

# PHYTOPLANCTON ET PRODUCTION PRIMAIRE DANS LE SECTEUR SUD-OCCIDENTAL DE LA MÉDITERRANÉE

par Marie-Louise FURNESTIN

Cette étude se rapporte aux prélèvements effectués par la « Thalassa », navire de l'Institut des Pêches maritimes, en automne 1963 (18 octobre-9 novembre) dans un secteur compris entre la côte

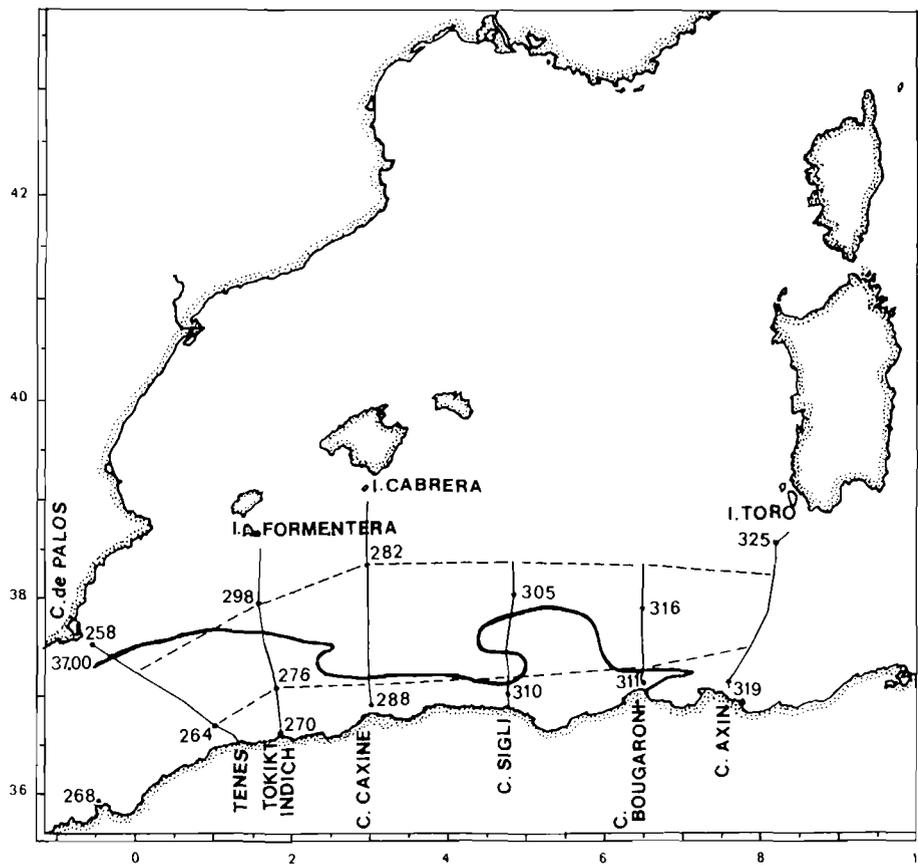


FIG. 1. — Stations de la « Thalassa » (automne 1963). Les sections selon lesquelles l'étude hydrologique a été faite sont indiquées, de même que l'isohaline de 37‰ en surface.

nord-africaine d'une part, la côte espagnole, les Baléares et la Sardaigne d'autre part (fig. 1). Elle a été longtemps différée, dans l'attente des résultats hydrologiques de la même campagne, qui n'ont été publiés qu'en 1969 (ALLAIN et FURNESTIN).

Le regroupement des données physico-chimiques, des mesures de productivité et des valeurs pigmentaires avait été fait à l'issue de la campagne par P. LAMARQUE (1). L'identification des espèces phytoplanctoniques a été opérée par A. CAZAUBON-DESGOUILLE, selon les directives de l'auteur.

Les buts poursuivis dans ce travail ont été, en premier lieu, de fournir des mesures de productivité pour un secteur qui n'en comportait encore que localement, puis de relier ces valeurs au phytoplancton présent et aux conditions hydrologiques concomitantes.

### **1. - Le matériel. Données physico-chimiques et biologiques.**

Nous avons retenu 14 stations comportant à la fois, à raison de 4 séries par station (soit 56 au total), des prélèvements planctoniques, des relevés hydrologiques, ainsi que des mesures de productivité et de pigments. L'ensemble des données numériques a été regroupé en tableaux annexes (2). Associées à celles d'une nouvelle campagne dans la même région, elles pourraient sans doute donner lieu à une analyse mathématique, que leur nombre, isolément, n'autorise pas ; en revanche, cet ensemble permet la concentration raisonnée des résultats physico-chimiques et biologiques.

#### **a) Caractéristiques des stations.**

Ces caractéristiques comprennent la sonde au point considéré, l'heure de début et de fin des observations, la transparence de l'eau évaluée au disque de Secchi, la pression barométrique, la force de la mer et celle du vent, la nébulosité, et, à diverses profondeurs jusqu'à une centaine de mètres, la quantité de lumière en pour cent de celle qui atteint la surface.

#### **b) Relevés hydrologiques.**

Ceux-ci comportent, à divers niveaux, entre 0 et 200 m (profondeur à laquelle nous avons limité nos considérations) : température salinité (‰), densité et, pour un certain nombre de stations, les teneurs en oxygène et en phosphates (P-PO<sub>4</sub>). Pour les informations relatives au matériel et aux méthodes utilisées pour procéder à ces relevés, nous renvoyons à la note de DARDIGNAC (1965) et au travail complet de ALLAIN et FURNESTIN (1969).

#### **c) Les pigments.**

Pour 56 échantillons, les pigments ont été extraits, à l'acétone 90 % (5 cm<sup>3</sup>) à partir de la filtration de 1 à 2 l d'eau (le plus souvent 1,250 l) (3) par station, sur membranes Milipore AA et la densité optique des extraits a été mesurée aux longueurs d'onde de 430-480-510-630-640 et 665 μ au spectrophomètre Beckman D.U. en cellule de 1 cm de transmission. Les teneurs en chlorophylles a et b sont exprimées en mg/m<sup>3</sup> d'eau, les teneurs en chlorophylle c et en caroténoïdes (carotènes non astaciens et astaciens) en m-S.P.U./m<sup>3</sup> (milli-specific pigment unit, qui équivaut à environ 1 mg de pigment sec). Les calculs ont été faits selon les équations de RICHARDS et THOMPSON (1952) (4). Le rapport D<sub>430</sub>/D<sub>665</sub> a également été calculé.

#### **d) Production organique primaire.**

Celle-ci a été mesurée par la méthode d'incubation à bord (4 h en moyenne avec un éclairage artificiel de 8 500 lux environ) à partir de prélèvements effectués à quatre niveaux successifs dans la zone euphotique entre 1 et 70 m environ (soit à 1 m, entre 9 et 12 m, 36 et 47 m, 61 et 75 m selon les stations), niveaux auxquels les températures ont été relevées. On connaît aussi la quantité de lumière parvenant à ces niveaux en p. cent de celle qui arrive en surface. Les températures minimale, maximale et moyenne, ainsi que la salinité dans les incubateurs ont été notées au cours de chaque opération. Mais il n'a pas été fait, parallèlement, de mesures de production *in situ*, qui auraient donné lieu à d'utiles comparaisons avec les résultats obtenus en incubateurs.

(1) Participaient à cette mission, sous la direction de J. FURNESTIN : Ch. ALLAIN, M. BONNET, J. DARDIGNAC, J. DUCLERC, P. LAMARQUE, J. TAILLIEZ et A. VINCENT.

(2) Ces tableaux seront fournis, sous forme de cahier séparé, aux personnes qui en feront la demande à l'auteur.

(3) Les prélèvements d'eau ont été pratiqués à l'aide de bouteilles Nansen de capacité 1,3 litre, intérieurement revêtues de téflon.

(4) Les recommandations du groupe de travail 17 du SCOR-UNESCO (1966) sur le choix des équations et méthodes n'avaient pas paru à la date à laquelle ont été faites ces évaluations.

Les filtres ont été envoyés, pour comptage d'activité, à l'Agence internationale pour la mesure de production primaire marine au C14, à Charlottenlund (Danemark). La production (productivité) a été évaluée en mg C/m<sup>3</sup>/h (en tenant compte des différences de température entre mer et incubateur) aux quatre profondeurs de prélèvement et calculée également pour les quatre niveaux standard de 1-10-40 et 70 m. On dispose en outre du rapport Production/chlor. a. Enfin, on a calculé la biomasse phytoplanctonique à partir des valeurs pigmentaires, et le rapport Production/Biomasse.

**e) Le phytoplancton.**

Le phytoplancton a été prélevé à l'aide de la bouteille à renversement et conservé au formol en bocaux de 250 cm<sup>3</sup>. L'étude en a été faite au microscope inversé Zeiss par la méthode de sédimentation d'Utermöhl.

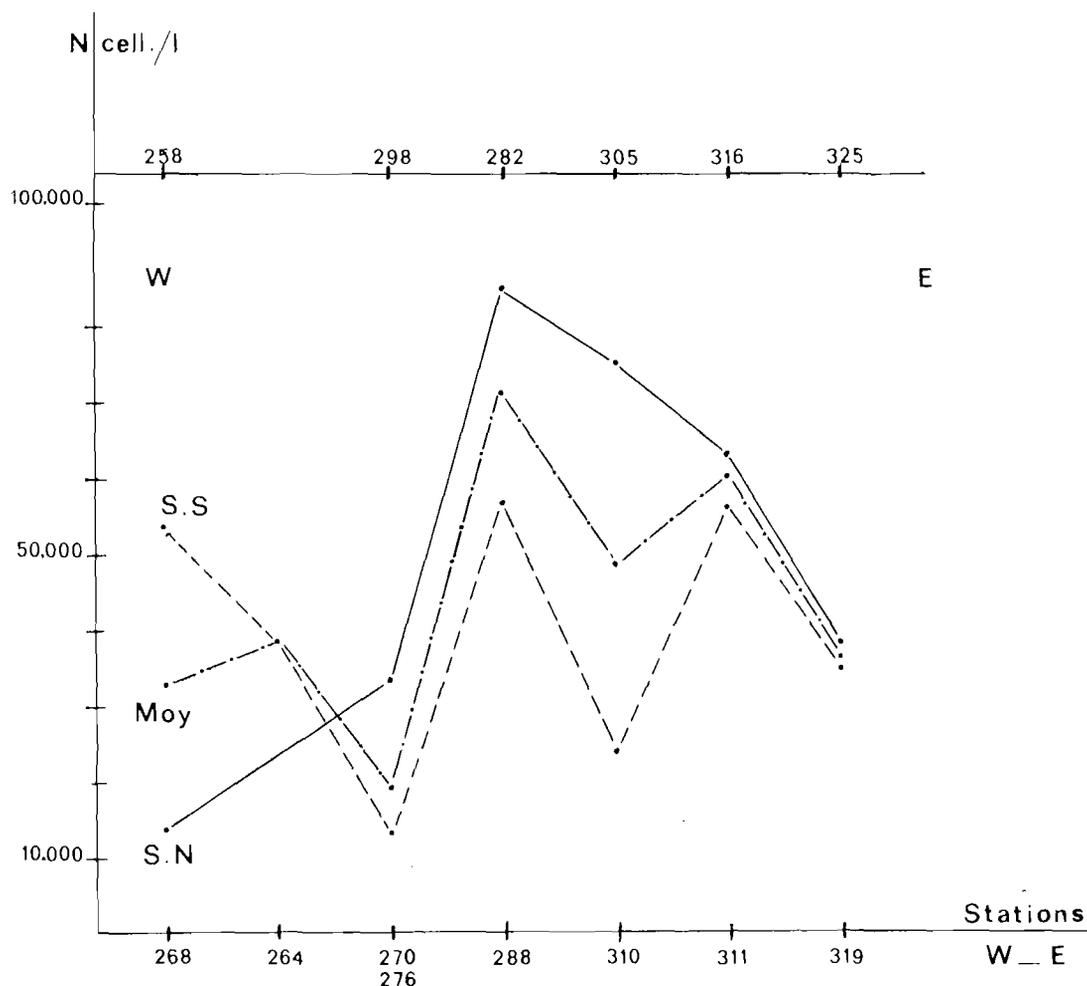


FIG. 2. — Répartition quantitative des Diatomées par station de l'ouest à l'est, dans les secteurs nord et sud et, en moyenne, sur l'ensemble de la zone étudiée.

Une estimation quantitative a été pratiquée par passage dans des cuves de sédimentation de 100 cm<sup>3</sup>, le nombre des cellules étant rapporté au litre d'eau de mer pour chaque prélèvement. Mais nous n'avons tenu compte qu'accessoirement de ces résultats, les prélèvements étant déjà anciens au moment des comptages et l'observation microscopique ayant révélé une destruction notable des éléments phytoplanctoniques.

Nous ferons donc surtout état de l'analyse qualitative de ce plancton végétal.

Espèces	coef. de fréquence			Espèces	coef. de fréquence		
	S	M	S.M.		S	M	S.M.
<i>Diatomées centriques</i>				<i>Nitzschia closterium</i> .....			12,4
				« <i>delicatissima</i> .....			6,2
<i>Bacteriastrium hyalinum</i> .....	4,1			« <i>incurva</i> .....	4,1		
<i>Biddulphia aurita</i> .....		3,1		« <i>lanceolata</i> .....		3,1	
<i>Chaetoceros affinis</i> .....		6,2		« <i>longissima</i> .....	16,4		
« <i>atlanticus</i> .....		6,2		« <i>lorenziana</i> .....	4,1		
<i>Coscinodiscus centralis</i> .....			14,2	« <i>paradoxa</i> .....		18,6	
« <i>perforatus</i> .....			5,3	« <i>pungens</i> .....			3,6
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i> .....	4,1			« <i>seriata</i> ? .....			39,2
<i>Hemiaulus sinensis</i> .....	4,1			<i>Nitzschiella closterium</i> .....		3,1	42,7
<i>Lauderia borealis</i> .....			10,7	<i>Plagiogramma marina</i> .....			
<i>Leptocylindrus danicus</i> .....			37,4	<i>Rhopalodia minusculus</i> .....			3,6
<i>Rhizosolenia alata-gracillima</i> .....			5,3	<i>Striatella unipunctata</i> .....		3,1	
« <i>delicatula</i> .....		3,1		<i>Thalassionema nitzschioides</i> .....			62,3
« <i>hebetata-semispina</i> .....		3,1		<i>Thalassiothrix delicatula</i> .....		15,5	
« <i>robusta</i> .....			5,3	« <i>frauenfeldii</i> .....			42,7
« <i>stolterfothii</i> .....			17,8	« <i>longissima</i> .....			10,7
<i>Skeletonema costatum</i> .....			23,1	<i>Dinophycées</i>			
<i>Thalassiosira rotula</i> .....			57,0	<i>Prorocentrales</i>			
<i>Diatomées pennées</i>				<i>Exuviella dactylus</i> .....	4,1		
<i>Acnanthes longipes</i> .....		3,1		« <i>marina</i> .....	4,1		
<i>Amphora angulata</i> .....		3,1		« <i>vaginula</i> .....	4,1		
« <i>arcus</i> .....	4,1			<i>Histioneis sp.</i> .....		3,1	
« <i>bacteriastrium</i> .....		3,1		<i>Porella adriatica</i> .....	4,1		
<i>Asterionella japonica</i> .....	4,1			<i>Prorocentrum gracile</i> .....	8,2		
« <i>kariana</i> .....	4,1			« <i>micans</i> .....			8,9
« <i>notata</i> .....		3,1		« <i>rostratum</i> .....	4,1		
<i>Cocconeis costata</i> .....			19,6	« <i>scutellum</i> .....		3,1	
« <i>molesta</i> .....	4,1			<i>Dinophysiales</i>			
« <i>scutellum</i> .....			55,3	<i>Dinophysis acuta</i> .....	4,1		
<i>Grammatophora angulosa</i> .....		3,1		<i>Péridiniales</i>			
« <i>marina</i> .....			21,4	<i>Ceratium declinatum</i> .....		3,1	
« <i>oceanica</i> .....			14,2	« <i>fuscus</i> .....		3,1	
<i>Licmophora abbreviata</i> .....			19,6	« <i>pulchellum</i> .....		3,1	
« <i>angulosa</i> .....		3,1		<i>Goniaulax gracile</i> .....		3,1	
« <i>communis</i> .....			35,6	« <i>polygramma</i> .....			10,7
« <i>gracilis</i> .....			3,6	« <i>spiniifera</i> .....		3,1	
<i>Navicula cancellata</i> .....			12,5	<i>Oxytoxum constrictum</i> .....			3,6
« <i>crabo</i> .....			17,8	« <i>scolopax</i> .....	12,3		
« <i>didymus</i> .....	4,1			<i>Peridinium conicum</i> .....		3,1	
« <i>forcipata</i> .....			3,6	« <i>crassipes</i> .....	4,1		
« <i>incerta</i> .....	8,2			« <i>pentagonum</i> .....	4,1		
« <i>lanceolata</i> .....	8,2			<i>Podolampas palmipes</i> .....		3,1	
« <i>lyra</i> .....	4,1						
« <i>viridula</i> .....			23,1				

TABLE. 1. — Microplancton (Diatomées et Dinophycées) récolté sur l'ensemble des stations de la campagne « Thalassa » (1963). Les coefficients de fréquence sont indiqués séparément pour les espèces présentes seulement dans les secteurs septentrional (S) ou méridional (M) et pour les espèces communes aux deux secteurs (S-M).

## II. - Composition et répartition du phytoplancton.

Nous avons étudié 56 prélèvements à raison de 4 par station, faits aux mêmes niveaux que les prélèvements d'eau pour mesures de productivité.

### a) Répartition quantitative et spécifique des Diatomées et Dinophycées.

Seules les Diatomées et Dinophycées ont été totalement identifiées. Les premières comprennent 60 espèces et les secondes 22. Ces chiffres paraissent faibles, mais il faut se souvenir que la campagne, dans le secteur considéré, n'a duré que trois semaines et que seules ont été faites des prises à la bouteille.

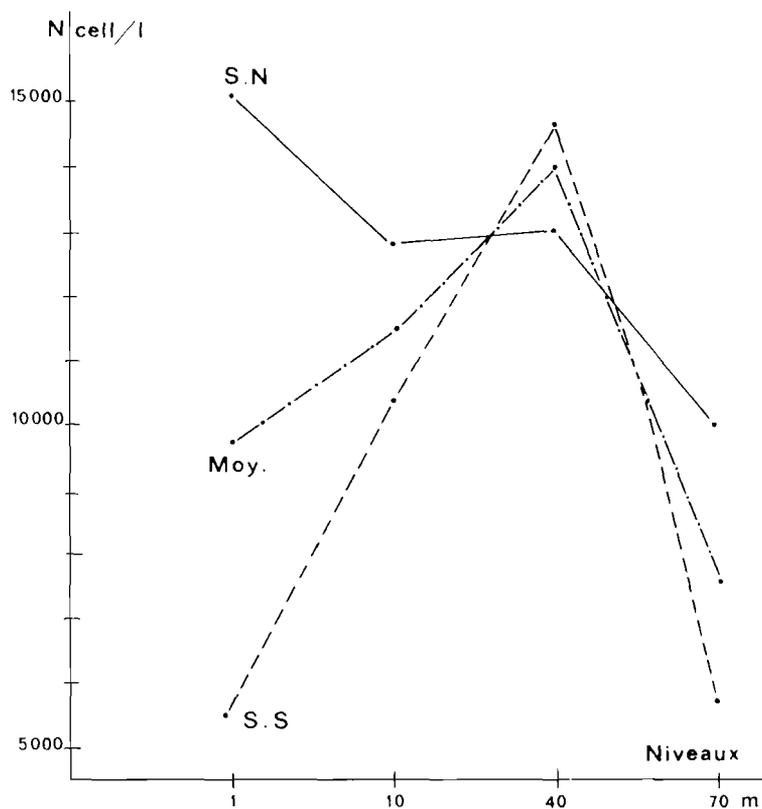


FIG. 3. — Répartition quantitative des Diatomées par niveau (valeurs moyennes) dans les secteurs nord et sud et sur l'ensemble de la zone étudiée.

Les listes des espèces des deux groupes sont données dans le tableau 1. On note la prédominance nette des Diatomées dont les espèces sont près de trois fois plus nombreuses que celles des Dinophycées. C'est une règle quasi générale en Méditerranée occidentale, sauf en été où ces dernières supplantent parfois les Diatomées.

Le calcul de l'indice de diversité spécifique (indice de Gleason<sup>(1)</sup>) pour les Diatomées ( $d_1$ ) et les Dinophycées ( $d_2$ ) permet de caractériser, avec plus de précision, la distribution des individus en espèces ; le rapport des deux indices,  $d_1/d_2$ , renseigne par ailleurs sur l'évolution simultanée des deux groupes. Pour les Diatomées, considérées sur l'ensemble du secteur,  $d_1 = 5,36$  ; pour les Dinophycées,  $d_2 = 2,95$  ; le rapport  $d_1/d_2 = 1,81$ .

(1) Indice de Gleason :  $d = (s-1)/\log_e N$ , où  $s$  est le nombre d'espèces, et  $N$  le nombre d'individus. Cf TRAVERS (1962, 1971), GRALL et JACQUES (1964), PAULMIER (1971, 1972).

Mais ces indices varient plus ou moins fortement d'une station à l'autre :  $d_1$ , entre les extrêmes de 1,50 et 2,98, atteint ses valeurs les plus élevées lorsque de nombreux éléments tycho-pélagiques ou benthiques se mêlent au plancton proprement dit ;  $d_2$ , toujours faible, souvent nul même, varie entre 0 et 0,72 ;  $d_1/d_2$ , variant de 3 à 11,5 et tendant vers l'infini sur plusieurs stations, marque la prépondérance très nette, voire exclusive, des Diatomées.

Sur le plan quantitatif (avec les réserves faites précédemment), la différence est encore plus marquée : les Diatomées sont environ 40 fois plus abondantes que les Dinophycées (nombre moyen de cellules au litre, par station : 42 300 Diatomées et 890 Dinophycées).

La répartition quantitative des Diatomées par station, de l'ouest à l'est du secteur étudié, met en évidence (fig. 2) une zone riche au sud des Baléares (st. 282-305-316), se prolongeant jusqu'aux eaux algériennes (st. 288 et 311). Leur répartition moyenne par niveaux montre des chiffres croissants de 1 à 40 m et une chute brutale à 70 m ; le maximum à 40 m est net (fig. 3).

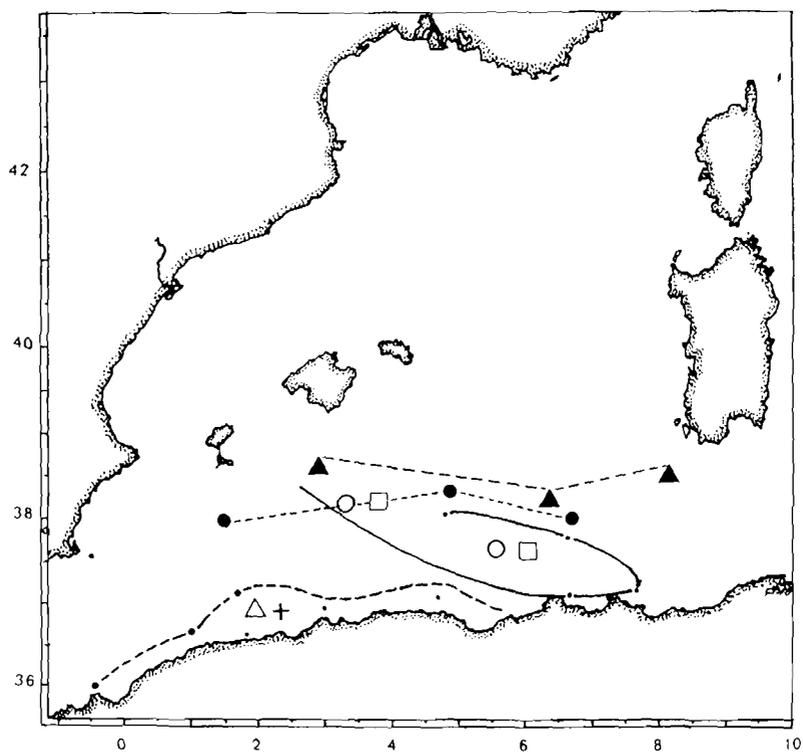


FIG. 4. — Zones de concentration maximale des six Diatomées les plus abondantes. Cercle blanc : *L. communis* ; carré blanc : *N. closterium* ; triangle blanc : *T. nitzschioides* ; croix : *L. abbreviata* ; cercle noir : *N. seriata* ; triangle noir : *T. rotula*.

On remarquera que plus de la moitié des espèces sont des Diatomées pennées. Or, l'on sait que peu d'entre elles sont réellement pélagiques. Effectivement, pendant cette période automnale, on compte de nombreux éléments tycho-pélagiques et benthiques dans le plancton et notamment : *Cocconeis scutellum*, *Grammatophora marina*, *G. oceanica*, *Licmophora communis*, *L. abbreviata* et *Navicula cancellata*, qui sont parmi les Diatomées les plus fréquentes, et ceci, même sur des fonds importants. Le fait est bien connu sur fonds faibles, en zone néritique (BUCALOSSI, 1960 ; BODEANU, 1969) ou dans les estuaires, par exemple. Leur montée est attribuée à des courants de convection ou à un phénomène physiologique coïncidant avec une phase de multiplication végétative intense et rapide (TREGOUBOFF et ROSE, 1957). La présence constante de Diatomées benthiques dans le plancton a été notée en particulier par LUBET (1955), GRALL et JACQUES (1964), PAULMIER (1965, 1969) et, récemment (1971), ce dernier a étudié leur cycle saisonnier, dans un milieu tout différent il est

vrai, un estuaire breton, où ces éléments font, à certains moments, plus de 90 % du stock de Diatomées. Leur constance et leur fréquence permettent de les considérer, au moins à certaines saisons, comme partie intégrante du phytoplancton. Il n'est pas inutile de souligner ici leur importance.

Parmi les Diatomées, six espèces sont plus abondantes ; leur ensemble représente environ 70 % de l'effectif total de ces algues. Ce sont, dans l'ordre décroissant des indices de dominance ( $100 n/N$  où  $n$  représente l'effectif de chaque espèce et  $N$  l'effectif total des Diatomées) :

*Licmophora communis* (14,0), *Nitzschiella closterium* (13,0), *Thalassionema nitzschioides* (11,6), *Nitzschia seriata* (1) (9,1), *Licmophora abbreviata* (8,1), *Thalassiosira rotula* (8,1).

La figure 4 indique la distribution de ces espèces dans le secteur étudié. La fréquence des espèces est par ailleurs très variable ; beaucoup ne sont représentées qu'une fois (25 d'entre elles), quelques-unes ne figurent que sur une seule station mais à différents niveaux. Un plus grand nombre sont présentes sur plusieurs stations ; ainsi, dix d'entre elles s'observent sur 6 à 9 stations et neuf sur 10 à 14 stations. Leur coefficient de fréquence  $100 n/N$  a été calculé en fonction du nombre  $n$  de prélèvements positifs sur un total  $N$  de 56 prélèvements pour les espèces représentées sur l'ensemble du secteur et sur un total  $N$  de 32 ou de 24 prélèvements pour les espèces respectivement présentes seulement dans la partie méridionale ou dans la partie septentrionale du secteur (tabl. 1). La plus fréquente est *Thalassiosira rotula* avec un coefficient de 57,0.

Parmi les Péridiniens, une seule espèce se manifeste avec une certaine fréquence : *Goniaulax polygramma* (sur 6 stations, à raison d'un prélèvement par station ; cf = 10,7).

Les Coccolithophorides, dont l'identification spécifique n'a pas été faite, sont fréquemment observés (douze prélèvements répartis sur huit stations ; cf = 21,4).

La Prasinophycée *Halosphaera* sp. (PARKE et DIXON, 1968), dont la détermination n'a pas été poussée jusqu'à l'espèce (A. et M. TRAVERS, 1970), est présente sur toutes les stations, dans 29 prélèvements sur 56 (cf = 51,8).

Des Silicoflagellés (*Dictyocha fibula*) ont également été rencontrés, mais rarement (cf = 3,57).

#### b) Rappel des données antérieures dans le secteur.

Plusieurs inventaires et études quantitatives du phytoplancton ont été faits antérieurement dans le secteur considéré (dans sa partie méridionale surtout) ou dans les zones voisines. Nous en donnerons l'analyse rapide à titre comparatif, en nous limitant à ceux qui touchent les deux groupes plus particulièrement envisagés ici.

Pour les eaux algériennes existent, d'une part, les travaux quantitatifs de KRÜGER (1950), BERNARD et BERTOLDO (1958) et BUCALOSI (1960), d'autre part l'étude d'ensemble du microplancton par TELLAI (1964), celle d'un cycle annuel du phytoplancton et de sa répartition verticale par LALAMI-TALEB (1971), celle des Dinoflagellés par PINCEMIN (1966), et un certain nombre de travaux de F. BERNARD dont nous retiendrons l'un des plus récents (BERNARD et TALEB, 1970) s'adressant aux Diatomées et Coccolithophorides.

KRÜGER signale, au voisinage d'Alger, dans des eaux de type méditerranéen (sal. > 37 ‰), une importante proportion de Dinoflagellés favorisés par les forts éclaircissements de surface ; la présence de Diatomées en faible quantité en hiver et leur épanouissement au début du printemps.

BERNARD et BERTOLDO, dans le même secteur mais dans des eaux de type atlantique, indiquent au contraire la prépondérance des Diatomées.

G. BUCALOSI, dans des eaux de même type, constate un afflux de Dinoflagellés lorsque la salure augmente ; leur maximum se situe à 10 m en hiver et au printemps. Les Diatomées, superficielles au printemps, sont abondantes à 50 m en hiver et plongent en été entre 50 et 150 m. Un certain nombre de Diatomées de fond sont présentes dans le plancton près du rivage mais deviennent négligeables quand on s'en éloigne ; les formes pélagiques sont plus abondantes, notamment au printemps.

---

(1) Malgré les fréquentes mentions qui en sont faites, *N. seriata* n'existerait pas en Méditerranée. Il s'agirait ici d'une des espèces du « complexe — *Nitzschia-seriata* » (HASLE, 1972).

TELLAI, retraçant le cycle annuel du microplancton dans la baie d'Alger, en fonction des variations saisonnières de l'influence atlantique, maximale en juillet, insiste sur le large développement des Diatomées au printemps et en été (avec un maximum d'abondance et de variété), leur régression en automne pour atteindre un minimum en hiver. Les espèces qu'il cite se retrouvent dans nos prélèvements. Les Dinoflagellés ont une répartition quantitative et spécifique très variable : les Gymnodiniens prospérant en hiver, même en profondeur, et les Péridiniens, surtout au printemps et en été, essentiellement superficiels, les plus grands nombres d'individus et d'espèces se situant entre 0 et 20 m.

PINCEMIN, dans des eaux de type atlantique (sal. 35,9 à 36,8 ‰), mentionne 114 espèces de Dinoflagellés, abondants d'août à octobre, régressant fortement de novembre à avril et paraissant favorisés par les variations de salure importantes ; leur optimum de température est supérieur à 20°. Par comparaison, les Diatomées offrent des fluctuations numériques plus prononcées, allant jusqu'à disparaître ; lors de ces investigations, elles ont manifesté des expansions notables en hiver et leur maximum en été et en automne.

Les divergences qui peuvent apparaître dans ces diverses observations résultent des modifications rapides et accusées des populations phytoplanctoniques dans une région où les conditions de milieu sont éminemment changeantes selon l'intensité de la poussée atlantique.

Pour la partie nord du secteur prospecté, nous avons le travail de BALLE (1961) sur le plancton d'Ivica et de la côte orientale de la péninsule ibérique (campagne du « Xauen », 1959) complément à ses travaux antérieurs sur le phytoplancton de la baie de Palma de Majorque. Autour de l'île d'Ivica, cet auteur note (en décembre) la prédominance des Péridiniens sur les Diatomées. Le long de la côte espagnole, entre les caps la Nao et de Gates, les populations sont équilibrées. Ce n'est pas le cas de nos prélèvements où les Diatomées dominent. Par ailleurs, selon les listes de P. BALLE et les nôtres, les espèces, dans les deux groupes, sont notablement différentes.

Il y a donc d'importantes variations annuelles dans la composition du phytoplancton pour un secteur donné. Nous verrons qu'il y a aussi des variations sur des zones voisines considérées simultanément, ceci en fonction d'une hydrologie différente malgré leur proximité.

### c) Etude comparée des parties nord et sud du secteur prospecté.

En effet, si l'on examine les relevés hydrologiques sur l'ensemble du secteur prospecté, entre la côte espagnole, les Baléares, la Sardaigne d'une part et la côte nord-africaine d'autre part, on constate que l'isohaline de 37 ‰ le partage en deux zones : l'une, au nord, à plus de 37 ‰, l'autre au sud, à moins de 37 ‰, le courant atlantique déployant sa veine principale le long des rivages africains (fig. 1).

Or, les listes comparées des Diatomées et Dinophycées identifiées sur les 6 stations septentrionales (zone Espagne-Baléares-Sardaigne), d'une part, et les 8 stations méridionales (zone africaine), d'autre part, présentent de sensibles différences que l'on peut résumer comme suit :

- a) formes communes aux deux zones (28 Diatomées, 3 Dinophycées) ;
- b) formes propres à la zone méridionale (18 Diatomées, 9 Dinophycées) et à la zone septentrionale (14 Diatomées et 10 Dinophycées).

On retrouvera dans le tableau 1 les espèces des deux groupes, propres à chacune de ces zones. Les Diatomées *Rhizosolenia delicatula* (forme à tendance océanique de l'Atlantique tempéré-froid) et *Chaetoceros atlanticus* (forme chaude, océanique), qui passent pour être d'origine atlantique mais communes en Méditerranée (BERNARD et TALEB, 1970), sont parmi les espèces particulières à la zone africaine. Une troisième Diatomée de même origine, *Thalassiosira rotula* (forme tropicale-subtropicale, néritique), est présente sur toutes les stations méridionales mais n'en est pas exclusive : elle est fréquente aussi dans le secteur septentrional. *Leptocylindrus danicus*, forme à affinités atlantiques, représenté dans les deux secteurs, avec une fréquence légèrement supérieure au sud, constitue un cas similaire.

En revanche, il faut remarquer qu'on n'observe, dans la zone africaine, pourtant largement influencée par le courant atlantique (les salinités le prouvent), aucune des formes relevées comme indicatrices de cette pénétration, soit onze Diatomées, et notamment *Thalassiosira decipiens*, citées par BERNARD et TALEB (1970) et LALAMI-TALEB (1971). *Peridinium crassipes*, qui passe également pour indicateur atlantique, n'y a pas été rencontré non plus, alors qu'il a été identifié une fois dans la zone nord (station 305).

Ces observations amènent à considérer dans le détail et séparément les populations phytoplanctoniques dans les deux zones ci-dessus indiquées.

1° Zone méridionale (salinité inférieure à 37‰).

On y a reconnu 46 espèces de Diatomées et 12 de Dinophycées. Le nombre d'espèces varie dans d'assez faibles proportions d'une station à l'autre (de 16 à 25) et d'un niveau à l'autre, sauf pour les niveaux inférieurs (70 m) où il diminue assez nettement (tabl. 2 et 3).

Zone méridionale		Zone septentrionale	
Station	Nbre espèces	Station	Nbre espèces
268	22	258	20
264	25	298	22
276	23	282	32
270	18	305	27
288	22	316	28
310	23	325	24
311	16		
319	19		

TABL. 2. — Nombre d'espèces phytoplanctoniques par station, dans un ordre géographique ouest-est pour les deux zones considérées.

Niveaux (m)	Zone méridionale				Zone septentrionale			
	Nbre espèces	d1	d2	d1/d2	Nbre espèces	d1	d2	d1/d2
1	31	3,12	0,68	4,5	26	2,41	0,35	6,9
10	33	3,10	0,57	5,4	22	2,12	0,20	10,6
40	31	2,88	0,36	8,0	30	2,56	0,98	2,8
70	26	2,61	0,58	4,6	33	2,87	1,13	2,5
ensemble	58	4,38	1,75	2,5	55	3,97	1,81	2,2

TABL. 3. — Nombre d'espèces phytoplanctoniques et indice de diversité spécifique (d1 pour les Diatomées, d2 pour les Dinophycées) par niveau et par secteur.

Le calcul de l'indice de diversité (indice de Gleason) donne 4,38 pour les Diatomées ( $d_1$ ), 1,75 pour les Dinophycées ( $d_2$ ) et 2,5 pour  $d_1/d_2$ . Il montre des valeurs relativement stables d'une station à l'autre : de 1,99 à 2,53 pour  $d_1$  et de 0 à 0,68 pour  $d_2$ . Le quotient  $d_1/d_2$  est élevé : de 3,5 à 11,5 avec tendance vers l'infini sur 4 stations. Entre 1 et 70 m,  $d_1$  diminue légèrement (de 3,12 à 2,61) mais le rapport des indices est toujours en faveur des Diatomées (tabl. 3 et fig. 6).

Les espèces les plus abondantes s'inscrivent ainsi, par ordre décroissant : *T. nitzschioides* (20 %), *L. communis* et *L. abbreviata* (12 %), *Nitzschiella closterium* (7,9 %), formant ensemble 62 % du stock.

L'effectif moyen des Diatomées par station est de 36 200 cellules au litre, moindre que dans le secteur nord. De plus, leur répartition quantitative de l'ouest à l'est du secteur méridional (fig. 2) est très irrégulière. Les effectifs les plus grands se rencontrent au débouché de la Mer d'Alboran (st. 268), au sud des Baléares (st. 288) et à proximité du canal de Sardaigne (st. 311).

Quinze espèces sont relativement fréquentes (fig. 5). Cinq d'entre elles, plus fréquentes que dans le secteur septentrional, peuvent être citées comme les plus caractéristiques de cette zone méridionale au moment des observations : *T. nitzschioides* (reconnue 27 fois), *S. costatum* (12), *G. oceanica* (7), *R. stolterfothii* (6), et pour les Dinophycées, *G. polygramma* (4). Parmi les dix autres ont

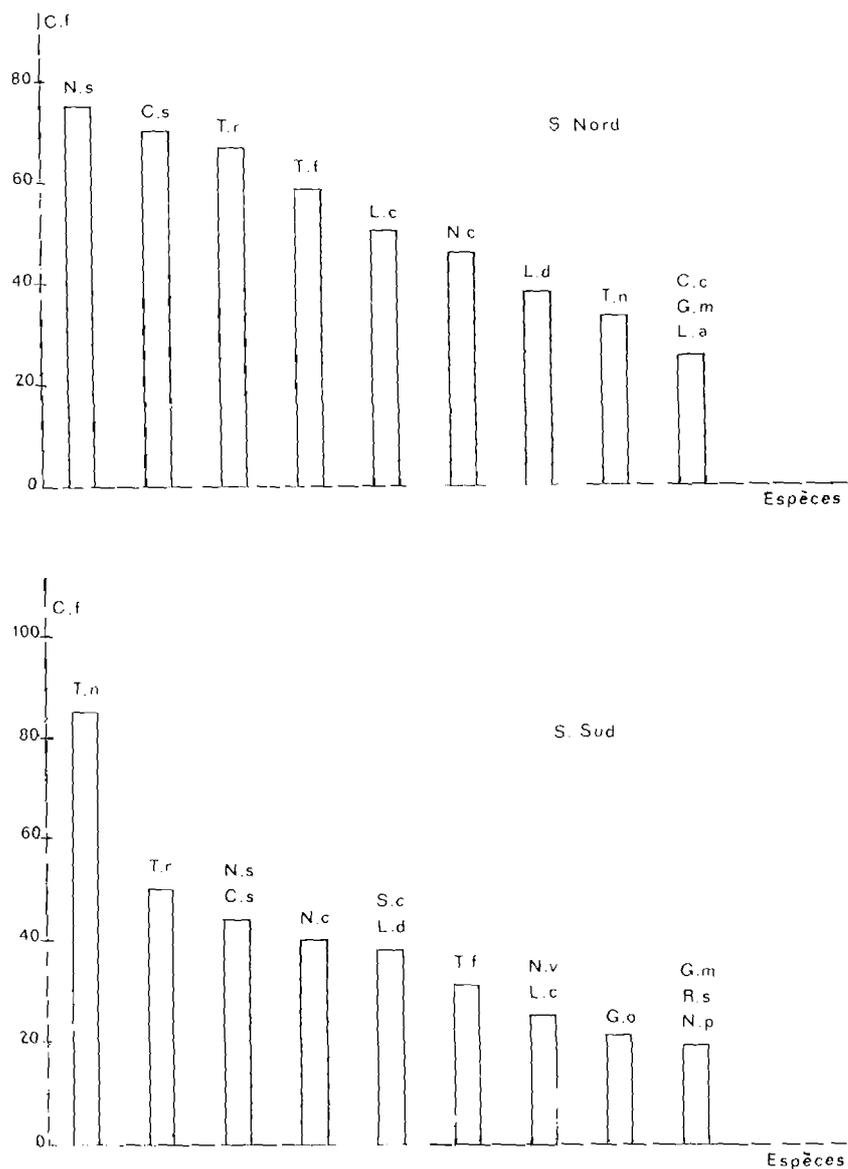


FIG. 5. — Coefficients de fréquence (Cf.) des Diatomées les mieux représentées dans chaque secteur. Les espèces, indiquées par les initiales de leur dénomination, sont : *T. nitzschioides*, *T. rotula*, *N. seriata*, *C. scutellum*, *Nitzschiella closterium*, *S. costatum*, *L. danicus*, *T. frauenfeldi*, *L. communis*, *N. viridula*, *C. oceanica*, *G. marina*, *N. paradoxa*, *R. stolterfothii*, *C. costata* et *L. abbreviata*.

été identifiées 10 fois ou davantage : *T. rotula*, *C. scutellum*, *N. seriata*, *Nitzschiella closterium*, *L. danicus*, *T. frauenfeldi* ; moins de 10 fois : *L. communis*, *N. viridula* ; *N. paradoxa* et *G. marina*. Parmi les formes propres au secteur africain, trois ont une fréquence relative : *Nitzschia paradoxa*

(identifiée 6 fois), *N. closterium* (4 fois) et *T. delicatula* (5). Par ailleurs, *Halosphaera sp.* a été rencontrée 18 fois. Les coefficients de fréquence des différentes formes sont portés dans le tableau 1 et la figure 5.

La répartition des espèces par niveau n'est pas sans intérêt. En dehors de quelques formes dont la distribution est irrégulière, les espèces peuvent être classées en plusieurs catégories (tabl. 4) :

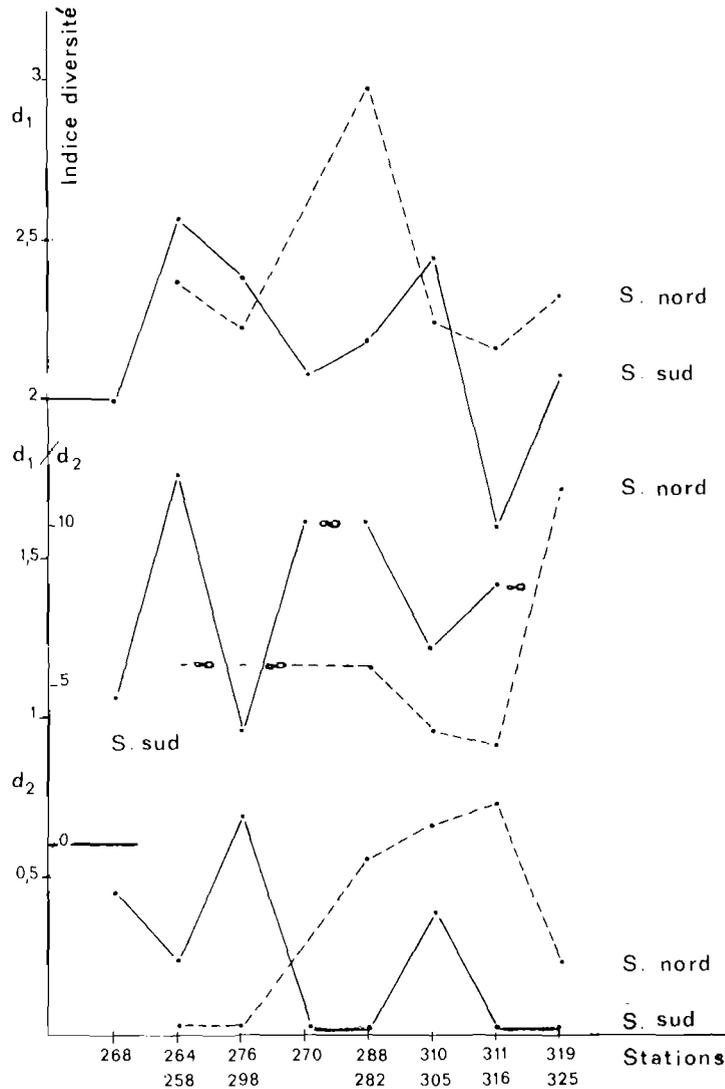


FIG. 6. — Indices de diversité spécifique pour les Diatomées ( $d_1$ ), les Dinophycées ( $d_2$ ), et rapport  $d_1/d_2$  pour les différentes stations dans les secteurs nord et sud.

a) celles dont la distribution verticale est restreinte, respectivement liées (dans ces prélèvements) aux niveaux de 1 m (11 Diatomées et 3 Dinophycées), 10 m (1 Diatomée et 2 Dinophycées), 40-50 m (4 Diatomées et 1 Dinophycée) et 70-90 m (2 Diatomées et 1 Dinophycée) ;

b) celles qui fréquentent les niveaux moyens de 10 à 50 m (5 Diatomées et 1 Dinophycée) ;

c) celles qui ont une répartition plus vaste, entre 1 m et 50 m (2 Diatomées) entre 10 et 90 m (3 Diatomées), ou même sur toute la colonne d'eau (13 Diatomées et *Halosphaera sp.*).

Sur le plan quantitatif, les niveaux les plus riches sont ceux de 10 et surtout 40 m (fig. 3).

Niveaux	Secteur méridional	Secteur septentrional
	<b>Espèces observées à des niveaux déterminés</b>	
1 mètre	<i>A. longipes, A. angulata, A. bacteriastrum</i> <i>G. angulosa, L. angulosa</i> <i>N. forcipata, N. lanceolata, P. marina</i> <i>R. hebetata-semispina, R. robusta,</i> <i>R. minusculus</i> <i>C. declinatum, C. Pulchellum</i> <i>G. spiniifera</i>	<i>L. gracilis</i>  <i>R. alata-gracillima</i>  <i>D. acuta</i> <i>E. vaginula</i>
10 m	<i>N. pungens</i> <i>P. palmides, P. scutellum</i>	<i>D. mediterraneus, N. lorenziana</i>
40 (50) m	<i>A. notata, B. aurita</i> <i>L. borealis, L. gracilis</i> <i>G. gracile</i>	<i>B. hyalinum</i> <i>N. forcipata, S. costatum</i> <i>E. marina, P. pentagonum</i> <i>P. adriatica, P. micans</i>
70 (90) m	<i>C. perforatus</i> <i>R. delicatula</i>  <i>P. conicum</i>	<i>A. kariana, C. molesta</i> <i>G. oceanica, H. sinensis</i> <i>N. lyra, N. incurva, N. pungens</i> <i>R. minusculus</i> <i>E. dactylus, O. constrictum</i> <i>P. crassipes</i>
	<b>Espèces à distribution plus ou moins restreinte</b>	
10 - 1 m		<i>L. borealis, N. didymus</i> <i>O. scolopax</i>
40 (50) - 10 m	<i>C. affinis, C. atlanticus, C. centralis</i> <i>N. cancellata, T. delicatula</i> <i>P. micans</i>	<i>T. longissima</i>
70 (90) - 40 m		<i>C. Perforatus, N. crabro</i> <i>G. polygramma, P. gracile</i>
	<b>Espèces à large distribution</b>	
40 (50) - 1 m	<i>G. marina, N. paradoxa</i>	<i>G. marina, N. viridula, N. longissima</i>
70 (90) - 10 m	<i>C. costata, L. abbreviata, L. communis</i>	<i>C. costata</i>
tous niveaux	<i>C. scutellum, L. danicus, N. seriata, Nitzschiella closterium, T. nitzschioides,</i> <i>T. rotola, T. frauenfeldii</i> <i>G. oceanica, N. crabro, N. viridula</i> <i>N. closterium, S. costatum</i>	<i>L. abbreviatum, L. communis</i>
	<b>Espèces à distribution irrégulière</b>	
	<i>N. delicatissima, R. alata-gracillima</i> <i>R. stolterfothii, S. unipunctata</i> <i>T. longissima</i>	<i>A. arcus, C. centralis</i> <i>N. cancellata, N. incerta</i> <i>N. lanceolata, R. robusta</i> <i>R. stolterfothii</i> <i>P. micans</i>

TABLE 4. — Répartition des espèces de Diatomées et Dinophycées par niveau, dans les secteurs méridional et septentrional.

2° Zone septentrionale (salinité supérieure à 37 ‰).

On y dénombre 42 espèces de Diatomées et 13 de Dinophycées. Le nombre d'espèces est relativement peu variable d'une station à l'autre (tabl. 2) ; égal ou supérieur à 20, il est en moyenne plus grand que dans la zone méridionale, et remarquable sur la station 282 au sud de Majorque, où l'on note du reste également des taux de chlorophylle *a* et de production organique élevés. Nous verrons que cette station est assez fortement influencée par l'eau atlantique en progression vers le nord-est.

Le nombre d'espèces par niveau, du même ordre que dans le secteur africain, est plus variable ; il apparaît en outre une inversion dans la position des maximum et minimum d'un secteur à l'autre, le minimum se plaçant ici aux environs de 10 m de profondeur et le maximum à ceux de 70 m (tabl. 3).

L'indice de diversité spécifique rend compte de cet état de choses. Considérées par station (fig. 6) pour les Diatomées et les Dinophycées, ses valeurs sont légèrement plus fortes que dans le secteur méridional :  $d_1 = 2,17$  à  $2,98$ , le maximum correspondant à la station 282 ;  $d_2 = 0,21$  à  $0,72$ . Le quotient  $d_1/d_2$  par station reste élevé (de 3 à 11, avec tendance à l'infini sur deux stations), moins toutefois que dans la zone sud (fig. 6) ; il est du reste aussi moins élevé pour le secteur nord dans son ensemble (2,2 contre 2,5 dans le secteur sud). Par ailleurs, les deux indices sont à leur minimum à 10 m et à leur maximum à 70 m, situation différente de celle du secteur méridional, mais leur rapport reste en faveur des Diatomées à tous les niveaux (tabl. 3).

Les espèces les plus abondantes sont ici, par ordre décroissant : *Nitzschiella closterium* (18 %), *L. communis* (16 %), *N. seriata* (15 %) et *T. rotula* (11 %). Elles représentent 60 % de l'effectif des Diatomées. L'effectif moyen de celles-ci par station est de 50 570 cellules au litre, nettement plus élevé que dans le secteur sud, tout en restant faible par rapport aux chiffres habituellement fournis pour la Méditerranée.

La répartition quantitative des Diatomées par station, de l'ouest à l'est du secteur septentrional (fig. 2) met en évidence une zone riche au sud des Baléares et se prolongeant jusqu'aux abords du canal de Sardaigne (de la st. 282 à la st. 316).

Les espèces les plus fréquentes, au nombre de onze, se répartissent ainsi (fig. 5) : observées 10 fois ou plus, *N. seriata*, *C. scutellum*, *T. rotula*, *T. frauenfeldi*, *L. communis*, *Nitzschiella closterium* ; moins de 10 fois : *L. danicus*, *T. nitzschioides*, *G. costata*, *G. marina*, *L. abbreviata*. En dehors des Diatomées, *Halosphaera* se signale 11 fois et *Coccolithus* 9 fois. Parmi les formes propres au secteur, une seule, *N. longissima*, offre une certaine fréquence (rencontrée 4 fois). Les coefficients de fréquence des diverses formes sont portés dans le tableau 1 et la figure 5.

La répartition des espèces par niveau (tabl. 4) diffère de celle que nous avons notée dans le secteur sud. Si on retrouve un certain nombre de catégories, elles groupent rarement les mêmes espèces, sauf les plus largement distribuées, entre la surface et 90 m :

espèces à distribution restreinte : niveaux de 1 m (3 Diatomées et 2 Dinophycées), 10 m (1 Diatomée), 40-50 m (4 Diatomées et 4 Dinophycées) 70-90 m (8 Diatomées et 4 Dinophycées) ;

espèces des niveaux supérieurs : 1 à 10 m (2 Diatomées et 1 Dinophycée) 10 à 50 m (1 Diatomée) ou, au contraire, des niveaux inférieurs : 40 à 90 m (2 Diatomées et 2 Dinophycées) ;

espèces à plus vaste répartition : entre 1 et 50 m (3 Diatomées), entre 10 et 90 m (1 Diatomée) ou sur toute la colonne d'eau (9 Diatomées et *Halosphaera*) ;

espèces à distribution irrégulière : 6 Diatomées et 1 Dinophycée.

Sur le plan quantitatif, le niveau le plus riche est celui de 1 m ; le nombre de cellules diminue ensuite jusqu'aux niveaux de 70 m (fig. 3). La situation est donc différente de ce qu'elle était dans le secteur méridional.

### III. - Les Pigments.

L'étude des pigments, telle qu'on a tendance à la pratiquer actuellement, fait plus que déterminer les teneurs en telle ou telle substance sur des stations ou des niveaux donnés. L'évaluation des rapports entre pigments, notamment entre chlorophylles, ou du quotient des densités optiques ( $D_{430}/D_{665}$ ) caractéristiques des carotènes et de la chlorophylle *a*, fournit une indication de l'évolution des

populations phytoplanctoniques, en fonction de leur dynamique intrinsèque et des modifications de leur distribution induites par les déplacements des masses d'eau (MARGALEF, 1961 c). Nous ne perdrons pas de vue ces considérations au cours de notre analyse.

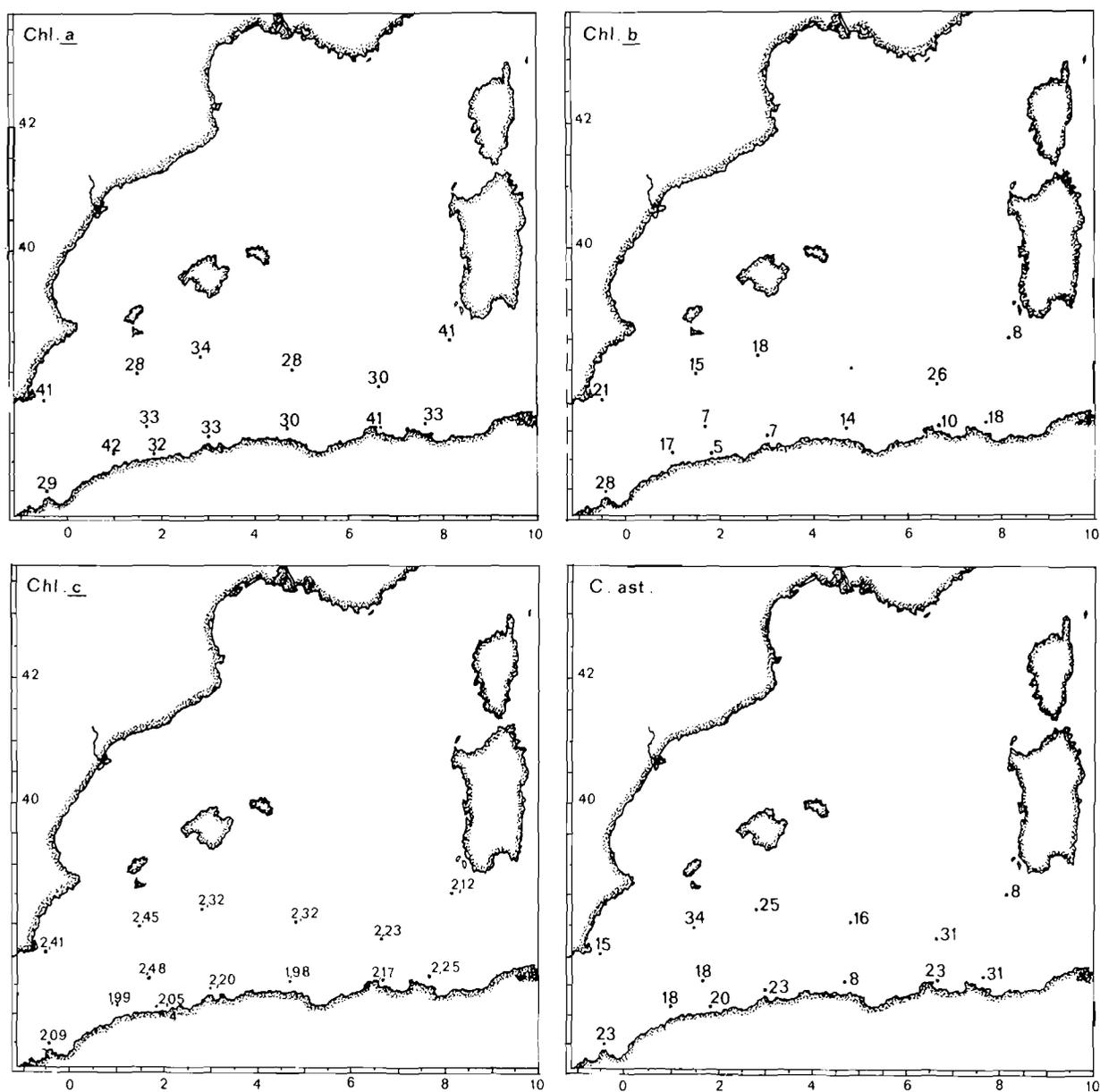


FIG. 7. — Chlorophylles a b c et carotènes astaciens (moyennes par station). Pour les chlorophylles a et b et les carotènes, les valeurs, respectivement exprimées en  $\text{mg}/\text{m}^3$  et  $\text{m-S.P.U.}/\text{m}^3$ , ont été multipliées par 100 pour simplifier la transcription.

#### a) Chlorophylles.

*Chlorophylle a.* Sa distribution donne une idée de celle du phytoplancton actif et de la biomasse. La teneur moyenne<sup>(1)</sup> pour l'ensemble du secteur, entre 1 et 70 m, est de  $0.35 \text{ mg}/\text{m}^3$ ,

(1) Chaque fois qu'il sera question de moyenne dans ce texte, il s'agira de moyenne arithmétique.

comme pour ses parties nord et sud ; cependant, la carte des moyennes par station (fig. 7) rend compte d'un avantage constant pour les stations méridionales.

La carte (fig. 8) de répartition des valeurs maximales par station est plus significative ; on y distingue deux zones : l'une, assez restreinte, immédiatement au sud des Baléares, où elles sont inférieures à 0,40 mg/m<sup>3</sup>, l'autre, encadrant la première et bordant la côte africaine, où les teneurs maximales en chlorophylle *a* dépassent 0,40 et atteignent même 0,60 mg/m<sup>3</sup>.

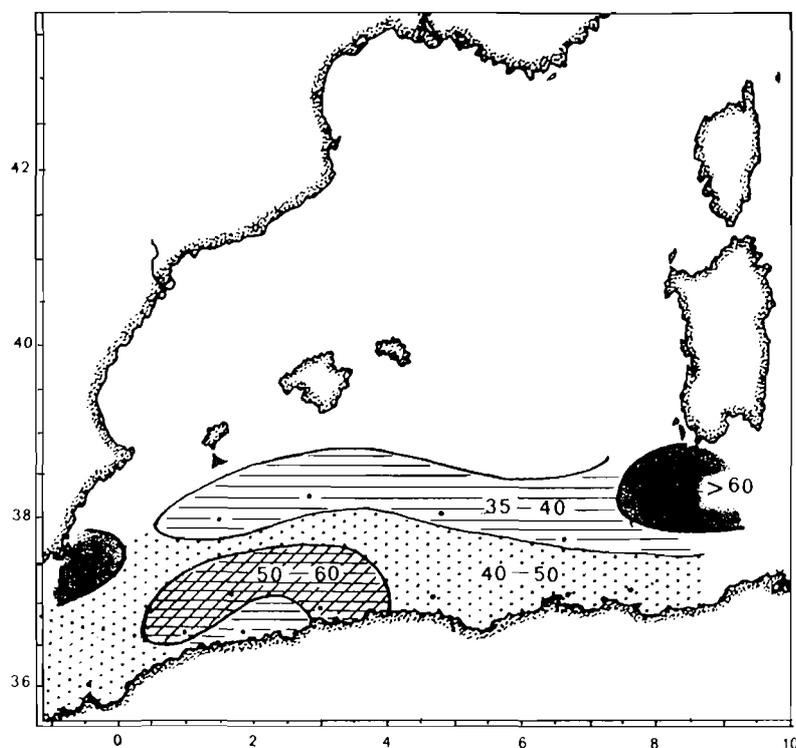


FIG. 8. — Chlorophylle *a* : teneur maximale par station. Les valeurs, en mg/m<sup>3</sup>, ont été multipliées par 100 pour simplifier la transcription.

La distribution de la chlorophylle *a* par niveaux est donnée dans le tableau 5 et la figure 9 pour l'ensemble du secteur, ainsi que pour ses parties nord et sud. Les teneurs augmentent aux niveaux inférieurs ; ceci se traduit, dans les moyennes, par un maximum à 40 m (0,47 mg/m<sup>3</sup>) et un minimum à 10 m (0,25 mg). On observe un certain parallélisme entre cette distribution et la répartition quantitative du phytoplancton, le nombre moyen de cellules au litre passant également par son maximum au niveau de 40 m (fig. 3). Cette correspondance quantitative entre chlorophylle *a* et biomasse phytoplanctonique serait l'indice d'une faible teneur des eaux en chlorophylles détritiques. Les pourcentages des chlorophylles *b* (30 % environ) et *a* (70 % env.) sont effectivement ici toujours à l'avantage de cette dernière.

Comparant ces résultats avec ceux des auteurs pour des zones proches, on constate que les teneurs enregistrées sont nettement plus fortes ici qu'en mer Thyrrhénienne : 0,12 mg/m<sup>3</sup> (MARGALEF, 1966). Les distributions verticales ont cependant une certaine analogie : minimum à 10 m, maximum en profondeur (50-100 m) mais la distribution telle qu'elle se présente dans notre secteur, semble plus favorable, le maximum de chlorophylle correspondant à des couches encore suffisamment éclairées pour permettre son activité.

Nos valeurs sont aussi sensiblement plus fortes que dans la région de Castellon (MUÑOZ et SAN FELIU, 1965 ; SAN FELIU et MUÑOZ, 1967) et sur la côte catalane (MARGALEF et BALLESTER, 1967 ; MARGALEF et CASTELLVI, 1967). Nous sommes en effet dans une zone enrichie par le courant

	Secteur nord					Secteur Sud					Ensemble du secteur				
	1 m	10 m	40 m	70 m	moy.	1 m	10 m	40 m	70 m	moy.	1 m	10 m	40 m	70 m	moy.
Chlorophylle a mg/m <sup>3</sup>	0,26	0,24	0,49	0,40	< 0,35 (65%)	0,28	0,27	0,46	0,41	0,35 (73%)	0,27	> 0,25	0,47	> 0,40	< 0,35 (70%)
Chlorophylle b mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,15	0,24	0,12	0,17 (35%)	0,12	0,10	0,18	0,12	0,13 (27%)	0,13	> 0,12	0,21	0,12	0,15 (30%)
Chlorophylle c m-S.P.U./m <sup>3</sup>	2,01	2,27	2,56	2,36	2,30	1,93	2,04	2,16	2,23	2,10	1,97	2,16	2,36	2,30	2,20
Chlor. a / chlor. b											2,05	2,05	2,20	3,30	
Chlor. b / chlor. a + b											0,32	0,33	0,34	0,24	
Chlor. c / chlor. a											7,3	8,7	5,7	6,2	
Carotènes ast. m-S.P.U./m <sup>3</sup>	0,16	0,26	0,28	0,16	0,21	0,18	0,28	0,22	0,17	0,21	0,17	0,27	0,25	> 0,16	0,21
Carot. ast./chlor. a											0,63	1,08	0,60	0,45	
Carot. ast./chlor. a + b											0,42	0,72	0,40	0,34	
D <sub>430</sub> / D <sub>655</sub>	8,2	6,9	5,8	5,0	6,47	5,07	6,7	5,5	5,0	5,57	6,63	6,80	5,65	5,00	6,02
Productivité mg C / m <sup>3</sup> / h	0,24	0,26	0,27	0,13	0,22	0,33	0,38	0,34	0,12	0,31	0,28	0,32	< 0,31	> 0,12	0,26
Prod./mg chlor. a	0,92	1,04	0,55	0,32	0,70	1,20	1,40	0,73	0,30	0,91	1,03	1,28	0,65	0,30	0,81
<i>Biomasse phytoplancton</i>															
1) Chlor. a x 100 (mg poids sec/m <sup>3</sup> )	26	24	49	40	< 35	28	27	46	41	35	25	27	47	40	< 35
2) (a + b + c) 35,7 (mg/m <sup>3</sup> mat. orga sèche)	84,6	95,0	116,8	102,4	99,8	83,3	95,5	98,2	87,0	92,1	83,9	95,3	107,5	94,7	95,9
<i>Production/Biomasse</i>															
1) 10 <sup>-3</sup>	9,2	10	5,5	3,2	7,0	12	14	7,3	3,0	9,1	10	13	6,5	3,0	8,1
2) 10 <sup>-3</sup>	2,8	2,7	2,3	1,2	2,25	3,9	3,9	3,4	1,3	3,12	3,3	3,3	2,8	1,2	2,65

TABLE 5. — Valeurs moyennes pour les pigments, les relations pigmentaires, la production organique primaire, la biomasse phytoplanctonique et les relations production/chlorophylle et production/biomasse, aux différents niveaux sur l'ensemble du secteur et dans ses parties nord et sud.

atlantique, notamment dans la partie méridionale. En revanche, sur des secteurs comme celui de Banyuls, les teneurs ne sont comparables que pendant une partie de l'année (0,2-0,3 mg), les déversements fluviaux, en février notamment, pouvant les faire monter à 1 et même 2 mg/m<sup>3</sup> dans la zone côtière (JACQUES, 1970).

*Chlorophylle b.* La teneur moyenne d'ensemble est de 0,15 mg/m<sup>3</sup>; elle est de 0,17 pour le secteur nord et de 0,13 pour le secteur sud. Sa répartition diffère donc de celle de la chlorophylle a; mais, si l'on considère les teneurs moyennes par niveau, c'est encore ceux de 40 m qui regroupent les valeurs maximales (fig. 9). Ce niveau de concentration est surtout apparent dans le secteur nord. Si ces moyennes traduisent une distribution relativement homogène du pigment aux autres profondeurs, elles masquent en fait de larges irrégularités et la carte des moyennes par station (fig. 7), comme la figure 10, mettent en évidence des différences locales importantes, notamment dans le secteur méridional où l'écart entre les valeurs extrêmes est très grand.

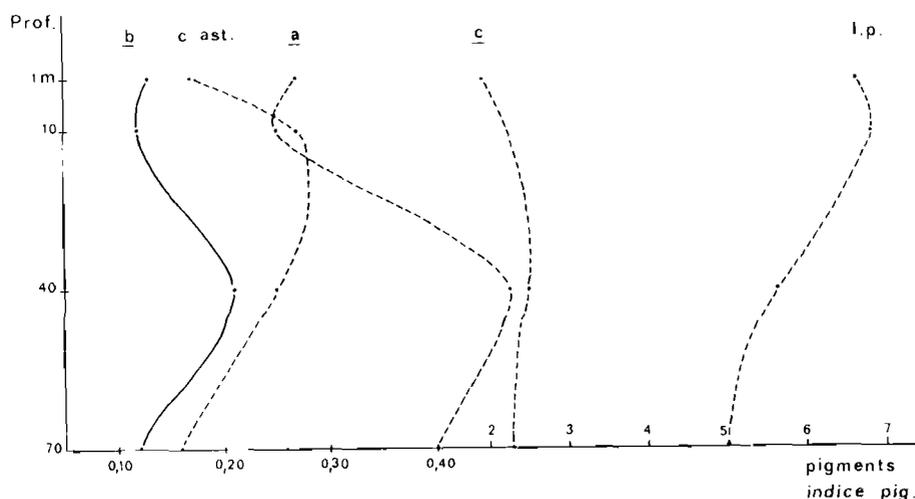


Fig. 9. — Répartition verticale des chlorophylles a-b-c, des carotènes astaciens et de l'indice de diversité pigmentaire : valeurs moyennes par niveau sur l'ensemble de la zone étudiée.

Deux rapports ont été calculés : le rapport chlorophylle a/chlorophylle b pour les différents niveaux (tabl. 5). Élevé, compris entre 2 et 3, il rend compte de conditions favorables pour la photosynthèse. Le rapport chlorophylle b/chlor. a + b, lui-même relativement faible (0,30 environ) serait de même la marque d'un haut degré de vitalité des populations phytoplanctoniques ; un rapport élevé indiquerait au contraire la présence d'une fraction importante de plancton mort, la chlorophylle b résistant mieux à la destruction que la chlorophylle a (MARGALEF, 1960). Du reste, elle n'existerait pas chez les Diatomées, mais chez des organismes unicellulaires comme les Eugléniens et chez les algues pluricellulaires dont les éléments, se disséminant dans le milieu, sont à l'origine des teneurs détritiques en ce pigment.

*Chlorophylle c.* La teneur moyenne d'ensemble est de 2,20 m-S.P.U./m<sup>3</sup>, mais le secteur nord manifeste un léger avantage sur le secteur sud : 2,30 contre 2,10. Ceci apparaît également dans la répartition des valeurs moyennes par station (fig. 7 et 10).

D'après les résultats globaux, c'est au niveau de 40 m que se situe le maximum de concentration du pigment (fig. 9) ; mais le détail fait apparaître ce maximum à 70 m dans le secteur sud.

Le rapport chlor. c/chlor. a a été calculé aux diverses profondeurs (tabl. 5), les unités employées pour exprimer les teneurs des deux pigments étant en fait peu différentes. Il sera examiné en fonction de l'indice de diversité pigmentaire.

**b) Carotènes.**

1° *Carotènes non astaciens.*

Les teneurs sont irrégulières et faibles, souvent nulles, mise à part une valeur remarquablement forte à la station 282 au niveau de 1 m (0,49 m-S.P.U./m<sup>3</sup>).

Si l'on retient qu'une accumulation de caroténoïdes marque une nutrition déficiente de la part du phytoplancton, il semble que ce ne soit pas ici le cas, et la répartition des phosphates, sur laquelle nous reviendrons, n'est sans doute pas étrangère à cette situation favorable.

Dans l'ensemble, nos résultats sont comparables à ceux qui ont été fournis pour la côte catalane (juin 1965-juin 1966) et la région de Castellon de mai 1965 à juillet 1966, mais inférieurs à ceux de la période d'août 1962 à juillet 1963 pour la même région.

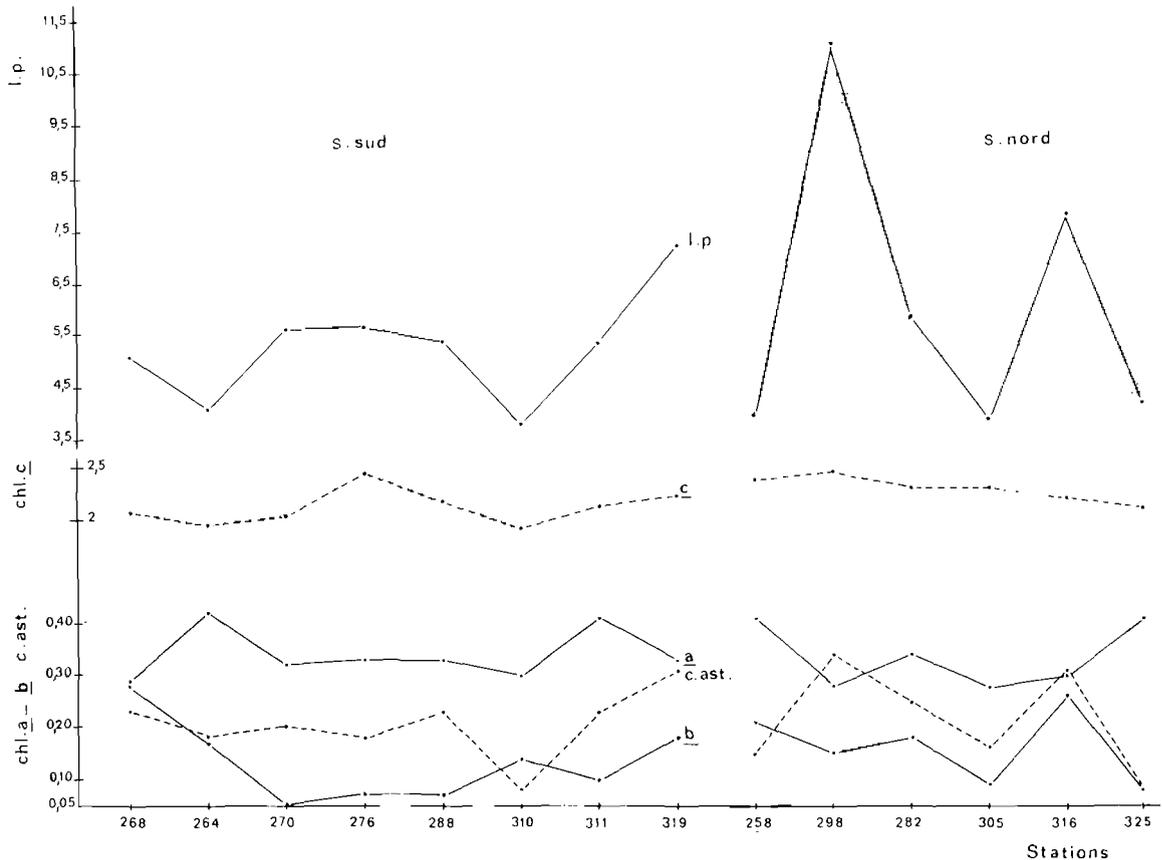


FIG. 10. — Chlorophylles a et b (mg/m<sup>3</sup>), chlorophylle c et carotènes astaciens (m-S.P.U./m<sup>3</sup>) et indice de diversité pigmentaire (moyennes par station) dans les secteurs nord et sud.

2° *Carotènes astaciens.*

Malgré la pertinence des remarques de STRICKLAND et PARSONS (1965) sur la valeur contestable de l'évaluation des pigments astaciens, nous indiquons les résultats qui les concernent.

Les valeurs moyennes sont très homogènes dans les deux secteurs : elles s'établissent partout à 0,21 m-S.P.U./m<sup>3</sup> (tabl. 5). La répartition verticale présente cependant un maximum de 10 à 40 m et des valeurs plus faibles, très voisines, à 1 m d'une part et 70 m d'autre part (fig. 9). La moyenne par station est elle-même très irrégulière, variant entre les extrêmes de 0,08 et 0,34 m-S.P.U./m<sup>3</sup> (fig. 7 et 10). Les chiffres obtenus paraissent élevés vis-à-vis de ceux qui ont été donnés pour la région de Castellon et la côte catalane.

Ces carotènes ont été considérés en fonction des chlorophylles, sous forme de deux rapports : le rapport carot. ast./chlor. a est très irrégulier ; fort à 10 m et dénotant la présence de pigments détritiques dans l'eau à certains niveaux sur plusieurs stations, il est faible à 70 m et moyen à 1 et 40 m ; il montre une corrélation positive avec l'indice pigmentaire (fig. 11). Le rapport carot. ast./chlor. a : b est relativement faible, sauf à 10 m.

**c) Indice de diversité pigmentaire.**

Calculé entre les densités optiques de 430 (bon indicateur des carotènes et des pigments détritiques tels les phéopigments) et de 665 (maximum d'absorption de la chlorophylle a), selon MARGALEF (1966), il traduit à la fois la diversité des pigments et la complexité des populations. Il peut être

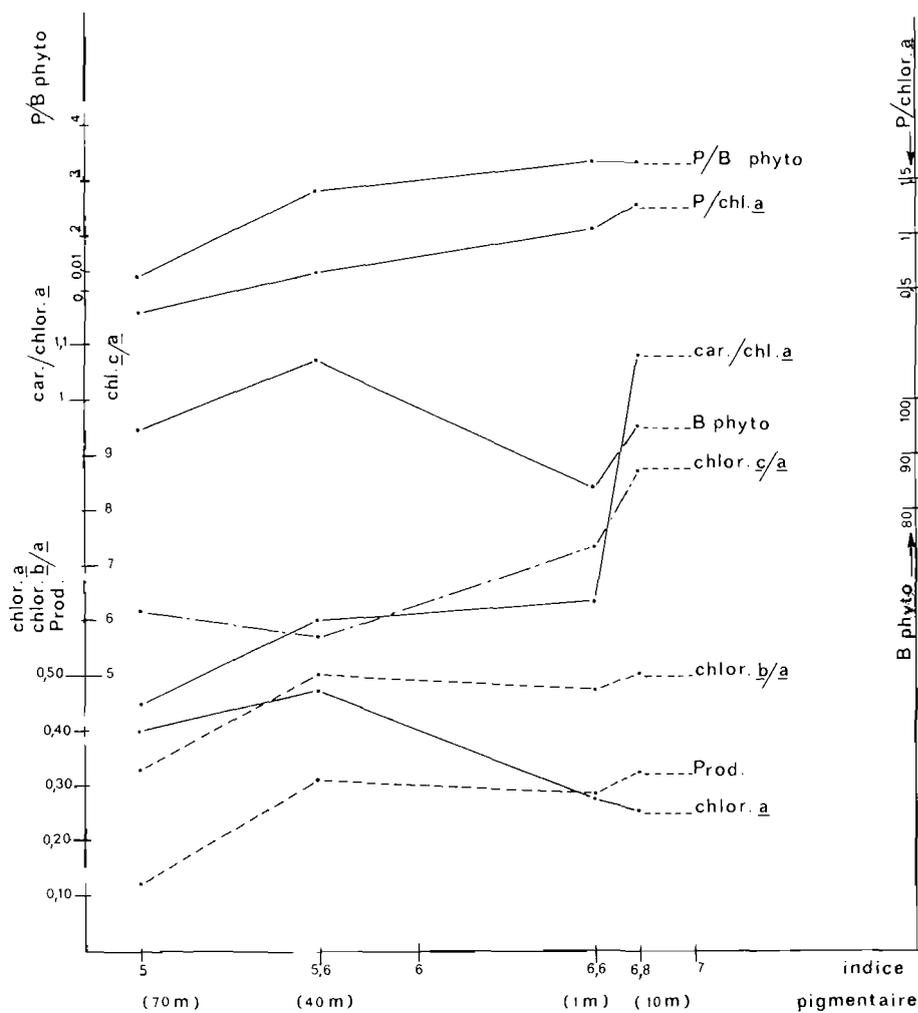


FIG. 11. — Variations, en fonction de l'indice de diversité pigmentaire, de la chlorophylle a, des rapports chlor. b/chlor. a, chlor. c/chlor. a et carotènes astaciens/chlor. a, de la production organique, du rapport Production/chlor. a de la biomasse phytoplanktonique et du rapport Production/biomasse (biomasse calculée d'après les valeurs pigmentaires).

très significatif : bas pour les populations où domine une seule espèce ou un petit nombre d'espèces, et dont la croissance est rapide, la richesse en chlorophylle et l'activité grandes, il est élevé pour des populations à composition diversifiée, à croissance ralentie ou auxquelles se mêle un matériel détritique chargé de pigments inactifs. D'après le même auteur (1960), cet indice est de 3 à 3,5 dans

un plancton à Diatomées à multiplication rapide et de 4,5 à 6 dans un plancton à Dinoflagellés à taux de renouvellement inférieur. On sait par ailleurs qu'une accumulation de caroténoïdes est le signe d'une nutrition déficiente des cellules. Des valeurs faibles de l'indice seraient donc indicatrices d'une productivité plus forte que des valeurs élevées.

Ses valeurs sont assez irrégulières (fig. 10) : la moyenne par station, qui s'établit entre les extrêmes de 3,8 et 11,1 se tient en fait le plus souvent entre 4 et 6. La moyenne par secteur est plus élevée dans le nord (6,47) que dans le sud (5,57). On se souvient que la variété spécifique du phytoplancton est elle-même assez uniforme sur l'ensemble du secteur et relativement grande (20 à 30 espèces par station). Ceci expliquerait, dans une certaine mesure, la constance de valeurs relativement fortes de l'indice. On peut supposer qu'en période automnale, alors que la durée d'ensoleillement diminue et que la nébulosité augmente, la nécessité d'utiliser le rayonnement solaire sur une bande plus large fait que le complexe pigmentaire s'étend par diversification des espèces, réalisant une meilleure répartition de l'utilisation de l'énergie solaire et un rendement photosynthétique supérieur. On peut imaginer, en effet, un processus similaire au transfert d'énergie à la chlorophylle par d'autres pigments d'organismes phytoplanctoniques (fucoxanthine, par exemple), tel qu'il est connu dans les couches d'une certaine profondeur où les radiations lumineuses favorables à l'activité chlorophyllienne ne pénètrent pas (BLINKS, 1954 ; GIRAUD, 1959 ; SMITH et FRENCH, 1963), transfert et adaptation chromatique qui permettraient l'utilisation de l'énergie lumineuse de longueurs d'ondes 380 à 720 m $\mu$  (RABINOVITCH, 1956 ; STANBURY, 1931 ; STRICKLAND, 1958). Un fort indice ne signifierait donc pas toujours un phytoplancton vieillissant et une production faible, et la caractérisation des structures phytoplanctoniques par ce seul indice est difficile (PAULMIER, 1972).

Comme il a été dit dans la première partie du travail, il s'agit essentiellement ici d'un plancton à Diatomées. Si l'on s'en réfère aux chiffres de MARGALEF (indice de 3 à 3,5 pour un tel plancton et de 4,5 à 6 pour un plancton à Dinoflagellés), il faut admettre la présence sur bon nombre de stations, du secteur nord en particulier, de pigments détritiques qui font monter l'indice de diversité pigmentaire (MARGALEF, 1963 ; MOREAU, 1967 ; JACQUES, 1968 ; PAULMIER, 1971). Mais il faut rappeler que nous n'avons pas étudié les autres éléments du phytoplancton qui participent aussi à cet indice par leurs pigments.

Beaucoup plus élevé dans le secteur prospecté qu'en mer Tyrrhénienne (3,64 à 4,45 entre 0 et 100 m) et légèrement supérieur à celui indiqué à deux périodes différentes pour la côte catalane, il est au contraire nettement inférieur à celui observé dans la région de Castellon. On notera, qu'à Banyuls, il peut excéder 4 dans des populations denses et JACQUES (1970) y voit alors le signe de l'entrée de ces dernières dans une phase sénescence, la turbulence locale maintenant en suspension des organismes dont les chromatophores sont souvent en mauvais état.

Considéré en fonction de la profondeur, il offre les valeurs les plus fortes jusqu'à 10 m, pour décroître ensuite progressivement jusqu'à 70-90 m (tabl. 5. et fig 9). Ceci est en accord avec les observations de MARGALEF en mer Tyrrhénienne, qui note sa diminution pour le phytoplancton se sédimentant au niveau des couches riches en substances nutritives, vers 100 m (situation comparable à celle des cultures dans lesquelles le plancton se sédimente dans un milieu bien pourvu en éléments nutritifs mais pauvrement illuminé). Or, malgré le nombre réduit des dosages de phosphates pendant la campagne de la « Thalassa », on peut estimer que l'enrichissement se manifeste précisément vers 70 m dans le secteur. Il y a donc concordance dans ces résultats. Ajoutons que, selon MARGALEF (1964), l'indice remonte aux profondeurs plus grandes, vu la persistance des carotènes dans le plancton inactif ou mort.

L'indice de diversité pigmentaire est lié par une relation inverse au cycle de la chlorophylle *a*. Étudié graphiquement en fonction de ce pigment, soit par station (fig. 10) soit à différentes profondeurs (fig. 11), on le voit diminuer quand les taux de chlorophylle augmentent. Il varie au contraire dans le même sens que les rapports chlor. *b*/chlor. *a* et chlor. *c*/chlor. *a*.

#### d) Relations pigmentaires et taxonomiques.

Comme l'écrivent STRICKLAND et PARSONS (1965), le taux de substance organique associée à une quantité donnée de pigment dépend du groupe phytoplanctonique et de l'état de nutrition des populations. Il en résulte que le facteur de conversion chlor. *a* / matière carbonée varie entre 10 et 70. Il est donc utile de donner la composition du phytoplancton en même temps que les valeurs pigmen-

taires. Divers essais dans ce sens ont été faits récemment. Ils ont aidé, par exemple, à expliquer les différences pigmentaires entre les estuaires du Tage et du Sado (SILVA, ASSIS et SAMPAYO, 1969); mais il ne sont pas toujours concluants. Ainsi, SOURNIA (1968) reconnaît que, « dans le détail, aucune corrélation sûre n'apparaît entre l'évolution globale du microplancton, ou celle d'un genre particulier, et les variations des pigments photosynthétiques et de la production » dans la baie tropicale de Noy-bé; « quelques analogies sont observables mais les contradictions sont aussi nombreuses... L'essentiel nous échappe en ce qui concerne la composition taxinomique sous son aspect quantitatif ». Est-ce erreurs d'échantillonnage, imprécision du comptage ou, plutôt, le fait de ne pas tenir un compte suffisant du nanoplancton dont le rôle quantitatif est toujours grand et parfois prépondérant ?

Il est certain que le nanoplancton ne doit pas être négligé. Une des tendances actuelles est précisément d'évaluer sa part dans la photosynthèse. Un exemple vient d'en être fourni pour l'Adriatique par T. PUCHER-PETKOVIC (1970) qui estime la part respectivement prise dans la synthèse organique, selon les saisons et la distance à la côte, par le nanoplancton d'une part, constitué de petites Diatomées, de Coccolithophorides, petits Dinoflagellés et Flagellés nus, et par le microplancton d'autre part, formé de Diatomées de dimensions relativement grandes.

Il n'est pas question d'analyse aussi fine dans ce travail puisque le microplancton seul a été étudié. Tout au plus avons-nous recherché s'il existait des relations entre de fortes teneurs en chlorophylles et carotènes ou des valeurs particulières de l'indice pigmentaire, et telle ou telle espèce phytoplanctonique dominante sur une station donnée, et si ces relations se répétaient un certain nombre de fois.

Et encore ces rapprochements sont-ils difficiles à faire, les résultats de l'analyse quantitative du phytoplancton par comptage étant peu fiables, nous l'avons dit. Nous nous bornerons à constater, d'une part, la présence constante, parfois en abondance, de *Thalassionema nitzschioides*, sur la bordure africaine, dans des eaux où les teneurs en chlorophylle *a* sont régulièrement élevées et les valeurs de l'indice de diversité pigmentaire relativement faibles, d'autre part, une relation, au moins apparente, entre la présence de *Licmophora communis*, *Nitzschia seriata* ou *Nitzschiella closterium* et des taux importants de chlorophylle *a*.

#### IV. - Production organique primaire et Biomasse phytoplanctonique.

##### a) Production.

La productivité est, en moyenne, de 0,26 mg de C/m<sup>3</sup>/h pour l'ensemble du secteur et, respectivement, de 0,22 mg/h pour le secteur nord, et de 0,31 mg/h pour le secteur sud (tabl. 5). Il s'en suit que les courbes de production sur les stations méridionales et septentrionales sont nettement détachées (fig. 12).

Les taux de production sont assez variables d'une station à l'autre. Dans la région nord, les extrêmes s'établissent entre 0,10 et 0,25 mg/m<sup>3</sup>/h, dans la région sud entre 0,19 et 0,48; ce dernier chiffre (station 311) est exceptionnellement élevé (parmi cette série de résultats); il résulte d'une production très forte aux niveaux de 1 m (0,67) et surtout 10 m (0,80); en revanche, les valeurs sont faibles à 70 m sur la même station.

La productivité maximale par station (fig. 13) délimite, encore mieux que la moyenne par station, une zone de production élevée en bordure du continent africain, en deçà de l'isohaline de 37 ‰ en surface, c'est-à-dire dans la zone de passage du courant atlantique. On repère notamment deux points privilégiés, par 3 et 7° E environ, qui correspondent aux zones d'accumulation d'eau atlantique le long de la côte algérienne (ALLAIN et coll., 1966).

Considérée en fonction de la profondeur, la production présente son maximum entre 10 et 40 m; elle est nettement plus basse à 70 m (tabl. 5). Sa répartition verticale varie dans le même sens que celle de l'indice  $D_{430}/D_{665}$  (fig. 14).

Une fois rappelées les données fournies par TELLAI (1969) pour la baie d'Alger: une station à l'entrée de la baie (200 gC/m<sup>2</sup>/an en moy.) et une station à 3 milles de la côte (120 g en moyenne), données qui ne caractérisent qu'un point particulier du secteur étudié ici, il reste à établir une brève comparaison avec les résultats obtenus dans les régions voisines.

Les valeurs enregistrées dans les eaux de Castellon (SAN FELIU et MUÑOZ, 1967) sont proches des nôtres et, en particulier, les moyennes par station sont du même ordre ou un peu plus faibles. Au contraire, les moyennes calculées d'après les valeurs indiquées pour la côte catalane (près de Barcelone) par MARGALEF et CASTELLVI, MARGALEF et BALLESTER (1967) sont supérieures à celle que nous avons avancée plus haut : environ 0.40 mg de C/m<sup>3</sup>/h (contre 0,26).

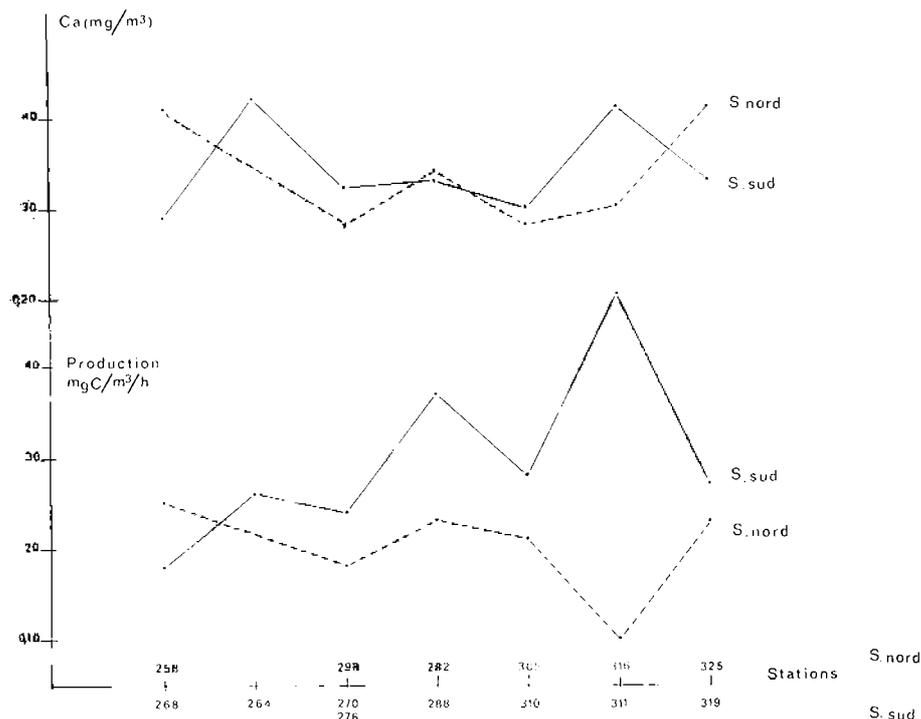


FIG. 12. — Production organique et teneur en chlorophylle a par station dans les secteurs nord et sud (moyennes).

Mais la comparaison la plus significative se fait avec les résultats de COSTE, MINAS et NIVAL (1969) pour la zone comprise entre la Sardaigne et la Tunisie. D'une part, la production moyenne est du même ordre, d'autre part, les valeurs les plus fortes ont la même répartition, à savoir « le long de l'axe de pénétration de l'eau atlantique ».

#### b) Production en fonction de la teneur en chlorophylle a.

a) Examinés par station et par secteur, les taux de production et de chlorophylle montrent une certaine proportionnalité. On le voit sur la figure 12 où les courbes de production et pigment par station, ont été tracées séparément pour les deux secteurs ; aux plus fortes productions (secteur sud) correspondent aussi les taux de chlorophylle les plus hauts (secteur sud).

De même, le diagramme représentant les relations entre production et teneur en chlorophylle a (moyennes par station) est assez significatif : la direction de la dispersion des points indique une variation des deux facteurs dans le même sens ; de plus, les valeurs du rapport sont assez nettement dissociées pour les secteurs nord et sud (fig. 15). On peut donc tenir la chlorophylle pour un bon indicateur de la production potentielle, non sans réserves toutefois (KREY et SARMA, 1970 a). En effet, il n'y a pas concordance absolue entre les deux éléments, aux différentes heures de la journée, par exemple, la figure 16 le montre. De même, si l'on considère, non plus des moyennes, mais les deux facteurs aux diverses profondeurs sur chaque station, on constate une grande hété-

rogénéité de leurs relations. Cependant, celles-ci se laissent regrouper, principalement dans le secteur méridional, autour d'un type pour lequel le niveau de 40 m apparaît comme privilégié avec

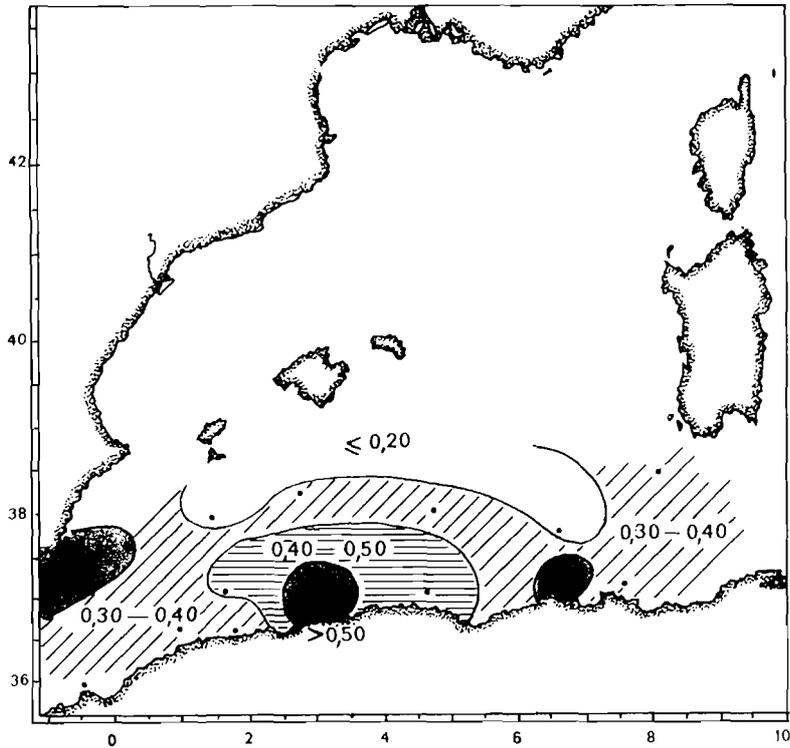


FIG. 13. — Productivité : valeur maximale par station (mg C/m<sup>2</sup>h).

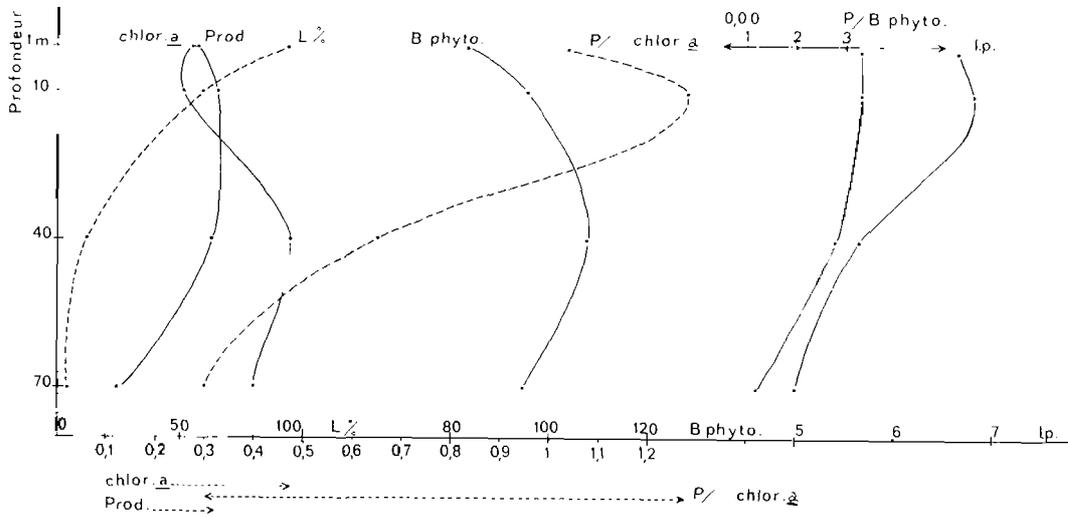


FIG. 14. — Répartition verticale de la chlorophylle a, de la production organique, du pourcentage de lumière, de la biomasse phytoplanctonique, des rapports Production/chlor. a et Production/biomasse (calculée d'après les valeurs pigmentaires) et de l'indice de diversité pigmentaire.

des taux de production élevés pour de fortes teneurs en chlorophylle a. Quant aux discordances constatées, elles s'expliquent en partie par le fait qu'on n'a pas évalué le rôle, pourtant non négli-

geable, dans les fluctuations quantitatives de la chlorophylle, des débris organiques plus ou moins chargés de pigments.

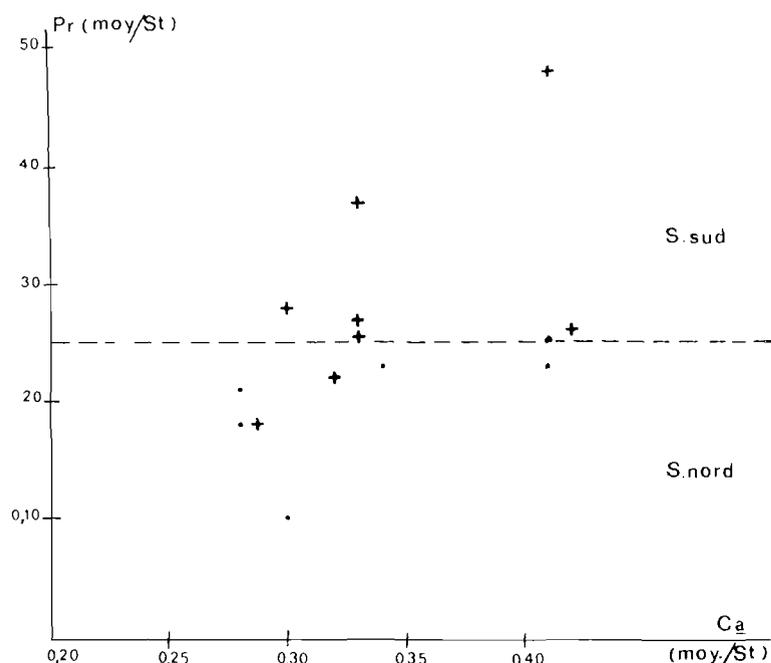


FIG. 15. — Variation de la production organique en fonction de la teneur en chlorophylle a (moyennes par station), dans les secteurs nord et sud.

b) Représentée en fonction de la profondeur, la production par mg de chlorophylle a se caractérise par un maximum accentué à 10 m. Le tracé de la courbe d'intensité lumineuse (en pourcen-

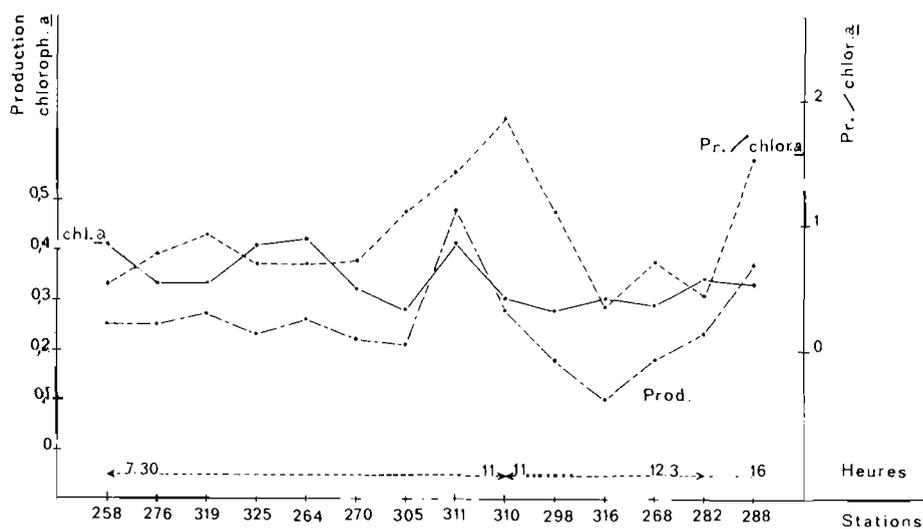


FIG. 16. — Taux moyens de production organique et de chlorophylle a, rapport entre la production et la teneur en chlorophylle sur les différentes stations, en fonction de l'heure des observations.

tage de la quantité de lumière arrivant en surface) sur le même graphique (fig. 14) conduit à l'interprétation suivante : à 10 m parviennent environ 55 % (45-65 %) de la lumière de surface et la concen-

tration de chlorophylle est minimale ( $0,25 \text{ mg/m}^3$ ) ; celle-ci a donc un grand potentiel photosynthétique. A 40 et 70 m, les valeurs pigmentaires sont bien supérieures, mais les pourcentages de lumière ne sont plus, respectivement, que de 10 et de 2 à 3 ; le pouvoir d'assimilation en est beaucoup affaibli.

c) Le rapport production/mg chlorophylle *a* montre une relation positive avec l'indice  $D_{430}/D_{165}$  aux différentes profondeurs (fig. 11). Les courbes de répartition verticale de ce même rapport et de l'indice pigmentaire suivent du reste un tracé similaire, avec maximum à 10 m et minimum à 70 m (fig. 14).

d) Le même rapport (production/mg chlor. *a*) est variable selon l'heure de la journée (fig. 16). Les moyennes par station traduisent une augmentation entre 7 et 11 h, une chute de 11 à 12 h 30 et une remontée à partir de 15-16 h, fluctuations qui peuvent être rapportées aux différences de lumière pendant la même période. Dans le même temps, l'amplitude de variation est du même ordre (soit, de 1 à 4) pour le rapport P/chlor. *a* et pour la production elle-même, bien supérieure en revanche à celle de la chlorophylle (soit, de 1 à 2 environ), et le rapport suit d'assez près le taux de production (fig. 16). On peut en déduire que l'action de l'énergie lumineuse s'exerce davantage sur l'activité du pigment que sur son abondance (cf. SOURNIA, 1968).

e) Les relations précédentes peuvent être rapprochées de celles que les auteurs font entre Production et Biomasse chlorophyllienne, selon le rapport P/B ou « taux de production » de JACQUES (1970). Ce dernier note un rapport élevé en surface, traduisant, pour la région de Banyuls, l'effet eutrophique des dilutions. Cet effet semble se retrouver dans notre secteur, notamment dans sa partie méridionale soumise aux dilutions atlantiques : à 1 et 10 m, le rapport est particulièrement fort (tabl. 5), double ou triple de ce qu'il est à 40 et 70 m.

En revanche, on ne trouve pas, de façon systématique, l'effet inhibiteur de la lumière en surface que le même auteur décèle par l'intermédiaire du rapport P/B aux points de grande transparence et interprète comme une altération du pouvoir photosynthétique de la chlorophylle, abondante dans l'eau superficielle ; effet inhibiteur que SOURNIA (1968) observe également en région tropicale dans le milieu de la journée. Or, sur les stations de la « Thalassa », nous relevons fréquemment un rapport maximum à 1 m, même en milieu de journée et par grande transparence. Mais nous devons tenir compte du fait que les mesures de production ont été réalisées en incubateur et non *in situ*.

Comparées aux valeurs fournies par REYSSAC (1971) : 1,2 à 23,3 et par SOURNIA : 3,2 à 13,3, pour des régions, certes, très différentes, celles qui ont été obtenues ici pour le rapport P/chlor. *a* sont très faibles : 0,37 à 1,85 en moyenne par station et 2,34 au maximum. Le pouvoir photosynthétique de la chlorophylle serait donc comparativement limité dans le secteur considéré.

### c) Biomasse phytoplanctonique.

On dispose de diverses formules pour évaluer la biomasse phytoplanctonique (1) d'après les valeurs pigmentaires. Une des plus récemment proposées et des plus simples à appliquer est celle de RYTHER et MENZEL (1965), selon laquelle le rapport Carbone/Chlorophylle *a* est compris entre 37 et 70, une moyenne de 50 étant généralement retenue (BLANC, 1968). D'après la relation poids sec/Carbone, estimée à 2 par la plupart des auteurs, le rapport poids sec/chlor. *a* s'établit donc à 100. Ainsi, à un taux de chlor. *a* de  $0,6 \text{ mg/m}^3$ , correspondra une biomasse phytoplanctonique de  $0,6 \times 100 = 60 \text{ mg}$  de poids sec/ $\text{m}^3$  (GAUDY, 1970).

Selon cette formule, la biomasse moyenne s'établit à 35 mg pour l'ensemble du secteur ; mais sa répartition par niveaux est inégale : inférieure à 30 mg en surface et subsurface (minimum à 10 m), égale ou supérieure à 40 mg au-delà (maximum à 40 m) (tabl. 5).

Ces résultats sont évidemment tout à fait parallèles à ceux obtenus pour les teneurs en chlorophylle *a* et il peut être intéressant de fournir, par comparaison, ceux auxquels conduit la relation antérieurement utilisée ( $\Sigma(a + b + c) \times 35,7$ ), faisant intervenir les trois chlorophylles et exprimant, en  $\text{mg/m}^3$ , la teneur en matière organique sèche (plancton sec sans les cendres).

Cette teneur moyenne, pour l'ensemble du secteur, est de  $95,9 \text{ mg/m}^3$  ; elle est de 99,8 pour sa partie nord et de 92,1 pour sa partie sud.

---

(1) La biomasse étant exprimée en poids sec et non plus en poids humide (CUSHING et coll., 1958).

Le graphique des moyennes par station (fig. 17) montre aussi un avantage pour le secteur nord. On se rappellera que l'effectif de Diatomées (nombre de cellules au litre) est supérieur dans ce même secteur.

Examinons les relations de la biomasse phytoplanctonique ainsi évaluée, avec quelques éléments caractéristiques du milieu.

Sa répartition en fonction de la profondeur (tabl. 5 et fig. 14) indique un minimum accusé à 1 m (83,9) et un maximum également marqué à 40 m (107,5). Sa répartition en fonction de la lumière aux différents niveaux se fait de même, avec un minimum pour 94 à 98 % de la lumière de surface (niveau de 1 m) et un maximum pour des pourcentages de lumière de 10 à 15 (niveaux de 40 à 50 m) ; elle suit une courbe voisine de celle qui traduit la variété spécifique en fonction du facteur lumière (fig. 19).

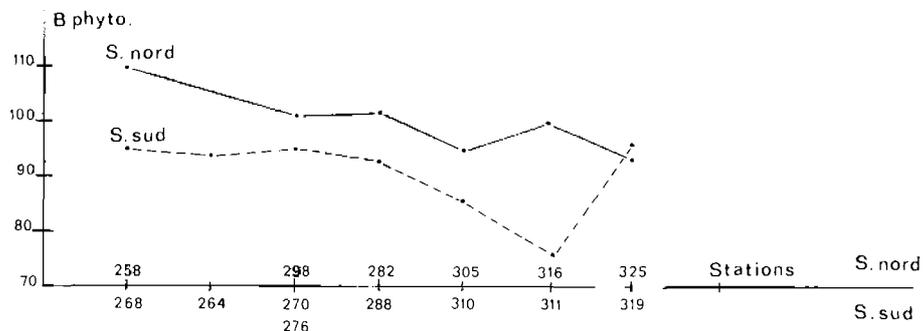


FIG. 17. — Biomasse phytoplanctonique (d'après les valeurs pigmentaires) sur les différentes stations dans les secteurs nord et sud (moyennes, en mg de matière organique sèche/m<sup>3</sup>).

Cette distribution verticale rend compte d'une stratification bien marquée du phytoplancton, à laquelle la thermocline n'est peut-être pas étrangère. On peut penser qu'à cette époque de l'année (automne) l'agitation des eaux superficielles n'est pas suffisante pour le répartir uniformément dans la couche euphotique.

Il apparaît en outre une relation négative entre la biomasse phytoplanctonique et l'indice pigmentaire aux différents niveaux, tandis que le rapport Production/Biomasse (P/B phyto), en fonction du même indice, laisse voir une relation positive (fig. 11). En effet, ce rapport, stationnaire entre 1 et 10 m, diminue ensuite régulièrement jusqu'à 70 m où il descend à des valeurs très basses, tandis que la courbe de la biomasse phytoplanctonique a une allure toute différente (fig. 14). La courbe de production a au contraire une allure voisine et les variations de production se font aussi dans le même sens que celles de l'indice pigmentaire.

## V. - Répartition du phytoplancton, des pigments et de la production en fonction des facteurs physico-chimiques et hydrologiques.

### a) Relations avec les phosphates.

Les teneurs en phosphates (P-PO<sup>4</sup> en µg. at/l, rapportées dans le texte en mg/m<sup>3</sup> aux fins de comparaison) n'ont été dosées que pour six stations aux différents niveaux dans la partie ouest du secteur prospecté. Ces teneurs sont basses, nulles ou non dosables jusqu'à 30 ou 50 m, sauf sur les stations 268 et 264 où des valeurs de 1,2 à 2,3 apparaissent dans la couche superficielle. Sur ces mêmes stations, des valeurs relativement fortes sont décelables à partir de 50 m (6,2) ; elles se trouvent effectivement dans une des zones d'accumulation d'eau atlantique qui jalonnent la côte nord-africaine (ici, entre 1° O et 2° E env.) (ALLAIN et coll., 1966).

Sur les autres stations, qu'elles soient en bordure de l'Afrique ou dans la partie septentrionale du secteur, les quantités de phosphates, dosables à partir des niveaux de 50 m (1,05 à 1,60), augmentent de façon régulière jusqu'à 200 m pour atteindre et dépasser 7 mg/m<sup>3</sup>.

L'absence de phosphates en surface et subsurface sur ces stations peut être attribuée, en partie, à l'existence d'une thermocline nette, à profondeur variable entre 20 et 60 m, car les teneurs dosables n'apparaissent qu'à partir de ces niveaux, sauf sur les deux stations où la thermocline n'est pas nettement individualisée. Même si, dans cette région méditerranéenne enrichie par des apports superficiels, le rôle de la thermocline, en tant que barrière hydrologique empêchant la remontée des sels à partir des réserves profondes, est restreint, il n'est donc pas absolument négligeable. Par opposition, sur la station 264 par exemple, où un mélange actif a été décelé (ALLAIN et FURNESTIN, 1969), les phosphates sont en quantité dosable en surface.

Les dosages n'ont pas été poursuivis, diverses anomalies ayant été notées dans les résultats obtenus sur les stations suivantes. En revanche, il semble qu'avec les mesures dont il a été fait état, on ait un schéma normal de la distribution des phosphates sur la partie occidentale du secteur étudié.

Les comparaisons avec les données antérieurement obtenues pour la même région ou des régions voisines le confirment (tabl. 6). Les valeurs rapportées d'après la campagne du « Thor » (THOMSEN, 1931) montrent en effet une chute rapide des teneurs de la Mer d'Alboran (8 mg/m<sup>3</sup> à 50 m) aux eaux algériennes (pratiquement nulles en surface et de 1 mg/m<sup>3</sup> à 50 m). Nos résultats sont proches et enregistrent une décroissance du même ordre de la région d'Oran-Ténès aux parages d'Alger

Prof. (m)	Mer Alboran (THOMSEN)	Eaux algériennes						Nord du secteur		Mer Tyrrhénienne (MARGALEF)	
		Oran st. 268	Ténès st. 264	Γ. Indich st. 270 (BERNARD)	O. Alger (BERNARD)	Parages d'Alger			st. 258		st. 282
						THOMSEN	(BERNARD)	st. 288			
surf.		1,2	2,3	—	0,88	0	0,3-3 moy. 2	—	0	—	
10		0	0	0	1,09			0	0	0	
25-35		0	0	0	0,66-0,75			0	0	0	
50	8	6,2		1,6	0,87	1		0	1,05	0	
70		8,06	8,6	4				1,9	2,3	2,3	
70-90					0,83						
100		9,3	8,2	3,1	1,46				2,8	2,9	3,1
200		5,6	5,0	7,5	1,72		≥ 1	2,01 6,5	6,0	7,1	3,1 - 4,65 (5,27-6,82 except.)
300	19	9,0	9,0	11,5	1,86			12,1		11,0	
500-600		15,1	11,8					11,2		11,8	9,3
800-1000		14,8	12,1				21	11,0		12,1	

TABL. 6. — Teneurs en phosphates (mg/m<sup>3</sup>) dans le secteur sud-occidental de la Méditerranée (d'après la campagne 1963 de la « Thalassa » et divers auteurs).

(tabl. 6). Pour le secteur d'Alger, les chiffres indiqués par BERNARD (1960) sont voisins des nôtres, bien que généralement plus élevés en surface et plus faibles en profondeur : le plus souvent de 0,3 à 3 mg/m<sup>3</sup> en surface (sauf dans la zone tout à fait côtière où les taux augmentent), la moyenne annuelle ne dépassant pas 2 mg/m<sup>3</sup> au large, dans la zone d'influence atlantique ; à 100 m les taux égalent ou excèdent 1 mg/m<sup>3</sup>. L'auteur signale que les valeurs ne s'annulent qu'assez rarement dans les strates de surface. Pour la baie d'Alger, les chiffres mentionnés par d'autres auteurs (BUCALOSI, 1960 ; TELLAI, 1964 ; PINCEMIN, 1966) dénotent une extrême variabilité entre la côte et le large ou d'une saison à l'autre et concernent généralement les niveaux de surface ; nous n'en ferons pas le détail.

Notre station 288, proche d'Alger, nettement influencée par l'eau atlantique (fig. 26), avec minimum halin < 36,5 entre 30 et 50 m, ne manifeste de teneurs relativement fortes qu'à partir de 180 m (6,2) ; dans le noyau atlantique, elles se tiennent autour de 1,9 mg/m<sup>3</sup>.

Poussant la comparaison à l'est, avec les données de COSTE, MINAS et NIVAL (1969), on relève, pour la zone comprise entre la Sardaigne et la Tunisie, une situation d'ensemble moins favorable que sur nos stations plus occidentales, puisque l'immersion de l'isopièthe 0,10 μ at. g/l peut dépasser 300 m en certains points, alors qu'elle s'établit entre 50 et 150 m sur notre secteur.

De même, par rapport au bassin thyrrhénien (MARGALEF, 1966), on constate que nos valeurs sont supérieures dans l'ensemble, en raison de la position privilégiée du secteur par rapport à l'eau atlantique et aussi de l'époque des observations ; celles de MARGALEF en mer thyrrhénienne correspondaient en effet à la période de stratification estivale connue pour être celle du maximum de pauvreté de la Méditerranée en sels nutritifs. Selon l'auteur, l'enrichissement en profondeur en mer

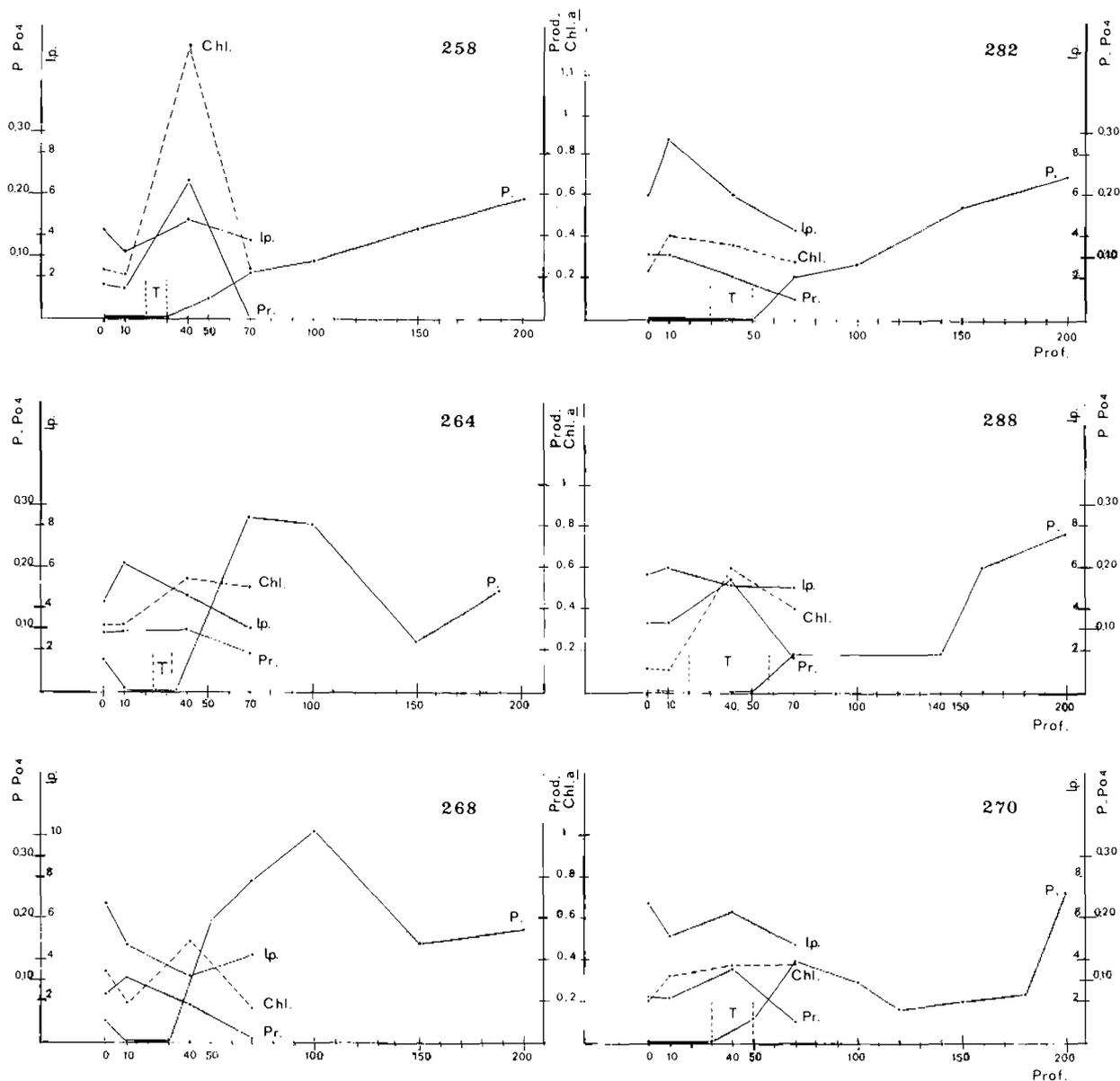


Fig. 18. — Phosphates ( $\mu\text{ g-at/l}$ ), production organique ( $\text{mg C/m}^3/\text{h}$ ), chlorophylle a ( $\text{mg/m}^3$ ) et indice pigmentaire sur six stations dans la partie occidentale du secteur. T : thermocline.

thyrrhénienne ne se déclare pas avant 100 m (3.1), c'est-à-dire bien au-dessous de la thermocline à cette époque (25-60 m), et la concentration maximale ne dépasse guère  $9.3 \text{ mg/m}^3$  à 600 m. A 200 m, par exemple, on note, dans le bassin thyrrhénien, des valeurs de 3.41 à 4.65, exceptionnellement 5.27 à 6.82, alors que sur nos stations elles vont de 4.96 à  $7.5 \text{ mg/m}^3$ .

La mise en parallèle des données biologiques avec la distribution des éléments nutritifs, dans la couche euphotique, montre que le taux de chlorophylle *a* et la production organique (fig. 18) présentent leurs valeurs les plus importantes à des niveaux où les phosphates ne sont le plus souvent qu'en quantités très faibles ou nulles. Les concentrations en phosphates (et autres sels biogènes) se font dans la plupart des cas à des niveaux où la lumière est insuffisante pour assurer une activité et un développement intensifs du phytoplancton ; mais on peut considérer aussi que leur diminution dans la couche euphotique, de 0 à 40 m notamment, tient en partie à leur utilisation par ce même plancton actif. Ils commencent du reste à s'accumuler juste au-dessous des niveaux de productivité maximale (fig. 18). La même remarque a été faite dans un secteur proche (COSTE, 1971) et également à l'ouest d'Alger (BERNARD, 1960), le minimum se tenant entre 25 et 75 m, niveaux correspondant au maximum de densité des autotrophes tels que Périidiniens et Coccolithophorides.

#### b) Répartition en fonction de la lumière.

On connaît, pour chaque station, aux quatre niveaux des prélèvements, la quantité de lumière en pourcentage de celle qui atteint la surface. Selon les stations, à 1 m pénètrent 94 à 98 % de la lumière incidente ; à 10 m, 46 à 66 % ; 6 à 15 % entre 40 et 50 m ; 0 à 5 % entre 70 et 90 m (fig. 14).

##### 1° Répartition du phytoplancton.

La stratification du phytoplancton en fonction de la quantité de lumière (fig. 19) se traduit d'après le nombre de cellules et le nombre d'espèces, qui sont à leur maximum pour 10-15 % de lumière incidente (niveaux de 40 m environ) et à leur minimum pour 5 % (70 à 90 m). Mais la pénétration de la lumière se faisant inégalement selon les stations, il n'y a pas concordance absolue entre la répartition quantitative des espèces par niveaux et leur distribution en fonction de la lumière. La stratification par rapport à cette dernière est plus nette.

##### 2° Répartition des pigments.

En fonction de la quantité de lumière, exprimée en pourcentage, les valeurs moyennes suivantes affectent les chlorophylles *a*, *b* et *c*, l'indice pigmentaire et les carotènes astaciens ou non-astaciens (fig. 19) :

94-98 % : 0,25, 0,14, 1,87, 6,42, 0,17, 0,07 ;  
46-66 % : 0,26, 0,14, 2,37, 7,30, 0,28, 0,05 ;  
10-15 % : 0,42, 0,16, 2,23, 5,25, 0,24, 0,06 ;  
0-5 % : 0,33, 0,12, 2,08, 4,80, 0,15, 0,05.

Les chlorophylles *a* et *b* ont une répartition voisine. Compte tenu des différences quantitatives entre elles, leur maximum se situe pour 10 à 15 % de la lumière de surface. Le maximum de chlor. *c* est plus largement distribué, de 10 à 60 % de la lumière de surface. Pour les carotènes non-astaciens, toujours en quantité minime, on note les valeurs les moins basses aux fortes lumières ; pour les astaciens, dont les teneurs sont de deux à six fois plus grandes, le maximum se place, comme pour la chlor. *c*, sur une vaste échelle de pourcentages (10-60). L'indice pigmentaire culmine par 50 à 60 % de lumière incidente ; son minimum, accusé, se situe aux plus faibles éclaircissements.

##### 3° Production organique primaire et biomasse phytoplanctonique en fonction de la transparence de l'eau et de la pénétration de la lumière (fig. 19).

Pour des pourcentages décroissants de lumière, les moyennes de production (en mg C/m<sup>3</sup>/h) et de biomasse phytoplanctonique (1) (en mg/m<sup>3</sup> de matière organique sèche) s'établissent ainsi :

94-98 % : 0,29, 83,8 ; 46-66 % : 0,31, 94,5 ; 10-15 % : 0,29, 106,4 ; 0-5 % : 0,10, 93,0.

a) Production et biomasse atteignent leur maximum pour des pourcentages de lumière différents, 50 à 60 % de lumière incidente pour l'une, 10 à 15 % pour l'autre. Comme nous l'avons dit précédemment, la plus grande activité du phytoplancton ne se situe pas au niveau où il est le plus

---

(1) Selon la formule  $\Sigma (a + b + c) \times 35,7$ .

abondant, mais là où l'éclairement est le plus favorable. Encore doit-on noter que la considération des moyennes ci-dessus atténue les différences entre niveaux et masque le fait que l'observation d'une forte production (0,29) par des éclaircements relativement faibles (10-15 %), correspondant aux profondeurs de 40 à 60 m, résulte en réalité de trois pics de production sur trois stations (258-276-288) ; la moyenne tombe à 0,22 si on élimine ces trois valeurs exceptionnelles. A quoi correspondent-elles ? Le pourcentage de lumière sur les trois stations est uniformément de 8, donc très moyen ; mais on note des valeurs élevées en chlorophylle a : 1,16, 0,54 et 0,60 mg/m<sup>3</sup>, la production s'établissant respectivement à 0,66, 0,50 et 0,63 mg C/m<sup>3</sup>/h sur les trois stations aux niveaux considérés. Or la diversité spécifique y est du même ordre que sur les autres stations et le phytoplancton ne paraît abondant que sur la station 288. Peut-être doit-on retenir que le minimum halin (< 36,5), indice d'eau atlantique et donc, vraisemblablement, d'un apport de sels biogènes, se situe, sur les stations 276 et 288, entre 30 et 50 m, c'est-à-dire au niveau des fortes productions enregistrées.

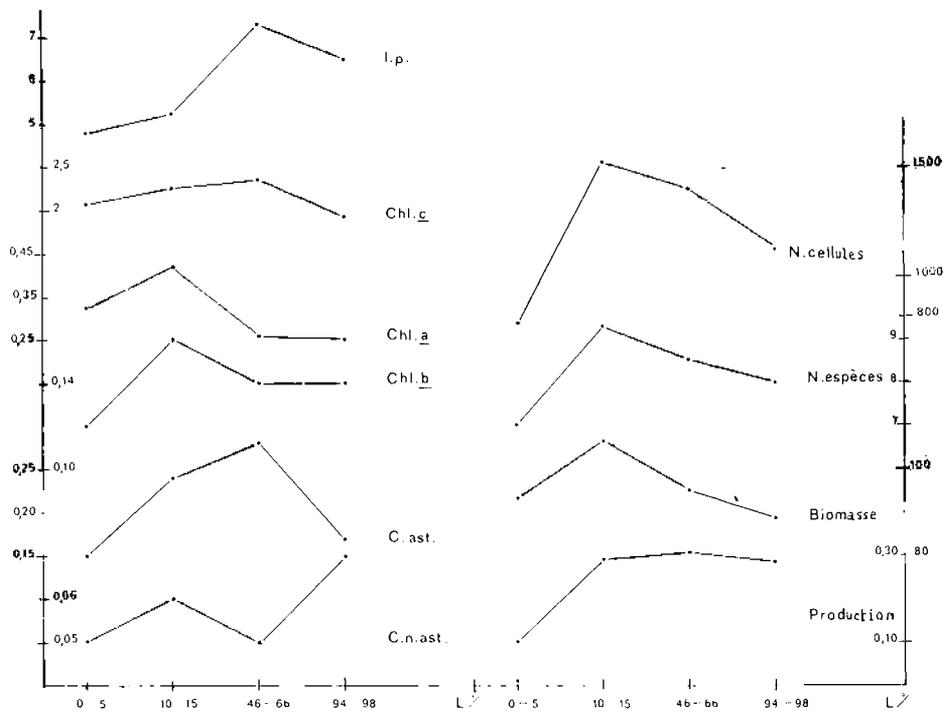


FIG. 19. — Pigments, indice de diversité pigmentaire, production, biomasse phytoplanctonique (d'après les valeurs pigmentaires), nombre de cellules par litre et d'espèces, en fonction du pourcentage de lumière incidente aux différents niveaux (moyennes).

b) Il est fréquent de constater que la répartition verticale de la production est régie par la transparence de l'eau (JACQUES, 1970). Des anomalies se révèlent cependant et il est des cas où elle ne peut être seule mise en cause, non plus que la situation « lumière » qu'elle crée. Prenons comme exemple la station 311 qui présente la production maxima que nous ayons enregistrée (moy. de 0,48, se décomposant comme suit : 0,67 à 1 m ; 0,80 à 10 m ; 0,40 à 40 m ; 0,04 à 70 m). Or, les pourcentages de lumière, qui sont respectivement 94, 48, 6 et 0 pour les mêmes niveaux, ne sont pas très élevés. La transparence de l'eau est du reste indiquée comme médiocre, le disque de Secchi disparaissant à 22 m. Les taux de chlor. a sont forts (0,31-0,48-0,43-0,42) et il faut admettre que l'abondance du pigment compense son activité réduite par la faible pénétration de lumière. Celle-ci n'est en tout cas pas ici le seul facteur limitant. Remarquons toutefois que des mesures de production *in situ* auraient peut-être amené à constater un meilleur parallélisme entre les courbes de lumière incidente et celles de production (KREY et SARMA, 1970 a).

L'irrégularité des relations entre production et transparence apparaît sur la figure 20. On ne relève une diminution (st. 268) ou une augmentation (st. 264-288) simultanées des valeurs que dans un petit nombre de cas. Mais il faut noter que les variations de transparence, d'après les indications du disque de Secchi et traduites par l'épaisseur de la couche euphotique sur chaque station, manifestent une certaine incohérence : si la transparence de l'eau est généralement moindre dans la zone

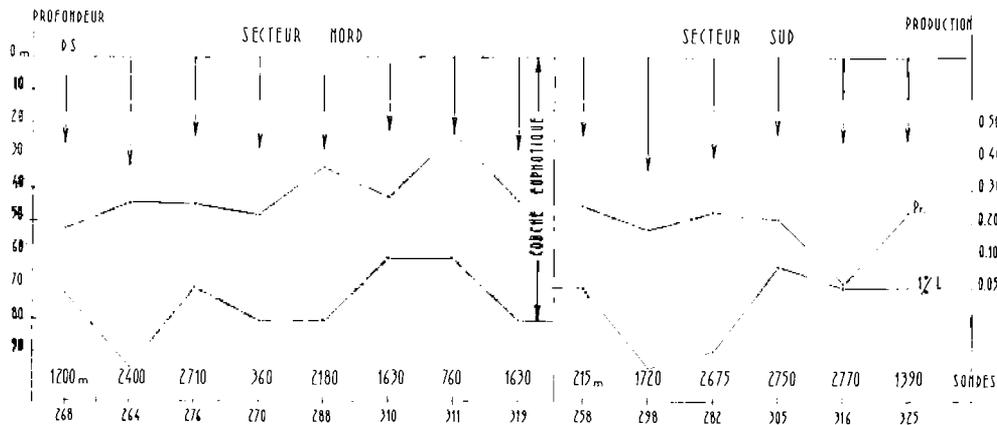


FIG. 20. — Production organique moyenne, profondeur de disparition du disque de Secchi (D.S.), épaisseur de la couche euphotique (hauteur d'eau comprise entre la surface et le niveau auquel la quantité de lumière est égale ou inférieure à 1% de celle qui arrive en surface) et indications de la sonde sur chaque station dans les secteurs nord et sud.

semi-côtière qu'au large, comme il est naturel, il existe aussi des stations par fonds relativement faibles où la transparence est grande et la couche euphotique épaisse (st. 270), et des stations au-dessus de fonds importants où transparence et couche euphotique sont paradoxalement réduites. Les observations sont du même ordre dans les parties septentrionale et méridionale du secteur (fig. 20).

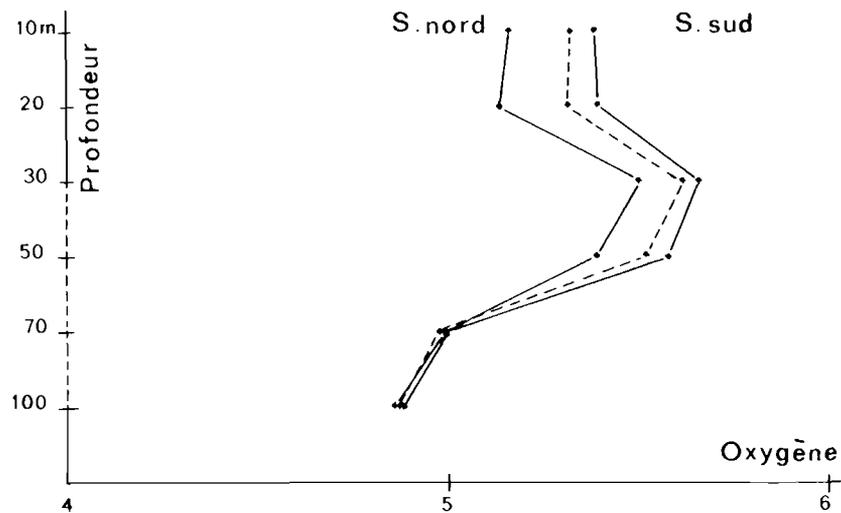


FIG. 21. — Taux moyen d'oxygène (cc/l) entre 10 et 100 m de profondeur, dans les secteurs nord et sud (trait plein) et sur leur ensemble (trait discontinu).

### c) Relations avec la teneur en oxygène.

La teneur en oxygène est élevée (tabl. 7), d'autant que les dosages n'ont concerné que la partie occidentale du secteur où l'influence atlantique est puissante ; la partie méridionale, sous influence directe, est du reste la plus riche en surface, les taux s'égalisant à partir de 70 m sur l'ensemble

des stations. Dans la couche euphotique, seule considérée ici, soit entre 0 et 100 m, les teneurs se tiennent entre les extrêmes de 6,21 et 4,39 cm<sup>3</sup>/l ; mais elles sont rarement inférieures à 5.

Stations	Niveaux						moyenne par station		
	10 m	20 m	30 m	50 m	70 m	100 m			
<i>Nord</i>	258	5,02	5,05	5,75	4,92	4,94	4,84	5,09	
	282	5,30	5,21	5,26	5,86	5,04	4,89		5,26
moyenne par niveau	5,16	5,13	5,50	5,39	4,99	4,86			
<i>Sud</i>	264	5,13	5,15	6,08	5,59	5,00	4,75	5,30	
	268	5,57	5,65	5,61	5,01	4,62	4,39		5,14
	270	5,37	5,33	5,38	5,49	5,07	5,23		5,31
	276	5,28	5,24	5,05	6,21	4,58	4,60		5,16
	288	5,54	5,57	6,21	5,60	5,65	5,42		5,66
moyenne par niveau	5,38	5,39	5,66	5,58	4,98	4,88			
moy. générale par niveau	5,32	5,31	5,62	5,52	4,98	4,87			

TABLE. 7. — Teneurs en oxygène (cm<sup>3</sup>/l) aux différents niveaux de la couche euphotique sur quelques stations des secteurs nord et sud de la campagne 1963 de la « Thalassa ».

Leur répartition verticale n'est pas indifférente. On décele une sorte de stratification de couches plus ou moins oxygénées, avec un maximum de 30 à 50 m (moy. 5,57) et un minimum de 70 à 100 m (moy. 4,92), les niveaux de 10-20 m présentant des taux intermédiaires de 5,32 cm<sup>3</sup>/l en moyenne (fig. 21). Les niveaux de sursaturation sont souvent en correspondance avec la thermocline.

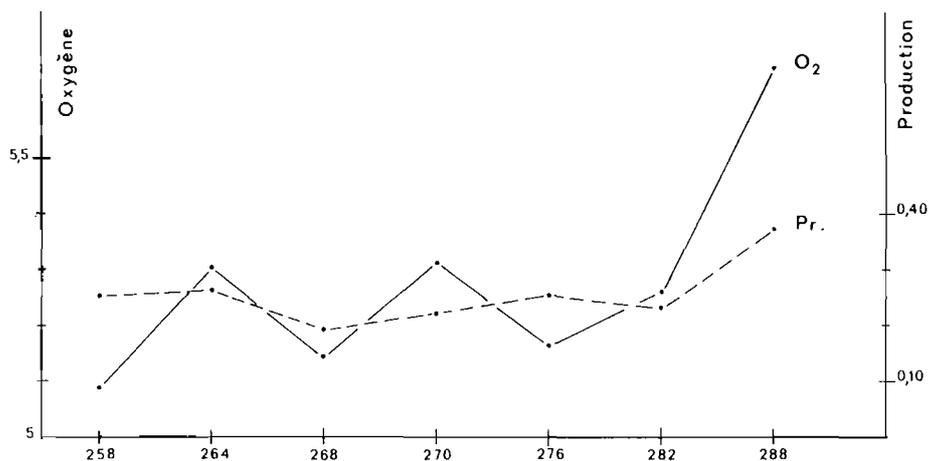


FIG. 22. — Courbes de productivité et d'oxygénation moyennes sur les différentes stations.

Ces données concordent avec ce que l'on sait de l'oxygénation de la Méditerranée occidentale (MINAS, 1970) et, en particulier, avec celles qui ont été antérieurement fournies pour des stations voisines (J. FURNESTIN, 1963).

Le petit nombre de mesures dont nous disposons ne permet que quelques remarques sur les rapports possibles entre la répartition du phytoplancton, le taux de production organique et celui d'oxygène. On rappellera donc que la répartition quantitative des Diatomées par niveaux montrait de même une augmentation de la surface à 40 m, puis une diminution accentuée à 70 m. De la même manière, les profils établis pour les différentes stations (fig. 27 à 30) laissent apparaître une certaine correspondance entre productivité et oxygénation ; du moins les maxima coïncident-ils souvent (niveaux de 30-50 m sur les st. 258, 288, 270 et 276) ; lorsque, cas plus rare, la productivité la plus forte s'observe aux niveaux subsuperficiels (20 m environ), les hautes teneurs en oxygène sont elles-mêmes décalées vers la surface (20-30 m) ; la station 268 en donne un exemple. Du reste, on note un certain parallélisme entre les courbes de productivité moyenne et d'oxygénation moyenne par station (fig. 22).

Quant aux teneurs supérieures à  $6 \text{ cm}^3/\text{l}$  (jusqu'à 6,21), dans lesquelles on pourrait voir un effet de la photosynthèse locale, on remarquera qu'elles s'observent, pour deux stations au moins (276 et 288), dans les couches de 30 à 50 m où l'on a enregistré une production organique particulièrement élevée pour la série considérée (0,49 et 0,58 mg C/m<sup>3</sup>/h).

La situation semble donc différente de celle que l'on rencontre en zone tropicale, marquée par une absence quasi totale de relations entre le développement du phytoplancton et le cycle des teneurs en oxygène (SOURNIA, 1968 ; REYSSAC, 1971) ; elle confirmerait au contraire les corrélations que d'autres auteurs ont constatées en Méditerranée entre phytoplancton, production et taux d'oxygène (HALIM, 1960).

#### d) Répartition en fonction de la salinité, de la température et de la structure hydrologique.

##### 1° *Distribution des salinités et températures dans le secteur, situation hydrologique.*

L'évolution thermique et haline dans le secteur prospecté a été suivie dans le détail grâce aux relevés opérés pendant la campagne 1963 de la « Thalassa » et la situation hydrologique a été exposée de manière très complète d'après ces données par ALLAIN et FURNESTIN (1969), décrivant la distribution horizontale des salinités et températures de la surface au fond, le cheminement de l'eau atlantique, son partage en plusieurs lobes d'importance inégale, le contact avec des formations de nature différente provenant du nord du bassin occidental ou du bassin oriental, ou en divergence à partir de la profondeur, le développement variable de la thermocline, etc.

La description des phénomènes selon deux coupes parallèles à la côte algérienne, correspondant approximativement aux parallèles de 37° et de 38°30' (fig. 1), c'est-à-dire, respectivement, à nos ensembles septentrional et méridional de stations, permet en outre, non seulement de suivre d'ouest en est le déroulement de ces phénomènes, mais aussi de comparer la situation dans les régions nord et sud du secteur, de 0 à 200 m, ainsi que dans la couche profonde.

Enfin, la distribution verticale de la salinité et de la température a été repérée sur 6 sections perpendiculaires (ou obliques) à la côte, donnant l'allure des phénomènes dans une direction approximativement nord-sud (fig. 1).

Nous rappellerons très brièvement les faits essentiels pour les couches de 0 à 200 m. « Le courant atlantique progresse le long de la côte algérienne où son axe se situe entre 50 et 75 m de profondeur. Ses eaux, accumulées à la sortie de la Mer d'Alboran, sont canalisées dans le secteur algérois où elles sont écrasées contre la côte sous l'effet d'une poussée latérale et verticale d'une formation issue du secteur Ivice-cap de Palos ». Ainsi se différencient les régions nord et sud du secteur prospecté, l'eau atlantique étant repérable de manière continue en surface dans la zone méridionale, alors qu'elle ne l'est qu'à la station 282 dans la zone septentrionale. « Le courant atlantique parvient jusqu'au secteur tunisien, mais ses eaux, encore très diluées, ne franchissent qu'en partie le canal de Sardaigne où la formation orientale, plus ou moins en divergence et s'écoulant vers l'ouest, l'oblige à se rebrousser vers le nord-est à partir du méridien de 5°, déterminant, à l'ouest de la Sardaigne, un lobe très important, en partie coupé de sa source. Ses eaux diluées influencent la couche sous-jacente jusqu'à la profondeur de 400 m où elles sont alors intéressées par les températures plus basses de l'eau orientale ».

C'est à cette étude hydrologique dans son intégralité qu'il faudrait se reporter avant de recher-

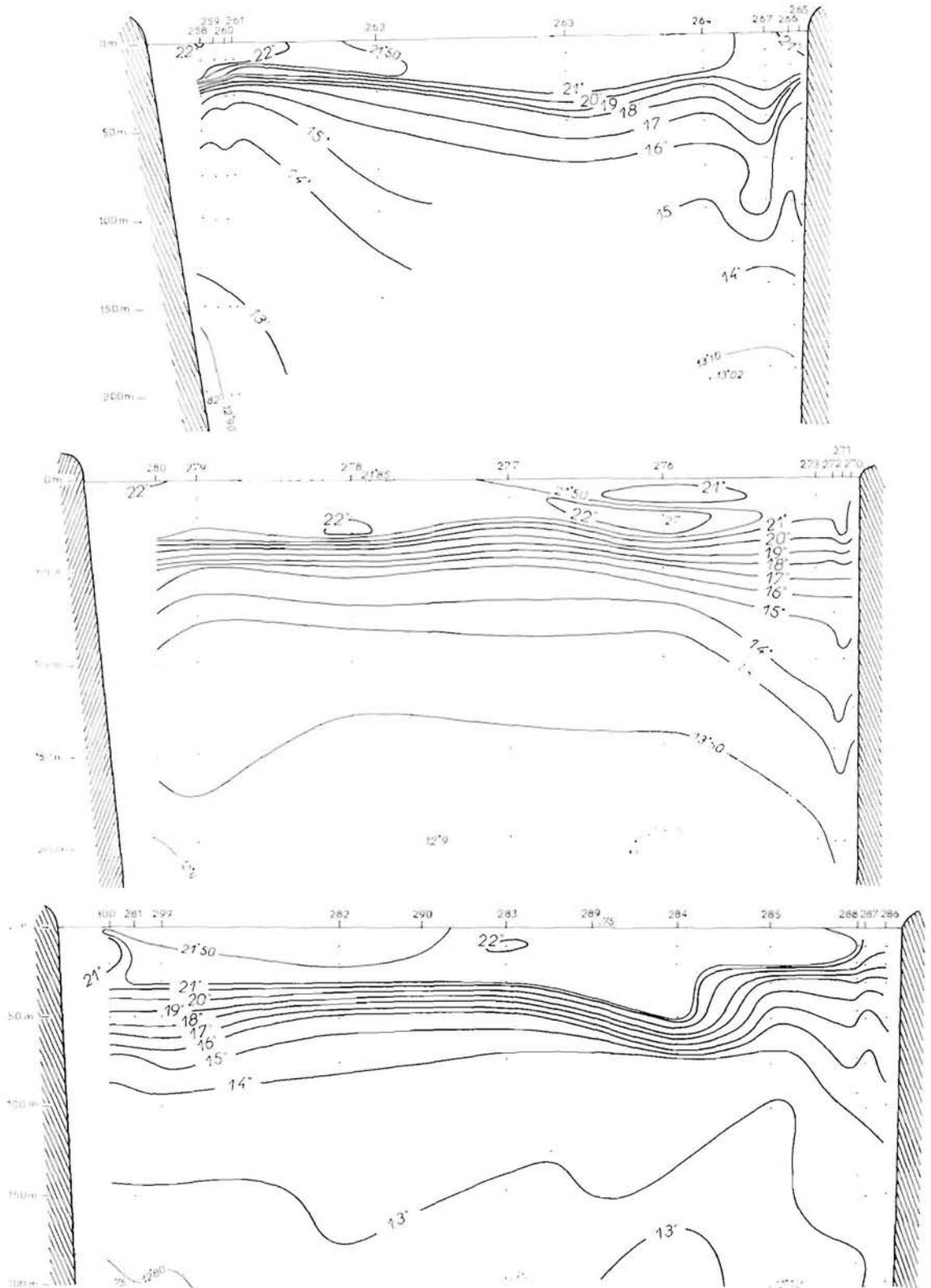


FIG. 23. — Coupes hydrologiques sur les sections I-II-II. Températures (empruntées à ALLAIN et FURNESTIN, 1969).

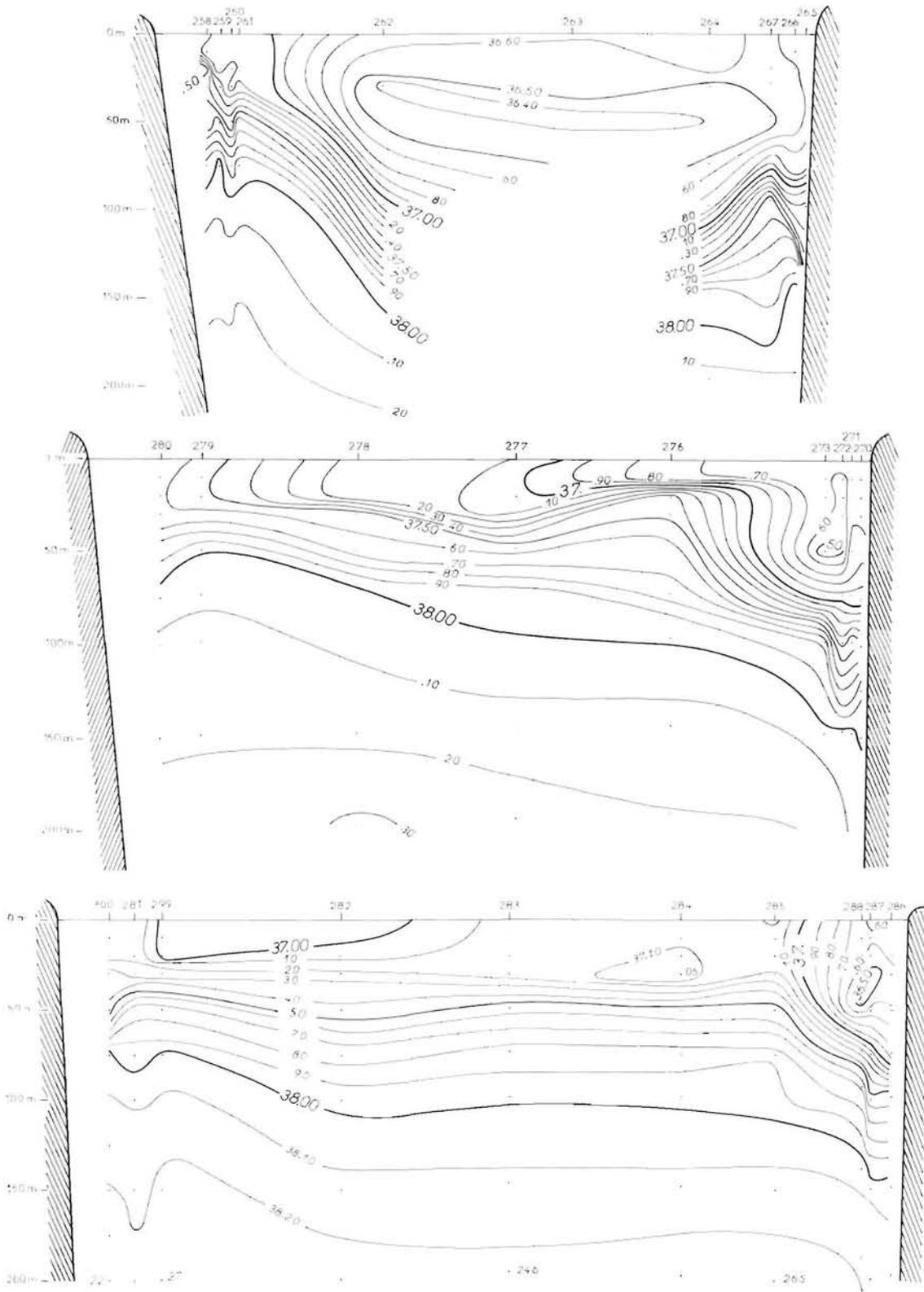


FIG. 24. — Coupes hydrologiques sur les sections I-II-III. Salinités (empruntées à ALLAIN et FURNESTIN, 1969).

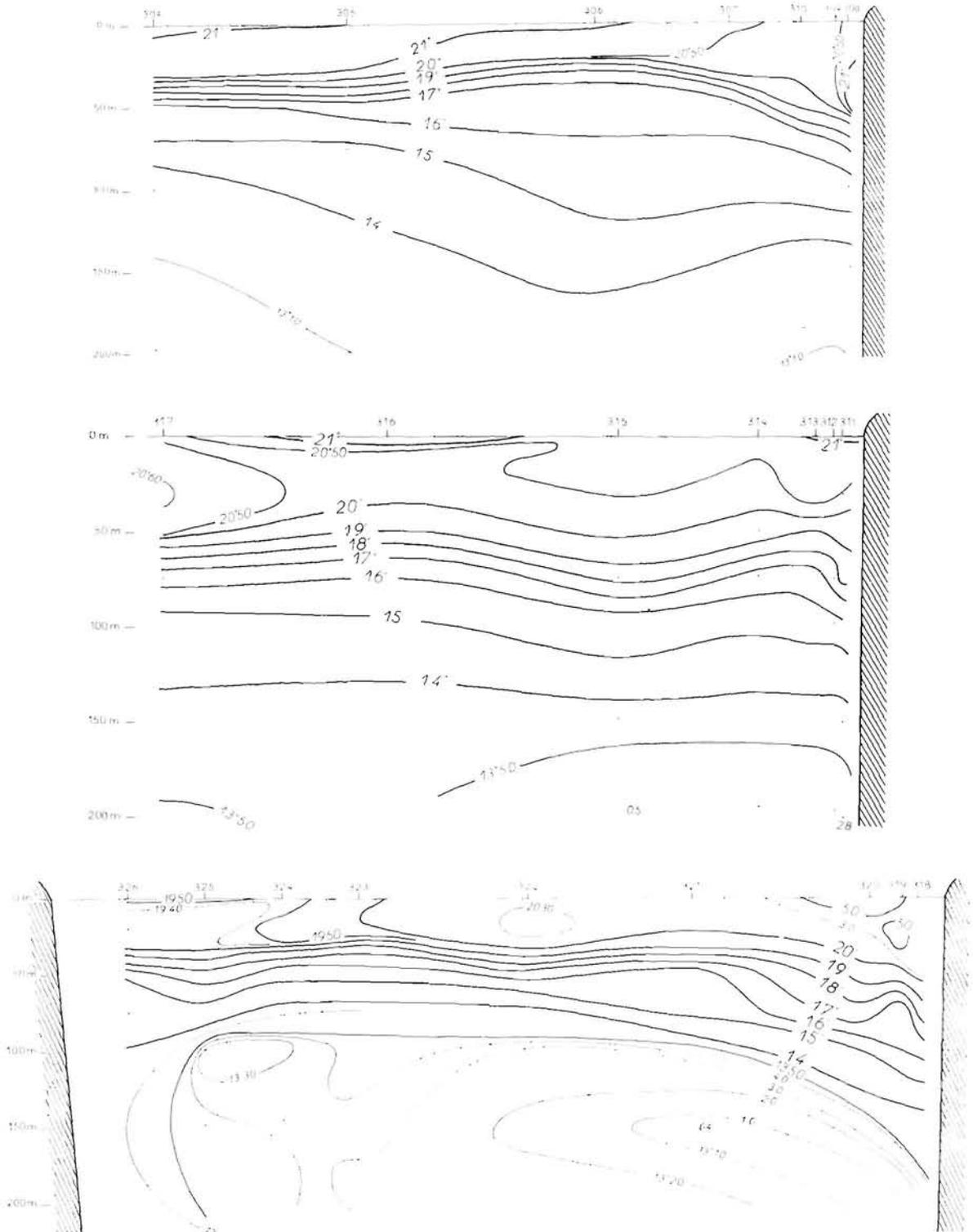


FIG. 25. — Coupes hydrologiques sur les sections IV-V-VI. Températures (empruntées à ALLAIN et FURNESTIN, 1969).

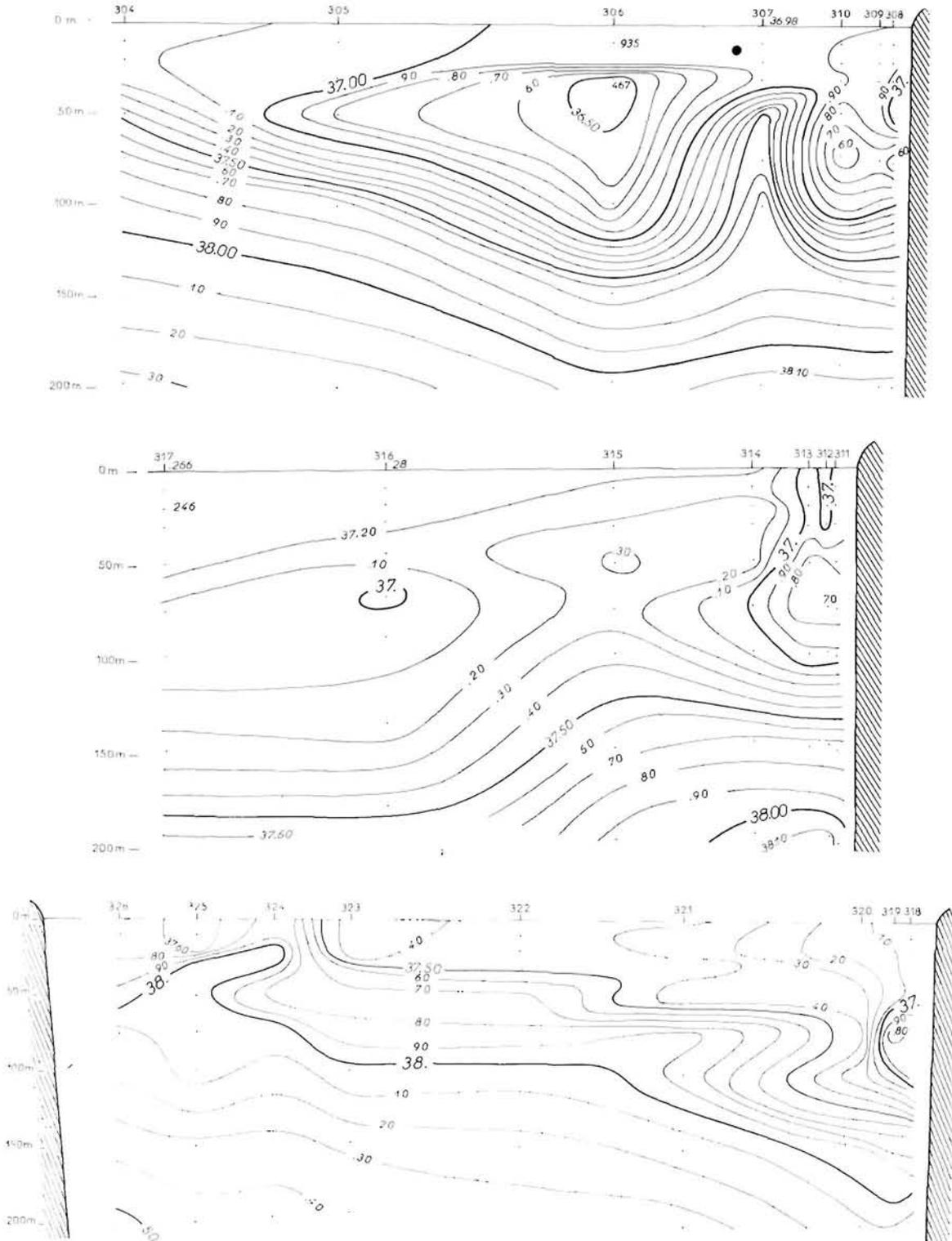


FIG. 26. — Coupes hydrologiques sur les sections IV-V-VI.  
Salinités (empruntées à ALLAIN et FURNESTIN, 1969).

cher dans le détail, sur chaque station, les relations entre la répartition des pigments et de la production phytoplanctoniques d'une part, et celle des facteurs thermique et halin d'autre part, car toute variation de ces derniers influence les populations phytoplanctoniques et leur activité.

Aussi nous a-t-il paru nécessaire de retracer la structure hydrologique sur les stations prospectées, en fonction des températures et salinités, en reproduisant les coupes hydrologiques N-S du travail mentionné de ALLAIN et FURNESTIN, selon les sections I à VI (fig. 23 à 26).

Dans le paragraphe suivant, nous commenterons les profils de pigments et de production établis pour ces 14 stations, en fonction de la situation hydrologique ainsi précisée sur chacune, mais en faisant intervenir, outre les températures et salinités, les densités, les teneurs en oxygène, en phosphates, la transparence de l'eau et le pourcentage de lumière aux différents niveaux. Enfin, bien que ne disposant pas d'observations spéciales au niveau de la thermocline, comme celles qui ont été effectuées récemment dans une région proche (CAHET et coll., 1972), nous considérons, chaque fois qu'il sera possible, les phénomènes au niveau de cette zone de fort gradient thermique.

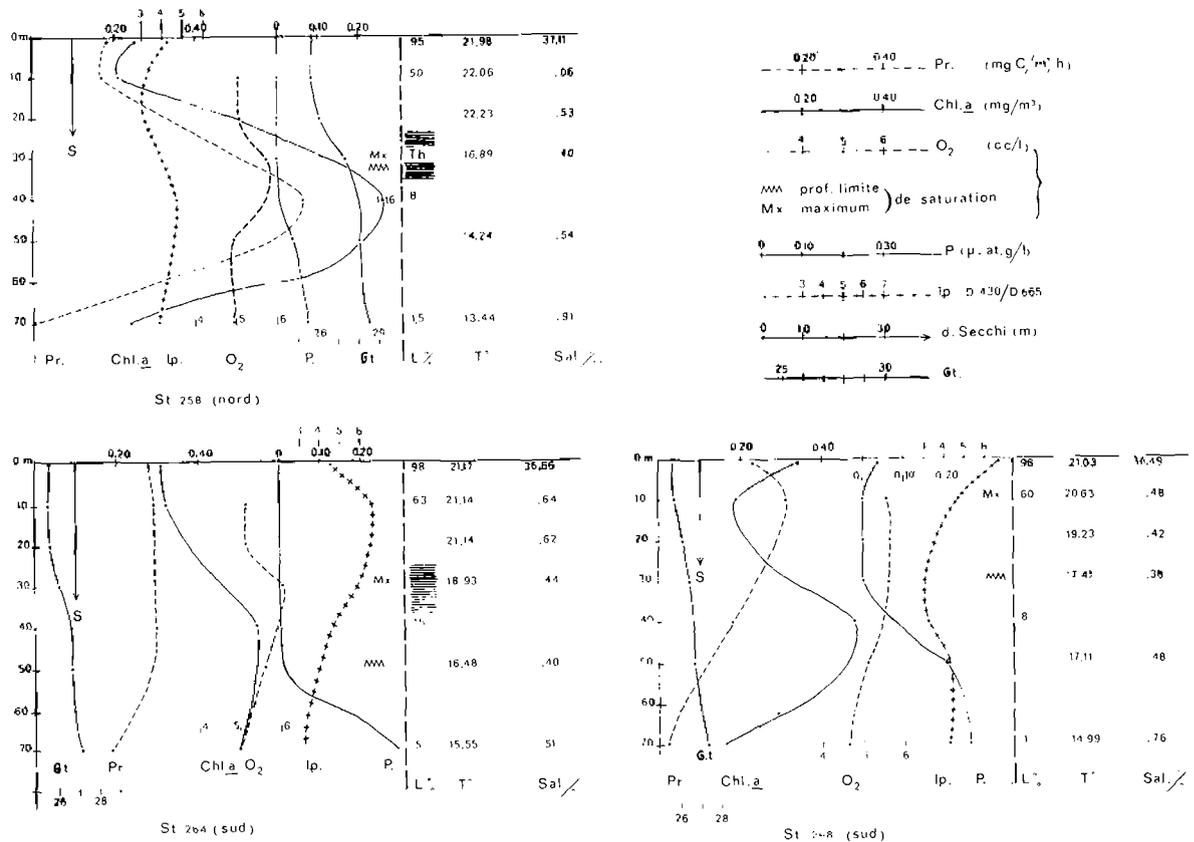


FIG. 27. — Profils de production et de chlorophylle a, indice de diversité pigmentaire, oxygène, phosphates, salinité, température, densité et pourcentage de lumière incidente entre 0 et 70 m, disque de Secchi, thermocline, sur les stations 264, 268 et 258.

2° Variations des pigments et de la production phytoplanctoniques en fonction des conditions thermohalines et de la structure hydrologique.

### Section I, du cap de Palos à Ténès (0-200 m) (fig. 23 et 24).

L'eau atlantique (arbitrairement limitée à l'isohaline de 37‰) se répartit au centre de la coupe jusqu'à 100-110 m de profondeur, le minimum halin se situant entre 30 et 50 m, au centre d'un lobe circonscrit par l'isohaline de 36.60. Ce lobe n'est pas collé contre la côte algérienne du fait d'une poussée verticale de l'eau sous-jacente et de l'avancée latérale d'une eau du large plus salée (37-37,5). Cette eau, que l'on rencontre du côté espagnol, provient du secteur catalan, comme l'indiquent aussi les températures de surface (maximum: 22,53°). C'est de cette arrivée d'eau plus chaude et plus salée que résulte le mélange observé sur toute la couche superficielle au-dessus du minimum

halin de l'eau atlantique auquel correspondent les températures de 17-18° observées à la base de la thermocline. Le resserrement de celle-ci dans le secteur de Palos précise le caractère ascendant de l'eau sous-jacente, visible aussi dans la disposition des isohalines. Celles-ci, dans le secteur algérien, ne se superposent pas aux isothermes, ce qui traduit aussi un mélange actif et l'existence d'une zone d'instabilité.

Commentaire des profils (st. 264-268, zone sud ; st. 258, zone nord) fig. 27.

Stations 264-268 : l'influence atlantique est nette sur les deux stations (minimum halin de 36,36 et 36,40 respectivement) mais la transparence variable ; moindre sur la station 268, elle peut être responsable de la diminution brutale de production à partir de 40 m ; celle-ci est au contraire importante à tous niveaux sur la station 264, bien que sans pic spectaculaire ; les taux de chlor. a sont en correspondance. On peut attribuer au mélange actif enregistré dans la région de Ténès l'égalisation des valeurs de la production entre 0 et 40 m sur la st. 264. Par ailleurs, la courbe d'oxygénation suit celle de production sur la station 268.

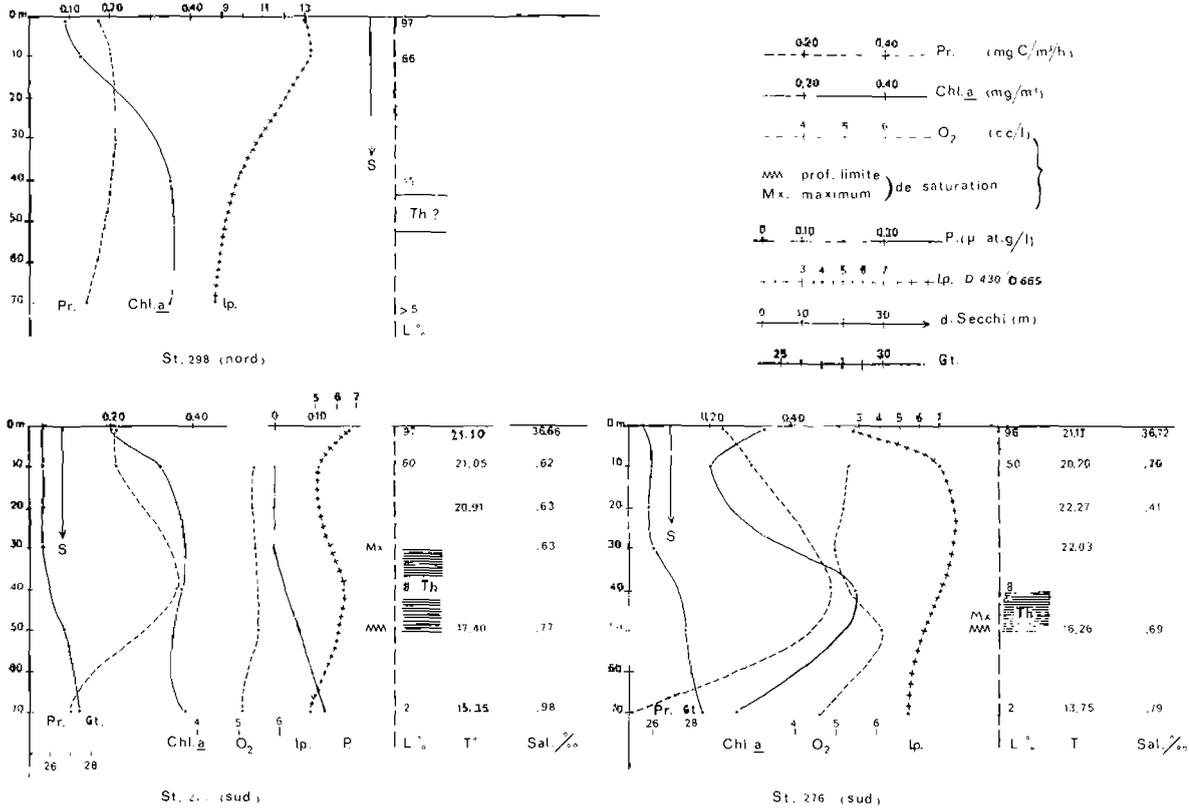


FIG. 28. — Profils de production et de chlorophylle a, indice de diversité pigmentaire, oxygène, phosphates, salinité, température, densité et pourcentage de lumière incidente entre 0 et 70 m, disque de Secchi, thermocline, sur les stations 270, 276 et 298.

Station 258 ; la situation est différente ; le secteur échappe à l'influence atlantique directe (minimum halin de 37,06) ; le taux de phosphates est faible ; la transparence aussi est moindre. La production est réduite à 1 et 10 m, nulle à 70 m ; en revanche, il faut signaler, à 40 m, sous la thermocline, un pic qui correspond à une très forte concentration de chlorophylle a (et au maximum d'oxygène), mais dont on ne décèle pas l'origine dans la situation hydrologique locale.

Section II, de l'ilot Tokikt Indich à Formentera (0-200 m) (fig. 23 et 24).

L'eau atlantique s'étale encore dans toute la partie supérieure de la coupe, mais l'essentiel du courant s'est porté contre la côte algérienne où son lit se creuse jusqu'au niveau de 150 m, son influence se faisant sentir jusqu'à 200 m. Le minimum halin se situe au niveau de 50 m. La poussée des eaux de mélange sous-jacentes est nettement marquée dans le secteur algérien par un resserrement de la couche du plus fort gradient ; la thermocline est elle-même plus resserrée, le dôme des eaux méditerranéennes s'étant rapproché de la surface. Par ailleurs, l'eau atlantique des 30 premiers mètres s'est réchauffée (maximum : 21,85).

Commentaires des profils (stations 270 et 276, zone sud ; station 298, zone nord) fig. 28.

Stations 270-276 : l'influence océanique est franche (minimum halin de 36,41 et 36,42 respectivement) ; la transparence, moyenne, permet une forte production jusqu'à 40 m ; mais celle-ci s'affaiblit ou tend à s'annuler à 70 m, alors même que les taux pigmentaires sont assez élevés. On note le maximum de production et de chlor. a au niveau de la thermocline sur les deux stations. Sur la st. 270, cependant, les valeurs pigmentaires à ce niveau limitent la production par rapport à ce qu'elles autorisent sur la st. 276 à même profondeur. Par ailleurs, la variation de l'indice pigmentaire ne se fait pas dans le même sens sur les deux stations. En revanche, la courbe d'oxygénation y est similairement parallèle à celle de la production.

Station 298 : les données de température et de salinité manquent pour cette station, mais la situation hydrologique peut être considérée sur la st. 278 très voisine : les eaux à 37,10‰ effleurent en surface ; taux de chlorophylle a et production s'établissent à des valeurs relativement basses mais qui se maintiennent aux niveaux profonds étant donné la grande transparence de l'eau (5 % de lumière à 94 m). Rappelons que les carotènes sont particulièrement abondants sur cette station.

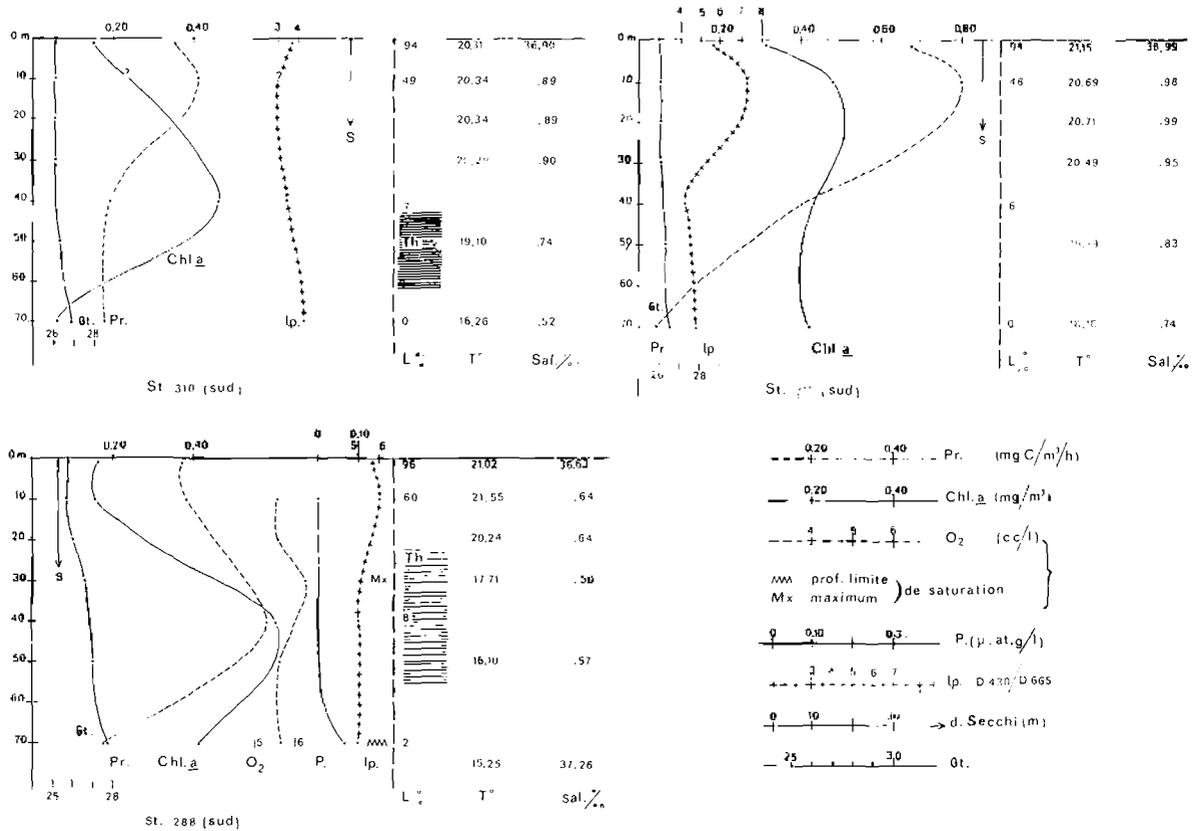


FIG. 29. — Profils de production et de chlorophylle a, indice de diversité pigmentaire, oxygène, phosphates, salinité, température, densité et pourcentage de lumière incidente entre 0 et 70 m, disque de Secchi, thermocline, sur les stations 288, 310 et 311.

### Section III, du cap Caxine à l'île Cabrera (0-200 m) (fig. 23 et 24).

L'eau atlantique est ici répartie en deux lobes ; le courant principal longe l'Algérie avec minimum halin de 36,5 entre 30 et 50 m ; une dérivation à faible salinité (36,89-37,10) et température relativement basse (21,17 à 21,50) occupe maintenant le secteur septentrional ; détachée du courant principal à partir de la région du cap Sigli, elle progresse vers le nord-ouest ; la masse plus salée qui sépare les deux lobes atlantiques (37,10-37,20) est originaire du secteur Ivice-cap de Palos. La thermocline est encore très accusée entre 30 et 60 m, mais son faisceau se déploie en éventail dans le secteur algérien où l'axe du courant océanique conserve les basses températures de 16-20°.

Commentaires des profils (stations 288, zone sud et 282, zone nord) fig. 29-30.

Station 288 : l'influence océanique est prononcée, avec minimum halin aux environs de 40 m, la thermocline se situant entre 20 et 60 m. On note une forte production dès les niveaux de surface mais un maximum accentué à 40 m, qui correspond sensiblement à l'axe du courant atlantique et au maximum d'oxygène. Les taux de chlor. a, d'abord faibles, augmentent beaucoup à 40 m et restent forts à 70 m, mais la quantité de lumière est alors insuffisante, semble-t-il, pour maintenir le taux de production. L'indice pigmentaire est remarquablement stable sur toute l'épaisseur de la couche euphotique.

Station 282 : bien que située dans la partie septentrionale du secteur, cette station est puissamment soumise à l'influence atlantique, mais surtout dans les couches très superficielles. C'est là que la production est la plus forte ; elle baisse ensuite sensiblement, malgré des taux élevés de chlor. a, et, à 70 m, elle est faible en dépit d'un pourcentage de lumière important et d'une chute de l'indice pigmentaire en profondeur, en faveur des pigments photosynthétiques.

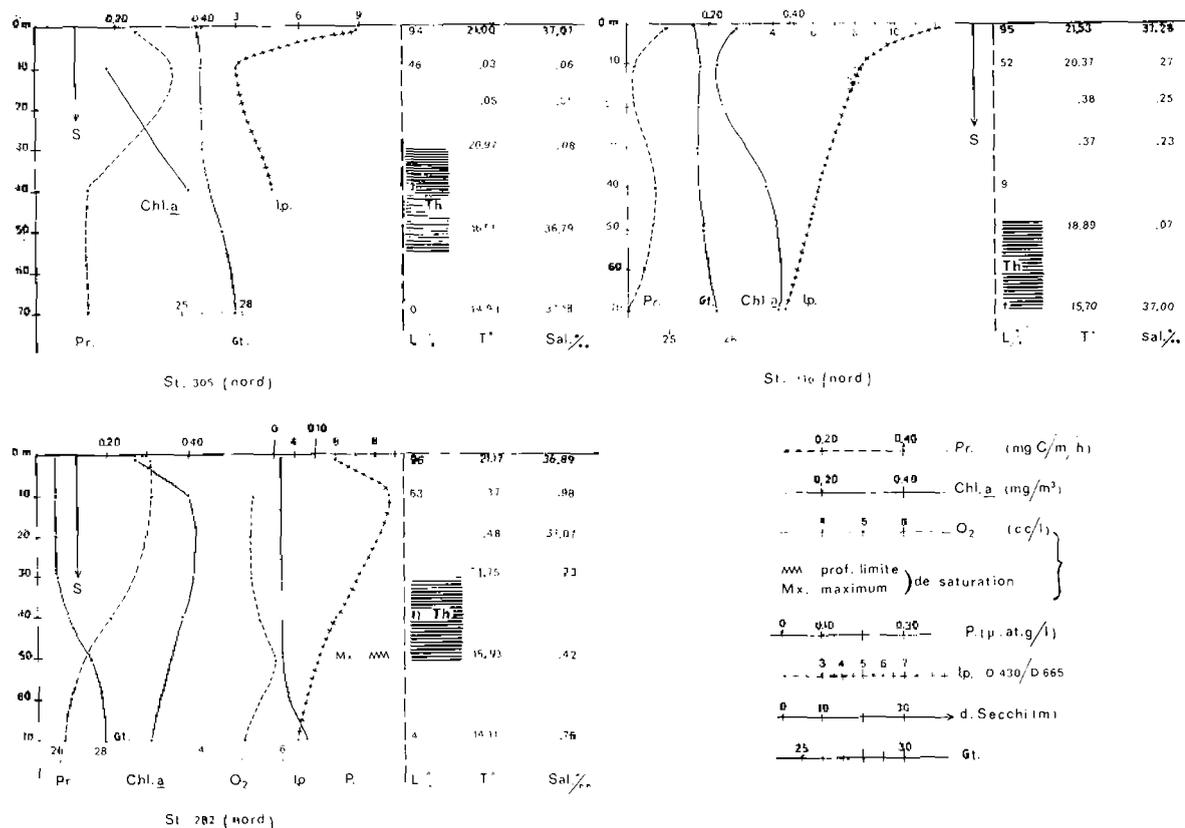


FIG. 30. — Profils de production et de chlorophylle a, indice de diversité pigmentaire, oxygène, phosphates, salinité, température, densité et pourcentage de lumière incidente entre 0 et 70 m, disque de Secchi, thermocline, sur les stations 282, 305 et 316.

Section IV, du cap Sigli au large du 38° parallèle (0-200 m) (fig. 25 et 26).

Le courant atlantique s'est scindé sous l'effet d'une poussée ascendante des eaux de la mi-profondeur. Cette divergence, qui intéresse la couche des 150 premiers mètres, isole contre la côte le courant (36,52 à 36,90‰) qui continuera son trajet vers l'est, et favorise par ailleurs l'extension vers le nord d'un lobe qui occupe le centre de la coupe où ses eaux s'accumulent jusqu'à 120 m de profondeur avec des taux de 36,48-37,00‰ dans un état plus ou moins tourbillonnaire. Le minimum halin est maintenant plus profond (75 m) et le restera dans les coupes suivantes. Cet enfoncement résulte du mouvement du lobe ascendant qui tend à se rabattre vers le sud en coiffant l'eau atlantique, témoin : le reliquat d'eau plus salée (37,09-36,90) laissé au cours d'une poussée plus forte, sur le versant algérien, entre 30 et 60 m. L'eau diluée a gardé la basse température de 16,26° sur le versant algérien et 16,51° dans le lobe central dont l'axe se développe sous la thermocline située vers 20-30 m de profondeur. Les eaux de mélange superficielles ont une température de 21°.



Section VI, du cap Axin à l'île Toro (0-200 m) (fig. 25 et 26).

A l'entrée du canal de Sardaigne, le courant atlantique conserve son individualité sur le versant algérien (36,79 et 16,63° à 75 m) mais une large auréole d'eau de mélange, circonscrite par l'isohaline de 37,5, occupe les trois quarts supérieurs de la coupe (20°-20°78 en surface). Cette eau d'influence océanique n'est pas uniformément orientée vers l'est mais se rebrousse en grande partie vers l'ouest sous l'influence de l'eau orientale sous-jacente dont elle est séparée par un fort gradient de salinité (ALLAIN et FURNESTIN, 1969). En effet, l'eau orientale se manifeste déjà sur le versant sarde vers 150-200 m (38,52 et 13,78°) et exerce une poussée verticale sur les eaux de mélange (37,87 en surface). C'est aussi à l'importance que prend ici la couche orientale qu'est dû le soulèvement de la nappe septentrionale supérieure (temp. minimale de 13°04 à 13°30 dès le niveau de 100-200 m).

*Commentaires des profils* (stations 319, zone sud et 325, zone nord (fig. 31).

Malgré une hydrologie complexe à l'entrée du canal de Sardaigne, la station 319 est favorablement influencée par l'eau atlantique, surtout en profondeur, et la production est forte jusqu'à la partie inférieure de la couche euphotique où le pourcentage de lumière est encore appréciable (disque disparaissant seulement à 27 m) et les valeurs de la chlor. *a*, elles-mêmes, élevées en dépit d'un indice de diversité pigmentaire particulièrement fort.

Sur la station septentrionale, malgré une influence orientale assez manifeste, la production reste importante, vraisemblablement en relation avec des taux de chlor. *a* très forts en profondeur (indice de diversité pigmentaire faible sur toute la couche euphotique). Il faut se souvenir que, dans cette région, l'eau atlantique, rebroussée vers l'ouest, joue encore un rôle ; précisément, il aurait été intéressant de connaître les teneurs en phosphates sur cette station.

### Conclusion.

Bien que cette étude ait déjà vieilli sur le plan des méthodes et concerne des prélèvements et mesures datant de plusieurs années, il nous a paru utile d'en donner les résultats, qui restent valables dans l'ensemble sinon dans le détail. D'une part, des investigations de ce type, bien qu'elles se généralisent en Méditerranée, en se perfectionnant, du reste, n'ont encore été faites que très partiellement dans le secteur en question, sur sa bordure orientale (COSTE, MINAS et NIVAL, 1969), ou très localement, comme dans la baie d'Alger (TELLAI, 1969) ; d'autre part, ces résultats peuvent servir de terme de comparaison à des observations ultérieures dans le même secteur. Et si, en raison d'un nombre trop faible de stations, et de résultats quantitatifs peu fiables pour le phytoplancton, les données n'ont pu être soumises à un traitement mathématique approprié, il n'est pas exclu que certaines puissent être jointes, en vue d'une telle étude, à celles que réunirait une nouvelle campagne.

On ne peut taxer que de préliminaires des résultats issus d'une campagne de quelques jours, qui n'a permis, ni de suivre un cycle annuel dans le secteur prospecté, ni de faire de bilans saisonniers. Par ailleurs, en dépit du fait que des notions taxonomiques aient été introduites, le travail reste très incomplet dans ce domaine puisque seul le microplancton, Diatomées et Dinophycées, a été mis en cause, malgré l'importance des autres éléments du phytoplancton et notamment du nanoplancton dans la production organique primaire. La présence fréquente de Coccolithophorides et de Silicoflagellés, comme d'*Halosphaera*, dans les prélèvements, indique assez qu'il eût été souhaitable d'en faire état, sans parler des Flagellés nus dont l'observation pose d'autres problèmes.

Compte tenu de ces lacunes et imperfections, nous nous sommes souvent bornée à fournir les résultats sans en pousser l'interprétation sauf, parfois, sur le plan hydrologique pour lequel nous possédions un certain nombre d'éléments. Des comparaisons avec les travaux dans les zones voisines inclinant à considérer ces résultats comme « normaux » et concordants aussi bien entre eux qu'avec ceux des auteurs, nous rappellerons les principaux.

Dans les 56 prélèvements ont été identifiées 60 espèces de Diatomées et 22 de Dinophycées ; aucune ne se présente en floraison massive, bien que l'on distingue des formes plus abondantes ou plus fréquentes que les autres. Par ailleurs, les inventaires établis pour les parties septentrionale et méridionale du secteur diffèrent notablement, chacune des zones comportant un certain nombre d'espèces propres (au moins dans ces récoltes). Ceci nous a amenée à y étudier séparément les populations phytoplanctoniques sous l'angle de l'abondance, de la variété et de la fréquence des espèces, ainsi que de leur distribution dans la couche euphotique.

Des différences pigmentaires sont également décelables entre les deux zones, la chlorophylle *a* étant plus abondante et les chlorophylles *b* et *c* moins abondantes, dans la zone méridionale. La production primaire y est elle-même plus forte et il est possible de relier cette fertilité au passage du courant atlantique, une analyse des profils de production et de chlorophylle *a* en fonction de la situation hydrologique sur chaque station ayant montré un effet favorable des eaux d'influence océanique par rapport aux autres formations méditerranéennes, d'origine orientale notamment. On reconnaît ainsi une zone de production plus élevée en bordure du continent africain, en deçà de l'isohaline de 37 ‰ en surface, ainsi que des pointes de production dans la zone septentrionale lorsque des digitations du courant atlantique y parviennent. La présence d'eau à caractère océanique n'explique pas complètement pour autant la répartition géographique ou verticale de la production. Les profils sont relativement variables d'une station à l'autre. Le plus souvent, cependant, l'allure particulière qu'ils revêtent en un point donné peut être reliée à un caractère physico-chimique ou hydrologique local : plus ou moins grande transparence, accumulation de phosphates, instabilité superficielle, position de la thermocline ou du minimum halin, mouvement ascendant d'eau orientale ou rebroussement du courant atlantique. S'il ne semble pas possible, dans les conditions de cette très courte campagne, de reconnaître des profils-type d'une situation donnée (KREY et SARMA, 1970 b), l'idée doit en être retenue, car la région présente un certain nombre de caractéristiques suffisamment marquées pour que la production en soit affectée de manière régulière.

Il est instructif de considérer la participation à la production des différents niveaux de la couche euphotique. On a pu voir que c'est entre 10 et 40 m que la synthèse de matière carbonée atteint son maximum, ses taux se distribuant de la même manière que les valeurs de l'indice pigmentaire. En fonction de la profondeur, la production par mg de chlor. *a* se caractérise par un maximum accentué à 10 m, niveau auquel la chlorophylle manifeste ici son potentiel photosynthétique le plus élevé, utilisant au mieux les quelque 55 % de la lumière de surface qui y parviennent.

Dans l'ensemble, que ce soit par station ou par secteur, on reconnaît une certaine proportionnalité entre les taux de production et de chlorophylle, mais il n'y a pas concordance absolue. On note des relations discordantes selon l'heure des observations et selon la profondeur. Certaines de ces discordances doivent être retenues comme réelles, mais d'autres proviennent vraisemblablement du fait que la part des détritiques organiques dans les valeurs pigmentaires n'a pas été évaluée. Or, leur richesse en chlorophylle doit être prise en compte vis-à-vis de celle des cellules phytoplanctoniques elles-mêmes, seules responsables de la synthèse.

Le rapport Production/mg chlor. *a* indique un certain effet favorable des dilutions atlantiques dans la partie méridionale du secteur où il atteint ses valeurs maximales à 1 et 10 m. Bien que la situation soit toute différente, le même effet des dilutions a été reconnu dans la région de Banyuls, une augmentation de production se déclarant dans les eaux dessalées par les apports fluviaux riches en matériel organique et minéral. L'action enrichissante de l'eau atlantique a ici les mêmes conséquences.

En revanche, l'effet inhibiteur de la lumière en surface ne se manifeste pas de façon systématique, même en milieu de journée et par grande transparence. Le rapport Production/Chlorophylle présente cependant en cours de journée des fluctuations qui doivent provenir de différences de lumière. Celle-ci a évidemment une grande importance ; elle paraît affecter davantage la production que ne le fait la teneur en chlorophylle. Les pourcentages de lumière incidente les plus favorables à la production sont ici de 50 à 60 % de celle qui arrive en surface et se situent aux niveaux de 10 m environ. Or, cette profondeur privilégiée, qui dépend de la transparence des eaux, a un caractère relativement local. Une preuve en est dans le fait que le pourcentage de lumière résiduelle de 1 se rencontre lui-même aux environs de 70 m dans les eaux du large, dans la partie sud-occidentale de la Méditerranée (d'après nos données) ou dans sa partie nord-occidentale (MINAS, 1968), et y entretient encore une certaine synthèse organique, mais n'est plus qu'à 40 m dans les eaux côtières de Monaco (BROUARDEL et RINCK, 1963) ou dans le golfe du Lion (TRAVERS A., 1962) et à 35 m dans la région de Banyuls, profondeur de compensation, d'après JACQUES (1970).

Dans notre secteur, les variations de distribution verticale de la lumière produisent en outre une stratification assez nette du phytoplancton, dont les plus grands nombres de cellules par litre et d'espèces se trouvent par 10-15 % de lumière incidente (niveau de 40 m environ) et les plus faibles par 5 % (70-90 m) ; les teneurs en chlorophylles *a* et *b* suivent la même répartition.

En fait, la quantité de lumière et la transparence qui la règle n'interviennent pas seules pour régir la distribution verticale de la production ; nous avons observé plusieurs cas où d'autres facteurs entrent en jeu, les teneurs en phosphates, par exemple ; ainsi, sur les stations où ces sels sont en quantité notable dès la profondeur de 40 m, les maximums de production se tiennent à ce niveau.

Si le facteur halin peut être retenu comme test de l'influence atlantique, la température joue de son côté un rôle plus ou moins direct. A plusieurs reprises, quoique sans constance, on a pu relever le maximum de production au niveau ou au-dessous de la thermocline (« effet thermocline ») qui constitue peut-être une réserve nutritive sous deux effets convergents : d'une part, en ralentissant la diffusion vers la surface des sels nutritifs issus de la profondeur, d'autre part, en freinant la sédimentation de la matière organique, elle peut être à l'origine d'une minéralisation importante du phosphore sur place (JACQUES, 1970 ; CAHET et coll., 1972). Nous avons effectivement observé plusieurs fois la présence de phosphates en quantité appréciable au niveau de la thermocline.

Enfin, la situation thermique saisonnière intervient aussi. L'automne, époque de la campagne de la « Thalassa », est une période de transition thermique. La nappe atlantique à faible salinité et relativement homogène, qui longe le continent, s'oppose au mélange vertical profond ; certains phénomènes hydrologiques propres au secteur, source d'instabilité, sont alors atténués telles les plongées de cette eau atlantique le long de la côte algérienne ; les phénomènes locaux de turbulence touchent peu la couche euphotique ; la stratification thermique est nette, avec une thermocline bien individualisée. On est donc en période de stabilité qui favorise la production en permettant l'adaptation du phytoplancton aux conditions d'éclairement, sous réserve que les teneurs en sels nutritifs soient suffisantes dans les strates supérieures. Dans un ensemble de productivité relativement faible, nous avons précisément enregistré des taux plus élevés dans la partie méridionale du secteur.

### Résumé.

L'étude porte sur 56 prélèvements répartis sur 14 stations dans un secteur compris entre les côtes espagnoles et nord-africaines, les Baléares et la Sardaigne.

Les Diatomées (60 espèces), beaucoup plus abondantes que les Dinophycées (22 espèces), comprennent de nombreuses formes tycho-pélagiques et benthiques. La zone la plus riche en Diatomées se trouve au sud des Baléares, se prolongeant jusqu'aux eaux algériennes. Six espèces constituent environ 70 % de l'effectif total. La composition et la répartition du phytoplancton (par station et par niveau) diffèrent notablement dans les parties nord et sud du secteur, délimitées par l'isohaline de 37 ‰.

La teneur moyenne en chlorophylle *a* entre 1 et 70 m, sur l'ensemble du secteur, est de 0,35 mg par m<sup>3</sup>, un avantage assez constant revenant aux stations méridionales (teneurs maximales, 0,60). Les niveaux de 40 m, qui comptent également les plus grands nombres de cellules au litre, sont les plus riches. La teneur moyenne en chlorophylle *b* est de 0,15 mg/m<sup>3</sup> ; les maxima se situent aux niveaux de 40 m ; mais il existe des différences locales importantes dans la répartition quantitative de ce pigment. La teneur moyenne en chlorophylle *c* est de 2,20 m-S.P.U./m<sup>3</sup> avec un léger avantage pour le secteur nord, le maximum se tenant à 40 m ou à 70 m selon le secteur considéré. Les carotènes non astaciens sont en quantités irrégulières et faibles, souvent nulles ; les moyennes pour les carotènes astaciens sont très homogènes : 0,21 m-S.P.U./m<sup>3</sup> dans les deux secteurs, mais les teneurs passent par un maximum entre 10 et 40 m. L'indice de diversité pigmentaire est irrégulier ; fort jusqu'à 10 m, il décroît progressivement jusqu'à 70-90 m ; la moyenne par station se tient cependant assez souvent entre 4 et 6, légèrement plus élevée dans le secteur nord.

La présence de *Thalassionema nitzschioides*, *Licmophora communis*, *Nitzschia seriata* et *Nitzschia closterium* paraît concomitante de teneurs élevées en chlorophylle *a*.

La productivité est, en moyenne, de 0,26 mg de C/m<sup>3</sup>/h pour l'ensemble du secteur (0,31 pour la partie méridionale contre 0,22 dans la partie septentrionale). Les taux sont assez variables d'une station à l'autre, maximum (jusqu'à 80) en bordure de l'Afrique sur le trajet du courant atlantique. Forts entre 10 et 40 m, nettement plus bas à 70 m, ils se répartissent dans le même sens que l'indice de diversité pigmentaire. Taux de production et de chlorophylle montrent une certaine proportionnalité. La production / mg chlorophylle *a* présente son maximum à 10 m, où parviennent 55 % environ de la lumière de la surface ; le rapport indique une relation positive avec l'indice pigmentaire aux

différentes profondeurs ; il ne traduit pas un effet inhibiteur systématique de la lumière en surface mais il diminue assez régulièrement en milieu de journée (entre 11 h et 15 h environ) ; il est faible dans l'ensemble : 0,37 à 1,85 en moyenne par station ; le maximum est de 2,34.

La biomasse phytoplanctonique, en mg/m<sup>3</sup> de matière organique sèche, dénote un avantage pour le secteur nord où l'effectif des Diatomées est apparu comme le plus fort ; elle rend compte d'une stratification nette du phytoplancton, avec un maximum à 40 m et manifeste une relation négative avec l'indice pigmentaire aux divers niveaux.

L'étude des paramètres biologiques en fonction des facteurs physico-chimiques et hydrologiques a conduit aux considérations suivantes.

a) Les taux les plus élevés de chlorophylle *a* et de productivité s'observent à des niveaux où les phosphates sont en quantité très faible, ceux-ci commençant à s'accumuler juste au-dessous des niveaux de productivité maximale, comme si leur diminution dans la couche euphotique tenait en partie à leur utilisation par le plancton actif.

b) La stratification du phytoplancton en fonction de la quantité de lumière se traduit dans les nombres de cellules et d'espèces, à leur maximum pour 10-15 % de lumière incidente et à leur minimum pour 5 %. Les plus fortes teneurs en chlorophylle *a* et *b* se situent par 10-15 % de lumière. Le maximum de chlorophylle *c* est plus largement distribué, entre 10 et 60 %. L'indice de diversité pigmentaire, comme la production, culminent par 50-60 % de lumière, et la biomasse par 10-15 % ; la plus grande activité du phytoplancton ne se situe donc pas au niveau où il est le plus abondant mais là où l'éclairement est le plus favorable. Une certaine irrégularité marque les relations entre production et transparence de l'eau, cette dernière, non plus que la « situation-lumière » qu'elle crée, ne pouvant toujours expliquer la distribution verticale de la production.

c) On décèle certains rapports entre la répartition de l'oxygène dans la couche euphotique, celles des Diatomées et des taux de production ; du moins leurs maxima coïncident-ils souvent.

d) Les variations de la chlorophylle *a* et de la productivité en fonction des conditions thermohalines et de la structure hydrologique, selon les profils établis pour les différentes stations, montrent que le maximum de production se place assez souvent au niveau ou au-dessous de la thermocline, que la position du minimum halin, en relation avec le passage du courant atlantique, n'est pas sans effet sur la répartition des taux de productivité et que la stabilité automnale manifeste son influence dans la partie méridionale du secteur.

Manuscrit remis en décembre 1972  
Laboratoire de Biologie animale  
(Plancton)  
Université de Provence-Marseille

#### BIBLIOGRAPHIE

- ACKMAN (R.G.), ADDISON (R.F.), HOOPER (S.N.) et PRAKASH (A.), 1970. — *Halosphaera viridis*: fatty acid composition and taxonomical relationships. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **27** (2) : 251-255.
- ALLAIN (C.) et FURNESTIN (J.), 1969. — Hydrologie de la Méditerranée occidentale (secteur méridional et golfe du Lion), en automne 1963. Campagne « Thalassa » 12 octobre-27 novembre. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **33** (1) : 5-78.
- ALLAIN (C.), FURNESTIN (M.-L.), et MAURIN (Cl.), 1966. — Essai de synthèse sur l'océanographie physique et biologique dans la zone d'influence du courant atlantique en Méditerranée du sud et du levant. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit.*, **38**.
- BALLE (P.), 1961. — Phytoplancton d'Ibiza et de la côte est et sud de la péninsule ibérique. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **16** (2) : 231-236.
- BERNARD (F.), 1952. — Eaux atlantiques et méditerranéennes au large de l'Algérie. I — Hydrographie, sels nutritifs et phytoplancton en 1950. — *Ann. Inst. océanogr. Paris*, **27** (1) : 1-48.
- 1956. — Eaux atlantiques et méditerranéennes au large de l'Algérie. II — Courants et manoplankton de 1951 à 1953. — *Ibid.*, **31** (4) : 231-254.
- 1960. — Distribution verticale des sels nutritifs et du phytoplancton en Méditerranée : essai sur l'épaisseur de la couche à photosynthèse. — *Rapp. Comm. int. Médit.*, **15** (2) : 283-292.

- BERNARD (F.) et BERTOLDO (C.), 1958. — Etude jour par jour de la fertilité marine élémentaire près du port d'Alger. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 1010 : 1-29.
- BERNARD (F.) et TALEB (R.), 1970. — Diatomées et Coccolithophorides indicateurs d'une provenance atlantique en Méditerranée. — *Comm. int. Explor. Médit.*, Comité du Plancton, Monaco.
- BLANC (F.), 1968. — Etude comparée de quelques méthodes d'estimation quantitative et qualitative du matériel particulaire en suspension dans l'eau de mer. — Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Aix-Marseille.
- BLANC (F.), COSTE (B.), MINAS (H.J.) et SZEKIELDA (K.H.), 1967. — Distribution et corrélations des principaux facteurs hydrologiques dans un milieu de forte production organique (Etang de Berre). — *Marine Biol.*, **1** (1) : 43-55.
- BLINKS (L.R.), 1954. — Photosynthèse fonction of pigments other than chlorophyll. — *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, **5** : 93-114.
- BODEANU (N.), 1969. — Cercetari a supra fitoplanctonului din zona de mica adincime de la litoralul romanesc al Marii Negre. (Recherches sur le phytoplancton de la zone de petite profondeur du littoral roumain de la Mer Noire). — *Ecologia Marina*, III, Ed. Acad. Roum. Bucarest : 65-147.
- BROUARDEL (J.) et RINCK (E.), 1963. — Mesure de la production organique en Méditerranée. — *Ann. Inst. océanogr.*, Monaco : 101-164.
- BUCALOSSO (G.), 1960. — Etude quantitative des variations du phytoplancton dans la baie d'Alger en fonction du milieu (nov. 1959 - mai 1960). — *Bull. Inst. Océanogr.*, Monaco, n° 1189 : 40.
- CAHET (G.), FIALA (M.), JACQUES (G.) et PANOUSE (M.), 1972. — Production primaire au niveau de la thermocline en zone néritique de Méditerranée nord-occidentale. — *Marine Biol.*, **14** (1) : 32-40.
- CAPART (A.), 1965. — Quatre années de recherches océanographiques belges en Méditerranée occidentale et au niveau du détroit de Gibraltar. — *Comm. int. Explor. sci Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **18** (3) : 781-782.
- COSTE (B.), 1971. — Les sels nutritifs entre la Sicile, la Sardaigne et la Tunisie. — *Cah. océanogr.*, **23** (1) : 49-83.
- COSTE (B.) et MINAS (H.J.), 1967. — Premières observations sur la distribution des taux de productivité et des concentrations en sels nutritifs des eaux de surface du golfe du Lion. — *Cah. océanogr.*, **19** (5) : 417-429.
- 1968. — Production organique primaire et sels nutritifs au large des côtes occidentales corso-sardes en février 1966. — *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, **44** (60) : 49-61.
- COSTE (B.), MINAS (H.J.) et NIVAL (P.), 1969. — Distribution superficielle des taux de production organique primaire et des Silicoflagellés entre la Sardaigne et la Tunisie (fév. 1968). — *Téthys*, **1** (3) : 573-580.
- CUSHING (D.H.), HUMPHREY (G.F.), BANSE (K.) et LAEVASTU (T.), 1958. — Report of the committee on terms and equivalents. — *J. Cons. int. Explor. Mer*, **144** : 15-16.
- DARDIGNAC (J.), 1965. — Matériel et méthodes en hydrologie à bord de la « Thalassa » (campagne du 15 octobre au 25 novembre 1963). — *Rapp. Comm. int. Médit.*, **18** (3) : 821-822.
- DARDIGNAC (J.) et ALLAIN (C.), 1965. — Quelques points remarquables de l'hydrologie méditerranéenne en automne 1963. — *Ibid.*, **18** (3) : 823-825.
- DUXBURY (A.C.) et YENISCH (C.S.), 1956. — Plants pigments nomographs. — *J. Mar. Res.*, **15** : 92-101.
- FURNESTIN (J.), 1960. — Hydrologie de la Méditerranée occidentale (golfe du Lion, Mer Catalane, Mer d'Alboran, Corse orientale), (14 juin-20 juillet 1957). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (1) : 5-119.
- 1963. — Teneur en oxygène des eaux de la Méditerranée algéro-tunisienne. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **27** (2) : 119-126.
- FURNESTIN (J.) et ALLAIN (C.), 1962 a. — Hydrologie de la Méditerranée occidentale au nord du 42<sup>e</sup> parallèle en automne 1958 (campagne « Président-Théodore-Tissier », 27 septembre-18 octobre 1958). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **26** (2) : 133-162.
- 1962 b. — L'hydrologie algérienne en hiver (campagne « Président-Théodore-Tissier » février 1960). — *Ibid.*, **26** (3) : 277-308.
- 1962 c. — Nouvelles observations sur l'hydrologie de la Méditerranée occidentale (entre Alger et le 40<sup>e</sup> parallèle). Campagne « Thalassa », hiver 1961. — *Ibid.*, **26** (3) : 309-317.
- GAUDY (R.), 1970. — Contribution à la connaissance du cycle biologique et de la physiologie des Copépodes du golfe de Marseille. — Thèse doctorat ès-Sciences naturelles, n° A.O. 3822 C.U. Marseille-Luminy, Univ. Marseille II.
- GIRAUD (G.), 1959. — Sur les rapports entre le spectre d'absorption et l'intensité photosynthétique de *Rhodorus marinus* G. (Rodophycée). — *C.R. Acad. Sci.*, Paris, **248** : 277-280.
- GOSTAN (J.) et NIVAL (P.), 1963. — Distribution hivernale des caractéristiques hydrologiques en Mer Ligure et estimation de l'abondance du phytoplancton par la méthode des pigments. — *C.R. Acad. Sci.*, Paris, **257** : 2872-2875.
- GOSTAN (J.) et NIVAL (P.), 1966. — Relations entre la distribution des phosphates minéraux dissous et la répartition des pigments dans les eaux superficielles du golfe de Gênes. — *Cah. océanogr.*, **19** (1) : 41-52.
- GRALL (J.R.) et JACQUES (G.), 1964. — Etude dynamique et variations saisonnières du plancton de la région de Roscoff. — *Cah. Biol. mar.*, **5** : 423-455.
- HALIM (Y.), 1960. — Etude quantitative et qualitative du cycle écologique des Dinoflagellés dans les eaux de Villefranche-sur-Mer. — *Ann. Inst. océanogr.*, Monaco, N.S., **33** : 65-136.
- HASLE (G.R.), 1970. — Trends of present Diatoms research. — *Const. int. Explor. Mer*, C.M. 1970/L : 19, 1 p. mimeo.
- 1971. — *Fragilariopsis* Hustedt as a section of the genus *Nitzschia* Hassall. — *Nova Hedwigia*.
- 1972. — The distribution of *Nitzschia seriata* Cleve and allied species. — *Ibid.*, **39** : 171-190.

- JACQUES (G), 1968. — Etude du plancton de la région de Banyuls/Mer : variations saisonnières des pigments chlorophylliens de la couche superficielle (point côtier, avril 1965-août 1966). — *Rapp. Comm. int. Médit.*, **19** (3) : 557-559.
- 1970. — Aspects quantitatifs du phytoplancton de Banyuls/Mer (golfe du Lion). IV — Biomasse et production, 1965-1969. — *Vie et Milieu, sér. B: Océanographie*, **21** (1-B) : 37-102.
- KREY (J.) et VISWANATHA SARMA (A.H.), 1970. a. — Primary production and seasonal cycle of phytoplankton in Kiel Bight during 1967 and 1968 and its relation to environmental factors. — *Cons. int. Explor. Mer, C.M.*, 1970/L : 8, Plankton Committee, 12 p. mimeo.
- 1970 b. — A comparison of typical profiles of primary production and standing crop of phytoplankton in various types of marine localities. — *Cons. int. Explor. Mer, C.M.* 1970/L : 10, Plankton Committee, 9 p. mimeo.
- KRUGER (D), 1950. — Variations quantitatives des Protistes marins au voisinage du port d'Alger durant l'hiver 1949-50. — *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, n° 978 : 1-19.
- KVEDER (S.) et RELEVANTE (N.), 1970. — Phytoplankton production in the North Adriatic. — *Comm. int. Explor. Médit.*, Comité Plancton, Rome.
- LACOMBE (H.) et TCHERNIA (P.), 1960. — Quelques traits généraux de l'hydrologie méditerranéenne, d'après diverses campagnes hydrologiques récentes en Méditerranée, dans le proche Atlantique et dans le détroit de Gibraltar. — *Cah. océanogr.*, **12** (8) : 527-47.
- LALAMI-TALEB (R.), 1971. — Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au large d'Alger. *Pelagos, Bull. Inst. Océanogr. Alger*, **3** (3) : 1-186.
- LECAL (J.), 1952 a. — Répartition en profondeur des Coccolithophorides en quelques stations méditerranéennes occidentales. — *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, n° 1018 : 1-13.
- 1952 b. — Variabilité de la teneur en Coccolithophoridés de différentes stations de la baie d'Alger en mars 1952. — *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord.* **43** : 69-80.
- 1954. — Richesse en microplancton estival des eaux méditerranéennes de Port-Vendres à Oran. — *Vie et Milieu, suppl.* **3** : 13-95.
- — Nannoplankton de la Mer Catalane. — *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, n° 1152.
- 1957. — Microplancton des stations algériennes occidentales de la croisière du « Prof. Lacaze-Duthiers » en 1952. — *Vie et Milieu*, **2**, suppl. **6** : 21-100.
- LECAL-SCHLAUDER (J.), 1951. — Recherches morphologiques et biologiques sur les Coccolithophorides nord-africains. Thèse doct., *Ann. Inst. Océanogr.*, **26** : 255-362.
- LUBET (P.E.), 1955. — Note sur le phytoplancton du bassin d'Arcachon. — *Vie et Milieu*, **6** (1) : 53-9.
- MC GILL (D.A.), 1961. — A preliminary study of the oxygen and phosphate distribution in the Mediterranean sea. — *Deep-Sea Res.*, **9** : 259-69.
- 1965. — The relative supplies of phosphate, nitrate and silicate in the Mediterranean Sea. — *Comm. int. Explor. Sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **18** (3) : 737-44.
- MARGALEF (R.), 1951. — Ciclo annual del fitoplancton marino en la costa N.E. de la Peninsula Iberica. — *Pub. Inst. Biol. apl.*, Barcelone **14**.
- 1960. — Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplancton sur la productivité, composition taxonomique et propriétés dynamiques des populations. — *Rapp. Comm. int. Médit.*, **15** (2) : 277-281.
- 1961 a. — Corrélations entre certains caractères synthétiques des populations de phytoplancton. — *Hydrobiologia*, **18** : 155-164.
- 1961 b. — Distribucion ecologica y geografica de las especies del fitoplancton marino. — *Invest. Pesq.*, **19** : 80-101.
- 1961 c. — Distribucion del fitoplancton dans une échelle moyenne de dimensions et signification de ses pigments assimilateurs dans l'interprétation de la dynamique des configurations. — *Ibid.*, **2** (16) : 139-140.
- 1963. — El ecosistema pelagica de un area costera del Mediterraneo occidental. — *Mem. real Acad. Cien. y Artes Barcelona*, **35** : 3-48.
- 1964 Modelos experimentales de poblaciones de fitoplancton: nuevas observaciones sobre pigmentos y fijacion de carbono inorganico. — *Inves. Pesq.*, **26** : 195-203.
- 1965 a. — Distribucion ecologica de las especies del fitoplancton marino en un area del Mediterraneo occidental. — *Ibid.*, **28** : 117-131.
- 1965 b. — Ecological correlations on the relationship between primary productivity and community structure. — *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **18**, suppl. : 355-364.
- 1966. — Analisis y valor indicador de las comunidades de fitoplancton mediterraneo. — *Invest. Pesq.*, **30** : 429-482.
- 1970. — Diversidad y productividad del fitoplancton en el Mediterraneo occidental. — *Ibid.*, **34** (2) : 565-580.
- MARGALEF (R.) et BALLESTER (A.), 1967. — Fitoplancton y produccion primaria de la costa catalana, de junio de 1965 a junio de 1966. — *Invest. Pesq.*, **31** (11) : 165-182.
- MARGALEF (R.) et CASTELLVI (J.), 1967. — Fitoplancton y produccion primaria de la costa catalana, de julio de 1966 a julio de 1967. — *Invest. Pesq.*, **31** (3) : 491-502.
- MARGALEF (R.) et HERRERA (J.), 1966. — La produccion primaria en las aguas del puerto de Barcelona. — *Invest. Pesq.*, **30** : 45-48.

- MARGALEF (R.), HERRERA (J.), STEYAERT (M.) et STEYAERT (J.), 1966. — Distribution et caractéristiques des communautés phytoplanctoniques dans le bassin tyrrhénien de la Méditerranée en fonction des facteurs ambiants et à la fin de la stratification estivale de l'année 1963. — *Bull. Inst. Roy. Sci. nat. Belg.*, **42** (5) : 56.
- MILLER (A.R.), 1963. — Physical oceanography of the Mediterranean Sea: a discourse. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.* **17** (3) : 857-871.
- MINAS (H.J.), 1968. — Recherches sur la production organique primaire dans le bassin méditerranéen nord-occidental. — Rapports avec les phénomènes hydrologiques. — Thèse doct., Fasc. Sci. Univ. Aix-Marseille : 228.
- 1970. — La distribution de l'oxygène en relation avec la production primaire en Méditerranée nord-occidentale. — *Marine Biol.*, **47** : 181-204.
- 1971. — Résultats préliminaires de la campagne « MEDIPROD I » du Jean-Charcot (1-15 mars et 4-17 avril 1969). — *Inv. Pesq.*, **35** (1) : 137-146.
- MINAS (H.J.) et BLANC (F.), 1970. — Production organique primaire au large et près des côtes méditerranéennes françaises (juin-juillet 1965). Influence de la zone de divergence. — *Téthys*, **2** (2) : 299-316.
- MINAS (H.J.) et COSTE (B.), 1964. — Etude de la structure hydrologique et de quelques aspects de la productivité de la zone euphotique en fin d'été au niveau d'une station fixe (bouée-laboratoire du COMEXO) en rade de Villefranche-sur-Mer. — *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, **34** (50) : 133-155.
- MOREAU (J.), 1970. — Contribution aux recherches écologiques sur les claires à huîtres du bassin de Marennes-Oléron. — Thèse doctorat, Nantes *Rev. Inst. Pêches marit.*, **34** (4) : 381-462.
- MUNOZ (F.) et SAN FELIU (J.M.), 1965. — Hidrografia y fitoplancton de las costas de Castellon de agosto de 1962 a julio de 1963. — *Inv. Pesq.*, **28** : 173-209.
- ODUM (H.T.), 1956. — Efficiencies, size of organisms and community structure. — *Ecology*, **37** : 592-597.
- ODUM (H.T.) et PINKERTON (R.C.), 1955. — Time's speed regulator: the optimum efficiency for maximum power output in physical and biological systems. — *Amer. Scientist*, **43** : 331-343.
- PARKE (H.) et DIXON (P.S.), 1968. — Check-list of British marine algae. Second revision. — *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **48** : 783-832.
- PARSONS (T.R.) et STRICKLAND (J.D.H.), 1963. — Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. — *J. Mar. Res.*, **21** : 155-163.
- PAULMIER (G.), 1965. — Le microplancton de la rivière d'Auray. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **29** (2) : 211-224.
- 1969. — Le microplancton des rivières de Morlaix et de la Penzé. — *Ibid.*, **33** (3) : 311-332.
- 1971. — Cycle des matières organiques dissoutes du plancton et du microphytobenthos dans l'estuaire du Belon. Leur importance dans l'alimentation des huîtres. — *Ibid.*, **35** (2) : 157-200.
- 1972. — Seston, phytoplancton et phytobenthos en rivière d'Auray. Leur rôle dans le cycle biologique des huîtres *Ostrea edulis* L.). — Thèse de doctorat de l'Université de Provence (mention Sciences).
- PAVILLARD (J.), 1916. — Recherches sur les Péridiniens du Golfe du Lion. — *Trav. Sta. zool. Cette, sér. mixte*, **4** : 9-70.
- 1937. — Les Péridiniens et Diatomées pélagiques de la Mer de Monaco de 1907 à 1914. — *Bull. Inst. Océanogr.*, Monaco, n° 738 : 1-56.
- PINCEMIN (J.M.), 1966. — Note préliminaire à l'étude biologique des Dinoflagellés de la baie d'Alger et comparaison avec les Diatomées. — « *Pelagos* », *Bull. Inst. océanogr.*, Alger **6** : 5-47.
- PUCHER-PETKOVIC (T.), 1969. — Note préliminaire à l'étude de la production primaire dans l'Adriatique centrale. — *Etudes et Revues* n° 41, C.G.P.M. : 1-11.
- 1970. — Recherches préliminaires sur la photosynthèse du nanoplancton et du microplancton dans les eaux de l'Adriatique moyenne. — *Comm. int. Médit.*, Comité du Plancton, Rome.
- RABINOVITCH (B.I.), 1956. — Photosynthesis and related processes. II P 2 *Interscience Publishers*.
- RAMPI (L.), 1942. — Il fitoplancton mediterraneo. Problemi ad affinita interoceaniche. — *Boll. Pescalise, Idrobiologia*, **18**, Rome.
- 1945. — Osservazioni sulla distribuzione qualitative del fitoplancton nel mare Mediterraneo. — *Atti Soc. Ital. Sc. nat.*, **84**, Milan.
- 1952. — Ricerche sul fitoplancton del Mare Ligure. — *Soc. Ital. Biol. Sperim.* **27** (1) : 231-240.
- REYSSAC (J.), 1971. — Contribution à la connaissance du phytoplancton de la côte occidentale d'Afrique (biogéographie, variations saisonnières, production primaire, structure des communautés). — Thèse doctorat, Paris, C.N.R.S. n° AO 5560.
- RICHARDS (F.A.) et THOMPSON (T.G.), 1952. — The estimation and characterisation of plankton populations by pigment analysis. II — A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. — *J. Mar. Res.*, **11** : 156-172.
- RYTHER (J.H.) et MENZEL (D.W.), 1965. — Comparison of the <sup>14</sup>C technique with direct measurement of photosynthetic carbon fixation. — *Limnol. oceanogr.*, **10** (3) : 490-491.
- SAN FELIU (J.M.) et MUNOZ (F.). — Hidrografia y fitoplancton de las costas de Castellon, de mayo de 1965 a julio de 1966. — *Invest. Pesq.*, **31** (3) : 419-461.
- SMITH (J.H.C.) et FRENCH (C.S.), 1963. — The major and accessory pigments in photosynthesis. — *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, **14** : 181-224.

- SOURNIA (A.), 1968. — Variations saisonnières et nyctémérales du phytoplancton marin et de la production primaire dans une baie tropicale à Nosy-Bé (Madagascar). — *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, **53** (1) : 1-76.
- 1969. — Cycle annuel du phytoplancton et de la production primaire dans les mers tropicales. — *Marine Biol.*, **3** (4) : 287-303.
- SOLSA E SILVA (E.), ASSIS (M.E.) et SAMPAYO (M.A.), 1969. — Primary productivity in the Tagus and Sado estuaries from may 1967 to may 1968. — *Notas e Estudos Inst. Biol. marit.*, n° 37, 31 pp. tabl. annexes.
- STANBURY (F.A.), 1931. — The effects of light of different intensities, reduced selectively or non-selectively, upon the rate of growth of *Nitzschia closterium*. — *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **17** : 633.
- STRICKLAND (J.D.H.), 1958. — Solar radiation penetrating the ocean. A review of requirements, data and methods of measurement, with particular reference to photynthetic productivity. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **15** : 453-493.
- STRICKLAND (J.D.H.) et PARSONS (T.R.), 1965. — A manual of sea water analysis. — *Bull. Fish. Res. Bd Canada*, n° 125, 203 p.
- TCHERNIA (P.), 1956. — Contribution à l'étude hydrologique de la Méditerranée occidentale. Deuxième mémoire préliminaire. — *Bull. Inform. COEC*, **8** (9) : 435-454.
- TCHERNIA (P.) et SAINT-GUILLY (B.), 1959. — Nouvelles observations hydrologiques d'hiver en Méditerranée occidentale. — *Ibid.*, **11** (7) : 499-542.
- TELLAI (S.), 1964. — Répartition géographique et saisonnière du microplancton dans la baie d'Alger. — « *Pelagos* », *Bull. Inst. océanogr.*, Alger, **2** (1) : 3-50.
- 1969. — Détermination de la production organique à l'aide du carbone 14 dans les parages d'Alger. — In STEHMANN NIELSEN, E. et coll., edit. : Mediterranean productivity project. *NATO Subcomm. oceanogr. Res. techn. Rep.*, **47** : 56-63.
- THOMSEN (H.), 1931. — Nitrate and phosphate contents of Mediterranean water. — *Rep. Dan. Oceanogr. Exped. 1908-1910, Medit. adj. Seas, Miscellaneous Papers*, **3** (6) : 1-14.
- TRAVERS (A.), 1962. — Recherches sur le phytoplancton du golfe de Marseille. I — Etude qualitative des Diatomées et des Dinoflagellés du golfe de Marseille. — *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, **26** (4) : 7-69.
- TRAVERS (A.) et TRAVERS (M.), 1970. — Le genre *Halosphaera* Schmitz dans le golfe de Marseille. — *Comm. int. Explor. Médit.*, Comité du plancton, Rome.
- TRAVERS (M.), 1962. — Recherches sur le phytoplancton du golfe de Marseille. II — Etude quantitative des populations phytoplanctoniques du golfe de Marseille. — *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, **70** : 139.
- 1971. — Diversité du microplancton du golfe de Marseille en 1964. — *Marine Biol.*, **8** (4) : 308-345.
- TREGOUBOFF (G.) et ROSE (M.), 1957. — Manuel de planctologie méditerranéenne. — T. I-II, texte et atlas, Paris, CNRS.
- U.N.E.S.C.O., 1966. — Determination of photosynthetic pigments in sea-water. — *Monographs Oceanogr. Method. UNESCO*, **1** : 69 p.
- VISWANATHA SARMA (A.H.), 1970. — The pattern of spring bloom of phytoplankton in the Baltic Sea during 1968 and the mechanism causing its outburst. — *Cons. int. Explor. Mer*, C.M. 1970/L : 9, Plankton Committee, 10 p. mimeo, fig.
- VIVES (F.), 1960. — La succession phytoplanctonique des eaux intérieures en rapport avec quelques facteurs limitants (« ria » de Vigo, N.O. de l'Espagne). — *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **15** (2) : 301-303.
- WATT (W.D.), 1971. — Measuring the primary production rates of individual phytoplankton species in natural mixed populations. — *Deep-Sea Res.*, **18** (3) : 329-339.
- WILLIAMSON (M.H.), 1961. — An ecological survey of a scottish herring fishery. Part IV : Changes in the plankton during the period 1949-1959. — *Bull. Mar. Ecol.*, **5** : 207-229.