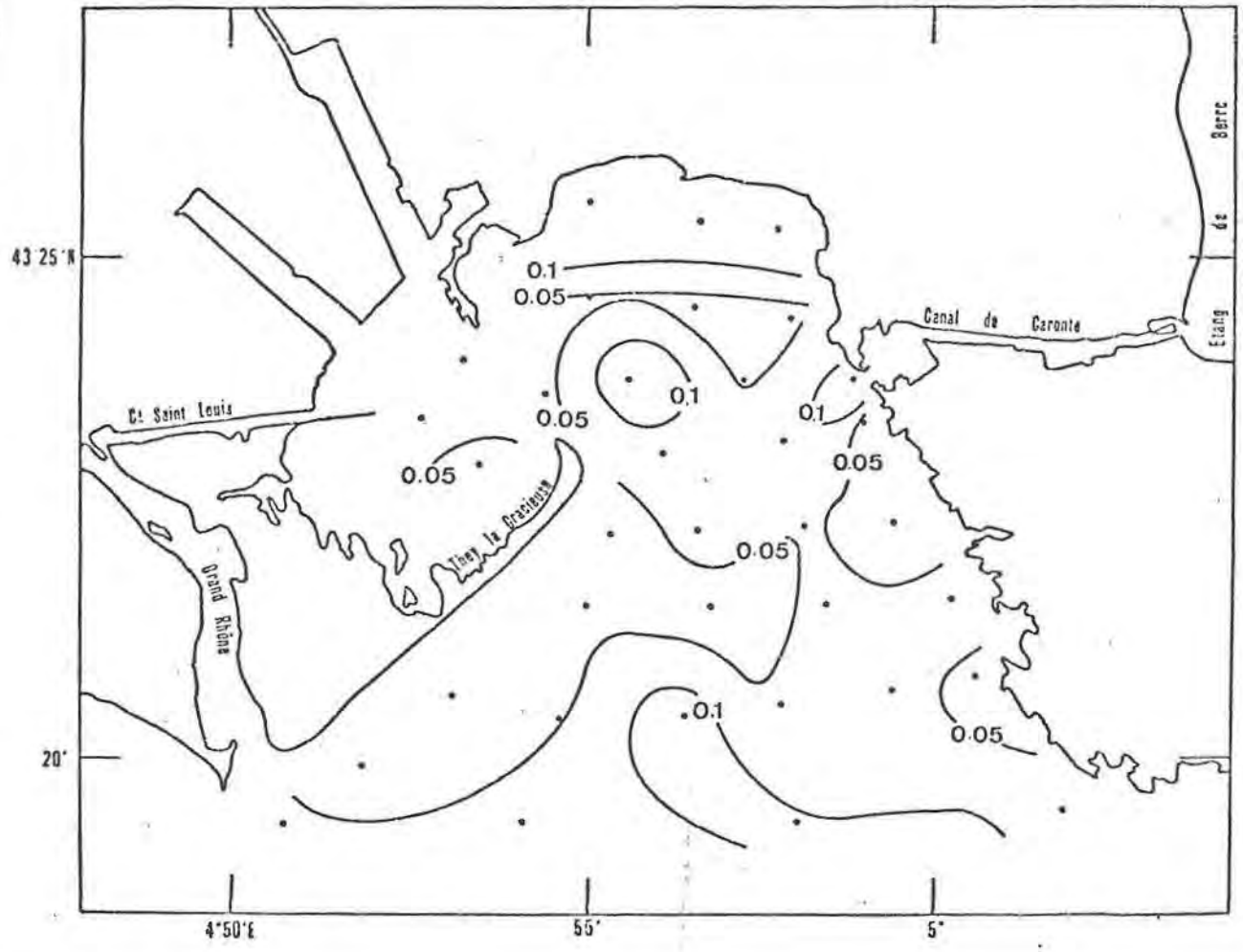


Fig. 56. Détergents anioniques (ppm/manoxol O.T.)

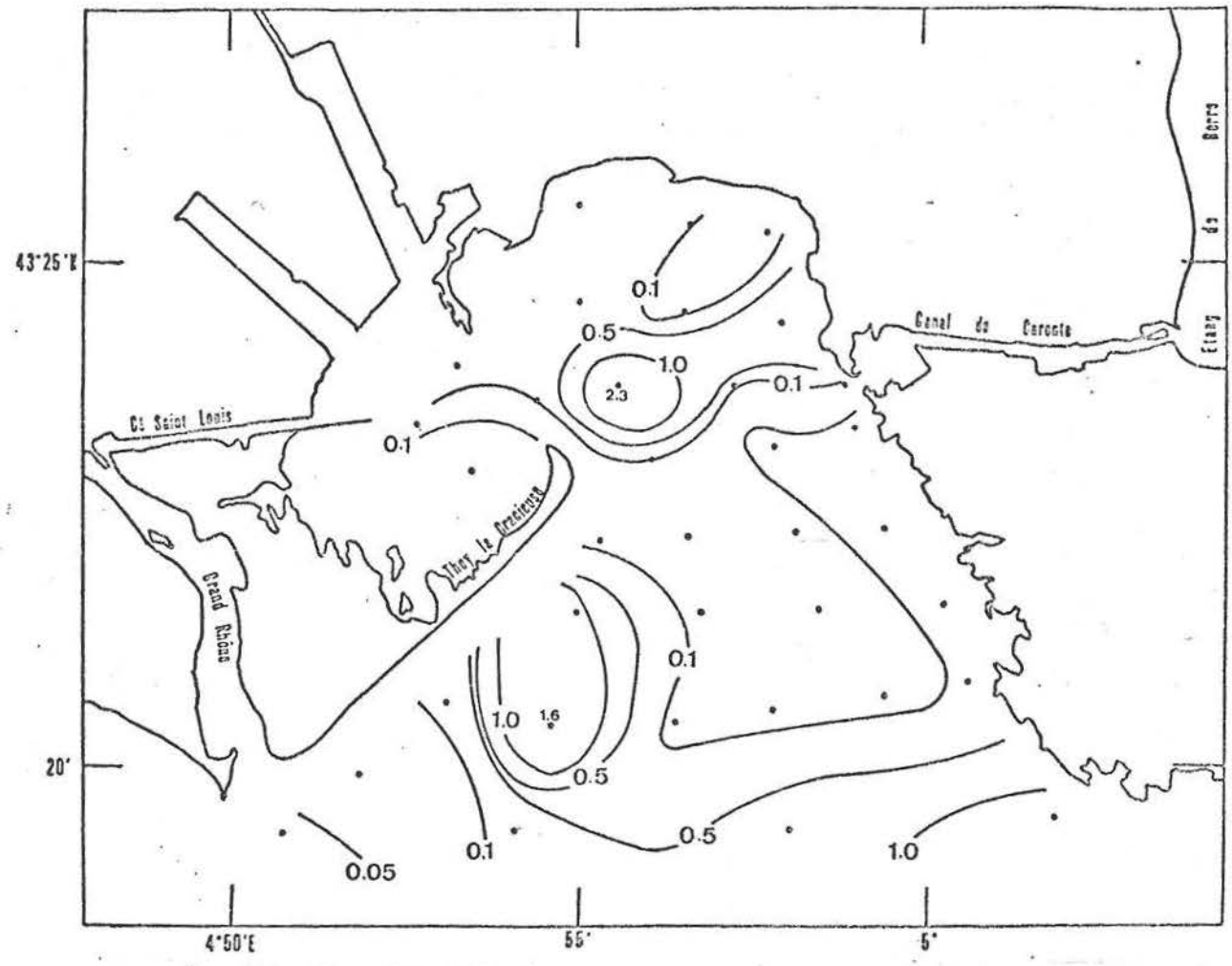


Fig. 57. Zinc (II) (ppb)

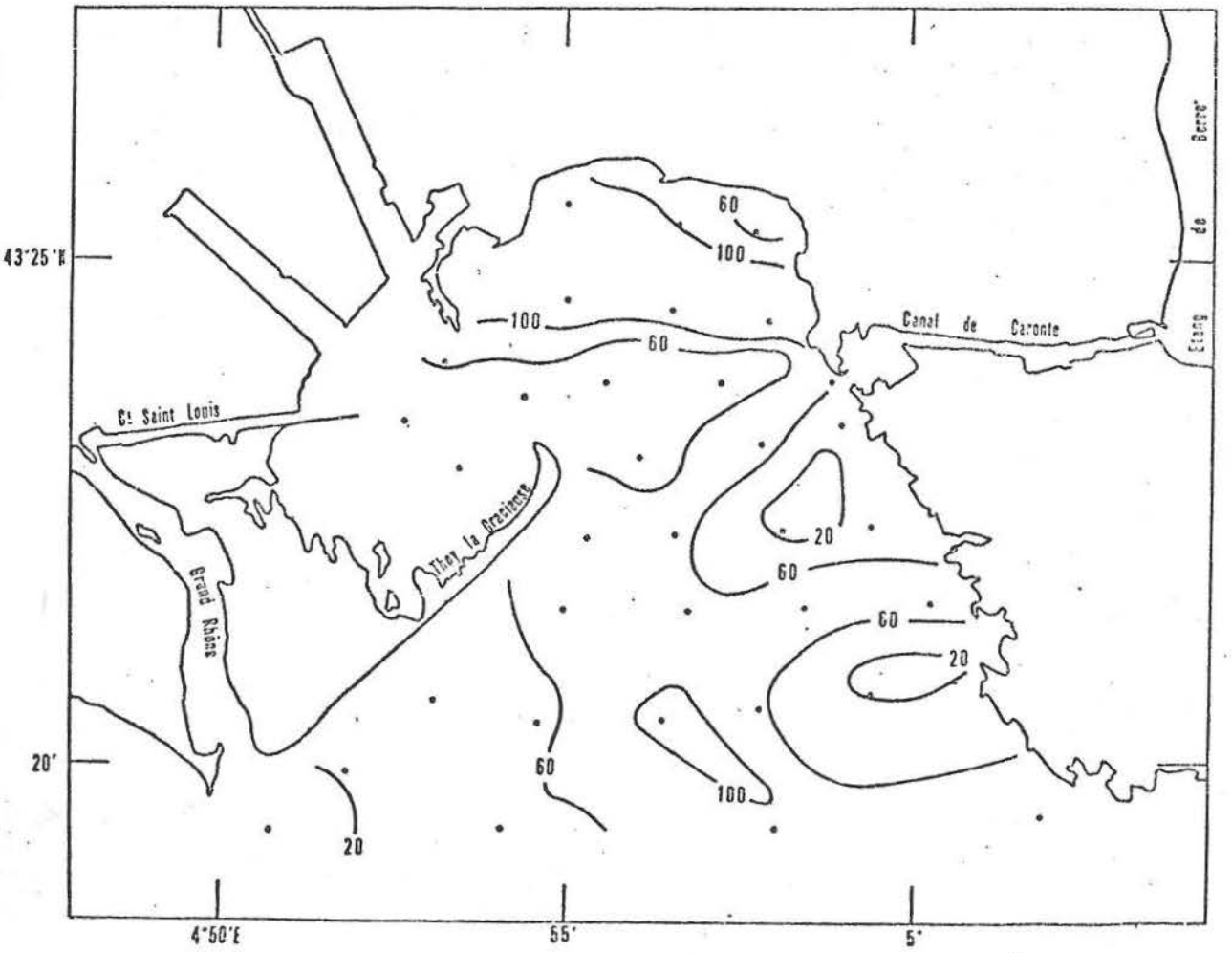


Fig. 58. Cadmium (II) (ppb)

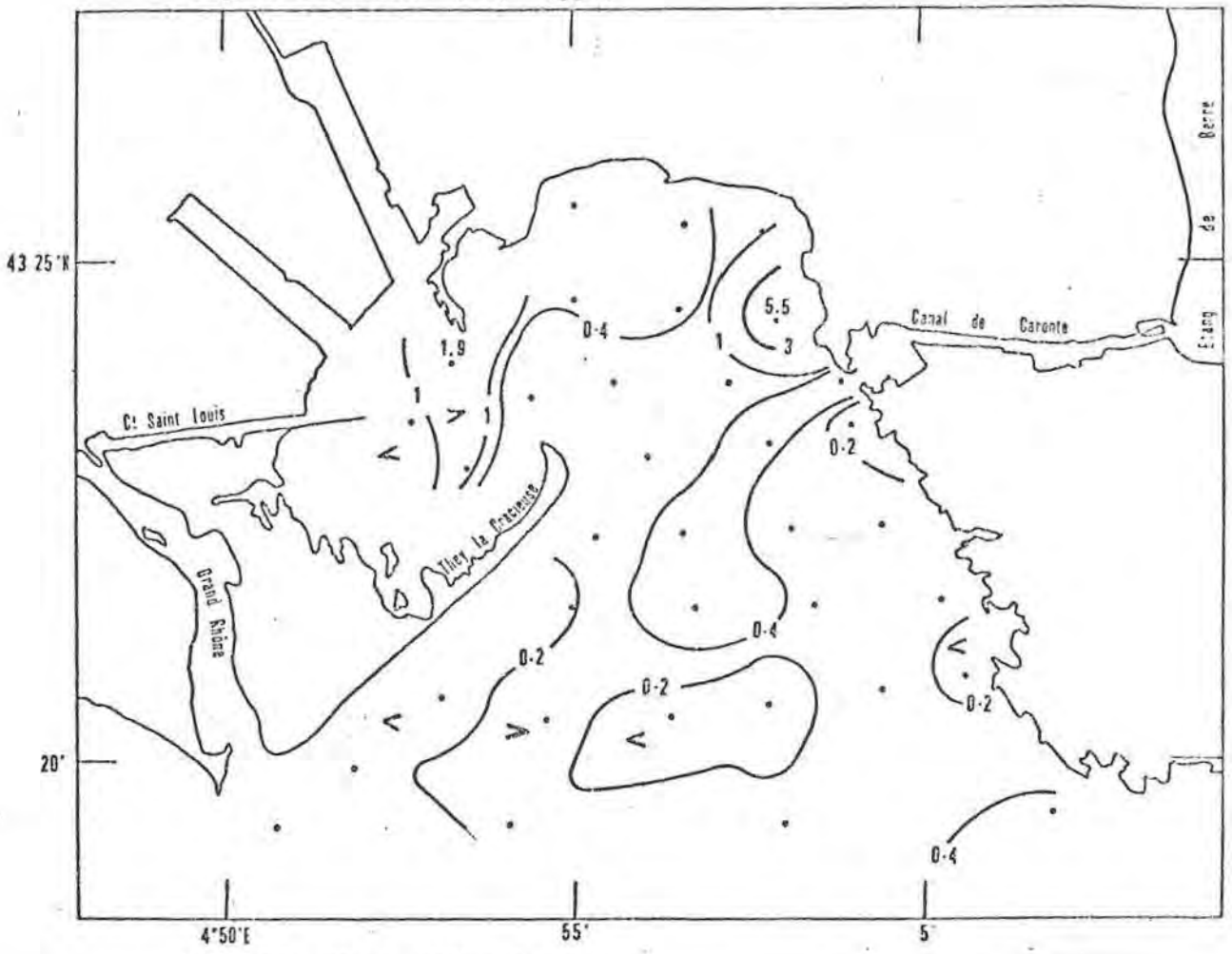


Fig. 59. Plomb (II) (ppb)

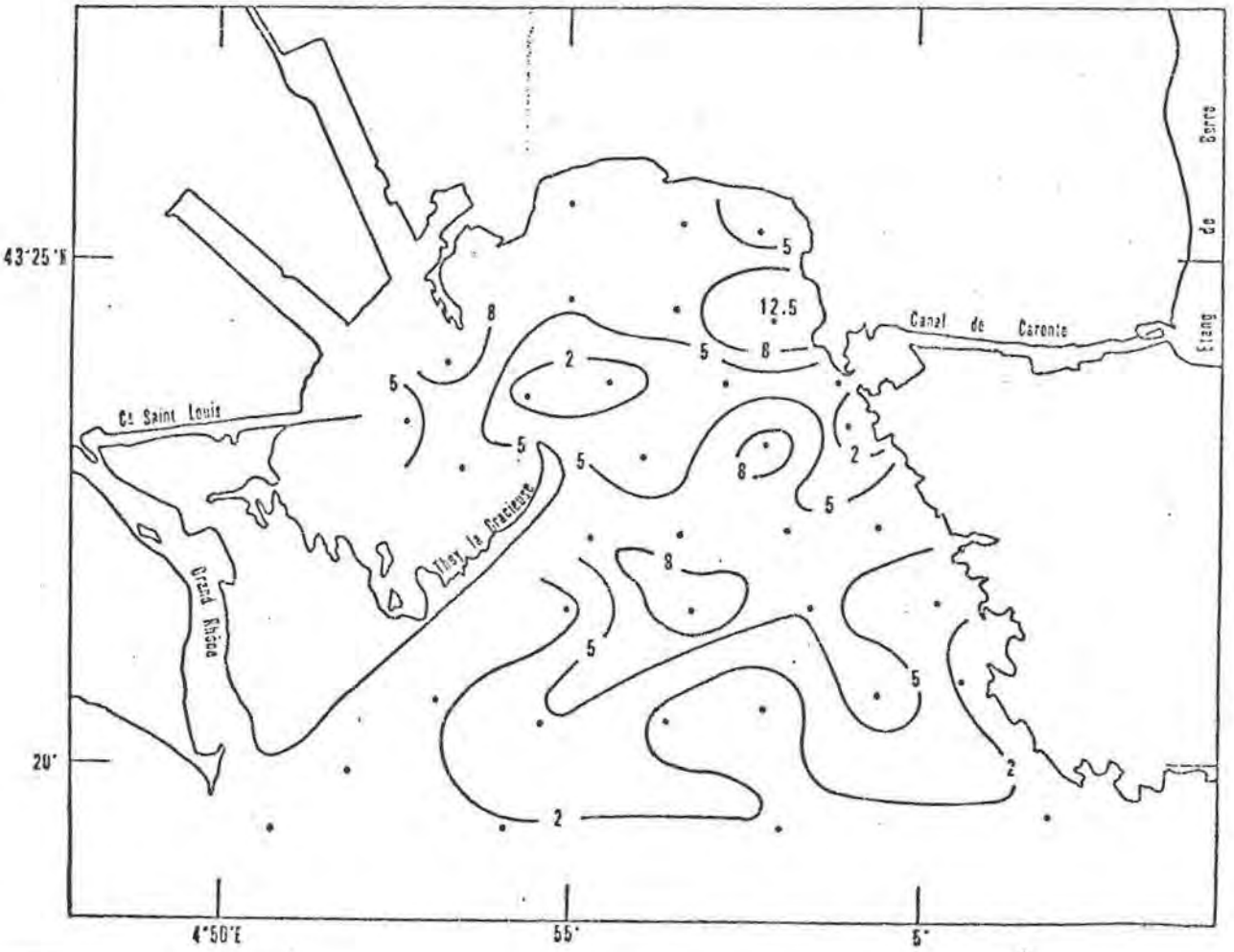


Fig. 60. Situation des stations. FOS III. Novembre 1975

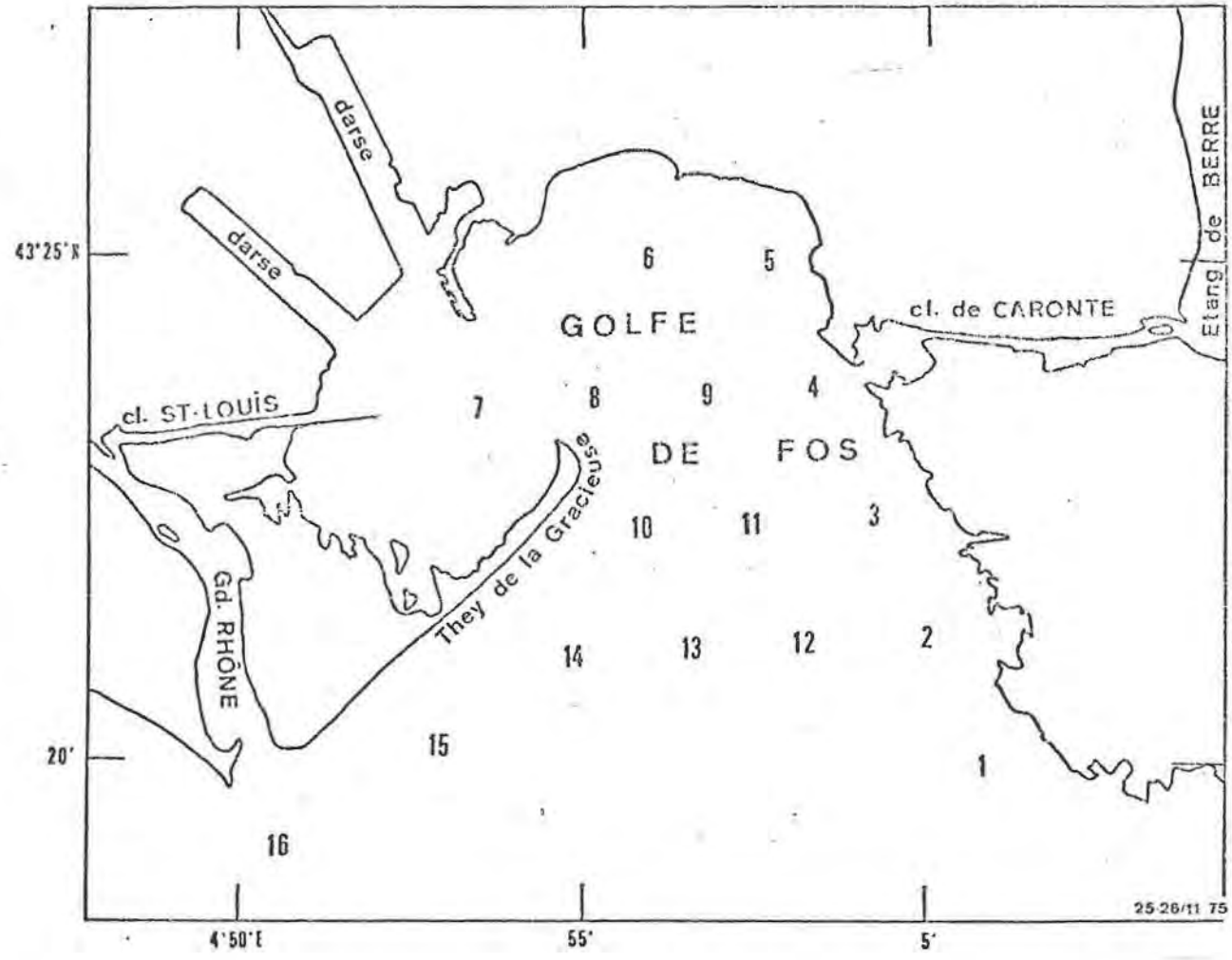


Fig. 61. Températures de surface (°C)

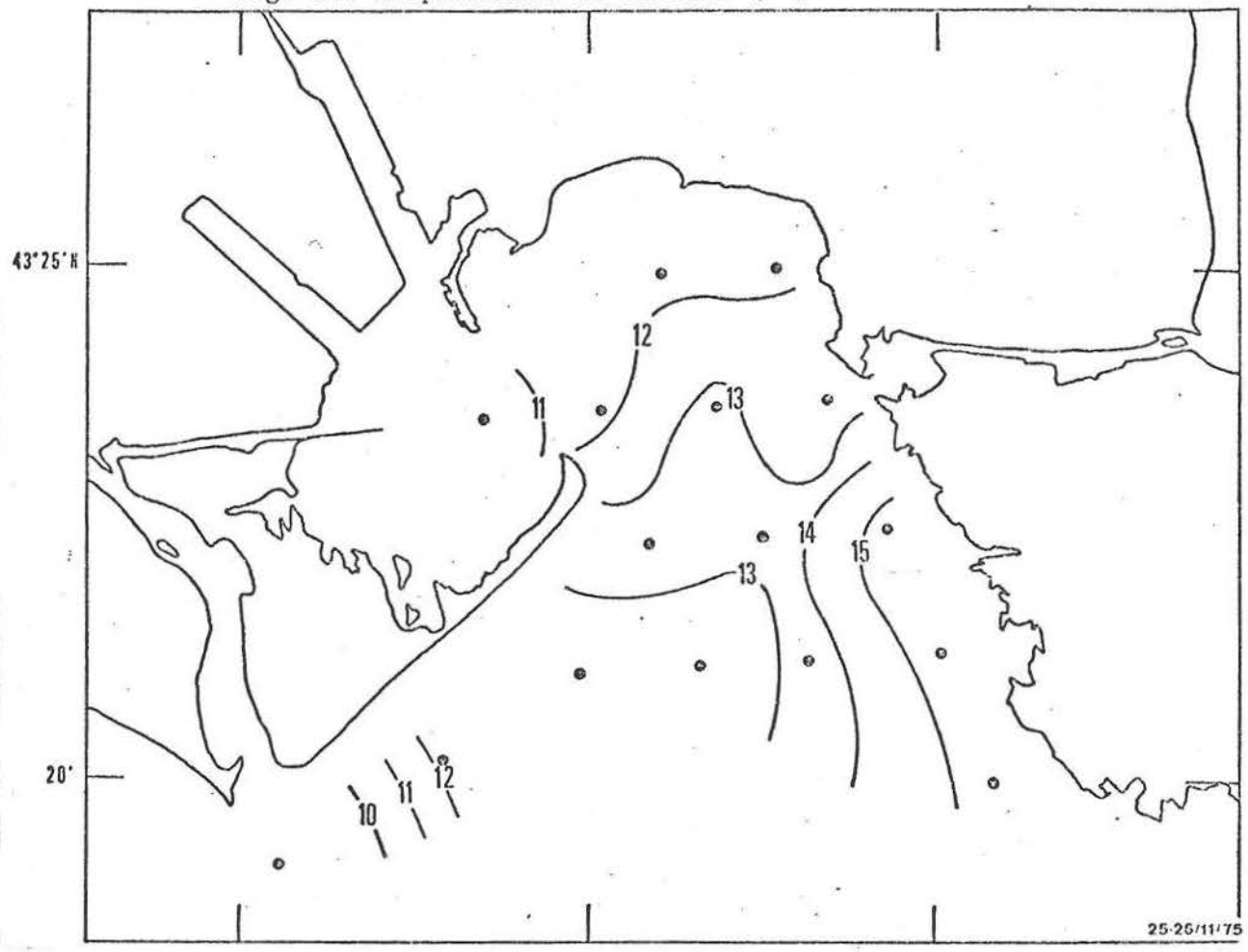


Fig. 62. Températures à 5 m (°C)

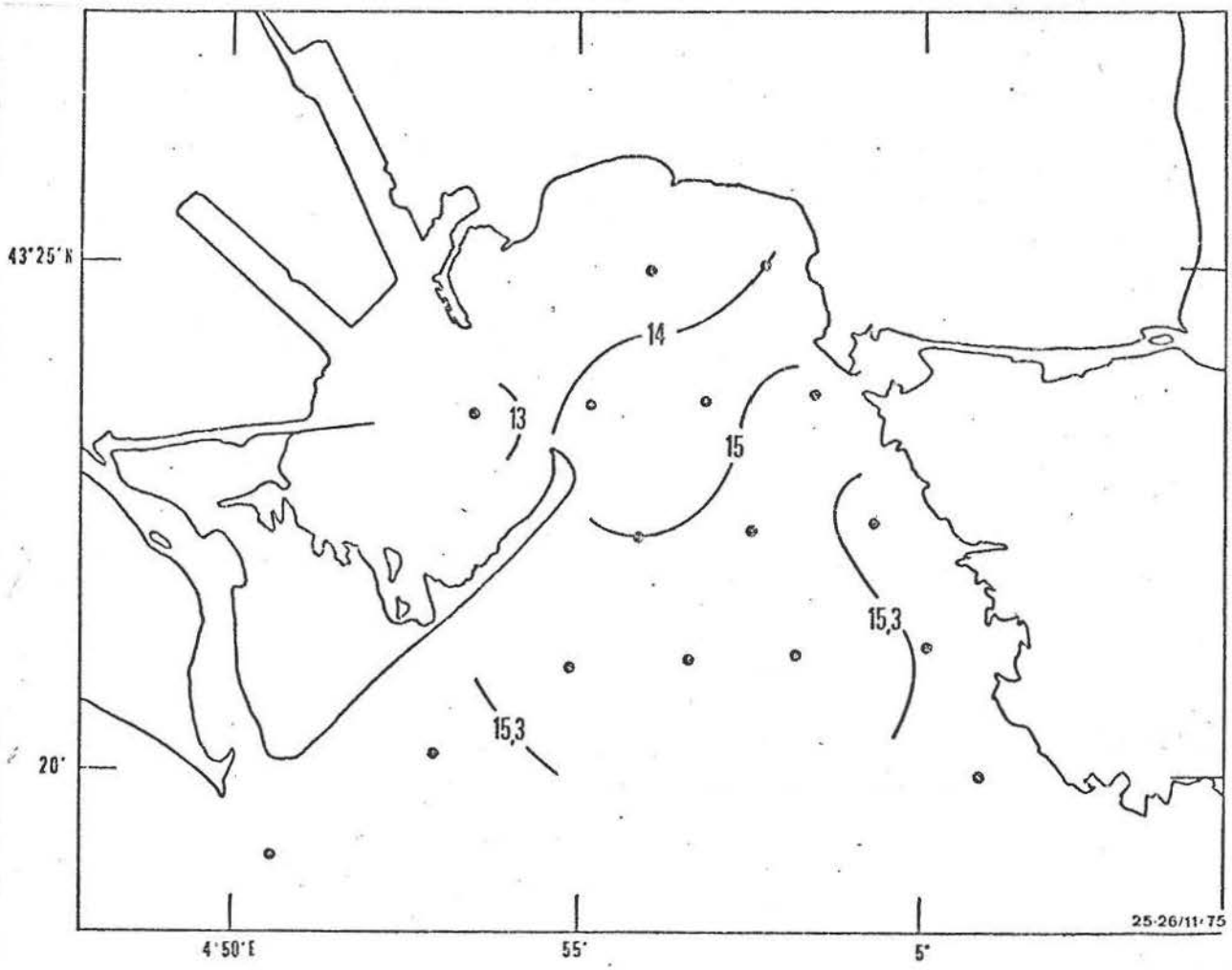


Fig. 63. Salinités de surface (°/₀₀)

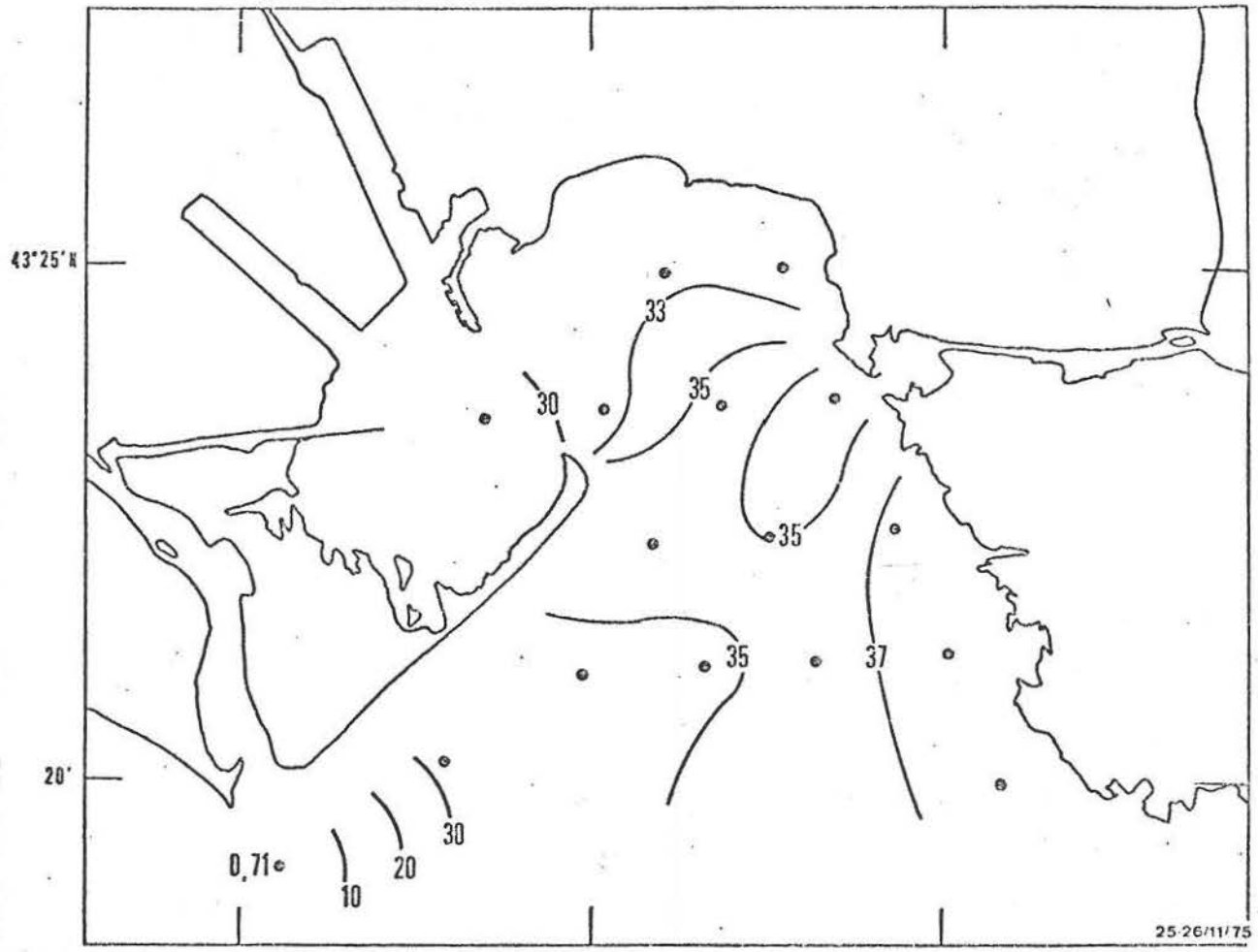


Fig. 64. Salinités à 5 m. (°/₀₀)

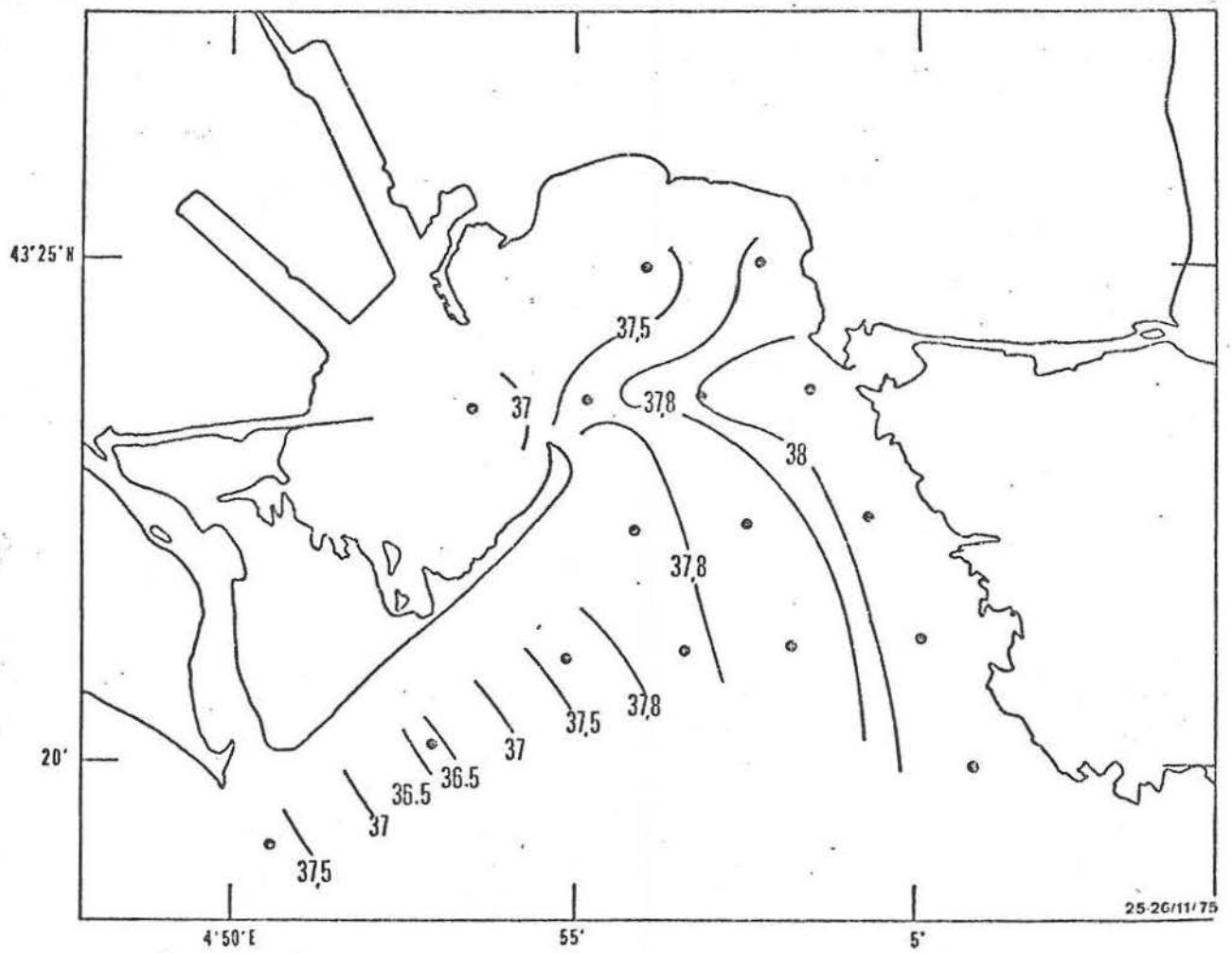


Fig. 65. Disque de Secchi (en m)

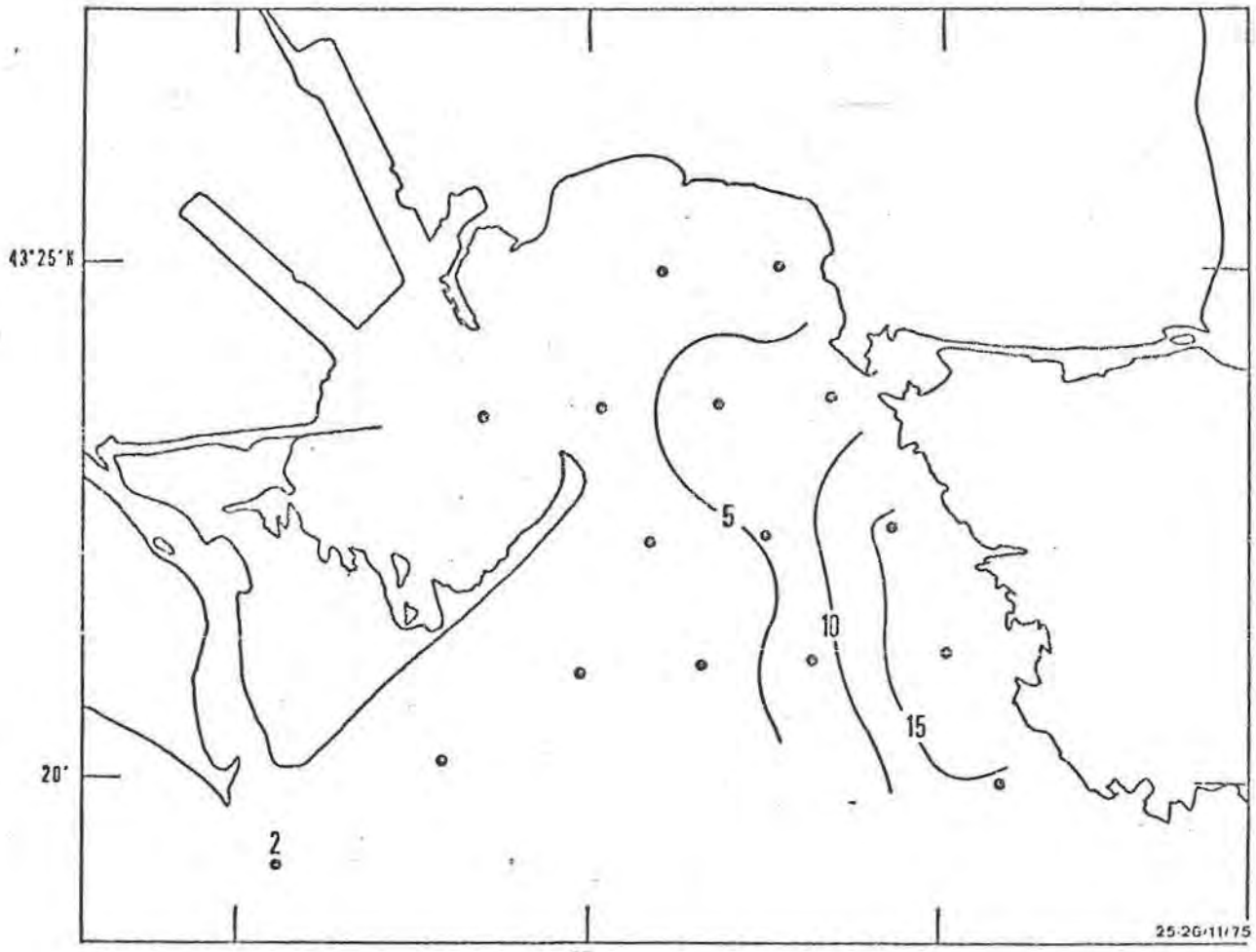


Fig. 66. Matériel particulaire ou seston en surface (mg/l)

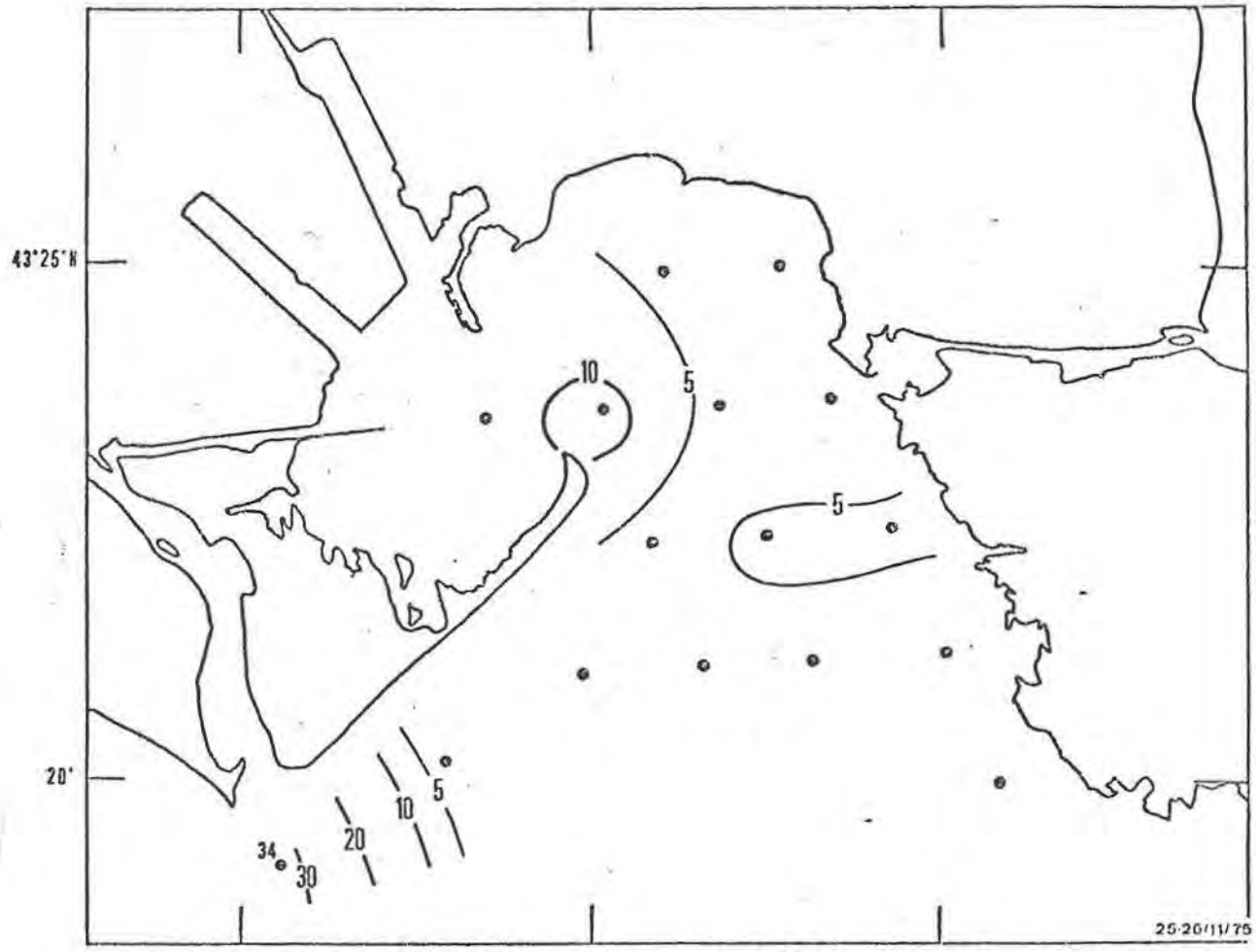


Fig. 67. Matériel particulaire ou seston à 5 m (mg/l)

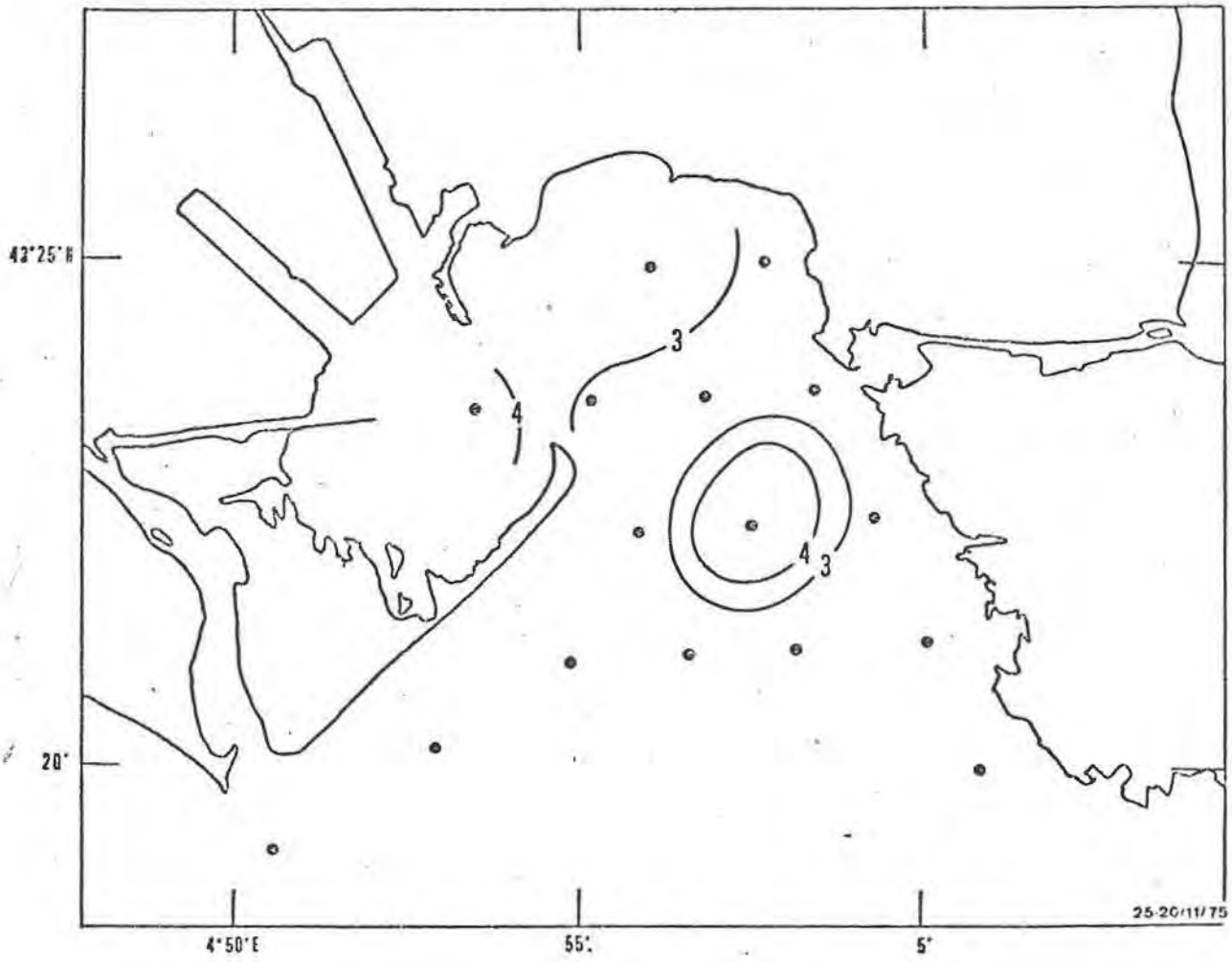


Fig. 68. Oxygène dissous en surface (ml/l-)

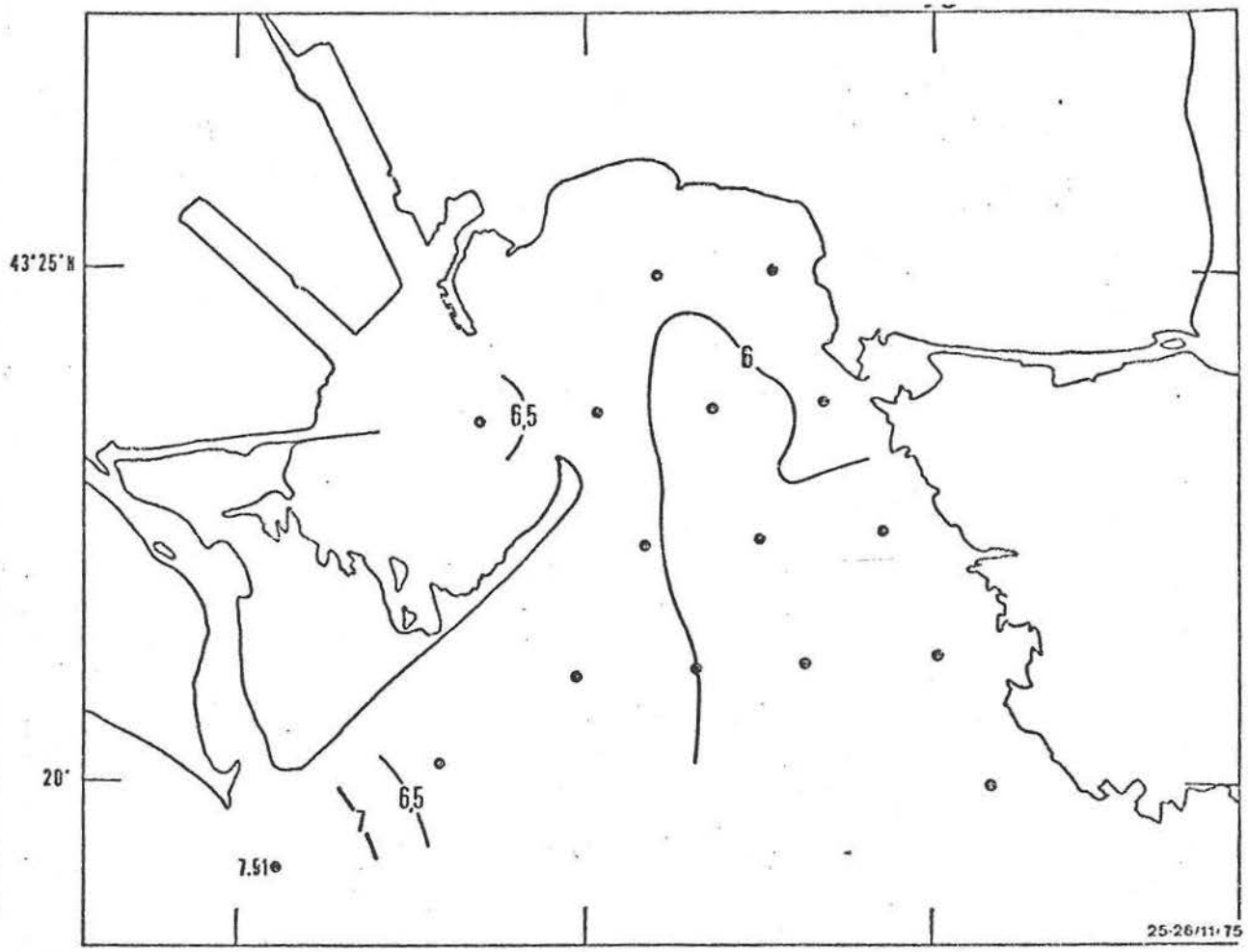


Fig. 69. Oxygène dissous à 5 m (ml/l)

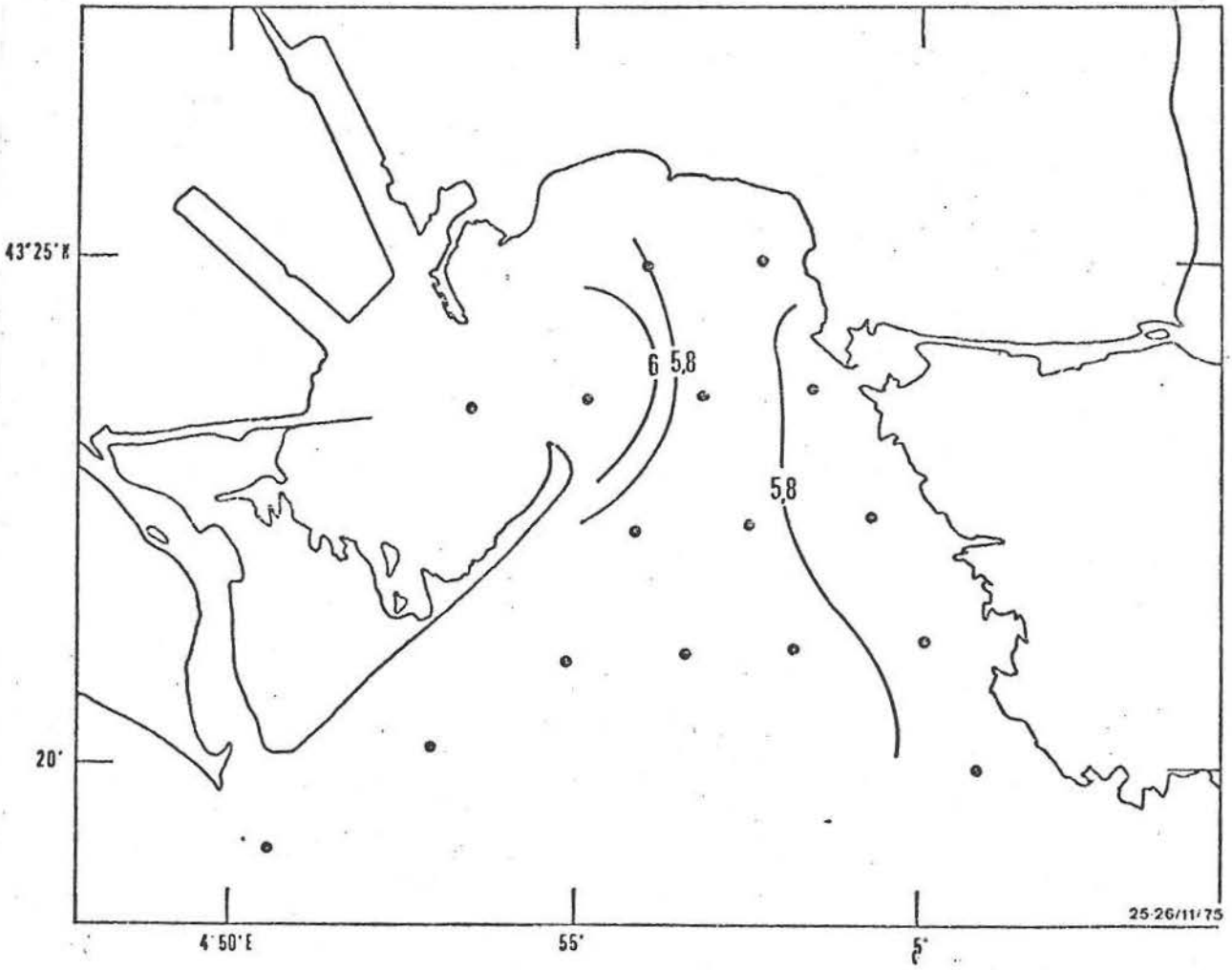


Fig. 70. Phosphore sous forme d'orthophosphates en surface (µatg/1)

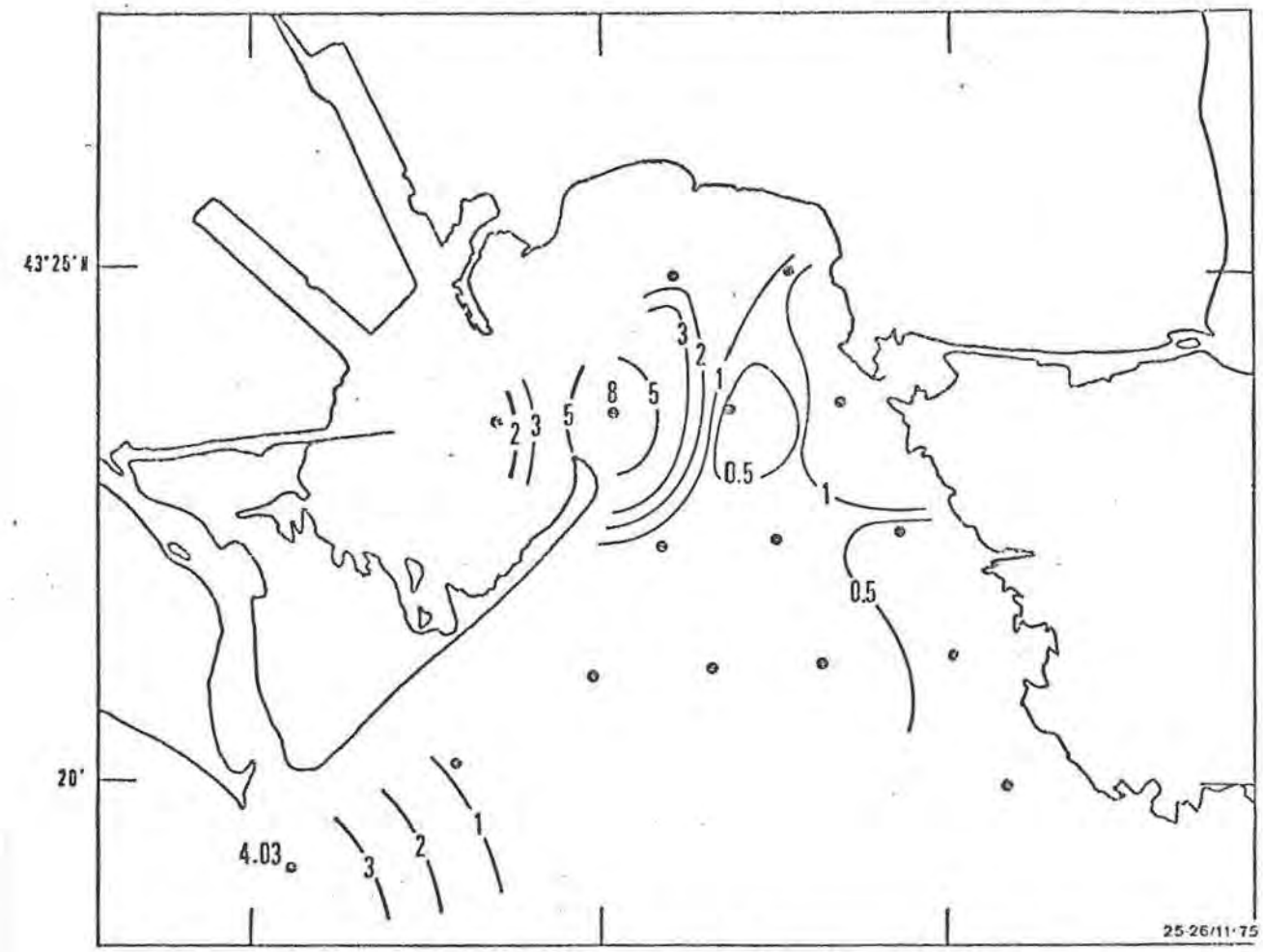


Fig. 71. Phosphore sous forme d'orthophosphates à 5 m (µatg/1)

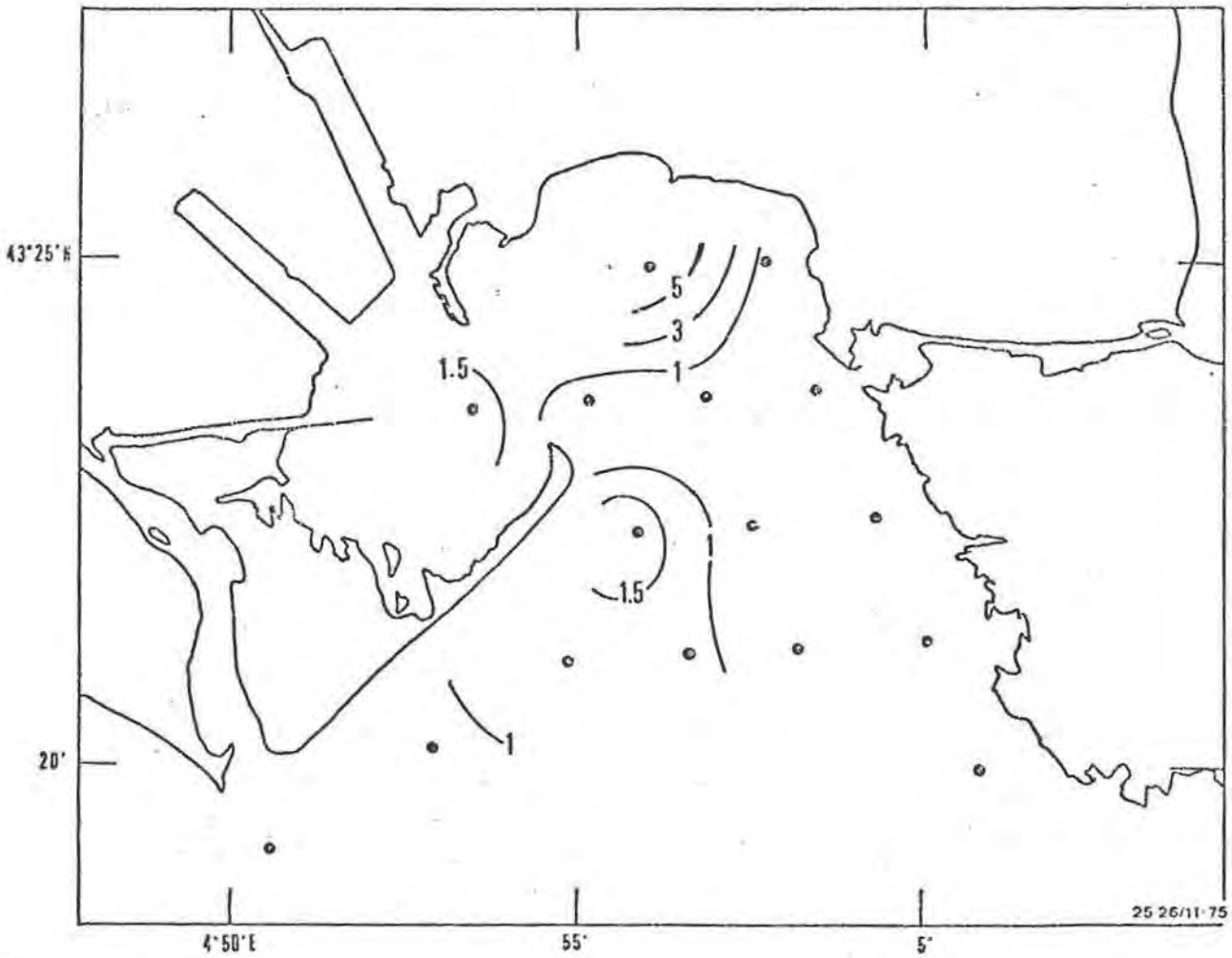


Fig. 72. Azote sous forme de nitrates en surface (µatg/1)

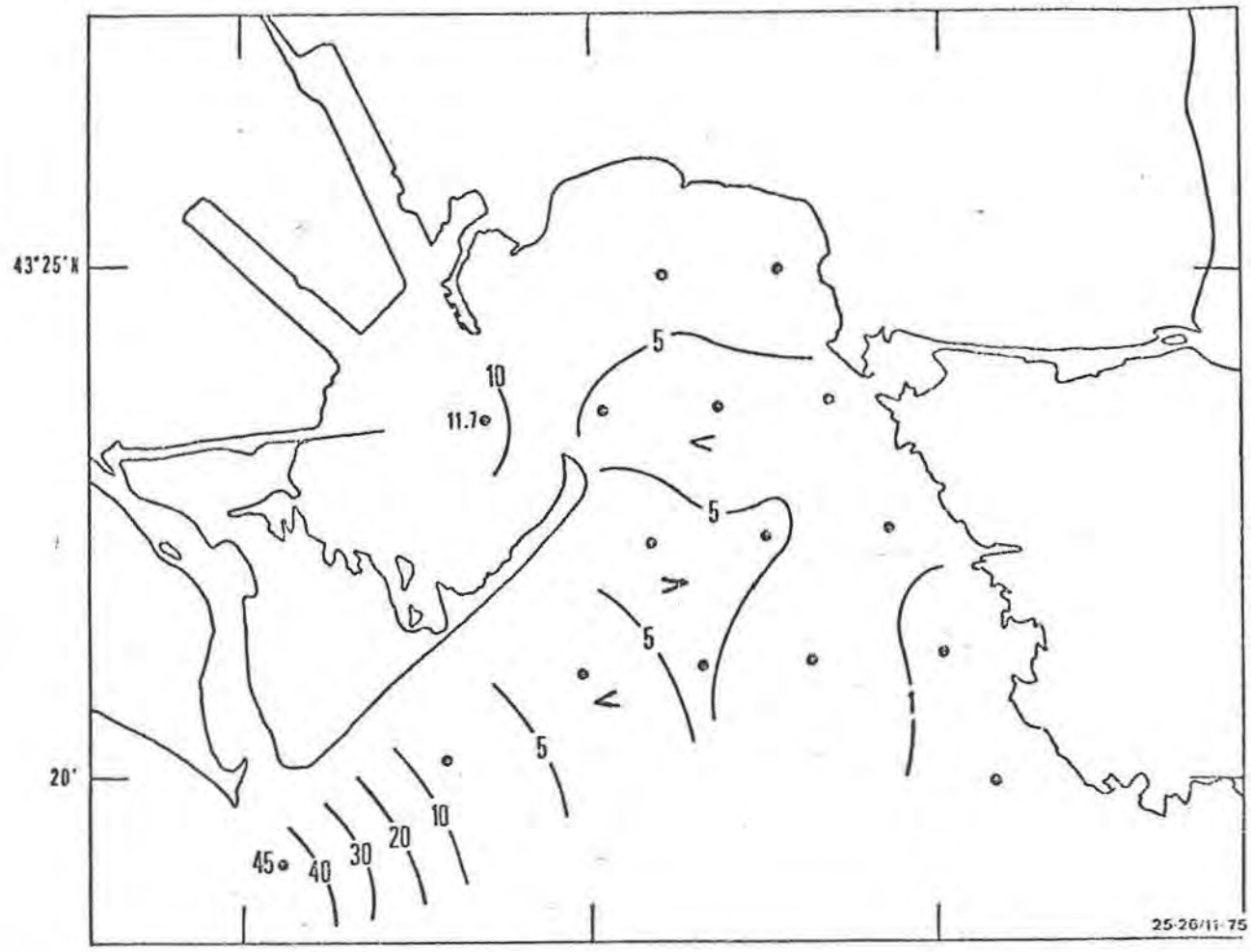


Fig. 73. Azote sous forme de nitrates à 5 m (µatg/1)

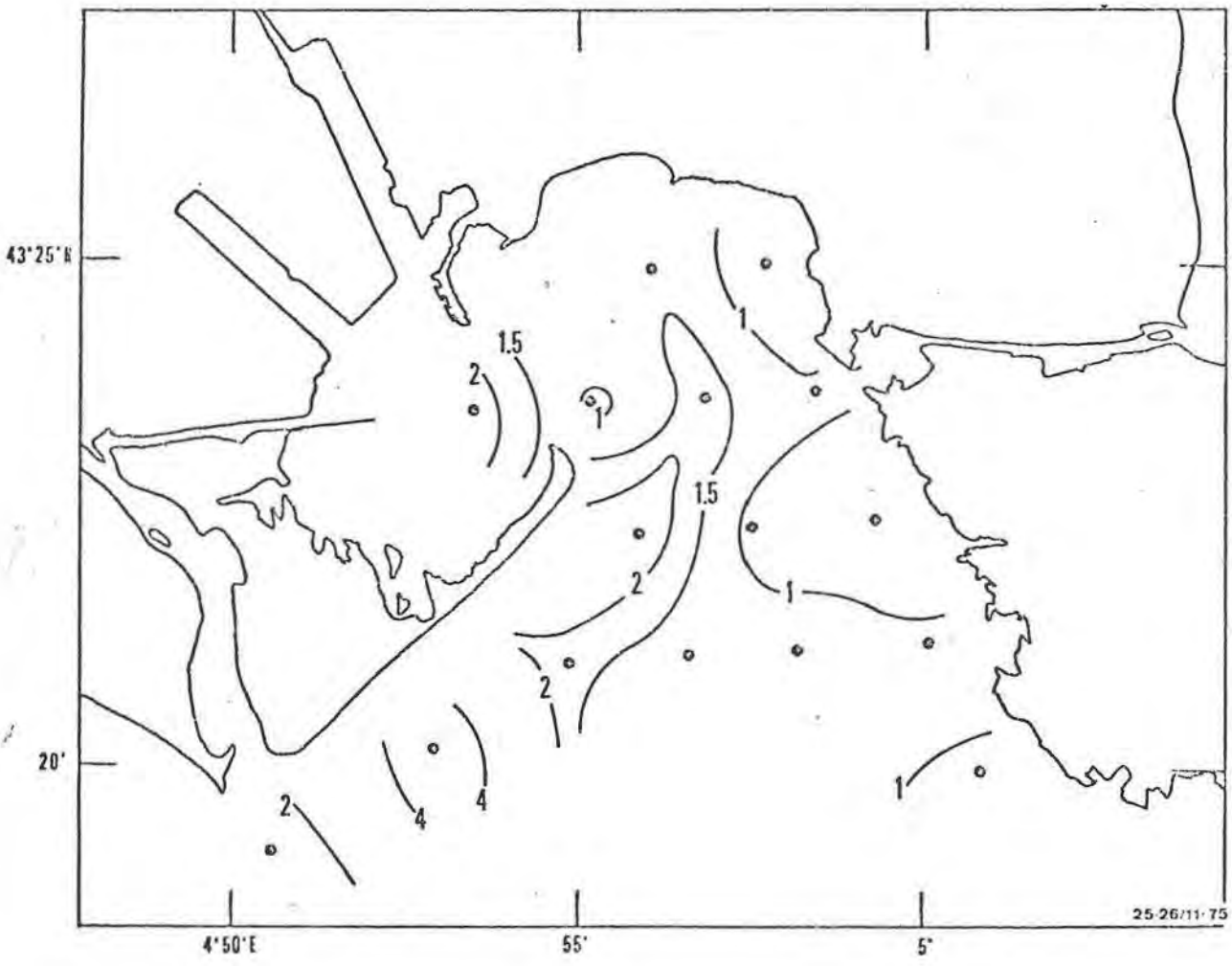


Fig. 74. Azote sous forme de nitrites en surface (µatg/1)

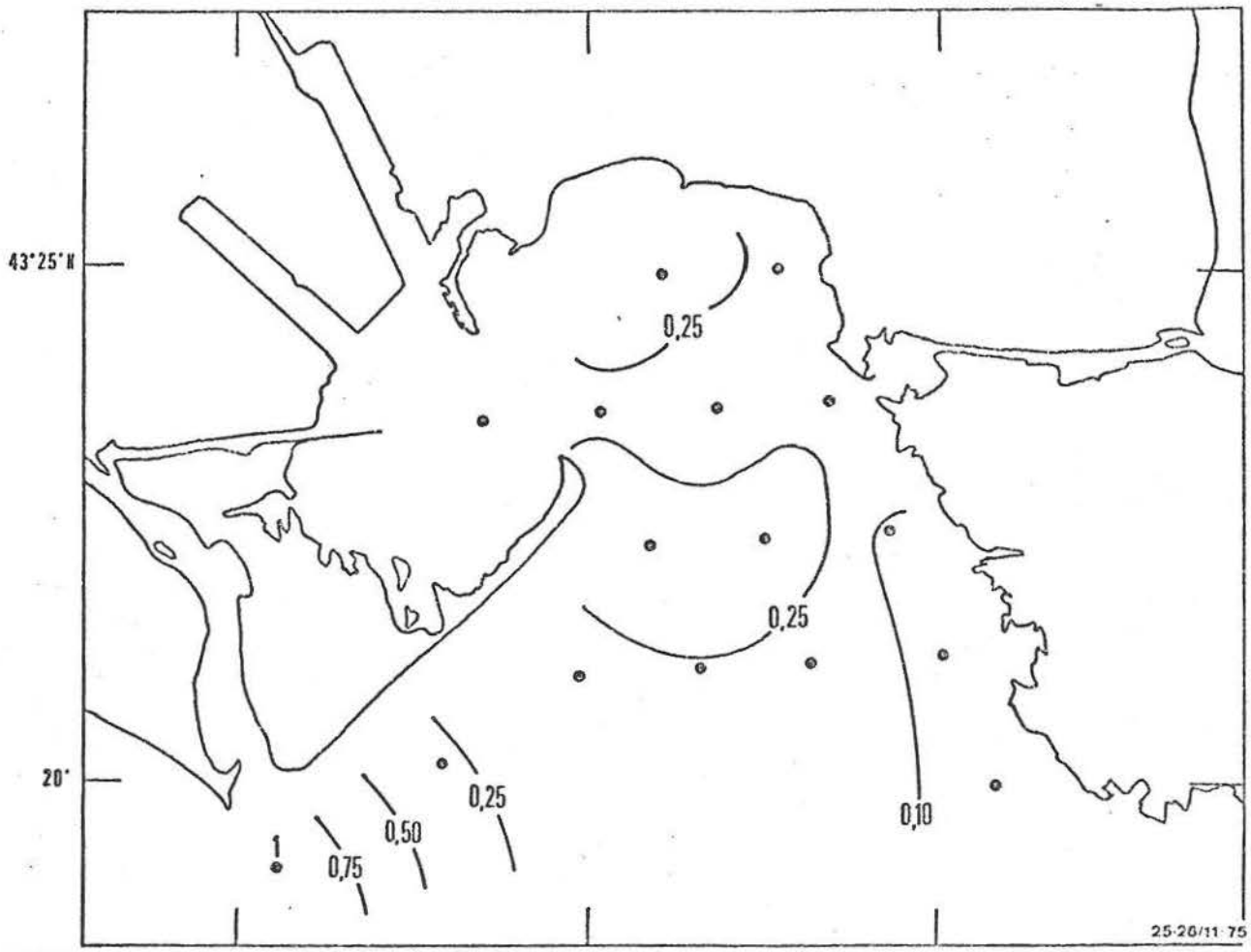


Fig. 75. Azote sous forme de nitrites à 5 m (µatg/1)

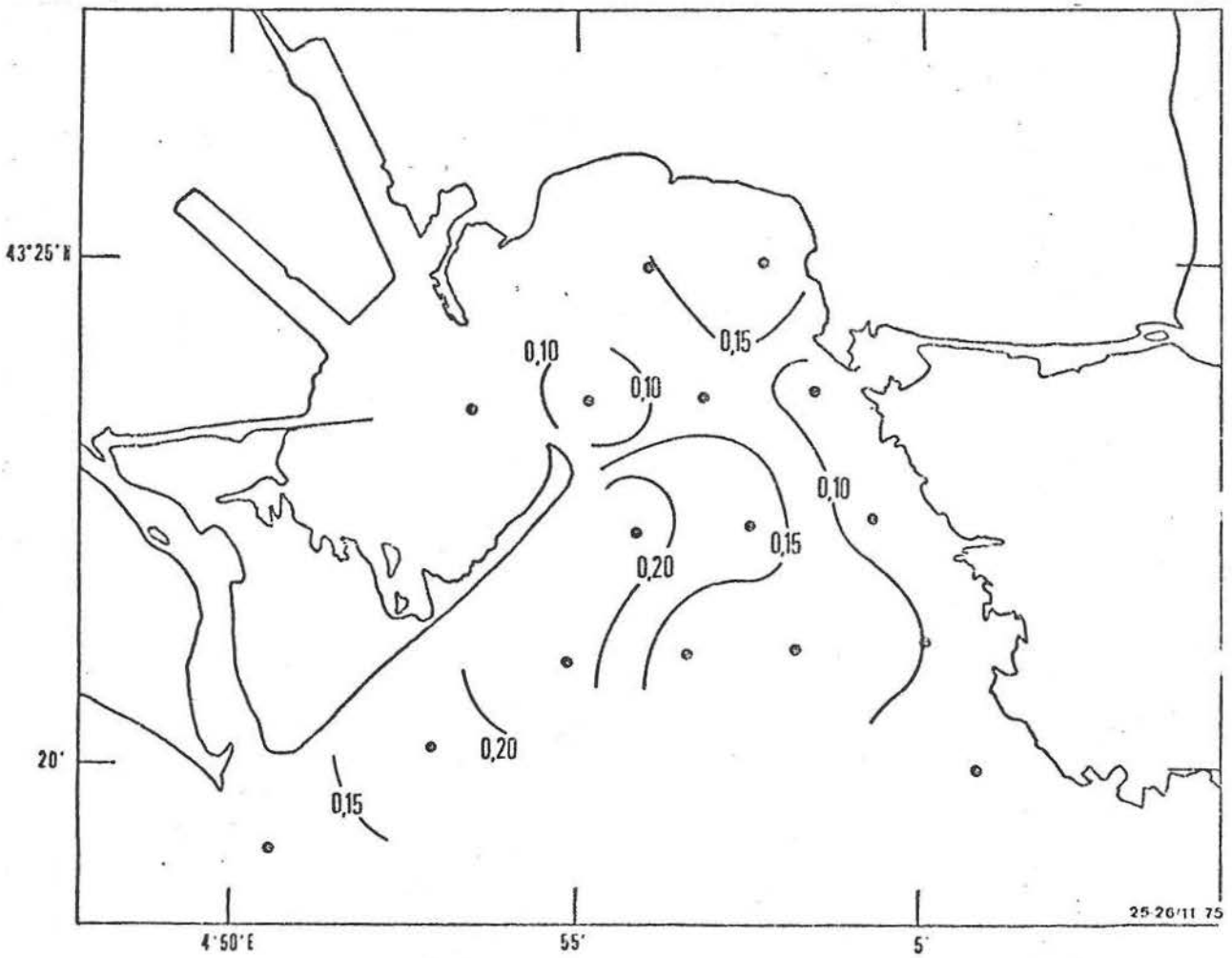


Fig. 76. Azote sous forme d'ammoniac en surface (µatg/1)

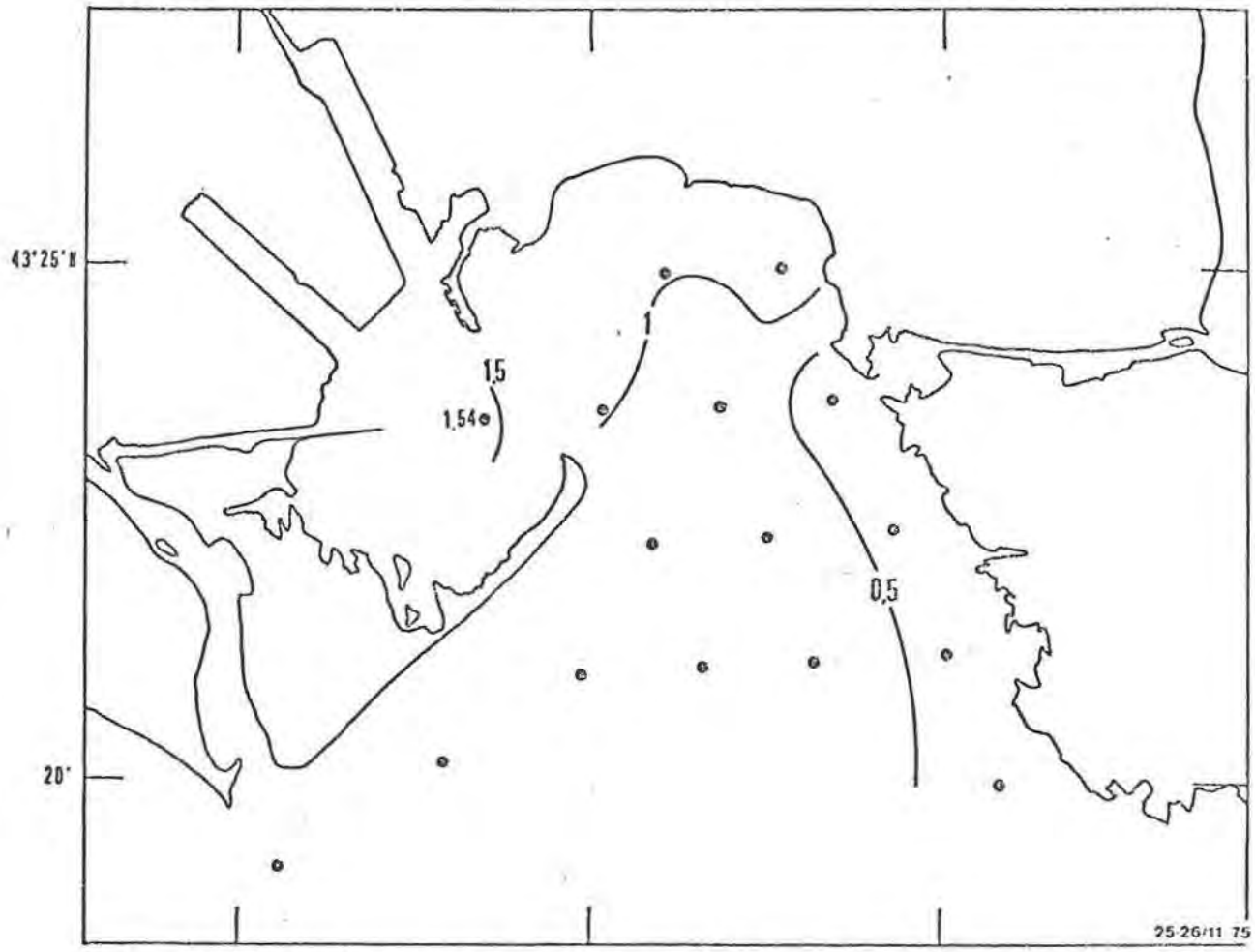
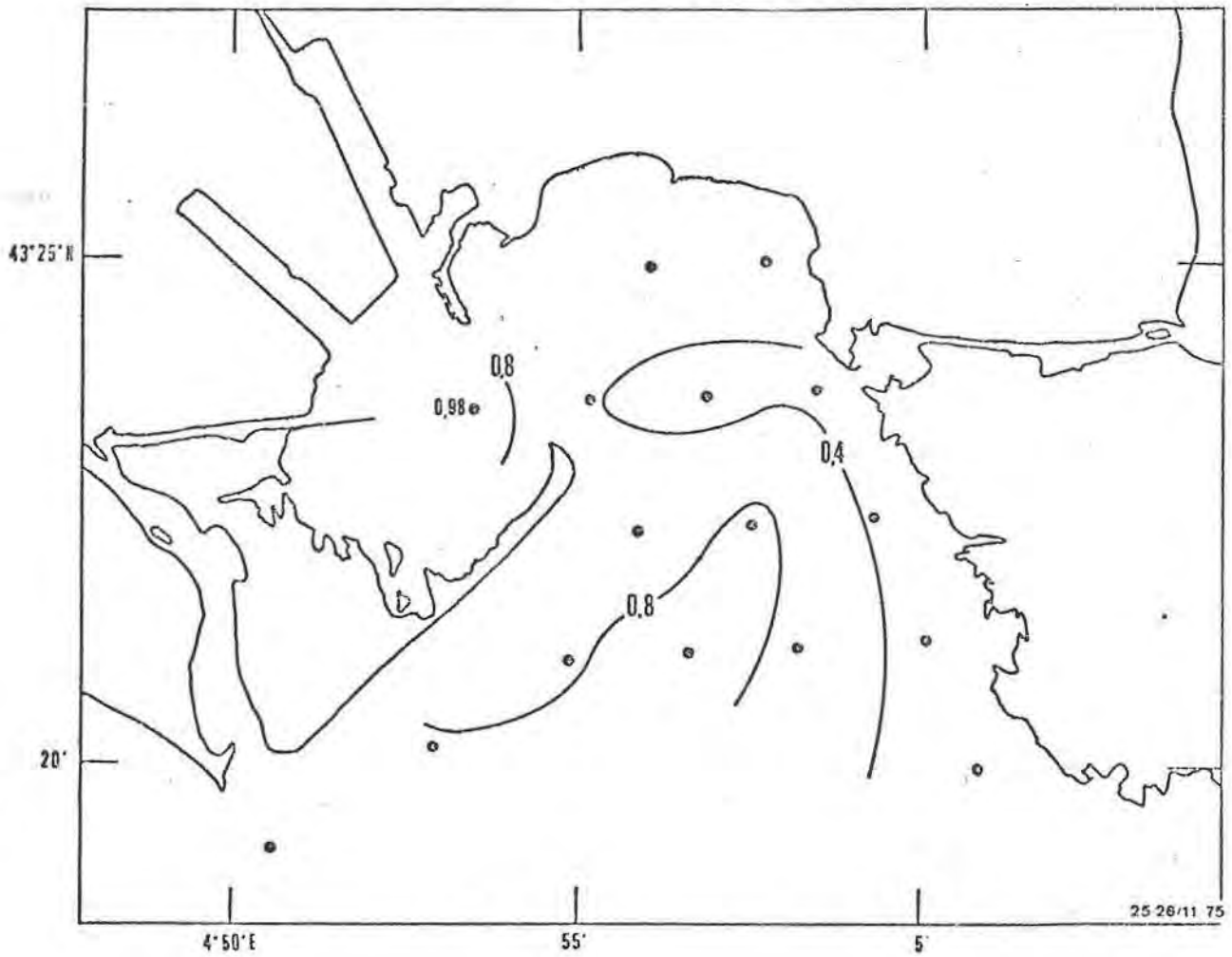


Fig. 77. Azote sous forme d'ammoniac à 5 m (µatg/1)



F ig. 78. Rapport $N\text{-}NO_3/P\text{-}PO_4$ en surface

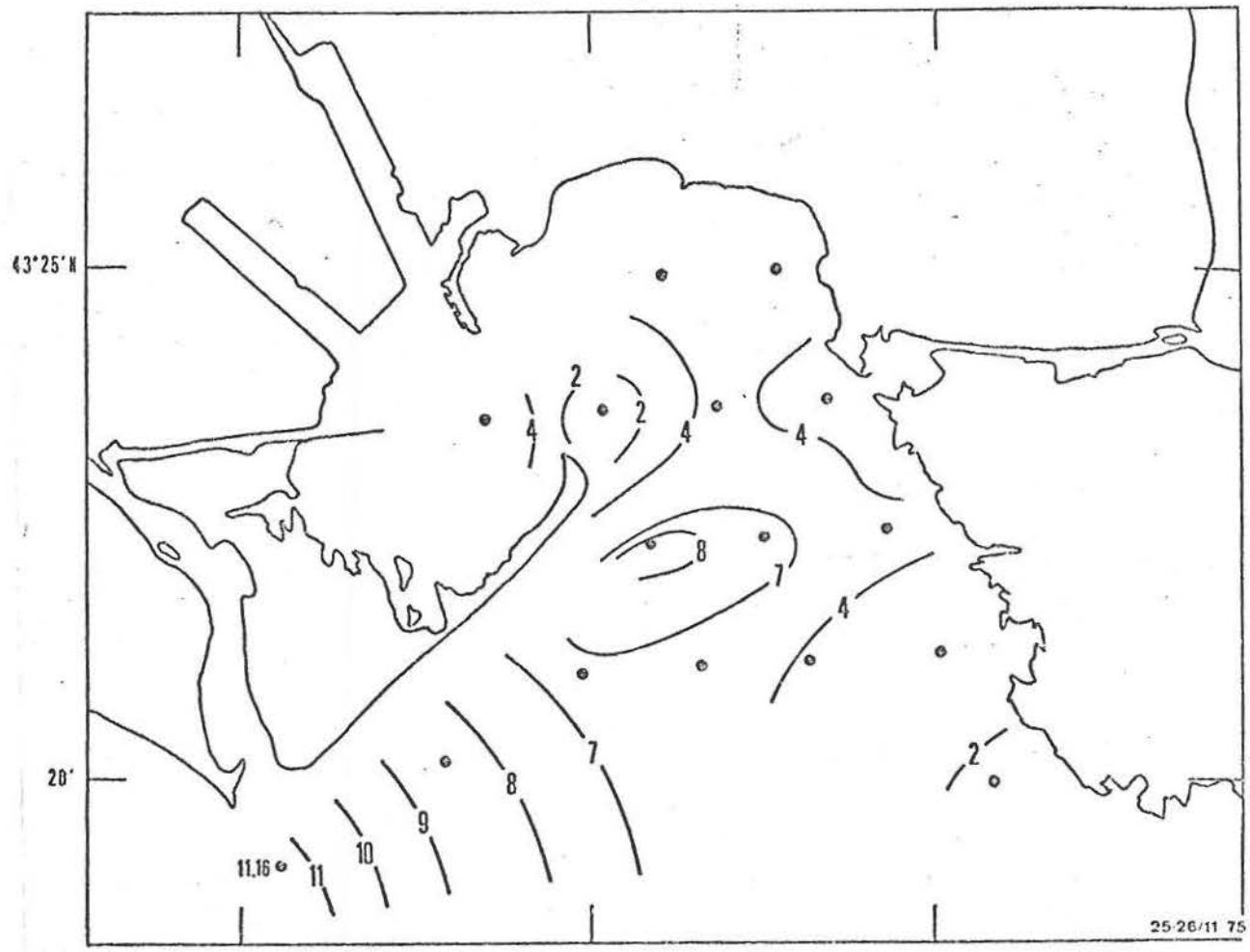


Fig. 79. Rapport $N\text{-}NO_3/P\text{-}PO_4$ à 5 m

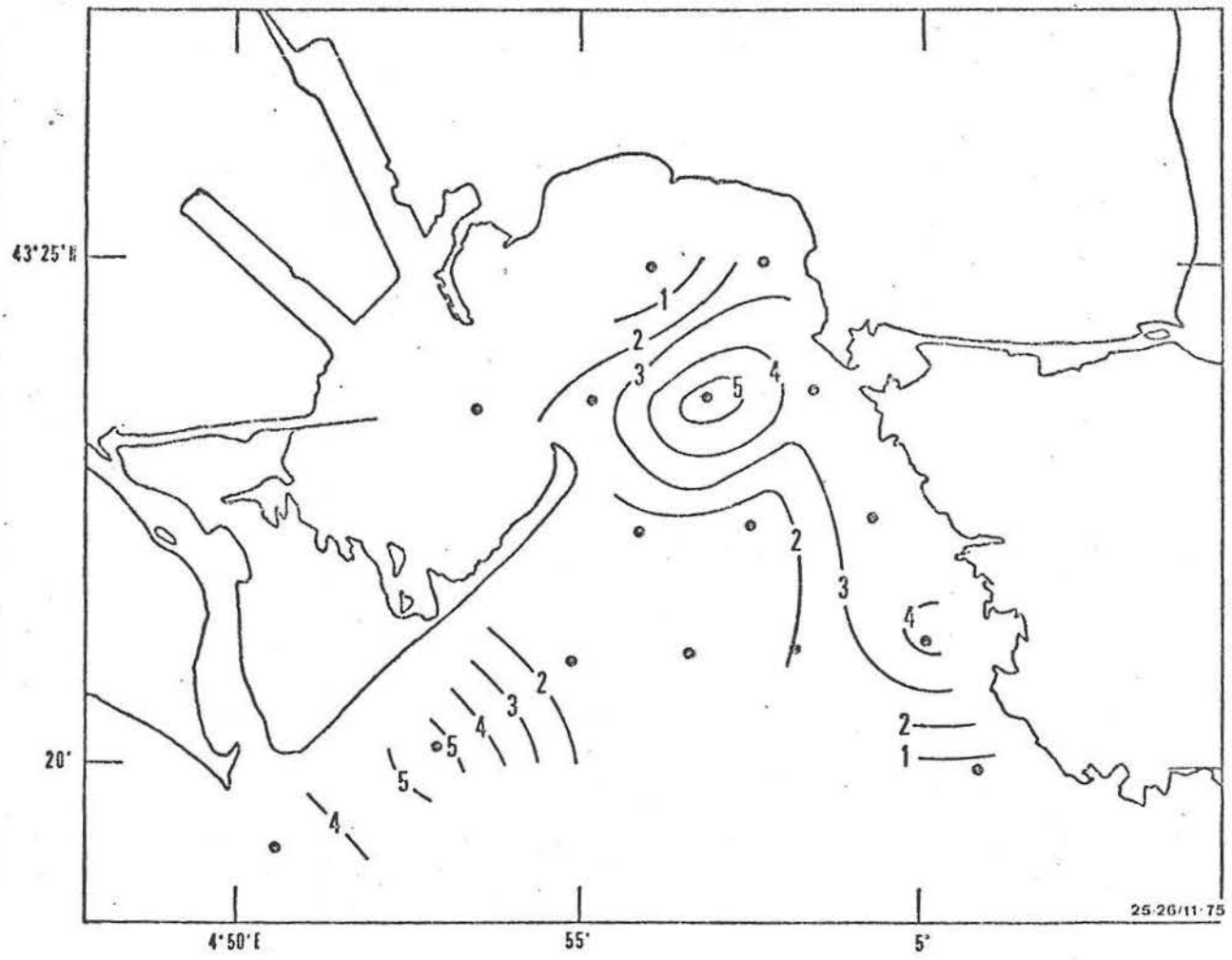


Fig. 80. Silice sous forme de silicates en surface (µatg/1)

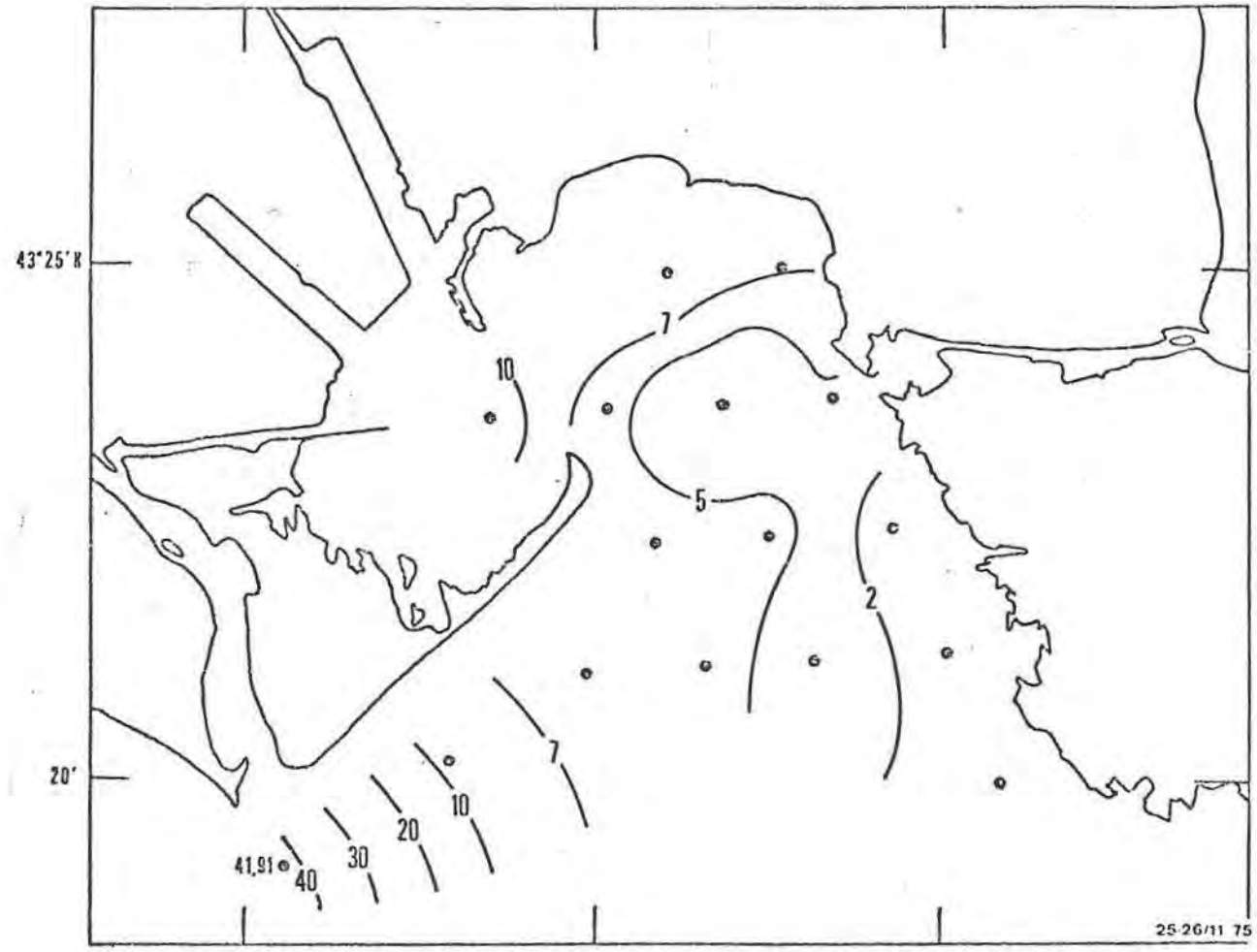


Fig. 81. Silice sous forme de silicates à 5 m (µatg/1)

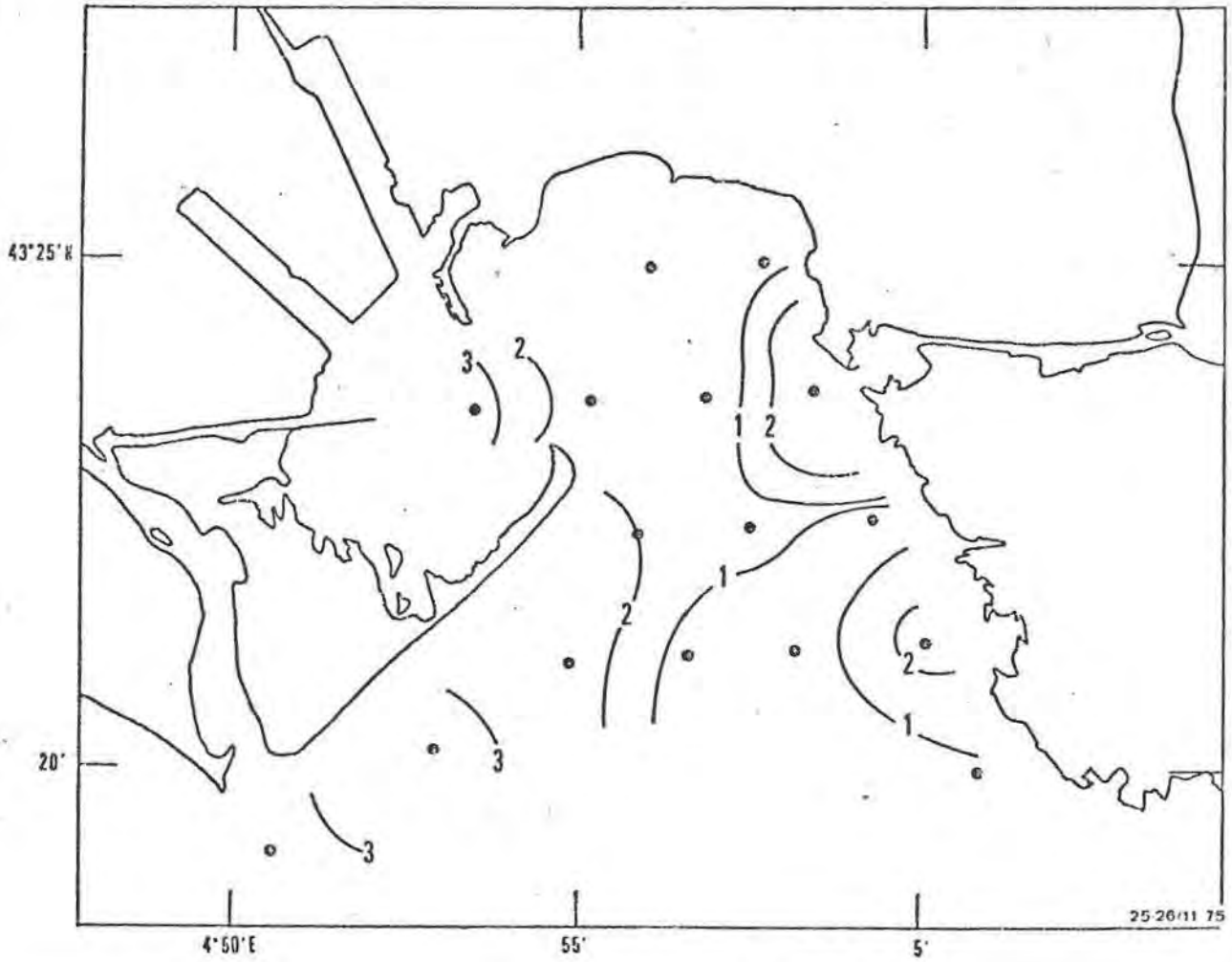


Fig. 82. Phytoplancton total (nbre cell.$\times 10^3$/1) en surface

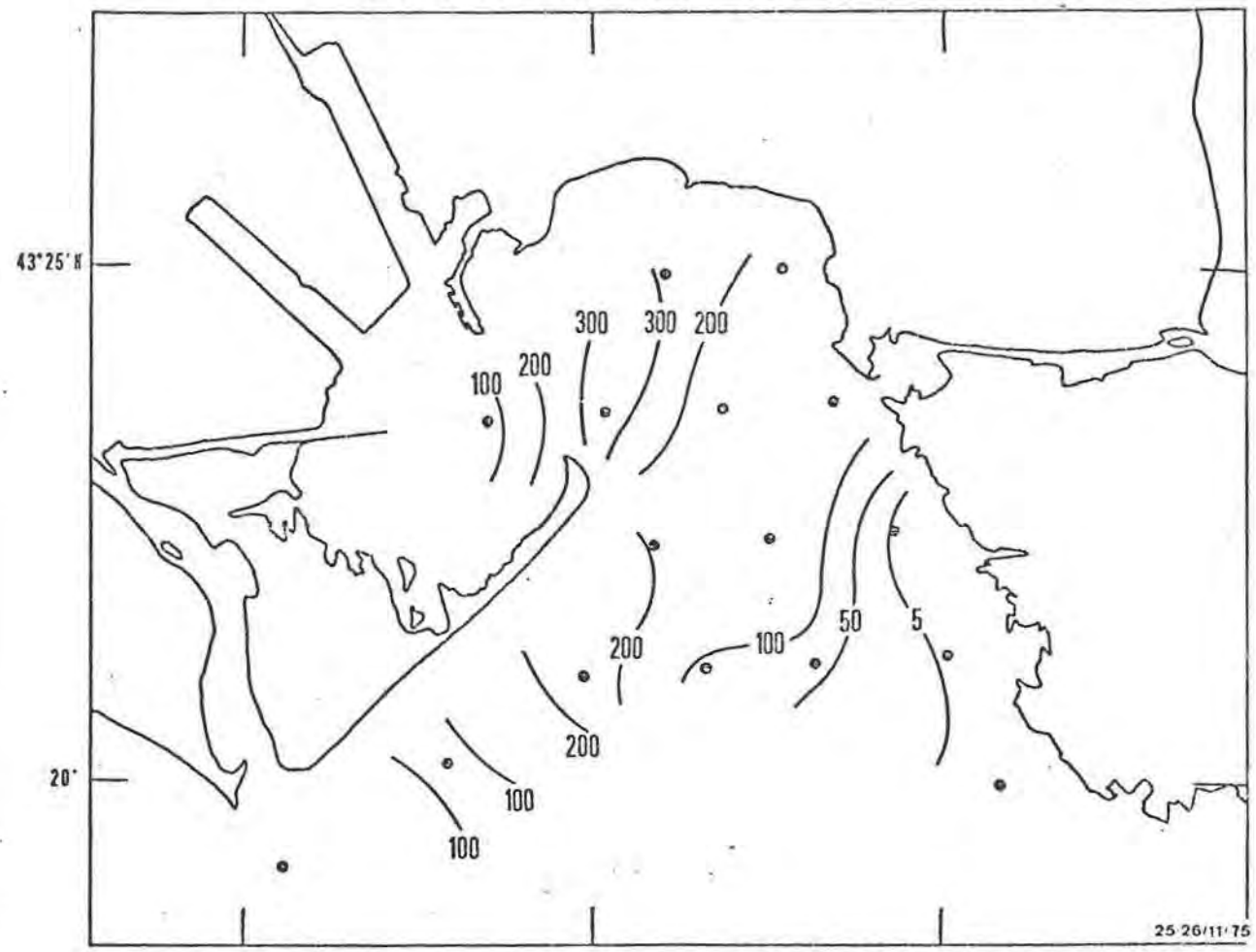


Fig. 83. Phytoplancton total (nbre cell.$\times 10^3$/1) à 5 m

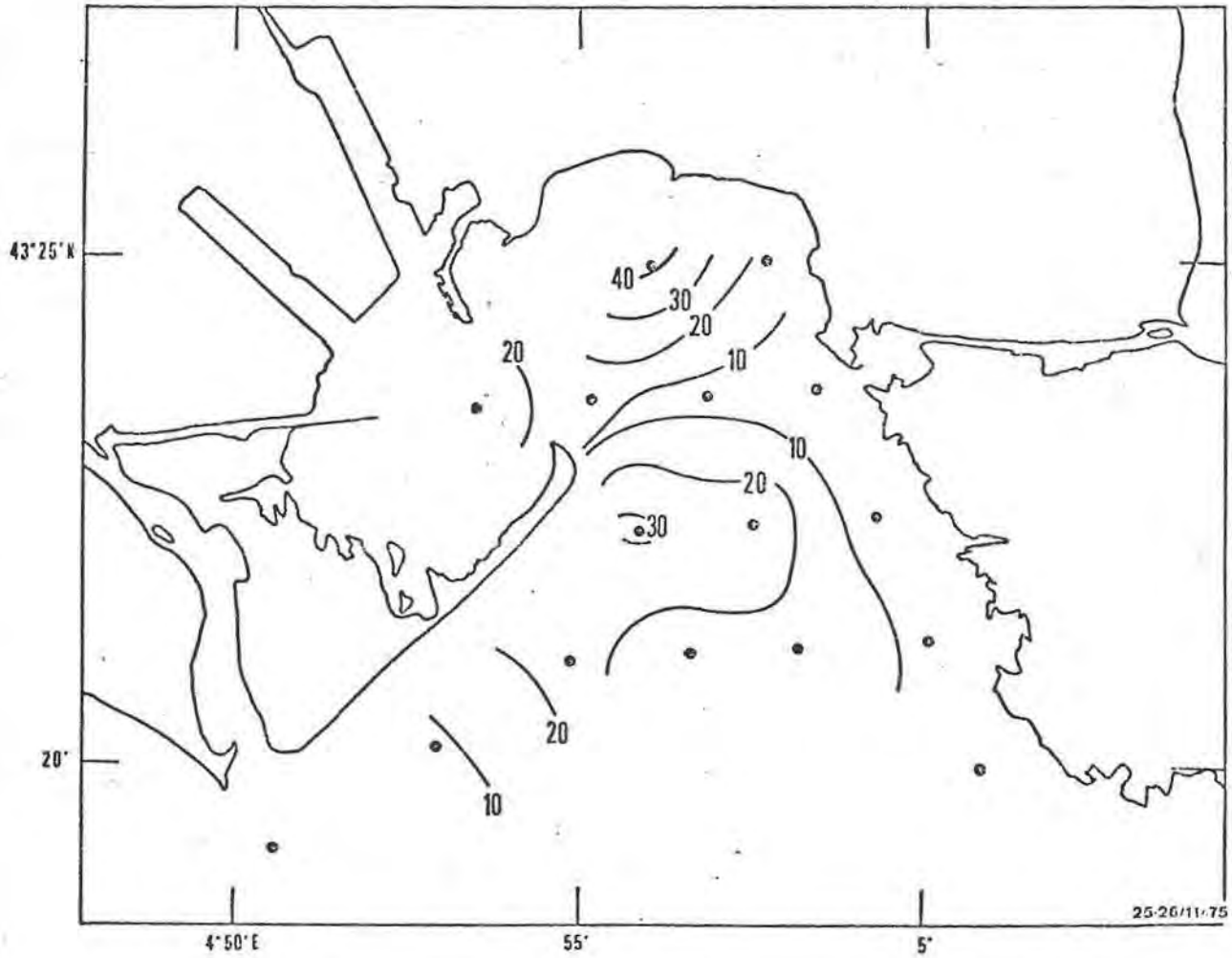


Fig. 84. Répartition de Thalassionema nitzschioides en surface (10^3 cell.

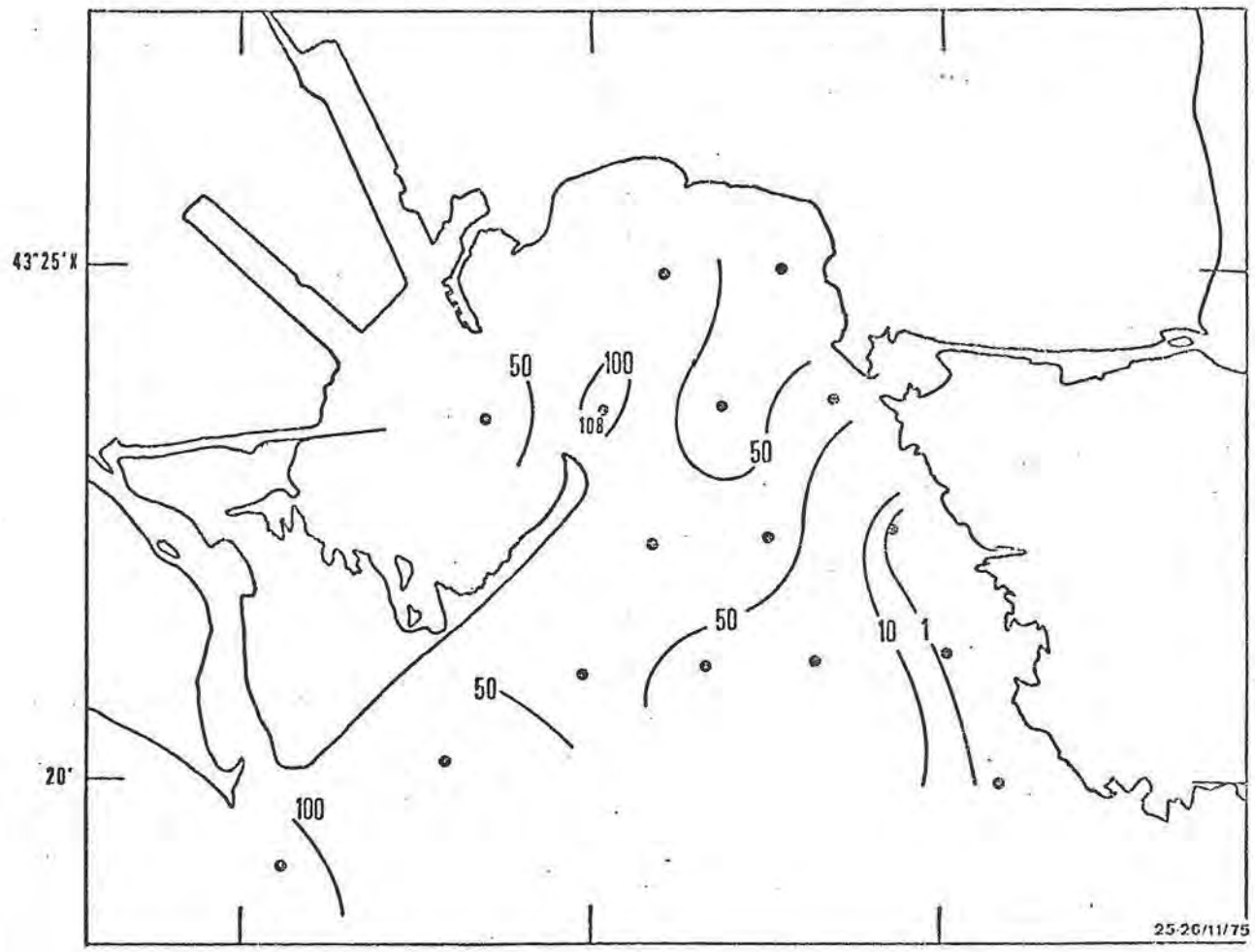


Fig. 85. Répartition de Thalassionema nitzschioides à 5 m (10^3 cell./l)

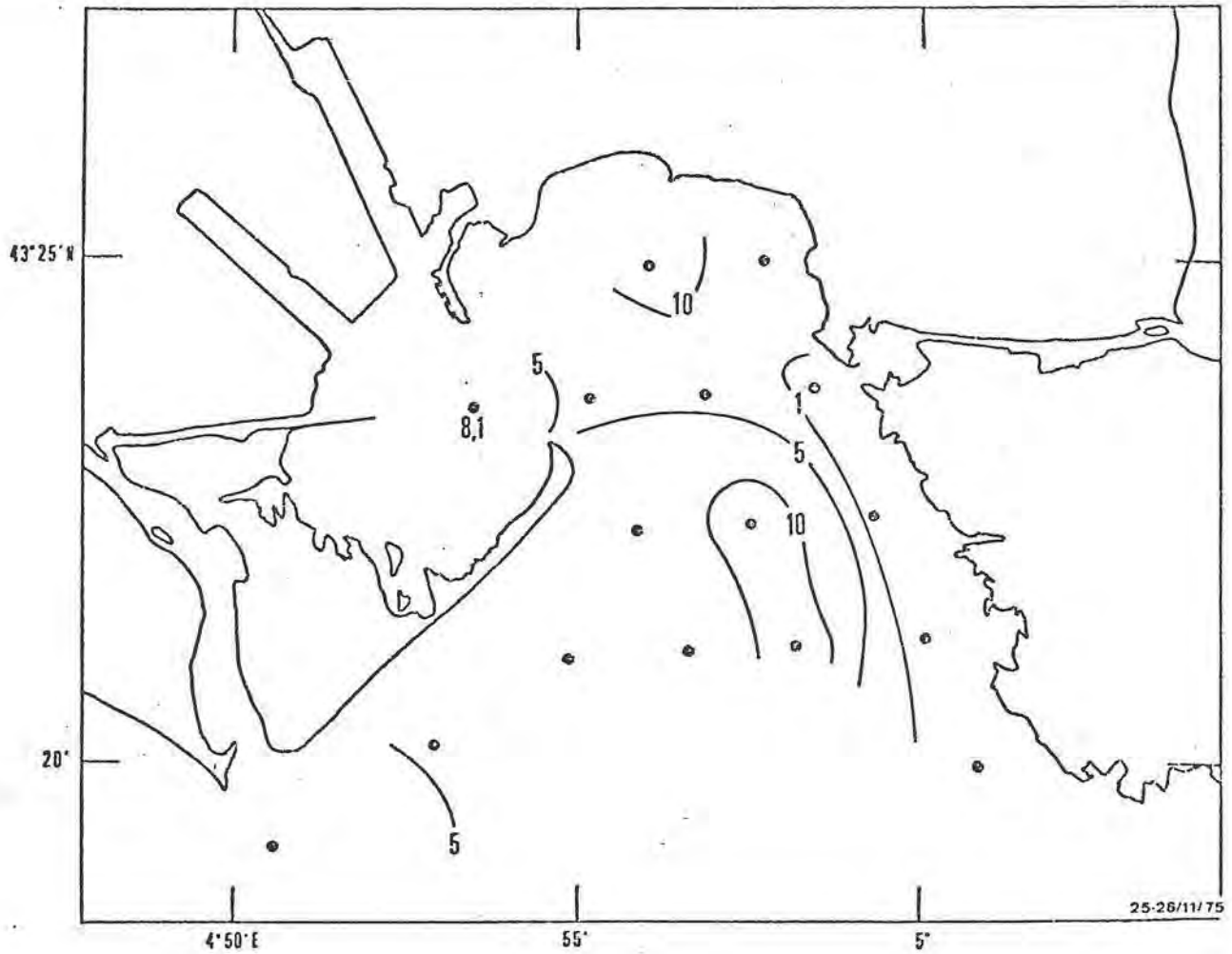


Fig. 86. Répartition de Cyclotella spp. en sutface (nbre cell.$\times 10^3$/1)

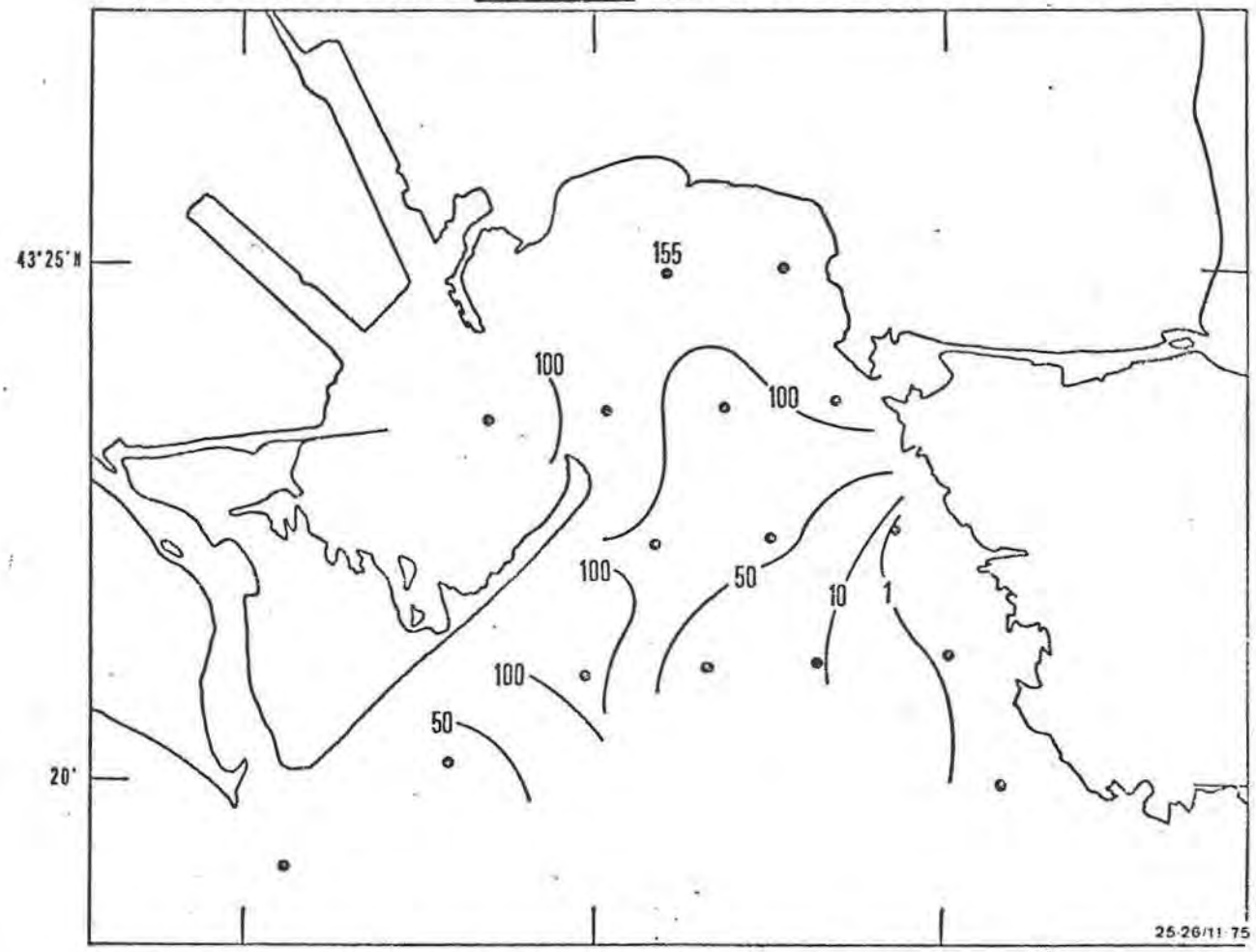


Fig. 87. Répartition de Cyclotella spp à 5 m (nbre cell. $\times 10^3$/1)

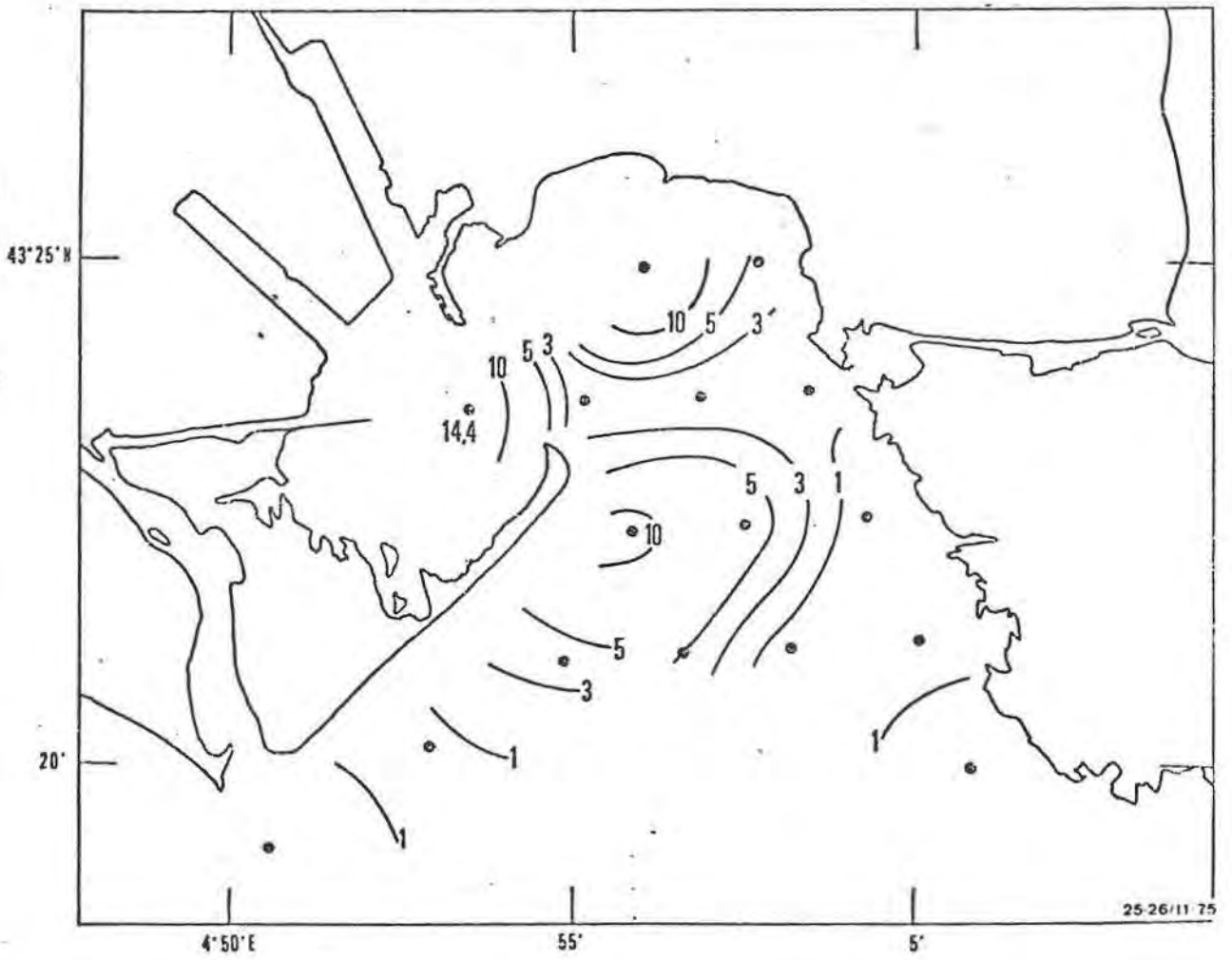


Fig. 88. Indice de diversité du phytoplancton en surface

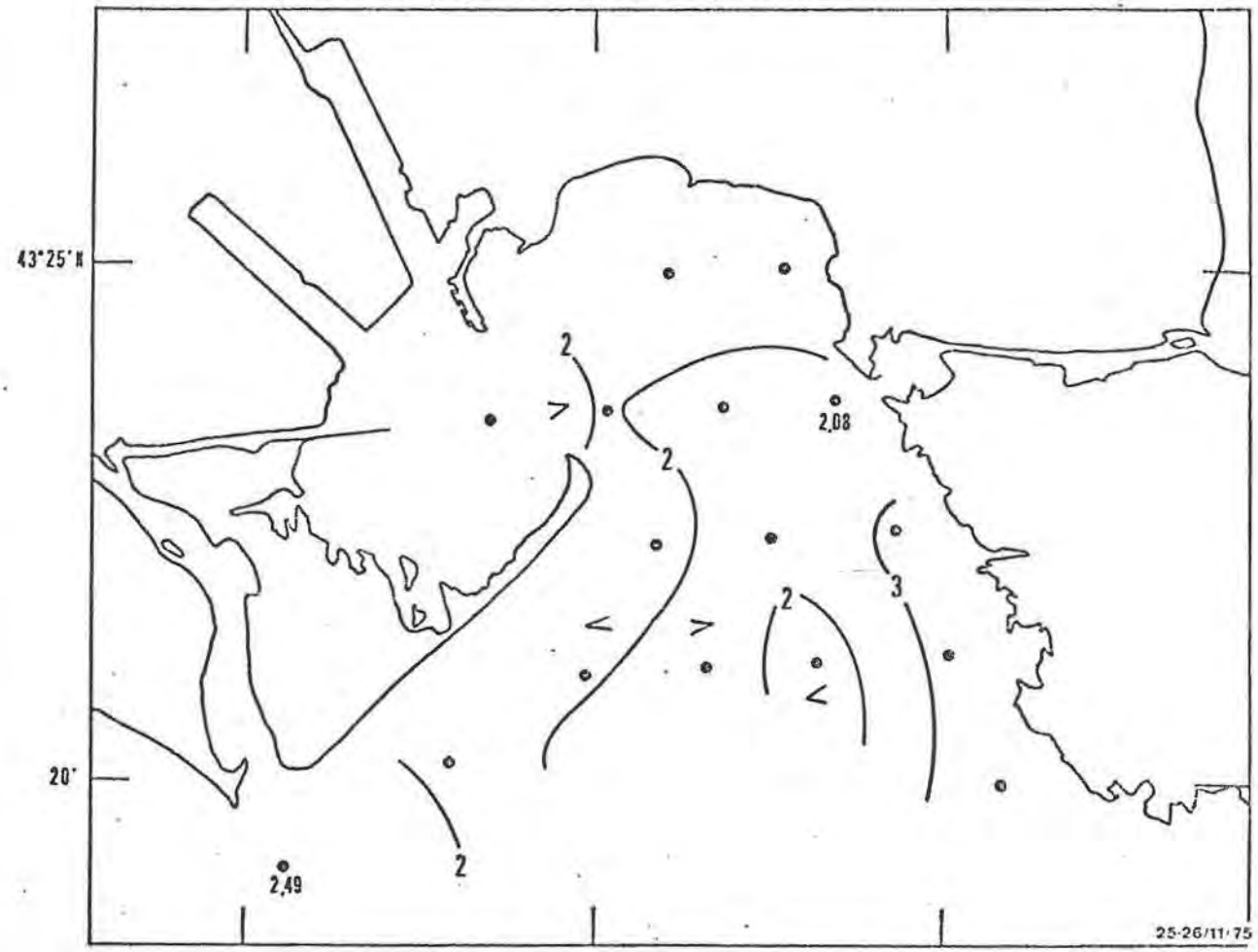


Fig. 89. Indice de diversité du phytoplancton à 5 m

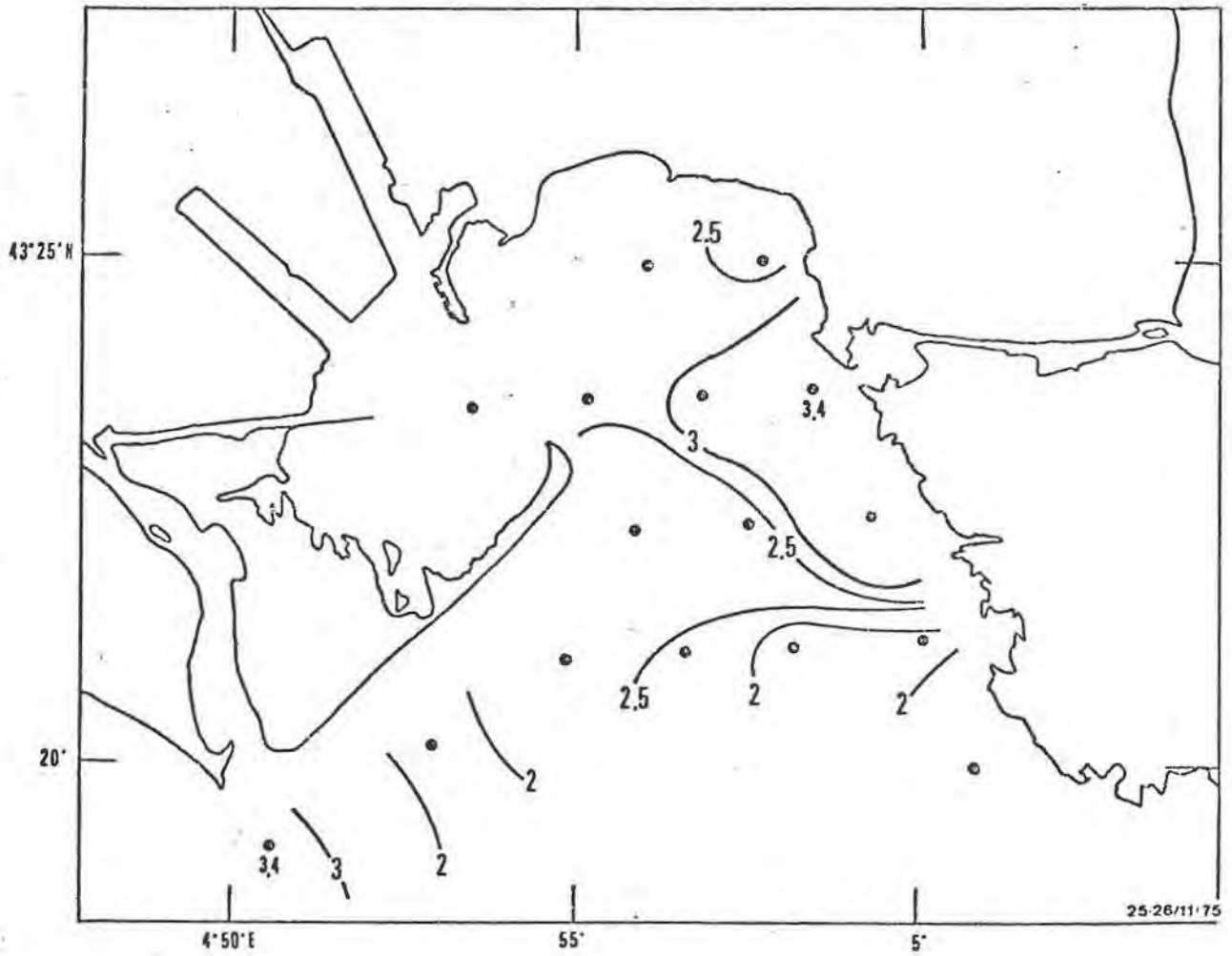


Fig. 88. Indice de diversité du phytoplancton en surface

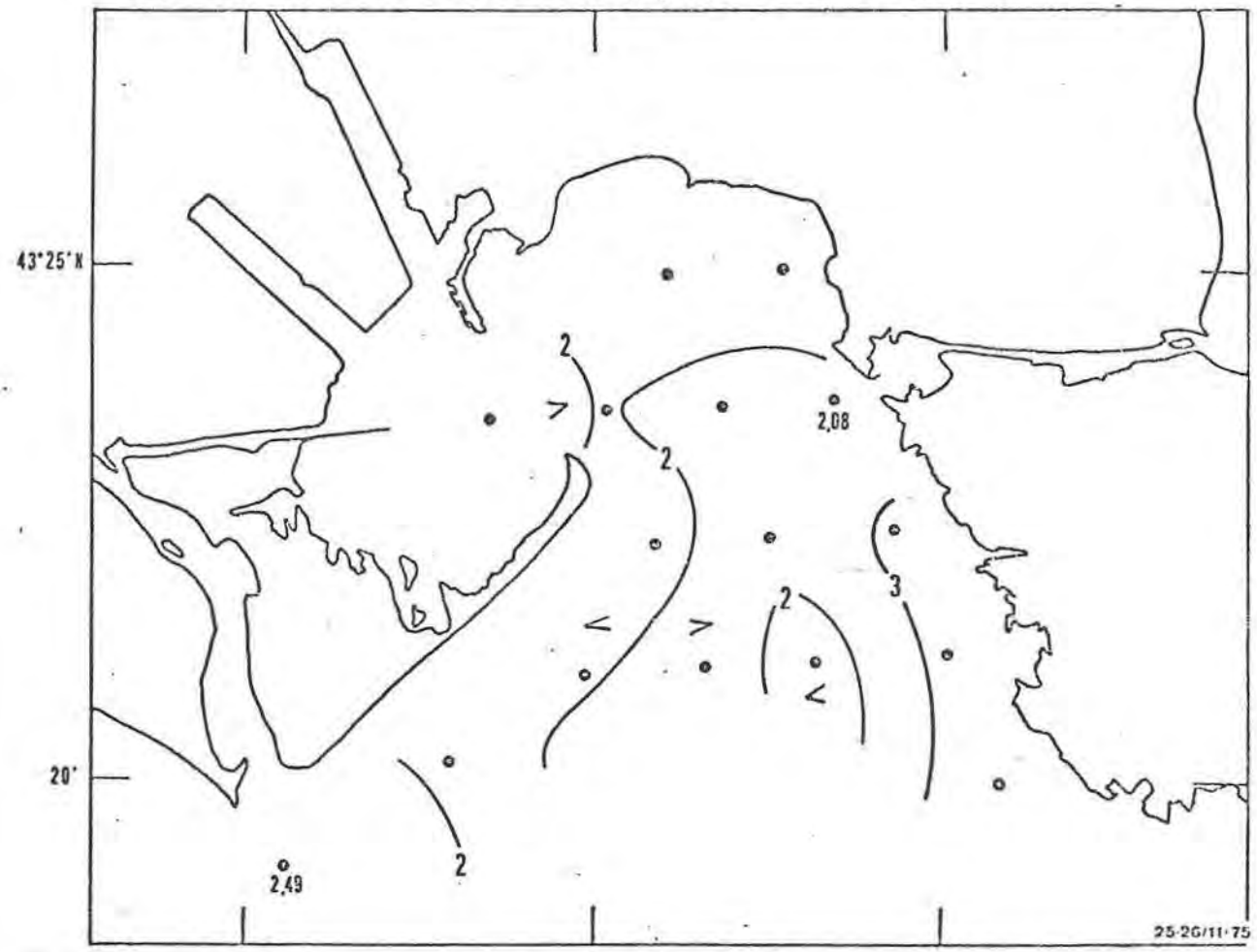


Fig. 89. Indice de diversité du phytoplancton à 5 m

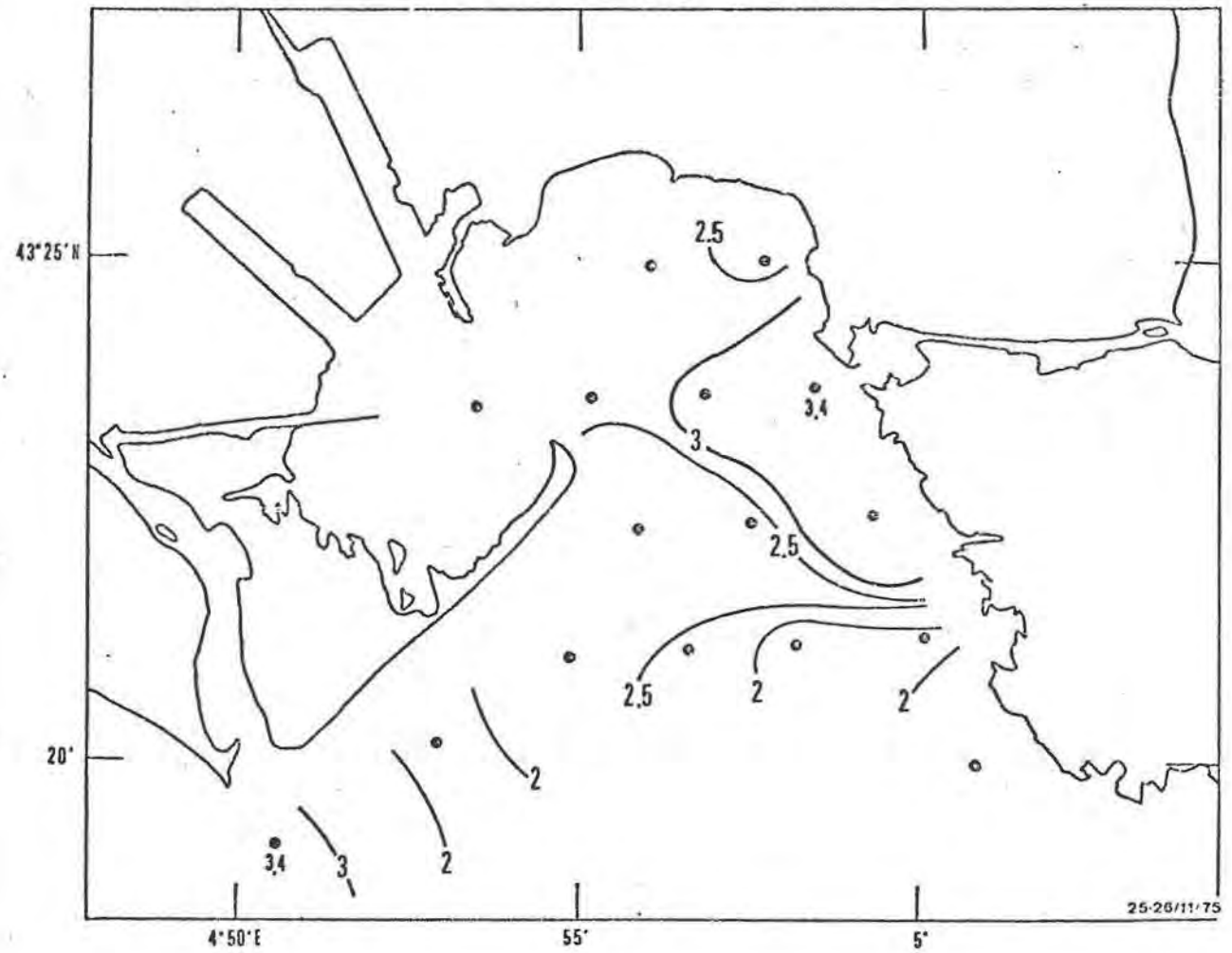


Fig. 90. Carbone particulaire en surface (en µg/1)

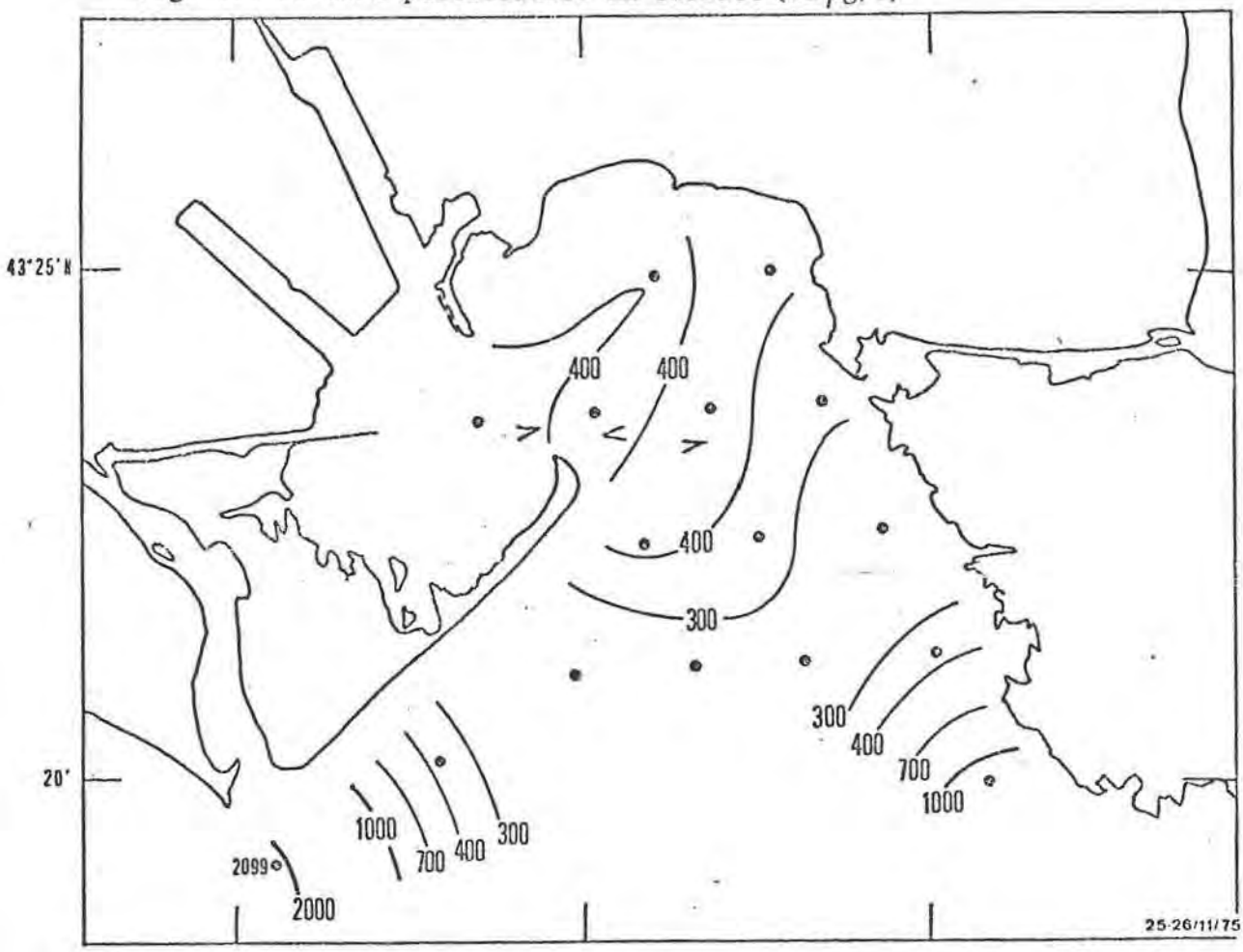


Fig. 91. Carbone particulaire à 5 m (en µg/1)

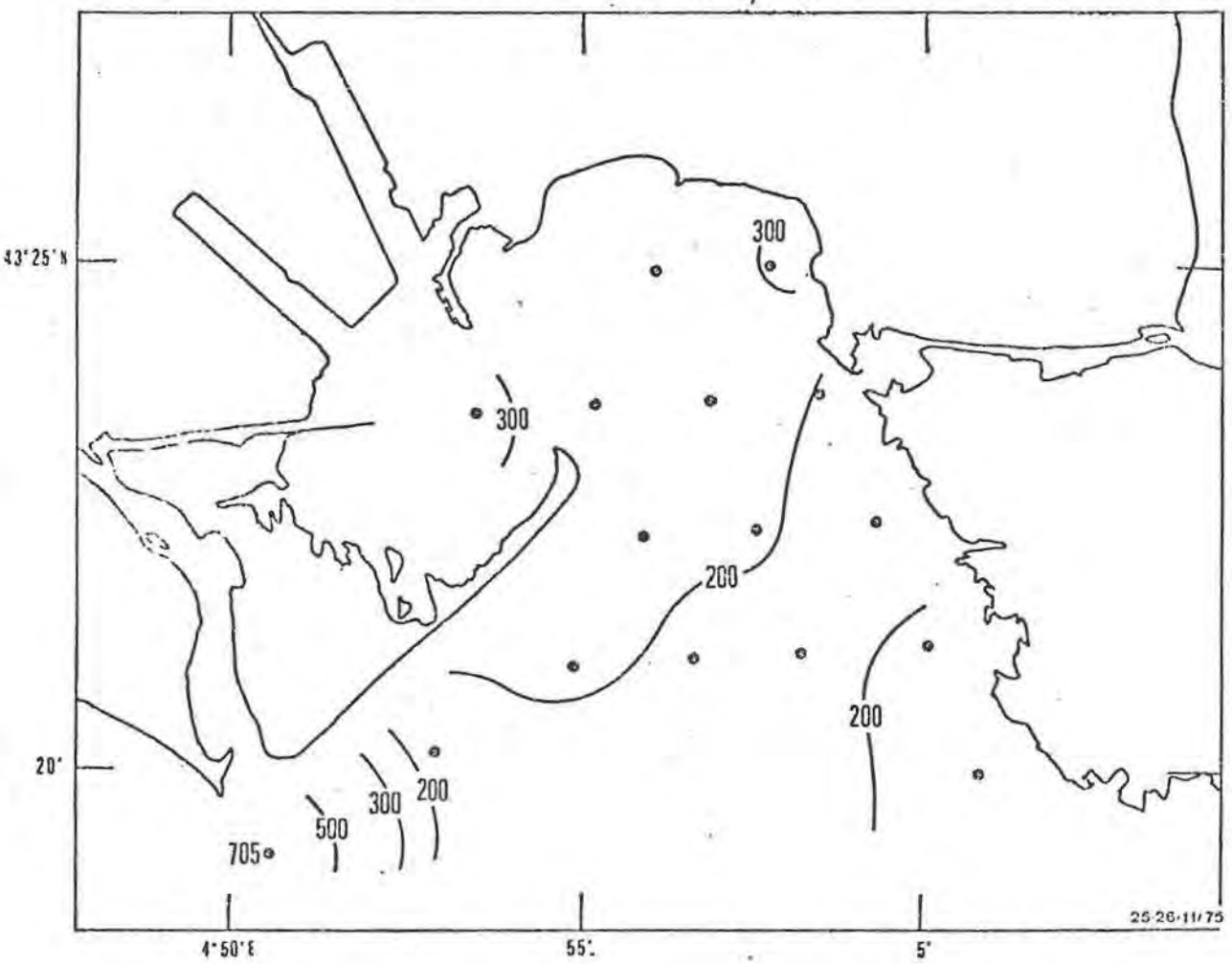


Fig. 92. Azote particulaire en surface (µg/1)

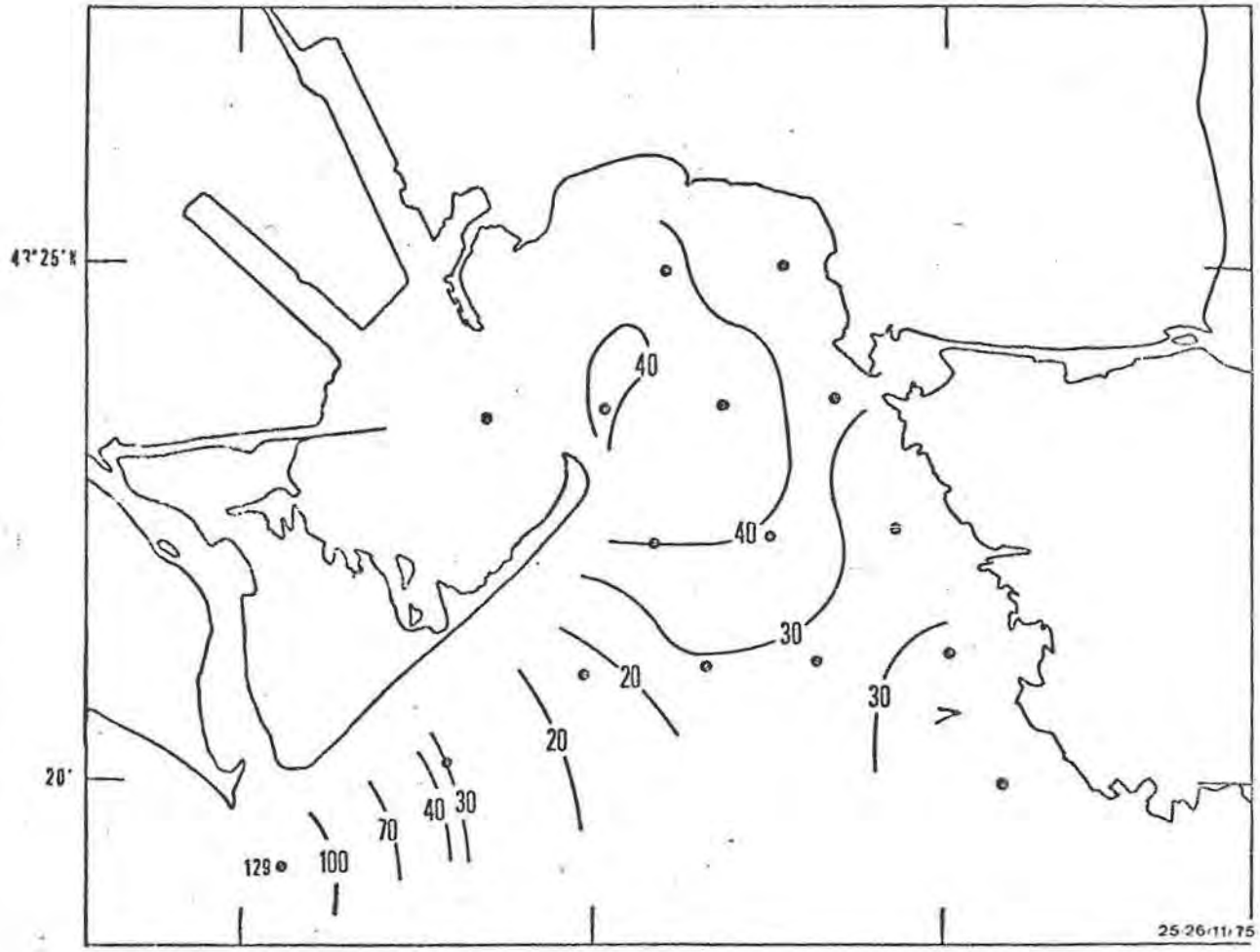


Fig. 93. Azote particulaire à 5 m (µg/1)

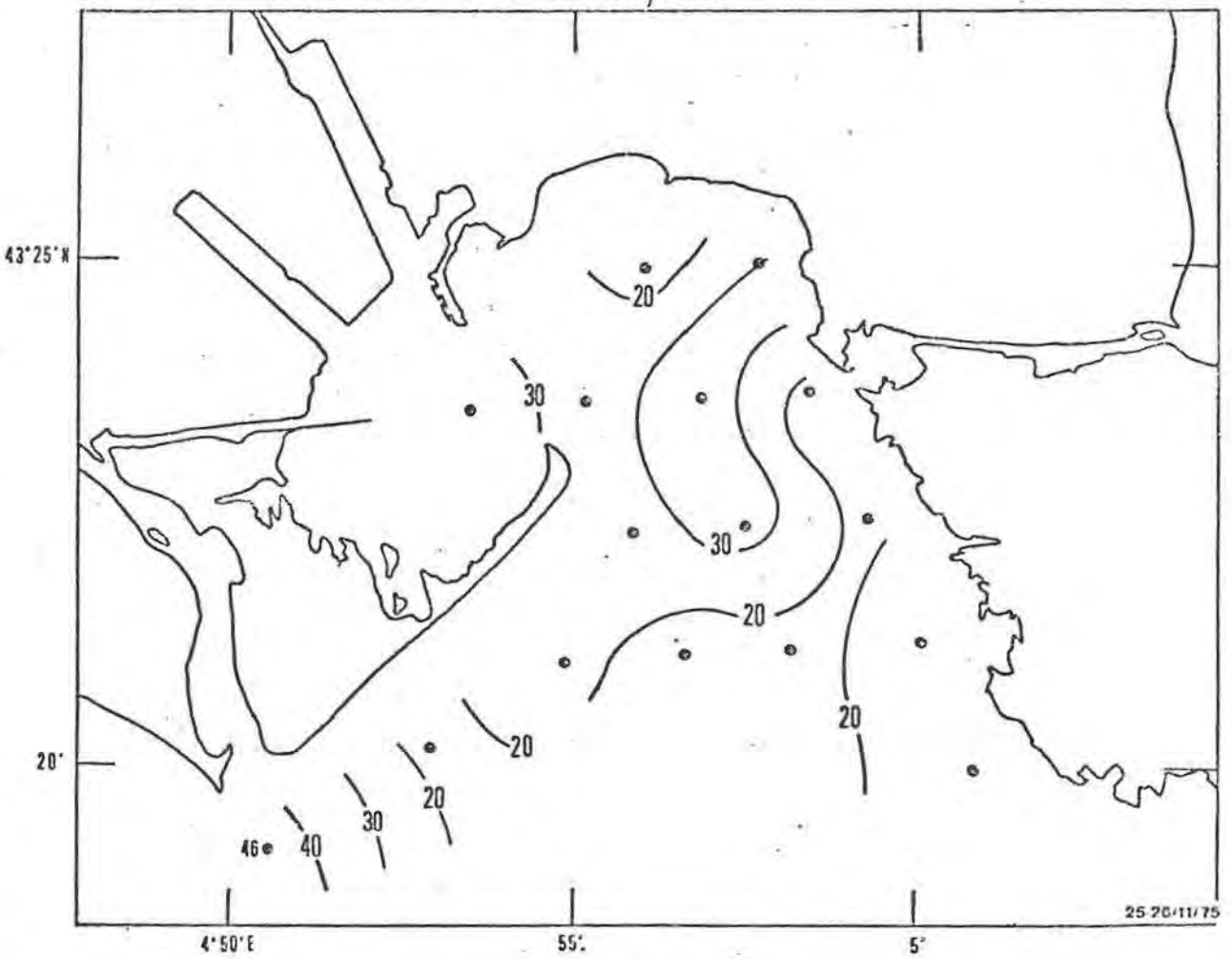


Fig. 94. Rapport C/N en surface

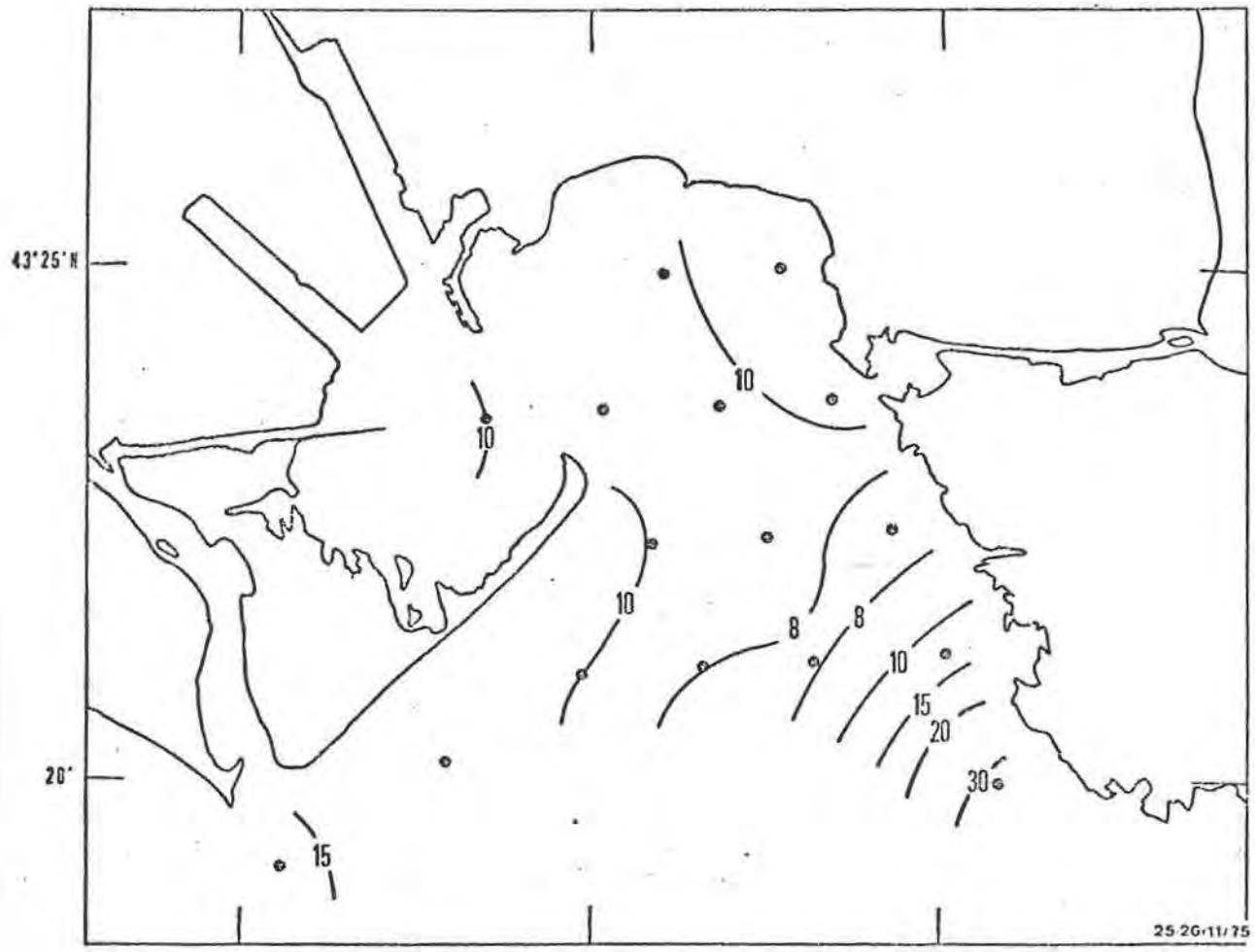


Fig. 95. Rapport C/N à 5 m

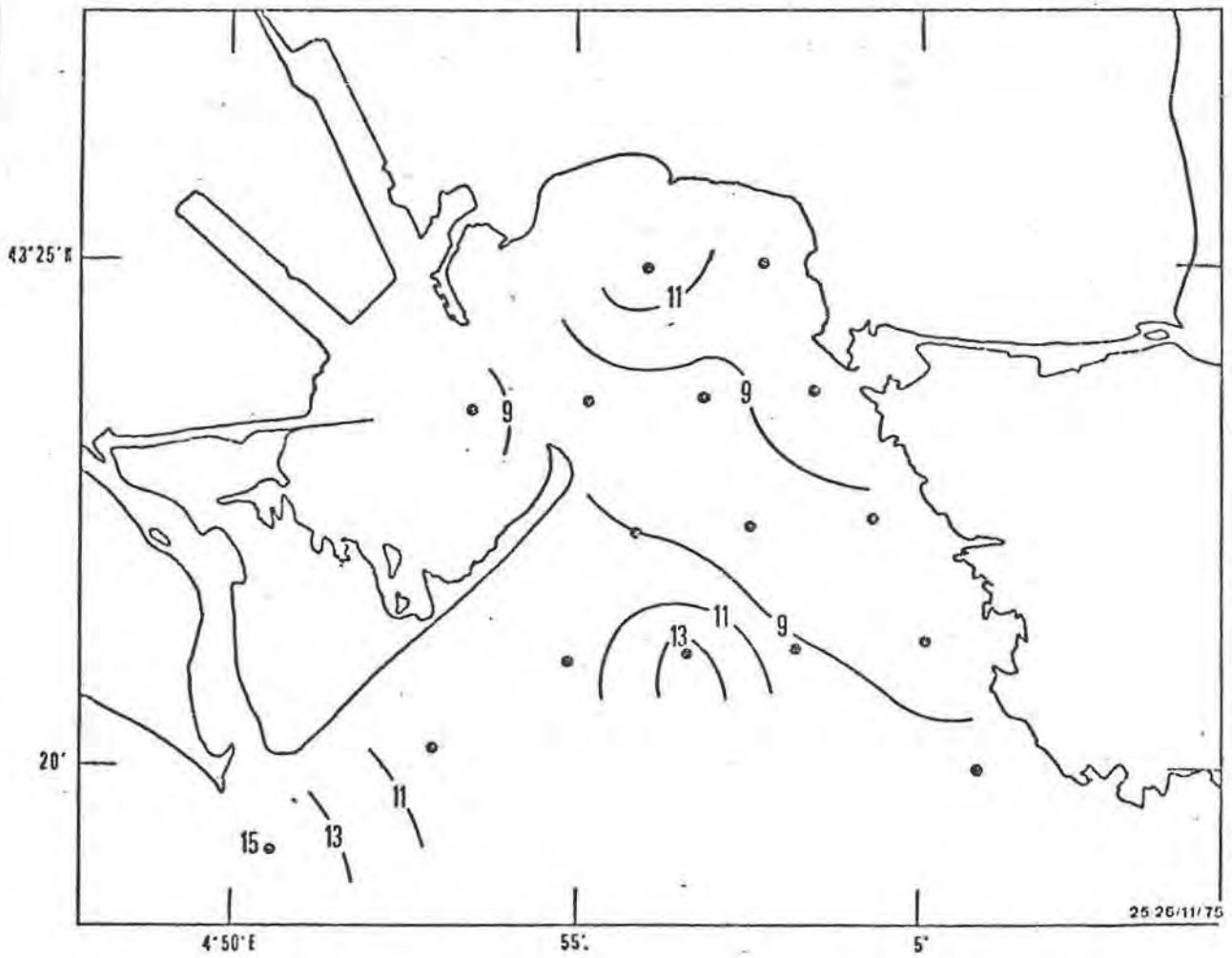


Fig. 96. Chlorophylle a en surface (µg/1)

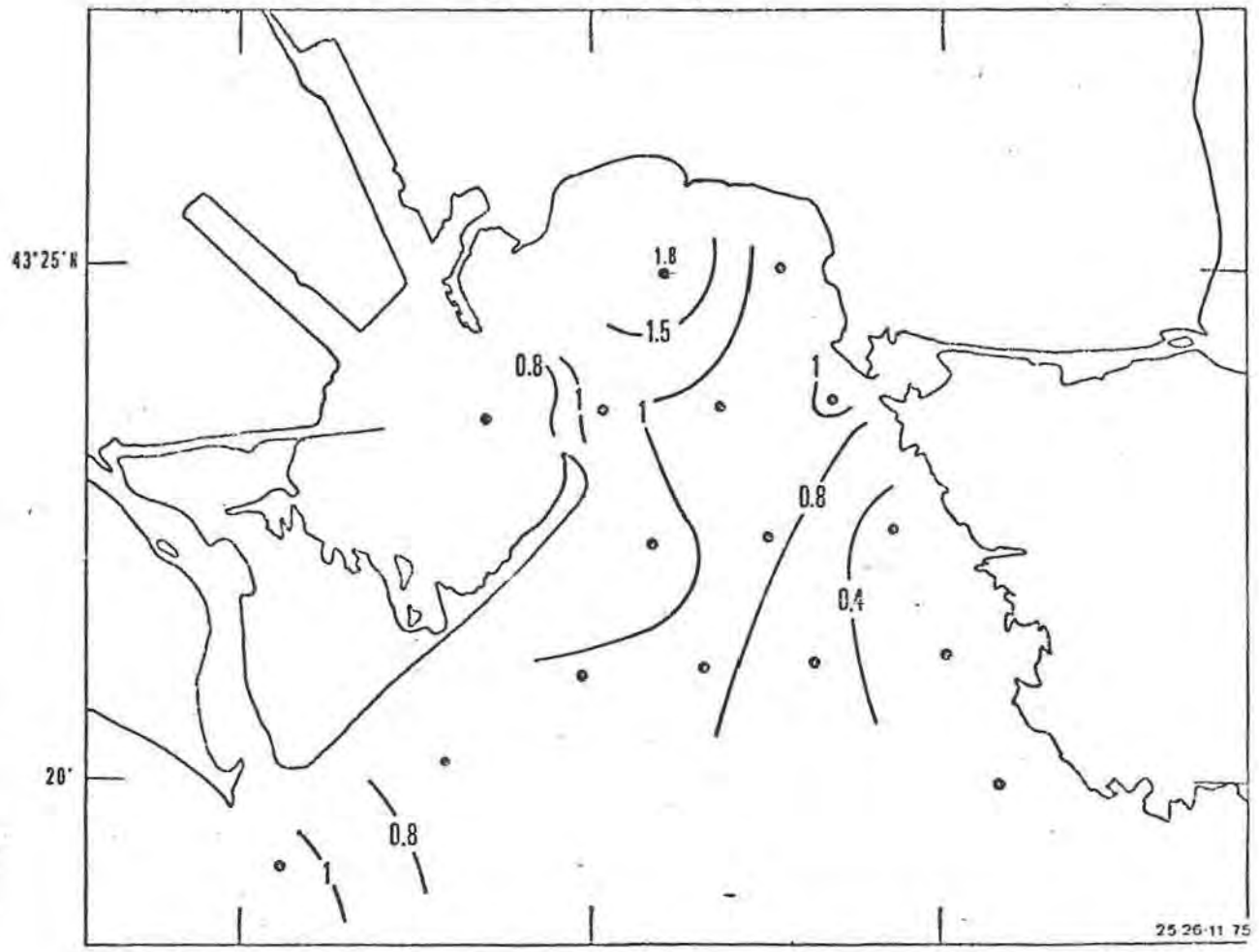


Fig. 97. Chlorophylle a à 5 m (µg/1)

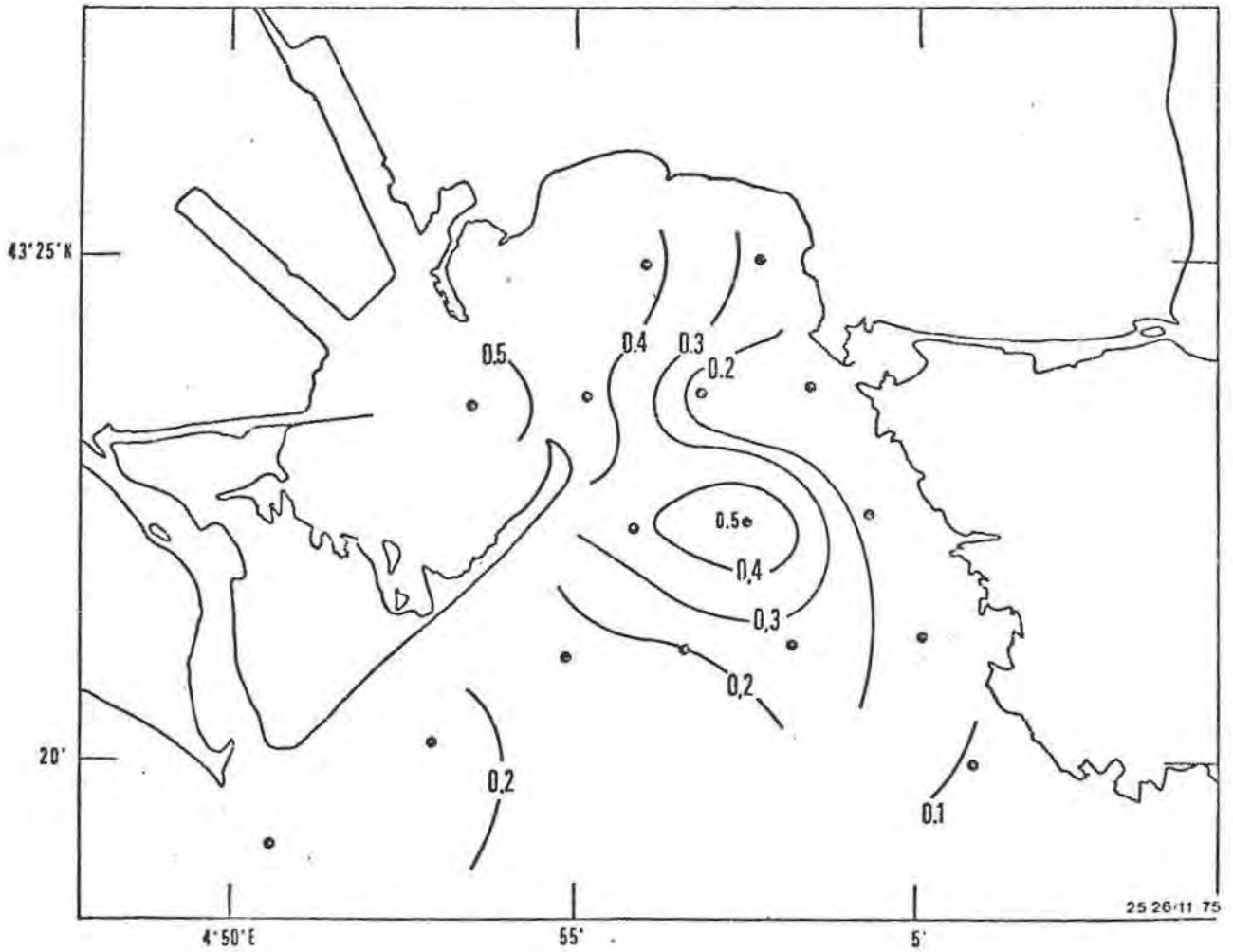


Fig. 98. Phaeophytine en surface (µg/1)

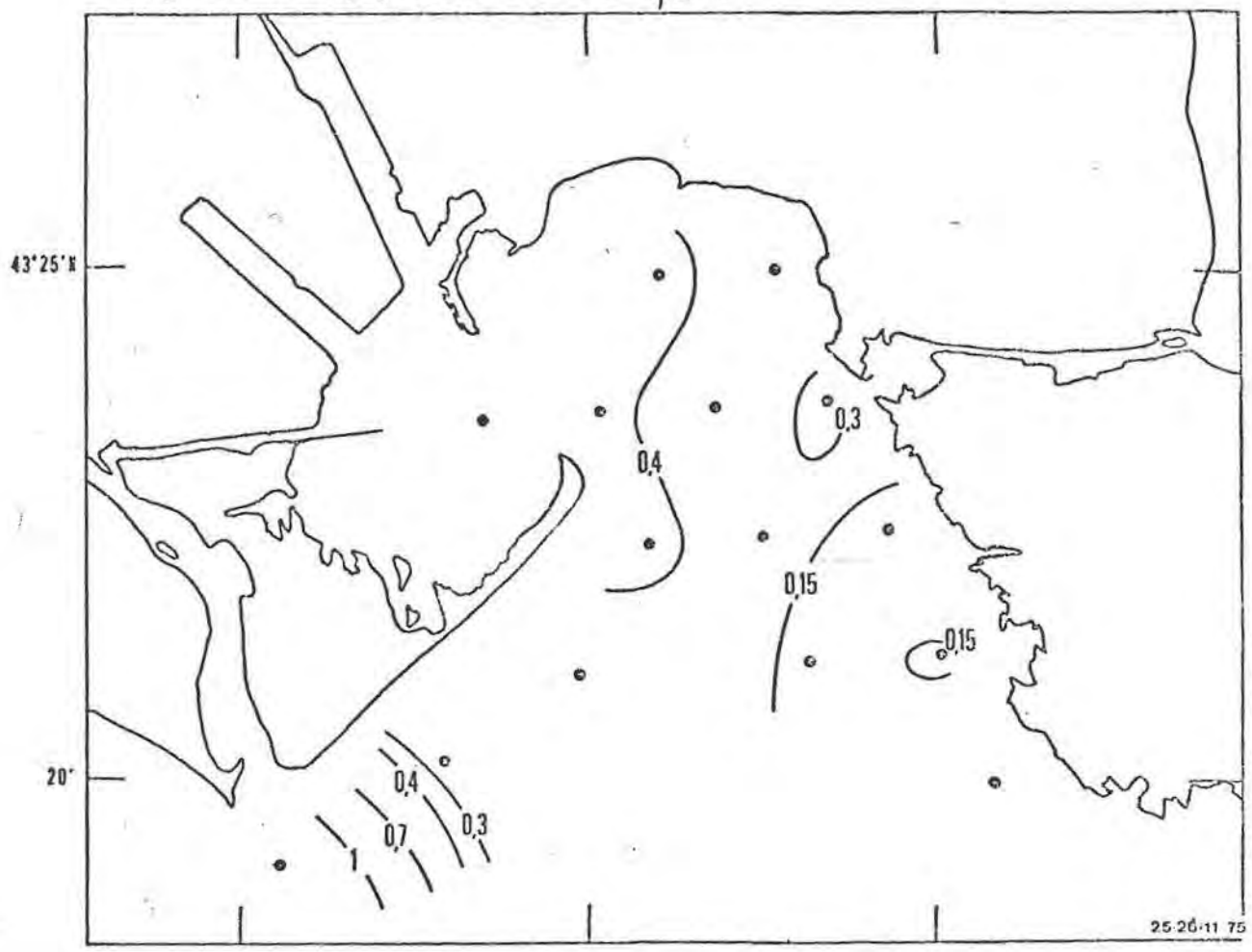


Fig. 99. Phaeophytine à 5 m (µg/1)

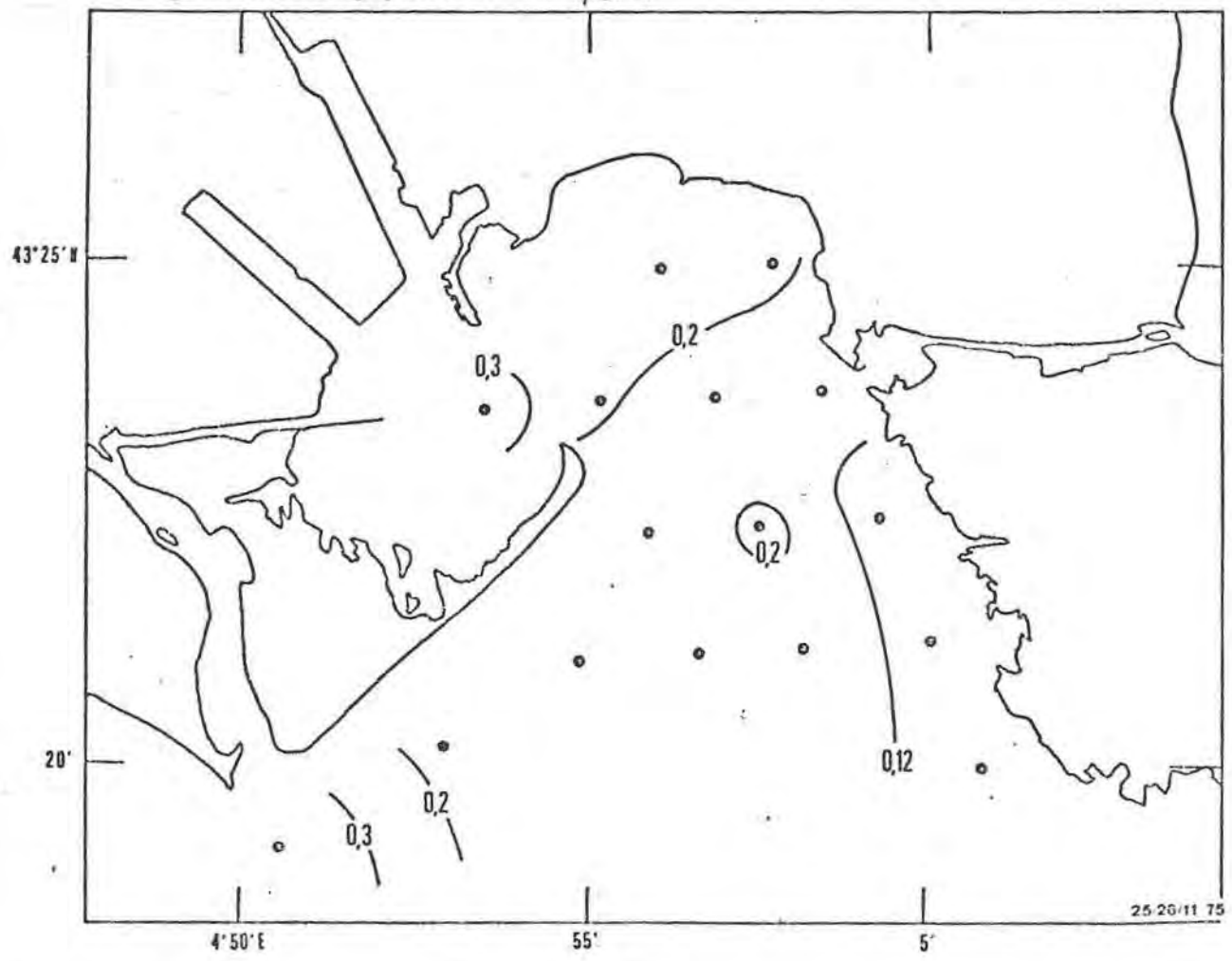


Fig. 100. Pourcentage de phaeophytine/pigments totaux en surface

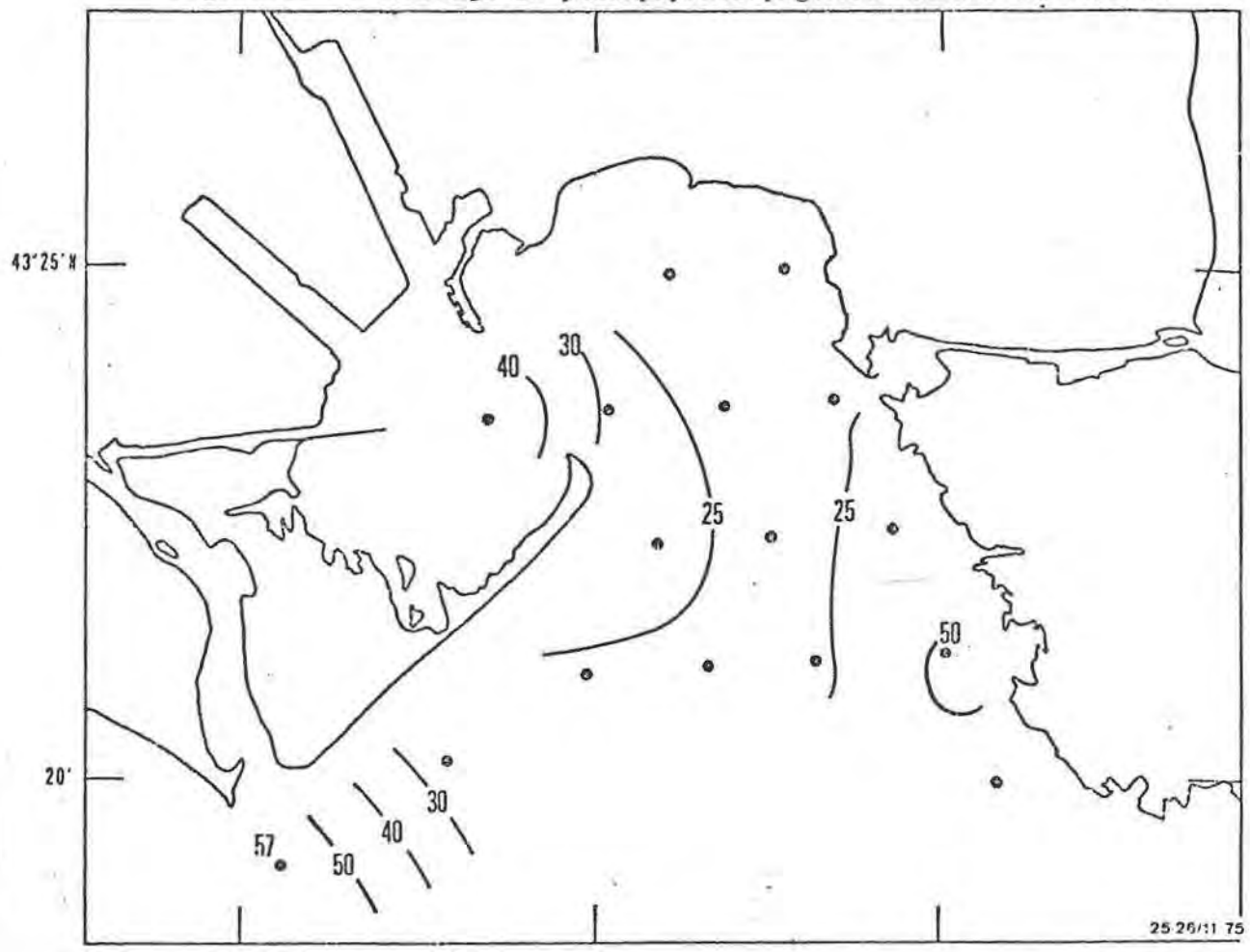


Fig. 101. Pourcentage de phaeophytine/pigments totaux à 5 m

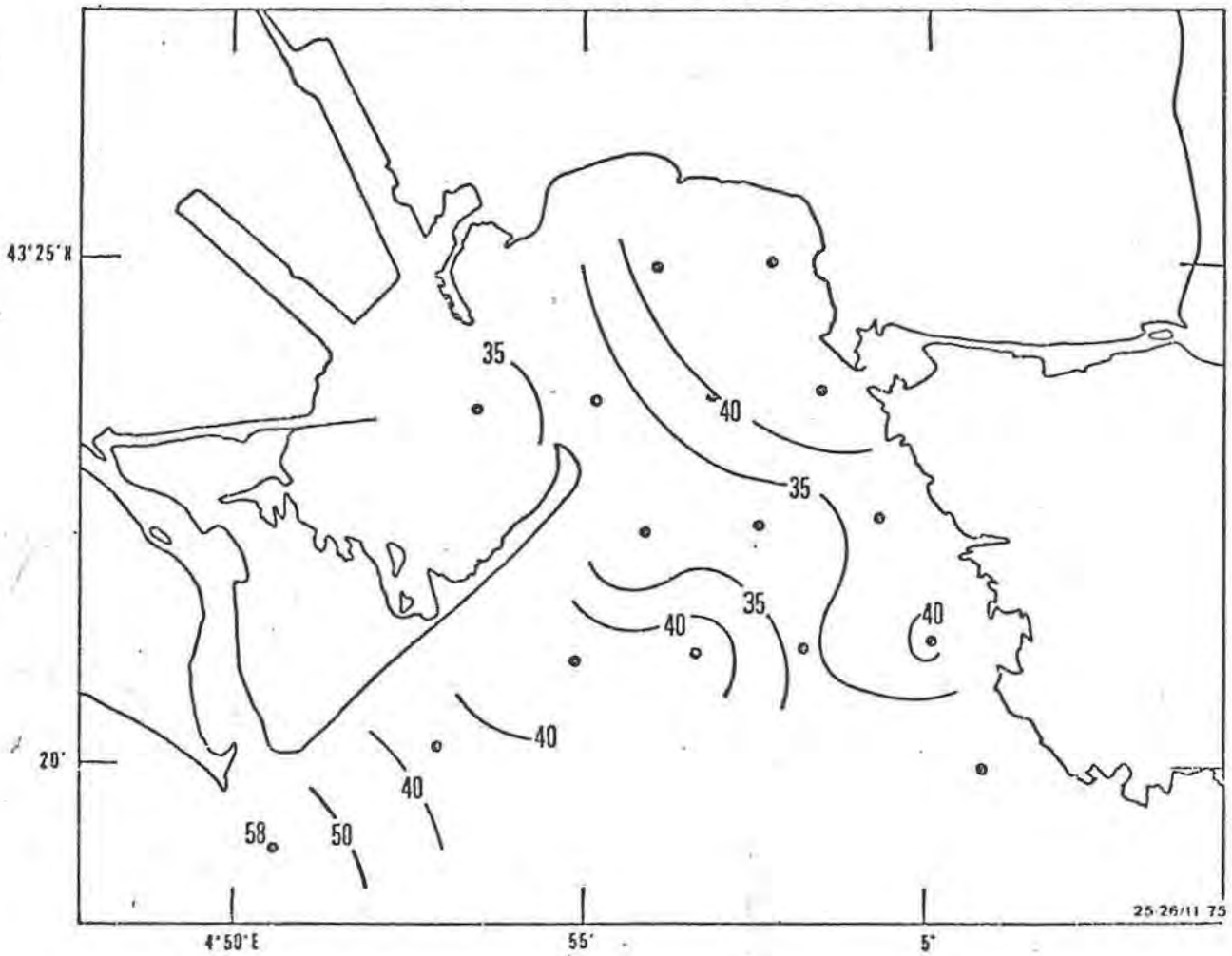


Fig. 102. Zooplancton total en surface (nbre ind./m^3)

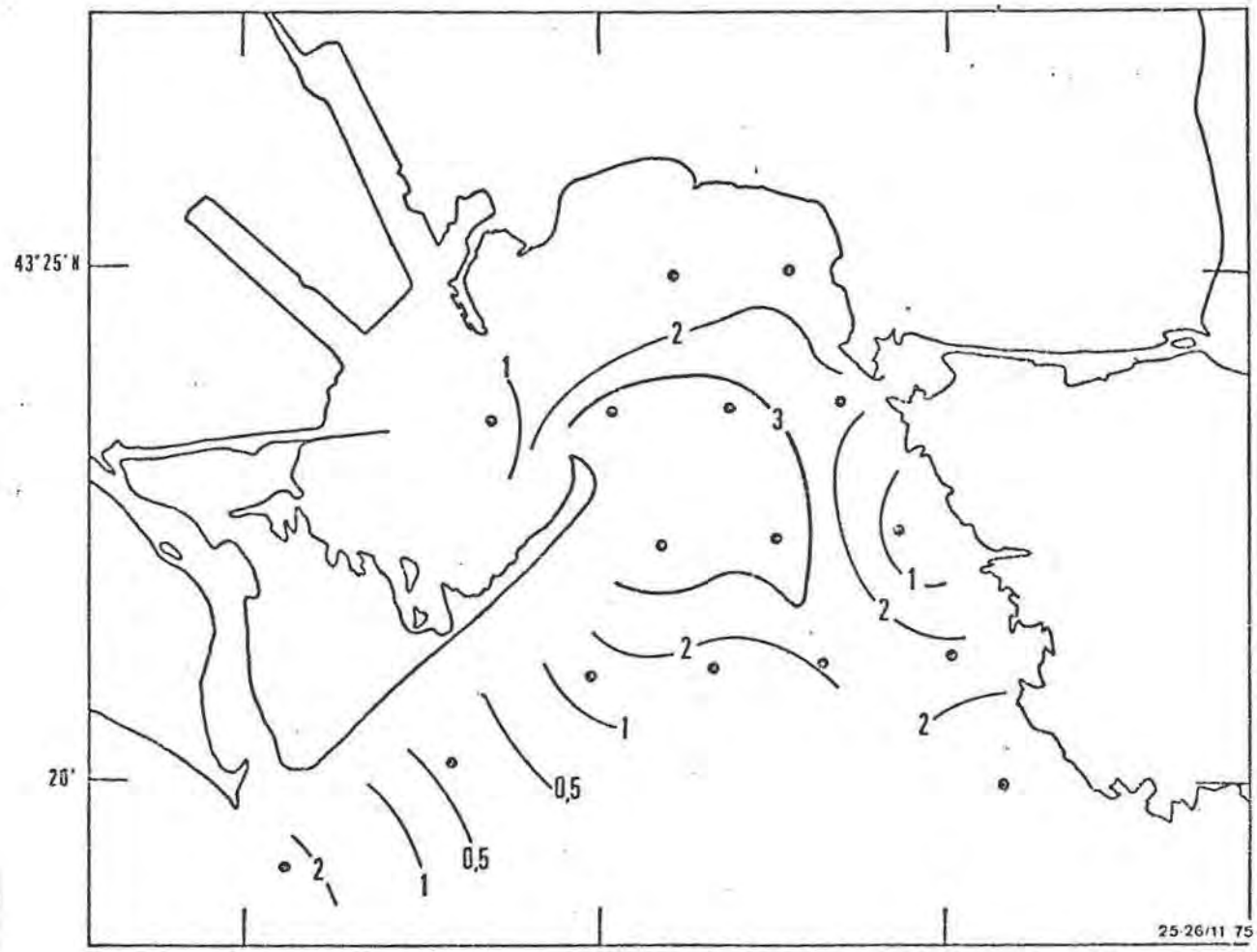


Fig. 103. Zooplancton total à 5 m (nbre ind./m^3)

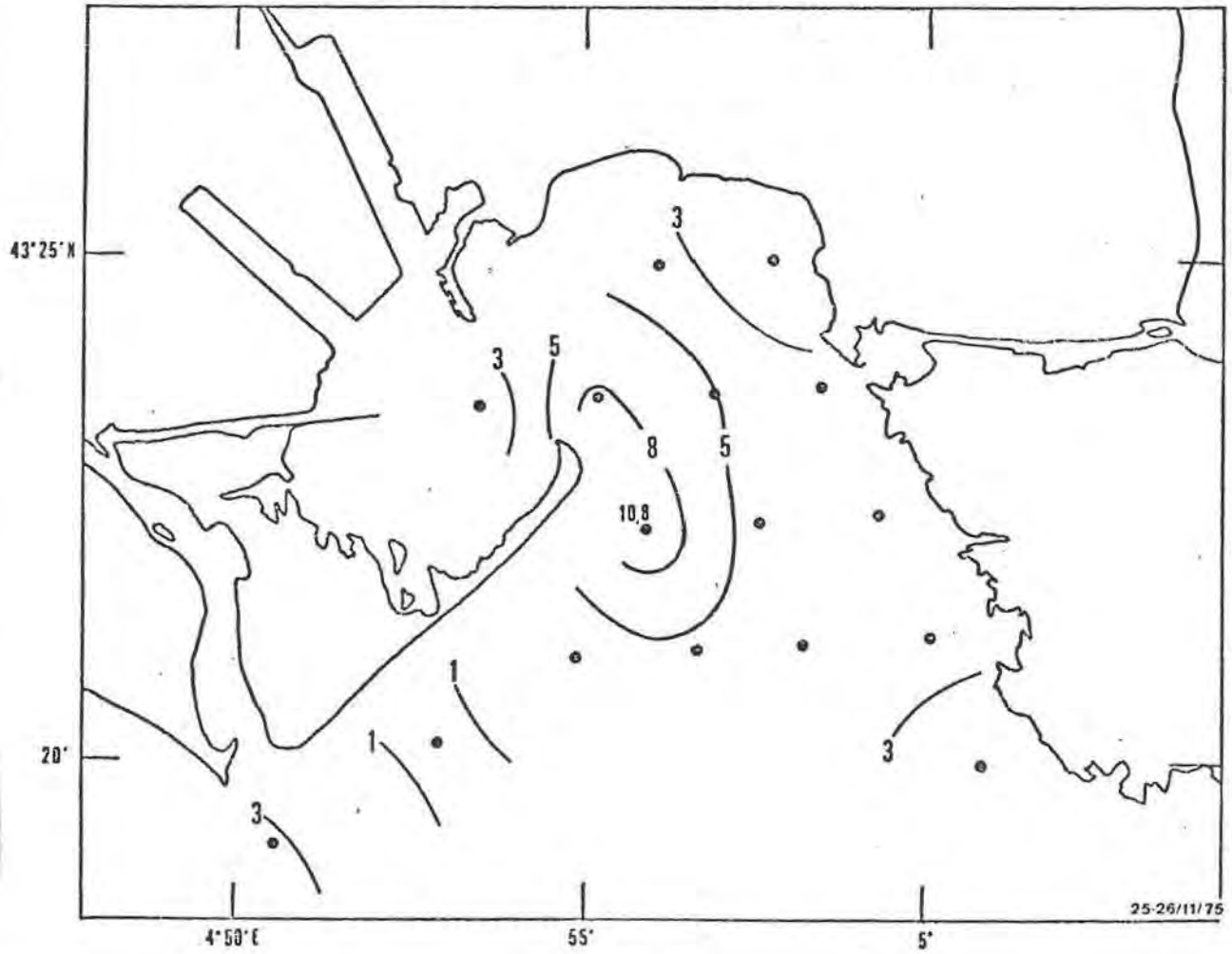


Fig. 104. Répartition de Paracalanus parvus en surface (nbre ind/ m^3)

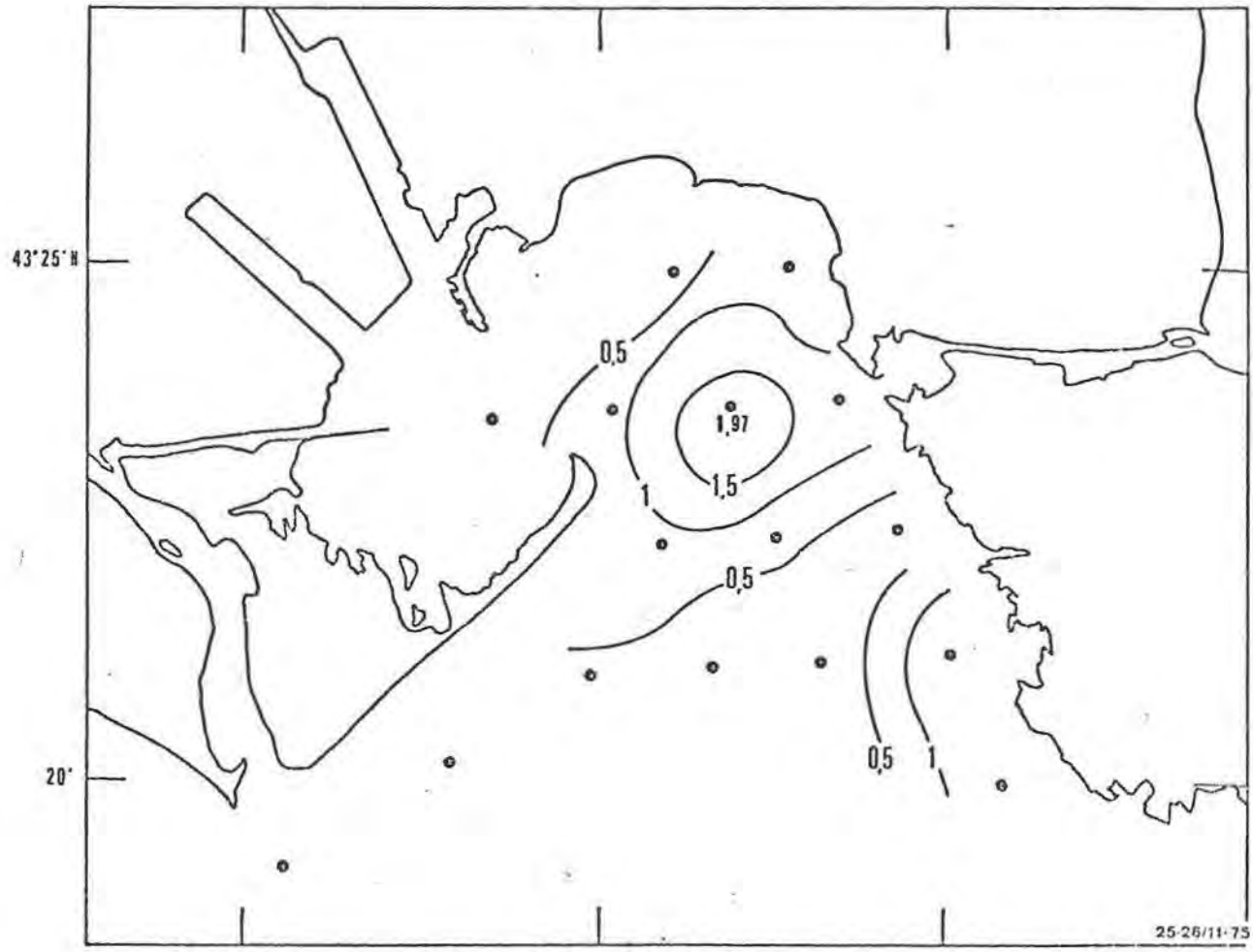


Fig. 105. Répartition de Paracalanus parvus à 5 m (nbre ind./m^3)

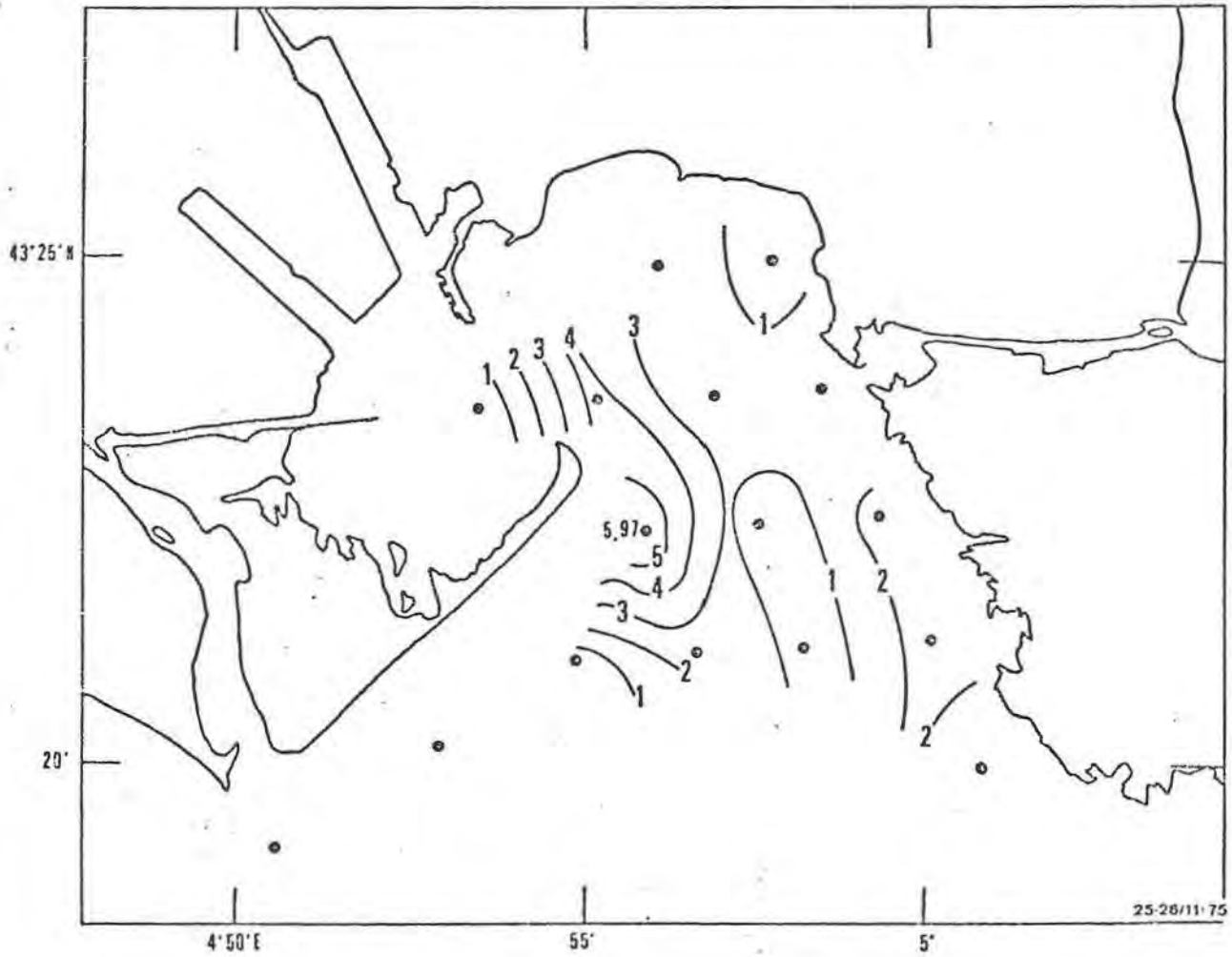


Fig. 106. Répartition d'Acartia clausi en surface (nbre ind./m^3)

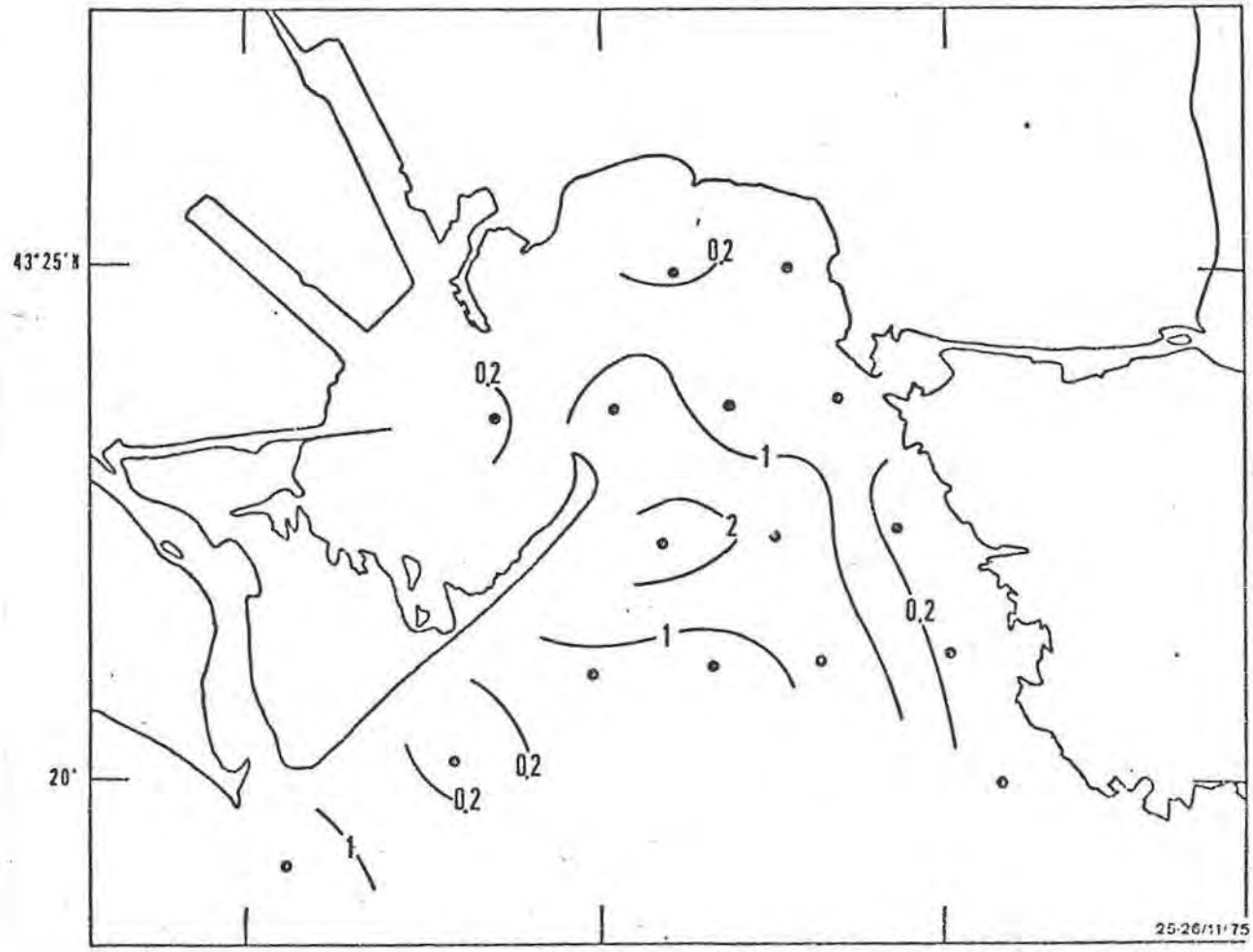


Fig. 107. Répartition d'Acartia clausi à 5 m (nbre ind./m^3)

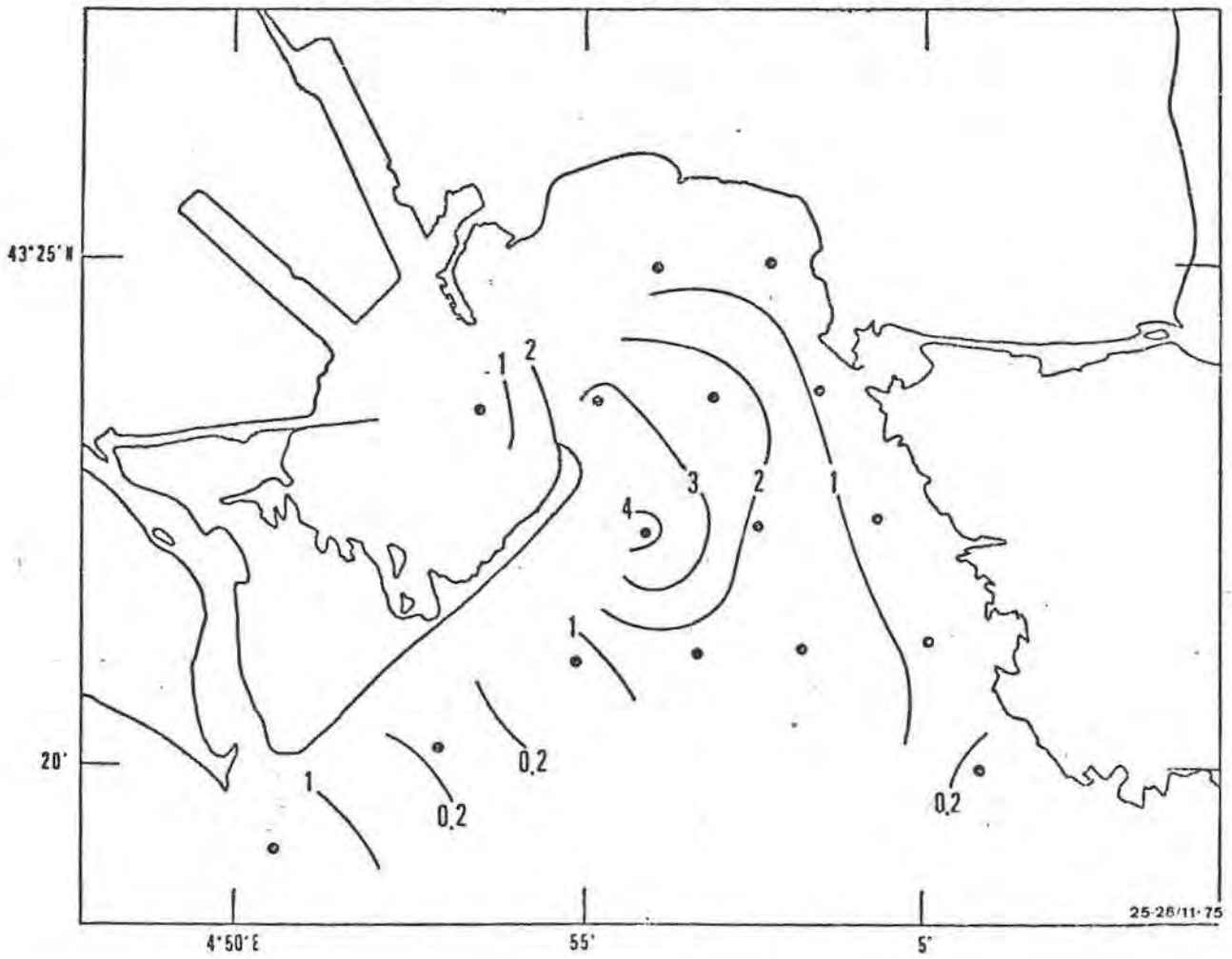


Fig. 108. Indice de diversité du zooplancton en surface

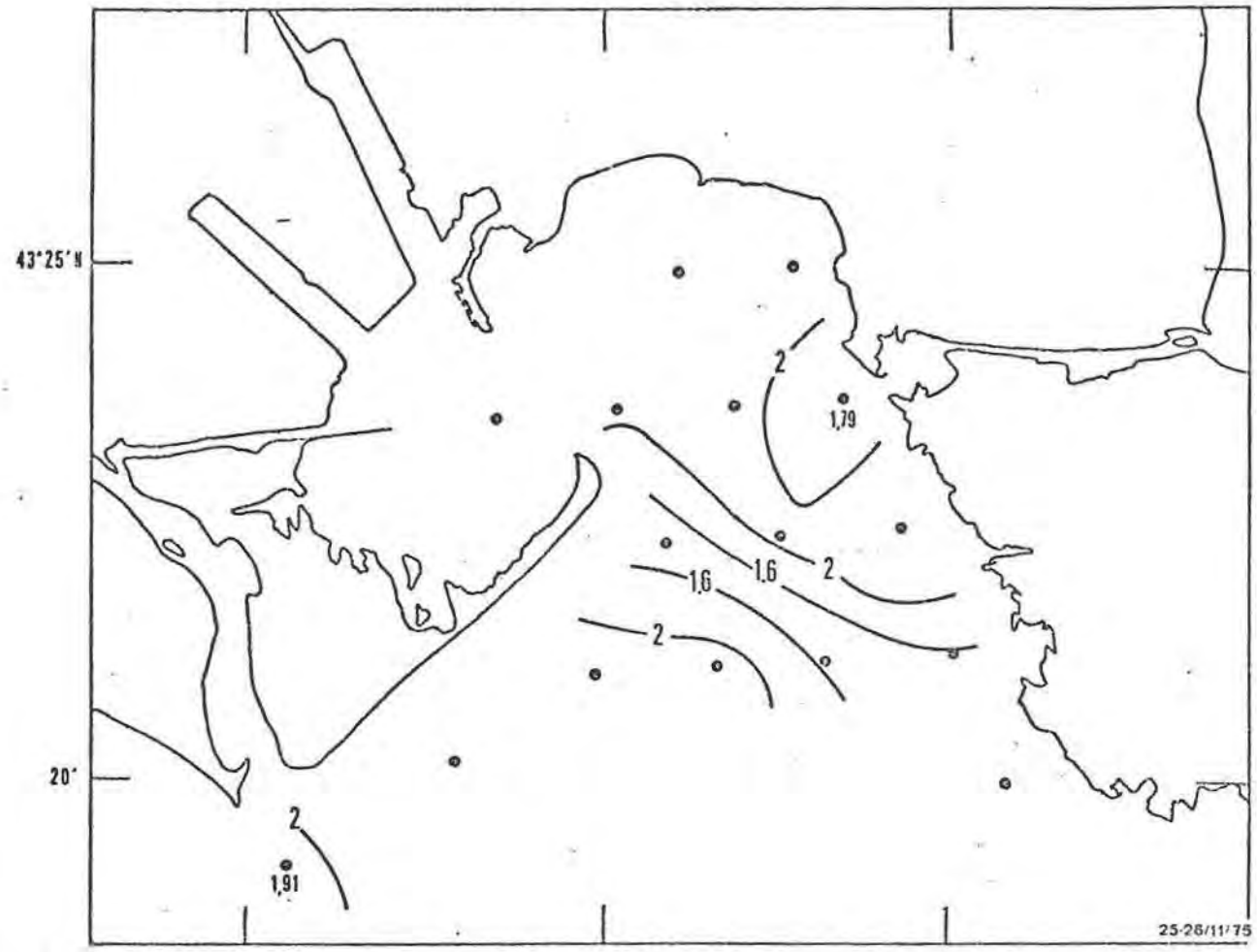


Fig. 109. Indice de diversité du zooplancton à 5 m

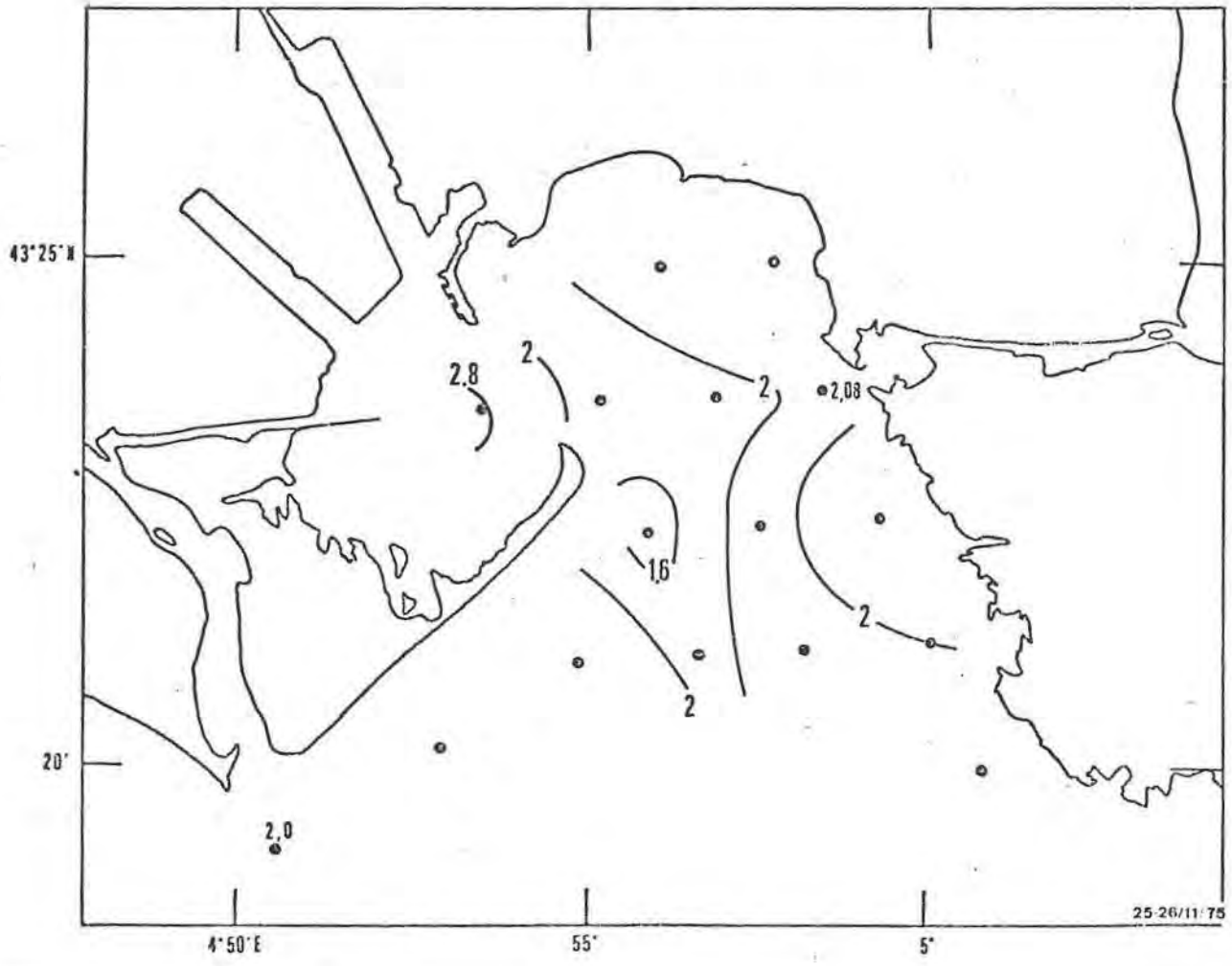


Fig. 110. Hydrocarbures totaux (ppm/mélange standard) en surface

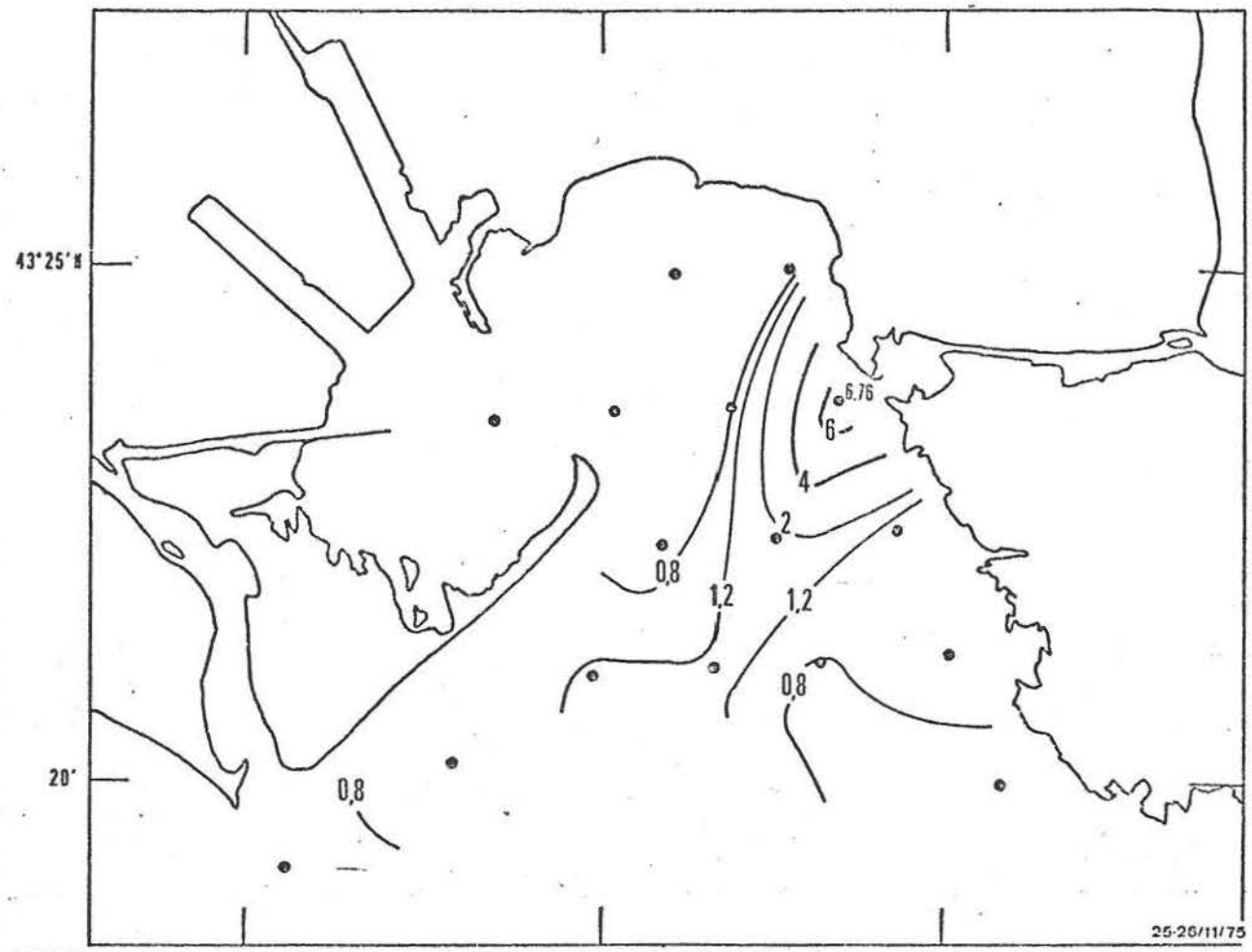


Fig. 111. Hydrocarbures totaux (ppm/mélange standard) à 5 m

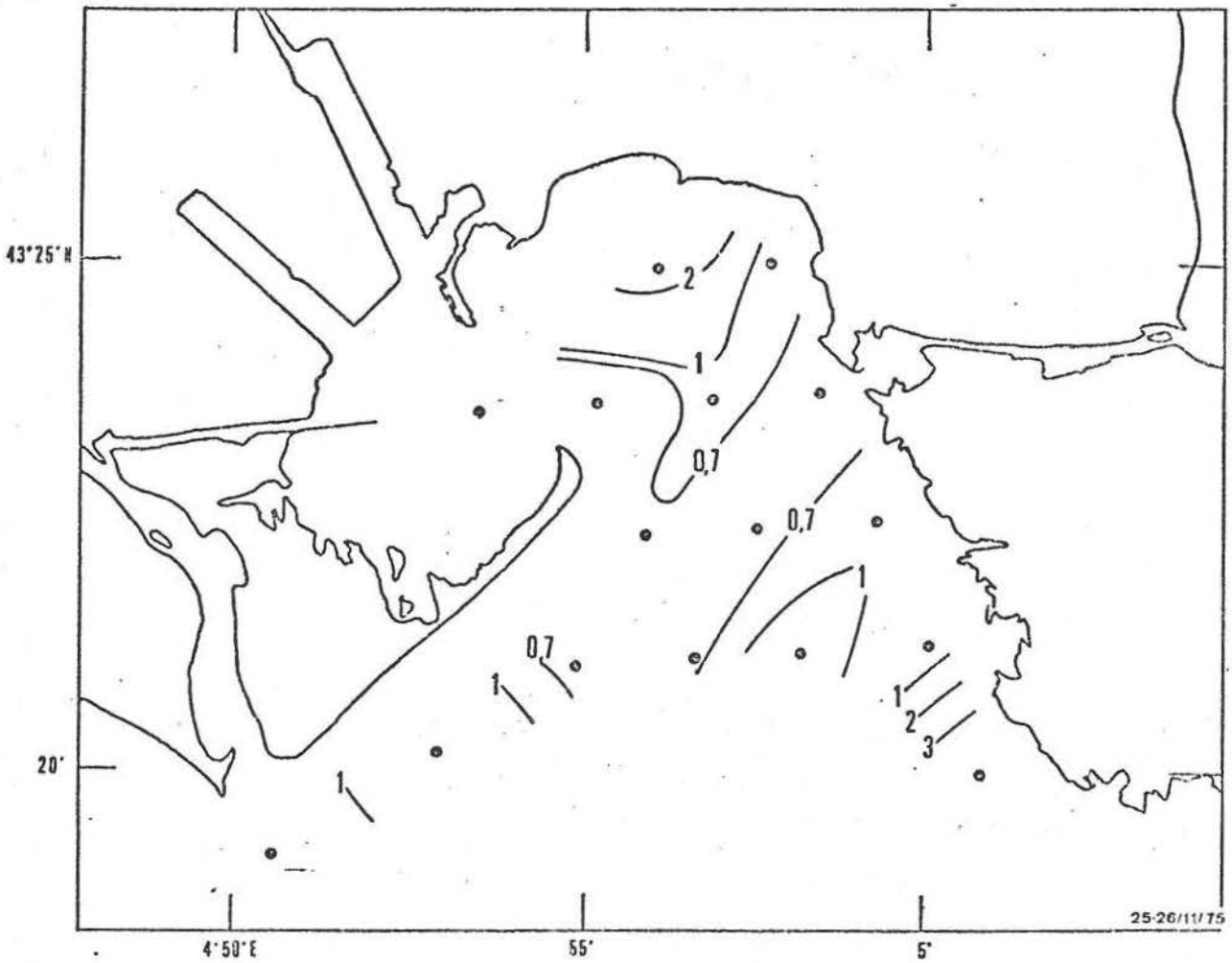


Fig. 112. Phénols (ppm/hydroxybenzène) en surface

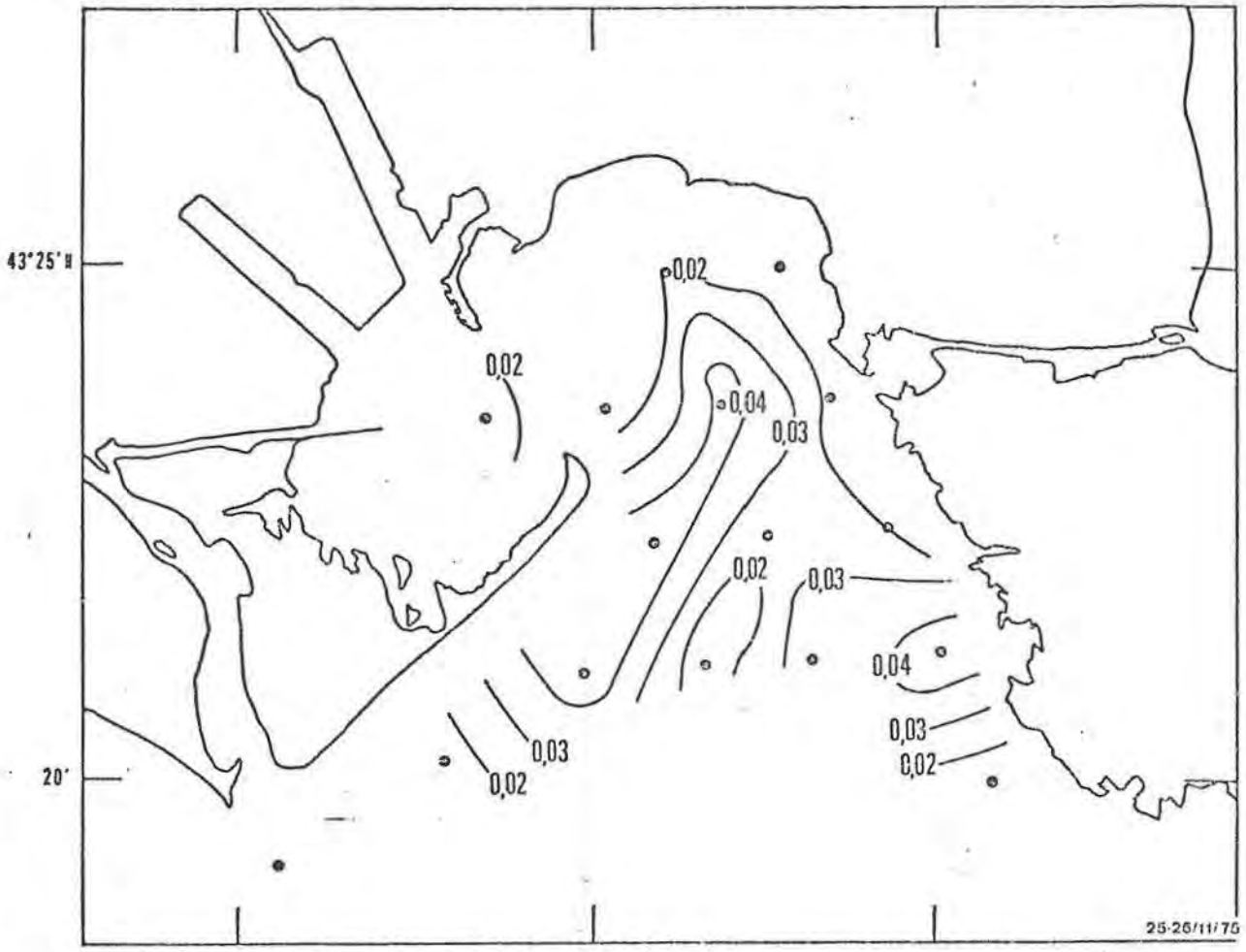


Fig.113. Phénols (ppm/hydroxybenzène) à 5 m

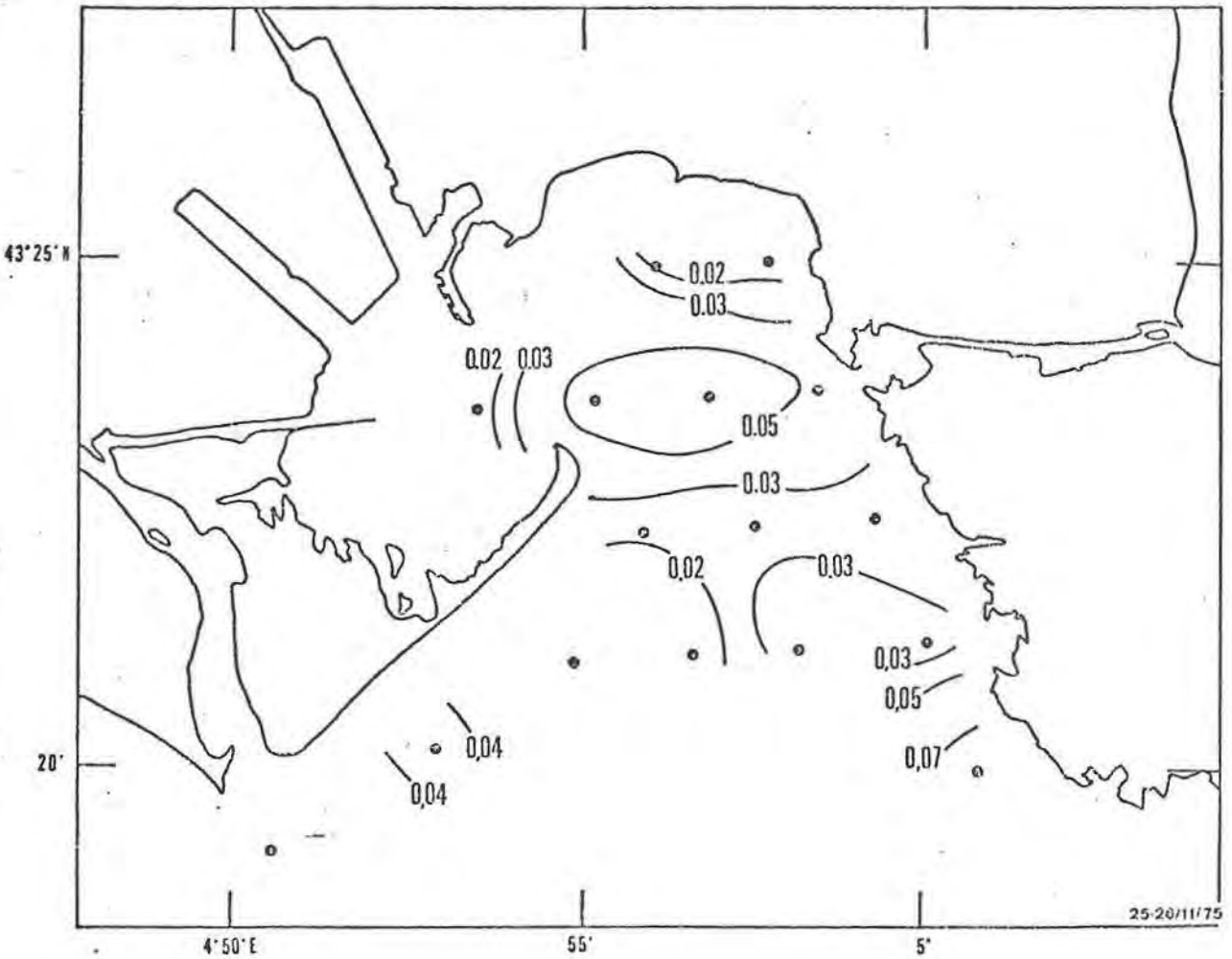


Fig. 114. Détergents anioniques (ppm/manoxol O.T.) en surface

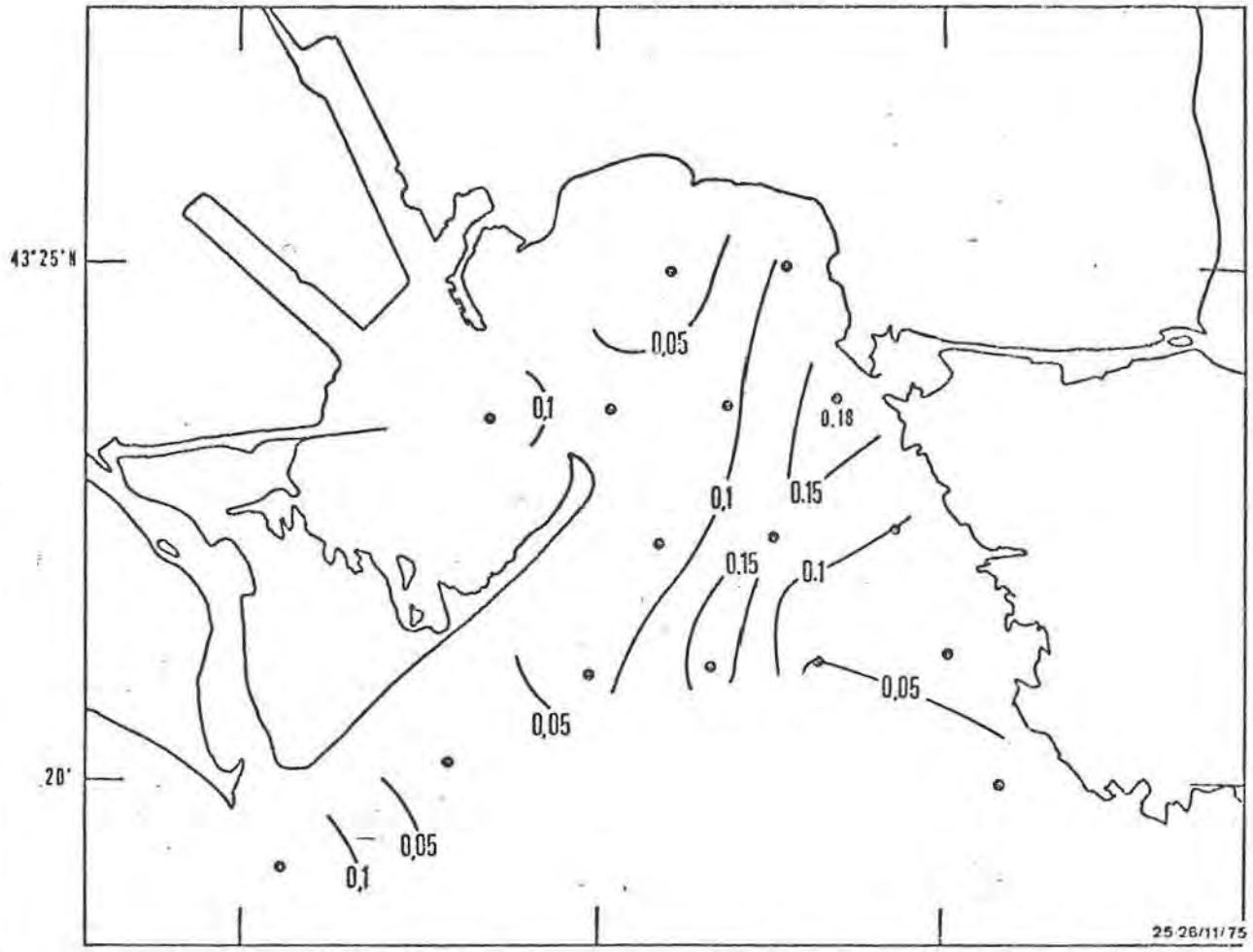


Fig. 115. Détergents anioniques (ppm/ manoxol O.T.) à 5 m

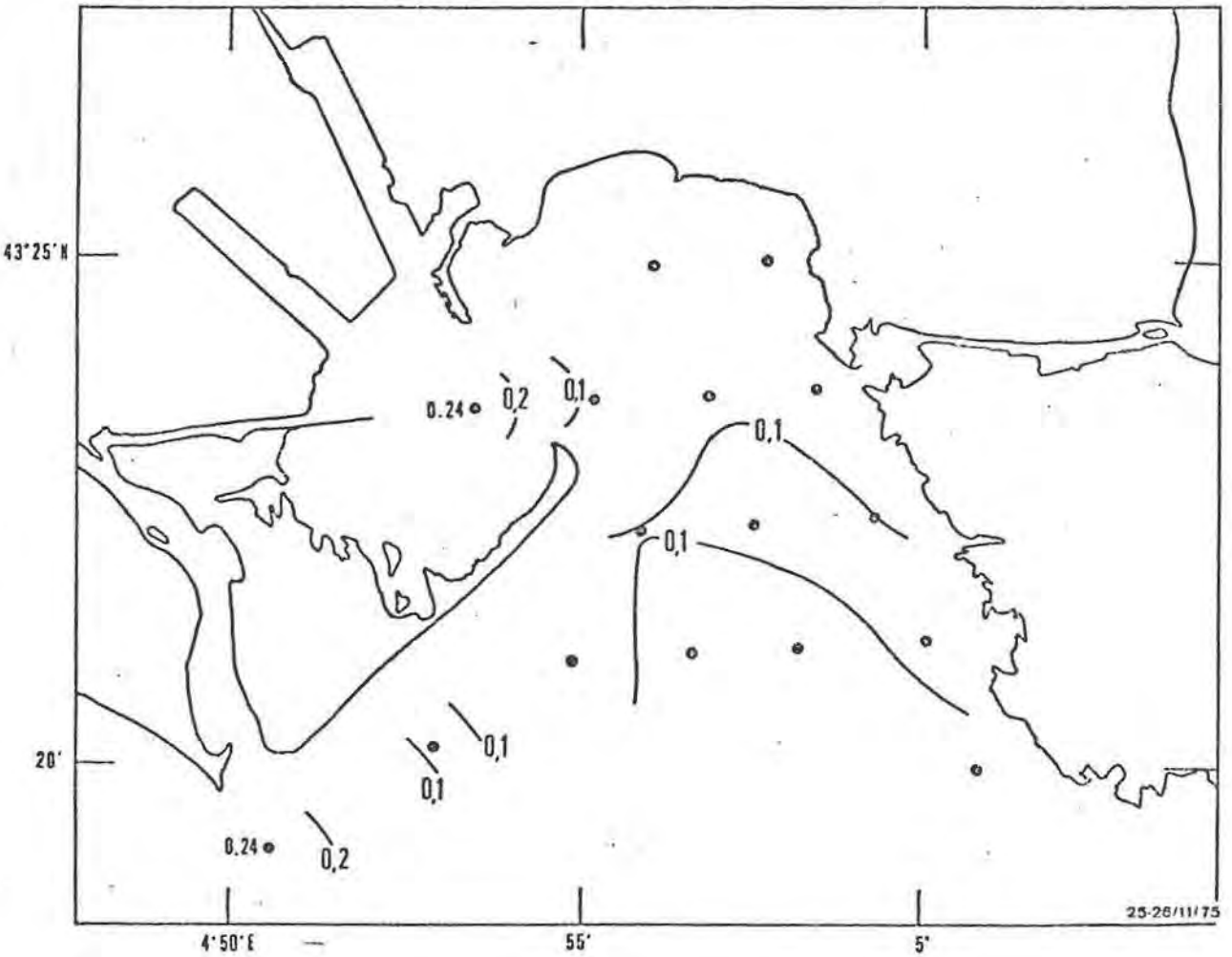


Fig. 116. Zinc (II) en surface (ppb)

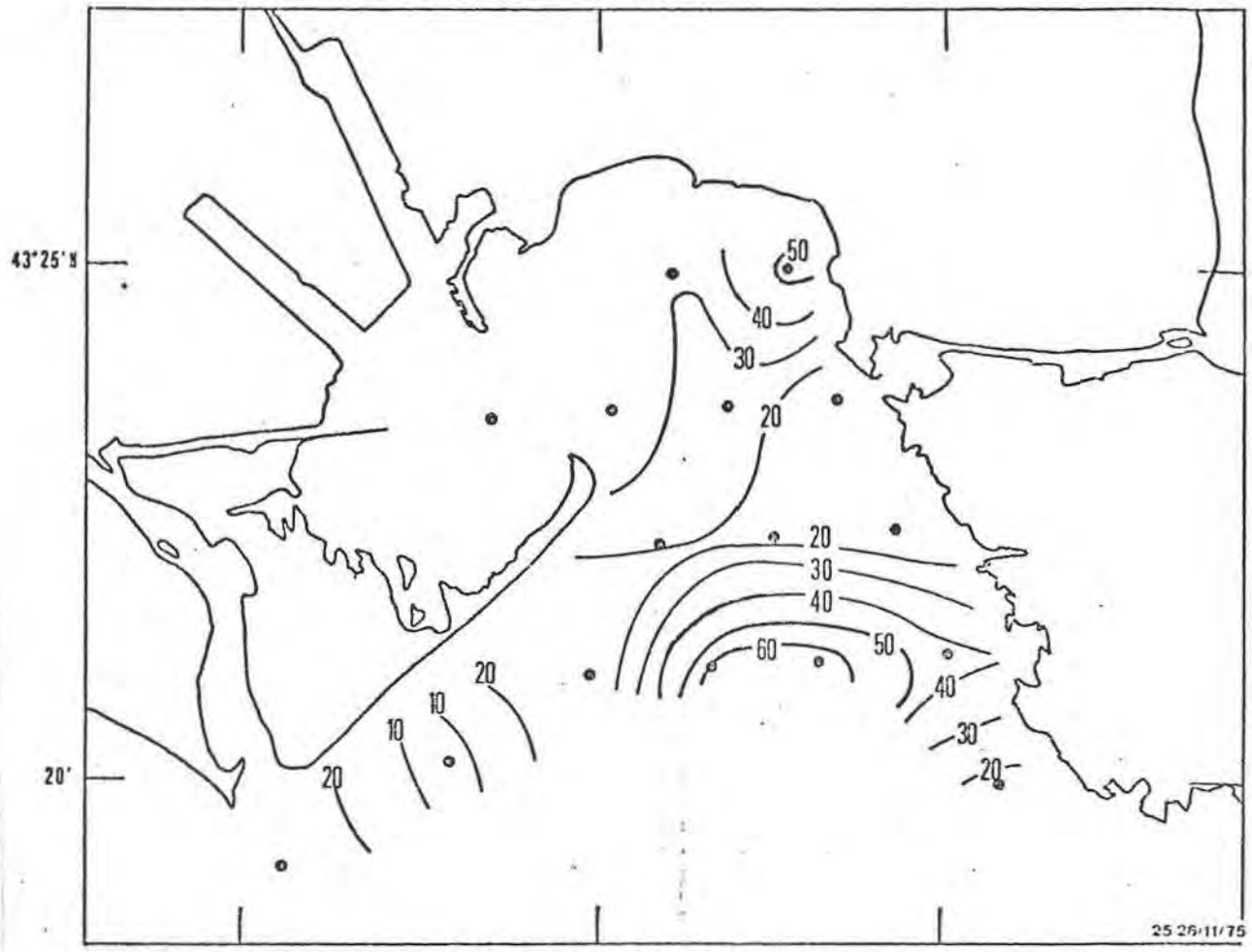


Fig. 117. Zinc (II) à 5 m (ppb)

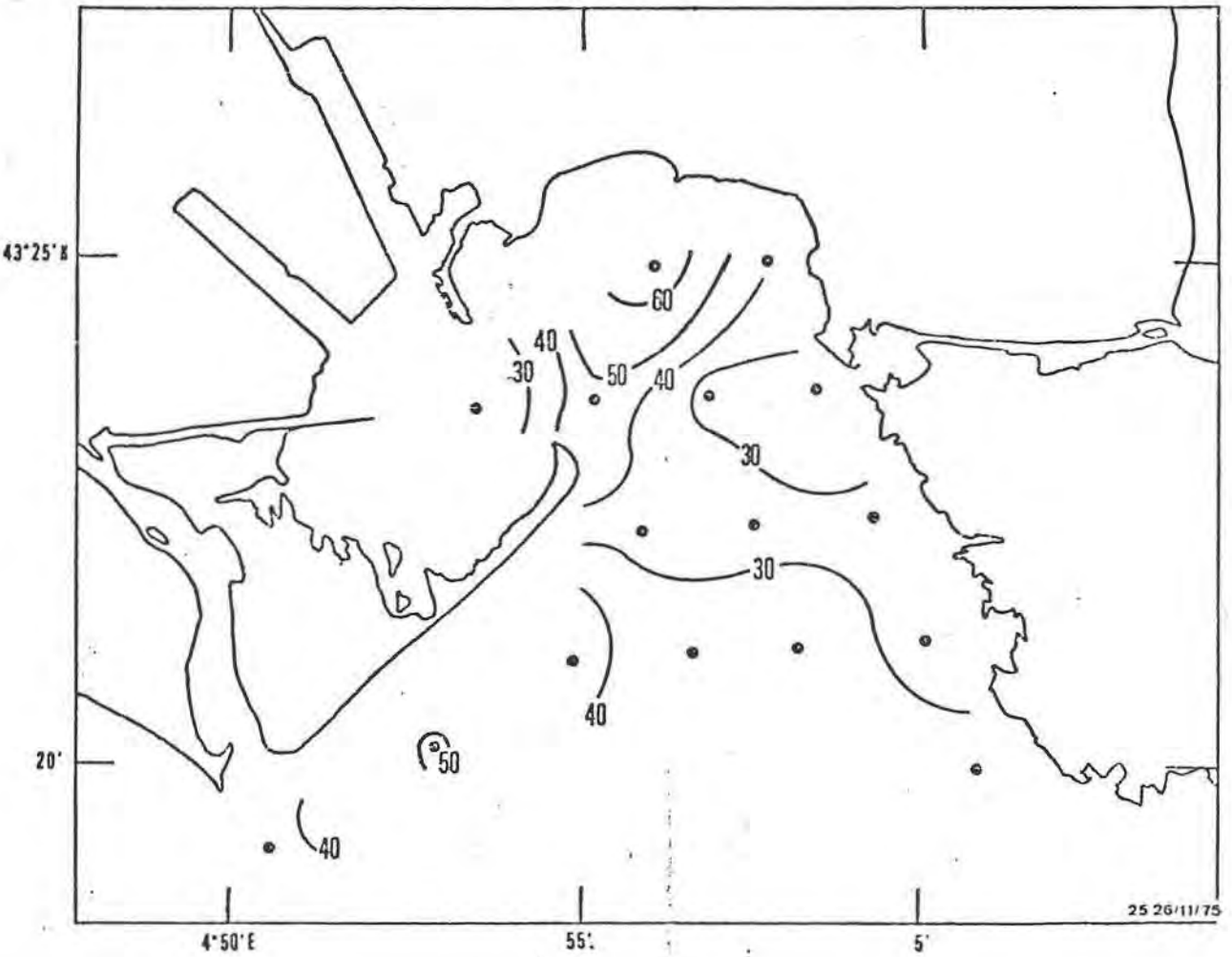


Fig. 118. Cadmium (II) en surface (ppb)

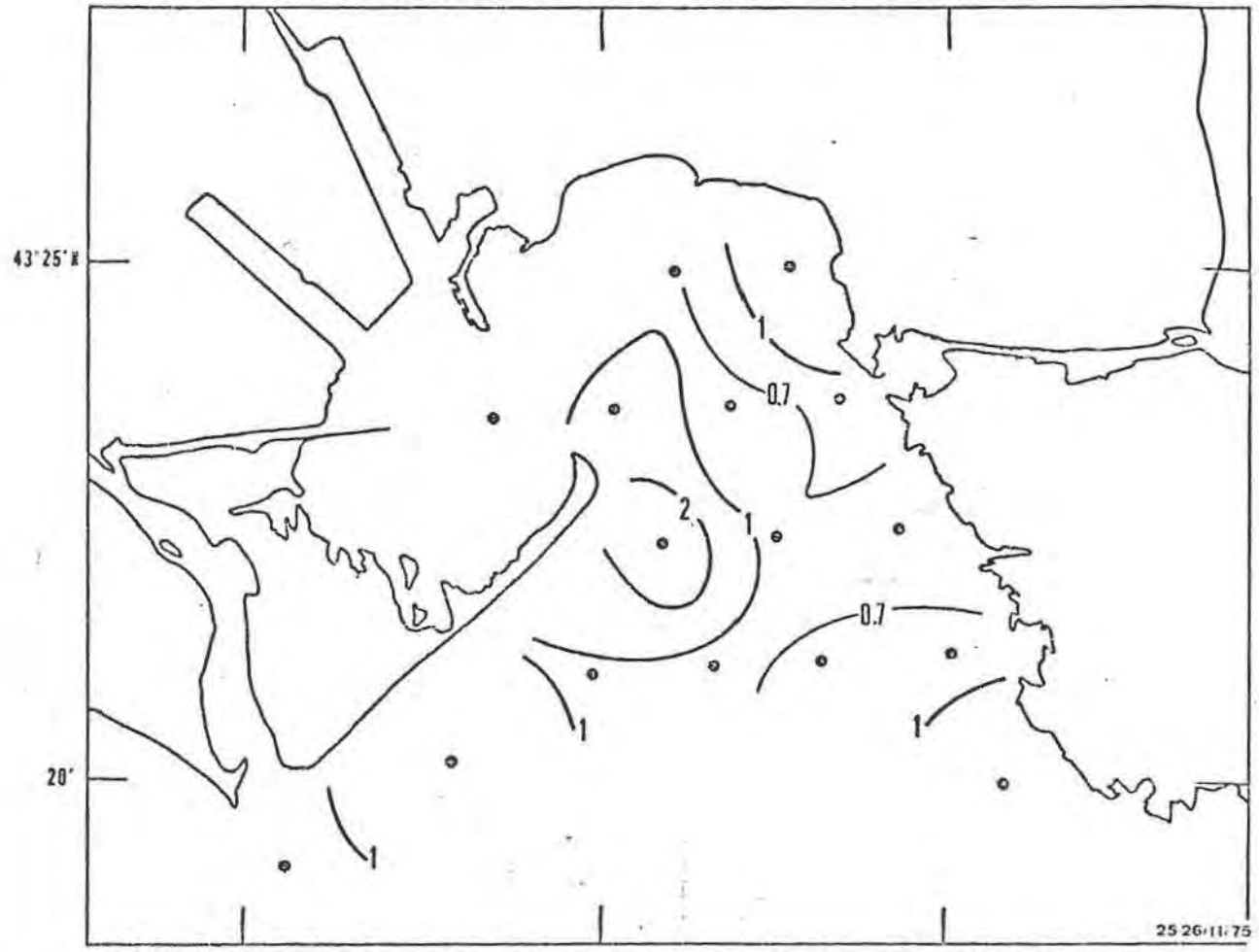


Fig. 119. Cadmium (II) à 5 m (ppb)

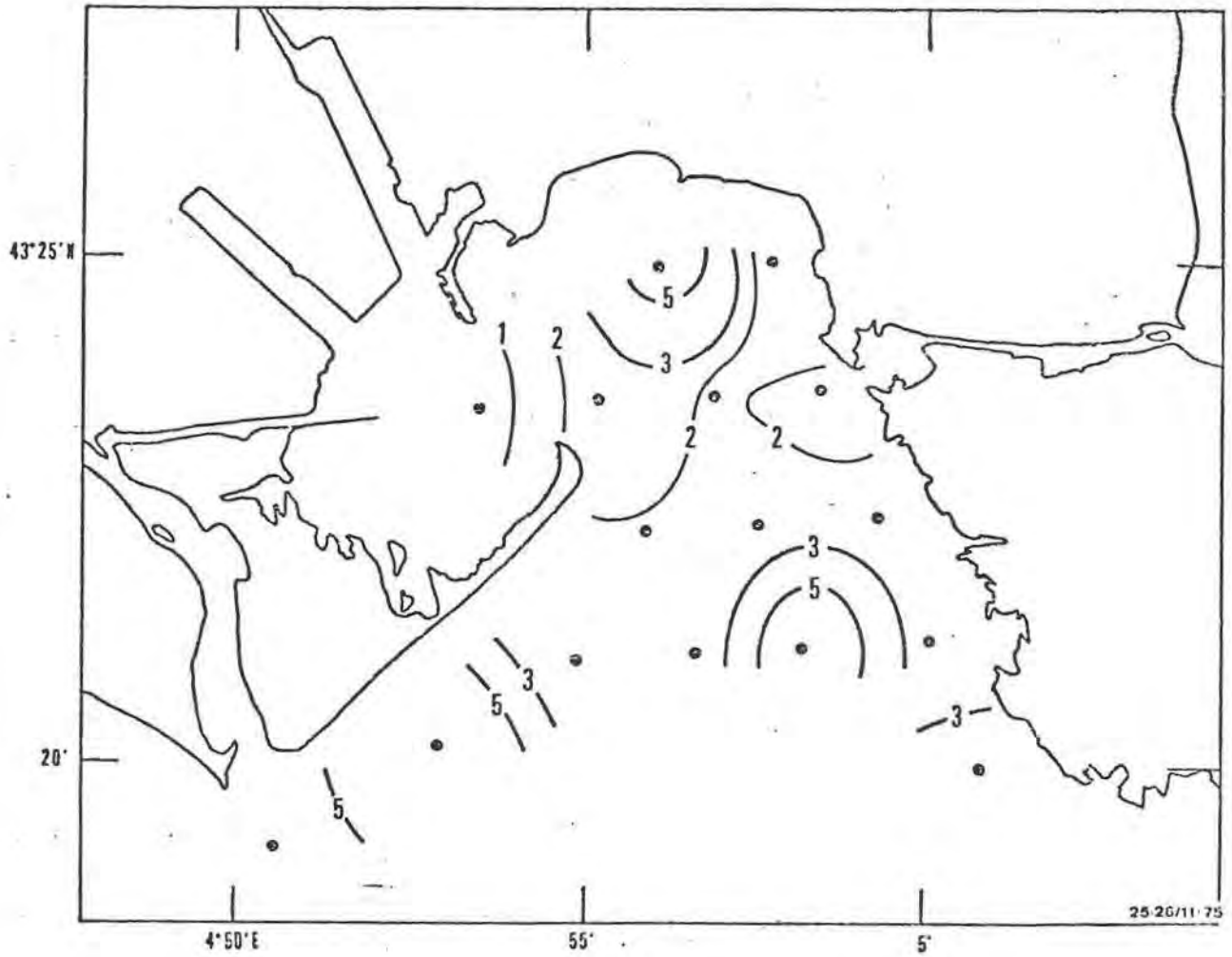


Fig. 120. Plomb (II) en surface (ppb)

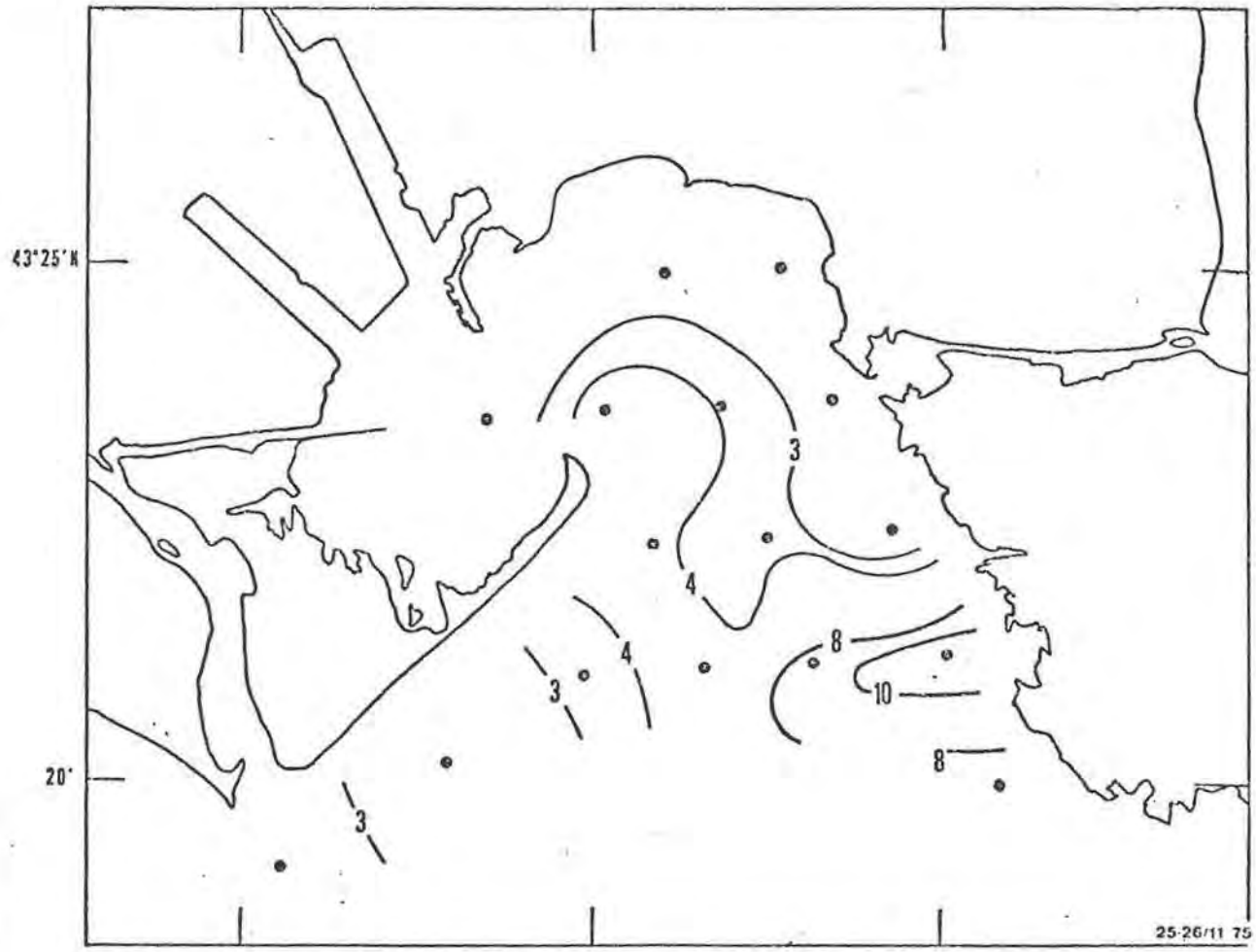


Fig. 121. Plomb (II) à 5 m (ppb)

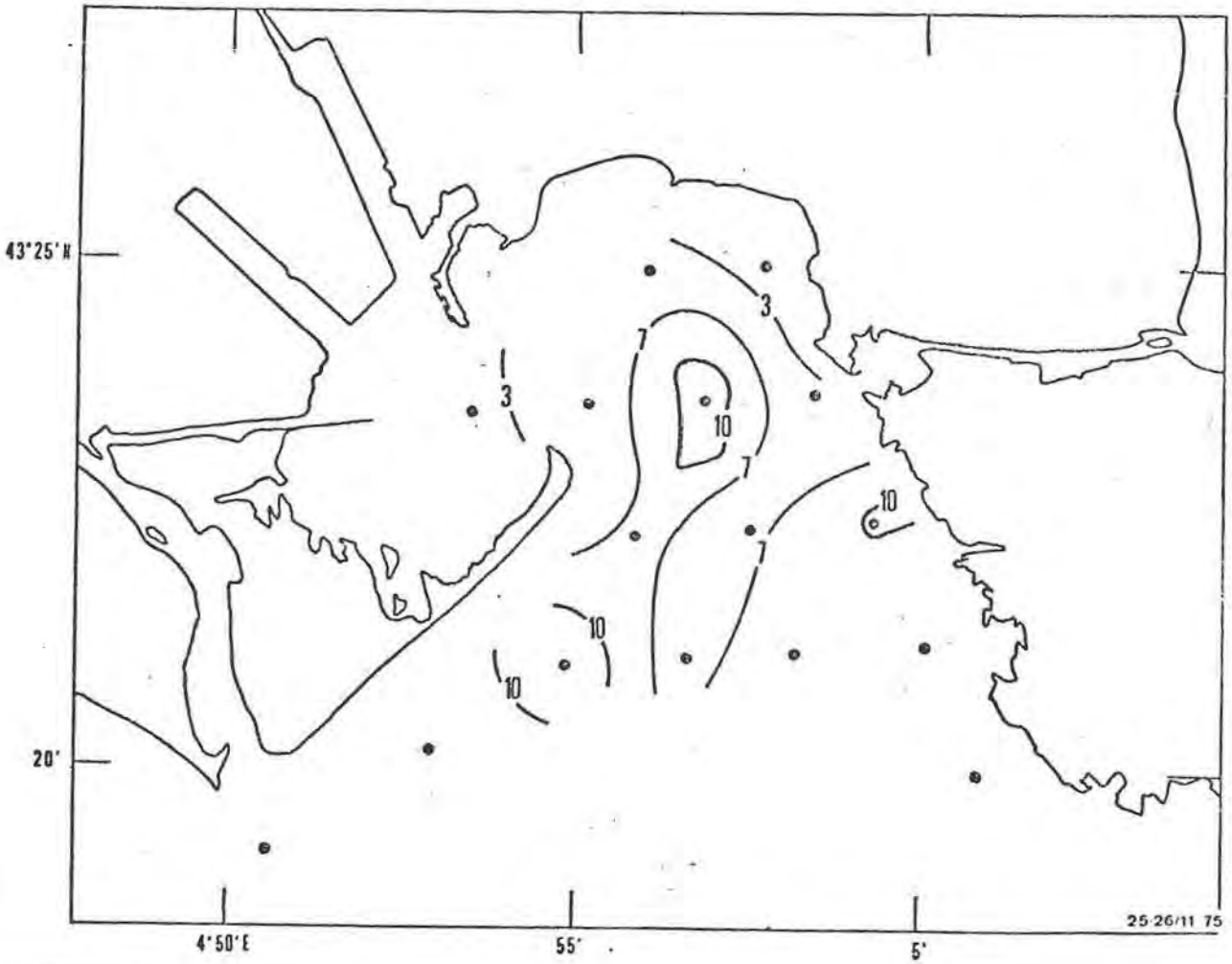


Fig. 122. Cuivre (II) en surface (ppb)

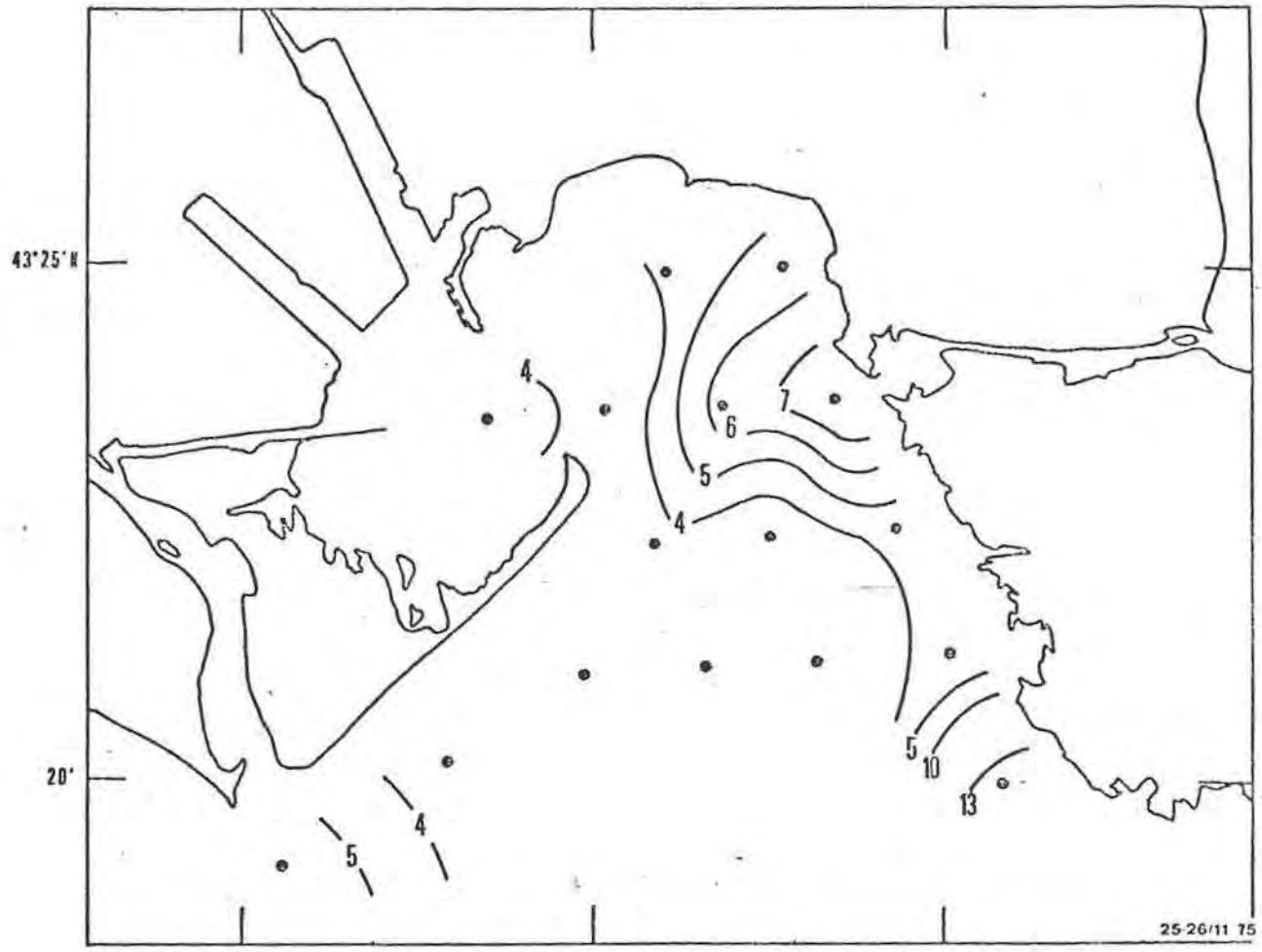


Fig. 123. Cuivre (II) à 5 m (ppb)

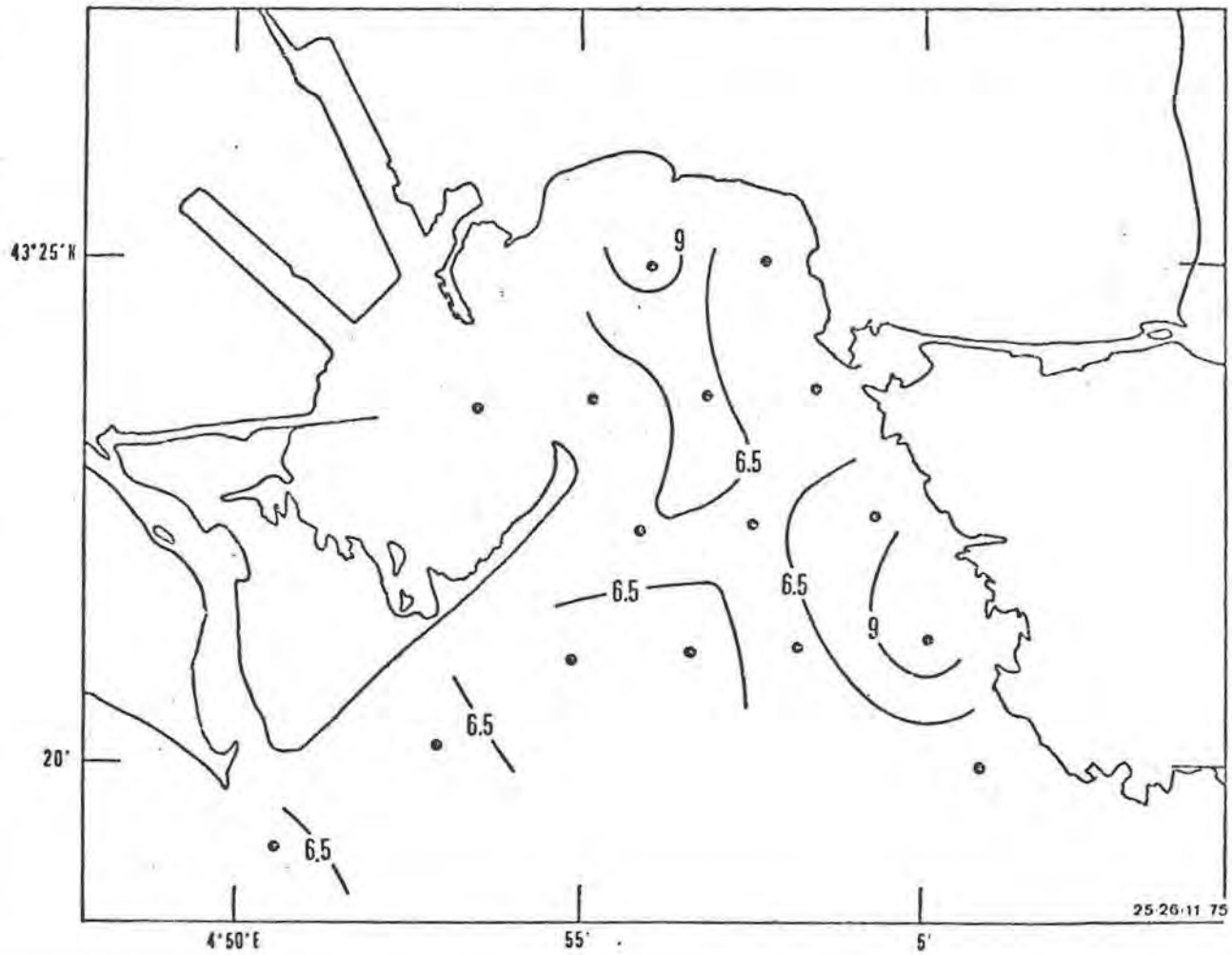


Fig. 124. Fos I. Plan factoriel 1-2; Tableau PG

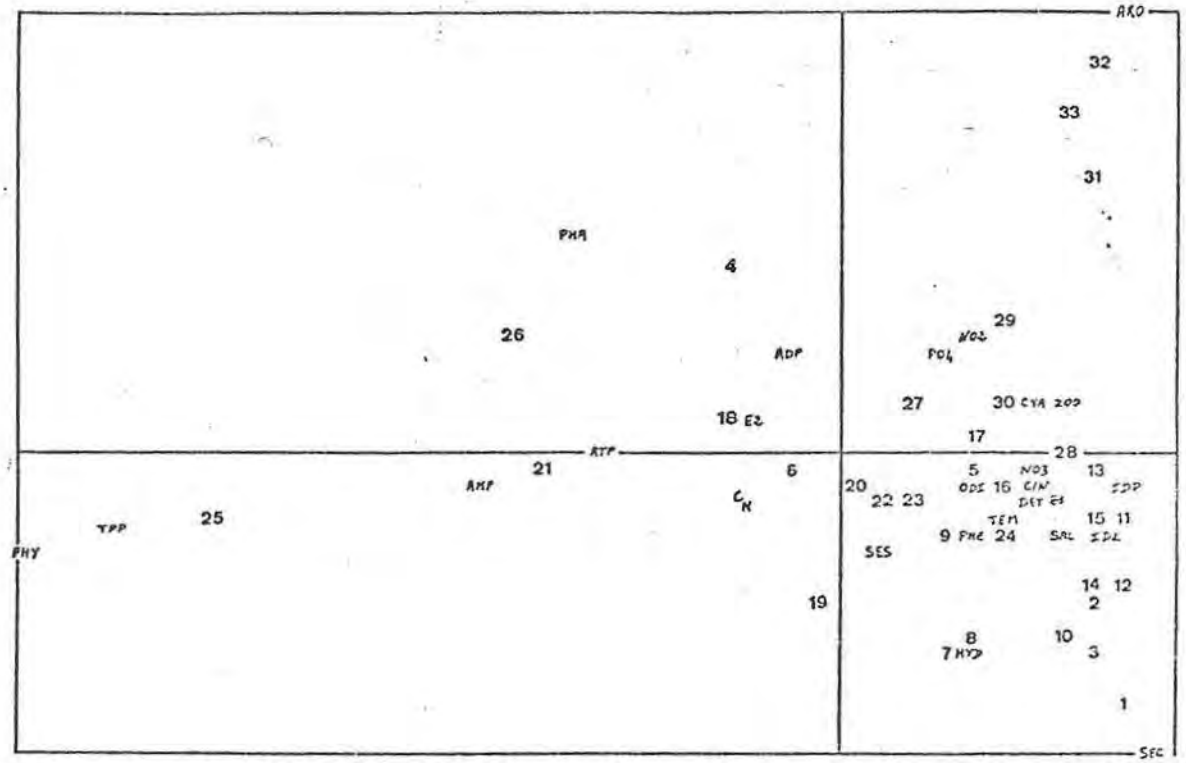
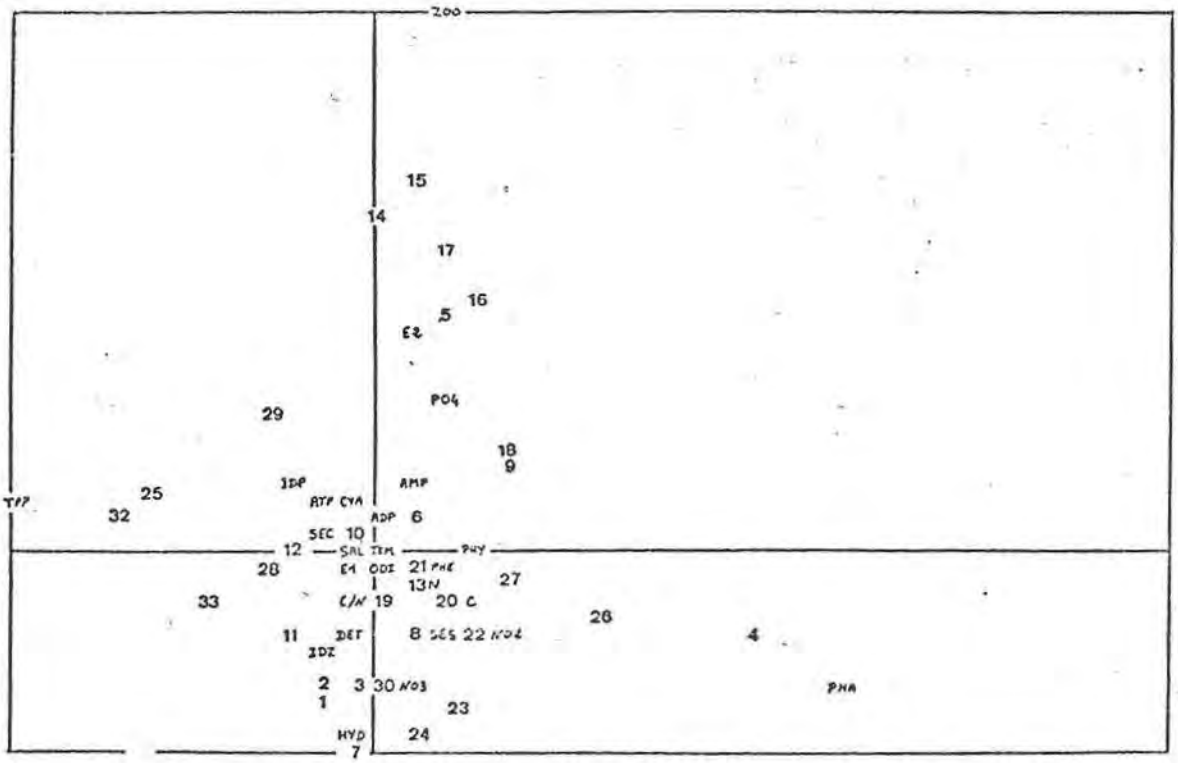


Fig. 125. Fos I. Plan factoriel 3-4; Tableau PG



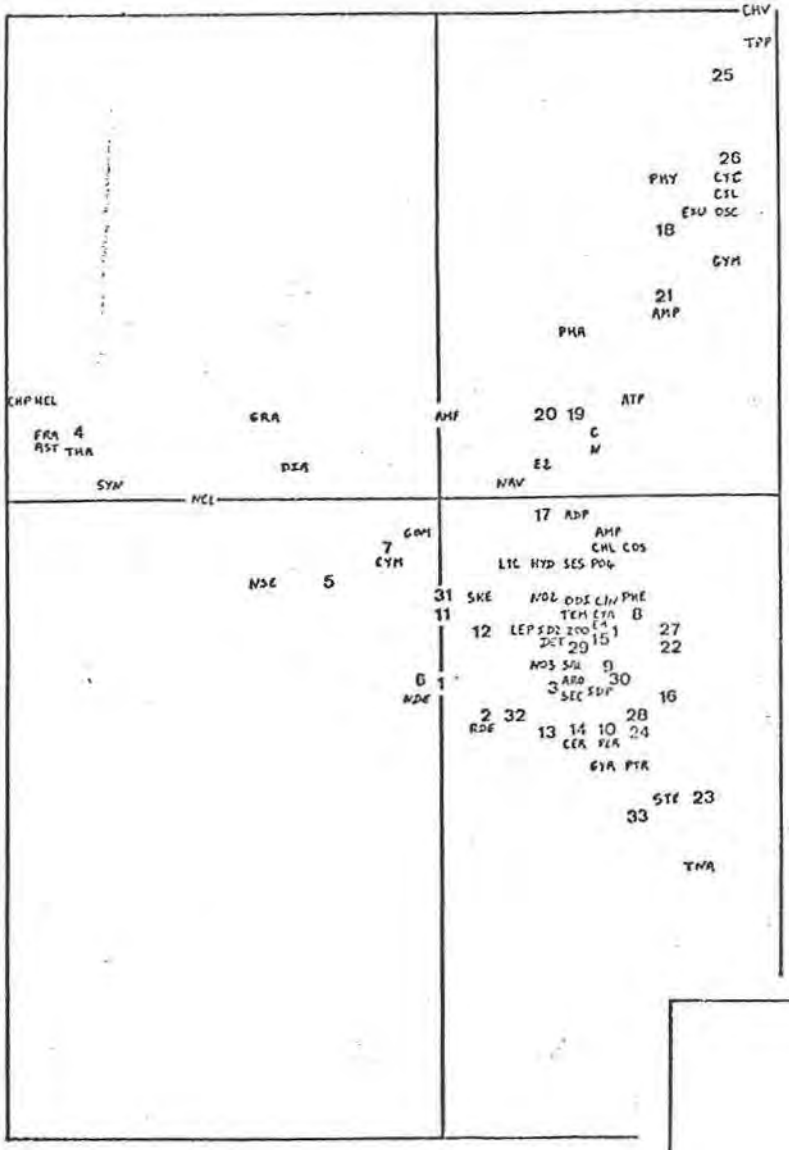


Fig. 127. Fos I. Plan factoriel 1-
Tableau PHZ = PH∪ZO
et PG en variables témoi

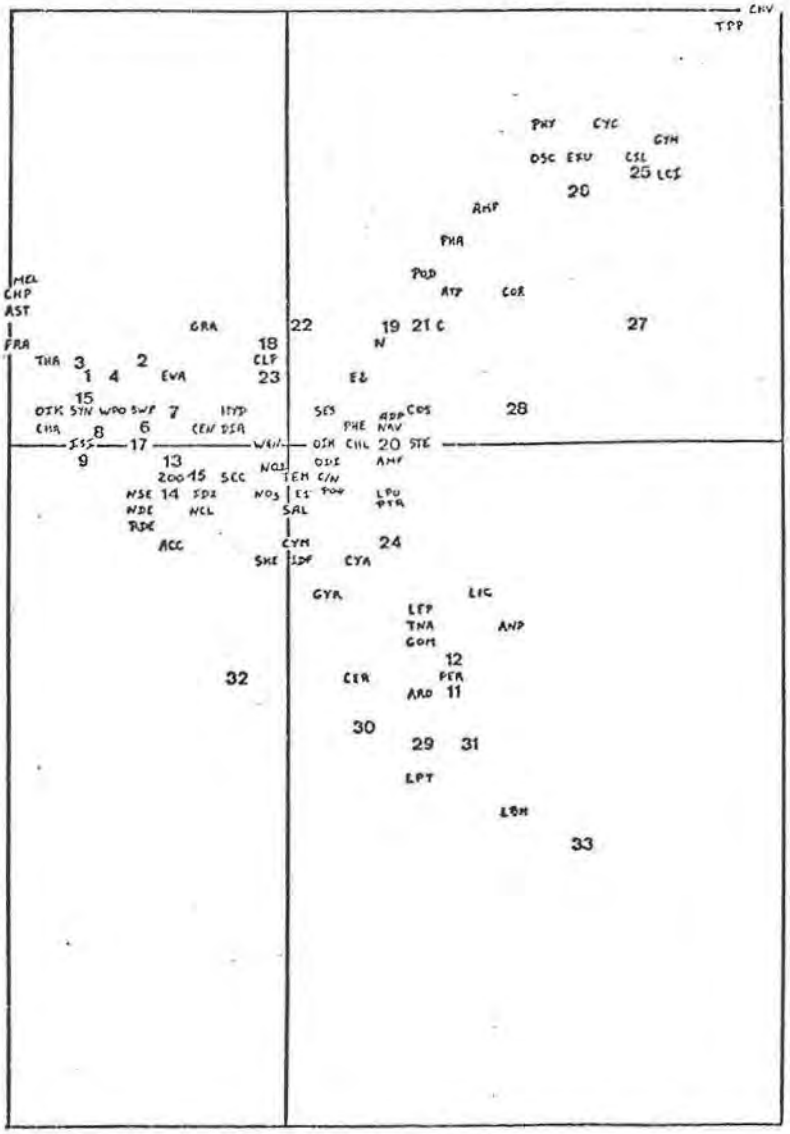
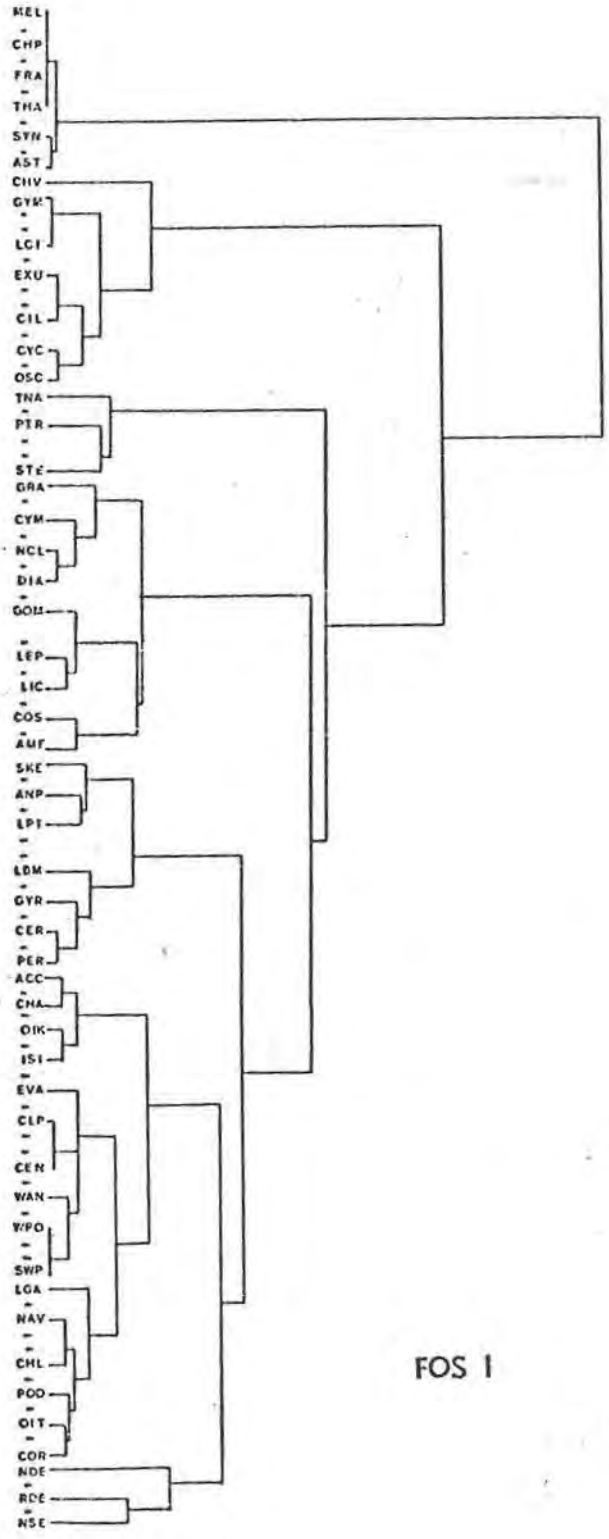


Fig. 126. Fos I. Plan factoriel 1-2;
Tableau PH

Fig. 128. Analyse hiérarchique du tableau PHZ = PH U ZO (Fos I)

Cette arborescence permet d'individualiser les communautés d'espèces planctoniques caractéristiques des grandes influences régissant l'écologie du golfe de Fos



FOS I

Fig. 129 - 1

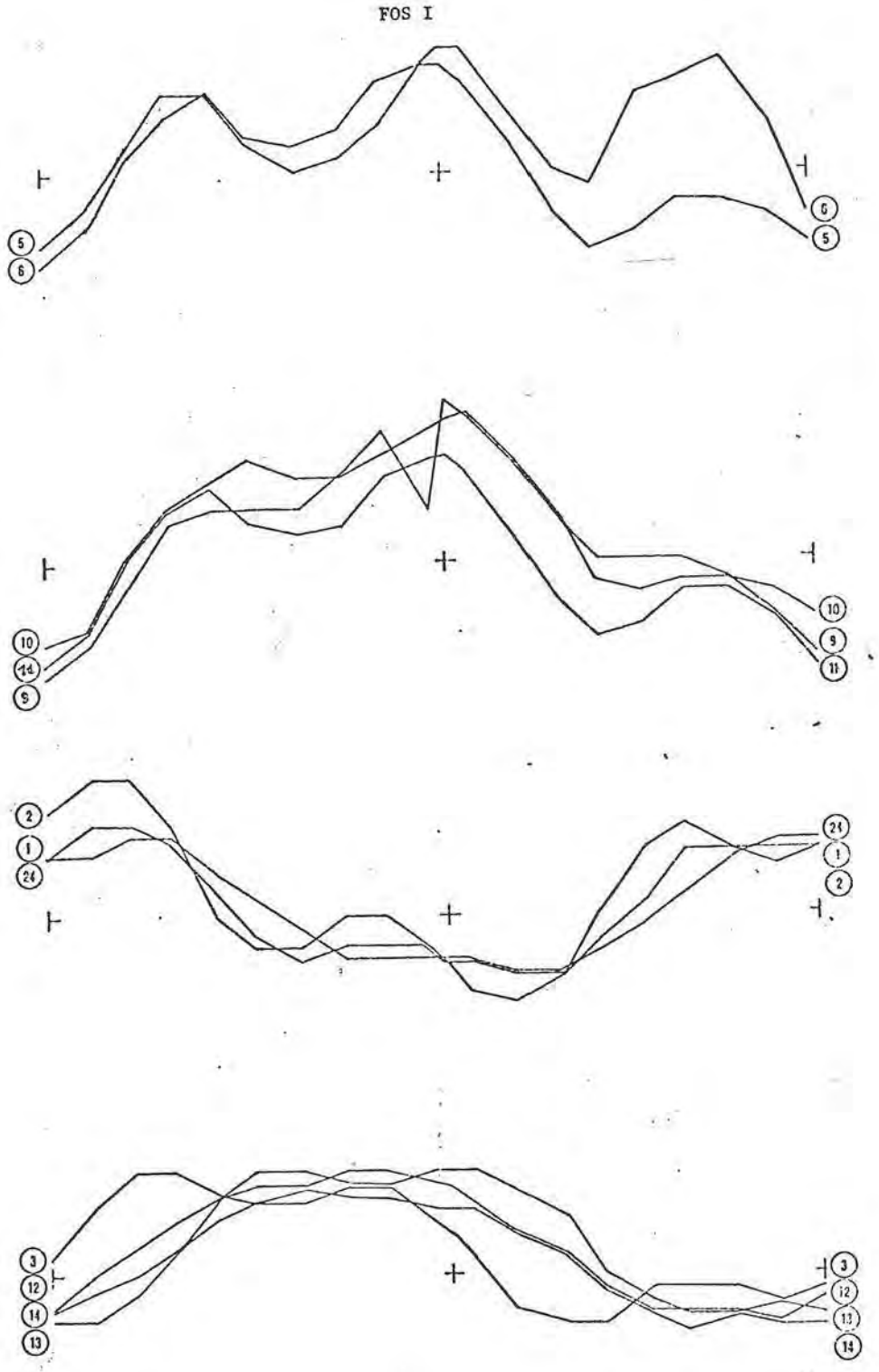


Fig. 129 - 2

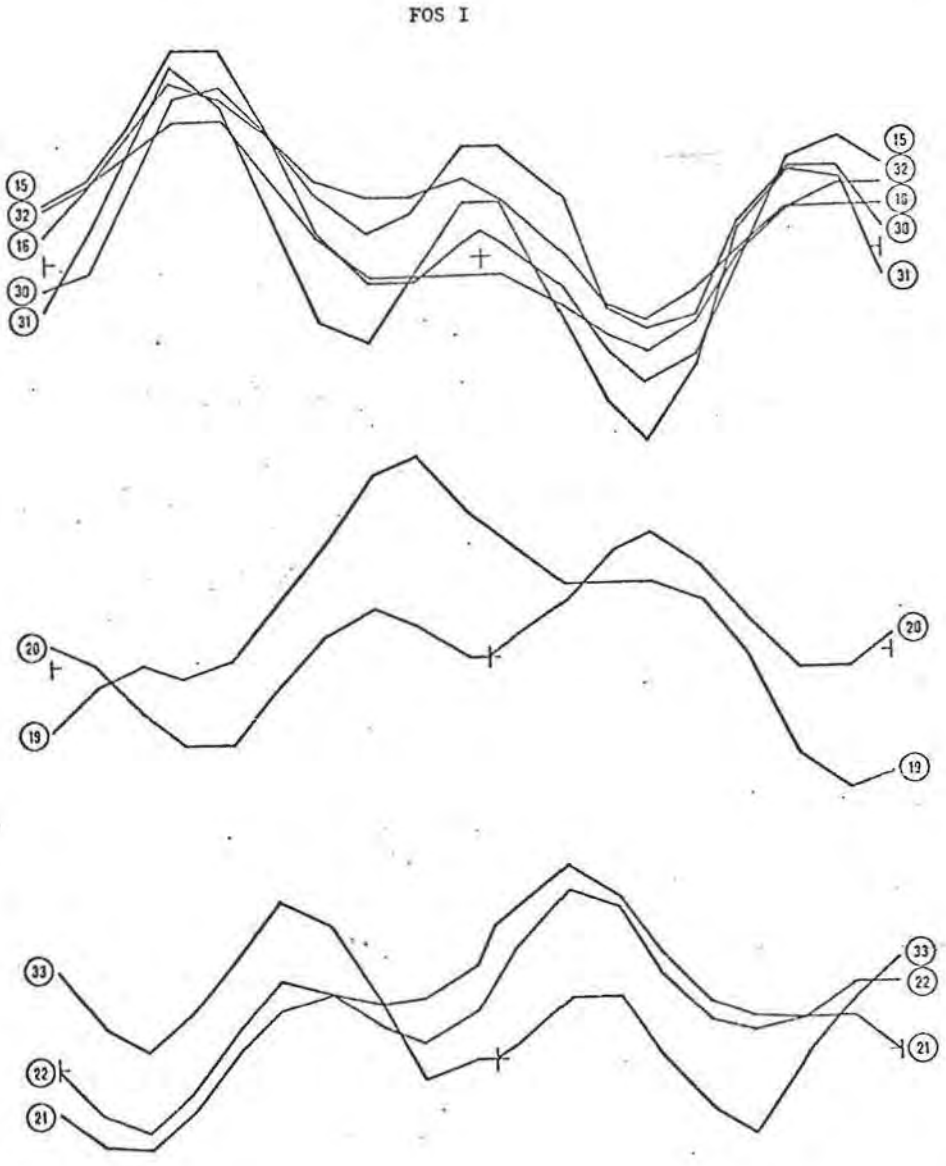


Fig. 129 - 3

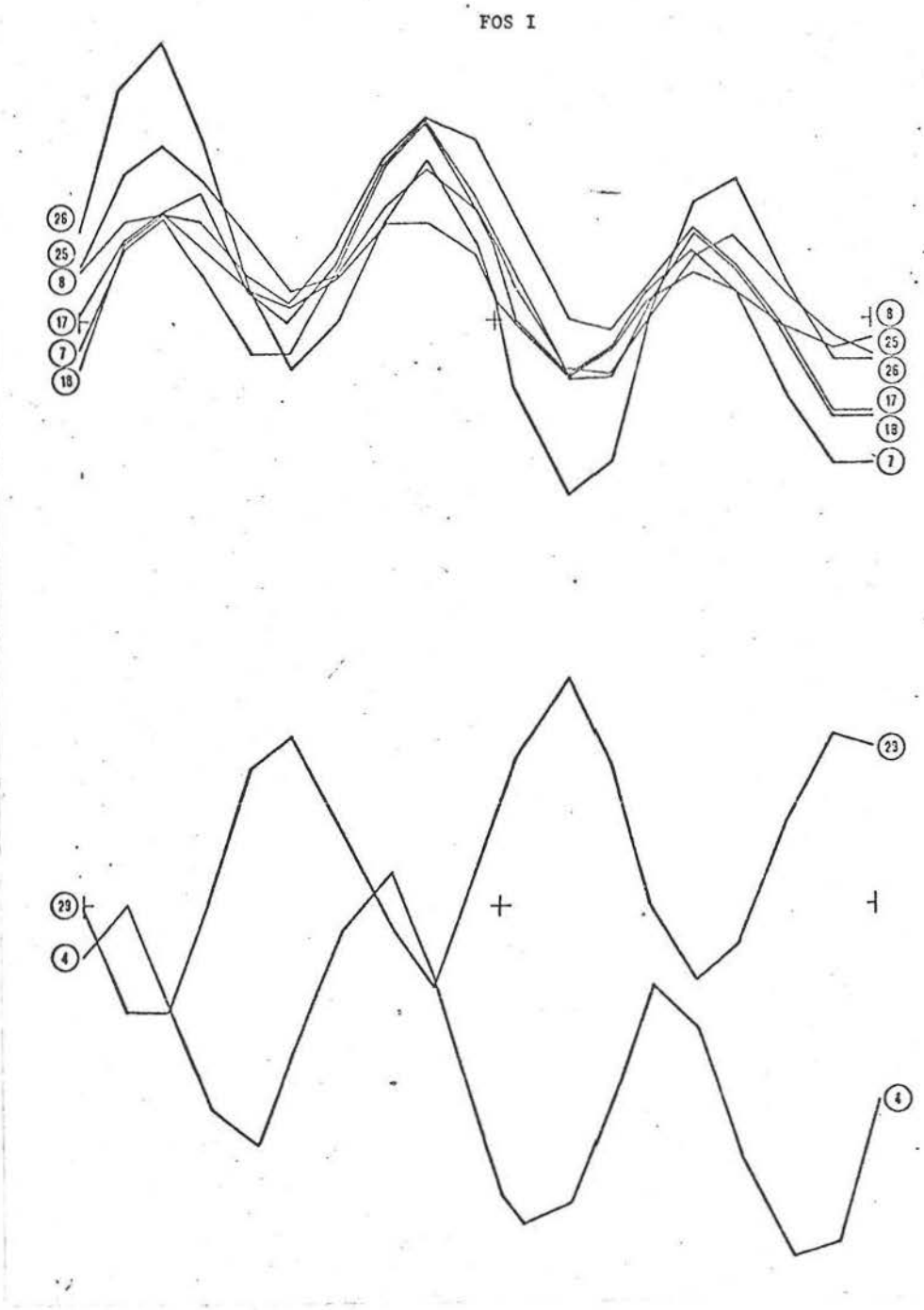


Fig. 129 -4

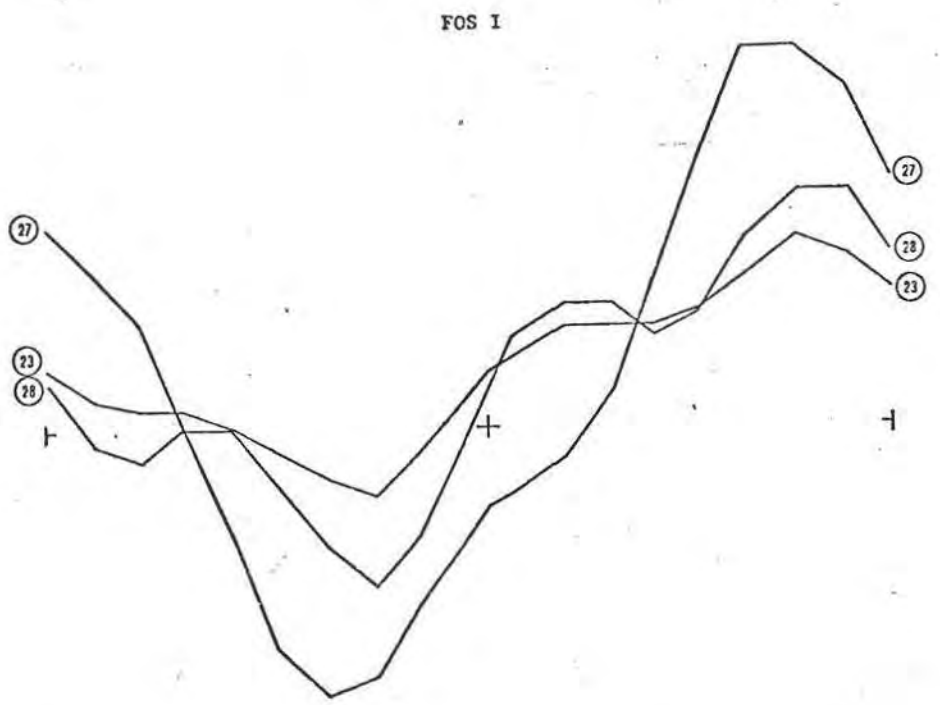


Fig. 130. Fos II. Plan factoriel 1-2; Tableau PG

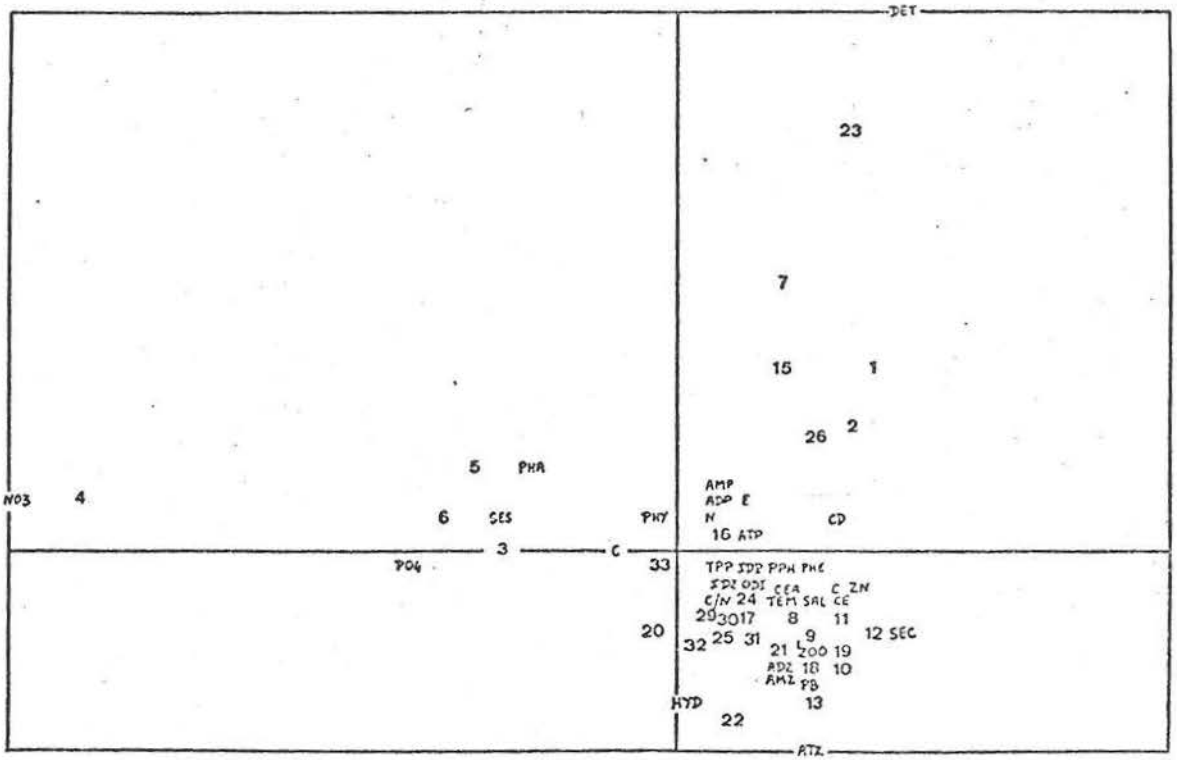
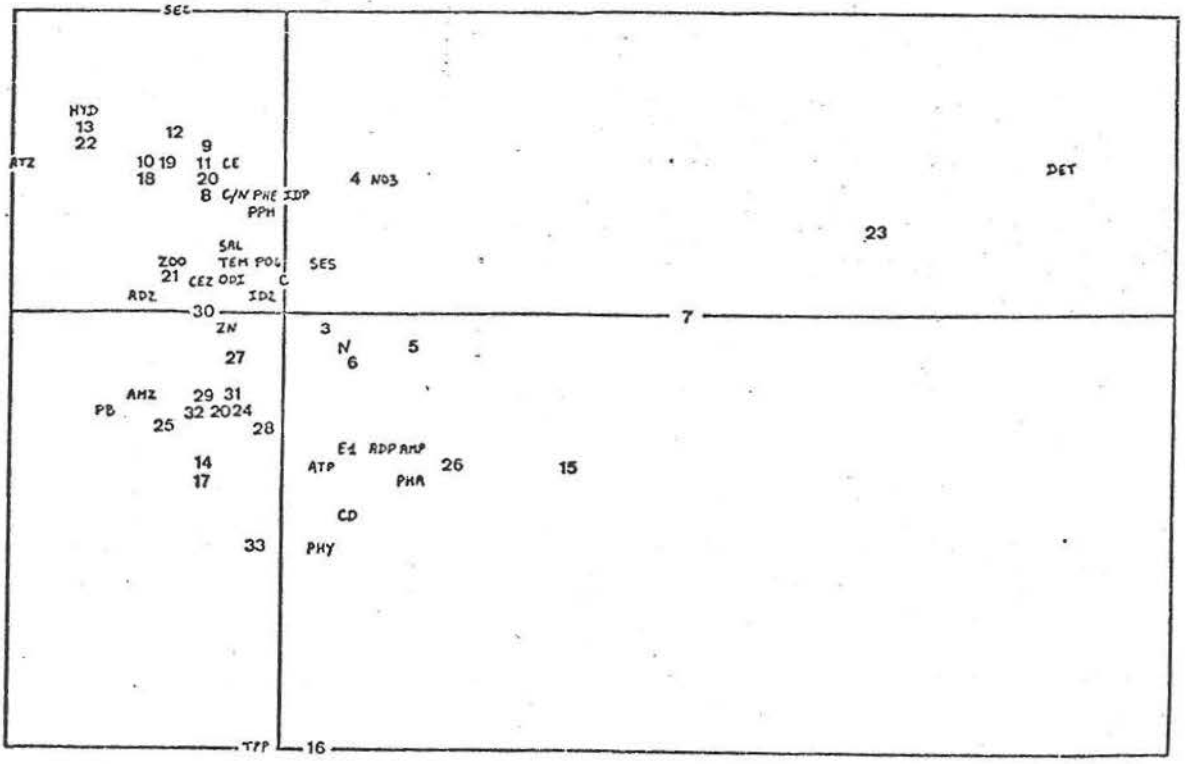


Fig. 131. Fos II. Plan factoriel 2-3; Tableau PG



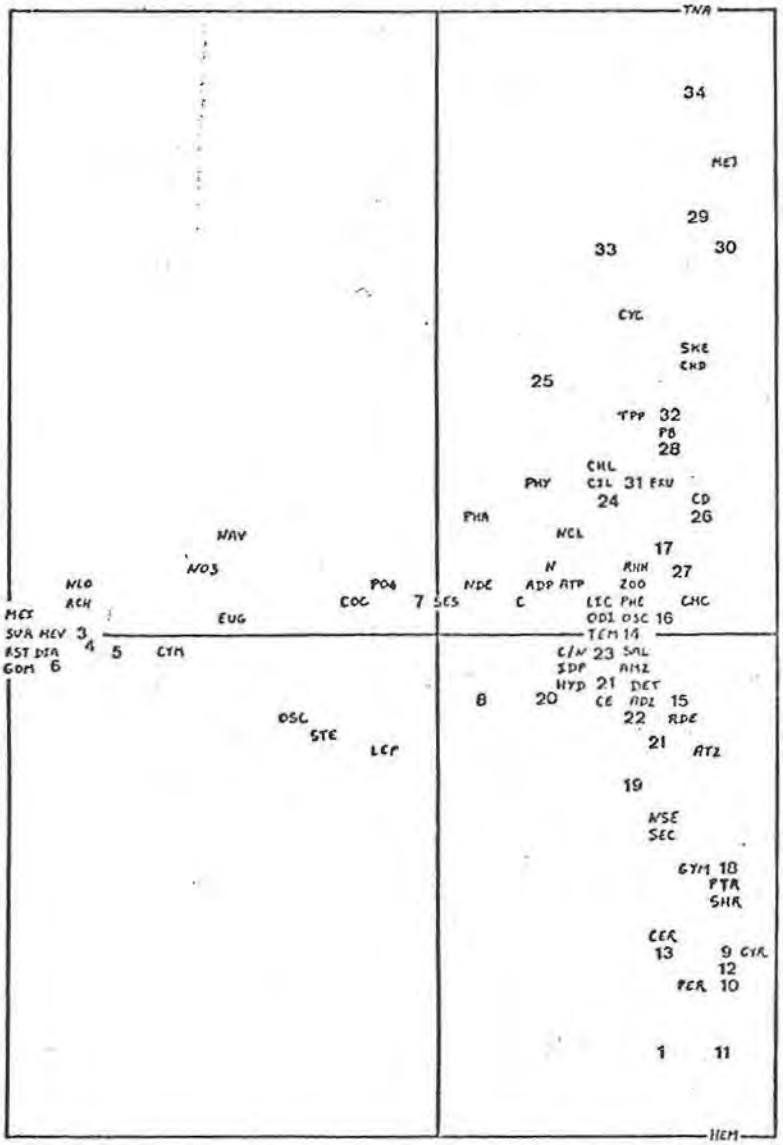


Fig. 132. Fos II. Plan factoriel 1-2; Tableau PH

Fig. 133. Fos II. Plan factoriel 1-2
Tableau PHZ = PH V ZO

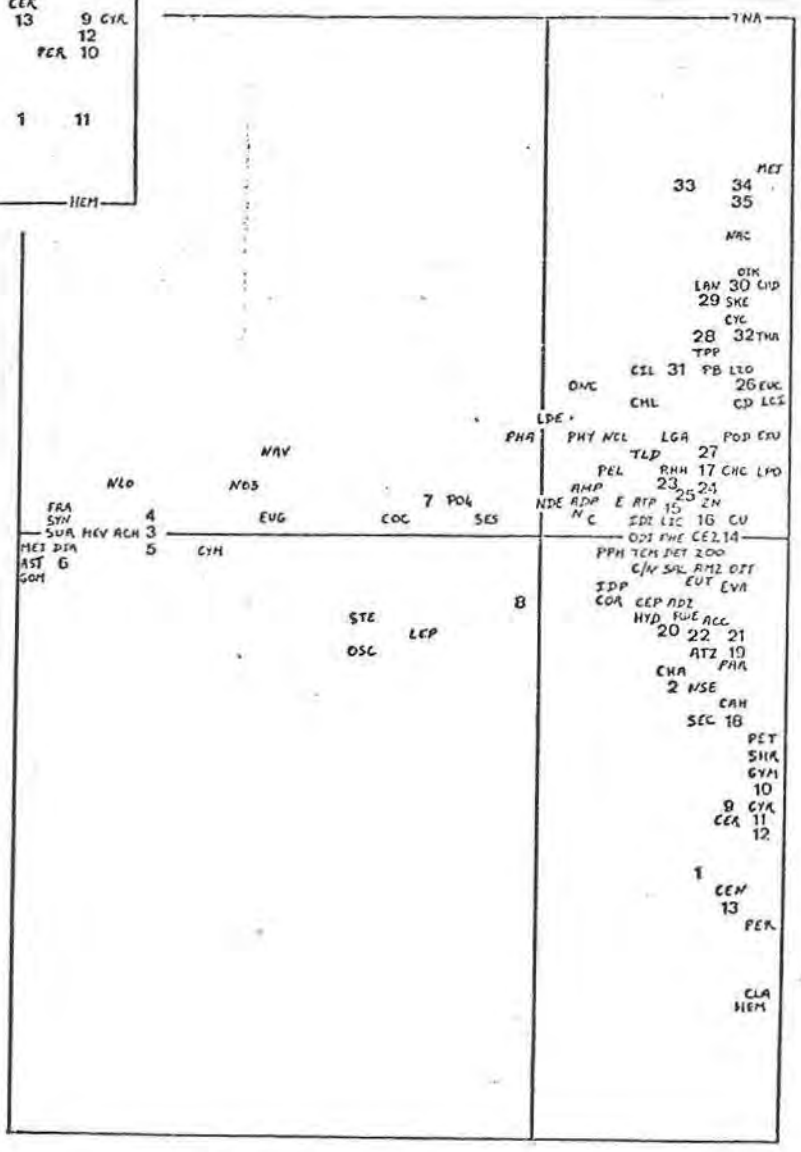


Fig. 134. Fos II. Plan factoriel 2-3; Tableau PHZ = PH ∪ ZO

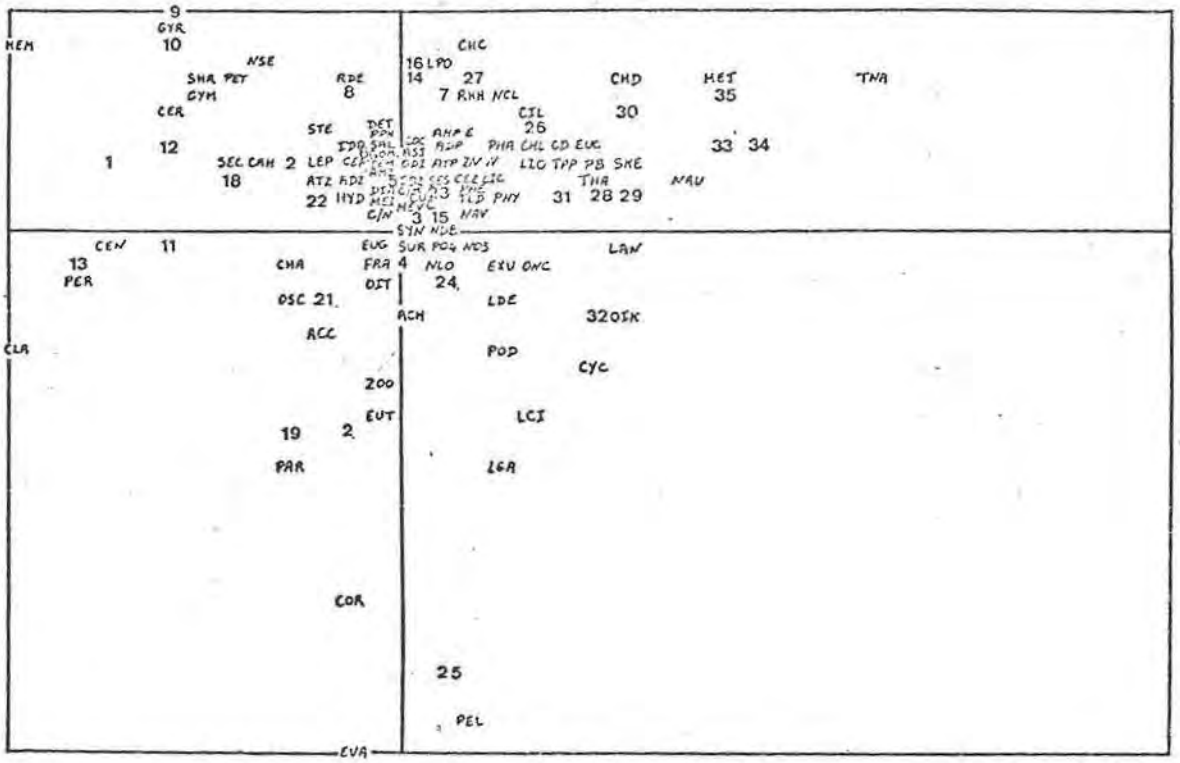
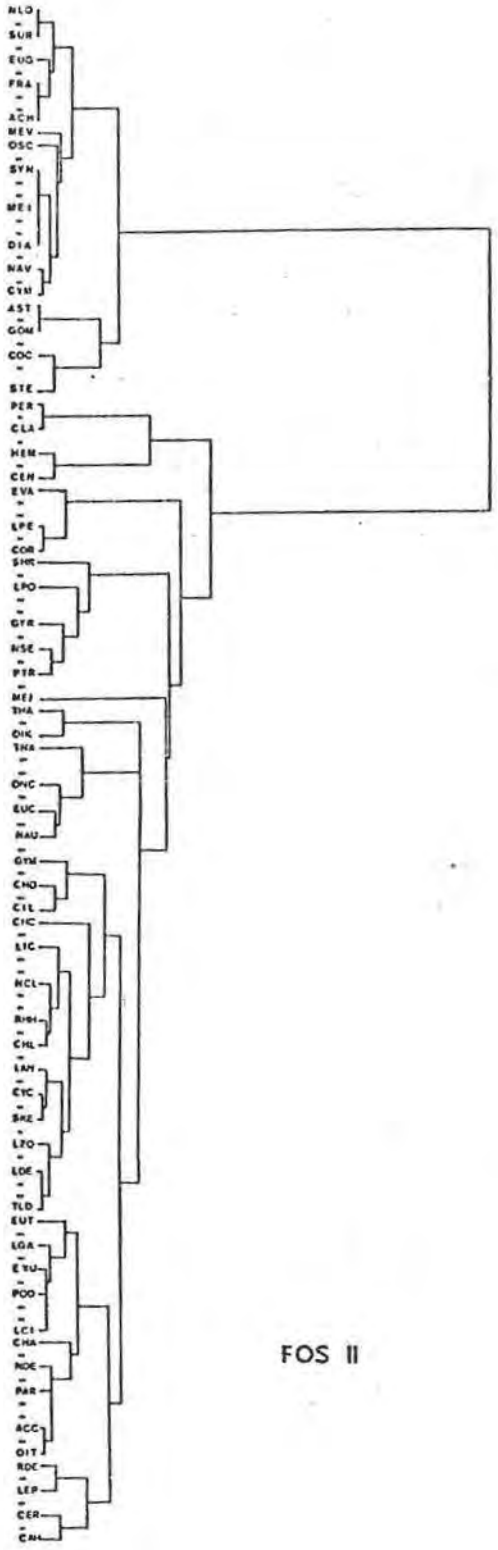


Fig. 135. Analyse hiérarchique du tableau PHZ = PH ∪ ZO
(variables planctoniques) - Fos II



FOS II

Fig. 136 - 1

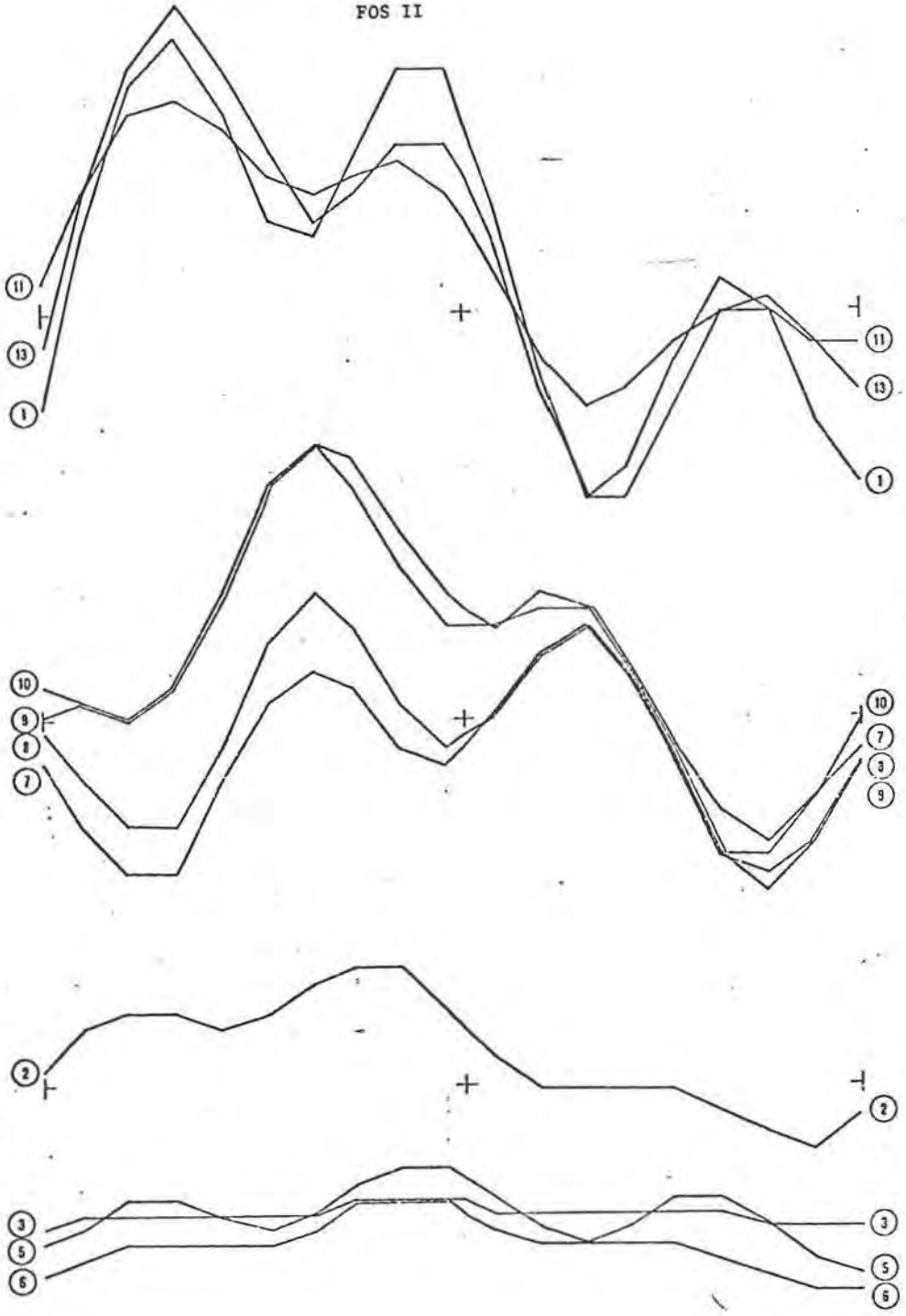


Fig. 136 - 2

FOS II

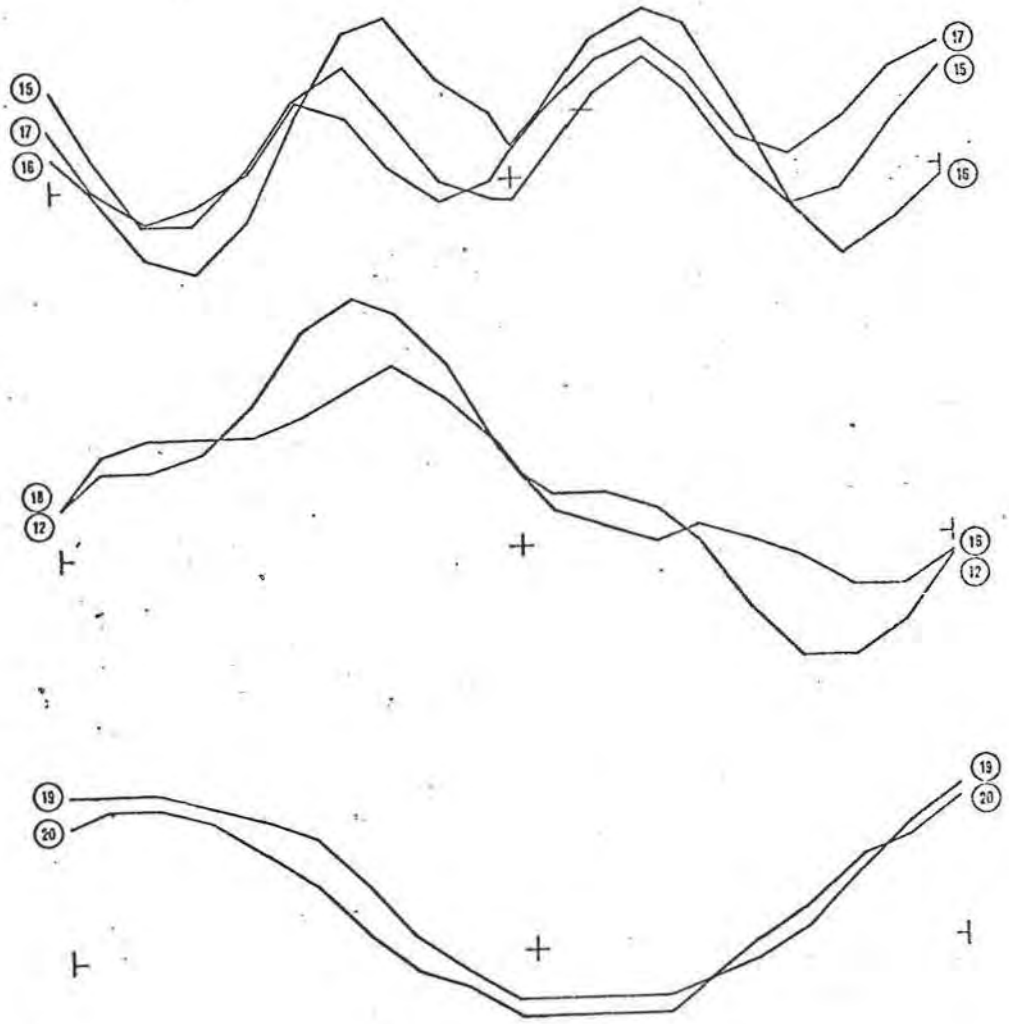


Fig. 136 - 3

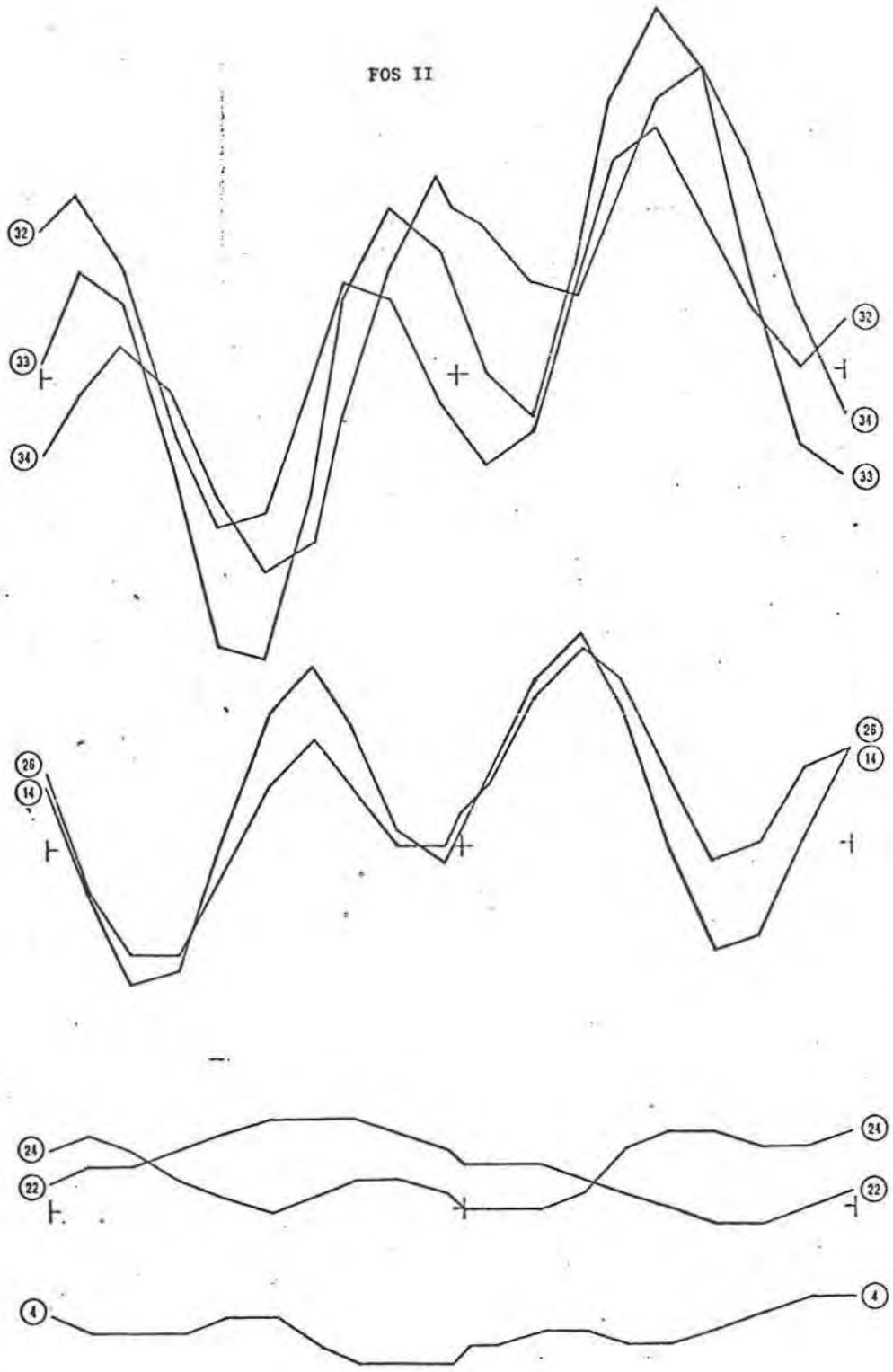


Fig. 136 - 4

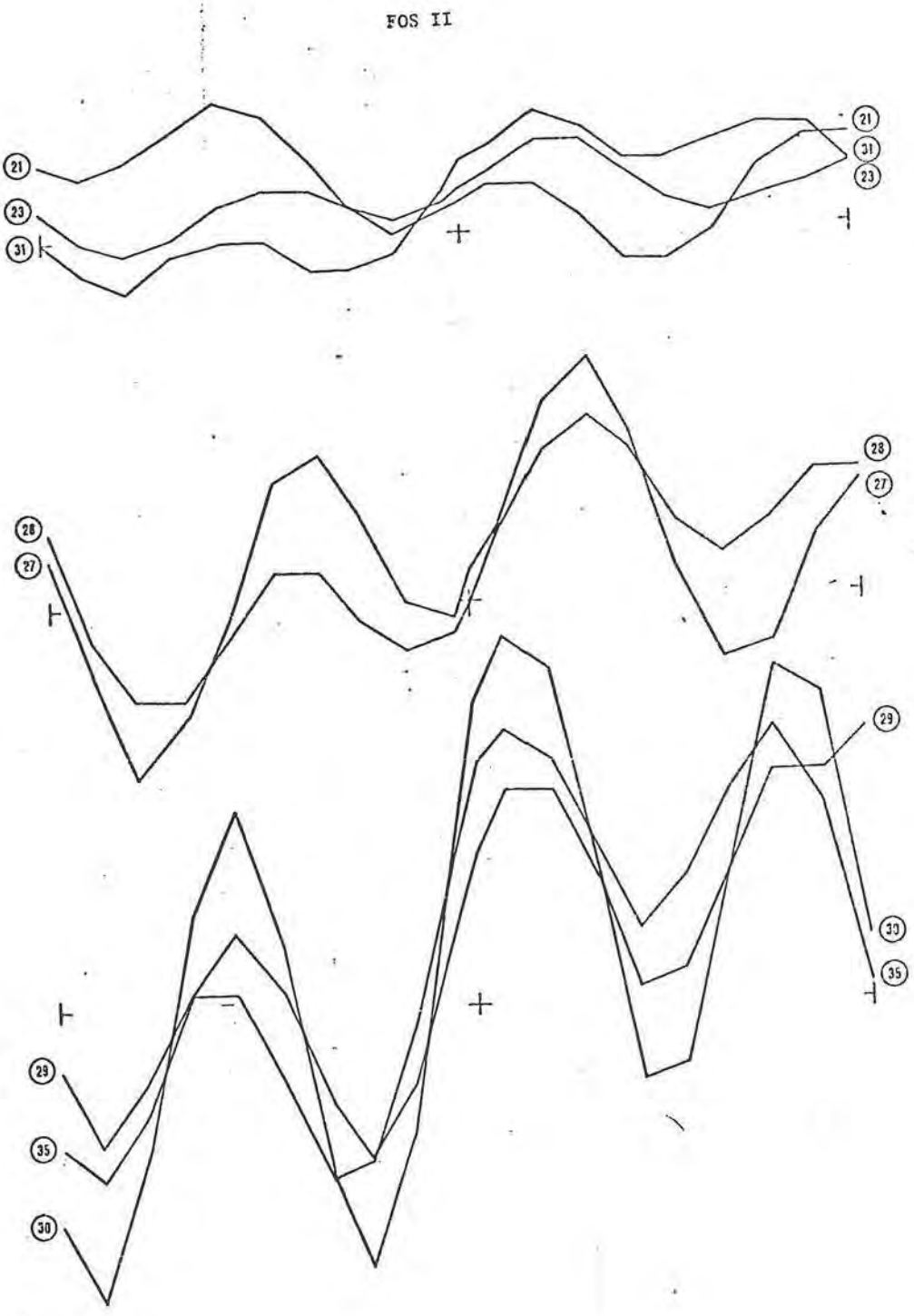


Fig. 136 - 5

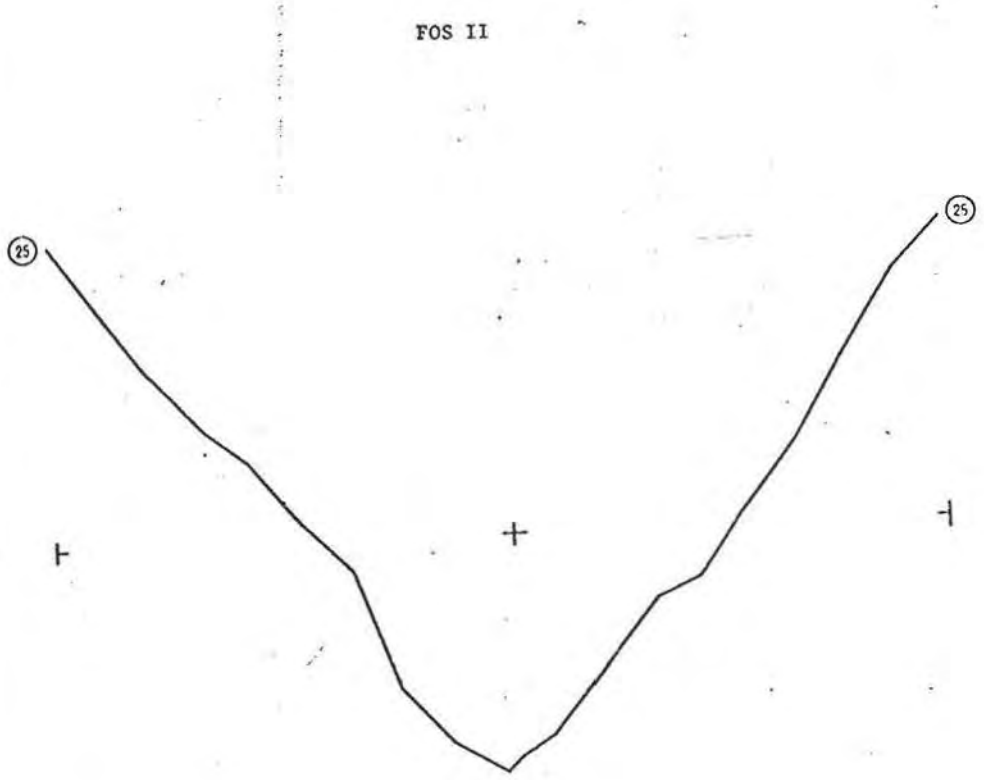


Fig. 137. Fos III. Plan factoriel 1-2; Tableau PG

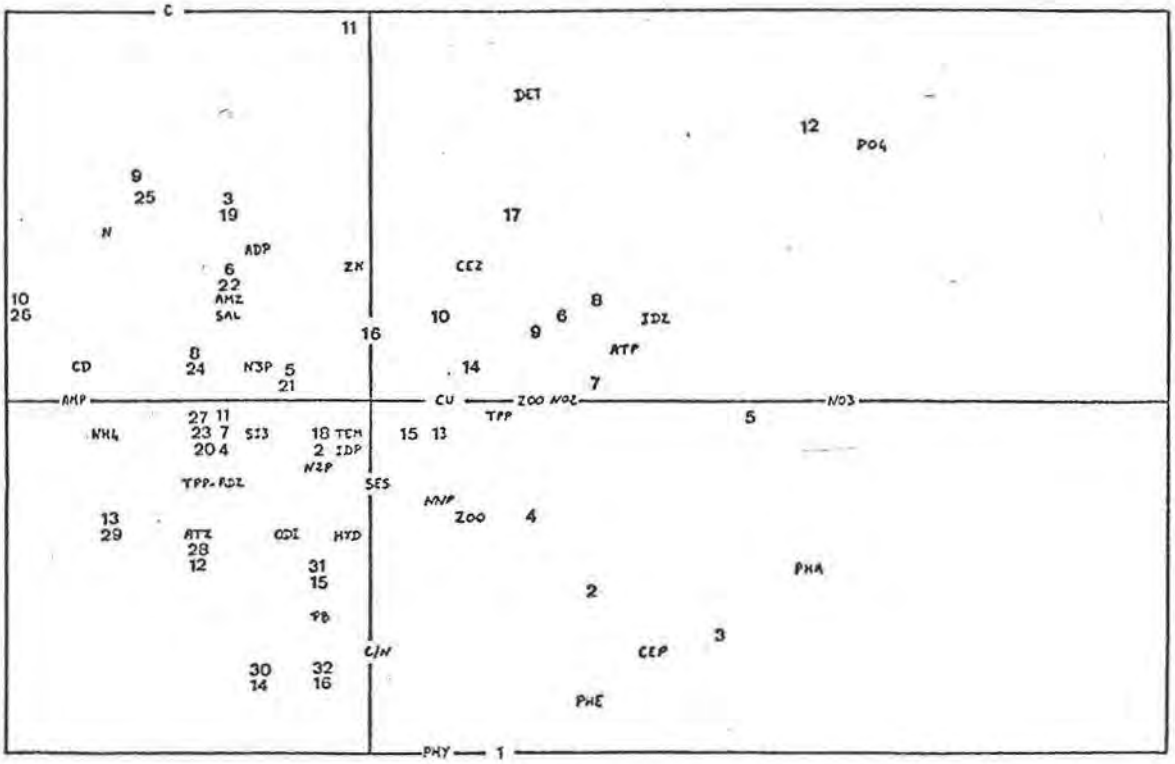


Fig. 138. Fos III. Plan factoriel 1-2; Tableau PHZ = PH∪ZO

