

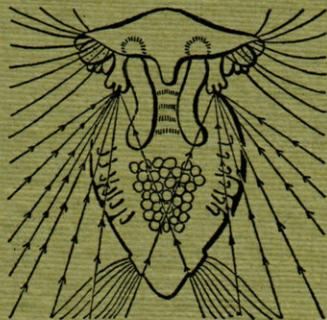
# VIE ET MILIEU

Bulletin du Laboratoire Arago

Université de Paris - Biologie Marine - Banyuls-sur-Mer

Série B : Océanographie

Tome XVIII - 1967 - Fasc. 1 - B



MASSON & C<sup>ie</sup>

120, Bd St-Germain, Paris VI<sup>e</sup>

# VIE ET MILIEU

## BULLETIN DU LABORATOIRE ARAGO

UNIVERSITE DE PARIS - BIOLOGIE MARINE

Vie et Milieu paraît par fascicules séparés tous les deux mois. Chaque volume annuel, comprenant six fascicules, contient environ 1 200 pages. Les travaux publiés sont répartis en trois séries :

Série A : Biologie marine; Série B : Océanographie; Série C : Biologie terrestre.

Pour chaque toison, deux fascicules sont en principe réservés à chacune des trois séries. La succession des trois séries au cours de l'année peut être sujette à variations d'un tome au suivant. La Rédaction se réserve de modifier la répartition en trois sections suivant l'abondance relative des manuscrits acceptés pour chaque série.

Les manuscrits sont reçus par le Professeur P. DRACH, Directeur de la Publication, ou M. L. LAUBIER, Secrétaire de Rédaction (Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer, 66, France). Ils ne seront acceptés définitivement qu'après avoir été soumis au Comité de Rédaction spécialisé.

### Membres des Comités de Rédaction

#### Série A : Biologie marine

B. BATTAGLIA (Padoue, Italie), C. BOCQUET (Paris, France), J. FELDMANN (Paris, France), J. FOREST (Paris, France), P. LUBET (Caen, France), J. MAETZ (C.E.A., Villefranche-sur-Mer, France), M. PAVANS DE CECCATTY (Lyon, France), G. PETIT (Paris, France), G. TEISSIER (Paris, France), O. TUZET (Montpellier, France).

#### Série B : Océanographie

M. BACESCO (Bucarest, R.P. Roumanie), M. BLANC (Paris, France), P. BOUGIS (Paris, France), J. BROUARDEL (Monaco), P. DRACH (Paris, France), C. DUBOUL-RAZAVET (Perpignan, France), A. IVANOFF (Paris, France), R. MARGALEF (Barcelone, Espagne), J.M. PÈRES (Marseille, France), J. POCHON (Paris, France).

#### Série C : Biologie terrestre

E. ANGELIER (Toulouse, France), C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE (Paris, France), W. KÜHNELT (Vienne, Autriche), M. KUNST (Prague, Tchécoslovaquie), M. LAMOTTE (Paris, France), B. POSSOMPES (Paris, France), P. REY (Toulouse, France), H. SAINT-GIRONS (Paris, France), C. SAUVAGE (Montpellier, France), M. VACHON (Paris, France).

L'abonnement part du n° 1 de chaque année (6 fascicules par an).

Les abonnements sont reçus par la Librairie MASSON & Cie, 120, boulevard Saint-Germain, Paris VI.

France et zone franc (Pays acceptant le tarif d'affranchissement intérieur français pour les périodiques) ..... 80 FF

Règlement par chèque bancaire ou chèque postal (C.C.P. 599, Paris) ou mandat.

Belgique et Luxembourg ..... 911 FB

Autres pays ..... 85 FF

Prix payables dans les autres monnaies au cours des règlements commerciaux du jour du paiement, par l'une des voies suivantes : chèque sur Paris d'une banque étrangère; virement par banque sur compte étranger; mandat international.

Prix du fascicule séparé ..... 18 FF

Changement d'adresse ..... 0,50 FF

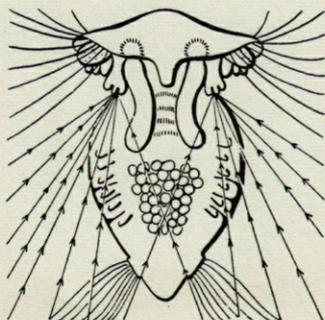
# VIE ET MILIEU

Bulletin du Laboratoire Arago

Université de Paris - Biologie Marine - Banyuls-sur-Mer

Série B : Océanographie

Tome XVIII - 1967 - Fasc. 1 - B



MASSON & C<sup>ie</sup>

120, Bd St-Germain, Paris VI<sup>e</sup>



## SOMMAIRE

B. CHASSEFIÈRE et O. LEENHARDT. — Mesures acoustiques et mécaniques dans les vases .....	1
A. MONACO. — Etude sédimentologique et minéralogique des dépôts quaternaires du plateau continental et des rechs du Roussillon .....	33
Alain LÉVY. — Contribution à l'étude des Foraminifères des rechs du Roussillon et du plateau continental de bordure.	63
W.D. NESTEROFF, Y. LANCELOT et F. MÉLIÈRES. — Reconnaissance du haut fond de Rochebonne .....	103
Alain THIRIOT. — Couches diffusantes en Méditerranée occidentale .....	113
Michel BHAUD, Guy JACQUES et Claude RAZOULS. — Données météorologiques de la région de Banyuls-sur-Mer. Année 1965-1966 (Point côtier) .....	137
INAGAKI Haçime. — Mise au point de la loi de Motomura et essai d'une écologie évolutive .....	153
Annie VIDAL. — Etude des fonds rocheux circalittoraux le long de la côte du Roussillon .....	167
<i>Analyses d'ouvrages</i> .....	221



# MESURES ACOUSTIQUES ET MÉCANIQUES DANS LES VASES

B. CHASSEFIÈRE

Centre de Sédimentologie marine, 66-Perpignan

et

O. LEENHARDT

Musée Océanographique, Monaco

## SOMMAIRE

Un facteur de transmission différentielle des ondes acoustiques est défini et mesuré *in situ* dans les vases du littoral méditerranéen. La comparaison avec les essais de mécanique des sols montre une bonne corrélation.

## I. — INTRODUCTION

Le sondeur de vase (*Mud Penetrator*) s'est révélé un excellent outil de reconnaissance en sédimentologie. Il permet de suivre, au long des profils, la morphologie du tréfonds et d'implanter les carottes d'études en connaissance de cause (BERGERON *et al.*).

Il semblait, de prime abord, que les discontinuités granulométriques dans le tréfonds formaient l'essentiel des réflecteurs enregistrés : ainsi, sous la vase de l'étang de Thau, était mise en évidence une faille abaissant le miocène calcaire au Sud de Balaruc.

Dans l'étang de Thau encore, les cadoules « enterrées » correspondent à des amas irréguliers de coquilles couverts par une vase à surface plane (BERGERON, LEENHARDT, 1964b).

Dans le lac de Tibériade (LEENHARDT, 1964b) des passées graveleuses étaient enregistrées.

A Berre (LEENHARDT et ROUX), à Monaco (EDGERTON et LEENHARDT, 1963), à Marseille et sur le plateau continental provençal, les corrélations entre réflecteurs et niveau sédimentés n'ont pu être clairement établies, faute de carottes.

Cependant, il est apparu que des discontinuités granulométriques n'étaient pas la seule origine des réflecteurs.

Dans le Léman, les analyses de C. SERRUYA (SERRUYA, LEENHARDT et LOMBARD) ont montré que des variations de teneur en eau provoquaient des réflexions fortes. L'étude effectuée en baie de Saint-Raphaël (BELLAICHE *et al.*) conduit aux mêmes conclusions.

Enfin, d'autres campagnes se sont soldées par des échecs — dans toute une partie du lac de Tibériade, le fond est fortement réflecteur — dans le lac de Nantua la pénétration est quasi nulle (LEENHARDT, rap. OL/050), dans l'Estuaire de la Loire, la « Jalle », sédiment local, est impénétrable (LEENHARDT rap. OL/054). Dans ces cas, on pourrait incriminer une forte teneur en gaz de la vase formant le fond. Celui-ci aurait alors un coefficient de réflexion fortement négatif. Bien que les sédimentologues n'aient encore pu réaliser aucune mesure précise du contenu en gaz d'une vase, cette explication est donnée par LEVIN qui observe dans le lac Macaraïbo des phénomènes analogues.

Par ailleurs, le sondeur de vase à 5 ou 6 kHz pénètre en général mieux que le sondeur de vase à 12 kHz (cité plus haut) (LEENHARDT, 1964a, EDGERTON, 1965). Ce résultat a été antérieurement établi par SMITH.

Une réflexion se produit à l'interface de deux couches d'impédances acoustiques différentes (produit de la densité par la vitesse de propagation des ondes). Il était donc tentant d'essayer de mesurer ces vitesses. Une méthode indirecte, appliquée d'abord comme sous-produit d'une exploration sismique pétrolière (LEENHARDT, 1962) a été adaptée aux instruments de sondage sismique continu (LEENHARDT rap. OL/002 et OL/055). Elle se fonde sur la mesure de la différence des courbures des hyperboles de réflexion sur le fond et sur un niveau horizontal du tréfonds : cette courbure est fonction de la vitesse verticale moyenne de la surface au réflecteur considéré. Bien que des résultats significatifs aient ainsi pu être obtenus, l'ordre de grandeur de l'erreur est trop important pour que la méthode soit susceptible d'être valablement généralisée. Aussi, avons-nous préféré la mesure *in situ*.

D'autre part, puisque la pénétration, en sondage de vase, est meilleure lorsque la fréquence est plus basse, il a semblé intéressant de mesurer les variations de l'absorption avec la fréquence.

Inspiré des mesures de vitesse et d'atténuation effectuées en carottage continu par les géophysiciens pétroliers (MORLET & SCHWAETZER), le « piquet acoustique » est né :

L'exploitation strictement géophysique des résultats présentés dans la première partie de cette note, n'a guère de sens intrinsèque. Aussi des mesures granulométriques complètes et des mesures mécaniques détaillées, effectuées sur des carottes prises à chaque station d'essai au piquet acoustique, ont-elles été effectuées dans le but de chercher les corrélations pouvant exister entre les différents résultats. L'exposé de ce travail fait l'objet de la deuxième partie de cette note.

Les mesures ont été effectuées en juillet 1966 à bord de l'*Espadon*, après des essais préliminaires en mars et mai, dans le cadre de la convention 62 FR 007, signée entre la D.G.R.S.T. et le Musée océanographique de Monaco.

Le matériel utilisé a été acquis sur des crédits C.N.R.S.; la C.S.F. a réalisé le piquet acoustique avec compétence et esprit de coopération. Les essais mécaniques ont été effectués au Laboratoire central des Ponts et Chaussées de Toulouse et les analyses sédimentologiques au Centre de Recherches de Sédimentologie marine de Perpignan.

## II. — MESURES AU PIQUET ACOUSTIQUE

Le piquet acoustique, composé de deux hydrophones espacés de 1 m est enfoncé dans la vase jusqu'au niveau de l'hydrophone supérieur. A sa verticale, sont placés successivement des transducteurs émettant de brèves impulsions; les ondes reçues par les hydrophones sont étudiées à l'oscilloscope (fig. 1). Nous examinerons successivement :

- la constitution du piquet acoustique,
- le mode opératoire,
- la mesure de la vitesse,
- l'étalonnage des hydrophones.

Nous donnerons ensuite les résultats des mesures d'amplitude et de vitesse et l'expression du facteur de transmission différentielle, puis une estimation des erreurs avant de conclure.

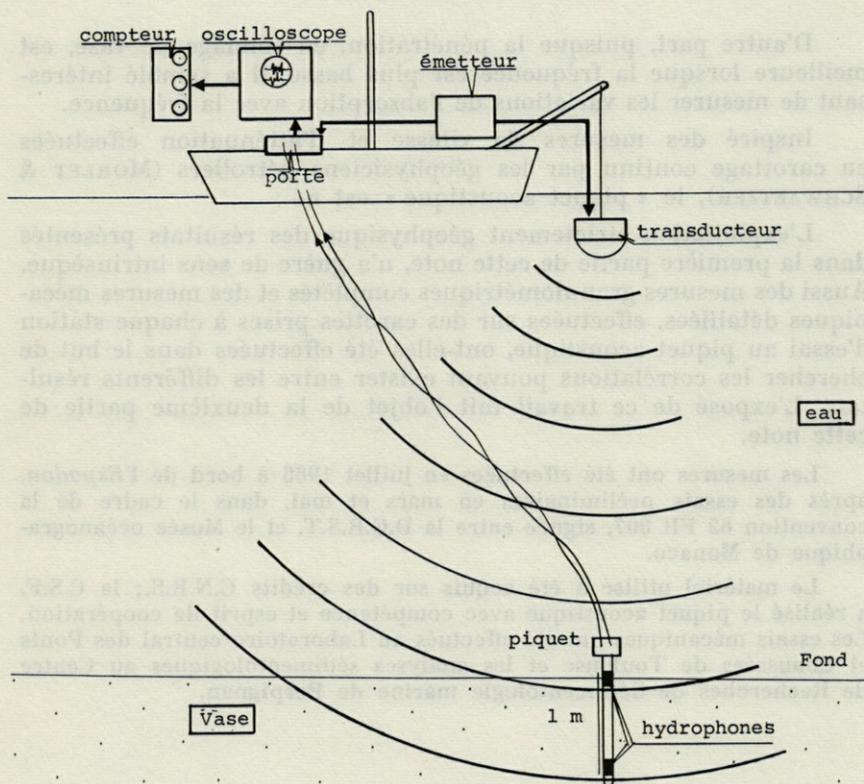


FIG. 1. — Schéma du mode opératoire.

#### A) CONSTITUTION DU PIQUET ACOUSTIQUE

Un cylindre d'acier constitue le corps du tube. Deux corps ont été construits; le second, utilisé à partir de la station 623, était un peu léger.

Du Klégécel isole acoustiquement les céramiques.

La pointe du tube est lestée de plomb, pour permettre au piquet de s'enfoncer par son propre poids dans la vase. Un câble conducteur-tracteur remonte les signaux à un oscilloscope double trace.

Au-dessus du piquet, à sa verticale, on place un transducteur. Un enregistreur utilisé ici comme accessoire, commande l'émission des impulsions sonores que le transducteur envoie dans l'eau. Ces signaux atteignent successivement les deux hydrophones, le second, après passage dans la vase... Transformés en tensions électriques, ils sont remontés par un câble vers l'oscilloscope.

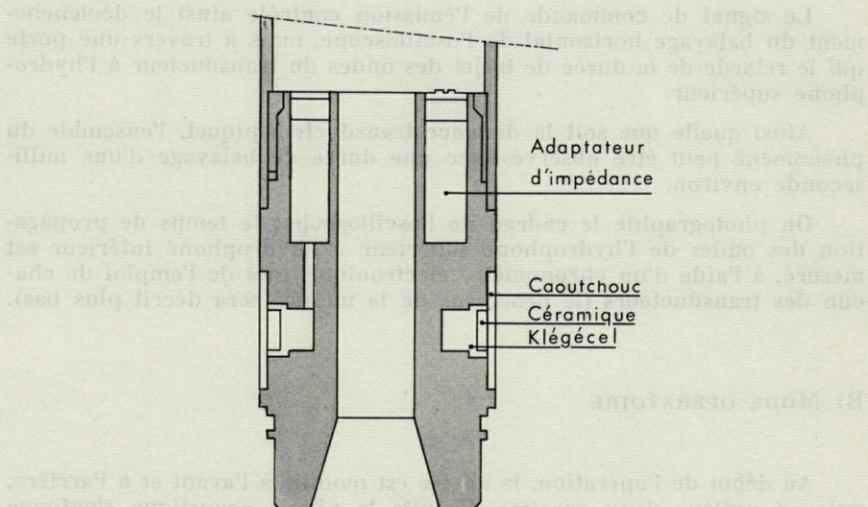
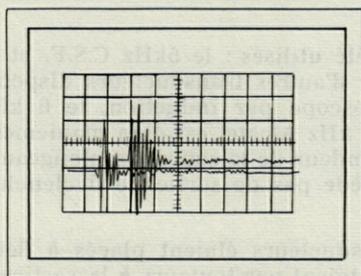
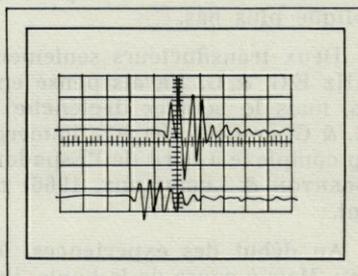


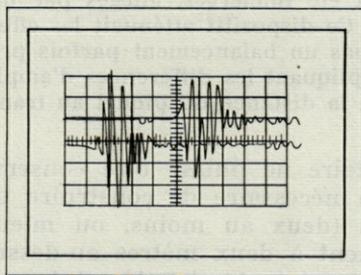
FIG. 2. — Schéma en coupe verticale d'un hydrophone.



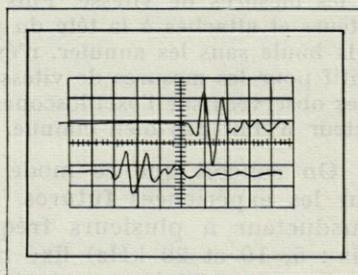
612 S1



612 N1



625 S3



625 N4

FIG. 3. — Exemples de photographies de l'oscilloscope.

Le signal de commande de l'émission contrôle ainsi le déclenchement du balayage horizontal de l'oscilloscope, mais à travers une porte qui le retarde de la durée de trajet des ondes du transducteur à l'hydrophone supérieur.

Ainsi quelle que soit la distance transducteur-piquet, l'ensemble du phénomène peut être observé avec une durée de balayage d'une milliseconde environ.

On photographie le cadran de l'oscilloscope; le temps de propagation des ondes de l'hydrophone supérieur à l'hydrophone inférieur est mesuré, à l'aide d'un chronomètre électronique, lors de l'emploi de chacun des transducteurs (le processus de la mesure sera décrit plus bas).

## B) MODE OPÉRATOIRE

Au début de l'opération, le navire est mouillé à l'avant et à l'arrière, puis on prélève deux carottes. Ensuite le piquet acoustique s'enfonce dans le fond. Un plongeur va, en général, contrôler cet enfoncement. Il l'achève parfois sans toujours prendre garde à n'exercer que des pressions verticales. Il s'occupe ensuite de l'amarrage des transducteurs, expliqué plus bas.

Deux transducteurs seulement ont été utilisés : le 5kHz C.S.F. et le 12kHz E.G. & G. J'avais pensé employer d'autres transducteurs disponibles, mais le boomer déclenche l'oscilloscope par induction, le 6 kHz E.G. & G. ne peut pas être immergé; le 6 kHz Alcatel est d'un maniement trop complexe à bord de l'Espadon; le sondeur de la soucoupe plongeante (EDGERTON & LEENHARDT, 1966) ne possède pas de sortie de déclenchement.

Au début des expériences, les transducteurs étaient placés à fleur d'eau. Mais à cause de la houle, ils ne restaient pas toujours à la verticale du piquet (une parallaxe raccourcit la durée du trajet d'un hydrophone à l'autre), et étaient en outre soumis à un balancement rendant impossible les mesures de vitesse. Puis ils ont été immergés, allégés par des flotteurs et attachés à la tête du piquet. Ce dispositif atténuait les effets de la houle sans les annuler, n'évitant pas un balancement parfois prohibitif pour les mesures de vitesse et expliquant les différences d'amplitudes observées sur l'oscilloscope. Enfin, la distance du piquet au transducteur n'était pas bien connue.

On conçoit que ce mode opératoire ne puisse être conservé pour les expériences futures. Il sera nécessaire de construire un transducteur à plusieurs fréquences (deux au moins, ou mieux trois : 5, 10 et 20 kHz) fixé rigidement à deux mètres au-dessus du piquet, on éliminera ainsi les inconvénients signalés ci-dessus, qui se traduisent par des erreurs importantes et par l'impossibilité d'effectuer des mesures absolues de l'absorption (cf. *infra*).

### C) MESURE DE LA VITESSE

Un secteur surbrillant de longueur réglable peut être inscrit sur les deux traces de l'oscilloscope. La durée de la fraction de balayage correspondant à la longueur du secteur surbrillant est mesurée par le chronomètre électronique.

Cette opération revient au pointé de deux points homologues des deux traces de l'oscilloscope.

Trois possibilités de pointage s'offrent à nous; on peut utiliser :

- 1) la première arrivée;
- 2) un creux ou un pic;
- 3) un passage au zéro.

Aucune différence de dispersion n'a été observée entre les signaux reçus par l'hydrophone supérieur et par l'hydrophone inférieur. Donc le pointé de la première arrivée ne s'impose pas.

Pratiquement, d'une émission à l'autre, les signaux sont reproductibles. Les mouvements du transducteur entraînent des variations d'amplitude (dus à la forme du lobe d'émission) et des déplacements latéraux des ondes sur l'oscillographe. Le pointé à un passage au zéro n'est donc possible que lorsque la mer est calme.

Le balancement du piquet, pendant en eau libre, a rendu plus délicate et parfois impossible la mesure de la vitesse du son dans l'eau.

Les mesures répertoriées sont affectées d'un indice (A pour les meilleures, E pour les pires). La précision apparente est de  $\pm 2 \mu\text{s}$  sur chaque pic dans les cas moyens, soit 1,2 p. cent.

*Remarque :*

Il se produit une transmission par le tube de l'hydrophone supérieur à l'hydrophone inférieur. L'onde est observée mais très faible. Elle atteint le deuxième hydrophone beaucoup plus tôt que l'onde transmise par le milieu extérieur et il n'y a pas de confusion possible.

### D) ETALONNAGE DES HYDROPHONES

L'étalonnage des hydrophones résulte d'une mesure faite, le piquet étant dans l'eau.

L'atténuation d'une onde entre le premier et le second hydrophone est :

$$\text{Att} = \frac{A_1}{A_2} \times \frac{D_2^2}{D_1^2} \times ky$$

avec A    amplitude d'une onde,  
D    distance du transducteur à l'hydrophone,  
ky    coefficient d'étalonnage de l'hydrophone à la fréquence considérée.

**TABLEAU N° 1**  
**ETALONNAGE**

612 THAU He: 6 m	1 - 2	$S_3Z \begin{cases} 1 & 18,4 \\ 2 & 32,0 \\ 1 & 17,6 \\ 2 & 30,0 \end{cases}$	1,739 1,704	652 C
615 VILLEFRANCHE He: 18 m	1 - 2	$S_3Z \begin{cases} 1 & 5,8 \\ 2 & 12,0 \end{cases}$	2,069	650 A
616 VILLEFRANCHE He: 18 m	1 - 2	$S_3Z \begin{cases} 1 & \text{Photo omise} \\ 2 & \end{cases}$		659 C
617 ST TROPEZ He: 11 m	1 - 2	$N_4Z \begin{cases} 1 & 15,0 \\ 2 & 18,0 \end{cases}$	2,400 *	654 A
618 ST TROPEZ He: 12 m	1 - 2	$S_4Z \begin{cases} 1 & 15,1 \\ 2 & 16,0 \end{cases}$	2,120 *	652 A
619 ST TROPEZ He: 17 m	1 - 2	$S_3Z \begin{cases} 1 & 10,1 \\ 2 & 23,7 \end{cases}$	2,345	655 B
620 ST TROPEZ He: 17 m	1 - 2	$N_3 \begin{cases} 1 & 9,9 \\ 2 & 15,0 \end{cases}$	3,000 *	664 C
621 ST RAPHAEL He: 35 m	3 - 4	$N_3Z \begin{cases} 1 & 5,0 \\ 2 & 8,1 \end{cases}$	1,620	676 D
622 ST RAPHAEL He: 40 m	3 - 4	$S_3Z \begin{cases} 1 & 13,2 \\ 2 & 24,0 \end{cases}$	1,818	
624 ST RAPHAEL He: 38 m	3 - 4	$S_4Z \begin{cases} 1 & 19,6 \\ 2 & 28,7 \end{cases}$	1,464	662 A
625 ST RAPHAEL He: 34 m	3 - 4	$N_5Z \begin{cases} 1 & 28,2 \\ 2 & 28,4 \end{cases}$	2,008 *	662 D
626 ST RAPHAEL He: 40 m	3 - 4	$S_3Z \begin{cases} 1 & 35,2 \\ 2 & 20,8 \\ 1 & 36,0 \end{cases}$ $S_4Z \begin{cases} 1 & 21,8 \\ 2 & 34,0 \end{cases}$ $S_5Z \begin{cases} 1 & 22,1 \\ 2 & 16,0 \end{cases}$ $S_6Z \begin{cases} 1 & 22,1 \\ 2 & 21,5 \end{cases}$	1,496 ■ 1,515 ■ 1,602 ■ 1,327	660 C

ETALONNAGE DE L'OSCILLOSCOPE    \* Coefficient 2    } Pour la voie 2  
  ■ Coefficient 2,5    }

Colonne 1, numéro de station, localité et profondeur; colonne 2, numéro des hydrophones utilisés; colonne 3, mesure de l'amplitude; colonne 4, valeur du rapport d'étalonnage; colonne 5, mesure de la vitesse en  $\mu s$ .

Les indices 1 et 2 se rapportant aux hydrophones supérieur et inférieur. Les fréquences utilisées seront notées N pour 5 kHz et S pour 12 kHz.

1. Les hydrophones 3 et 4 ont été employés à Saint-Raphaël (St. 621 à 626).

En cuve, hydrophones montés sur le piquet, les valeurs de sensibilité sont :

Hy	Fréquence	Sensibilité (dB)
3	5	- 99,6
3	12	-102,3
4	5	- 94,5
4	12	- 98,7

Il y a une légère différence entre les valeurs d'étalonnage à 5 kHz et à 12 kHz.

Le rapport des amplitudes  $\frac{A_2}{A_1}$  devrait être égal à 1. Des corrections sont nécessaires pour tenir compte de l'écart entre les hydrophones et de la variation de la réponse de chaque hydrophone selon la fréquence.

a) A 5 kHz : on observe

STATION	$\frac{A_2}{A_1}$
621 N	1,62
625 N	2,00

Je pose en principe que la distance d'étalonnage était supérieure à 20 m pour la station 625. Ce postulat constitue le point délicat et critiquable de ce travail. Etant donné la manière dont j'ai procédé, ignorant les distances exactes du transducteur au piquet, il est nécessaire.

Le coefficient  $\frac{D_2^2}{D_1^2} = 1,1$  exprime l'atténuation par rayonnement de l'énergie du transducteur.

Donc le coefficient d'étalonnage sera  $Ky = 2,2$  et la distance d'étalonnage à la station 621 environ 6 m.

b) A 12 kHz : on observe

STATION	$\frac{A_2}{A_1}$
622 S	1,82
624 S	1,42
626 S	1,6

Je pose à nouveau  $\frac{D_2^2}{D_1^2} = 1,1$  pour la station 622. Il en résulte que  $Ky = 2,0$  et la distance d'étalonnage aux stations 624 et 626 de 7 et 8 m respectivement.

Ces valeurs 2,2 et 2,0 de  $Ky$ , correspondent à des différences de sensibilité de 6,8 et 6,0 dB à 5 et 12 kHz respectivement.

Le coefficient  $Ky$  correctif sera  $\frac{2,2}{2,0} = 1,1$ .

2. Les hydrophones 1 et 2 ont été utilisés pour les stations 612 à 620.

L'étalonnage n'a été fait en cuve qu'à la fréquence de 5 kHz.

Hy 1 = — 103,5 db

Hy 2 = — 94,5 db

De la même manière calculons  $Ky$ .

a) pour 5 kHz, on observe :

STATION	$\frac{A_2}{A_1}$
617 N	2,40
620 N	3,00

La profondeur maximale, le piquet étant sorti du fond, est 15 m, d'où :

$$Ky_n = 3,00 \times 1,15 = 3,45$$

La distance d'étalonnage 617 est légèrement inférieure à 7 m.

b) pour 12 kHz :

STATION	$\frac{A_2}{A_1}$
612 S	1,72
615 S	2,07
618 S	2,12
619 S	2,34

La profondeur maximale à la station 619 est de 15 m, le piquet étant sorti de l'eau; d'où  $ky = 2,34 \times 1,15 = 2,69$ , ce qui entraîne des distances d'étalonnage voisines de 7 m aux stations 615 et 618 et de 4 m à la station 612, corroborant la valeur de  $ky$ , pour laquelle la profondeur ne peut pas être supérieure.

Ces coefficients correspondant à des différences de sensibilité des hydrophones de 10,6 dB à 5 kHz et de 8,6 à 12 kHz.

Le coefficient  $ky$  correctif sera 1,283.

c) *Erreur sur  $Ky$*  :

C'est l'erreur sur le rapport :

$$\frac{2,20}{2,00} \quad \text{ou} \quad \frac{3,45}{2,69}$$

elle varie comme :

$$\frac{\varepsilon}{Ky_s} \quad \varepsilon \in R$$

et est estimée à 5 p. cent en se fondant sur la cohérence des résultats et la vraisemblance des valeurs des distances d'étalonnage adoptées.

C'est évidemment le point le plus critiquable de cette discussion. D'autres coefficients ont été essayés au cours des dépouillements. Ils ne modifient pas la séquence des résultats.

## E) RÉSULTATS

Les amplitudes lues sont les amplitudes crête-crête maximales.

La corrélation entre les différentes phases est souvent impossible à établir avec rigueur. Il semble que la première onde arrivant à l'hydrophone inférieur soit fréquemment complètement absorbée.

Le tableau présente l'ensemble des résultats. D'abord les numéros des stations, date et lieu, numéro des hydrophones utilisés, enfoncement du piquet. Puis les amplitudes lues en millimètres sur les photographies. Ensuite le rapport des amplitudes et le rapport T.

$$T = \frac{Att_s}{Att_N}$$

Enfin les mesures de vitesses.

Aux premières stations, l'enfoncement du piquet n'était pas vérifié.

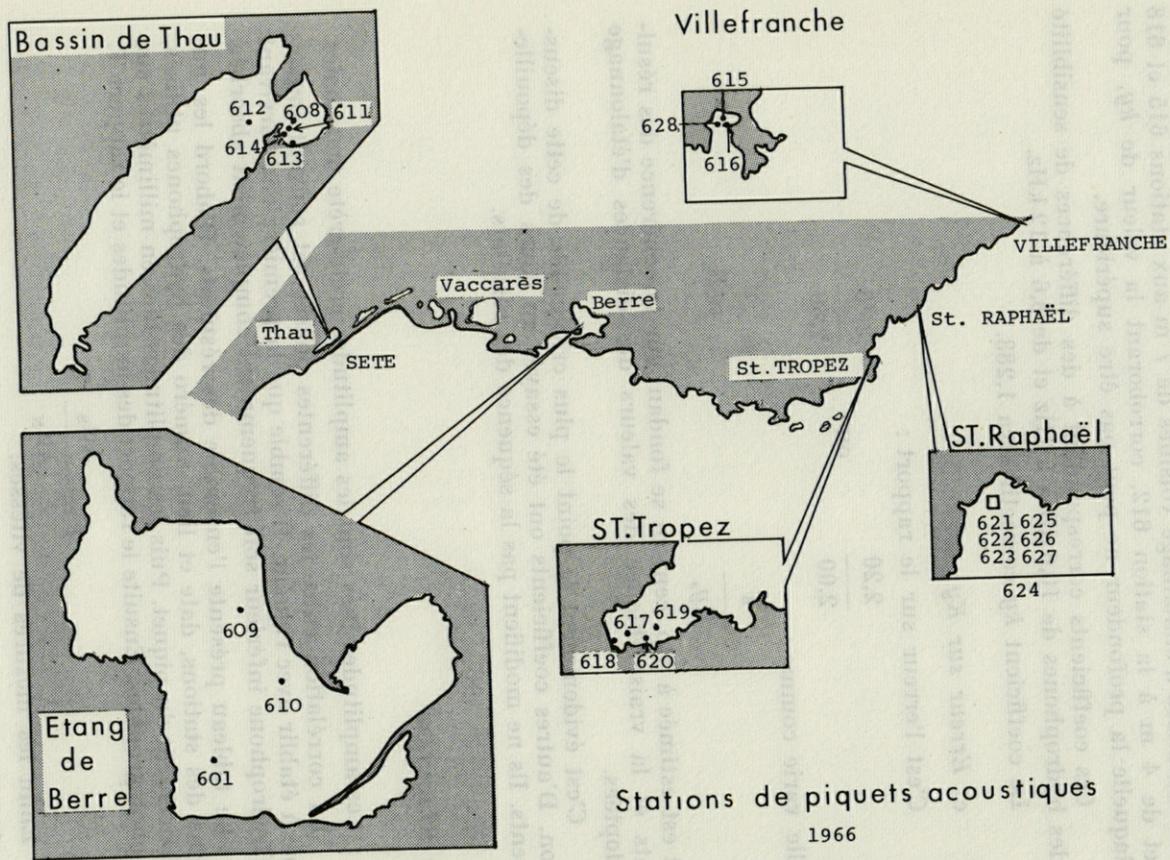


FIG. 4. — Carte des stations de piquets acoustiques (campagne de 1966).

TABLEAU N° 2

STATIONS		VALEURS BRUTES	N	S	N/S	V
601 2-VII-66 ETANG DE BERRE He = 8m	1 - 2 non vérifié	P { 1: 16,3 2: 22,8 S { 1: 10,0 2: 17,0 N { Photo endommagée		1,700		N = 650 B
608 25-V-66 ETANG DE THAU He = 4m	1 - 2 non vérifié	S <sub>1</sub> { 1: 3,0 2: 7,0 N <sub>2</sub> { 1: 2,5 2: 7,0	2,800	2,333	1,540	
609 3-VII-66 ETANG DE BERRE He = 8m	1 - 2 non vérifié	S { ? illisible N <sub>3</sub> { 1: 4,3 2: 11,0 N <sub>1</sub> { 1: 5,2 2: 2,1	2,245 2,308			N = 658 B P = 660 A S = 654 B
610 3-VII-66 ETANG DE BERRE He = 8m	1 - 2 non vérifié	P <sub>1</sub> { 1: 11,9 2: 22,0 S { 1: 11,2 2: 20,3 S <sub>1</sub> { 1: 10,8 2: 20,7	1,849	1,917		P = 665 C
611 6-VII-66 ETANG DE THAU He = 4m	1 - 2 non vérifié	N <sub>1</sub> { 1: 6,1 2: 19,0 P <sub>1</sub> { 1: 6,9 2: 10,1 ? S <sub>2</sub> { 1: 14,4 2: 32,0	3,115		1,792 2,222	P = 660 E ?
612 7-VII-66 ETANG DE THAU He = 6m	1 - 2 Piquet très bien enfoncé	N <sub>1</sub> { 1: 11,8 2: 24,1 S <sub>1</sub> { 1: 22,1 2: 35,7	2,042	1,615	1,622	N = 666 B S = 668 C

TABLEAU 2 (suite)

STATION		VALEURS BRUTES	N	S	N/S	V
613 7-VII-66 ETANG DE THAU He = 4m	1 - 2 Fin d'enfon- cement	N <sub>1</sub> { 1: 12,0 2: 26,2 S <sub>1</sub> { 1: 13,0 2: 18,4	2,183	1,415	1,882	N = 660 A S = 673 C
614 7-VII-66 ETANG DE THAU He = 4m	1 - 2 enfonce- ment correct	N <sub>1</sub> { 1: 11,1 2: 30,0 S <sub>1</sub> { 1: 17,0 2: 29,0	2,703		1,932 1,706	N = 668 B
615 12-VII-66 VILLE- FRANCHE He = 18m	1 - 2 enfonce- ment correct	N <sub>1</sub> { 1: 5,5 2: 14,0 S <sub>1</sub> { 1: 7,9 2: 16,0	2,545	2,025	1,615	N = 669 B S = 668 B
616 12-VII-66 VILLE- FRANCHE He = 18m	1 - 2 90 à 100cm dans la vase	N <sub>2</sub> { 1: 5,9 2: 19,5 S <sub>1</sub> { 1: 8,7 2: 19,0	3,305	2,184	1,846	N = 653 D S = 645 C
617 12-VII-66 SAINT- TROPEZ He = 11m	1 - 2 enfonce- ment correct	N <sub>3</sub> { 1: 24,4 2: 27,6 S <sub>2</sub> { 1: 14,0 2: 12,0	2,262	0,857	3,220	N = 660 B S: absorp- tion
618 14-VII-66 Saint- TROPEZ He = 17m	1 - 2 enfonce- ment correct	N <sub>1</sub> { 1: 10,8 2: 13,9 S <sub>2</sub> { 1: 12,6 2: 18,0 ? S <sub>3</sub> { 1: 13,0 2: 21,2	1,287	1,429 1,631	1,099 0,963	N = 666 A S = 665 C
619 14-VII-66 SAINT- TROPEZ He = 17m	1 - 2 Bon enfonce- ment	N <sub>1</sub> { 1: 9,8 2: 24,9 S <sub>2</sub> { 1: 11,0 2: 23,7	2,541	2,336	1,327	N = 681 B S = 674 B

TABLEAU 2 (suite)

STATION		VALEURS BRUTES	N	S	N/S	V
620 14-VII-66 SAINT-TROPEZ He = 17m	1 - 2 enfonce- ment à la main sur 80 cm	N <sub>2</sub> { 1: 9,2 2: 23,1 S <sub>1</sub> { 1: 12,0 2: 12,0	2,511	1,000	3,063	Balancement
621 27-VII-66 SAINT-RAPHAËL He = 35m	1 - 2 non vérifiés (douteux)	N <sub>2</sub> { 1: 6,0 2: 11,2 S <sub>1</sub> { 1: 28,6 2: 30,7	1,867	2,146*	0,957	N = 675 D ? S = 670 C
622 27-VII-66 SAINT-RAPHAËL He = 40m	3 - 4 enfonce- ment 60/100	N <sub>1</sub> { 1: 5,0 2: 9,1 S <sub>2</sub> { 1: 12,4 2: 21,0	1,820	1,694	1,181	N = 660 C S = 663 C
623 27-VII-66 SAINT-RAPHAËL He = 30m	3 - 4 enfonce- ment correct	N <sub>3</sub> { 1: 8,0 2: 14,0 N <sub>2</sub> { 1: 8,0 2: 13,2 S <sub>1</sub> { 1: 21,2 2: 27,1	1,667 1,650	1,278	1,430 1,420	N = 664 D S = 668 C
624 28-VII-66 SAINT-RAPHAËL He = 38m	3 - 4 enfonce- ment 90/100	N <sub>1</sub> { 1: 6,0 2: 11,1 S <sub>2</sub> { 1: 36,3 2: 29,4 S <sub>3</sub> { 1: 32,3 2: 26,0	1,850	1,620* 1,700*	1,256 1,197	N = 667 B S = 670 B
625 28-VII-66 SAINT-RAPHAËL He = 34m	3 - 4 enfonce- ment achevé sur 10 cm par pression verti- cale	N <sub>4</sub> { 1: 11,1 2: 18,5 S <sub>1</sub> { 1: 34,8 2: 24,6 S <sub>3</sub> { 1: 36,0 2: 27,0	1,667	1,414* 1,500*	1,297 1,222	N = 672 C S = 675 C

ETALONNAGE DE L'OSCILLOSCOPE

\* Coefficient 2 pour la voie 2

TABLEAU 2 (suite)

STATION		VALEURS BRUTES	N	S	N/S	V
626 29-VII-66 SAINT- RAPHAËL He = 40m	3 - 4 enfonce- ment 55/100	N <sub>1</sub> { 1: 7,8 2: 14,2 S <sub>2</sub> { 1: 25,2 2: 25,2	1,821	2,000	1,001	N = 669 C S = 668 C
627 29-VII-66 SAINT- RAPHAËL He = 34m	3 - 4 Enfon- cement achevé sur 40/100 par pression verticale	N { 1: 7,0 2: 13,2 S { 1: 26,0 2: 25,8	1,886	1,985*	1,045	N = 670 D S = 672 D
628 2-VIII-66 VILLE- FRANCHE He = 18m	1 - 3 Enfon- cement à la main (mauvais)					

ETALONNAGE DE L'OSCILLOSCOPE

\* Coefficient 2 pour la voie 2

A partir de la station 613, le transducteur est accroché au piquet. L'accrochage est perfectionné à partir de la station 624; le plongeur immerge le transducteur, soutenu par des bouées entre deux eaux. Mais renvoyer le plongeur mesurer les distances avec exactitude aurait obligé à n'effectuer qu'une station par jour (décompression), à Saint-Raphaël en particulier.

Avant les mesures de Saint-Raphaël, un piquet muni d'un câble court est utilisé. Ensuite un autre piquet, monté avec les hydrophones 3 et 4, est employé. Ce second piquet est un peu plus léger, d'où résultent des difficultés d'enfoncement. Enfin par suite d'incidents divers, les hydrophones, avariés, doivent être changés.

A la station 609, dans l'étang de Berre, la mesure est effectuée avec le transducteur 5 kHz.

Le seul résultat acoustique totalement incompréhensible est celui de la station 611.

Lorsque deux mesures d'amplitudes sont satisfaisantes (617, 618, 623, 624, 625), elles sont présentées simultanément, mais seule leur moyenne est introduite dans l'analyse des résultats.

## F) CALCULS D'ERREURS

### 1. Sur l'amplitude :

Les amplitudes sont lues au dixième de millimètre. Elles sont de l'ordre de 0,2 à 3,5 cm. L'erreur relative sur l'amplitude résultante est, à une exception près, inférieure à 3 p. cent.

### 2. Sur la distance :

Si les transducteurs sont placés à la même distance du piquet, le terme en  $D$  n'intervient pas dans le calcul d'erreur. Il est probable que cette condition n'est pas absolument respectée. L'erreur résultante est estimée à 2 p. cent.

En effet, soit  $a = D_{1n}$  et  $a + \varepsilon = D_{1s}$ ,

$$\frac{\left(\frac{D_2^2}{D_1^2}\right)_N}{\left(\frac{D_2^2}{D_1^2}\right)_S} = 1 + \frac{2\varepsilon}{a(a+1)} + k\varepsilon^2$$

Si  $\varepsilon = 1$  m et  $a = 10$  m :

$$\frac{2\varepsilon}{a(a+1)} = 0,02$$

3. Sur le coefficient d'étalonnage, nous avons indiqué 5 % comme valeur vraisemblable. L'erreur relative totale sur  $T$  est donc voisine de 10 %.

Il est probable que le piquet entraîne avec lui une fine pellicule d'eau et que la valeur absolue de l'absorption en soit affectée.

## G) DISCUSSION

Le rapport de l'intensité sonore de référence à l'intensité sonore mesurée 1 m plus loin exprime l'absorption par la relation :

$$\frac{I_2}{I_1} = e^{-2\alpha}$$

or les amplitudes lues sur l'oscilloscope correspondent à des variations de tension électriques elles-mêmes directement proportionnelles aux variations de la pression acoustique P sur les faces de l'hydrophone.

La pression acoustique est liée à l'intensité sonore par la relation :

$$I = \frac{p^2}{dV}$$

d étant la densité du matériel traversé par les ondes et V leur vitesse de propagation.

Donc :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{p_2^2}{p_1^2} \times \frac{(dV)_1}{(dV)_2}$$

Comme nous avons mesuré en première approximation des vitesses identiques dans l'eau et sur le premier mètre de vase, *a fortiori* il est permis de supposer  $V_2 = V_1$  au niveau des hydrophones. De même (voir 2<sup>e</sup> partie) les densités varient très peu d'un bout à l'autre de la carotte.

Donc :

$$\frac{p_2}{p_1} = \sqrt{\frac{I_2}{I_1}} = e^{-\alpha}$$

Il en résulte que :

$$T = \frac{(Att_s)}{(Att_N)} = \frac{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)_N}{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)_s} = e^{\alpha s - \alpha N}$$

ou,  $\alpha_s - \alpha_N = \text{Log}_e T$ .

Le facteur de transmission différentielle exprime la différence des coefficients d'absorption à 12 et à 5 kHz.

## 2. Etalonnage

L'importance d'un étalonnage rigoureux n'est pas apparue pendant les premières mesures et cette lacune explique le caractère critiquable de l'étalonnage effectué.

La construction d'un matériel comprenant deux transducteurs emboîtés, fixés au piquet permettra d'améliorer la précision du résultat de 7 % et de donner des valeurs absolues de l'absorption.

## H) CONCLUSION

### 1. *Mesures de vitesse*

Les variations de la vitesse ne paraissent pas significatives. La littérature indique des valeurs du même ordre de grandeur, lorsque les vitesses mesurées dans les vases sont inférieures à celles du son dans l'eau. Les vitesses mesurées dans des vases sont inférieures de 0 à 3 p. cent aux vitesses mesurées dans l'eau.

### 2. *Mesures du facteur de transmission différentielle*

Ces mesures prises dans leur ensemble, se classent en deux groupes : quelques valeurs dépassent 2,0 et correspondent, en général, à des sols riches en débris végétaux; les autres sont comprises entre 1 et 2.

Du point de vue géophysique, ceci constitue un résultat quantitatif de la variation en fonction de la fréquence de la pénétration obtenue en sondage de vase. Cette variation est faible dans les zones où la pénétration est bonne, comme à Saint-Raphaël et plus forte lorsque la pénétration est moins grande. Cette diminution est beaucoup plus marquée à 12 kHz.

D'autres conclusions, plus intéressantes, résultent de la comparaison avec les essais mécaniques et sédimentologiques.

## III. — MESURES SÉDIMENTOLOGIQUES ET MÉCANIQUES

Le but de ces mesures est de chercher quels critères peuvent être corrélés avec les paramètres acoustiques établis par ailleurs.

Aussi avons-nous cherché à effectuer la gamme la plus complète d'analyses classiques sur un nombre limité d'échantillons.

### A. — PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Pour les études sédimentologiques et mécaniques nous utilisons un carottier type ALINAT de 1 mètre de long et 86 mm de diamètre. Il répond aux normes imposées par la mécanique des sols (indice de portance faible) permettant d'obtenir des carottes peu perturbées.

Seules les stations fournissant un sédiment homogène sur toute la hauteur ont été exploitées.

A chaque station nous prélevons deux carottes : la première, aux fins d'essais mécaniques, est scellée à la paraffine et maintenue verticale dans un emballage de protection amortisseur, l'isolant de toute vibration. La seconde sert aux analyses sédimentologiques; trois prélèvements, répartis verticalement, sont effectués systématiquement sur chaque carotte.

## B) ESSAIS SÉDIMENTOLOGIQUES

Les analyses sont menées de façon classique au Centre de Recherches de Sédimentologie marine de Perpignan. Elles comprennent les mesures suivantes :

1. Granulométrie des sables et graviers (grains de diamètre supérieur à 40 microns) par tamisage sur colonne Afnor.

2. Granulométrie, par la méthode de sédimentation à la pipette d'ANDREASEN, des argiles (ou fraction sédimentaire de dépôts hétérogènes) dont les grains sont de diamètre inférieur à 40 microns.

Le but de ces mesures étant d'établir une courbe granulométrique réelle du sédiment, le mode opératoire a consisté à utiliser des échantillons bruts, sans attaque préalable à l'acide chlorhydrique afin de conserver les carbonates et les débris coquillers.

Les courbes montrent dans la plupart des carottes étudiées, un sédiment fin de faciès logarithmique; la présence de coquilles entraîne un décalage des grains inférieurs à 40 microns vers des pourcentages plus faibles et l'existence corrélatrice d'un faciès parabolique, lié à l'apparition du mode grossier.

3. Par colorimétrie au spectrophotomètre Lérès, dosage des Acides humiques ramenés sous forme d'humates de Na.

4. Dosage des carbonates au Calcimètre BERNARD.

5. Dosage du fer libre, nous employons la méthode Debyser modifiée (C. DUBOUL-RAZAVET et J.P. BARUSSEAU).

Notons dès à présent que le caractère aléatoire des premiers résultats interdit toute interprétation en corrélation avec les propriétés acoustiques et mécaniques; toutefois les teneurs en carbonates et en fer libre contribuent selon certains auteurs (BOURCART et BŒUF; FREUDLICH) à modifier les caractères mécaniques des sols, c'est pourquoi elles ont été systématiquement mesurées.

6. Evaluation des débris végétaux en pourcentage du poids du sédiment sec, permettant par contre d'expliquer certaines anomalies dans les propriétés acoustiques et mécaniques (cohésion en particulier).

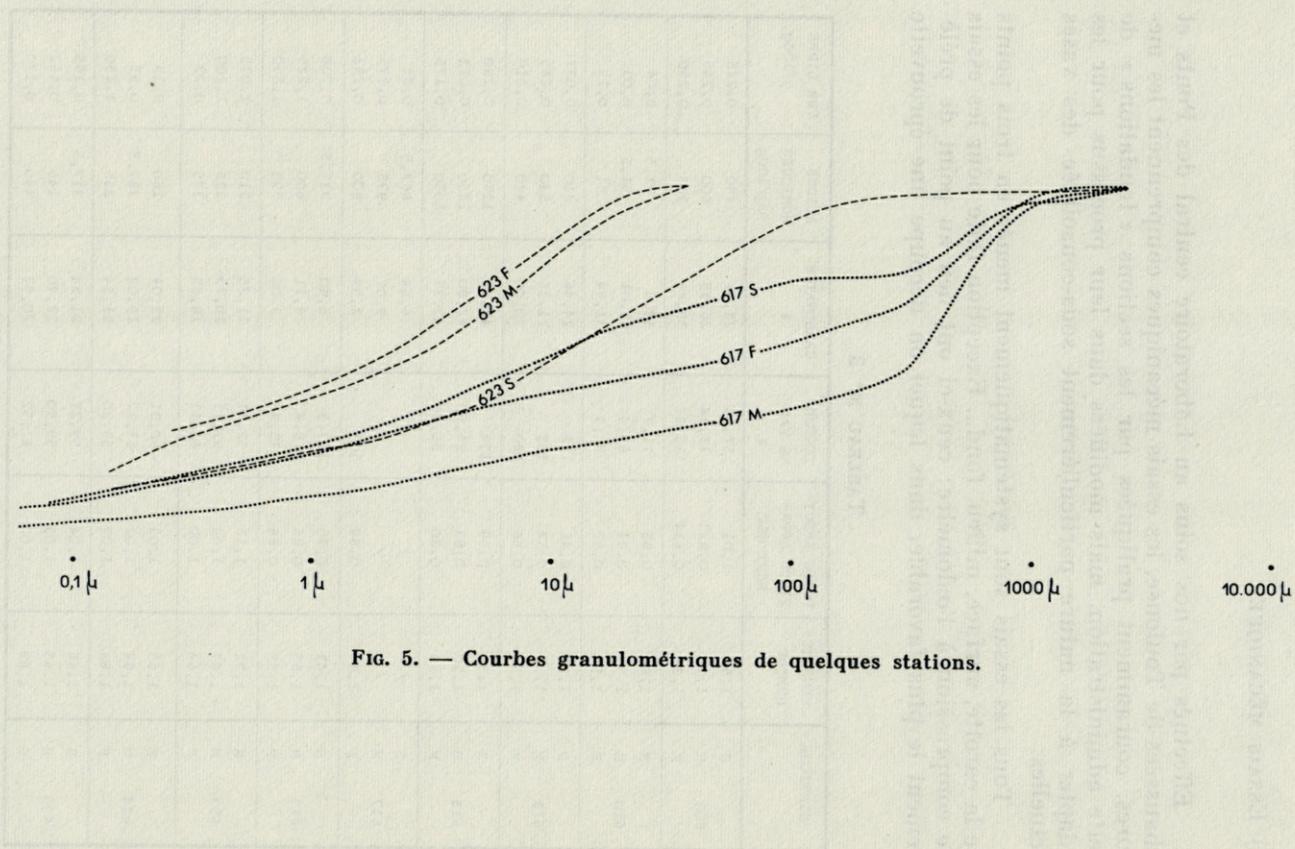


FIG. 5. — Courbes granulométriques de quelques stations.

C) ESSAIS MÉCANIQUES

Effectués par nos soins au Laboratoire central des Ponts et Chaussées de Toulouse, les essais mécaniques comprennent les mesures, couramment pratiquées par les sections « fondations » de cette administration, mais modifiées dans leur processus pour les adapter à la nature particulièrement sous-consolidée des vases actuelles.

Tous les essais sont systématiquement menés en trois points de la carotte, surface, milieu, fond... Exception faite pour les essais de compression à l'œdomètre; ceux-ci ont lieu au point de prélèvement le plus favorable, dans lequel on découpe une éprouvette

TABLEAU N° 3

STATIONS	DENSITE HUMIDE	POIDS SPECIFIQUE APPARENT SEC	TENEUR EN EAU %	CARBONATES %	ACIDES HUMIQUES mg/100g	FER LIBRE g/100g	
608	S	1,59	1,01	57,96	28,04	490	0,245
	M	1,46	0,823	77,34	26,35	800	0,245
	F	1,37	0,634	115,87	38,88	365	0,250
610	S	1,58	0,92	71,7	39,9	81,5	0,04
	M	1,59	0,94	69,4	42,01	91,5	0,03
	F	1,54	0,85	81,3	41,64	91	0,19
612	S	1,25	0,46	172	24,46	810	0,037
	M	1,37	0,54	152	21,36	540	0,265
	F	1,34	0,56	140	30,00	440	0,210
615	S	1,39	0,59	134	44,19	1260	0,280
	M	1,50	0,83	81,60	42,80	1350	0,012
	F	1,50	0,80	86,80	42,37	1050	0,175
617	S	/	/	/	6,68	862,5	0,32
	M	/	/	/	9,07	975	0,275
	F	1,44	0,69	109	2,59	900	0,293
619	S	1,43	0,70	103,3	5,40	937,5	0,700
	M	1,55	0,86	79,4	4,11	600	1,225
	F	1,55	0,88	75,9	3,02	790	1,350
623	S	1,72	1,13	52,41	21,25	210	1,075
	M	1,67	1,08	63,11	20,75	125	1,200
	F	1,64	1,00	63,11	18,63	175	0,23
624	S	1,65	1,03	60,31	23,04	160	0,19
	M	1,64	1,02	61,12	19,02	287,5	0,95
	F	1,63	1,02	59,30	21,54	235	1,150
625	S	1,66	1,04	59,27	21,54	317,5	0,165
	M	1,65	1,03	59,50	22,70	145	0,162
	F	1,65	1,02	61,52	20,97	440	0,170

(colonne cylindrique de sédiment de 70 mm de diamètre et de 12 à 24 mm de haut).

1. Teneur en eau en % du poids sec;
2. Densité humide et poids spécifique apparent sec;
3. Essai de cohésion au scissomètre de laboratoire. Cohésion simple et cohésion après remaniement de l'échantillon.

Les variations constatées dans les résultats obtenus sur une même carotte, montrent le caractère aléatoire de ces tests pris séparément et l'extrême prudence dont il faut faire preuve dans leur interprétation.

Pour être valable l'essai doit obligatoirement comprendre les deux types de mesures (utilisés d'ailleurs pour le calcul de la sensibilité du sol); en effet, la relative constance d'une des deux cohésions, remaniée ou simple, peut mettre en évidence une valeur erronée de l'autre (exemples 610 M et F et 625 M et F; tabl. 5).

Les variations constatées sont dues à l'hétérogénéité du matériau testé, en particulier la présence de nombreuses coquilles et de filaments d'algues modifie le comportement de la pale rotative du scissomètre au cours du 1<sup>er</sup> ou du 2<sup>e</sup> essai.

TABLEAU N° 4

STATIONS	COHESION SIMPLE	COHESION REMANIEE	STATIONS	COHESION SIMPLE	COHESION REMANIEE
608 S	103	10,65	619 S	69,2	/
608 M	73	10,65	619 M	85,9	33,4
608 F	/	/	619 F	66,6	11,9
610 S	26,6	3,3	623 S	78	10
610 M	23,3	6,6	623 M	38,6	/
610 F	33,3	6,6	623 F	40	10,65
612 S	13,3	2,3	624 S	30	4
612 M	23,6	3,3	624 M	45	10
612 F	29,6	4,7	624 F	38	25
615 S	75	20	625 S	43	21
615 M	108	36	625 M	45	4
615 F	63	10	625 F	29	3

Cohésions exprimées en g.

4. Limites d'ATTERBERG évaluées à la coupelle de CASEGRANDE; elles ont pour but la connaissance des teneurs en eau qui limitent les différents états de consistance d'une « argile » (TERZAGHI et PECK).

Le principe même de cet essai, qui fait entrer en jeu pour une grande part « le coup de main » de l'opérateur, peut expliquer

certaines des différences constatées dans les résultats; mais ce sont surtout la présence de sable (St. 615) ou au contraire la particulière finesse du matériau (St. 623) qui en constituent la plupart du temps les principales causes.

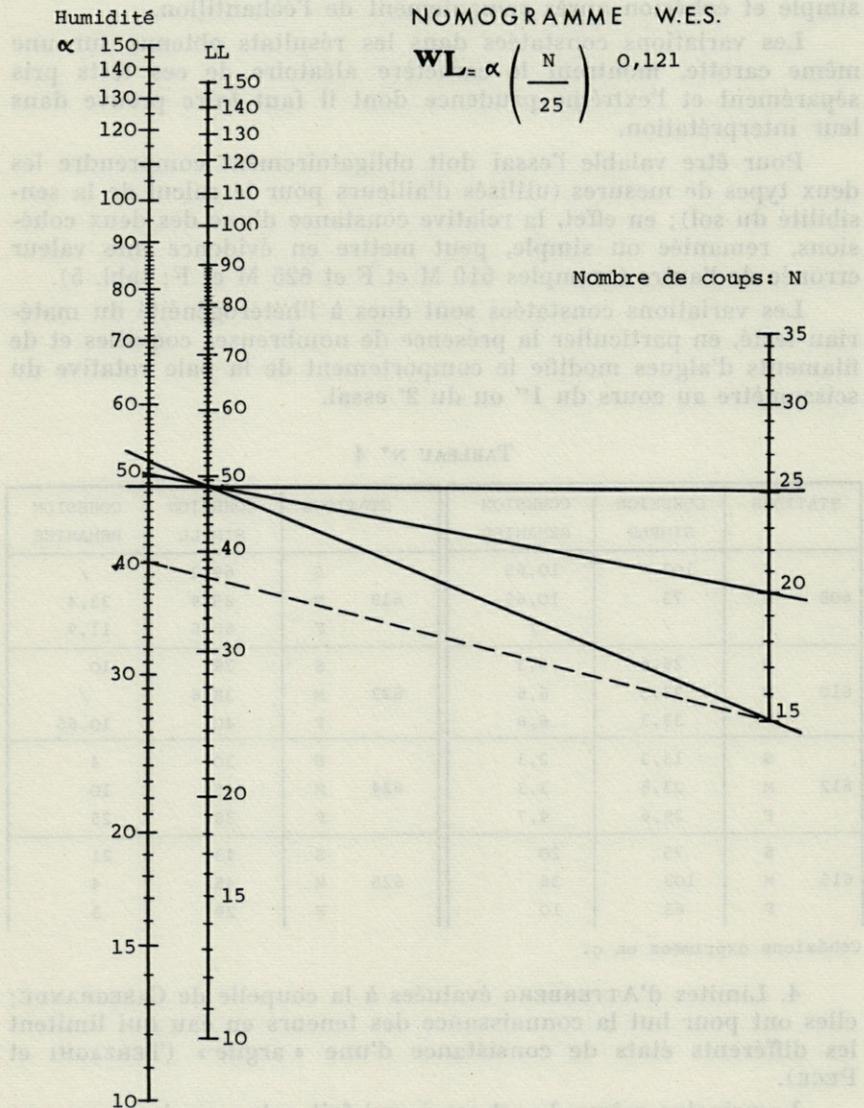


Fig. 6. — Nomogramme W. E. S.

Nous avons remarqué, lors du dépouillement des résultats que les limites de liquidité et de plasticité n'étaient pas généralement constantes sur toute une carotte mais subissaient de légères variations.

TABLEAU N° 5

STATIONS	WL	WP	IP	
608	S	48	27,6	20,4
	M	75	42,2	32,7
	F	75	40,4	34,6
610	S	51,5	28,5	23
	M	56,5	29,8	26,6
	F	56	28,1	27,9
612	S	96	56,5	39,5
	M	89	44	45
	F	102	55	47
615	S	89	51,5	37,5
	M	78	45	33
	F	71	50	21
617	S	/	/	/
	M	85	45	40
	F	77	37	40
619	S	80	48	32
	M	78	44	34
	F	/	/	/
623	S	47	30	17
	M	55	30	25
	F	55,5	28,3	27,2
624	S	52	30	22
	M	56	30	26
	F	50	24	26
625	S	49	30	19
	M	52	28,5	23,5
	F	52	29	23

Dans certains cas ces deux premiers paramètres peuvent évoluer dans le même sens de telle sorte que l'écart entre les deux mesures reste constant, entraînant une stabilité relative de l'indice de plasticité :

Exemple : St. 624 M et F

Limite de liquidité	56	50
Limite de plasticité	30	24
Indice de plasticité	26	26

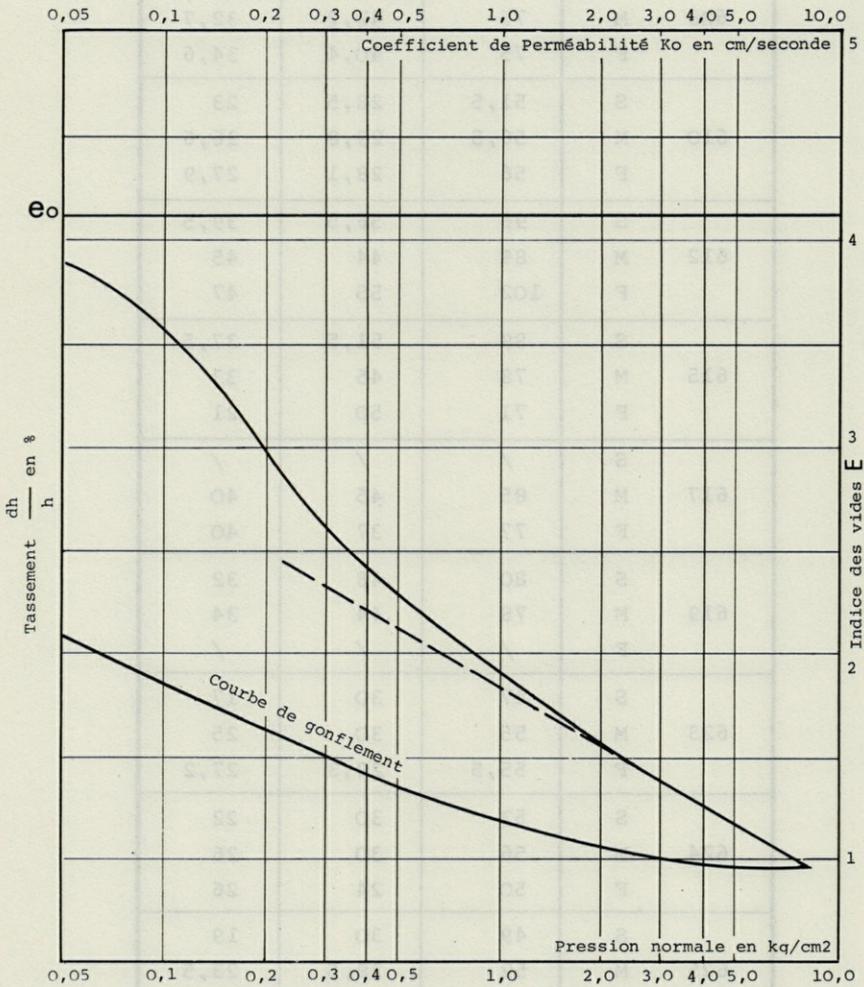


FIG. 7. — Essai de compressibilité-perméabilité (Laboratoire régional des Ponts et Chaussées, dossier Thau 612).

5. Compressibilité à l'œdomètre : La perméabilité et l'élasticité habituellement mesurées à l'aide de cet appareil n'ont pas pu être évaluées par suite de la nature extra sensible des sols sous-marins et lagunaires superficiels.

Une adaptation du processus d'essai à cet état particulier s'avère nécessaire pour obtenir des courbes  $e$ - $\log p$ , normalement exploitables (indice des vides  $e$  en ordonnée, échelle arithmétique; pression  $p$  en abscisse, échelle logarithmique).

A partir des courbes ainsi obtenues, on calcule notamment : l'indice de compression  $C_c$ , l'indice de décompression  $C'_c$ , la pression de préconsolidation  $\sigma'_c$ , le coefficient de consolidation  $C_v$ , le coefficient de perméabilité  $a_v$ , la compression totale.

Les courbes observées, caractéristiques des argiles extra-sensibles (fig. 7 St. 612) n'ont permis que le calcul, dans les cas les plus favorables, de l'indice de compression  $C_c$ .

TABLEAU N° 6

STATIONS	Indice de Compression $C_c$
608	0,76
612	0,90
615	0,63
617	-
619	0,53
623	0,38
624	-
625	0,36

Les résultats obtenus pour l'indice de compression sont dus aux fortes teneurs en eau, à la présence de coquilles et de filaments d'algues donnant au matériau une forte sensibilité aux mises sous pression.

La présence de filaments d'algues en grande quantité (de 3,5 à 8 % du poids sec) donne parfois au sédiment une allure de tourbe, susceptible lors de la décharge après tassement, d'un gonflement par ré-absorption d'eau particulièrement important (fig. 8 St. 615).

#### D) CONCLUSION

L'analyse sédimentologique montre que nous avons à faire à des vases qui se révèlent être, aux essais mécaniques, des sols sous-consolidés et très sensibles.

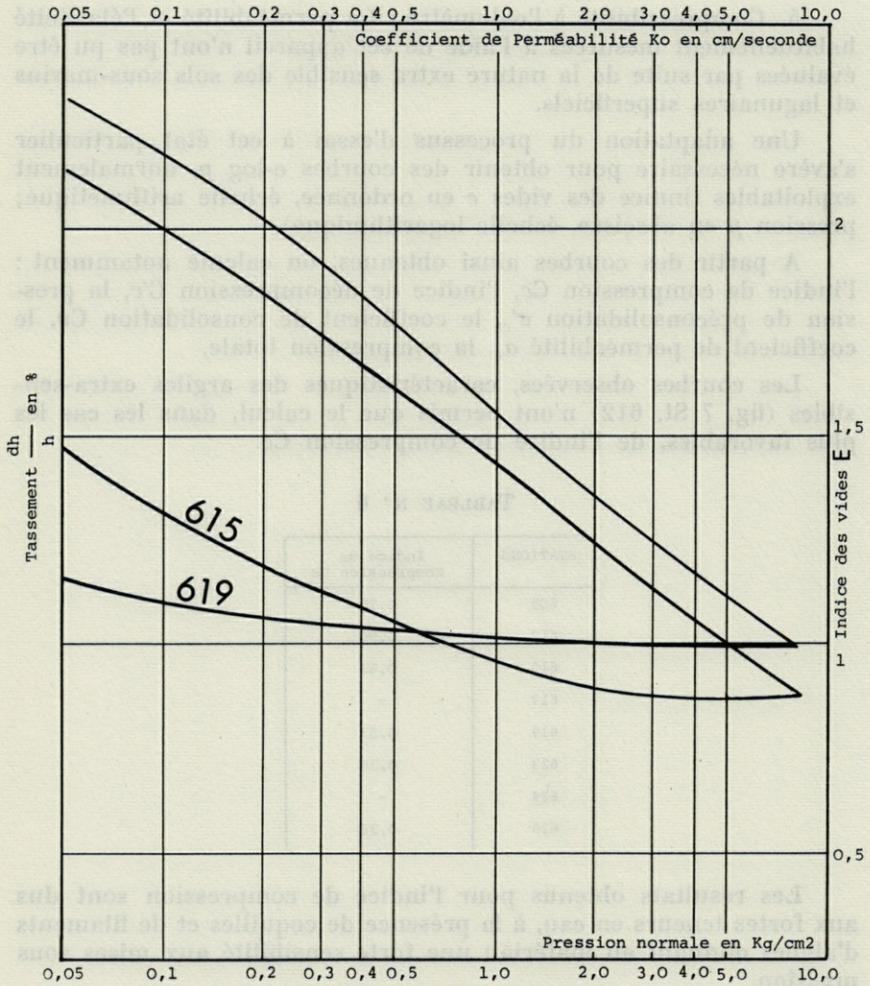


FIG. 8. — Essai de compressibilité-perméabilité (Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées, dossier Villefranche 615).

Nous observons en outre :

— Qu'un carottier de grand diamètre ne perturbe pas les échantillons prélevés.

— Qu'il est possible d'effectuer des essais mécaniques sur les vases et d'en déduire des résultats cohérents.

IV. — DISCUSSION

1) Les vitesses du son dans le sédiment sont inférieures de 0 à 3 % de celles dans l'eau.

Elles ne se corrélient avec aucun des résultats obtenus par ailleurs, elles n'ont pas ici de signification apparente.

2) Les analyses granulométriques présentent les mêmes caractères, ceci peut tenir au fait que notre échantillonnage de sédiments est volontairement peu varié.

3) Le facteur de transmission différentielle varie en général entre 1 et 2; la présence de nombreux débris végétaux augmente sensiblement la valeur de T.

4) Pour 8 stations où les mesures acoustiques sont disponibles et les carottes étudiées, les résultats sont réunis dans le tableau n° 8.

TABLEAU N° 7

Station n°	T	Densité humide	Indice de plasticité	Indice de compression	Teneur en eau % du poids sec	Débris végétaux % du poids sec	fraction < 40 μ
623	1,4	1,68	23	0,38	57	-	91
625	1,3	1,65	22	0,36	60	-	92
624	1,2	1,64	25	-	60	-	95
619	1,3	1,49	33	0,53	78	1,2	84
608	1,5	1,48	34	0,76	64	-	80
615	1,8	1,46	30	0,63	101	3,7	90
617	3,2	1,44	40	-	109	8,3	52
612	1,6	1,42	44	0,90	150	-	95

Voir emplacement des Stations fig. 4.

608 = étang des eaux blanches,

612 = étang de Thau,

615 = baie de Villefranche dans la partie S de la « tache noire » (fond de la baie).

617 et 619 = partie SW du golfe de Saint-Tropez,

623, 624 et 625 = baie de Saint-Raphaël, à proximité de la bouée du but.

Les résultats sont présentés en fonction des densités décroissantes. Les autres colonnes (sauf les deux dernières) se trouvent à peu près classées par ordre de valeurs croissantes. Les deux exceptions notables sont les stations 615 et 617 où les fortes valeurs de T paraissent dues à des teneurs élevées en débris végétaux : ceux-ci rendent le sol peu plastique; de plus, la fraction supérieure à 1 mm atteint 5 % du poids sec à la station 617.

Nous montrons qu'il existe une corrélation intéressante entre les résultats mécaniques, d'une part, et le facteur de transmission différentielle de l'autre.

A l'exception des vases très riches en débris végétaux (615, 617) le facteur de transmission différentielle croît à peu près linéairement avec l'indice de plasticité (coefficient de corrélation :  $r = 0,60$ ), l'indice de compression ( $r = 0,87$ ) et la teneur en eau ( $r = 0,71$ ) et varie en raison inverse de la densité ( $r = 0,65$ ).

La corrélation entre T et l'indice de compression est significative avec une probabilité de 95 %.

Il faudra ultérieurement définir lequel de ces paramètres, qui ne sont pas complètement indépendants les uns des autres, est le plus systématiquement lié au facteur de transmission différentielle et à l'absorption.

## RÉSUMÉ

Une série d'expériences comprenant des essais acoustiques originaux dans les fonds vaseux, ont été comparés aux propriétés mécaniques et sédimentologiques de ces milieux.

On démontre que la méthode acoustique utilisée fournit des résultats reproductibles dont la précision est examinée.

La comparaison de ces résultats avec les propriétés mécaniques met en évidence de notables corrélations entre les propriétés acoustiques des vases et certains paramètres tels que : densité, indice de plasticité et indice de compression.

## SUMMARY

A series of experiences including new acoustical trials in muddy bottoms have been compared to the mechanical and sedimentological qualities of this medium. It is shown that the acoustical method used gives reproducible results the accuracy of which is discussed.

The comparison of the results with the mechanical qualities shows up important correlations between acoustical qualities of the mud and some parameters such as : density, indices of plasticity and compression.

BIBLIOGRAPHIE

- BELLAICHE, G., O. LEENHARDT et G. PAUTOT, 1966. Sur l'origine des niveaux de vase liquide dans les carottes sous-marines prélevées au carottier à piston. *C.R. Acad. Sc. Paris (D)*, 263 : 808-811.
- BERGERON J., O. LEENHARDT et C. VEYSSÈRE, 1963. De l'utilisation du *Mud Penetrator* dans les études des sédiments immergés superficiels. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 256 : 5179-5181.
- BERGERON, J., 1963. Problèmes particuliers à l'étang de Thau. *Diplôme Et. Sup. Sc. Paris*.
- BOUCART et F. BŒUF, 1942. La vase. Paris, *Hermann et C<sup>ie</sup>*.
- EDGERTON, H.E., 1963. Sub-bottom penetration in Boston harbor, II. *J. Geophys. Res.*, 70 (12) : 2931-2933.
- EDGERTON, H.E. et O. LEENHARDT, 1963. Expériences de sondage élastique du fond de la mer. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, n° 3 : 975-984.
- FREUDLICH, 1935. Thixotropy. *Actualités scientifiques et industrielles*, 267 - The Colloidal state.
- LEENHARDT, O., 1962. Application de la méthode de statistiques de  $\Delta t$  à l'étude des sédiments meubles du Golfe du Lion. *Thèse 3<sup>e</sup> Cycle Paris*.
- LEENHARDT, O., 1962. Essai d'interprétation d'enregistrements de sismique réflexion faits par le CHAIN. *Rapp. MOM/OL/002*; manuscrit.
- LEENHARDT, O., 1964b. Le Mud Penetrator. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 62 (1303) : 1-44, 19 fig.
- LEENHARDT, O., 1964a. Progrès dans les études de sédimentologie superficielle sous-marine. *C.R. som. Soc. géol. France*, 4 : 162.
- LEENHARDT, O., 1965. Etude sismique dans le Lac de Nantua. Rap. *M.O.M. OL/054*, manuscrit. Mesures de vitesse dans la vase. Rap. *M.O.M. OL/055*, manuscrit.
- LEENHARDT, O. et M.R. ROUX, 1967. Morphologie du substratum de l'étang de Berre. *C.R. som. géol. France*, 2, p. 65.
- LEVIN, F.K., 1962. The seismic properties of lake Macaraïbo. *Geophysics*, 27 (1) : 35-47.
- MODES OPÉRATOIRES DU LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES, 1965. Essai de compressibilité à l'œdomètre. *Dunod, Paris*.
- MORLET, J. et T. SCHWAETZER, 1962. Mesures d'amplitude dans les sondages : le log d'atténuation. *Geophys. prospect.*, 10 (4) : 539-547.
- SERRUYA, C., O. LEENHARDT et A. LOMBARD, 1967. Etude géologique du lac Léman par sondage sismique continu. *Archives des Sciences*, 19, 2 : p. 179-196.
- SMITH, W.O., 1958. Recent underwater surveys using low frequency sound to locate shallow bedrock. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 69 (1) : 69-93.
- TERZAGHI, K. et R.B. PECK, 1965. Mécanique des sols appliquée. *Dunod, Paris*.

Reçu le 25 avril 1967.

ADDENDA

(16 janvier 1968)

1. — La précision des mesures de T est telle que les corrélations présentées n'ont qu'une valeur indicative : seules les stations 615, 617 et 612 donnent des valeurs de T différentes de la valeur moyenne des autres stations. Il faudra donc d'autres preuves des corrélations proposées.
2. — Mais surtout l'hypothèse qui a servi à calculer l'étalonnage des hydrophones est sujette à caution. J'ai posé que la valeur la plus forte du rapport d'étalonnage était la valeur vraie. Les valeurs plus faibles résulteraient alors de légères inclinaisons du transducteur par rapport au piquet, plaçant les hydrophones dans une partie du lobe où le niveau d'émission est réduit de 0,5 dB au maximum.

A la suite d'expériences complémentaires effectuées en 1967 à bord de la *Winnaretta-Singer* et comportant un plus grand nombre de mesures d'étalonnage, il apparaît que les valeurs de  $K_y$  se disposent suivant une courbe dont on pourra prendre la valeur centrale pour valeur vraie de  $K_y$ . C'est de cette manière que sera exploitée la seconde série d'expériences, mais sans plus d'illusions sur la qualité des résultats.

La construction d'un piquet avec transducteurs fixés au piquet a, heureusement, pu être entreprise, suivant l'indication donnée au bas de la page 6, *supra*. Il sera alors réellement possible de savoir si la méthode a, ou non, un avenir; l'erreur sur T ne sera plus que de 3 p. cent.

O. LEENHARDT.

# ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIQUE ET MINÉRALOGIQUE DES DÉPÔTS QUATERNAIRES DU PLATEAU CONTINENTAL ET DES RECHS DU ROUSSILLON

par A. MONACO  
*Centre de Sédimentologie Marine de Perpignan*

## SOMMAIRE

L'étude des carottes de sondage de la région située au large de la côte catalane, rendue complexe par suite de la présence de vallées sous-marines, permet toutefois de dégager l'influence des facteurs climatiques et morphologiques sur la sédimentation quaternaire.

## INTRODUCTION

La campagne de carottages effectuée en mai 1965 par le navire océanographique « *Catherine-Laurence* » dans la région située au large de la côte catalane, fait partie d'un programme de recherche coopérative placée sous la direction du Professeur L. GLANGEAUD (R.C..P. n° 16 du C.N.R.S.).

Dans le cadre du travail d'ensemble, chaque laboratoire s'est vu attribuer la responsabilité d'un certain nombre d'opérations concernant des domaines particuliers. La répartition était la suivante :

- Mesures physiques : Laboratoire de Villefranche.
- Déterminations micropaléontologiques : Laboratoire de micropaléontologie de Paris (M. CUVILLIER).
- Sédimentologie classique : Centre de sédimentologie marine de Perpignan (Mme DUBOUL-RAZAVET).

Les résultats partiels de ces mesures ont fait l'objet d'une note préliminaire parue récemment (1). Ils mettent en évidence les corrélations qui ont pu être établies entre les données granulométriques, physicochimiques et les données fournies par l'analyse micropaléontologique.

La présente note a pour but de décrire les résultats sédimentologiques et minéralogiques détaillés obtenus par l'étude des différentes carottes.

## I. — TECHNIQUES ET MÉTHODES D'ÉTUDE

— *Analyses granulométriques* effectuées sur les hauteurs disponibles des carottes dont les successions lithologiques sont ainsi définies par des indices caractéristiques (médiannes, quartiles et indices de classement de Trask) tirés des courbes cumulatives. La réduction de ces courbes aux formes canoniques permet également d'évaluer le degré d'évolution de ces sédiments (indice  $n$  de RIVIÈRE).

— *Analyse chimique de l'eau interstitielle* de quelques prélèvements : évaluation de la teneur en certains ions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  et  $\text{Fe}^{++}$ ) et en réserves alcalines.

— *Analyses du sédiment* : teneur en carbonates et en matière organique.

Ces différentes analyses ont été effectuées au photomètre à flamme, titromatic et spectrophotomètre.

— *Etude minéralogique* de la fraction grossière : détermination et évaluation des espèces minérales présentes dans la fraction lourde; morphoscopie des grains de quartz.

— *Analyses cristallographiques des argiles* effectuées sur diffractobloc, modèle « Théta 60 », à anticathode de Cobalt, de la Compagnie Générale de Radiologie.

## II. — MORPHOLOGIE ET SITUATION DES PRÉLÈVEMENTS

Les relevés au sondeur ultrasonique permettent de reconnaître la topographie de la région intéressée. Le plateau continental, large dans la zone septentrionale, s'amenuise considérablement au contact de la zone plus méridionale rocheuse à la hauteur du cap Creus. Il est entaillé de vallées sous-marines débutant à environ

— 100 m et connues depuis longtemps, puisque Georges PRUVOT levait le rech Lacaze-Duthiers dès 1893. Cette vallée, qui a fait l'objet de nombreuses études, notamment celles de BOURCART, débute par un cirque relativement étroit, s'élargissant ensuite suivant un axe de direction SE. Dans la portion amont, de petites vallées découpent le flanc est, puis vers — 750 m s'effectue la confluence d'une vallée plus importante, le rech Pruvot. En tête du canyon se situe un affleurement rocheux appelé Roche de Fountain-drau.

Le rech du Cap, dans lequel des carottages ont également été effectués, débute par un talus assez large menant à la vallée proprement dite d'orientation EW, également découpée sur son versant droit par de petites vallées affluentes. Des accidents rocheux ont été signalés, mais il semble qu'ils ne soient pas de même nature que ceux qui affectent le rech Lacaze-Duthiers.

Des plongées en soucoupe et des dragages, effectués notamment par le laboratoire de Banyuls-sur-Mer, ont permis de préciser la nature rocheuse des parois souvent façonnées en gradins et la dissymétrie des deux versants. Ainsi, dans le rech Lacaze-Duthiers, le versant ouest peu accidenté et en pente douce s'oppose morphologiquement au versant est à parois plus abruptes, parfois même verticales et découpées en marches d'escalier.

Le choix des points de carottage a été guidé par le souci d'effectuer une étude aussi variée que possible du remplissage sédimentaire en divers points de la morphologie sous-marine. Les prélèvements proviennent donc du plateau continental, du talus, des cirques, parois et thalwegs des rechs Pruvot, Lacaze-Duthiers et du cap Creus :

— La carotte BEL P 8 prélevée à — 78 m sur le plateau continental :

$$X = 42^{\circ} 36' 50'' \qquad Y = 3^{\circ} 11' 45''$$

— La carotte BEL P 9 recueillie à — 93 m, aux abords immédiats du cirque de tête du rech Lacaze-Duthiers :

$$X = 42^{\circ} 37' 20'' \qquad Y = 3^{\circ} 23' 10''$$

— La carotte BEL P 10 située à — 108 m, sur le talus continental qui amorce la descente vers le thalweg du rech Lacaze-Duthiers :

$$X = 42^{\circ} 32' 40'' \qquad Y = 3^{\circ} 22' 40''$$

— Les carottages BEL P 5 et BEL P 4 concernent respectivement les cirques de tête des rechs :

Lacaze-Duthiers :

$$\text{prof. — 325 m} \qquad X = 42^{\circ} 34' 20'' \qquad Y = 3^{\circ} 25' 00''$$

Pruvot :

prof. — 290 m      X = 42° 34' 28"      Y = 3° 31' 15"

— Enfin deux carottes proviennent de thalwegs relativement profonds :

BEL P 3 (rech Pruvot) :

prof. — 515 m      X = 42° 31' 10"      Y = 3° 33' 00"

BEL P 6 (rech du Cap) :

prof. — 534 m      X = 42° 22' 00"      Y = 3° 22' 35"

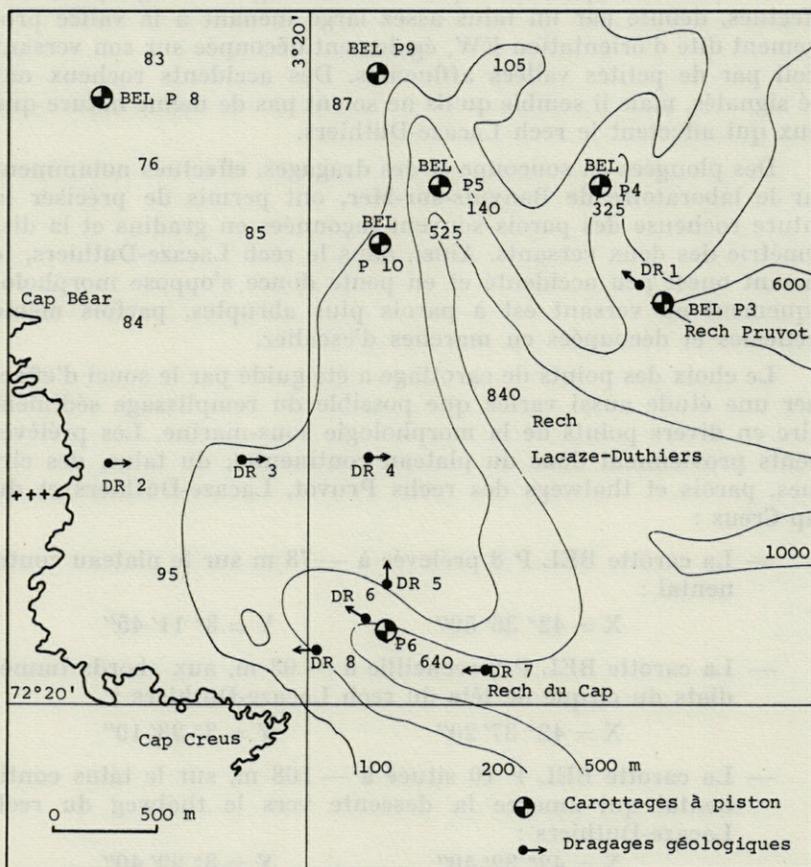


FIG. 1. — Situation des prélèvements.

D'autres carottes complètent cette répartition et sont en cours de dépouillement.

### III. — DESCRIPTION LITHOLOGIQUE

La plus grande partie des fonds explorés est constituée de dépôts essentiellement vaseux ou argilo-sableux, surmontés parfois d'une vase fluide. Quelques horizons ou passées sableuses sont toutefois observables à certains niveaux des carottes. Seul BEL P 9 fait exception en traversant, sur plus de 700 cm, un sable organogène très uniforme.

— *La carotte BEL P 8* présente l'intérêt d'avoir recoupé sur une épaisseur relativement importante (401 cm), la sédimentation du plateau continental donc dans une zone de dépôt relativement stable, soustraite à l'influence de facteurs morphologiques.

La partie supérieure (40 cm) est occupée par une vase beige fluide, devenant plus plastique et passant vers 120 cm à une vase gris bleu qui devient elle-même plus sableuse vers 200 cm. Elle est suivie jusqu'à 300 cm d'un sablon vaseux gris foncé incluant des niveaux plus organogènes, riches en fragments de coquilles principalement des lumachelles. La partie inférieure du dépôt est constituée par une vase sablonneuse contenant souvent des fragments coquilliers.

— *La carotte BEL P 9* s'individualise par une grande monotonie de composition. Elle est en effet constituée d'un sable quartzeux et organogène. Des placages argileux sont présents à 413 - 431 cm.

Quelques débris de grès plus ou moins roulés s'observent à plusieurs niveaux de la carotte, ainsi que des agglomérats calcaires ou ferrugineux plus fréquents vers la surface. Quelques quartz bipyramidés se rencontrent vers 50 - 60 cm.

Il faut encore noter la présence de concrétions ferrugineuses sphériques dont la taille varie de 40 à 90  $\mu$ .

La phase organogène plus ou moins abondante, est représentée par des coquilles de lamelibranches, gastéropodes, polypiers et débris de crustacés. Quelques formes sont bien conservées, d'autres sont roulées et souvent recouvertes d'un encroûtement calcaire.

— *La carotte BEL P 10* a traversé sur une épaisseur de 165 cm, un dépôt homogène constitué par un sablon vaseux renfermant de nombreuses coquilles souvent intactes de lamelibranches et turritelles. La phase sableuse est fortement micacée.

— Le dépôt rencontré par *la carotte BEL P 5* se compose de deux niveaux assez distincts : la vase gris foncé sablonneuse et micacée qui occupe la partie inférieure (65 à 110 cm) est surmontée de deux séquences granoclassées surmontées à leur tour par un sable vaseux gris foncé contenant de nombreuses coquilles, tubes de serpuliers et fragments arrondis de roche.

— *La carotte BEL P 4* recueillie en tête du canyon Pruvot occupe donc une position morphologique équivalente à la carotte P 5. Cette identité se retrouve exactement dans leur constitution. La vase sablon-

neuse compacte et traversée de petits lits de sable (40 à 195 cm) est également surmontée de deux séquences granoclassées de 7 à 10 cm. De plus un sable vaseux contenant des fragments de coquilles, des serpules et des ptéropodes occupe les vingt premiers centimètres du dépôt.

— La carotte BEL P 3 prélevée dans le thalweg du rech Pruvot, en aval de la précédente, traverse 105 cm d'un dépôt hétérogène. Il débute par une vase fluide de couleur beige devenant plus compacte et passant vers 35 cm à une vase sablonneuse beige foncé, puis à un sable vaseux gris, enfin à un sablon contenant des grumeaux d'argile grise, des fragments coquilliers et des granules.

— Dans le thalweg du rech du Cap Creus, la carotte BEL P 6 a traversé sur 192 cm un sédiment plus homogène. Les trente premiers centimètres sont occupés par une vase beige plastique passant progressivement à une vase gris bleu compacte et sablonneuse interrompue par des lits de sablons.

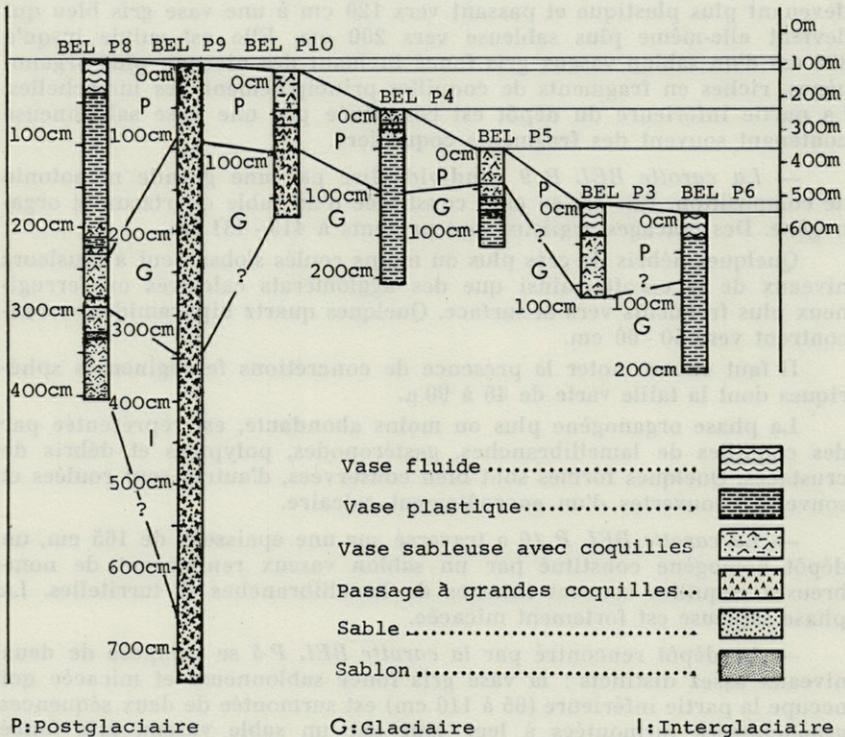


Fig. 2. — Coupes lithologiques des carottes.

Le dépouillement des carottes montre donc dans le détail une assez grande diversité de composition se manifestant surtout dans

la répartition verticale des diverses séquences. Ces variations peuvent être liées à la position topographique dans la morphologie sous-marine, à des facteurs climatologiques dont l'étude de la microfane a défini les limites, ou à des phénomènes tectoniques. C'est en tenant compte de ces divers facteurs qu'a été entreprise l'étude granulométrique et chimique.

#### IV. — ÉTUDE CHIMIQUE ET SÉDIMENTOLOGIQUE

##### A) ÉTUDE CHIMIQUE

##### 1° *Chimie du sédiment*

Quelques dosages chimiques classiques et des mesures de pH et rH ont été effectués sur le sédiment peu de temps après sa récolte.

##### — *pH - rH*

Malgré une assez grande variété de la composition des dépôts et des profondeurs où ils ont été prélevés, les valeurs du pH et du rH varient dans des limites assez restreintes (7 à 7,80). Elles semblent toutefois être légèrement plus élevées dans les sédiments fins qui constituent un milieu chimiquement plus actif où s'effectuent des échanges entre la phase solide et la phase liquide. Le rH suit en général les variations du pH, sauf en quelques points très limités des carottes, et oscille entre 20 et 30. La faible évolution de ces deux facteurs atteste un milieu oxydant relativement homogène.

##### — *Carbonates*

On a également procédé à l'évaluation de la teneur en carbonates sur le sédiment débarrassé de la phase organogène grossière. Les valeurs se situent autour de 27 % et sont généralement plus élevées dans les échantillons de surface où elles peuvent atteindre 38 %, notamment dans les prélèvements provenant du plateau continental (Tableau I). Les carbonates semblent se localiser principalement dans la fraction fine des sédiments, la fraction grossière étant surtout quartzreuse et micacée. Ils sont presque exclusivement d'origine biochimique.

##### — *Humates*

Les échantillons recueillis se sont révélés pauvres en matière organique. Dosée sous forme d'humate par traitement à la soude,

Hauteur de prélèvement (cm)	% en Humates de Soude								
	0	50	100	150	200	250	300	350	400
BEL P3	0,057	0,092	0,037						
BEL P5	0,040	0,022	0,017						
BEL P10	0	0,015	0,015	0,015					
BEL P4	0,030	0,016	0,017	0,015					
BEL P6	0,045	0,020	0,015	0,015					
BEL P8	0,060	0,045	1,35	0,080	0,077	0,020	0,042	0,022	0,037
	% en Carbonates								
BEL P3	25	19,8	15,6						
BEL P5	36,8	20,8	24,6						
BEL P10	22,4	24,8	24,2	22,8					
BEL P4	33,2	24,6	26,2	28,4					
BEL P6	26,8	27,00	29,00	28,2					
BEL P8	38	24,20	28,8	27,2	30,20	31,20	24,00	25,40	23,3

**TABLEAU I**  
*Pourcentages en humates de soude et en carbonates  
en fonction de la hauteur des carottes.*

les pourcentages n'atteignent pas 0,1 %. Les plus fortes teneurs relatives ont été rencontrées dans la carotte BEL P 3 bien que située assez loin du littoral et dans la carotte BEL P 8, plus précisément au niveau 100 cm (1,35 %). Ce fait est matérialisé par un net changement de couleur à ce niveau, le sédiment prenant une teinte noirâtre caractéristique. A partir de cet horizon, les pourcentages décroissent régulièrement avec toutefois une brusque retombée au niveau 250 cm où ils atteignent 0,02 % (Tableau I). La matière organique aura donc un rôle négligeable dans une éventuelle évolution de la phase argileuse.

## 2° Chimie de l'eau interstitielle

En raison des difficultés de stockage immédiat des échantillons après leur prélèvement, l'étude de l'eau interstitielle n'est que partielle et porte sur les carottes ou tronçons les mieux conservés. Les teneurs en éléments dosés sont donc tributaires de ces conditions et n'ont qu'une valeur relative. L'évaluation des humidités, effectuée sur deux carottes de composition hétérogène montre l'évolution désormais classique qui consiste en la diminution de la teneur en eau vers les horizons inférieurs sous l'effet du tassement. Ainsi, après un sédiment extrêmement fluide en surface,

on rencontre un dépôt fortement imbibé où la proportion d'eau varie autour de 45 %, les pourcentages diminuant ensuite progressivement.

Cette distribution reste néanmoins sous l'influence d'un second facteur qui est la granulométrie. Un horizon argileux peut provoquer par son imperméabilité une accumulation d'eau dans l'horizon sableux qui le surmonte. L'ordre de succession des différentes phases granulométriques ne doit donc pas être négligé dans l'interprétation de la répartition de l'eau libre et les modifications chimiques qu'elle peut provoquer au sein du sédiment.

#### — Réserves alcalines

Les dosages en réserves alcalines effectués sur les carottes BEL P 8 et BEL P 3 montrent des teneurs très variables en bicarbonates et carbonates, ceux-ci pouvant faire totalement défaut. Ainsi dans la carotte BEL P 3 les teneurs sont de l'ordre de 0,4 à 0,7 cm<sup>3</sup> (acide HCl N/litre) pour les carbonates et de 1,9 à 2,6 cm<sup>3</sup> pour les bicarbonates. Ces variations se manifestent à des intervalles très courts sur la longueur de la carotte. L'eau interstitielle extraite de la carotte BEL P 8 montre des valeurs plus faibles qui sont respectivement de l'ordre de 0,3 à 0,5 pour les carbonates et de 1,7 à 2,3 pour les bicarbonates.

Ces teneurs sont à rapprocher des proportions en CO<sub>3</sub>Ca qui sont d'autant plus faibles que les réserves alcalines sont plus élevées.

#### — Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> et Ca<sup>2+</sup>

Quelques dosages en Na, K, Ca et Mg ont été effectués sur les eaux interstitielles provenant des carottes BEL P 8 et BEL P 9. Les valeurs obtenues ne se répartissent pas régulièrement et semblent fonction de la granulométrie. Dans la carotte BEL P 9, très homogène et uniquement sableuse, les plus fortes teneurs principalement en Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> semblent coïncider avec une granulométrie relativement plus fine.

La carotte BEL P 8 montre une évolution plus complexe qui suit à la fois la granulométrie et partant, d'une certaine manière, la succession climatique reconnue par l'analyse micropaléontologique (Fig. 3). Ainsi, les plus fortes teneurs en Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> se localisent dans les niveaux relativement plus grossiers où apparaît une phase sableuse, ces niveaux pouvant constituer une zone d'accumulation lorsqu'ils ont à leur base un horizon plus fin et plus imperméable. C'est néanmoins en surface qu'ont été rencontrées les plus fortes teneurs en Mg<sup>2+</sup> (1,5 g/l).

Enfin les teneurs plus basses en  $\text{Ca}^{2+}$  et surtout en  $\text{Mg}^{2+}$  caractérisent l'horizon 250 cm qui appartient à la période glaciaire.

Il est regrettable que ces analyses n'aient pu être plus nombreuses et que les échantillons n'aient pu être conservés dans des conditions rigoureuses. Aussi les résultats n'ont qu'une valeur indi-

BEL P3					
Niveau cm	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	n	$\sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$
0-5	0,44	1,06	4,9	-1,28	3,3
10-20	0,33	2,2	20	-1	7,7
30-35	0,78	8	112	-0,92	11,9
40-45	15	128	285	0,65	4,3
90-100	140	174	250		1,3

BEL P4					
Niveau cm	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	n	$\sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$
0-15	2,6	82	150	-0,75	7,5
20-25	1,7	11	31	-0,84	4,2
25-30	0,83	6,3	24	-0,92	5,3
90-100	1,6	10,2	26	-0,92	4
180-195	0,65	4,5	18	-1	5,2

BEL P 6					
Niveau cm	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	n	$\sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$
0-10	0,29	2	10	-0,96	5,8
30-35	0,5	4	17,4	-0,91	5,8
50-60	0,67	4,7	20,5	-0,71	5,5
100-110	0,46	4,5	19	-0,71	6,4
180-190	0,31	2,6	19,4	-0,96	7,9

BEL P5					
Niveau cm	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	n	$\sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$
0-10	61	67	120	-0,61	1,6
60-65	0,5	4,6	23	-0,81	6,7
100-110	0,5	3,6	17	-0,85	5,8

BEL P9					
Niveau cm	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	n	$\sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$
0-10	210	290	380		1,3
40-50	205	285	390		1,3
100-110	205	280	380		1,3
200-210	210	280	365		1,3
300-310	158	210	290		1,3
400-410	215	310	450		1,4
450-460	225	330	680		1,7
500-550	200	275	380		1,3
600-610	298	450	730		1,5
650-660	205	280	380		1,3
700-710	230	320	520		1,5
720-730	205	275	380		1,3

BEL P8					
Niveau cm	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	n	$\sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$
0-10	0,31	3,1	14	-0,87	6,7
50-60	0,28	2,9	11,6	-0,87	6,4
100-110	0,75	7,5	45	-0,81	7,7
150-160	0,55	6,5	21	-0,71	6,1
200-210	2,3	15,6	68	-0,71	5,4
250-260	2,1	12,5	41	-0,77	4,4
300-310	3,8	17,4	42,5	-0,61	3,3
350-360	3	16	37	-0,61	3,5
395-400	3,5	17	39	-0,61	3,3

BEL P10					
Niveau cm	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	n	$\sqrt{\frac{Q_3}{Q_4}}$
0-10	15,4	37	52	-0,05	1,8
50-60	3,4	22	35	-0,43	1,07
100-110	25	47	57	0,14	1,5
150-165	24	44,5	57	0,14	1,5

TABLEAU II  
 Variations des différents indices granulométriques :  
 Quartiles (Q<sub>1</sub> et Q<sub>3</sub>), médiane (Q<sub>2</sub>), indice d'évolution (n)  
 et indice de classement  $\left(\sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}\right)$

cative et il serait hasardeux de voir dans ces variations une évolution, au cours du quaternaire, de la composition de l'eau de mer dont l'eau interstitielle aurait gardé les caractères originels.

## B) GRANULOMÉTRIE DES SONDAGES

— L'analyse granulométrique de la *carotte BEL P 8* recueillie sur le plateau continental, a porté sur des échantillons prélevés tous les 50 cm (Fig. 4). Les indices granulométriques ne subissent pas de variations continues. La valeur de la médiane et du premier quartile augmentant en général vers la base du dépôt avec quelques paliers voire même une diminution, notamment vers 250 cm. Le troisième quartile voit une évolution légèrement différente, avec une progression en dents de scie atteignant son maximum vers 200 cm ( $68 \mu$ ) suivie d'une diminution plus régulière jusqu'à la base ( $39 \mu$ ) (Tableau II).

Les faciès granulométriques subissent une lente évolution de la surface vers la profondeur où les indices atteignent des valeurs proches de  $n = -0,6$  qui traduisent des faciès paraboliques caractéristiques d'une évolution incomplète du matériel issu du continent d'ailleurs proche.

De par sa position, la carotte BEL P 8 s'est révélée particulièrement intéressante dans les rapports qui peuvent s'établir entre la granulométrie et les facteurs climatologiques. Ces rapports ont fait l'objet d'une note collective préliminaire (1). Rappelons que la faune froide est associée à un sédiment relativement plus fin déposé sur une épaisseur réduite de 240 à 300 cm, auquel succède un sédiment plus grossier (maximum des valeurs du troisième quartile) (Fig. 3). Il résulte de la remise en circulation des eaux du réseau hydrographique subaérien entraînant le matériel de désagrégation issu de phénomènes de gélivation. A ce stade, il est mal trié, et le *sorting Index* de Trask prend des valeurs assez élevées (6, 1).

Le dépôt inférieur, effectué durant la période interglaciaire (Wurm-Riss), correspond à une sédimentation moins grossière en raison de conditions climatiques plus rigoureuses.

A signaler enfin la faible épaisseur de la sédimentation glaciaire qui s'explique par la faible compétence des eaux durant cette période. La microfaune et la macrofaune y sont également moins abondantes. L'étude morphoscopique de la fraction supérieure à  $40 \mu$  montre un sable en général fin, formé de grains de quartz anguleux et de très nombreuses paillettes de micas. Dans les horizons inférieurs et à partir de 250 cm, de gros grains de quartz apparaissent.

La sédimentation marine du plateau continental traduit donc la succession sur le continent de périodes d'érosion *in situ* (glaciaire) et de transport actif (inter et post-glaciaire).

— La carotte BEL P 9 située à — 93 m, aux abords du cirque de tête du rech Lacaze-Duthiers, est, rappelons-le, entièrement constituée

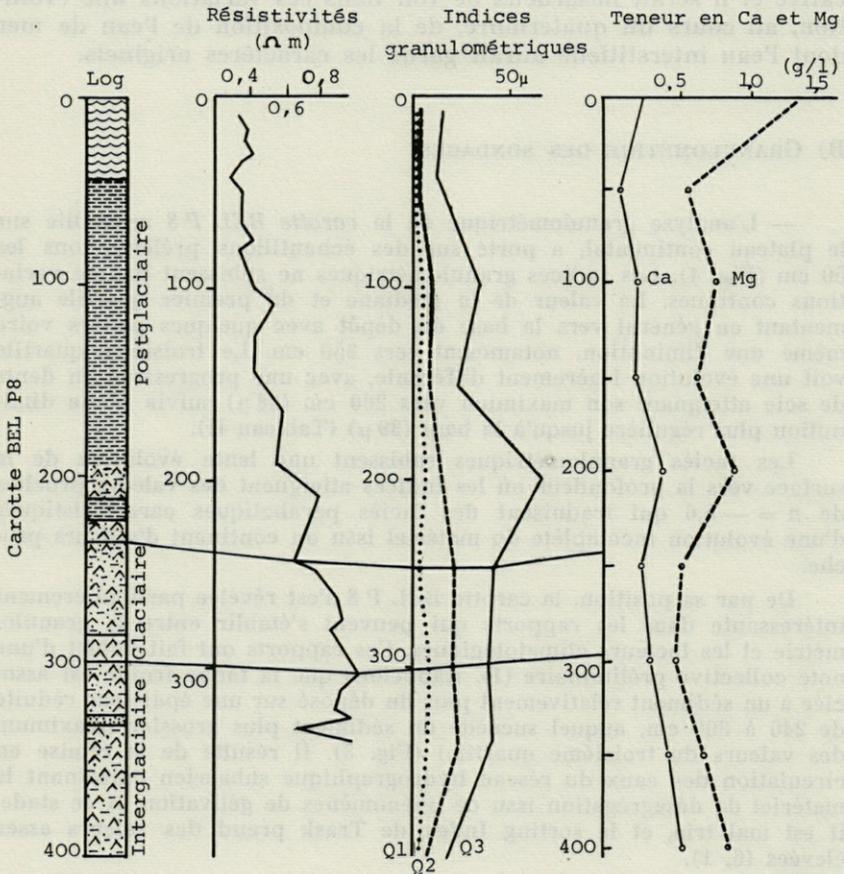


FIG. 3. — Corrélations entre les phases climatiques et les données granulométriques et chimiques (mesures de résistivité effectuées au laboratoire de Géologie dynamique de Villefranche par M. PAUTOT).

de sable quartzeux. L'analyse granulométrique de ces sables, fournit des courbes assez étalées (Fig. 4) dont la représentation canonique montre un faciès logarithmique voire hyperbolique indiquant un dépôt effectué par excès de charge, fréquemment rencontré dans les sables fluviaux ou estuariens. En outre une microfaune littorale y a été reconnue.

L'évolution des valeurs des quartiles (Tableau II) semble être corrélative des phases climatiques ayant présidé au dépôt et définies par l'analyse micropaléontologique. Aux périodes glaciaires correspond en général un matériel plus fin suivi aux périodes plus tempérées d'une brusque augmentation de la taille des particules; celles-ci diminuant ensuite ou subissant des variations indépendantes du facteur climatique

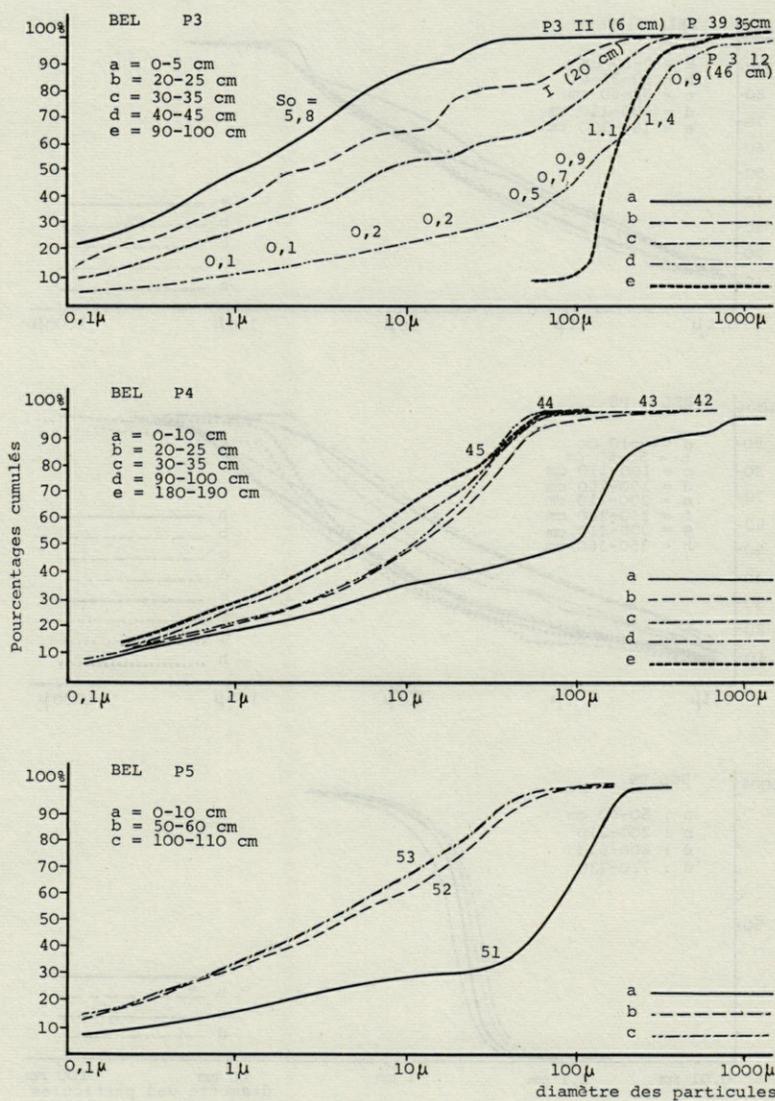


FIG. 4A. — Courbes granulométriques des prélèvements, sous forme cumulative semi-logarithmique : carottes BEL P 3 - P 4 - P 5.

dans la mesure où des phases secondaires n'ont pu être précisées par l'étude de la microfaune.

L'analyse morphoscopique de ces sables révèle une assez forte proportion de grains émoussés moirés (50 à 80 %), la forme émoussée étant

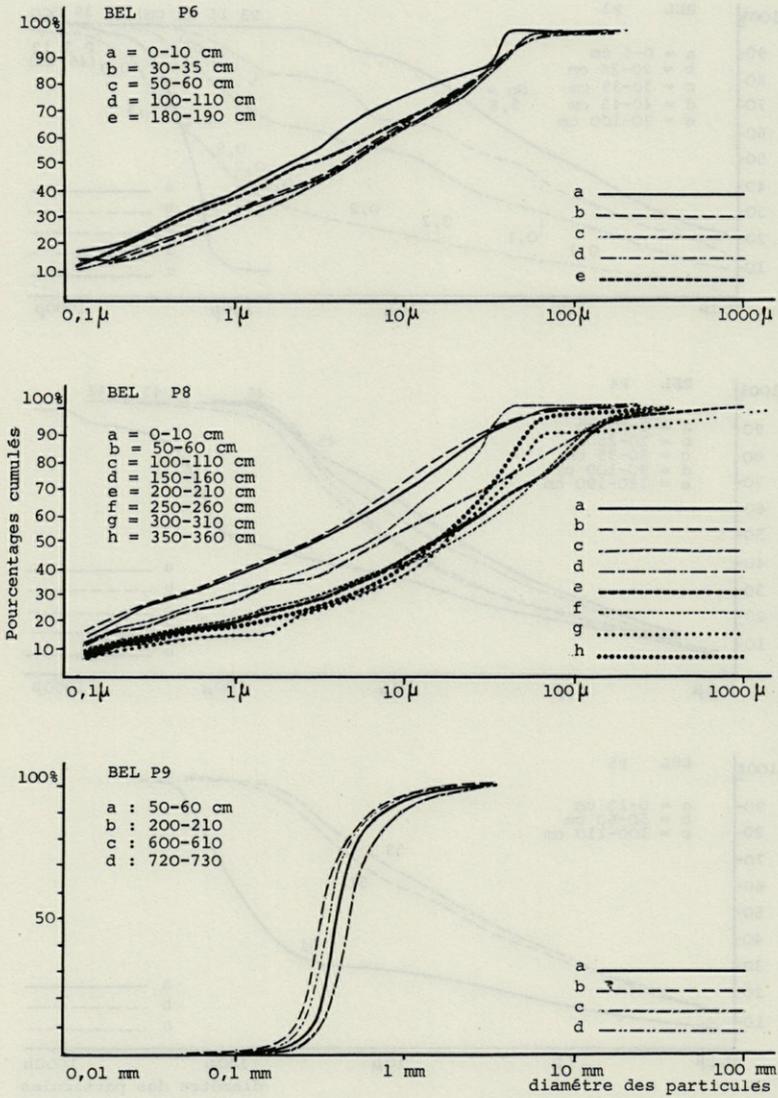


FIG. 4B. — Courbes granulométriques des prélèvements sous forme cumulative semi-logarithmique : carottes BEL P 6 - P 8 - P 9.

imparfaite. Les plus forts pourcentages sont atteints dans les trois premiers mètres. La proportion des grains émoussés luisants, faible dans les premiers mètres (5 à 6 %), subit une nette augmentation vers 3 m (20 à 30 %). Les autres grains appartiennent au type non utilisé luisant ou moiré.

Les différentes analyses tendent donc à reconnaître dans ce dépôt un sable fluviatile ou littoral mis en place par excès de charge. Sa position morphologique actuelle, sa composition sableuse dans un milieu de sédimentation fine, confère à ce matériau un caractère particulier. Il peut représenter le remplissage de la portion amont de la vallée sous-marine au cours du Quaternaire.

— L'analyse granulométrique de la carotte *BEL P 10*, effectuée à divers niveaux, traduit l'homogénéité du dépôt. Néanmoins, une très faible augmentation des indices (quartiles et médianes) se produit de la surface vers la profondeur, interrompue à 50 cm par des valeurs plus basses, en particulier du premier quartile ( $3,4 \mu$ ) et de la médiane ( $22 \mu$ ) (Tableau II).

On assiste, dans le même sens, à une régression évolutive parallèle où les indices  $n$  atteignent des valeurs positives (0,14) correspondant à des faciès de lévigation caractéristiques de dépôts de pente et de sédiments incomplètement évolués.

Les coefficients de triage ont des valeurs tout à fait comparables le long de la carotte et sont de l'ordre de 1,5.

Si ces résultats sont en parfaite correspondance avec la position morphologique qu'occupe ce dépôt, les corrélations avec les épisodes climatiques quaternaires sont plus difficiles à établir. Les conditions de mise en place, identiques tout au long du dépôt, ont prévalu sur les facteurs climatiques.

— L'analyse granulométrique des prélèvements *BEL P 5* et *BEL P 4*, provenant des cirques de tête des canyons Lacaze-Duthiers et Pruvot reflète la similitude de composition et de succession lithologique déjà signalée et partant des processus de sédimentation dans cette zone des rechs.

Les plus faibles valeurs des indices granulométriques se situent dans les horizons inférieurs des carottes occupés par la vase légèrement sablonneuse et micacée, où ils sont de l'ordre de 3,6 à  $10 \mu$ . Le sédiment de surface plus grossier et qui surmonte les niveaux granoclassés possède une médiane nettement plus élevée de l'ordre de  $67 \mu$  pour la carotte P 5 et  $82 \mu$  pour la carotte P 4 (Tableau II).

L'allure des courbes canoniques montre une évolution régressive de la base vers la surface. Les niveaux inférieurs de faciès logarithmique ( $n = -1$ ) attestent d'un sédiment assez évolué. Progressivement, et vers les horizons supérieurs la valeur de l'indice croît ( $-0,92$ ,  $-0,81$ ,  $-0,61$ ) caractérisant des sédiments non évolués ou incomplètement évolués.

Le sédiment de surface, nettement plus grossier, constitue donc une interruption brusque dans ces dépôts. Sa base ne coïncide pas exactement avec la limite climatologique glaciaire-postglaciaire définie par l'analyse micropaléontologique.

Ici, les rapports sédimentologiques et climatiques, quoique existants, sont atténués par des phénomènes de dynamique sédimentaire inhérents à la morphologie sous-marine et qui seront précisés au chapitre suivant.

— La carotte *BEL P 6*, prélevée dans le thalweg du rech du Cap, traverse un dépôt assez homogène comme le montre la répartition des

fractions granulométriques. On peut néanmoins constater une légère diminution de la médiane et des quartiles de part et d'autre de l'horizon 50-60 cm.

L'indice d'évolution subit une variation parallèle : il débute en surface par des valeurs proches de  $-1$  indiquant un faciès logarithmique bien évolué, passe aux niveaux 50 et 100 cm à des valeurs plus élevées s'apparentant à un faciès moins évolué de type parabolique ( $-0,71$ ) et revient à la base au type évolutif logarithmique ( $-0,96$ ) (Tableau II).

Le coefficient de triage ou Sorting Index de Trask appliqué à ces mêmes niveaux augmente assez régulièrement vers la profondeur.

Les variations de ces divers coefficients restent toutefois très faibles quoiqu'il soit intéressant de constater que l'horizon 50-60 cm autour duquel s'effectue l'évolution, correspond approximativement à la limite glaciaire-postglaciaire.

— La composition hétérogène de la carotte BEL P 3, appartenant à la sédimentation de fond de vallée (rech Pruvot), se reflète dans la forme des courbes granulométriques et dans la valeurs des indices. Leurs variations, totalement différentes de celles constatées dans la carotte précédente, consistent dans une augmentation très régulière des quartiles vers les niveaux inférieurs. L'allure parabolique des courbes cumulatives de ces horizons témoigne d'une proportion importante en éléments grossiers et d'une évolution incomplète ( $n = 0,65$ ).

Vers la surface, l'indice d'évolution passe graduellement à  $-1$  (faciès logarithmique des sédiments évolués), puis prend des valeurs inférieures à ce chiffre ( $n = -1,28$ ) caractérisant le type de faciès hyperbolique des argiles de décantation (Tableau II).

Il s'agit d'une série évolutive complète où tous les termes sont représentés. C'est un phénomène tout à fait comparable à un granoclassement pouvant s'être effectué sous l'effet de courants turbides. Compte tenu de sa position morphologique dans le canyon, une telle hypothèse n'est pas à exclure. La présence de galets d'argile dans le sablon de base pour-

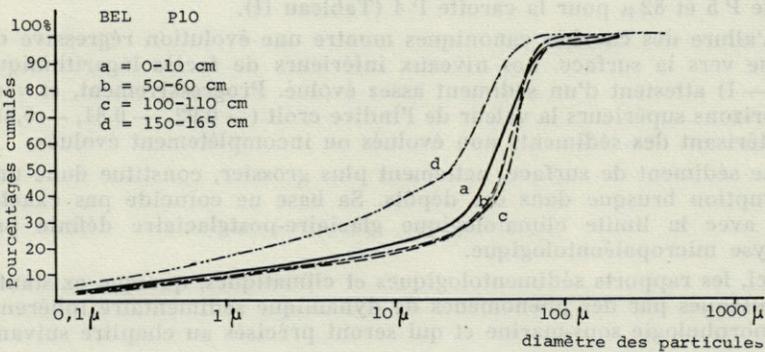


Fig. 4C. — Courbes granulométriques des prélèvements sous forme cumulative semi-logarithmique : carotte BEL P 10.

rait la confirmer. L'uniformité micropaléontologique de ce dépôt relativement épais indiquerait une mise en place assez rapide au cours de la période post-glaciaire.

La coordination des analyses physicochimiques, micropaléontologiques et sédimentologiques s'est avérée particulièrement intéressante dans l'étude des carottes de sondage. Elle a permis, quoique encore incomplète, une meilleure compréhension de la sédimentation marine quaternaire sur le plateau continental et la zone des rechs. Quelques notions importantes ont pu être dégagées dans les relations entre la sédimentation et les conditions climatiques d'une part, dans certains phénomènes de dynamique d'autre part.

Quoique ces relations fussent empiriquement perçues, elles n'en sont pas moins remarquables par leur constance en dépit de conditions particulières de dépôt liées à la topographie.

Ainsi aux époques glaciaires correspondent des dépôts relativement fins. Inversement aux époques interglaciaires et post-glaciaires s'effectue une sédimentation plus grossière. La sédimentation marine reflète donc davantage la compétence du réseau hydrographique subaérien que le matériel détritique mis à sa disposition. En d'autres termes, si la période glaciaire constitue une phase d'érosion active, c'est lors d'un réchauffement que le matériel détritique peut être mis en mouvement et amené jusqu'au bassin de sédimentation.

La carotte BEL P 8, la plus proche du littoral, traduit le mieux ce phénomène. Le dépôt glaciaire, peu important et relativement plus fin, est suivi d'une sédimentation nettement plus grossière passant ultérieurement à un matériel plus fin. Ce dernier stade correspond à une stabilisation des conditions climatiques, le réseau hydrographique n'amenant plus que les produits de lessivage en période de crue. La présence à 100 cm d'un horizon riche en matière organique peut être attribuable à un tel apport.

Les autres carottes traduisent le même effet atténué toutefois par d'autres facteurs tels que leur position particulière dans la morphologie des rechs. Ainsi certaines données de dynamique sédimentaire ont également pu être précisées.

Sur les parois des canyons s'effectue une sédimentation déritique dont le matériel reflète l'apport continental. Peu évolué et relativement grossier il traduit une zone de transport, voire de transit et subit des phénomènes de lévigation liés aux courants. Ces derniers entraînent vers le large les particules les plus fines qu'ils déposent dans le thalweg de la vallée, le reste formant des placages contre les parois les moins abruptes.

Les dépôts effectués dans les cirques de tête, ont été recoupés par les sondages P5 et P4. Ils appartiennent respectivement aux

rechs Lacaze-Duthiers et Pruvot. Malgré leur éloignement ils possèdent une grande similitude. A la sédimentation fine d'âge glaciaire succèdent des horizons granoclassés surmontés d'un matériel relativement grossier, peu évolué contrastant avec les dépôts argileux normalement rencontrés à ces profondeurs. Ces niveaux granoclassés ou grossiers sont attribuables à des courants de turbidité qui entraînent des produits arrachés aux parois ou aux têtes de canyons ou provenant directement du continent. La carotte P 3, dont la succession granulométrique constitue un véritable granoclassement, en est le terme extrême.

La compétence de ces courants et la nature du substratum détermine en partie la nature et la granulométrie des dépôts effectués le long du profil longitudinal des canyons.

Le maintien d'affleurements rocheux et d'une sédimentation sableuse en tête des canyons Lacaze-Duthiers et Pruvot témoigne de l'existence de courants probablement dirigés dans l'axe de la vallée et pouvant dériver de courants littoraux.

Dans le rech du Cap Creus, le sondage P 6 a traversé un dépôt uniquement vaseux à la profondeur de 530 mètres. Par ailleurs de nombreux essais de prélèvement ont été tentés dans le secteur septentrional du cap et dans son prolongement. Ils ont toujours atteint des dépôts sableux. L'absence de sédimentation fine sur cette portion du plateau continental est attribuable à une zone de turbulence provoquée par la réflexion de courants littoraux sur l'obstacle que constitue le cap rocheux. Ces courants prendraient ensuite une direction WE, donc parallèle au cap, empruntant l'axe de la vallée et entraînant les particules fines qu'ils déposeraient assez loin dans les secteurs plus calmes du thalweg.

Une campagne de prélèvements effectués en juin 1966 est destinée à compléter cette étude préliminaire où il a pu être mis en évidence l'interférence d'influence diverses sur la sédimentation, tels les courants, la topographie sous-marine et les conditions climatiques.

## V. — MINÉRALOGIE DES SABLES

L'étude minéralogique des sables a porté sur des échantillons prélevés à diverses hauteurs de la carotte BEL P 9 et sur les fractions grossières des carottes P 8, P 4, P 5, P 6 et P 10. Les résultats sont consignés dans le tableau III. Les pourcentages ont été rapportés aux seuls minéraux transparents à l'exclusion toutefois des minéraux micacés, la séparation au bromoforme effectuant un

**TABLEAU III**  
*Compositions minéralogiques des sables.*  
*Variations sur des hauteurs des carottes.*

N° CAROTTE	BEL P9							BEL P3	BEL P8				BEL P4		BEL P5	BEL P6		BEL P10	
	50	100	200	400	500	600	700	80	100	250	350	0	180	100	0	180	0	100	
Hornblende	39	33	40	37	25	25	32	39	12	35	50	23	36	14	28	23	38	26	
Amphibole monoclinique	2	3	2	6	2	+	2	2		4	2	7	6		2	6	2	3	
Glaucofane								+		+		1	1		+	4	+	3	
Epidote	6	15	7	12	7	8	15	14	15	24	12	11	23	40	30	35	29	27	
Andalousite	16	17	18	21	28	24	20	20	5	2	2	2			8				
Mia. Fibreux	+		1	4	5	1	2	+		+	2								
Staurotide	4	2	2	4	2	3	2	1		3	2	1		4	+				
Disthène	+	+	1		1	1	+	1	5	1	2	10		14	2	4	+	2	
Augite			1							+		1	1						
Hypersthène	2	2	3					+	5	1		3	2					1	
Grenat	29	22	18	13	22	30	16	33	31	17	16	22	9	16	21	23	5	20	
Zircon	+	+	1	1			1	1	3	4	4	8	5	6	4	5	17	11	
Tourmaline	2	6	6	1	8	7	10	7	14	5	2	9	8	2	5		2	2	
Rutile			1					+		+							3	2	
Anatase								+		1			1				3		
Brookite											2	1							
Sphène		+	+			+	+	+	5	3		1	5				1	2	
Corindon		+	+																
Topaze				1		1		+	5	+	4		3	4					
Opaques	29	20	22	41	62	21	64	24		38	89	35	40	50	32	36	24	25	

triaiage partiel de ces derniers qui est fonction de leur taille, leur densité et leur forme toujours variables.

Néanmoins, les sables provenant des prélèvements P 8, P 10 et P 6 sont très nettement plus micacés. Dans les autres prélèvements, les plus forts pourcentages se situent dans les niveaux les plus fins, l'apparition des niveaux grossiers amenant une très forte diminution de ces minéraux. Tel est le cas des horizons supérieurs des carottes P 4 et P 5 et de l'horizon sableux inférieur et grano-classé de P 3.

Deux hypothèses déjà évoquées précédemment peuvent expliquer ce phénomène. Tout d'abord une lévigation intense peut entraîner une élimination partielle des particules micacées dans les secteurs les plus exposés aux courants. Enfin la faible teneur en micas peut simplement tenir à la composition originelle des sables.

Les cortèges minéralogiques ne subissent que de légères variations. La hornblende est partout présente et peut atteindre d'assez forts pourcentages (37 à 38 % dans les carottes BEL P 9 et BEL P 3). L'épidote et le grenat sont également bien représentés et les variations quantitatives ne constituent pas un critère suffisant de différenciation. Les minéraux de métamorphisme, andalousite, staurotide, disthène, sillimanite et minéraux fibreux sont abondants sur toute la hauteur de la carotte BEL P 9 (jusqu'à 20 % d'andalousite). Par contre, leur présence est modeste et épisodique dans les autres dépôts, la teneur moyenne en andalousite étant de 3 %. Ces différences notables peuvent être liées à la granulométrie, l'andalousite se localisant préférentiellement dans les fractions les plus grossières.

Les minéraux ubiquistes en faibles pourcentages sont également répartis dans tous les dépôts étudiés.

Quelques pyroxènes, augite et hypersthène ont été reconnus à certains niveaux des prélèvements, ainsi que des amphiboles monocliniques (tremolite). Toujours très faiblement représentés, ils semblent être absents dans le rech du cap Creus.

La glaucophane est présente dans quelques dépôts, mais la carotte P 9 en est dépourvue.

Des minéraux accompagnateurs complètent le cortège minéralogique : anatase, brookite, sphène, corindon, topaze. En très faibles teneurs dans la carotte P 9, ils sont absents de la carotte P 6 appartenant au rech du Cap.

Les résultats de cette étude ne peuvent être significatifs pour un nombre relativement restreint de prélèvements. Néanmoins, l'association hornblende-andalousite confère à cette province minéralogique un caractère pyrénéen.

## VI. — MINÉRALOGIE DES ARGILES

Les déterminations cristallographiques des argiles ont été effectuées sur diffractobloc, modèle « Théta 60 » à anticathode de cobalt, de la Compagnie Générale de Radiologie. Elles ont porté sur des échantillons prélevés à des niveaux régulièrement espacés (50 cm) le long des carottes.

Le but de cette étude est de définir une province minéralogique dont les limites seront précisées avec l'extension du domaine de recherche, et de suivre l'évolution horizontale et verticale du matériel détritique fin arrivant à la mer.

Les résultats obtenus attestent une grande monotonie de composition. Les variations restent liées aux proportions des divers composants et à leur degré de cristallinité. Les complexes argileux s'identifient tous à un diagramme type d'agrégats orientés tel qu'il s'établit après les divers traitements et à une association minéralogique résultante (fig. 5).

Les différentes raies apparaissent de la façon suivante :

— Les échantillons bruts montrent :

- un pic généralement court, élargi à la base à 14,3 - 14,4 Å,
- un pic fin et bien développé dominant largement le profil à 10,16 Å
- une raie étroite et assez haute à 7,15 Å.

Aux plus grands angles apparaissent les raies secondaires situées à 5; 4,76 - 4,27 - 3,56 - 3,33 - 2,86 Å.

— Le traitement au glycérol provoque l'apparition d'un pic étalé et de faible intensité dont le maximum se situe entre 17 et 18 Å. Il convient de l'attribuer au gonflement de l'écart 14 Å.

— La cuisson des échantillons à 530° pendant 1 h. 30 détermine l'augmentation de l'intensité de la raie à 10 Å et la diminution des raies à 7 et 14 Å, cette dernière acquérant une meilleure résolution.

— Après traitement à l'acide chlorydrique 2N, seules subsistent les raies à 10 et 7,20 Å (faible); les raies secondaires se placent respectivement à 5,02 - 4,28 - 3,57 Å.

La liste des minéraux présents dans l'ensemble des prélèvements s'établit donc comme suit et par ordre d'importance :

— *Illite* : elle domine largement le cortège pouvant atteindre plus de 75 %. Tous les écarts réticulaires sont représentés et nette-

ment définis. La haute cristallinité de ce minéral l'apparente au type mica. Le pic de premier ordre, fait souvent suite dans les diagrammes à une portion de courbe où le bruit de fond est plus important. A certains niveaux des carottes et vers les petits angles elle s'intègre presque à ce fond d'où émerge un pic trapu à 14 Å, attribuable à la superposition des raies de la chlorite et de la montmorillonite.

— *Chlorite* : relativement abondante, elle se caractérise par le pic à 14 Å qui se trouve ici superposé à celui de la montmorillonite, ce qui ne permet pas toujours d'en apprécier le pourcentage et la cristallinité propres.

— *Montmorillonite* : également présente mais en faible proportion, environ 10 %. Elle est en général mal définie, les écarts réticulaires pouvant prendre toutes les valeurs comprises entre 14 et 10 Å, selon la nature des ions interfoliaires. Le traitement au glycérol produit un fort gonflement, portant la raie de premier ordre à 17 - 18 Å. L'ébullition en milieu acide (HCl 2N) provoque la destruction de ce minéral.

— *Kaolinite* : en très faible proportion sa présence est attestée par les raies à 3,57 et 7,25 Å, cette dernière subsistant, quoique très affaiblie par suite de la destruction de la chlorite, après traitement à l'acide chlorhydrique 2N.

L'étude minéralogique de la fraction fine des carottes de sondage montre la constance de l'association illite-chlorite-montmorillonite-kaolinite telle qu'elle a été définie ci-dessus. Néanmoins les analyses précises de tous les échantillons ont permis de déceler quelques particularités liées à l'évolution horizontale et verticale des phyllites.

— *La carotte P 4* de 195 cm de hauteur, prélevée à 230 mètres de profondeur, dans le cirque de tête du canyon Pruvot, a une composition minéralogique tout à fait comparable au schéma précédemment écrit. Le mica-illite y est abondant et ne subit pas de variations.

En comparant les divers horizons de la carotte, il est permis de constater une meilleure cristallinité de la chlorite et également un plus fort pourcentage relatif à partir de 50 cm et plus particulièrement à ce niveau.

L'évolution cristalline de la montmorillonite semble se faire dans un sens opposé à celui de la chlorite. Relativement bien définie en surface, elle semble se dégrader vers les horizons inférieurs.

La kaolinite y est très faiblement représentée.

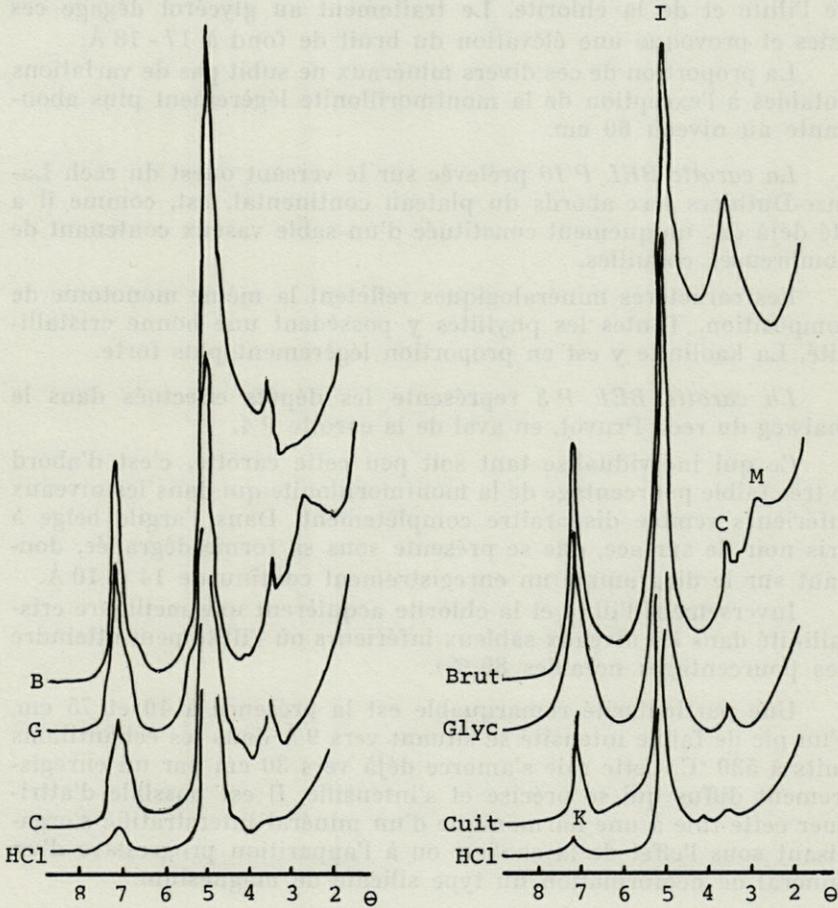


FIG. 5. — Diagrammes de diffractométrie RX aux petits angles de Bragg des deux types d'association minérale les plus fréquemment rencontrés dans les fractions fines des carottes.

*La carotte BEL P 5* appartient au cirque de tête du rech Lacaze-Duthiers. Elle ne montre pas d'évolution verticale remarquable de ses minéraux argileux.

On peut néanmoins constater une assez bonne cristallinité des espèces dans les 50 premiers centimètres constitués d'un sable vaseux gris foncé organogène. A partir de la séquence granoclassée et vers la vase compacte et sablonneuse qui occupe le fond de la carotte, la montmorillonite, mal organisée se manifeste dans les diagrammes par un front continu joignant les pics caractéristiques

de l'illite et de la chlorite. Le traitement au glycérol dégage ces raies et provoque une élévation du bruit de fond à 17 - 18 Å.

La proportion de ces divers minéraux ne subit pas de variations notables à l'exception de la montmorillonite légèrement plus abondante au niveau 60 cm.

*La carotte BEL P 10* prélevée sur le versant ouest du rech Lacaze-Duthiers aux abords du plateau continental, est, comme il a été déjà dit, uniquement constituée d'un sable vaseux contenant de nombreuses coquilles.

Les caractères minéralogiques reflètent la même monotonie de composition. Toutes les phyllites y possèdent une bonne cristallinité. La kaolinite y est en proportion légèrement plus forte.

*La carotte BEL P 3* représente les dépôts effectués dans le thalweg du rech Pruvot, en aval de la carotte P 4.

Ce qui individualise tant soit peu cette carotte, c'est d'abord le très faible pourcentage de la montmorillonite qui dans les niveaux inférieurs semble disparaître complètement. Dans l'argile beige à gris noir de surface, elle se présente sous sa forme dégradée, donnant sur le diagramme un enregistrement continu de 14 à 10 Å.

Inversement l'illite et la chlorite acquièrent une meilleure cristallinité dans les niveaux sableux inférieurs où l'illite peut atteindre des pourcentages notables (80 %).

Une particularité remarquable est la présence à 40 et 75 cm, d'un pic de faible intensité se situant vers 9 Å dans les échantillons cuits à 530 °C. Cette raie s'amorce déjà vers 30 cm par un enregistrement diffus qui se précise et s'intensifie. Il est possible d'attribuer cette raie à une harmonique d'un minéral interstratifié s'organisant sous l'effet de la chaleur ou à l'apparition progressive d'un minéral de néoformation du type silicate de magnésium.

*La carotte BEL P 6* a été recueillie dans le thalweg du rech du cap Creus à une profondeur de 550 mètres. Presque exclusivement argileuse, sa couleur passe du beige au gris et gris bleu en profondeur. Quelques traces de réduction sont observables vers 30 et 50 cm.

Les résultats des analyses des phyllites sont tout à fait comparables à ceux obtenus pour les carottes précédemment décrites.

La cristallinité des minéraux et en particulier celle de l'illite et de la chlorite augmente avec la profondeur du prélèvement. Sa proportion semble pourtant décroître au fond de la carotte.

En surface les diagrammes de diffractométrie tendent à montrer entre les raies 14 et 10 Å un front continu duquel se dégage le

dessin assez imprécis d'un pic à environ 12,55 Å attribuable à la montmorillonite cristallographiquement mal définie. Le glycérolage conduit à un gonflement qui se caractérise par un enregistrement continu allant de 14 à 17 Å. La cuisson à 530° entraîne l'écrasement du pic à 10 Å.

La carotte *BEL P 8* prélevée à moins de 100 mètres de profondeur, a fait l'objet d'analyses très complètes en raison du double intérêt qu'elle pouvait présenter. Située sur le plateau continental, elle constitue une des premières étapes de l'évolution du matériel détritique amené à la mer; de plus, traversant une tranche assez importante du dépôt quaternaire (400 cm), elle devait permettre de saisir une éventuelle évolution verticale.

Essentiellement argileuse jusqu'à 200 cm, passant du beige au gris bleu, elle devient plus sableuse en profondeur et contient de nombreux fragments de coquilles.

L'association minéralogique comprend les mêmes minéraux de base. Les seuls critères de différenciation sont donc la proportion relative de ces minéraux et leur degré de cristallinité.

La montmorillonite se rencontre sous son faciès dégradé qui se manifeste par des pics très étalés. Cet aspect est plus particulièrement sensible dans les horizons supérieurs et à 150 cm où l'écart réticulaire prend toutes les valeurs comprises entre 14 et 10 Å. Relativement plus abondante en surface (moins de 10 %), elle est très faiblement représentée à 250 cm et disparaît au fond de la carotte.

Une coupure semble d'ailleurs se produire à ce niveau. Outre l'absence de montmorillonite, la chlorite et l'illite présentent un degré élevé de cristallinité. L'enregistrement, pratiquement dépourvu de bruit de fond, montre des pics d'une très grande résolution. Il s'agit d'un matériel détritique possédant encore tous les caractères minéralogiques et cristallographiques de la roche-mère et n'ayant subi aucun phénomène de dégradation.

## CONCLUSION

L'analyse des phyllites contenues dans les carottes de sondage provenant de divers secteurs du précontinent catalan, se caractérise par une assez grande monotonie dans les espèces minérales reconnues. L'association illite-chlorite-montmorillonite-kaolinite, partout présente, confère à cette zone de la Méditerranée une certaine unité.

L'évolution horizontale est à peine décelable. En effet, la morphologie de ce précontinent découpé par de nombreuses vallées, entraîne une sédimentation particulière dont les modalités ont pu être mises en évidence par l'analyse granulométrique. C'est pourquoi les hauteurs disponibles des carottes offrent un champ d'investigation plus intéressant et permettent d'établir certaines corrélations d'ordre granulométrique et climatique.

Le fait le plus régulièrement observé est la présence en surface de minéraux ouverts. Tel est le cas de la montmorillonite dans les horizons supérieurs souvent constitués d'une vase fluide beige et oxydée. Quoique jamais bien cristallisée, l'écart réticulaire se maintient vers 14 Å, vers les niveaux plus profonds et plus compacts.

Ce schéma admet quelques exceptions et des minéraux ouverts (montmorillonite) apparaissent assez brusquement à certains niveaux. Dans le sondage P 8, à 150 cm, cette apparition est liée à la présence d'un horizon plus riche en matière organique et interprété comme un épisode plus chaud pendant la période interglaciaire. L'ouverture des feuillettes serait consécutive à une dégradation plus poussée de ce minéral dans sa phase continentale.

La proportion et l'état cristallin des phyllites semblent donc en relation avec la granulométrie et les épisodes climatiques.

Comme on l'a vu, la montmorillonite, quoique mal définie, est souvent plus abondante dans les horizons supérieurs de vase fluide. Dans les séquences plus grossières elle diminue en proportion (P 3).

En outre, au cours des diverses analyses sur le matériel fin des carottes de sondage, il a été constaté l'existence de deux stocks argileux différenciés par leur granulométrie et leur couleur : une partie relativement plus grossière de couleur beige et une portion ultrafine gris bleu.

Le diagramme de rayons X fourni par cette fraction montre un bruit de fond important aux petits angles attribuables à la phase colloïdale. La raie de l'illite s'y trouve fortement réduite et d'intensité moindre que la raie de la montmorillonite.

Parallèlement, la chlorite et l'illite, généralement bien cristallisées sont en proportion plus élevées dans les séquences plus grossières. Leur haute cristallinité les apparente aux minéraux détritiques micacés, dont l'abondance a été signalée dans la fraction supérieure à 40  $\mu$  lors de l'étude des minéraux lourds. Aucune évolution cristallographique ne semble être intervenue. Le matériel terrigène n'ayant subi que des phénomènes de fragmentation et un triage dimensionnel. Les diagrammes de poudre également effectués montrent en outre la présence de quartz et de feldspath.

Ainsi, l'illite et la chlorite qui forment l'essentiel des phyllites de la fraction fine du dépôt traversé par le carottage P 10, reflètent

par leur degré de cristallinité le caractère résiduel mis en évidence par l'analyse granulométrique.

Le même fait est vérifié dans les niveaux sableux d'autres carottes et plus particulièrement BEL P 5 et P 3.

Enfin, certaines corrélations d'ordre climatologique ont pu être établies pour ces deux minéraux et principalement la chlorite. Cette dernière semble en effet plus abondante et surtout mieux cristallisée dans les dépôts effectués pendant la période glaciaire (BEL P 4 et P 6).

Comme nous l'avons signalé, le dernier horizon (400 cm) de la carotte P 8, dépourvu de montmorillonite et caractérisé par une très bonne cristallinité de la chlorite et du mica-illite, introduit une coupure qui est probablement de nature climatique. Il semble que nous ayons atteint, comme pour la carotte P 9, le sommet de la sédimentation essentiellement détritique effectuée au cours de l'avant-dernière glaciation Riss, dont la limite n'avait pu être déterminée avec certitude par l'analyse micropaléontologique mais se trouve soulignée par l'évolution cristalline des argiles.

L'étude minéralogique de la fraction fine est donc tout à fait concordante avec les données de l'analyse granulométrique et micropaléontologique.

Le secteur régional, relativement restreint, confère aux analyses minéralogiques une certaine monotonie. Néanmoins, quelques précisions ont pu être apportées en ce qui concerne les répartitions dimensionnelles des minéraux lourds et phylliteux. Ces derniers traduisent en outre la nature du matériel terrigène amené depuis le continent, et partant les conditions climatiques. Il peut être uniquement le produit de désagrégation, par le gel entre autres, de roches cristallines ou cristallophylliennes qui forment la bordure continentale, ou résulter d'un lessivage des sols installés au cours de périodes plus chaudes. La dégradation n'a ainsi atteint que la montmorillonite particulièrement fragile de ces sols.

La topographie de ce secteur de la Méditerranée, accidenté de nombreuses vallées sous-marines, a rendu l'étude sédimentologique intéressante pour la compréhension des phénomènes de dynamique sédimentaire. Des zones d'accumulation et des zones de transit s'y établissent et localement intervient l'action d'écoulements turbides qui empruntent les chenaux sous-marins.

En outre, malgré les perturbations que cause cette morphologie, des corrélations ont pu être établies entre la sédimentation et les phases climatiques quaternaires. Rappelons que le produit de l'érosion glaciaire est libéré et mis en circulation dès le retour à un climat plus tempéré et arrive dans le bassin de sédimentation où il donne lieu à un dépôt grossier faisant suite à un matériel rela-

tivement plus fin. Si les conditions de température se maintiennent, il y a stabilisation et entrainement des produits de lessivage des sols.

Cette étude a l'intérêt de montrer la possibilité de saisir, malgré un nombre assez restreint de prélèvements, à travers les divers aspects du sédiment, les phénomènes syngénétiques et diagénétiques qui régissent la sédimentation marine.

### RÉSUMÉ

La sédimentation marine quaternaire du plateau continental et rechs du Roussillon reste soumise aux facteurs climatiques, mais traduit également l'influence de facteurs de dynamique sédimentaire liés le plus souvent à la morphologie particulière de ce secteur.

L'étude minéralogique des sables et des argiles permet de définir une province minéralogique ainsi que l'évolution des minéraux argileux sous l'effet de phénomènes prédiagénétiques.

### SUMMARY

Marine quaternary sedimentation of continental shelf and canyons of Roussillon remains under the influence of climatic conditions, but also expresses the influence of sedimentary dynamics factors that are most often connected with the peculiar morphology of the area.

Mineralogical study of sands and clays enables to define a mineralogical province together with the evolution of argillaceous minerals under the influence of prediagenetical phenomena.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die quaternäre marine Ablagerung im Gebiet der "Rechs" und des kontinentalen Schelfes der Roussillonküste unterliegt den klimatischen Faktoren, steht aber auch mit der sedimentologischen Dynamik in Verbindung, deren Wirkung im Allgemeinen von den morfologischen Besonderheiten dieses Gebietes abhängt.

Die mineralogische Untersuchung des Sandes und des Tones erlaubt die Aufstellung einer mineralogischen Provinz und zeigt die Evolution der tonartigen Mineralien unter der Einwirkung von vordiaogenetischen Erscheinungen.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. BARUSSEAU, J.P., G. BELLAICHE, A. LÉVY, A. MONACO et G. PAUTOT, 1966. Variations paléoclimatiques et sédimentologiques des dépôts quaternaires des rechs du Roussillon (golfe du Lion). *C.R. Acad. Sc., Paris*, 263 : 712-715.
2. BOURCART, J., 1956. Recherches sur le plateau continental de Banyuls. *Vie Milieu*, VI (4) : 435-522.
3. BOURCART, J., 1959. Morphologie du précontinent, des Pyrénées à la Sardaigne. Colloques. In. Cen. natn. Rech. Scient., LXXXIII, mai 1958 : 33-52.
4. BOURCART, J., 1961. Les canyons sous-marins de Banyuls et leur remplissage sédimentaire. *C.R. Acad. Sc., Paris*, 253 : 19-24.
5. BOURCART, J., M. GENNESSEUX et KLIMEK, 1961. Sur le remplissage des canyons sous-marins de la Méditerranée française. *C.R. Acad. Sc., Paris*, 252 : 3693-3698.
6. CHAMLEY, H., H. PAQUET et G. MILLOT, 1962. Minéraux argileux de vases méditerranéennes. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 15 (4) : 161-169.
7. DUBOUL-RAZAVET, C. et A. MONACO, 1966. Etude minéralogique des sables du littoral catalan espagnol. *Vie Milieu*, XVII (1 B) : 217-241.
8. DUPLAIX, S., W.D. NESTEROFF, B.S. HEEZEN, 1965. Minéralogie comparée des sédiments du Tage (Portugal) et de quelques sables profonds de la plaine abyssale correspondante. *Deep Sea Res.*, 12 : 211-217.
9. GLANGEAUD, L., R. SCHLICH, G. PAUTOT, G. BELLAICHE, P. PATRIAT et M. RONFARD, 1966. Morphologie, tectonophysique et évolution géodynamique de la bordure sous-marine des Maures et de l'Esterel. Relations avec les régions voisines. *Bull. Soc. géol. Fr.*, VII(7) : 998-1009.
10. LUCAS, J., 1962. La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Etudes sur les argiles du Trias. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, (3), Strasbourg, p. 202.
11. MONACO, A., 1965. Evolution de quelques sédiments argileux de la Méditerranée occidentale. *Bull. Soc. géol. Fr.*, VII (7) : 521-529.
12. NESTEROFF, W.D., 1962. Essai d'interprétation du mécanisme des courants de turbidité. *Bull. Soc. géol. Fr.*, IV (7) : 850-856.
13. NESTEROFF, W.D., 1965. Le problème des turbidités : les données océanographiques modernes. *Bull. Soc. géol. Fr.*, VII (7) : 587-592.
14. NESTEROFF, W.D., G. SABATIER et B.S. HEEZEN, 1963. Les minéraux argileux dans les sédiments du bassin occidental de la Méditerranée. *Rapp. P.-v. Réunion. Commn. int. Explor. scient. Méditerr.*, XVII (3) : 1005-7.
15. REYSS, D., 1964. Contribution à l'étude du rech Lacaze-Duthiers, vallée sous-marine des côtes du Roussillon. *Vie Milieu*, XV (1) : 1-46.

16. REYSS, D., 1964. Observations faites en soucoupe plongeante dans deux vallées sous-marines de la mer Catalane : le rech du Cap et le rech Lacaze-Duthiers. *Bull. Inst. Océan. Monaco*, 63 (1308) : 1-8.
17. RIVIÈRE, A. et S. VERNHET, 1960. Contribution à l'étude minéralogique des sédiments argileux. Discussion des résultats obtenus par la méthode des agrégats orientés. *C.R. Acad. Sc., Paris*, 251 : 2056-2058.
18. VATAN, A., 1949. Etude pétrographique des matériaux sableux côtiers du golfe du Lion entre le Cap Cerbère et l'embouchure du Rhône. *Sédimentation et Quaternaire*. Bordeaux, C.r. Congr. Char. Dord. : 147-156.

Reçu le 22 mars 1967

1. BOURCART, J. 1958. Recherches sur le plateau continental de Banyuls. *Vis Méditerran. VI (4)* : 433-522.

2. BOURCART, J. 1958. Géologie du plateau continental de Banyuls à Banyuls. *Colloque. In. Gen. nat. Rech. Scient. LXXXIII, mai 1958* : 33-52.

3. BOURCART, J. 1961. Les canyons sous-marins de Banyuls et leur remplissage sédimentaire. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 252 : 19-24.

4. BOURCART, J., M. GARNIER et R. KIRK, 1961. Sur le remplissage des canyons sous-marins de la Méditerranée française. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 252 : 3992-3995.

5. CHAMLEY, H., H. PIGNAT et G. MULLOT, 1962. Mécanisme argileux de vases méditerranéennes. *Bull. Serv. Carte géol. Côte d'Azur*, 15 (4) : 181-183.

6. DUBOIS-REYSSAT, E. et A. MORALES, 1966. Etude minéralogique des sables du littoral catalan espagnol. *Vis Méditerran. XVII (1 B)* : 217-241.

7. DURAN, S., W.D. NASTROT et B.S. HAZEN, 1965. Minéralogie comparative des sédiments du Tage (Portugal) et de quelques sables profonds de la plaine abyssale correspondante. *Revue Géol.*, 12 : 211-217.

8. GRANERAY, J., R. SANCHEZ, G. BARRACLOUGH, P. PAVANET et M. HONNAY, 1966. Morphologie tectonique et évolution tectono-sédimentaire de la bordure sous-marine des Maures et de l'Arc de l'Est. Relations avec les régions voisines. *Bull. Soc. géol. France*, VIII (7) : 998-1002.

9. LUCAS, J. 1965. La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Etudes sur les argiles du Trias. *Mém. Serv. Carte géol. Côte d'Azur*, (3), Strasbourg, p. 202.

10. MORALES, A. 1965. Evolution de quelques sédiments argileux de la Méditerranée occidentale. *Bull. Soc. géol. France*, VII (7) : 521-529.

11. NASTROT, W.D. 1962. Essai d'interprétation du mécanisme des courants de turbidité. *Bull. Soc. géol. France*, IV (7) : 850-858.

12. NASTROT, W.D. 1965. La turbidité : les données océanographiques modernes. *Bull. Soc. géol. France*, VII (7) : 681-682.

13. NASTROT, W.D., G. SANCHEZ et B.S. HAZEN, 1963. Les minéraux argileux dans les sédiments du bassin occidental de la Méditerranée. *Revue Géol. Comm. Int. Explor. Scient. Méditerran. XVII (3)* : 1903-7.

14. REYSS, D. 1964. Contribution à l'étude de l'arc de Cap Cerbère-Duthiers, vallées sous-marines des côtes du Roussillon. *Vis Méditerran. XV (1)* : 1-16.

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES FORAMINIFÈRES DES RECHS DU ROUSSILLON ET DU PLATEAU CONTINENTAL DE BORDURE

par Alain LEVY

*Laboratoire de Micropaléontologie, Paris*

## SOMMAIRE

L'utilisation des Foraminifères planctoniques pour résoudre certains problèmes écologiques et paléoécologiques permettant de distinguer et de reconstituer par des carottages, les successions climatologiques du Pléistocène, est relativement récente. Citons les travaux d'ERICSON, de WOLLIN, de PHLEGER, de PARKER et de PIERSON en Atlantique de 1947 à 1961, d'EMILIANI, de TODD et de PARKER en Méditerranée de 1947 à 1955, de RUSHDI SAID et de HERMAN (1949 et 1964) en Mer Rouge. Cet usage repose sur le fait que les organismes planctoniques en liberté dans la mer dépendent essentiellement de la température de l'eau, et par conséquent du climat. Les formes benthiques, au contraire, ne peuvent pas être utilisées aux mêmes fins, car leur présence est liée à la fois aux conditions climatologiques et bathymétriques. Cependant on a pris l'habitude de les mentionner dans chaque succession froide ou chaude où elles constituent des formes d'accompagnement. Elles possèdent de ce fait une importance moindre dans la mesure où l'on ne sait pas séparer avec certitude, l'influence exercée par les conditions de vie sur le fond et celle provoquée par le climat.

## INTRODUCTION

L'étude des Foraminifères des « rechs » ou vallées sous-marines du Roussillon s'intègre dans l'ensemble des travaux réalisés par L. GLANGEAUD, en Méditerranée Occidentale, qui contribuent à la connaissance de la géologie du Quaternaire marin. A côté des

études sédimentologiques (granulométrie, minéraux lourds, paléotempératures...), les recherches sur la microfaune occupent une place essentielle, dans la mesure où elles doivent nous permettre pour les raisons invoquées dans le sommaire, d'identifier les variations climatologiques qui ont affecté le Pleistocène, et de les rapporter aux périodes glaciaires et interglaciaires correspondantes.

Tous les prélèvements ont été effectués lors d'une campagne de la « Catherine Laurence », en Mer Catalane, au cours du printemps 1965. Un carottier de type Kullenberg a été utilisé, qui, le plus souvent, nous a donné entière satisfaction. Seule la carotte P 9 a atteint la cote — 752 cm et a traversé des niveaux sableux. Toutes les autres ont pénétré des dépôts de vase contenant parfois quelques intercalations de sable.

Cette étude présente la particularité d'avoir été réalisée sur le domaine de canyons sous-marins tel que le Rech Lacaze-Duthiers. Dans cet espace limité, où les distances entre les points de carottage sont relativement faibles, les variations bathymétriques correspondantes sont grandes; les profondeurs maximale et minimale mesurées sont — 550 et — 70 mètres. Le tableau ci-dessous montre la répartition des profondeurs aux lieux des sept implantations envisagées dans cette étude.

P 8 .....	78 m
P 9 .....	93 m
P 10 .....	108 m
P 4 .....	290 m
P 5 .....	325 m
P 3 .....	515 m
P 6 .....	534 m

Etant donné ces différences de niveaux, les résultats de l'analyse quantitative des Foraminifères ont été représentés graphiquement sous la forme de « Pie-Diagrams ». Ceux-ci illustrent l'état et la répartition de cette faunule sur le fond du canyon, qui dépendent de certains facteurs, tels que la profondeur, à laquelle sont rattachés plusieurs autres (lumière, pression ...). C'est le point de départ utilisé dans ce travail pour l'étude de chaque carotte, à partir duquel nous descendons la série stratigraphique, contrairement aux géologues étudiant des niveaux plus anciens qui la remontent. Ces diagrammes circulaires permettent de connaître, en allant du centre à la périphérie :

— La proportion de formes possédant l'un des trois types de structure suivants : *Arénacé*, *Imperforé* ou *Porcelané* et *perforé*; ces types correspondent aux sous-ordres de la classification de A.R. LOEBLICH et H. TAPAN (1964) : *Textulariina*, *Miliolina* et *Rotalina*.

— Le pourcentage des familles, genres et espèces, par rapport à l'ensemble des individus de la faunule, comptés dans un volume donné de sédiment : 1 cm<sup>3</sup>.

Chaque diagramme est accompagné d'un graphique illustrant l'évolution des familles de Foraminifères, depuis le sommet jusqu'à la base de chaque carotte, et le rapport des microfaunes benthique et planctonique.

Tous ces résultats quantitatifs complètent les analyses qualitatives dont les données ont été rassemblées dans un tableau unique, situé à la fin de ce travail; cette représentation permet de connaître les espèces qui par suite de leur petit nombre, n'ont pu être figurées dans les diagrammes circulaires. Un autre tableau a été figuré, où chaque espèce rencontrée, prend place dans la classification systématique adoptée dans cette étude; cette représentation permet de connaître sous quel nom d'origine, toutes ces espèces ont été initialement décrites.

## MÉTHODES D'ÉTUDE

A la fin de la campagne, toutes les carottes protégées par une gaine en matière plastique, ont été déposées au laboratoire de Villefranche-sur-Mer, où elles ont été sectionnées en deux parties. La première a été affectée aux études physico-chimiques telles que pH, paléo-températures, ...; la seconde a été subdivisée en deux parties. L'une a fait l'objet d'études sédimentologiques (granulométrie, minéraux lourds), l'autre a été consacrée à l'étude des Foraminifères. A partir du sommet, chaque carotte a été divisée en tronçons de 5 centimètres, espacés les uns des autres par des intervalles de 30 centimètres environ.

Au total, 40 échantillons ont été lavés au jet d'eau, sur un tamis dont la maille a un diamètre de 0,20 mm, et chaque résidu a fait l'objet d'une analyse qualitative et quantitative; cette évaluation du nombre d'individus a été rapportée à une même unité de volume : 1 cm<sup>3</sup> pour les vases et les sables. L'étude quantitative des formes planctoniques contenues dans les sables, a nécessité l'emploi d'un volume 30 fois plus grand. Dans ce cas, les espèces ont été isolées du sédiment, par immersion dans un bain de tétrachlorure de carbone dans lequel elles surnagent. Enfin, dans tous les cas, ce volume unitaire a été isolé par la méthode des Quartiers qui permet de séparer une fraction homogène de sédiment.

## DESCRIPTION DES CAROTTES

Avant d'aborder cette étude, nous devons décrire les formes planctoniques actuelles d'eaux chaudes, et celles caractérisant des milieux plus froids. Si l'écologie de toutes ces formes a pour principal objet de contribuer à la connaissance des conditions de milieux optima et limites de chaque espèce peuplant les mers du globe, la paléoécologie a pour but de connaître ces conditions dans les périodes antérieures. Etant donné que les espèces actuelles ont peu évolué depuis le Tertiaire, les résultats paléoécologiques des sédiments quaternaires prennent davantage de valeur, dans la mesure où ils se fondent sur des espèces dont l'écologie est mieux connue.

Dans cette étude, nous avons utilisé les données fragmentaires de la bibliographie, et principalement le tableau synthétique publié par TODD (1947), dont nous reproduisons un modèle.

CHAUD	TEMPERE	FROID
<i>Globigerinoïdes</i>	<i>Globigerina</i>	<i>Globigerina</i>
<i>G. conglobatus</i>	<i>G. inflata</i>	<i>G. bulloïdes</i>
<i>rubra</i> →	←	← <i>eggeri</i>
<i>sacculifera</i>		←
<i>Orbulina</i>		<i>pachyderma</i>
<i>O. universa</i> →		<i>quinqueloba</i>
<i>Globorotalia</i>		<i>Globorotalia</i>
<i>G. truncatulinoides</i> →		<i>G. scitula</i>

### CAROTTE BEL P 6

#### CAROTTE BEL P 6

Longitude .. 3° 22' 35"      Profondeur ..... 534 m  
 Latitude .... 42° 22'      Longueur ..... 192 cm

#### ASPECT MACROSCOPIQUE

0 - 30 cm. — Cette portion de carotte est essentiellement constituée de matériel vaso-argileux plastique, de teinte claire, présentant un aspect assez homogène.

30 - 192 cm. — Au-dessous de la cote 30 cm, cette vase argileuse devient plus compacte, plus homogène, et présente un aspect plus sombre.

#### MICROPALÉONTOLOGIE (fig. 1 et 2).

##### a) Foraminifères planctoniques

L'échantillon du sommet de la carotte correspond à un sédiment actuel déposé tout en haut de la série stratigraphique à 534 m de profondeur. Les Foraminifères planctoniques d'eaux chaude et froide accompagnant ces dépôts sont bien représentés, car les eaux de la Méditerranée actuelle sont tempérées froides; pour les carac-

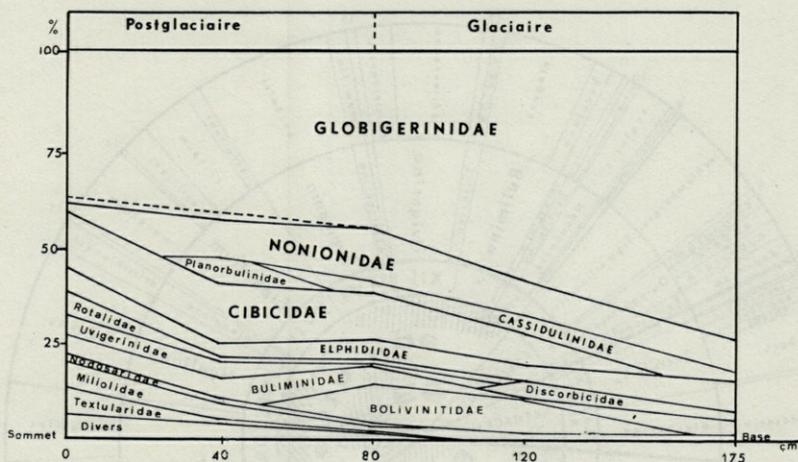


FIG. 1. — Répartition des familles de Foraminifères, depuis le sommet jusqu'à la base de la carotte P 6.

Abscisse : cote des niveaux.

Ordonnée : % de chaque famille par rapport à l'ensemble des individus de l'association.

tériser, PARKER utilise même l'expression « Températures froides modernes ». Parmi les formes rencontrées, citons les plus fréquentes : *Globigerina bulloides*, *inflata*, *pachyderma* et *quinqueloba*, *Globigerinoides rubra* et *conglobatus*, *Globorotalia truncatulinoides* et *Orbulina universa*. Ce sont presque toutes des formes caractéristiques du bassin méditerranéen, et en particulier, *Globigerina bulloides*.

Cette microfaune change de caractère dès la cote 80 cm, à partir de laquelle les formes froides dominent largement : ce sont *Globigerina bulloides* et *Globigerina pachyderma*, dont les pourcentages augmentent constamment jusqu'à l'extrême base de la carotte. Les formes d'eau chaude y sont très rares; seule *Globigerinoides rubra* compte quelques individus. Le tableau ci-dessous indique le pourcentage des trois espèces citées, en fonction de la cote de l'échantillon :

Cote	0 cm	30 cm	100 cm	130 cm	192 cm
<i>Globigerina</i>					
<i>G. bulloides</i>	13,1 %	38,3 %	41,0 %	53,7 %	61,7 %
<i>pachyderma</i>	2,2 %	1,0 %	4,0 %	11,0 %	12,0 %
<i>Globigerinoides</i>					
<i>G. rubra</i>	1,0 %	0 %	1,2 %	1,2 %	1,2 %



La figure n° 1 montre que le rapport de ces deux types de formes décroît progressivement du sommet à la base de la carotte : 27 % contre 73 % environ. Cette diminution semble être due, d'une part à la raréfaction et à la disparition des *Textularidae*, *Miliolidae* et des *Buliminidae*, et à l'augmentation du nombre des espèces de la famille des *Globigerinidae* d'autre part. Indépendamment des variations de température qui ont affecté les dépôts, il semble, étant donné les variations de pourcentage des diverses familles, que les conditions de vie sur le fond du canyon, n'aient pas été toujours les mêmes.

Parmi toutes les espèces benthiques qui accompagnent les formes planctoniques d'eau chaude, citons principalement : *Bigenarina nodosaria*, *Textularia bocki*, *Sigmoilinopsis schlumbergeri*, *Briozalina aenarensis*, *Bulimina elegans*, *Uvigerina mediterranea*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *macellum et cuvillieri*, *Planulina ariminensis*, *Hyalinea balthica*, *Cibicides lobatulus* et *pseudougerianus*, *Cassidulina laevigata*, *Nonion pompilioïdes* et *umbilicatum*.

Celles qui accompagnent les formes planctoniques d'eau froide sont plus particulièrement : *Hyalinea balthica*, *Cassidulina laevigata*, *Nonion pompilioïdes* et *umbilicatum*.

#### CAROTTE BEL P 8

Longitude . . . . .	3° 11' 45"	Profondeur . . . . .	78 m
Latitude . . . . .	42° 36' 50"	Longueur . . . . .	400 cm

#### ASPECT MACROSCOPIQUE

0 - 180 cm. — Cette fraction supérieure de carotte est une vase très plastique, d'aspect homogène.

180 - 400 cm. — Cette portion inférieure présente, dans son ensemble, un caractère plus hétérogène. Elle est constituée par un matériel vaso-argileux très compact, ressemblant davantage à une marne qu'à une vase. Il faut mentionner deux intercalations sableuses de 10 à 20 centimètres d'épaisseur, aux cotes 200 et 300 cm, ainsi que la présence de quelques éléments coquilliers (*Cardium*). Entre les niveaux 290 et 300 cm, la carotte comporte une lacune pouvant être due à des perturbations nées lors de la traversée par le carottier, d'un niveau très coquillier.

MICROPALÉONTOLOGIE (fig. 3 et 4).

a) Foraminifères planctoniques

La microfaune de la partie supérieure de la carotte P 8, limitée par les cotes 0 et 240 centimètres, contient des formes d'eau tempérée, semblables aux espèces actuelles. *Globigerina bulloïdes* domine; elle est accompagnée également par *Globigerina inflata*. *Globigerinoïdes rubra*, et en proportion moindre, par *Globigerinoïdes conglobatus*, *pyramidalis*, *Hastigerina aequilateralis*, *Globorotalia truncatulinoïdes*, *Globigerina eggeri*, *pachyderma* et *Orbulina universa*.

L'étude de la couche de sédiment comprise entre les niveaux 240 et 300 cm, indique un changement brutal des conditions de milieu. Le pourcentage des formes planctoniques est devenu très faible; il oscille autour de 1,5 % par rapport à l'ensemble de la population. Cette zone ne contient plus que des formes tempérées ou froides telles que *Globigerina bulloïdes* et *pachyderma* qui sont elles-mêmes peu fréquentes.

La microfaune de la fraction de sédiment comprise entre les cotes 300 et 400 cm, indique des conditions climatologiques plus chaudes; elle est constituée exclusivement par *Globigerina bul-*

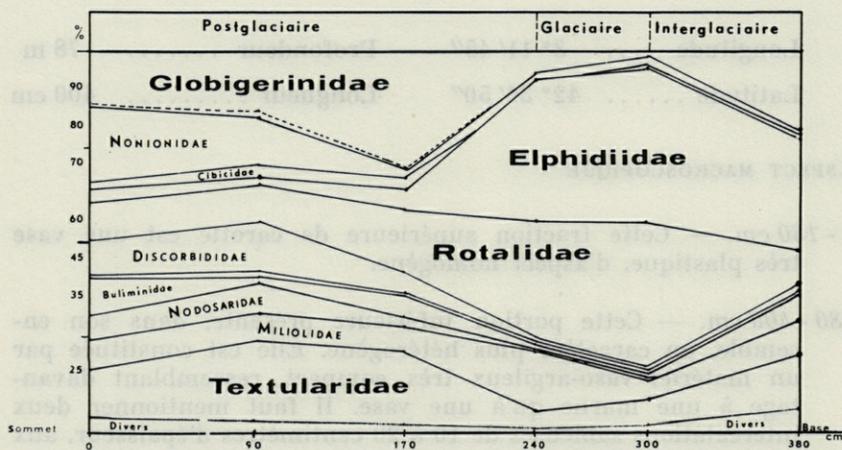


FIG. 3. — Répartition des familles de Foraminifères, depuis le sommet jusqu'à la base de la carotte P 8.

Abscisse : cote des niveaux.

Ordonnée : % de chaque famille par rapport à l'ensemble des individus de l'association.

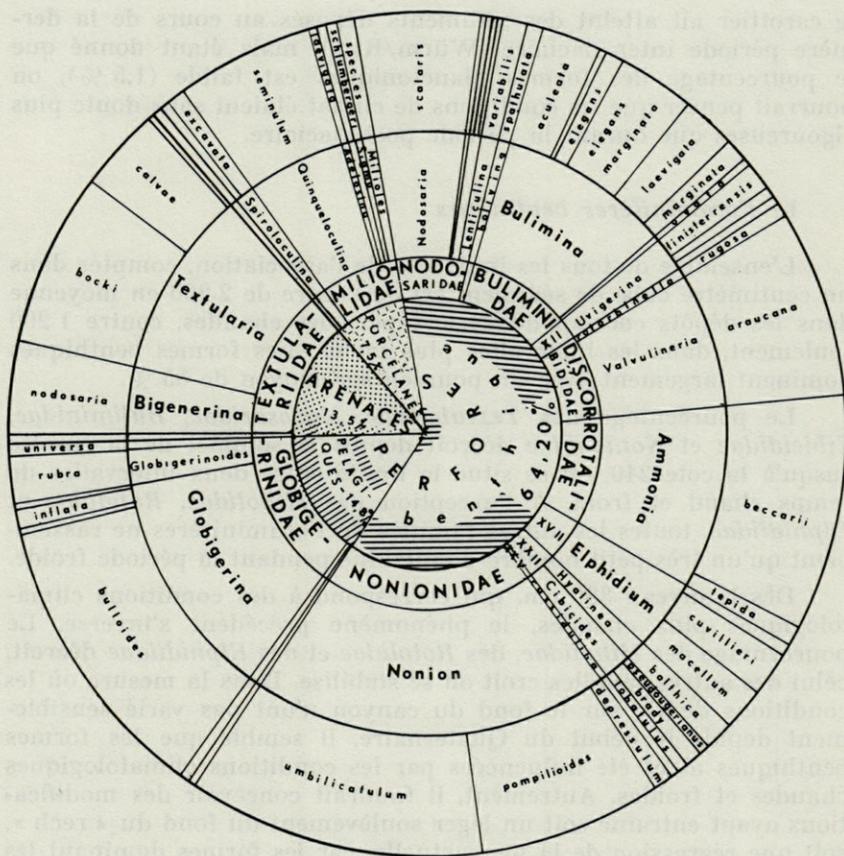


Fig. 4. — Diagramme circulaire n° 2, carotte P 8.

*loïdes*, *inflata*, *eggeri*, *Globigerinoides rubra*, *conglobatus*, et à la base de la carotte seulement, nous trouvons : *Globigerinoides pyramidalis*, *Globorotalia truncatulinoïdes* et *Orbulina universa*.

Ainsi, trois zones climatologiques peuvent être différenciées :

— Du sommet à la cote 240 cm, la microfaune post-glaciaire indique des conditions de température analogues à celles du climat actuel.

— Au-dessous, jusqu'au niveau 300 cm, les conditions plus rigoureuses du climat, d'après leur retentissement sur la microfaune planctonique, semblent correspondre à la dernière période glaciaire.

— Enfin, la tranche comprise entre les niveaux 300 et 400 cm, indique une période moins froide que la précédente; il semble que

le carottier ait atteint des sédiments déposés au cours de la dernière période inter-glaciaire (Würm/Riss), mais étant donné que le pourcentage des formes planctoniques est faible (1,5 %), on pourrait penser que les conditions de climat étaient sans doute plus rigoureuses que durant la période post-glaciaire.

#### b) Foraminifères benthiques

L'ensemble de tous les individus de l'association, comptés dans un centimètre cube de sédiment est de l'ordre de 2 200 en moyenne dans les dépôts correspondant aux périodes chaudes, contre 1 200 seulement, dans les intervalles plus froids. Les formes benthiques dominent largement avec un pourcentage moyen de 85 %.

Le pourcentage des *Textularidae*, *Nodosaridae*, *Buliminidae*, *Cibicididae* et *Nonionidae* décroît depuis le sommet de la carotte jusqu'à la cote 240, où se situe la limite entre deux intervalles de temps chaud et froid. A l'exception des *Miliolidae*, *Rotolidae* et *Elphidiidae*, toutes les autres familles de Foraminifères ne rassemblent qu'un très petit nombre d'individus pendant la période froide.

Dès le niveau 300 cm, qui correspond à des conditions climatologiques plus chaudes, le phénomène précédent s'inverse. Le pourcentage des *Miliolidae*, des *Rotolidae* et des *Elphidiidae* décroît, celui des autres familles croît ou se stabilise. Dans la mesure où les conditions de vie sur le fond du canyon n'ont pas varié sensiblement depuis le début du Quaternaire, il semble que les formes benthiques aient été influencées par les conditions climatologiques chaudes et froides. Autrement, il faudrait concevoir des modifications ayant entraîné soit un léger soulèvement du fond du « rech », soit une régression de la mer actuelle, car les formes dominant les dépôts de la période froide ont un caractère plus littoral que celles des niveaux surincombants. Citons principalement *Quinqueloculina seminulum*, *Ammonia beccarii* et *Elphidium crispum*. Il n'est pas impossible non plus, que de telles modifications aient accompagné les variations climatologiques de la fin du Pleistocène; mais dans cette hypothèse, il n'est pas possible de séparer l'influence du climat de celle du milieu.

Les espèces benthiques les plus fréquentes, accompagnant les formes planctoniques de la période froide sont principalement : *Quinqueloculina seminulum*, *auberiana*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *cuvillieri*, *lidoense* et *strattoni*.

Celles qui accompagnent les formes d'eaux chaudes sont : *Textularia bocki*, *Bigenerina nodosaria*, *Nodosaria scalaris*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *Valvulineria araucana*, *Hyalinea balthica*, *Nonion pompilioïdes* et *umbilicatum*.

CAROTTE BEL P 4

Longitude . . . . . 3° 31' 15"      Profondeur . . . . . 290 m  
 Latitude . . . . . 42° 34' 28"      Longueur . . . . . 195 cm

ASPECT MACROSCOPIQUE

0 - 22 cm. — Cette fraction de carotte est constituée par un matériel vaso-sableux.

22 - 195 cm. — Le matériel sédimentaire précédent devient plus vaseux dans sa partie inférieure, où il passe à une vase compacte.

MICROPALÉONTOLOGIE (fig. 5 et 6).

a) Foraminifères planctoniques

La couche 0-100 cm représente des dépôts post-glaciaires; l'association des Foraminifères planctoniques, dominée par *Globi-*

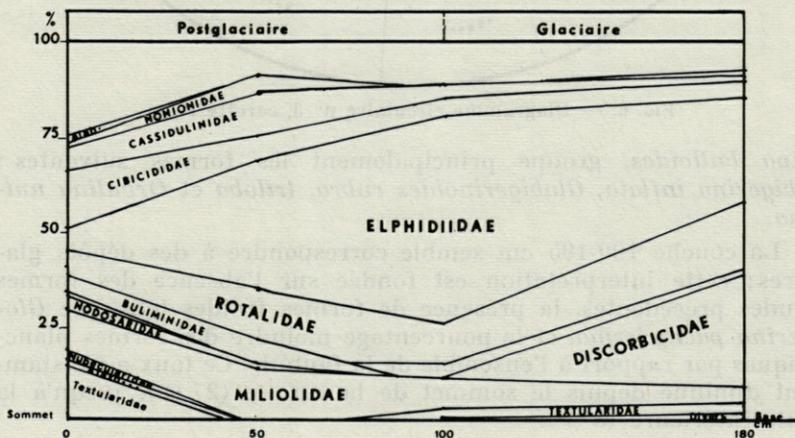


FIG. 5. — Répartition des familles de Foraminifères, depuis le sommet jusqu'à la base de la carotte P 4.

Abscisse : cote des niveaux.

Ordonnée : % de chaque famille par rapport à l'ensemble des individus de l'association.

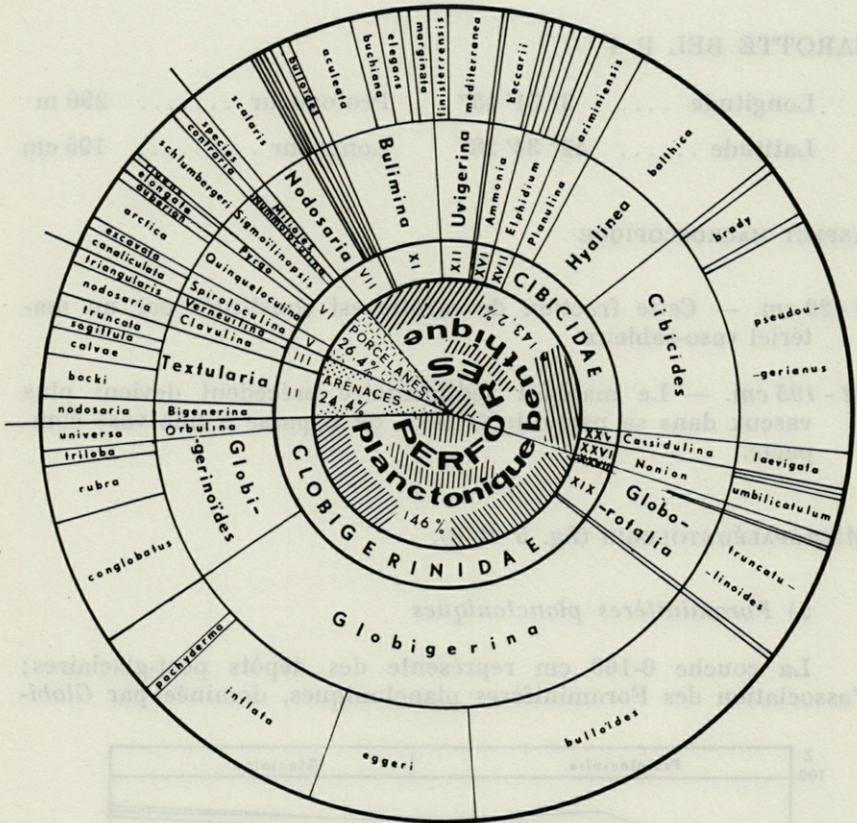


FIG. 6. — Diagramme circulaire n° 3, carotte P 4.

*gerina bulloides*, groupe principalement les formes suivantes : *Globigerina inflata*, *Globigerinoides rubra*, *triloba* et *Orbulina universa*.

La couche 100-195 cm semble correspondre à des dépôts glaciaires; cette interprétation est fondée sur l'absence des formes chaudes précédentes, la présence de formes froides telle que *Globigerina pachyderma*, et le pourcentage moindre des formes planctoniques par rapport à l'ensemble de la faune. Ce taux a constamment diminué depuis le sommet de la carotte (27 %), jusqu'à la partie inférieure (8 %).

#### b) Foraminifères benthiques

L'étude quantitative montre qu'un centimètre cube de sédiment contient environ 450 tests de Foraminifères. Le pourcentage des

formes benthiques constitue, en moyenne, plus de 80 % de l'ensemble des individus de l'association. Les dépôts effectués à une profondeur relativement faible, contiennent une microfaune benthique dominée par les *Miliolidae*, les *Rotalidae*, les *Elphidiidae* et les *Cibicididae*.

Les espèces qui accompagnent les formes planctoniques d'eau chaude sont principalement : *Bigenerina nodosaria*, *Textularia bocki*, *Sigmoilinopsis schlumbergeri*, *Nodosaria scalaris*, *Bulimina elegans*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *Cibicides lobatulus*, *pseudougerianus* et *Cassidulina laevigata*.

Celles qui accompagnent les formes planctoniques d'eau froide sont : *Bulimina elegans*, *laevigata*, *marginata*, *Ammonia tepida*, *Elphidium strattoni* et *Hyalinea balthica*.

### CAROTTE BEL P. 3

Longitude . . . . .	3° 33' 00"	Profondeur . . . . .	515 m
Latitude . . . . .	42° 31' 10"	Longueur . . . . .	95 cm

### ASPECT MACROSCOPIQUE

0 - 45 cm. — Le matériel sédimentaire de cette fraction supérieure de carotte est une vase argileuse très plastique.

45 - 95 cm. — Au-dessous, l'observation d'une lacune de 30 cm de hauteur, surmontant un matériel sablo-vaseux, semble correspondre à des perturbations mécaniques nées au cours de l'enfoncement du carottier.

### MICROPALÉONTOLOGIE (fig. 7 et 8).

#### a) Foraminifères planctoniques

La microfaune planctonique de la couche 0-95 cm, présente beaucoup d'uniformité. Aucun changement qualitatif notable n'a été observé, et les variations quantitatives sont négligeables entre le sommet et la base de cette carotte. L'association est constituée

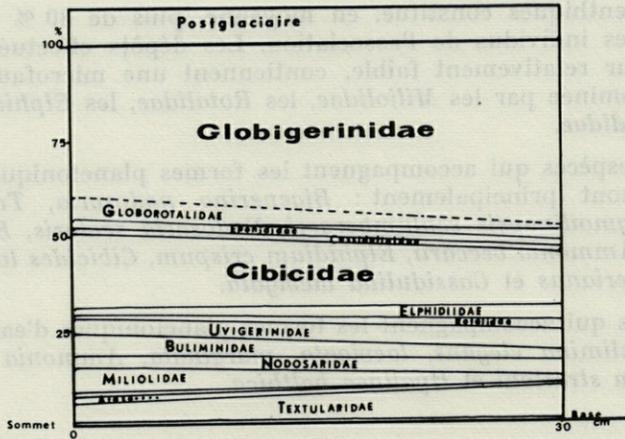


FIG. 7. — Répartition des familles de Foraminifères, depuis le sommet jusqu'à la base de la carotte P 3.

Abscisse : cote des niveaux.

Ordonnée : % de chaque famille par rapport à l'ensemble des individus de l'association.

principalement par les espèces suivantes : *Globigerina bulloides*, *inflata*, *eggeri*, *pachyderma*, *Globigerinoides rubra*, *conglobatus*, *Hastigerina aequilateralis*, *Orbulina universa*, *Globorotalia truncatulinoides*. Elle semble appartenir aux dépôts post-glaciaires.

#### b) Foraminifères benthiques

Le nombre total d'individus comptés dans un cm<sup>3</sup> de sédiment, est, en moyenne, de 2 250. Les formes benthiques ne constituent qu'un pourcentage moyen de 52 % environ. A la profondeur de 515 mètres, la plupart des formes littorales sont rares ou absentes; d'autres espèces dominent l'association; citons en particulier : *Textularia bocki*, *Nodosaria scalaris*, *Bulimina aculeata*, *Uvigerina mediterranea*, *Hyalinea balthica* et *Cibicides pseudougerianus*.

#### CAROTTE BEL P. 10

Longitude ....	3° 22' 40"	Profondeur .....	108 m
Latitude .....	42° 32' 40"	Longueur .....	162 cm



MICROPALÉONTOLOGIE (fig. 9 et 10).

a) *Foraminifères planctoniques*

Deux zones peuvent être différenciées :

- De 0 à 100 cm, la carotte correspond à des dépôts post-glaciaires. La microfaune planctonique groupe plusieurs espèces telles que : *Globigerina bulloides*, *eggeri*, *inflata*, *Globorotalia truncatulinoides* et *Orbulina universa*.
- De 100 à 162 cm, la présence des formes froides telles que *Globigerina quinqueloba* et *pachyderma* semble indiquer un refroidissement du milieu, pouvant être mis en relation avec la dernière période glaciaire.

b) *Foraminifères benthiques*

Le nombre moyen d'individus contenus dans un cm<sup>3</sup> de sédiment est d'environ 750. Le pourcentage des formes benthiques dépasse 85 % en moyenne. Les formes littorales dominent l'association; elles appartiennent aux familles suivantes : *Miliolidae*, *Rotalidae*, *Elphidiidae*.

Les formes qui accompagnent les espèces planctoniques d'eau chaude sont principalement : *Textularia bocki*, *calvae*, *Quinquelo-*

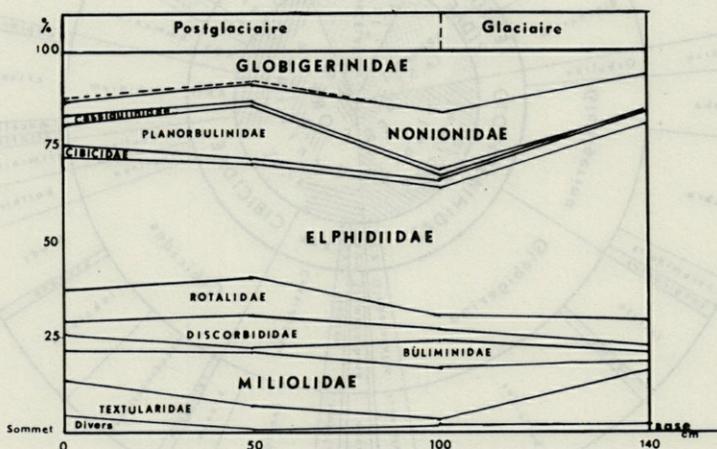


FIG. 9. — Répartition des familles de Foraminifères, depuis le sommet jusqu'à la base de la carotte P 10.

Abscisse : cote des niveaux.

Ordonnée : % de chaque famille par rapport à l'ensemble des individus de l'association.

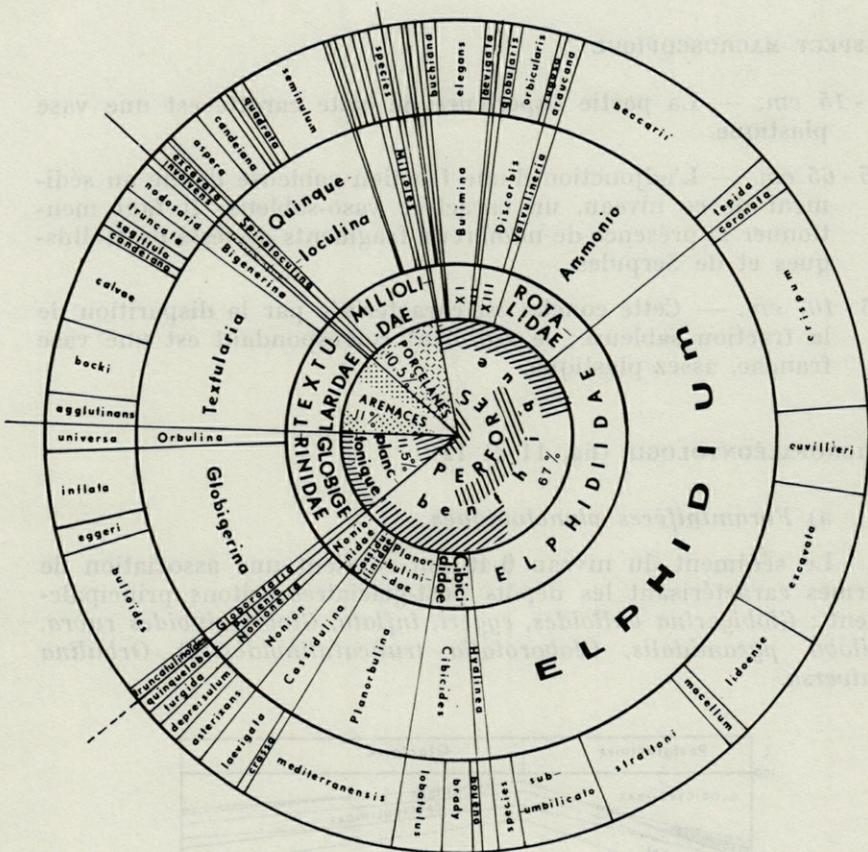


FIG. 10. — Diagramme circulaire n° 5, carotte P 10.

*culina seminulum*, *Bulimina elegans*, *Discorbis orbicularis*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *Planorbulina mediterranensis* et *Cassidulina laevigata*.

Celles accompagnant les espèces planctoniques d'eau froide sont : *Quinqueloculina seminulum*, *Bulimina elegans*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium strattoni*, *subumbilicata*, *Cibicides bradyi* et *Nonion asterizans*.

CAROTTE BEL P 5

Longitude . . . . .	3° 25' 00"	Profondeur . . . . .	325 m
Latitude . . . . .	42° 34' 20"	Longueur . . . . .	107 cm

ASPECT MACROSCOPIQUE

0 - 15 cm. — La partie supérieure de cette carotte est une vase plastique.

15 - 65 cm. — L'adjonction d'une fraction sableuse donne au sédiment de ce niveau, un caractère vaso-sableux. Il faut mentionner la présence de nombreux fragments de tests de Mollusques et de Serpules.

65 - 107 cm. — Cette couche est caractérisée par la disparition de la fraction sableuse; le sédiment correspondant est une vase franche, assez plastique.

MICROPALÉONTOLOGIE (fig. 11 et 12)

a) Foraminifères planctoniques

Le sédiment du niveau 0-40 cm contient une association de formes caractérisant les dépôts post-glaciaires; citons principalement : *Globigerina bulloides*, *eggeri*, *inflata*, *Globigerinoides rubra*, *triloba*, *pyramidalis*, *Globorotalia truncatulinoides* et *Orbulina universa*.

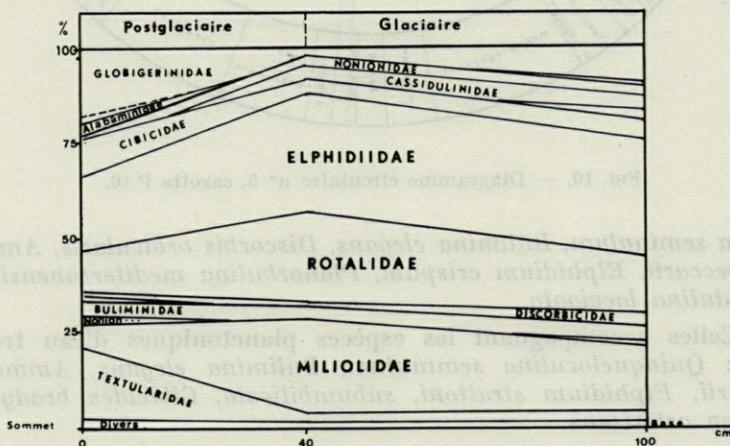


FIG. 11. — Répartition des familles de Foraminifères, depuis le sommet jusqu'à la base de la carotte P 5.

Abscisse : cote des niveaux.

Ordonnée : % de chaque famille par rapport à l'ensemble des individus de l'association.

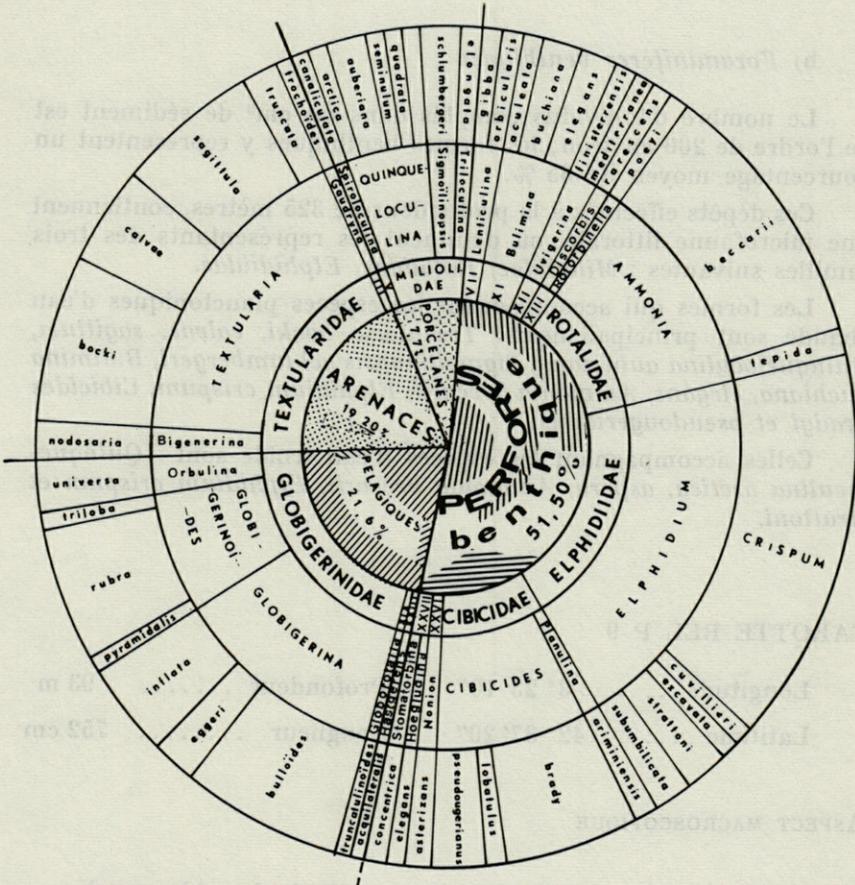


FIG. 12. — Diagramme circulaire n° 6, carotte P 5.

L'association des formes planctoniques de la couche 40-107 cm, semble indiquer des conditions de milieu plus rigoureuses; il faut noter à la fois la présence de formes froides telles que *Globigerina pachyderma*, l'absence des espèces d'eau chaude précédentes, et la diminution du pourcentage des formes planctoniques par rapport à l'ensemble de la faunule. Ce niveau pourrait avoir été mis en place au cours de la dernière période glaciaire. Enfin, le fait que l'épaisseur de la couche correspondant à la période post-glaciaire soit plus faible que la moyenne des dépôts évaluée sur toutes les carottes précédentes, semble témoigner que la vitesse de sédimentation n'a pas été égale au fond du canyon.

b) *Foraminifères benthiques*

Le nombre d'individus comptés dans un cm<sup>3</sup> de sédiment est de l'ordre de 200 environ; les formes benthiques y représentent un pourcentage moyen de 85 %.

Ces dépôts effectués à la profondeur de 325 mètres, contiennent une microfaune littorale, où dominent les représentants des trois familles suivantes : *Miliolidae*, *Rotalidae*, *Elphidiidae*.

Les formes qui accompagnent les espèces planctoniques d'eau chaude sont principalement : *Textularia bocki*, *calvae*, *sagittula*, *Quinqueloculina auberiana*, *Sigmoilinopsis schlumbergeri*, *Bulimina buchiana*, *elegans*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *Cibicides bradyi* et *pseudougerianus*.

Celles accompagnant les espèces d'eau froide sont : *Quinqueloculina arctica*, *aspera*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum* et *strattoni*.

CAROTTE BEL P 9

Longitude ....	3° 23' 10"	Profondeur .....	93 m
Latitude .....	42° 37' 20"	Longueur .....	752 cm

ASPECT MACROSCOPIQUE

Cette carotte est essentiellement constituée de sable grossier.

MICROPALÉONTOLOGIE

a) *Foraminifères planctoniques* (fig. 13 et 14)

A tous les niveaux, la carotte sableuse P 9 est caractérisée par un appauvrissement en individus et en espèces, rendant l'interprétation climatologique plus délicate. Pour obtenir des résultats satisfaisants, il a été nécessaire d'utiliser un volume de sédiment 30 fois plus grand.

L'horizon 0-95 cm semble correspondre aux dépôts post-glaciaires, caractérisés par une microfaune planctonique d'eau tem-

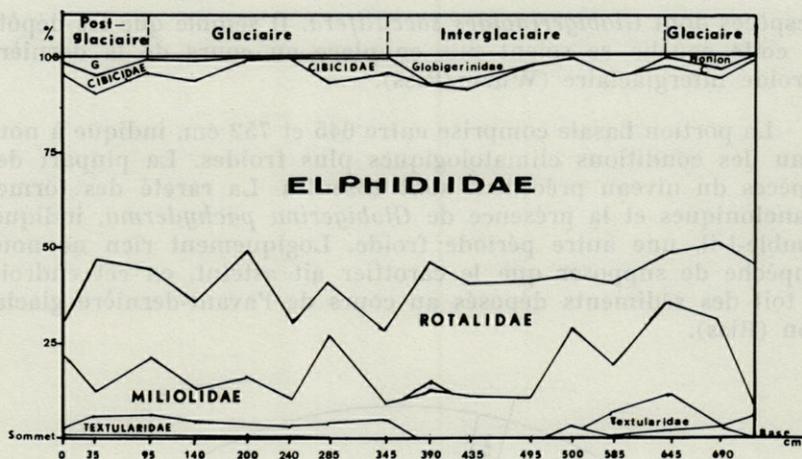


FIG. 13. — Répartition des familles de Foraminifères, depuis le sommet jusqu'à la base de la carotte P 9.

Abscisse : cote des niveaux.

Ordonnée : % de chaque famille par rapport à l'ensemble des individus de l'association.

pérée telle que : *Globigerina bulloides* et *Globigerinoides rubra* essentiellement.

L'étude du niveau 95-345 cm montre l'absence de la plupart des formes d'eau chaude, la présence d'espèces froides telles que *Globigerina pachyderma*, et, d'une manière générale, la raréfaction du nombre d'espèces planctoniques et des individus. Ces observations peuvent nous autoriser à penser que les conditions climatologiques qui ont présidé la formation des dépôts correspondants étaient rigoureuses. Cependant, il ne semble pas que cette température glaciaire ait été uniforme pendant cet intervalle de temps. Il est plus vraisemblable que cette période froide ait été coupée par plusieurs oscillations plus chaudes, représentant des phases interstadales de durées limitées. Deux oscillations chaudes ont pu être différenciées; l'une au niveau 140-150 cm, l'autre à l'horizon 195-205 cm.

Entre 345 et 654 cm la microfaune planctonique d'eau chaude remplace l'association froide; mais il importe de souligner que cette apparition ne correspond pas en fait, à ce qui s'est passé au cours des temps géologiques, car lorsqu'on décrit une série de haut en bas, l'apparition d'une forme correspond à sa disparition dans le temps. Ces formes d'eau chaude sont représentées par un dizaine

d'espèces dont *Globigerinoides sacculifera*. Il semble que les dépôts de cette couche se soient mis en place au cours de la dernière période interglaciaire (Würm/Riss).

La portion basale comprise entre 645 et 752 cm, indique à nouveau des conditions climatologiques plus froides. La plupart des espèces du niveau précédent sont absentes. La rareté des formes planctoniques et la présence de *Globigerina pachyderma*, indique, semble-t-il, une autre période froide. Logiquement rien ne nous empêche de supposer que le carottier ait atteint, en cet endroit, le toit des sédiments déposés au cours de l'avant-dernière glaciation (Riss).

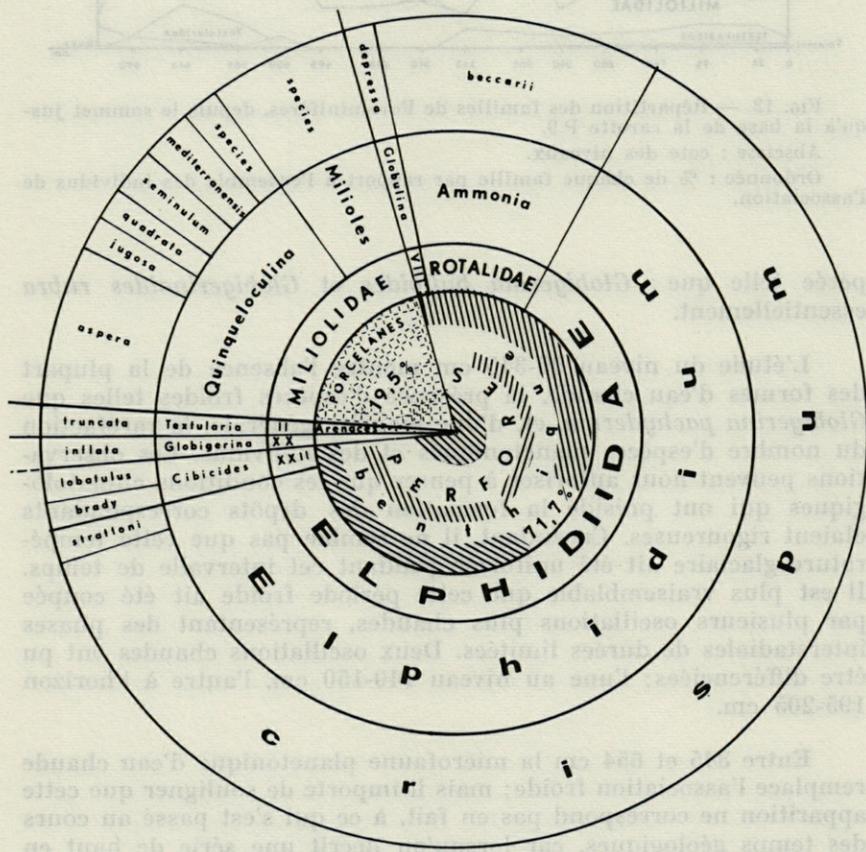


FIG. 14. — Diagramme circulaire n° 7, carotte P 9.

### b) Foraminifères benthiques

Le nombre total d'individus comptés dans un cm<sup>3</sup> est en moyenne de l'ordre de 50. Les formes benthiques représentent plus de 90 % de l'ensemble de la faunule.

Les dépôts effectués à 100 mètres de profondeur, contiennent une microfaune littorale, où dominent principalement les représentants des trois familles suivantes : *Miliolidae*, *Rotalidae* et *Elphidiidae*. Le pourcentage d'*Elphidium crispum* est partout supérieur à 50 %.

Les formes qui accompagnent les espèces planctoniques d'eau chaude (période post-glaciaire) sont principalement : *Textularia calvae*, *truncata*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *Cibicides bradyi* et *lobatulus*.

Celles qui accompagnent les espèces planctoniques d'eau froide (dernière période glaciaire) sont les suivantes : *Textularia bocki*, *calvae*, *Quinqueloculina aspera*, *Elphidium crispum*, *Cibicides lobatulus* et *Planulina ariminensis*.

La microfaune benthique des dépôts correspondants à la période interglaciaire groupe les formes suivantes : *Textularia sagittula*, *Gaudryina trochoides*, *Quinqueloculina aspera*, *quadrata*, *seminulum*, *Sigmoilinopsis schlumbergeri*, *Discorbis orbicularis*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *Nodosaria scalaris* et *Cibicides lobatulus*.

Enfin, les espèces des dépôts correspondants à l'avant-dernière période glaciaire sont : *Textularia bocki*, *Gaudryina trochoides*, *Discorbis orbicularis*, *Ammonia beccarii*, *Bulimina aculeata*, *Elphidium crispum* et *strattoni*.

## CONCLUSIONS

L'étude de la microfaune a porté sur 40 échantillons provenant de 7 carottes prélevées en mer Catalane dans les « Rechs » Lacaze-Duthiers, Pruvot, Cap Creus, et en bordure du plateau continental. Deux types de sédiments ont été identifiés; le carottier a traversé en P 9 des couches de sable, et partout ailleurs, des niveaux de vases contenant, parfois, quelques intercalations de sable et de débris de Mollusques.

L'étude qualitative nous a permis de dénombrer 183 espèces environ.

L'évaluation quantitative de la microfaune, dans un volume de sédiment donné, a fourni le plus de renseignements : les espèces planctoniques ont servi à distinguer les variations climatologiques qui ont affecté les dépôts du Pleistocène. Il faut noter, cependant, l'absence de *Globorotalia menardi* et de *Globorotalia punctulata*, dans tous les échantillons étudiés. *Globorotalia menardi* est une forme d'eau chaude qui constitue un excellent indicateur des sections de carotte déposées pendant les périodes chaudes. Elle a été signalée en Mer Rouge, mais son absence en Méditerranée a déjà été rapportée par PARKER et TODD (1958).

Dans cette étude, presque toutes les carottes ont traversé l'Holocène (représenté par une épaisseur de sédiment relativement faible) et la partie supérieure du Pleistocène correspondant aux dernières périodes postglaciaire et glaciaire qui ont duré 15 000 et 100 000 ans environ. Les deux carottes P 8 et P 9 paraissent avoir atteint des sédiments déposés au cours de la dernière période interglaciaire (Würm/Riss), qui a duré près de 60 000 ans, tandis que la carotte P 9 pourrait avoir traversé la partie supérieure des dépôts correspondant à l'avant-dernière glaciation (Riss). Il eut été souhaitable de connaître les vitesses de sédimentation entre plusieurs niveaux, en utilisant les résultats des dosages au radiocarbonate 14, lesquels n'ont pas encore été réalisés. Ces données nous auraient permis de connaître les intervalles de temps écoulés entre les différentes successions chaudes et froides observées, et d'établir des corrélations d'un niveau à un autre, entre toutes les carottes étudiées.

Les Foraminifères benthiques n'ont pas été négligés, car ils représentent un pourcentage important de l'ensemble de la faunule, et possèdent un intérêt écologique de premier plan. Compte tenu de la bathymétrie, il a été possible de distinguer quelques espèces benthiques plus caractéristiques des climats chauds et tempérés; citons principalement : *Bigenerina nodosaria*, *Sigmolinopsis schlumbergeri*, *Brizalina aenarensis*, *Cibicides pseudougerianus*, *Planorbulina mediterraneensis*. D'autres formes semblent caractériser davantage les phases froides ou tempérées; citons en particulier : *Quinqueloculina seminulum*, *Elphidium lidoense*, *Elphidium strattoni*, *Bulimina laevigata*, *Bulimina marginata*, *Nonion asterizans* et *Quinqueloculina arctica*.

#### RÉSUMÉ

Sept carottes ont été prélevées en 1965, dans les canyons sous-marins et sur le plateau continental de bordure du Roussillon. 183 espèces de Foraminifères ont pu être déterminées et sont

rapportées dans deux listes qualitative et systématique placées à la fin de ce travail. Les formes planctoniques ont été utilisées comme « indicateurs de milieu », et ont permis de situer les dépôts glaciaires, post et interglaciaires du Pléistocène.

### SUMMARY

Seven cores from canyons and schelf of Roussillon have been drilled in 1965. 183 species of Foraminifera have been determined, and two lists, qualitative and systematic are given. The planctonic forms have been used and proved the occurrence of glacial and post or interglacial sediments in Pleistocene.

### ZUSAMMENFASSUNG

In den Unterwassercanyon und auf dem Kontinentalschelf des Roussillon sind 1965 sieben Kolbenlotproben entnommen worden. 183 Foraminiferen konnten bestimmt werden; eine qualitative und eine systematische Liste finden sich am Ende de Arbeit. Mit Hilfe der Planktonformen konnten die glazialen, die post- und interglazialen Ablagerungen des Pleistozens festgelegt werden.

### BIBLIOGRAPHIE

- BRADSHAW, J.S., 1959. Ecology of living planctonic Foraminifera in the North and Equatorial Pacific Ocean. *Contr. Cush. Found. Foraminifera Research*, X (2), April 1959 : 25-65.
- BRADY, H.B., 1884. Report on the Foraminifera dredged by H.M.S. " Challenger ", during the years 1873-76. *Challenger Reports*, 9, Zoology.
- ERICSON, D.B., G. WOLLIN, 1956. Correlation of six cores from the equatorial Atlantic and the Caribbean. *Deep Sea Research*, 3 : 104-125.
- FLINT, J., 1899. Recent Foraminifera. *Report U.S. Nat. Mus.* 1897 : 249-349.
- HERMAN, Y.H., 1964. Etude des sédiments quaternaires de la Mer Rouge. Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, Paris.
- LOEBLICH, A.R. et H. TAPPAN, 1964. Treatise on Invertebrate Paleontology.
- PARKER, F.L., 1947-48. Eastern Mediterranean Foraminifera. *Rep. Swedish deep-sea Exped.*, VIII, Sediment core N° 4.

- PHLEGER, F., 1939. Foraminifera of submarine cores from the Continental slope. *Bulletin Geological Society America*, 50 : 1395-1422.
- PHLEGER, PARKER et PEIRSON, 1947-48. North Atlantic cores Foraminifera.
- REYSS, D., 1964. Contribution à l'étude du Rech Lacaze-Duthiers, Vallée sous-marine des côtes du Roussillon. *Vie Milieu*, XV (1) : 1-46.
- TODD, R., 1947-48. Foraminifera from Western Mediterranean deep-sea cores. *Rep. Swedish deep-sea Exped.*, VIII, Sediment cores N° 4.

SUMMARY

Reçu le 7 juin 1967

Seven cores from canyons and shelf of Roussillon have been drilled in 1955. 137 species of Foraminifera have been determined and two lists, qualitative and systematic are given. The planktonic forms have been used and proved the occurrence of glacial and post-glacial sediments in Pleistocene.

ZUSAMMENFASSUNG

In den Unterwasserkanjonen und auf dem Kontinentalschelf des Roussillon sind 1955 sieben Korbentoproben entnommen worden. 137 Foraminiferen konnten bestimmt werden; eine qualitative und eine systematische Liste finden sich am Ende der Arbeit. Mit Hilfe der Planktonformen konnten die glazialen, die post- und interglazialen Ablagerungen des Pleistozäns festgestellt werden.

BIBLIOGRAPHIE

- BRANSHAW, J.S., 1959. Ecology of living planktonic Foraminifera in the North and Equatorial Pacific Ocean. *Contr. Coast. Found. Foraminifera Research*, X (2), April 1959 : 25-55.
- BREYER, H.B., 1964. Report on the Foraminifera dredged by H.M.S. "Galathea" during the years 1873-75. *Chadwick Report*, 2 Zoology.
- BRINSON, D.R. G. WOLAN, 1958. Contribution of six cores from the central Atlantic and the Caribbean. *Deep Sea Research*, 5 : 104-135.
- FLINT, J., 1959. Recent Foraminifera. *Report U.S. Nat. Mar.* 1957 : 240-345.
- HANNAY, Y.H., 1964. Etude des sédiments quaternaires de la Mer Rouge. Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, Paris.
- LORENZ, A.H. et H. TAYLOR, 1964. Treatise on Invertebrate Paleontology.
- PARKER, F.L., 1947-48. Eastern Mediterranean Foraminifera. *Rep. Swedish deep-sea Exped.*, VIII, Sediment core N° 4.





	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
<i>Amphicoryna</i>																																									
<i>A. scalaris</i> .....	+						+					+																													
<i>A. separans</i> .....	+																																								
<i>Astacolus</i>																																									
<i>A. crepidula</i> .....	+																																								
<i>Dentalina</i>																																									
<i>D. albatrossi</i> .....	+																																								
<i>D. communis</i> .....				+	+		+	+				+																													
<i>D. inornata</i> .....	+																																								
<i>D. subemaciata</i> .....	+																																								
<i>Lagena</i>																																									
<i>L. aspera</i> .....																																									
<i>L. gracillima</i> .....																																									
<i>L. hexagona</i> .....		+		+			+						+	+	+	+		+				+																			
<i>L. laevigata</i> .....		+		+		+							+		+							+																			
<i>L. laevis</i> .....	+	+	+	+	+	+	+								+																										
<i>L. lucida</i> .....		+		+		+	+							+																											
<i>L. semistriata</i> .....									+						+																										
<i>L. striata</i> .....				+	+	+	+	+			+				+	+																									
<i>L. sulcata</i> .....				+	+	+	+										+																								
<i>Lenticulina</i>																																									
<i>L. canariense</i> .....	+																																								
<i>L. gibba</i> .....										+		+																													
<i>L. orbicularis</i> .....	+			+																																					
<i>L. rotulata</i> .....																																									
<i>L. variabilis</i> .....							+	+	+																																
<i>L. vortex</i> .....											+																														
<i>Planularia</i>																																									
<i>P. patens</i> .....	+																																								
<i>Saracenaria</i>																																									
<i>S. italica</i> .....																																									
<i>Polymorphina</i>																																									
<i>P. compressa</i> .....																																									
<i>Globulina</i>																																									
<i>G. depressa</i> .....	+																																								
<i>Guttulina</i>																																									
<i>G. caudata</i> .....																																									





	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40												
<i>Globigerina</i>																																																				
<i>G. bulloides</i> .....	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
<i>eggeri</i> .....	+	+			+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+					
<i>inflata</i> .....	+	+	+	+			+	+					+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+					
<i>pachyderma</i> .....	+	+	+	+					+						+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+					
<i>quinqueloba</i> .....	+																																														+	+				
<i>rubescens</i> .....																																																				
<i>Globigerinoides</i>																																																				
<i>G. conglobatus</i> .....	+	+			+				+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+			
<i>pyramidalis</i> .....	+																																																			
<i>rubra</i> .....	+	+			+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+		+			
<i>saculifera</i> .....	+																																																			
<i>tenellus</i> .....	+																																																			
<i>tribola</i> .....																																																				
<i>Orbulina</i>																																																				
<i>O. universa</i> .....	+																																																			
<i>Eponides</i>																																																				
<i>E. frigidus</i> .....	+																																																			
<i>nulatus</i> .....																																																				
<i>partschiana</i> .....																																																				
<i>repandus</i> .....																																																				
<i>Planulina</i>																																																				
<i>P. ariminensis</i> .....	+	+																																																		
<i>Hyalinea</i>																																																				
<i>H. balthica</i> .....	+	+	+	+	+	+	+	+																																												
<i>Cibicides</i>																																																				
<i>C. boeana</i> .....																																																				
<i>lobatulus</i> .....	+	+	+	+	+	+																																														
<i>pseudougerianus</i> ...	+																																																			
<i>Planorbulina</i>																																																				
<i>P. mediterraneensis</i> ...	+																																																			
<i>Bulimina</i>																																																				
<i>B. laevigata</i> .....	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>marginata</i> .....	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Globululimina</i>																																																				
<i>G. pacifica</i> .....	+																																																			



Numéro Echantillon	Numéro Carotte	Position (du sommet à la base)
1 - 2 - 3 - 4 - 5 -	P 6	0 - 20 cm sommet 50 - 60 cm 90 - 100 cm 120 - 130 cm 180 - 190 cm
6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 -	P 8	0 - 15 cm sommet 90 - 100 cm 170 - 180 cm 240 - 250 cm 300 - 310 cm 385 - 395 cm base
12 - 13 - 14 - 15 -	P 4	0 - 10 cm sommet 50 - 60 cm 100 - 110 cm 180 - 195 cm base
16 - 17 -	P 3	0 - 10 cm sommet 85 - 95 cm base
18 - 19 - 20 - 21 -	P 10	0 - 10 cm sommet 50 - 60 cm 100 - 110 cm 150 - 160 cm base
22 - 23 - 24 -	P 5	0 - 10 cm sommet 40 - 50 cm 95 - 107 cm base
25 - 26 - 27 - 28 - 29 - 30 - 31 - 32 - 33 - 34 - 35 - 36 - 37 - 38 - 39 - 40 -	P 9	0 - 10 cm sommet 40 - 50 cm 95 - 105 cm 145 - 155 cm 200 - 210 cm 240 - 250 cm 290 - 300 cm 350 - 360 cm 390 - 400 cm 440 - 450 cm 500 - 510 cm 540 - 550 cm 590 - 600 cm 650 - 660 cm 690 - 700 cm 740 - 752 cm base

sous-ordre	super-famille	famille	Nom de genre	Nom d'espèce	Nom d'origine	
T E X T U L A R I I N A	LITVOLIACEA	HORMOSI- -NIDAE	Proteonina	diffflugiformis Brady, 1884	Reophax diffflugiformis Brady, 1884	
		TEXTULARIDAE	Textularia	agglutinans d'Orbigny, 1846 becki Høglund, 1947 calvae Lalicker, 1935 candeiana d'Orb., 1839 porrecta (Brady, 1884)	Textularia agglutinans d'Orb. var porrecta Brady, 1884	
			Bigenerina	nodosaria d'Orb., 1826		
		ATAXOPHAGMI- DAE	Verneuilina	triangularis (Cush., 1911)	Gaudryina triangularis Cushman, 1911	
			Gaudryina	baretti (Jones & Parker, 1876) trochoides (d'Orb., 1852)	Textularia triangularis Cushman, 1911	
			Clavulina	communis d'Orb., 1846		
		CYCLOCY- -RINIDAE	Cyclogira	carinata (Costa, 1856) foliacea (Philippi, 1844) involvens (Reuss, 1850)	Operculina carinata Costa, 1856 Orbis foliaceus Costa, 1844 Operculina foliacea Reuss, 1850	
			NUBECULARI- DAE	Spiroloculina	canaliculata d'Orb., 1846 depressa d'Orb., 1826 excavata d'Orb., 1846 rostrata Reuss, 1850	
		MILIOLACEA		MILIOLIDAE	Quinqueloculina	arctica Cushman, 1933 aspera d'Orb., 1826 auberiana d'Orb., 1839 candeiana d'Orb., 1839 contorta d'Orb., 1846 intricata Terquem, 1878 jugosa Cush., 1944 juleana d'Orb., 1846 lamarckiana d'Orb., 1839 lata Terquem, 1876 laevigata d'Orb., 1839 mediterraneensis Le Calvez, 1958 pulchella d'Orb., 1826 quadrata Norvang, 1945 seminulum Linne, 1758 stelligera Schlumberger, 1893 ungeriana d'Orb., 1846
			Adelosina		laevigata d'Orb., 1826	

sous-ordre super-famille	famille	Nom de genre	Nom d'espèce	Nom d'origine		
T E X T U L A R I I N A MILIOLACEA	MILIOLIDAE	Pyrgo	aculeata (d'Orb., 1826) bougainvillei (d'Orb., 1839) depressa (d'Orb., 1826) elongata (d'Orb., 1826) haddoniana Wright, 1911 labiata (Schlumberger, 1891) ringens (Lamarck, 1804) serrata (Bailey, 1891)	Biloculina aculeata d'Orb., 1826 Biloculina bougainvillei 1839 Biloculina depressa 1826 biloculina elongata d'Orb., 1826 biloculina labiata Schlumberger, 1891 Miliolites ringens Lamarck, 1804 biloculina serrata Bailey, 1861		
		Sigmoinlinopsis	schlumbergeri (Silvestri, 1904)	Sigmoinlina schlumbergeri Silvestri, 1804		
		Triloculina	bermudezi Acosta, 1940 circularis Bornemann, 1855 elongata d'Orb., 1905 exilis d'Orb., 1826 laevigata d'Orb., 1826 marioni Schlumberger, 1893 oblonga Montagu, 1803 tricarinata d'Orb., 1826 trigonula (Lamarck, 1822)	Miliolites trigonula Lamarck, 1822		
		Triloculinella	subrotunda (Montagu, 1803)	Vermiculum subrotundum Montagu, 1803		
		R O T A L I I N A NODOSARICEA	NODOSARIDAE	Nodosaria	pyrula d'Orb., 1826 scalaris (Batsch, 1791) vertebralis Batch, 1791 affinis d'Orb. var baggi	Nautilus scalaris Batsch, 1791 Nodosaria affinis d'Orb. var baggi Berry, 1929
				Amphicoryna	scalaris (Batsch, 1791) separans Brady, 1884	Nautilus scalaris Batsch, 1791
				Astacolus	crepidula (Fichtel & Mohl, 1798)	Nautilus crepidulus Fichtel et Mohl, 1791
				Dentalina cf.	albatrossi (Cush.) communis (d'Orb., 1826) inornata Parr. subemaciata d'Orb.	Nodosaria communis d'Orb., 1826
				Lagena	aspera Reuss, 1862 gracillima (Seguenza, 1862) hexagona (Williamson, 1848) laevigata (Reuss, 1850) laevis (Montagu, 1803) lucida (Williamson, 1848) semistriata Will., 1898 striata (d'Orb., 1839) sulcata (Walker et Jacob, 1798)	Amphorina gracillima Seguenza, 1862 Entosolenia squamosa Montagu var hexagona Will., 1848 Fissurina laevigata Reuss, 1850 Entosolenia marginata Montagu ver lucida Will., 1848 Oolina striata d'Orb., 1839 Fissurina sulcata Walker et Jacob, 1798

sous-ordre super-famille	famille	Nom de genre	Nom d'espèce	Nom d'origine	
R O T A L I I N A	NODOSARIACEA	NODOSARIDAE	Lenticulina	Canariense aff. gibba (d'Orb., 1839 orbicularis (d'Orb., 1826) rotulata (Lamarck, 1804) variabilis (Reuss, 1850) votex (Fichtel & Mohl, 1798)	Cristellaria gibba, 1839 Robulina orbicularis d'Orb., 1826 Lenticulites rotulata Lamarck, 1804 Cristellaria variabilis Reuss, 1850 Nautilus vortex Fichtel & Mohl, 1798
			Planularia	patens (Brady, 1884)	Vaginulina patens Brady, 1884
			Saracenaria	italica DeFrance, 1824	
			Polymorphina	compressa d'Orb., 1848	
			Globulina	depressa d'Orb., 1850	
		POLYMU- PHONIDAE	Guttulina	caudata d'Orb., 1850	
			Pyrulina	angusta (Egger, 1857) gutta (d'Orb., 1826)	Polymorphina angusta Egger, 1791 Polymorphina gutta d'Orb., 1826
		GLANDU- LINDAE	Pseudoglandulina	laevigata (Nilsson, 1826)	Nodosaria laevigata Nilsson, 1826
			Sphaeroidina	bulloides d'Orb., 1826	
		BOLIVINITIDAE	Bolivina	advena Cush., 1925 advena var elongata Pijpers, 1933 alata (Seguenza, 1862) pseudoplicata Heron- Allen & Earland 1930 pygmae Brady, 1881 spathulata (Will., 1858)	Vulvulina alata Seguenza, 1862  Textularia variabilis Will. var spathulata Will., 1858
			Brizalina	aenarensis Costa, 1856	
			Bulimina	aculeata d'Orb., 1826 buchiana d'Orb., 1846 elegans d'Orb., 1826 elegans d'Orb. var margi- nata Fornasini, 1902 laevigata d'Orb., 1901 marginata d'Orb., 1826	
			Globulimina	pacifica Cushman, 1927	
		BULLINIDAE	Praeglobobulim- ina	ovata (d'Orb., 1846)	
			Reussella	aculeata Cush., 1945 spinulosa (Reuss, 1850)	Verneuilina spinulosa Reuss, 1850

sous-ordre super-famille	famille	Nom de genre	Nom d'espèce	Nom d'origine	
R O T A L I I N A	BULMINACEA	UVIGERINIDAE	Uvigerina	finisterrensis Colom, 1952 mediterranea Hofker, 1932 pigmae d'Orb., 1826	
			Euuvigerina	peregrina Cush., 1923	
			Trifarina	angulosa (Will., 1858)	Uvigerina angulosa Will., 1858
	DISCORBACEA	DISCORBIDIIDAE	Discorbis	brady Cush., 1915 globularis (d'Orb., 1926 rarescens (Brady, 1884) rugosa (d'Orb., 1839)	Rosalina globularis d'Orb., 1826 Discorbina rarescens Brady, 1884 Rosalina rugosa d'Orb., 1839
			Rotorbinnella	colliculus Bandy, 1944 nitida (Will., 1858) orbicularis (Terquem, 1876) poeyi (d'Orb., 1839)	Rosalina nitida Williamson, 1858 Rosalina orbicularis Terquem, 1876 Rosalina poeyi d'Orb., 1839
			Cancris	sagra (d'Orb., 1839)	Rotalina sagra d'Orb., 1839
			Valvulineria	araucana (d'Orb., 1839)	Rosalina araucana d'Orb., 1839
			Astigerinata	mamilla (Williamson, 1858)	Rotalina mamilla Williamson, 1858
			Fattelina	corrugata Will., 1858	
	ROTALICEA	ELPHIDIIDAE	Ammonia	beccarii (Linne, 1758) tepida (Cush., 1926)	Nautilus beccarii Linne, 1758 Rotalia beccarii Linne var tepida Cush., 1926
			Elphidium	aculeata (d'Orb., 1846)	Polystomella aculeata d'Orb., 1846
				complanata d'Orb., 1839	Polystomella aculeata d'Orb., 1839
				crispum (Linne, 1758) cuvillieri Levy, 1964 excavata (Terquem, 1875)	Nautilus crispum Linne, 1758 Polystomella excavata Terquem, 1875
				lidoense Cush., 1936 macellum (Fichtel & Mohl, 1798) strattoni (Applin, 1925)	Nautilus macellum Fichtel & Mohl, 1798 Polystomella strattoni Applin, 1925
				subumbilicata (Czjzek, 1948) ungeri (Reuss, 1850)	Polystomella subumbilicata Czjzek 1948 Polystomella ungeri Reuss, 1850
				Hastigerina	aequilateralis (Brady, 1879)
	GLOBIGERINACEA	GLOBORO- TALIDAE	Globorotalia	truncatulinoïdes (d'Orb. 1839 scitula (Brady, 1882)	Rotalina truncatulinoïdes d'Orb., 1839 Pulvinulina scitula Brady, 1882

sous-ordre super-famille	famille	Nom de genre	Nom d'espèce	Nom d'origine	
R O T A L I I N A	GLOBIGERINACEA GLOBIGERINIDAE	Globigerina	bulloides d'Orbigny, 1826 eggeri Rhumbler, 1901 inflata d'Orbigny, 1839 pachyderma (Ehrenberg, 1861) quinqueloba Natland, 1938 rubescens Hofker, 1956	Aristorospira pachyderma Ehrenberg, 1861	
		Globigerinoides	conglobatus (Brady, 1879) pyramidalis (van den Broeck, 1876) rubra (d'Orb., 1839) sacculifera (Brady, 1877) tenellus Parker, 1958 triloba (Reuss, 1850)	Globigerina conglobatus Brady, 1879 Globigerina pyramidalis van den Broeck, 1876 Globigerina rubra 1839 Globigerina sacculifera Brady, 1877 Globigerina triloba Reuss, 1850	
	ORBITOIDACEA CIBICIDIDAE	Eponides	Orbulina	universa d'Orb., 1839	
			Eponides	frigidus (Cush.) var granulatus di Napoli, 1952 partschiana d'Orb., 1846 repandus (Fichtel & Mohl, 1798)	Nautilus repandus Fichtel & Mohl, 1798
		CIBICIDIDAE	Planulina	ariminiensis d'Orb., 1826	
			Hyalinea	balthica (Schroeter, 1783)	Nautilus balthicus Schroeter, 1783
			Cibicides	boueana (d'Orb., 1846) lobatulus (Walker & Jacob, 1798) pseudougerianus (Cush. 1922)	Nautilus lobatulus Walker & Jacob 1798 Truncatulina pseudougeriana Cush., 1922
			Planorbulina	mediterraneensis d'Orb., 1826	
			Virgulina	squamosa d'Orb., 1826	
			Cassidulina	crassa d'Orb., 1839 laevigata d'Orb., 1826	
CASSIDULINACEA NONIONIDAE	Nonion	Nonion	asterizans (Fichtel & Mohl, 1798) depressulum (Walker & Jacob, 1798) pompiliodes (Fichtel & Mohl, 1798) scaphum (Fichtel & Mohl, 1798) umbilicatum Walker & Jacob, 1798	Nautilus asterizans Fichtel & Mohl, 1798 Nautilus depressulum Walker & Jacob, 1798 Nautilus pompiliodes Fichtel & Mohl, 1798 Nautilus scapha Fichtel & Mohl, 1798 Nautilus umbilicatum Walker & Jacob, 1798	

R O T A L I N A	sous-ordre	Nom de genre	Nom d'espèce	Nom d'origine
	super-famille			
	CASSIDULINACEA	famille		
	NONIONIDAE	Nonionella	turgida (Will., 1858	Rotalina turgida Will., 1858
		Pullenia	quinqueloba (Reuss, 1851)	Nonionina quinqueloba Reuss, 1851
	ALABAMINIDAE	Gyroidina	orbicularis d'Orb., 1826 rubescens Hofker, 1956	
		Paromalina	coronata (Parker & Jones, 1857)	Anomalina coronata Parker & Jones 1857
		Hoeglundina	elegans (d'Orb., 1826	Rotalina elegans d'Orb., 1826
		Stomatorbina	concentrica (Parker & Jones, 1864)	Pulvinulina concentrica (Parker & Jones 1864)
		Robertina	brady Cush & Parker, 1936	

# RECONNAISSANCE DU HAUT FOND DE ROCHEBONNE

par W.D. NESTEROFF, Y. LANCELOT et F. MÉLIÈRES

*Laboratoire de Géologie dynamique,  
1, rue Victor Cousin, Paris (5<sup>e</sup>), associé au C.N.R.S.*

Le haut fond de Rochebonne occupe, dans le Golfe de Gascogne, une position centrale (environ  $46^{\circ} 10' \text{ N} - 2^{\circ} 30' \text{ W}$ ). Il est situé à une soixantaine de milles à l'Ouest de La Rochelle, et se présente sous forme d'un relief accidenté qui interrompt brusquement la monotonie du Plateau Continental, dont les fonds, dans cette région, se situent dans les 50 m (fig. 1).

Des conditions de mer presque toujours défavorables ont rendu l'exploration scientifique de Rochebonne particulièrement difficile et conduit à des résultats souvent fragmentaires. En effet, même par beau temps, la houle du large enfle à l'approche du haut fond et y déferle. Ce n'est que pendant de rares et courtes périodes de beau temps, qui ne se produisent d'ailleurs pas chaque année, qu'on peut s'en approcher. Enfin de forts courants de marée compliquent encore les tentatives de travail.

## HISTORIQUE DES RECHERCHES

B. CALLAME (1965) vient de passer en revue d'une façon très détaillée les diverses reconnaissances pétrographiques de Rochebonne, aussi nous ne ferons que résumer très brièvement les premières tentatives.

En 1859 BOUQUET de la GRYE écrit : « La nature du fond a été étudiée au moyen de la lance; elle a rapporté presque partout, sur le banc, un schiste micacé analogue à celui de l'île d'Yeu... ». A la lumière des données morphologiques ultérieures CALLAME (1965) pense que cet auteur n'a exploré que le « Plateau du SE ».

Vers la fin du siècle dernier, les Ponts et Chaussées projettent la construction d'une tourelle sur le haut-fond et après quelques tentatives malheureuses, un fragment de granite est recueilli sur le pointement de « la Congrée ». L. PERVINQUIÈRE (1910) nous en donne la description : « granit rendu légèrement schisteux par l'alignement plus ou moins vague de micas noirs ». Il pense qu'il s'agit vraisemblablement d'un prolongement granitique de Belle-Ile et de l'île d'Yeu.

Plus récemment un dragage du *Président Théodore-Tissier* par 45 m de fond à l'Est du haut fond arrache des micaschistes à micas noirs en place et ramène des galets de grès quartziteux, mais aucun débris granitique. J. FURNESTIN (1937, p. 239) en conclut que Rochebonne représente un bombement primaire, prolongement vers le Sud des roches métamorphiques de l'île d'Yeu, et serait constitué d'un noyau granitique qui, formant la partie la plus élevée du haut fond, serait entouré d'une auréole de micaschistes ennoyés plus loin sous des formations plus récentes.

En 1954, le *Président-Théodore-Tissier*, exécute deux nouveaux dragages à une station voisine de la précédente, par 40 m et 30 m, c'est-à-dire plus près du pointement dit « Plateau du SE ». Le matériel ramené consiste en fragments et galets de granite, gneiss, micaschistes, quartzite et grès. L'examen de ces galets ainsi que celui d'autres dragages du plateau continental conduit BERTHOIS (1955, p. 568 et 578) à supposer, entre Belle-Ile et Rochebonne, l'existence d'« une sorte de golfe dans lequel se sont déposés des calcaires au Secondaire et au Tertiaire ». Durant les régressions quaternaires la Loire aurait emprunté cette zone alors déprimée.

Enfin en août 1964 le *Job-Ha-Zelian* et le *Patron-Louis-Renet* mouillent près de la Pierre Levée et une équipe de plongeurs explore le haut-fond (CALLAME, 1965). Ils nous en donnent la première description *de visu* : « Le fond présente l'aspect d'un chaos... Les blocs... sont arrondis, faisant penser à un type d'érosion continentale ». La roche en place serait un granite rose que les plongeurs ne parviennent pas à échantillonner mais ils ramènent des galets de granite. Un dragage, par 40 m, au cœur du haut fond, au pied des Roches Semées, arrache des micaschistes en place, ce qui restreint singulièrement l'extension du noyau granitique. Des dragages plus profonds (50 m) ramènent des sables éolisés qui font penser à des sables de plage. CALLAME nous donne la description d'îlots granitiques autrefois émergés, entourés de plages, ultimes témoins du système armoricain.

## LA CAMPAGNE ANDROMÈDE

En septembre 1964 avec le N.O. *Catherine Laurence* nous effectuons une série de profils PDR (LUSKIN *et al.*, 1954) du haut fond de Rochebonne suivie d'une exploration en plongée de la région « Pierre Levée - Roches Semées ». Nos échosondages montrent que

le haut fond se présente sous la forme d'un massif perçant la surface sub-horizontale du plateau continental située par une cinquantaine de mètres (fig. 1).

Les coupes transversales (NNE-SSW) mettent en évidence une dorsale à flancs accidentés tandis qu'un profil longitudinal indique des variations d'altitude de la crête, ce qui se traduit par une série de pointements séparés par des zones plus profondes. L'alignement général de la dorsale est NW-SE, c'est-à-dire celui des plissements armoricains. Enfin au SE de la balise SE on observe un petit relief parallèle à la crête principale.

Cette dorsale massive, hérissée de pointements, mérite mal le nom de « plateau » qui lui a été souvent attribué et il nous semble qu'il vaudrait mieux parler du *haut fond* ou du *banc* de Rochebonne.

L'exploration en plongée a permis de confirmer et de préciser les données obtenues par échosondages. Dans la région de Pierre-Levée et des Roches Semées le haut fond se présente bien sous la forme d'une dorsale rocheuse perçant la couverture de sédiments meubles qui couvrent le plateau continental. Cette dorsale est formée de grandes lames rocheuses séparées par des dépressions alignées NW-SE. Ces lames sont affectées de nombreuses fractures, les unes selon l'alignement général, délimitent les dépressions interlames et donnent un aspect accidenté aux coupes transversales tandis que d'autres, plus rares, les recoupent orthogonalement. Il nous est difficile de suivre CALLAME en appelant chaos cette structure organisée de grandes lames à orientation privilégiée.

La surface de la roche est lisse et les encroûtements superficiels se réduisent le plus souvent à un film millimétrique d'algues calcaires. Sur les parties sommitales des lames s'installent toutefois de grands laminaires, les coiffant d'une chevelure d'algues. Au pied du massif ces grandes lames rocheuses s'ennoyent sous des sédiments formés de sables coquilliers et de nombreux galets. Nous n'avons pas trouvé l'auréole de mica-schistes.

## DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE

Nous avons prélevé de la roche en place sur la Pierre-Levée et recueilli, à la main, une dizaine de galets.

### *Roche en place*

Il s'agit d'un granite non homogène dont la position des micas dans la texture rappelle les structures granito-gneissiques. Les quartz sont dispersés en amas de gros cristaux ou en schlieren de

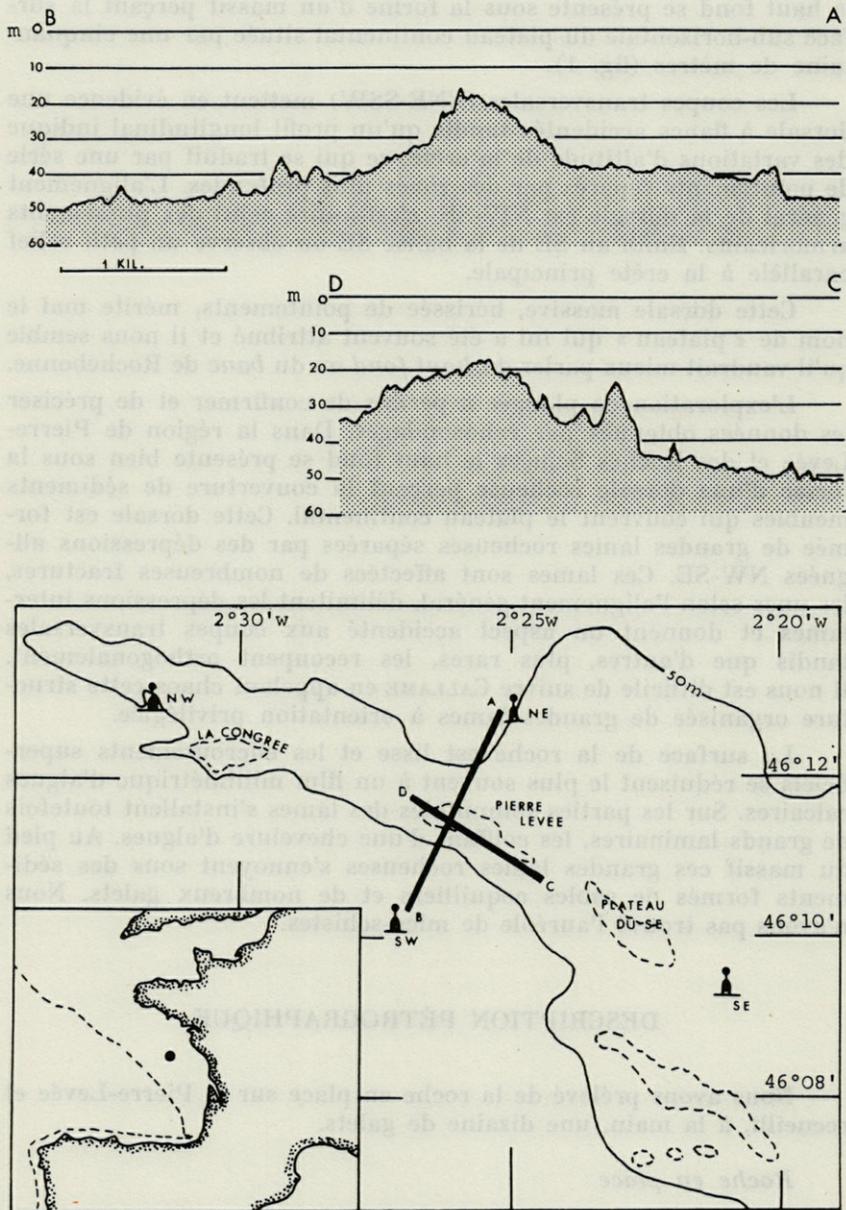


FIG. 1. — Plan de position et profils NNW-SSW (AB) et WNW-ESE (DC) du banc de Rochebonne.

petits cristaux truffés de plagioclases (oligoclase, andésine). Les feldspaths alcalins (microcline) se cantonnent généralement dans la phase à gros éléments.

Les schlieren sont soulignés par des trainées de micas. Il s'agit surtout de biotite verdâtre montrant la première phase de passage à l'hydrobiotite. Localement les trainées montrent de la muscovite. Des zircons bien automorphes déterminent dans la biotite les auréoles bien connues. Dans les zones des halos radioactifs des biotites on observe des exsudations de fer sous forme d'hématite en voie de goëthitisation.

Les plagioclases sont souvent truffés de quartz en gouttelettes et de petits lambeaux d'une phyllite blanche, très probablement une muscovite à 10 Å.

#### *Galets granitiques*

L'un des galets (échantillon n° 3) est un granite porphyroïde à très grands plagioclases. Dans les amas, le quartz est peu abondant. Les micas sont pratiquement absents, mais on observe toutefois de petits paquets de biotite encore brune, chloritisée à 50-60 % et truffée de zircons à auréole. Comme dans la roche en place les plagioclases sont saupoudrés de quartz en gouttelettes et de lambeaux de micas.

Tous les galets granitiques examinés sont, comme le n° 3, des granites à prédominance macrocristalline, présentant toujours les deux phases. Les feldspaths sont toujours saupoudrés de quartz en gouttelettes et la biotite y prédomine sur la muscovite. Les différences entre les divers échantillons portent surtout sur l'état d'altération des micas traduisant probablement différents états d'évolution. Dans certains galets la biotite est verte et très fraîche, dans d'autres elle est brun rouge, à un stade tout à fait primaire, enfin dans quelques-uns elle est dans un état d'altération avancé.

Mais tous les échantillons, y compris la roche en place, semblent provenir d'un même massif, ce qui nous conduit à conclure que les galets granitiques trouveraient leur origine dans les pointements granitiques du haut-fond de Rochebonne.

#### *Autres galets*

Parmi les galets non granitiques nous avons recueilli une quartzite orientée. Les quartz à anses de corrosion y sont anguleux, et pourraient être d'origine terrigène. On remarque aussi des traces de feldspaths alcalins, des lambeaux de biotite encore brune et des échardes de biotite chloritisée. Les minéraux lourds sont représentés par des zircons arrondis, de la monazite, de l'apatite, du rutile et de rares topazes.

## CONCLUSIONS

Du point de vue structural, Rochebonne représenterait une remontée du socle armoricain comme on en observe parfois, en profondeur, sous le plateau continental.

Les études sismiques des marges continentales montrent qu'en règle générale le socle s'infléchit en profondeur sous le plateau continental pour se redresser à l'aplomb du rebord continental formant ainsi un premier bassin qui reçoit la sédimentation péricontinentale. A l'intérieur de ce bassin, un certain nombre de pointements du socle, traversant partiellement la couverture sédimentaire sus-jacente, ont été mis parfois en évidence par des études sismiques (fig. 2 et 3). Un second bassin se trouve plus au large et plus profondément sous le glacis continental. Ces deux bassins ont été comparés au couple mio- et eu-géosynclinal (HEEZEN *et al.*, 1959; DRAKE, 1960).

Rochebonne nous montre un des exemples particuliers où le socle ressort et perce la surface du plateau continental. Entre Rochebonne et la côte actuelle s'étendait au Crétacé et au Tertiaire des golfes qui ont été progressivement comblés par la sédimentation péricontinentale. Durant les glaciations quaternaires une série de régressions ont exondé Rochebonne. En particulier, l'abaissement

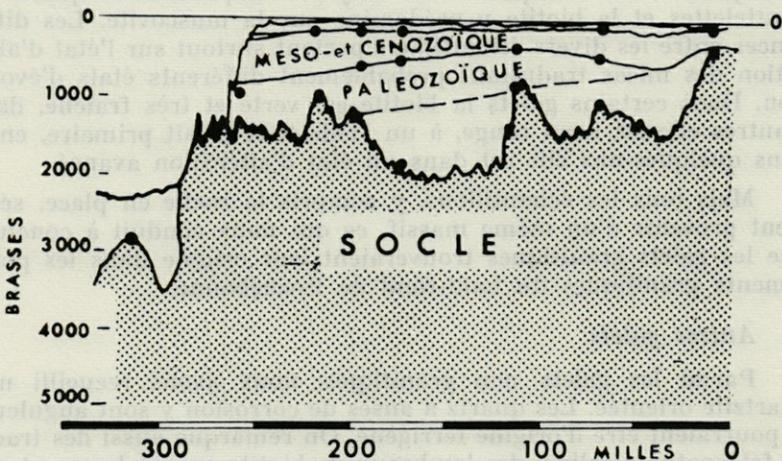


FIG. 2. — Coupe de la marge continentale de l'Europe occidentale basée sur des mesures de sismique-réfraction. L'âge des formations, hypothétique, est proposé par DAY, d'après les vitesses de propagation [in DAY *et al.* (1956) et HILL (1957)].

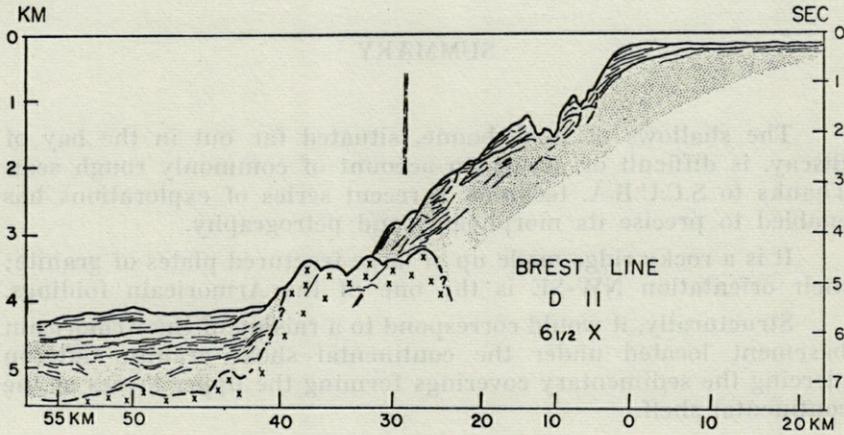


FIG. 3. — Coupe en sismique-réflexion (profilage) de la marge continentale du Golfe de Gascogne, selon une ligne NE-SW passant par Brest (d'après CURRAY *et al.*, 1966).

maximum du niveau marin (60 à 120 mètres) durant la dernière régression würmienne a largement dégagé le haut fond. Nous observons donc actuellement des sédiments « reliques » qui s'étaient formés au moment où Rochebonne représentait une terre ferme, près du rivage, mais qui a été petit à petit recouverte par la transgression flandrienne.

## RÉSUMÉ

Le haut fond de Rochebonne, situé très au large dans le Golfe de Gascogne, est d'un accès difficile par suite de conditions de mer particulièrement défavorables. Récemment, grâce au scaphandre autonome, une série d'explorations a permis de préciser sa morphologie et sa pétrographie.

Il s'agit d'une dorsale rocheuse formée de grandes lames de granite fracturées dont l'orientation NW-SE est celle des plissements armoricains.

Structuralement il correspondrait à une remontée du socle armoricain situé sous le précontinent, pointement granitique perçant les couvertures sédimentaires qui forment les couches supérieures du plateau continental.

## SUMMARY

The shallows of Rochebonne, situated far out in the bay of Biscay, is difficult of access on account of commonly rough seas. Thanks to S.C.U.B.A. technics, a recent series of explorations has enabled to precise its morphology and petrography.

It is a rocky ridge made up of large fractured plates of granite; their orientation NW-SE is the one of the Armoricaian foldings.

Structurally, it would correspond to a raising of the Armoricaian basement located under the continental shelf, granitic outcrop piercing the sedimentary coverings forming the upper layers of the continental shelf.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die sehr weit im biskayischen Meerbusen liegende Rochebonner-Untiefe ist schwierigen Zuganges aus seetechnischen Gründen.

Eine Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen konnte kürzlich, mit Hilfe des autonomen Tauchgeräts, unternommen werden.

Es handelt sich, bei dieser Untiefe, um einen, aus grossen Granitplatten bestehenden Felsrücken deren NW - SO Richtung mit dem armorikanischen Faltensystem übereinstimmt.

Seiner bauart nach entspricht er warscheinlich dem, unter dem Präkontinent liegenden, armorikanischen Sockel. Es handelt sich um eine, durch die über dem kontinentalen Schelf liegenden sedimentären Schichten, durchstossende Granitspitze.

## BIBLIOGRAPHIE

- BERTHOIS, L., 1955. Contribution à l'étude de la sédimentation et de la Géologie sous-marine dans le golfe de Gascogne. *Rev. Trav. de l'Inst. des Pêches Mar.*, Paris, 19 : 501-519.
- CALLAME, B., 1965. Notes sur une exploration du haut-fond sous-marin de Rochebonne. *Ann. Soc. Sc. Nat. Charente-Maritime*, 4, n° 4 : 9-14.
- CURRAY, J.R., D.G. MOORE, R.M. BELDERSON and A.H. STRIDE, 1966. Slope progradation and subsequent erosion, continental margin, western Europe. *Science*, 14 oct., 154, n° 3746 : 265-266.

- DAY, A.A., M.N. HILL, A.S. LAUGHTON and J.S. SWALLOW, 1956. Seismic prospecting in the western approaches of the English Channel. *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, 112 : 15-44.
- DRAKE, C.L., M. EWING and G.H. SUTTON. Continental margins and geosynclines : the east coast of North America north of Cape Matteras. *Physics and chemistry of the Earth. Pergamon Press*, London : 110-198.
- FURNESTIN, J., 1947. Comptes-rendus des dragages géologiques de la 4<sup>e</sup> croisière du Président-Théodore-Tissier. *Trav. Off. Pêches Maritimes*, 10 (2) : 233-258.
- HEEZEEN, B.C., M. THARP, M. EWING, 1959. The Floors of the Oceans. I. The North Atlantic. *Geol. Soc. Amer. special paper*, 65.
- HILL, M.N., 1957. Recent geophysical exploration of the ocean floor, p. 129-163. in : Ahrens et al. Editors, *Physics and chemistry of the earth. Pergamon Press, London*.
- LUSKIN, B., B.C. HEEZEN, M. EWING and M. LANDISMAN, 1954. Precision measurements of ocean depth. *Deep Sea Research*, 1 : 131-140.
- PERVINQUIÈRE, L., 1910. Sur la nature géologique du plateau sous-marin de Rochebonne. *B.S.G.F.*, (4), 10 : 28.

Reçu le 22 mars 1967



## COUCHES DIFFUSANTES EN MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

par Alain THIRIOT

*Laboratoire Arago, 66-Banyuls-sur-Mer*

### SOMMAIRE

La fréquence et la profondeur des couches diffusantes sont données pour quatre régions de la Méditerranée. Cette étude a été faite à partir de bandes provenant d'un enregistreur P.G.R. du bâtiment océanographique *Origny* obtenues au cours de différentes campagnes entre 1962 et 1965.

L'existence dans la mer, de couches diffusant les ondes ultrasonores émises par les échosondeurs, est connue depuis de nombreuses années. Les échos qui en résultent diffèrent nettement de ceux du fond ou de ceux que provoquent les bancs de poissons.

Ces zones de diffusion se trouvent en surface et à différentes profondeurs. Le terme de D.S.L. (Deep Scattering Layer) employé pour la première fois par ERYING en 1942, devrait plutôt être réservé, d'après TROADEC (1961) aux échos situés à plus de 500 m de profondeur; on aurait alors 3 types de couches diffusantes :

de 0 à 50 m.	couches diffusantes superficielles
de 50 à 500 m.	» » intermédiaires
plus de 500 m.	» » profondes (D.S.L.).

Ce phénomène est universellement répandu, mais jusqu'à présent peu d'observations avaient été faites en Méditerranée :

FRASSETTO et DELLA CROCE (1965) donnent des précisions sur les couches diffusantes en automne dans la partie méridionale de la mer Tyrrhénienne. Ils signalent l'extension de ce phénomène et ses caractéristiques comparables à celles observées dans les océans Atlantique et Pacifique;

BODEN et KAMPA (1958) avaient montré son existence dans le golfe du Lion au large de Banyuls-sur-Mer et suivi sa migration verticale en liaison avec les variations de la profondeur des isolumes (courbes d'égalité d'intensité lumineuse) au cours de 24 heures; il est également intéressant de signaler les observations faites en bathyscaphe par plusieurs auteurs sur la répartition verticale des animaux marins : BERNARD (1957), PÉRÈS et PICARD (1956), PICCARD et DIETZ (1957) et TRÉGOUBOFF (1962).

En effet de nombreux auteurs attribuent l'origine de ce phénomène à des concentrations d'animaux planctoniques ou nectoniques; la plupart des groupes zoologiques, lorsqu'ils atteignent des concentrations suffisantes, sont susceptibles de donner naissance à une couche qui diffuse les ultrasons. L'argument principal des partisans de la théorie biologique est l'existence de migrations, vers la surface au moment du coucher du soleil, vers le fond au moment du lever, des différentes couches.

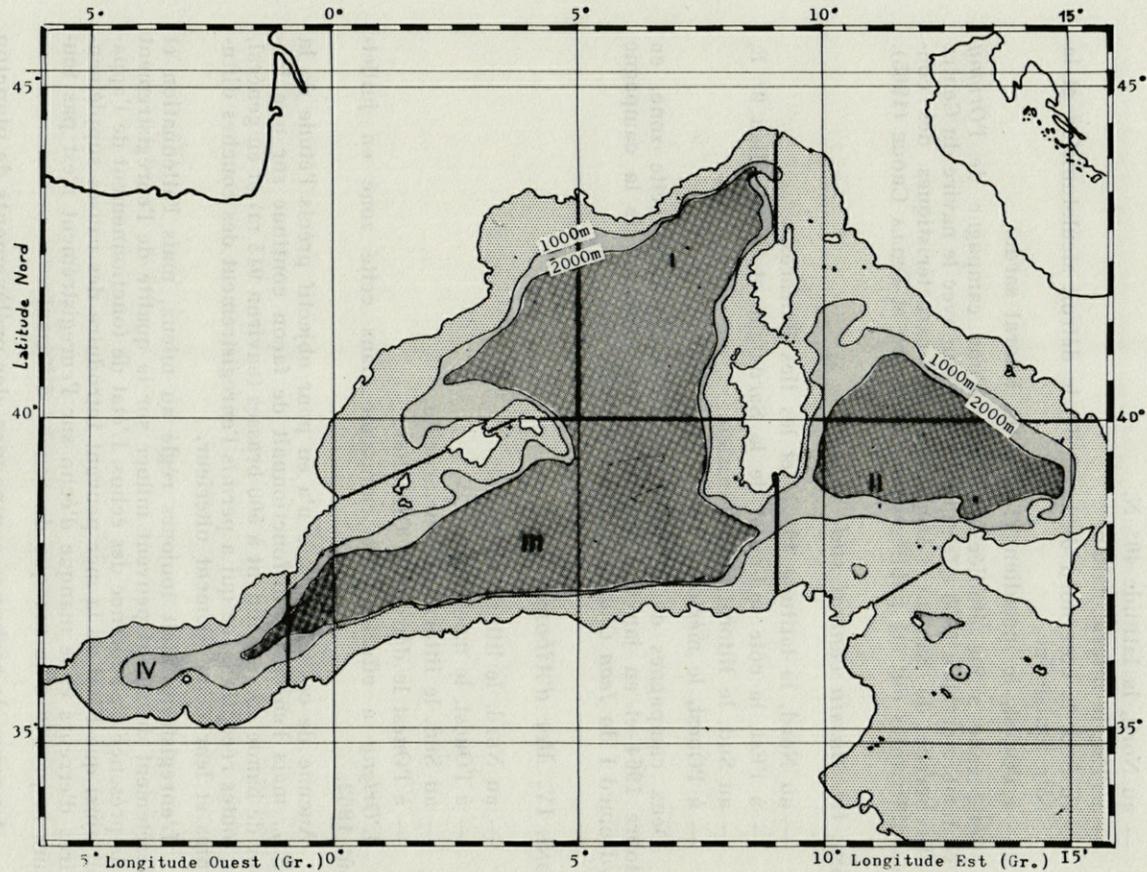
Les résultats exposés dans cet article proviennent de l'étude de bandes d'enregistrements faits avec un enregistreur de précision P.G.R. (Precision Graphic Recorder) lié à un sondeur EDO (fréquence 12 Kilocycles). Ces enregistrements, pour la majeure partie, ont été effectués à bord d'un dragueur de la Marine Nationale, le bâtiment océanographique *Origny* entre 1962 et 1965. J'ai pu également observer les couches diffusantes sur un autre appareil du même type à bord du navire océanographique *Jean Charcot* en février 1966.

Ces observations sont largement réparties dans l'ensemble du bassin occidental de la Méditerranée et effectuées à différentes époques de l'année. J'ai groupé les résultats en 4 zones dont les limites géographiques sont les suivantes (cf. carte 1) :

#### ZONE I. Canal de Corse Provence et bassin central nord

- au Nord, le littoral provençal,
- à l'Est, le méridien 9° E, la côte ouest de Corse et le Nord de la Sardaigne,
- au Sud, la latitude 40° N,
- à l'Ouest, le méridien 5° E.

C'est dans cette zone que je possède les renseignements les plus nombreux et les mieux répartis au cours de l'année.



CARTE 1. — Méditerranée occidentale : limites géographiques des zones prospectées.

## ZONE II. Mer Tyrrhénienne méridionale

- au Nord, la latitude 40° N,
- à l'Est, le littoral italien,
- au Sud, la côte nord de la Sicile, le détroit siculotunisien et la côte tunisienne,
- à l'Ouest, le méridien 9° E et le littoral sarde.

Cette zone a été étudiée au cours d'une campagne de l'*Origny* en septembre-octobre 1963 effectuée en commun avec le navire du Centre de Recherche de Saclant l'*Aragonèse*. Les caractéristiques des couches diffusantes ont été publiées par FRASSETTO et DELLA CROCE (1965).

## ZONE III. Bassin central sud

- au Nord, la latitude 40° N et les îles Baléares,
- à l'Est, la côte sud-ouest de la Sardaigne et le méridien 9° E,
- au Sud, le littoral algérotunisien,
- à l'Ouest, le méridien 1° W.

Deux campagnes de l'*Origny* ont été faites dans cette zone, en octobre 1964 et en janvier 1965, ainsi que le début de la campagne Hydromed I du *Jean Charcot* en février 1966.

## ZONE IV. Mer d'Alboran

- au Nord, le littoral espagnol,
- à l'Ouest, le méridien 1° W,
- au Sud, le littoral algéromarocain,
- à l'Ouest le détroit de Gibraltar.

L'*Origny* a effectué une campagne dans cette zone en juillet-août 1962.

Aucune de ces campagnes n'a eu pour objectif précis l'étude de la D.S.L., mais l'enregistreur fonctionnait de façon continue sur une largeur de bande correspondant à 500 brasses (environ 915 m) et en général, sur toutes réceptions, ce qui a permis l'enregistrement des couches diffusantes et leur dépouillement ultérieur.

L'enregistreur était toujours réglé au mieux, mais l'atténuation et l'écrêtement du signal peuvent influencer sur la qualité de l'enregistrement et la présence ou l'absence des échos. L'état de fonctionnement de l'appareil ainsi que l'état de la mer peuvent introduire des causes supplémentaires d'erreurs et le manque d'écho sur l'enregistrement n'est pas toujours la preuve d'un manque de couche diffusante.

Au cours de certaines campagnes, des prélèvements de plancton ont été faits, mais leur étude n'a pas apporté de renseignements sur la nature des couches.

## RÉSULTATS

Dans chaque zone, les résultats seront exposés sous forme de tableaux donnant le nombre de couches diffusantes, leurs limites et leur épaisseur. Les profondeurs des limites de chaque couche étant assez variables, je donnerai une valeur moyenne et les valeurs extrêmes (supérieure et inférieure).

Les calculs sont faits à partir d'une observation diurne et d'une nocturne par 24 heures (les plus proches de midi et de minuit). Il ne peut pas être défini de limite supérieure pour la couche superficielle à cause de l'impulsion d'émission qui noircit le début de la bande sur une épaisseur correspondant à une profondeur de 30 m (pour l'échelle la plus souvent utilisée).

Abréviations : L.I. limite inférieure de la couche  
L.S. limite supérieure  
E. épaisseur.

### ÉTUDE DE LA ZONE I

TABLEAU 1  
Observations estivales

	Couches	profondeur moyenne	profondeurs extrêmes
J O U R	surface	100 m.	70 m. - 150 m
	L. I.		
N U I T	2 ème	rare, observé seulement en fin de migration verticale ascendante.	
	surface	70 m.	40 m. - 110 m
L. I.			
	2 ème	observé une fois vers 150 m.	

### Migrations verticales

Le phénomène n'est pas très net, en général on constate au moment de la descente des « diffuseurs », vers 5 h 30, un dédoublement de la couche de surface à peu près en son milieu. Cette deuxième couche diffusante descend progressivement et son intensité diminue, elle disparaît lorsqu'elle atteint la profondeur d'environ 150 m. Au moment de la montée, qui se produit vers 21 h, on observe une concentration de la couche de surface, sa limite infé-

rieure monte de 40 m environ et parfois apparaît un écho plus profond qui rejoint la couche diffusante de surface.

TABLEAU 2  
Observations automnales

	Couches	profondeur moyenne	profondeurs extrêmes
J O U R	surface		
	L. I.	90 m	55 m - 110 m
	2 ème		
	L. S.	180 m	90 m - 310 m
	L. I.	310 m	260 m - 370 m
	E.	130 m	70 m - 260 m
N U I T	surface		
	L. I.	70 m	110 m
	2 ème		
	L. S.	165 m	130 m - 180 m
	L. I.	330 m	200 m - 400 m
	E.	145 m	70 m - 180 m

Le deuxième écho s'observe assez fréquemment aussi bien de jour que de nuit. Les caractéristiques nocturnes semblent moins variables que celles du jour.

#### Migrations verticales

L'étude des enregistrements de cette époque n'apporte pas de renseignement supplémentaire en ce qui concerne les phénomènes superficiels. La descente débute vers 6 h 30, la montée se termine vers 18 h. Par contre, l'existence fréquente, le jour ou la nuit, d'une couche profonde permet d'observer sa migration. C'est la limite supérieure qui se rapproche la première de la surface, la limite inférieure demeurant à peu près à la même profondeur, seule l'intensité de l'écho diminue dans la partie inférieure. La jonction avec la couche diffusante de surface se fait au niveau de 50 m, la limite de cette dernière ayant monté simultanément.

Au moment de la migration descendante, le phénomène se produit de façon symétrique.

La deuxième couche s'observe plus fréquemment la nuit que le jour, mais elle n'existe pas chaque fois qu'il y a enregistrement de la couche diffusante de surface (1 fois sur 6 le jour, 2 sur 5 la nuit). Un écho encore plus profond a pu être enregistré une fois, la nuit vers 350 m (cf. Tableau 3).

La couche diffusante de surface se prolonge souvent la nuit sans « zone claire » jusqu'au niveau de la deuxième couche.

**TABLEAU 3**  
Observations hivernales

	Couches	profondeur moyenne	profondeurs extrêmes
J O U R	surface		
	L. I.	80 m	40 m - 130 m
	2 ème		
	L. S.	240 m	220 m - 290 m
	L. I.	310 m	270 m - 370 m
	E.	70 m	50 m - 110 m
N U I T	surface		
	L. I.	110 m	70 m - 150 m
	2 ème		
	L. S.	160 m	140 m - 180 m
	L. I.	240 m	180 m - 330 m
	E.	80 m	40 m - 110 m

### Migrations verticales

La migration descendante débute vers 7 h en décembre et vers 6 h en février; d'une façon générale le phénomène n'est pas très net et on observe au mieux le dédoublement de la couche superficielle au niveau de 70 m le matin et le début de la descente d'une partie de celle-ci. Lorsqu'il y a un écho profond, celui-ci s'estompe et disparaît peu après la subdivision. Dans les plus mauvaises conditions on n'observe, au moment de la migration présumée, qu'une diminution de l'épaisseur de la couche superficielle, sa limite inférieure montant jusqu'à 40 m environ.

Au moment de la montée, on observe les phénomènes inverses, la jonction se produit vers 18 h au niveau de 40 m. Dans les meilleures conditions on observe la montée de la limite inférieure de la couche de surface qui passe de 80 à 40 m environ; un écho profond apparaît en général à ce moment et rejoint la couche superficielle. Dans les plus mauvaises conditions seule la fin des phénomènes peut s'observer, soit une augmentation de l'épaisseur de la couche de surface suivie d'une diminution, soit même seulement la diminution finale.

Les différences saisonnières les plus nettes portent sur :

- les heures des migrations verticales,
- la fréquence des couches profondes,
- la profondeur de la limite inférieure de la couche superficielle (cf. Tableau 4).

TABLEAU 4

Comparaison saisonnière des couches diffusantes dans la zone I

		été	automne	hiver
situation diurne	couche de surface L. I.	100 m	90 m	80 m
	2 ème couche	rare	peu rare 180-310 m	1 sur 6 240-310 m
situation nocturne	couche de surface L. I.	70 m	70 m	110 m
	2 ème couche	rare	peu rare 165-330 m	2 sur 5 160-240 m
	3 ème couche			1 fois
migrations verticales	dédoublement	5h 30	6h 30	7h 00
	jonction	21h 00	19h 00	18h 00

## ÉTUDE DE LA ZONE II

### Observations automnales

Les caractéristiques des couches diffusantes dans cette partie du bassin méditerranéen sont mises en évidence dans la figure 1 extraite de l'article de FRASSETTO et DELLA CROCE (1965).

Les valeurs moyennes que j'ai calculées à partir des enregistrements faits à bord de l'*Origny* au cours de la même campagne sont identiques.

Les couches profondes et intermédiaires sont fréquemment observées, tant le jour que la nuit; le nombre d'observations est le suivant :

	couche de surface	2° couche	3° couche
jour .....	18	14	7
nuit .....	15	8	4

Les phénomènes de migrations verticales sont souvent très nets et très complets. On peut observer plusieurs échos s'individualisant à partir des couches profondes ou superficielles et migrant avec des vitesses différentes et des décalages dans le temps.

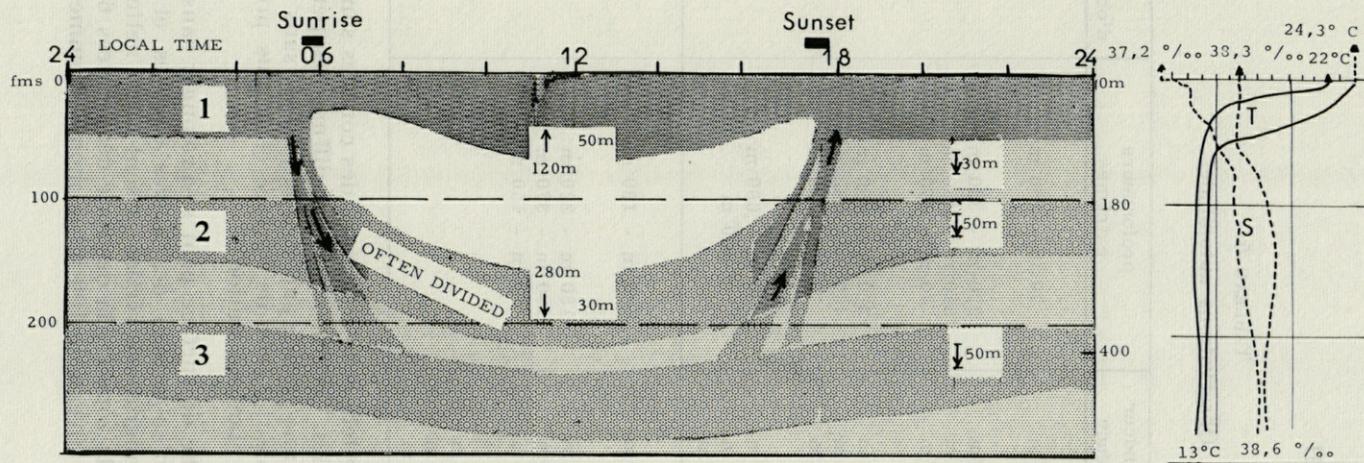


FIG. 1. — Profondeur moyenne des couches diffusantes en mer Tyrrhénienne pendant une période de 24 h (fig. extraite de FRASSETTO et DELLA CROCE, 1965).

ÉTUDE DE LA ZONE III

TABLEAU 5  
Observations automnales

Couches		profondeur moyenne	profondeurs extrêmes	nombre d'observations
J	surface			
	L. I.	130 m	70 m - 150 m	11
O	2 ème.			
	L. S.	260 m	220 m - 330 m	10
U	L. I.	380 m	310 m - 460 m	
	E.	120 m	70 m - 270 m	
R	3 ème.			
	L. S.	420 m	370 m - 460 m	5
	L. I.	530 m	460 m - 550 m	
	E.	110 m	70 m - 120 m	
	4 ème.			
	L. S.	620 m	590 m - 660 m	2
	L. I.	800 m	800 m	
	E.	180 m		
N	surface			
	L. I.	150 m	130 m - 180 m	7
U	2 ème			
I	L. S.	200 m	180 m - 220 m	5
	L. I.	310 m	290 m - 370 m	
T	E.	110 m	90 m - 150 m	
	3 ème			
	L. S.	330 m		2
	L. I.	400 m		
	E.	70 m		

Le nombre, la netteté et la fréquence des couches sont particulièrement remarquables. Certaines couches diffusantes peuvent être enregistrées pendant une grande partie de la journée sans variations sensibles (par exemple : 1 écho de surface et 3 plus profonds de 9 h à 15 h, le bateau étant en station).

La nuit, la couche de surface peut se prolonger sans discontinuité marquée jusqu'au niveau des autres couches et atteindre 300 m environ. Les migrations verticales sont aussi nettes et aussi complètes que dans la zone II; la descente débute vers 6 h 30 par un dédoublement au niveau de 100 m, la montée commence à une

heure variable, entre 16 h et 18 h et se termine aux environs de 19 h par la jonction des couches profondes à la couche superficielle.

TABLEAU 6  
Observations hivernales

	Couches	profondeur moyenne	profondeurs extrêmes
J O U R	surface		
	L. I.	90 m	60 m - 150 m
	2 ème.		
	L. S.	180 m	170 m - 220 m
	L. I.	310 m	260 m - 330 m
	E.	130 m	60 m - 150 m
	3 ème		
L. S.	440 m	440 m	
L. I.	490 m	460 m - 510 m	
E.	50 m	40 m - 70 m	
N U I T	surface		
	L. I.	100 m	70 m - 150 m
	2 ème.		
	L. S.	150 m	130 m - 180 m
	L. I.	220 m	160 m - 230 m
E.	70 m	40 m - 90 m	

Origny, janvier 1965  
J. Charcot, février 1966.

D'une façon générale, les enregistrements sont beaucoup moins nets qu'en automne, surtout ceux des couches profondes et intermédiaires. Il n'y a pas toujours de séparation nette entre les couches 2 et 3 le jour, mais seulement une diminution d'intensité. De même la nuit, la couche de surface se prolonge parfois jusqu'à 350 m environ.

#### Migrations verticales

La subdivision de la couche de surface se produit vers 6 h 45 au niveau de 90 m, la montée se termine vers 19 h par la jonction des couches au niveau de 50 m. Dans certaines conditions, la montée de la couche profonde peut débuter très tôt et se faire à des vitesses différentes (exemple : de 16 h à 18 h 30, montée lente 0,60 m/min.; puis plus rapide jusqu'au moment de la jonction 1,30 m/min.).

Dans cette zone, la plus grande différence entre les deux saisons observées porte sur la fréquence et la netteté des échos des couches profondes et intermédiaires en automne.

Les limites de la couche de surface et celles de la deuxième couche sont plus profondes en automne, celles de la troisième sont sensiblement identiques.

ÉTUDE DE LA ZONE IV

TABLEAU 7  
Observations estivales

	Couches	profondeur moyenne	profondeurs extrêmes
J O U R	surface		
	L. I.	70 m	40 m - 90 m
	intermédiaire		
	L. S.	110 m	55 m - 130 m
	L. I.	150 m	130 m - 170 m
	profond		
L. S.	240 m	170 m - 290 m	
L. I.	330 m	290 m - 370 m	

Les limites de la couche profonde correspondent à peu près à celles de la deuxième couche observées dans les autres régions, mais plusieurs fois, il s'est trouvé un écho moins profond que j'ai appelé « écho intermédiaire ». L'écho profond s'observe chaque fois qu'il y a enregistrement d'une couche superficielle. Ces échos sont parmi les plus intenses de tous ceux observés à bord de l'*Origny*.

La nuit, les couches profondes ne sont pas nettement individualisées, on observe plutôt 3 possibilités pour la profondeur de la limite inférieure de la couche superficielle : 70 m, 170 m, 270 m.

Migrations verticales

La descente se produit entre 5 h et 7 h, le dédoublement se fait à 40 m environ la montée se passe entre 20 h et 21 h 30, la jonction s'établit à 50 m environ.

DISCUSSION

CARACTÉRISTIQUES MOYENNES POUR L'ENSEMBLE DU BASSIN OCCIDENTAL

Si on calcule les moyennes de toutes les observations faites au cours de ces diverses campagnes, on obtient pour les limites des

différentes couches, les valeurs suivantes :

	de jour	de nuit
couche de surface ..	0 à 110 m	0 à 130 m
2° couche .....	220 à 330 m	120 à 310 m
3° couche .....	360 à 490 m	370 à 460 m
4° couche .....	620 à 800 m	

Lorsqu'il y a enregistrement d'un écho profond, il y a toujours une couche diffusante superficielle, mais la réciproque n'est pas vraie et si on prend comme base 100 le nombre d'observations en surface, on obtient pour les autres couches, les chiffres suivants :

	de jour	de nuit
couche de surface .....	100	100
2° couche .....	64	46
3° couche .....	36	14
4° couche .....	2	0

#### *Couches diffusantes profondes*

Si on applique la terminologie de TROADEC (1961), la D.S.L. dans son sens strict serait très rare en Méditerranée, elle n'aurait été enregistrée que le jour dans la zone III. Il m'a semblé préférable, tant qu'on ne connaît pas de caractéristiques supplémentaires sur la nature des couches permettant de les différencier, de conserver à l'ensemble des échos situés en-dessous de la couche superficielle, l'appellation « couches diffusantes profondes » (D.S.L.). L'existence et la fréquence de ces couches ne sont pas identiques dans l'ensemble du bassin ni au cours de l'année. Leur épaisseur, comprise entre 100 et 200 m, correspond aux résultats trouvés dans d'autres régions.

#### *Couches diffusantes superficielles*

La limite inférieure est nettement plus profonde que celle indiquée par TROADEC (1961). Lorsqu'on prend, pour la largeur des bandes d'enregistrement une échelle faible (0 à 40 brasses par exemple), on peut observer 2 à 3 zones d'intensité plus forte à l'intérieur de cette couche superficielle, mais elles ne sont pas nettement séparées les unes des autres. Le jour cette couche est séparée des autres par une zone sans écho, mais il n'en est pas de même la nuit, le deuxième écho n'est pas toujours bien individualisé et on observe le plus souvent une zone de diffusion s'étendant jusqu'à 300 m ou plus.

## ÉTUDE DES MIGRATIONS VERTICALES

### Couches diffusantes profondes

Les migrations verticales liées au lever et au coucher du soleil, sont caractérisées par :

une plus grande netteté des échos ou même l'apparition d'échos supplémentaires;

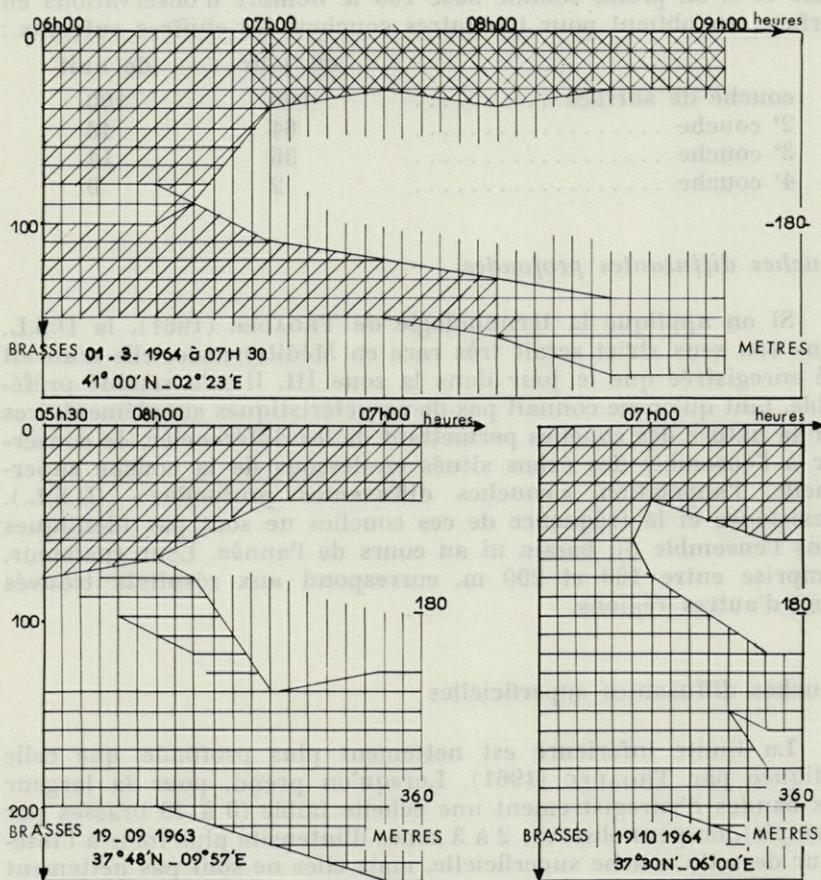


FIG. 2. — Migrations verticales vers le fond :

— dédoublement de la couche superficielle,

— formation des couches profondes.

(le hachuré simple correspond à un noircissement faible du papier électrolytique, le hachuré complet au noircissement maximum).

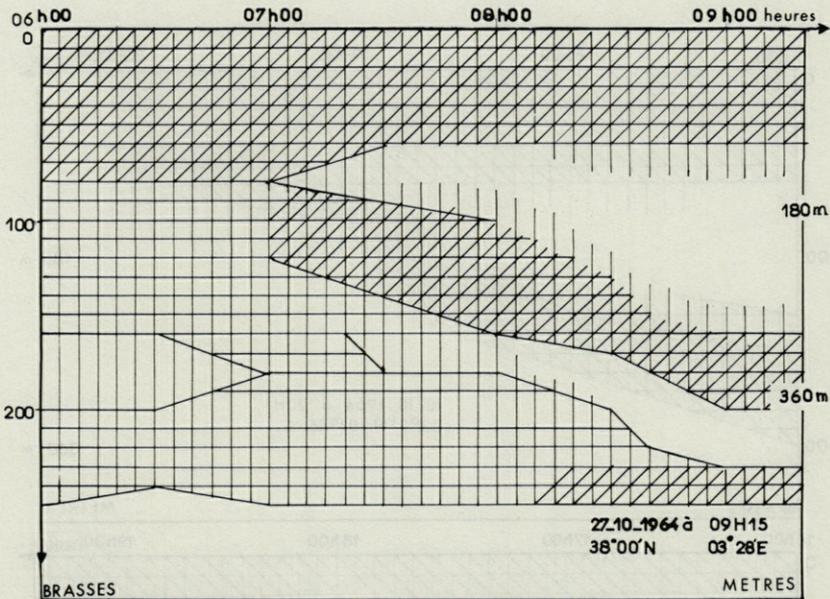


FIG. 3. — Migrations verticales vers le fond :  
— avec couche profonde nocturne.

la subdivision d'échos préexistants;  
la séparation en deux temps, une phase lente et une phase rapide plus nette (intensité de l'écho);  
les migrations descendantes sont plus rapides que les montées (3 m/min. et 1,5 m/min.), elles sont variables, certains « diffuseurs » peuvent dépasser 5 m/min.

Le matin, les profondeurs moyennes sont atteintes moins de 2 heures après le début des migrations des différentes couches et varient peu au cours de la journée. Le soir, les couches profondes s'individualisent après la migration; il ne s'agit pas de « diffuseurs » qui restent à une certaine profondeur, mais d'un nouvel état d'équilibre qui se forme.

Les figures nos 2 à 5 montrent, de façon schématique, différents degrés de complexité dans les phénomènes de migration.

L'apparition d'échos supplémentaires au moment des migrations et les différences dans les vitesses peuvent s'expliquer dans le cadre de la théorie biologique. Les divers groupes zoologiques situés à la même profondeur se sépareraient par suite de différence de sensibilité aux variations d'intensité lumineuse ou de différence dans l'adaptation à de nouvelles intensités.

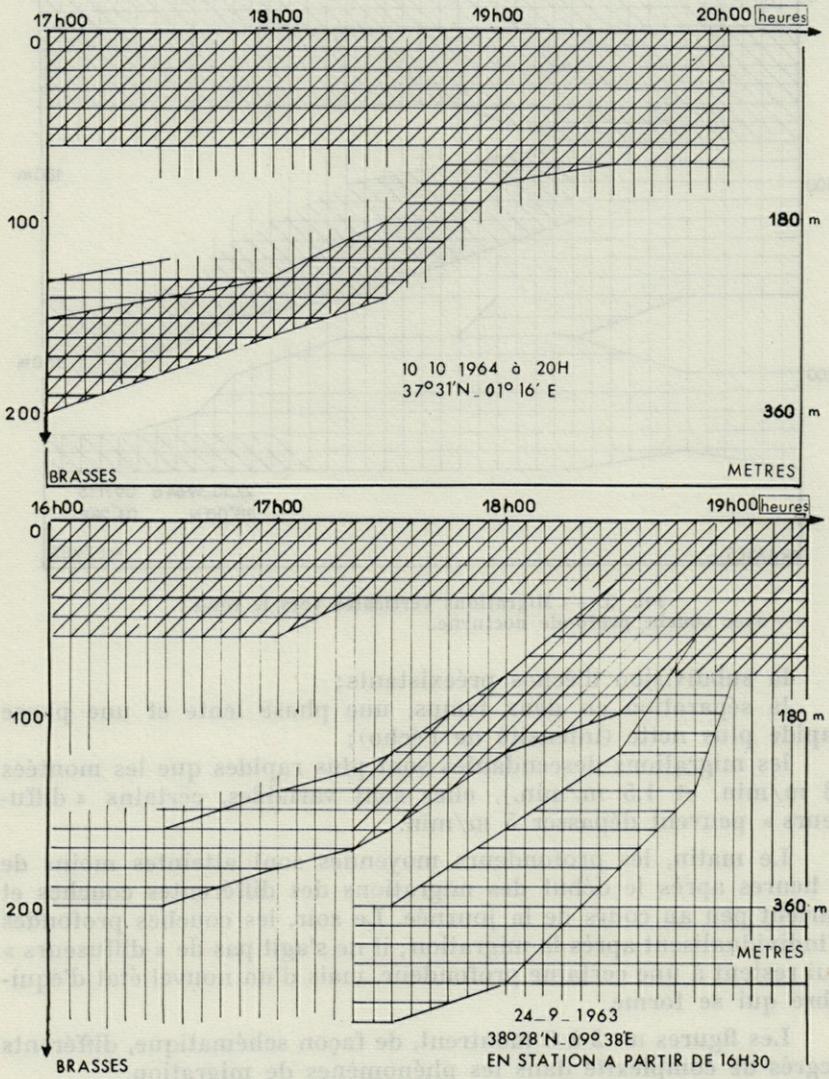
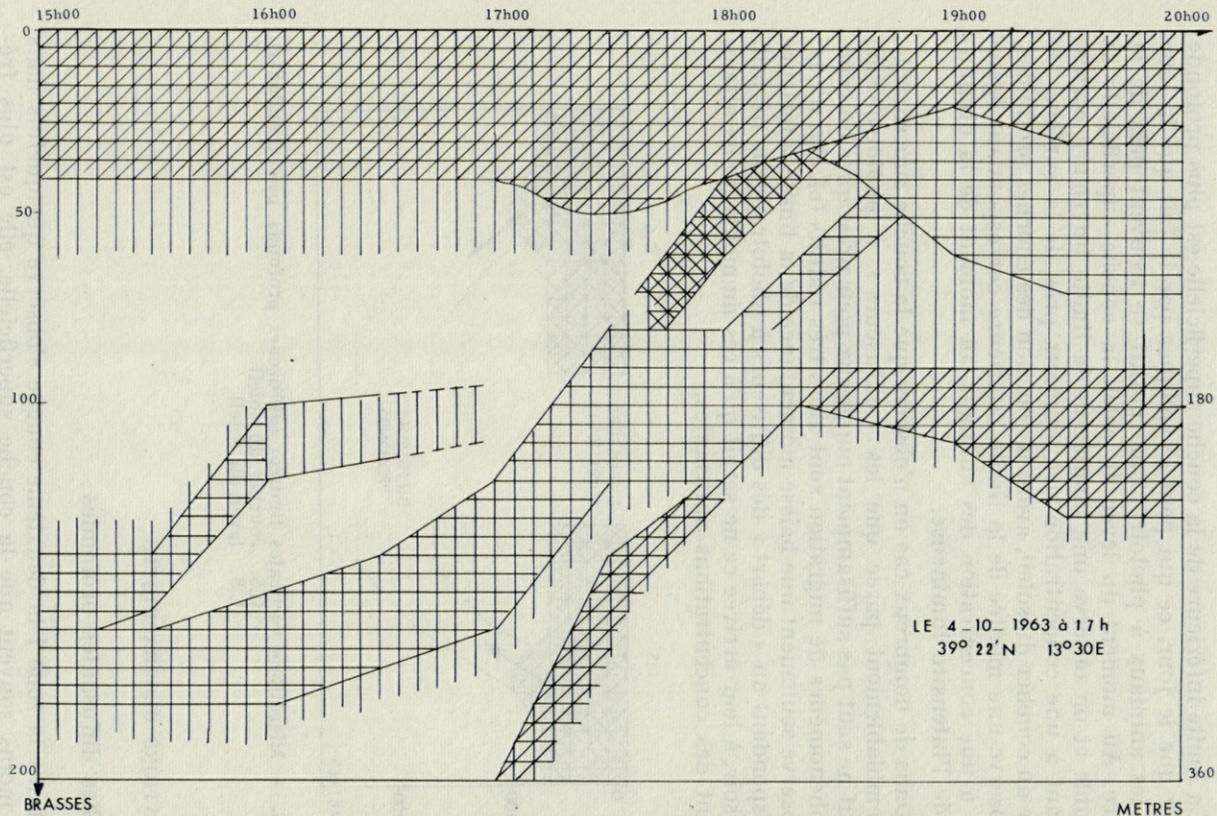


FIG. 4. — Migrations verticales vers la surface :

- jonction d'une couche profonde,
- jonction de deux couches profondes.



**FIG. 5. — Migrations verticales vers la surface :**  
 — dédoublement des couches superficielles,  
 — apparition d'échos supplémentaires,  
 — formation de couche profonde nocturne.

### Couches superficielles

La limite inférieure de la couche superficielle est plus profonde la nuit que le jour, ce qui peut s'expliquer par le fait que le jour seuls les animaux à phototropisme positif se trouvent près de la surface. Au moment du lever du soleil la couche superficielle se dédouble et on observe une montée de la limite inférieure correspondant à une concentration des animaux près de la surface. De même au coucher du soleil, avant la jonction des couches profondes, on observe une montée de la limite inférieure correspondant également à une concentration des animaux au moment de la diminution de l'intensité lumineuse.

Dans de nombreux cas on n'observe que la couche superficielle, vraisemblablement parce que les « diffuseurs » à phototropisme négatif ne sont pas suffisamment nombreux pour provoquer un écho. Les phénomènes de migration sont alors très réduits (cf. fig. n° 6); on observe seulement une baisse momentanée de la limite inférieure correspondant au « départ » des diffuseurs à phototropisme négatif, et le soir, à leur arrivée ce ne serait qu'à ces moments qu'ils atteindraient des concentrations suffisantes.

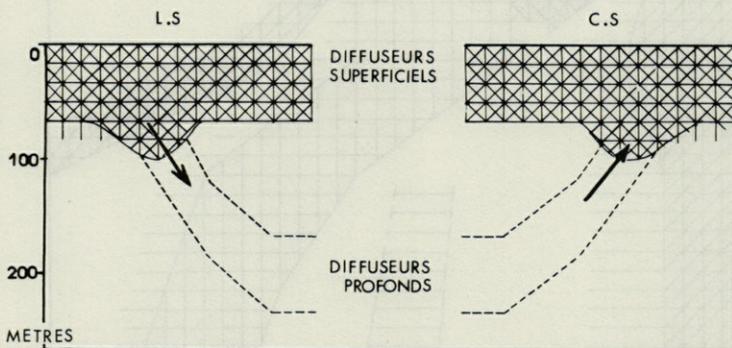


FIG. 6. — Migrations verticales limitées (diffuseurs profonds peu abondants).  
C.S. coucher du soleil.  
L.S. lever du soleil

### VARIATIONS GÉOGRAPHIQUES

#### Couches diffusantes profondes

Dans la zone I la deuxième couche s'observe quelquefois mais bien moins souvent que la couche superficielle, elle est plus fréquente la nuit. Des échos plus profonds n'ont jamais été enregistrés.

Dans la zone II la deuxième couche s'observe presque chaque fois qu'il y a une couche superficielle, son épaisseur de 80 m environ est sensiblement plus faible que l'épaisseur moyenne des couches profondes. Un troisième écho s'observe également mais moins souvent.

Dans la zone III la deuxième couche s'observe aussi souvent que celle de surface, son épaisseur dépasse 100 m. La troisième couche, enregistrée une fois sur deux, est plus profonde le jour que la nuit. Enfin il existe quelquefois un quatrième écho qui n'a jamais été enregistré dans les autres zones.

Dans la zone IV la couche la plus profonde correspond à la deuxième couche des autres zones, elle est aussi fréquente que celle de surface. Quelquefois un autre écho s'intercale entre elle et celle de surface.

On peut résumer ces résultats de la façon suivante :

zone I	1 couche profonde peu fréquente
zone II	2 couches profondes fréquentes
zone III	2 couches profondes fréquentes et parfois 3
zone IV	1 couche profonde fréquente.

La deuxième couche se trouve à des profondeurs peu variables dans l'ensemble du bassin. Le troisième écho est plus profond dans la zone III que dans la zone II.

#### *Couches diffusantes superficielles*

Elles s'observent dans tout le bassin mais leur intensité est variable. Les plus fortes intensités se trouvent dans les zones IV et II, les plus faibles dans la zone I; ceci est en accord avec les quelques données quantitatives que nous possédons en Méditerranée occidentale pour l'ensemble du zooplancton (JESPERSEN, 1923). L'épaisseur de cette couche est maxima en mer Tyrrhénienne et minima en mer d'Alboran.

#### *Migrations verticales*

Les différences géographiques dans les phénomènes de migrations verticales sont les conséquences des variations dans la répartition des couches profondes; les phénomènes sont très simplifiés dans la zone I et plus complexes dans les zones II et III.

### VARIATIONS SAISONNIÈRES

Cette comparaison ne peut malheureusement être complète, car les différentes zones n'ont pas été étudiées à toutes les époques de l'année. Les comparaisons qui peuvent être envisagées sont :

dans la zone I, entre l'été, l'automne et l'hiver,  
dans la zone III entre l'automne et l'hiver.

Dans la zone I la limite inférieure de la couche de surface le jour, est plus profonde en été et diminue jusqu'en hiver. De même dans la zone III cette limite est plus profonde en automne qu'en hiver. La nuit, dans la zone I, cette limite est plus profonde en hiver, ce qui peut s'expliquer par une plus grande abondance des diffuseurs profonds (comme le montre également la plus grande fréquence des couches profondes, le jour, à cette époque).

La deuxième couche est plus profonde en automne qu'en hiver dans la zone III, dans la zone I sa fréquence augmente de l'été à l'hiver. Les heures des migrations verticales varient d'une saison à l'autre et suivent les variations des heures du lever et du coucher du soleil.

Les principales variations saisonnières portent donc sur :  
l'abondance des diffuseurs profonds (phototropisme négatif),  
l'épaisseur de la couche superficielle,  
les heures des migrations verticales.

### RÉSUMÉ

L'étude des couches diffusantes superficielles et profondes en Méditerranée occidentale a permis de reconnaître l'extension du phénomène dans l'ensemble du bassin aux différentes saisons. Les couches, d'une épaisseur de 100 m environ, sont au maximum au nombre de quatre le jour et de trois la nuit.

Les phénomènes de migrations verticales des couches profondes, lorsqu'elles existent, sont conformes à ceux qui ont été décrits dans d'autres régions océaniques, mais souvent ces couches ne sont pas enregistrées et les observations sont limitées à la seule couche superficielle.

Le nombre et la fréquence des couches profondes varient selon les régions prospectées :

- canal de Corse Provence et bassin central nord :
- une couche profonde peu fréquente,

- mer Tyrrhénienne méridionale :  
deux couches profondes fréquentes,
- bassin central sud :  
deux couches profondes fréquentes et parfois trois,
- mer Alboran :  
une couche profonde fréquente.

Les variations saisonnières ne sont pas nettes et portent essentiellement sur la profondeur de la limite inférieure de la couche superficielle qui diminue de l'été à l'hiver.

### SUMMARY

The study of superficial and deep scattering layers in western Mediterranean has revealed the extension of these layers in the whole basin throughout the year.

A maximum of four layers during day time and three during night were recorded (all layers about 100 m thick).

Patterns of vertical migrations of deep layers (when present), fit with those described in other oceanic regions. In most cases we did not record these layers and observations were limited to the superficial layer.

Number and frequency of deep layers vary from one to the other prospected areas :

- Corse Provence and central north basin  
one unfrequent deep layer,
- south Tyrrhenian sea  
two frequent deep layers,
- south central basin  
two frequent deep layers and sometimes three,
- Alboran sea  
one frequent deep layer.

Seasonal variations are not sharply defined and concerned essentially the depth of inferior edge of superficial layer.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung oberflächlicher und tiefer Sprungschichten im westlichen Mittelmeer ermöglicht es, die Ausdehnung dieser

Erscheinung im gesamten Becken durch alle Jahreszeiten hindurch zu kennen.

Die Schichten sind ungefähr 100 m dick. Es gibt höchstens vier am Tage und drei in der Nacht.

Die senkrechten Wanderungen der tiefen Schichten, sofern sie existieren, spielen sich genau so ab wie es von anderen ozeanischen Gegenden beschrieben worden ist. Die tiefen Schichten konnten allerdings öfters nicht aufgezeichnet werden, und nur die obere Schicht wurde beobachtet.

Anzahl und Häufigkeit der tiefen Schichten wechseln nach der untersuchten Gegend :

- Korsika-Provence und mittleres Nordbecken  
eine tiefe Schicht, wenig häufig,
- Südtyrrenisches Meer  
zwei tiefe Schichten, häufig,
- Mittleres Südbecken  
zwei tiefe Schichten, häufig, manchmal drei,
- Alboranmeer  
eine tiefe Schicht, häufig.

Die jahreszeitlichen Variationen sind nicht sehr deutlich. Sie betreffen vor allen Dingen die Tiefe der unteren Grenze der oberen Schicht die vom Sommer zum Winter abnimmt.

#### RÉFÉRENCES

- ANDREEVA, I.B. et Y.G. TCHINDONOVA, 1964. Sur la nature des couches de diffusion du son (en russe). *Okeanologia*, 5 (1) : 112-124.
- BARHAM, E.G., 1963. The deep scattering layer as observed from the bathyscaphe Trieste. *Proc. int. Congr. Zool.*, 16 (4) : 298-300.
- BERNARD, F., 1955. Densité du plancton vu au large de Toulon depuis le bathyscaphe F.N.R.S. III. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 1063 : 1-16.
- BODEN, B.P., 1962. Plankton and sonic scattering. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 153 : 171-177.
- BODEN, B.P. et E.M. KAMPA, 1958. Lumière, bioluminescence et migrations verticales de la couche diffusante profonde en Méditerranée occidentale. *Vie Milieu*, 9 (1) : 1-10.
- CAPART, A., 1955. Quelques échosondages des fonds et des poissons aux environs de Monaco. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 1068 : 1-10.
- CLARKE, G.L. et R.H. BACKUS, 1964. Interrelations between the vertical migration of Deep Scattering layers, Bioluminescence and Changes in daylight in the sea. *Ibid.*, 1318 : 1-36.

- FRASSETTO, R., R.H. BACKUS et E. HAYS, 1962. Sound scattering layers and their relation to thermal structure in the Strait of Gibraltar. *Deep-Sea Res.*, 9 (1) : 69-72.
- FRASSETTO, R. et N. DELLA CROCE, 1965. Observations of D.S.L. in the Mediterranean. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 1344 : 1-16.
- JESPERSEN, P., 1923. On the quantity of Macroplankton in the Mediterranean and the Atlantic. *Rep. Dan. oceanogr. Exped. Méditerr.*, 3 (7).
- PÉRÈS, J.M. et J. PICARD, 1956. Nouvelles observations biologiques effectuées avec le bathyscaphe F.N.R.S. III et considérations sur le système aphotique de la Méditerranée. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 1075 : 1-10.
- PICARD, J. et R.S. DIETZ, 1957. Oceanographic observations by the bathyscaphe Trieste 1953-1956. *Deep-Sea Res.*, 4 (4) : 221-229.
- TRÉGOUBOFF, G., 1962. Prospection biologique sous-marine dans la région de Villefranche-sur-mer en janvier 1961. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 1226 : 1-14.
- TROADEC, J.P., 1961. Propagation ultra sonore et couches diffusantes dans le milieu marin. *Cah. océanogr.*, 13 (8) : 552-568.

Reçu le 4 août 1966



**DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES  
ET HYDROLOGIQUES  
DE LA RÉGION DE BANYULS-SUR-MER  
Année 1965-1966 (Point côtier)**

par Michel BHAUD, Guy JACQUES et Claude RAZOULS  
*Laboratoire Arago, 66 - Banyuls-sur-Mer*

**SOMMAIRE**

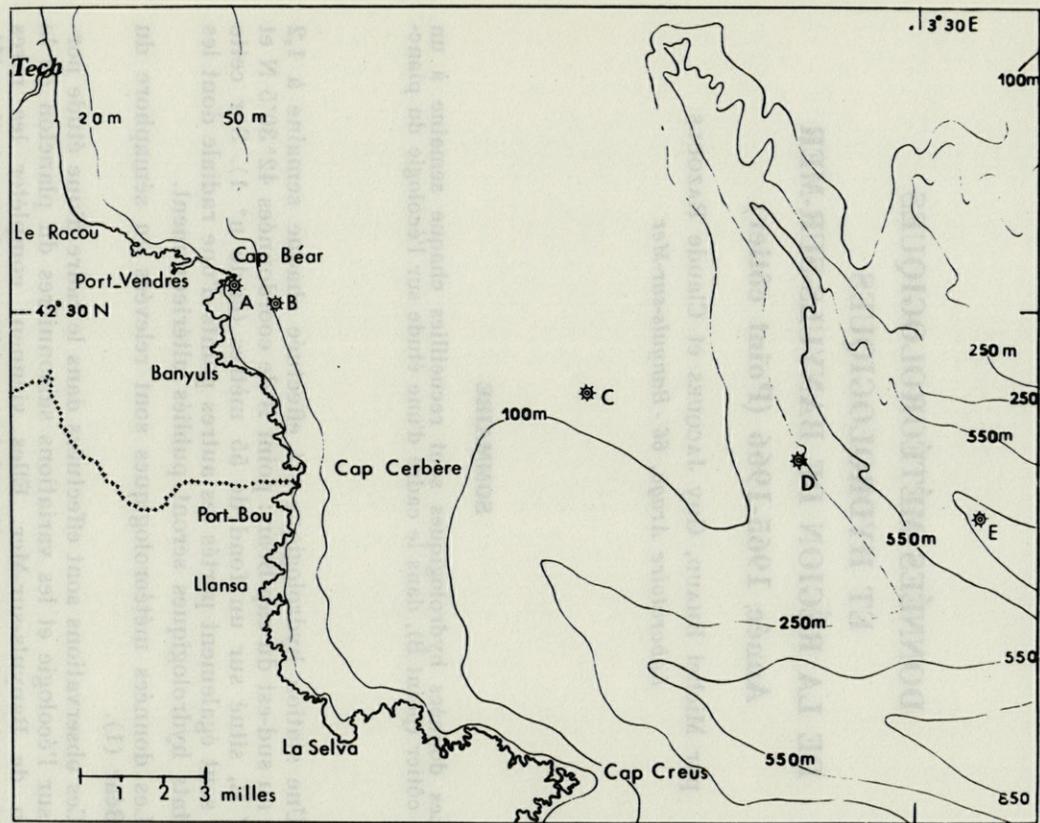
Les données hydrologiques sont recueillies chaque semaine à un point côtier (point B), dans le cadre d'une étude sur l'écologie du plancton.

Une station hydrologique est effectuée chaque semaine à 1,2 mille au sud-est du cap Béar : point B de coordonnées  $42^{\circ} 30' 5''$  N et  $3^{\circ} 10' E$ , situé sur un fond de 55 mètres (carte n° 1). Sur cette carte sont également portés les autres points d'une radiale dont les résultats hydrologiques seront publiés ultérieurement.

Les données météorologiques sont relevées au sémaphore du cap Béar (1).

Ces observations sont effectuées dans le cadre d'une étude portant sur l'écologie et les variations saisonnières du plancton de la région de Banyuls-sur-Mer. Elles viennent compléter les rares données existantes sur cette région méditerranéenne (voir références).

(1) Nous remercions le personnel du sémaphore qui a bien voulu mettre à notre disposition ses documents.



CARTE n° 1. — Carte de la région de Banyuls-sur-Mer. Localisation des points hydrologiques.

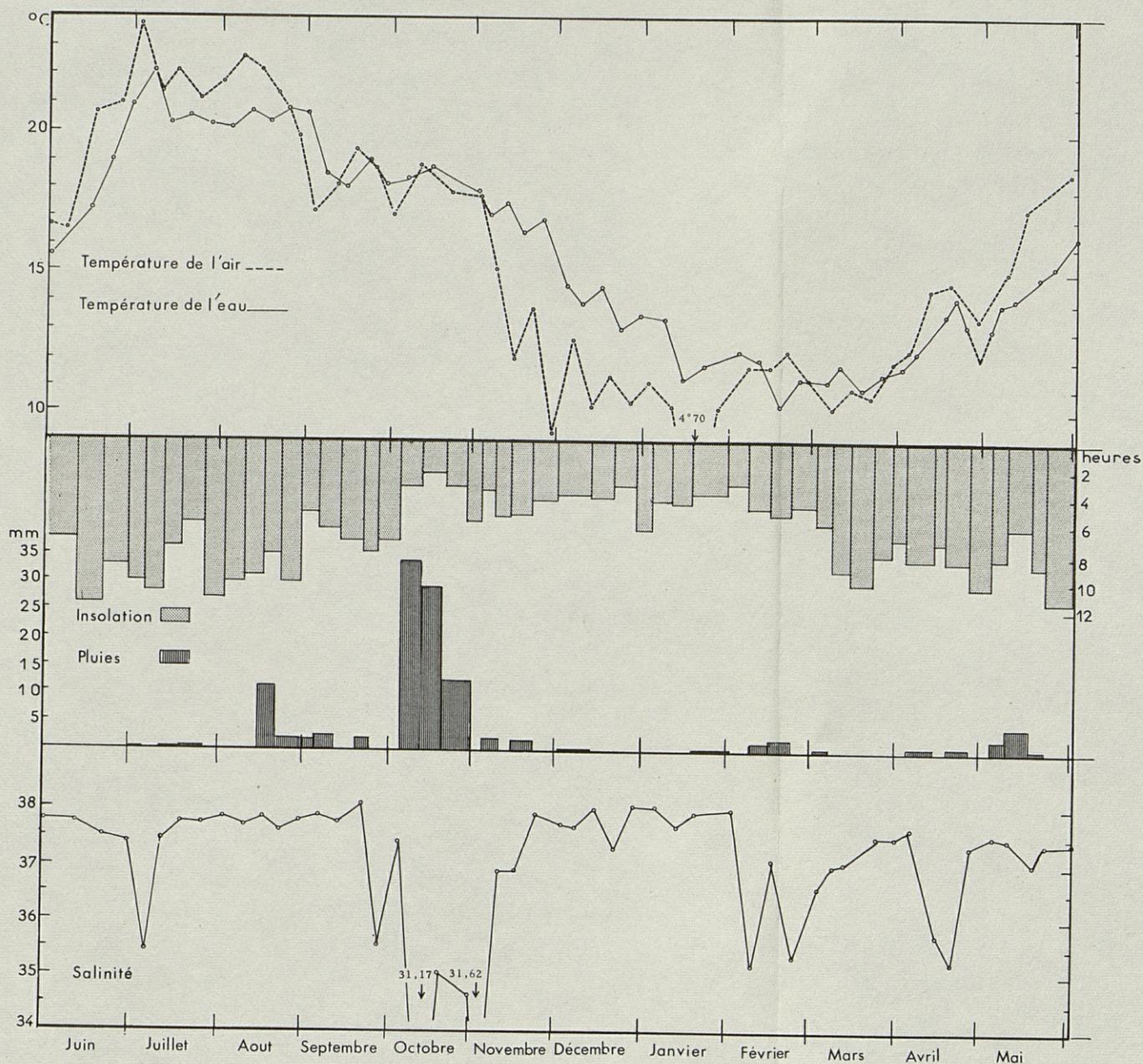


FIG. 1. — Cycle de la température et de la salinité de surface (relations avec quelques facteurs météorologiques).

La température de l'eau est mesurée à l'aide de thermomètres à renversement aux profondeurs suivantes : 0, 10, 20 et 50 mètres (5 mètres à partir du mois d'octobre 1965). Les dosages de salinité sont faits par la méthode de KNUDSEN (2).

La force et la direction des vents, la température de l'air et les précipitations sont celles enregistrées au cap Béar. Les durées d'insolation se rapportent à Perpignan; elles sont extraites du bulletin décadaire de la Météorologie Nationale.

## CYCLE DES TEMPÉRATURES ET DES SALINITÉS DES EAUX DE SURFACE

Les caractéristiques hydrologiques (température et salinité en surface) et météorologiques susceptibles de les influencer (température de l'air, insolation et pluies) sont groupées sur la fig. 1. Les facteurs météorologiques sont représentés par leur valeur journalière moyenne entre deux stations consécutives.

### TEMPÉRATURES

Le cycle de la température pour 1965-66 est d'un type classique; il présente les caractéristiques suivantes :

— augmentation rapide de la température en juin avec un maximum de 22°11 le 6 juillet;

— diminution début juillet puis variations entre 20° et 20°7 en juillet et août;

— baisse marquée début septembre de 21°6 à 17°9 suivie de variations entre 18° et 19° en septembre et octobre;

— refroidissement régulier en novembre, décembre et janvier;

— température assez stable en février et mars : minimum de 10°21;

— montée régulière à partir de la fin du mois de mars jusqu'à la valeur de 16°40 fin mai, température supérieure à celle de l'année précédente pour la même période.

Si directement ou indirectement l'énergie solaire est la cause du réchauffement des eaux, la comparaison entre la température de

(2) Ces dosages ont été faits par M<sup>lle</sup> Marie-José Py, aide de laboratoire.

l'eau et les heures d'insolation n'est satisfaisante que dans ses très grandes lignes; elle s'avère infructueuse dans le détail.

Par contre la similitude est forte entre la température de l'air et celle de l'eau; les baisses de la température de l'eau de juillet et de septembre, par exemple, sont précédées de baisses similaires de la température de l'air. Excepté pendant la période hivernale l'écart entre les deux courbes est souvent inférieur à 2 °C. Les vents, souvent forts dans cette zone du golfe du Lion, sont responsables de l'intensité des échanges entre l'atmosphère et l'eau.

### SALINITÉS

Le cycle de la salinité en surface est original pour la Méditerranée avec seulement quatre valeurs supérieures à 38 p. 1000 et treize inférieures à 37 p. 1000 (sur 52 mesures). Ces dessalures fréquentes perturbent l'évolution normale de la salinité; leur caractère accidentel ne permet pas la délimitation de phases dans ce cycle.

La période d'intense dessalure du mois d'octobre (fig. 1) était prévisible; elle est explicable par les pluies exceptionnelles (623 mm en un mois au cap Béar). Les baisses de la salinité de juillet, septembre, etc... ne peuvent, par contre, être dues aux seules pluies locales faibles ou nulles; inversement les orages d'août n'ont pas eu de répercussion sur la salinité.

L'hypothèse la plus logique est de penser à un apport d'eau douce par les rivières roussillonnaises (Têt, Tech et Agly) qui ont un régime torrentiel accusé. La connaissance de leurs débits fournira, dans l'avenir, d'intéressantes données, le régime des pluies sur leurs bassins versants différant notablement de celui de la zone côtière. Si cette hypothèse est vérifiée la présence de ces eaux dessalées vers Banyuls est normale, compte tenu des vents dominants de secteur nord-ouest.

Le golfe du Lion peut être une des zones de formation d'eau profonde méditerranéenne, lors d'hivers froids; cette eau que l'on retrouve au-dessous de 1500 mètres a une densité comprise entre les valeurs de  $\sigma_t$  29,1 et 29,2 (TCHERNIA et LACOMBE, 1956; WÜST, 1961). Pendant la période étudiée le  $\sigma_t$  n'a jamais dépassé 29,0; ces densités maximales se situent fin janvier. Les conditions hivernales 1965-66 n'ont pas été assez rigoureuses pour que se forme une eau dense, comme cela peut se produire au large de Banyuls (BOUGIS et RUIVO, 1954).

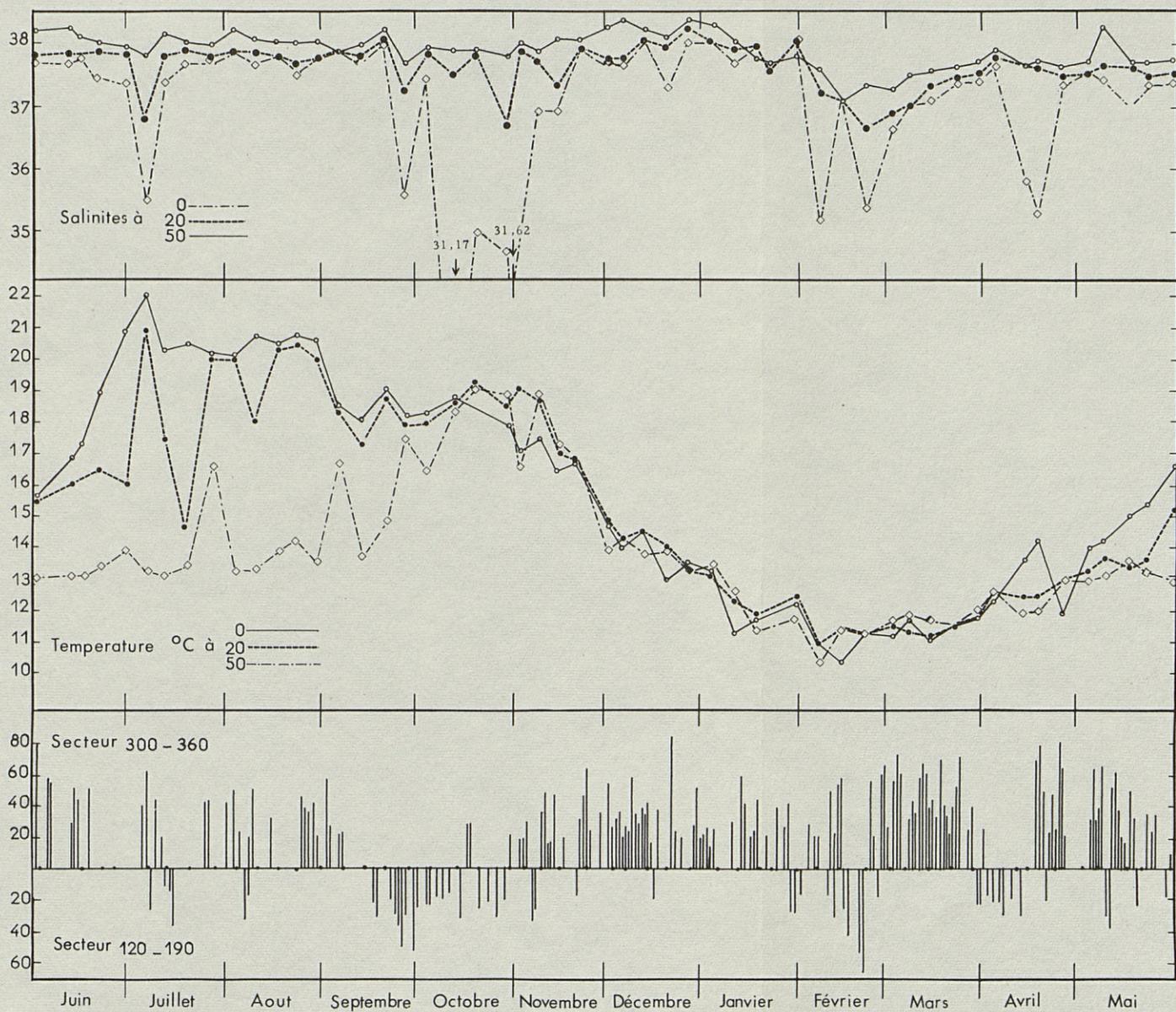


FIG. 2. — Répartition verticale des températures et des salinités. Relation avec les vents.

## RÉPARTITION VERTICALE DES TEMPÉRATURES ET DES SALINITÉS. INFLUENCE DES VENTS

### TEMPÉRATURES

En considérant les températures aux profondeurs 0, 20 et 50 m, la période étudiée se divise en deux phases distinctes (fig. 2).

1) d'octobre à avril il n'y a pas de différence marquée entre les trois profondeurs; la thermocline n'existe pas.

2) de juin à septembre la différence entre les trois profondeurs est forte. Bien établie début juin, la thermocline persiste jusqu'en septembre. Pendant ce mois de septembre la température de surface ne s'abaisse pas, celle du niveau 50 mètres augmente; ce fait montre que la disparition de la thermocline n'est pas liée à un refroidissement des eaux de surface mais à l'homogénéisation de la masse d'eau par le vent. Cette disparition de la stratification thermique se produit entre le 21 et le 27 septembre; elle est associée aux vents les plus forts de l'année pour le secteur sud-est.

Sur la figure 2 sont portées les vitesses des vents des deux secteurs principaux :

secteur 300 - 360° : vents de NW à N (« Tramontane »)

secteur 120 - 190° : vents de SE à S.

Les valeurs journalières figurées correspondent à la somme des trois enregistrements quotidiens quand elle est supérieure à 10 mètres par seconde.

La tramontane est le vent le plus fréquent et le plus intense; très faible en octobre et novembre, très fort en mars. Le vent de sud-est a surtout soufflé en automne et à la fin de l'hiver.

La comparaison du graphique des vents et des courbes de température met en lumière l'action différente de ces deux vents. La tramontane, vent sec et froid, s'accompagne souvent d'une baisse de température en surface; le vent de sud-est homogénéise simplement la colonne d'eau sans provoquer de refroidissement.

Pendant la période estivale la température à 50 mètres est toujours très différente de celle de surface. Des coups de vents forts mais brefs n'affectent généralement que la couche superficielle jusqu'à une vingtaine de mètres mais ont peu d'action sur la couche profonde. Le 27 juillet et le 6 septembre cependant la température à 50 mètres se rapproche de celle de surface (vents supérieurs à 20 m/s) mais la thermocline subsiste.

Durant le reste de l'année les températures à 0 et 50 mètres sont peu différentes. Celles de surface sont souvent plus basses, ce qui entraîne une stabilité faible ou nulle. Les valeurs de cette stabilité sont portées sur la figure 3; la stabilité entre 0 et 20 mètres n'est pas représentée car elle est trop influencée par les dessalures. La stabilité s'exprime par la formule :

$$E'_{\text{(stabilité)}} = 10^{-3} \frac{d\sigma_t}{dz}$$

avec  $d\sigma_t$  = différence de  $\sigma_t$  entre 2 niveaux,

$dz$  = différence de profondeur en mètres entre ces mêmes niveaux, d'après SVERDRUP *et al.*, 1946.

L'hiver est la période de faible stabilité; les eaux froides superficielles ( $\sigma_t$  élevé) ont tendance à gagner les couches profondes, ce qui constitue un second facteur d'homogénéisation.

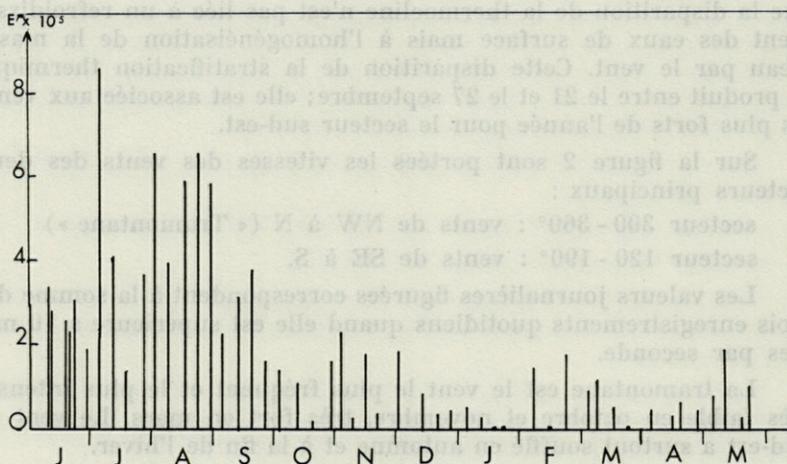


FIG. 3. — Stabilité de l'eau entre 20 et 50 mètres.

### SALINITÉS

Les fortes dessalures enregistrées à 0 mètre affectent aussi, mais dans une plus faible mesure, la couche supérieure jusqu'à la profondeur de 20 mètres; elles atteignent très exceptionnellement le niveau 50 mètres car, pour ce faire, elles doivent coïncider avec un brassage intense.

La salinité à 50 mètres varie assez peu au cours de l'année; les valeurs maximales sont de 38,39 p. 1 000 le 6 et le 27 décembre,

la valeur minimale est de 37 p. 1 000 le 14 février. Cette valeur exceptionnelle est due au mélange des couches superficielles déjà dessalées avec les couches profondes, mélange provoqué par les vents et l'instabilité générale existant au cours de ce mois entre 20 et 50 mètres.

A la station du 6 septembre l'écart de salinité entre 0 et 50 mètres n'est que de 0,05 p. 1 000 vraisemblablement à la suite du très violent coup de tramontane du 1<sup>er</sup> septembre, d'une vitesse de 24 mètres par seconde.

#### TRANSPARENCE DE L'EAU

Bien que complètement rejetée comme mesure photométrique, les indications fournies par la profondeur de disparition du disque de Secchi ont encore leur utilité pour des biologistes.

Les variations de la visibilité du disque de Secchi (fig. 4) sont très fortes et permettent de retrouver les deux périodes déjà définies par la présence ou l'absence de thermocline :

1) de juin jusqu'au 21 septembre la profondeur de disparition est supérieure à 16 mètres avec un maximum de 28 mètres;

2) du 27 septembre au mois de mai la visibilité est inférieure à 15 mètres et souvent même à 10 mètres; le minimum est de l'ordre de 1,50 mètre.

La forte atténuation de la transparence entre le 21 et le 27 septembre coïncide avec la rupture de la thermocline et avec une dessalure; les eaux douces transportant un seston abondant forment, en surface, un écran à la pénétration de la lumière.

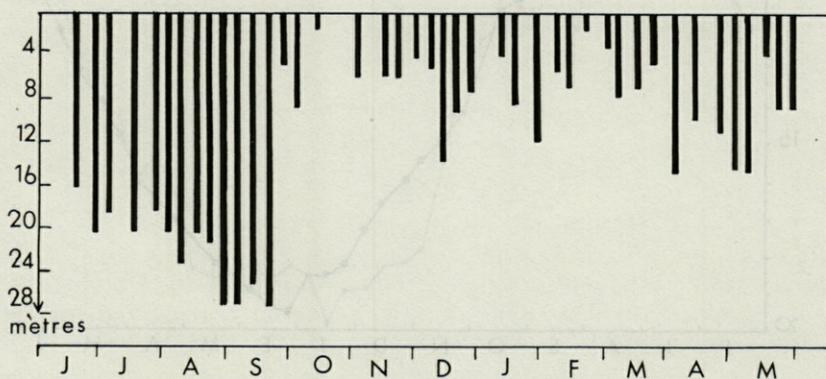


FIG. 4. — Profondeur de disparition du disque de Secchi.

La moyenne de visibilité atteint seulement 12,50 mètres. On peut rapprocher cette valeur de celle trouvée par l'un d'entre nous en Manche (JACQUES, 1963) qui était de 10 mètres. Cependant la gamme de visibilité est bien plus étendue à Banyuls :

de 1,50 m à 28 m pour Banyuls,

de 3,50 m à 14,50 m pour Roscoff.

Si les particules détritiques amenées par le brassage de l'eau et par les eaux douces ont un rôle important sur la transparence, on ne peut négliger celui du phytoplancton; la grande pauvreté estivale coïncidant avec la meilleure visibilité.

### COMPARAISON DU CYCLE THERMIQUE 1965-1966 AVEC CELUI DES ANNÉES PRÉCÉDENTES

Si l'on ne dispose d'aucune donnée de température au point B avant 1965, des relevés sont effectués quotidiennement devant le laboratoire depuis quinze ans. Les variations de la température superficielle devant le laboratoire en 1965-66 sont comparées à celles de la courbe moyenne établie sur les quatorze années précédentes (THIRIOT, 1966). Les différences entre ces deux cycles apparaissent sur la figure 5.

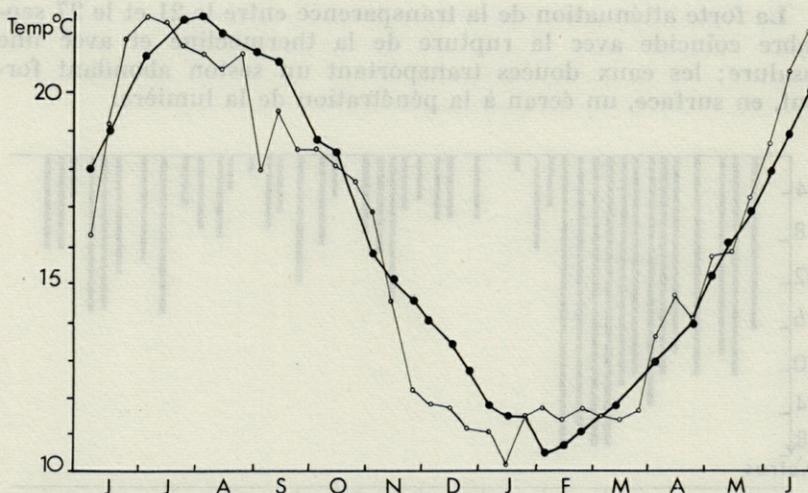


FIG. 5. — Cycle thermique de l'eau superficielle devant le laboratoire. Comparaison avec celui des années précédentes, en trait fort.

L'année 1965-1966 montre un accroissement thermique plus fort que la moyenne au cours du mois de juin. Le maximum de 22 °C se produit dans la première décade de juillet en 1965 alors qu'il a lieu dans la première décade d'août pour la courbe moyenne.

La température au cours de l'été (août et septembre) demeure inférieure à la valeur moyenne : de 0,5 à 1 °C, à l'exception de la première décade de septembre qui présente un écart de 3 °C.

L'évolution de la température est normale en octobre et dans la première moitié du mois de novembre.

A partir du 15 novembre la température devient plus froide que la normale : 2 °C fin novembre et décembre, 1 °C en janvier. Le minimum est de 10 °C lors de la deuxième décade de janvier, valeur légèrement plus basse et qui apparaît plus tôt que dans le cycle moyen.

De la fin janvier à la fin mai les courbes de températures suivent la même évolution, leurs valeurs étant souvent confondues.

La variation de la température superficielle au point B est très proche de celle du laboratoire. Bien que différent de la courbe moyenne, le cycle 1965-66 n'a pas un caractère exceptionnel.

## CONCLUSION

L'étude du cycle hydrologique côtier de la région de Banyuls-sur-Mer en 1965-1966 permet de dégager quelques caractéristiques essentielles.

— L'évolution de la répartition verticale des températures présente deux phases caractérisées par la présence, de mai à septembre, d'une thermocline et son absence le reste de l'année.

— Les mesures de la température de l'eau superficielle au laboratoire montrent que l'année 1965-1966 ne présente pas, sur le plan thermique, un caractère exceptionnel.

— La fréquence de dessalures est un phénomène important qui nécessitera la recherche de leur origine et de leur extension géographique.

— La force et la constance des vents de nord-ouest est un autre trait important; ces vents provoquent des courants locaux et amènent un fort brassage des eaux, responsable, en partie, de la faible transparence.

## RÉSUMÉ

Les facteurs hydrologiques suivis à cinq profondeurs en un point côtier de mai 1965 à mai 1966 comprennent : température, salinité et profondeur de disparition du disque de Secchi. A ces facteurs il faut ajouter les données météorologiques susceptibles de les influencer : température de l'air, insolation, pluies et vents.

Le cycle des températures de cette zone du golfe du Lion présente deux périodes caractérisées par la présence (de juin à septembre) ou l'absence (d'octobre à avril) d'une thermocline. Les valeurs extrêmes, en surface, sont de 22°11 en juillet et de 10°21 en février.

Un caractère original de cette région est la fréquence des dessalures dues vraisemblablement aux apports des rivières locales. La valeur minimale de la salinité de surface est de 31,17 p. 1 000 en octobre, la valeur maximale de 38,08 p. 1 000 (38,39 à 50 mètres).

La moyenne de visibilité du disque de Secchi n'est que de 12 mètres avec des valeurs extrêmes de 28 m et 1,50 m.

Les vents soufflent fréquemment avec violence; le plus souvent de secteur nord-ouest, parfois de secteur sud-est; ils ont une influence prépondérante sur la température de l'eau et sur les courants locaux.

## SUMMARY

Hydrologic factors recorded at five depths on a coastal point from may 1965 to may 1966 include : temperature, salinity and Secchi disk measurements. Meteorological data influencing these factors were added : air temperature, illumination, rain and wind.

Temperature cycle in this region of the " golfe du Lion " show two periods characterized by the presence (june-september) or the absence (october-april) of a thermocline. Extreme values of superficial water were 22°11 C in july and 20°21 C in february.

Frequent drops in salinity (probably due to local rivers) are an original character of this region. Lower range of the surface salinity was 31,17 p. 1000, upper range 38,08 p. 1000.

Average visibility of Secchi disk was 12 meters only, with ranges of 28 and 1,5 meters.

Winds are frequently violent; mostly from the north-west, sometimes from the south-east. Their influence on water temperature and local currents are preponderant.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die in Tiefen untersuchten hydrologischen Faktoren eines küstennahen Punktes der Region von Banyuls-sur-Mer (von mai 1965 bis mai 1966) umfassen : Temperatur, Salzgehalt und Sichttiefe (Verschwinden der Sichtscheibe nach Secchi). Zu diesen hydrologischen Faktoren sind die meteorologischen Gegenheiten, von denen sie beeinflusst werden können, hinzuzufügen : Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung, Regen und wind.

Der Temperaturzyklus dieser Zone des Golfe du Lion zeigt zwei Perioden, die durch das Vorhandensein (von Juni bis September) beziehungsweise das Fehlen (von Oktober bis April) einer Temperaturschichtung gekennzeichnet sind. An der Oberfläche betragen die Extremwerte  $22^{\circ} 11$  im Juli und  $10^{\circ} 21$  im Februar.

Eine Eigentümlichkeit dieser Region stellt die Häufigkeit von Herabsetzungen des Salzgehaltes dar, die wahrscheinlich durch lokale Süswasserzuflüsse bedingt sind. Der Minimalwert des Salzgehaltes an der Oberfläche beträgt 31,17 v. 1000 im Oktober, der Höchstwert 38,08 v. 1000.

Die mittlere Sichttiefe liegt bei 12 m, die Extremwerte betragen 28 m und 1,50 m.

Die Winde sind oft äusserst heftig; am häufigsten im Sektor Nord-West, mitunter im Sektor Süd-Ost; sie haben einen überwiegenden Einfluss auf die Wassertemperatur und auf die lokale Strömungen.

## REFÉRENCES

- BOUGIS, P. et M. RUIVO, 1954. Sur une descente d'eaux superficielles en profondeur (cascading) dans le Sud du golfe du Lion. *Bull. Inf. cent. Océanogr. Etude Côtes*, 6 (4) : 147-154.
- GUILLE, A., 1963. Contribution à l'étude de la systématique et de l'écologie d'*Ophiothrix quinquemaculata*. *Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Fac. Sci. Univ. Paris* : 49-60.
- JACQUES, G., 1963. Variations saisonnières des populations phytoplanktoniques de la région de Roscoff (1962-1963). *Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Fac. Sci. Univ., Paris* : 15-22.
- LAUBIER, L., 1965. Le coralligène des Albères. Monographie biocénotique. *Thèse Doc., Fac. Sci. Univ., Paris* : 77-94.
- SVERDRUP, H.U., M.W. JOHNSON et R.H. FLEMING, 1946. The oceans. *Prentice-hall, N.Y.* : p. 417.

- TCHERNIA, P. et H. LACOMBE, 1956. Contribution à l'étude hydrologique de la Méditerranée occidentale. *Bull. Inf. cent. Océanogr. Étude Côtes*, 8 (9) : 425-463.
- THIRIOT, A., 1966. Variations annuelles de la température de l'eau côtière superficielle de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, 17 (1B) : 243-252.
- Wüst, G., 1961. On the vertical circulation of the Mediterranean sea. *J. geophys. Res.*, 66 (10) : 3261-3272.
- Tables for sea water density, 1952. *U.S. Navy Hydrogr. Off., Wash*, 615.

Reçu le 17 août 1966

TABLEAU 1

Prof. m	Temp. (°C)	Sal. ‰	σ t												
	1er Juin 1965			12 Juin			21 Juin			24 Juin			30 Juin		
0	15,50	37,74	27,92	16,80	37,70	27,59	18,85	37,47	26,96	20,00	37,47	26,66	20,80	37,38	26,37
10	15,50	37,75	28,00	15,80	37,75	27,97	16,55	37,86	27,84	18,10	37,84	27,44	19,00	37,77	27,15
20	15,45	37,77	28,02	-	37,81	-	16,40	37,90	27,89	16,80	37,84	27,76	16,00	37,88	27,98
50	12,90	38,21	28,91	13,00	38,26	28,96	13,20	38,03	28,71	13,40	38,04	28,68	13,80	37,97	28,54
	6 Juillet			12 Juillet			19 Juillet			27 Juillet			3 Août		
0	22,00	35,48	24,66	20,19	37,41	26,57	20,43	37,72	26,74	20,10	37,72	26,83	20,00	37,81	26,92
10	21,40	35,95	25,12	19,34	37,79	27,08	18,25	37,80	27,36	19,90	37,75	26,91	19,85	37,79	26,95
20	20,80	36,82	25,95	17,38	37,83	27,61	14,45	37,91	28,35	19,90	37,76	26,92	19,90	37,84	26,97
50	13,20	37,81	28,54	13,00	38,14	28,84	13,30	38,06	28,78	-	38,02	-	13,20	38,24	28,94
	10 Août			17 Août			23 Août			30 Août			6 Septembre		
0	20,63	37,71	26,67	20,40	37,81	26,81	20,72	37,61	26,57	20,58	37,76	26,73	18,40	37,87	27,32
10	20,15	37,73	26,82	20,21	37,84	26,89	20,68	37,63	26,61	20,30	37,76	26,84	18,25	37,86	27,42
20	17,90	37,86	27,51	-	37,82	-	20,40	37,68	26,72	19,90	37,77	26,92	18,25	37,84	27,40
50	13,20	38,08	28,70	13,80	38,06	28,62	14,22	38,02	28,71	13,40	38,06	28,68	16,60	37,82	27,79
	13 Septembre			21 Septembre			27 Septembre			4 Octobre			13 Octobre		
0	17,94	37,75	27,53	18,93	38,08	27,41	18,10	35,56	25,70	18,25	37,41	27,07	18,65	31,17	22,21
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,65	35,88	25,80
10	17,94	37,77	27,54	18,78	38,08	27,45	18,05	36,62	26,51	18,80	37,75	27,20	18,60	36,66	26,41
20	17,25	37,80	27,60	18,71	38,13	27,50	17,90	37,24	27,03	17,90	37,88	27,52	18,55	37,56	27,11
50	13,60	37,95	28,57	14,72	38,22	28,64	17,40	37,70	27,50	16,30	37,94	27,95	18,20	37,90	27,45

TABLEAU 2

Prof. m	Temp.	Sal.	$\sigma_t$	Temp.	Sal.	$\sigma_t$	Temp.	Sal.	$\sigma_t$	Temp.	Sal.	$\sigma_t$	Temp.	Sal.	$\sigma_t$
	(°C)	‰		(°C)	‰		(°C)	‰		(°C)	‰		(°C)	‰	
	20 Octobre 1965			30 Octobre			3 Novembre			9 Novembre			15 Novembre		
0	-	35,06	-	17,80	34,70	25,12	17,00	31,62	22,74	17,40	36,89	26,88	16,34	36,87	27,11
5	-	35,43	-	-	35,91	-	-	34,42	-	-	36,95	-	-	36,91	-
10	18,60	36,44	26,26	18,10	36,08	26,08	18,80	37,68	27,14	17,40	36,94	26,92	17,00	37,21	27,23
20	19,16	37,87	27,19	18,42	36,69	26,48	18,95	37,94	27,29	18,60	37,73	27,22	17,00	37,37	27,35
50	19,02	37,92	27,26	18,70	37,82	27,27	16,40	38,02	27,99	18,80	37,90	27,30	17,18	38,08	27,85
	22 Novembre			1er Décembre			6 Décembre			13 Décembre			20 Décembre		
0	16,83	37,90	27,79	14,49	37,71	28,19	13,85	37,68	28,31	14,40	38,04	28,47	12,90	37,30	28,21
5	-	-	-	-	-	-	-	37,69	-	-	-	-	-	-	-
10	16,92	37,92	27,79	14,50	37,74	28,20	-	37,68	-	14,39	38,09	28,51	13,10	37,97	-
20	16,94	37,94	27,79	14,56	37,73	28,19	14,17	37,76	28,31	14,38	38,08	28,50	13,90	38,04	28,57
50	17,00	38,08	27,89	13,81	38,28	28,78	14,23	38,39	28,77	13,68	38,22	28,76	13,80	38,13	28,66
	27 Décembre			4 Janvier 1966			11 Janvier			18 Janvier			31 Janvier		
0	13,40	38,07	28,70	13,22	38,05	28,72	11,10	37,72	28,90	11,60	37,91	28,95	12,10	38,00	28,92
5	13,28	38,04	28,71	-	38,04	-	-	36,98	-	11,60	37,92	28,95	12,15	37,91	28,84
10	13,20	38,02	28,71	13,01	38,04	28,76	12,16	37,86	28,80	11,65	37,91	28,94	12,25	37,93	28,83
20	13,20	38,28	28,81	13,00	38,02	28,76	12,20	37,93	28,84	11,70	37,93	28,94	12,35	37,96	28,84
50	13,20	38,39	29,00	13,31	38,26	28,91	12,44	38,05	28,89	11,20	37,75	28,90	11,60	37,82	28,87
	7 Février			14 Février			22 Février			3 Mars			8 Mars		
0	10,79	35,23	27,01	10,21	37,12	28,59	11,15	35,36	27,05	11,05	36,61	28,04	11,59	37,01	28,25
5	10,82	35,32	27,08	11,22	37,12	28,40	11,15	35,35	27,04	11,14	36,67	28,07	11,62	37,02	28,25
10	10,92	36,45	27,94	10,98	37,20	28,51	11,10	36,18	27,70	11,32	36,80	28,13	11,55	37,02	28,26
20	10,80	37,21	28,55	11,28	37,10	28,38	11,12	36,65	28,06	11,39	36,89	28,19	11,20	37,00	28,31
50	10,08	37,59	28,98	11,35	37,10	28,36	11,15	37,34	28,59	11,52	37,29	28,48	11,68	37,51	28,62

TABLEAU 3

Prof. m	Temp. (°C)	Sal. ‰	σ t												
	15 Mars 1966			23 Mars			30 Mars			4 Avril			14 Avril		
0	10,82	37,10	28,46	11,32	37,50	28,68	11,60	37,50	28,63	12,18	37,66	28,59	13,52	35,77	26,90
5	10,80	37,11	28,47	11,42	37,54	28,69	-	37,54	-	12,43	37,75	28,66	13,41	36,77	27,70
10	11,03	37,18	28,49	11,50	37,57	28,70	-	37,52	-	12,41	37,75	28,66	12,43	37,50	28,46
20	10,91	37,29	28,59	11,41	37,57	28,72	11,60	37,56	28,67	12,44	37,78	28,68	12,32	37,67	28,62
50	11,51	37,57	28,70	11,44	37,61	28,74	11,90	37,70	28,72	12,49	37,90	28,76	11,80	37,66	28,71
	18 Avril			26 Avril			4 Mai			9 Mai			18 Mai		
0	14,09	35,25	26,39	-	37,33	-	13,95	37,51	28,15	14,15	37,44	28,06	14,90	37,00	27,55
5	13,91	35,86	26,89	12,86	37,32	28,24	13,68	37,53	28,23	13,98	37,50	28,14	14,20	37,31	27,95
10	13,81	36,55	27,44	12,86	37,43	28,32	13,62	37,52	28,23	13,70	37,61	28,28	13,88	37,48	28,15
20	12,32	37,66	28,61	12,83	37,51	28,39	13,16	37,55	28,35	13,58	37,63	28,33	13,32	37,65	28,40
50	11,85	37,71	28,74	12,81	37,65	28,50	12,91	37,71	28,53	13,00	38,27	28,94	13,40	37,73	28,44
	23 Mai			1er Juin											
0	15,28	37,36	27,74	16,43	37,38	27,49									
5	14,92	37,36	27,83	16,42	37,35	27,47									
10	14,82	37,38	27,86	16,20	37,37	27,54									
20	13,59	37,48	28,21	15,13	37,45	27,84									
50	13,21	37,73	28,48	12,89	37,75	28,56									



# MISE AU POINT DE LA LOI DE MOTOMURA ET ESSAI D'UNE ÉCOLOGIE ÉVOLUTIVE

par INAGAKI Haïme

*Laboratoire de Génétique évolutive et de Biométrie,  
91 - Gif-sur-Yvette*

## SOMMAIRE

Etude de la validité de la loi de Motomura, dite de progression géométrique, effectuée sur la distribution de la densité relative de populations microplanctoniques, dans deux milieux méditerranéens différents; proposition d'une écologie évolutive appuyée sur la même loi.

## I. — ORIGINE DE LA LOI DE MOTOMURA

La synécologie des animaux ou des végétaux vagiles semblait à l'état d'ébauche quand MOTOMURA (1932) proposa sa loi relative à la distribution des espèces dans un milieu équilibré. La synécologie des végétaux fixés ou Pflanzensoziologie était déjà, par contre, en pleine croissance. ROMELL (1920), ARRHENIUS (1921) et KYLIN (1926) avaient présenté leurs formules qui traduisent la relation entre le nombre des espèces et l'étendue du milieu où elles vivent. On pourrait croire, à première vue, que les animaux ou les végétaux vagiles n'obéissent pas à ces lois si les conditions journalières, saisonnières ou météorologiques sont variables. La synécologie des animaux ou des végétaux vagiles doit se développer sous l'angle d'un équilibre dynamique entretenu par les espèces qui luttent pour la vie dans un milieu organique.

MOTOMURA a pensé que, dans un milieu équilibré, on trouve en général une espèce dominante, espèce dont le nombre des individus est le plus grand. On doit également pouvoir observer l'exis-

tence d'une espèce sous-dominante qui occupe la seconde position en nombre des individus, et, de même, une troisième, une quatrième, ..., espèce. On peut ainsi établir une gamme des espèces rangées par nombre des individus. MOTOMURA s'est alors demandé si ces nombres n'obéissent pas à une loi de progression géométrique. C'est-à-dire,

$$x_i = x_1 m^{i-1} \quad (1.1)$$

$x_1$  étant le nombre des individus de l'espèce dominante,  $x_i$  celui de l' $i^{\text{ème}}$  espèce et  $m$  une constante pour le milieu donné, toujours inférieure à 1. J'appelle  $m$  *constante de milieu* ou, pour honorer l'auteur de la loi, *constante de Motomura*. En échelle logarithmique, la formule devient évidemment linéaire :

$$\log x_i = \log x_1 + (i - 1) \log m.$$

En posant

$$\log x_1 = X_1$$

$$\log x_i = X_i$$

$$\log m = M,$$

on peut récrire la formule (1.1) :

$$X_i = X_1 + (i - 1) M \quad (1.1').$$

MOTOMURA (1932) a essayé d'appliquer la formule (1.1) ou la formule (1.1') aux populations benthiques recensées par MIYAZI (1931) et à une population de Mollusques terrestres étudiée par ÔKLAND (1930). Les résultats de ces essais l'ont amené à penser que la loi de progression géométrique donne une bonne représentation de la distribution des espèces dans les milieux étudiés.

## II. — ANALYSE DE LA STRUCTURE D'UNE POPULATION LITTORALE NIPPONNE SELON LA LOI DE PROGRESSION GÉOMÉTRIQUE

Dans les exemples cités au paragraphe précédent, la nature de la population ou du milieu était particulière : population benthique dans des lacs nippons et celle des Mollusques terrestres. On peut maintenant se demander si la loi de progression géométrique ne serait pas applicable à une population ou à un milieu organique dont les constituants ont des formes de vie diverses. Afin de généraliser sa loi, MOTOMURA (1935) entreprit une analyse de la structure des populations de différents étages littoraux.

Après avoir divisé la zone des marées en 9 étages, MOTOMURA a compté au moment de la grande marée, à chacun de ces niveaux, le

nombre des individus de 35 espèces (23 Mollusques, 5 Echinodermes, 5 Eponges et un Crustacé). Chacune de ces espèces habite un certain nombre d'étages et la distribution d'ensemble paraît soumise, à chaque niveau, à la loi de progression géométrique. A l'exception des Etages I et II, exposés la plupart du temps à l'air et de l'Etage IX, presque toujours immergé, la fluctuation de la constante de Motomura à travers les étages semble peu importante par rapport aux erreurs d'échantillonnage (voir le Tableau 1). Ce fait me laisse supposer que les six étages de II à VIII, typiquement intercotidaux, peuvent constituer une série de milieux de même caractère.

Afin de confirmer l'adaptation de la loi à la population, MOTOMURA (1947) soumet au test de  $\chi^2$  l'écart des valeurs spécifiques observées aux valeurs théoriques déduites de la loi. La valeur de  $\chi^2$  étant inférieure à celle qui correspond au seuil de signification 0,05 dans beaucoup de cas, il conclut que la loi est admissible. Ce test ne permet cependant pas une affirmation positive de la loi. On peut juger de la validité ou de la rigueur d'une loi en utilisant le coefficient de corrélation entre deux variables liées par cette loi. J'ai calculé ainsi pour les 9 étages, le coefficient de corrélation  $r_{ix}$  entre  $i$ , rang de l'espèce, et  $X_i$ , logarithme du nombre des individus de l' $i^{\text{ième}}$  espèce (voir le Tableau 1). Ce calcul a été effectué également sur la population des Mollusques terrestres d'ÖKLAND, à titre de comparaison.

TABLEAU 1

Constante de Motomura  $m$  et coefficient de corrélation  $r_{ix}$  entre le rang de l'espèce  $i$  et le logarithme  $X_i$  du nombre des individus de l' $i^{\text{ième}}$  espèce, dans les populations littorales nippones étudiées par MOTOMURA (1935) en comparaison avec la population de Mollusques terrestres recensée par ÖKLAND (1930).

Etage	Hauteur de l'étage étalonnée au ni- veau de la basse mer (en m)	$m$	$r_{ix}$
I	1,62 ~	,084	-,926
II	1,38 ~ 1,62	,448	-,985
III	1,13 ~ 1,38	,792	-,971
IV	1,08 ~ 1,13	,730	-,983
V	1,04 ~ 1,08	,726	-,975
VI	1,00 ~ 1,04	,751	-,978
VII	,75 ~ 1,00	,849	-,951
VIII	,50 ~ ,75	,840	-,956
IX	,29 ~ ,50	,485	-,895
Population de Mollusques terrestres d'ÖKLAND		,680	-,965

Les Etages I et IX exceptés, zones extrêmes pour la population,  $r_{IX}$  dépasse toujours 0,95 en valeur absolue et, aux Etages II et IV, 0,98. La valeur 0,95 peut être considérée comme un seuil au-dessus duquel une loi se montre approximative; au-dessus de 0,98, elle peut être considérée comme assez rigoureuse et au-dessus de 0,99 comme rigoureuse. Les valeurs de  $|r_{IX}|$  calculées sur les données de MOTOMURA et d'ÖKLAND n'atteignent pas ce dernier seuil. Mais, si l'on tient compte de la diversité des facteurs qui peuvent perturber une relation aussi simple, la loi de Motomura bénéficie sans doute d'une validité générale.

### III. — ESSAI D'EXPLICATION DE LA LOI DE PROGRESSION GÉOMÉTRIQUE PAR LA LUTTE POUR LA VIE

MOTOMURA (1932 et 1935) proposa sa loi de progression géométrique en tant que loi empirique. L'explication théorique de la loi, tentée par UTIDA (1943), fut mise au point par le promoteur lui-même (1947). Je traduis l'essentiel de son raisonnement :

« Supposons que, dans un territoire de superficie A, soient distribuées  $n$  espèces dont chacune compte  $p$  individus. Si l'on traduit la superficie minimale nécessaire pour chaque individu par  $a$ , le nombre total des individus qui peuvent vivre dans A s'évalue au maximum à  $\frac{A}{a}$ , puisque certains individus doivent être exclus en raison d'une concurrence après être entrés momentanément dans une même fraction de A que leurs concurrents ».

« Selon l'hypothèse d'UTIDA, il y a un ordre de puissance des espèces  $s_1, s_2, s_3, s_4, \dots, s_n$ . La  $s_1$  emporte sur les  $s_2, s_3, s_4, \dots, s_n$ , la  $s_2$  sur les  $s_3, s_4, \dots, s_n$ , etc. Dans ces conditions, il se trouve dans la division  $a$  un individu appartenant à la plus puissante des espèces qui soit entrée momentanément; les autres espèces seront exclues par concurrence ».

« Calculons d'abord le nombre des individus de  $s_1$  qui subsiste dans A au cas où il existe  $p$  individus à l'état initial. Supposons qu'il y ait un individu de  $s_1$  dans A. La probabilité pour que  $a$  contienne cet indi-

vidu s'évalue à  $\frac{a}{A}$  et la probabilité pour que  $a$  ne le contienne pas à

$\left(1 - \frac{a}{A}\right)$ . S'il y a  $p$  individus, la probabilité pour que  $a$  ne contienne

aucun individu de  $s_1$  s'évalue à :

$$\left(1 - \frac{a}{A}\right)^p$$

Aussi, la probabilité pour que  $a$  contienne un ou plus d'individus s'évalue-t-elle à :

$$1 - \left(1 - \frac{a}{A}\right)^p$$

Cette probabilité s'égale à l'espérance mathématique (1) du nombre des individus qui demeurent dans  $a$ , puisqu'un seul individu peut s'y installer après l'élimination par la concurrence entre eux. Le nombre espéré des individus de  $s_1$ ,  $x_1$ , qui subsistent dans A s'élève donc à :

$$x_1 = \frac{A}{a} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{a}{A}\right)^p \right\} \gg$$

« Calculons ensuite le nombre des individus de  $s_2$  qui subsistent dans A au cas où il existe  $p$  individus à l'état initial comme dans l'espèce  $s_1$ . La probabilité pour que  $a$  ne contienne pas d'individu de  $s_1$ , ni de  $s_2$ , s'évalue à :

$$\left(1 - \frac{a}{A}\right)^{2p}$$

Aussi la probabilité pour que  $a$  contienne un ou plus d'un individu de  $s_2$  s'évalue-t-elle à :

$$\left(1 - \frac{a}{A}\right)^p - \left(1 - \frac{a}{A}\right)^{2p}$$

Le nombre espéré des individus de  $s_2$ ,  $x_2$ , qui subsistent dans A après l'élimination par les concurrences entre eux et avec ceux de  $s_1$  s'élève à :

$$\frac{A}{a} \left\{ \left(1 - \frac{a}{A}\right)^p - \left(1 - \frac{a}{A}\right)^{2p} \right\} \gg$$

« On peut calculer de la même manière le nombre espéré des individus de  $s_{n-1}$ ,  $x_{n-1}$ , qui subsistent dans A après l'élimination par concurrence et celui de  $s_n$ ,  $x_n$  :

$$x_{n-1} = \frac{A}{a} \left\{ \left(1 - \frac{a}{A}\right)^{(n-2)p} - \left(1 - \frac{a}{A}\right)^{(n-1)p} \right\}$$

$$x_n = \frac{A}{a} \left\{ \left(1 - \frac{a}{A}\right)^{(n-1)p} - \left(1 - \frac{a}{A}\right)^{np} \right\}$$

« Le quotient  $\frac{x_n}{x_{n-1}}$  montre que les nombres des individus de  $n$

(1) L'espérance mathématique se traduit par le produit de la probabilité d'un événement et de la valeur de cet événement. Dans notre exemple, la valeur de l'événement étant l'unité, elle s'égale à la probabilité.

espèces restant dans A obéissent à une loi de progression géométrique de raison  $m$  :

$$\frac{x_n}{x_{n-1}} = \left(1 - \frac{a}{A}\right)^p = m. \gg$$

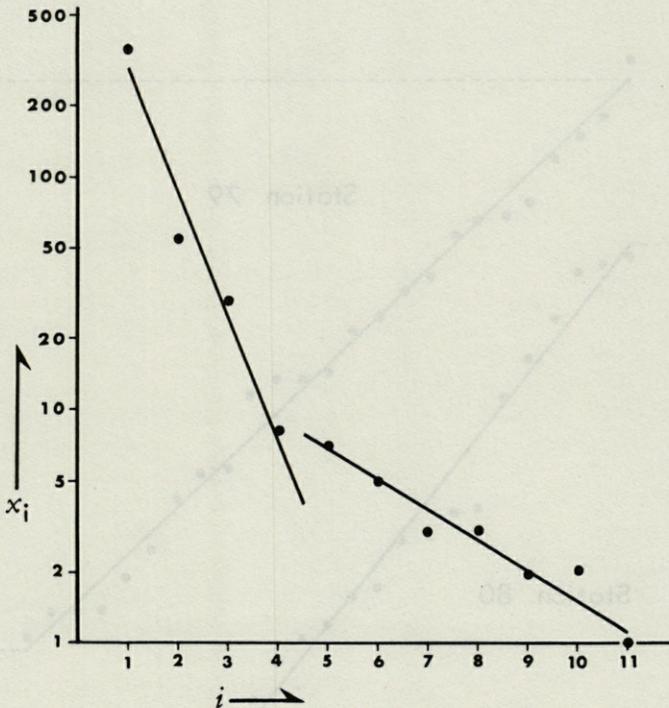
Cette théorie de MOTOMURA (1947) exige une condition préalable : l'égalité pour les différentes espèces de la superficie (ou de l'espèce) minimale nécessaire pour la vie. La loi ne peut donc être valable que si la forme de vie et la taille des espèces en concurrence sont identiques, rigoureusement parlant, ou pas trop différentes, approximativement parlant. La condition rigoureuse étant irréalisable, nous nous contentons de la deuxième condition. Dans ce cas, on classe grossièrement les animaux ou les végétaux vagiles occupant le milieu selon la taille et la forme de vie. Comme le suggère UTIDA (1943), il faut supposer autant de distributions de progression géométrique que le nombre de classes : distributions des Protozoaires, des Insectes volants, des Insectes marcheurs, des Mammifères dans un milieu terrestre, par exemple.

Le raisonnement de MOTOMURA (1947) est certainement juste (2). Je voudrais cependant réexaminer la signification de la densité de la population en espèces et celle de l'espèce. MOTOMURA suppose une concurrence entre espèces différentes. Mais, la valeur de l'espèce se confond souvent avec celle d'unités comme le genre ou la sous-espèce. On peut donc se demander quelle est la notion de l'espèce dans la formation d'une distribution de progression géométrique.

La densité de la population d'une espèce se traduit en général par son nombre d'individus, mais aussi par sa masse. La loi de progression géométrique peut être appliquée à cette quantité selon le raisonnement de MOTOMURA. En effet, les résultats de l'analyse que j'ai pratiquée sur une population d'Algues dans le Golfe de Naples recensée par ERNST (1959) sont en faveur de cette thèse (voir le Graphique 1), quoique la valeur absolue du coefficient de corrélation  $r_{ix}$  ne soit pas suffisamment élevée dans cet exemple ( $r_{ix} = -0,983$  pour le tronçon supérieur et  $-0,969$  pour le tronçon inférieur).

Une mise au point de la loi de Motomura s'impose pour ces raisons dans le dessein d'ébaucher une écologie évolutive qui se

(2) La théorie de MOTOMURA ne se fonde d'ailleurs que sur un modèle idéal. PERNÈS (1965, correspondance personnelle) souhaite par contre une concrétisation du modèle. A son intention, il faudra préciser deux points : (i) Egalité *a priori* de la chance de prolifération de toutes les espèces, afin de réaliser la distribution initiale de  $n$  individus de chaque espèce, et (ii) Mort immédiate de l'individu vaincu par la concurrence, afin d'empêcher ce dernier d'entrer dans une division *a vide* d'individu. Il me semble cependant que le manque de ces précisions n'affecte pas le principe du raisonnement de MOTOMURA.



GRAPHIQUE 1. — Distribution des Algues dans le Golfe de Naples (d'après les données d'ERNST).

$x_i$  : Poids total des individus appartenant à l' $i$ ème espèce.

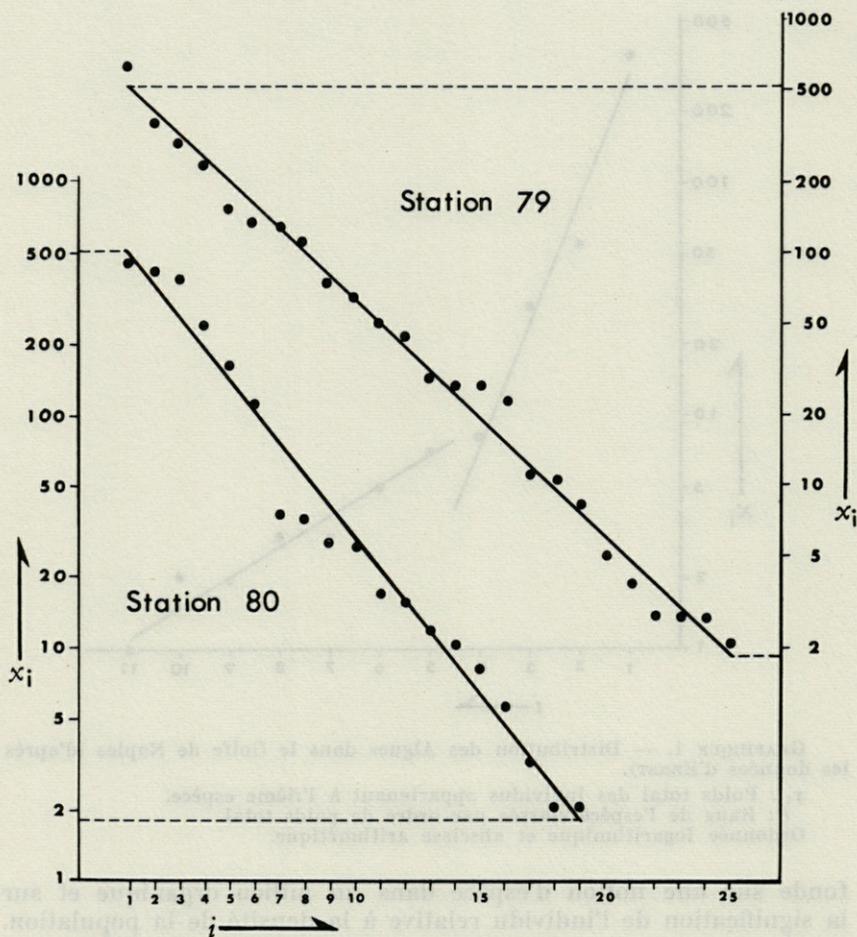
$i$  : Rang de l'espèce classée par ordre de poids total.

Ordonnée logarithmique et abscisse arithmétique.

fonde sur une notion d'espèce dans un milieu organique et sur la signification de l'individu relative à la densité de la population. Dans cette intention, la validité de la loi sera réexaminée sur l'exemple d'une autre population, la population microplanctonique de la Mer Méditerranée.

#### IV. — APPLICATION DE LA LOI DE MOTOMURA A UNE POPULATION MICROPLANCTONIQUE RECENSÉE PAR LECAL

LECAL (1954) publia dans son rapport des campagnes du « *Professeur Lacaze-Duthiers* » des documents détaillés sur la « Richesse en microplancton estival des eaux méditerranéennes de



GRAPHIQUE 2. — Distribution des microplanctons à deux stations dans la Mer Méditerranée (d'après les données de LECAL).

$x_i$  : Nombre des individus appartenant à l' $i$ ème espèce.

$i$  : Rang de l'espèce classée par ordre du nombre des individus.

Ordonnée logarithmique et abscisse arithmétique.

Port-Vendres à Oran ». Les prélèvements ont eu lieu dans 30 stations et à 11 profondeurs. Le nombre des espèces récoltées s'élève à 52 au maximum (à la Station N° 80, 50 mètres de profondeur). Ces espèces se classent dans les groupes suivants : Silicoflagellés, Tintinnidés, Dinophyae, Bacillariales et Coccolithophorides. La taille peut varier dans une mesure assez large chez ces différents groupes. Cette variabilité paraît cependant tolérable pour établir une seule classe de taille en première approximation. Les formes

de vie doivent d'autre part être similaires, sinon identiques. Les conditions de base pour l'application de la loi de Motomura semblent donc satisfaites.

Parmi les stations et les couches recensées par LECAL, je choisis deux échantillons : 1°) Station 79, Couche 50 mètres et 2°) Station 80, Couche 50 mètres. La raison en est que les nombres des espèces et des individus  $y$  sont les plus grandes et, par conséquent, les échantillons les plus importants.

Sur le Graphique 2, je porte en abscisse arithmétique  $i$ , rang de l'espèce suivant le nombre des individus, et en ordonnée logarithmique  $x_i$ , nombre des individus de l' $i^{\text{ième}}$  espèce. L'alignement des points sur l'axe paraît meilleur dans la Station 80 que dans la Station 79.

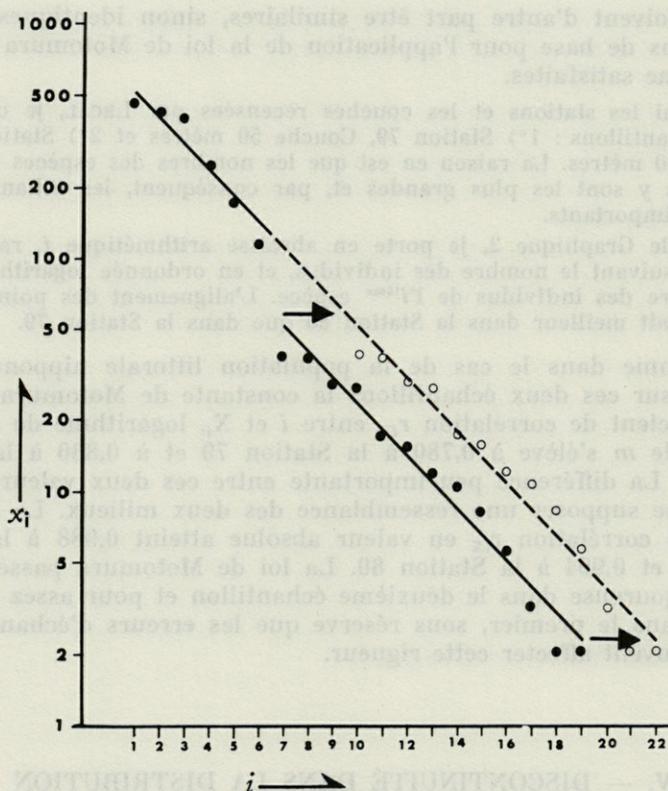
Comme dans le cas de la population littorale nipponne, je calcule sur ces deux échantillons la constante de Motomura  $m$  et le coefficient de corrélation  $r_{ix}$  entre  $i$  et  $X_i$ , logarithme de  $x_i$ . La valeur de  $m$  s'élève à 0,780 à la Station 79 et à 0,830 à la Station 80. La différence peu importante entre ces deux valeurs de  $m$  me laisse supposer une ressemblance des deux milieux. Le coefficient de corrélation  $r_{ix}$  en valeur absolue atteint 0,988 à la Station 79 et 0,994 à la Station 80. La loi de Motomura passe donc pour rigoureuse dans le deuxième échantillon et pour assez rigoureuse dans le premier, sous réserve que les erreurs d'échantillonnage peuvent affecter cette rigueur.

#### V. — DISCONTINUITÉ DANS LA DISTRIBUTION DES ESPÈCES MICROPLANCTONIQUES A LA STATION 79 DANS LA MER MÉDITERRANÉE

Dans l'échantillon tiré de la Station 79 de LECAL (1954), la loi de Motomura n'est qu'assez rigoureuse; la valeur absolue du coefficient de corrélation est en effet inférieure à 0,99. On peut cependant se demander si cet indice n'augmente pas en supposant l'existence d'un point critique ou d'une discontinuité comme dans le cas de l'allométrie.

L'observation du Graphique 3 me conduit à supposer une discontinuité entre la 6<sup>e</sup> et la 7<sup>e</sup> espèce. Cette discontinuité sera soumise au test de différence de position des deux tronçons de la ligne de régression de  $X_i$  en  $i$ , tronçons séparés par la discontinuité. La technique de REEVE (1940) me permet de pratiquer ce test.

Les résultats du test montrent une haute signification de l'existence de la discontinuité (coefficient de risque : 0,01).



GRAPHIQUE 3. — Reconstitution d'une distribution du microplancton dans une station en Mer Méditerranée (d'après les données de LECAL).

Reconstitution par translation horizontale du tronçon inférieur jusqu'au niveau du tronçon supérieur. Les mêmes notations que dans le Graphique 2.

La différence de position des deux tronçons étant confirmée, effectuons maintenant une translation horizontale du tronçon inférieur comme l'indique le Graphique 3. On rétablit ainsi une droite unique pour toute la distribution. Recalculons sur cet échantillon hypothétique la constante de MOTOMURA  $m$ . La nouvelle valeur de  $m$ , 0,811 (contre 0,780) se rapproche davantage du  $m$  de la Station 80 (0,830), ce qui suggère une ressemblance structurale plus grande entre les deux milieux. On recalcule ensuite le coefficient de corrélation  $r_{ix}$ . La valeur absolue de  $r_{ix}$  s'élève cette fois à 0,995. Elle devient donc nettement supérieure à la valeur que j'ai obtenue sans supposer la discontinuité et me permet de croire à l'application rigoureuse de cette loi dans l'échantillon tiré de la Station 79. On voit donc que la distribution idéale des espèces à la Station 79 se traduit par la droite constituée par la translation horizontale d'un tronçon. On peut enfin constater que, sur cette droite idéale, il n'y a pas d'espèce qui siège aux 7<sup>e</sup>, 8<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> rangs.

La discontinuité ou les places vides d'espèce dans la distribution en progression géométrique, que nous venons de constater, peuvent être expliquées de trois façons :

- 1°) Deux distributions différentes séparées par la discontinuité.
- 2°) Disparition de trois espèces après l'établissement d'un équilibre dans la lutte pour la vie.
- 3°) Existence de fractions de l'espace (ou de la superficie) inutilisables pour les espèces de rangs inférieurs.

La première explication est peu convaincante, parce que deux distributions, entraînant deux classements en série des espèces, représentent en général deux formes de vie distinctes. Ce n'est pas le cas de notre population microplanctonique.

La deuxième explication traduit une situation transitoire du milieu qui aurait perdu son équilibre. L'émigration simultanée de trois espèces et surtout le maintien de cet état au moment de la récolte ont peu de chance d'être réalisés.

Quant à la troisième, on pourrait développer le raisonnement suivant :

Une partie  $P$  de l'espace  $A$  est occupée ou utilisée par les espèces des 6 premiers rangs. Désignons par  $Q$  le reste de l'espace.

Une fraction  $q$  de  $Q$  n'est pas utilisable pour les espèces de rangs inférieurs à 6. Ces espèces occupent donc le reste  $(Q - q)$ .

Les espèces occupant  $P$  montrent une distribution traduite par le tronçon supérieur de la ligne de régression de  $X_i$  en  $i$ , les occupants de  $(Q - q)$ , par le tronçon inférieur et  $q$ , par la discontinuité.

La correspondance exacte entre  $q$  et trois places vides dans la suite des espèces reste d'une interprétation difficile. Compte tenu de cette réserve, l'explication donnée ci-dessus me paraît applicable au cas général de la distribution en progression géométrique.

## VI. — CONCLUSION : NOUVELLE NOTION ÉCOLOGIQUE DE L'ESPÈCE ET DE L'INDIVIDU ET BASE D'UNE ÉCOLOGIE ÉVOLUTIVE

Nous avons supposé, dans ce qui précède, qu'un milieu est occupé par des espèces dont la puissance dans la lutte pour la vie se traduit par le rang dans une progression géométrique. L'existence possible d'une fraction vide d'espèce a été également admise et, dans ces conditions, la rigueur de la loi de Motomura devient évidente dans le cas de la population microplanctonique riche en espèces.

Cette rigueur est probablement due aux propriétés suivantes du milieu organique :

- 1) Equilibre entre espèces en concurrence.
- 2) Homogénéité écologique des constituants de la population.
- 3) Utilisation suffisante de l'espace.

Dans un milieu en déséquilibre, la distribution est instable. C'est probablement le cas de la population recensée par ÖKLAND. L'hétérogénéité des constitutions de la population, incontestable dans le cas de la population littorale recensée par MOTOMURA, entraîne la superposition de plusieurs distributions correspondant aux diverses formes de vie. L'existence de plusieurs fractions inutilisables de l'espace rend la distribution discontinue à plusieurs niveaux et la reconstitution de celle-ci statistiquement difficile ou impossible. Il me semble ainsi que la population microplanctonique de la Mer Méditerranée est un bon exemple de milieu organique où l'on peut établir un système solide de synécologie numérique ou quantitative.

Il faut enfin souligner dans ces résultats le fait que les variables  $i$  et  $x_i$  s'expriment par des nombres entiers. La corrélation très élevée entre  $i$  et le logarithme  $X_i$  de  $x_i$  prouve que deux entités, individu et espèce, soumises à une loi rigoureuse, ont une valeur qu'on ne peut fractionner.

Une espèce, caractérisée par ses propriétés morphologiques, génétiques ou physiologiques, peut constituer une entité distincte synécologique, discriminée par sa puissance de lutte pour la vie dans un milieu organique, suffisamment équilibré, homogène et compact. Un individu, malgré sa taille ou sa masse variable, représente une unité valable de la densité de la population en espèces. D'autres unités comme la masse paraissent moins acceptables. De même, le genre ou la sous-espèce ne sont pas des équivalents à l'espèce en tant qu'unité systématique écologique.

Le domaine de la biologie, que l'on pourrait explorer par la loi de MOTOMURA mérite ainsi de s'appeler *écologie évolutive* ou *écologie des populations*.

## RÉSUMÉ

La loi de MOTOMURA de progression géométrique relative à la distribution de la densité de population dans un milieu fut expliquée par l'auteur de la loi lui-même comme conséquence de la lutte pour la vie des espèces qui vivent dans le même milieu. L'application de cette loi à des populations microplanctoniques

dans la Mer Méditerranée nous conduit à constater une forte corrélation entre le nombre des individus de l' $i^{\text{ième}}$  espèce et le rang  $i$  de l'espèce établi selon le nombre des individus (voir le Graphique 2). Dans une des stations étudiées, la distribution accuse une discontinuité nette (voir le Graphique 3). J'ai tenté de l'expliquer par l'existence d'une fraction d'espace inutilisable pour les espèces de rangs inférieurs à un seuil. Une notion d'écologie évolutive ou écologie des populations se fonde enfin sur la validité de la loi de MOTOMURA.

### SUMMARY

MOTOMURA'S law about the geometrical progression of distribution of population density, proposed by him to postulate a consequence of "the struggle for life", may well be applied to the animal or plant species living in an ecologically equilibrated milieu. My analysis of some microplankton populations in the Mediterranean Sea shows that the logarithm of the quantity of individuals of the  $i$ th species has a strong negative correlation with the species number  $i$ , when the species are classified according to their degree of dominance (see Fig. 2). The distribution in one milieu shows a discontinuity which I would explain as a consequence of the existence of unused ecological niches (see Fig. 3).

### ZUSAMMENFASSUNG

MOTOMURAS Gesetz der geometrischen Progression der Verteilung der Populationsdichte, das der Urheber des Gesetzes als Folge des Kampfes ums Dasein zu erklären versuchte, kann sehr wohl auf die in einem im ökologischen Gleichgewicht befindlichen Milieu lebenden Tier- oder Pflanzenarten zuträglich angewandt werden. Meine Analyse der Mikroplanktonpopulationen im Mitteländischen Meer zeigt, dass der Logarithmus der Individuenzahl der  $i$ ten Art in ein starker negativer Korrelation mit der nach dem Dominanzgrade ordneten Artennummer  $i$  steht (siehe Fig. 2). In bestimmten Fällen ist die Verteilung in einem Milieu durch eine Diskontinuität gekennzeichnet, die ich als Folge des Vorhandenseins eines Raumes im Milieu erklären möchte (siehe Fig. 3), der für keine Art benutzbar ist.

BIBLIOGRAPHIE

- ARRHENIUS, O., 1921. Species and area. *J. Ecol.*, **9** : 95-99.
- ERNST, J., 1959. Studien über die Seichtwasser-Vegetation der Sorrentiner Küste. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **30** Suppl. : 470-518.
- KYLIN, H., 1926. Über Begriffsbildung und Statistik in der Pflanzensoziologie. *Botan. Notiser*, **6** : 81-180.
- LECAL, J., 1954. Richesse en microplancton estival des eaux méditerranéennes de Port-Vendres à Oran. *Vie Milieu*, Suppl. **3** : 13-95.
- MOTOMURA, I., 1932. Etude statistique de la population écologique (en nippon). *Doobutugaku Zassi*, **44** : 379-383.
- MOTOMURA, I., 1935. Populations d'*Ostrea spinosa* (en nippon). *Seitai-gaku Kenkyuu*, **1** : 55-62.
- MOTOMURA, I., 1947. Further notes on the law of geometrical progression of the population density in animal association (en nippon, résumé en anglais). *Seiri Seitai*, **1** : 55-60.
- ÖKLAND, F., 1930. Quantitative Untersuchungen der Landschreckenfauna Norwegens. *Z. Morphol. Ökol. Tiere*, **16** : 748-804.
- REEVE, E.C.R., 1940. Relative growth in the snout of Anteaters. A Study in the application of quantitative methods to systematics. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, A, **110** : 47-80.
- ROMELL, L.G., 1920. Sur la règle de distribution des fréquences. *Svenska Botan. Tidskrft.*, **14** : 1.
- UTIDA, T., 1943. Relation entre les populations expérimentales de *Callosobrunchus chinensis* Linné (Coléoptères) et de son parasite (Hyménoptères), III. Influence de la densité de population de l'hôte sur la prolifération du parasite (en nippon). *Seitai-gaku Kenkyuu*, **9** : 40-54.

Reçu le 14 octobre 1966

# ÉTUDE DES FONDS ROCHEUX CIRCALITTORAUX LE LONG DE LA CÔTE DU ROUSSILLON <sup>(1)</sup>

par Annie VIDAL

*Laboratoire Arago, 66 - Banyuls-sur-Mer*

## SOMMAIRE

INTRODUCTION-HISTORIQUE .....	168
ÉTUDE DES FONDS .....	171
Méthodes .....	171
Granulométrie. Étude des Sédiments .....	175
Étude de la roche .....	180
ÉTUDE FAUNISTIQUE .....	186
Historique .....	186
Liste des espèces récoltées .....	188
ÉTUDE DE LA FLORE .....	195
ÉTUDE DE LA MACROFAUNE .....	196
La faune des Spongiaires .....	196
Endofaune des Spongiaires .....	199
Epifaune des Spongiaires .....	201
Bryozoaires .....	202
CARACTÉRISTIQUE BIONOMIQUE DE CHAQUE PLATEAU .....	203
CONCLUSION .....	212
RÉSUMÉ .....	213
SUMMARY .....	214
ZUSAMMENFASSUNG .....	214
BIBLIOGRAPHIE .....	215

(1) Ce travail a été présenté à la Faculté des Sciences de Paris le 23.XII. 1964 pour l'obtention du titre de Docteur en Océanographie biologique.

## INTRODUCTION - HISTORIQUE

Le long de la côte plate et sableuse du Roussillon, à moins de deux milles de celle-ci, s'étend un alignement de bancs rocheux signalés par PRUVOT en 1894. Celui-ci, dès 1893, avait entrepris, à bord du « *Roland* » une série méthodique de dragages pour explorer le fond de la « mer Catalane ». Il en établit une carte précise pour l'époque, délimitant les principaux accidents du plateau continental, y dessinant pour la première fois les canyons de ce plateau qu'il appela les « rechs ».

En 1955, J. BOURCART reprend les recherches sur le plateau continental de Banyuls-sur-Mer; il apporte sur ces formations quelques précisions supplémentaires : « Le plateau continental n'est pas plat. a) Il comporte à 1 mille 1/2, à 2 milles au large du Roussillon des alignements S. 1/4 N.E.-N. 1/4 N.W., de Roches Tavec-Saint-Cyprien (au large d'Argelès), Traversières (au large du Cap Gros), Roches-Saint-André-Cerbère, puis S.-N. plateau de Saint-Nazaire, Roche de la Têt et Torreilles, banc de Saint-Laurent, plus au large Lannier, le Géomètre, des 21 à 40 m Roche Vidal, 51 m... Elles semblent former une ou plutôt deux dorsales étroites avec des culminations assez douces » (*l.c.*, p. 508).

Des recherches ont été effectuées au Laboratoire Arago sur la grande majorité de ces fonds : Cannalots (J. PARIS) Fountaindrau (D. REYSS), Ouillals (A. VIDAL).

Ces formations sont loin d'être ignorées des pêcheurs catalans : ils en connaissent très bien l'emplacement.

Dans la région sur laquelle nous avons travaillé, la Roche Saint-Laurent représente la limite nord au-delà de laquelle les filets raclent sans danger le plateau continental. Les bancs les plus proches de la côte, Saint-Nazaire et Saint-Laurent, sont soigneusement repérés par les poseurs de nasses et de filets de fonds.

Il est vraisemblable que si le peuplement faunistique de la région n'a pas été inventorié jusqu'alors, la cause doit en être la difficulté d'accès due aux divers engins de pêches filets et nasses presque constamment immergés autour des roches.

Il nous a paru intéressant d'étudier ces alignements rocheux situés à moins de deux milles de la côte roussillonnaise, allant du Barcarès au Racou. Ce sont du Sud au Nord :

— la roche Tavec par 20 m de fond.

— la roche Saint-Cyprien, un peu au Nord de l'embouchure du Tech par 25 m de fond.

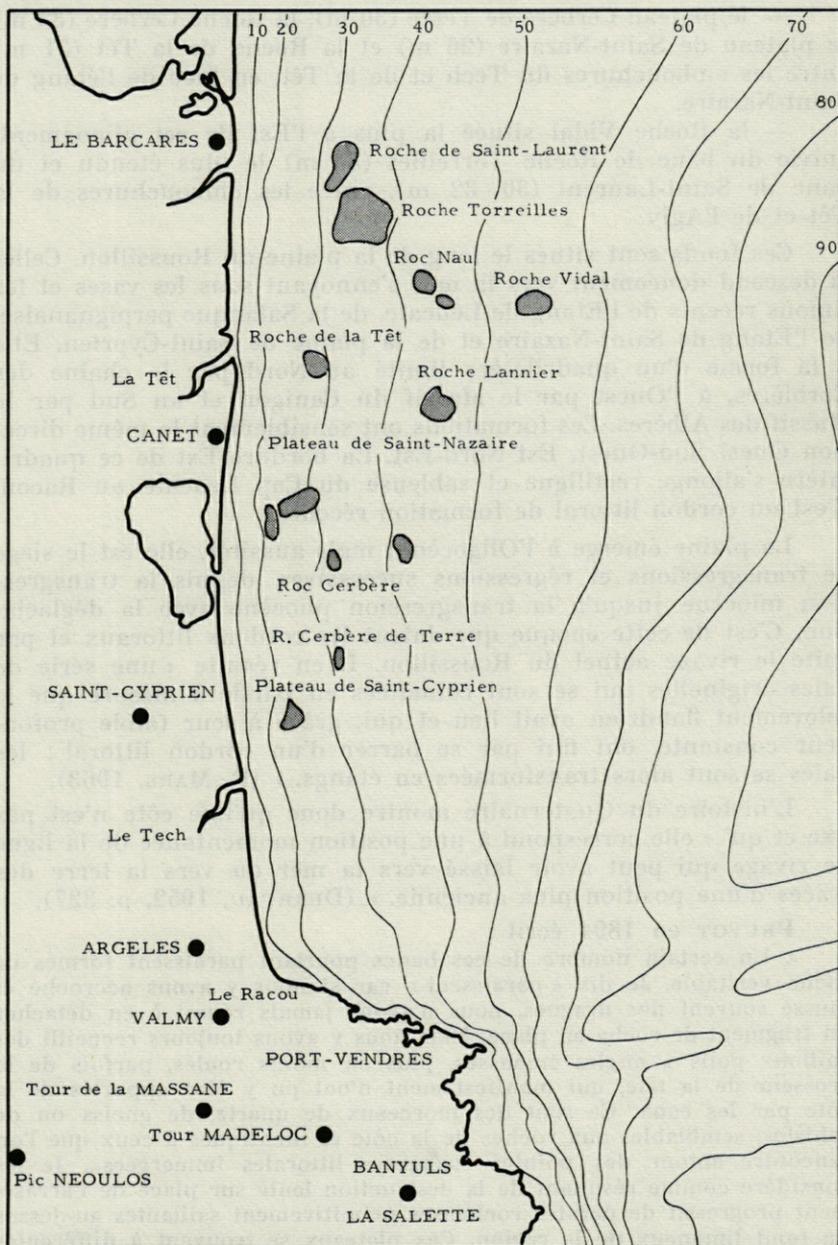


FIG. 1. — Topographie de la région.

— le plateau Cerbère de Terre (30 m), la Roche Cerbère (32 m) le plateau de Saint-Nazaire (26 m) et la Roche de la Têt (31 m) entre les embouchures du Tech et de la Têt, en face de l'étang de Saint-Nazaire.

— la Roche Vidal située la plus à l'Est de cet alignement, suivie du banc de Roche Torrellas (33 m) le plus étendu et du banc de Saint-Laurent (30 - 32 m), entre les embouchures de la Têt et de l'Agly.

Ces fonds sont situés le long de la plaine du Roussillon. Celle-ci descend doucement vers la mer s'envoyant sous les vases et les limons récents de l'Etang de Leucate, de la Salanque perpignanaise, de l'Etang de Saint-Nazaire et de la plaine de Saint-Cyprien. Elle a la forme d'un quadrilatère limité au Nord par la chaîne des Corbières, à l'Ouest par le Massif du Canigou et au Sud par le Massif des Albères. Ces formations ont sensiblement la même direction Ouest Sud-Ouest, Est Nord-Est. La bordure Est de ce quadrilatère s'allonge rectiligne et sableuse du Cap Leucate au Racou. C'est un cordon littoral de formation récente.

La plaine émerge à l'Oligocène; mais aussitôt, elle est le siège de transgressions et régressions successives, depuis la transgression miocène jusqu'à la transgression pliocène avec la déglaciation. C'est de cette époque que datent les cordons littoraux et par suite le rivage actuel du Roussillon. Il en résulte « une série de baies originelles qui se sont colmatées en partie à mesure que le relèvement flandrien avait lieu et qui, grâce à leur faible profondeur constante, ont fini par se barrer d'un cordon littoral : les baies se sont alors transformées en étangs. » (P. MARS, 1963).

L'histoire du Quaternaire montre donc qu'une côte n'est pas fixe et qu'« elle correspond à une position momentanée de la ligne de rivage qui peut avoir laissé vers la mer ou vers la terre des traces d'une position plus ancienne. » (DERRUAU, 1952, p. 327).

PRUVOT en 1894 écrit :

« Un certain nombre de ces bancs pourtant paraissent formés de roche véritable. Je dis « paraissent » car si nous y avons accroché et faussé souvent nos dragues, nous n'avons jamais réussi à en détacher un fragment de roche en place. Mais nous y avons toujours recueilli des cailloux polis à angles émoussés, plus ou moins roulés, parfois de la grosseur de la tête, qui manifestement n'ont pu y être apportés de la côte par les eaux. Ce sont des morceaux de quartz, de gneiss ou de schistes, semblables aux roches de la côte et identiques à ceux que l'on rencontre autour des pointes rocheuses littorales immergées... Je les considère comme résultant de la destruction lente sur place de l'arrasement progressif de pointes rocheuses primitivement saillantes au-dessus du fond limoneux de la région. Ces plateaux se trouvent à différentes profondeurs suivant la distance au rivage, de 20 m (Roche Travac, en face d'Argelès), à 51 m (Roche Vidal, à 3 milles au large de l'embou-

chure de la Têt), mais jamais ils ne font de saillie appréciable au-dessus de la plaine sous-marine avoisinante...

« Dans leur ensemble, ils forment une bande courant du Sud au Nord, le long de la moitié méridionale de la plage du Roussillon, à partir d'Argelès jusqu'au petit port de Saint-Laurent, à l'embouchure de l'Agly. On n'en trouve pas d'autres plus au Nord. Ils paraissent représenter les sommets rasés d'une dernière digitation sous marine poussée vers le Nord par la chaîne des Albères, en majeure partie enfouie dans le limon sous-marin et recouverte ici par la mer » (p. 629).

L'hypothèse d'une digitation sous-marine des Albères formant ces fonds est actuellement rejetée par tous les géologues.

J. BURCART (1955) attribue plutôt les formations que nous étudions à des dunes submergées du Quaternaire ancien, qui est d'après lui représenté par des grès de plage et des dunes cimentées.

De telles formations se retrouvent dans le Golfe du Lion, devant Montpellier, les Saintes-Maries-de-la-Mer, le Grau-du-Roi, Notre-Dame, Agde, les Saintes. (DENIZOT, 1951).

Nous avons pensé que ces bancs immergés le long de la côte du Roussillon pourraient représenter une ancienne ligne de rivage de la Méditerranée. Aussi avons-nous trouvé utile, au cours de ce travail, de considérer la nature même de la roche, comparée aux minéraux récoltés dans les massifs montagneux de l'intérieur, cités précédemment.

Nous avons étudié également la granulométrie des sédiments entourant les roches : ces bancs rocheux se situent le long d'une côte uniformément plate et sableuse, à proximité des embouchures des rivières du Tech, de la Têt et de l'Agly, ayant pendant les crues d'hiver et de printemps de très forts débits, transportant les éléments charriés des montagnes. Les conditions de milieu sont donc très variées. De ce fait, nous nous sommes demandée si ces étendues rocheuses n'abritaient pas des faunes différentes ? D'un point de vue biologique, cette zone nous a paru très intéressante.

Pour cela, nous avons été amenée à considérer les peuplements végétaux et surtout animaux des différentes roches. Nous nous bornerons à étudier les faciès caractéristiques de cette région, très riche à certains points de vue et encore jamais explorée.

## ÉTUDE DES FONDS

### A) MÉTHODES

14 sorties qui concernent 70 stations ont été effectuées sur ces fonds de roches littorales. Les recherches ont été faites de novembre

1962 à janvier 1964, à bord du « *Professeur Lacaze-Duthiers* » et de la « *Nereis* », bateaux du Laboratoire Arago (fig. II et III).

1°) *Le point à la mer.*

Le repérage en mer doit être fait rigoureusement de façon à avoir des points précis.

Nous avons autant que cela a été possible utilisé les mesures d'arc capable au cercle hydrographique ou mieux encore à l'aide du sextant. Les points culminants des Albères fournissent des amers bien visibles de notre lieu de travail. Nous avons en général pris 3 points assez éloignés les uns des autres de façon à mesurer un grand angle.

Les points choisis pour chaque roche sont les suivants :

Roche Saint-Laurent : le Château d'eau du Barcarès, les Cabanes de pêche du Lido et le Cap Leucate.

Roche Torreilles : le clocher du Barcarès, les cabanes du Lido et le Cap Leucate.

Roche Saint-Nazaire : la Tour Madeloc, le château d'eau de Canet et le pont du Grau de l'Étang de Saint-Nazaire.

Roche Saint-Cyprien : la Tour Madeloc, la Tour Massane et le Pic Néoulous.

Roche Vidal : le château d'eau de Canet, le Pic Néoulous et la Tour Madeloc.

Roche Tavac : les repères suivant sont extrêmement bien visibles de cette roche très proche de la côte : Clocher d'Argelès, Château de Valmy et Cap Béar.

Roche Cerbère de Terre : le Pont du Crau de Saint-Nazaire, le Clocher de Saint-Cyprien et le château d'eau de Canet.

Lorsque les repères devenaient invisibles, nous nous sommes servis du radar du « P.L.D. » pour faire le point.

Précision du point :

— au sextant et au cercle hydrographique : L'erreur que l'on commet à cette distance de la côte est de 75 m. Cependant, vue l'étendue de la zone sur laquelle nous travaillons, cette précision est satisfaisante.

— au radar : le radar utilisé est un DECCA qui donne une précision d'environ 5 à 10 % de la distance. Nous étions à 2 milles, 2 milles 1/2 de la côte : la précision est de l'ordre de 200 m. Il est évident que s'il nous permet de nous repérer par n'importe quel temps, la précision est très faible.

— Sondage : la profondeur a été relevée grâce au sondeur SCAM 610 du « P.L.D. ». La précision absolue de ce sondeur est grande; elle est de l'ordre de 20 cm. Nous commettons de plus une légère erreur sur la lecture de la bande, et d'autre part nous n'avons tenu compte ni de la houle, ni de la marée, ni même des variations de température et de salinité. Cependant, nous avons pu, en plongée en scaphandre autonome, vérifier la profondeur en un point donné. Nous en avons conclu que les données du sondeur sont satisfaisantes.

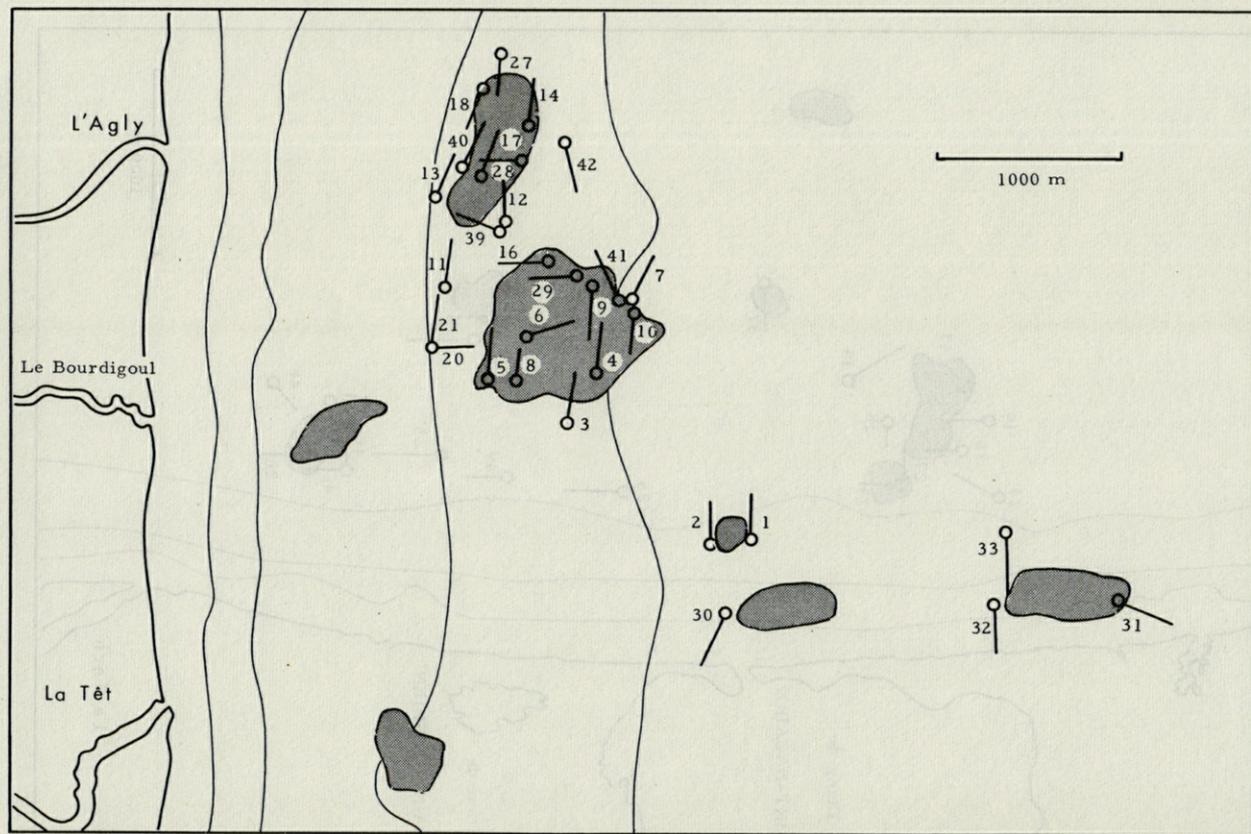


FIG. 2. — Principaux traits de drague effectués dans la zone Nord.

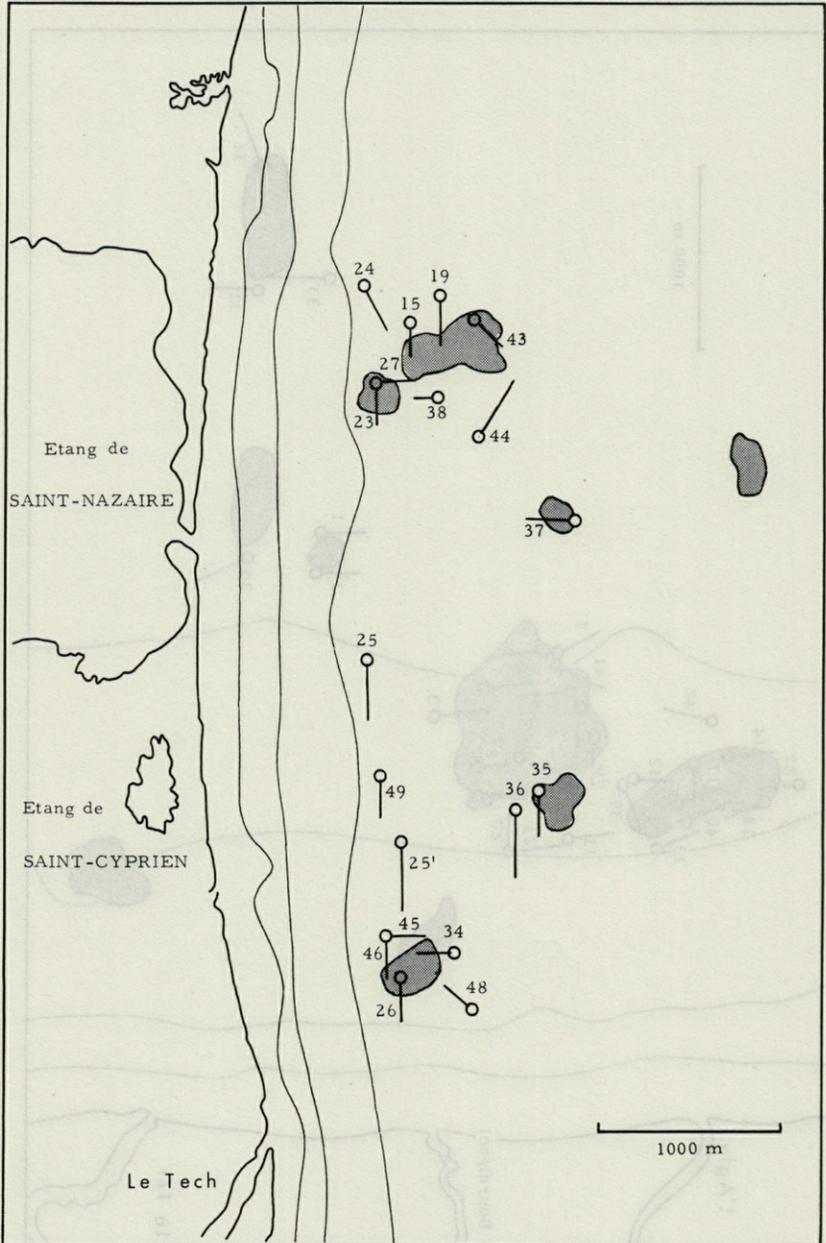


FIG. III. — Principaux traits de drague effectués dans la zone Sud.

Ce sondeur nous a été d'une grande utilité pour la mise en place des roches : en effet, la marque de la bande de sondage diffère selon qu'elle a été faite sur un plateau rocheux ou sur un fond vaseux. Dans le premier cas, on obtient le 3° écho, et le trait est très fin. Dans le deuxième cas, il n'y a qu'un écho à puissance égale et l'inscription se traduit par un trait mou.

Souvent nous nous sommes aperçue d'un manque de correspondance entre la profondeur de l'emplacement *in situ* et celle lue sur la carte marine N° 2358 (G.) où le point était reporté.

## 2°) Dragages.

Pour entreprendre l'étude de ces fonds, nous avons procédé par dragages, le point étant pris à la descente et à la remontée de la drague, lorsque le cable est à la verticale, la lecture au sondeur est faite simultanément.

La vitesse du bateau ralentie à 3 nœuds, le trait dure 5 à 10 min. selon le fond. Dès que les accrochages sont trop violents, nous arrêtons les opérations et c'est souvent dans un état irrécupérable que nous remontons la drague.

D'autre part, dès que celle-ci travaille nous n'avons pas intérêt à prolonger le trait pour ne pas traverser des étendues pouvant présenter des faciès bionomiques différents.

Précision sur le dragage :

La longueur de cable filé par petits fonds, c'est-à-dire aux profondeurs auxquelles nous avons travaillé, est le triple de la profondeur. On comment donc automatiquement une erreur sur chaque trait reporté sur la carte.

Nous avons toujours utilisé une drague à ouverture rectangulaire de 90 cm de côté sur 50. Les mailles de la poche mesurent un peu plus de 1 cm.

Seule la macrofaune ayant fait l'objet de notre étude, une drague à mailles plus fines ne nous a pas fourni d'échantillons plus variés. De toute façon, la faune vagile échappe à ce mode de récolte.

## B) GRANULOMÉTRIE - ETUDE DES SÉDIMENTS.

L'étude granulométrique des sédiments est basée sur leur classification suivant une base purement dimensionnelle : elle nous révèle la nature des fonds meubles et les variations qu'ils présentent à très peu de distance les uns des autres. Elle nous a de plus fourni un indice important pour la connaissance des conditions d'agitation qui règnent dans cette zone.

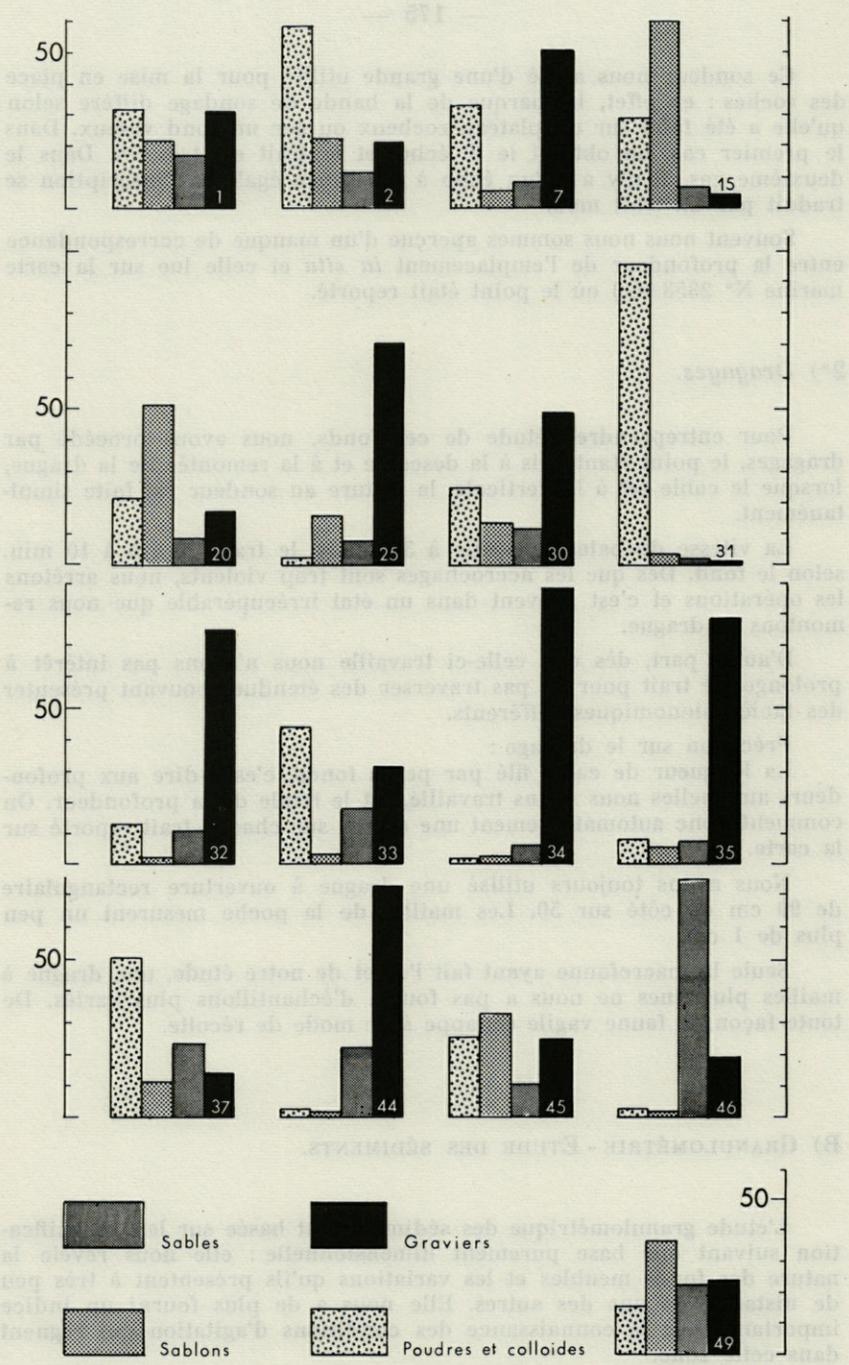


FIG. IV. — Histogrammes de fréquence des sédiments.

Récolte des sédiments :

Ils ont été récoltés en dragage : nous avons prélevé un échantillon à environ la moitié du contenu de la drague. Ceci représente peut-être un mélange de sédiment sur une surface importante : c'est pour cette raison que nous avons réduit le trait au maximum afin de ne pas avoir de variation de faciès au cours du même dragage.

La technique employée est expliquée par BRAJNIKOV, FRANCIS-BŒUF, ROMANOVSKY (1943) et par J. PARIS (1954).

Nous avons établi les histogrammes de fréquence et les courbes cumulatives de chaque échantillon, d'après les travaux de A. RIVIÈRE (1953) et J.J. BLANC (1958) (fig. IV et V).

L'étude des courbes est très intéressante. Nous pouvons les classer selon les trois types énoncés par A. RIVIÈRE.

1° *Type hyperbolique* (Fig. V, 1).

Il correspond pour J.J. BLANC (1958) à des sédiments de plage très évolués au terme de transfert ou d'actions hydrodynamiques complexes.

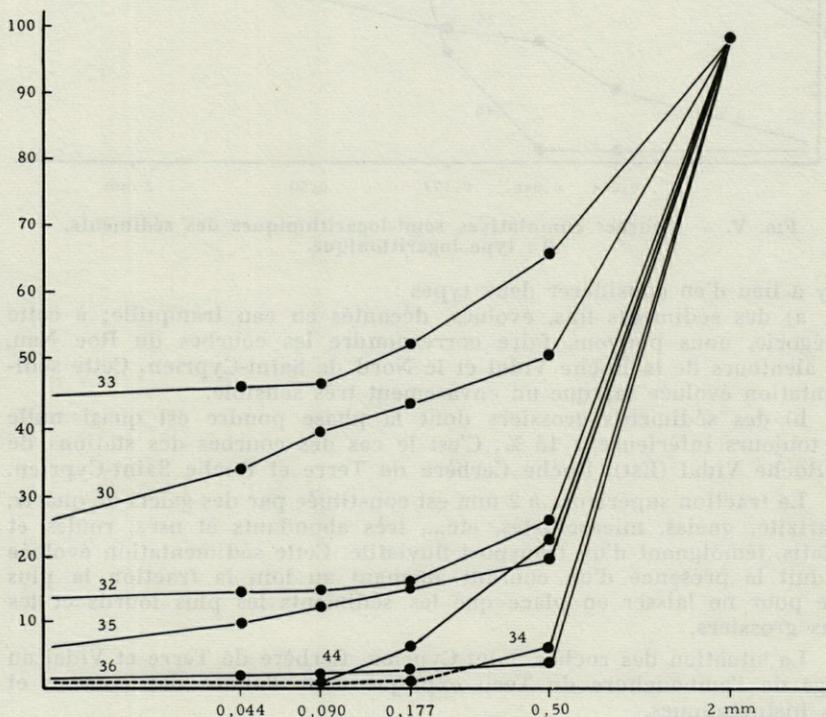


FIG. V. — Courbes cumulatives semi-logarithmiques des sédiments.  
1 : type hyperbolique.

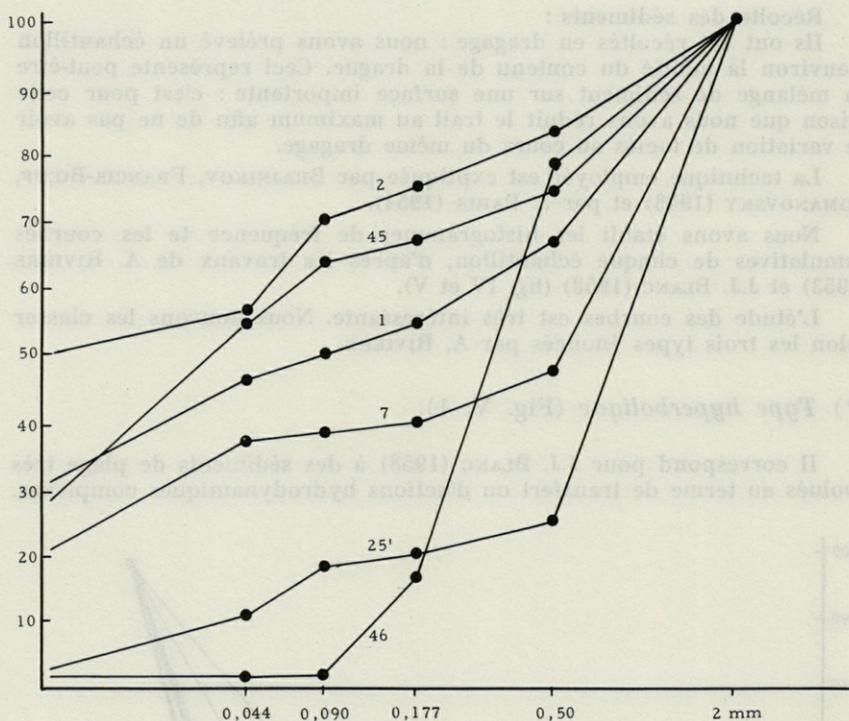


FIG. V. — Courbes cumulatives semi-logarithmiques des sédiments.  
2 : type logarithmique.

Il y a lieu d'en considérer deux types :

a) des sédiments fins, évolués, décantés en eau tranquille; à cette catégorie, nous pouvons faire correspondre les courbes du Roc Nau, les alentours de la Roche Vidal et le Nord de Saint-Cyprien. Cette sédimentation évoluée marque un envasement très sensible.

b) des sédiments grossiers dont la phase poudre est quasi nulle ou toujours inférieure à 15 %. C'est le cas des courbes des stations de la Roche Vidal (Est), Roche Cerbère de Terre et Roche Saint-Cyprien.

La fraction supérieure à 2 mm est constituée par des galets de quartz, quartzite, gneiss, micaschistes, etc..., très abondants et usés, roulés et aplatis, témoignant d'un transport fluvial. Cette sédimentation évoluée traduit la présence d'un courant amenant au loin la fraction la plus fine pour ne laisser en place que les sédiments les plus lourds et les plus grossiers.

La situation des roches Saint-Cyprien, Cerbère de Terre et Vidal au large de l'embouchure du Tech explique donc l'allure des courbes et des histogrammes.

A la roche Vidal, les galets trouvés ont la même composition que ceux de Saint-Laurent de Torrelles. Cette roche nous est apparue formée

uniquement par l'accumulation de galets; jamais nous n'y avons trouvé de roche en place.

2°) *Type logarithmique* (Fig. V, 2).

Il caractérise un sédiment en début d'évolution. D'après J.J. BLANC (1958 (2)), les sables littoraux et les sables coquilliers des talus détritiques ont une courbe de ce type.

Nous en avons des exemples avec les courbes 2, 1, 7, 25, 46, du Roc Nau, de Torreilles et Saint-Cyprien, du côté Est des formations rocheuses. Les éléments non triés proviennent sûrement de l'érosion de la roche.

3°) *Type parabolique* (Fig. V, 3).

Ce type exprime le premier terme d'évolution d'un sédiment : une seule courbe est vraiment typique : Saint-Nazaire, 15. Les courbes 20, 49, montrent, à partir de ce type, une évolution vers le type logarithmique.

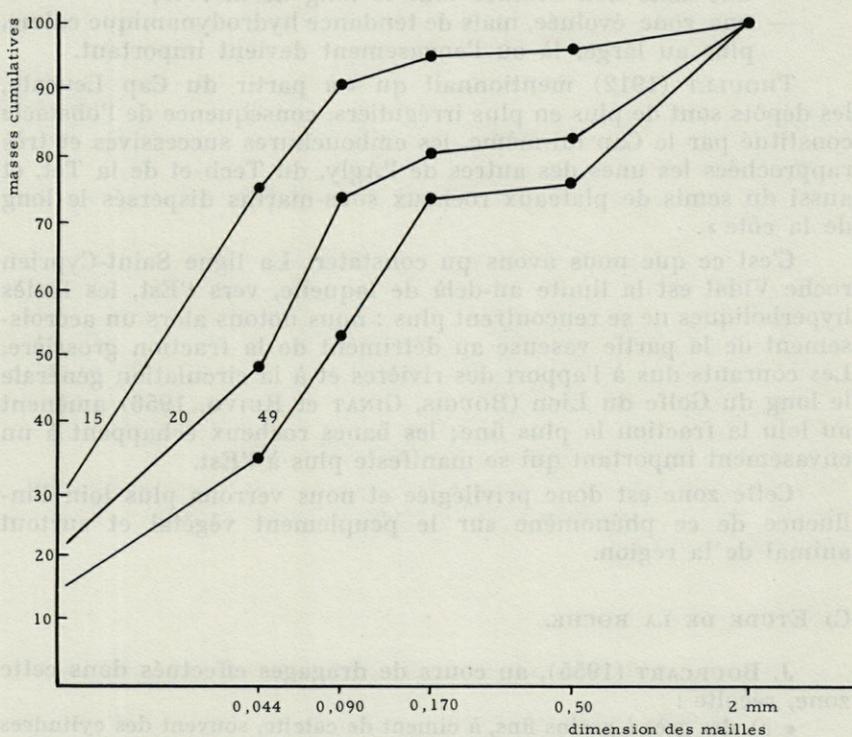


FIG. V. — Courbes cumulatives semi-logarithmiques des sédiments.  
3 : type parabolique.

Nous donnerons quelques précisions sur les conditions de sédimentation qui règnent dans cette région. Quatre rivières principales qui sont du Sud au Nord, le Tech, le Réart, la Têt et l'Agly, venant du Canigou et des Corbières, ne franchissent en période d'étiage la côte qu'à grand peine. Leur débit est extrêmement variable suivant la saison et les conditions météorologiques du moment : elles ont, après de fortes pluies, une allure torrentielle apportant à la mer un nombre considérable de matériaux arrachés aux terrains qu'elles traversent et qui sont ensuite mélangés et rejetés sur la plage sableuse. Ces fleuves font sentir leur action très loin en mer. Au niveau de leur embouchure, se dépose un sédiment fin vaseux et que l'on retrouve à quelques distances de la côte dont il est séparé par une mince bande de sables littoraux.

D'après cette étude, nous voyons que trois zones peuvent être délimitées :

- l'une où les éléments grossiers sont bien triés et classés. Elle est située à proximité des roches Saint-Cyprien, Torreilles et Saint-Laurent, c'est-à-dire au niveau des embouchures des fleuves, et à la roche Vidal;
- une zone non évoluée tout le long de la côte;
- une zone évoluée, mais de tendance hydrodynamique calme, plus au large, là où l'envasement devient important.

THOULET (1912) mentionnait qu'« à partir du Cap Leucate, les dépôts sont de plus en plus irréguliers, conséquence de l'obstacle constitué par le Cap lui-même, les embouchures successives et très rapprochées les unes des autres de l'Agly, du Tech et de la Têt, et aussi du semis de plateaux rocheux sous-marins dispersés le long de la côte ».

C'est ce que nous avons pu constater. La ligne Saint-Cyprien roche Vidal est la limite au-delà de laquelle, vers l'Est, les faciès hyperboliques ne se rencontrent plus : nous notons alors un accroissement de la partie vaseuse au détriment de la fraction grossière. Les courants dus à l'apport des rivières et à la circulation générale le long du Golfe du Lion (BOUGIS, GINAT et RUIVO, 1956) amènent au loin la fraction la plus fine; les bancs rocheux échappent à un envasement important qui se manifeste plus à l'Est.

Cette zone est donc privilégiée et nous verrons plus loin l'influence de ce phénomène sur le peuplement végétal et surtout animal de la région.

### C) ETUDE DE LA ROCHE.

J. BOURCART (1955), au cours de dragages effectués dans cette zone, récolte :

« a) des grès à grains fins, à ciment de calcite, souvent des cylindres et colonnettes dégagées (remplissage de trous de racines) qui sont attribuables à des dunes cimentées et submergées.

« Ces dunes semblent dater du quaternaire ancien. Elles se prolongent au Nord de la plage et la dune cimentée du Barcarès de Leucate et de Lapalme;

« b) des galets de 20 à 5 cm de grand axe, formés surtout de quartz et quartzite, fortement patinés de brun par du fer, de granite décomposé et bruni, de gneiss et de micaschistes de schistes et microgrès des Albères, absolument analogues aux alluvions anciennes du Tech;

« c) des coquilles patinées de noir (SFe), parfois avec des parties oxydées de *Lutraria lutraria*, *Mya truncata*, *Meretrix chione*, *Pecten jacobaeus*, *Venus casina*;

« d) de très nombreuses coquilles actuelles, des bois flottés couverts de Bryozoaires et des boules de *Lithothamnium* parsèment le sommet de la roche. Le fond recouvrant les cailloutis est fait de vase noire et gluante ».

Nous avons retrouvé ces différents éléments et nous allons en faire l'étude pétrographique et granulométrique. Nous verrons ainsi s'il est possible de tirer une conclusion quant à l'origine de ces formations le long du littoral.

### 1°) *Les formations gréseuses.*

Elles sont de deux types :

a) *les dalles* : il s'agit de grosses dalles de grès plates qui sont recouvertes d'Algues et d'encroûtements animaux. Elles sont épaisses de 2 à 3 cm, leur surface est le plus souvent creusée de fines rigoles. Elles ont le même aspect que les bâtonnets des dunes cimentées que l'on appelle les « hauts de plage ».

Nous en avons rapidement étudié la constitution. Un petit fragment plongé dans de l'HCl pur est aussitôt attaqué. Le ciment calcaire qui le constitue est dissous avec une vive effervescence. Au bout de quelques minutes, il n'en reste qu'une poudre abondante constituée par des quartz, quartzites, micas, gneiss et parfois des grenats. Tous ces grains portent la marque d'une très forte usure fluviale. Ces minéraux sont de même nature que ceux trouvés dans les massifs cristallins d'où proviennent les principales rivières. Le sable obtenu présente un classement assez complet et ressemble à un sable de plage.

La figure VI, 1 montre la courbe d'un échantillon de cette roche.

Cette courbe a été établie en portant en abscisse les dimensions en micron des minéraux et en ordonnées le pourcentage de leur masse cumulative. D'après P. DEMANGEON, on peut voir dans cette courbe que les matériaux issus de relief cristallin sont déposés par des courants plus ou moins violents.

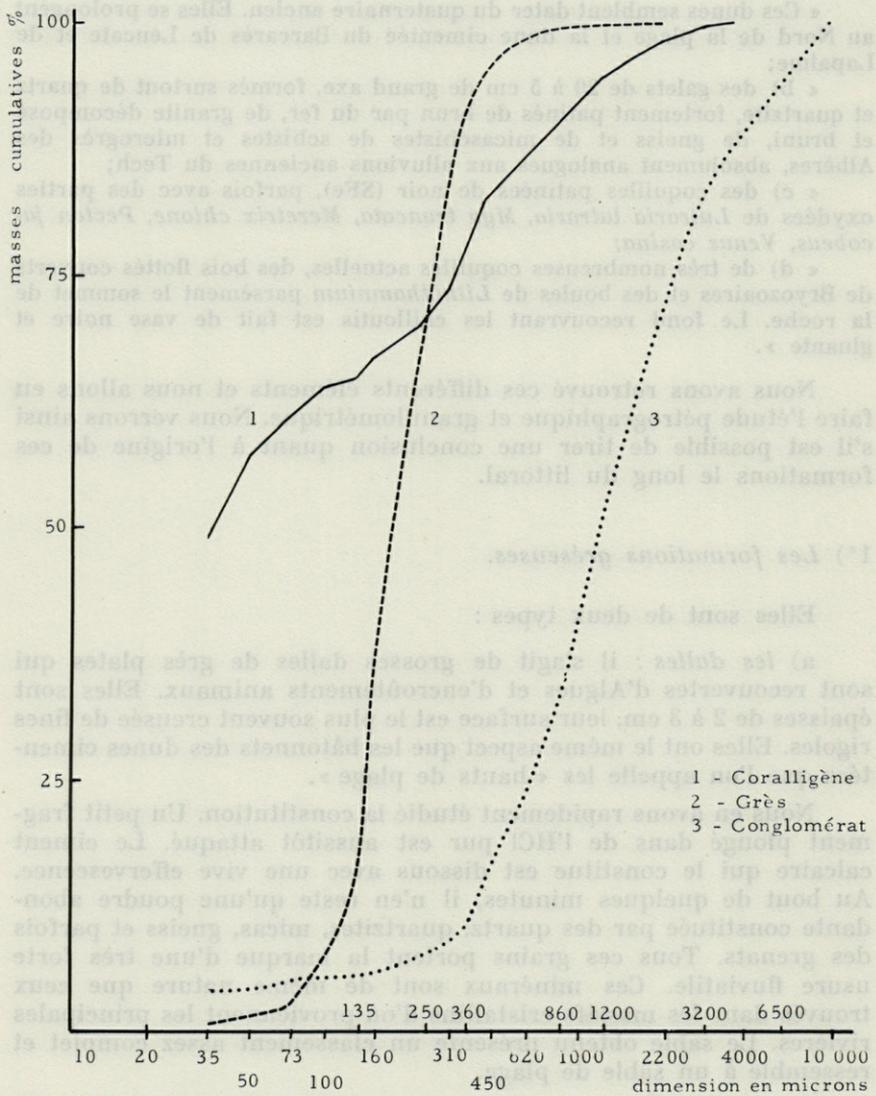


FIG. VI. — Courbes cumulatives semi-logarithmiques des roches.

b) *les conglomérats* : l'autre type de grès est constitué par des minéraux semblables englobés dans un ciment calcaire; il est cependant plus grossier que le précédent; nous pouvons parler de conglomérat à grains fins. Il forme des gros blocs. Ceux-ci mon-

trent des degrés de consolidation variés : à Saint-Cyprien, nous avons trouvé un échantillon qui s'effritait par simple frottement à la main.

Nous avons récolté quelquefois, dans ces grès, des coquilles appartenant au genre *Pectunculus*. Une épaisse couche de calcite dans laquelle on voit d'abondants cristaux entoure la coquille la séparant totalement du grès. Ce *Pectunculus* ne semble plus être retrouvé vivant dans la région, mais on sait que sa disparition de la faune malacologique du rivage est très récente.

La courbe granulométrique de ce conglomérat (Fig. VI, 2) caractérise, d'après P. DEMANGEON, un sédiment ayant subi un faible transport.

Ainsi la formation de ces deux grès serait due à des conditions différentes d'agitation des eaux à l'endroit où s'effectue la précipitation du ciment calcaire.

D'après les observations topographiques que nous avons pu faire, nous notons que les conglomérats sont surtout abondants entre les embouchures du Tech et de la Têt, région dans laquelle nous avons signalé une agitation plus faible. Les dalles, elles, se rencontrent surtout au débouché des rivières, elles existent cependant également à Saint-Nazaire. Mais nous n'avons pas pu faire de dragages serrés et très précis sur une surface délimitée afin de suivre la répartition exacte et le passage de l'une à l'autre de ces formations gréseuses.

## 2°) *Le concrétionnement.*

A Saint-Laurent, Torreilles, Saint-Nazaire, et apparaissant beaucoup moins développé à Saint-Cyprien, existe un concrétionnement de type coralligène formé de coquilles, de tests et de squelettes de Bryozoaires. La courbe 3 de la figure VI correspond à un fragment de cette formation. On y reconnaît un dépôt d'éléments moins usés que dans les formations gréseuses, concrétionnés grâce à l'activité organique. La distribution de ces concentrations organiques est irrégulière et semble liée à l'agitation des eaux et à la direction des courants.

## 3°) *Les galets.*

Les galets, très abondants au débouché du Tech, de la Têt et de l'Agly, fortement roulés, témoignent d'un apport fluvial indiscutable.

A la Roche Vidal, Roc Nau et Roc Cerbère, leur accumulation semble être en rapport avec la présence du Bourdigoul.

Ce ruisseau, d'après VERNET (1955), actuellement totalement mort, a dû avoir un cours fort important et laisser des traces de son ancienne action; ces galets en sont-ils des témoins ?

A Saint-Laurent et Torrelles, nous avons surtout des cailloutis provenant des Corbières. Les calcaires y sont très abondants.

Les mêmes éléments observés dans le cours inférieur de l'Agly et de la Têt, notamment toute la série des gneiss retrouvée près de Saint-Paul de Fenouillet, y sont en place.

Au Roc Nau, d'après J. BOURCART, les éléments ont une origine différente de ceux de Saint-Laurent.

L'apport par le Tech et le ruisseau de la Massane est également manifeste à Saint-Cyprien et à Tavec.

Nous notons, de plus, que les basaltes sont plus abondants au Nord de cette zone (vers Torrelles et Saint-Laurent) qu'au Sud; nous savons qu'ils sont très abondants au Nord du cap Leucate (THOULET, 1912).

Pour conclure cette étude granulométrique et pétrographique, nous rappellerons que cette zone semble échapper à une contamination vaseuse élevée. Les conditions de sédimentation varient sur une faible distance, ceci étant dû à l'obstacle opposé par les fonds rocheux aux courants des rivières et à la circulation générale des eaux du golfe du Lion. Il n'est pas inutile d'insister sur l'importance considérable des courants. Ces fonds rocheux se trouvent entièrement situés dans une zone où l'hydrodynamisme est très sensible. Nous verrons l'influence de ce caractère sur les peuplements et l'originalité qu'il semble conférer à ce faciès coralligène.

J. BOURCART (1955), considérant la nature gréseuse de tous ces fonds, le sable de plage consolidé et les coquilles englobées dans le ciment calcaire, rattache ces formations à un cordon ou un conglomérat littoral du quaternaire ancien.

Pour M. PAULUS (1951), un cordon littoral est également caractérisé par les sables marins, les galets roulés et la présence de coquilles marines et lagunaires. Nous verrons dans la partie faunistique la présence de telles coquilles, très abondantes.

Mais, d'après P. DEMANGEON (Comm.), ces consolidations seraient actuelles.

J.J. BLANC (1958 (2)) décrit des « Beach-rocks » qui sont « des sables de plage en cours de consolidation formant des dalles de grès à faible pendage, plongeant vers la mer en position intertidale ». Il ajoute que ce dernier caractère n'a rien d'absolu.

Pour G. RANSON (1955), l'élément fondamental du phénomène de consolidation des sédiments calcaires est la présence de matière organique, décomposée par les bactéries. Il note de plus que cette

consolidation peut avoir lieu sous l'eau, de 2 à 5 m, en l'absence de dissolution suivie de précipitation calcaire par évaporation.

G. PETIT nous a signalé, d'autre part, la consolidation actuelle de sable de plage, dans une région non immergée de la côte malgache.

Ce problème dépasse le cadre de ce travail et reste entre les mains des géologues. Cependant, il nous semble que ces formations représentent une ancienne ligne de rivage datant du quaternaire.

#### D) SALINITÉS

Le Tech, la Têt et l'Agly ont des débits fort variables, comme nous l'avons vu. L'étude de quelques résultats d'hydrologie va nous montrer comment sont répartis les apports de ces rivières et dans quelles limites varie la salinité de ce milieu.

L'état de la mer ne nous a pas permis de faire des prélèvements réguliers d'eau de mer; aussi les résultats obtenus ne sont que fragmentaires, mais suffisants cependant pour avoir des notions générales intéressantes, afin d'entreprendre l'étude du peuplement de ce milieu.

Les différents relevés ont été effectués en 4 points bien précis, sur les principales formations étudiées : Torreilles, Saint-Laurent, Saint-Nazaire, Saint-Cyprien. Les prises d'eau de mer ont été prélevées grâce à la bouteille à renversement de Nansen, équipée d'un thermomètre à renversement Richter et Wiese.

Les salinités ont été dosées par la méthode argentimétrique de Knudsen par M<sup>lle</sup> PY et M. J. CAVILLE.

Au cours de l'année, la salinité varie en profondeur de 36,5 ‰ (Saint-Nazaire), à 38,46 ‰ (Est de Saint-Laurent, juillet 1964). Cette variation de 2,10 ‰ est faible pour des organismes marins. Mais cet écart annuel est important quand on considère la profondeur de ces fonds (25 à 38 m).

Entre la surface et la profondeur, en un même endroit, les différences sont très importantes, ce phénomène étant peu sensible en été. Mais dès le mois de janvier, les eaux de surface sont moins salées : 31,74 ‰ en février à Saint-Cyprien en surface et 36,9 ‰ en profondeur, au même endroit et à la même période.

Ces mesures sont faites après de fortes pluies; à ce moment les rivières sont en crues, elles sont chargées d'eau boueuses et leur débit est très important.

Les eaux les moins salées, plus légères que les plus salées, restent en surface. Le mélange de ces deux eaux s'effectue, sur une

même verticale, beaucoup plus lentement en surface qu'en profondeur.

Les peuplements des roches étudiées, bien que situées au débouché des rivières du Roussillon, seront donc peu influencés par les apports d'eaux saumâtres de celles-ci.

La température varie de 11° en hiver à 14° en été, en profondeur. Toutes les mesures faites montrent qu'il y a peu de variation d'une formation à une autre.

## ÉTUDE FAUNISTIQUE

La deuxième partie de ce travail est consacrée à l'étude de la macrofaune des fonds prospectés.

### A) HISTORIQUE

Ainsi qu'il le dit dans l'étude physique des fonds, PRUVOT (1895) n'a fait que très peu de récoltes dans la région que nous étudions.

Lorsqu'il signale les fonds coralligènes dont le type sera celui du Cap l'Abeille, il en note d'« autres encore plus au Nord, entre les Roches Cerbère, au milieu des graviers vaseux qui les entourent. Mais là ils ont un caractère un peu particulier : ils sont comme je l'ai déjà indiqué dans le travail précédent formés uniquement de débris animaux, Bryozoaires en plaques superposées et surtout de tubes de Serpulidae. Aucune Algue calcaire ou non ne s'y rencontre, ce qui s'explique peut-être par l'éloignement de la côte rocheuse ».

L'auteur englobe cette formation dans la zone littorale; puis passant à la zone de la vase côtière, caractérisée par l'abondance des Ascidies, des Echinodermes (sauf les Oursins), des Alcyons, des Vérétilles et des Eponges, il écrit : « Dans la plaine du Tech en face de l'embouchure de la rivière de ce nom, les apports des eaux douces ont amené la formation d'un banc d'huîtres aujourd'hui envasé et à peu près détruit. »

La carte publiée dans ce travail s'arrête à la Roche Cerbère; tous les bancs rocheux situés au Nord de cette zone n'ont donc pas été étudiés par PRUVOT.

Lors du Colloque de Gênes (PÉRÈS, 1957) un système d'étagement du domaine benthique fut réalisé en fonction des peuplements des fonds marins.

La limite inférieure de l'étage infralittoral est « celle qui est compatible avec la vie des Zostéracées et des Algues photophiles ».

L'étage circalittoral « s'étend depuis la limite des Algues photophiles jusqu'à la profondeur extrême compatible avec la végétation des Algues les plus tolérantes aux faibles éclaircissements, c'est-à-dire les plus sciaphiles ».

Pour PÉRÈS (1961), les fonds durs de cet étage circalittoral sont reconnaissables par deux types de peuplements : le peuplement coralligène où la population animale domine la population végétale et le peuplement des grottes.

On sait toujours d'après PÉRÈS (1960) que la limite de l'étage circalittoral est variable. Dans la région où nous travaillons, les vents, les rivières et la circulation générale des eaux provoquent des courants importants : les matières organiques en suspension sont abondantes : nous avons pu noter en plongée après un ou deux jours de tramontane que la visibilité à 30 m de profondeur est très réduite; nous ne trouvons pas d'Algues vertes infralittorales, même à 25 m de profondeur (Saint-Cyprien) et la maigre végétation qui existe est de type sciaphile.

Cette zone se situe donc au niveau de l'étage circalittoral.

Toutes les données faunistiques préexistantes sur ces fonds de roches sont très peu précises.

#### *Méthode de tri :*

Le rythme des dragages a été en moyenne de 5 à 6 par sortie. Le tri à bord était impossible, car entre deux dragages consécutifs, le temps était occupé par le repérage, le relevé au sondeur de la profondeur et la description rapide du faciès du sédiment remonté.

Le matériel conservé à l'eau de mer courante était ramené au Laboratoire.

Nous avons fixé la grande majorité des animaux dans l'alcool pour les Hydraires, les Bryozoaires, les Mollusques et les Annélides, dans le formol à 6 % pour les Spongiaires, les Échinodermes et les Ascidies. Il nous a été possible de faire quelques déterminations sur le vivant.

#### *Liste faunistique*

Les résultats obtenus ont été dressés en tableaux. Nous avons séparé le côté « Terre » ou Ouest et le côté « du large » ou Est des formations Saint-Laurent, Torreilles et Saint-Nazaire.

L'abondance des espèces est donnée par les signes suivants :

++ = Espèces très abondantes

+ = Espèces abondantes

C = Espèces communes.

Les chiffres représentent le nombre des échantillons trouvés en faible quantité.

LISTE FAUNISTIQUE

ESPÈCES	Saint-Laurent		Torreilles		Saint-Nazaire		Saint-Cyprien
	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
SPONGIAIRES							
<i>Geodia cydonium</i> (Jameson)		++	1	++			
<i>Stelleta dorsigera</i> Schm.		++		++			
<i>Stryphnus mucronatus</i> (O. Sch.) Sollas				1	3		
<i>Chondrosia reniformis</i> Nardo		+	C	++			
<i>Cliona viridis</i> O. Schm.	C	++	1	++	1	C	
<i>Clionacelata</i> Grant	C	+	+	C			+
<i>Tethya lyncurtium</i> (L.)	C	++	+	++	3	+	C
<i>Tuberella aaptos</i> (O. Schm.) Tops.		+	C	++		2	
<i>Hymeniacidon sanguinea</i> (Grant) Var. <i>caruncula</i> Bowerb.	1	1		2	1		1
<i>Suberites carnosus</i> (John.) Var. <i>ramosus</i>		+	2	+	1	C	
<i>Suberites domuncula</i> (Oliv) Nardo							
<i>Terpios fugax</i> Duch. et Mich.		C	1	C	1		
<i>Eurypon clavatum</i>		2		1			
<i>Axinella damicornis</i> (Esper) O. Schm.	1	+	1	+		1	
<i>Axinella verrucosa</i> O. Schm.		+		+	1	C	
<i>Axinella polypoides</i> (O. Schm.)		C		3		+	C
<i>Acanthella acuta</i> O. Schm.		1	1	C			
<i>Stylotella marsilii</i> Topsent				1			
<i>Stylotella incisa</i> (O. Schm.)		2					
<i>Hymeniacidon caruncula</i> Bowerb.		1					
<i>Clathrya coralloides</i> (Oliv) O. Schm.	2	+	2	+		C	
<i>Anchitoe lacazei</i> Topsent		C		C			
<i>Raspailia viminalis</i> O. Schm.		C	1	+			
<i>Gellius fibulatus</i> (O. Schm.) Ridley	1	1		C			
<i>Crella elegans</i> (O. Schm.) Gray		1		++		C	
<i>Crella mollitor</i> Topsent				C			
<i>Nyxilla rosacea</i> (Lieberk.) O. Schm.			C		1		
<i>Nyxilla prouhoi</i> Topsent		1		3			
<i>Nyxilla incrustans</i> Johnston				1			
<i>Nycale massa</i> (O. Schm.)		+		+			
<i>Nycale contareni</i> (O. Schm.)				1			
<i>Petrosia dura</i> (Nardo) Vosmaer		C	1	C			
<i>Calyx nicaeensis</i> (Risso)		2		1			
<i>Reniera loculosa</i> Topsent		+		+			
<i>Reniera</i> sp.	1		1	+			
<i>Spongelia spinifera</i> F.E. Schulze	2	C		C	1		1
<i>Spongelia avara</i> O. Schm.	1	2	1	C	1		
<i>Spongelia elegans</i> F.E. Schulze	1	1	+	C	C		
<i>Spongelia fragilis</i> (Mont.)		C		C	C		
<i>Halysarca dujardini</i> Johnston		1					
<i>Adocia simulans</i> (Johnston)	4	+	C	+			
<i>Euspongia</i> sp.						1	
<i>Verongia aerophoba</i> Narbo						1	
<i>Cacospongia cavernosa</i> O. Schm.		2					

ESPÈCES	Saint-Laurent		Torreilles		Saint-Nazaire		Saint-Cyprien
	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
<i>Hircinia variabilis</i> O. Schm.	1	+	1	++	1	C	
<i>Dendrilla cirsioides</i> Topsent			1				
COELENTERÉS							
<i>Obelia dichotoma</i> (Linné)	1		1				
<i>Nemertesia antennina</i> (Linné)			1	1			
<i>Nemertesia ramosa</i> Lamouroux	1	C	C	+	1	1	
<i>Kirchenpaueria echinulata</i> (Lam.)	1	1	C	+		C	5
<i>Kirchenpaueria pinnata</i> (Linné)			1	2			
<i>Plumularia setacea</i> (Linné)			C	C			
<i>Diphasia</i> sp.	1	2	2				
<i>Aglaophenia pluma</i> Linné	1	1	1	C			
<i>Aglaophenia myriophyllum</i> Linné				1			
<i>Sertularia abletina</i> Linné			+	1			
<i>Sertularella polyzonias</i> (Linné)	2	++	+	++	2	C	C
<i>Halecium halecinum</i> (Linné)		C	1	C			
<i>Halecium tenellum</i> Hincks				1			
<i>Campanularia hincksi</i> Alder	1	C	4	C	2		2
<i>Campanularia angulata</i> Hincks		C	1	2			
<i>Campanularia flexuosa</i> Hincks		1		C			
<i>Eudendrium ramosum</i> (Linné)	1	+	2	C			C
<i>Clythia uniflora</i> (Pallas)			1	1			
<i>Veretillum cynomorium</i> Pall.			1				
<i>Eunicella stricta</i> (Bertol.)	4	++	C	++	C	+	C
<i>Leptogorgia sarmentosa</i> (Esper)		+		+	C	C	+
<i>Alcyonium palmatum</i> Pall.	1	C	1	3	2	C	C
<i>Paralcyonium elegans</i> (M. Edw.)		1					
<i>Vigueriotes edwardsii</i> (Lac. -Duth.)		2		C		4	
<i>Paraerythropodium coralloides</i> (Pall.)	1	C	C	C	2	C	4
<i>Cerianthus membranaceus</i> (Spall.)						1	
<i>Palythoa axinellae</i> Schm.		2		3	2		
<i>Adamsia palliata</i> Boch.	1						
<i>Calliactis parasitica</i> (Couch)				2	1	1	1
<i>Caryophyllia</i> sp.							
BRYOZOAIRES							
<i>Aetea sica</i> (Couch)		2					
<i>Callopora dumerilii</i> (Audouin)					1		
<i>Corbacea papyrea</i> (Pallas)	1	2		2	2	C	
<i>Cellaria fistulosa</i> Auctt	C	++	1	++		C	C
<i>Bugula flabellata</i> (Thompson)	2	C		1		1	
<i>Scrupocellaria reptans</i> (Linné)		2	1				
<i>Scrupocellaria scrupea</i> Busk	1	++	C	++	1	C	
<i>Beania magellanica</i> (Busk)	1	++	2	++	1	C	
<i>Beania mirabilis</i> (Johnston)				2			

ESPÈCES	Saint-Laurent		Torreilles		Saint-Nazaire		Saint-Cyprien
	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
<i>Schizomavella auriculata</i> (Hassall)		2	3	1	1	+	
<i>Schizomavella linearis</i> (Hassall)		1	1	1			
<i>Schizoporella mutabilis</i> Calvet					1		
<i>Schizoporella unicornis</i> (Johnston)	1			2	1		
<i>Hippodiplosia foliacea</i> (Ell. sol.)	1	++	C	+	1	C	C
<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll)		1		1		1	
<i>Fenestrulina malusii</i> (Audouin)	1	2		3			
<i>Microporella ciliata</i> (Pall.)		2					
<i>Smittina landsborovii</i> (Johnston)				2			
<i>Smittina cheilostoma</i> (Manzoni)	1	2		1			
<i>Porella cervicornis</i> (Pallas)		1		1			
<i>Reptadeonella violacea</i> (Johnston)			1				
<i>Schismopora armata</i> (Hincks)	1		1	C	2		
<i>Schismopora avicularis</i> (Hincks)	2	++	C	++	1	C	2
<i>Myriapora truncata</i> (Pallas)	2	3	C	+	1	C	
<i>Retepora</i> sp.	2	+	1	++	1	2	
<i>Fron dipora reticulata</i> (Lamarck)	1	2	2	+		2	
<i>Amathia lendigera</i> (Linné)		2		++	1		
<i>Amathia semiconvoluta</i> Lam.	1	1					
<i>Bowerbankia gracilis</i> Leydi		2					
<i>Mimosella gracilis</i> Hincks		+	2	+		C	
<i>Perigonimus reptans</i>	1						
<i>Pedicellina cernui</i> (Pallas)		2		1			
<i>Crista denticulata</i> Lamarck	2	+		++	1	C	
<i>Idmonea serpens</i> (Linné)		2				1	
<i>Membranipora spinifera</i> Johnston					2	1	
ANNÉLIDES POLYCHÉTÉS							
<i>Hermione hystrix</i> (Savigny)		2		5	1		
<i>Acholoe squamosa</i> (delle Chiaje)	1						
<i>Harmothoe areolata</i> Grube				1			
<i>Harmothoe imbricata</i> (Linné)			1				
<i>Harmothoe spinifera</i> Ehlers		1	1	+	1		
<i>Laëisca extenuata</i> (Grube)		2		2			
<i>Lepidasthenia elegans</i> (Grube)	1	C	C	++	C	C	3
<i>Scalissetosus pellucidus</i> (Ehlers)				2			
<i>Phyllodoce</i> sp.			1	2			
<i>Keferstainia cirrata</i> (Kefertsein)				1			
<i>Eurysyllis tuberculata</i> Ehlers				1			
<i>Haplosyllis spongicola</i> (Grube)	2	1	2	+	1		
<i>Syllidia armata</i> Quatrefages				2			
<i>Ehlersia cornuta</i> (Rathke)	1	1	2	1			
<i>Syllis gracilis</i> Grube				1			
<i>Trypanosyllis zebra</i> (Grube)		1		C			
<i>Typosyllis armillaris</i> (Müller)				3			

ESPÈCES	Saint-Laurent		Torreilles		Saint-Nazaire		Saint-Cyprien
	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
<i>Typosyllis hyalina</i> (Grube)	1	+	1	C	1		
<i>Typosyllis krohnii</i> (Ehlers)		2					
<i>Typosyllis prolifera</i> (Krohn)		2		1			
<i>Typosyllis variegata</i> (Grube)		C	1	+	1	2	
<i>Typosyllis vittata</i> (Grube)			1	C	1		
<i>Xenosyllis scabra</i> (Ehlers)				2	1		
<i>Ceratonereis costae</i> (Grube)	1			1			
<i>Ceratonereis hircinicola</i> (Eisig)	2	++	C	++	1	1	1
<i>Platynereis dumerilii</i> (Aud. M. Edw.)		1		2	1		
<i>Glycera tessellata</i> Grube		1	1	2	1		
<i>Goniada emerita</i> Aud. M. -Edw.		1		1			
<i>Eunice harassii</i> Aud. M. -Edw.		1	4	2			
<i>Eunice torquata</i> Quatrefages	1	+	C	++	2	3	
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje)	1			+			
<i>Lysidice ninetta</i> Aud. M. Edw.	1			3			
<i>Narphysa sanguinea</i> (Montagu)				1			
<i>Nematonereis unicornis</i> Schmarida				3			
<i>Palola siciliensis</i> (Grube)	1	+	C	++	1	3	
<i>Lumbriconereis cocctnea</i> (Renier)				2			
<i>Lumbriconereis impatiens</i> (Claparède)				2			
<i>Polydora ciliata</i> (Johnston)				2	1		
<i>Polydora giardi</i> Mesnil			1				
<i>Polydora</i> sp.				1			
<i>Chaetopterus variopedatus</i> (Renier)				1			
<i>Dodecaceria concharum</i> Oersted				1			
<i>Amage adpersa</i> (Grube)		1		2			
<i>Amphitrite variabilis</i> (Risso)	1	C	C	++	C	3	
<i>Eupolyornia nebulosa</i> (Montagu)		1	1	2			
<i>Lanice conchilega</i> (Pallas)			1				
<i>Polycirrus aurantiacus</i> Grube				2			
<i>Polycirrus</i> sp.	C		3	2	1		
<i>Terebella lapidaria</i> Linné		1					
<i>Branchiomma bombyx</i> (Dalyell)				2			
<i>Amphiglena mediterranea</i> (Leydig)			1	1		2	2
<i>Pseudopotamilla reniformis</i> (Müll.)		1		1			
<i>Sabella penicillus</i> Linné		1		1			
<i>Spirographis spallanzanii</i> (Viviani)		1					
<i>Apomatus similis</i> Mar. et Bobr.		2					
<i>Ditrupea arietina</i> (Müller)					1		
<i>Eupomatus uncinatus</i> Philippi		2	1				
<i>Hydroides norvegica</i> Gunnerus						1	
<i>Pomatoceros triquetus</i> (Linné)		1		1	1	1	
<i>Protula tubularia</i> (Montagu)	1	+	3	+	2		1
<i>Salmacina dysteri</i> (Huxley)		++		+			
<i>Serpula concharum</i> Langerh.		1					
<i>Serpula vermicularis</i> Linné	2	+	2	+	2	2	

ESPÈCES	Saint-Laurent		Torreilles		Saint-Nazaire		Saint-Cyprien
	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
SIPUNCULIENS-ECHIURIENS							
<i>Aspidosiphon clavatus</i> de Blainv.	1	1	2				
<i>Phascolosoma granulatum</i> Leuckart	1	++	C	++	2	C	3
<i>Thalassema neptuni</i> Gaertner			1				
NEMERTES							
<i>Cephalotrix lineæis</i> (Ratke)			1				
<i>Drepanophorus spectabilis</i> de Quatrefages				1			
<i>Euborlesia elisabethæ</i> (Mac Inthosh)				1			
MOLLUSQUES							
<i>Ostrea edulis</i> Linné	+		5				1
<i>Anomia ephippium</i> Linné	1	1	1	1	2	1	1
<i>Lima hians</i> (Gmelin)	1	2					
<i>Pecten flexuosus</i> Linné	1						
<i>Pecten clavatus</i> Poli			1				
<i>Pecten varius</i> Linné	1	2	1	2			
<i>Pecten jacobæus</i> Linné	++	2	+		C		C
<i>Pecten opercularis</i> Linné	+	+	1	1	3	1	C
<i>Pecten opercularis</i> var. <i>audouini</i> Peyr.	1				1		
<i>Pecten multistriatus</i> Poli	1	3	C	2		1	
<i>Chlamys glabra</i> Linné	1						
<i>Nodiola barbata</i> Linné			1				
<i>Lithophaga lithophaga</i> (Linné)		3	1	2			
<i>Arca barbata</i> Linné	+	4		4	+	1	
<i>Arca diluvii</i> Lamarck				1			
<i>Arca tetragona</i> Poli		1			1		
<i>Pteria hirundo</i> (Linné)	+	1	3	+	1		
<i>Pinna pectinata</i> Linné			1				
<i>Pectunculus</i> sp.	++	1	+	1		1	+
<i>Pectunculus glycymeris</i> Linné	+		1				
var. <i>insubricus</i> Broc.	1						
<i>Nucula nucleus</i> Linné	1	2		1		1	1
<i>Cardium aculeatum</i> Linné	1	1		1	1		
<i>Cardium echinatum</i> Linné var. <i>mucronata</i> Poli	+				2		
<i>Cardium tuberculatum</i> Linné	+	1			2	1	2
<i>Cardium paucicostatum</i> Sow	1						
<i>Cardium papillosum</i> Poli			1		2		
<i>Cardium oblongum</i> Chemnitz	1	1	2		1	1	
<i>Cardium edule</i> Linné	2				1		1
<i>Cytherea rudis</i> Poli			2		1		
<i>Cytherea chione</i> Lamarck					1	1	1
<i>Dosinia exoleta</i> Linné	1	2	1			3	3
<i>Venus verrucosa</i> Linné	++	3	+	1	C		C
<i>Venus ovata</i> Penn.			1				
<i>Venus gallina</i> Linné			1				

ESPÈCES	Saint-Laurent		Torreilles		Saint-Nazaire		Saint-Cyprien
	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
<i>Venus casina</i> Linné		3	1				1
<i>Tapes aureus</i> (Gmelin)	1	1					
<i>Tapes</i> sp.	2	1	1				1
<i>Ensis ensis</i> Linné	C				C		
<i>Ensis siliqua</i> Linné					1		
<i>Mactra corallina</i> Linné	1				C	1	
<i>Mactra glauca</i> Born					1		
<i>Mactra subtruncata</i> da Costa							1
<i>Corbula gibba</i> Olivi			1				
<i>Saxicava arctica</i> (Linné)		1		2			
<i>Saxicava rugosa</i> (Linné) Penn.				2			
<i>Tellina donacina</i> Linné	1	1			C		
<i>Tellina balaustina</i> Linné	1				1		
<i>Tellina nitida</i> Poli					2		
<i>Barnea candida</i> Linné	1						
<i>Nuxea brandaris</i> Linné	++	2	C	++	++	+	+
<i>Purpura erinaceus</i> (Linné)					1		
<i>Futhrya cornea</i> Linné	++	2		2	1	1	
<i>Triton cutaceus</i> Linné		1					
<i>Nassa incrassata</i> Flem.	C				C		
<i>Nassa reticulata</i> Linné				1			
<i>Pleurotoma gracile</i> Montagu		1					
<i>Natica intricata</i> Don.					2		
<i>Natica alderi</i> Forbes			1				
<i>Natica millepunctata</i> Lamarck		1	1		C		1
<i>Cerithium vulgatum</i> Bruguière	++	+	++	C	1	1	C
<i>Aporrhais pespellicani</i> Linné	2	2	2	1	2	1	1
<i>Turritella communis</i> Risso	++	2		3	C	1	C
<i>Turritella triplicata</i> (Brocchi)	1	1	1				1
<i>Trochus zyziphinus</i> Linné	+	1	1	2	1		
<i>Calliostoma granulatum</i> Born	C	1					1
<i>Gibbula magus</i> Linné		2			1		1
<i>Fissurella graeca</i> Lamarck	1	3		2	1	1	
<i>Calyptra sinensis</i> (Linné)	C	1					
<i>Trifora perversa</i> (Linné)		1					
<i>Dentalium vulgare</i> da Costa					1		
<i>Vermetus</i> sp.		1					
<i>Chiton olivaceus</i> Spengler		3		1			
<i>Platellina affinis</i> (Gmelin)		1					
<i>Glossodoris tricolor</i> (Cantraine)		1					
CRUSTACÉS							
<i>Scalpellum vulgare</i> Leach	1						
<i>Acasta spongitis</i> Poli		+		+		C	
<i>Upogebia littoralis</i> Risso	1						1
<i>Galathea intermedia</i> Lillj.	1	1		3			
<i>Galathea squamifera</i> Leach	1		1	2			

ESPÈCES	Saint-Laurent		Torreilles		Saint-Nazaire		Saint-Cyprien
	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
<i>Eupaëurus anachoretus</i> Risso		1		1			
<i>Eupaëurus prideauxi</i> Leach	1						
<i>Eupaëurus cuanensis</i> Thompson			1		1		
<i>Eupaëurus excavatus</i> Herbst	1						
<i>Anapaëurus bicorniger</i> M.-Edw. Bouv.							1
<i>Paëuristes maculatus</i> Risso			1				
<i>Paëuristes oculatus</i> Fab.	1		1	1	1	1	1
<i>Dardanus arrosor</i> Herbst					1	1	
<i>Calcinus ornatus</i> Roux		1		1	1	1	
<i>Porcellana longicornis</i> Penn.	C	C	2	C	1		
<i>Carcinus moenas</i> Leach				1			
<i>Pilumnus hirtellus</i> (Linné)	1	C	+	+		1	1
<i>Atelecychus</i> sp.							
<i>Pachygrapsus marmoratus</i> Fab.				3			
<i>Goneplax angulata</i> Penn.				1			
<i>Mata squinado</i> Linné			1	1			
<i>Pisa gibbsi</i> Leach.			1				
<i>Pisa nodipes</i> Leach	1	1		1			
<i>Eurynome aspera</i> Penn.		1		3			
<i>Eurynome thoracicus</i> Roux							1
<i>Macropodia rostrata</i> Linné				1			1
<i>Alpheus dentipes</i> Guerin		1		1			
<i>Athanas nitescens</i> Leach				1			
<i>Palinurus vulgaris</i> Latr.		1				1	
<i>Scyllarus arctus</i> Linné						1	
ECHINODERMES							
<i>Antedon mediterranea</i> (Lamarck)		1					
<i>Astropecten irregularis</i> Penn.	1	1	1		1		
<i>Anseropoda placenta</i> (Penn.)		1					
<i>Echinaster sepositus</i> (Retz.)				+			
<i>Ophiothrix fragilis</i> Abildgaard			2	C			
<i>Ophiopsila aranea</i> Forbes	1	3	1	1		1	
<i>Holoturia poli</i> delle Chiaje	1	2	C	C			
<i>Holoturia tubulosa</i> Gmelin	1	C	1	3		C	
<i>Ludwigia planci</i> (Brandt)	1	2					1
<i>Psammechinus microtuberculatus</i> (Blainv.)	1	1	1	1	1		
<i>Echinus acutus</i> Lamarck						1	
<i>Paracentrotus lividus</i> Lamarck		1	1				
<i>Sphaerechinus granularis</i> Lamarck		2		C			
<i>Brissopsis lyrifera</i> (Forbes)							
PROCHORDÉS							
<i>Ctenicella appendiculata</i> Lac. Duth.			1	2			
<i>Halocynthia papillosa</i> Verrill		C	C	1	+	+	1

ESPÈCES	Saint-Laurent		Torreilles		Saint-Nazaire		Saint-Cyprien
	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
<i>Microcosmus sulcatus</i> Coqu.	1	1	2	2	2	1	1
<i>Distomus variolosus</i> (Graertner)	2	++	C	++	+	C	C
<i>Styela</i> sp.		1					
<i>Botrillus schlosseri</i> f. <i>renieri</i> Pallas		1					
<i>Perophoropsis herdmanni</i> Lahille		+	2		C		
<i>Ascidia mentula</i> (Müller)		1	2	1	1		1
<i>Phallusia fumigata</i> Grube		1		2			
<i>Didemnum maculosum</i> (M. Edw.)	1	1	C				
<i>Didemnum</i> sp.		2	1	1			
<i>Polysyncraton lacazei</i> Giard		1				1	
<i>Aplidium</i> sp.			1	1			
<i>Amaroucium</i> sp.			1				
<i>Clavelina nana</i> Lahille	1						
<i>Clavelina lepadiformis</i> Müller				2	1		

### ÉTUDE DE LA FLORE

Au cours de dragages sur Saint-Laurent, Torreilles et Saint-Nazaire, nous avons trouvé *Cystoseira spinosa* et *C. opuntioides* qui sont de loin les espèces dominantes de ces fonds. Nous savons d'après J. FELDMANN que les conditions qui règnent à 30-35 m (profondeur à laquelle se situent ces fonds) sont homogènes dans l'ensemble : la flore l'est aussi et l'on ne rencontre que deux associations algales : l'une caractéristique des fonds de roches vives (Association à *C. spinosa*), l'autre à *Pseudolithophyllum expansum* « sur le pourtour des fonds rocheux à une profondeur plus grande et constituant les fonds coralligènes de PRUVOT ». Nous avons surtout constaté à maintes reprises la première de ces deux associations.

*C. opuntioides* et *spinosa* sont bien visibles en été. Pendant l'hiver, ces 2 espèces « perdent entièrement leurs rameaux et sont réduites à l'état de tiges trunciformes présentant de gros tophules, couverts d'épiphytes » (FELDMANN, 1937). Nous les avons observées sous forme de stipes droits envahis d'algues rouges, de Gorgones, de Bryozoaires encroûtants et d'Hydrides donnant un aspect particulier aux fonds. La base adhère fortement au rocher; elle est le plus souvent recouverte d'Algues calcaires, elle abrite des Spongiaires et de petits *Pilumnus hirtellus*.

Les stipes sont hauts (10 à 15 cm). *Cystoseira spinosa* est une espèce qui vit très longtemps : J. FELDMANN attribue l'âge de 10 ans aux individus atteignant cette hauteur.

Nous devons noter que les *Cystoseira spinosa* dominent nettement les *C. opuntioides*.

Au printemps, les frondes apparaissent très abondantes et denses. Nous verrons plus loin que cette végétation accrue dès le mois de mars qui s'étend sur une surface importante, entraîne une légère variation saisonnière dans le peuplement animal de cette région.

Le peuplement algal est relativement abondant par rapport à ce qu'il est dans le coralligène de Banyuls : les individus y ont des tailles plus importantes; ceci vient sûrement du fait que jusqu'à présent peu de dragages ont été effectués dans la région.

Les Algues calcaires par contre sont plus faiblement représentées qu'à Banyuls. Elles sont surtout abondantes là où le concrétionnement est peu développé. A Saint-Laurent et Torreilles, les *Rhodymenia*, *Phyllophora*, *Dictyota* et *Cystoseira*, recouvrant les algues calcaires, apparaissent en pionnières dans l'établissement du coralligène.

Luminosité faible, peuplement algal développé, font que les animaux sont surtout de type sciaphile. Tous les groupes zoologiques y sont représentés. Nous allons les étudier.

## ÉTUDE DE LA MACROFAUNE

La macrofaune des Invertébrés atteste une grande richesse dans toute cette région. Nous avons pu déterminer environ 300 espèces.

### A) LA FAUNE DES SPONGIAIRES

C'est la faune la plus caractéristique de cette zone, aussi en envisageons-nous une étude un peu plus détaillée.

Jusqu'à maintenant cette région était inconnue des Spongiologues. E. TOPSENT qui a travaillé longtemps au Laboratoire Arago faisait ses meilleures récoltes sur le coralligène soit à Oullestreil, soit au Cap l'Abeille. Mais ces deux endroits ne sont pas aussi riches qualitativement et surtout quantitativement que la zone des roches côtières.

*Geodia cydonium* (Jameson) : elle est récoltée en quantité très importante sur les Roches Saint-Laurent et Torreilles; c'est par pleines dragues que l'on ramène cette espèce. Les échantillons de *Geodia* de 15 à 20 cm de diamètre, de 10 cm de hauteur ne sont pas rares : nous avons trouvé un spécimen mesurant 45 à 50 cm de diamètre et pesant

plus de 6 kilogrammes, alors que, sur le coralligène de l'Abeille, les *Geodia* sont en général des exemplaires assez petits.

L'éponge se fixe par une large base sur un support rocheux généralement plan.

*Stelletta dorsigera* (Schmidt) : cette espèce est également très abondante et vit sur les mêmes fonds que la précédente. Elle a une couleur gris foncé et présente un mésenchyme extrêmement dense. De forme globuleuse, elle a un ectosome bien développé, très dur, formant une écorce fibreuse, contenant des spicules nombreux.

Les spécimens peuvent également atteindre des tailles énormes. Ils sont fixés sur le substratum par une base moins large que celle des *Geodia*.

*Stryphnus mucronatus* (O. Schmidt) Sollas : est souvent récoltée dans le faciès coralligène. Elle ne présente aucune différence de taille et de coloration avec celles que l'on trouve communément dans le coralligène d'Oullestreil.

*Chondrosia reniformis* Nardo : Cette belle éponge lisse et marbrée recouvre très souvent les rochers. Elle est beaucoup plus abondante que dans le coralligène de l'Abeille; les spécimens sont d'ailleurs d'une taille bien supérieure.

*Cliona viridis* (O. Schmidt) Gray : C'est une éponge perforante bien connue dont « la présence sur un substrat indique que celui-ci est calcaire » (J. PÉRÈS et J. PICARD, 1954). Elle a une action véritablement dévastatrice; elle se présente sous sa forme massive, montrant des amas globuleux à la chair franchement jaune, parsemés de papilles portant un oscule à leur sommet.

*Cliona celata* (Grant) : les très nombreuses coquilles récoltées sont presque toutes perforées assez régulièrement. Ces perforations sont dues à l'action de l'éponge *Cliona celata*. Longtemps classée entre Alcyons et Spongiaires, NARDO, en 1839, révéla son appartenance à la famille des Eponges perforantes. Le mode de perforation est inconnu, mais l'activité est très puissante et, grâce à son action, une forte quantité de carbonate de chaux est rendue à la mer.

*C. viridis* et *C. celata* sont caractéristiques de l'étage circalittoral.

*Tethya lyncurium* (Lamarck) : cette espèce se trouve en abondance à la surface des blocs parmi les autres éponges. A partir du mois de mars, on voit apparaître les sorites sur les échantillons.

Elle est en général rare dans le coralligène. Quelques exemplaires vivent dans la zone du sable côtier et de la vase côtière, fixés sur un substrat qui peut être un caillou roulé ou une valve de Lamellibranche. Jamais on ne la rencontre en telle abondance, à tel point qu'il faut quelquefois 2 ou 3 traits de chaluts pour recueillir, dans les meilleures conditions, 10 à 15 spécimens. Sur les roches où nous avons travaillé, il n'est pas rare d'en ramener le même nombre à chaque dragage. L'espèce doit donc particulièrement s'accommoder des conditions qu'elle trouve dans ce milieu.

*Suberites carnosus* (Johnston) Gray : cette belle éponge jaune, pyriforme et pédonculée, vit sur les *Geodia* et *Stellata* ainsi que sur les coquilles de *Turritella*. Elle est commune sur ces fonds alors qu'elle est assez rare dans la région de Banyuls.

Les exemplaires sont de belle taille (5 à 6 cm de hauteur). A une occasion, nous avons trouvé deux spécimens, le deuxième étant fixé sur le premier par toute la longueur du pédoncule.

Nous avons aussi trouvé la variété *incrustans* sur les *Stellata* : cette espèce encroûtante envoie des ramifications dressées.

*Terpios fugax* Duchassaing et Michelotti : E. TOPSENT (1900) décrit 4 variétés de cette espèce selon la nature de leurs thallophytes parasites. Nous trouvons communément la variété *sulfurea* jaune ocre sans parasite; elle est molle et encroûtante; on ne distingue pas d'orifice à sa surface.

Elle revêt les *Hircinia*, *Geodia* et *Stellata*, les blocs de coralligène et les stipes de *Cystoseires*.

*Tuberella aaptos* (O. Schmidt) Topsent : extérieurement cette éponge est sphérique, ressemblant à première vue à une *Tethya lyncurium*. Mais en coupe, on ne retrouve pas la structure régulière de celle-ci.

Elle est extrêmement abondante dans le coralligène des roches Torrellies où les échantillons atteignent communément 4 à 6 cm de diamètre.

*Mycale massa* (O. Schmidt) : se trouve fixée sur les *Geodia* et *Stellata* où elle est très fréquente. Sa couleur est brune.

*Clathrya coralloides* (Olivi) Schmidt : elle a une belle forme buissonnante, rouge, et est trouvée exclusivement dans le coralligène.

*Axinella* : ce genre est représenté par les 3 espèces :

*Axinella damicornis* (Esper) O. Schmidt : cette petite forme rameuse caractéristique est très bien représentée. Elle vit fixée sur les rochers où elle semble bien plus abondante que sur les faciès similaires de la région de Banyuls.

*Axinella verrucosa* (O. Schmidt) : que l'on rencontre accidentellement, se trouve ici en grande quantité.

*Axinella polypoides* (O. Schmidt) : nous avons dragué de très beaux échantillons de cette éponge sur les dalles de Saint-Cyprien. Parmi les spécimens comprenant de nombreux rameaux, nous avons remarqué que lorsque deux rameaux se croisent et qu'ils sont en contact l'un avec l'autre, ils arrivent à s'anastomoser complètement. Nous avons pu constater tous les termes de l'anastomose jusqu'à l'anastomose complète suivant les axes. Cette éponge est par ailleurs commune dans toute la Méditerranée occidentale.

*Adocia simulans* (Johnston) : cette espèce est très abondante sur la majorité des fonds étudiés.

*Hircinia variabilis* (O. Schmidt) : c'est une espèce très commune formant des masses compactes, de couleur brune ou vineuse. Elle abrite à l'intérieur de façon régulière un cirripède, *Acasta spongites*.

*Petrosia dura* (Nardo) Vosmaer : elle n'est présente que dans les fonds de gravier coralligène.

*Anchinoe lacazei* Topsent : c'est une des éponges qui participe à la formation des manchons autour des cystoseires, avec *Crella elegans* (O. Schmidt) Gray.

En conclusion, nous notons la très grande densité des Spongiaires vivant sur ces faciès rocheux et qui semblent les caractériser. Une telle densité, n'a, à notre connaissance, été signalée nulle part dans la Méditerranée occidentale.

Ces espèces trouvent ici un milieu éminemment convenable; sans doute les courants sont-ils assez vifs, sans quoi il y aurait un ensablement dû à la quantité de minéraux apportés par les rivières en crue. Il faut aussi noter l'importance du substrat : en effet nous avons remarqué que les *Geodia* et *Stelletta* se trouvent toujours sur des dalles à peu près horizontales. La majorité des autres Spongiaires viennent se fixer par la suite sur ceux déjà installés ou dans les espaces laissés libres sur le substrat lui-même.

Nous avons pu remarquer aussi le très grand polymorphisme des espèces de ce groupe. Encroûtantes, *Anchinoe lacazei*, *Crella mollior* et *Crella elegans* habillent les algues, le rocher ou d'autres Spongiaires. Dressées, *Axinella polypoides*, *Spongelia elegans* atteignent des tailles gigantesques. Creusées en forme de coupes ou de cavités, *Calyx nicaeensis*, *Stelletta dorsigera* servent de support à la végétation et à la faune.

## B) ENDOFAUNE DES SPONGIAIRES

Les éponges sont tellement nombreuses et si caractéristiques de ces faciès qu'il nous a semblé intéressant de considérer la faune qu'elles abritent.

Celle-ci est surtout constituée par des Annélides Polychètes.

*Palola siciliensis* est recueilli en grande abondance dans les *Geodia* et les Cliones. Cette forme se retrouve aussi dans les anfractuosités des rochers. Elle atteint une longueur impressionnante, sillonne entièrement tous les tissus du Spongiaire sans cependant être en contact direct avec lui, car elle sécrète un tube muqueux à l'intérieur duquel elle vit. *Ceratonereis hircinicola* et *Syllis spongicola* vivent à l'intérieur des principales espèces que nous avons mentionnées. Ces deux annélides ne semblent donc pas inféodées à une espèce particulière. Il semble qu'elles cherchent un abri sûr à l'intérieur des Spongiaires tout en profitant du courant d'eau de mer qui les traverse.

Nous avons trouvé une association très intéressante et non encore signalée entre *Amphitrite variabilis* et *Lepidasthenia ele-*

gans, vivant soit dans les *Geodia* et les Cliones, soit dans les fentes de la roche.

Différents auteurs ont décrit de nombreux cas de commensalisme dans la classe des Polychètes, bien qu'on ignore la nature exacte des rapports entre les associés. Ainsi DAVENPORT (1953) a décrit une association entre *Amphitrite edwardsi* et *Lepidasthenia argus*. Il nous a été assez facile d'extraire le tube dans lequel vivent *Amphitrite variabilis* et *Lepidasthenia elegans* des tissus de l'éponge. Il est très allongé, parcheminé et semble constitué de plusieurs couches de mucus lui donnant une épaisseur relativement importante. Il est fabriqué par l'Amphitrite. Il ne renferme que très peu de particules de vase fine, contrairement à ce qui se passe chez les *Sabellidae*.

A l'intérieur de ce tube, se trouve de la vase ainsi que des débris de spicules. Il est vraisemblable que ces derniers tombent dans le tube au fur et à mesure de la croissance de l'Eponge et de l'allongement du tube.

Nous n'avons pas pu faire d'observations suivies sur le comportement des deux annélides. Mais il est fort probable que nous avons là une association commensale, semblable à celle étudiée par DAVENPORT sur *Lepidasthenia argus* et *Amphitrite edwardsi*.

Le fait que ces deux espèces se trouvent assez fréquemment chez les *Geodia*, les Cliones et non uniquement dans les anfractuosités du rocher doit être dû à ce qu'elles trouvent un support vivant plus facilement pénétrable. Il resterait à savoir dans une étude plus poussée si elles se nourrissent ou non de l'éponge elle-même.

Dans le cas présent, aucune des deux espèces n'a subi d'altérations. D'autre part, dans la région étudiée, elles ne se rencontrent jamais à l'état libre, l'une ou l'autre ou associées avec un partenaire différent. Cette association semble hautement spécifique.

Nous avons essayé de nous rendre compte si les *Geodia* qui sont les plus abondantes abritent des petites formes. Pour cela, des blocs de *Geodia* sont débités en petits cubes placés dans l'eau de mer un certain temps. On filtre ensuite l'eau dans laquelle la *Geodia* a baigné, à travers une toile à mailles très fines.

La microfaune s'est montrée très pauvre tant en espèces qu'en individus. Nous avons ainsi trouvé *Xenosyllis scabra*, *Eurysyllis tuberculata* et des *Polydora*, *P. ciliata* et *P. giardi*. *Polydora ciliata* est d'ailleurs signalé par BELLAN (1960) à l'intérieur des Halichondrines.

A. BERTOUX et Y. SAUDRAY (1962) notent une faune de Sylliidiens très riche dans les *Spongelia fragilis* des environs de Luc-sur-Mer.

Nos investigations sur cette même espèce, vivant sur le faciès rocheux de la côte plate du Roussillon, furent négatives. *Physcosoma granulatum* pullule dans les *Stelleta* et les *Geodia*. C'est du

reste la seule espèce animale que l'on rencontre à l'intérieur de *Stelleta*.

Les Amphipodes et les Copépodes sont très nombreux, mais n'ont pas été déterminés.

Nous avons déjà signalé *Acasta spongites*, abrité de façon régulière dans *Hircinia variabilis*.

De petits *Pilumnus hirtellus* vivent aussi bien dans les galeries situées à la base du Spongiaire que dans les rochers.

Nous voulons noter en conclusion que les espèces de Spongiaires qui abritent des formes vivantes sont assez limitées : ceci est dû en majeure partie à la texture même. Il est évident qu'une espèce donnée aura beaucoup plus de difficultés à pénétrer dans *Tuberella aptos* aux tissus très compacts que dans une *Geodia* ou une *Cliona*.

### C) EPIFAUNE DES SPONGIAIRES

L'épifaune est beaucoup plus diversifiée que l'endofaune. Sur les *Geodia*, nous avons noté surtout des Algues calcaires (*Pseudolithophyllum incrustans*, *Peyssonnelia rubra*, etc...), des Ascidies (*Distomus variolosus*, *Polysyncraton lacazei*), d'autres Spongiaires (*Suberites carnosus* sous sa forme encroûtante, *Hymeniacion caruncula* en grande abondance, *Myxilla rosacea*, *Reniera* sp., *Reniera loculosa*, *Adocia simulans*). Nous avons remarqué de très nombreux *Ophiotrix fragilis*, jeunes, de 1 cm de diamètre. A. GUILLE (1963) signalait en effet de tels supports pour les formes jeunes de cette espèce.

Les *Stellata* sont recouvertes par les mêmes espèces. Mais la surface est tapissée par les *Rhodymenia ardissoni* qui forment une couronne autour de la dépression centrale. Les Hydraires sont également abondants, ainsi que les Bryozoaires encroûtants.

La surface apparente des *Cliona viridis* est le plus souvent nue ; mais en regardant attentivement entre les oscules volumineux, on observe des colonies de *Perophoropsis* qui se développent. Souvent quelques Aphroditiens appartenant aux genres *Harmothoe* (*H. spinifera*), *Lepidonotus*, se confondent avec l'écorce gris jaunâtre de cette éponge.

L'endofaune et l'épifaune des Spongiaires est peu différente de celle de la roche avoisinante. Nous pensons que les Spongiaires servent de support à toutes ces espèces, au même titre que les rochers.

#### D) LES BRYOZOAIRES

Les espèces de Bryozoaires sont très variées, et l'abondance de chacune est grande. Aussi avons-nous pensé qu'il serait intéressant d'insister quelque peu sur ce groupe.

*Scrupocellaria scrupea* Busk : les colonies dressées forment des touffes fragiles sur les rochers et à la base des Cystoseires. Cette espèce est une des plus fréquentes de ce faciès coralligène. Elle est abondante dans les anfractuosités du rocher, sur les Algues calcaires, dans les méandres des *Geodia* et toujours dans des endroits ombragés. Nous l'avons trouvée comme l'écrit Y. GAUTIER (1963) sur « les algues calcaires, foliacées, les fonds précoraligènes et coralligènes, les éponges et les souches de *Posidonias* ».

*Beania mirabilis* (Johnston) : cette espèce est rare sur ces fonds côtiers. Elle se mêle aux Bryozoaires tels que *Mimosella gracilis*, *Scrupocellaria* et *Cellaria*, aux Hydriaires (*Sertularella polyzonias*), autour des Cystoseires.

*Hippodiplosia foliacea* (Ellis et Sollander) : sur ces fonds rocheux, cette espèce très abondante atteint des tailles importantes.

*Escharella variolosa* (Johnston) : elle est souvent rencontrée sur les frondes de *Rhodymenia ardissoni* et sur les galets.

*Schismopora armata* (Hincks) : elle est abondante à la base des Cystoseires où elle forme une partie importante du concrétionnement animal autour du stipe de cette algue.

Dans le détritique, elle est également fréquente sur les coquilles de *Turritella*.

*Sch. avicularis* (Hincks) : la colonie épaisse forme un manchon autour des *Eunicella stricta*. Y. GAUTIER (1959) écrit que cette espèce de Bryozoaires semble « liée à l'abondance des *E. stricta* ». C'est ce que nous avons constaté.

*Myriapora truncata* (Pallas) est une des meilleures caractéristiques du coralligène. Il n'est pas rare de la trouver à l'état vivant recouverte presque entièrement par une Ascidie coloniale de la famille des *Didemnidae*.

*Amathia pruvoti* : l'espèce vit fixée sur les microcosmes, les stipes de Cystoseires, les rochers. Elle se rencontre aussi bien sur les fonds rocheux coralligènes que sur des fonds vaseux à microcosmes.

*Mimosella gracilis* Hincks : elle est très rare en hiver. Dès le mois de mars, on la trouve en abondance dans les zones ombragées, notamment sous les frondes de Cystoseires.

Le peuplement de Bryozoaires est, avec les Spongiaires, celui qui offre le plus d'originalité.

Il est intéressant de noter, à propos de ce groupe, la grande variété qui existe dans le mode de fixation. Nous trouvons des

espèces sur presque tous les substrats durs, sans préférence quant à la nature chimique de celui-ci.

Nous allons citer quelques espèces pour lesquelles, nous a-t-il semblé, le support est strictement déterminé : elles sont du reste peu nombreuses.

*Aetea sica*, *Escharella variolosa* sont surtout abondantes sur les supports végétaux.

*Beania magellanica*, *Schismopora armata* se rencontrent sur les Algues calcaires, les Spongiaires et les Mollusques, c'est-à-dire un support soit végétal soit animal.

*Schismopora avicularis* se fixe comme nous l'avons vu sur les *Eunicella stricta* souvent même quand le substrat est mort; les colonies continuent à se développer autour de l'axe sclérotéique de la gorgone.

*Myriapora truncata*, *Porella cervicornis* semblent préférer dans le faciès coralligène un support de nature calcaire.

## CARACTÉRISTIQUE BIONOMIQUE DE CHAQUE PLATEAU

### A) SITUATION DES PRINCIPALES FORMATIONS ÉTUDIÉES

Ces formations s'étagent de 25 à 38-40 m. La surface la plus vaste de tout cet ensemble est offerte par la roche Torreilles; elle recouvre 2 km<sup>2</sup>, c'est aussi la plus accidentée. La Roche Saint-Laurent (1,3 km<sup>2</sup>) est la plus étendue vers le Nord. Elle est subhorizontale. La pente, très douce du côté terre, est plus abrupte vers le large. Quelques violentes aspérités marquent cependant sa surface.

La Roche Saint-Nazaire est située entre les embouchures du Tech et de la Têt, au large de l'étang de Canet, un peu au Nord du Crau de Canet. Sa superficie est beaucoup plus réduite que celles des deux roches précédentes (1 km<sup>2</sup> environ). En réalité, il existe deux surfaces rocheuses séparées par un étroit couloir. La profondeur réelle de ce plateau 25 à 30 m est plus importante que celle indiquée sur la carte N° 2358 (G) du Cap Leucate au Cap Creus. Ce fond fait une faible saillie au-dessus des sédiments environnants.

La Roche Saint-Cyprien se situe un peu au Nord de l'embouchure du Tech, la profondeur varie de 23 à 25 m. Cette surface est presque plate. Sa superficie est très réduite (250 000 m<sup>2</sup>).

Au cours des dragages, nous avons recueilli le substratum de ces formations; il est constitué par les dalles gréseuses et les conglomérats dont l'étude a été relatée plus haut. Il est recouvert par un concrétionnement de type coralligène, très bien développé à Saint-Laurent, Torreilles et Saint-Nazaire. A Saint-Cyprien, le peuplement se fixe directement sur la surface rocheuse.

D'après la liste faunistique, nous remarquons que les Roches Torreilles et Saint-Laurent sont très peuplées : nous y retrouvons presque toutes les espèces déterminées. La Roche Saint-Cyprien est extrêmement pauvre, en comparaison. Nous allons étudier tout d'abord les deux premières formations qui ont une physionomie à peu près semblable.

## B) ÉTUDE DES ROCHES TORREILLES ET SAINT-LAURENT

Nous avons établi la liste faunistique de façon à faire ressortir nettement l'opposition de faciès qui existe entre l'Ouest et l'Est de ces formations. Cette opposition est déjà visible d'après l'aspect du contenu des dragues.

Au plein centre et à l'Est de ces roches, nous trouvons le concrétionnement coralligène. Cette formation, dans le cas considéré, se développe sur un substrat rocheux qui est représenté par les dalles de grès ancien. C'est ce que l'on peut appeler d'après J.M. PÉRÈS et J. PICARD (1958, 1961) un coralligène « de plateau » considérant l'éloignement de ces roches de la côte.

La luminosité dans cette région constamment ensoleillée est importante. Mais les nombreuses particules mises en suspension par les courants forment un écran à la pénétration de la lumière dans les premières couches d'eau du plateau continental. L'eau est renouvelée, la salinité est importante et la température varie de 11° à 14 °C. Nous trouvons donc sur ces fonds des conditions optima pour le coralligène, du moins d'après les conclusions de J.M. PÉRÈS et J. PICARD (1951).

Les espèces les plus fréquentes sont des espèces typiques du coralligène.

*Lepidasthenia elegans*, *Amphitrite variabilis*, *Palola siciliensis*, *Ceratonereis hircinicola*, *Eunice torquata*, *Eunice harassii*, *Serpula vermicularis*, *Salmacina dysteri*, *Physcosoma granulatum*, sont des espèces préférantes (BELLAN, 1959). Elles sont abondantes dans les concrétionnements calcaires ainsi que dans les rochers sous-jacents ou les *Stelletta* et *Geodia*.

*Xenosyllis scabra*, *Eunice tuberculata*, récoltées dans la micro-faune des rochers de Saint-Laurent et de Torreilles, ainsi que dans les Spongiaires, sont typiques de ce milieu (L. LAUBIER, *Comm.*).

*Amathia pruvoti*, *Beania magellanica*, *Scrupocellaria scrupea*, *Scrupocellaria reptans*, *Cellaria fistulosa*, *Hippodiplosia foliacea*, *Schizoporella auriculata*, *Crisia denticulata*, sont les espèces les plus fréquentes; elles sont préférantes du coralligène tandis que *Schismopora avicularis*, *Retepora* sp., *Myriopora truncata*, *Fron dipora reticulata*, aussi abondantes, sont exclusives de ce faciès.

*Sphaerechinus granularis*, *Echinaster sepositus*, *Holothuria tubulosa*, *Ophiopsila aranea*.

*Alcyonium palmatum*, *Viguieriotis edwardsi*, *Paralcyonium elegans*, *Eunicella stricta*, *Leptogorgia sarmentosa*.

*Arca barbata*, *Trochus zzyphinus*, *Pteria hirundo*, *Anomia ephippium*, *Chiton olivaceus*, *Fissurella graeca*, *Calyptrea sinensis*, *Corallophaga lithophagella*.

Ce sont également des espèces préférantes.

Sur ces fonds, nous avons déjà signalé une faune très riche de Spongiaires, qui semble typique de ce milieu. Nous avons étudié en détail les espèces récoltées le plus souvent. Parmi celles-ci, *Geodia cydonium* et *Stelletta dorsigera* entraînent avec elles toute la faune vue précédemment. Mais si ces espèces sont très abondantes sur la partie Est des roches, il n'est cependant guère possible qu'elles caractérisent un fond à elles seules, ou par la faune qui leur est associée. Nous avons du reste constaté que celle-ci est tout à fait semblable à la faune qui peuple les roches et les concrétionnements coralligènes. Suivant en cela R. MOLINIER et J. PICARD (1953), nous pensons que l'association à *G. cydonium* doit être incluse dans les formations où l'on rencontre normalement cette éponge, c'est-à-dire dans les formations coralligènes.

C. LÉVY (1958) considère que les Spongiaires sont des indicateurs d'eaux dessalées. Bien que les quelques résultats d'hydrologie obtenus montrent que la salinité varie fortement en surface, alors qu'elle ne varie que de 36 à 38,6 ‰ sur les fonds à *Geodia*, il ne fait pratiquement aucun doute que, lors des crues subites des torrents côtiers (Agly, Têt), les fonds doivent, au moins un certain temps, subir une légère dessalure due à l'apport massif d'eau saumâtre. Cependant, il ne nous a pas été possible de vérifier cette hypothèse, la région côtière n'étant pas accessible lors de ces fortes crues d'hiver ou de printemps. En dehors de ces périodes, cette région est soumise à un courant Nord-Sud souvent assez fort et il nous est difficile de nous ranger à l'avis de D. BELLAN-SANTINI (1962) qui pense que « les Spongiaires seraient abondants là où l'hydrodynamisme est faible ». Cette remarque est peut-être valable pour certaines espèces; mais, dans le cas présent, toutes les observations que nous avons faites semblent montrer que l'hydrodynamisme

misme plutôt fort ne contrarie ni la fixation ni le développement des Spongiaires dans cette zone.

Nous pouvons remarquer, comme l'écrit J. PÉRÈS (1953), que « la biocénose coralligène a fort peu d'espèces exclusives. Les éléments sont noyés au sein d'une masse considérable d'éléments issus de biotopes voisins ». Nous avons ainsi récolté en abondance des espèces qui n'ont aucune signification bionomique, telles que de nombreux Hydraires (*Sertularella polyzonias*, *Kirchenpaueria echinata*), des Annélides quelques Bryozoaires Cyclostomes, des Mollusques.

Certaines espèces proviennent des sédiments environnants la roche, soit de la vase, soit du détritique côtier.

Parmi les espèces récoltées, nous voulons rapidement signaler deux catégories : les unes responsables du concrétionnement, les autres perforatrices de la roche ou vivant à l'intérieur de celle-ci.

Appartenant à la première catégorie, nous pouvons citer :

les Algues calcaires encroûtantes : *Lithophyllum expansum*, *Neogoniolithum mamillosum*, *Peyssonnelia polymorpha*, et les stipes de Cystoseires;

les tubes d'Annélides sédentaires avec les Serpulidae, *Pomatoceros triqueter*, et *Serpula vermicularis*;

les Vermets, toutefois moins nombreux que dans le coralligène de Banyuls-sur-Mer;

les Bryozoaires encroûtants tels que *Schismopora avicularis* sur les Gorgones, *Schismopora auriculata*, *Retepora* sp., *Lepralia foliacea*;

les Spongiaires avec *Mycale massa*, *Anchinoe lacazei*, *Crella molior*, *Spongelia elegans*, *Hymeniacidon caruncula*, *Terpios fugax*;

les Ascidies : *Amaroucium* sp., quelques Botrylles, *Distomus variolosus*, *Aplidium* sp.

Les organismes perforants ou habitant les anfractuosités des blocs sont les suivants :

Parmi les Annélides nous avons déterminé : *Polydora ciliata*, *Amphitrite variabilis*, *Palola siciliensis*.

Pour les Spongiaires nous trouvons en très grande quantité *Cliona viridis* et *C. celata*.

Des Mollusques perforants, tels que *Lithodomus lithophagus*, *Coralliophaga lithophagella*.

Dans les anfractuosités de la masse concrétionnée et de la roche, sous les thalles d'algues calcaires soulevés, vont s'installer les Hydraires, les Bryozoaires et tous les animaux de la biocénose coralligène sciaphile. Nous y trouvons également quelques *Ophiop-*

*sila aranea* en moins grand nombre toutefois qu'à Oullestreil : elles sont signalées dans les dragages les plus profonds où les blocs de coralligène sont les plus développés, et sous les Spongiaires les plus volumineux.

En allant vers l'Ouest des roches Saint-Laurent et Torrellas, puis de Saint-Laurent et Torrellas vers le plateau de Saint-Nazaire, c'est-à-dire dès que la profondeur décroît, le concrétionnement est de moins en moins important. Près de la côte, la luminosité est plus forte, les courants se font beaucoup mieux sentir. Ce sont peut-être les facteurs qui influent sur l'appauvrissement du coralligène.

Les variations saisonnières sont pour ainsi dire inexistantes, sauf sur les fonds recouverts par les *Cystoseira*. Dans leurs frondes apparues dès le mois de mars, vivent des Syllidiens (*Syllis gracilis*, *Syllis prolifera*, *Syllis variegata*), *Ceratonereis costae*, *Lysidice ninnetta*, *Platynereis dumerelii*, *Amphiglena mediterranea*, *Dasychone luculluna* : ce sont des espèces photophiles, abondantes au moment où la végétation algale est le plus développée (J. BELLAN, 1959).

D'autres Annélides Polychètes (*Eunicidae* et leurs formes épigames) typiques du peuplement algal sciaphile sont également nombreuses en été.

Ces quelques variations portent surtout sur les Annélides Polychètes. D'autre part, nous devons dire que ce sont les seules variations saisonnières observées. Elles se manifestent de deux façons : soit par un accroissement de fréquence d'espèces déjà en place, soit par une apparition de certaines espèces jamais signalées jusqu'alors.

Quant aux Mollusques, nous les trouvons rassemblés presque tous du côté Ouest de ces deux formations. Les dragages effectués sur ces stations ont révélé un fond constitué de débris de coquilles, de galets de différentes grosseurs et de Bryozoaires (*Myriopora truncata*, *Retepora* sp., *Hippodiplosia foliacea*). Nous constatons avec J.M. PÉRÈS (1953) que ces animaux constituent un « détritique côtier développé à côté du coralligène et formé en grande partie par les espèces de ce coralligène, arrachées et mortes, formant une sorte de sédiment grossier ».

Ces espèces de Mollusques sont trouvées sous forme de coquilles, le plus souvent roulées, perforées par les Cliones. Parfois elles sont dans un état d'usure qui les rend non identifiables. Les espèces suivantes sont les plus fréquentes : *Venus verrucosa*, *Murex brandaris*, *Calyptrea sinensis*, *Pecten clavatus*, *Pecten multistriatus*, *Pecten jacobus*, *Pecten opercularis*, *Pecten varius*, *Cardium oblongum*, *Dosinia exoleta*, *Venus ovata*, *Venus gallina*, *Tapes aureus*, *Tellina tenuis*, *Arca diluvii*, *Pectunculus* sp., *Cardium aculeatum*,

*Dentalium vulgare*, *Cerithium vulgatum*, *Aporrhais pespellicani*, *Euthrya cornea*.

Elles appartiennent au détritique côtier, surtout les trois dernières qui en sont, d'après J.M. PÉRÈS et J. PICARD (1955), les meilleures caractéristiques.

Elles abritent une importante faune de pagures, de Bryozoaires encroûtants (*Microporella ciliata*, *Microporella malusii*, *Schizoporella*, etc.) et d'Annélides Polychètes telles que *Harmothoe spinifera*, *Haplosyllis spongicola*, *Hermione hystrix*, *Glycera tessellata*. Cette dernière espèce trouvée à Saint-Nazaire serait une exclusive de ce faciès.

Les stations dans lesquelles nous retrouvons ces espèces attestent une pauvreté particulière quant aux autres groupes, Annélides, Bryozoaires, Spongiaires, tous florissants plus à l'Est.

Ce faciès détritique est très bien développé entre Torreilles et Saint-Laurent, où il recouvre tout le passage sur une largeur de 1/4 de mille.

#### C) ETUDE DU BANC DE SAINT-CYPRIEN.

C'est une surface presque plate; elle est relativement peu peuplée. Sa bionomie diffère tout à fait des deux précédentes. Le concrétionnement coralligène n'existe pas. Les dalles sont recouvertes directement par des espèces appartenant au précoraligène et le plus souvent au coralligène. Mais ce peuplement est peu dense. Les Spongiaires sont absents. La plupart des espèces se fixent facilement sur le rocher, telles que Hydraires, Bryozoaires, Algues calcaires et Gorgones. Ces dalles présentent de très belles colonies de *Leptogorgia sarmentosa*.

Pourtant les conditions de température et de salinité y subissent les mêmes variations, les courants sont aussi sensibles qu'ailleurs; seule la profondeur est moins importante.

Du point de vue qualitatif, les espèces sont les mêmes, mais beaucoup moins nombreuses qu'à Saint-Laurent et Torreilles.

Le courant venant du Tech serait trop puissant pour permettre l'établissement des Algues calcaires et des autres espèces qui participent au concrétionnement.

Nous retrouvons, tout le long de la Roche Saint-Cyprien, les mêmes accumulations de coquilles du côté ouest du plateau. Nous ne les reprendrons pas en détail; ce sont les mêmes qu'à Torreilles et Saint-Laurent.

D) LE PLATEAU DE SAINT-NAZAIRE.

Cette formation est recouverte par un concrétionnement coralligène semblable à celui des roches Saint-Laurent et Torrelles. Cependant celui-ci est moins épais : les espèces sont moins nombreuses et moins variées, notamment les Spongiaires : on ne retrouve pas les accumulations de *Geodia* et de *Stelleta*.

On observe la même dissymétrie que nous avons constatée pour tous les autres fonds, entre le côté « terre » et le côté « du large ».

E) ESPÈCES AYANT UNE SIGNIFICATION BIONOMIQUE PARTICULIÈRE.

Quelques espèces ont une signification bionomique particulière, délimitant les conditions strictes dans lesquelles doit vivre un individu. Nous en avons noté quatre catégories :

1°) *Espèces de courant de fond.*

*Venus casina* est en principe abondante dans les zones où des courants de fond se font sentir. Elle est recueillie aux roches Saint-Laurent et Saint-Cyprien, dans des stations situées aux débouchés de l'Agly et du Tech.

*Spatangus purpureus* est abondant à la roche de Saint-Cyprien.

*Pectunculus glycimeris*, *Dosinia exoleta*, d'après M. PAULUS (1951) auraient la même signification. On les trouve au niveau de la roche Saint-Cyprien, où le courant créé par l'estuaire du Tech est assez sensible.

2°) *Espèces d'estuaires (Ostrea edulis, Cardium edule).*

Ce sont des espèces qui sont très abondantes sous forme de coquilles aux roches Saint-Cyprien et Saint-Laurent. Elles ne sont pas retrouvées vivantes dans cette région. Ce sont des formes très tolérantes vis-à-vis de la salinité (P. MARS, 1950) et significatives de zones d'estuaires; ces coquilles sont roulées et usées; elles devaient peut-être peupler ces fonds lorsque des conditions favorables à leur implantation étaient réalisées à cet endroit, c'est-à-dire lorsqu'un fleuve débouchait à ce niveau.

### 3°) *Espèces de formations littorales.*

On peut, avec P. MARS (1962), et M. PAULUS (1951), considérer une autre catégorie d'espèces qui sont caractéristiques des conglomérats et des cordons littoraux. Ce sont *Pectunculus pilosus*, *Pectunculus violascens*, *Pecten jacobeus*, *Cardium tuberculatum*, *Venus verrucosa*, *Venus fascialis*, *Chlamys glabra*, *Meretrix chione*, *Nassa reticulata*, *Cerithium vulgatum*, *Anomia ephippium*. Certaines espèces ne font même plus partie de la faune actuelle de cette région, notamment *Chlamys glabra*, *Ostrea edulis* et *Pectunculus*. *Pectunculus* vivant se retrouve dans les anciens deltas du Rhône (M. PAULUS, 1942). *Ostrea edulis* forme des bancs aux roches Saint-Cyprien et Saint-Nazaire.

Ces espèces littorales sont récoltées usées et roulées, concrétionnées, dans les stations les plus proches de la côte, du côté « terre » de chaque formation, en telle abondance qu'elles forment de véritables gisements.

### F) CONCLUSION DE CETTE PARTIE FAUNISTIQUE.

D'un point de vue qualitatif, peu de variations spectaculaires se manifestent sur ces quatre formations, où l'on retrouve presque partout la même liste faunistique.

Cependant du point de vue quantitatif, des différences très nettes apparaissent; la roche Saint-Cyprien s'oppose aux roches Torreilles et Saint-Laurent; son peuplement est très faible, et est représenté par des espèces préférantes du faciès coralligène.

Les roches Saint-Laurent et Torreilles montrent une grande exubérance de la faune et de la flore; un caractère particulier de ces fonds est la présence d'une densité de *Geodia* et de *Stelletta* très importante. Le concrétionnement coralligène, très bien développé, est un des facteurs qui contribue à la variété de la faune.

Au cours de l'année le peuplement évolue peu; il semble suivre les variations de la flore; car nous notons une augmentation des espèces typiques de peuplement algal photophile en même temps que se développent les frondes des Cystoseires.

Nous avons enfin fait ressortir l'opposition qui existe entre la bordure « terre » et la bordure « vers le large » de chaque formation rocheuse, opposition fort nette entre un faciès coralligène et un faciès détritique.

Des espèces exigeant pour vivre des conditions particulières nous indiquent des zones de courant de fond au débouché des rivières, et tout une faune caractéristique de formation littorale.

#### G) LES FONDS MEUBLES DE LA RÉGION.

Afin de donner une idée complète des différents faciès qui existent dans cette région des bancs rocheux de la côte du Roussillon, nous passons rapidement en revue les fonds meubles qui entourent les formations rocheuses que nous venons d'étudier.

##### 1°) *Les fonds vaseux.*

a) A l'Est des roches Torreilles et Saint-Laurent, entourant le Roc Nau et la roche Vidal, d'immenses étendues vaseuses sont recouvertes par les *Ophiothrix quinquemaculata*. Cette zone a été étudiée par A. GUILLE (1963).

b) Tout près des bancs de Torreilles et Saint-Laurent, les Ophiures disparaissent et les fonds vaseux sont chargés de *Microcosmus sulcatus*, *Aglaophenia pluma*, *Kirchenpaueria echinulata*. C'est dans ce faciès que nous avons récolté *Terebellides stroemi* qui en est une caractéristique.

c) Au Sud du Roc Nau, dans un sédiment nettement vaseux, nous avons recueilli quelques exemplaires de *Sternaspis scutata*. Cette espèce caractérise un certain type de fond (J. BELLAN, 1959; J.M. PÉRÈS, 1960) abritant toute une association animale contenant notamment *Leanira ylleni*. Cette espèce n'avait jamais été signalée dans la mer Catalane; nous en avons récolté deux beaux spécimens.

Plus près de la côte, les fractions sables et sablons augmentent considérablement, l'aspect du sédiment est plus nettement sableux.

##### 2°) *Les fonds meubles non vaseux.*

a) Entre les formations de Saint-Nazaire et Saint-Cyprien, nous trouvons des fonds à *Upogebia littoralis*.

b) Un peu plus au Nord de cette zone, nous avons en très grande abondance un fond à *Spatangus purpureus*, en principe indicateurs de courants de fonds.

c) Au Nord de la roche Saint-Cyprien, dans un fond à *Upogebia*, nous récoltons en grande quantité des *Branchiostoma lanceolata*. Nous y trouvons également *Dentalium vulgare*, *Glycera*

*gigantea* qui sont des caractéristiques de ce faciès. Nous les notons dans les sédiments sableux meubles. Pour J.J. BLANC, cette association serait liée à des conditions particulières dont la plus importante serait celle relative aux courants (1958).

d) Plus près de la côte encore, s'étend un fond à *Ophioderma longicauda*; on y trouve aussi de nombreux *Murex* habités par des Pagures. R. MOLINIER et J. PICARD en font une association caractérisant la faune vagile du dessous des pierres (1953).

### CONCLUSION

Ce travail nous a permis d'étudier une zone de roches côtières jamais explorée jusqu'alors. Cette monographie a été intéressante à effectuer, car elle présente des aspects variés aussi bien du point de vue biologique que sédimentologique, pétrographique et géologique.

Ces fonds rocheux sont situés au large des estuaires des principales rivières du Roussillon. Celles-ci, Tech, Têt et Agly charrient des minéraux arrachés aux reliefs cristallins, qui sont déposés autour des roches. De plus, elles apportent, lors des crues et des pluies abondantes, de grandes quantités d'eaux saumâtres. Cependant ceci n'affecte que très peu la salinité en profondeur. Du point de vue granulométrique, cette zone est également privilégiée : l'envasement s'effectue plus au large, grâce au courant créé par les rivières et par la circulation générale des eaux le long du Golfe du Lion. Mais les matières en suspension sont abondantes dans cette zone et la luminosité est souvent diminuée par cet écran.

Ces conditions de sédimentation irrégulière, le faible envasement, le brassage continu des eaux et la salinité peu variable au cours de l'année influent sur le peuplement animal de cette région. Celui-ci se montre extrêmement riche et varié. La faune des Spongiaires notamment révèle la plus grande originalité : jamais étudiée jusqu'à présent dans cette région, elle est très importante tant par le nombre des espèces et la taille gigantesque qu'elles atteignent, que par leur rôle : les *Geodia* et *Stelletta* abritent une faune nombreuse qui n'est, du reste, pas différente de celle du concrétionnement coralligène; mais elles servent de support et de gîtes à de nombreuses espèces au même titre que la roche. Cette luxuriance des Spongiaires sur les bancs de Torreilles et Saint-Laurent ne semble jamais avoir été notée dans la Méditerranée Occidentale. Nous ne savons pas à quoi elle est due : nous avons certaines rai-

sons de penser que l'agitation continue et le brassage régulier des eaux dans cette zone sont responsables de cette richesse en éponges.

Nous avons étudié l'association entre *Amphitrite variabilis* et *Lepidasthenia elegans*, jamais signalée.

Du point de vue bionomique, deux faciès peuvent être définis : l'un détritique du côté ouest de chaque formation rocheuse, où les coquilles de Mollusques constituent l'élément dominant de la faune; l'autre coralligène, au centre et à l'Est des roches. Cette distinction est constante pour tous les bancs rocheux, un peu moins apparente cependant au banc de Saint-Cyprien.

Mais le passage d'un faciès à l'autre est peu net et nous avons, outre quelques espèces exclusives de chacun, de nombreuses espèces issues de biotopes voisins. Cette zone située dans l'étage circalittoral est donc une zone de transition.

Nous avons noté à plusieurs reprises la présence d'un type de coralligène différent de ce qu'il est à Banyuls. La différence porte essentiellement sur la nature du concrétionnement, sur les Algues calcaires moins abondantes sur nos fonds, sur l'exubérance des Rhodophycées et des Cystoseires, enfin sur l'originalité de la faune des Spongiaires. L'absence de dragages fréquents semble avoir conservé à cette zone un aspect typique.

Nous voudrions signaler en dernier lieu un problème particulièrement intéressant. Grâce à l'étude sédimentologique, pétrographique et faunistique, nous avons émis l'hypothèse que cette ligne parallèle à la côte du Roussillon, constituée de bancs rocheux, pourrait être le vestige d'une ancienne ligne de rivage de la Méditerranée. La présence de coquilles empatées dans le grès, les dalles plates semblables à des « hauts de plage » constituées par un sable de plage, la faune malacologique montrant des espèces tout à fait typiques de formations littorales, les nombreux galets et coquilles roulées, nous incitent à penser ainsi, comme l'ont fait J. BURCART et M. PAULUS. Mais ce problème reste controversé et sa solution est avant tout du domaine de la géologie.

## RÉSUMÉ

Ce travail est consacré à l'étude des fonds rocheux circalittoraux le long de la côte du Roussillon. Les conditions de milieu (sédimentation faible se faisant au-delà de cette zone, brassage continu des eaux, salinité et température peu variables au cours de l'année) font que le peuplement animal est extrêmement riche et

varié. L'auteur fournit la liste des espèces récoltées. On signale la très grande originalité de la faune de Spongiaires qui atteint une luxuriance jamais encore signalée dans la Méditerranée Occidentale; ceci serait dû à l'agitation continue et au brassage régulier des eaux. L'étude de l'épifaune et de l'endofaune des Spongiaires a été faite. Du point de vue bionomique, deux faciès s'opposent, détritique à l'Ouest et coralligène à l'Est de ces formations. Ces peuplements, situés dans l'étage circalittoral sont une zone de transition. Le coralligène diffère de celui de Banyuls-sur-Mer. Le substrat de ce concrétionnement est en tout point semblable à des « hauts de plage ».

#### SUMMARY

This work is devoted to the study of circalittoral rocky bottoms along the coast of Roussillon. Environmental conditions (weak sedimentation taking place beyond this area, continuous motion of the water, salinity and temperature little changeable all over the year) make the animal community extremely rich and diversified. The author gives the list of the collected species. Very great originality of Sponges fauna, which reaches a luxuriance never observed in the Western Méditerranée, is pointed out; this may be related to the continuous stirring and regular motion of the water. Study of Sponges epifauna and endofauna has been made. From a bionomical point of view, two facies are opposed one to the other, detrital to the West and coralligen to the East of those rocky bottoms. These communities located in the circalittoral level play the role of a transitory area. Substratum of those concretions is in all respects similar to « beach-rocks ».

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit ist der Untersuchung der circalitoralen Felsgründe der Küste des Roussillon gewidmet. Die Bedingungen des Milieu (langsame Sedimentation, die ausserhalb dieser Zone stattfindet, ständige Bewegung des Wassers, Salzgehalt und Temperatur wenig veränderlich innerhalb der verschiedenen Jahreszeiten) haben eine sehr reiche und verschiedenartige Fauna geschaffen. Die Autorin gibt eine Liste der gefundenen Arten. Sie weist auf die grosse Eigentümlichkeit der Schwammfauna hin, die in solcher Uppigkeit von keinem anderen Ort des westlichen Mittel-

meeres bekannt ist. Der Grund dieser aussergewöhnlichen Entfaltung wäre in der ständigen Bewegung und der regelmässigen Umwälzung des Wassers zu suchen. Epifauna und Endofauna der Schwämme wurden untersucht.

Vom bionomischen Standpunkt aus werden zwei Gründe einander gegenüber gestellt : Sandgrund im Westen und Korallengrund im Osten dieser Felsgründe. Die Tiergemeinschaften des Circalitorals spielen die Rolle einer Übergangszone. Der Korallengrund unterscheidet sich von demjenigen von Banyuls-sur-Mer. Das Substrat der circalitoralen Felsgründe gleicht in jeder Beziehung demjenigen der " Stand-felsen " (" hauts de plage ").

#### BIBLIOGRAPHIE

- BELLAN, G., 1960. Répartition biogéographique et bionomique de quelques Annélides Polychètes de la Méditerranée Occidentale et du Proche Océan. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 29 (17) : 128-172.
- BELLAN-SANTINI, D., 1962. Etude floristique et faunistique de quelques peuplements infralittoraux de substrats rocheux. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 42 (26) : 133-138.
- BERTOUX, A. et Y. SAUDRAY, 1962. Annélides Polychètes associés à quelques spongiaires de la région de Luc-sur-Mer. *Bull. Soc. Linn. de Normandie*, 10 (3) : 172-180.
- BLANC, J.J., 1958. Recherche de sédimentologie littorale et sous-marine en Méditerranée Occidentale. *Ann. Inst. Océanogr.*, 35 (1) : 1-140.
- BLANC, J.J., 1958. Campagne de la « Calypso » en Méditerranée Nord Orientale. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 24.
- BLANC, J.J. et E. BONNIFAY, 1953. Les terrains quaternaires littoraux de Provence Occidentale. *Bull. Soc. Géol. France*, 3 (9) : 847.
- BOUGIS, P., M. GINAT et M. RUIVO, 1957. Contribution à l'hydrologie de la mer Catalane. *Vie Milieu, Suppl.* 6 : 123-164.
- BOURCART, J., 1955. Recherches sur le Plateau continental de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, 6 (4) : 435-524.
- BRAJNIKOV, B., C. FRANCIS-BŒUF et V. ROMANOVSKY, 1943. Techniques d'étude des sédiments et des eaux qui leur sont associées. Hermann et Cie, Paris.
- DAVENPORT, D., 1953. Studies in Physiology of commensalism. IV : The Polynoea, genera *Polynoe*, *Lepidasthenia* and *Harmothoe*. *Journ. mar. Biol. Assoc.*, 32 : 273-288.
- DENIZOT, G., 1951. Les anciens rivages de la Méditerranée française. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 992 : 1-56.
- DERRUAU, M., 1958. Précis de Géomorphologie. Paris, Masson et Cie édit.
- FELDMANN, J., 1937. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Rev. Algol.*, 10 : 1-339.
- GAUTIER, Y., 1959. Essai d'étude quantitative sur les Bryozoaires d'un fond coralligène à Gorgones. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 26 (16) : 137-142.

- GAUTIER, Y., 1962. Recherches écologiques sur les Bryozoaires Chilostomes en Méditerranée occidentale. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 38 (24) : 1-434.
- GUILLE, A., 1964. Contribution à l'étude de la systématique et de l'écologie d'*Ophiotrix quinquemaculata* d. Ch. *Vie Milieu*, 15 (2) : 243-308.
- JACOTTE, R., 1962. Etude des fonds de Maërl de Méditerranée. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 41 (26).
- LABOREL, J., 1960. Contribution à l'étude des peuplements benthiques sciaphiles sur substrats rocheux en Méditerranée. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 33 (20) : 117-173.
- MARS, P., 1950. Contributions à l'étude biologique des étangs méditerranéens. Euryhalinité de quelques Mollusques méditerranéens. *Vie Milieu*, 1 (4) : 441-449.
- MARS, P., 1963. Les faunes et la stratigraphie du Quaternaire méditerranéen. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 43 (28) : 60-96.
- MARS, P., 1966. Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen et sur leurs faunes malacologiques. *Vie Milieu*, Suppl. 20 : 1-350.
- MOLINIER, R., J. PICARD, 1953. Recherches analytiques sur les peuplements littoraux se développant sur substrat solide. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 9 (4) : 1-17.
- PARIS, J., 1955. Contribution à la connaissance de la zone Nord des Cannalots. *Vie Milieu*, 5 (4) : 469-512.
- PAULUS, M., 1937. Catalogue préliminaire des Mollusques rencontrés dans les anciens cordons littoraux du delta du Rhône. *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 28 (6).
- PAULUS, M., 1942. Contribution à l'étude biologique de la Camargue. Etude de la faune malacologique de l'embouchure de petit Rhône. *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 3 : 171.
- PAULUS, M., 1951. Contribution à l'étude biologique des étangs méditerranéens. Etude sur les variations de *Nassa reticulata* dans l'ancien cordon littoral de l'Agly. *Vie Milieu*, 2 (3) : 392-401.
- PAULUS, M. et P. MARS, 1942. Catalogue des principaux Mollusques du golfe de Marseille. Guide malacologique des environs de Marseille. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 2 (2) : 41.
- PÉRÈS, J.M., 1952. Notes sur les fonds de gravelle dans la région de Marseille comparés à ceux d'Algérie. *Vie Milieu*, Suppl. 2 : 208-216.
- PÉRÈS, J.M., 1954. Contribution à l'étude des Annélides Polychètes de la Méditerranée Occidentale. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 13 (8) : 83-162.
- PÉRÈS, J.M., 1957. Le problème de l'étagement des formations benthiques. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 12 (21) : 4-21.
- PÉRÈS, J.M., 1960. Les études de bionomie benthique méditerranéenne et leurs incidences générales. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 32.
- PÉRÈS, J.M., 1960. Images de quelques communautés benthiques marines de la Méditerranée. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 32.
- PÉRÈS, J.M., 1961. L'étagement des formations benthiques du système littoral. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, Suppl., 32.
- PÉRÈS, J.M., et J. PICARD, 1954. Bionomie en fonction de la Géomorphologie sous-marine dans la région de Cassis (Bouches-du-Rhône). *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 13 (8).

- PÉRÈS, J.M. et J. PICARD, 1951. Notes sur les fonds coralligènes dans la région de Marseille. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 88, notes et revues (1) : 24-38.
- PÉRÈS J.M. et J. PICARD, 1955. Biotopes et biocénoses de la Méditerranée Occidentale comparés à ceux de la Manche et de l'Atlantique Nord-Oriental. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 92 : 1-72.
- PÉRÈS J.M. et J. PICARD, 1958. Recherches sur les peuplements benthiques de la Méditerranée Nord Orientale. *Ann. Inst. Océanogr.*, 34 : 213-291.
- PICARD, J. et P. MARS, 1960. Notes sur les gisements sous-marins à faune celtique en Méditerranée. *Rapp. P.V. Com. Int. Expl. Sc. Médit. Monaco*, 15 (3).
- PRUVOT, G., 1894. Les fonds sous-marins de la région de Banyuls-sur-Mer. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 3 (2) : 599-673.
- PRUVOT, G., 1895. Distribution générale des Invertébrés de la région de Banyuls-sur-Mer. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 3 (3) : 629-658.
- RANSON, G., 1955. Observations sur la consolidation des sédiments calcaires dans les régions tropicales : consolidation récente de spicules d'Alcyonaires. *C.R. Ac. Sc.*, 240 : 329-331.
- REYSS, D., 1964. Contribution à l'étude du rech Lacaze-Duthiers, vallée sous-marine des côtes du Roussillon. *Vie Milieu*, 15 (1) : 1-47.
- RIVIÈRE, A., 1953. Méthodes d'interprétation de la granulométrie des sédiments meubles. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, 7 : 102-107.
- THOULET, J., 1912. Etude bathylithologique des côtes du Golfe du Lion entre les Saintes-Maries et le Cap Creus. *Ann. Inst. océanogr.*, 4 (6) : 1-64.
- TOPSENT, E., 1900. Etude monographique de Spongiaires de France. III. Monaxonides (Hadromérines). *Arch. Zool. exp. gén.*, 3 (8) : 1-330.
- VERNET, S., 1955. Sur un mode d'écoulement à la mer des eaux continentales sur la côte du Roussillon. *C.R. Acad. Sc.*, 242 : 892.
- VIDAL, A., 1963. Contribution à l'étude de la zone des Ouillals (Mer Catalane). *Vie Milieu*, 14 (2) : 275-283.

#### Ouvrages faunistiques

- ARNDT, W., 1935. Porifera. Tierwelt Nord-Ostsee, 3 (a) : 1-440.
- BELLAN, G., 1960. Annélides Polychètes récoltées au cours de sa 11<sup>e</sup> campagne méditerranéenne par le « Président-Théodore-Tissier ». *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 24 (2) : 273-292.
- BOUVIER, E.L., 1940. Faune de France. 37. Décapodes marcheurs. Paris, Lechevalier édit.
- BERRIL, N.J., 1950. *The Tunicata*. Ray Society. London.
- BOWERBANK, J.S., 1864, 1866, 1874, 1882. A monograph of the British Spongiadae. I. II. III. IV. Ray Society. London.
- BUCQHOY, E., Ph. DAUTZENBERG et G. DOLLFUS, 1892. Les Mollusques marins du Roussillon. Paris, Baillères édit., 4 vol.
- CALVET, L., 1902. Bryozoaires marins de la région de Cette. *Trav. Inst. Zool. Univ. Montpellier*, 2 (12).
- CALVET, L., 1912. Nouvelle contribution à l'histoire de la faune des Bryozoaires de Méditerranée Occidentale. *Arch. Zool. Exp. Gén.*,
- CALVET, L., 1927. Bryozoaires de Monaco et de ses environs. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 503 : 1-46.

- CANU, F. et R.S. BASSLER. Classification of the Cheilostomatous Bryozoa. *Proc. U.S. Nat. Mus.*, 69 (14) : 1-42.
- CHERBONNIER, G., 1958. Faune marine des Pyrénées-Orientales des Echinodermes. 2. Hermann édit.
- FAUVEL, P., 1923. Faune de France. 5. Polychète errantes. Paris, Lechevalier édit.
- FAUVEL, P., 1927. Faune de France. 16. Polychètes sédentaires. Paris, Lechevalier édit.
- GAUTIER, Y., 1952. Notes sur la faune bryozoologique de Villefranche-sur-Mer. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 1008 : 1-15.
- GAUTIER, Y., 1955. Bryozoaires de Castiglione. *Bull. Inst. Aqu. Pêche Castigl.*, 7 : 227-271.
- HARANT, H., 1930. Liste des Ascidies de Banyuls. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, N. et R., 7.
- HARANT, H. et P. VERNIÈRES, 1933. Faune de France. 27. Tuniciers. I. Ascidies. Paris, Lechevalier édit.
- HINCKS, T., 1868. A history of the British Hydroid Zoophytes. London. 2 vol.
- HINCKS, T., 1880. A history of the British Marine Polyzoa. London. 2 vol.
- JOUBIN, L., 1894. Les Némertiens. Faune de France. Paris. Soc. d'édit. Scientif.
- KLOUGE, G.A., 1962. Bryozoaires des Mers du Nord. *Acad. Nauk. S.S.S.R. Moscou* : 1-584.
- LAUBIER, L. et J. PARIS, 1962. Faune Marine des Pyrénées-Orientales. Annélides Polychètes. Hermann édit.
- OSBURN, R.C., 1953. Bryozoa of the Pacific Coast of America. Allan Hancock Foundation Publications.
- PÉRÈS, J.M., 1954. Contributio à l'étude des Annélides Polychètes de la Méditerranée occidentale. *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 13 (8) : 83-162.
- PICARD, J., 1950. Notes sur quelques hydraires de la région de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, I (3) : 277-78.
- PICARD, J., 1951. Notes sur les hydraires littoraux de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, 2 (3) : 338-349.
- PRENANT, M. et G. BOBIN, 1956. Faune de France. 60 Bryozoaires. Paris, Lechevalier édit.
- SCHMIDT, O., 1870. Grundzüge einer Spongien. Fauna des Atlantischen gebietes. Leipzig. Verlag von Wilhelm Engelmann.
- TOPSENT, E., 1887. Contribution à l'étude des Clionides. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 2 (5) : 1-165.
- TOPSENT, E., 1892. Diagnoses d'éponges nouvelles et plus particulièrement de Banyuls-sur-Mer. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 2 (10) : 17-27.
- TOPSENT, E., 1893. Nouvelles séries de diagnoses d'Eponges de Roscoff et de Banyuls-sur-Mer. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 3 (1) : 33-43.
- TOPSENT, E., 1894. Etude monographique des Spongiaires de France. I. Tetractinellida. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 3 (2) : 259-400.
- TOPSENT, E., 1895. Etude monographique des Spongiaires de France. II. Carnosa. *Arch. Zool. Exp.*, 3 (3) : 493-590.
- TOPSENT, E., 1900. Etude monographique des Spongiaires de France. III. Monaxonida (Hadromerina). *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 3 (8) : 1-328.

- TOPSENT, E., 1924. Révision des Mycale de l'Europe Occidentale. *Ann. Inst. Océanogr.*, 1 (3).
- TOPSENT, E., 1925. Eponges de l'étang de Thau. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 452.
- TOPSENT, E., 1925. Etude des Spongiaires du Golfe de Naples. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 63 : 623-725.
- TOPSENT, E., 1928. Spongiaires de l'Atlantique et de la Méditerranée provenant des croisières du Prince Albert 1<sup>er</sup> de Monaco. *Rés. Camp. Scient. Monaco*, LXXIV.
- TOPSENT, E., 1934. Eponges observées dans les parages de Monaco (Première partie). *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 650.
- VACELET, J., 1960. Eponges de la Méditerranée Nord Occidentale, récoltées par le « Président-Théodore-Tissire » (1958). *Rec. Trav. Stn Mar. Endoume*, 35.

Reçu le 25 juillet 1966

- Torrey, E., 1933. Révision des Mycètes de l'Europe Occidentale. Ann. Inst. Océanogr. 1 (3).
- Torrey, E., 1935. Éponges de l'étang de Thau. Bull. Inst. Océanogr. Monaco, 43.
- Torrey, E., 1935. Étude des Spongiaires de la Gölle de Naples. Arch. Zool. Gén. 43 : 523-525.
- Torrey, E., 1935. Spongiaires de l'Atlantique et de la Méditerranée provenant des croisières du Prince Albert I<sup>er</sup> de Monaco. Rés. Camp. Scient. Monaco, LXXXIV.
- Torrey, E., 1934. Éponges observées dans les parcs de Monaco (Première partie). Bull. Inst. Océanogr. Monaco, 33.
- Vander, J., 1900. Éponges de la Méditerranée Nord Occidentale. Résultats des exp. de la Président-Théodore-Tissier (1898). Rés. Trav. Sta. Mar. Monaco, 33.
- Paris le 25 juillet 1936

## ANALYSES D'OUVRAGES

GODRON M. *et al.* — Carte phyto-écologique et Carte de l'occupation des terres de Sologne. C.N.R.S. édit., 1-192 + cartes. Prix : 90 F.

Ce travail publié par le Centre national de la Recherche Scientifique et le Centre d'étude phyto-sociologique et écologique de Montpellier a pour but d'aider à la mise en valeur de la Sologne en établissant les bases d'une utilisation rationnelle des terres. Il comprend les premiers résultats obtenus, car l'ensemble du travail doit représenter une monographie phyto-sociologique et écologique complète.

Les cartes sont accompagnées d'une notice comprenant 3 parties : Les caractères généraux de la Sologne sont présentés tout d'abord, puis on trouve des légendes détaillées des cartes, la troisième partie exposant quelques exemples d'utilisation rapide des cartes. En annexe, on trouve de précieux renseignements sur les méthodes qui ont été utilisées pour l'exécution de ces cartes.

Les 12 cartes, dont deux en couleur, constituant les documents sont au 1/10 000, très soignées et particulièrement claires. Cet ensemble de cartes est très complet et s'adresse plus spécialement à ceux qui doivent tirer de ces terres de Sologne les possibilités les meilleures en matière de cultures ou de reboisements. Mais une étude cartographique aussi poussée est également une base de travail de tout premier ordre pour l'écologiste de terrain et plus spécialement pour celui qui s'occupe de microfaune ou de microarthropodes des sols. Il est en effet renseigné très précisément sur les caractéristiques physico-chimiques du substrat, la nature du sol, la richesse en eau, la capacité de drainage, etc... ainsi que sur la couverture végétale, bois, landes, friches, etc... Tous ces renseignements sont évidemment très utiles et permettent de faire des relevés précis et variés. C'est en fait une foule de données de tout premier ordre qui est mise à la disposition de l'écologiste.

Pour ces raisons, des travaux tels que celui-ci devraient être étendus à des régions de prospection scientifique intense ou aux parcs nationaux et aux réserves naturelles.

La présentation des cartes comme de la notice est en tout point remarquable et les couleurs des cartes phyto-écologiques sont particulièrement bien choisies.

J. TRAVÉ

G. Evelyn HUTCHINSON. — The ecological Theater and the evolutionary Play, 1 vol. 139 p., 6 planches, 11 fig. Yale University Press, New Haven et Londres, 1965.

Dans ce recueil d'essais à la fois pénétrants et bien documentés, l'auteur examine divers aspects de l'influence du milieu considéré comme un « théâtre » sur lequel se joue la « pièce » de l'Evolution.

Le premier essai (p. 1-26) est consacré à la nature exacte de la *biosphère*, c'est-à-dire l'espace dans lequel la vie est possible. Notons dès la première page une allusion à LAMARCK qui, selon VERNADSKY, aurait le premier employé ce terme. L'auteur considère également la possibilité de vie extra-terrestre et examine le cas de la météorite d'Orgueil (1) et les changements de couleurs observés à la surface de la planète Mars qui s'expliqueraient peut-être par la présence d'une flore bactérienne.

Le second essai (p. 26-78) qui nous ramène sur le globe terrestre est consacré à la niche, terme créé par l'écologiste anglais Charles ELTON pour définir la place d'un organisme dans une « chaîne de nourriture » (food-chain). HUTCHINSON la définit comme « un hyper-volume occupé de manière abstraite » et considère tour-à-tour l'« exclusion compétitive » dans les populations d'Invertébrés (terrestres ou aquatiques), et la nature formelle de la niche; il donne ensuite des exemples de diversification de niches empruntés tant aux Vertébrés (Mammifères et Oiseaux) qu'aux Invertébrés (Mollusques, Crustacés et Rotifères).

Est ensuite examiné le rôle de la compétition dans le cadre de la niche en tant que facteur de spéciation. Des exemples en sont donnés concernant des Hémiptères aquatiques et terrestres et le rôle de l'adaptation comme facteur évolutif est nettement souligné dans ce chapitre qui se termine par des exemples de coexistence dans un même biotope (« symbiose » pris ici dans un sens particulier) entre différents genres (rapaces vivant au sommet de montagnes élevées) ou entre diverses espèces d'un même genre (cigales du genre *Magicalada*), mais dans le cas des rapaces, il existe des différences dans le régime alimentaire et le terrain de chasse des genres considérés.

Le troisième essai (p. 78-94) est intitulé : « Prolégomène à l'étude de la descendance de l'Homme ». L'homme est ici considéré en tant qu'espèce animale et son éthologie ainsi que son écologie sont examinées. L'auteur remarque à quel point son évolution actuelle est mal connue. Il est en tout cas certain que peu de caractères évolutifs sont actuellement décelables dans les populations humaines et l'auteur cite les quelques travaux récents sur ce sujet.

Avec le quatrième essai (p. 95-108) nous abordons une toute autre question, à savoir celle du naturaliste comme critique d'art. Il est successivement question de parties minérales d'animaux (coquilles de *Nautilus* et de *Turbo*, œuf d'autruche, perles, etc.) montées en objet d'art (notons une inversion dans la légende du haut de la pl. III), de perles et de pierres précieuses utilisées aux mêmes fins, de la beauté d'une œuvre d'art en elle-même, indépendamment de son attribution exacte à tel ou tel peintre (la mulâtresse de DELACROIX attribuée par certains à J.R. AUGUSTE est donnée ici comme exemple), du sens artistique (pictural ou musical) chez certains animaux supérieurs (singes, phoques) et chez les oiseaux. L'auteur conclut que les vitrines des Musées d'Histoire Naturelle actuels sont en quelque sorte l'équivalent des coquilles ou œufs montés en objet d'art à la Renaissance, par leur réel sens esthétique.

(1) Notons que tout récemment le Professeur J. ORCEL et B. ALPERN (*C.R. Acad. Sc.*, 262, 1966, 1393-1397) étudiant la microstructure de cette météorite n'ont pu y déceler aucune preuve de l'existence dans celle-ci de microorganismes fossiles.

L'avant-dernier essai (p. 109-120) est consacré au microcosme lacustre examiné d'après les travaux de BIRGE et JUDAY et de S.A. FORBES. La complication de ce microcosme ainsi que ses fluctuations annuelles sont ici soulignées. Le nombre de « niches écologiques » dans un lac peut parfois atteindre le millier dans une saison bien définie. Divers exemples sont donnés concernant aussi bien le phytoplancton que le zooplancton lacustre.

Le dernier essai (p. 121-130) traite du Lépidoptère *Abraxas grossulariata* dont la chenille se nourrit des feuilles de groseiller et de ses nombreuses variétés tant dans les couleurs que dans l'ornementation des ailes. En dehors de ces diverses variétés existent trois véritables mutations : *lutea*, *varleyata*, *dohrnii*. Dès 1899, le Révérend G.H. RAYNOR (1854-1929) avait observé ces mutants et avait essayé de les élever. Il publia une note à ce sujet avec L. DONCASTER en 1905 dans laquelle les auteurs signalent un caractère mendélien récessif d'un type alors tout nouveau. La collection de spécimens (variétés et mutants) de ce Lépidoptère ayant servi aux expériences de RAYNOR et DONCASTER fut vendue et l'auteur rappelle les épisodes de cette vente et les prix fabuleux atteints par certains spécimens.

Les données de la génétique actuelle appliquée à ces mutations sont ensuite rappelées.

Ainsi se termine ce livre très original, de lecture agréable et supérieurement documentée qui intéressera tous les biologistes et particulièrement les écologistes et les généticiens.

Jean THÉODORIDÈS

Roger Husson. — Glossaire de biologie animale. Gauthier-Villars, Paris. In-8 (16 × 25 cm), 280 pp., 1964, 28 F.

Le grand développement pris à l'époque contemporaine par les Sciences biologiques a amené celles-ci à faire de plus en plus largement usage d'un vocabulaire technique spécialisé, qui, à première vue, peut sembler rébarbatif à celui qui veut s'initier aux grands problèmes de la Biologie. C'est pourquoi le Glossaire compilé par le Professeur R. HUSSON, ouvrage unique en son genre en langue française, tout au moins à notre époque, rendra d'inappréciables services. Le non-spécialiste, l'étudiant et même le biologiste trop souvent confiné dans un domaine de recherches étroit, pourront se reporter à ces pages. Ils y trouveront non seulement une orthographe exacte, mais aussi une définition et une explication précises, ainsi que les racines étymologiques grecques ou latines qui bien souvent éclairent la signification d'un terme et en justifient l'emploi (on peut déplorer que l'auteur n'ait pas jugé bon d'en préciser l'origine linguistique).

Le cadre envisagé par cet ouvrage dépasse les intentions de son auteur, qui, si l'on en croit le texte introductif, n'a fait figurer que les termes biologiques, laissant de côté tous ceux qui ne relèvent que de la pure description zoologique : des mots tels que « apex », « cirre » ou « opercule » sont inclus dans le Glossaire, et cette extension paraît hautement souhaitable, d'autant plus que l'auteur précise par des exemples concrets les différentes acceptions de chaque terme suivant les groupes zoologiques envisagés.

Dans le détail de chaque définition, il est remarquable que se soient glissées quelques erreurs ; le microclimat, par exemple, est défini comme le « climat d'un espace restreint (niche écologique) par rapport au climat général d'une région géographique (macroclimat) » (p. 167). Or, la « niche écologique », terme créé par ELTON en 1927, est un concept de synécologie dynamique, et lui

conférer une signification spatiale structurale, est un contresens malheureusement trop commun. Nous pourrions signaler d'autres erreurs ou inexactitudes, en particulier dans le domaine de la biologie marine, que nous connaissons bien. La nouveauté d'une telle entreprise contrebalance grandement ces critiques, qui n'en amoindrissent guère la valeur.

Car le but de ce Glossaire est surtout d'être utile aux étudiants en Sciences naturelles des Faculté des Sciences, aux futurs étudiants en Médecine, ainsi qu'à tous ceux qui se doivent de posséder un certain bagage biologique. Compte tenu de ces quelques remarques négatives, ils trouveront dans le travail du Professeur Husson une excellente entrée en matière pour des études plus spécialisées.

La présentation matérielle de l'ouvrage est bonne, la composition claire et agréable à l'œil. La fragilité du brochage est décevante pour un ouvrage dont le volume méritait peut-être une véritable reliure.

LUCIEN LAUBIER

THÉODORIDÈS (J.). — Histoire de la Biologie. Coll. « Que sais-je ? », n° 1 (nouvelle édition entièrement revue), 127 p., 7 fig. Presses universitaires de France, Edit., Paris, 1965.

Le premier volume de la collection « Que sais-je ? », *Les étapes de la Biologie*, par Maurice CAULLERY, datait de quelque vingt ans. Cet intéressant petit livre méritait donc une sérieuse mise à jour.

Un livre assez différent s'est substitué, en fait, à l'ouvrage de M. CAULLERY. Cet auteur avait surtout tenu à mettre en évidence les grandes périodes de la Biologie des origines à la seconde guerre mondiale. J. THÉODORIDÈS, dans la nouvelle édition, s'est davantage attaché à montrer l'enchaînement des faits, œuvrant ainsi non seulement en biologiste mais aussi en historien. De plus, il y avait les découvertes de ces vingt dernières années. Citons, parmi les plus importantes, la microscopie électronique appliquée à la Biologie, les acides nucléiques, l'hérédité cytoplasmique, les antibiotiques, le vaccin antipoliomyélitique (SALK, 1954 et LÉPINE, 1956) et les mécanismes de régulation cellulaires, domaine dans lequel trois chercheurs, LWOFF, JACOB et MONOD, prix Nobel, se sont particulièrement distingués.

Il est évidemment difficile de comparer en quelques lignes les deux ouvrages. Mais à la lecture, on s'aperçoit bien vite que depuis *Les étapes de la Biologie* les idées ont beaucoup changé.

Pour M. CAULLERY, biologiste et philosophe, il y a dans le développement des sciences biologiques quatre grandes périodes. La première est celle de la science grecque avec HIPPOCRATE, ARISTOTE et GALIEN. Les origines de notre Biologie sont dans la Grèce ancienne. La seconde est marquée par le réveil de la Science antique et s'étend à peu près à toute la Renaissance. Des disciplines telles que l'Anatomie, la Botanique et la Zoologie prennent naissance à cette époque. La troisième période est celle des débuts de la Biologie moderne qui apparaît aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles avec DESCARTES (1596-1650), d'abord, puis la découverte du microscope, RÉAUMUR et l'expérimentation, SPALLANZANI. La Physiologie générale, également, débute avec LAVOISIER. La dernière période, du XIX<sup>e</sup> siècle à la seconde guerre mondiale, voit d'abord apparaître la Morphologie (avec pour fondateurs LAMARCK, CUVIER, Etienne GEOFFROY SAINT-HILAIRE), la Physiologie, la Génétique et enfin l'Evolution, compréhension synthétique de la vie.

Ainsi que nous l'avons noté plus haut, J. THÉODORIDÈS, biologiste et historien s'est efforcé de montrer l'enchaînement des faits et, malgré les difficultés résultant d'une place extrêmement limitée, il y est très bien parvenu. Les périodes entrevues sont sensiblement différentes. J. THÉODORIDÈS distingue d'abord les origines, avec brève mention de la Préhistoire et de l'Antiquité orientale. Une seconde période avec l'Antiquité classique. Un Moyen Age, avec, en Occident, un évêque, ALBERT LE GRAND, et un empereur, FRÉDÉRIC II DE HOHENSTAUFEN. Mais ce Moyen Age est surtout important par l'Orient. Nous devons en particulier à l'Islam un des plus anciens schémas anatomiques de l'œil ainsi que la découverte de la petite circulation. La troisième période comprend les XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles. Le XVI<sup>e</sup> siècle, c'est d'abord la Zoologie et la Botanique, les naturalistes de cabinet, mais avec, chez certains, un souci d'observation directe, l'Anatomie et les débuts de la Physiologie. La Paléontologie est esquissée avec BERNARD PALISSY. Le XVII<sup>e</sup> siècle est le siècle du microscope et cette période pourrait sans doute prendre le nom de *période du microscope*. FRANCESCO REDI met également fin à la théorie de la génération spontanée (1668) si tenace quant à l'origine de nombreux Invertébrés et même celle de quelques Vertébrés et l'on peut même parler d'Embryologie à propos de certaines découvertes (SWAMMERDAM). Rappelons que ce siècle vit également se créer la première ébauche du Muséum national d'Histoire naturelle, le Jardin du Roi. De même, plusieurs sociétés scientifiques, dont la *Royal Society* (Londres, 1660), se constituent à cette époque. Le XVIII<sup>e</sup> siècle est la période où philosophes et savants vont tenter de faire triompher le rationalisme. La Biologie devient vraiment une science expérimentale et des naturalistes tels que LINNÉ et BUFFON introduisent des principes de classification dont certains demeurent encore valables et il faut bien admettre avec J. ROSTAND que BUFFON, généticien avant la lettre, recueillait en *vrai biologiste* tous les renseignements concernant la proportion des sexes, la fécondité, les possibilités d'hybridation... Ce siècle est aussi celui de l'Anatomie comparée, de la Biologie expérimentale (RÉAUMUR et contemporains), de l'Embryologie, de la Physiologie (LAVOISIER et prédecesseurs), des grands voyageurs naturalistes et des précurseurs du transformisme (DE MAUPERTUIS, ERASMUS DARWIN). L'avant-dernière période, le XIX<sup>e</sup> siècle, marque un progrès considérable dans l'histoire de la Biologie. Des concepts d'une très grande importance se trouvent formulés : théorie de l'Evolution, théorie cellulaire, lois de Mendel, origine microbienne des maladies infectieuses, parmi les principaux.

Il est intéressant de comparer ici l'opinion de CAULLERY en ce qui concerne LAMARCK avec, vingt ans plus tard, celle de J. THÉODORIDÈS. LAMARCK est pour CAULLERY « un esprit audacieux et aventureux, formé à l'école de BUFFON et suivant la philosophie du XVIII<sup>e</sup> siècle, allant jusqu'au bout des idées sans se préoccuper suffisamment de la solidité des fondements sur lesquels il construisait et, assez souvent, égaré ainsi dès le départ ». Mais, toujours suivant CAULLERY, on lui doit sans contestation possible les doctrines transformistes. La valeur absolue de *l'espèce* est contestable et *l'individu* est la seule réalité. Cet individu subit l'influence du milieu. Il acquiert ainsi de nombreux caractères qui sont ensuite transmis par hérédité. Ce postulat, tel qu'il est admis actuellement, n'a pas encore reçu de vérification certaine. On note, néanmoins, dans l'œuvre de LAMARCK de nombreux points d'un intérêt considérable. J. THÉODORIDÈS insiste sur certains : modifications morphologiques en rapport avec le milieu et le comportement, rôle du facteur temps. Finalement ce que nous devons retenir, c'est qu'il y a là, semble-t-il, bien que mal précisée, une idée capitale, celle de la *variation*, point de départ pour certains de l'évolution, plus facile à déceler au niveau de *l'individu* qu'au niveau de *l'espèce*. Mais il faudra attendre DARWIN et les débuts de la Génétique pour que cette notion de variabilité soit scientifiquement précisée.

La dernière période, le XX<sup>e</sup> siècle, est celle de la Biologie cellulaire et du

microscope électronique. Mais des progrès importants sont également faits dans l'étude de la Sexualité et de l'Embryologie, de la Génétique, de la Microbiologie, de la Physiologie et la Biochimie.

Un intéressant petit livre, bien documenté, qui nous montre de façon concise comment se sont développés les grands courants de la Biologie.

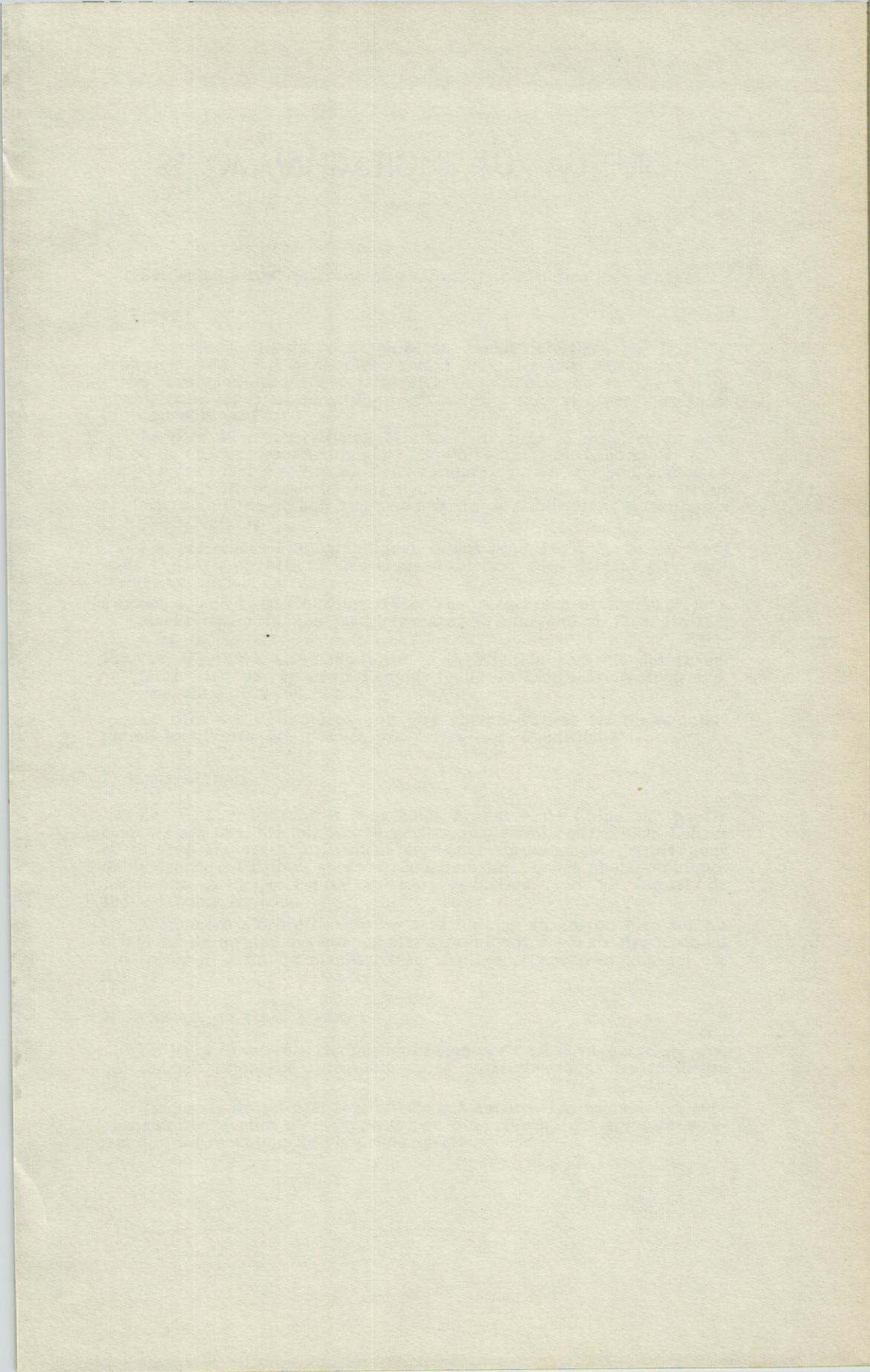
Franklin PIERRE

Hubert J. SQUIRES. — Distribution of Decapod Crustacea in the Northwest Atlantic, Fascicule 12 de Serial Atlas of the Marine Environment. The American Geographical Society, Broadway, New York. Prix du fascicule \$ 3.50 non relié; \$ 7.00 relié.

Ce fascicule présente des données concernant la répartition de 51 espèces de Crustacés Décapodes dans l'Atlantique Nord-Ouest. La plupart de ces espèces se trouvent communément dans les eaux de Terre-Neuve-Labrador (avec une limite méridionale au Cap Cod), et certaines peuvent se trouver plus au Sud. Les bateaux du Fisheries Research Board of Canada ont effectué la plupart des récoltes de spécimens entre 1946-1960, bien que des stations plus anciennes du Groënland (« Ingloff » et « Godthaab ») y soient comprises. On a également reporté sur la carte les résultats extraits d'autres sources, pour la Nouvelle-Angleterre, la Nouvelle-Ecosse, le Nouveau-Brunswick, le Golfe de St.-Laurent, le Grand Banc de Terre-Neuve, le Labrador et l'Ouest du Groënland. Les caractéristiques moyennes de la température et de la salinité ont été reportées sur la carte et des courbes sont établies pour les limites de profondeur et de température pour trente espèces des Décapodes les plus communs.

Les cartes de distribution sont :

	Planches
Crevettes .....	1, 2
Crevettes, langoustes et homard .....	3
Bernard l'Hermite, crabes poilus et quelques spécimens de vrais crabes .....	4





# RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

---

Les auteurs sont priés de se conformer aux indications suivantes :

## 1) TEXTE :

Les manuscrits, dactylographiés en double interligne sur le recto seulement de feuilles numérotées, seront présentés sous leur forme définitive. Les noms propres doivent être en capitales, ou soulignés d'un double trait, les noms scientifiques (familles, genres et espèces ou sous-espèces) d'un seul trait.

Le titre du manuscrit doit être suivi du prénom usuel et du nom du ou de chacun des auteurs, ainsi que de l'adresse du Laboratoire dans lequel a été effectué le travail. Deux résumés, l'un en français, l'autre en anglais, doivent obligatoirement figurer à la fin du texte; ils seront conformes au Code du bon usage en matière de publications scientifiques (UNESCO/NS/177).

Les références bibliographiques seront groupées à la fin du texte dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs; elles doivent être conformes au modèle suivant :

FOREST, J. and L.-B. HOLTHUIS, 1960. The occurrence of *Scyllarus pygmaeus* (Bate) in the mediterranean. *Crustaceana*, 1 (2) : 156-163, 1 fig.

PRUVOT, G., 1895a. Coup d'œil sur la distribution générale des Invertébrés dans la région de Banyuls (golfe du Lion). *Archs Zool. exp. gén.*, (3) 3: 629-658, 1 pl.

Le titre des périodiques doit être abrégé d'après les règles internationales (*World list of scientific periodicals*, 4<sup>e</sup> édition).

## 2) ILLUSTRATIONS :

Les dessins devront être exécutés à l'encre de Chine sur papier calque assez fort, bristol, carte à gratter, papier millimétré bleu. Lettres et chiffres seront soigneusement écrits, et suffisamment grands pour qu'ils demeurent lisibles après la réduction. Les clichés photographiques seront en principe reproduits sans réduction, soit au format de 105 x 160 mm environ.

Le numéro d'ordre des figures sera indiqué au crayon bleu sur les originaux ou au dos des clichés photographiques. Le texte des légendes sera placé à la fin du manuscrit sur feuilles séparées, et non sur les figures.

## 3) EPREUVES ET TIRÉS A PART :

Un jeu d'épreuves accompagné du manuscrit est envoyé aux auteurs, qui doivent retourner l'ensemble après correction dans les meilleurs délais.

Cinquante tirés à part sont offerts aux auteurs. Les exemplaires supplémentaires, facturés directement par l'imprimeur, doivent être commandés dès réception de l'imprimé spécial.

IMPRIMERIE  
LOUIS-JEAN  
— GAP —

Le Directeur de la publication : P. DRACH

---

Dépôt légal : N° 4348 — Date de parution : Janvier 1968

— N° d'impression : 98 - 1968