

Chapitre VII

Le plancton

Rapport de synthèse

présenté par

P. POLK

Les rapports de synthèse présentés aux journées d'étude de novembre 1972, C.I.P.S., ont été discutés au *Laboratorium voor Ekologie en Systematiek* (V.U.B.) avec J. Steyaert et Ch. Van Beveren de l'unité d'Océanologie, Collectif de Bio-Ecologie (U.L.B. - prof. J. Bouillon) et du *Laboratorium voor Phyto-hydrobiologie* avec Vandendries et L. Huys (K.U.L. - prof. Louis) pour le phytoplancton.

Le rapport de synthèse *Zooplancton* a été réalisé avec l'aide de G. Hoevenaghel du laboratoire d'Océanologie (U.L.B.) et de J.H. Hecq et D. Heyden du laboratoire de Biologie marine (U.Lg. - prof. Godeaux).

Pour le rapport de synthèse, section *Bactériologie planctonique*, nous avons utilisé également les résultats de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, Ministère de la Santé publique et de la Famille (J. Barbette, J.P. Dauby, M. Duboquet).

Ces différents rapports ont, à leur tour, servi de base (ainsi que les rapports techniques) à la présente synthèse. Celle-ci a été établie par Cl. Joiris et G. Billen pour la partie *Bactériologie*, J.P. Mommaerts

pour la partie *Phytoplankton* et par Hecq, Bossicart et Polk pour la partie *Zooplankton*. Ces trois parties étant appelées dans l'avenir à former un tout cohérent, ceci ne constitue donc qu'un travail provisoire; en effet, l'état d'avancement des recherches dans les différents domaines n'est pas encore comparable. Certaines études en sont encore à un stade descriptif : il s'agit de l'identification et l'énumération des biomasses; d'autres permettent déjà de faire le lien entre différents paramètres : *uptake* des nutriments par le phytoplancton, effet antibiotique, développement des bactéries lié à la présence des matières organiques. La description n'est pas suffisante, c'est pourquoi les études dynamiques déjà en cours pour le phytoplancton (production primaire, diversité) vont être étendues au zooplankton et aux bactéries par des mesures d'activités métaboliques. Celles-ci permettront de comprendre et d'apprécier le recyclage des éléments accumulés dans la biomasse.

L'orientation de notre travail tend donc à dépasser la vision purement statique de la situation du compartiment *Plancton* afin d'aboutir à la compréhension de l'évolution des phénomènes dans le temps avec leurs interactions dominantes.

A.- BACTERIOLOGIE

1.- Introduction

Cette synthèse utilise principalement les résultats obtenus en 1972 par l'équipe de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, Bruxelles (J. Barbette et collaborateurs) et par le *Laboratorium voor Ekologie en Systematiek, Vrije Universiteit Brussel* (C. Joiris).

Les paramètres mesurés par le premier groupe sont les nombres de bactéries hétérotrophes aérobies marines et estuariennes (les *germes totaux*), de bactéries coliformes (*Escherichia coli*), de streptocoques fécaux et de staphylocoques pathogènes. Les résultats du second concernent les bactéries hétérotrophes et l'effet antibiotique du bassin de Chasse d'Ostende, ainsi que l'effet antibiotique en mer du Nord (en septembre 1972).

Se limitant à ces deux biotopes, la discussion n'abordera pas les données recueillies dans l'estuaire de l'Escaut.

2.- Résultats

2.1.- Bactéries hétérotrophes

2.1.1.- Bassin de Chasse d'Ostende

Les comptages hebdomadaires de bactéries hétérotrophes aérobies réalisés, en 1971, pendant la fermeture des écluses qui relient le bassin de Chasse au port d'Ostende, avaient permis de distinguer une succession de populations bactériennes. De plus, la conclusion était que le nombre total de bactéries hétérotrophes dépendait principalement des matières organiques : celles qui proviennent du port, dans une première période, puis celles qui apparaissent dans le bassin lui-même (cadavres de phyto-plancton, par exemple), dans une deuxième période [Jo Podamo (1972)].

Cette hypothèse, qui fait dépendre le nombre total de bactéries hétérotrophes de la matière organique disponible, est d'ailleurs souvent admise [par exemple, Kriss (1972)].

Le même type de travail a été réalisé en 1972, mais les écluses n'étant pas restées fermées pendant des périodes suffisantes, les résultats

obtenus ne permettent pas d'interprétation approfondie. Tout au plus peut-on dire qu'ils ne sont pas en contradiction avec les hypothèses précédentes : par les écluses ouvertes, il y a eu toute l'année des apports de matière organique du port d'Ostende. On pouvait dès lors prévoir qu'il n'y aurait pas de succession de populations stables différentes, ni de diminution rapide par consommation des matières organiques en début de période. Le fait qu'il en a bien été ainsi [C. Joiris (1973)] peut donc facilement s'intégrer dans le cadre des hypothèses générales.

2.1.2.- Mer du Nord

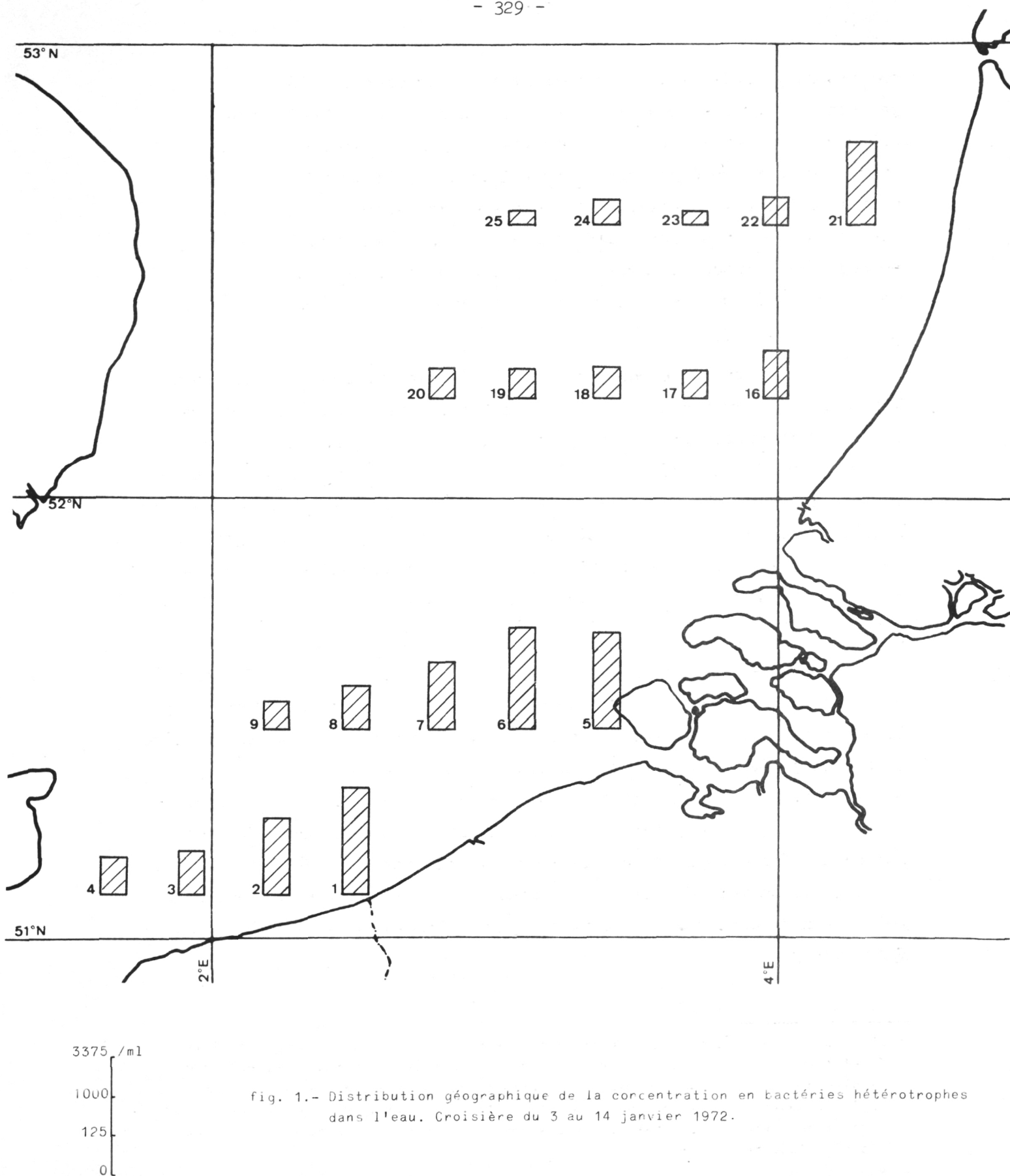
La même hypothèse peut être appliquée aux résultats obtenus en mer du Nord : la distribution des bactéries reflétant celles des matières organiques utilisables, il est normal qu'elles soient abondantes près des côtes, source de matières organiques et que leur nombre diminue vers le large (figures 1-3)¹. En effet, deux types de facteurs au moins font diminuer la concentration en matières organiques lorsqu'on s'éloigne des côtes : la dilution et, surtout, la consommation par les organismes hétérotrophes (donc par les bactéries elles-mêmes).

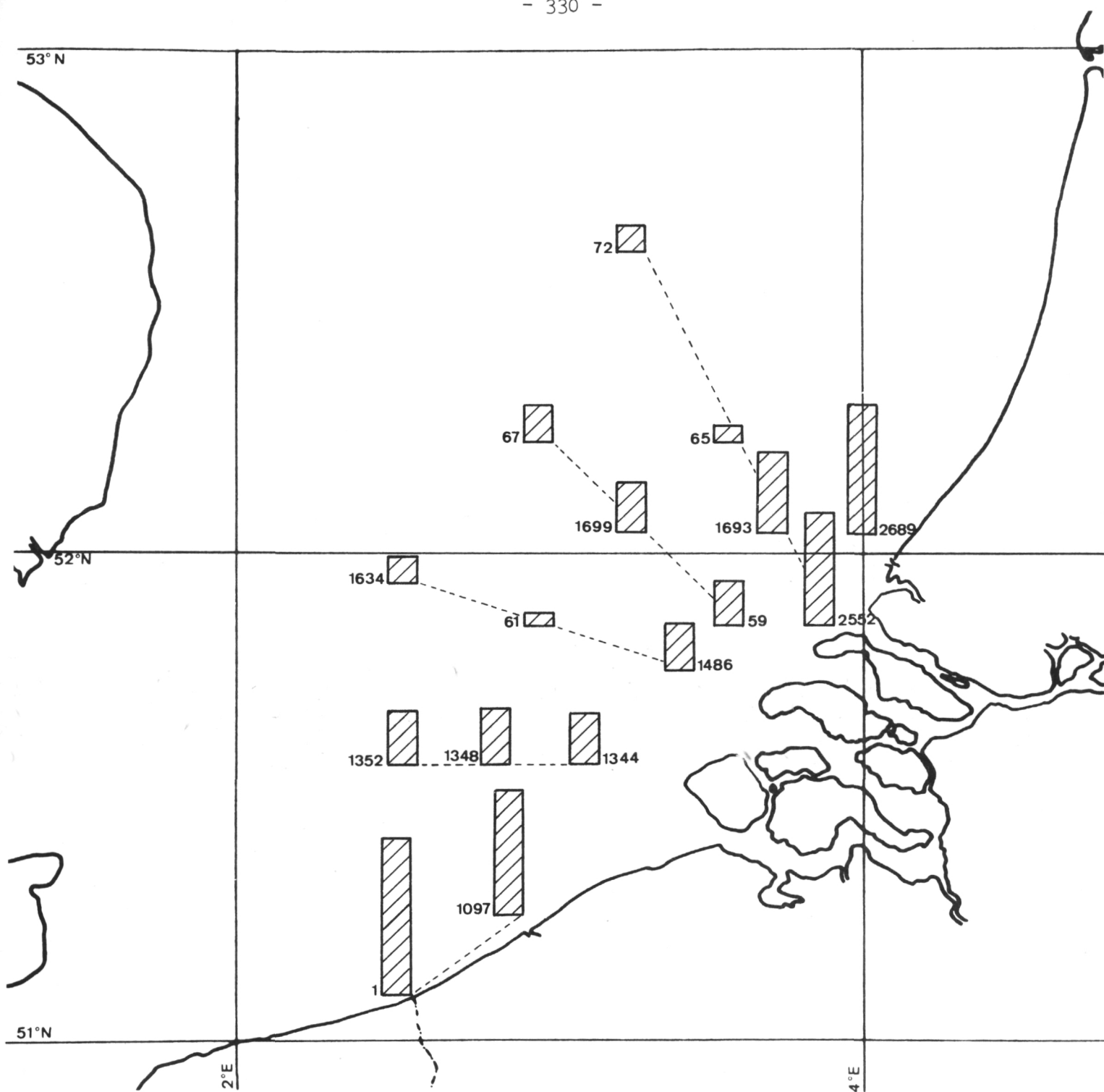
2.1.3.- Conclusion

L'ensemble des résultats de comptage des bactéries hétérotrophes, obtenues tant au bassin de Chasse qu'en mer du Nord, peuvent facilement être expliqués par la simple hypothèse que le nombre de bactéries reflète la concentration de matières organiques disponibles.

Il serait extrêmement utile de vérifier la validité de cette hypothèse de base, en mesurant la matière organique en même temps que les bactéries hétérotrophes. Une première approche sera abordée dans ce sens en 1973, la matière organique utilisable étant déterminée par mesure de BOD (demande biologique en oxygène) par le *Laboratorium voor Ekologie en Systematiek*.

1. Ces cartes ont été dressées en prenant la moyenne des valeurs obtenues à différentes profondeurs, puisque plusieurs études (paramètre chimique, phytoplancton) indiquent que la colonne d'eau est en général rendue homogène par turbulence. Afin de pouvoir porter des valeurs très différentes sur un même graphique, on a choisi de porter en abscisse la racine cubique du nombre de bactéries, sur une échelle linéaire.





3375 /ml
1000
125
0

fig. 2.- Distribution géographique de la concentration en bactéries hétérotrophes dans l'eau. Croisière du 10 au 18 avril 1972.

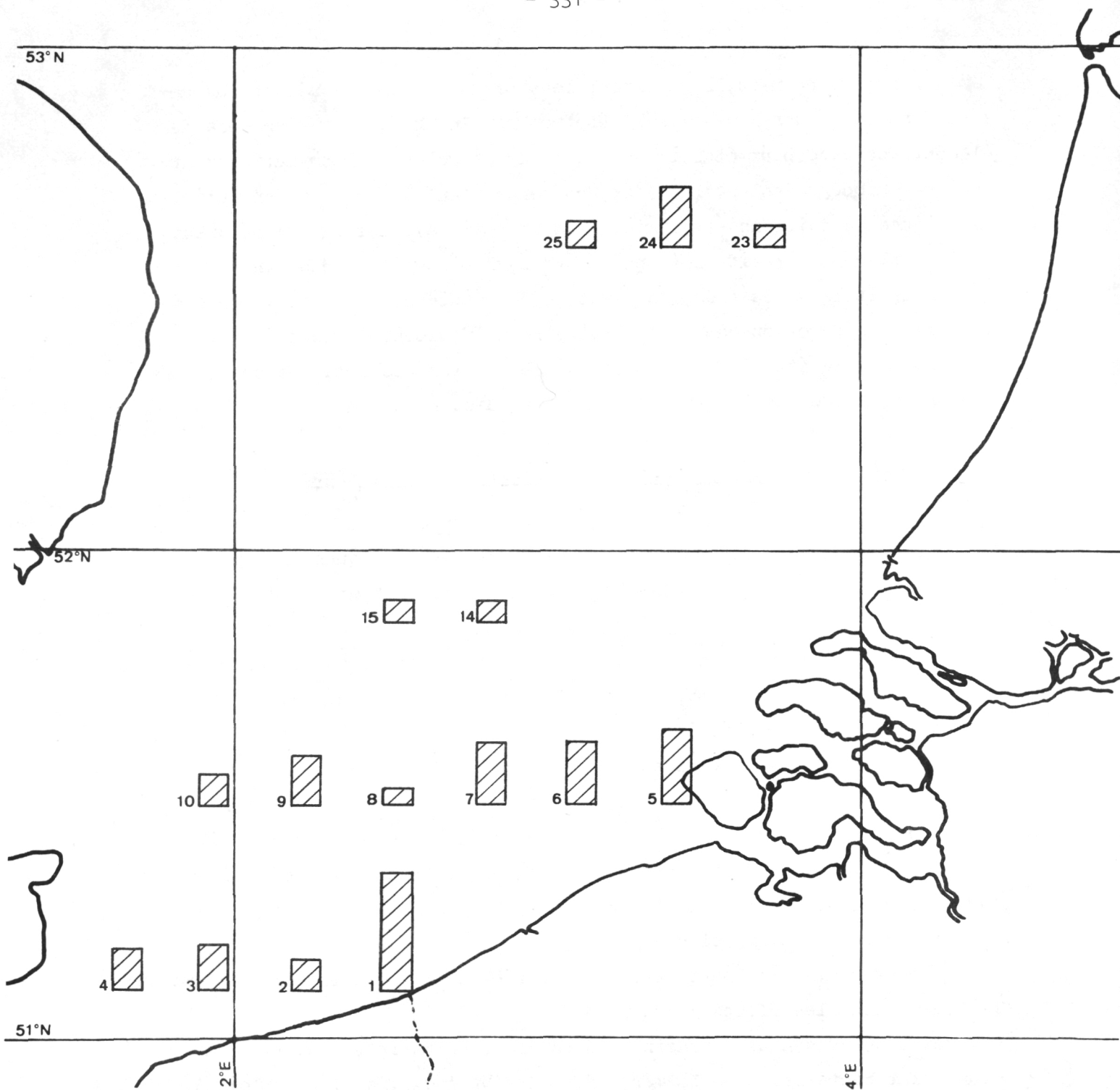


fig. 3.- Distribution géographique de la concentration en bactéries hétérotrophes dans l'eau. Croisière du 9 au 19 octobre 1972.

3375 ml
1000
125
0

Lorsque, en plus, sera entièrement mise au point la méthode de mesure d'activité des bactéries hétérotrophes, le *Projet Mer* disposera des éléments de base pour établir un modèle de la pollution par matières organiques biodégradables. En effet, en connaissant les apports en matières organiques (conditions aux limites : zone côtière), les effets de dilution et de déplacement résiduel (données hydrodynamiques), la distribution des bactéries et la vitesse de consommation des matières organiques par les organismes hétérotrophes (c'est-à-dire principalement les bactéries), il sera possible d'établir les équations d'évolution des matières organiques et des organismes hétérotrophes qui, à la fois, en dépendent.

2.2.- Bactéries de la pollution fécale et effet antibiotique

2.2.1.- Bactéries indicatrices de pollution fécale

Remarque préliminaire : la présence de staphylocoques pathogènes étant extrêmement limitée, ces résultats n'interviendront pas dans la discussion.

A partir des résultats obtenus par J. Barbette *et al.* (1972) en mer du Nord, nous avons établi, à titre d'exemple, quelques cartes de distribution de ces bactéries (valeurs moyennes par station et racine cubique du nombre de bactéries) [figures 4-6].

Ces cartes permettent de visualiser le fait que les nombres de bactéries de la pollution fécale ont tendance à être élevés près des côtes, et à diminuer lorsqu'on s'éloigne vers le large. Cette tendance est encore accentuée lorsqu'on tient compte des valeurs obtenues tout près de la côte (réseau côtier, plages).

Cette diminution peut être interprétée par l'intervention de plusieurs facteurs, dont les effets s'additionnent :

- la dilution des eaux contaminées dans des eaux marines plus propres,
- un effet bactéricide de la mer (effet *antibiotique*, voir plus loin),
- un facteur sédimentation qui peut probablement être négligé, en première approximation, à cause de la forte turbulence qui agite l'ensemble de la colonne d'eau dans le secteur étudié.

Afin de chercher à discerner le rôle joué par ces deux premiers facteurs, nous avons porté en graphique le nombre de bactéries comptées aux

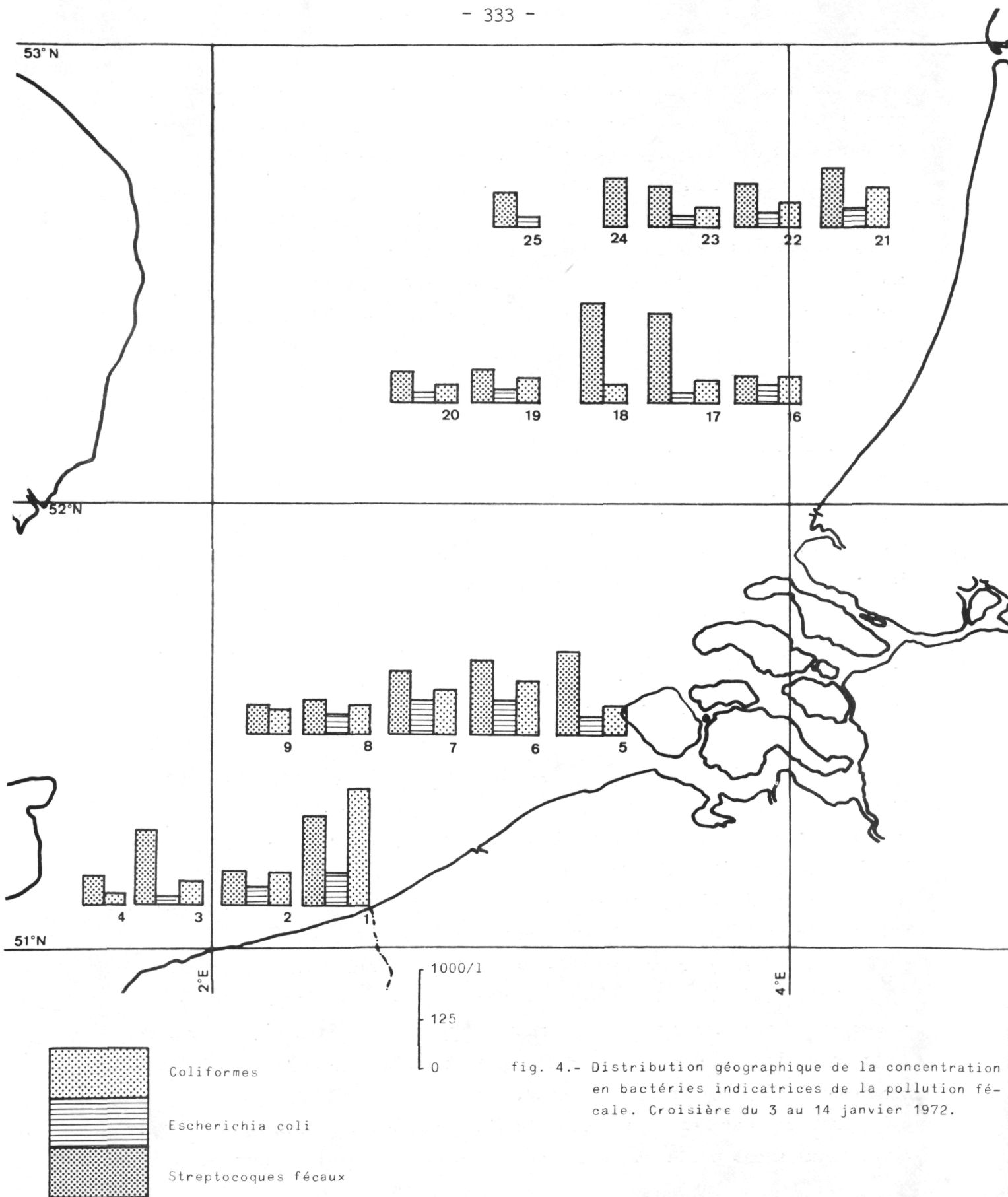


fig. 4.- Distribution géographique de la concentration en bactéries indicatrices de la pollution fécale. Croisière du 3 au 14 janvier 1972.

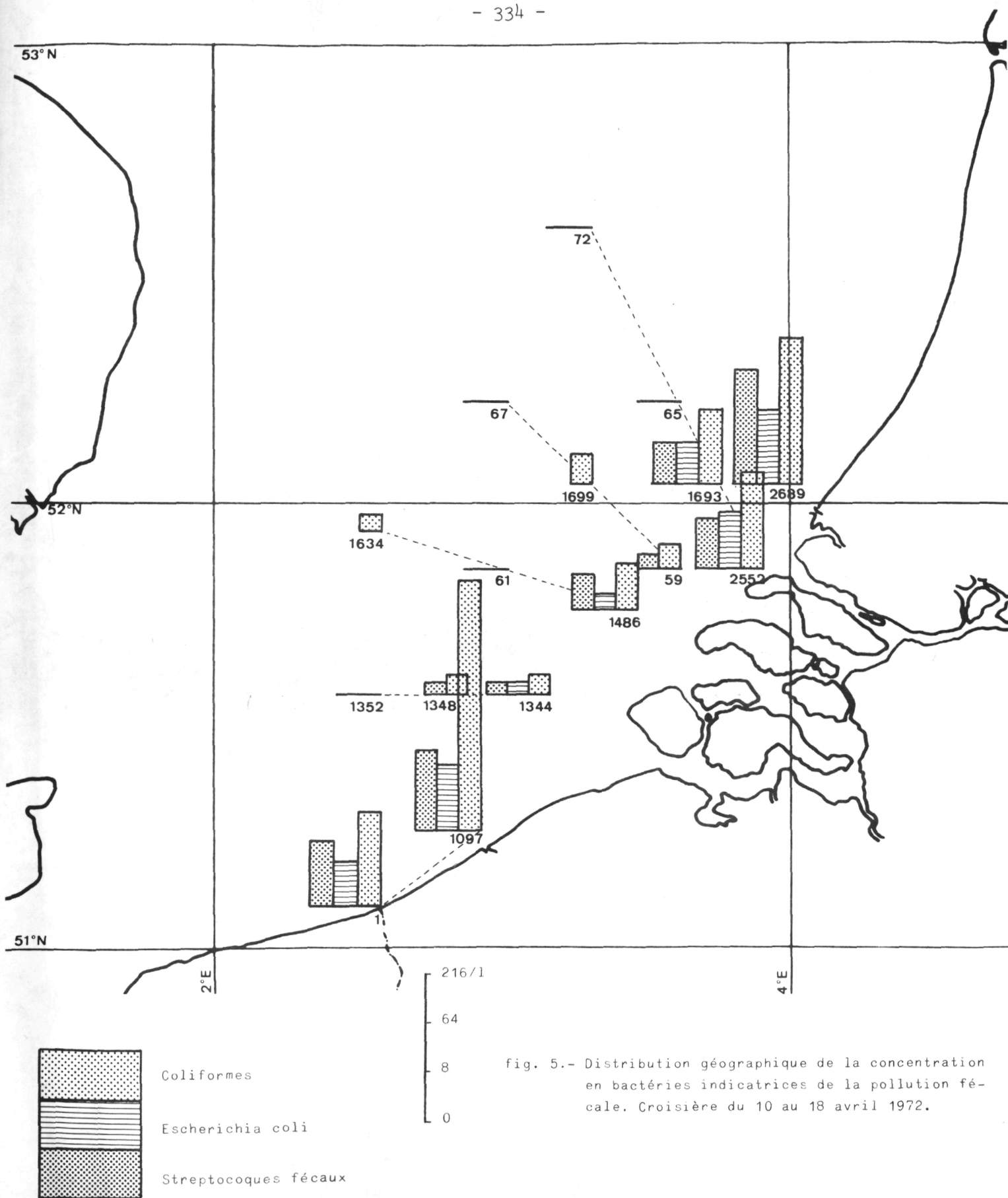


fig. 5.- Distribution géographique de la concentration en bactéries indicatrices de la pollution fécale. Croisière du 10 au 18 avril 1972.

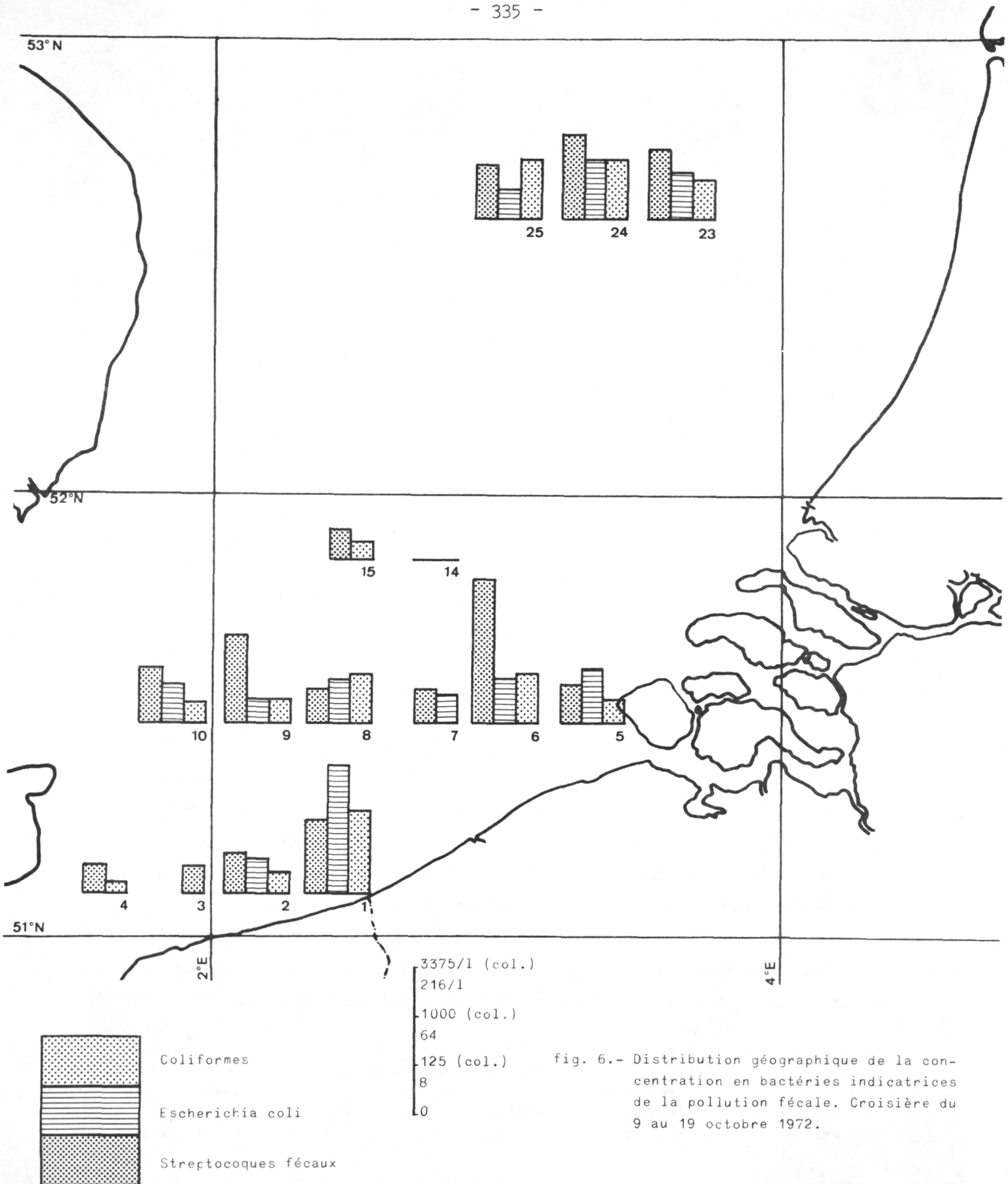


fig. 6.- Distribution géographique de la concentration en bactéries indicatrices de la pollution fécale. Croisière du 9 au 19 octobre 1972.

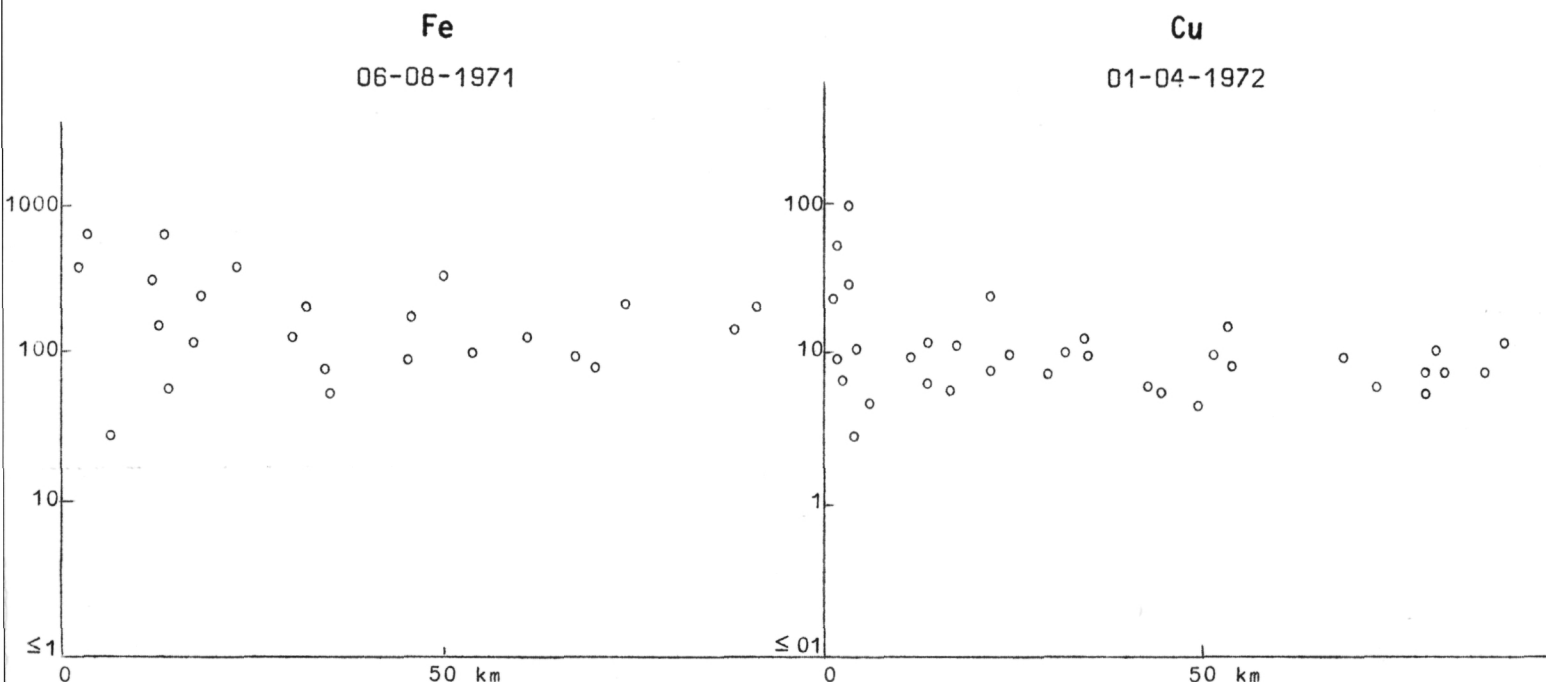


fig. 7.- Distribution du fer et du cuivre (en ppb) en fonction de la distance à la côte. Fer : données recueillies en juin et août 1971; cuivre : données de janvier et avril 1972.

diverses stations (sur une échelle logarithmique) en fonction de la distance de ces stations à la côte¹. il est possible d'établir une courbe témoin qui renseigne sur les phénomènes de dilution uniquement : il suffit de choisir un élément qui serait à la fois inerte (non métabolisé) et indicateur d'eau douce (amené par la région côtière). Parmi les données dont nous disposions, il nous a semblé que le fer et le cuivre se rapprochaient le plus de ces conditions. C'est donc en comparant avec les résultats obtenus pour ces métaux que seront discutés les résultats obtenus pour les bactéries de la pollution fécale (figures 7 et 8).

On peut constater immédiatement que les bactéries ont tendance à disparaître, lorsqu'on s'éloigne de la côte, d'une manière nettement plus marquée que le fer ou le cuivre (voir plus particulièrement les résultats

1. Ce choix de l'abscisse se justifie dans la mesure où on peut considérer l'ensemble de la côte comme source de pollution, par les égouts des différentes agglomérations. Un paramètre bien meilleur serait le "temps probable de séjour en mer", calculé à partir des données hydrodynamiques de déplacement des masses d'eau (voir discussion plus loin).

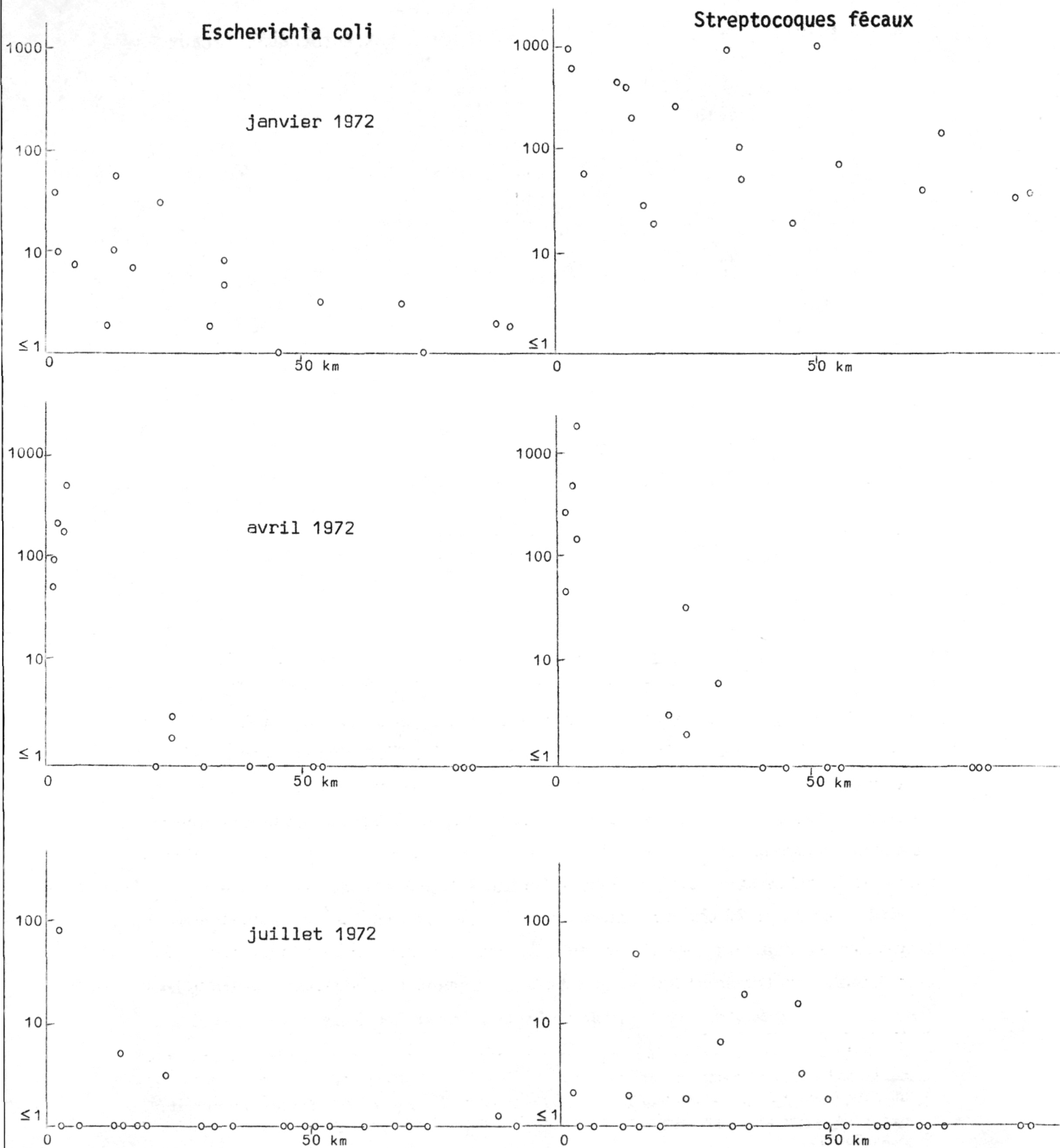


fig. 8 (1).

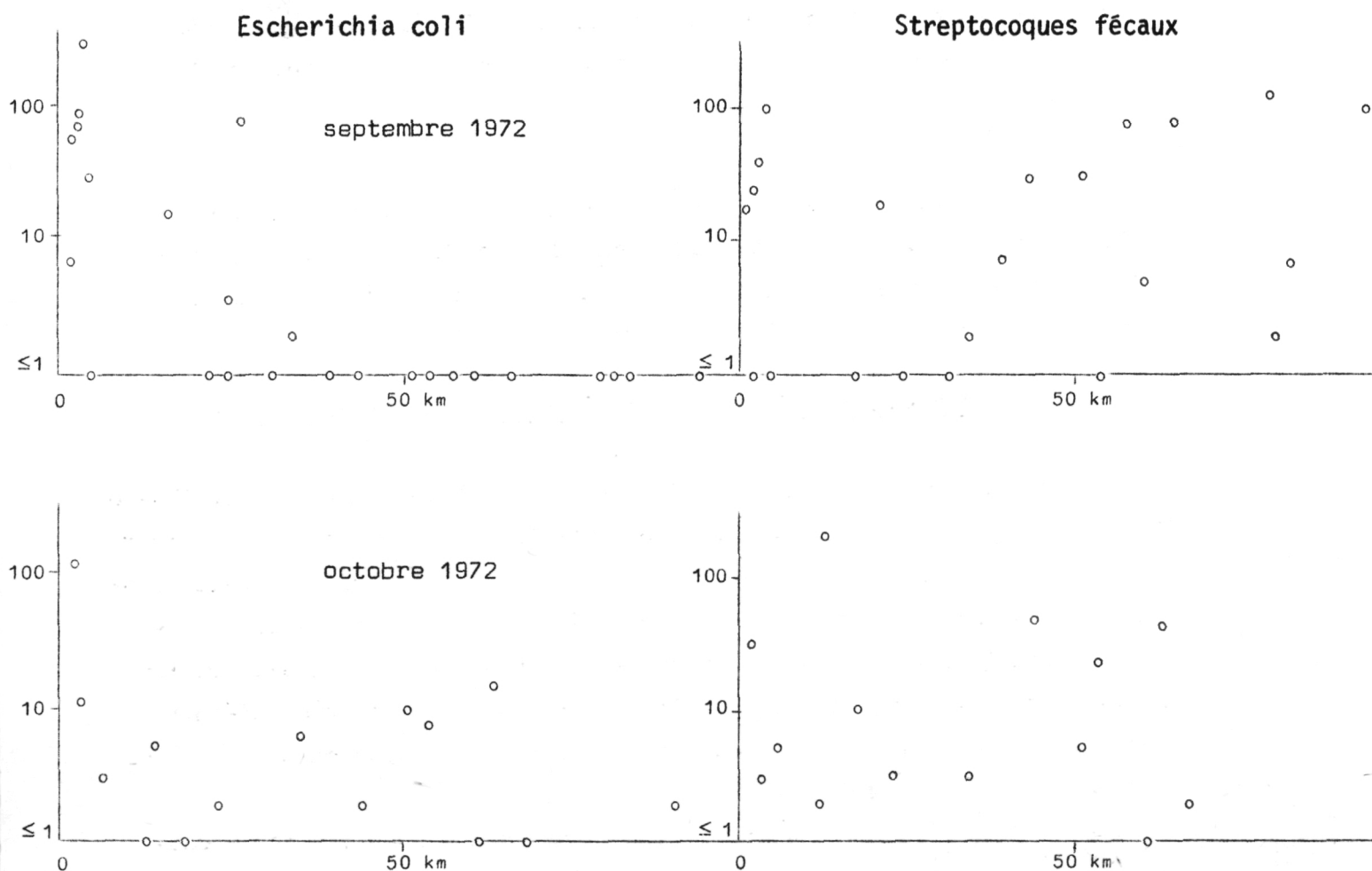


fig. 8 (2).- Distribution des *Escherichia coli* et des streptocoques fécaux en fonction de la distance à la côte. Les concentrations en bactéries sont exprimées en colonies/litre.

d'avril 1972). Cette différence correspond donc à l'existence de *phénomènes antibiotiques*.

Ces propriétés antibiotiques de la mer présentent une nette *spécificité*, les *E. coli* étant souvent beaucoup plus sensibles que les streptocoques (voir surtout septembre 1972)¹.

Enfin, une caractéristique très importante de cet effet autoépurateur est sa *variation saisonnière* d'intensité : les mois d'été (avril,

1. On retrouve ici un phénomène bien connu, à savoir que les streptocoques peuvent, d'une manière générale, mieux survivre en mer que les *Escherichia coli*.

juillet et, dans une moindre mesure, septembre 1972) reflétant une activité antibiotique beaucoup plus forte que les mois d'hiver (janvier et octobre 1972).

Conclusion

Nous interprétons les résultats fournis par l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie comme reflétant l'existence d'un effet antibiotique en mer du Nord. Cet effet présente une nette spécificité vis-à-vis des bactéries. Il subit d'importantes variations saisonnières.

2.2.2.- Etude expérimentale de l'effet antibiotique vis-à-vis d'*Escherichia coli* (voir D, p. 370)

L'effet antibiotique de l'eau de mer a été étudié, au bassin de Chasse d'Ostende, depuis juin 1972. La méthode utilisée consiste à suivre, au cours du temps, la survie d'*E. coli* dans de l'eau fraîchement prélevée. Cette procédure permet, non seulement d'obtenir des résultats comparables dans l'espace et le temps, grâce à l'utilisation de conditions expérimentales reproductibles (température, une seule culture d'*E. coli*), mais aussi d'étudier le mécanisme de l'effet antibiotique, grâce à l'utilisation de témoins traités (eau de mer stérilisée, par exemple).

Les résultats obtenus révèlent un effet antibiotique important dans toutes les eaux testées; cet effet est systématiquement perdu par stérilisation (autoclavage ou filtration).

L'ensemble de ces renseignements, ainsi que la comparaison entre variations de phytoplancton et variation de propriétés antibiotiques, permettent d'avancer l'hypothèse que la cause principale de l'effet antibiotique serait, suivant le moment de l'année, liée au phytoplancton ou aux bactéries marines.

Au cours de la croisière de septembre 1972, une première série d'expériences de survie des *E. coli*, en eau de la mer du Nord, montre qu'il y existe également un effet antibiotique; cet effet, important près de l'embouchure de l'Escaut, va en s'amenuisant lorsqu'on s'éloigne vers le large.

2.2.3.- Conclusion

Les résultats de comptages révèlent l'existence d'un net phénomène antibiotique, spécifique et toujours plus important vis-à-vis d'*E. coli*

que des streptocoques fécaux. Cet effet se retrouve effectivement dans les expériences directes de survie d'*E. coli* dans l'eau de mer. Il présente des variations géographiques et saisonnières (cet aspect sera vérifié au cours des prochaines croisières). L'existence des variations saisonnières d'effet antibiotique permet d'expliquer des résultats, à première vue difficiles à comprendre, tels que la présence plus abondante d'*E. coli* dans les eaux côtières en hiver qu'en été. Il semble, en effet, que les apports en *E. coli* (via l'égout de Blankenberge, par exemple) ne subissent pas de variation saisonnière; s'il y en avait, elle irait plutôt dans le sens d'une augmentation en été, lorsque la population augmente fortement à la côte. De sorte que, le facteur essentiel qui détermine la concentration de bactéries fécales est celui qui influence la survie de ces bactéries en eau de mer : l'effet antibiotique.

Il est possible, à partir des résultats recueillis, d'établir un modèle mathématique de l'évolution des *Escherichia coli* en mer du Nord. L'établissement d'un tel modèle ferait intervenir, outre les données de comptages des bactéries de la pollution et les mesures d'effet antibiotique, des informations d'hydrodynamique : on pourrait alors porter en graphiques les nombres de bactéries survivantes en fonction du temps probable de séjour dans la mer, grâce à la connaissance des déplacements résiduels des masses d'eau. A partir de ces graphiques, il sera possible d'établir les vitesses réelles de disparition de ces bactéries. Il sera par ailleurs possible de tester immédiatement les limites de validité du modèle en calculant l'évolution théorique des nombres d'*E. coli*, à partir des données sur les apports en ces bactéries (mesures côtières), de données de déplacement résiduel des masses d'eau et des déterminations expérimentales de l'effet antibiotique.

Le travail réalisé parallèlement au bassin de Chasse d'Ostende doit permettre d'améliorer la compréhension des phénomènes et de leur mécanisme.

3.- Références

BARBETTE (J.) et al., (1972). *Technical reports* : 1972/01, Bact. 01; 1972/03, Bact. 01; 1972, Bact. 06; 1972/Rad., Bact. 01; 1972/Rad, Bact. 04.

- C.I.P.S., (1972). *Modèle mathématique - Rapport de synthèse, I.*
- C.I.P.S., (1972). *Analyses bactériologiques.*
- ELSKENS (I.), (1971). *Technical report* : 1971/01-02, Chim. 01.
- GILLAIN, (1972). *Technical reports* : 1972/01, Chim. 05; 1972/02, Rad. Chim. 02.
- JOIRIS (C.), (1971). *Technical report* : 1971, Bact. 02; (1973) en préparation.
- KRISS (A.E.), (1972). *Microbiology*, 40, 789.
- PODAMO (J.), (1972). *Ann. Soc. Roy. Zool.*, sous presse.
- PODAMO (J.), (1972). *Dodoneae*, sous presse.

B.- LE PHYTOPLANKTON

1.- Introduction

Les organismes du phytoplancton sont principalement responsables du processus initial de production de matière organique (production primaire) dans l'écosystème marin. Ils agissent comme capteurs et concentrateurs de substances dissoutes (nutrients aussi bien que toxiques) et, de par leur position dans la chaîne alimentaire, contribuent au transfert de ces substances dans les organismes qui peuplent l'écosystème.

D'autre part, l'abondance et la nature des espèces qui forment le phytoplancton conditionnent l'abondance et la nature des organismes plus évolués qui s'en nourrissent. Comme le phytoplancton est très sensible aux variations des conditions de l'environnement, sa composition se modifie, en raison de ces variations et ces modifications sont répercutées et éventuellement amplifiées dans tout l'écosystème.

Dans l'étude globale d'un écosystème, il est donc important de suivre l'évolution de ce phytoplancton. Cette approche a été principalement faite de deux manières : mesure de la production primaire et mesure de la biomasse.

2.- Méthodes

2.1.- Mesure *in situ* de l'activité du phytoplancton (production primaire intégrée).

La technique de traçage au ^{14}C a été utilisée pour mesurer l'intensité globale de la photosynthèse, c'est-à-dire de la production de matière organique en tous les points du réseau expérimental. Des fractionnements de tailles ont été faits pour déterminer l'importance relative du nanoplancton dans la production primaire.

2.2.- Mesures de la biomasse du phytoplancton

Aucune technique de mesure directe n'a été utilisée pour déterminer la biomasse totale du phytoplancton. Ont été utilisés :

a) le dosage des pigments photosynthétiques

Il existe une relation certaine entre biomasse phytoplanctonique et quantité de pigments mais les fluctuations sont souvent importantes [Strickland (1960) cite :

$\text{mg carbone} = (45 \pm 15) \times \text{mg de chlorophylle,}$
pour le phytoplancton marin mélangé]. Il est en outre nécessaire d'apporter une correction au dosage des pigments en tenant compte des pigments dégradés (phaeophytines) toujours présents, et dans les cellules et dans les détritiques. La proportion relative de ces phaeophytines a été utilisée comme un index dont la signification est discutée plus loin;

b) la mesure *in vitro* de l'activité du phytoplancton (production primaire potentielle)

Cette mesure est faite en lumière saturante en utilisant la technique du ^{14}C . On sait que l'apparition d'un plateau est due à la saturation de l'appareil enzymatique travaillant dans la phase *sombre* du cycle de la photosynthèse. En d'autres mots, on mesure la quantité de ces enzymes quand on détermine la capacité photosynthétique maximale d'un échantillon [Rabinowitch (1969)]. C'est une autre mesure indirecte de la biomasse. Le rapport

$$\frac{\text{capacité photosynthétique maximale}}{\text{quantité de pigments photosynthétiques}}$$

est utilisé comme indice de l'état physiologique du phytoplancton. Ce rapport mesure en fait la productivité du phytoplancton. La précision de la technique est telle que l'écart type représente 8,4 % de la moyenne, au niveau $30 \text{ mg C/m}^3 \text{ h}$;

c) le comptage des cellules du phytoplancton

Cette méthode — bien que lente et fastidieuse — permettrait d'approcher de très près le chiffre réel de la biomasse si les volumes cellulaires étaient établis et la densité du protoplasme considérée comme voisine de l'unité. En fait, n'ont été pratiquement considérés dans ce comptage que les organismes les plus volumineux et/ou les plus résistants du phytoplancton (diatomées, péridiniens). Cependant, outre les informations qu'on peut tirer de certains rapports tels que

$$\frac{\text{diatomées mortes}}{\text{diatomées vivantes}} ,$$

le dénombrement des individus et des espèces se prête à l'étude dynamique des populations (indice de diversité);

d) autres dosages

Le dosage des hydrates de carbone, protéines et lipides des particules de taille supérieure à 1 nm a été entrepris. Le problème consiste à faire la part des phéopigments et des matières organiques provenant de particules autres que les organismes du phytoplancton. Cependant, les résultats sont corrélés de manière relativement satisfaisante ($r = 0,53$ à $r = 0,81$ selon les croisières) avec les dosages de chlorophylle dans la mesure où le phytoplancton est à l'origine d'une fraction importante de la matière organique particulaire dans l'eau.

3.- Résultats

3.1.- Production primaire *in situ*

On a utilisé le modèle de Steemann Nielsen qui a montré que l'activité *in situ* pouvait être déduite de mesures de capacité photosynthétique, d'épaisseur de couche euphotique (facteur transparence) et d'énergie radiante reçue. Ce calcul a été utilisé comme procédure de routine et sa validité testée par des incubations *in situ* réelles.

La transparence de l'eau est un facteur déterminant. Au large des côtes (plus de 50 km), la transmission mesurée au moyen d'un photomètre sensible dans la bande verte du spectre (maximum : 540 nm) est assez stable et est d'environ 80 %/m. Ceci correspond au type 3 de la classification des eaux côtières par Jerlov. Une eau de ce type est caractérisée par l'abondance des substances jaunes qui en modifient les qualités spectrales (exemple connu : Baltique).

Vers la côte, la turbidité augmente très fort (fig. 1) et très vite (transmission d'environ 20 %/m à 540 nm). En d'autres termes, la couche euphotique (jusqu'à 1 % de l'irradiance en surface) s'étend à près de 25 m au large jusqu'à 2 m seulement près de la côte. On a constaté que ceci avait pour effet de limiter la production primaire dans une mesure telle que les eaux côtières ne sont pas toujours plus productives que les eaux du large, bien que le phytoplancton y soit toujours plus abondant.

2.34 2.56

ABSORPTION COEFFICIENT

1.5

1.0

0.5

fig. 1.- Evolution du coefficient d'absorption de l'eau (540 nm)
en fonction de la distance à la côte pour les diverses
croisières.

cruise numbers

1 ■
2 ●
3 ○
5 ◇
6 ☆
7 ★
8 ☆

distance to the coast Km

L'ordre de grandeur de la production primaire ne fluctue cependant guère au cours d'une même croisière de sorte que l'on peut citer les valeurs moyennes suivantes : $100 \text{ mg C/m}^2\text{j}$ en hiver, $1.500 \text{ mg C/m}^2\text{j}$ en été, niveau moyen pour la mer du Nord : $500 \text{ mg C/m}^2\text{j}$. Nous ne disposons cependant pas encore des résultats de mesures faites au moment du développement printanier maximal.

La relation entre l'*uptake* des nutriments qu'implique cette production et les concentrations en nutriments décelées est à l'étude. On suppose que, pour une croisière donnée, le taux de disparition des nutriments le long d'un transect perpendiculaire à la côte est corrélé avec le niveau moyen de production primaire, de la même manière qu'il le serait en fonction du temps dans un écosystème fermé (par exemple, le bassin de Chasse d'Ostende).

Les profils verticaux de photosynthèse mesurés *in situ* sont interprétés en fonction de la capacité photosynthétique à chaque niveau de prélèvement, de la transparence de l'eau et de la proportion de rayonnement solaire reçue pendant le temps de l'incubation. On s'est ainsi rendu compte que, pendant un jour très ensoleillé d'été, la saturation de la photosynthèse pouvait théoriquement intervenir jusqu'à environ 10 m de profondeur en une station du large. Des phénomènes de photoinhibition en surface ont été observés pendant toute la belle saison (fig. 2).

3.2.- Biomasse du phytoplancton

3.2.1.- Distribution verticale

Il est apparu que la distribution des valeurs de pigments chlorophylliens, de nombres de cellules ou de capacité photosynthétique, varie très peu le long d'un profil vertical en une station donnée. Cette conclusion apparaît dans les divers rapports de synthèse particuliers et a été chiffrée de la manière suivante dans le rapport *production primaire* : sous la surface, la capacité photosynthétique d'un échantillon vaut en moyenne (moyenne de toutes les stations de toutes les croisières pour la profondeur considérée) 89 % de la valeur maximale dans la colonne d'eau, avec une déviation standard de 14 %. A la surface, cette moyenne tombe à 78 % avec une déviation standard de 20 % (fig. 3). On peut donc conclure à l'homogénéité de la colonne d'eau dans la région étudiée de la mer du Nord,

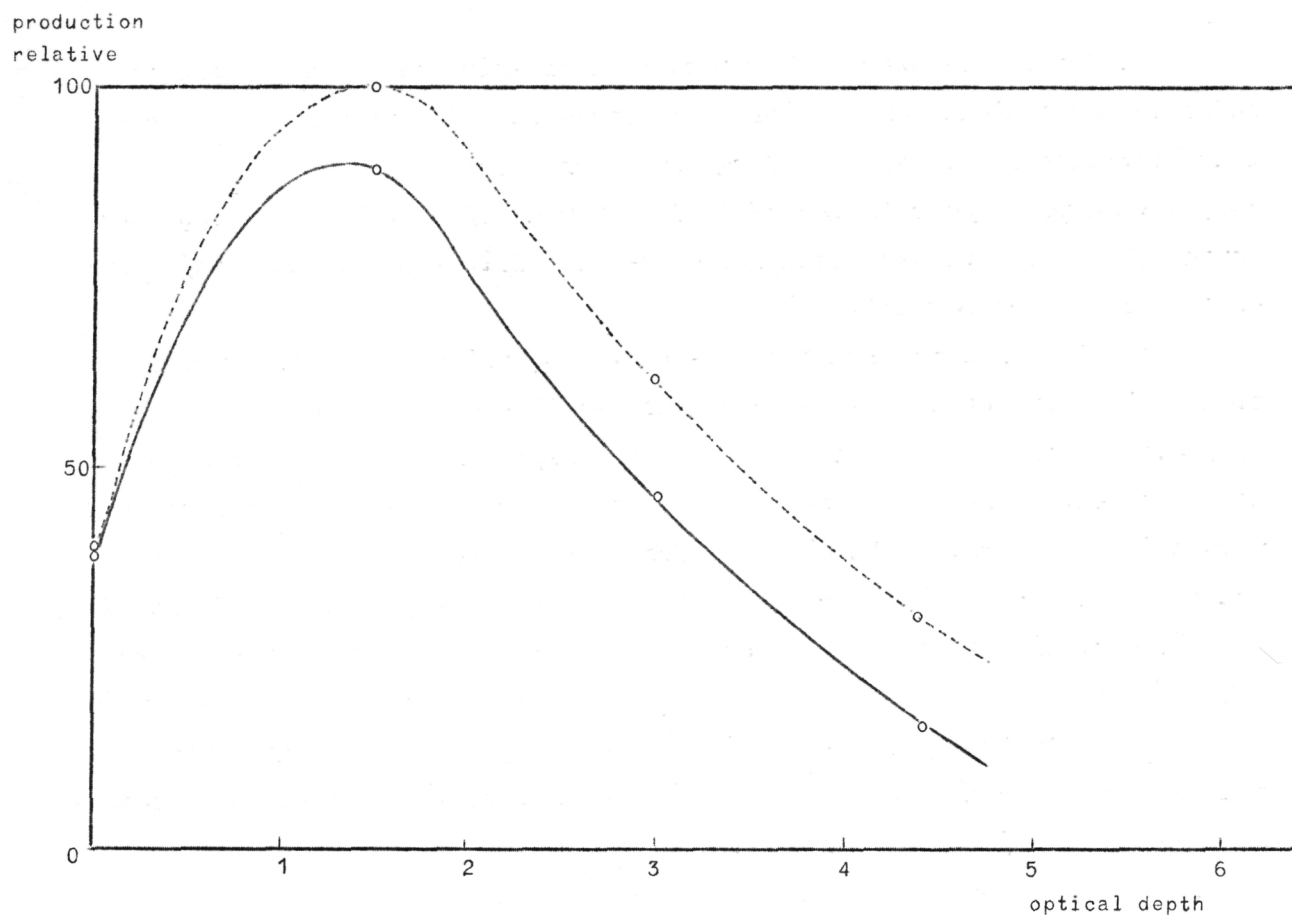


fig. 2.- Profils verticaux moyens de production primaire pour l'ensemble des résultats d'avril 1972 et juin-juillet 1972. Traits pleins : incubations in situ réelles. Traits interrompus : incubations in situ simulées dans un incubateur de pont muni d'atténuateurs de lumière.

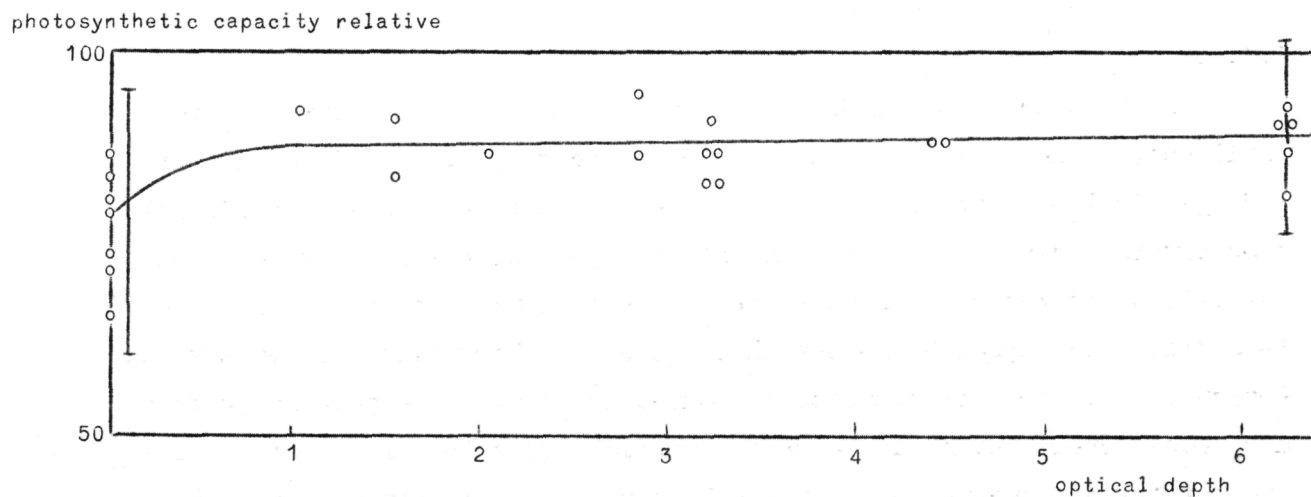


fig. 3.- Profil vertical moyen de biomasse phytoplanctonique (ici d'après la capacité photosynthétique) pour l'ensemble des résultats depuis janvier-février 1971 jusqu'à juin-juillet 1972.

si l'on excepte la surface et surtout certaines stations proches des embouchures des estuaires qui sont fortement stratifiées du point de vue du phytoplancton.

3.2.2.- Distribution horizontale

Pour chaque croisière, on a observé un gradient décroissant du phytoplancton vers le large. Les valeurs moyennes de biomasse suivantes ont été calculées pour chacune des deux régions distinguées par Elskens, en utilisant les valeurs de concentration en chlorophylle a ou de capacité photosynthétique et le coefficient de conversion de Strickland.

	Au large (mg C/m ³)	Près de la côte (mg C/m ³)
juin-juillet-août 1971	100	230
septembre 1971	80	430
janvier 1972	27	41
avril 1972	25	100
juin-juillet 1972	50	85

(fig. 4)

Des exceptions notables au schéma de décroissance ont été observées face aux estuaires lors des croisières de juin-juillet 1971. Le spectre de variation de la biomasse est beaucoup plus étendu pendant la belle saison (sauf juillet 1972) qu'en hiver.

Des valeurs de biomasse probablement plus élevées que 500 mg C/m³ doivent être trouvées lors du maximum de développement printanier.

L'observation dans le détail des populations du phytoplancton permet d'aboutir aux mêmes conclusions générales (fig. 4).

De plus, la comparaison des données des différentes campagnes conduit à l'idée d'un déplacement du maximum vers le Nord au cours de la progression saisonnière. On peut y ajouter les observations suivantes qui confirment les résultats de l'étude de l'importance relative du nanoplankton dans la production primaire (¹⁴C) : les diatomées sont dominantes dans les régions avoisinantes aux côtes. Les flagellés et les petits dinoflagellés sont dans une plus grande mesure responsables de la production primaire aux stations plus éloignées de la côte.

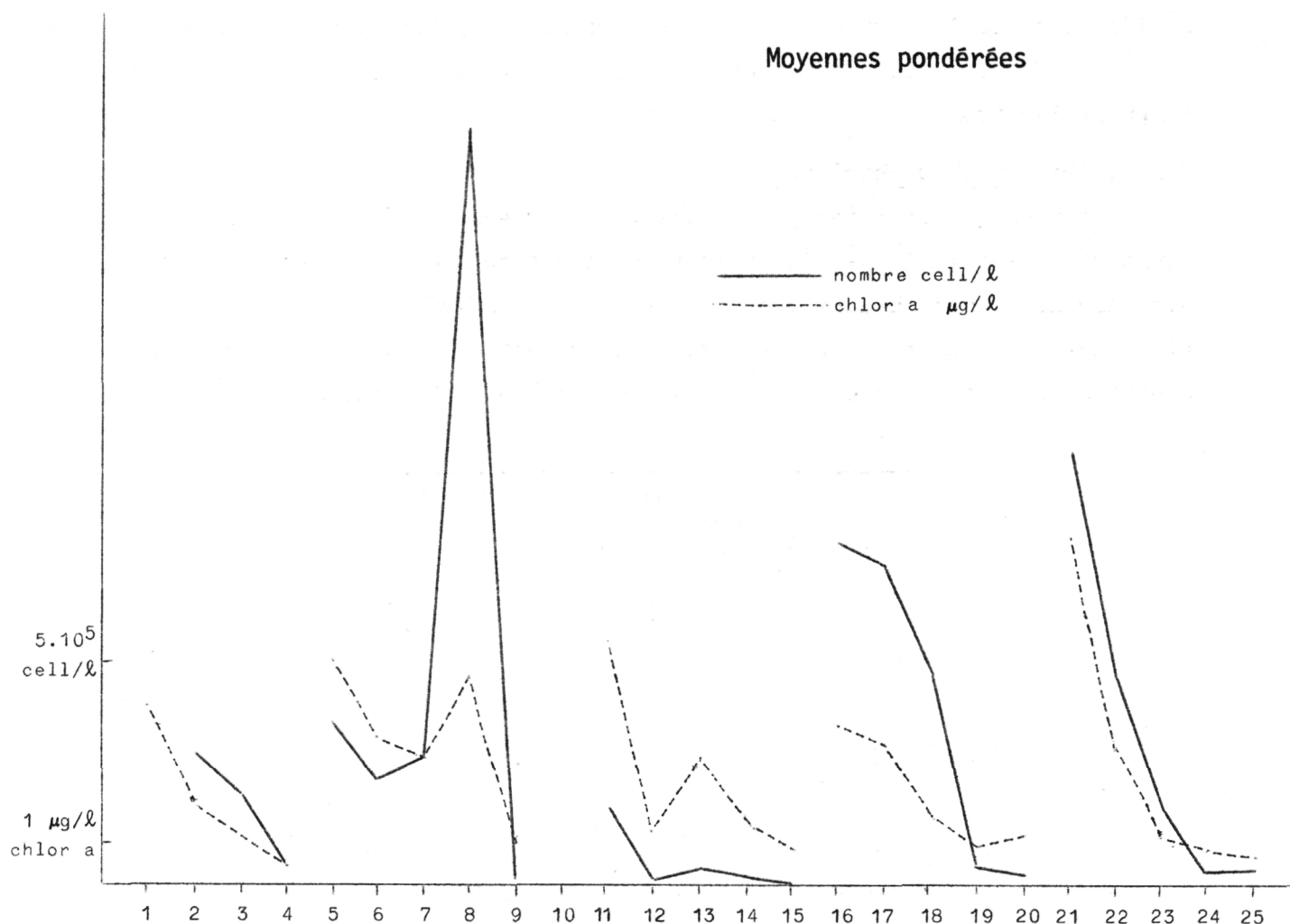


fig. 4.- Gradients côte-large de biomasse phytoplanctonique pour les croisières de juin-juillet 1971 et août 1971. En abscisse, les numéros des stations.

3.3.- Etude de quelques indices particuliers

3.3.1.- La productivité (production/biomasse)

Ce rapport, calculé à partir des valeurs de capacité photosynthétique (production potentielle) et des concentrations en chlorophylle a, exprime l'état physiologique du phytoplancton. Ce rapport est relativement constant pour une croisière donnée. Selon la saison, il est bas (3,8 en hiver) ou élevé (5,4 en été). Si l'on fait le détail de la productivité du nanoplancton et du microplancton, on observe que le nanoplancton est au moins deux fois plus productif que le microplancton. Des

valeurs de productivité s'écartant très fort de la moyenne ont été observées face à l'embouchure de l'Escaut.

3.3.2.- Le rapport diatomées mortes/diatomées vivantes

On a observé que ce rapport diminuait vers le large en février 1971 et juin-juillet 1971. Autrement dit, la proportion de phytoplancton mort est plus grande près de la côte.

3.3.3.- Le rapport phaeophytine a / chlorophylle a

Ce rapport traduit fondamentalement le même phénomène que le rapport ci-dessus et varie en principe de la même manière. On ne peut cependant l'affirmer pour la croisière de juin-juillet 1971. En janvier 1972, on observe clairement la diminution de ce rapport vers le large. En juillet 1972, cela se voit encore assez bien sur un transect (M11 - M15) au moins.

Ce rapport est généralement inférieur à 1 en été et supérieur à 1 en hiver. Il est toutefois supérieur à 1 en été en certaines stations particulières situées face aux estuaires.

Selon les auteurs de ce travail, le spectre des variations du rapport phaeophytine/chlorophylle semble apporter une information complémentaire utile mais qui, à lui seul, ne peut trouver sa pleine signification.

3.3.4.- L'indice de diversité (Shannon-Weaver)

L'indice de diversité apporte une information concernant la structure des communautés et peut être utilisé tant pour comparer différentes communautés que pour comparer la même communauté. Cet indice a été calculé à partir des résultats de comptages de diatomées. Les résultats doivent être interprétés avec prudence dans le cas de cette communauté phytoplanctonique car les diatomées sont en elles-mêmes spécialisées aux conditions environnantes.

On a vu que, en général, l'indice est plus élevé au large que près de la côte. Cependant, au voisinage des estuaires (M06 et M12 en juin-juillet 1971), l'indice peut être plus élevé.

4.- Conclusion générale concernant le phytoplancton

Les travaux effectués par les divers laboratoires travaillant au programme mer du Nord ont permis d'établir un schéma d'ensemble valable

pour le sud de la mer du Nord.

On a mis en évidence l'homogénéité de la colonne d'eau et l'existence d'un gradient décroissant côte-large de la quantité de phytoplancton en toutes saisons.

L'évolution au cours du temps de la biomasse phytoplanctonique a été établie et, bien qu'il subsiste un hiatus important au printemps, on peut dire que les quantités varient selon la saison de 40 à 500 mg C/m³ près de la côte et de 25 à 100 mg C/m³ au large.

Des points du réseau font plus fréquemment exception à ces critères et sont situés dans la zone faisant face aux embouchures des estuaires de l'Escaut et du Rhin. La production primaire ne suit pas sensiblement le gradient côte-large de la biomasse car la grande turbidité au voisinage de la côte fait que la couche où la photosynthèse peut se faire est mince (2 mètres). Au large, cette couche euphotique s'étend jusqu'à 25 m et les valeurs de la production primaire s'apparentent aux valeurs côtières.

La production primaire varie entre 100 et 1.500 mg C/m²j au cours de l'année. On n'a pas de chiffres pour la période de printemps.

Le passage à l'étude des coefficients d'interaction se fait actuellement; les rapports trouvés entre diverses grandeurs explicitent non seulement les zones *anormales* (près des estuaires, notamment) mais conduisent à des interprétations plus poussées concernant la relation entre l'état physiologique du phytoplancton et certains facteurs de l'environnement, le *grazing* du zooplancton sur le phytoplancton, les relations entre production, *uptake* des nutriments et concentrations en nutriments, la dynamique des populations en fonction des facteurs de l'environnement (analyse factorielle, indice de diversité).

Enfin, les différences décelées au voisinage des estuaires pour plusieurs caractères du phytoplancton peuvent prêter à plusieurs types d'interprétations qui peuvent se regrouper en deux catégories au moins :

- 1) l'introduction des eaux d'un estuaire (possédant son phytoplancton typique, ses caractéristiques physiques et chimiques particulières, charriant toutes les substances — dissoutes ou non — arrachées au continent) produit *naturellement* un déséquilibre localisé au point de contact avec l'écosystème marin;

2) l'estuaire apporte les produits polluants de l'activité humaine et cela se ressent particulièrement au point de contact avec l'écosystème marin.

Au seul vu des résultats du phytoplancton, on ne peut à présent choisir une hypothèse plutôt qu'une autre.

Références

- C.I.P.S., (1972). *Modèle mathématique - Rapport de synthèse, I.*
- ELSKENS (I.), (1972). *Atlas chimique de la mer du Nord, C.I.P.S.*
- HOUVENHAGHEL (G.), STEYAERT (J.) et VAN BEVEREN (Ch.), (1972). *First trophic level. Analyses of photosynthetic pigments and phytoplankton.*
- HUYS, MOMMAERTS (J.P.), STEYAERT (J.), VAN BEVEREN (Ch.) et VANDENDRIES, (1972). *Rapport de synthèse.*
- MOMMAERTS (J.P.), (1972). *Production primaire en mer du Nord.*
- MOMMAERTS (J.P.), (1972). *The relative importance of nanoplankton in the North Sea primary production.*
- STEYAERT (J.) et VAN BEVEREN (Ch.), (1972). *Premier niveau trophique : Détermination quantitative et qualitative du phytoplancton, Campagnes I et II.*
- STEYAERT (J.) et VAN BEVEREN (Ch.), (1972). *Premier niveau trophique : analyses de pigments photosynthétiques et de phytoplancton.*
- Technical reports* : 1971/0, Biol. 02; 1971/0, Biol. 05; 1972/01, Biol. 02; 1972/03, Biol. 04; 1971/0, Biol. 01; 1971/01, Biol. 01; 1971/03, Biol. 01; 1972/01, Biol. 01; 1972/02, Biol. 01; 1972/03, Biol. 01; 1972/02-03, Biol. 02; 1971/0, Biol. 03; 1971/01, Biol. 03.
- Unité d'Océanologie U.L.B., (1972). *Premier niveau trophique : analyses des matières organiques particulières.*
- VAN BEVEREN (Ch.), (1972). *Analyse de la distribution de la chlorophylle et des phéopigments, Campagnes de juillet-août-septembre 1971.*

C.- LE ZOOPLANCTON

1.- Introduction

La discontinuité de l'échantillonnage dans le temps rend difficile de tirer des conclusions cohérentes reliant les différentes croisières entre elles. L'évolution hydrologique et biologique du plancton (émissions larvaires, cycles vitaux, vie planctonique temporaire du méroplancton, etc.) nous oblige à des interprétations statiques par croisière.

2.- Résultats par croisière

Croisière 01 - juin-juillet 1971

a) Aspect quantitatif

La densité maximum du zooplancton est située sur une bande légèrement décalée de la côte (MO2, MO6, M11).

La densité plus faible des stations (MO1, MO5 et M12) pourrait s'expliquer par une action inhibitrice de l'eau de mer polluée. La densité aux stations à l'ouest de la ligne MO2, MO6, M11 diminue progressivement vers le large. Les poids secs sont maximaux près de la côte et décroissent vers le large.

b) Aspect qualitatif

1) Copépodes

Cinq espèces de copépodes se retrouvent de manière ubiquiste dans l'ensemble du réseau (*Acartia clausi*, *Centropages hamatus*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus gracilis*, *Temora longicornis*).

2) Non-copépodes (fig. 1 et 2)

Différentes zones sont mises en évidence en fonction des communautés de non-copépodes :

- une zone côtière caractérisée par de fortes dominances du méroplancton, des annélides et de faibles dominances de *Oikopleura dioica*,
- une zone au large à fortes dominances de *Oikopleura dioica* et faibles dominances du méroplancton. Les cladocères sont fort dominants dans cette zone également,

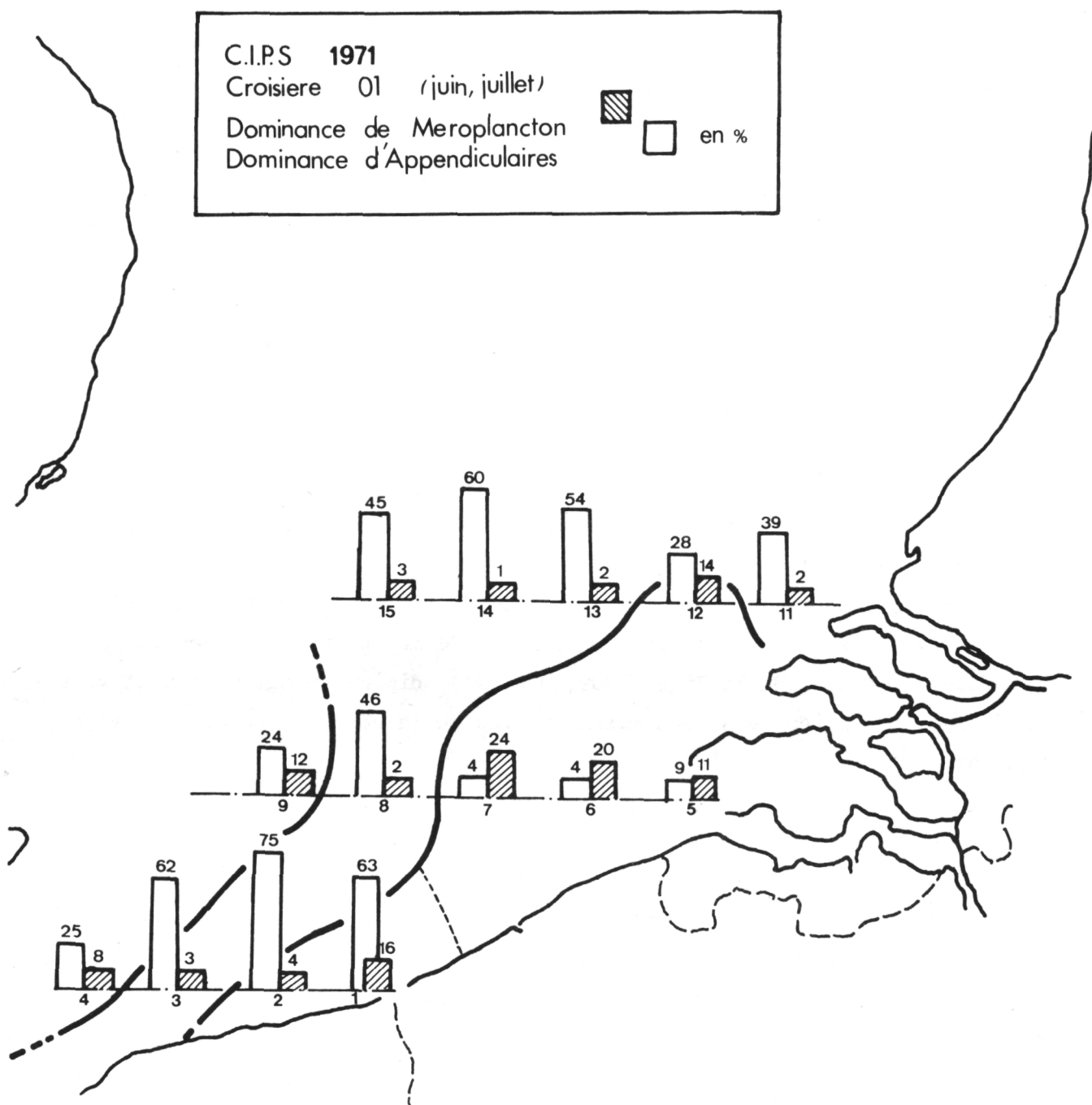




fig. 1.

C.I.P.S. 1971
Croisière 01 juin juillet

Dominance de Cirripedes en % 
Dominance d'Annelides en % 

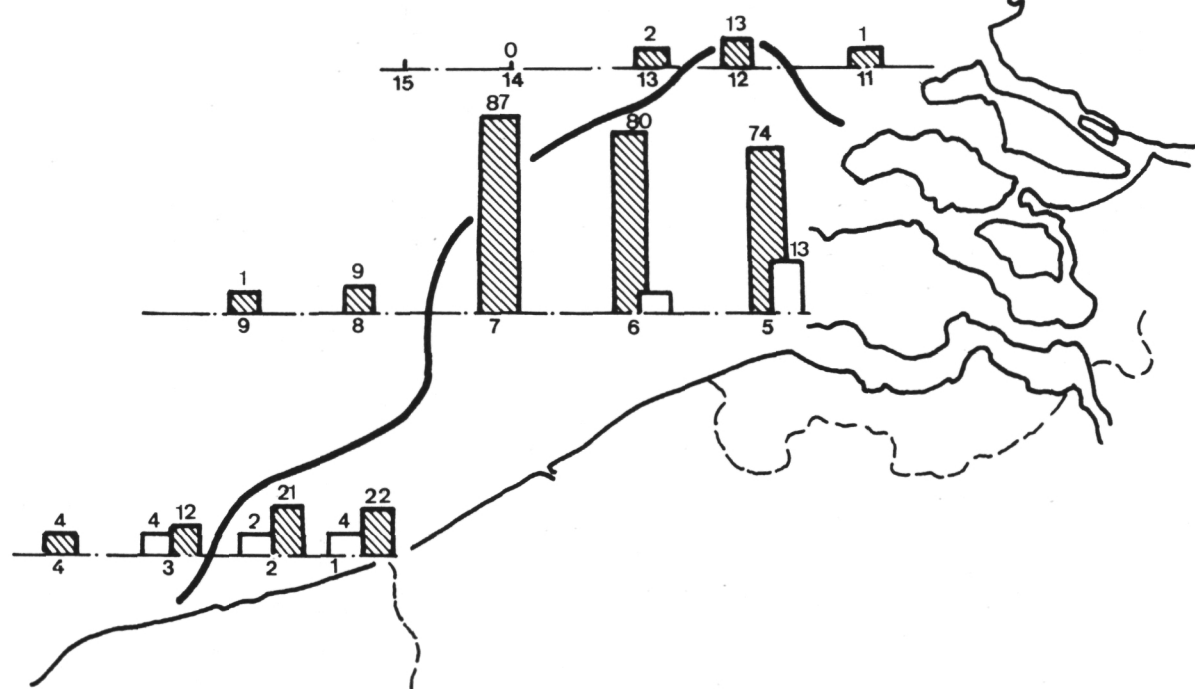


fig. 2.

- les stations M04 et M09 très au large doivent être regroupées par leur caractère identique; la station M15 présente une situation intermédiaire entre ces stations et la zone précédente.

Conclusion

Les masses d'eau caractérisées par le zooplancton sont disposées de façon parallèle à la côte sauf au niveau du delta où elles sont repoussées par l'estuaire.

Croisière 02 - août-septembre 1971

a) Aspect quantitatif

La densité moyenne du zooplancton est moins élevée que dans la croisière précédente (exception faite pour les stations M21 et M22 où nous observons un *bloom* de Rotifères).

b) Aspect qualitatif

1) Copépodes

On retrouve la même association spécifique qu'en juin-juillet 1971.

2) Non-copépodes (fig. 3)

- Une zone au large (stations M20 , M23 , M24 , M25) homogène se marque par son indépendance des côtes (dominances du méroplancton et des onidaires faibles et dominance de *Oikopleura* élevée).
- La zone côtière (le reste des stations) moins homogène est sous l'influence du delta.

Croisière 03 - août-septembre 1971

a) Aspect quantitatif

Parallèlement à la côte, une zone de densité très faible (influence néfaste de la côte) suivie par une zone de biomasse plus élevée diminuant vers un niveau normal plus au large.

b) Aspect qualitatif

1) Copépodes

De l'association spécifique précédente, *Pseudocalanus* a pratiquement

C.I.P.S. 1971

Croisiere 02 août

Dominance de Meroplancton

Dominance d'Oikopleura d. en %

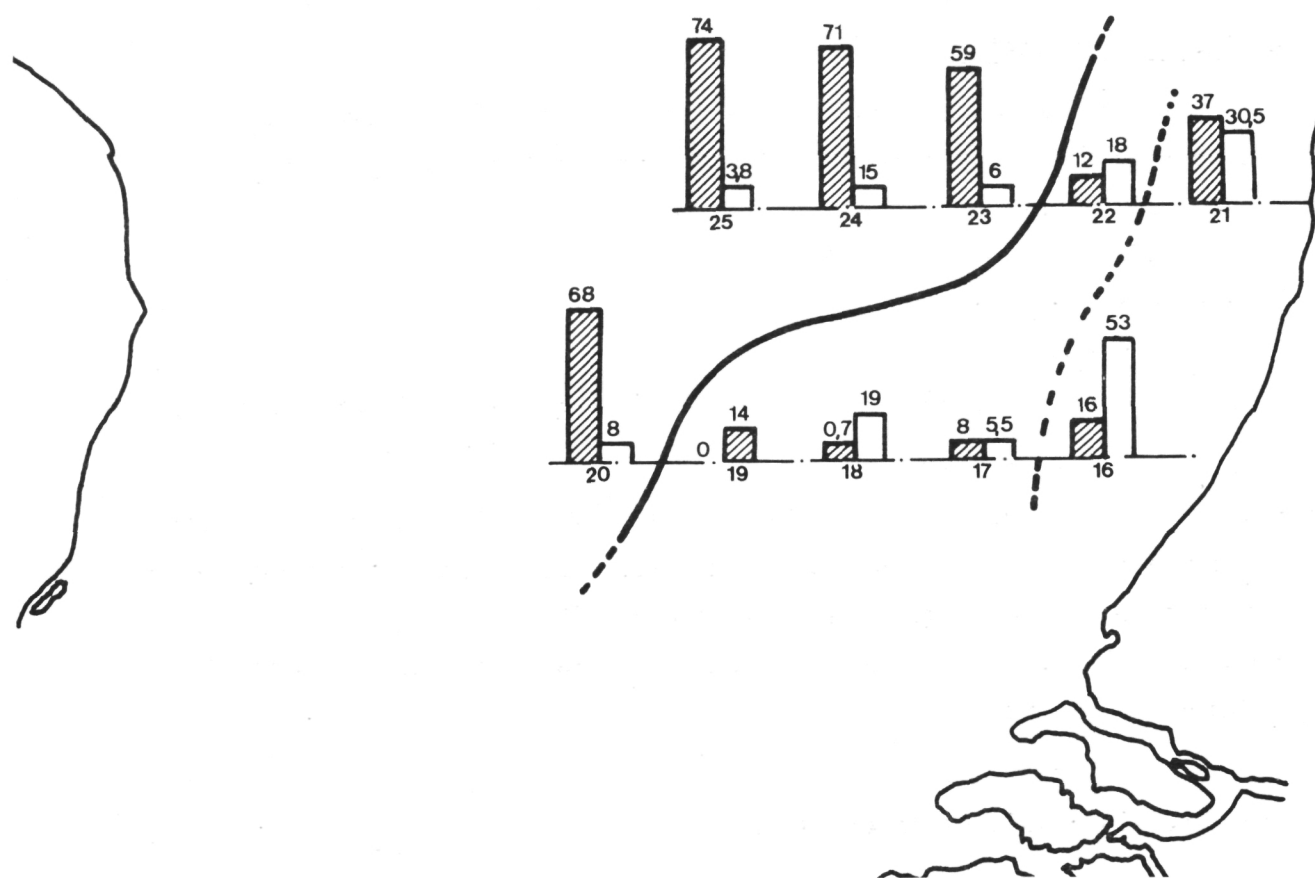


fig. 3.

disparu et est remplacé par *Caligus* sp. et *Euterpina acutifrons*.

2) Non-copépodes (fig. 4 et 5)

- Une zone côtière parallèle à la côte et prenant naissance au sud du delta groupe des dominances faibles de *Oikopleura dioica* et des dominances élevées du méroplancton.
- Une zone néritique mais peu influencée par la côte où on distingue divers secteurs. D'autre part, deux secteurs disposés à la limite occidentale du réseau (stations M53 et M58 et stations M62 et M72) présentent des caractéristiques d'eau de mer normale. D'autre part, un groupe de stations intermédiaires où le zooplancton témoigne d'un mélange des eaux côtières et des eaux du large. Il faut remarquer que l'influence du delta se fait peu sentir vers le large à cette époque.

Croisière 01 - janvier 1972

a) Aspect quantitatif (fig. 6)

Les valeurs de densité faibles et très semblables observées sur tout le réseau permettent de conclure l'existence d'une grande homogénéité de la masse d'eau au point de vue zooplanctonique.

b) Aspect qualitatif

On observe une association spécifique de copépodes identique à celle de septembre 1971 (croisière 03, 1971) (*Acartia clausi*, *Centropages amatus*, *Paracalanus parvus*, *Temora longicornis*, *Euterpina acutifrons*, *Caligus* sp.). La distribution de cette association est très homogène.

Croisière 02 - avril 1972

a) Aspect quantitatif (fig. 7)

Des densités faibles s'observent près des côtes surtout à l'embouchure du Rhin. Au large, les densités deviennent plus élevées mais ne diminuent plus au large.

Bien que l'échantillonnage soit limité, on peut cependant conclure, sur la base des valeurs de densité du zooplancton, à l'existence d'une zone

C.I.P.S. 1971

Croisiere 03 aout sept

Dominance Meroplancton en %

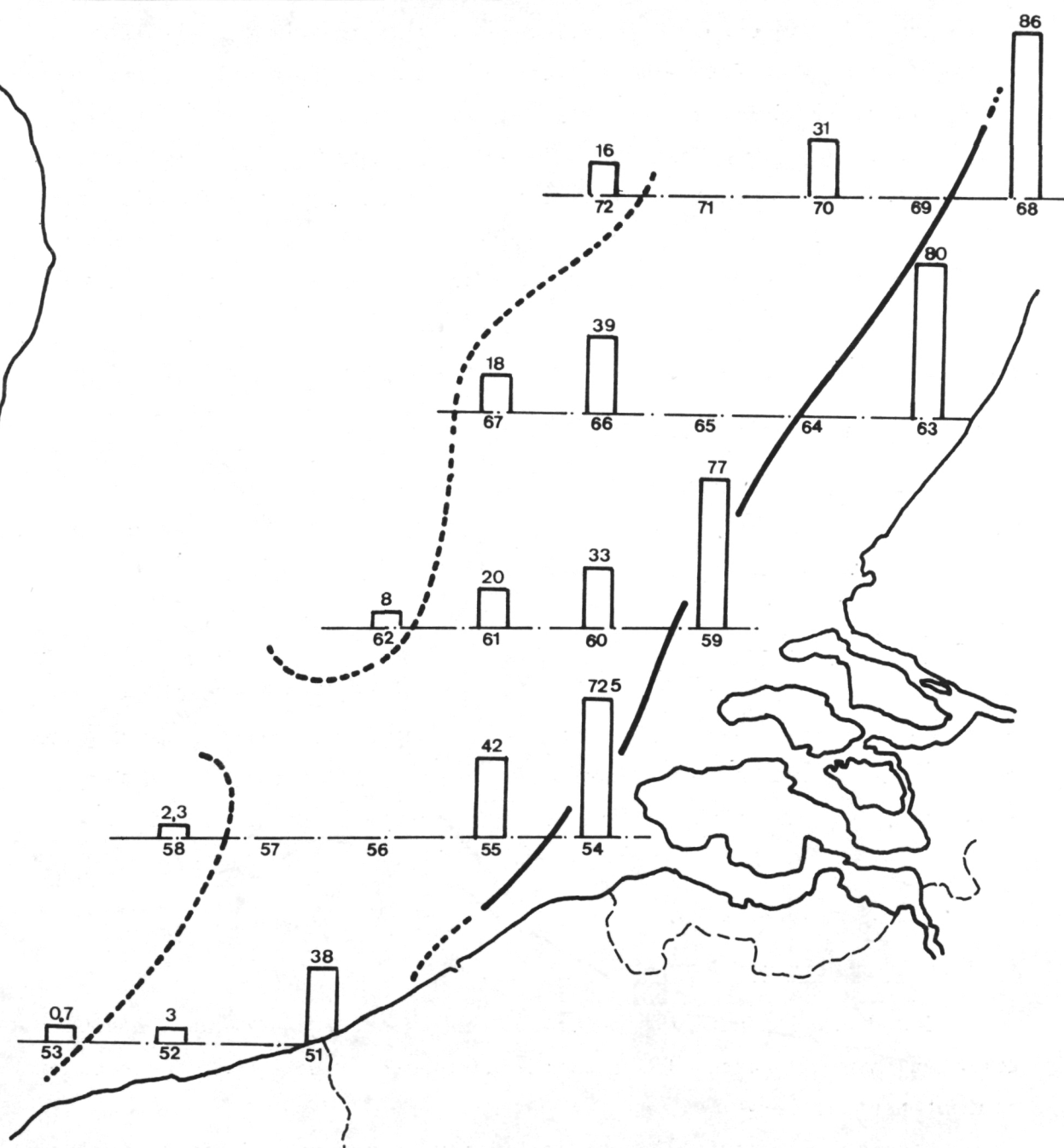


fig. 4.

C.I. P. S. 1971

Croisiere 03 sept

Dominance d'Annelides

Dominance d'Oikopleura d.



en %

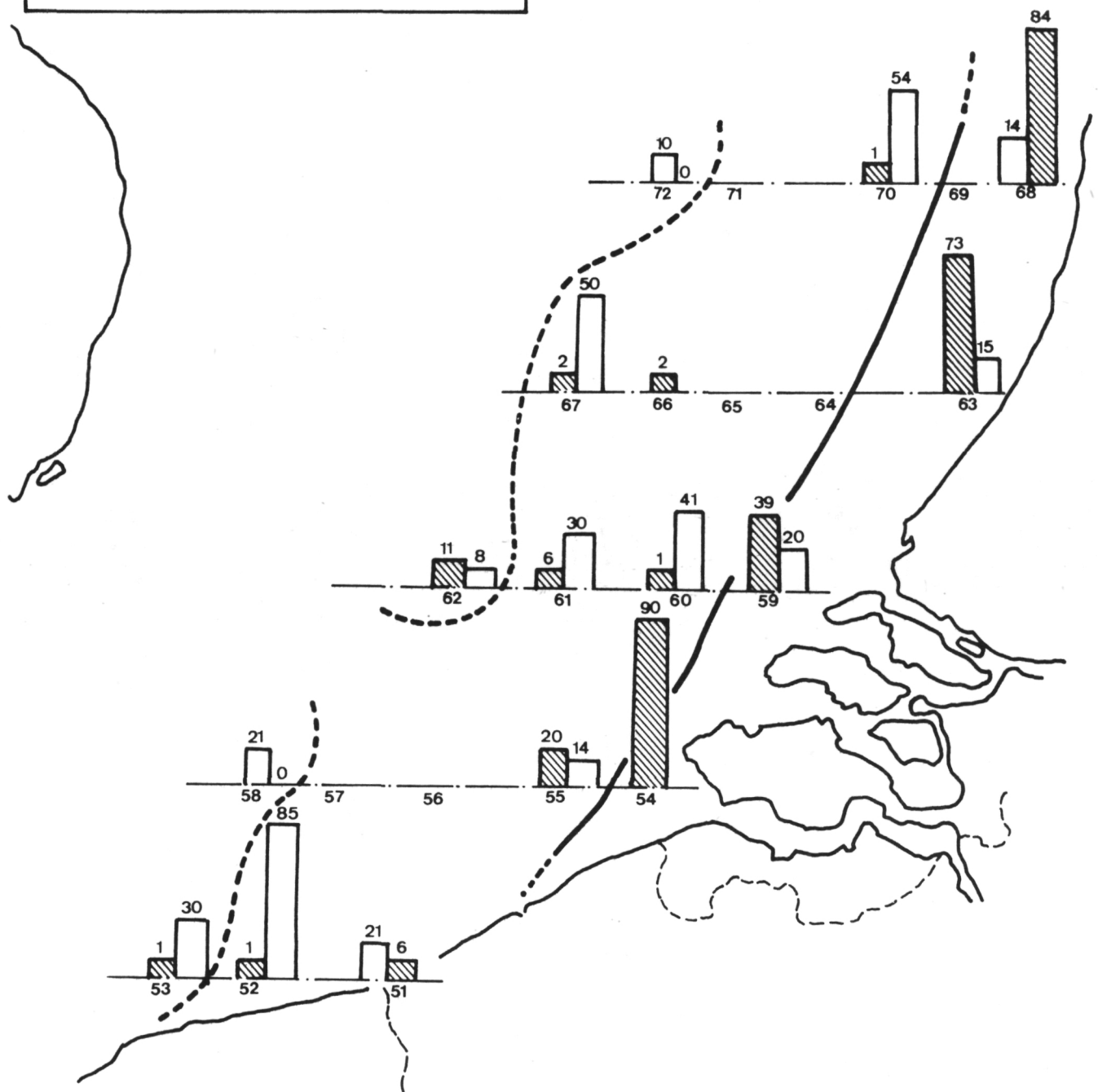


fig. 5.

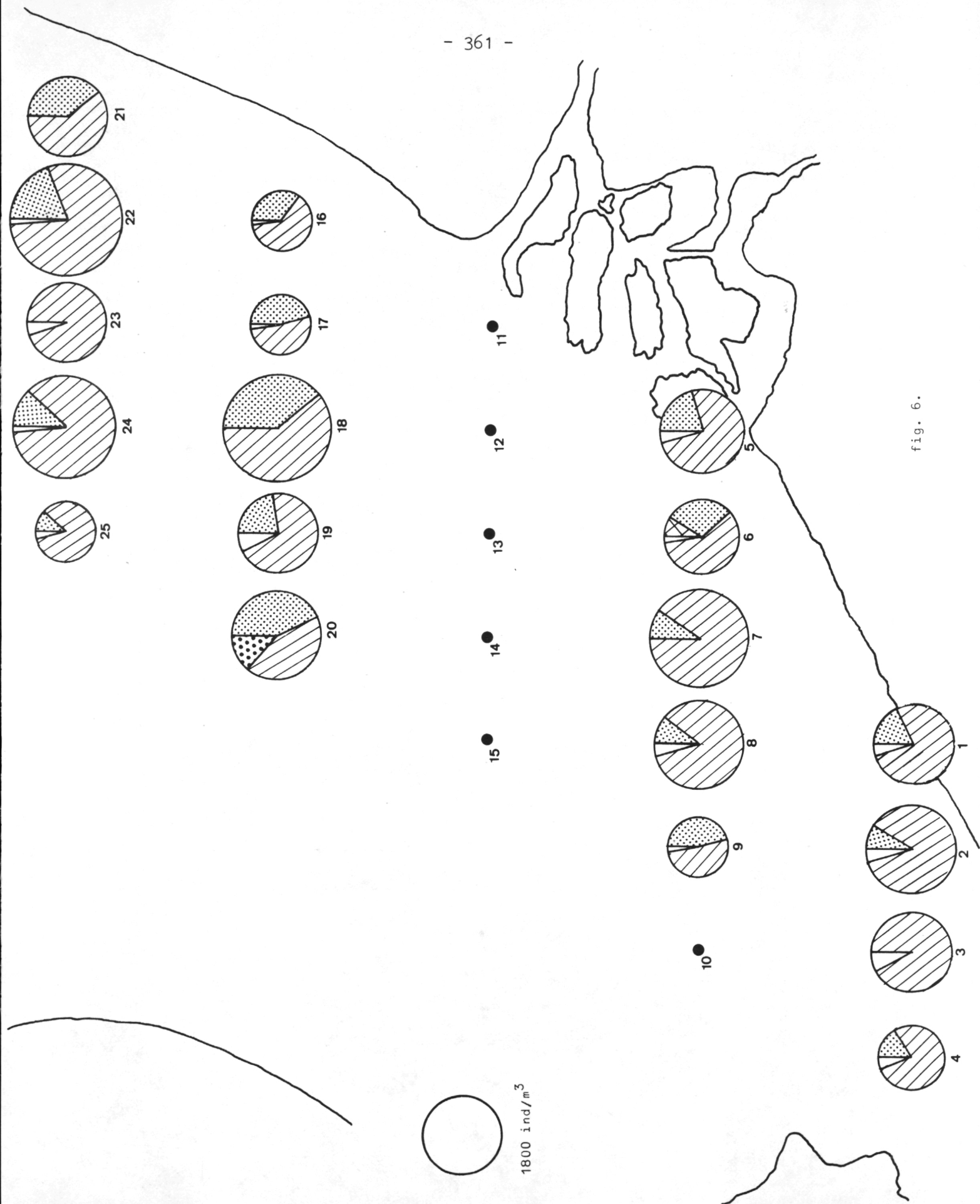
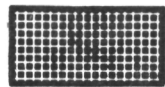
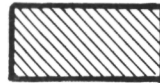


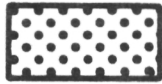
fig. 6.



Cnidaria



Acnidaria



Nemathelm.



Mollusca (I)



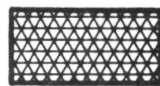
Annelida (I)



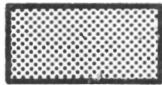
Nauplii Cop.



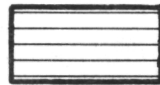
Copepoda



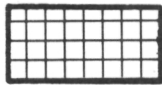
N + C Cirr.



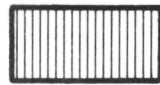
Crustacea spec.



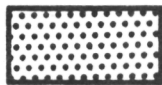
Bryozoa (I)



Chaetogn.



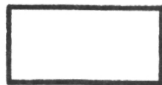
Echinod (I)



Tunicata



Pisces (0 + 1)



Spec. div.

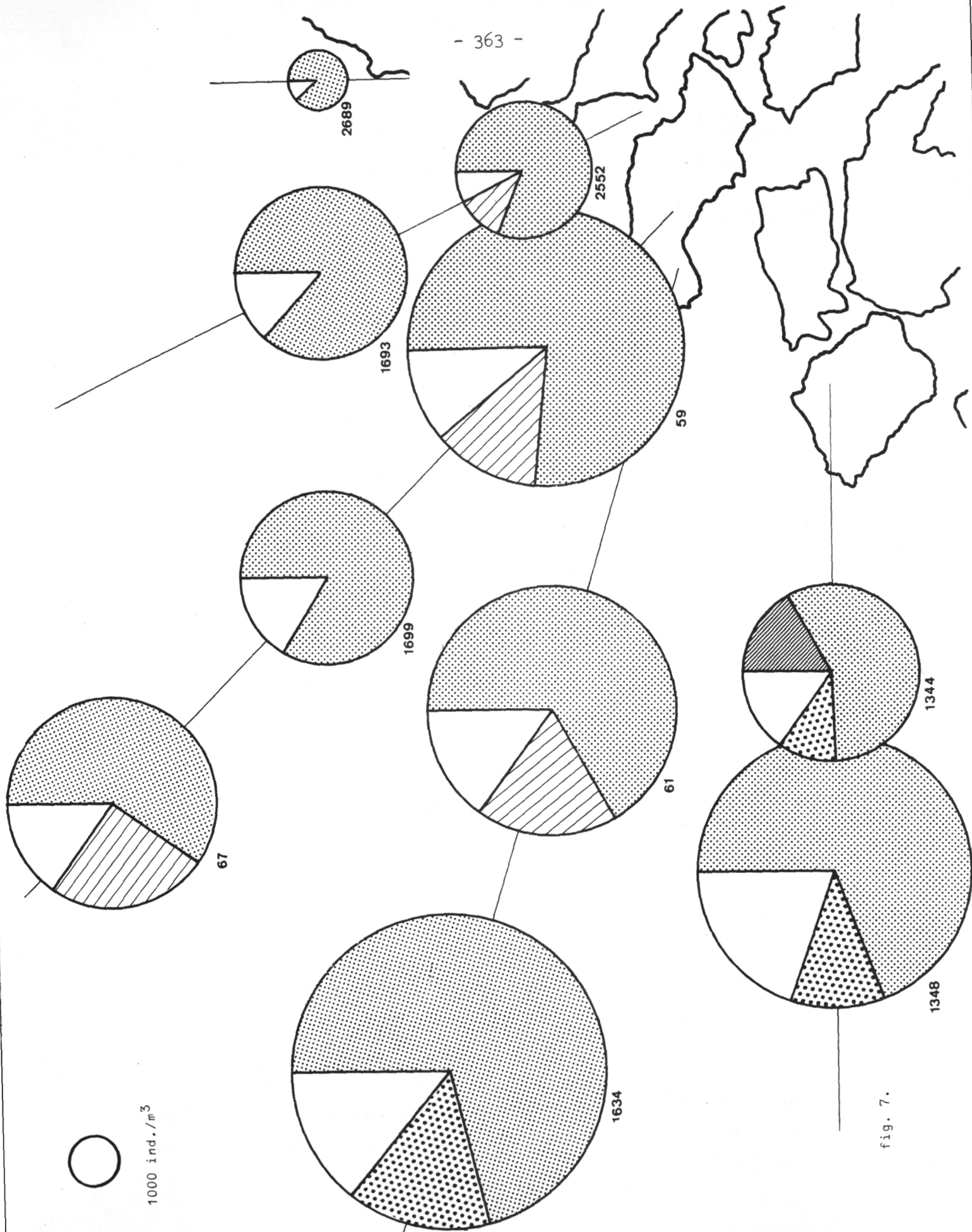


fig. 7.

de mélange au niveau du delta, sauf près du Rhin où la faible densité du zooplancton indique une influence néfaste des eaux de ce fleuve.

b) Aspect qualitatif (fig. 8 et 9)

Il apparaît sur la base de la distribution des non copépodes que des eaux du large et des eaux côtières se répartissent parallèlement à la côte dans le sud du réseau. Au niveau du delta, cette zonation est altérée et la composition zooplanctonique est caractéristique d'une eau de mélange.

En effet :

- Une zone côtière est apparente sur le réseau avec de fortes dominances du méroplancton, des annélides, des cirripèdes et des mollusques et de faibles dominances de *Oikopleura dioica* (*coastal water*). Cette zone est scindée en deux au niveau du delta; au nord, à l'embouchure du Rhin, seuls sont représentés les mollusques et les cirripèdes à l'exclusion des autres groupes.
- Une zone d'eau de mer normale au sud-ouest montre de fortes dominances de *Oikopleura dioica* et faible en méroplancton (*off shore water*).
- Sur un axe perpendiculaire à la côte, au niveau du delta, le zooplancton présente une composition intermédiaire entre ces deux zones, avec un gradient entre ces deux zones (*mixing water*).

c) Conclusion

Dans cette croisière, une influence côtière au niveau du delta se marque plus fortement qu'en autres saisons. Cela peut s'expliquer par le débit plus important du fleuve en avril.

Croisière 03 - juin-juillet 1972 (fig. 10)

Au contraire des croisières précédentes, cette croisière ne montre pas la zonation habituelle, sauf en ce qui concerne la partie sud du réseau.

Par contre, la partie nord se caractérise par l'hétérogénéité des résultats. Ainsi, plusieurs groupes (cladocères, lamellibranches, échinodermes, nématodes) s'observent en zones centrées autour d'une station de densité élevée pour l'espèce considérée.

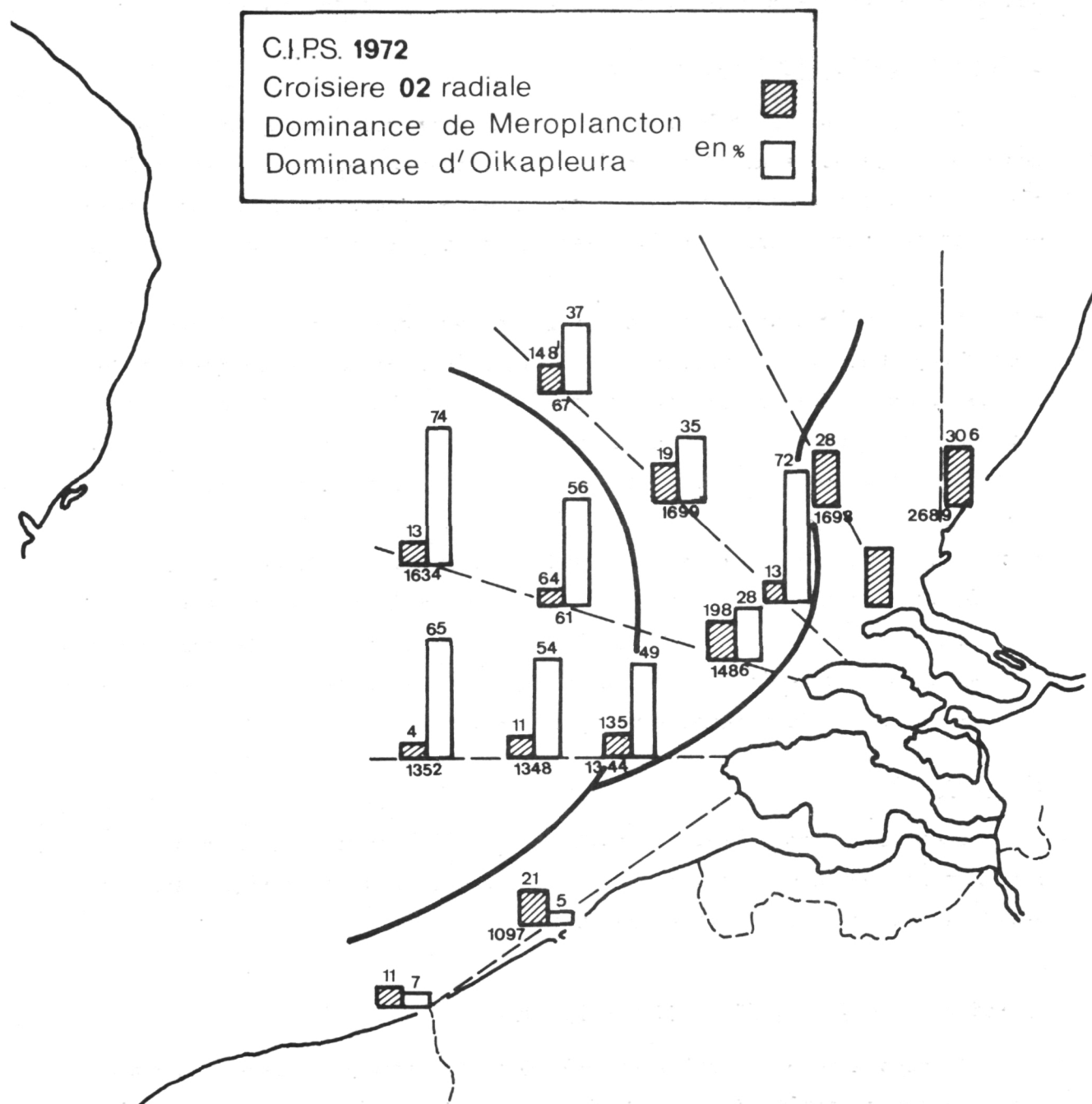


fig. 8.

C.I.P.S.

Croisière 02 radiale

Dominance de Cirripède en %
Dominance de Mollusques

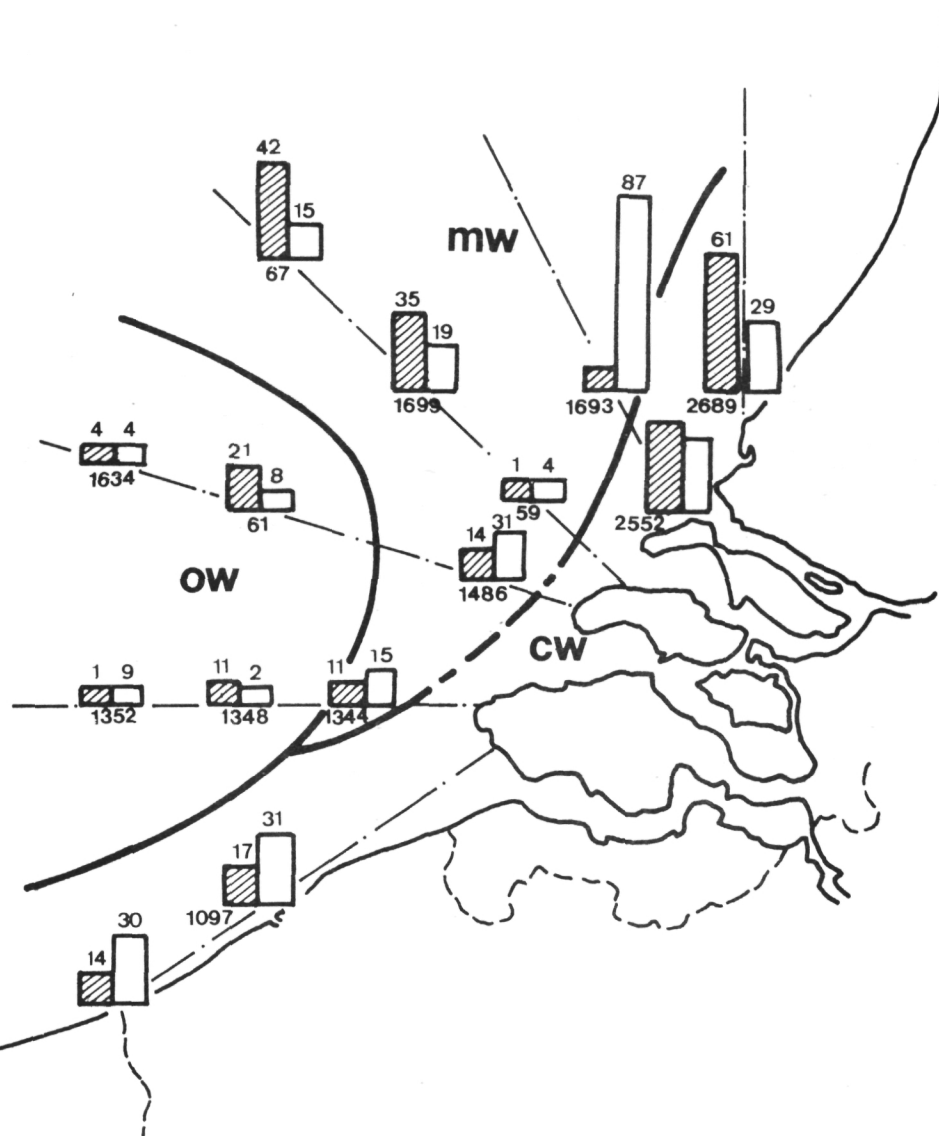


fig. 9.

D.- EFFET BACTERICIDE DE LA MER DU NORD

1.- Introduction

L'étude de la pollution de la mer par bactéries fécales doit couvrir principalement deux volets : la connaissance des apports en bactéries indicatrices de pollution fécale, d'une part, (par exemple, *via* les comptages d'*Escherichia coli*) et, d'autre part, la détermination des facteurs influençant la disparition de ces bactéries dans l'eau de mer.

La méthode la plus directe pour étudier l'effet *antibiotique* de la mer (ou, d'une manière plus générale, l'ensemble des facteurs de disparition des bactéries autres que la dilution et la sédimentation) consiste à ensemercer un échantillon d'eau de mer à l'aide d'une culture d'*E. coli*, puis à suivre au cours du temps l'évolution de cette population.

Dès la fin du XIX^e siècle, on a remarqué, grâce à de telles expériences, que des bactéries de pollution fécale disparaissaient très rapidement en eau de mer fraîche, mais qu'elles pouvaient fort bien survivre dans cette eau préalablement autoclavée [De Giaksa (1889)]. Cette expérience a été interprétée par plusieurs auteurs comme reflétant l'existence de substances inhibitrices libérées dans la mer par diverses espèces phytoplanctoniques [Sieburth (1968), Aubert *et al.* (1968)].

Actuellement, malgré l'accumulation de renseignements, on peut schématiquement écrire que, si les propriétés antibiotiques de certains extraits acellulaires d'espèces phytoplanctoniques sont bien connues, le mécanisme réel de l'effet antibiotique en mer, par contre, n'est pas encore établi de manière non équivoque. Les principales hypothèses généralement envisagées sont :

- 1) la libération de substances antibiotiques par le phytoplancton,
- 2) la libération de substances antibiotiques par les bactéries marines,
- 3) une compétition entre les bactéries marines et les bactéries de la pollution fécale,
- 4) une inhibition par les métaux lourds.

Au cours de ce travail, nous essayerons de mettre en évidence l'existence d'un effet antibiotique dans le sud-est de la mer du Nord et d'en interpréter les variations.

Nous devons remarquer que notre synthèse donne l'aspect descriptif et statique du problème. Il est clair qu'un approfondissement dynamique et une intégration dans la chaîne trophique, c'est-à-dire du transfert d'énergie, se fera sur la base de nos résultats présents et à venir.

Références

C.I.P.S., (1972). *Modèle mathématique - Rapport de synthèse, I.*

Technical reports : 1971-1972, Biol.; 1972, Biol. - Synthèse 02; 1971, Biol.; 1971/Point fixe, Biol. 01; 1972, Biol. - Synthèse 04; 1971/00, Biol. 04; 1971/01, Biol. 02; 1971/02, Biol. 02; 1971/03, Biol. 02; 1972/01, Biol. 02; 1972/02, Biol. 04; 1972/03, Biol.

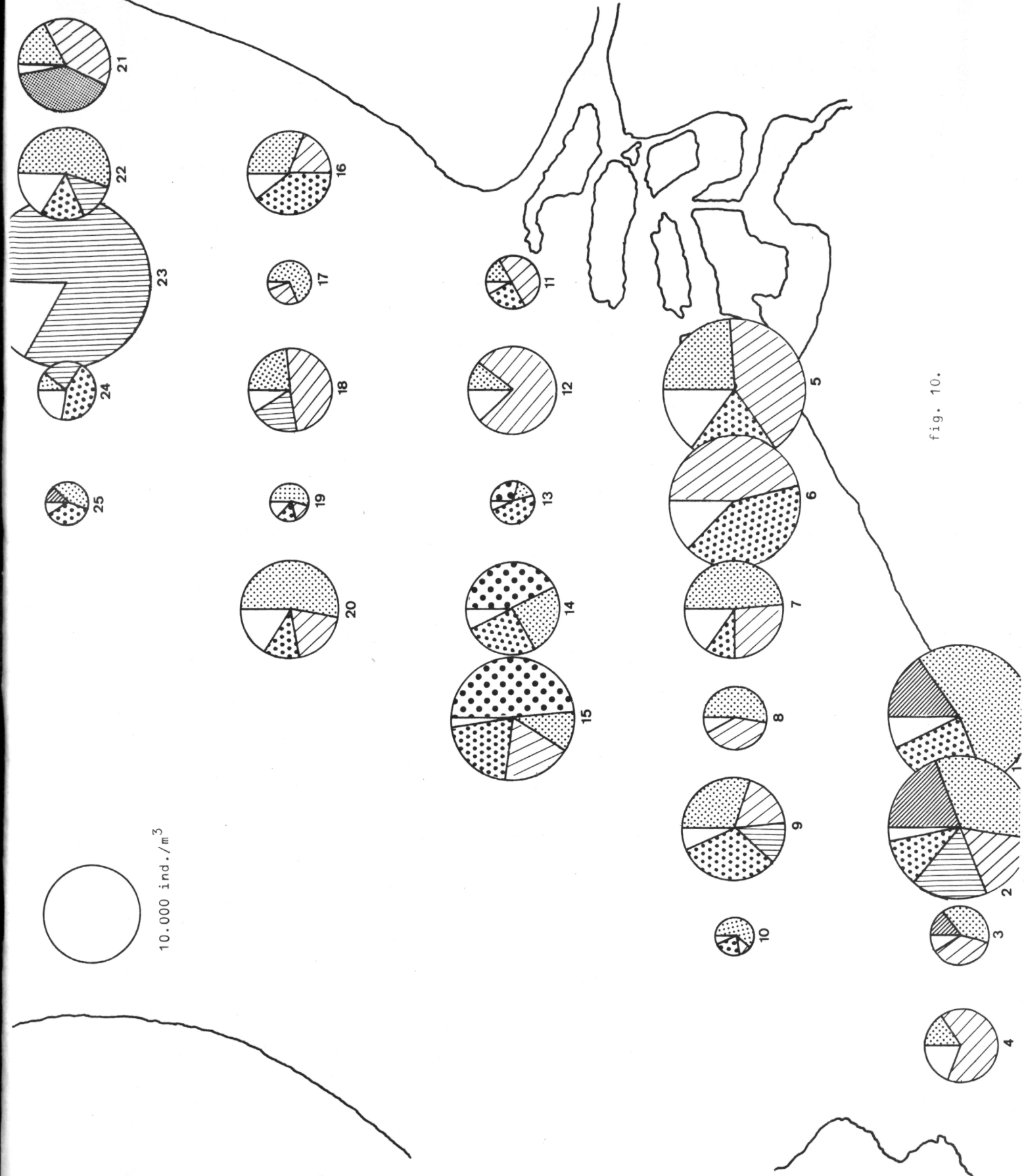


fig. 10.

Ainsi, *Echinocardium cordatum* (larve d'oursin) est très abondant à la station M23 (27.000 ind./m³) et décroît progressivement aux stations voisines.

Cette distribution en mosaïque suggère que le brassage horizontal a été faible lors de cette croisière.

Il serait donc intéressant d'établir des corrélations avec les données climatologiques.

3.- Conclusions générales

1) Tant au point de vue quantitatif qu'au point de vue qualitatif, il apparaît des isoplèthes parallèles à la direction générale des courants. Ainsi, la biomasse du zooplancton, faible près des côtes, devient maximale un peu plus au large (à quelques milles de la côte) et tend vers des valeurs plus basses et *normales* à la limite occidentale du réseau. Ceci est particulièrement visible pour la croisière de juin-juillet 1971.

L'étude qualitative montre également ces gradients parallèles à la côte. Le méroplancton (notamment les annélides, les cirripèdes et les lamellibranches) est plus dominant près des côtes et diminue vers le large; *Oikopleura dioica*, par contre, a des dominances plus importantes un peu plus loin des côtes.

Toutes ces observations confirment l'idée d'un effet inhibiteur près des côtes et promoteur au large et qui ne se fait plus sentir plus loin à la limite occidentale du réseau.

2) Au niveau du delta, cette situation est modifiée. En effet, l'influence côtière se fait sentir sur un axe nord-ouest perpendiculaire au delta. Ainsi, on observe un effet promoteur (biomasse élevée) plus loin au large. D'autre part, la composition qualitative du zooplancton reflète une situation intermédiaire (zone de mélange ?) entre les eaux côtières et celles du large (exemple : croisière d'avril 1972). De plus, cette extrusion du delta vers le large a une importance variable selon la saison. En avril 1972, par exemple, cette influence se marque beaucoup plus au large qu'en d'autres saisons. Ceci est en rapport avec le régime hydrologique des estuaires.

2.- Méthode

Un erlen stérile (250 ml) est rempli d'eau de mer fraîchement prélevée (100 ml environ). Cette eau estensemencée avec une aliquote (0,05 ml) d'une culture d'*Escherichia coli* arrivée au plateau de sa croissance en milieu riche, ce qui donne un titre, au temps zéro, d'environ 10^6 bactéries/ml .

L'erlen est alors mis à incuber à 18 °C , à l'obscurité, sans agitation; il est vigoureusement agité au moment de chaque prise pour comptage.

L'évolution du nombre d'*E. coli* est ensuite suivie au cours du temps, par comptage sur boîtes de milieu de Mac Conkey (*spread-plate method*, incubation de 24 h à 37 °C). Les dilutions utilisées sont 10^{-2} en début d'expérience, puis 10^{-1} et 10^0 en fonction des nécessités. Chaque prise diluée sert à ensemenecer trois boîtes de Petri équivalentes.

3.- Résultats et discussion

3.1.- Mise en évidence du phénomène : généralités

Dans de l'eau fraîche non traitée, les *Escherichia coli* disparaissent suivant une cinétique qui peut présenter trois phases distinctes (voir, à titre d'exemple, fig. 1) : après une phase de latence, dont la longueur peut varier de quelques heures à plusieurs jours, on observe une phase de disparition exponentielle, parfois suivie, enfin, par une phase de survie d'une très faible partie de la population initiale en *E. coli* (moins de 1 %). La phase de chute exponentielle permet de définir un t_{50} (temps nécessaire pour que la population diminue de 50 %); c'est ce paramètre que nous avons tendance à considérer comme la caractéristique essentielle de la cinétique.

Afin d'éclaircir le mécanisme qui est à la base de cet effet *antibiotique*, une série de témoins sont joints à l'expérience (fig. 2). Ils montrent que l'effet de l'eau fraîche (courbe 1) disparaît après stérilisation par autoclavage ou par filtration sur filtre *millipore* de 0,45 µm de porosité (courbes 3 et 4 respectivement), mais est maintenu après une filtration sur filtre à zooplancton (courbe 2).

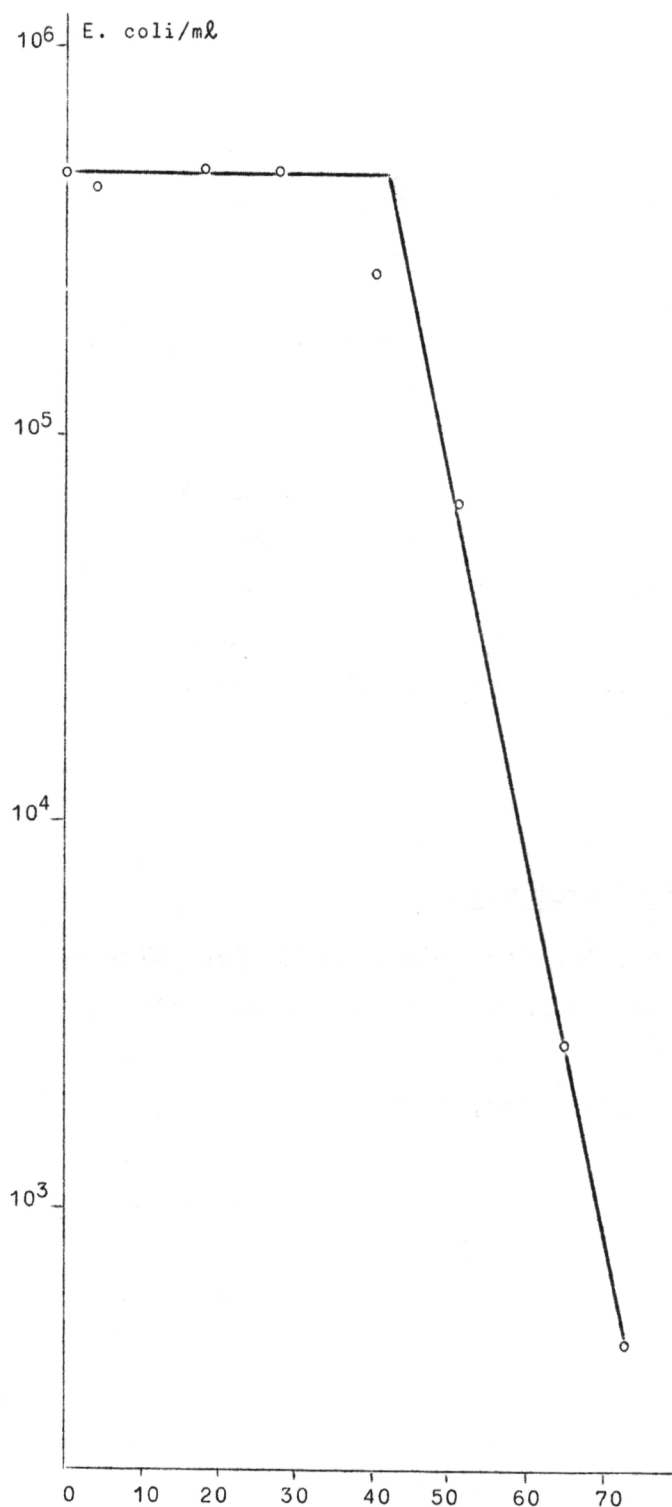
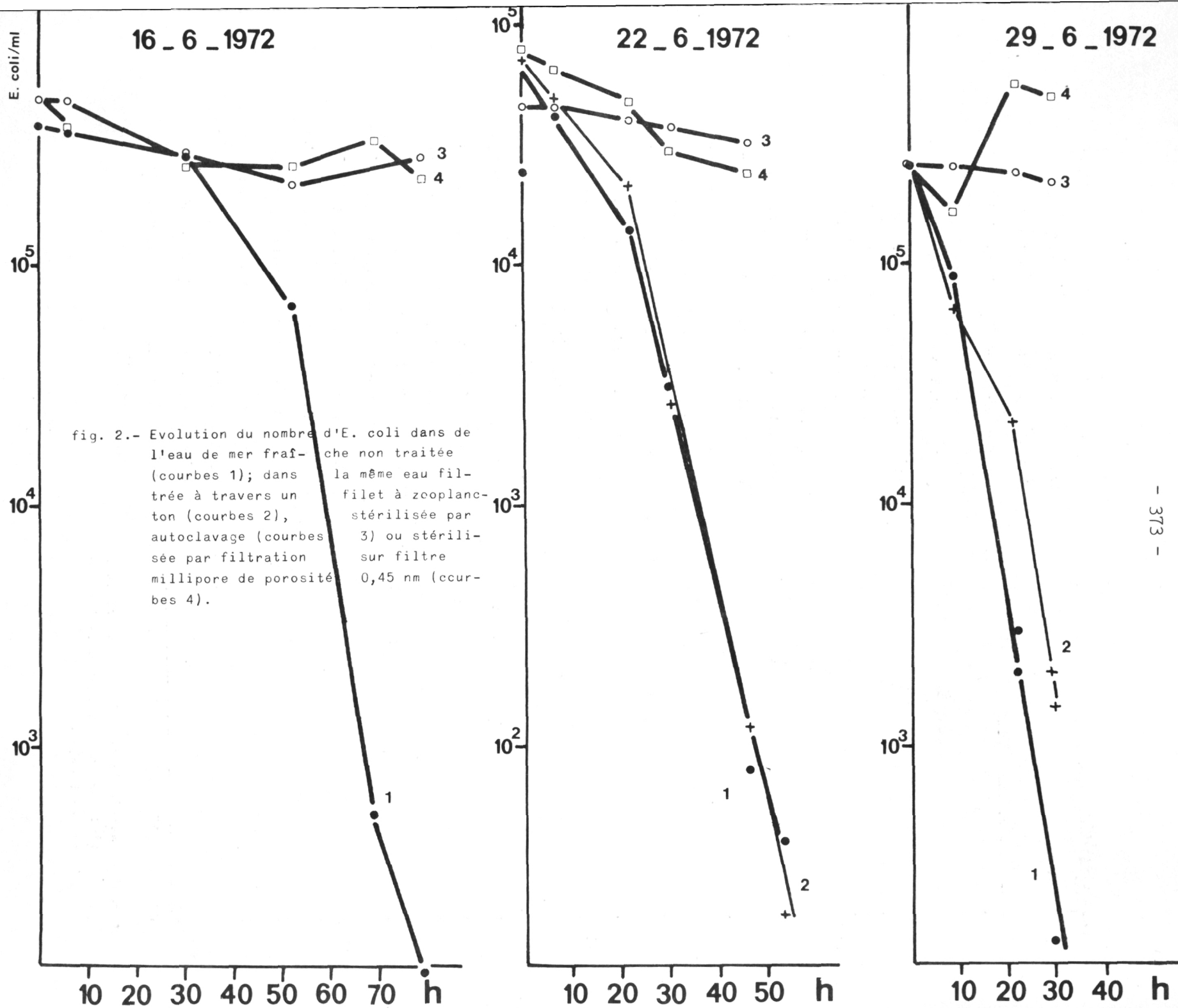


fig. 1.- Exemple de cinétique de disparition d'*Escherichia coli* dans de l'eau de mer fraîche.

Une remarque s'impose de prime abord : puisque la cinétique de disparition des *E. coli* commence par une latence de longueur variable, il est dangereux d'exprimer les résultats en nombre de bactéries survivant après un certain temps fixe, sans savoir quelle part de ce temps est occupée par la latence. Or, la signification de cette latence n'est pas évidente. Il faut donc, selon nous, la traiter séparément de la phase de chute exponentielle lors de l'analyse de l'effet antibiotique. Sinon, il est clair que le résultat obtenu ne peut être extrapolé dans le temps et n'a qu'une signification très relative.

Le fait que les témoins stériles (après autoclavage ou filtration) ont systématiquement perdu leurs propriétés bactéricides nous semble un aspect important du problème et indique qu'il s'agit d'un véritable effet *antibiotique*. Dans les cas où il n'en est pas ainsi, c'est-à-dire lorsque les témoins stériles gardent une activité importante [voir, par exemple, Moebus (1972 c)], il faut vraisemblablement rechercher d'autres types d'interprétation.



3.2.- Variations saisonnières observées au bassin de Chasse d'Ostende en 1972

Des expériences d'effet antibiotique de l'eau du bassin de Chasse ont été réalisées suivant un rythme hebdomadaire du 25 mai au 9 octobre, ainsi que le 20 novembre et le 11 décembre 1972. Chaque fois, le témoin stérile (autoclave) ne présente plus de propriétés bactéricides. Les variations de cet effet antibiotique sont résumées dans la figure 3; la

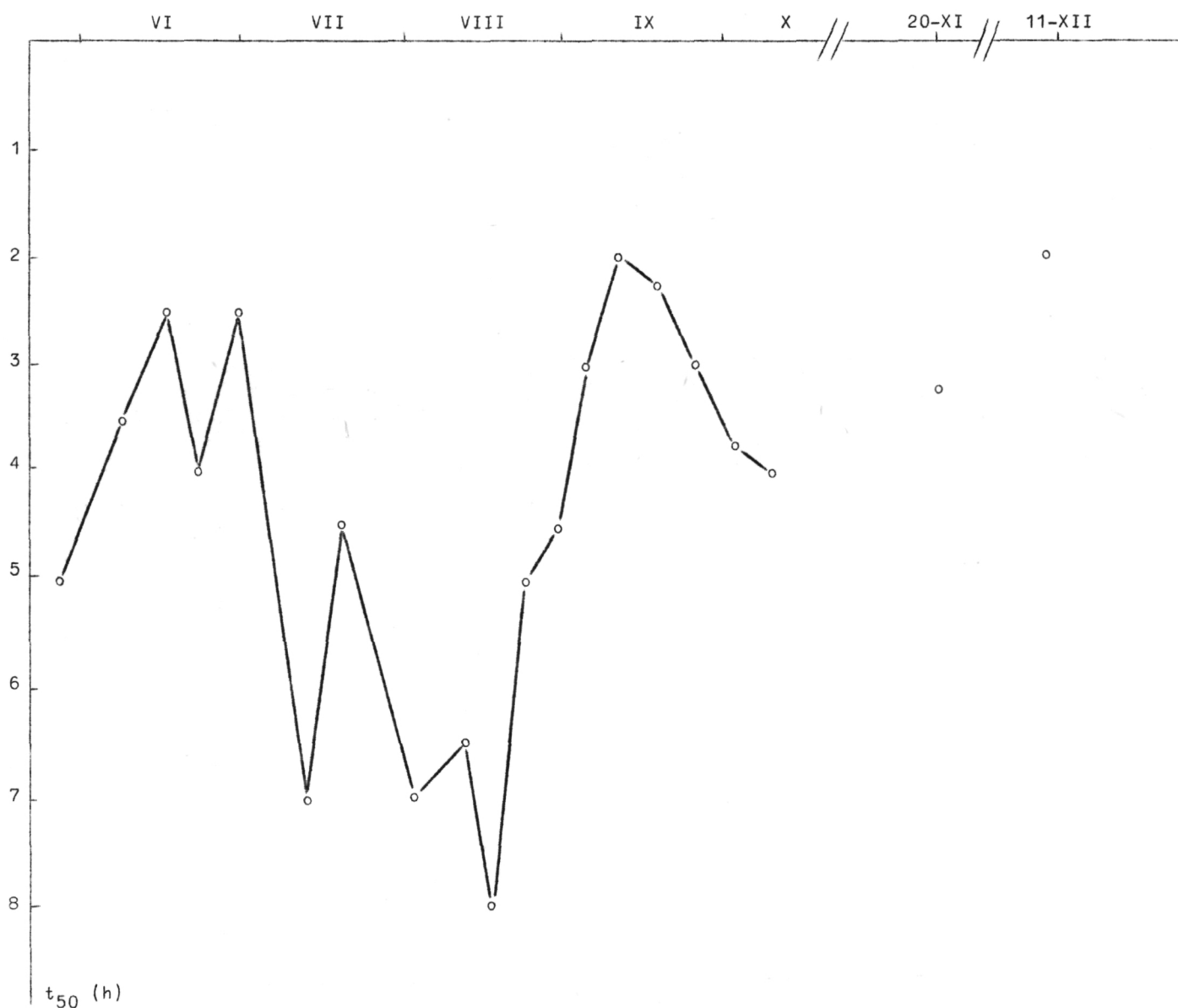


fig. 3.- Variations de l'effet antibiotique de l'eau du bassin de Chasse d'Ostende vis-à-vis d'*Escherichia coli* (1972).

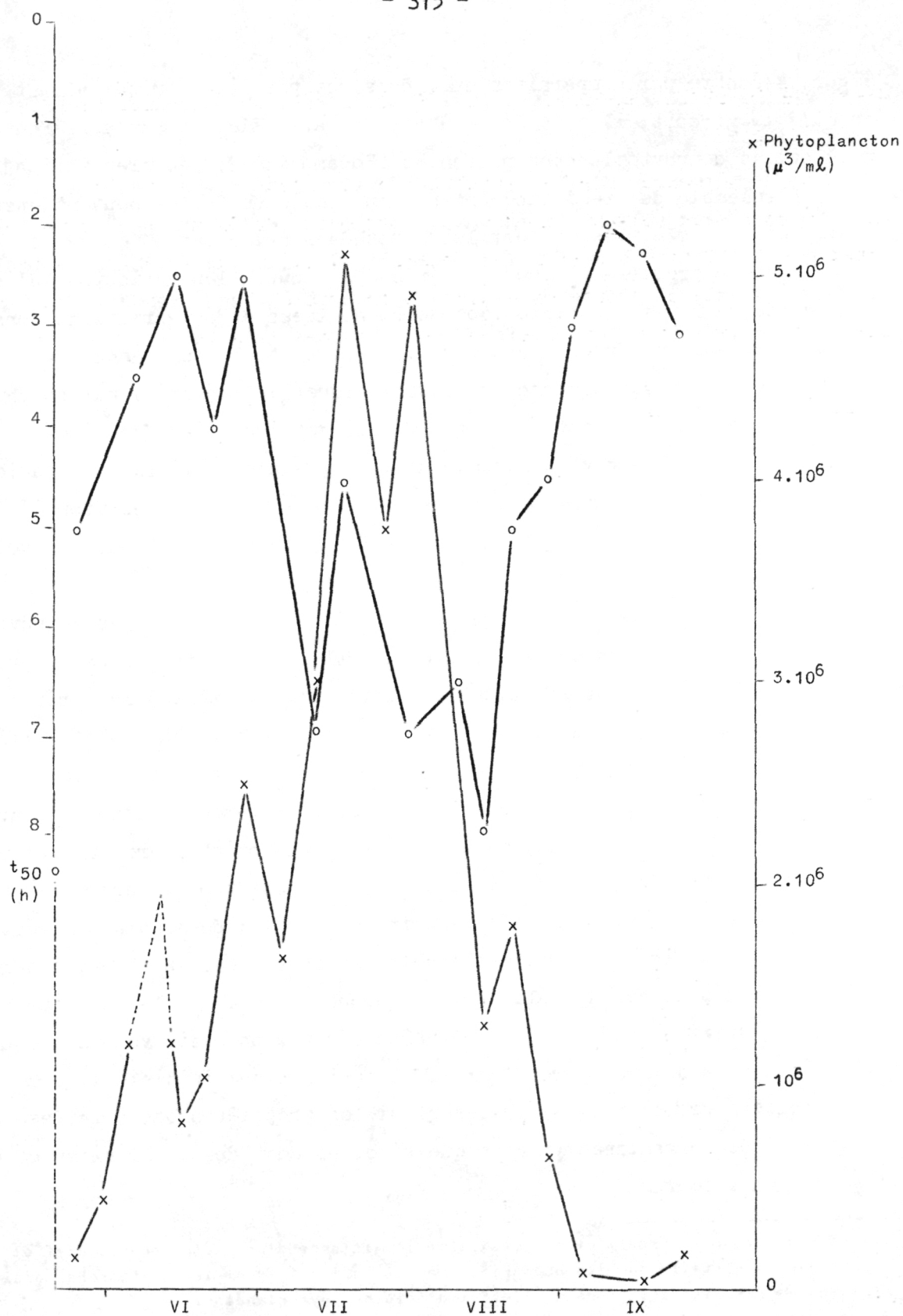


fig. 4.- Comparaison entre les variations d'effet antibiotique et des populations phytoplanktoniques. Bassin de Chasse d'Ostende (1972).

figure 4 montre par comparaison que, dans une première période allant jusqu'à la mi-août, il a tendance à varier parallèlement aux différentes populations de phytoplancton présentes [Podamo (1973), en préparation].

L'ensemble des résultats obtenus au bassin de Chasse peuvent être expliqués, jusqu'à présent, par les hypothèses suivantes :

- a) pendant la première période (de juin à mi-août), les variations d'intensité de l'effet antibiotique semblent liées à des variations dans les populations phytoplanctoniques. L'agent responsable donc peut être une, ou des, substance(s) antibiotique(s) libérée(s) par du phytoplancton. Cette hypothèse est actuellement testée en laboratoire avec des cultures phytoplanctoniques; les essais préliminaires indiquent dès à présent que quelques espèces présentent en effet des propriétés antibiotiques marquées qui permettent d'expliquer les résultats (voir fig. 3)¹;
- b) pendant la seconde période, par contre, il y a tellement peu de phytoplancton que sa présence ne peut pas, semble-t-il, être la cause principale de l'important effet antibiotique qui caractérise la période. On peut, par contre, avancer l'hypothèse d'un effet antibiotique lié à la présence d'organismes hétérotrophes (bactéries marines, par exemple). Plusieurs expériences sont particulièrement compatibles avec cette hypothèse : le maintien de l'effet antibiotique après une, deux et trois semaines (fig. 5, tableau 1), voire après plusieurs mois (tableau 1) de conservation à l'obscurité à 18 °C : de semblables résultats sont difficilement interprétables si on suppose que l'agent responsable dépend de phytoplancton autotrophe². De même, le fait que des témoins stériles peuvent être réensemencés par un petit volume d'eau fraîche et ainsi recouvrer leur effet antibiotique initial (fig. 6) s'explique beaucoup plus facilement si les propriétés bactéricides sont liées à des organismes vivants que si elles sont dues, par exemple, à des métaux lourds.

1. Ces résultats ne permettent pas d'exclure l'existence d'une autre source d'effet antibiotique (telle que les bactéries, voir plus loin), dont les variations seraient masquées par les variations de l'effet d'origine phytoplanctonique.

2. De telles expériences de conservation n'ont pas été réalisées pendant la première période, de sorte qu'il nous manque ici un important élément de comparaison.

Tableau 1

Effet antibiotique de l'eau de mer du bassin de Chasse vis-à-vis d'*Escherichia coli*
Influence de la conservation de l'eau

Date du prélèvement	Date de l'expérience	Effet antibiotique	
		Latence (h)	t ₅₀ (h)
22-08-72	22-08-72	13	5,0
	29-08-72	40	5,30
	4-09-72	43	5,0
18-09-72	18-09-72	43	2,15
	25-09-72	34	3,15
2-10-72	2-10-72	82	3,45
	9-10-72	47	3,0
	-	22	2,45
20-11-72	20-11-72	30	3,15
	4-12-72	58	3,15
11-12-72	11-12-72	55	2,0
	18-12-72	61	3,45
eau de mer vieillie plusieurs mois	15-11-72	84	3,15

3.3.- Variations géographiques observées dans le sud-est de la mer du Nord en septembre 1972

Lors de la croisière de septembre 1972, des expériences d'effet antibiotique ont été réalisées à bord du *Mechelen*.

Une série de cinétiques obtenues sont montrées, à titre d'exemple, dans la figure 7. On peut y retrouver la cinétique de disparition de t₅₀. Les variations géographiques sont en outre reprises sur la figure 8.

Ce résultat préliminaire, s'il se confirme lors d'expériences ultérieures, montre que l'effet antibiotique est très important près de l'embouchure de l'Escaut et va en s'amenuisant lorsqu'on s'éloigne vers le large. Il ne permet pas de prendre position sur la nature ni le mécanisme possibles de l'effet antibiotique en mer : il n'est en contradiction avec

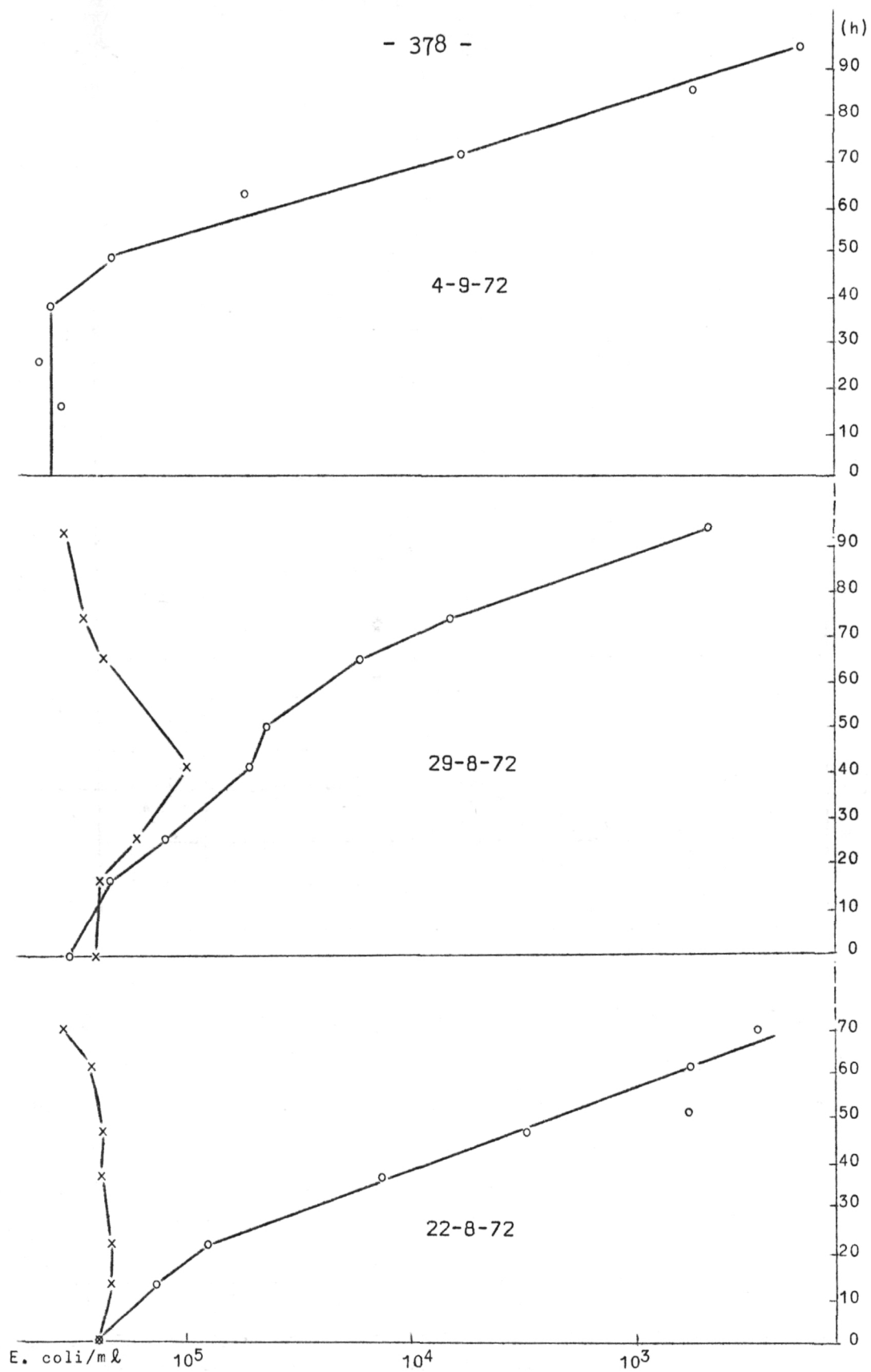


fig. 5.- Evolution des propriétés antibiotiques de l'eau de mer en fonction du temps de conservation à 18° à l'obscurité. Eau prélevée au bassin de Chasse d'Ostende le 22-8-1972.

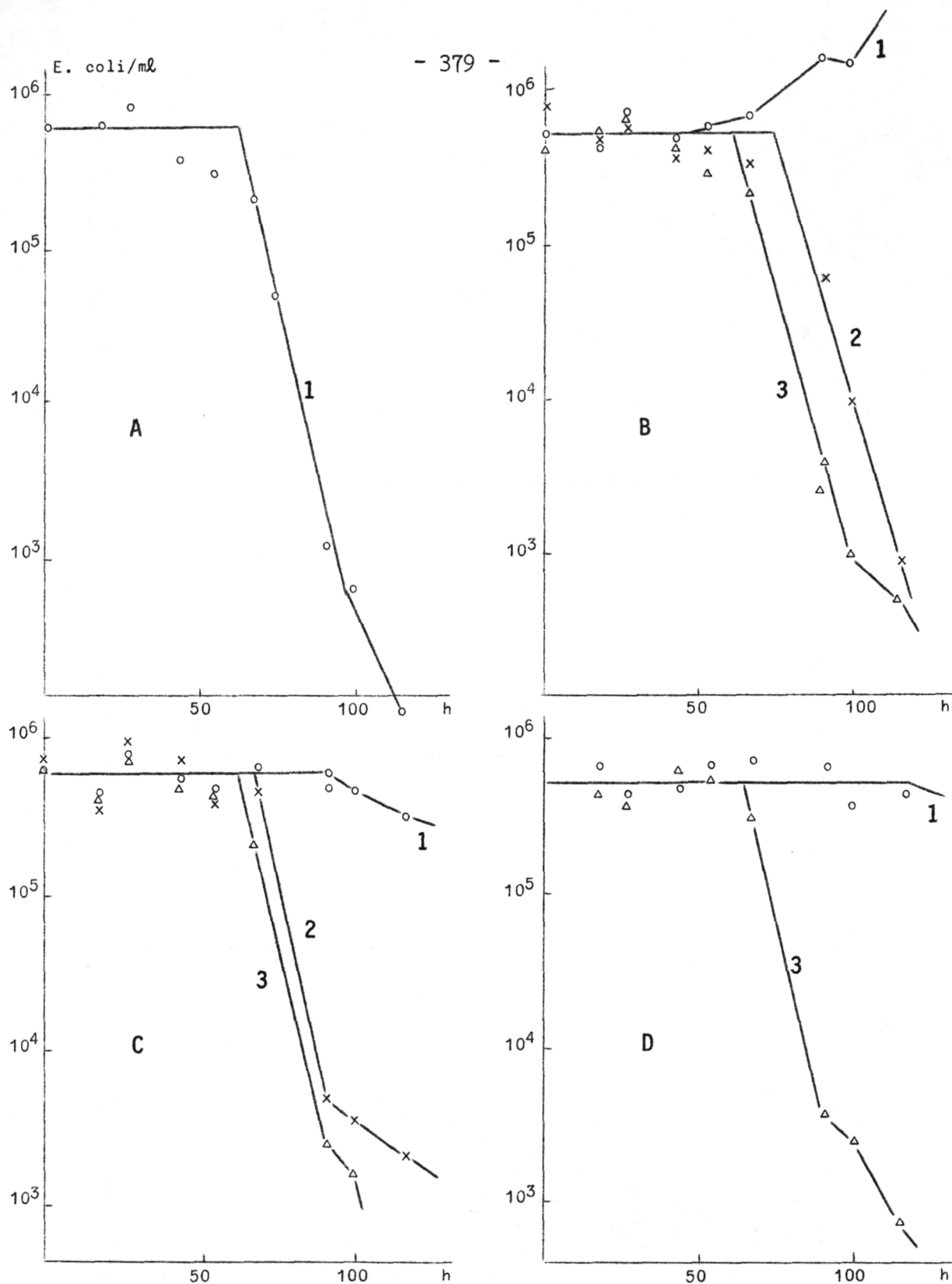


fig. 6.- Rétablissement des propriétés antibiotiques de l'eau de mer stérilisée par autoclavage, filtration sur "Millipore" (0,45 nm) ou sur filtre de verre frité.
 A : eau fraîche non traitée. B : eau stérilisée par autoclavage (courbe 1); courbe 2, idem + 1 ml d'eau fraîche; courbe 3, idem + 10 ml d'eau fraîche.
 C : eau stérilisée par filtration "Millipore". D : eau stérilisée par filtration sur verre frité.

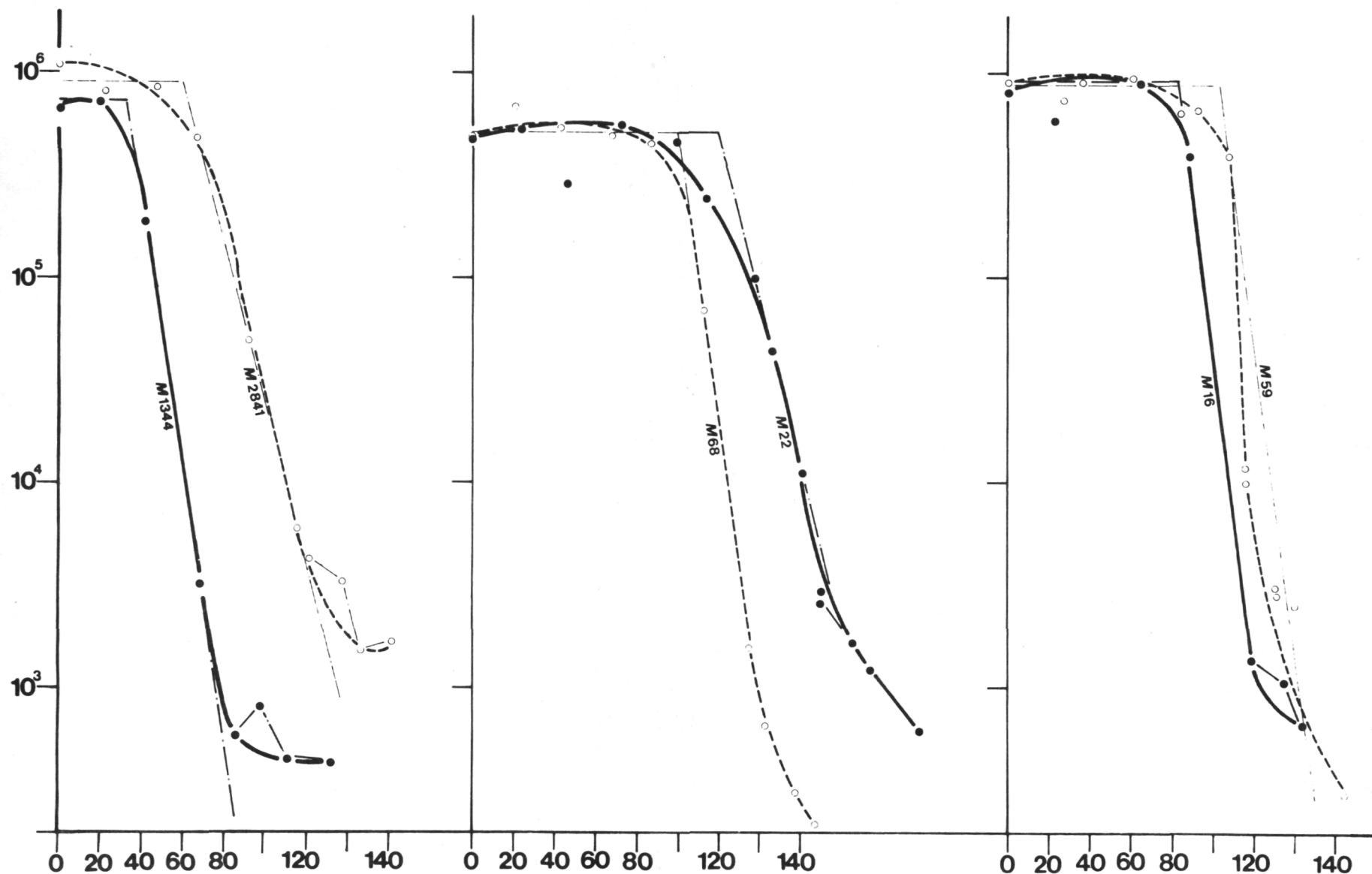


fig. 7.- Exemples de courbes de disparition des E. coli dans de l'eau de mer fraîche non traitée, provenant de diverses stations du secteur sud-est de la mer du Nord (septembre 1972).

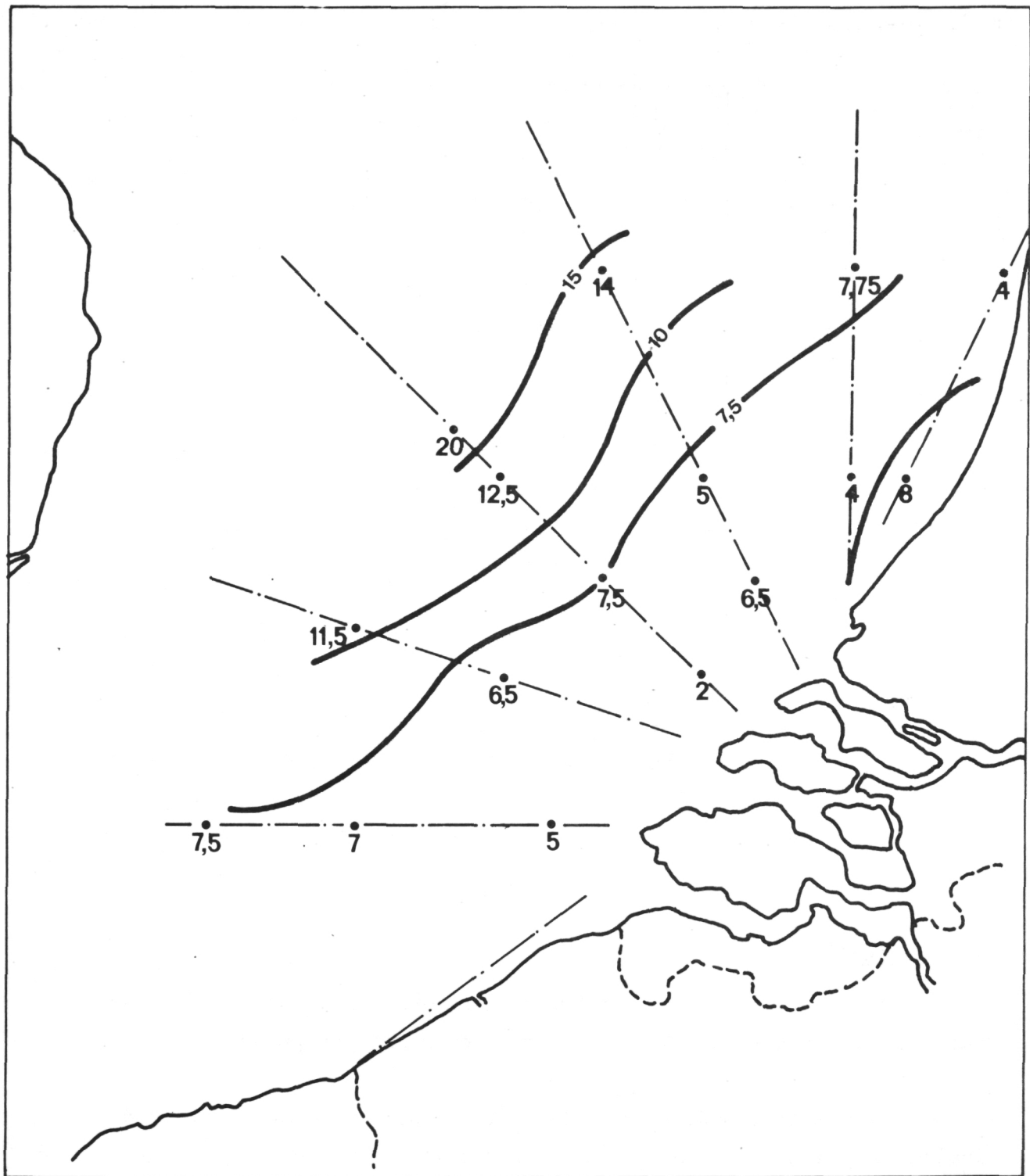


fig. 8.- Variation géographique de l'effet antibiotique de la mer du Nord (septembre 1972).

Tableau 2

Effet antibiotique de l'eau de mer vis-à-vis d'*Escherichia coli* (mer du Nord, sept. 72)

Station	Latence (h)	t ₅₀ (h)
1344	32	5
1352	48	(7)
1358	65	7,5
61	80	6,5
1634	100	11,5
59	102	2
1699	140	7,5
67	48	12,5
1930	72	20
1693	80	6,5
65	70	5
72	80	14
16	83	4
22	120	7,75
2841	60	8
68	100	4

aucune des hypothèses citées plus haut, puisque les paramètres biologiques et chimiques ont tendance à varier de manière semblable lorsqu'on s'éloigne de la côte [voir, par exemple Joiris (1971)], de sorte que les deux types de facteurs pourraient expliquer le résultat obtenu.

4.- Conclusions

Cette première série d'expériences a permis de mettre en évidence, dans toutes les eaux testées, un effet bactéricide marqué vis-à-vis d' *E. coli*.

- Les résultats obtenus dans le secteur sud-est de la mer du Nord indiquent un net effet antibiotique près de l'embouchure de l'Escaut, dont l'intensité diminue lorsqu'on s'éloigne de la côte.

- Les résultats obtenus avec l'eau du bassin de Chasse d'Ostende peuvent être interprétés si l'on suppose un effet antibiotique lié au

phytoplancton au début de la période envisagée et un effet antibiotique lié aux bactéries hétérotrophes en fin de période. Ces hypothèses seront testées plus en détail en laboratoire.

C'est ainsi qu'il nous semble enrichissant d'envisager l'intervention de divers mécanismes possibles, en fonction du temps ou du lieu de prélèvement; une telle interprétation permettrait vraisemblablement de lever les apparentes contradictions contenues dans le travail de Moebus (1972 a) qui, après avoir fait intervenir un effet antibiotique dû au phytoplancton, arrive à la conclusion que le phytoplancton ne joue pas de rôle important, mais bien les éléments nutritifs disponibles pendant l'expérience [Moebus (1972 b,c)].

Références

- AUBERT (M.), AUBERT (J.) et GAUTHIER (M.), (1968). *Rev. Int. Océan. Méd.*, 10, 137-207.
- DE GIAXA, (1889). *Z. Hyg. Infekt. K.*, 6, 162-225.
- JOIRIS (C.), (1971). *Eléments nutritifs et biomasse*, in *Modèle mathématique - Rapport de synthèse*, I, C.I.P.S., pp. 203-209.
- MOEBUS (K.), (1972 a). *Marine Biology*, 13, 1-13.
- MOEBUS (K.), (1972 b). *Helgol. Wiss. Meeresunters*, 23, 127-140.
- MOEBUS (K.), (1972 c). *Helgol. Wiss. Meeresunters*, 23, 271-285.
- SIEBURTH (J.), (1968). In : *Adv. Microbiol. Sea*, M.R. Droop et E.J.F. Wood (éd.), 1, 63-94.