

DISTRIBUTION ET CARACTERISTIQUES
DES COMMUNAUTES PHYTOPLANCTONIQUES
DANS LE BASSIN TYRRHENIEN DE LA MEDITERRANEE
EN FONCTION DES FACTEURS AMBIANTS
ET A LA FIN DE LA STRATIFICATION ESTIVALE
DE L'ANNEE 1963

PAR

R. MARGALEF

J. HERRERA

Instituto de Investigaciones Pesqueras,
Barcelona

M. STEYAERT

J. STEYAERT

Institut royal des Sciences naturelles
de Belgique, Bruxelles

(Avec quatre dépliants)

TABLE DES MATIERES.

I. INTRODUCTION	2
II. ELEMENTS NUTRITIFS — PHOSPHORE ET AZOTE :	
A. Méthodes d'analyse	2
§ 1. — Phosphates	3
§ 2. — Phosphore total en solution	6
§ 3. — Nitrites	8
§ 4. — Nitrates	7
B. Résultats	12
C. Eléments nutritifs et phytoplancton	16
III. LE SESTON :	
A. Méthodes	21
B. Résultats	22
IV. LES PIGMENTS :	
A. Méthodes	25
B. Résultats	27
V. VISION D'ENSEMBLE :	
A. Distributions générales	28
B. Corrélations	36
C. Structures locales	39
VI. BIBLIOGRAPHIE	41

I. INTRODUCTION.

Le présent article expose une partie des résultats obtenus à partir des données recueillies à bord du navire « Eupen » lors de la mission océanographique internationale en mer tyrrhénienne, en 1963. Proposée par le Professeur A. CAPART, de Bruxelles, et placée sous l'égide du Sous-Comité d'Océanographie de l'O. T. A. N., dont la direction du Groupe Gibraltar est assurée par le Professeur H. LACOMBE, de Paris, cette mission a vu la collaboration de 9 navires océanographiques internationaux.

La « Calypso », l'« Origny » et le « Job ha Zelian » pour la France; le « Bannock », l'« Aragonese » et le « Salmone » pour l'Italie; l'« Eupen », le « Breydel » et le « Van Haverbeke » de la Force Navale belge pour la Belgique.

Nous remercions les commandants des navires belges, le capitaine de Corvette E. Callier, les lieutenants de Vaisseau J. Lange et W. Pieters pour la coopération qu'ils ont apportée à la réalisation de notre programme.

A bord de l'« Eupen », le problème des recherches menées en étroite collaboration Hispano-Belge par les auteurs, avait pour but, d'une part, d'obtenir une image synoptique de la distribution et des caractéristiques des communautés phytoplanctoniques à la fin de l'été. D'autre part, les recherches comportaient la mise au point de nouvelles méthodes pour explorer la possibilité d'une analyse immédiate des données et orienter l'exploration en vue du plus grand rendement des échantillonnages. Enfin, il s'agissait de diriger les recherches vers une exploitation plus approfondie de l'étude des relations entre facteurs biologiques et facteurs du milieu ambiant.

La réalisation de ce programme de recherche fut en partie possible grâce au contrat NONR-3447 (00) passé entre l'« Instituto de Investigaciones Pesqueras » à Barcelone et l'« Office of Naval Research, Department of the Navy, U. S. A. ».

II. ELEMENTS NUTRITIFS — PHOSPHORE ET AZOTE.

A. MÉTHODES D'ANALYSE.

Les techniques employées furent principalement celles mentionnées par STRICKLAND et PARSONS (1960). Cependant l'expérience de l'extrême pauvreté des eaux méditerranéennes, acquise au cours des travaux précédents, nous a amené à y apporter quelques petites modifications. Les résultats obtenus dans les conditions de travail à bord ayant été très

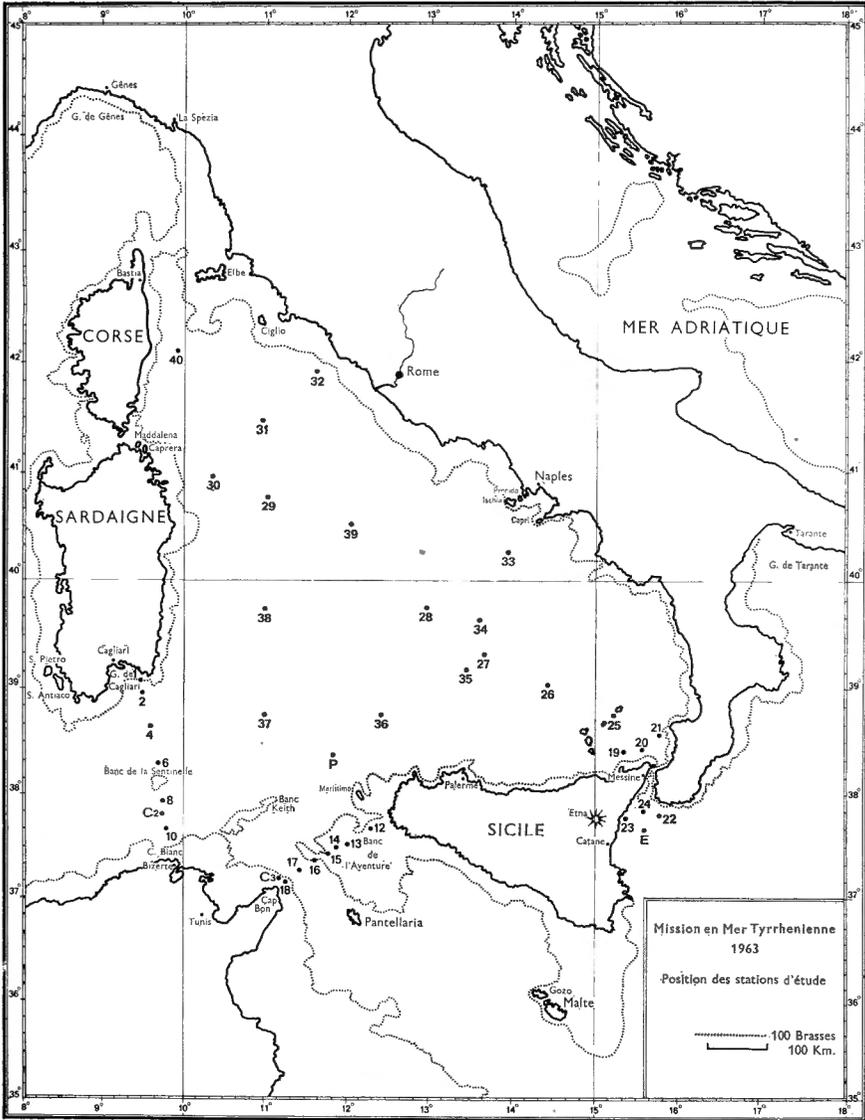


Fig. 1. — Stations d'étude.

satisfaisants, il nous est apparu intéressant de présenter un exposé assez détaillé de la manière de procéder.

Pour de plus amples précisions, le lecteur est prié de bien vouloir se référer au travail précité ainsi qu'aux autres mentionnés dans la suite.

§ 1. Phosphates.

La méthode utilisée est celle de MURPHY et RILEY (1962), telle qu'elle est décrite dans une communication mimeographiée distribuée par le

laboratoire du Fisheries Research Board of Canada à Nanaimo où elle est destinée à substituer la technique décrite dans la publication de STRICKLAND et PARSONS.

La détermination du phosphore consiste, dans son essentiel, en l'addition à l'échantillon d'un réactif qui contient de l'acide sulfurique, du molybdate d'ammonium, de l'acide ascorbique et du tartrate de potassium et d'antimoine. Il se produit, avec le phosphore, un complexe de couleur bleue dont l'intensité se mesure à la longueur d'onde de 882 m μ .

Cette méthode est rapide, simple et la couleur développée est très stable, raisons qui la rendent très appropriée pour l'usage à bord, même par des techniciens non spécialisés. Travaillant avec soin, il est possible de déterminer avec sûreté des concentrations de l'ordre de 0,03 $\mu\text{g-at}$ de P-phosphate par litre.

Sa sensibilité la destine à l'étude d'eaux très pauvres comme le sont celles de la Méditerranée.

Développement et stabilité de la couleur.

Une expérience fut conduite dans le but de déterminer le temps nécessaire pour le développement de la couleur et la stabilité de celle-ci (Tableau I). Dix minutes semble un temps trop court pour le développement de la couleur, mais il n'y a pas de variation sensible entre 30 minutes et 24 heures. Les échantillons d'eau de mer filtrée forment une exception puisque dans ce cas la densité optique augmente continuellement jusqu'à 24 heures. Il est à supposer que ces échantillons contenaient une certaine quantité de composés organiques du phosphore aisément hydrolysables en milieu acide et contribuant à une augmentation des phosphates dissous dans l'eau au cours du temps.

TABLEAU I.

Mesures des phosphates. — Densité optique à 882 m μ des échantillons en fonction du temps écoulé après l'addition des réactifs.

L'eau de mer filtrée et celle non filtrée correspondaient à des prises d'eau différentes.

Temps	10 min.	30 min.	1 h.	2 h.	6 h.	9 h.	24 h.
Eau distillée + 0,2 $\mu\text{g-at}$ P/1	0,040	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,041
Eau distillée + 0,4 $\mu\text{g-at}$ P/1	0,074	0,075	0,075	0,075	0,074	0,076	0,074
Eau de mer filtrée	0,096	0,103	0,103	0,105	0,111	0,118	0,129
Eau de mer filtrée	0,095	0,102	0,103	0,106	0,112	0,118	0,129
Eau de mer non filtrée	0,198	0,201	0,202	0,203	0,201		0,201
Eau de mer non filtrée + 0,2 $\mu\text{g-at}$ P/1	0,271	0,274	0,275	0,276	0,273		0,272

De cette expérience, il découle qu'il est à conseiller de faire les mesures au spectrophotomètre entre une demi-heure et deux heures après l'addition du réactif.

Erreur due à la salinité. — L'intensité de la couleur développée est pratiquement indépendante de la salinité. L'erreur est inférieure à 1 %.

Interférences. — MURPHY et RILEY arrivent à la conclusion que le fer, le cuivre et le silicium ne produisent pas d'interférences, même à des concentrations plusieurs fois supérieures à celles qu'on trouve en mer. L'arséniate donne une couleur semblable à celle du phosphate, mais son interférence n'est pas importante puisque sa concentration dans l'eau de mer est généralement petite.

Nous avons constaté que la densité optique d'une solution d'arséniate est approximativement de 50 % celle d'une solution de phosphate à la même concentration.

Réactifs.

a) Solution de molybdate d'ammonium. — 15 g de paramolybdate d'ammonium, $(\text{NH}_4)_6 \text{MO}_7 \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, pro analysi se dissolvent dans 500 ml d'eau distillée. La solution est indéfiniment stable si elle est conservée dans un flacon protégé de la lumière directe du soleil.

b) Solution d'acide sulfurique. — On ajoute 140 ml d'acide sulfurique pro analysi de densité 1,82 à 900 ml d'eau distillée.

c) Solution d'acide ascorbique. — On dissout 27 g d'acide ascorbique de bonne qualité dans 500 ml d'eau distillée. La solution est conservée en flacon de plastique et congelée. Pour l'utiliser, on la laisse se liquéfier et, après usage, on la repasse à l'état solide. Dans ces conditions, la stabilité est de plusieurs mois, mais elle ne dure pas plus d'une semaine à la température ambiante du laboratoire.

d) Solution de tartrate de potassium et d'antimoine. — 0,34 g de tartrate (tartarum emeticum) de bonne qualité est dissous dans 250 ml d'eau distillée.

e) Réactif prêt à l'usage. — On mélange 100 ml de la solution (a), 250 ml de la (b), 100 ml de la (c) et 50 ml de la (d). Ce réactif doit être utilisé dans les 6 heures qui suivent sa préparation.

Procédé. — On ajoute 10 ml de la solution (e) à 50 ml de l'échantillon d'eau de mer, de préférence à une température comprise entre 15 et 30 °C. Après 15 minutes et mieux entre 30 minutes et deux heures plus tard, la densité optique de la solution est mesurée au spectrophotomètre, à 882 $m\mu$ et dans des cuvettes de 10 cm de long. L'essai à blanc se fait avec 50 ml d'eau distillée. Si les réactifs sont valables la densité optique de ce dernier est généralement inférieure à 0,010. On

soustrait ce blanc de la densité optique de l'échantillon dont la concentration de phosphate est à mesurer.

Turbidité. — On devrait appliquer une correction de turbidité à la densité optique observée. Mais l'emploi d'un réactif fortement acide peut changer la turbidité originelle. Ainsi, il paraît plus logique de filtrer préalablement l'eau lorsqu'on soupçonne que la turbidité est assez importante pour affecter sensiblement les mesures.

Étalonnage. — On prépare une série d'échantillons ayant comme base l'eau de mer pauvre en phosphate et qu'on enrichit à l'aide de concentrations croissantes de phosphore entre 0,03 et 3,2 $\mu\text{g-at P/1}$. Dans cet intervalle, la loi de Beer est respectée, la courbe (droite) d'étalonnage est stable et, en plus, est indépendante du renouvellement des solutions de réactifs.

Comme solution mère pour enrichir les échantillons d'eau de mer, on utilise une solution de 0,4395 g de KPO_4H_2 dans un volume total de 100 ml. Sa concentration est de 1 g P/1 et à partir de cette solution on prépare des étalons plus dilués qu'il est nécessaire de renouveler journalièrement.

§ 2. Phosphore total en solution.

Dans la circulaire déjà citée du Fisheries Research Board of Canada il est signalé que la méthode de MURPHY et RILEY n'avait pas encore été appliquée au dosage du phosphore total, mais qu'elle était probablement utilisable dans ce sens, du fait de la stabilité de la couleur et de l'absence d'erreur due à la salinité.

Nous avons essayé de combiner la méthode de MURPHY et RILEY pour la détermination des phosphates avec l'hydrolyse du phosphore organique par l'acide sulfurique, faite en autoclave, d'après HARVEY (1955). Les résultats sont satisfaisants.

Dans la méthode de MURPHY et RILEY, après avoir ajouté le réactif, la concentration en acide sulfurique de l'échantillon est supérieure à la concentration que HARVEY utilise pour l'hydrolyse. Cela permet de faire l'hydrolyse avec la concentration en acide sulfurique recommandée par HARVEY et de préparer le réactif pour le dosage des phosphates avec une concentration en acide sulfurique telle que, ajoutée à l'échantillon après son hydrolyse, la concentration finale d'acide sulfurique soit la même que celle utilisée dans la méthode de MURPHY et RILEY.

L'hydrolyse se fait dans des flacons de verre Pyrex préalablement nettoyés à l'acide sulfurique concentré bouillant. Le résultat est le même qu'en utilisant des flacons de quartz. L'arséniate est réduit en arsénite avec du sulfite de sodium. Il est possible d'hydrolyser un grand nombre d'échantillons simultanément et la méthode s'est montrée très pratique à bord du navire.

Réactifs.

f) Acide sulfurique pour l'hydrolyse. — 75 ml d'acide sulfurique concentré ($d = 1,82$), pro analysi, s'ajoutent à 125 ml d'eau distillée.

g) Acide sulfurique dilué. — 50 ml d'acide sulfurique concentré ($d = 1,82$), pro analysi, s'ajoutent à 810 ml d'eau distillée.

h) Solution saturée de sulfite de sodium.

i) Réactif mélangé pour le dosage du phosphate. — On mélange 100 ml de la solution (a), 250 ml de la solution (g), 100 ml de la (c) et 50 ml de la (d) (cfr. dosage des phosphates).

Procédé. — On verse des échantillons de 50 ml d'eau de mer, obligatoirement filtrée à travers un filtre Millipore AA (pores de $0,8 \mu$), dans des flacons en Pyrex de 100 ml de capacité. On ajoute à chaque échantillon 1 ml du réactif (f) et 3-4 gouttes du réactif (h).

Les flacons sont protégés par des petits vases de Pyrex renversés en guise de couvercles et restent en autoclave pendant 5-6 h à $135-140^\circ\text{C}$. On les laisse refroidir, le volume de liquide est complété à 50 ml en ajoutant de l'eau distillée et le phosphore est dosé à l'aide de la même méthode qui a été décrite pour le dosage des phosphates sauf qu'on emploie le réactif (i) au lieu du réactif (e).

§ 3. Nitrites.

Nous avons utilisé la méthode de SHINN (1941), basée sur la réaction classique de GRIESS et telle qu'elle a été appliquée à l'eau de mer par STRICKLAND et PARSONS.

La méthode est simple, rapide, très sensible, sans interférences et n'est pas affectée par la salinité. Il est possible de déterminer des concentrations de nitrites de l'ordre de $0,01 \mu\text{g-at/l}$.

Il s'agit d'une réaction du nitrite en dissolution avec la sulfanilamide qui, en milieu acide, donne un sel de diazone, lequel copule avec N-(1-naphtyl)-éthylidiamine avec formation d'un colorant azoïque. La densité optique de la solution est mesurée à la longueur d'onde de $540 \text{ m}\mu$.

Réactifs.

j) Solution de sulfanilamide. — 5 g de sulfanilamide se dissolvent dans un mélange de 50 ml d'acide chlorhydrique concentré ($d = 1,18$) et 300 ml d'eau distillée.

On complète jusqu'au 500 ml avec de l'eau distillée. La solution est stable pendant plusieurs mois.

k) Solution de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylidiamine. — On dissout 0,5 g du produit dans 500 ml d'eau distillée. La solution doit être protégée de la lumière et être renouvelée à peu près chaque mois.

Procédé. — On ajoute 1 ml de la solution (j) à 50 ml de l'eau de mer à étudier. On mélange. Plus de deux minutes et moins de huit

minutes après addition du réactif (j), on ajoute 1 ml de la solution (k) et on laisse la réaction se continuer pendant un temps minimum de 10 minutes. Avant que deux heures se soient écoulées, on mesure la densité optique au spectrophotomètre à 540 $m\mu$, dans des cuvettes de 10 cm.

On fait un essai à blanc avec 50 ml d'eau distillée. La densité optique résultante doit être déduite de celle que donnent les échantillons dosés.

Pendant les mesures, les échantillons ne doivent pas être exposés aux rayons directs du soleil.

Turbidité. — Lorsqu'on travaille avec des eaux littorales où on soupçonne une turbidité non négligeable, celle-ci doit être déterminée immédiatement après addition du réactif (j) et sa densité optique doit être déduite du résultat final.

Etalonnage. — La courbe d'étalonnage peut être tracée à l'aide d'échantillons préparés avec de l'eau distillée puisque l'erreur due à la salinité est négligeable. La solution mère est préparée avec du nitrite de sodium. Le graphique d'étalonnage qu'on obtient est stable et indépendant de la série des réactifs. Il suit la loi de Beer jusqu'aux concentrations de nitrites bien supérieures à celles qu'on trouve dans l'eau de mer.

§ 4. Nitrates.

L'analyse est fondée sur la méthode décrite par MULLIN et RILEY (1955), en plus de quelques modifications introduites par STRICKLAND et PARSONS (1960) et d'autres introduites par la pratique en eaux méditerranéennes, c'est-à-dire, très pauvres.

La méthode est facile et donne une grande précision malgré que le temps nécessaire pour la réduction — 20 heures — et les recommandations de faire celle-ci dans un thermostat à suspension cardan, rendent le procédé un peu encombrant quand il s'agit de travailler avec un assez grand nombre d'échantillons à bord d'un navire. Nos données ne permettent pas de faire une étude statistique complète, mais nous croyons que l'emploi judicieux de la méthode permet de doser les nitrates avec une précision de l'ordre de 0,1 $\mu\text{g-at}/1$, si toutefois on emploie des cuvettes de 10 cm pour la lecture au spectrophotomètre.

La méthode est basée sur la réduction des nitrates en nitrites en utilisant le sulfate d'hydrazine en milieu à pH 9,6 environ et en présence de phénate sodique comme tampon. Les nitrites sont dosés par la méthode décrite dans le paragraphe précédent.

Avant la réduction, l'échantillon doit être passé au travers d'un filtre à pores fins, car la présence de particules de matière en suspension semble entraver la réduction.

Erreur due à la salinité. — La fraction des nitrates qui se réduit en nitrites diminue à mesure que la salinité de l'eau augmente. Le « facteur de salinité » est le rapport entre les densités optiques de

deux échantillons qui contiennent la même quantité de nitrites, l'un dans l'eau de mer, l'autre dans l'eau distillée. Le facteur salin mesuré au cours de la présente expédition est compris entre 0,64 et 0,68 avec une moyenne de 0,66 pour des salinités comprises entre 37 et 38 ‰. Ce facteur n'a pratiquement pas d'importance quand la courbe d'étalonnage se rapporte à une salinité peu variable ou si on adopte la méthode des incréments, comme il fut fait dans notre cas. Il intervient seulement aux essais à blanc en utilisant de l'eau bidistillée.

Influence de la température sur la réduction.

D'après des expériences faites en laboratoire, la température n'influence pas la réduction d'une façon appréciable entre 20 et 26 °C. D'après STRICKLAND, il convient que la température reste constante pendant les 4 premières heures après avoir ajouté le réducteur, car pendant cette période de petites variations peuvent affecter le cours de la réduction.

Dans nos expériences en laboratoire, la réduction se faisait dans un bain dont la fluctuation maximum de la température était d'un degré au cours d'une expérience, pour des températures comprises entre 20-26 °C. A bord, la température du laboratoire où se faisait la réduction oscillait entre 25 et 29 °C, mais jamais plus d'un degré au cours d'une détermination. En tout cas, une éventuelle différence dans la réduction due à une différence de température moyenne pour les diverses séries d'échantillons n'est pas à craindre puisque le dosage des nitrates s'est fait par la méthode des incréments et les échantillons à doser étaient incubés à la même température que les échantillons qui recevaient un enrichissement de nitrates.

Interférence des nitrites. — MULLIN & RILEY ont constaté que pendant la réduction par l'hydrazine, une fraction non négligeable du nitrite présent est détruite. La proportion est plus forte lorsque la concentration totale des nitrites est basse. D'après les résultats des auteurs cités et avec les concentrations peu élevées des nitrites présents dans nos eaux, la correction à appliquer au calcul des nitrates pour l'action des nitrites est négligeable.

Réactifs. — Tous sont de qualité « pro analysi » et préparés avec de l'eau récemment bidistillée dans un appareil en verre et sur permanganate. Le matériel en verre était soigneusement nettoyé à l'aide d'acide sulfurique concentré pendant quelques heures puis rincé à l'eau, lavé avec de l'hydroxide de soude 0,1 N et finalement rincé avec de l'eau distillée et bidistillée.

1) Solution de phénol. — 46 g de phénol sec sont dissous dans 1.000 ml d'eau. On filtre au travers d'un filtre en verre de porosité fine, on garde à l'abri de la lumière et dans un endroit froid. Le réactif est à re préparer lorsqu'il prend une couleur brune.

m) Solution d'hydroxide de Soude. — 14,5 g de NaOH sont dissous dans de l'eau. La solution étant refroidie, on la dilue à 1.000 ml. A con-

server dans un flacon en polyéthylène bien fermé et à renouveler avant qu'une carbonatation excessive ne se soit développée.

n) Solution tampon. — On mélange les solutions (l) et (m) à parts égales. Le mélange doit être fait juste avant l'emploi et ne peut pas se conserver plus d'une heure.

o) Solution de sulfate de cuivre. — 0,1 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sont dissous dans 1.000 ml d'eau.

p) Solution de sulfate d'hydrazine. — 7,25 g de sulfate d'hydrazine sont dissous dans 1 000 ml d'eau. On filtre sur filtre de verre de porosité fine et on garde à l'obscurité.

q) Solution réductrice. — C'est un mélange à parts égales des solutions (o) et (p). Le mélange doit être fait juste avant son emploi et il ne faut pas le garder plus d'une heure.

r) Acétone.

Procédé. — 50 ml d'eau à analyser, filtrés sur Millipore AA (pore de $0,8 \mu$) sont introduits dans un flacon Erlenmeyer à bouchon en verre et sont placés dans un bain thermostatique jusqu'à ce que la température se soit équilibrée. On ajoute 2 ml de la solution (n) et on agite légèrement en inclinant le flacon quand on le replace dans le bain. Quand le tampon a été ajouté à tous les flacons d'une série, on ajoute à chaque flacon, dans le même ordre, 1 ml de la solution réductrice (q) en agitant énergiquement. On place les bouchons et on laisse le bain au repos pendant un temps minimum de 20 heures. Pour les analyses à bord, le bain doit être monté sur suspension à la cardan.

Après le délai indiqué, on ajoute 2 ml d'acétone à chaque échantillon pour éliminer l'excès d'hydrazine, accordant un minimum de 2 minutes pour la réaction. Puis on ajoute 1 ml de solution (j) et on continue l'analyse comme dans le cas des nitrites. La densité optique se mesure au spectrophotomètre, à la longueur d'onde de $543 \text{ m}\mu$.

Turbidité. — Puisque les échantillons d'eau de mer sont préalablement filtrés, la turbidité en cause est celle qui apparaît pendant la réduction, avec formation d'une couleur brune qui est probablement due à l'oxydation du phénol. Le trouble est différent dans les échantillons d'eau de mer et dans ceux d'eau distillée. Il diminue en intensité quand on ajoute la sulfanilamide, mais continue à être visible et il ne peut pas être négligé lorsqu'on travaille avec des concentrations faibles et si on désire des résultats précis. La densité optique produite par cette turbidité est un peu fluctuante en intensité, probablement, d'après les conditions de la réduction. Elle est comprise entre 0,040 et 0,060 pour les essais à blanc avec de l'eau distillée et entre 0,030 et 0,050 pour les échantillons d'eau de mer en utilisant une cuvette de 10 cm. Cette absorption doit être mesurée immédiatement après avoir ajouté la solution de sulfanilamide.

Essai à blanc. — On procède comme dans les analyses ordinaires, en remplaçant l'eau de mer par 50 ml d'eau bidistillée. A la densité optique trouvée on soustrait celle due à la turbidité et la différence est multipliée par le « facteur salinité ». Après ces diverses corrections, la valeur du blanc est comprise entre 0,020 et 0,040 pour des cuves de 10 cm de transmission.

Étalonnage et calcul de la concentration des nitrates. — La courbe d'étalonnage, employée dans les travaux de laboratoire à terre, était basée sur des échantillons d'eau de mer très pauvres en nitrates et enrichis à l'aide de concentrations croissantes. La courbe suivait la loi de Beer, au moins jusqu'à des concentrations de l'ordre de 15 $\mu\text{g-at N-NO}_3/1$, et ne changeait pas dans les limites de température de réaction comprises entre 20 et 26 °C et pour différentes séries de réactifs.

Les conditions à bord étant moins uniformes que dans un laboratoire à terre, nous avons pensé que la méthode des incréments donnerait des résultats plus précis pour les analyses faites en mer. Nous avons pris des échantillons quadruples à un grand nombre de stations, et pour chacune de celles-ci à quelques profondeurs prédéterminées.

Deux des quatre échantillons furent dosés normalement et les deux autres après enrichissement avec une quantité de nitrate équivalente à 200 $\mu\text{g N-NO}_3/1$ (= 14,28 $\mu\text{g-at N}/1$). La différence moyenne entre la densité optique des échantillons non enrichis et enrichis correspond à une concentration en nitrate de 14,28 $\mu\text{g-at N}/1$.

Dès lors, il est aisé de calculer les concentrations de nitrates pour les différents échantillons d'eau de mer. Nous n'avons trouvé aucune différence dans les valeurs de l'incrément entre les profondeurs échantillonnées (tableau II).

TABLEAU II.

Dosage des nitrates. — Incrément de la densité optique à 543 $m\mu$ observée, après addition de 200 $\mu\text{g N-NO}_3/1$ pour des échantillons de différentes provenances et diverses conditions de travail.

Profondeur des prises d'eau (m)	Valeurs observées aux différentes stations						
	0	0,321	0,310	0,331	0,315	0,335	0,316
20	0,316	0,324	0,330	0,318	0,316		
75	0,331	0,313	0,316				
100	0,331	0,322	0,334	0,335	0,321	0,331	0,341
150	0,312						
250	0,327	0,330	0,344				
400	0,316						
500	0,313						
600	0,310						

Vu l'uniformité des valeurs, nous avons adopté la valeur moyenne pour le calcul des concentrations de nitrates.

La concentration des nitrates est calculée d'après la formule suivante :

$$C = \frac{S_1 - S_0 - B}{D_m} \times 14,28 \text{ } \mu\text{g-at N-NO}_3/\text{l}$$

ou :

S_1 = densité optique finale de l'échantillon.

S_0 = densité optique due à la turbidité, lue après addition de la sulfanilamide.

B = densité optique à blanc, corrigée de la turbidité et du « facteur salinité ».

D_m = densité optique moyenne correspondante à un incrément de 14,28 $\mu\text{g-at N/l}$ (tableau II).

B. RÉSULTATS.

Le tableau général donne les valeurs obtenues pendant la croisière. La limitation de personnel et de verrerie empêchèrent d'analyser les eaux de toutes les profondeurs échantillonnées et il fut nécessaire d'effectuer une sélection plus ou moins raisonnable des échantillons pour les différentes analyses.

Par exemple, il apparaît qu'il est plus intéressant d'effectuer l'analyse des nitrites pour les échantillons pris entre 75 et 125 m où il est vraisemblable de trouver des gradients plus forts qui demandent des mesures plus rapprochées. De ce fait, la distribution des données dans le tableau paraît irrégulière, mais l'ensemble est malgré tout éloquent.

L'extrême pauvreté en éléments nutritifs, en surface, pendant la stratification estivale de la Méditerranée, est une fois de plus confirmée. La concentration de nitrate, en surface, est un peu plus haute vers les côtes africaines, où le rapport N/P est plus élevé qu'ailleurs.

L'enrichissement, en profondeur, ne commence en général pas avant 100 m, c'est-à-dire bien en dessous du niveau de la thermocline principale à ce moment de l'année (25-60 m). Dans les plus grandes profondeurs étudiées (vers 600 m) la concentration maximum en phosphates dépasse peu 0,3 $\mu\text{g-at P/l}$.

La fraction de phosphore sous forme organique est excessivement petite. La différence entre la fraction phosphate et le phosphore total reste souvent dans les limites de l'erreur de la méthode ou est nulle.

Mais les moyennes de toutes les déterminations ont probablement une signification.

La concentration la plus forte en phosphore organique se trouve vers les 100 m de profondeur, dans la couche où les processus de décomposition sont probablement les plus intenses et devient minimum à des profondeurs plus grandes.

Mais, par rapport au phosphore total (phosphate + P-organique), la proportion la plus élevée de phosphore organique se trouve un peu plus près de la surface, au niveau de 50-75 m. Evidemment, une partie de ce phosphore « en solution » doit se trouver sous forme de très petites particules passant au travers d'un filtre Millipore de pore 0,8 μ .

Les données sur la concentration en phosphore dans les particules du seston retenues sur le filtre Millipore ne sont pas aussi nombreuses qu'on le désirerait, mais permettent de dresser le tableau IV basé, bien entendu, sur des moyennes.

TABLEAU III.

Concentration du phosphore organique en « solution » pour l'ensemble des stations étudiées. — Données du tableau général. — Chiffres moyens.

Profondeur approximative m	Nombre de valeurs dont on a tiré la moyenne	Moyenne $\mu\text{g-at P/l}$	Phosphore organique en % du P total dissous
0-20	48	0,018	52
50-75	22	0,023	62
100	13	0,039	49
125-600	40	0,009	6,5

TABLEAU IV.

Concentration du phosphore organique dans le seston retenu par un filtre millipore de pore 0,8 μ . Moyennes de l'ensemble des stations étudiées, d'après les données du tableau général. Le phosphore du phytoplancton a été estimé d'après la concentration en chlorophylle, en acceptant un rapport pondéral 0,40 : 1 entre chlorophylle a et phosphore.

Profondeur m (1)	Nombre de valeurs dont on a tiré la moyenne de la colonne (3) (2)	Phosphore seston total moyennes, $\mu\text{g-at P/l}$ (3)	Phosphore phytoplancton estimé sur toutes les stations $\mu\text{g-at P/l}$ (4)	Phosphore détritus et menu zooplancton, $\mu\text{g-at P/l}$ (5)
0-20	27	0,028	0,010	0,018
50-100	14	0,016	0,014	0,002
125-600 ...	11	0,023	0,009	0,014

On peut tenter une estimation de la fraction de ce phosphore contenu dans le phytoplancton qui forme une partie du seston. Les analyses de PARSONS et al. (1961) donnent un rapport pondéral, chlorophylle a : phosphore dans le phytoplancton à diatomées et dinoflagellés, de 0,59 : 1. Des estimations indirectes dans les eaux de surface très pauvres de la

Méditerranée occidentale nous ont donné un rapport plus bas, de l'ordre de 0,40 : 1. C'est ce rapport qui a été employé pour calculer les chiffres du tableau IV, qui sont assez vraisemblables.

En attendant une confirmation de ces résultats par des analyses plus nombreuses et plus précises, on peut accepter provisoirement que le matériel détritique est plutôt pauvre en phosphore, malgré qu'il soit plusieurs fois plus abondant que le phytoplancton.

La distribution des nitrites montre un maximum très clair autour des 100 m de profondeur (fig. 2). Sa concentration est négligeable aux autres profondeurs.

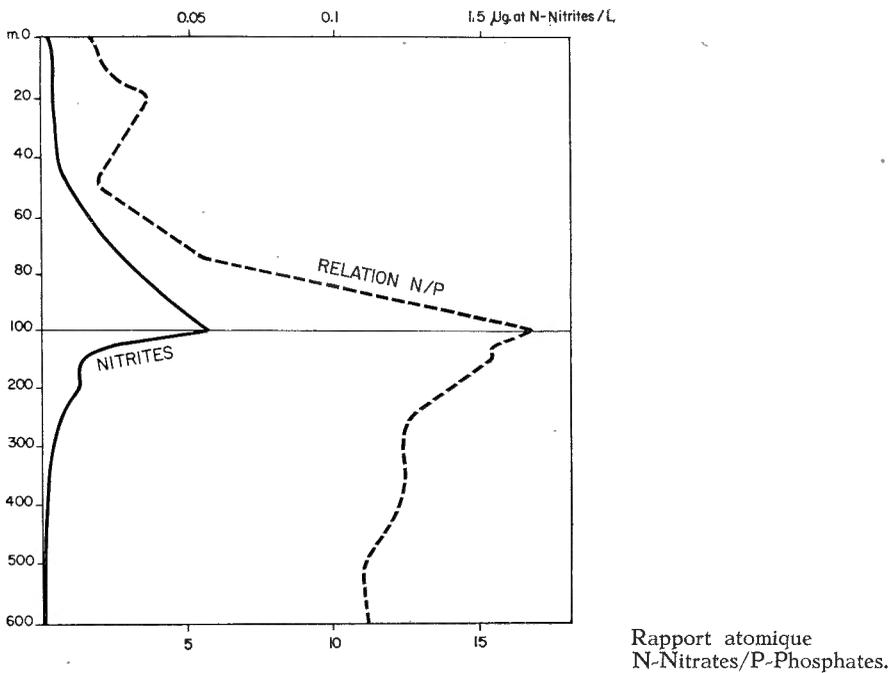


Fig. 2. — Distribution verticale moyenne (calculée sur toutes les stations) de la concentration des nitrites et du rapport atomique N-Nitrates/P-Phosphates.

Cela est en accord avec les notions généralement acceptées (RAKES-TRAW, 1936; VACCARO et RYTHER, 1960).

D'après ces derniers auteurs, les plus fortes concentrations en nitrites se produisent dans les cultures croissant sous une lumière faible et contenant des cellules qui reconstituent leurs réserves après une période de privation en azote. C'est la situation du phytoplancton qui se sédimente à ce niveau.

Aux concentrations relativement fortes de 0,06-0,12 µg-at N/1, sous forme de nitrites, correspond presque toujours pour les populations de

phytoplancton se trouvant au même niveau un index D_{430}/D_{665} relativement bas, de 2-3,7, valeurs que nous considérons comme indicatrices de cellules venant d'une eau appauvrie et se trouvant dans une eau riche en azote et phosphore. Il est probable que cet enrichissement en nitrites soit dû, en partie, à l'activité du phytoplancton comme le suggèrent les expériences de VACCARO et RYTHER (1960).

La distribution verticale du rapport N/P (N-nitrate/P-phosphate) est très instructive. Il est très bas en surface, exception faite de quelques stations méridionales, puis monte à un rapport atomique supérieur à 15 au niveau de 100 m de profondeur pour diminuer un peu et se stabiliser autour de 12 aux niveaux inférieurs (fig. 2).

La biologie des populations planctoniques et l'hydrologie doivent expliquer le profil vertical si caractéristique du rapport N/P. Il est probable, mais il reste à démontrer qu'il y ait une forte dénitrification en surface. Quant à l'exceptionnel enrichissement en azote d'un niveau avoisinant les 100 m de profondeur, bien plus profond que la thermocline, ainsi que l'apparition de nitrites en quantité considérable à ce même niveau, nous sommes enclins à les attribuer plutôt à un transport horizontal qu'à la décomposition de plancton sédimenté, sans pour autant exclure l'importance de ce dernier phénomène.

En effet, ce même niveau se caractérise par la présence d'une couche d'eau de température inférieure à 14°C interposée entre des couches plus chaudes et dont la salinité doit être relativement faible (fig. 15).

Par ailleurs, on a décrit fréquemment des couches d'eau relativement froides s'étendant entre 75 et 150 m de profondeur en Tyrrhénienne (ALIVERTI, 1963; KINZER, 1963; KRAUSS et DÜING, 1963).

Nous ne sommes pas en possession des résultats hydrologiques des expéditions de l'automne 1963, mais les données de température du tableau général suggèrent que cette couche plus froide aurait la forme d'un coin s'amincissant progressivement et disparaissant vers le sud. Cette eau a pu être formée près des côtes pendant la saison froide et sa grande richesse en azote témoignerait de son origine puisque les quelques données dont on dispose suggèrent que, près de l'embouchure des fleuves et partout le long des côtes, le rapport N/P est plus élevé qu'ailleurs, au moins en Méditerranée occidentale.

La Méditerranée est, bien sûr, une mer « descendante ». L'eau de surface d'origine plus ou moins « atlantique » se mélange, en été, sur une épaisseur d'environ 40 m et sa salinité monte par évaporation. Quand l'eau se refroidit, en hiver, spécialement le long des côtes, elle descend jusqu'à un niveau conditionné par sa densité et par l'ancienne stratification. On accepte que les eaux profondes méditerranéennes ont pour origine un tel processus, mais il est raisonnable de penser que le niveau riche en azote et relativement froid autour des 100 m ne constitue pas seulement le reste des eaux d'hiver de surface qui se conservent froides et, en été, forme le niveau de décomposition du plancton, mais qu'il peut être alimenté par des transports horizontaux qui amènent des eaux de

la proximité des côtes avec une intensité qui changerait d'année en année. Nous attirons l'attention sur l'importance que ce mécanisme aurait pour la fertilisation des eaux du large en Méditerranée. En bref, nous croyons qu'il faut étudier soigneusement la descente des eaux, en hiver, près de certaines côtes méditerranéennes et définir tous les niveaux auxquels il y a étalement de ces masses d'eau vers le large.

C. ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET PHYTOPLANCTON.

La corrélation entre la concentration en phosphates et en chlorophylle a, pour l'ensemble des échantillons (tableau XIV), n'est pas significative. Cela s'explique par le fait que les fortes concentrations en phosphates se trouvent à des niveaux où la lumière est insuffisante pour le développement du plancton végétal. Les rapports entre nitrates et chlorophylle a sont du même ordre mais le nombre d'analyse des nitrates étant trop faible, il n'en a pas été tenu compte dans le tableau d'analyse des corrélations.

Cependant, quand on prend en considération la profondeur, les rapports entre concentration en chlorophylle a et concentration en phosphates et nitrates sont clairs, comme on pouvait s'y attendre (tableau V).

TABLEAU V.

Concentration moyenne des phosphates et des nitrates dans les échantillons analysés, distribués d'après la profondeur d'origine et d'après la concentration en chlorophylle a. Entre parenthèses, le nombre de valeurs qui ont servi à calculer les moyennes.

Concentration des phosphates et nitrates en $\mu\text{g-at/l}$.

Concentration de chlorophylle a, en mg/m^3	De la surface à 100 m		De 125 à 600 m profondeur	
	P-phosphate	N-nitrate	P-phosphate	N-nitrate
0,00-0,09 ...	0,013 (48)	0,148 (19)	0,146 (17)	3,875 (11)
0,10-0,20 ...	0,019 (102)	0,173 (47)	0,136 (17)	3,750 (5)
0,20-0,41 ...	0,031 (25)	0,930 (14)	—	—

Même indépendamment des profondeurs, il y a une corrélation négative faible entre l'indice D_{430}/D_{665} et la concentration en phosphates.

Cet indice montre aussi un tel rapport avec la concentration en nitrates. Une corrélation négative apparaît clairement entre la concentration en nitrates et l'indice D_{430}/D_{665} lorsqu'on les compare séparément pour les différentes profondeurs. Ceci est d'ailleurs en accord avec toutes les conclusions expérimentales.

Tant de l'examen du tableau V, comme du fait que le rapport N/P est particulièrement bas en surface et pendant l'été, on peut conclure

qu'en Méditerranée et au moins pendant la saison de stabilité, l'azote tout comme le phosphore ou même davantage que celui-ci, joue un rôle comme facteur limitant le développement des populations planctoniques. On observe que les fortes accumulations de chlorophylle a coïncident avec un rapport N/P plutôt élevé.

Expériences d'enrichissement. — Des expériences d'enrichissement furent faites à deux reprises en utilisant diverses concentrations en nitrates et phosphates. Les cultures enrichies furent exposées à la lumière du jour sur le pont du navire et sans contrôle de la température. Les données présentées dans les tableaux VI à IX ont uniquement une valeur d'orientation.

Les chiffres fournis dans les tableaux représentent les taux d'incrément :

$$r = \frac{1}{t} \log_e \frac{N_t}{N_0}$$

t est le temps en jours écoulé depuis l'enrichissement. N_t et N_0 sont les concentrations en particules mesurées à la fin et au début de l'expérience par un compteur dimensionnel de particules. Deux seuils de comptage furent employés. U-2 comprenant toutes les particules y compris celles de très petites dimensions (bactéries) et U-8 uniquement les éléments du phytoplancton relativement gros (voir chapitre « Seston »). Aucune correction n'a été appliquée aux données du compteur et il faut rappeler que les comptages englobaient les particules vivantes et mortes. En réalité, ces données présentent de sérieuses limitations.

Les comptages sont insuffisants pour permettre une analyse statistique, mais l'emploi de quelques moyennes fait ressortir certaines régularités qui, pour le moins, ont une valeur d'orientation pour les recherches futures (tableau X).

TABLEAU VI.

Expériences d'enrichissement. — r , taux d'incrément des particules en suspension. Eau de la station C-3; profondeur : 10 m; température : 22,97 °C; phosphates : 0,02 $\mu\text{g-at P/1}$, nitrates : 0,18 $\mu\text{g-at N/1}$. Les erlenmeyers de culture furent exposés à lumière faible sur le pont et recouverts d'une feuille en plastique. Durée de l'expérience : 7 jours.

		« Nannoseston ». Compteur de particules au seuil U-2				« Micrososton ». Compteur de particules au seuil U-8			
Nitrate ajouté : $\mu\text{g-at N/1}$		0,0	0,5	5,0	50,0	0,0	0,5	5,0	50,0
Phosphate ajouté : $\mu\text{g-at P/1}$...	0,00	0,22	0,23	0,24	0,26	0,10	0,04	0,15	0,27
	0,03	0,24	0,16	0,18	0,22	0,09	0,13	0,02	0,17
	0,32	0,26	0,22	0,18	0,17	— 0,03	— 0,03	0,11	0,10
	3,23	0,23	0,14	0,18	0,28	0,13	0,10	0,15	0,11

TABLEAU VII.

Expériences d'enrichissement. — r, taux d'incrément des particules en suspension. Eau de la station C-3; profondeur: 75 m; température: 20,75 °C; phosphates: 0,04 µg-at P/1, nitrates: 0,35 µg-at N/1. Les erlenmeyers de culture furent exposés à lumière faible sur le pont et recouverts d'une feuille en plastique. Durée de l'expérience: 7 jours.

		« Nannoseston ». Compteur de particules au seuil U-2				« Microseston ». Compteur de particules au seuil U-8			
Nitrate ajouté : µg-at N/1		0,0	0,5	5,0	50,0	0,0	0,5	5,0	50,0
Phosphate ajouté : µg-at P/1 ...									
	0,00	- 0,10	- 0,26	0,01	0,04	0,00	0,01	0,13	0,17
	0,03	0,03	- 0,22	0,02	- 0,05	0,03	0,01	- 0,01	0,03
	0,32	0,01	- 0,03	0,04	0,04	0,15	0,13	0,15	0,04
	3,23	0,10	0,00	0,05	0,03	- 0,05	0,15	0,05	0,03

TABLEAU VIII.

Expériences d'enrichissement. — r, taux d'incrément des particules en suspension. Eau de station 23; profondeur: 10 m; température: 22,93 °C; phosphates: 0,01 µg-at P/1. Les erlenmeyers furent exposés à lumière intense sur le pont en plein jour. Durée de l'expérience: 10 jours.

		« Nannoseston ». Compteur de particules au seuil U-2				« Microseston ». Compteur de particules au seuil U-8			
Nitrate ajouté : µg-at N/1		0,0	2,5	10,0	37,5	0,0	2,5	10,0	37,5
Phosphate ajouté : µg-at P/1 ...									
	0,00	0,10	0,15	0,16	0,17	- 0,05	0,03 ^N	0,08 ^C	0,02
	0,16	0,20	0,24	0,26	0,24	0,07 ^C	0,18 ^C	0,18 ^C	0,23
	0,80	0,16	0,22	0,23	0,26	0,03 ^C	0,36 ^C	0,14	0,14 ^S
	2,42	0,09	0,21	0,22	0,14	0,02 ^N	0,22	0,20 ^S	0,07
Dominance de <i>Chaetoceros</i> (C), <i>Skeletonema</i> (S), <i>Nitzschia</i> (N).									

TABLEAU IX.

Expériences d'enrichissement. — r, taux d'incrément des particules en suspension. Eau de la station 23; profondeur: 100 m; température: 16°C; phosphates: 0,02 µg-at P/1. Les erlenmeyers furent exposés à lumière intense sur le pont et en plein jour.

Durée de l'expérience: 10 jours.

		« Nannoseston ». Compteur de particules au seuil U-2				« Microseston ». Compteur de particules au seuil U-8			
Nitrate ajouté : µg-at N/1		0,0	2,5	10,0	37,5	0,0	2,5	10,0	37,5
Phosphate ajouté : µg-at P/1 ...	0,00	0,14	0,11	0,07	0,01	0,36	0,15	0,18 ^W	0,18 ^N
	0,16	0,06	0,11	0,23	0,22	0,19	0,31	0,55	0,53
	0,80	0,10	0,16	0,00	0,05	0,42 ^S	0,32	0,10	0,32
	2,42	0,14	0,17	0,19	0,21	0,41	0,52	0,53	0,30
Dominance de <i>Nitzschia</i> (N), <i>Skeletonema</i> (S), diatomées déformées (W).									

TABLEAU X.

Expériences d'enrichissement. — Résumé des tableaux VI-IX en employant les moyennes arithmétiques des taux d'incrément de la concentration des particules en suspension.

A. Eau superficielle (10 m de profondeur). Moyennes des deux expériences réunies (stations C-3 et 23).

		Compteur au seuil U-2		Compteur au seuil U-8	
Nitrate ajouté : µg-at N/1		0-2,5	5-50	0-2,5	5-50
Phosphate ajouté : µg-at P/1 ...	0,02	0,19	0,22	0,07	0,14
	0,3-3,3	0,19	0,21	0,10	0,13

B. Eau de 75 - 100 m de profondeur incubée à la lumière de surface. Les moyennes des deux expériences sont indiquées séparément. Le premier chiffre se rapporte aux résultats de la station C-3 (lumière d'incubation faible), le deuxième chiffre à ceux de la station 23 (lumière d'incubation forte).

		Compteur au seuil U-2		Compteur au seuil U-8	
Nitrate ajouté : µg-at N/1		0-2,5	5-50	0-2,5	5-50
Phosphate ajouté : µg-at P/1 ...					
	0-0,2	- 0,14/0,11	0,00/0,13	0,01/0,25	0,08/0,34
	0,3-3,3	0,02/0,14	0,04/0,11	0,10/0,42	0,07/0,31

Les seules affirmations que l'on peut risquer sont les suivantes : (1) en surface, les populations sont contrôlées plus par l'azote que par le phosphore, tandis qu'en profondeur, le phosphore est plus limitant. (2) Dans les échantillons de surface, l'augmentation des éléments plus petits (bactéries et petits flagellés) est particulièrement stimulée par l'enrichissement, mais pour les échantillons de profondeur c'est le microplancton (diatomées) qui pousse le plus rapidement. (3) Paradoxalement, un enrichissement déséquilibré (en faveur de N ou de P) semble plus efficace qu'un enrichissement équilibré pour les populations inoculées. (4) L'effet de l'enrichissement est faible, ce qui fait supposer l'existence d'autres facteurs limitants, par exemple le fer.

Fertilisation des eaux de surface en été. — Les eaux superficielles méditerranéennes deviennent très pauvres en éléments nutritifs pendant l'été. L'épuisement en azote est probablement plus complet que celui en phosphore. Dans ces conditions la présence, dans le plancton, de cyanophycées fixatrices éventuelles de N peut être significative. Des *Trichodesmium* et des *Richelia* apparaissent sporadiquement dans le plancton méditerranéen. Leur physiologie mériterait d'être étudiée à fond.

Il se produit toujours, en été et de façon discontinue, des enrichissements locaux des eaux de surface qui sont suivis de proliférations du phytoplancton.

Ces enrichissements ne peuvent pas se faire au niveau de la thermocline principale puisque leur source se trouve dans des couches plus profondes et en conséquence, demandent des mécanismes plus profondément enracinés, liés probablement à des mouvements tourbillonnaires de dimensions assez grandes ou à des perturbations de la structure hydrologique d'un autre genre, par exemple du type de celle décrite sommairement dans une autre section (p. 39).

III. LE SESTON.

A. MÉTHODES.

Au cours de cette croisière, nous avons essayé l'emploi routinier d'un compteur dimensionnel appliqué à l'étude des particules microscopiques. Il existe de nombreux modèles commerciaux utilisés surtout pour le comptage des globules du sang. Le principe de l'appareil est simple. Deux électrodes immergés dans un liquide conducteur, en l'occurrence le liquide à analyser, sont séparées par une cloison percée d'un petit trou au travers duquel passe le liquide. Chaque particule en suspension dans le liquide détermine, au moment de son passage par le trou, une variation dans le courant entre électrodes d'où un pulse qui est filtré, amplifié et compté. Plusieurs auteurs ont essayé d'appliquer cette méthode au comptage des organismes unicellulaires. HASTINGS et al. (1962), GRANT et al. (1960), EL-SAYED et LEE (1963), MALONEY et al. (1962), TOENNIES et al. (1961), ZELLNER et al. (1963).

L'appareil employé était construit par la firme Sansar de Milan. Nous avons employé un trou de 175μ de diamètre et des volumes de 1 ml qui mettent approximativement 14 secondes pour passer au travers de celui-ci. Les échantillons d'eau furent prélevés au moyen des bouteilles « Nansen » ou à l'aide d'un tuyau en chlorure de polyvinyle relié à une pompe péristaltique. Chaque échantillon était analysé 11 fois, respectivement aux seuils 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 et chaque fois avec une sensibilité moyenne (50). Les bulles d'air doivent être évitées et le niveau supérieur du liquide dans le récipient contenant l'échantillon doit se trouver à moins d'un centimètre de distance du trou de mesure. L'appareil doit être bien connecté à une masse et il faut éviter les fluctuations du voltage d'alimentation.

L'usage pratique de l'appareil pose certains problèmes. Il se produit notamment une coïncidence dont l'importance augmente avec la densité des populations et avec le diamètre du trou. Les comptages seraient naturellement plus précis en utilisant un trou plus petit. Avec des populations relativement denses (de l'ordre de milliers par ml), l'usage d'un trou de 87μ de diamètre donne des comptages en moyenne dix fois plus forts que l'emploi d'un trou de 175μ . Mais un trou trop petit est rapidement bouché par les éléments du plancton et nous pensons qu'il convient de ne pas descendre beaucoup en dessous de 175μ de diamètre. Pour certains seuils, plusieurs cellules petites passant ensembles, induisent un pulse au même titre qu'une seule grande. Il y a un effet d'agglutination et de sédimentation, malgré l'emploi indispensable d'un agitateur.

L'appareil compte tout sans discriminer : organismes et particules détritiques. Or on sait qu'en mer, la quantité de celles-ci dépasse celle des organismes. Enfin il y a une erreur due au bruit de fond électronique particulièrement important aux seuils très bas. Dans ces conditions aussi la coïncidence est forte. Cependant, en utilisant des conditions de travail

très précises, on peut arriver à des mesures très satisfaisantes. Par exemple, utilisant des cultures axéniques de *Platymonas* ou de *Nitzschia*, en employant un trou de 87μ et le seuil U-5, on obtient des chiffres qui correspondent aux densités réelles des cultures lorsque la densité de celles-ci est moyenne. Pour les densités très fortes (de l'ordre de 100.000 cellules/ml), les chiffres tombent à 70 % de la densité réelle, du fait de la coïncidence.

Au cours d'essais effectués dans les eaux méditerranéennes au voisinage de Barcelone, et avec le trou de 175μ , le nombre de cellules du phytoplancton correspondait aux chiffres obtenus pour les seuils compris entre U-5 et U-10. La variabilité dépendait de la proportion des détritus, du type du phytoplancton, etc... Ces expériences, comme toutes celles faites en mer, ont été répétées avec le trou de 87μ , quand celui-ci ne se bouchait pas. Les chiffres furent de l'ordre de 2 à 10 fois plus forts témoignant de l'effet des particules très petites, abondantes et en majeure partie de nature détritrique. Ces recherches d'orientation et d'autres seront probablement publiées dans un autre article.

La conclusion est que l'appareil doit être considéré de la même manière qu'un sondeur à écho. Il donne une information qu'il faut interpréter. Puisqu'on ne peut pas discriminer les particules vivantes des mortes et des inorganiques, il serait illusoire de vouloir appliquer des corrections (effet de coïncidence).

Pour le moment, nous avons utilisé l'appareil empiriquement en essayant de voir s'il y avait reproductibilité dans les résultats et correspondance avec les caractéristiques du seston ou du phytoplancton, appréciées par d'autres techniques. Quant à la reproductibilité voyons, par exemple, les mesures répétées sur un même échantillon d'eau (Station 39-T, 100 m prof., tableau XI).

Comme on peut s'en rendre compte, et ainsi qu'il faut s'y attendre, le coefficient ou déviation standard relative augmente avec les seuils et est au maximum pour le seuil 10 celui-ci ne comptant plus que les grosses particules. Il y aurait donc lieu, si on désire avoir la même précision pour chaque seuil, d'augmenter le nombre de répétitions au fur et à mesure qu'on se rapproche du seuil 10.

B. RÉSULTATS.

La présentation des résultats numériques donnerait une fausse apparence de précision et occuperait trop d'espace, aussi nous avons préféré une représentation graphique où les densités (sans correction) par ml et pour les seuils U-1, 2, 3, 4, 6, 8 et 10 ont été portées sur une échelle logarithmique.

Ces données doivent être interprétées comme celles fournies par un granulomètre. Par exemple, la valeur au seuil inférieur U-1 donne le

TABLEAU XI.

Reproductibilité des valeurs obtenues au compteur dimensionnel.
Mesures portant sur le même échantillon et effectuées en 10 répétitions
aux 10 seuils différents. (Stations 39-T; prof. 100 m.)

Répé- tion	Seuils										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4960	2896	540	76	44	72	31	55	33	45	21
2	4750	2924	531	71	55	52	32	50	18	36	21
3	4767	2931	563	76	41	37	17	39	22	35	30
4	4780	2962	517	75	54	37	38	27	23	30	35
5	4585	2994	574	91	54	55	37	42	28	25	15
6	4591	3075	557	75	55	47	28	32	22	26	21
7	4425	2973	660	85	54	32	41	33	25	26	23
8	4749	3117	604	61	47	43	29	29	16	30	22
9	4477	3242	580	64	49	44	34	27	21	22	17
10	4183	2854	787	83	52	37	31	27	24	21	13
\bar{X} (moyenne de l'échan- tillon)	4626,7	2996,8	591,3	73,6	50,4	45,6	31,8	38,1	23,2	29,6	21,8
S (déviati- on stan- dard de l'échan- tillon)	223,0	116,7	79,8	9,4	5,0	11,8	6,65	10,3	4,8	7,1	6,6
C (déviati- on stan- dard relative)	0,048	0,039	0,135	0,128	0,100	0,258	0,209	0,271	0,208	0,239	0,303

nombre proportionnel à toutes les particules au-dessus d'une dimension minimum; le seuil U-2 donne le nombre de celles, parmi les précédentes, qui dépassent une limite de dimension un peu plus grande et ainsi de suite jusqu'au seuil U-10 qui recense seulement les éléments du micro-plancton assez gros et les plus grandes particules détritiques.

Mais, évidemment, les limites ne sont pas tranchées et il faut considérer les distributions en termes de probabilités, comme dans le cas de l'effet sélectifs de différents filets employés pour la pêche du plancton.

En sus des causes d'erreur mentionnées ci-dessus, il semble que même des cellules de même volume peuvent donner des signaux différents si elles sont différemment constituées (par ex. diatomées et coccolitophoridées). Du fait de la concentration relativement basse du phytoplancton méditerranéen, l'emploi d'un trou à gros diamètre (175 μ) est possible sans que les erreurs dues à la coïncidence ne soient importantes. Les figures 3 à 7 représentent l'ensemble des données recueillies.

L'intérêt le plus grand de l'appareil paraît être la détection des irrégularités à petite échelle dans la distribution du seston. Malheureusement les points d'échantillonnage n'étaient pas assez voisins pour le démontrer.

Les mesures portent sur des échantillonnages effectués, d'une part, par pompages en continu et en surface au cours des trajets du navire et, d'autre part, lors des stations fixes aux profondeurs nominales de 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600; quelquefois aussi aux profondeurs de 25, 40, 60 m. Les profondeurs nominales sont celles filées au câble d'hydrologie, les profondeurs réelles étant celles déduites des calculs hydrologiques et reportées au tableau général.

Les figures 3 à 7 ont été tracées à l'aide des profondeurs nominales. Les différences qui découlent du fait d'utiliser celles-ci au lieu des profondeurs réelles, n'altèrent pas les conclusions générales préliminaires. Les valeurs situées entre les points de mesure ont été interpolées arbitrairement, le but présent étant d'avoir une vue d'ensemble des résultats pour juger de l'utilité de la méthode. Seules ont été représentées les valeurs pour les seuils U-2, 3, 4, 6, 8, 10. Les chiffres fournis par le seuil U-4 sont représentés par un trait double. Pour d'autres recherches effectuées en Méditerranée, les chiffres fournis par ce seuil étaient assez représentatifs de la richesse en phytoplancton, raison pour laquelle nous les avons fait ressortir de l'ensemble des données. En outre, ils facilitent l'interprétation des graphiques en fournissant une sorte de repère principal. La représentation à l'échelle logarithmique et, de ce fait, la réduction des figures font perdre une précision — inutile — aux données originelles.

Au point de vue de l'étude de la distribution du plancton, ces graphiques ont peut-être moins de valeur que les échogrammes pour l'étude de la distribution des poissons. Ce sont des données de valeur analogue à celles fournies par un turbidimètre, mais avec l'avantage d'un fractionnement par dimensions.

Dans notre travail de dégrossissage préliminaire nous ne pouvions risquer de perdre trop de temps à faire une analyse numérique détaillée. Dans l'ensemble, on observe une bonne régularité dans la distribution verticale. En surface, la variabilité entre stations voisines est grande mais la concentration diminue vers un minimum assez régulier à 10-15 m

Les figures de 3 à 7 représentent l'ensemble des données recueillies. Sur chacune de celles-ci sont indiqués :

1. — Une carte reproduisant les stations et les trajets reliant celles-ci.
2. — Un premier type de graphique où l'on trouve les mesures effectuées en surface le long des trajets. En abscisse, les lettres et les nombres représentent les stations entre lesquelles les points indiquent les prises d'échantillons intermédiaires. En ordonnée, la densité des particules par ml en échelle logarithmique pour les seuils U-1, 2, 3, 4, 6, 8 et 10.
3. — Un deuxième type de graphique où, pour chacune des stations, on représente la densité des particules par ml, en échelle logarithmique, en abscisse. En ordonnée, la profondeur des prises d'échantillons en mètres.

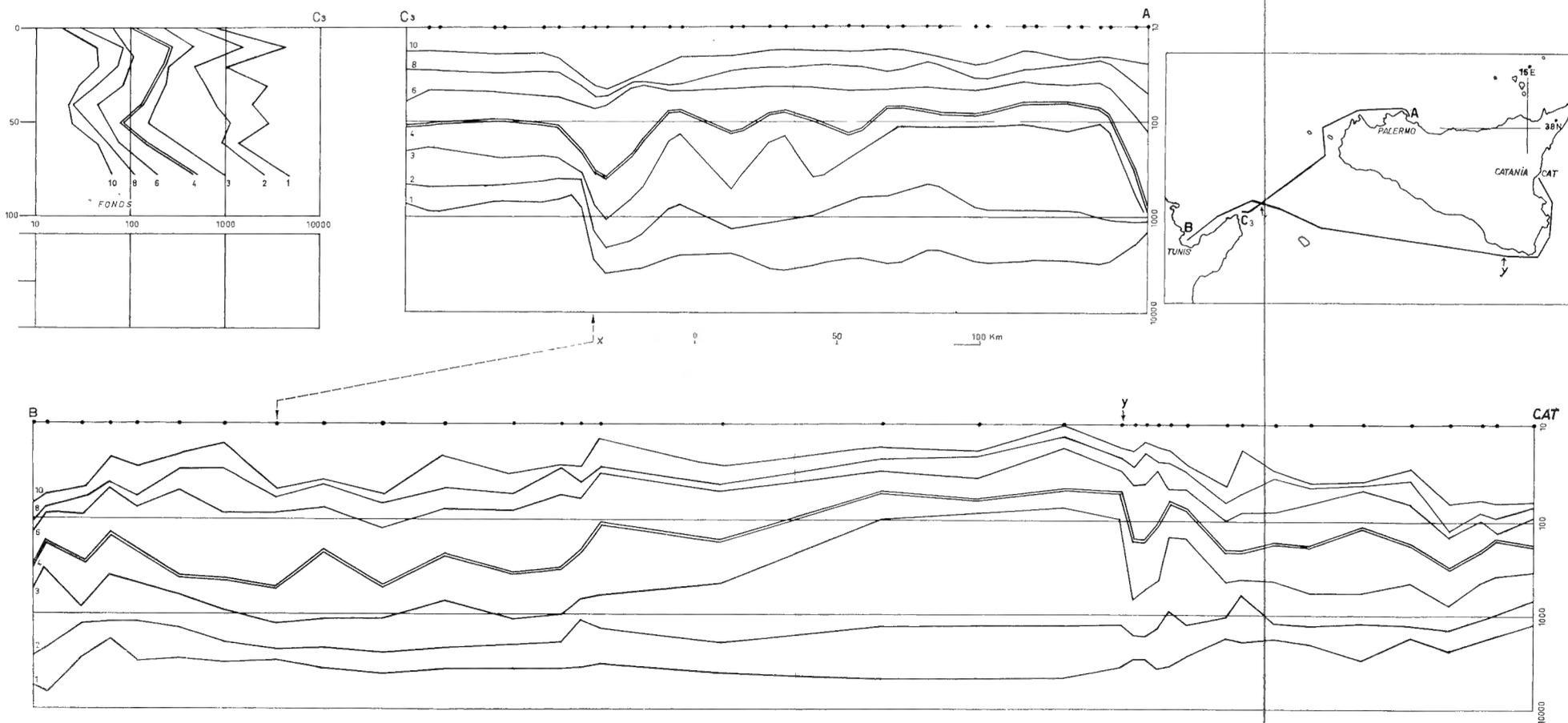


Fig. 3.

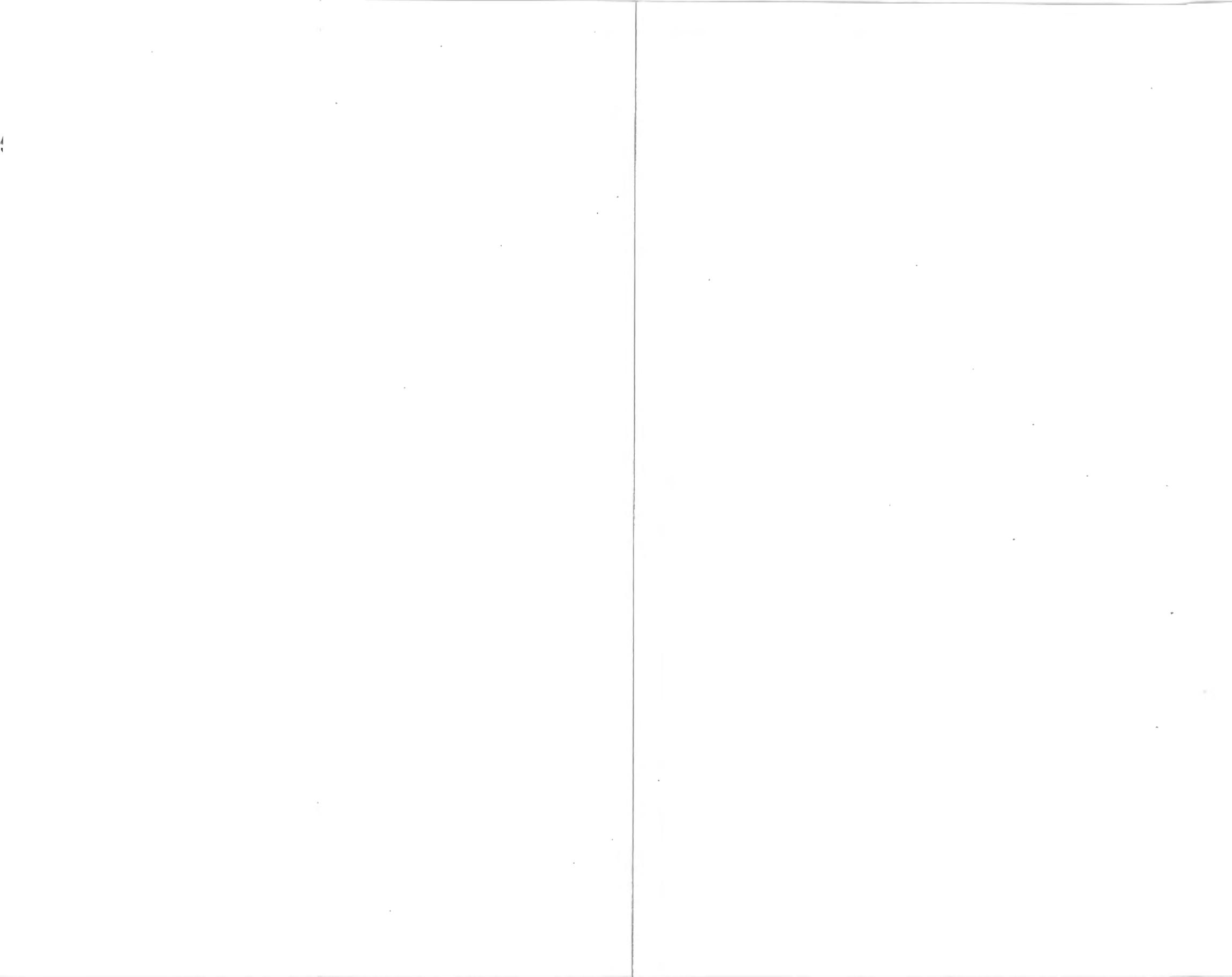
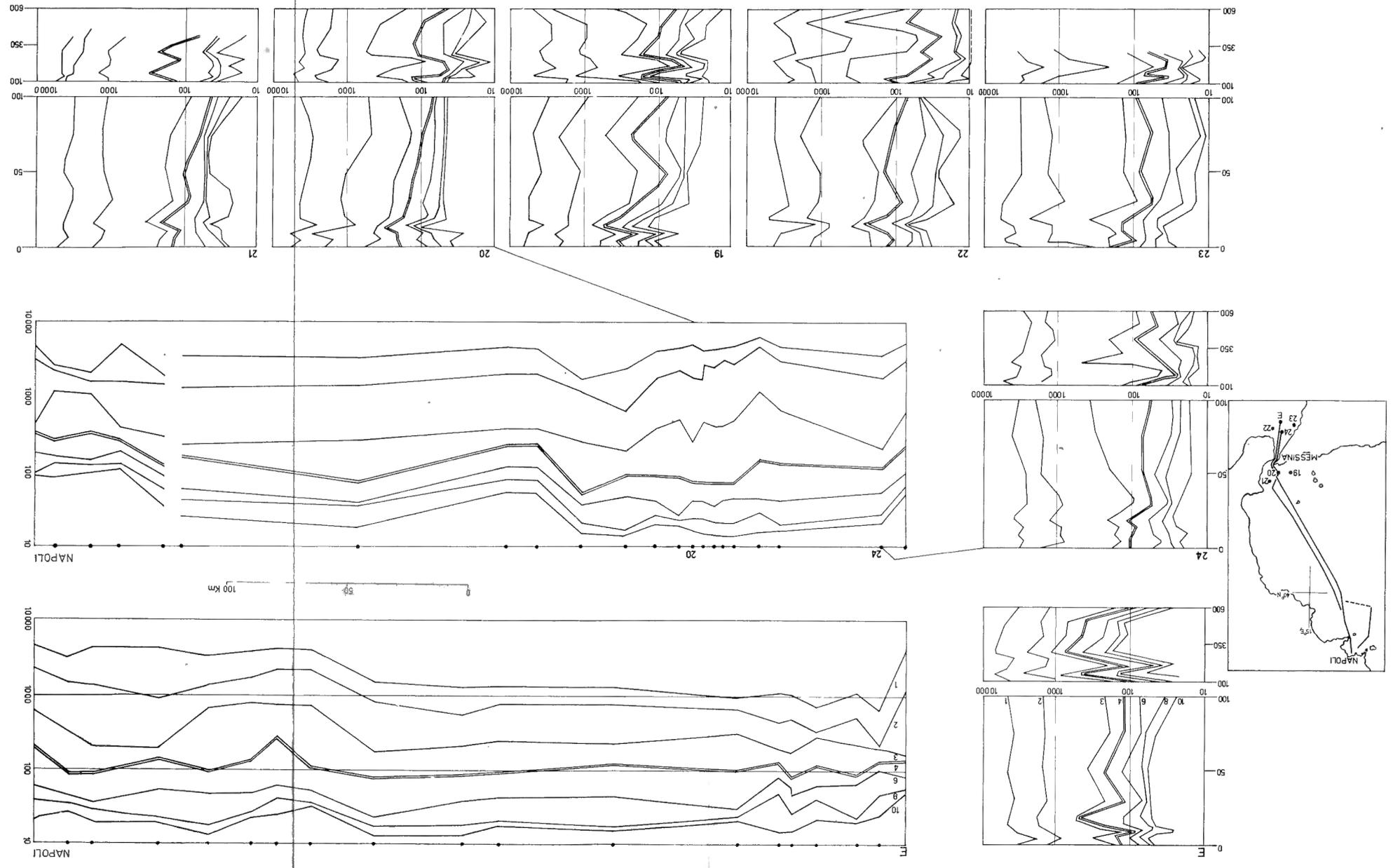
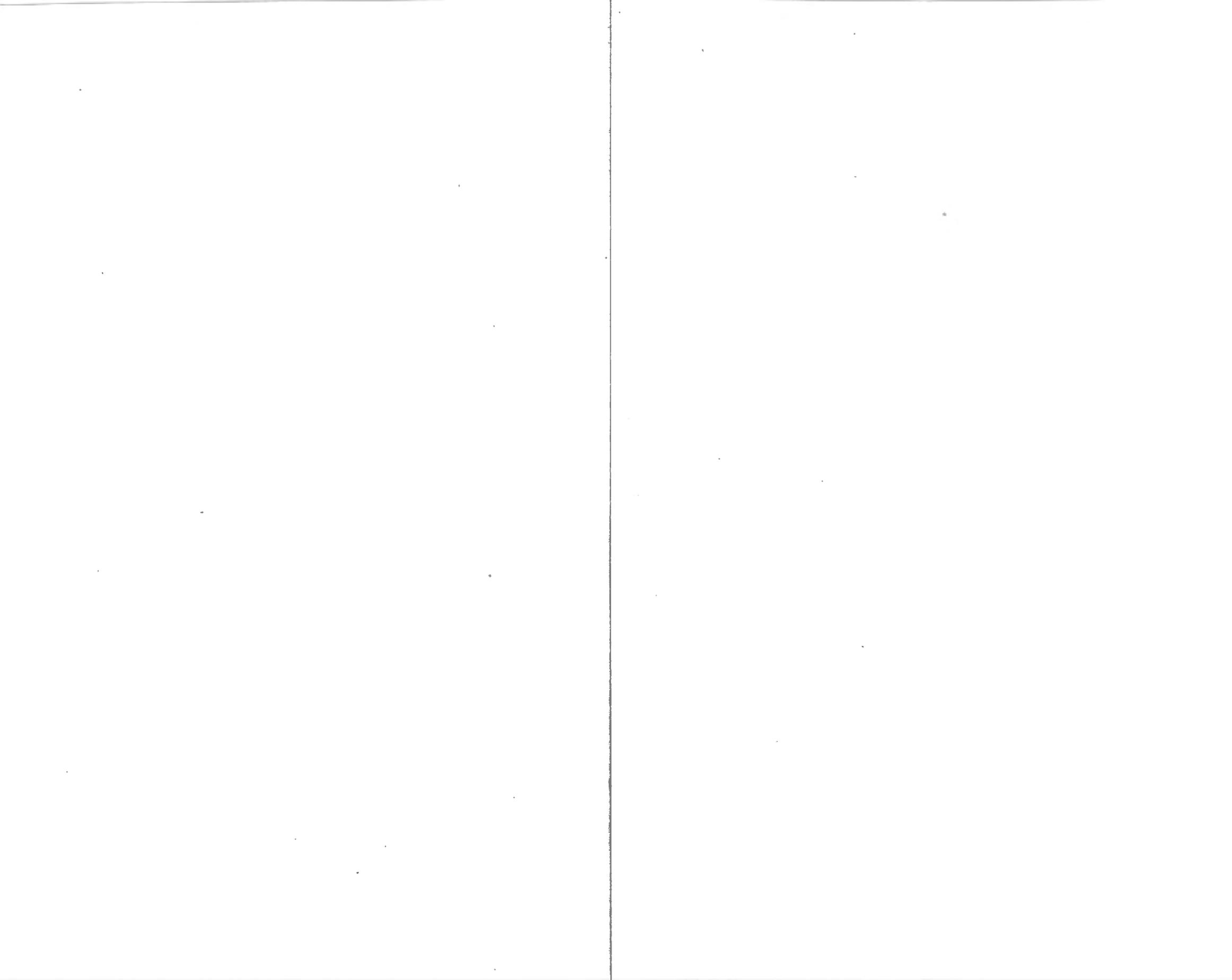


Fig. 4.





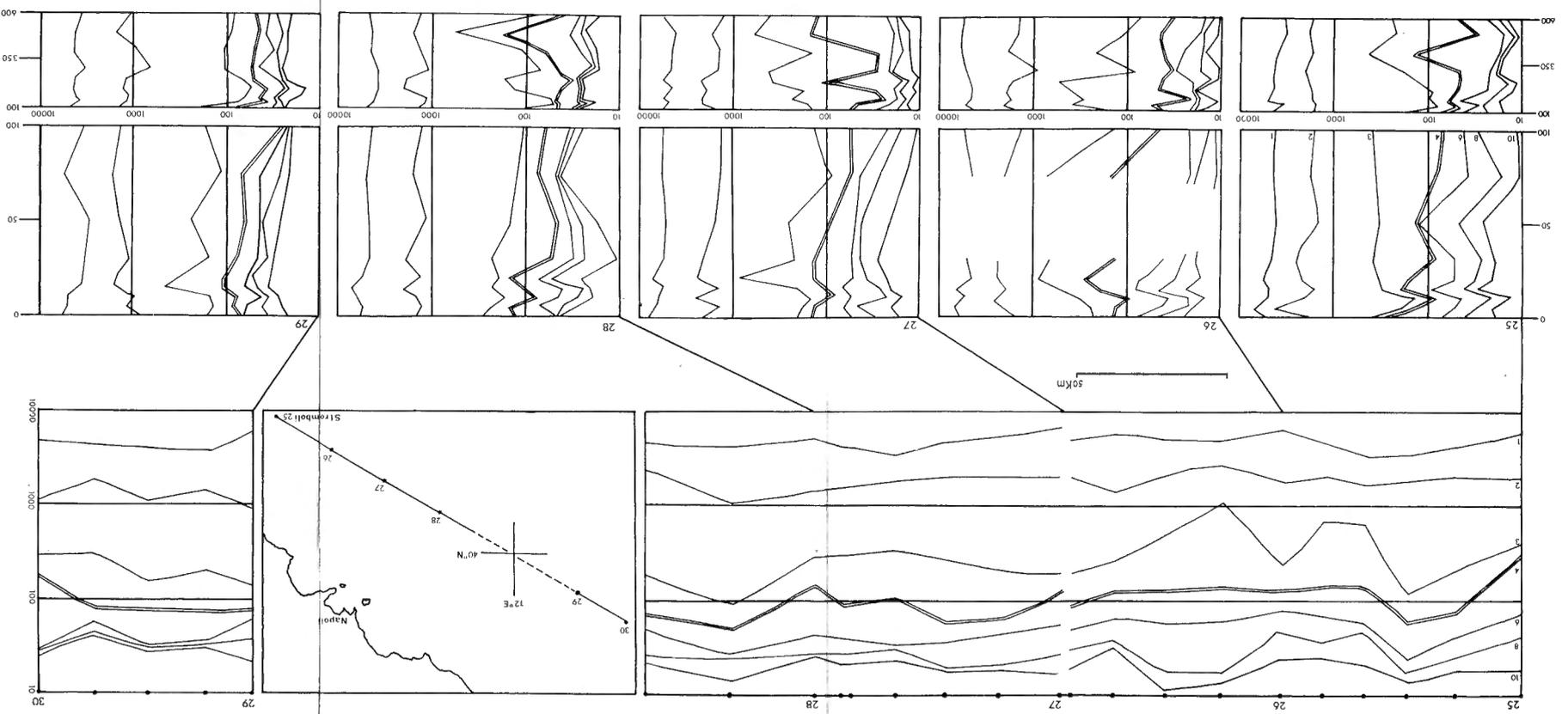
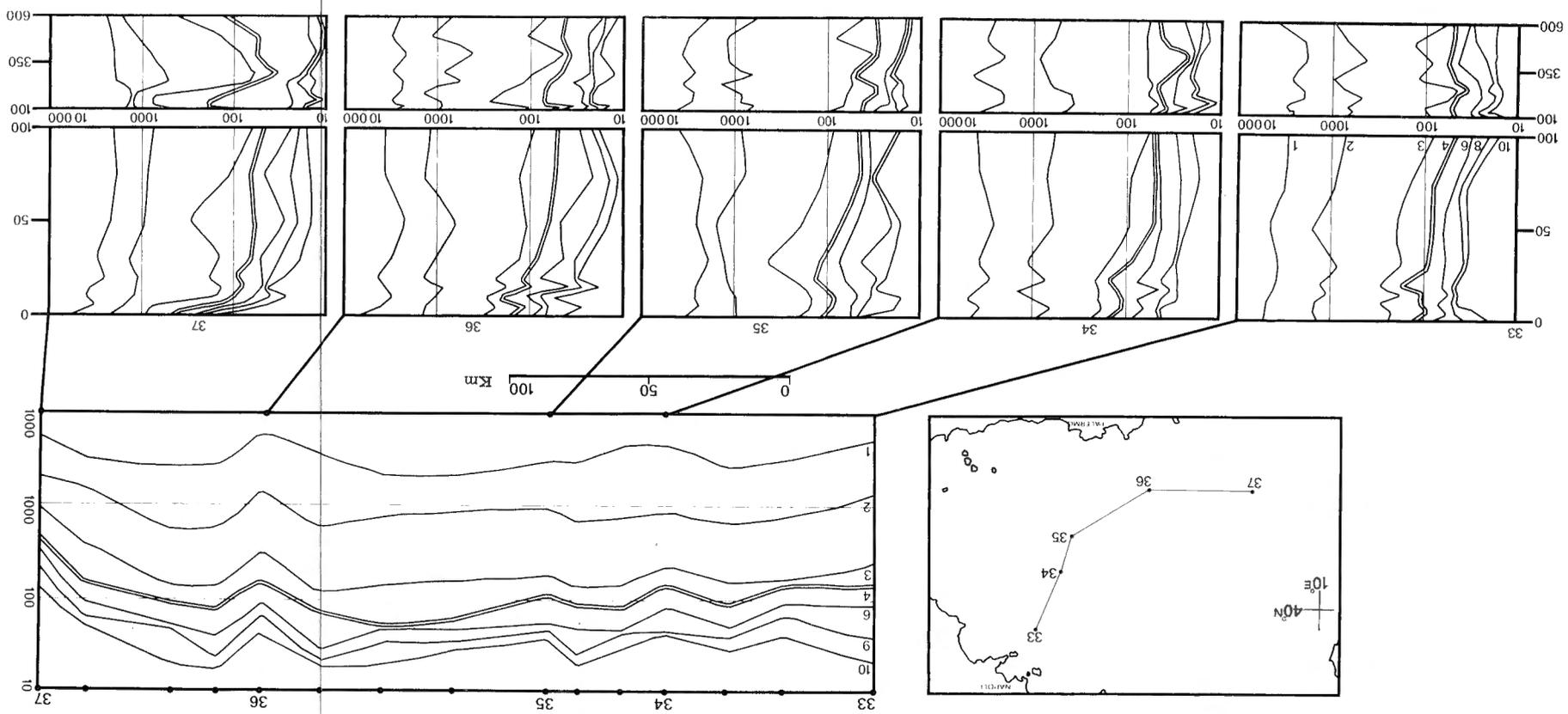


Fig. 6.

Fig. 5.

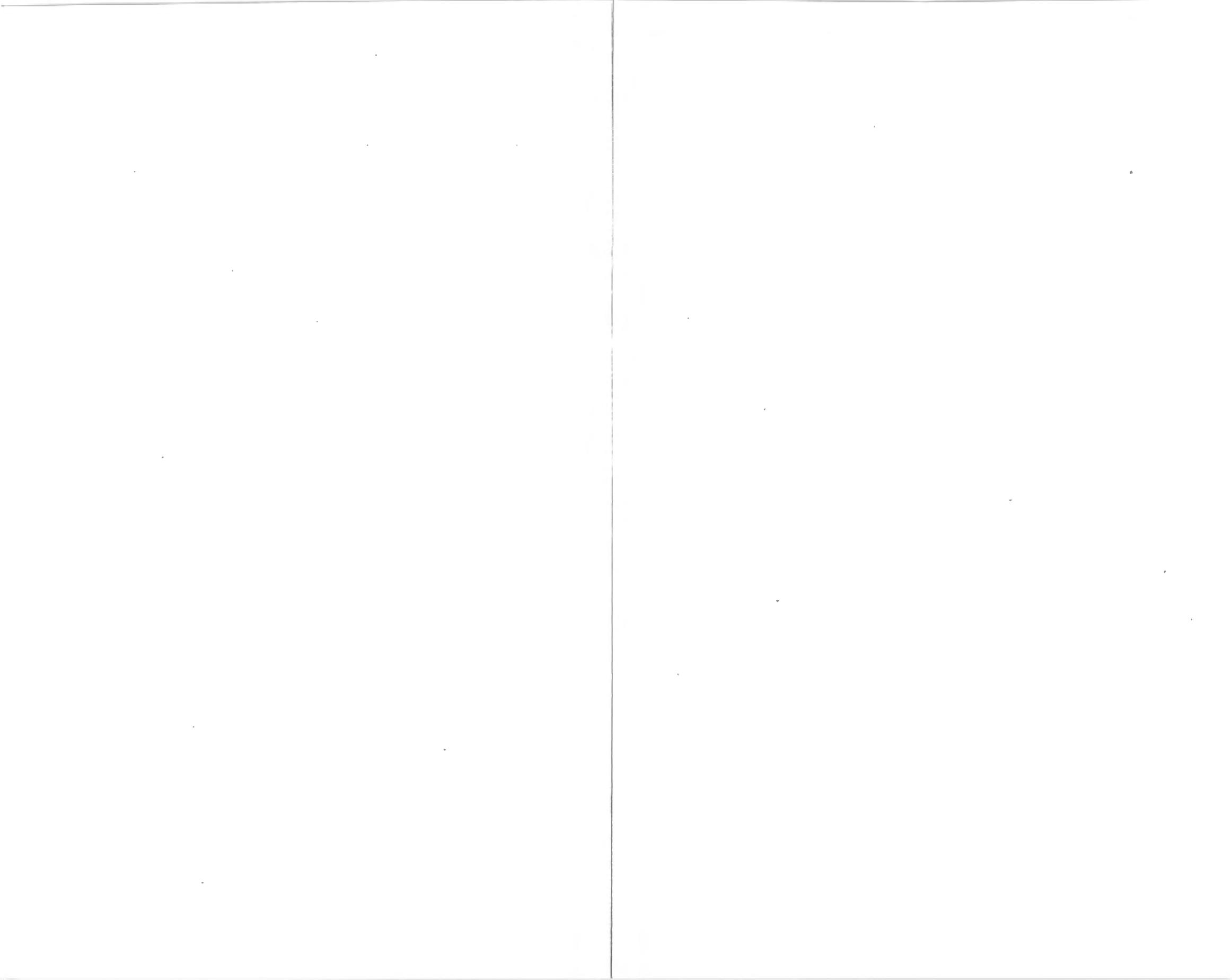
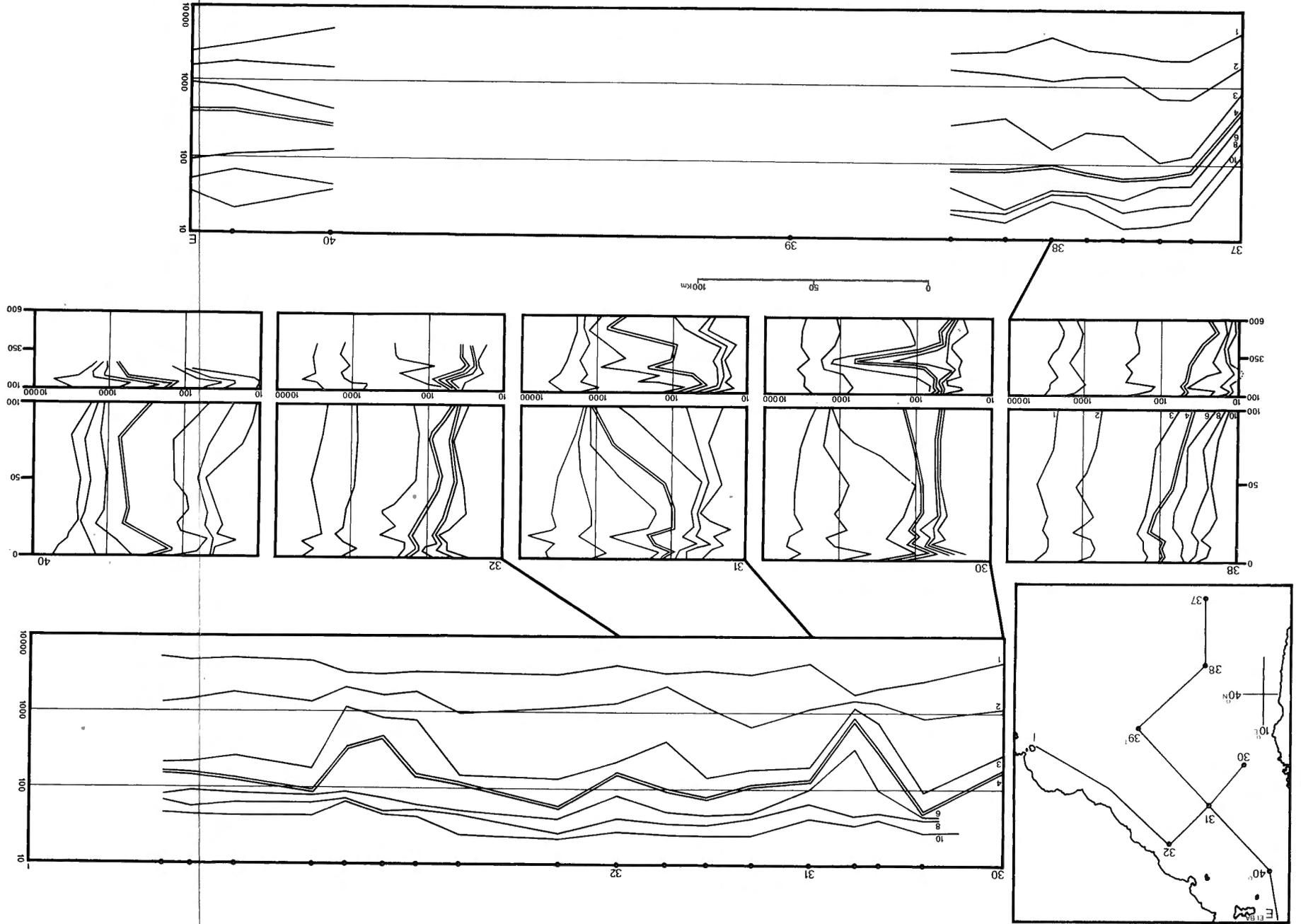
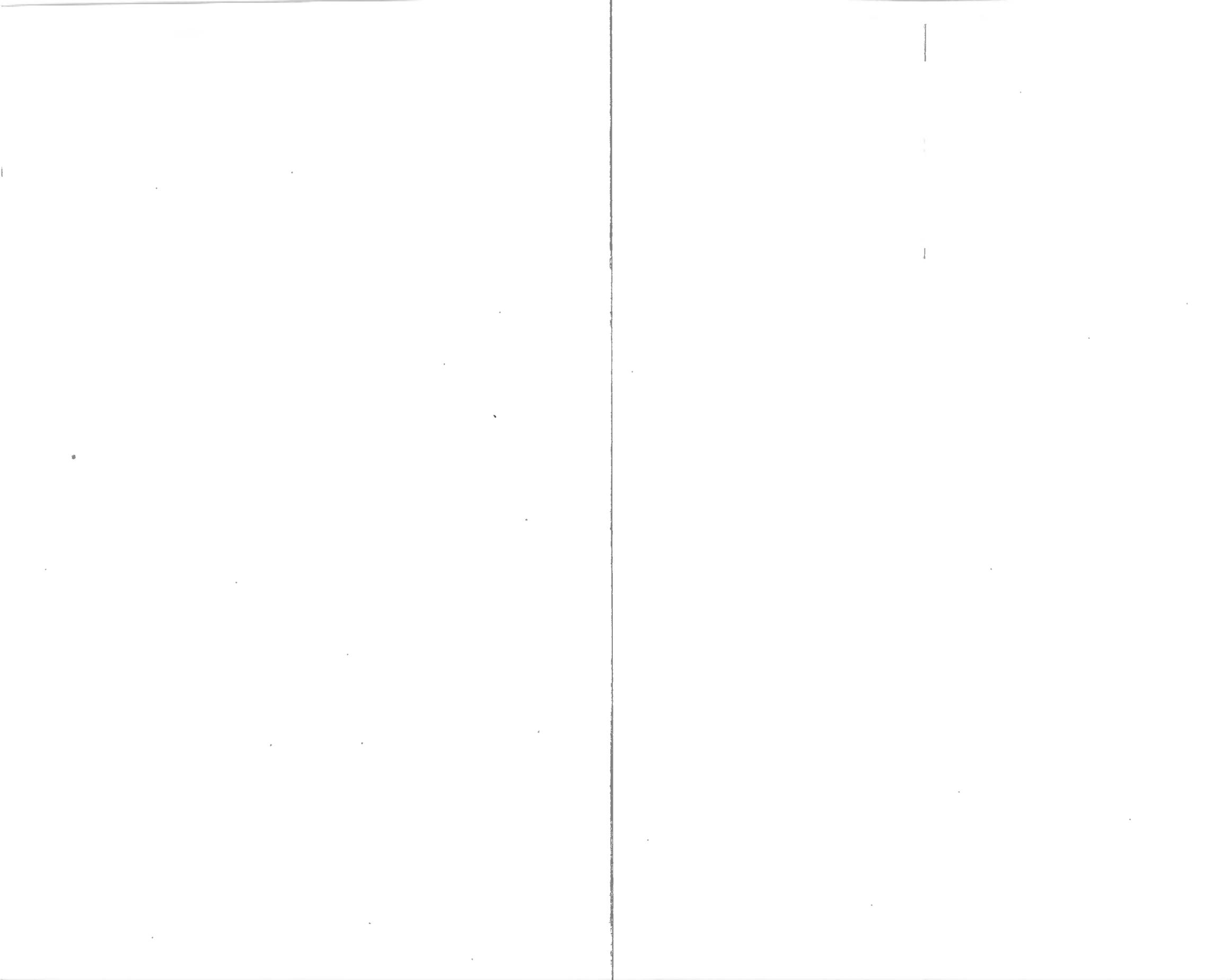


Fig. 7.





de profondeur. A une profondeur plus grande le nombre de particules augmente souvent pour diminuer, d'une façon générale, vers 100-200 m de profondeur.

Une autre régularité observée dans les distributions verticales apparaît dans le fait que les maxima des déterminations faites avec un seuil bas (particules petites et grosses) se localisent, en général, à des profondeurs plus fortes que les maxima donnés par les seuils élevés (grosses particules uniquement).

Ceci signifie que, près de la surface, la proportion de particules grossières contenues dans la masse du seston est plus forte. Ce fait, qu'on pourra tenter d'expliquer par de nombreuses hypothèses, se reflète dans la corrélation qui existe entre l'indice $100 \times U-2/U-10$ et l'indice des pigments D_{430}/D_{665} , lorsque ce dernier indice, étant élevé dans les couches superficielles dont les eaux se trouvent épuisées en sels nutritifs, diminue en profondeur au sein d'eaux enrichies en N et P.

La stratification claire dans la distribution des particules est une justification des vues de KRISS sur la stratification des populations microbiennes et de COOPER (1958) sur la riche structure laminaire d'origine hydrologique que présentent les eaux marines.

Il paraît évident que les échantillons de surface sont soumis à une variation locale très forte. Ils diffèrent même pour des profils qui, pour le reste, sont assez semblables. Les déterminations effectuées par pompage en continu en surface, si aisées soient-elles apparemment, ont seulement une valeur relative. Nous avons essayé d'éviter les conséquences de la pollution due au navire en plaçant la prise d'eau pour les pompes à 2-3 m de la coque et à 20-50 cm de profondeur. Mais l'hétérogénéité superficielle est certainement réelle et peut-être en rapport avec des cellules de convection et autres phénomènes de ce genre.

La thermocline doit être une autre surface singulière. En général, il paraît y avoir au-dessus une couche contenant moins de particules et moins de chlorophylle qu'en dessous, mais malheureusement nous ne disposons pas de profils thermiques suffisamment précis.

Le matériel est insuffisant pour déceler des différences entre le jour et la nuit et il n'offre aucun exemple qui en suggère.

IV. LES PIGMENTS.

A. MÉTHODES.

Des échantillons de 2-3 et parfois 6 litres d'eau, pris avec des bouteilles à renversement en plastique « Mécaboliér », étaient filtrés sur filtre Millipore AA, de $0,8 \mu$ de diamètre de pore et de 47 mm de diamètre total. L'extraction des filtres par de l'acétone à 90 % se faisait à froid et pendant 12 à 24 heures.

La densité optique des extraits fut mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre Beckman DU aux longueurs d'onde de 430, 480, 510, 630, 665, 750 $m\mu$ et en cellule de 1 cm de transmission. Avant de calculer les concentrations en chlorophylle, la correction de turbidité suivante fut appliquée : D' est la densité optique corrigée et D la densité optique lue à la longueur d'onde λ :

$$D'_\lambda = D_\lambda - F_\lambda (D_{750} - 0,002)$$

F_λ est un facteur de correction variant suivant la longueur d'onde d'après le tableau suivant :

	λ					
	430	480	510	630	645	665
F	2	2	1,5	1	1	1

Les concentrations en chlorophylle a furent calculées d'après l'expression :

$$\text{Chlor. a} \quad (\text{mg/m}^3) = \frac{\text{vol. extrait (ml)}}{\text{vol. filtré (l)}} (15,6 D'_{665} - 2,0 D'_{645} - 0,8 D'_{630})$$

Quant aux concentrations des autres pigments, on peut affirmer que, d'une façon générale, ils sont en rapport entre eux et avec l'indice D_{430}/D_{665} . Les rapports chlor. b/chlor. a, chlor. c/chlor. a et carot. astac./chlor. a montrent une corrélation positive avec l'indice D_{430}/D_{665} . Jusqu'à présent, ce rapport s'est avéré très significatif qu'il soit pour les mesures effectuées sur des eaux naturelles ou à l'aide de cultures en laboratoire. Il est bas pour des populations à dominance d'une seule ou d'un petit nombre d'espèces et dont la croissance est rapide. Il est élevé pour des populations à composition spécifique plus diversifiée et dont l'accroissement s'est ralenti. Il peut descendre pour des populations qui, préalablement soumises à une déficience en éléments nutritifs, passent à des eaux riches en ceux-ci même sous une lumière faible ou insuffisante pour la croissance. La diminution de la valeur de l'indice pigmentaire s'observe pour le phytoplancton se sédimentant au niveau des couches nutritives vers 100 m. Aux profondeurs plus grandes, il remonte comme conséquence de la plus grande persistance des carotènes dans le plancton inactif ou mort.

Un échantillonnage de surface (20-50 cm de profondeur) fut effectué entre les stations à l'aide d'un tuyau de 1 cm de diamètre interne qui était maintenu dans l'eau à quelques mètres de distance du navire. L'eau

était pompée par une pompe péristaltique. La plupart de ces échantillons furent filtrés sur filtres de fibre de verre Whatman GF/C ou de papier Albet 412 de 5,5 cm de diamètre et extraits à chaud à l'aide de l'appareil décrit par MARGALEF (1961). Les valeurs étaient semblables à celles obtenues en travaillant sur filtres Millipores et en extraction à froid.

On effectua un total de 295 déterminations de pigment. Celles obtenues pour les échantillons de surface, prélevés entre les stations, ne sont pas présentées en détail, mais sont utilisées pour l'élaboration des cartes 11 et 13. Plus les mesures s'accumulent, d'autant plus apparaît évidente la nécessité d'en faire davantage. Ceci découle du fait que les populations planctoniques ont une structure à grain assez fin.

La conclusion qui s'impose après ces premiers travaux de dégrossissage est la nécessité de perfectionner les techniques permettant l'élaboration rapide et automatique d'un grand nombre d'échantillons. Les essais faits à l'aide de l'appareil mentionné ci-dessus, ainsi qu'avec le compteur de particules, visent ce but, et l'expérience de cette croisière sera utile pour le développement ultérieur d'un équipement de ce genre.

B. RÉSULTATS.

Malgré les sérieuses limitations quant à la valeur des données obtenues pour la concentration des pigments, les gradients d'ordre supérieur sont parlants et on peut tenter de présenter les données sur carte (fig. 10, 11, 13).

La moyenne totale est de l'ordre de 0,12 mg de chlorophylle a par m³, chiffre qui, bien que bas comparé à d'autres mers, est sensiblement plus élevé que les valeurs observées en Méditerranée occidentale, en été, dans la région de Castellon. La contribution à l'élévation de la moyenne vient de la plus grande richesse du phytoplancton près des côtes d'Afrique ainsi que d'intéressantes proliférations locales à d'autres endroits.

Le schéma général de la distribution verticale fait l'objet du tableau XIII.

La couche de plus forte concentration en chlorophylle est profonde, 50-100 m ou même davantage. Il est possible qu'une forte proportion de ces pigments soit inactive ou inutile pour l'écosystème. La valeur basse du rapport D_{430}/D_{665} dans l'eau profonde est notable et comparable à celle qu'on observe dans des cultures expérimentales pour du plancton se sédimentant au sein d'eaux riches en éléments nutritifs bien que pauvrement illuminées (MARGALEF 1964).

Souvent, près de la surface, la concentration en pigments est assez élevée alors que la concentration minimum se trouve presque toujours vers 10-20 m de profondeur.

Le type de distribution verticale est certainement en rapport avec les mouvements verticaux de l'eau. Les stations de la Tyrrhénienne centrale

(tableau XIII), en plus d'une grande pauvreté en surface, montrent un déplacement de l'ensemble du gradient vers le bas et une accentuation du gradient avec une accumulation plus forte à grande profondeur. Les données hydrographiques permettront de préciser les causes de ces distributions.

TABLEAU XII.

Changements observés dans la distribution verticale des pigments au cours d'une journée. mg chlorophylle a par m³.

Profondeur mètres nominaux	heures GMT					
	Station C-2, 20-IX-63			Station P, 1-X-63		
	0730	1315	2000	0830	1230	1644
0	0,15	0,18	0,21	0,12	0,08	0,07
10	0,18	0,17	0,18	0,11	0,17	0,14
20	0,20	0,17	(0,01)	0,07	0,16	0,19
50	0,24	0,19	0,27	0,11	0,12	0,24
100	0,28	0,21	0,12	0,20	0,10	0,05
250	0,10	0,09	0,11	0,05	0,21	(0,34)

Les distributions verticales changent considérablement au cours de la journée, plus sans doute par des transports horizontaux que par des redistributions dans le sens vertical. Nous en donnons 2 exemples (tableau XII).

Nous avons rencontré la plus forte concentration en pigments vers les côtes africaines, en rapport avec une plus forte concentration des éléments nutritifs. Quant au golfe de Tunis, il offre l'exemple intéressant d'un système de réservoirs successifs (lagune, baie, golfe), recevant un apport considérable en phosphates distribués en gradients très forts et régis par les conditions de production et de rediffusion. Il y avait dans le port de Tunis 1-1,2 g chlorophylle a/m³, dans la baie 2,61 mg/m³, vers le golfe 0,6-0,73 mg/m³ et, ensuite, décroissance rapide vers les concentrations normales en pleine mer.

V. VISION D'ENSEMBLE.

A. DISTRIBUTIONS GÉNÉRALES.

Les cartes 8 à 14 sont assez cohérentes et il s'en dégage la pauvreté relativement uniforme des eaux méditerranéennes à la fin de l'été. Cette uniformité relative permet d'utiliser des moyennes pour tracer les profils verticaux, et pour discuter certaines généralisations.

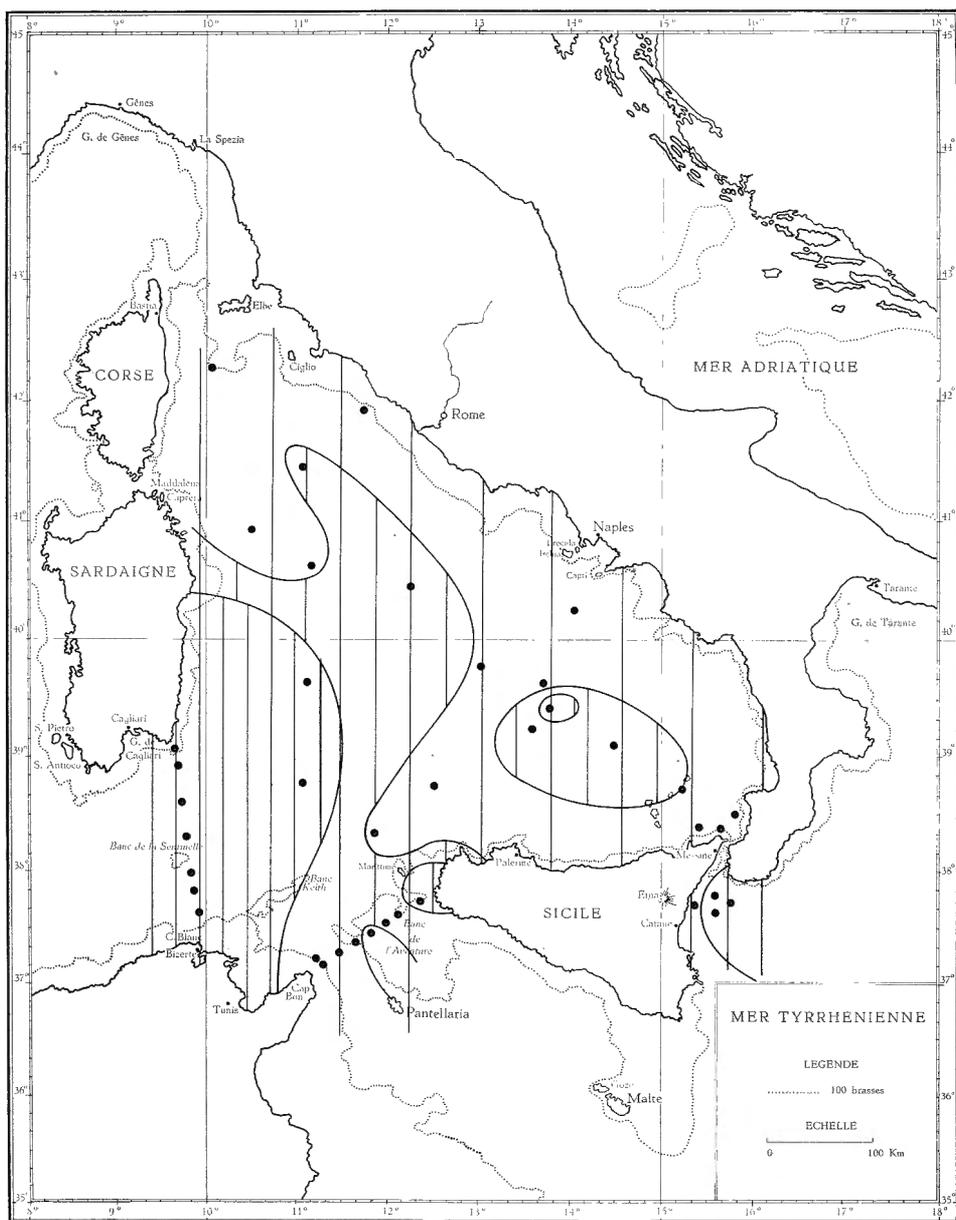


Fig. 8. — Distribution du P-phosphate à 100 m de profondeur aux différentes stations.
Les hachures verticales de plus en plus denses signifient :

- de 0 à 1 mg P-phosphate/m³
- 1 à 2 mg P-phosphate/m³
- 2 à 3 mg P-phosphate/m³.

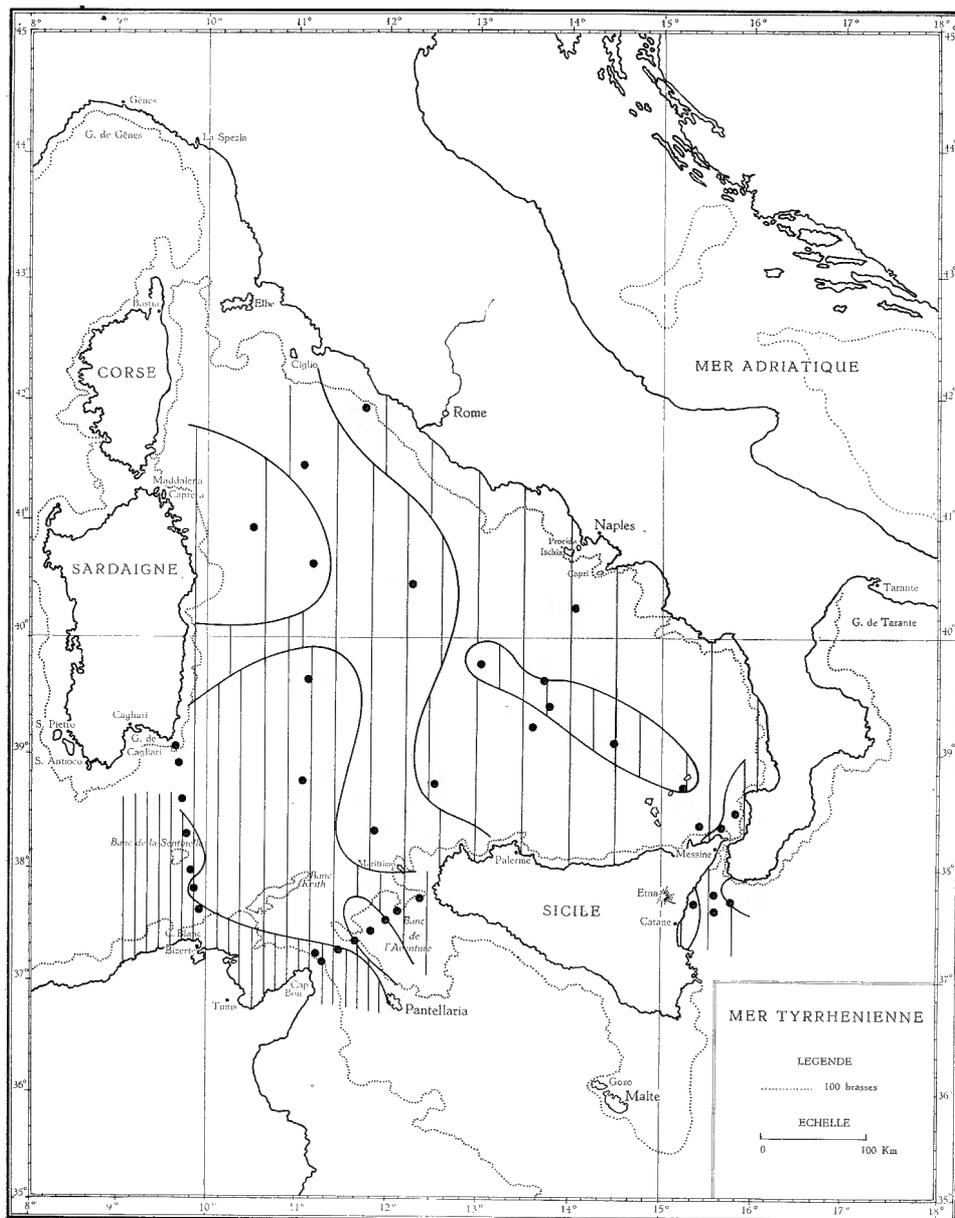


Fig. 9. — Distribution superficielle du P-phosphate dans la couche de 0 à 100 m de profondeur aux différentes stations. Les hachures verticales de plus en plus denses signifient :

- de 0 à 20 mg P-phosphate/m²
- 20 à 30 mg P-phosphate/m²
- 30 à 50 mg P-phosphate/m²
- 50 à 100 mg P-phosphate/m²
- plus de 100 mg P-phosphate/m².

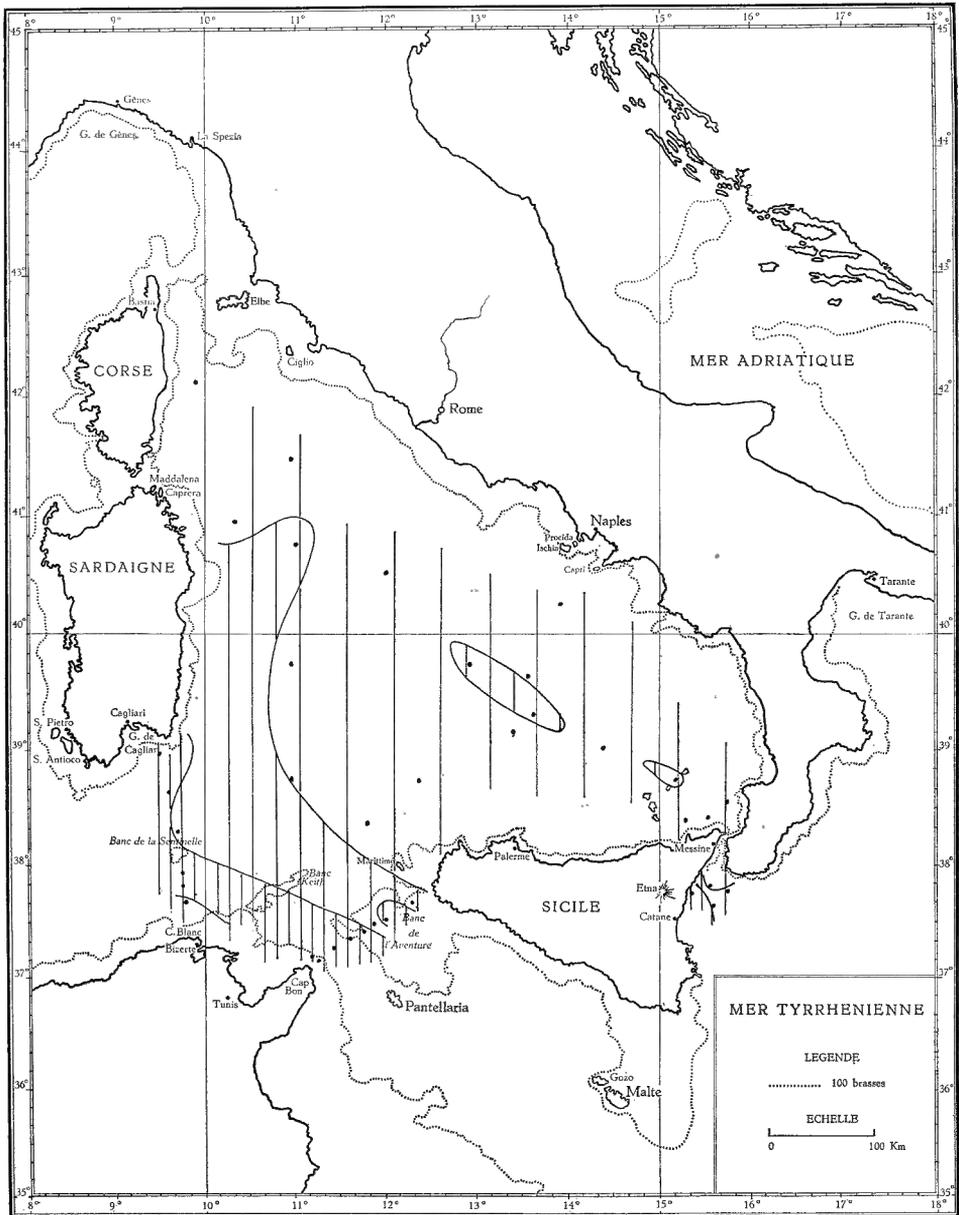


Fig. 10. — Distribution de la chlorophylle a dans la couche superficielle de 0 à 100 m d'épaisseur. Les points indiquent les stations d'observation. Les hachures verticales, de plus en plus denses, signifient :

de 10 à 15 mg/m³
 de 15 à 20 mg/m³
 de 20 à 28 mg/m³.

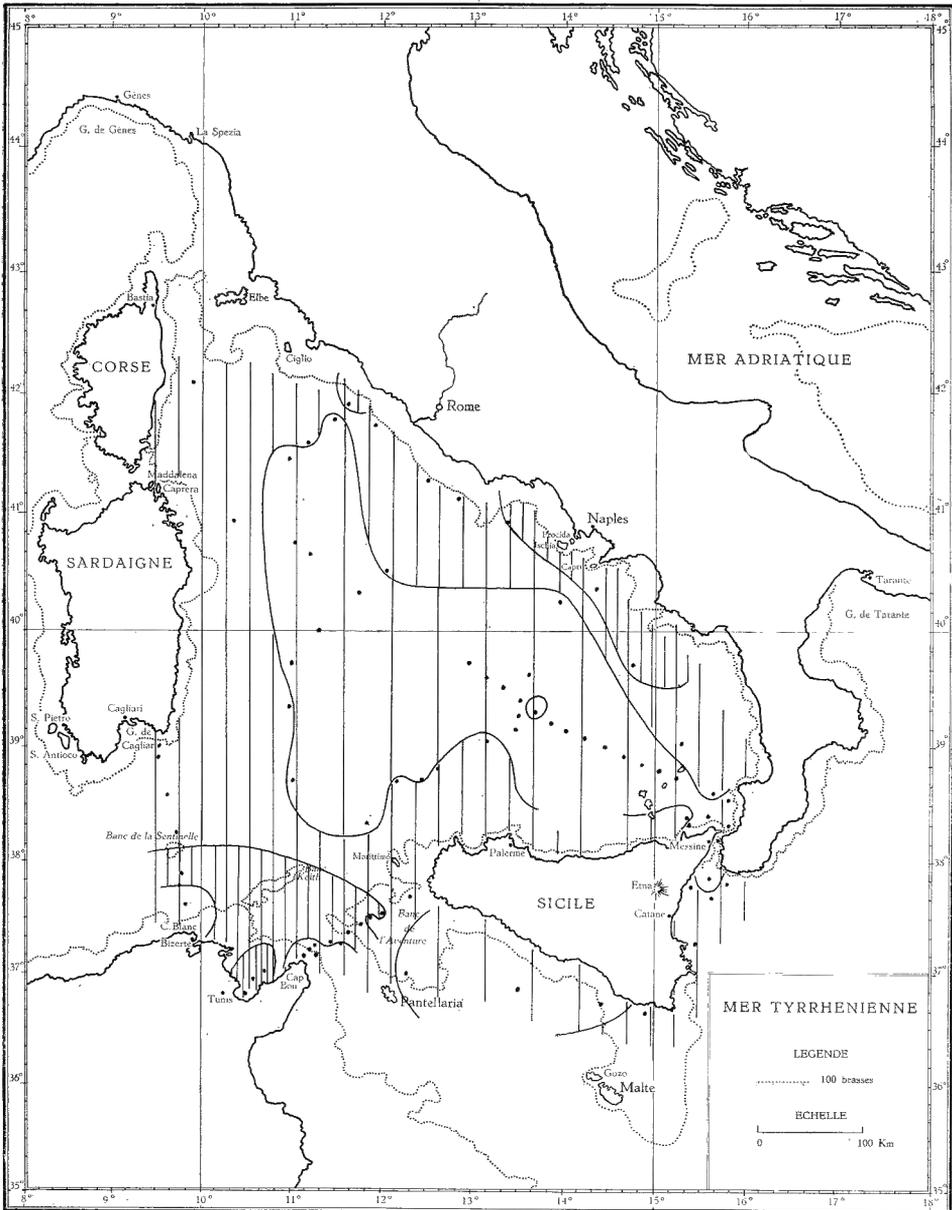


Fig. 11. — Distribution de la chlorophylle a en surface.
 Les hachures verticales de plus en plus denses signifient :
 moins de $0,1 \text{ mg/m}^2$
 de $0,1$ à $0,2 \text{ mg/m}^2$
 de $0,2$ à $0,5 \text{ mg/m}^2$
 plus de $0,5 \text{ mg/m}^2$.

Les points indiquent les stations d'observation.

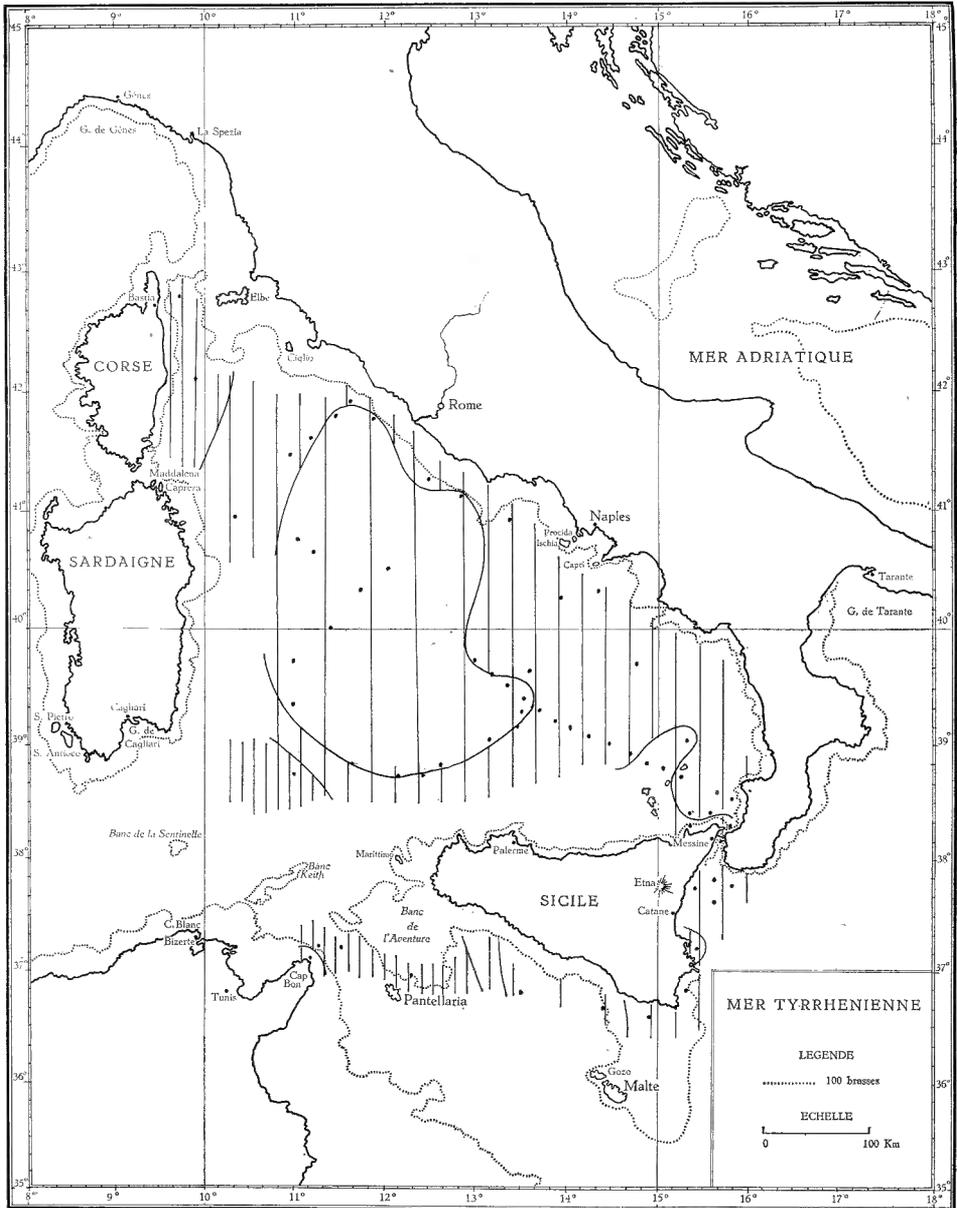


Fig. 12. — Concentration de particules en suspension en surface, d'après les mesures faites avec le compteur de particules au seuil U-4. Les points indiquent les stations d'observation. Les hachures verticales, de plus en plus denses, signifient :

moins de 100/ml
de 100 à 200/ml
de 200 à 400/ml.

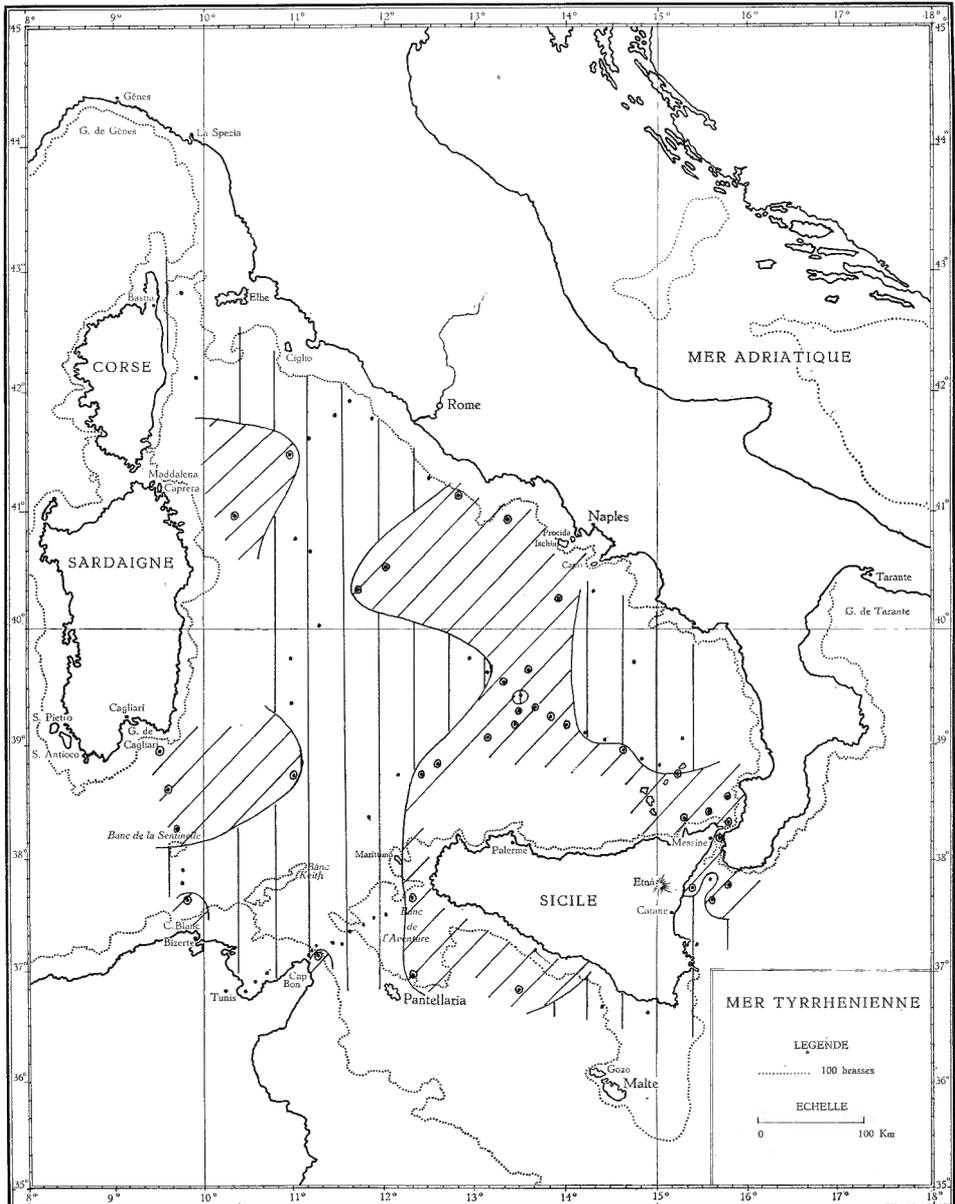


Fig. 13. — Distribution du rapport D_{480}/D_{665} en surface. Les points indiquent les stations d'observation. Les hachures verticales et points simples correspondent aux valeurs inférieures à 4. Les hachures obliques et les points cerclés aux valeurs supérieures à 4.

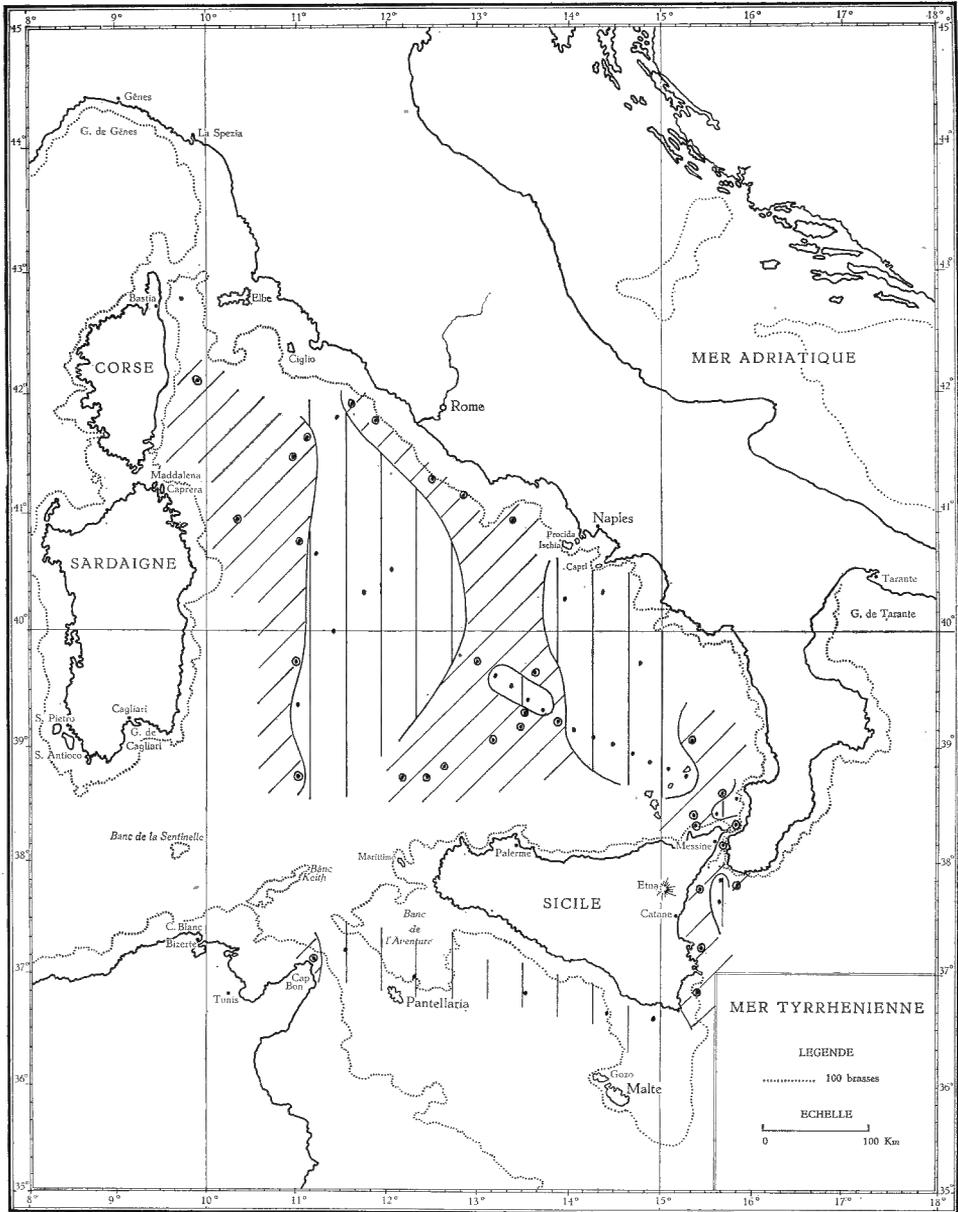


Fig. 14. — Distribution en surface de l'index.

$$100 \times \frac{\text{densité seuil 10}}{\text{densité seuil 2}}$$

d'après les mesures de concentration de particules en suspension faites avec le compteur dimensionnel de particules. Les hachures verticales et points simples correspondent aux valeurs inférieures à 2. Les hachures obliques et points cerclés aux valeurs supérieures à 2.

La partie centrale de la mer Tyrrhénienne est la plus pauvre, tandis que l'enrichissement périphérique est plus notable vers les côtes africaines, vraisemblablement en rapport avec l'hydrographie locale. Les différences horizontales sont plus fortes si l'on considère uniquement le plancton de surface au lieu du plancton réparti dans la couche superficielle des 100 premiers mètres. Il y a une bonne correspondance entre la distribution de la chlorophylle et la densité du seston appréciée au moyen du compteur de particules. Les cartogrammes qui représentent la distribution

en surface des indices D_{430}/D_{665} (fig. 13) et $100 \times \frac{\text{densité seuil 10}}{\text{densité seuil 2}}$

(fig. 14) montrent une correspondance notable. Nous attribuons celle-ci au fait que les deux indices sont des mesures de la complexité des populations. L'indice pigmentaire représente certainement la diversité des pigments, tandis que l'indice dimensionnel des particules traduit le nombre de particules à forte dimension par rapport aux particules très petites. Ce rapport est élevé lorsque le plancton est plus diversifié et plus riche en espèces du microplancton s'ajoutant au nannoplancton.

Dans toutes les distributions que nous venons de considérer une certaine irrégularité centrale se manifeste vers la station 27, irrégularité sur laquelle il y aura lieu d'insister.

La distribution verticale moyenne des pigments et particules (tableau XIII) permet de constater aussi des parallélismes notables. Le gradient vertical en termes de particules du seston est plus fort qu'en termes de chlorophylle et on peut observer une augmentation particulière de la densité des particules en surface.

La correspondance entre les profils verticaux de la distribution des indices D_{430}/D_{665} et $100 \times U-10/U-2$ est particulièrement remarquable. Pour un groupe de stations centrales (26, 27, 28, 34, 35) les profils verticaux sont différents et les gradients, en général plus forts, témoignent de la présence d'un phénomène hydrologique singulier.

B. CORRÉLATIONS.

L'examen des rapports entre éléments nutritifs et pigments d'une part, de la concordance entre les distributions des pigments et de la densité de particules dans le seston d'autre part, de même que les rapports entre l'indice pigmentaire D_{430}/D_{665} et l'indice d'échelonnement des dimensions dans les particules du seston ($100 \times U-10/U-2$) se dégagant spécialement des distributions verticales (tableau XIII), ont montré l'intérêt d'un examen plus poussé des corrélations statistiques entre ces différentes variables.

Nous avons tenté le calcul des corrélations linéaires simples, sans transformations des valeurs originelles qui sont celles du tableau général. Les valeurs utilisées sont marquées par un astérisque (on remarquera

que les échantillons choisis sont ceux pour lesquels on dispose de toute l'information nécessaire).

Nous savions que, dans pareils cas, les corrélations simples des valeurs prises hors de leur contexte général peuvent donner des valeurs peu significatives. Ainsi, on comprendra aisément que les rapports entre chlorophylle et phosphates sont fortement dépendants de la profondeur et ont peu de valeur si on les examine indépendamment de celle-ci, etc... Néanmoins, dans une première étape du développement des méthodes semi-automatiques pour étudier les propriétés générales d'un plancton, il est intéressant d'avoir une idée des rapports statistiques simples qui peuvent exister entre les différentes variables.

TABLEAU XIII.

Quelques caractéristiques comparées de la distribution verticale du seston pour l'ensemble des stations (y compris les centrales) et pour un groupe de stations centrales (stations 26, 27, 28, 34, 35, voir fig. 1) en mer Tyrrhénienne. Les chiffres donnent les valeurs moyennes calculées sur toutes les déterminations effectuées. Les profondeurs indiquées sont les profondeurs nominales sans corrections pour l'inclinaison du câble. Pour les stations centrales, à côté des valeurs moyennes, nous donnons, entre parenthèses, l'écart de celles-ci par rapport aux moyennes calculées pour l'ensemble des stations.

	Profondeur	Chlorophylle a mg/m ³	D ₄₈₀ /D ₆₆₅	Compt. particules au seuil U-4 part./ml	Compt. particules 100 × U-10/U-2
Ensemble des stations.	0	0,120	4,04	164	2,97
	10	0,126	3,65	127	2,52
	20	0,128	4,45	184	2,91
	50	0,180	3,66	112	2,47
	100	0,167	3,64	66	1,88
	250	0,111	3,42	68	1,82
Stations centrales.	0	0,072 (- 0,048)	4,48 (+ 0,44)	125 (- 39)	2,90 (- 0,07)
	10	0,102 (- 0,024)	5,10 (+ 1,45)	85 (- 40)	1,56 (- 0,96)
	20	0,124 (- 0,004)	4,56 (+ 0,12)	159 (- 25)	2,09 (- 0,82)
	50	0,160 (- 0,020)	3,42 (- 0,24)	56 (- 56)	2,12 (- 0,35)
	100	0,168 (+ 0,001)	3,60 (- 0,04)	49 (- 17)	1,34 (- 0,54)
	250	0,130 (+ 0,019)	2,96 (- 0,46)	53 (- 18)	1,12 (- 0,70)

Les coefficients de corrélation calculés entre 7 variables mesurées pour 127 échantillons figurent dans le tableau XIV. On y a introduit comme variable non directement fournie par les tables, le rapport chlorophylle a/densité de particules comptées au niveau U-4 qui pourrait être comparé à la valeur « μg de chlorophylle a par million de cellules », employé ailleurs comme caractéristique importante du phytoplancton.

TABLEAU XIV.

Corrélations entre facteurs des populations et du milieu.
Coefficients de corrélation linéaire, calculés entre les séries de valeurs marquées d'un astérisque dans le tableau général (127 groupes de valeurs).

Caractère	Moyenne (\bar{x})	Dispersion (σ)	Variabilité %
(A) Chlorophylle a, mg/m ³ ...	0,122 \pm 0,005	0,054 \pm 0,003	44,4
(B) Compteur partic., U-4/ml ...	123,2 \pm 8,8	97,8 \pm 6,1	79,4
(C) D ₄₃₀ /D ₆₈₅	3,95 \pm 0,17	1,96 \pm 0,12	49,5
(D) Compteur partic., 100 \times U-10/U-2	2,35 \pm 0,13	1,50 \pm 0,09	63,9
(E) « μg chlor. a/million cellules »	1,50 \pm 0,11	1,23 \pm 0,08	82,1
(F) Phosphates, μg -at P/1	1,14 \pm 0,14	1,64 \pm 0,10	143,8
(G) Lumière, en % de la lumière de surface	30,1 \pm 3,2	36,3 \pm 2,3	120,3

Coefficients de corrélation

	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A)	- 0,027	- 0,433 ^{'''}	- 0,124	+ 0,604 ^{'''}	- 0,055	+ 0,354 ^{'''}
(B)		+ 0,041	+ 0,166	- 0,527 ^{'''}	- 0,273 ^{''}	+ 0,248 ^{''}
(C)			+ 0,246	- 0,302 ^{''}	- 0,166	+ 0,155
(D)				- 0,111	- 0,218	+ 0,266 ^{''}
(E)					+ 0,285 ^{''}	- 0,497 ^{'''}
(F)						- 0,407 ^{'''}

(^{''}) significatif au niveau $p = 0,01$

(^{'''}) significatif au niveau $p = 0,001$

Coefficient de corrélation entre (C), (D), (E), l'effet de la corrélation partielle avec (A) ayant été éliminée.

(D) + 0,230
(E) - 0,057

(D) - 0,049 (- 0,032, la corrélation partielle avec (B) ayant été éliminée.)

La grande dispersion et variabilité de la plupart de ces mesures montrent qu'il y a des distributions non normales (la lumière, par ex.) et qu'on aurait dû procéder à une transformation. Mais dans cet examen préliminaire nous avons préféré laisser les choses telles qu'elles étaient.

Il est à noter que les variables se rapportant au milieu (phosphates, lumière) ont une variabilité bien plus forte que les variables se rapportant aux populations (chlorophylle a, D_{430}/D_{665}), témoignant ainsi d'une plus grande stabilité de la biocénose par rapport à celle du biotope dans l'ensemble de l'écosystème.

Les corrélations entre (C), (D) et (E), se rapportant aux propriétés structurelles des populations, ont une importance théorique et pratique considérable. Les corrélations trouvées en principe sont du signe et de l'ordre des valeurs escomptées. Mais puisque ces caractères dépendent de la concentration totale en plancton, c'est-à-dire, dans notre cas, la concentration en chlorophylle a, nous avons essayé de voir si les corrélations persistaient après élimination de la dépendance commune possible entre (C), (D), (E) et la concentration en chlorophylle a (A). Les corrélations s'en sont trouvées fortement diminuées et au-dessous du niveau de signification.

C. STRUCTURES LOCALES.

La comparaison, dans l'espace, des différentes variables et de leurs corrélations, permet de reconnaître des structures qui doivent être interprétées dynamiquement. Cependant cette interprétation demande une connaissance approfondie des caractéristiques hydrologiques.

C'est là un argument de poids plaidant en faveur d'une étude conjointe des caractéristiques hydrologiques et du plancton. Les distributions observées des populations planctoniques et des éléments nutritifs plus étroitement liés à celles-ci peuvent, eux aussi, fournir des suggestions et stimuler la recherche des structures hydrologiques.

Nous en donnerons un seul exemple en discutant la structure centrée à la station 27. D'abord étudiée suivant un axe NE-SW, cette structure fut recoupée plus tard suivant un axe perpendiculaire au premier.

C'est une structure importante, manifeste dans toutes les distributions, profondément enracinée et formant un mécanisme de fertilisation des couches supérieures. Bien que locale et probablement passagère, elle dut avoir une durée relativement longue et il est probable que l'information hydrologique sur la mer tyrrhénienne recueillie en été 1963 fournira, après analyse, un cadre satisfaisant pour son interprétation.

La concentration en chlorophylle a, les indices pigmentaires et les indices du seston (figs. 10, 13, 14) montrent, autour de la station 27,

une anomalie allongée dans le sens NW-SE. La distribution des plus fortes concentrations en nitrites, par ailleurs plus basses, se rapproche de la surface et la limite de la concentration en phosphates, $0,1 \mu\text{g-at P/l}$ montre aussi une sorte de dôme (fig. 15).

Encore plus significative est la couche d'eau à température inférieure à 14°C qui s'amincit et se brise presque à cet endroit. On peut imaginer

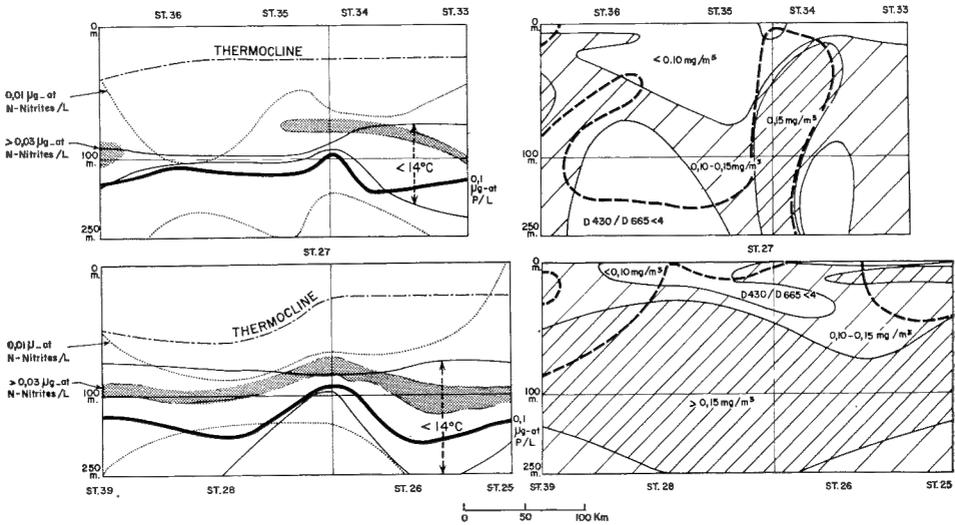


Fig. 15. — Sections verticales se croisant au niveau de la station 27 (ST 27). Voyez la position des stations et la direction des coupes sur la carte de la fig. 1. A gauche : position approximative de la thermocline; distribution des nitrites (la ligne en points représente le niveau de $0,01 \mu\text{g-at. N-NO}_2/\text{l}$, la partie pointillée, les concentrations supérieures à $0,03 \mu\text{g-at. N-NO}_2/\text{l}$) et distribution des phosphates (la ligne en gras représente le niveau $0,1 \mu\text{g-at. P-PO}_4/\text{l}$ de la concentration en phosphates, plus élevée vers le bas). Les limites supérieure et inférieure de la couche d'eau à moins de 14°C sont indiquées par deux lignes simples. A droite, distribution de la chlorophylle a (en blanc, moins de $0,10 \text{ mg/m}^3$; en hachures espacées, $0,10-0,15 \text{ mg/m}^3$; en hachures plus denses, plus de $0,15 \text{ mg/m}^3$) et de l'indice D_{430}/D_{665} (la ligne à traits discontinus représente les valeurs de l'indice inférieures à 4 vers le bas et supérieures à 4 vers le haut).

qu'à ce niveau il y a une sorte d'hernie de l'eau intermédiaire, coiffée par une prolifération du plancton et étendue également dans le sens NW-SE.

Evidemment, une étude précise demanderait des techniques nouvelles permettant la mesure rapide d'un nombre considérable de variables. Dans cette région, le compteur de particules signale une augmentation notable du nombre de particules comptées au seuil U-3 et vers les 20 m de profondeur (fig. 5-6). Le résultat de l'analyse qualitative des échantillons de phytoplancton aidera certainement à définir cette structure.

Le phénomène causant cette structure particulière est complexe. Du point de vue de l'analyse planctologique et des éléments nutritifs, on serait enclin d'y voir une descente de l'eau superficielle et une remontée

de l'eau intermédiaire avec destruction et assimilation par la couche superficielle de la couche d'eau relativement froide (— de 14 °C) qu'on trouve régulièrement vers 100 m de profondeur, ou bien simple écartement de celle-ci.

La rencontre des deux types d'eau et davantage l'ascension possible des eaux profondes seraient la cause de la fertilisation de cette région. En tout cas, c'est une structure complexe avec des « failles » et des « plis ».

Si nous insistons particulièrement sur cet exemple c'est pour montrer que l'étude de tels phénomènes n'a pas seulement un intérêt scientifique stricte mais aussi l'intérêt d'expliquer des causes de fertilisation des couches supérieures dans une mer stabilisée depuis un certain temps, causes qui peuvent avoir une importance considérable pour l'économie des mers chaudes.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

ALIVERTI, G.

1963. *Caratteristiche della idrologia del Mare Tirreno.* (La Ricerca Scientifica, 3 (5), 649-656.)

COOPER, L. H. N.

1958. *Océanographie expérimentale en Méditerranée.* (Trav. Cent. Rech. Etud. Océanogr., 3 (2), 17-25.)

EL-SAYED, S. Z. et LEE, B. D.

1963. *Evaluation of an automatic technique for counting unicellular organisms.* (J. mar. Res., 21 (2), 59-73.)

FAGANELLI, A.

1961. *Primi risultati relativi alla concentrazione dei sali nutritivi nelle acque del mare Mediterraneo centrale e mari adiacenti.* (Arch. Oceanogr. Limnol., 12 (2), 191-208.)

GRANT, J. L., BRITTON, M. C. et KURTZ, T. E.

1960. *Measurement of red blood cell volume with the electronic cell counter.* (Am. J. Clin. Path. 33, 138-143.)

HARVEY, H. W.

1955. *The chemistry and fertility of sea water.* (Cambridge Univ. Press p. 224.)

HASTINGS, J. W., SWEENEY, B. W. et MULLIN, M. M.

1962. *Counting and sizing of unicellular marine organisms.* (Ann. N. Y. Acad. Sci., 99, 280-289.)

KINZER, J.

1963. *Untersuchungen über das Makroplankton bei Ischia und Capri und im Golf von Neapel im Mai 1962. I Hydrographie und quantitative Verbreitung einiger Zooplankter.* (Publ. staz. zool. Napoli., 33, 141-162.)

KRAUSS, W. et DÜING, W.

1963. *Schichtung und Strom im Golf von Neapel.* (Pubbl. Staz. zool. Napoli., 33, 243-263.)

MALONEY, T. E., DONOVAL, E. J. et ROBINSON, E. L.

1962. *Determination of numbers and sizes of algal cells with an electronic particle counter.* (Phycologia, 2, 1-8.)

MARGALEF, R.

1961. *Nouveaux développements dans la technique de l'extraction des pigments du phytoplancton.* (C. I. E. S. M. M. Rapp. Proc. Verb., 16(2), 223-224.)

MARGALEF, R.

1964. *Modelos experimentales de poblaciones de fitoplancton: nuevas observaciones sobre pigmentos y fijación de carbono inorgánico.* (Inv. Pesqu., 26, 195-203.)

MC GILL, D. A.

1962. *A preliminary study of the oxygen and phosphate distribution in the Mediterranean sea.* (Deep sea Res., 8, 259-269.)

MULLIN, J. B. et RILEY, J. P.

1955. *The spectrophotometric determination of nitrate in natural waters, with particular reference to sea water.* (Analytica chim. Acta., 12(5), 464-480.)

MURPHY, J. et RILEY, J. P.

1958. *A single solution method for the determination of soluble phosphate in natural sea water.* (J. mar. biol. Ass. UK, 37, 14-19.)

1962. *A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.* (Analytica chim. Acta., 27, 31-36.)

PARSONS, T. R.

1961. *On the pigment composition of eleven species of marine phytoplankters.* (J. Fish. Res. Bd. Can., 18, 1017-1025.)

PARSONS, T. R., STEPHENS et STRICKLAND, J. D. H.

1961. *On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters.* (J. Fish. Res. Bd. Can., 18, 1001-1016.)

RAKESTRAW, N. W.

1936. *The occurrence and significance of nitrite in the sea.* (Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole, 71, 133-167.)

SHINN.

1941. *Ind. Engng Chem. analyt. Edn.*, 13, 33.

STRICKLAND, J. D. H. et PARSONS, T. R.

1960. *A manual of sea water analysis.* (Bull. Fish Res. Bd. Can., 125, 185 pp.)

TOENNIES, G., ISZARD, L., ROGERS, N. B. et SHOCKMAN, G. D.

1961. *Cell multiplication studied with an electronic particle counter.* (J. Bact., 82, 857-866.)

VACCARO, R. F. et RYTHER, J. H.

1960. *Marine Phytoplankton and the distribution of nitrite in the sea.* (J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 25, 260-271.)

ZELLNER, S. R., GUSTIN, D. F., BUCK, J. D. et MEYERS, S. P.

1963. *Growth and multiplication of Rhodotorula glutinis as determined by viable and total cell counts.* (Antonie van Leeuwenhoek, 29, 203-210.)

STATIONS « EUPEN » 1963

TABLEAU GÉNÉRAL

TABLEAU GENERAL.

Stations « EUPEN » 1963. — Données concernant les éléments nutritifs (phosphore, azote) et le seston (pigments, particules en suspension). Les températures et les comptages de particules mesurés à l'aide du compteur dimensionnel électronique sont repris uniquement s'il y a d'autres données aux profondeurs correspondantes. Les échantillons marqués d'un astérisque (*) sont ceux dont les données ont été utilisées pour le calcul des corrélations. Les valeurs douteuses sont inscrites entre parenthèses. Les heures sont celles du déclenchement des bouteilles Nansen. Dans certaines séries, on a répété des déterminations de pigments, uniformément espacées sur toute la journée.

Prof. en mètres	Température en °C	Phosphore, µg-at/l		Azote, µg-at/l		Pigments		Comptage des particules	
		Phosphate	Total eau filtrée	Nitrate	Nitrite	Chlorophylle a mg/m ³	D ₆₈₀ /D ₆₈₅	U-4	100 $\frac{U-10}{U-2}$
St. 1 — 16-IX-63 — 1725 GMT									
0	23,65					0,15			6,8
9	23,63					0,11			13,8
43						0,27			7,4
125						0,35			4,5
St. 4 — 16-IX-63 — 2145 GMT									
0	22,50					0,16			4,6
19	22,63					0,24			5,3
47	14,25					0,48			5,2
St. 6 — 18-IX-63 — 0350-0648 GMT									
0	22,47	0,05				0,13			5,8
10	23,89	0,01				0,13			6,3
20	21,49	0,02				0,15			5,8
50	15,10	0,03				0,13			6,9
100	13,63	0,10				0,22			
248	13,90	0,17							
St. 8 — 18-IX-63 — 1140-1245 GMT									
0	23,49	0,05	0,06			0,35			3,3
10	(21,80)	0,00	0,05			0,29			2,4
19	22,72	0,02	0,02			0,32			4,7
49		0,07	0,07			0,14			4,5
97	13,44	0,09	0,23			0,05			3,2
212		0,19							
St. 10 — 18-IX-63 — 1745-1905 GMT									
0	24,13	0,03	0,04			0,12			4,5
9	23,38	0,02	0,05			0,17			5,2
17	23,04	0,02	0,02			0,13			3,3
43		0,02	0,02			0,16			3,2
87	14,02	0,10	0,07			0,26			3,4
(250)		0,22	0,21			0,10			2,6
St. C-2 — 20-IX-63 — 0722-0830 GMT — D. Secchi : 32 m — Valeurs limites de trois déterminations de pigments dans la journée.									
0	22,98	0,01		0,26	0,00	0,18-0,21			2,5-3,2
10	22,95	0,01		0,41	0,01	0,15-0,18			2,2
19	22,67	0,01		0,52	0,01	0,17-0,20			4,3-5,1
49	15,55	0,01		0,41	0,01	0,19-0,27			2,3-3,8
97	13,45	0,10		6,28	0,06	0,12-0,28			2,3-3,7
208	13,56	0,22		2,49	0,01	0,09-0,11			3,7-4,7
338	13,59	0,32		6,70	0,01				
St. 12 — 24-IX-63 — 1840-1923 GMT									
0	23,51	0,01				0,11			4,9
10	23,44	0,01				0,10			4,6
20	21,77	0,00				0,09			2,4
50	15,75	0,01				0,18			2,9
100	14,28	0,06				0,24			3,7
144	14,37	0,08				0,09			2,7
St. 13 — 24-IX-63 — 2235-2355 GMT									
0	23,53	0,02	0,04	0,41	0,01	0,20			2,9
10	23,52	0,02	0,05	0,10	0,01	0,12			4,6
20	23,48	0,02	0,05	0,00	0,01	0,17			
50	17,97	0,02	0,07	0,41	0,01	0,22			3,1
100	14,30	0,06	0,23	1,70	0,11	0,41			3,9
200	14,27	0,11	0,16	3,71	0,04	0,12			
St. 14 — 25-IX-63 — 0310 GMT									
0	23,53	0,00				0,12			2,0
10	23,55	0,00				0,17			4,5
20	23,61	0,00				0,14			2,8
50	18,25	0,00				0,21			

TABLEAU GENERAL (suite).

Prof. en mètres	Température en °C	Phosphore, µg-at/l			Azote, µg-at/l		Pigments		Comptage des particules	
		Phosphate	Total eau filtrée	Total sans filtrer	Nitrate	Nitrite	Chlorophylle a mg/m ³	D ₄₉₀ /D ₆₆₅	U-4	U-10 100 U-2
St. 15 ~ 29-IX-63 ~ 1125 GMT										
0	23,65	0,01					0,23	3,6		
10	23,89	0,00					0,09	2,8		
20	23,74	0,00					0,17			
50	18,58	0,00					0,19	5,1		
100	15,44	0,02					0,16	3,2		
St. 16 ~ 25-IX-63 ~ 1055-1130 GMT ~ D. Secchi : 17 m										
0	23,99	0,00	0,02		0,43	0,01	0,20	3,1		
10	23,89	0,00	0,02		0,11	0,01	0,20	4,9		
20	23,93	0,00	0,03		0,00	0,01	0,16	3,9		
50	18,65	0,00	0,03		0,43	0,01	0,16	2,3		
99	14,55	0,00	0,04		0,16	0,03	0,33	5,2		
245	14,40	0,06	0,13		4,38	0,01	0,02	10,5		
St. 17 ~ 25-IX-63 ~ 1414-1445 GMT ~ D. Secchi : 18 m										
0	24,07	0,03					0,23	2,6		
10	24,06	0,08					0,17	3,4		
19	24,06	0,07					0,07	5,6		
48	23,40	0,04					0,07	2,8		
97	15,97	0,03					0,11	9,5		
183		0,06								
St. 18 ~ 25-IX-63 ~ 1705 GMT										
0	24,26	0,09					0,00			
10	24,23	0,25					0,18	4,1		
20	24,32	0,06					0,22	4,4		
50	20,32	0,04								
St. P ~ 1-X-63 ~ 0725-0836 GMT ~ D. Secchi : 26 m ~ Valeurs limites de trois déterminations de pigments dans la journée										
0	23,18	0,01	0,02	0,13	0,00	0,01	0,07-0,12	2,1-4,3		
10	23,05	0,01	0,04	0,07	0,04	0,01	0,11-0,17	2,5-2,7		
19	23,13	0,01	0,04	0,05	0,04	0,00	0,07-0,19	3,3-6,4		
48	15,83	0,01	0,04	0,06	0,00	0,01	0,11-0,24	2,5-5,1		
97	13,82	0,03	0,07	0,05	0,22	0,12	0,05-0,20	2,5-3,9		
240	14,33	0,15	0,16	0,16	4,32	0,02	0,05-0,21	2,8-3,5		
583	13,99	0,22	0,22	0,25	5,91	0,01	0,04			
St. C-3 ~ 2-X-63 ~ 0835 GMT ~ D. Secchi : 23 m ~ Valeurs limites de deux déterminations de pigments dans la journée										
* 0	23,00	0,02	0,02	0,04	0,13	0,00	0,13	3,0	104	4,6
* 10	22,97	0,02	0,03	0,04	0,18	0,00	0,18-0,20	2,1-4,5	258	2,4
* 20	22,64	0,02	0,03	0,03	0,06	0,01	0,12		211	9,4
* 50	20,01	0,04	0,02	0,05	0,39	0,09	0,23	2,0	79	2,3
* 75	20,75	0,04	0,04	0,05	0,35	0,03	0,20-0,24	2,8	386	2,3
St. E. ~ 5-X-63 ~ 0655-0812 GMT ~ D. Secchi : 30 m										
* 0	24,70	0,03	0,04	0,10	0,13	0,00	0,13	5,3	158	3,6
* 10	24,66	0,02	0,05	0,04	0,00	0,00	0,13	2,9	78	1,5
* 20	24,69	0,02	0,07	0,04	0,00	0,00	0,07	6,2	491	2,7
* 50	19,37	0,02	0,04	0,04	0,22	0,00	0,14	4,8	215	3,7
* 75	15,93	0,01	0,05	0,04	0,09	0,00	0,11		111	2,8
* 100	15,14	0,04	0,06	0,04	0,35	0,06	0,36	3,8	107	1,7
* 125	14,89	0,02	0,05	0,04	1,32	0,04			115	2,4
* 250	14,26	0,06	0,07	0,15	2,29	0,01	0,11	4,6	235	5,1
600	13,63	0,13	0,13	0,15	3,57				81	2,1
St. 19 ~ 10-X-63 ~ 1515-1558 GMT										
* 0	22,70	0,00					0,11	5,5	274	3,0
* 10	22,67	0,00					0,11	3,4	183	1,8
* 19	22,74	0,00					0,10	9,4	347	6,3
* 29	20,59	0,00							173	2,3
* 48	16,27	0,01					0,13	3,8	79	3,4
* 73	14,26	0,01							210	1,2
* 96	13,81	0,02					0,12	4,2	64	2,9
* 119	13,60	0,04							28	2,1
* 143	13,66	0,06							189	2,1
* 192	13,91	0,10							31	3,3
* 240	14,21	0,15					0,12	4,2	62	2,7
* 289	14,21	0,15							160	4,5
* 387	14,20	0,17							100	3,3
* 484	14,14	0,19							91	3,1
* 579	14,02	0,22					0,11	2,6	66	0,6

TABLEAU GENERAL (suite).

Prof. en mètres	Température en °C	Phosphore, µg-at/l			Azote, µg-at/l		Pigments		Comptage des particules	
		Phosphate	Total eau filtrée	Total sans filtrer	Nitrate	Nitrite	Chlorophylle a mg/m ³	D _{an} /D ₈₀₀	U-4	U-10 100 U-2
St. 20 — 10-X-63 — 1930-2142 GMT										
* 0	22,76	0,00	0,03	0,05	0,00	0,07	4,4	175	1,6	
* 9	22,68	0,01	0,02	0,06	0,01	0,09	3,7	188	0,9	
* 18	22,71	0,01	0,04	0,06	0,00	0,12	3,1	163	4,6	
* 46	17,17	0,01	0,02	0,03	0,00	0,12	3,4			
* 95	13,95	0,01	0,05	0,07	0,14	0,14	4,6	72	0,8	
* 143	13,82	0,06	0,06		2,07	0,01		122	0,7	
* 239	14,18	0,15	0,15		4,06	0,00	4,7	51	0,2	
* 385	14,16	0,19	0,19		5,09	0,00				
* 582	13,89	0,23	0,34		6,08	0,00		44	1,2	
St. 21 — 11-X-63 — 0344-0529 GMT										
* 0	22,42	0,00	0,02			0,03	4,7	140	1,5	
* 5	22,45	0,00						132	2,4	
* 10	22,41	0,01				0,00		107	2,8	
* 20	22,44	0,02				0,18	2,8	152	2,2	
* 30	20,56	0,00				0,09	4,3	84	2,6	
* 50	16,02	0,01				0,08	4,0	100	3,1	
* 75	14,85	0,01						46	3,1	
* 100	13,91	0,01						41	1,8	
* 125	13,74	0,06						204	0,8	
* 150	14,00	0,04						309	0,5	
* 200	14,16	0,04						185	0,7	
* 250	14,28	0,13				0,12	4,5	108	0,7	
* 300	14,27	0,13						214	1,3	
* 400	14,13	0,16						61	1,9	
St. 22 — 11-X-63 — 1525-1708 GMT										
* 0	23,57	0,00				0,11	5,4	136	2,2	
* 5	23,56	0,00				0,11	2,5	105	2,5	
* 10	23,55	0,00						130	3,4	
* 19	23,67	0,00				0,16	2,3	139	2,1	
* 27	23,80	0,00				0,16	3,0	82	1,7	
* 45	18,82	0,00				0,18	3,0	141	3,0	
* 68	16,31	0,00						107	0,6	
* 91	15,23	0,00						77	4,2	
* 107	15,08	0,00						65	0,6	
* 127	14,94	0,00						72	1,0	
* 169	14,78	0,00								
* 205		0,02				0,17	(1,7)	32	0,3	
* 249	14,34	0,03						53	2,4	
* 341	14,03	0,06						23	1,7	
* 434	13,99	0,07						88	0,5	
* 529		0,10						54	2,3	
St. 23 — 12-X-63 — 0556-0704 GMT — D. Secchi : 20 m										
* 0	22,92	0,02				0,14	4,5	186	7,9	
* 5	22,91	0,00				0,09	4,3	95	2,2	
* 10	22,93	0,01				0,15	5,9	131	2,7	
* 20	22,97	0,02						119	1,0	
* 29	22,94	0,01				0,31	3,9	59	1,8	
* 49	20,73	0,02				0,15	5,2	83	1,2	
* 73	17,84	0,02						63	0,8	
* 98	16,00	0,02						96	1,2	
* 115	15,60	0,00						36	1,0	
* 139	15,34	0,03						77	2,0	
* 186	14,67	0,04						36	1,2	
* 234	14,41	0,06				0,14		36	1,5	
* 282	14,38	0,07						67	1,3	
St. 24 — 12-X-63 — 1114-1206 GMT — D. Secchi : 27 m										
* 0	23,30	0,02				0,09	3,5	103	1,2	
* 10	23,32	0,02				0,10	3,0	97	2,3	
* 19	23,38	0,01				0,07	3,6	117	2,3	
* 47	22,51	0,02				0,13	4,1	77	0,9	
* 71	16,14	0,04				0,10	2,4	77	1,1	
* 95	15,47	0,04						56	0,7	
* 114	15,18	0,04				0,03		66	1,3	
* 138	14,92	0,08				0,07		30	1,9	
* 233	14,26	0,11				0,01		41	1,1	
(400)		0,16				0,00		95	2,8	
(600)								55	1,3	

TABLEAU GENERAL (suite).

Prof. en mètres	Température en °C	Phosphore, µg-at/l		Azote, µg-at/l		Pigments		Comptage des particules		
		Phosphate	Total eau filtrée	Total sans filtrer	Nitrate	Nitrite	Chlorophylle a mg/m ³	D ₄₉₀ /D ₆₈₅	U-4	U-10 100 U-2
St. 25 — 15-X-63 — 0908-1025 GMT — D. Secchi : 28 m										
* 0	21,99	0,02			0,01		0,07	4,0	266	1,0
* 10	21,96	0,02			0,01		0,15	4,5	93	0,5
* 19	21,97	0,02			0,01		0,11	6,6	166	1,1
* 48	15,86	0,02			0,01		0,17	2,2	163	1,9
* 73	14,05				0,01				86	0,5
* 97	13,70	0,03			0,06		0,17	3,6	76	0,6
122	13,70	0,06			0,02				54	(17,2)
147	13,82	0,10			0,01				72	1,0
196	14,07	0,14			0,01		0,09	2,9	54	0,6
* 245	14,21	0,15			0,01				47	0,5
295		0,16							50	0,8
394	14,12	0,19			0,01				143	0,8
493	13,93	0,21			0,01				35	0,5
592		0,26			0,01				51	0,9
St. 26 — 15-X-63 — 1735-1821 GMT										
* 0	22,10	0,01	0,05	0,05	0,03	0,00	0,08	2,3	123	1,6
* 10	21,99	0,01	0,03	0,05	0,01	0,00	0,17	2,0	94	0,5
* 20	22,07	0,02	0,04	0,05	0,02	0,00	0,14	2,0	260	0,7
49	15,91	0,02	0,05		0,01	0,00	0,12	3,6		
74	14,05	0,02		0,07	0,01	0,04	0,21	2,9	153	0,5
* 98	13,73	0,04	0,05		0,51	0,03			36	0,8
125	13,69	0,04	0,06		1,20	0,02			55	0,4
150	13,69	0,05	0,06		3,09	0,01	0,07	3,2	25	0,5
* 250	13,95	0,13	0,13		4,15	0,01			40	0,4
400	14,11	0,17	0,15	0,24	5,69	0,00			41	0,7
600	14,16	0,24	0,22			0,00			33	0,6
St. 27 — 16-X-63 — 0744-0836 GMT — D. Secchi : 34 m										
* 0	22,05	0,01			0,00		0,12	4,1	125	0,8
* 10	21,65	0,01			0,00		0,12	3,1	72	0,6
* 20	21,72	0,01			0,00		0,08	3,7	137	1,0
* 50	15,15	0,01			0,00		0,20	3,2	86	1,5
(75)	14,04	0,02			0,08				59	0,9
* 90	13,86	0,08			0,01		0,18	2,4	55	1,6
113	14,05	0,16			0,01				52	0,6
137	14,15	0,13			0,01				31	0,4
185	14,53	0,15			0,01				35	0,7
* 234	14,20	0,17			0,00		0,19	2,2	110	0,4
283	14,18	0,18							32	0,9
382	14,05	0,21			0,00				31	1,1
481	14,04	0,23			0,00				152	0,8
580	13,87	0,26			0,00				129	1,6
St. 28 — 16-X-63 — 1513-1550 GMT — D. Secchi : 27 m										
* 0	21,96	0,02	0,04	0,04	0,06	0,00	0,08	3,7	136	2,6
* 10	21,86	0,02	0,02	0,08	0,07	0,00	0,09	4,0	74	1,3
* 20	21,96	0,02	0,02	0,08	0,09	0,00	0,14	2,4	147	2,4
* 49	19,07	0,02	0,02		0,11	0,00	0,20	3,1	48	1,8
* 73	15,16	0,02	0,02	0,04	0,20	0,00			77	2,4
* 96	13,69	0,03	0,02		0,01	0,10	0,17	3,4	65	2,1
121	13,63	0,04	0,06		0,01	0,01			45	1,8
145	13,70	0,07	0,06		2,19	0,01	0,19	2,7	50	2,5
* 244	14,10	0,15	0,14	0,22	4,02	0,00			34	1,5
393	14,20	0,17	0,15		4,90	0,00			65	1,4
591	14,00	0,24	0,23		5,83	0,00			39	1,2
St. 29 — 17-X-63 — 0748-0825 GMT — D. Secchi : 36 m										
* 0	20,65	0,00			0,00		0,09	3,3	73	3,0
* 10	20,61	0,00			0,00		0,08	3,8	80	3,1
* 20	20,66	0,00			0,00		0,10	4,3	104	2,1
* 50	19,54	0,00			0,00		0,19	2,3	64	2,0
75	14,81	0,00			0,00				66	1,2
100	13,95	0,01			0,11		0,27	3,1	33	1,6
107	13,78	0,02			0,02				36	2,5
129	13,70	0,04			0,01				42	1,4
173	13,84	0,11			0,01				36	1,1
* 213	13,99	0,13			0,01		0,09	3,0	53	2,2

TABLEAU GENERAL (suite).

Prof. en mètres	Température en °C	Phosphore, µg-at/l			Azote, µg-at/l		Pigments		Comptage des particules	
		Phosphate	Total eau filtrée	Total sans filtrer	Nitrate	Nitrite	Chlorophylle a mg/m ³	D ₈₀₀ /D ₈₆₀	U-4	U-10 100 U-2
St. 29 — 17-X-63 — 0748-0825 GMT — D. Secchi : 36 m (suite)										
259	13,84	0,17			0,00				56	5,0
346	13,89	0,19			0,00				51	3,3
434	13,93	0,21			0,00				40	1,7
524	13,90	0,24			0,00				46	2,3
St. 30 — 17-X-63 — 1515-1552 GMT — D. Secchi : 34 m										
0	21,25	0,00	0,03	0,06	0,25	0,00	0,11	4,4	176	5,4
* 10	20,56	0,00	0,02		0,13	0,00	0,13	3,5	115	6,6
* 20	19,30	0,01	0,03	0,05	0,09	0,00	0,09	4,7	119	2,8
* 50	15,30	0,00	0,03		0,06	0,00	0,16	3,8	103	2,7
* 75	14,38	0,00				0,06			(917)	3,8
100	13,78	0,02	0,05	0,06	1,24	0,06	0,11	3,6	34	3,8
120	13,74	0,04	0,07		2,91	0,01			40	6,9
144	13,74	0,07	0,15		4,23	0,00	0,08	5,2	70	1,5
* 242	13,73	0,15	0,19	0,28	5,33	0,00			24	2,9
390	13,77	0,19	0,26		6,48	0,00			23	2,6
588	13,66	0,26				0,00				
St. 31 — 18-X-63 — 0733-0813 GMT — D. Secchi : 30 m										
* 0	19,95	0,01			0,00	0,00	0,07	5,2	125	3,9
* 10	19,88	0,01			0,00	0,00	0,07	4,7	160	2,2
* 20	19,68	0,01			0,00	0,00	0,04	9,7	95	1,5
* 50	14,85	0,01			0,00	0,00	0,21	2,7	116	1,5
* 75	14,04	0,01			0,03	0,03			(584)	1,7
* 100	13,69	0,04	0,02		0,01	0,01	0,11	2,2	42	1,6
125	13,77	0,10	0,13		0,01	0,00			39	2,1
150	13,93	0,13	0,17		0,00	0,00			36	1,2
200	13,95	0,16	0,20		0,00	0,00			49	1,3
* 250	13,94	0,17	0,23		0,00	0,00	0,08	3,3	205	1,1
300	13,91	0,19	0,26		0,00	0,00			97	1,7
400	13,84	0,21							92	1,1
500	13,78	0,25							(777)	2,1
600	13,66	0,28			0,00	0,00			(416)	3,3
St. 32 — 18-X-63 — 1335-1413 GMT — D. Secchi : 25 m										
0	20,72	0,01	0,03	0,05	0,06	0,00	(0,24)	2,9	162	2,2
* 10	20,22	0,01	0,02	0,04	0,28	0,00	0,12	2,0	132	4,3
* 20	17,39	0,01	0,02	0,08	0,18	0,00	0,14	3,4	136	3,8
* 49	14,22	0,01	0,08		0,00	0,01	0,08	5,0	67	4,0
* 74	13,53	0,01				0,04			91	5,4
* 99	13,20	0,02	0,05	0,05	1,24	0,02	0,08	4,3	37	3,7
124	13,24	0,04	(0,04)		2,94	0,01			36	5,4
149	13,69	0,07	0,13		4,22	0,00	0,03	6,6	73	2,7
* 242	13,93	0,14	0,17	0,23	5,72	0,00			27	2,2
396	13,82	0,20	0,17			0,00			35	1,5
St. 33 — 21-X-63 — 1109-1113 GMT — D. Secchi : 34 m										
* 0	21,40	0,01				0,00	0,05	4,7	140	1,6
* 10	20,97	0,01				0,00	0,05	3,3	107	2,9
* 20	21,00	0,00				0,00	0,10	4,7	176	3,3
* 49	15,12	0,01				0,01	0,14	4,1	83	2,0
* 73	14,85	0,01				0,01			82	3,8
* 98	13,61	0,01				0,03	0,14	4,8	45	1,2
121	13,64	0,05	0,11			0,01			51	5,0
145	13,72	0,11				0,01			55	3,0
195	13,86	0,11				0,01			46	3,4
* 244	14,22	0,15	0,10			0,01	0,10	4,9	36	2,1
293	14,17	0,16	0,12			0,01			52	2,2
392	14,17	0,20	0,16			0,01			60	5,2
491	14,03	0,21	0,17			0,01			56	3,7
591	13,87	0,25	0,17			0,00			55	2,6
St. 34 — 21-X-63 — 1700-1750 GMT										
* 0	21,05	0,00	0,02	0,04	0,03	0,00	0,05	4,5	134	4,8
* 10	20,97	0,00	0,02		0,01	0,00	0,07	5,2	109	3,7
* 20	21,03	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,21	(1,9)	129	4,1
* 50	14,50	0,01	0,03		0,01	0,00	0,19	3,2	49	4,1
* 75	13,93	0,01				0,07			41	2,6
* 94	13,81	0,02	0,12	0,14	0,95	0,02	0,08	5,3	49	1,6
117	13,68	0,03	0,10		2,39	0,01			35	5,0
141	13,78	0,08	0,10			0,01			38	3,9

TABLEAU GENERAL (suite).

Prof. en mètres	Température en °C	Phosphore, µg-at/l		Azote, µg-at/l		Pigments		Comptage des particules	
		Phosphate	Total eau filtrée	Nitrate	Nitrite	Chlorophylle a mg/m ³	D ₄₈₀ /D ₆₈₅	U-4	100 $\frac{U-10}{U-2}$
St. 34 — 21-X-63 — 1700-1750 GMT (suite)									
* 238	14,17	0,14	0,14	3,81	0,00	0,09	4,0	55	2,9
286	14,36	0,16	0,20	4,61	0,00			35	3,0
383	14,12	0,19	0,20	4,61	0,00			24	2,4
383	14,12	0,19	0,20	4,61	0,00			24	2,4
481	14,13	0,21			0,07			43	2,6
580	13,94	0,24	0,25	5,69	0,00			44	3,5
St. 35 — 22-X-63 — 0725-0808 GMT — D. Secchi : 27 m									
* 0	21,30	0,00			0,00	0,05	7,8	109	4,7
* 10	21,27	0,00			0,00	0,06	11,8	79	1,7
* 20	21,28	0,00			0,00	0,05	12,8	123	2,2
* 50	15,08	0,01			0,01	0,09	4,0	70	1,0
* 75		0,01			0,07			41	4,1
* 100	13,86	0,05			0,02	0,10	4,0	41	2,0
123	14,06	0,10			0,01			39	2,2
148	14,07	0,12			0,01			36	1,8
197	14,19	0,14			0,01			30	2,1
* 247	14,23	0,15			0,01	0,11	2,7	30	1,4
296	14,25	0,17			0,01			51	3,3
396	14,13	0,19			0,01			32	1,7
495	14,05	0,21			0,00			31	1,3
(505)	13,87	0,25			0,00			33	1,1
St. 36 — 22-X-63 — 1449-1550 GMT — D. Secchi : 25 m									
* 0	21,60	0,02			0,00	0,07	4,8	154	2,8
* 10	21,46	0,02			0,01	0,11	4,0	187	5,5
* 20	21,03	0,02			0,00	0,07	7,4	140	2,3
* 50		0,01			0,00	0,11	2,3	63	2,5
* 75	16,78	0,00			0,00			60	0,8
* 99	13,82	0,01			0,00	0,06	5,2	51	1,9
124	14,08	0,12			0,01			35	1,5
St. 37 — 23-X-63 — 0654-0736 GMT									
149	14,17	0,15			0,01			76	2,9
198	14,29	0,15			0,01	0,07	2,9	75	1,9
* 248	14,33	0,19			0,01			71	3,7
297	14,20	0,19			0,00			51	1,5
397	14,01	0,22			0,00			37	0,6
496	13,87	0,26			0,00			47	1,5
596	13,66	0,31			0,00			41	1,7
St. 38 — 23-X-63 — 1500-1505 GMT — D. Secchi : 31 m									
* 0	20,41	0,02	0,08	0,03		0,08	4,7	436	5,5
* 10	20,36	0,02	0,02	0,05		0,03	13,0	95	2,3
* 19	19,74	0,02	0,02	0,01		0,01		84	2,7
* 48	16,60	0,02	0,02	0,04		0,19	3,1	59	1,5
* 72	13,98	0,03	0,03	0,51		0,26	3,9	64	1,8
* 97	13,77	0,09	0,09	2,31				43	2,0
121	13,73	0,11						224	1,0
145	13,89	0,15	0,14	3,68				201	0,7
196	14,14	0,16	0,15	4,43		0,11	(1,7)	94	1,5
* 244	14,24	0,17	0,15	4,43				44	2,3
294	14,17	0,19						33	2,9
392	13,99	0,23						57	1,3
490	13,67	0,29	0,29	6,70				52	0,7
589	13,45	0,35	0,27					139	0,7
St. 38 — 23-X-63 — 1500-1505 GMT — D. Secchi : 31 m									
0	21,06	0,01			0,00	0,09		92	2,8
* 10	21,01	0,01			0,00	0,09		98	3,8
* 20	21,02	0,01			0,00	0,12	(1,3)	117	1,8
* 50	14,98	0,01			0,04	0,18	(1,8)	69	2,2
* 75	13,97	0,01			0,02		(1,5)	50	3,5
* 100	13,80	0,10			0,02	0,11		36	2,1
125	13,88	0,12			0,01			45	0,9
150	14,02	0,12			0,01			54	1,4
200	14,05	0,14			0,01			46	0,6
* 250	14,01	0,16			0,01	0,11	2,0	44	0,3
300	14,71	0,19			0,00			40	0,9
400	13,88	0,22			0,00			32	1,4
500	13,88	0,26			0,00			21	1,0
600	13,74	0,28			0,00			27	0,7

TABLEAU GÉNÉRAL (suite).

Prof. en mètres	Température en °C	Phosphore, µg-at/l		Azote, µg-at/l		Pigments		Comptage des particules		
		Phosphate	Total eau filtrée	Total sans filtrer	Nitrate	Nitrite	Chlorophylle a mg/m ³	D ₄₈₀ /D ₆₈₀	U-4	U-10 100 U-2
St. 39 T — 24-X-63 — 0858-0932 GMT — D. Secchi : 27 m — Valeurs limites de deux déterminations de pigments dans la journée										
0	19,99	0,01	0,02	0,05	0,00	0,00	0,09-0,14	4,0-5,0		
9	19,81	0,01	0,02	0,05	0,03	0,03	0,16-0,19	2,4-3,1		
18	19,54	0,01	0,02	0,05	0,02	0,00	0,11-0,14	3,5		
46	17,11	0,01	0,02	0,05	0,03	0,00	0,10-0,16	4,1-4,4		
70	14,28	0,01	0,05	0,05	0,02	0,01	0,17-0,18	3,3-3,9	50	4,4
* 95	13,80	0,04	0,05		1,14	0,03			42	4,9
102	13,72	0,05	0,07		2,50	0,02			66	4,2
123		0,07				0,01			50	3,3
164	13,84	0,13			3,90	0,01	0,05-0,15	2,8-4,0	26	3,4
* 205	13,85	0,14	0,13							
245	13,88	0,16								
325	13,83	0,19								
404	13,84	0,22	0,20	0,22	5,14	0,00				
490	13,83	0,27				0,00				
St. 40 — 25-X-63 — 0928-1020 GMT — D. Secchi : 22 m										
* 0	19,93	0,03	0,07	0,08	0,09	0,00	0,17	3,3	251	2,4
* 10	19,87	0,02	0,03	0,07	0,17	0,00	0,10	2,6	256	1,3
* 19	16,56	0,01	0,03	0,07	0,13	0,00	0,12	1,9	568	1,2
* 47	16,92	0,01	0,05	0,06	0,09	0,01	0,14	2,7	560	2,5
71	14,32	0,01	0,05	0,06	0,26	0,03			656	0,9
* 96	13,93	0,02	0,03		0,44	0,09	0,14	2,3	290	0,7
109	13,79	0,02				0,05			117	1,5
132	13,74	0,05	0,05		2,13	0,03			637	0,3
176	13,71	0,08			4,16	0,00	0,07	2,7	756	
219	13,90	0,14	0,15	0,23	4,83	0,00			837	
355	13,84	0,15				0,00				
448	13,85	0,19	0,18			0,00				
542	13,78	0,23				0,00				