

RÉSULTATS SCIENTIFIQUES  
DES  
CAMPAGNES DE LA "CALYPSO"

FASCICULE VI



MASSON ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS  
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VI<sup>e</sup>)

1964

XXII

Campagne de la *Calypso*  
en Méditerranée Nord-Orientale (1960)

(suite).

5

RECHERCHES GÉOLOGIQUES  
ET SÉDIMENTOLOGIQUES

PAR

JEAN-J. BLANC

Station Marine d'Endoume, Marseille.

SOMMAIRE

|   |     |
|---|-----|
| Introduction .....  | 220 |
| Chapitre I. — MORPHOLOGIE ET TOPOGRAPHIE SOUS-MARINE .....                                      | 221 |
| Chapitre II. — LE MATÉRIEL SABLEUX .....  | 233 |
| I. — Composition minéralogique des sédiments du prisme littoral et des zones de transfert ..... | 233 |
| II. — Granulométries et conditions de sédimentation .....                                       | 237 |
| Chapitre III. — ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE DES VASES MARINES .....                                   | 242 |
| Chapitre IV. — TENEURS EN CALCAIRE DES SÉDIMENTS .....  | 244 |
| Chapitre V. — RADIO-ACTIVITÉ DES SÉDIMENTS SOUS-MARINS .....                                    | 249 |
| I. — Appareillage utilisé; méthode .....  | 249 |
| II. — Types de sédiments .....  | 250 |
| Conclusions .....   | 259 |
| Bibliographie .....   | 270 |

## INTRODUCTION

Durant les mois de mai et juin 1960, le navire océanographique « Calypso » a effectué une troisième campagne en Méditerranée nord-orientale. Disposant d'un temps limité, nos recherches ont porté notamment sur la fosse et les parages de Matapan, le Canal

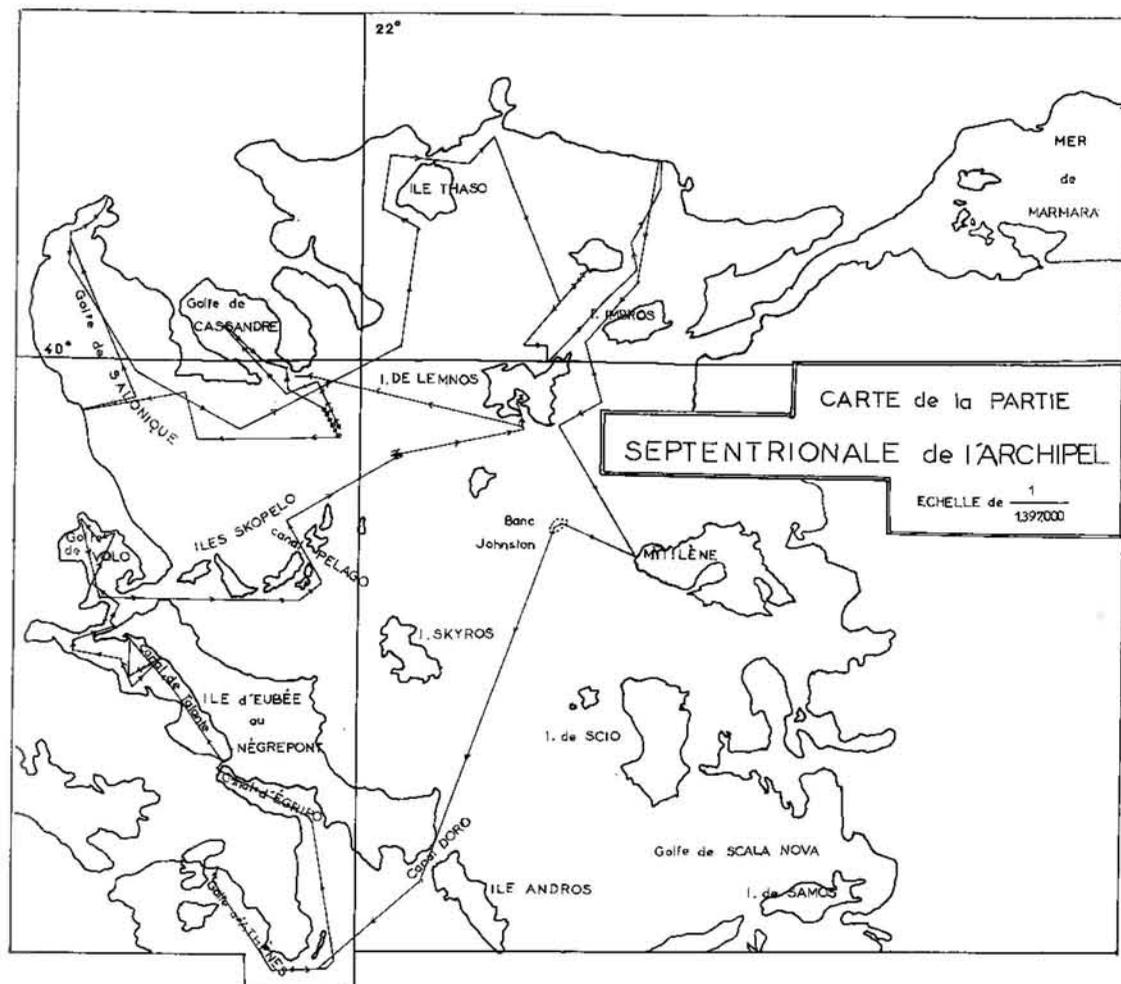


FIG. 1. — Carte générale des secteurs étudiés.

de Talante, Archipel des Skopelo, Golfe de Volo, baie de Salonique, Thrace méridionale, parages de Samothrace et Mytilène, banc Johnston (fig. 1). Il est indispensable de compléter, par d'autres campagnes, ce travail préliminaire.

Si des résultats partiels ont été obtenus, nous le devons à l'activité et à la gentillesse coutumières de l'équipage du « Calypso ». Plusieurs campagnes en Méditerranée au cours de ces dernières années nous ont permis d'apprécier un concours qui n'a jamais fait défaut en la personne de J. Y. COUSTEAU, Directeur de l'Institut Océanographique de

Monaco, et des capitaines SAOÛT et MARITANO. En outre, il m'appartient de remercier les Membres du Comité du navire « Calypso » et, particulièrement, mes Maîtres, MM. les Professeurs PRUVOST, PÉRÈS et RIVIÈRE; rien n'aurait pu être fait sans leur bienveillant appui.

Enfin, il m'est agréable de remercier ici mon ami J. PICARD, Maître-assistant à la Station Marine d'Endoume, ainsi que M<sup>me</sup> D. BAROKH et M. P. WEYDERT, collaborateurs techniques, pour leur aide précieuse.

## CHAPITRE I

## MORPHOLOGIE ET TOPOGRAPHIE SOUS-MARINE

## I. — Données géologiques.

Sur le continent et les îles, les principales zones isopiques ont été définies par J. AUBOUIN, J. H. BRUNN, P. CELET, J. DER COURT, I. GODFRIAUX et J. MERCIER (1958-1960). Le large développement des Hellénides autorise la distinction d'un assez grand nombre de zones, d'Ouest en Est :

- 1° Zone préapulienne (Paxos, Céphalonie, Zante).
- 2° Zone ionienne (Epire).
- 3° Zone du Gavrovo et, en Péloponèse, zone de Tripolitza (Structures chevauchantes, calcaires et flysch). La ride du Gavrovo est surmontée par le charriage du Pinde.
- 4° Zone du Pinde et zone du Parnasse (chevauchement et charriages vers l'Ouest).
- 5° Zone subpélagonienne, charriée vers l'Ouest. C'est le front de charriage des zones helléniques internes (J. AUBOUIN).
- 6° Zone pélagonienne (Attique, Cyclades) avec socle et couverture sédimentaire (ensellement de l'Eubée moyenne), Thessalie (Olympe), etc.
- 7° Zone du Vardar (Salonique).
- 8° Zone du Rhodope, enfin (Thrace orientale, Samothrace, Alexandropolis).

En gros, d'après les travaux précités, on peut observer deux secteurs différents :

1° *Zones internes* (Z. du Vardar) (Z. pélagonienne et subpélagonienne) : ayant été l'objet d'une orogénèse dès la fin du Crétacé inférieur. Il en résulte une émergence « suivie par une transgression débutant à l'Aptien-Albien dans la partie occidentale de la zone du Vardar et gagnant dans le SW jusqu'à rejoindre la mer demeurée dans les zones externes ».

2° *Zones externes* (Sillon du Pinde, Ride du Gavrovo, sillon Ionien, zone préapulienne et ride d'Apulie) : ces derniers n'ont pas été concernés par l'orogénèse précitée, mais, pour le sillon du Pinde, les conséquences sédimentologiques s'y traduisent par un flysch barrémien-aptien.

A la fin du Maestrichien s'organise une nouvelle orogénèse qui, cette fois encore, se propagera à partir des zones internes.

Dans la zone pélagonienne, englobant l'île d'Eubée et la plus grande partie des bordures du Canal de Talante, se trouvent d'importants massifs ophiolitiques. Ces

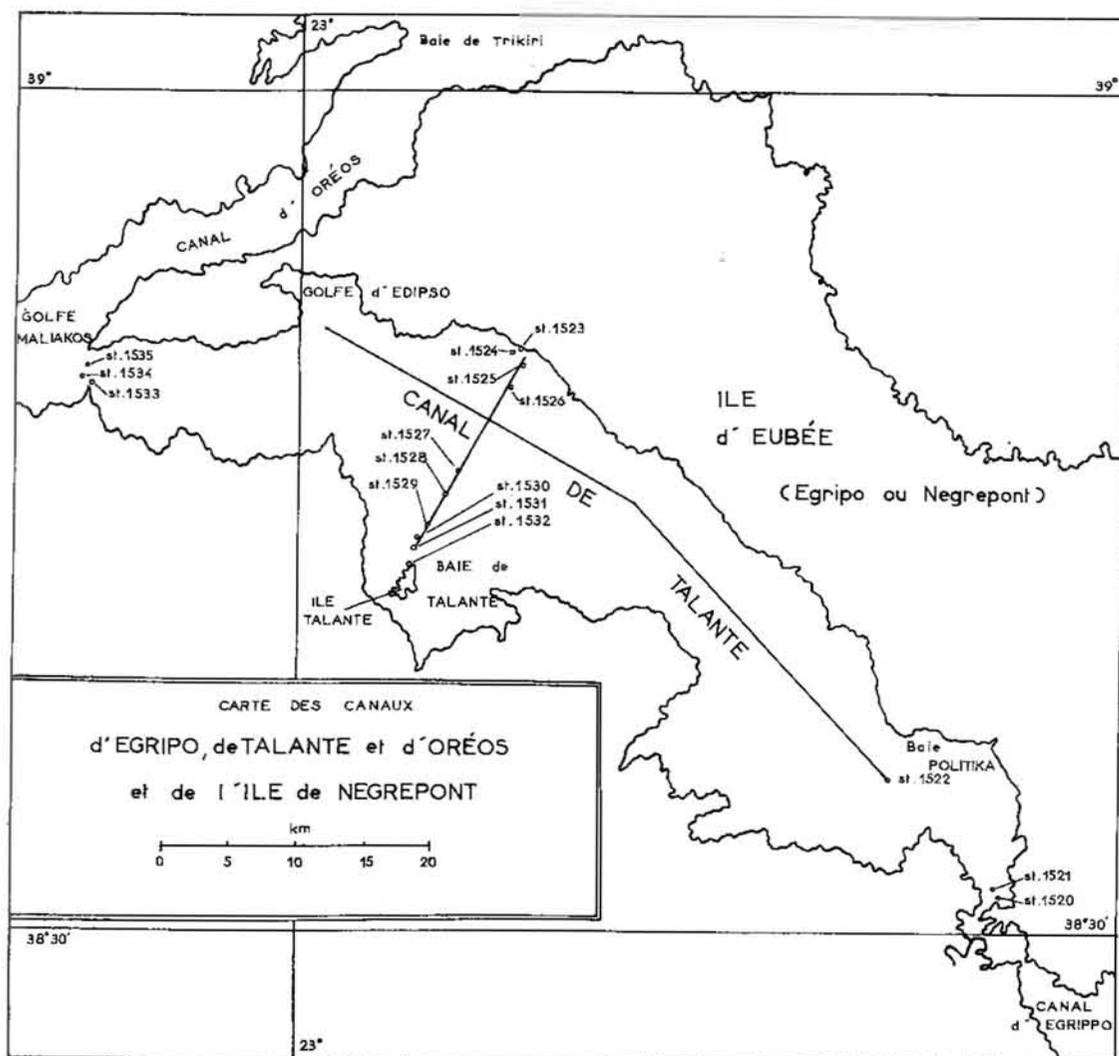


FIG. 2. — Stations du Canal de Talante.

derniers sont surtout formés de serpentines résultant de péridotites, pyroxénites et pyroxéno-péridotites.

Des gabbros ont été localement observés au-dessus, mais en général, l'ensemble des ophiolites se trouve directement transgressé par le Crétacé supérieur (Sénonien). J. AUBOUIN a pu préciser l'âge des serpentines-ophiolites anciennement considérées comme paléozoïques ou triasiques : ces massifs sont d'âge jurassique.

En général, les coulées ophiolitiques paraissent s'être différenciées par gravité; de bas en haut, on aurait la séquence : péridotites, pyroxéno-péridotites, pyroxénites, gabbros, éventuellement diorites, jusqu'aux termes quartzifères. L'ensemble est enrobé d'une « carapace microlitique-microgrenue, à faciès de *pillows-lavas* en général » (J. AUBOUIN).

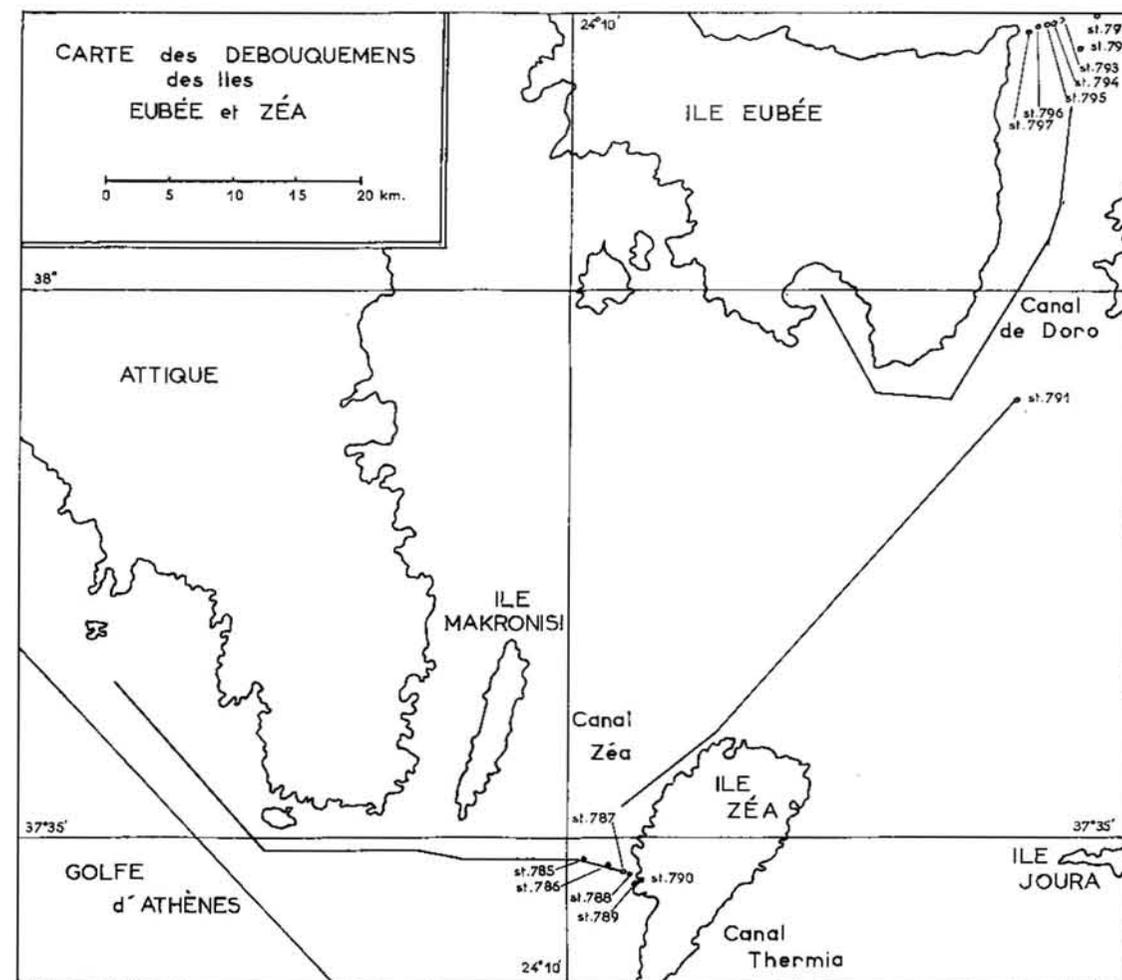


FIG. 3. — Canal de Doro, Zéa.

Enfin, on remarquera, dans les zones internes, une évolution magmatique ordonnée :  
 1° « Magmatisme initial jurassique marqué par des vastes épanchements volcaniques sous-marins, durant la période géosynclinale : séries ophiolitiques. » — 2° Magmatisme « synorogénique » à la fin du Crétacé; de nature acide (granite en Macédoine méridionale, appareils rhyolitiques, etc.). — 3° Magmatisme « post-orogénique » s'ordonnant par des émissions andésitiques, granodioritiques et, enfin, basaltiques (magmatisme final).

Pour AUBOUIN, les zones helléniques internes sont le siège d'un *magmatisme post-orogénique* pouvant se diviser en deux périodes :

1° Période oligo-miocène : andésites, trachytes, plutons granodioritiques (zone du Vardar).

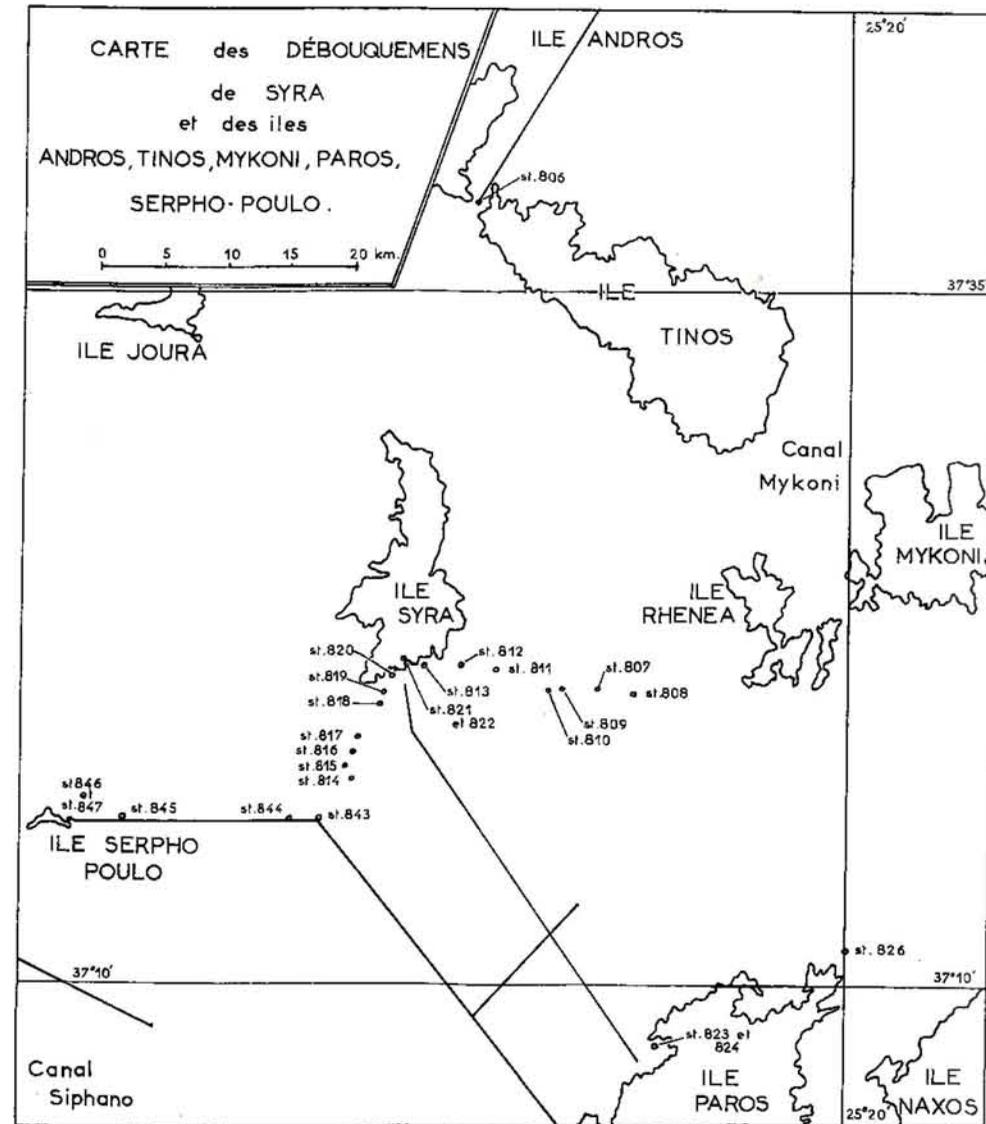


FIG. 4. — Tinos, Syra et Paros.

2° Période plio-quadernaire : éruptions de même nature ou plus basiques. Ce volcanisme, plus externe que le précédent, comprend : Microthivai, au SW de Volos, Poros, près d'Athènes, Milos, Théra (Santorin), dans les Cyclades, Banc Johnston (Mytilène), Nisiros dans le Dodécanèse. L'axe des émissions est NW-SE; la distribution des secteurs volcaniques et leur extension sous-marine recouperent les directions majeures des Hel-

lénides. Il est intéressant de noter que l'axe NW-SE des émissions coïncide avec la direction des principales lignes d'effondrements relevées par les sondages dans la topographie sous-marine des fonds étudiés.

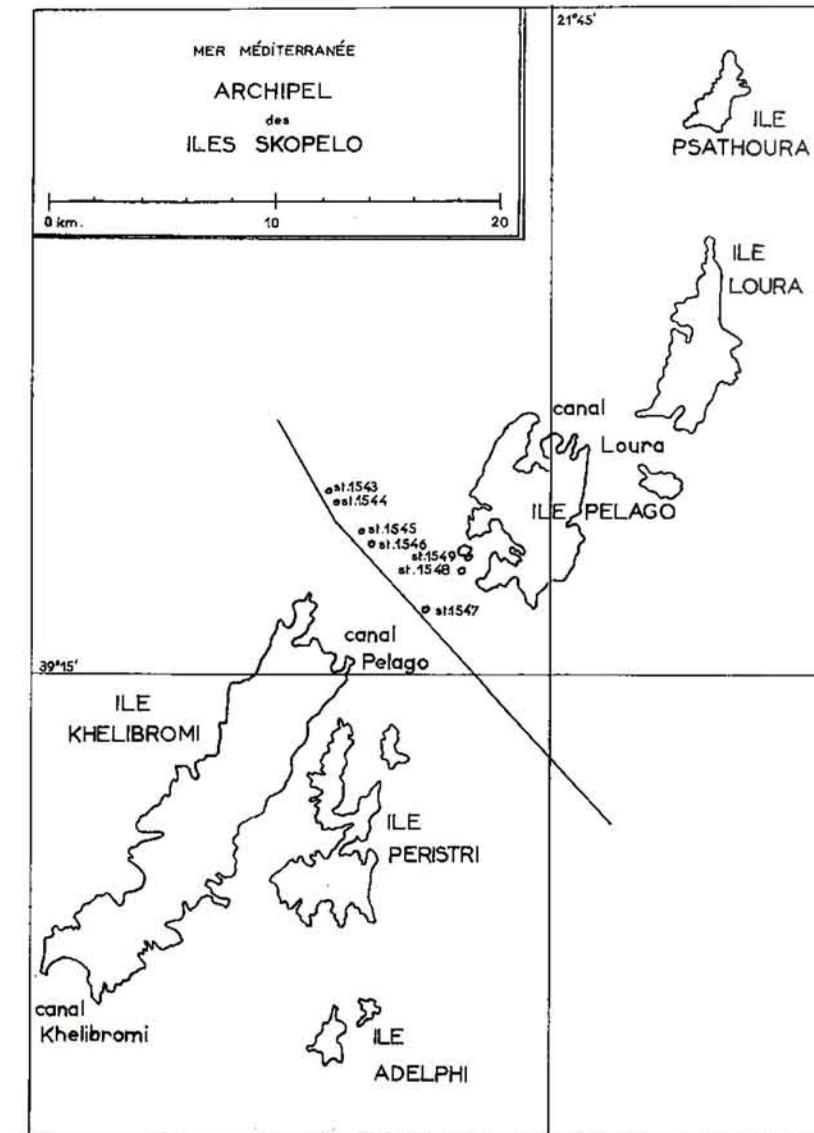


FIG. 5. — Parages des îles Skopelo.

Les structures tectoniques plio-quadernaires se rencontrent principalement dans les zones internes. « Ce sont les *effondrements égéens* au sens large » (cit. AUBOUIN). On peut distinguer encore deux domaines :

1° Les Cyclades, Sporades, Eubée : ces effondrements récents y déterminent l'actuelle topographie.

2° Les plaines d'effondrement pélagoniennes : Volo (structure de golfe presque fermé, envahi par la mer); Thessalie : baie de Salonique, golfe de Cassandre. Pour les zones externes, les effondrements recoupent le bâti dinarique (AUBOUIN) : « golfe de

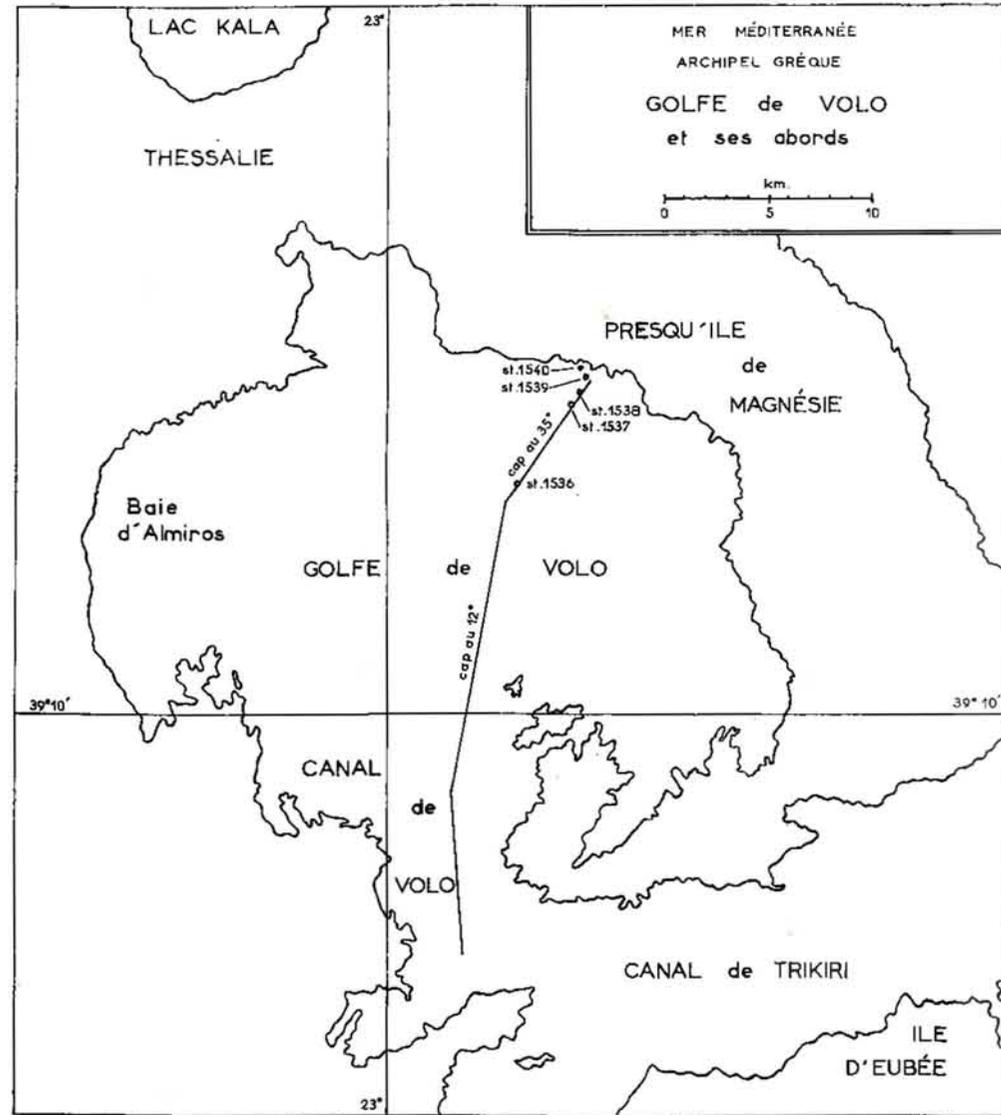


FIG. 6. — Golfe de Volo.

Corinthe pliocène auquel succède un golfe de Corinthe quaternaire décalé vers le Nord »; « effondrement ionien ayant localisé la mer ionienne actuelle ». La fosse de Matapan correspondant probablement au plus important d'entre eux.

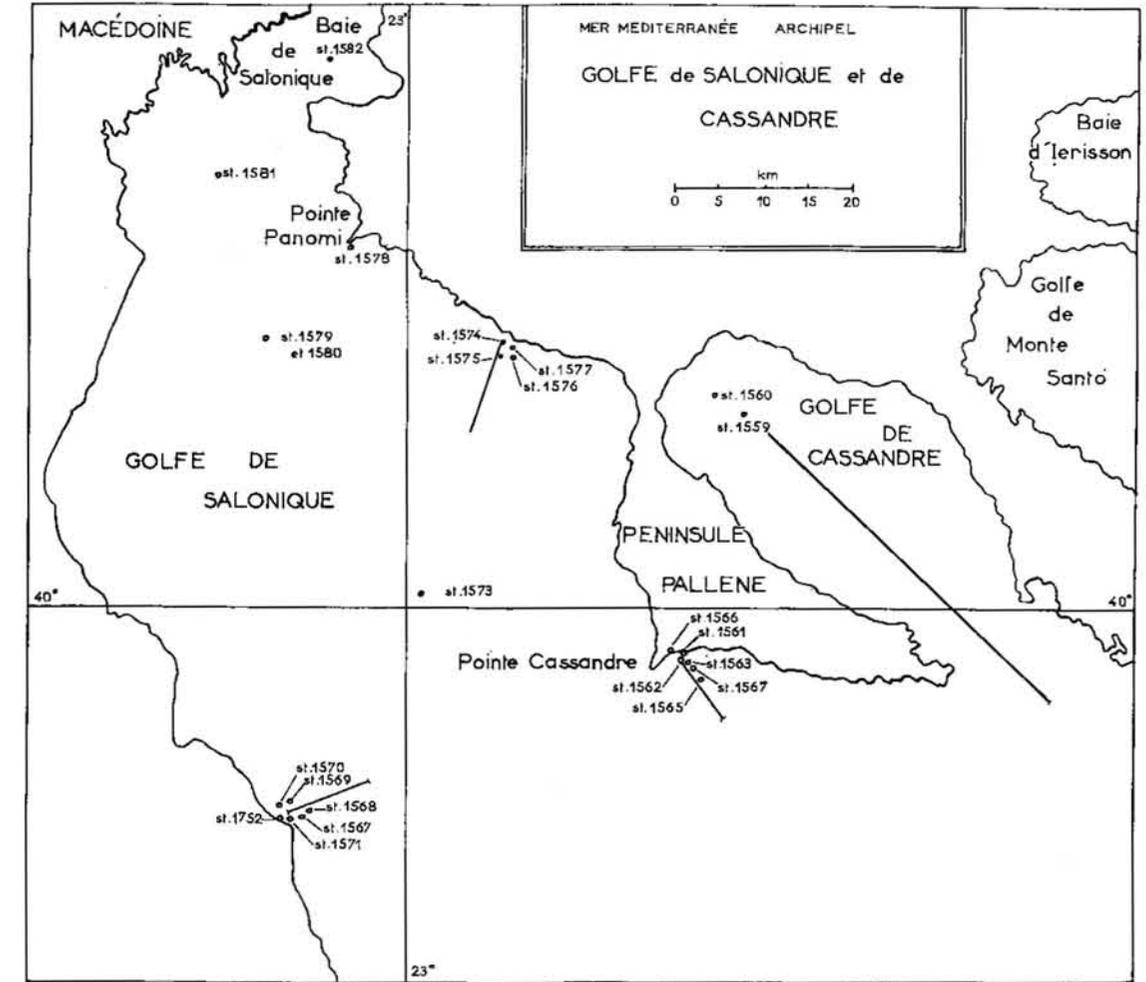


FIG. 7. — Golfe de Salonique et de Cassandre.

## II. — Morphologie sous-marine.

Les recherches de PFANNENSTIEL (1960) sur la géologie et la bathymétrie de la Méditerranée orientale apportent d'intéressantes précisions, notamment pour la feuille de la mer Egée. On résumera ici les résultats suivants :

1° Le précontinent, lorsqu'il se trouve largement représenté, montre une morphologie aérienne typique très fraîche, remontant au Würm. A cette époque, pour la zone émergée, un certain nombre de passages s'avéraient possibles pour l'homme et les animaux. L'étude bathymétrique détaillée permet de retrouver le lit de grands fleuves aujourd'hui noyés; exemple : le fleuve des Dardanelles. Les deltas des fleuves importants maintenant arasés montrent, sur ce précontinent, des éventails alluvionnaires très plats.

2° Sur le précontinent portant les Cyclades, on observe une surface topographique plus ancienne. A la place de la mer Egée se trouvait une surface continentale élaborée au Miocène et au Pliocène supérieur.

Les travaux de PFANNENSTIEL montrent qu'une évolution tectonique relativement récente a fait surgir de cette surface des blocs entiers, des îles et des groupes d'îles.

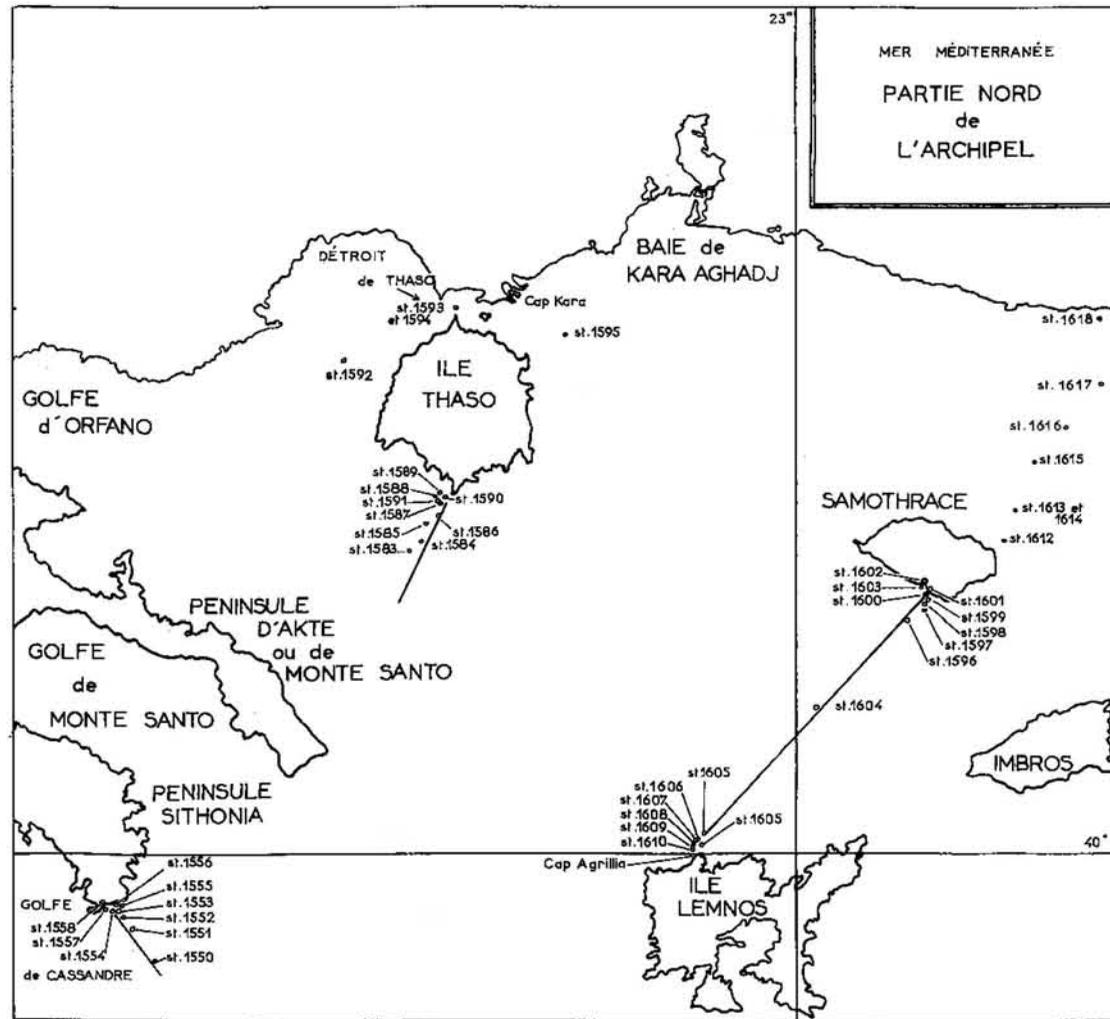


FIG. 8. — Parages de Thrace, Samothrace, Thaso et Lemnos.

Réciproquement, d'autres secteurs ont été enfoncés, donnant des sillons et des fosses (grabens). Ainsi, il apparaît que la mer Egée n'a pas de bassins abyssaux continus mais des fossés et des dépressions entrecoupés par des seuils et des dorsales. Une zone particulièrement désordonnée et complexe (fossés et horst) se trouve au Sud du Péloponèse. Pour PFANNENSTIEL, ce seraient des « collapse-structures » tectoniques agrandies.

3° L'effondrement égéen remonterait principalement au Pléistocène supérieur, probablement au post-Riss si on considère les mammifères quaternaires découverts dans les

îles grecques : *Elephas antiquus*, *Hippopotamus sp.*, etc. (Chypre, Crète, Délos, Mykonos et Cythère).

4° L'étude gravimétrique, d'après la carte des anomalies de BOUGUER (BRUYN, 1955,

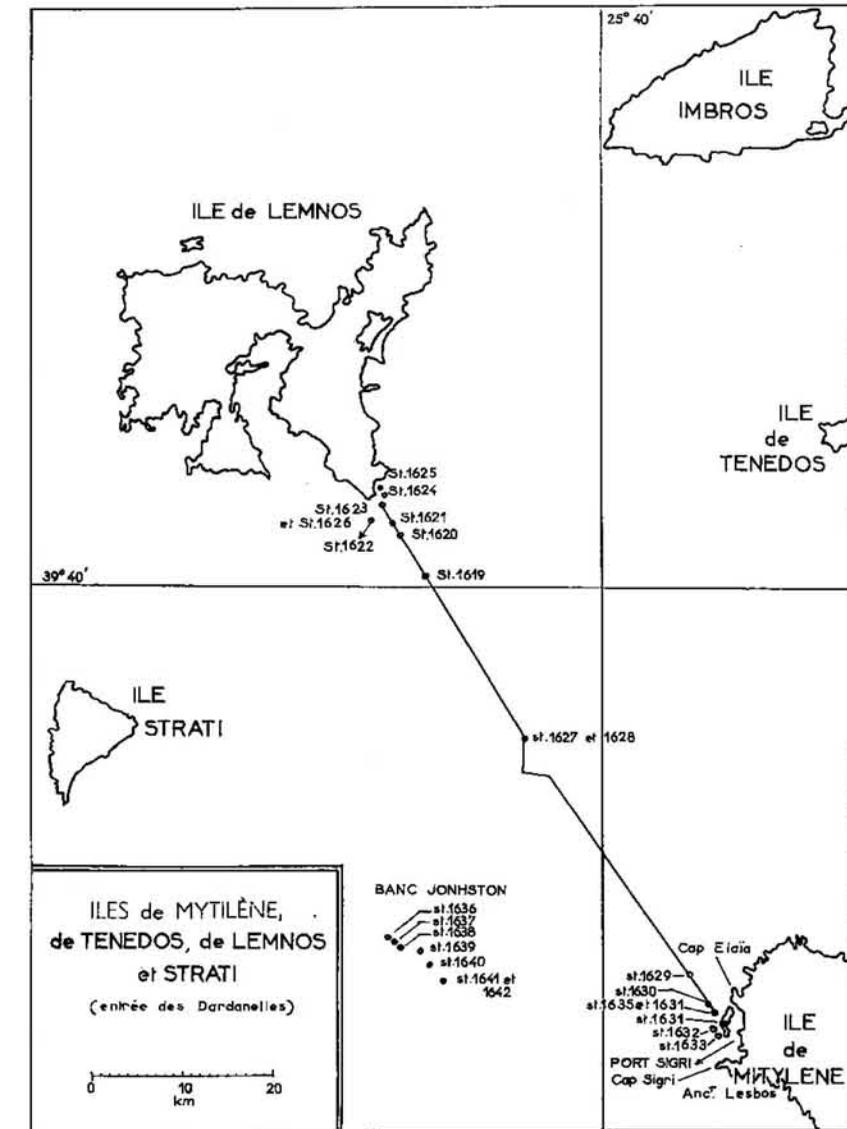


FIG. 9. — Parages de Lemnos et Mytilène.

GUTENBERG et RICHTER, 1954 in PFANNENSTIEL), met en évidence : une zone d'anomalies positives au Nord de la Crète et englobant les Cyclades, centrée sur le secteur actif volcanique de Santorin : +152 mgl, +100 à +125 mgl à Paros; en revanche, dans les dépressions tectoniques, on note : 0 mgl à Matapan et à Chalchis.

En outre, il semble, d'après PFANNENSTIEL, que les « traits et les alignements tecto-

niques de la terre ferme (Grèce et Asie Mineure) ne se prolongent pas tous sous la mer. Quelques lignes tectoniques peuvent être observées sur une courte distance; d'autres lignes disparaissent, traversées par des fractures Nord-Sud qui empêchent que ces structures poursuivent leur cours dans la mer » (p. 61, *op. cit.*).

III. — Coupes effectuées.

1° FOSSE DE MATAPAN. — Nous avons relevé et reporté, au 1/100 000, deux profils suivant le 35° et le 147° (fig. 10). On relève, à partir du Cap Matapan, un précontinent assez réduit, descendant vers -1 250 m par des dalles dont la pente s'accroît vers le large. Ces dalles sont interrompues par des failles d'effondrement formant des marches d'escalier. Les rejets sont importants et augmentent vers le large : de 100 à 200 m.

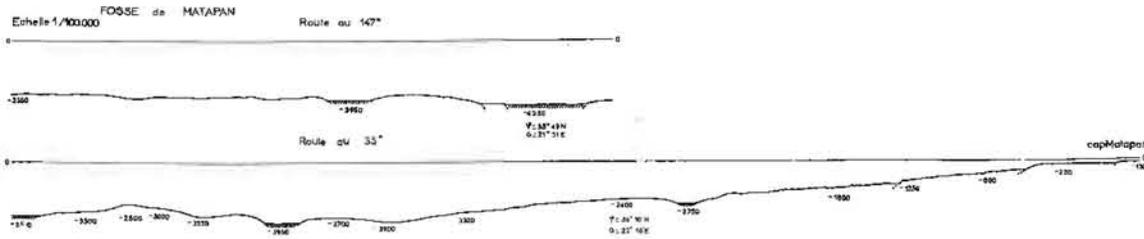


Fig. 10. — Profils de la fosse de Matapan; échelle 1/100 000 : longueurs et hauteurs.

De -1 250 m à -2 100 m, on notera des fonds très tourmentés, à reliefs déchiquetés, formant une bande d'environ 6 milles de large. L'amplitude des dénivellations peut atteindre 100 m en certains cas. On a une suite de pics abrupts et d'aiguilles très vives. La nature du substratum demeure inconnue (fonds volcaniques?). Plus au large, on passe à des zones d'anomalies positives de la pesanteur (cf. cartes gravimétriques, *in* PFANNENSTIEL).

De -2 100 m à -4 000 m, le fond redevient régulier et s'abaisse, avec des replats et d'étroites fosses, en voie de colmatage, à fond horizontal : à -2 750 m, -3 950 m et -3 500 m. On peut noter des remontées à -2 800 m formant d'importants reliefs, à pentes régulières, avec dénivellations de l'ordre de 1 200 m. Les fosses paraissent orientées NW-SE sans rapport avec les directions des Hellénides.

Une coupe au 147° (cf. fig. 10) passant par  $\varphi = 35^{\circ}49' N$  et  $G = 21^{\circ}51' E$ , à l'échelle du 1/100 000, traverse une dépression s'apparentant à la fosse de Matapan. On a des fosses non entièrement colmatées, à remplissage vaseux, à -2 950 m et -4 250 m. La fosse à -4 250 m est un *graben* bordé de failles en escaliers, orientées NW-SE, avec rejets de 100 m. Séparant ces fosses, on note des reliefs réguliers et importants avec dénivellations de 700 m.

2° ZONE DU CANAL DE TALANTE. — Il s'agit d'effondrements quaternaires récents. Les failles demeurent très visibles dans la topographie aérienne et sous-marine : failles

de graben, formant des gradins serrés, avec rejets de 100 m à 300 m (fig. 11, profil au 26°, au 1/100 000).

La partie centrale est à -420 m et -430 m, elle montre un fond uni en voie de col-

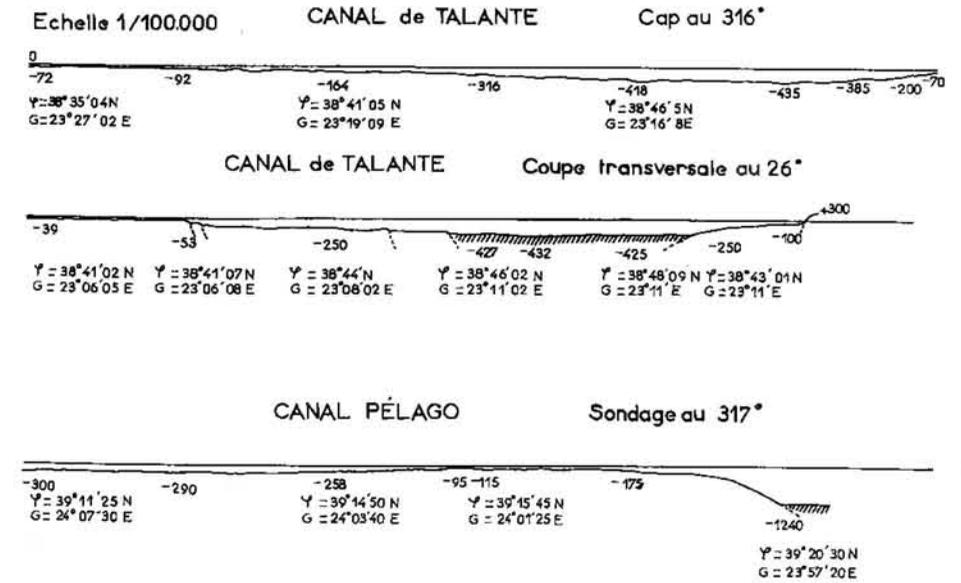


Fig. 11. — Profils au 1/100 000 (long. et haut.) du Canal de Talante et du Canal Pélago.

matage (vase jaune gluante). Les failles orientales, du côté de l'île d'Eubée, montrent une activité toute récente : vers Saint-Taxiarque, on note des mouvements positifs sub-actuels, à la bordure des massifs d'ophiolites et de serpentines. Leur amplitude est de

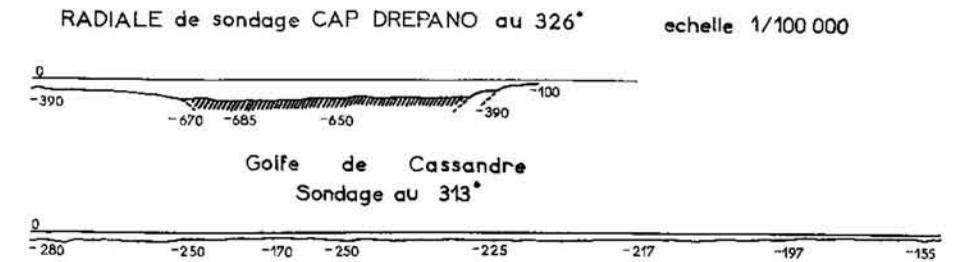


Fig. 12. — Radiales golfe de Cassandre et Cap Drépano au 1/100 000.

+2,50 m avec perforations de lithodomes, corniches d'abrasion et encroûtements coralligènes surélevés. La corniche coralligène exondée renferme une faune actuelle à *Cladocora* et *Spondyles*.

3° DES EFFONDEMENTS ANALOGUES S'OBSERVENT AU SUD DE LA THRACE, AU CAP DREPANO (fig. 12). — Le précontinent se trouve bordé vers le large par des failles déli-

mitant des paliers à —390 m et —600 m. On relève une petite fosse d'origine tectonique en voie de colmatage par la vase jaune gluante à Ptéropodes.

Ces quelques remarques préliminaires montrent l'intérêt d'études bathymétriques précises en de tels secteurs où plusieurs campagnes seraient à envisager. Elles ne donnent qu'une bien faible idée de la topographie sous-marine jeune, commandée par

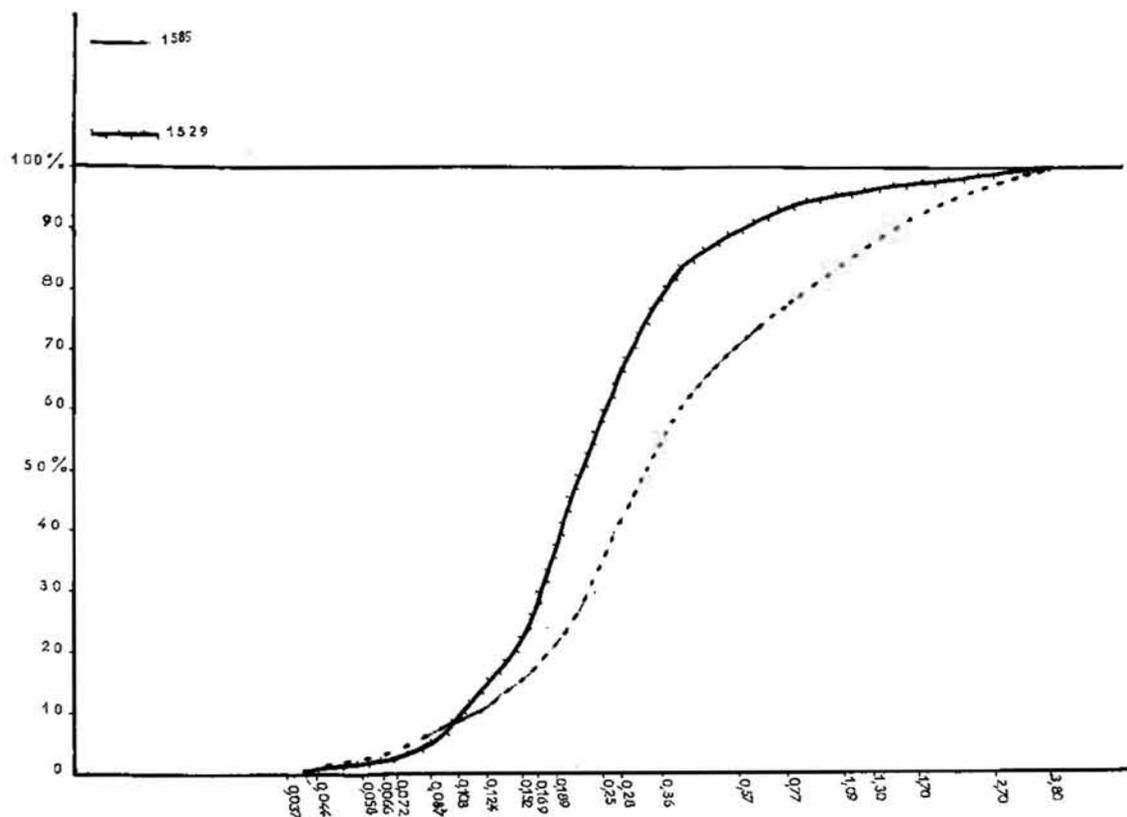


FIG. 13. — Station 1529 : Canal de Talante (—62 m), sable vaseux à débris organiques, très chloriteux. Station 1585 : Sud de Thaso (—118 m, —115 m), sable à Bryozoaires brisés et remaniés.

la tectonique et probablement en voie de colmatage sédimentaire. Nos recherches n'ont pas la prétention d'en expliquer les grandes lignes. Au cours de trop brèves campagnes, la récolte de sédiments — pour ces types de fonds — a été l'occasion d'études sédimentologiques locales. Notre propos sera d'en exposer les caractéristiques, qu'il s'agisse des vases gluantes colmatant les zones effondrées ou des formations du précontinent : sables détritiques et formations coralligènes souvent remaniés, sédiments du prisme littoral.

## CHAPITRE II

### LE MATÉRIEL SABLEUX

#### I. — Composition minéralogique des sédiments du prisme littoral et des zones de transfert.

##### A. — L'ASSOCIATION DES OPHIOLITES-PÉRIDOTITES :

*Littoral occidental de l'île d'Eubée.*

Ex. : plage de Saint-Georges : île d'Eubée. Cette zone est jalonnée d'importants affleurements d'ophiolites en rapport avec la tectonique des Hellénides (J. AUBOIN, 1960). De tels massifs, soulevés par une tectonique récente, montrent des minéralisations, des zones enrichies en produits magnésiens et, surtout, d'importantes altérations en masse (serpentes). Apparaît ainsi un domaine particulier défini par un petit nombre d'espèces

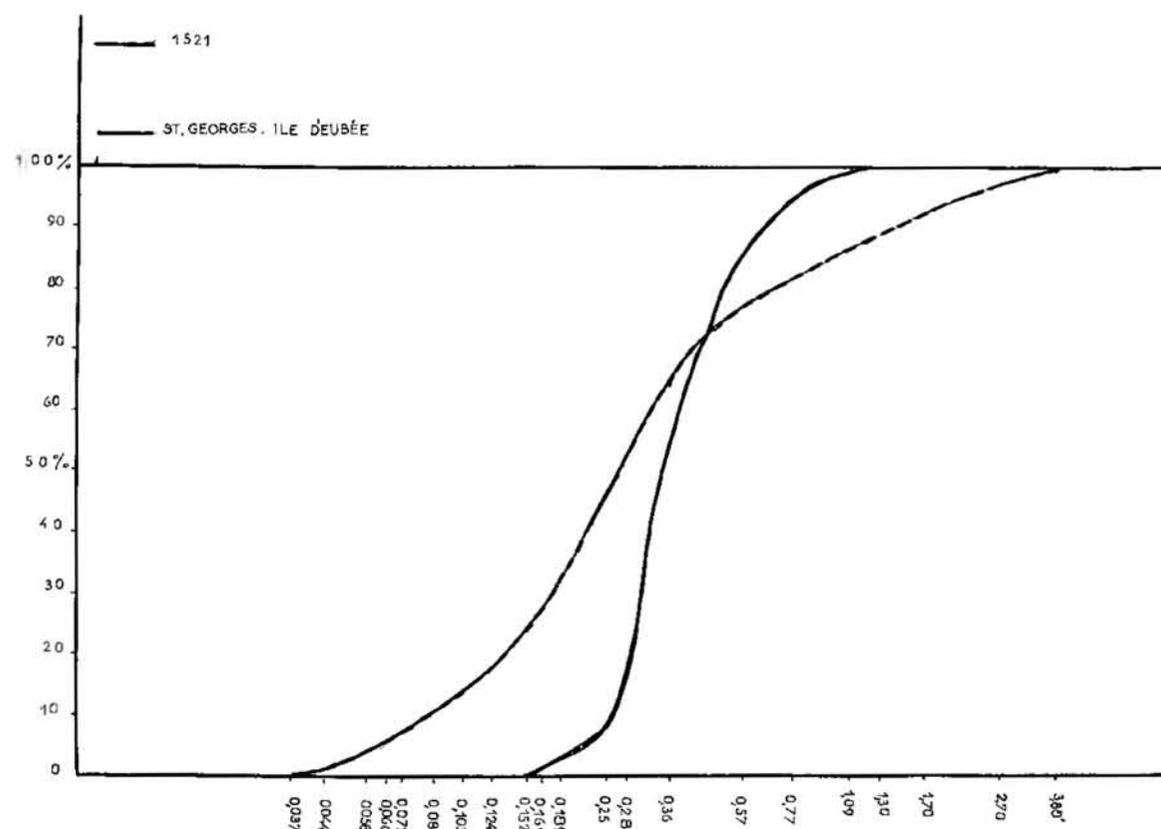


FIG. 14. — Station 1521 : Canal de Talante (—21 m), sable gris vaseux. Plage de Saint-Georges, île d'Eubée.

minérales, souvent reprises par les transferts et parfois remaniées sur de longues distances. Les produits d'un volcanisme basique et ultra-basique ont été retrouvés en effet dans la plupart des sédiments sous-marins de ce domaine de la Méditerranée nord-orientale.

A la plage Saint-Georges, au voisinage du laboratoire de biologie marine, existent des cordons littoraux formés presque exclusivement de sables à olivine et à galets de giobertite. On met en évidence le cortège suivant, caractérisant un apport volcanique sous-marin syntectonique (Hellénides) et ultra basique :

— *Olivine* :  $\text{SiO}_2$ ,  $2(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$ ; on distingue la variété incolore (forstérite) et une variété brun-noir (fayalite), toujours associée avec chromite, spinelles, grenats, etc. On trouve des altérations et les formes cristallines communes aux roches éruptives basiques : faces (100) et décomposition en produits serpentineux (antigorite et chrysotile).

— *Chromite* :  $\text{FeO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; presque toujours associée au Mg, souvent altérée en limonite. Variété probable : *Magnésiochromite* :  $\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$ .

— *Ilménite* :  $\text{FeO}$ ,  $\text{TiO}_2$ .

— *Hématite* :  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

— *Sépiolite* :  $3 \text{SiO}_2$ ,  $2\text{MgO}$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ ; masses et grains compacts, amorphes, légers; toucher doux. Blanc mat, parfois gris ou faiblement teinté de rose. Grains cryptocristallins ou masses noduleuses dans les serpentines.

— *Giobertite* :  $\text{CO}_3\text{Mg}$ ; espèce la plus commune : à Saint-Georges, peut constituer 60 à 70 % du total du sédiment. Masses compactes, cassure unie ou porcelannée, blanches ou blanc grisâtre. On connaît les gîtes classiques de l'île d'Eubée. Il s'agit ici d'un minéral accessoire des serpentines et schistes chloriteux ou talqueux concentré dans les sédiments du prisme littoral. A l'origine, la giobertite paraît issue de l'altération et du métamorphisme des roches riches en magnésie.

A l'exception de quelques débris de coquilles et de la sépiolite, le sédiment ne comporte pas de minéraux légers. Les comptages sur 530 grains montrent la composition suivante (erreur  $\pm 2,9$  %) : Giobertite : 65 %; Sépiolite : 2 %; Olivine et produits d'altération : 11,9 %; Chromite : 1,5 %; Hématite : 0,77 %; Ilménite : 0,19 %; non déterminés ou mélanges : 18,64 %.

En plus de l'intérêt économique de cet ensemble (Mg et Cr), nous définissons au départ un cortège bien particulier qui se trouvera, par la suite, fréquemment remanié au-delà des sources d'apports. Un certain nombre de constituants disparaîtront tandis que des mélanges plus complexes vont se réaliser (transferts, apports fluviaux).

#### B. — ZONE DES TRANSFERTS EN THRACE MÉRIDIONALE :

##### GRUPE DE LA POINTE DE CASSANDRE :

###### *Prisme littoral.*

L'érosion d'importants affleurements néogènes enrichit le cortège minéral. On retrouve quelques constituants basiques : Olivine et produits d'altération; 5 à 10 % du total; Ilménite.

S'y ajoutent des minéraux du cortège métamorphique, repris par l'érosion des

témoins néogènes, en bordure du littoral : *Muscovite* : plus de 50 % du total; *Grenat* : 3 à 4 %; *Disthène* : 1 à 2 %; *Biotite* et *Chloritoïde*; Quartz à inclusions métallifères ou à rutile.

La *Barytine* et l'*Augite*, de provenance non déterminée, accompagnent des altérations : limonite, hématite, gœthite.

Il existe, cette fois, une fraction légère comprenant : quartz (dominant), dolomie, aragonite et plagioclases.

#### C. — MÉLANGE DU CORTÈGE OPHIOLITES-SERPENTINES AVEC LE STOCK DE TRANSFERT DU PRISME LITTORAL

Le meilleur exemple est donné par le sédiment mixte de la Pointe de Dermatas (baie de Salonique), littoral abrupt, très érodé : ophiolites et serpentines. Le transfert du Golfe de Salonique amène un mélange. Les divers constituants sont les suivants :

1° *Stock ultra-basique des ophiolites*; on retrouve : Olivine, souvent altérée sur place, Magnétite, Chromite, Ilménite, Oligiste (en partie). — 2° *Minéraux issus du volcanisme basique* : Augite et minéraux du groupe précédent. — 3° *Minéraux issus des roches acides* : Sphène, Micas. — 4° *Minéraux issus des zones métamorphiques* : Muscovite, Biotite, Chlorite et Chloritoïde, Chlorite, Grenat almandin, Disthène, Hornblende, Tourmaline. — 5° *Groupe non déterminé* : Epidote (Ophites ou roches métamorphiques altérées, démantèlement des molasses), Zoïsite, Idocrase. Peut-être en rapport avec les phases d'érosion des Hellénides. — 6° *Minéralisations ubiquistes ou non déterminées* : Oligiste et limonite, Blende, Pyrite, Chalcopyrite et, probablement, cuivre gris.

Les comptages du résidu lourd, sur 188 grains, avec une erreur de  $\pm 4,5$  %, donnent la répartition suivante : Muscovite : 9,2 %; Chlorite : 5,1 %; Olivine : PA (= inférieurs à 4,5 %); Epidote : PA; Disthène : PA; Blende : PA; non déterminé : PA; Chromite : PA; Magnétite : PA; Chloritoïde : PA; Chalcopyrite : R; Limonite, Gœthite : PA; Oligiste : PA; Ilménite : R; Pyrite : TR; Tourmaline : R; Grenat incolore et spinelle : R; Grenat almandin : TR; Augite ferrifère : R; Hornblende : TR; Idocrase : R; Zoïsite : R; Sphène : R; Biotite : R.

On notera la dominance du stock métamorphique.

#### D. — MÉLANGE COMPLEXE : POINTE PANOMI (BAIE DE SALONIQUE)

Influences mixtes, transfert littoral. On trouvera plusieurs groupements minéralogiques : 1° *Groupe des Ophiolites-Péridotites* : Olivine, Ilménite (souvent altérée en leucoxène) : assez abondant, probablement concentré sur les plages par les actions de lévigation; Augite et Hornblende brune. — 2° *Groupe des minéraux métamorphiques* : Muscovite et Biotite, Disthène, Grenat almandin, Staurodite, Sillimanite, Chlorite, Tourmaline. — 3° *Groupe acide* : Apatite, Rutile, Sphène. — 4° *Schistes cristallins*; c'est le groupe : Glaucophane, Zoïsite, Epidote, Hornblende. — 5° *Minéraux ubiquistes ou de*

provenance non déterminée : Limonite, Oligiste et Gœthite, Hématite, Galène, parfois altérée en cérusite.

Parmi les minéraux légers, on note environ 80 % de quartz (nombreuses extinctions roulantes).

Les comptages sur 225 grains donnent les proportions suivantes (avec une erreur statistique égale à  $\pm 4,45$  %) : Muscovite : 25,3 % ; Olivine : 13,8 % ; Grenat almandin : 10,6 % ; Ilménite : 6,8 % ; Disthène : 5,8 % ; Augite : 4,4 % ; Gœthite, Limonite : 4,8 % ; Oligiste : PA (= moins de 4,4 %) ; Staurotide : PA ; Sillimanite : PA ; Chlorite : PA ; Biotite : PA ; Glaucothane : PA ; Zoïsite : PA ; Tourmaline : R ; Rutile : R ; Epidote : R ; Sphène : TR ; Hornblende brune : TR ; Apatite : R ; Galène : R ; non déterminés : 8,4 %.

Ce comptage sommaire, au sein de cette riche association, permet d'insister sur deux faits :

1° Dominance des minéraux appartenant aux zones moyennes et inférieures du métamorphisme général. 2° Maintien du stock basique et ultra-basique (ophiolites) par deux constituants principaux : olivine et ilménite. En outre, mélange de petits stocks divers, souvent mal déterminés, dont l'importance statistique demeure faible. La nature exacte de leurs constituants pourrait être précisée en augmentant le taux de comptage.

#### E. — CONTRIBUTION DU VARDAR (AXIOS) :

##### Fond du Golfe de Salonique.

Il s'agit de mélanges moins variés. Notons plusieurs sources d'apports : 1° *Stock du métamorphisme général* : Muscovite et Biotite, Chlorite, Disthène, Grenat, Chloritoïde, Sillimanite. — 2° *Stock accessoire des schistes cristallins* : Epidote, Glaucothane. — 3° *Stock des roches éruptives acides* : Sphène, Apatite, Rutile, Brookite, Micas divers. — 4° *Stock des minéraux opaques, secteurs minéralisés non déterminés* : Limonite, Chromite, Chalcopryrite, Blende, Giobertite, Or (micropépites granuleuses), Ilménite, Galène.

Parmi les minéraux de la fraction légère, on distinguera : Quartz, Dolomie, Calcite, Calcédonite, Opale, Plagioclases, parfois, Muscovite et Chloritoïde.

Le comptage a porté sur 313 grains. Il en résulte une erreur statistique moyenne de  $\pm 3,8$  % : Muscovite : 40,0 % ; Hématite, Oligiste, Limonite, Gœthite : 15,0 % ; Chlorite : 11,1 % ; Chloritoïde : 5,2 % ; Sillimanite : 4,2 %, moins de 3,8 % : Biotite : PA ; Chromite : PA ; Epidote : PA ; Glaucothane : PA ; Sphène : R ; Grenat : R ; Blende : R ; Chalcopryrite : R ; Giobertite : TR ; Apatite : TR ; Rutile : TR ; Brookite : TR ; Or : TR ; Disthène : TR ; Galène : TR ; Ilménite : TR.

Apparaît immédiatement l'importance du stock du métamorphisme général, source principale des apports. Les autres contributions s'avèrent des plus réduites au point de vue statistique ; de très longs comptages seraient nécessaires pour en définir la composition exacte. Enfin, on notera la disparition du cortège ultra-basique dont les constituants caractérisent les sédiments du domaine marin franc et du prisme littoral.

## II. — Granulométries et conditions de sédimentation.

### A. — LE PRISME LITTORAL

Il s'agit, le plus souvent, de sédiments sableux remaniés par le déferlement et les actions de transfert. A l'origine, on se trouve en présence d'une *alimentation mixte* : stock initial issu d'un éboulis (Eubée, golfe de Volo, Cap Drépano), apports par transferts latéraux provenant d'éboulis plus ou moins évolués ou de l'érosion des affleurements.

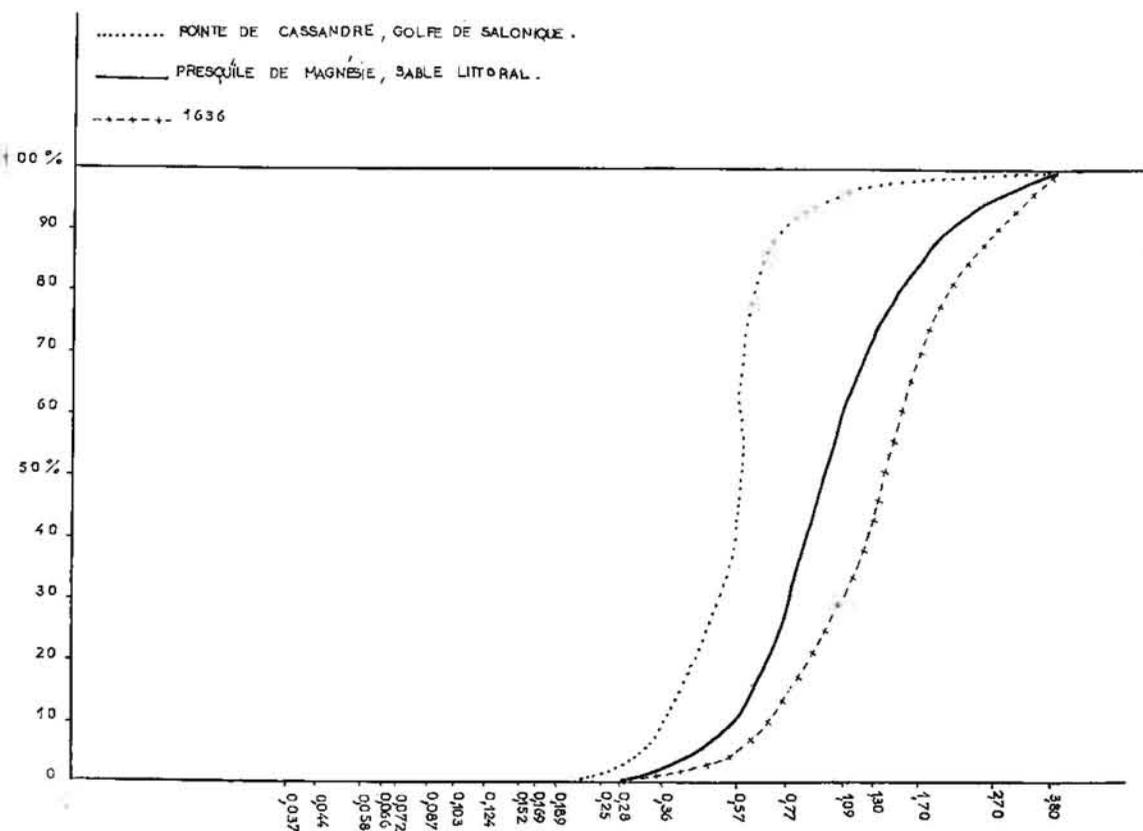


FIG. 15. — Station 1636 : Banc Johnston (-38, -40 m), gravier coralligène à Mélobésiées.

Dans tous les cas et *indépendamment de la composition minéralogique du sable*, le sédiment remanié, brassé, évolue *très vite* en milieu marin littoral. Sous l'effet des actions hydrodynamiques, les stocks se modifient par usure et lévigation. Les granulométries ne traduisent que l'allure globale, *résultante*, de phénomènes complexes sans pouvoir en détailler les modalités. *On aboutit toujours à des faciès logarithmiques et/ou hyperboliques*. Les paramètres de position et de symétrie donnent alors une idée du degré d'évolution de tels sédiments lessivés et remaniés (fig. 15).

1° Les types logarithmiques montrant une évolution amorcée par lévigation ou une évolution régressive du sédiment caractérisent un triage parfois incomplet. Exemples : Cap Drépano, presqu'île de Magnésie (golfe de Volo), îles Pélogo : l'évolution paraît plus poussée et tend vers un type hyperbolique (fig. 15).

Dans tous les cas, le classement est relativement bon; on met en évidence généralement 3 stocks : sablon, sable, sable grossier passant aux granules. La dispersion demeure élevée.

On a en millimètres :

| Stations                    | P <sub>10</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>3</sub> | P <sub>90</sub> | $\sqrt{Q_3/Q_1}$ |
|-----------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Cap Drépano.....            | 0,23            | 0,37           | 0,78           | 1,5            | 2,6             | 2,01             |
| Presqu'île de Magnésie..... | 0,57            | 0,75           | 0,95           | 1,32           | 1,90            | 1,35             |
| Crique, îles Pélogo.....    | 0,49            | 0,65           | 0,80           | 1,02           | 1,34            | 1,25             |

La valeur  $\sqrt{Q_3/Q_1}$  ou « sorting coefficient » de Trask exprime le degré de classement d'un sédiment : sédiment bien classé : inférieur à 2,5; normalement classé : voisin de 3; mal classé : supérieur à 4,5. Dans tous les cas, nous aurons un classement satisfaisant, fait assez rarement réalisé pour les autres sédiments étudiés à l'exception du prisme littoral.

2° Les types hyperboliques nous montreront le terme de cette évolution. Il s'agit de sables fins ou extrêmement bien classés. La dispersion peut se trouver encore élevée; la distinction des stocks initiaux devient malaisée à établir. Exemples : Pointe de Dermatas (golfe de Salonique), Pointe de Cassandre (Thrace méridionale), Plage Saint-Georges (île d'Eubée), Pointe Panomi (Baie de Salonique), Station 1602 : crique Cap Malathrea (Samothrace) (fig. 14).

Le plus souvent, de tels sédiments sont repris par un transfert important (golfe de Salonique, Chalcide).

| Stations                             | P <sub>10</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>3</sub> | P <sub>90</sub> | $\sqrt{Q_3/Q_1}$ |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Pointe de Dermatas (Salonique).....  | 0,16            | 0,18           | 0,22           | 0,29           | 0,35            | 1,27             |
| Pointe de Cassandre (Salonique)..... | 0,36            | 0,47           | 0,57           | 0,60           | 0,74            | 1,13             |
| Plage Saint-Georges (Eubée).....     | 0,26            | 0,30           | 0,35           | 0,45           | 0,65            | 1,22             |
| Pointe Panomi (Samothrace).....      | 0,31            | 0,37           | 0,49           | 0,62           | 0,77            | 1,29             |
| Cap Malathrea (Samothrace).....      | 0,22            | 0,25           | 0,28           | 0,32           | 0,36            | 1,13             |

Quelles que soient les tailles et la composition minéralogique, le classement demeure excellent. De telles valeurs du coefficient de Trask n'ont été observées que dans les zones les plus évoluées du prisme littoral. Une telle caractéristique peut être utile dans l'étude des sédiments anciens d'origine littorale ou dunaire.

#### B. — LES SÉDIMENTS QUATÉRNAIRES DU CANAL PÉLAGO

Il s'agit de sables roux, oxydés, souvent isométriques, particulièrement sur le fond des passes et chenaux des îles Pélogo, balayés par les courants, à une profondeur allant de 150 à 190 m (fig. 16, 21 et 26).

Le sédiment est formé de quartz rubéfié, avec olivine et pyroxène principalement. Les débris organiques accompagnant la fraction minérale sont encroûtés d'oxydes de Mn, triturés et souvent mal classés. Il s'agit probablement de thanatocœnoses remaniées.

La microfaune semble aussi remaniée et mélangée. Elle ne paraît point toujours correspondre à la profondeur du dragage (—150 à —190 m) : *Elphidium crispum*, *Pyrgo* cf. *murrhina* (épigénisé), *Robulus* sp., *Anomalina balthica*, *Uvigerina* sp. et *Bolivina* sp.

Il est possible qu'un tel sédiment résulte du mélange de deux niveaux remaniés. Par la suite, le matériel sédimentaire a été l'objet d'une évolution particulière.

On y retrouve en outre quelques piquants d'Oursins et des Bryozoaires remaniés accompagnant une thanatocœnose quaternaire, peut-être d'âge würmien à *Chlamys septemradiatus* (J. PICARD). En plus, signalons des coraux profonds vivants (*Dendrophylla*) accompagnés de galets d'arkoses et de basaltes.

Vers —185 m (Station 1545) :  $\varphi = 39^{\circ}18'25''$  N et  $G = 23^{\circ}59'45''$  E, le sédiment à thanatocœnoses quaternaires s'envase et comporte un groupement à *Cidaris* et *Terebratula vitrea*. La fraction sable-sablon, riche en matériel volcanique, demeure toujours bien triée, probablement sous des actions de lévigation.

Enfin, dans l'axe même du Canal Pélogo, pour la zone la moins profonde formant un seuil vers —150 m (Station 1546), on rencontre un sable roux, isométrique, s'apparentant aux sédiments quaternaires précités et ressemblant à un sédiment de plage.

L'étude granulométrique de ce sable, dragué par  $\varphi = 39^{\circ}18'20''$  N et  $G = 24^{\circ}00'00''$  E, montre un faciès de plage certain, très évolué par lévigation et triages contre le fond. Le classement est excellent tandis que paraissent manquer une partie des éléments grossiers. On notera deux stocks sableux et un petit stock de sablon (fig. 16).

Pour le sable plus profond (Station 1544, —190 m), le sédiment est encore bien évolué, mieux classé, avec deux stocks importants.

On a en millimètres :

| Stations                                | P <sub>10</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>3</sub> | P <sub>90</sub> | $\sqrt{Q_3/Q_1}$ |
|---|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Canal Pélogo : 1546 (sable à —152 m) .. | 0,09            | 0,12           | 0,18           | 0,24           | 0,32            | 1,42             |
| Canal Pélogo : 1544 (sable à —190 m) .. | 0,17            | 0,23           | 0,34           | 0,57           | 0,95            | 1,57             |

La valeur du coefficient de Trask montre que ces sédiments sont très bien classés.

## C. — LE BANC JOHNSTON ET SES ABORDS

Plusieurs dragages ont été effectués au banc Johnston, à l'Ouest de l'île de Mytilène, à 21,8 milles dans le 285 du phare Sigri. Le sommet du haut-fond a été sondé de —38 à —40 m et domine des profondeurs de —195 à —358 m.

Il s'agit d'un plateau volcanique sous-marin, isolé, au large d'un archipel effondré (Mytilène, îlot Sigri). Le sommet du haut-fond est couronné par un concrétionnement coralligène *actuel*, très frais. Des blocs de basalte émergent d'un gravier blanc à Mélobésiées, *Lithothamnium*, Serpules, Bryozoaires et débris de Gastéropodes. Les débris accumulés sur place sont brisés, mal classés; la granulométrie confirme l'absence d'évolution de ce gravier coralligène *actuel*. Parmi les Foraminifères, on signale : *Elphidium crispum* et *Triloculina* sp.

L'affaissement des îles Sigri, de l'Ouest de Mytilène et du banc Johnston, est confirmé par la présence d'une forêt fossile (îles Sigri). Les troncs fossiles sont épi-génisés en calcédonite et en opale et enfouis dans des sédiments pyroclastiques. Les troncs fossiles *en place* dans le sédiment forment un « sol » se prolongeant *sous* le niveau *actuel* de la mer. Le banc Johnston correspond à un support d'île volcanique, également affaissé. Cette situation particulière se manifestera dans la nature des sédiments et des concrétionnements organogènes à l'entour du fond basaltique tabulaire.

Nous avons effectué une série de dragages à des profondeurs croissantes; on relève :

A —50 m : détritique côtier et coralligène formant un gravier riche en *Miniacina*, *Miniacea*, *E. crispum*, *Pyrgo* sp., *Spiroloculina* sp., *S. beccarii*, *Quinqueloculina* sp., *Triloculina* sp., *Sorites* sp. et des Amphistégines *actuelles*, à test intact. Là encore, il s'agit d'une microfaune *actuelle* disséminée dans un gravier enrichi en éléments volcaniques (olivine).

A —75 m : sur le pourtour du haut-fond basaltique, on passe à un sédiment très particulier. Il s'agit d'une vase blanche, très fine, ressemblant à du plâtre, mêlée à un gravier concrétionné. L'aspect est celui de la craie. L'examen montre que ce sédiment « plâtreux » est composé de très fins débris pulvérisés, appartenant à une *vieille ceinture coralligène érodée*, représentée par des Algues, Bryozoaires et Serpuliens. On y trouve des Foraminifères : *Quinqueloculina* sp., *Pyrgo* sp., *Triloculina* sp., *Elphidium* sp., *Cassidulina*, *Peneroplis* sp., *Massilina*, *Cibicides lobatulus*. Cette microfaune paraît correspondre à un rassemblement mécanique d'espèces mélangées d'âges divers.

A —100 m : à 20,2 milles dans le 283°5 du phare Sigri, se poursuit la « craie » coralligène « plâtreuse » mêlée, cette fois, à un gravier à Mélobésiées concrétionnées (« pralines »).

De —120 à —150 m : on passe à un *détritique du large aberrant*, mêlé à un « coralligène » larvé fossile. Il s'agit d'un gravier à Bryozoaires, Amphistégines et *Sorites*, enrichi de grains minéraux volcaniques. Sur des pentes raides continue à s'accumuler la « craie » coralligène mêlée au gravier à Bryozoaires. On peut distinguer deux stocks :

1° Un stock *fossile* constituant une fraction habituelle du détritique du large. Dans la « craie » coralligène, on trouve une « purée » de Bryozoaires et de Foraminifères remaniés et triturés : *Pyrgo*, *Globigerinoides* sp.

2° Une fraction non fossile, *actuelle* ou sub-*actuelle*, vestige de niveaux coralligènes ou précoraligènes littoraux, à Amphistégines non fossiles, assez bien conservées. Ce stock aberrant, à une telle profondeur, pourrait correspondre à un enfoncement très récent du socle volcanique, décalant les biocénoses vers le bas.

L'étude granulométrique des sédiments apporte certains renseignements (fig. 15, 19, 20 et 24) :

1° *Les graviers coralligènes à Mélobésiées*, de —38 à —40 m (Station 1636), pratiquement accumulés sur place, montrent un faciès d'allure linéaire. Du côté des éléments fins, la courbe granulométrique cumulative montre une concavité tournée vers le haut. Le classement est bon, malgré l'hétérogénéité initiale du matériau (débris de Bryozoaires et de Mélobésiées).

2° *Les sables du détritique côtier coralligène* (—50 m) (Station 1637), à microfaune *actuelle*, montrent une distribution de type linéaire ou logarithmique. On peut y déceler un début d'évolution avec transport du matériau accompagné de l'étalement (triage modéré) des classes granulométriques. Le fait est confirmé par certaines anomalies de la microfaune *actuelle* où certaines espèces (Amphistégines) paraissent déplacées sur de courtes distances.

3° *Le détritique côtier à Algues et la « craie » coralligène* (—75 m, Station 1638) correspondent, par leur granulométrie de type parabolique très étalé du côté des éléments fins (sablons calcaires), à des faciès de talus non évolués, glissés le long de la pente du Banc Johnston. Le sédiment, « collé » contre les versants du plateau volcanique, exclusivement organogène, résulte de la pulvérisation de concrétionnements coralligènes subactuels ou fossiles situés à des niveaux plus élevés.

4° *Le détritique du large aberrant, à passées crayeuses*, de —120 à —150 m (Station 1640), montre un début d'évolution (faciès logarithmique) : influence possible des triages par gravité et lévigation sur le pourtour du haut-fond. Le mélange extraordinaire, présenté par la microfaune *actuelle*, subactuelle et fossile, atteste l'importance de ces remaniements. Pour les graviers à Bryozoaires et Amphistégines comme pour les « craies » coralligènes, on observe une suite de petits stocks étalés, dispersés le long du talus sous-marin. En un tel milieu, il est impossible de définir une liste ou « cénose » caractéristique d'individus (Bryozoaires ou microfaune). Interviennent ici deux phénomènes *géologiques* :

1° Erosions, remaniements et glissements par gravité des matériaux d'origine coralligène le long des talus du haut-fond. A la base des talus se déposent, de —80 à —150 m, les « craies » coralligènes, sédiments bio-clastiques de haute mer, finement triturés.

2° Affaissement récent du secteur volcanique abaissant le niveau des ceintures coralligènes, probablement lié à la phase d'affaissement de l'Egée au Pléistocène supérieur.

Nous résumerons ici les caractères granulométriques des sédiments étudiés au Banc Johnston :

| Stations   | P <sub>10</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>3</sub> | P <sub>90</sub> | $\sqrt{Q_3/Q_1}$ |
|--|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| St. 1636 : graviers coralligènes à Mélobésiées (—40 m).....                | 0,69            | 0,96           | 1,38           | 1,70           | 2,70            | 1,33             |
| St. 1637 : sable détritique côtier coralligène (—50 m).....                | 0,34            | 0,54           | 0,88           | 1,34           | 1,94            | 1,57             |
| St. 1638 : « craie » coralligène (—75 m).....                              | 0,38            | 0,67           | 1,10           | 1,60           | 2,80            | 1,55             |
| St. 1640 : détritique du large aberrant à passées crayeuses (—120/—150 m). | 0,15            | 0,26           | 0,64           | 1,50           | 2,80            | 2,40             |

Dans l'ensemble, tous les sédiments bio-clastiques du pourtour du Banc Johnston sont bien classés (inférieurs à 2,50). Le groupe montrant un classement relatif médiocre correspond au mélange des stocks du détritique aberrant à des zones crayeuses, au bas du plateau volcanique (—150 m).

Enfin, à l'endroit où le talus du Banc Johnston forme une rupture de pente avec la vase du large (fond plat), vers —210 m (Station 1641), on retrouve encore une « purée » de Foraminifères et de Bryozoaires remaniés. Le sédiment passe à des zones crayeuses, *finissant en biseau au sein de la vase bathyale*.

### CHAPITRE III

#### ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE DES VASES MARINES

Correspond au domaine dimensionnel suivant : de 40-45  $\mu$  à 0,8  $\mu$ , c'est-à-dire comportant : une partie de la phase « sablon » (définie par J. BOURCART de 100  $\mu$  à 20  $\mu$  : ici de 45  $\mu$  à 20  $\mu$ ); la phase « poudre » : de 20  $\mu$  à 1  $\mu$ ; la phase « pré-colloïde » : de 1  $\mu$  à 0,5  $\mu$ , en pratique.

On retrouve, bien entendu, les familles de courbes définies par A. RIVIÈRE (1952, 1953, 1960). Nous en analyserons sommairement les modalités en examinant les courbes cumulatives à ordonnées semi-logarithmiques. Le sédiment n'est point décalcifié.

Nous distinguerons :

#### A. — FAMILLE DES COURBES CUMULATIVES A CONCAVITÉ TOURNÉE VERS LE HAUT

Types de sédiments très peu évolués; exemples : vases gluantes jaunâtres du golfe de Cassandre (Station 1558); sablon à Amphiura (pointe Cassandre) : —100 m (Station 1564); vase jaune gluante de la baie de Salonique : —93 m (Station 1573); sablon

quartzeux et « poudres » au large de la pointe de Cassandre (Thrace méridionale) (—60 m); vase jaune sableuse du golfe de Volo (—43 m), Station 1539, enrichie par un sablon quartzeux rubéfié, d'origine détritique (prisme littoral), accompagné d'un stock allochtone : péridot, chlorite et micas.

Tous les sédiments de cette famille sont d'origine détritique et proviennent de zones littorales où s'exercent d'importants transferts (Salonique, Thrace) ou fonctionnant comme « pièges » à sédiments sans débouchés extérieurs (golfe de Volo séparé du large par un seuil à —75 m). Leur médiane oscille entre les valeurs suivantes : 10  $\mu$ , 8  $\mu$ , 4,5  $\mu$ . Eux seuls présentent une phase « sablon » importante : de 35 à 15 % du total, en poids, du sédiment (fig. 17, 18, 19, 20, 21, 23 et 24).

#### B. — FAMILLE DES COURBES CUMULATIVES DE TYPE LINÉAIRE OU A TRÈS FAIBLE COURBURE

Traduisant une certaine évolution, ces sédiments sont déposés par excès de charge, après un transport notable (influences fluviales). On notera l'importance des triages, remaniements et lévignations éliminant parfois une partie du stock sédimentaire initial : lessivage des pré-colloïdes ou fraction fine des poudres et dépôt par excès de charge de la fraction grossière (sable, sablon et poudres de 20 à 10  $\mu$ ). La plupart des courbes cumulatives obtenues montrent un sédiment *incomplet*, avec plusieurs stocks.

*Exemples* : sables détritiques du large, plus ou moins envasés, au Sud de Lemnos (Station 1619) (—128 à —126 m), à concentrations minérales (lévignations) augmentant la radio-activité du sédiment; sable vaseux, à faune quaternaire, au Sud de Samothrace (Station 1598); vases grises gluantes, légèrement oxydées en surface, du Canal de Talante, fossé tectonique récent (Quaternaire), comblé par une active sédimentation (Station 1526 bis : —428 m et Station 1527 : —215 m); vase calcaire crayeuse résultant d'un coralligène fossile remanié au large du Banc Johnston (Station 1641 : —200 m); le plus bel exemple de ce type est fourni par les sables vaseux à *Terebratula vitrea* et thanatocœnoses quaternaires, remaniés sur les fonds volcaniques du chenal Pélogo (—185 m) (Station 1545). Les actions de lévigation sur le fond aboutissent à la formation de véritables concentrés d'origine volcanique : olivine, pyroxène, ilménite, magnétite. La plus grande partie de la phase pré-colloïde est éliminée (fig. 16, 18, 19, 22 et 23).

#### C. — FAMILLE DES COURBES CUMULATIVES A CONCAVITÉ TOURNÉE VERS LE BAS

Ce sont les sédiments décantés en milieu tranquille, les argiles kaoliniques fines (Rivière); certains sédiments *profonds* déposés dans les fosses. Ici, les particules les plus fines dominent (pré-colloïdes et poudres : moins de 5  $\mu$ ) : leur comportement hydrodynamique particulier conditionne un bon classement et une faible dispersion statistique (fig. 17, 19, 21, 26 et 27).

*Exemples* : vase rouge oxydée correspondant aux 10 cm superficiels déposés dans la fosse de Matapan (—4 200 m) (Station 1515); vase jaune ancienne de la fosse de Matapan

(—4 200 m), en deçà du joint stylolitique (contact avec la vase rouge superficielle) vases jaunes oxydées, à Pteropodes (faciès des vases bathyales) de la radiale du Cap Drépano (Station 1550 : —1 058 m) : très bel exemple de sédiment vaseux décanté, formant une grande partie des fonds au Sud de la Thrace; vases gluantes du Vardar, déposées dans le fond du golfe de Salonique sous la forme de nuages turbides. Le sédiment se décante et colmate rapidement les petits fonds (—23 m). Une fraction importante des pré-colloïdes manque (lévigation) (Station 1581).

Les médianes varient entre 2,7  $\mu$  et 1,3  $\mu$ .

CHAPITRE IV

TENEURS EN CALCAIRE DES SÉDIMENTS

A. TYPES DE SÉDIMENTS

On peut distinguer 4 types de sédiments

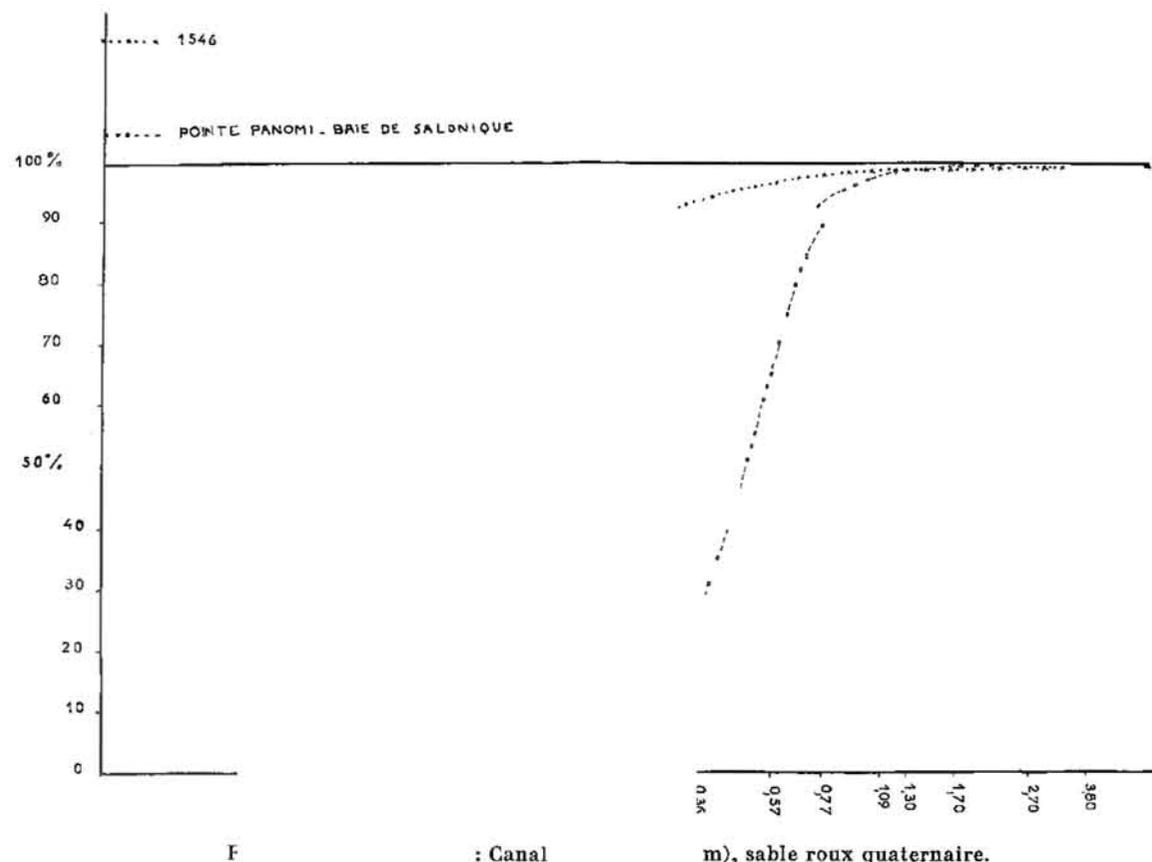
1° *Sédiments très riches en calcaire* : de 92 à 100 % de CO<sup>3</sup>Ca. Principalement : sédiments organogènes, sables coralligènes actuels et fossiles (certains faciès détritique côtier), sables coquilliers du canal de Talante et graviers à Mélobésiées et Bryozoaires du Banc Johnston.

| Stations   | Teneurs en CO <sup>3</sup> Ca |
|--|-------------------------------|
| St. 1636 : Coralligène du Banc Johnston (—38 m).....                             | 99,6 %                        |
| St. 1638 : Détritique côtier et coralligène : Banc Johnston (—50 m).             | 94,5 %                        |
| St. 1637 : Gravier coralligène (—50 m) : Banc Johnston.....                      | 99 %                          |
| St. 1608 : Nord de Lemnos (—60 m) : détritique côtier et coralligène larvé ..... | 96,2 %                        |
| St. 1530 : Canal de Talante (—38 m) : sable coquillier.....                      | 94,9 %                        |

2° *Sédiments riches en calcaire* : 62 à 75 % de CO<sup>3</sup>Ca. Correspondent surtout aux sables des thanatocœnoses quaternaires würmiennes : sables roux quaternaires du canal Pélago, détritique du large fossile du Banc Johnston, etc.

| Stations   | Teneurs en CO <sup>3</sup> Ca |
|--|-------------------------------|
| St. 1545 : Canal Pélago : sable würmien (—185 m).....                                      | 70,5 %                        |
| St. 1546 : Canal Pélago : sable roux quaternaire (—108 m) .....                            | 67,5 %                        |
| St. 1640 : Banc Johnston (—120 m), détritique du large et thanatocœnoses quaternaires..... | 66 %                          |
| St. 1521 : Canal de Talante (—21 m).....   | 63 %                          |

3° *Sédiments peu calcaires* : de 12 à 42 % de CO<sup>3</sup>Ca. On peut ranger dans cette catégorie les vases profondes jaunes et rouges de la fosse de Matapan, les vases bathyales jaunes oxydées et les vases gluantes du canal de Talante. De tels sédiments s'enrichissent en éléments argileux, pour les phases poudres, pré-colloïdes et colloïdes. Il en résulte une radio-activité plus élevée, conséquence de l'augmentation en éléments phylliteux fins et ultra-fins. D'où, par conséquent, le rapport inverse, fréquemment observé, entre



la radio-activité d'un sédiment et sa teneur en calcaire. Cette remarque n'a rien d'absolu, car bien d'autres causes peuvent intervenir. La même observation a été effectuée dans les formations anciennes — marneuses en particulier — dont la nature est voisine de celle des sédiments appartenant à cette catégorie (fig. 35, 36 et 37).

| Stations   | Teneurs en CO <sup>3</sup> Ca |
|--|-------------------------------|
| St. 1515 : Fosse de Matapan (—4 200 m) : vase rouge .....          | 41,5 %                        |
| St. 1515 : Fosse de Matapan (—4 200 m) : vase jaune .....          | 35,5 %                        |
| St. 1551 : Cap Drépano : vase jaune bathyale (—350 m).....         | 21,5 %                        |
| St. 1526 bis : Canal de Talante : vase jaune gluante (—428 m)..... | 15 %                          |

4° *Sédiments très peu calcaires* : de 0 à 12 % de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ . Correspondent aux vases gluantes, jaunes et grises, des faciès à sédimentation argileuse terrigène très rapide : fonds de baies, « pièges » à sédiments, zones calmes où se décante la vase fluviatile riche en débris organiques. Exemples : canal de Talante, golfe de Volo, baie de Salonique.

De tels milieux sont peu propices, par petits fonds, au développement des faunes et microfaunes coralligènes — ce qui en accentue l'appauvrissement en calcaire et l'augmentation relative de la radio-activité.

| Stations   | Teneurs en $\text{CO}_3\text{Ca}$ |
|--|-----------------------------------|
| St. 1564 : Pointe Cassandre, précontinent (—100 m) : sablon à <i>Amphitara</i> ..... | 12 %                              |
| St. 1536 : Golfe de Volo : vase grise gluante (—68 m).....                           | 12,2 %                            |
| St. 1581 : Fond du golfe de Salonique : delta du Vardar (—34 m)...                   | 11 %                              |
| St. 1598 : Sud de Samothrace : détritique du large envasé (—100 m) .....             | 10,5 %                            |

Dans le canal de Talante, une coupe transversale effectuée de  $\varphi = 38^\circ 41' 02'' \text{ N}$ ,  $G = 23^\circ 06' 05'' \text{ E}$  à  $\varphi = 38^\circ 49' 04'' \text{ N}$ ,  $G = 23^\circ 11' 06'' \text{ E}$ , montre un sédiment du prisme littoral assez pauvre en calcaire (62 %) du fait de la nature du substratum (ophiolites). Un enrichissement à 94 %, vers —35 m, correspond à une ceinture de sable coquillier et à quelques îlots coralligènes. Ensuite, de —100 à —420 m, la teneur en calcaire décroît lentement et régulièrement, de 29 % (—95 m) à 12 % (—420 m) (fig. 36 et 37).

Un aspect différent a été observé pour la radiale du Cap Drépano (fig. 36 et 37). La teneur maximum correspond à la bande de débris coquilliers du détritique du large : (—110 m, 37 % de calcaire). Puis, on note une diminution très brusque de —100 à —150 m, lorsqu'on passe brutalement aux sables vaseux à *Terebratula vitrea* (21 % de calcaire). Ensuite, de —150 à —1 100 m, on passe graduellement à la vase bathyale jaune, oxydée, très fluide (plus de 150 % d'eau). Dans ce faciès à sédimentation rapide, la teneur en calcaire demeure constante (20 %), quelle que soit la profondeur, pour la zone étudiée. Les variations ( $\pm 1$  %) sont le fait d'écartés aléatoires ou d'erreurs expérimentales. Les vases gluantes du golfe de Gênes (Portofino) montrent la même particularité : de —70 à —1 000 m, on relève à peine une très légère augmentation — mais, dans son ensemble, la teneur moyenne en calcaire se fixe à 33 % quelle que soit la profondeur (J. BLANC, 1959). Là encore, il s'agit d'une vasière de formation relativement récente, à taux de sédimentation rapide, ennoyant des massifs de Coraux profonds développés sur un substratum volcanique.

#### B. — RADIO-ACTIVITÉ ET TENEURS EN CALCAIRE

On peut essayer de comparer les variations de la teneur en calcaire avec la radio-activité des échantillons correspondants placés dans les mêmes conditions de géométrie, en château de plomb.

Pour la radiale du Cap Drépano (fig. 35, 36 et 37) : 1° Les teneurs en calcaire sont relativement indépendantes de l'activité gamma. Dès la profondeur de 350 m, cette dernière décroît lentement. 2° L'activité bêta varie en sens inverse dès le point singulier correspondant à —350 m : le rayonnement bêta augmente lentement en fonction de la profondeur ; importance des colloïdes et pré-colloïdes (cf. Etude granulométrique des vases). 3° Les radio-activités gamma et bêta montrent un maximum au niveau de la

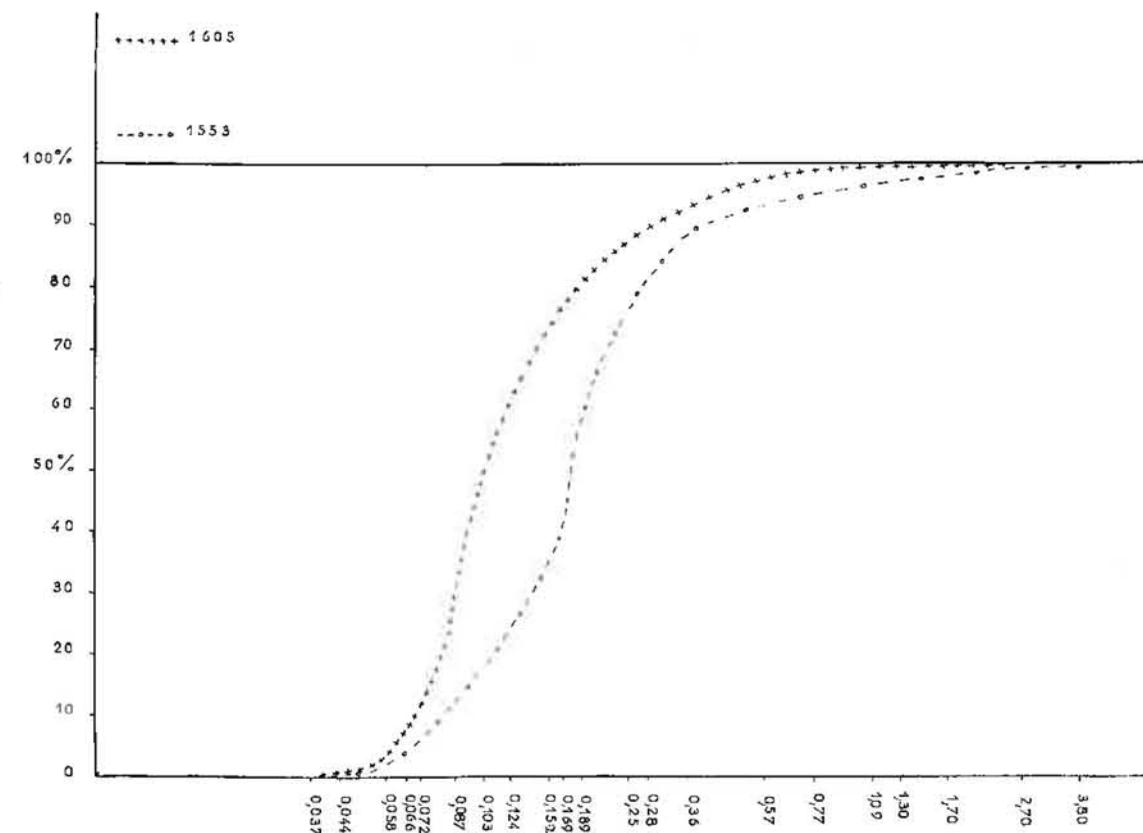


FIG. 17. — Station 1553 : Cap Drépano, sable vaseux coquillier à *Dorocidaris* (—150 m). Station 1605 : N. de Lemnos (—125 m) ; détritique du large envasé.

zone du *détritique du large* (—100 à —110 m). Il s'agit de sédiments ferrugineux oxydés et lessivés présentant des concentrations de minéraux volcaniques lourds (olivine, pyroxènes). La proportion en calcaire augmente à ce niveau du fait de la présence de thanatocœnos.

Pour la transversale du canal de Talante (fig. 36 et 37), les variations de l'activité bêta sont faibles, indépendantes à la fois de la profondeur et de la teneur en calcaire.

On peut se demander s'il existe une corrélation entre la radio-activité bêta du faciès des vases jaunes bathyales et leur teneur en calcaire. Cette dernière peut être mise en évidence d'une manière satisfaisante, compte tenu des erreurs statistiques moyennes issues des taux de comptages (fig. 36 et 37). La droite de régression ainsi tracée correspond

rigoureusement au faciès des vases bathyales jaunes, très fluides, à *taux de sédimentation rapide*, et à *elles seules*. La relative pauvreté et la constance des teneurs en calcaire sont à rattacher au substratum métamorphique et basique, à la richesse en minéraux phylliteux. La radio-activité bêta, relativement importante (400 à 1 000 coups/30 mn), est la conséquence de l'accumulation rapide du matériel sédimentaire d'origine détritique.

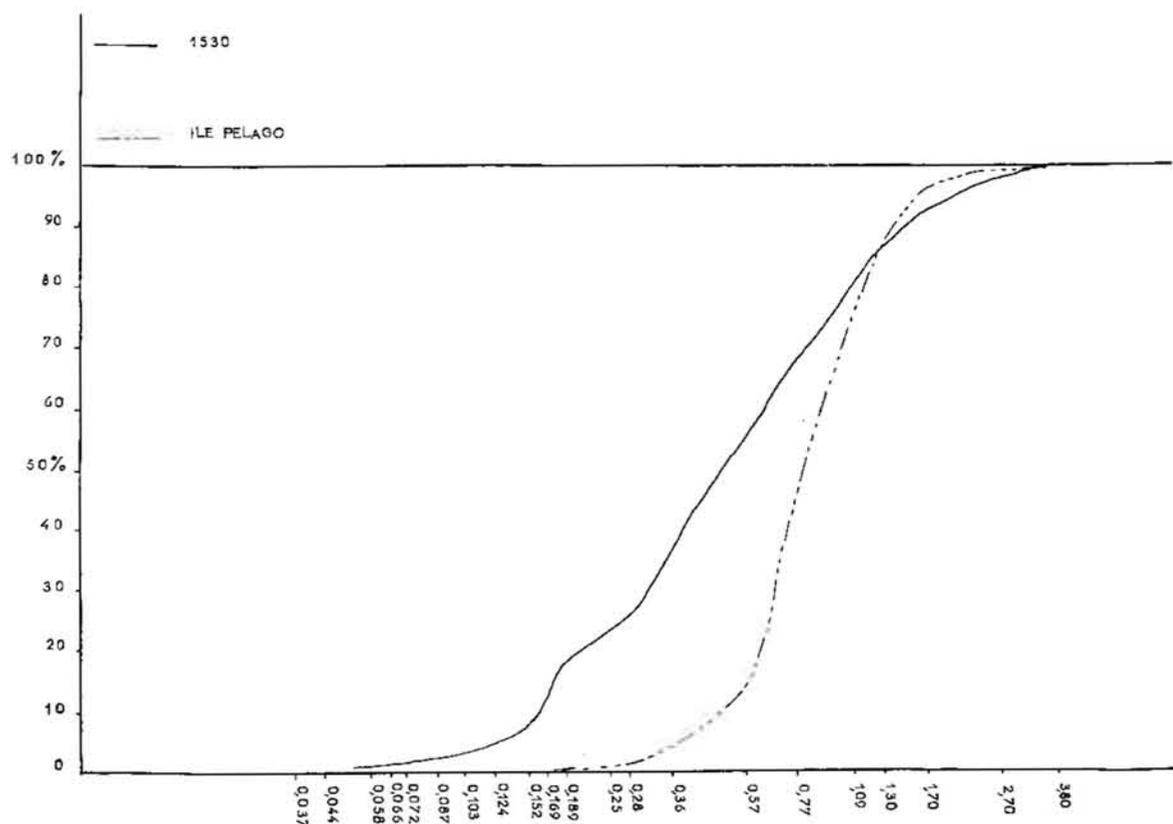


FIG. 18. — Station 1530 : Canal de Talante (-38 m), sable à olivine et blocs coralligènes.

Aucune corrélation satisfaisante ne peut être établie pour les cas suivants :

- 1° Vases profondes de la fosse de Matapan (-4 200 m) : faciès des vases jaunes et rouges à Pteropodes.
- 2° Sables et sablons issus du prisme littoral, d'origine détritique, issus directement des zones métamorphiques ou des secteurs volcaniques basiques (basaltes, périclites, ophiolites).

CHAPITRE V

RADIO-ACTIVITÉ DES SÉDIMENTS SOUS-MARINS

I. — APPAREILLAGE UTILISÉ. MÉTHODE

Compteur d'impulsions Saphymo. Echelle de comptage C. I. D. Etude de l'échantillon en château de plomb. Tubes Geiger Tracerlab TGC-5 (background 40 c. p. mn au niveau de la mer). Tension de travail de 900 V, 10 coups/sec. équiv. = 200 mR/H (pente 2 % pour 100 V environ). Le tube TGC-5 est sensible à la fois aux radiations β et γ, à l'exception des particules β de faible énergie.

L'échelle de comptage comporte une décade et 2 décatrons en série, plus un numérateur électromécanique. Les temps de résolution sont les suivants : décade, près de 5 microsecondes; numérateur électromécanique : près de 0,1 sec.

On peut ainsi totaliser 9 999 impulsions; une minuterie synchrone permet de travailler avec un temps de comptage préréglé. On mesure le nombre d'impulsions pendant 30 minutes, correspondant à 100 g d'échantillon débarrassé des matières organiques. Les dimensions des particules sont comprises entre le premier et le dernier quartile. La physionomie moyenne du sédiment n'est point altérée au point de vue granulométrique. Aucun broyage n'a été effectué dans les sables ou les vases. Nous étudierons l'influence de la granulométrie sur l'activité du sédiment en relation avec la teneur en calcaire et la composition minéralogique des sables ou des argiles.

La méthode de l'échelle a été employée. L'échantillon est laissé en repos six mois avant la mesure. Mesure du mouvement propre avant chaque mesure et déduction de ce dernier. L'erreur probable tirée de la formule de Poisson est égale à :

$$\pm \frac{0,67}{\sqrt{N}}$$

N étant le nombre d'impulsions.

Seuls seront pris en considération les écarts supérieurs à l'erreur probable.

Dans le cas où nous enregistrons, par minute, un assez grand nombre d'impulsions, mais où on n'effectue qu'une mesure unique N, on devra connaître l'erreur commise en adoptant N comme moyenne. Pour une distribution de Gauss, la probabilité P(Δ) dΔ, pour qu'une déviation soit comprise entre Δ et Δ + dΔ, est :

$$P(\Delta) d\Delta = \frac{2}{\sigma \sqrt{2N}} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}} d\Delta;$$

σ = déviation standard;  
 Δ = (N̄ - N) et √N = σ  
 pour N grand : σ ≈ √N.

Le tableau suivant donne la probabilité pour avoir une déviation Δ définie par rapport à σ (DUQUESNE, GRÉGOIRE et LEFORT, 1960) :

| $\frac{\Delta}{\sigma}$ | 0,6745 | 1     | $\sqrt{2}$ | 2      | 3      |
|-------------------------|--------|-------|------------|--------|--------|
| P (Δ > σ) .....         | 0,500  | 0,317 | 0,158      | 0,0455 | 0,0027 |
| P (Δ < σ) .....         | 0,500  | 0,683 | 0,842      | 0,9545 | 0,9973 |

On pourra calculer la *déviati on standard*  $\sigma = \sqrt{N}$  afin d'avoir une idée sur la précision statistique de la mesure. Lorsque  $N$  est grand, pour une distribution de Gauss, on a une probabilité de 68 % pour trouver une erreur inférieure en valeur absolue à  $\sqrt{N}$ .

Enfin, la « *précision* » de la mesure  $= \pm \sqrt{2N}$  donne, toujours pour les mêmes conditions théoriques, une probabilité de 84 % pour que le résultat soit compris entre l'intervalle :  $| N - \sqrt{2N} \rightarrow N + \sqrt{2N} |$ .

## II. — TYPES DE SÉDIMENTS

**A. CORRÉLATIONS.** — Il n'existe aucune corrélation appréciable, pour les divers types de sédiments, entre les activités  $\gamma$  et  $\beta$  (fig. 34) ; les différentes valeurs demeurent dispersées.

Exemples : Station 1581 : golfe de Salonique, vase gluante, prolongement sous-

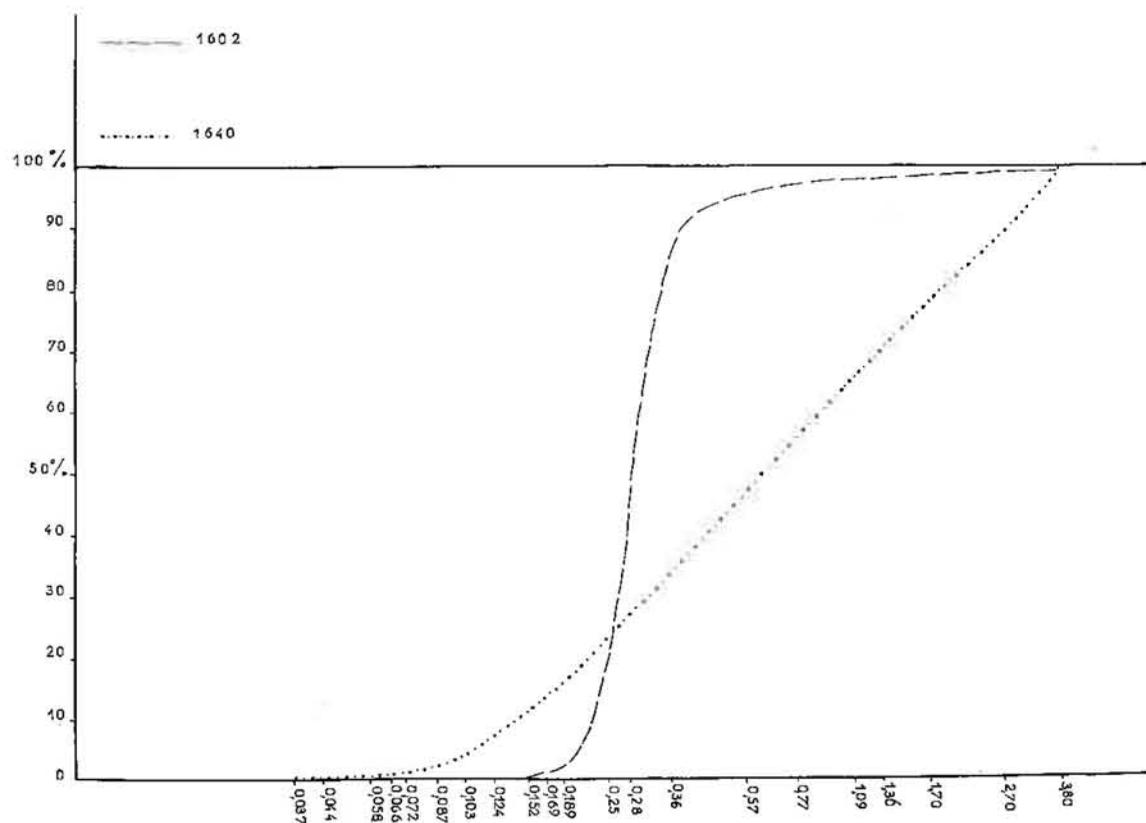


FIG. 19. — Station 1602 : Plage Cap Malathrea, Samothrace.  
Station 1640 : Banc Johnston, détritique du large aberrant (-120 m à -150 m).

marin du détroit du Vardar, 1 986 coups/30 mn en  $\beta$  pour seulement 125 coups/30 mn en  $\gamma$  ; Station 1538 : golfe de Volo (-55 m), sable vaseux jaune, plus détritique du large à nombreux galets de quartz : en  $\beta$ , 964 coups/30 mn ; en  $\gamma$ , activité nulle du même ordre que le mouvement propre ; il en est de même pour la station 1640 : Banc

Johnston (-700 m) : détritique côtier à concrétions de Mélobésiées et sablon crayeux ; activité  $\gamma$  nulle et activité  $\beta$  : 790 coups/30 mn ; il en est de même pour certains sables coralligènes (Station 1636 : Banc Johnston) (-40 m) ; sables vaseux coquilliers : à -158 m au large du Cap Drépano ;  $\gamma = 0$  et  $\beta = 305$  coups/30 mn.

Enfin, certains sables du prisme littoral montrent une dispersion analogue correspondant à une activité pratiquement nulle en  $\gamma$  et une activité faible en  $\beta$ . Exemples :

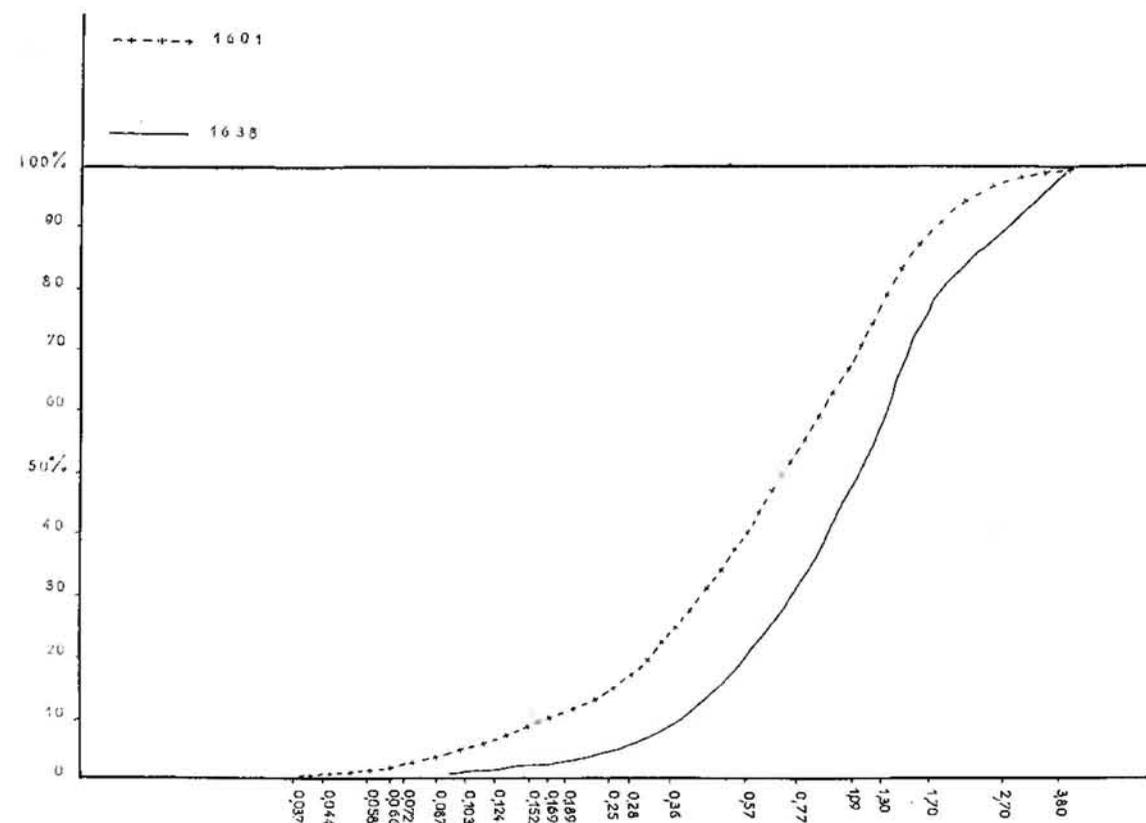


FIG. 20. — Station 1601 : S. de Samothrace, Cap Malathrea, détritique côtier (-30 m à -37 m).  
Station 1638 : Banc Johnston (-75 m), détritique côtier à Algues.

pointe de Cassandre (Chalcide) :  $\beta = 269$  coups/30 mn ; pointe Panomi (baie de Salonique) :  $\beta = 252$  coups/30 mn ; île Pélago :  $\beta = 58$  coups/30 mn.

La dispersion paraît moindre pour quelques cas localisés : *Affleurements d'ophiolites et de péridotites*, sables du prisme littoral : cap Drépano,  $\gamma = 170$  coups ;  $\beta = 334$  coups ; pointe de Dermatas (transfert) : baie de Salonique,  $\gamma = 202$  coups,  $\beta = 346$  coups ; *Sables roux quaternaires isométriques du canal Pélago* : à -152 m ;  $\gamma = 210$  coups ;  $\beta = 409$  coups ; *Sables chloriteux du canal de Talante* (-62 m) :  $\gamma = 298$  coups ;  $\beta = 433$  coups ; *Vase jaune bathyale très fluide du Cap Drépano* (-350 m) : pauvre en calcaire et riche en minéraux argileux détritiques :  $\gamma = 565$  coups ;  $\beta = 583$  coups (c. p. 30 mn).

Ces derniers sédiments paraissent tous d'origine détritique et sont le résultat du démantèlement des massifs ultra-basiques d'ophiolites et de péridotites : éboulis du

prisme littoral, transfert, sables des témoins quaternaires et argiles sous-marines (minéraux phylliteux détritiques). Dans tous les cas, l'activité  $\beta$  est faible.

La dispersion des résultats correspond à des inégalités et des fluctuations dans les valeurs du rayonnement  $\beta$ . Il faut rechercher principalement l'influence de l'isotope  $K^{40}$ , source d'une partie de l'émission  $\beta$  :  $^{40}K \rightarrow 1$  bêta.

Les sédiments renfermant des phyllites détritiques (micas, kaolinite) ont une activité proportionnelle aux teneurs en potassium. Il est évident que la probabilité d'émission

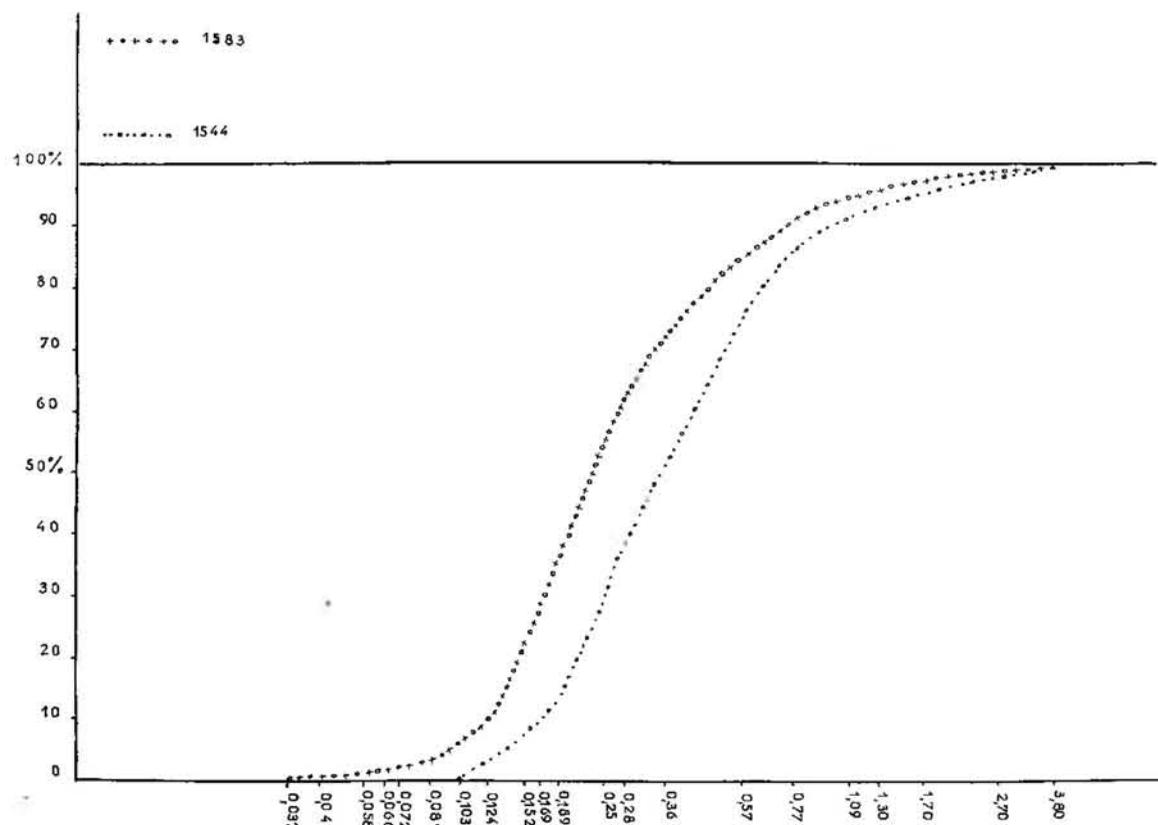


FIG. 21. — Station 1544 : Canal Pélago, vase jaune gluante à Cidaris (—193 m).  
Station 1583 : Sud de Thaso, sable à thanatocœnoses würmiennes (—160 m).

sion attribuable au  $K^{40}$  sera meilleure pour les sédiments enrichis en *minéraux détritiques renfermant du potassium* : vases micacées, vases kaoliniques, etc.

Nous avons effectué un contrôle en utilisant la méthode de Magnée. Une quantité de sédiment, de très faible activité, est progressivement enrichie en  $K_2O$ . Puis on trace la droite représentant l'augmentation de la radio-activité en fonction de la teneur en  $K_2O$ . Cette droite coupe l'axe des abscisses (radio-activité  $\beta$  exprimée en nombre de coups pour 30 mn) en un point déterminé. La radio-activité de ce point correspond à l'activité imputable à l'U ou au Th dans les mesures.

On peut donc, pour des émissions relativement importantes, exprimer quantitativement la part revenant à la seule influence du potassium. Cet étalonnage donne les résultats que nous résumons dans le tableau ci-contre.

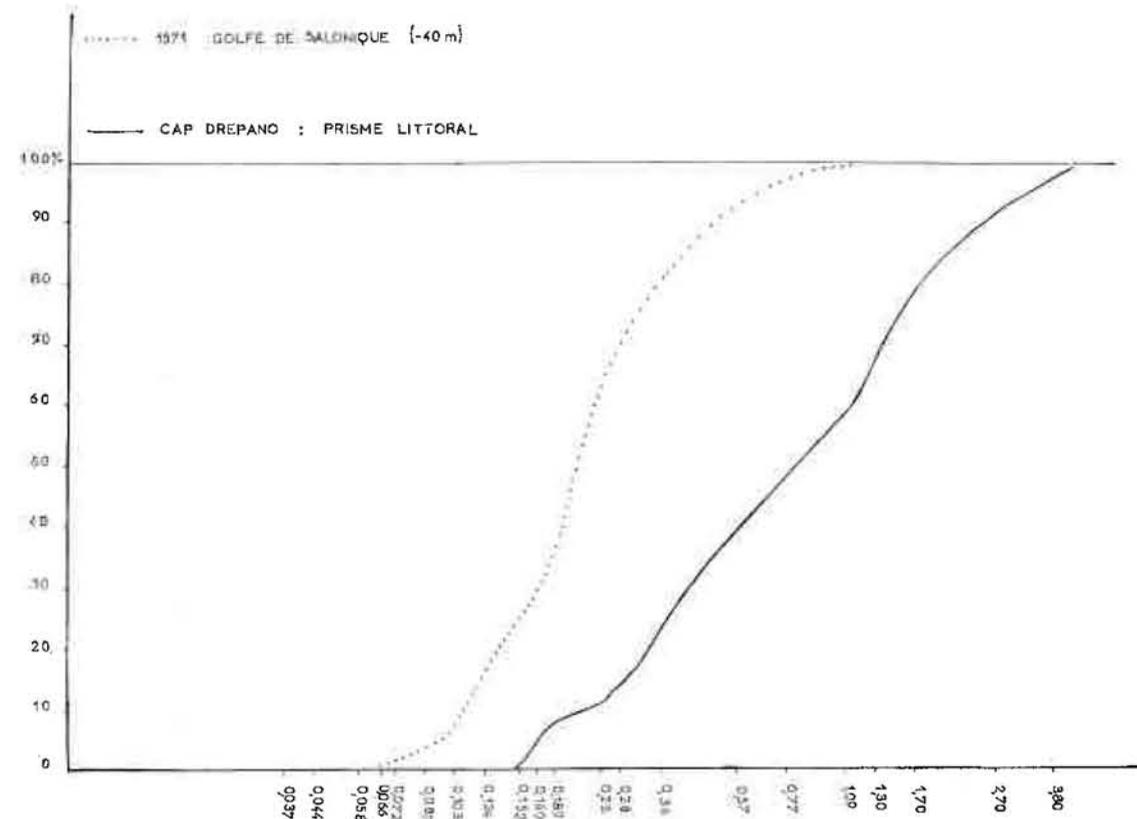


FIG. 22. — Golfe de Salonique (—40 m) et prisme littoral du Cap Drépano.

| Stations   | Activité $\beta$<br>en coups/30 mn<br>attribuable<br>au K | Dévi-<br>ation<br>standard<br>$\sqrt{N}$ | Précision<br>de la mesure<br>$\pm \sqrt{2N}$ | Erreur<br>probable |
|--|---|--|--|--------------------|
| St. 1581 : Golfe de Salonique (—34 m) : vase gluante du Vardar.....                        | 1 575   | $\pm 39,6$                               | $\pm 56,1$                                   | $\pm 4,7 \%$       |
| St. 1538 : Golfe de Volo (—55 m) : sable vaseux jaune, équivalent détritique du large..... | 553   | $\pm 23,5$                               | $\pm 33,3$                                   | $\pm 5,4 \%$       |
| St. 1550 : Radiale cap Drépano (—1 058 m) : vase bathyale oxydée à Ptéropodes.....         | 408   | $\pm 20,2$                               | $\pm 28,7$                                   | $\pm 5,7 \%$       |
| St. 1598 : Sud de Samothrace (—100 m) : sable vaseux oxydé, détritique du large.....       | 554   | $\pm 23,7$                               | $\pm 33,3$                                   | $\pm 5,3 \%$       |
| St. 1602 : Sud de Samothrace : sable du prisme littoral, pointe Malathrea.....             | 446   | $\pm 21,2$                               | $\pm 29,8$                                   | $\pm 5,5 \%$       |
| St. 1640 : Banc Johnston (—130 m) : détritique du large aberrant (fossile).....            | 379   | $\pm 19,4$                               | $\pm 27,5$                                   | $\pm 5,6 \%$       |
| St. 1515 : Fosse de Matapan (—4 200 m) : vase jaune compacte, oxydée.....                  | 375   | $\pm 19,7$                               | $\pm 27,4$                                   | $\pm 5,6 \%$       |
| St. 1536 : Golfe de Volo (—68 m) : vase grise, gluante légèrement oxydée en surface.....   | 339   | $\pm 18,4$                               | $\pm 26$                                     | $\pm 5,6 \%$       |
| St. 1554 : Cap Drépano (—105 m) : sables détritiques du large à Pyroxène et olivine.....   | 176   | $\pm 13,5$                               | $\pm 18,7$                                   | $\pm 6 \%$         |
| St. 1526 bis : Fosse du canal de Talante (—428 m) : vase jaune gluante.....                | 35  | $\pm 5,9$                                | $\pm 8,6$                                    | $\pm 6,3 \%$       |

En deçà, l'activité devient trop faible — en ce qui concerne le  $K^{40}$  — et la précision des mesures n'est plus acceptable.

En définitive, il s'ensuit la remarque suivante : *la part la plus importante de l'activité d'un sédiment marin est attribuable à l'isotope  $K^{40}$ , surtout en ce qui concerne l'émission  $\beta$ .*

Les milieux suivants paraissent montrer une activité privilégiée :

1° *Vases gluantes très fines, d'origine détritique*, formées de minéraux argileux et autres phyllites renfermant du potassium et confirmant la théorie dite de « l'héritage » (GRIM, RIVIÈRE, VERNHET, BLANC); cf. Etude minéralogique des vases. Ce sont les vases fluviatiles du Vardar, les vases bathyales oxydées, les dépôts à *sédimentation rapide*, « piégés » dans les fonds de baies sans issues (golfe de Volo, golfe de Salonique et golfe de Chalcide). S'y rattachent des sédiments du prisme littoral et certaines vases oxydées profondes (vases jaunes de la fosse de Matapan et du canal de Talante).

2° *Sédiments grossiers du détritique du large* : sédiments lessivés, oxydés et correspondant souvent à des biocœnoses fossiles *non recouvertes* par les vases bathyales de formation récente. Enrichissement en grains lourds (pyroxènes, olivine) résultant de concentrations particulières dues à la lévigation.

On peut aussi étudier l'influence de l'U par l'enrichissement d'un sédiment à très faible activité en nitrate d'uranium. L'activité des sels d'U, importante, même pour de très faibles quantités rend, en fait, l'application de la méthode délicate.

Les variations quantitatives des sels d'urane mêlés au sédiment (Station 1529, comme pour l'étalonnage du  $K^{40}$ ) ne sont perceptibles d'une manière sensible qu'à partir de 11 000 coups/30 mn pour 100 g de sédiment — et pour des teneurs de l'ordre de  $3 \cdot 10^{-3} \%$ . De telles activités sont infiniment plus élevées que celles des sédiments sous-marins observés.

B. ACTIVITÉ GAMMA. — On peut distinguer 4 groupes de sédiments :

*Premier groupe* : Activité  $\gamma$  relativement élevée de 500 à 560 coups/30 mn. Il s'agit toujours de sédiments oxydés s'apparentant à 2 catégories : sables vaseux quaternaires, à faune würmienne; vases bathyales oxydées, de couleur jaune.

| Stations  | Activité $\gamma$<br>en coups/30 mn | Erreur<br>probable | Dévi-<br>ation<br>standard<br>$\pm \sqrt{N}$ | Précision<br>de la mesure<br>$\pm \sqrt{2N}$ |
|---|-------------------------------------|--------------------|--|--|
| St. 1551 : Cap Drépano, vase jaune très fluide<br>(—350 m).....               | 565                                 | $\pm 2,7 \%$       | $\pm 23,8$                                   | $\pm 33,6$                                   |
| St. 1550 : Cap Drépano, vase bathyale oxydée, à<br>Ptéropodes (—1 058 m)..... | 421                                 | $\pm 2,8 \%$       | $\pm 20,5$                                   | $\pm 29,1$                                   |

*Deuxième groupe* : Activité  $\gamma$  assez faible, de 500 à 120 coups/30 mn. Représenté, en général, par les sédiments suivants : sables détritiques du large, oxydés à thanatocœnoses quaternaires; sédiments sablo-vaseux à faune fossile würmienne; sédiments sableux du prisme littoral et repris par les transferts provenant de l'érosion des massifs de roches basiques (péridotites, serpentines et ophiolites). Parfois, graviers coralligènes mêlés à des fragments de laves (voir tableau).

| Stations   | Activité $\gamma$<br>en coups/30 mn | Erreur<br>probable | Dévi-<br>ation<br>standard<br>$\pm \sqrt{N}$ | Précision<br>de la mesure<br>$\pm \sqrt{2N}$ |
|--|-------------------------------------|--------------------|--|--|
| St. 1544 : Canal Pélago (—190 m) : sable vaseux<br>à galets volcaniques et thanatocœnoses wür-<br>miennes..... | 313                                 | $\pm 3,8 \%$       | $\pm 17,7$                                   | $\pm 25$                                     |
| St. 1554 : Cap Drépano (—105 m) : sables détri-<br>tiques du large.....  | 267                                 | $\pm 4 \%$         | $\pm 16,6$                                   | $\pm 23,1$                                   |
| St. 1546 : Canal Pélago (—153 m) : sable roux<br>quaternaire.....  | 210                                 | $\pm 4,6 \%$       | $\pm 14,5$                                   | $\pm 20,5$                                   |
| St. 1564 : Golfe de Cassandre (—100 m) : détri-<br>tique du large.....   | 241                                 | $\pm 4,3 \%$       | $\pm 15,5$                                   | $\pm 22$                                     |
| St. 1598 : Sud de Samothrace (—100 m) : détri-<br>tique du large.....  | 236                                 | $\pm 4,3 \%$       | $\pm 15,7$                                   | $\pm 21,7$                                   |
| Plage Saint-Georges (Ile d'Eubée) : ophiolites,<br>serpentines et m. magnésiens.....                           | 193                                 | $\pm 4,8 \%$       | $\pm 13,9$                                   | $\pm 19,7$                                   |
| Pointe de Dermatas (Baie de Salonique) : Péri-<br>dotites et ophiolites.....                                   | 202                                 | $\pm 4,7 \%$       | $\pm 14,4$                                   | $\pm 20,1$                                   |
| St. 1545 : Canal Pélago (—185 m) : sable à tha-<br>natocœnoses quaternaires.....                               | 132                                 | $\pm 6,4 \%$       | $\pm 11,5$                                   | $\pm 16,5$                                   |
| St. Cap Drépano (sable littoral, ophiolites).....  | 170                                 | $\pm 5,3 \%$       | $\pm 13$                                     | $\pm 18,4$                                   |
| St. 1605 : Nord de Lemnos (—125 m) : détri-<br>tique du large.....   | 168                                 | $\pm 5,1 \%$       | $\pm 13$                                     | $\pm 18,6$                                   |
| St. 1619 : Sud de Lemnos (—127 m) : détri-<br>tique du large.....  | 124                                 | $\pm 6,8 \%$       | $\pm 11,3$                                   | $\pm 15,7$                                   |
| St. 1637 : Banc Johnston (—50 m) : gravier co-<br>ralligène sur banc de lave.....                              | 132                                 | $\pm 6,4 \%$       | $\pm 11,5$                                   | $\pm 16,5$                                   |

*Troisième groupe* : Activité  $\gamma$  très faible, de 120 à 30 coups/30 mn. A ce groupe se rattachent des ensembles variés, mal classés, présentant souvent, par contre, un rayonnement  $\beta$  assez important : vases gluantes fluviatiles du delta du Vardar (golfe de Salonique); craies et sablons d'origine coralligène (Banc Johnston); vases du large non oxydées; vases rouges profondes, à Ptéropodes, de la fosse de Matapan (—4 200 m).

| Stations   | Activité $\gamma$<br>en coups/30 mn | Erreur<br>probable | Dévi-<br>ation<br>standard<br>$\pm \sqrt{N}$ | Précision<br>de la mesure<br>$\pm \sqrt{2N}$ |
|--|-------------------------------------|--------------------|--|--|
| St. 1581 : Golfe de Salonique : vase gluante,<br>détroit du Vardar.....  | 125                                 | $\pm 5,4 \%$       | $\pm 11,3$                                   | $\pm 15,8$                                   |
| St. 1638 : Banc Johnston (—75 m) : craie et<br>sablons coralligènes..... | 81                                  | $\pm 8,3 \%$       | $\pm 9$                                      | $\pm 12,7$                                   |
| St. 1641 : Banc Johnston (—208 m) : vase du<br>large.....                | 79                                  | $\pm 8,5 \%$       | $\pm 8,8$                                    | $\pm 12,6$                                   |
| St. 1515 : Vase rouge à Ptéropodes, fosse de<br>Matapan.....             | 27                                  | $\pm 12,9 \%$      | $\pm 5,2$                                    | $\pm 7,4$                                    |

*Quatrième groupe* : Activité  $\gamma$  nulle ou du même ordre que le mouvement propre, compte tenu des erreurs probables. On range dans ce groupe : *Les vases jaunes profondes oxydées* : fosse de Matapan (—4 200 m, Station 1515), pourtant très riches

en colloïdes et pré-colloïdes. Il en est de même pour la vase jaune gluante de la fosse du canal de Talante (Station 1526 bis, —428 m). — *Les sables vaseux coquilliers ou à débris coralligènes* : golfe de Volo (—55 m), sable vaseux à galets encroûtés de manganèse; sables vaseux coquilliers, au large du Cap Drépano, par —158 m, Station 1553. — *Les sables coralligènes* : Banc Johnston, de —40 m (fonds concrétionnés à —130 m); faciès détritique aberrant à Bryozoaires. — *Les sables du prisme littoral*, participant

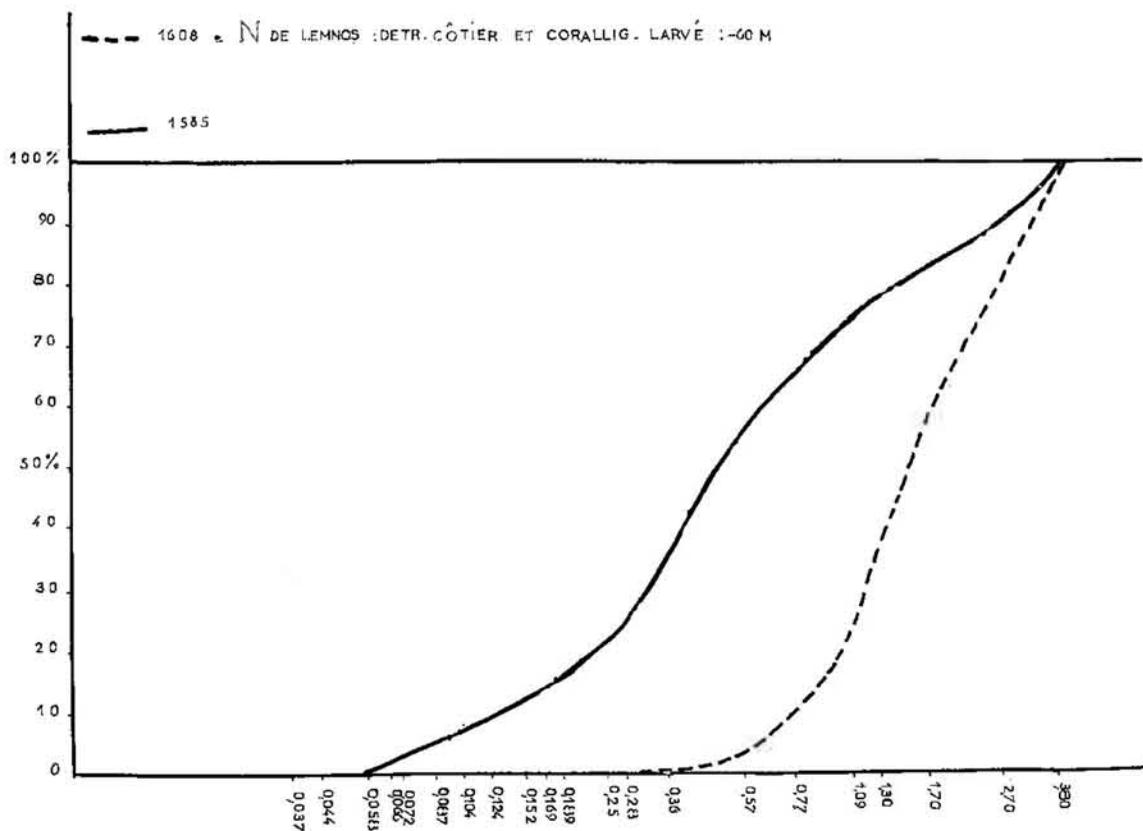


Fig. 23. — Station 1585 : S. de Thaso (—118 m, —115 m), sable à Bryozoaires fossiles et remaniés.

souvent à des transferts; substratum sédimentaire : calcaires ou molasse (pointe de Cassandre : Chalcide, île de Samothrace; pointe Panomi : baie de Salonique, île Pélago, etc.).

C. ACTIVITÉ BÊTA. — On distingue 3 groupes de sédiments :

*Premier groupe* : Radio-activité β relativement élevée, de 800 à 2 000 coups/30 mn. On range dans ce groupe : les vases fluviatiles deltaïques (Vardar), riches en argile et matières organiques; les vases gluantes des golfes fermés constituant des « pièges » « à sédiments » (golfe de Volo); les vases profondes oxydées (vase *jaune* de la fosse de Matapan : —4 200 m); il en est de même pour les vases bathyales oxydées : radiale du Cap Drépano (—350 m); les sables oxydés du détritique du large, envasés et « conta-

minés » par la vase bathyale : Sud de Samothrace. Il en est de même pour certains détritiques du large aberrants (fossiles) : banc Johnston (—130 m) et quelques sables du prisme littoral (Samothrace).

| Stations  | Activité β en coups/30 mn | Erreur probable | Déviat. standard ± √N | Précision de la mesure ± √2N |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|
| St. 1581 : Golfe de Salonique (—34 m) : vase gluante, delta du Vardar                                     | 1 986                     | ± 1,5 %         | ± 44,6                | ± 62,2                       |
| St. 1538 : Golfe de Volo (—55 m) : vase jaune oxydée  | 964                       | ± 2,2 %         | ± 31,1                | ± 43,9                       |
| St. 1550 : radiale Cap Drépano (—1 058 m) : vase jaune bathyale fluide                                    | 819                       | ± 2,3 %         | ± 28,6                | ± 40,4                       |
| St. 1598 : Sud de Samothrace (—100 m) : détritique du large envasé  | 965                       | ± 2,1 %         | ± 31,1                | ± 43,9                       |
| St. 1602 : Ile de Samothrace : prisme littoral  | 857                       | ± 2,3 %         | ± 29,2                | ± 41,3                       |
| St. 1640 : Banc Johnston (—130 m) : détritique du large (quatern.), aberrant, vase gris jaunâtre crayeuse | 790                       | ± 2,4 %         | ± 28,1                | ± 39,8                       |
| St. 1515 : Fosse de Matapan (—4 200 m) : vase ancienne jaune, oxydée                                      | 786                       | ± 2,4 %         | ± 28                  | ± 39,6                       |

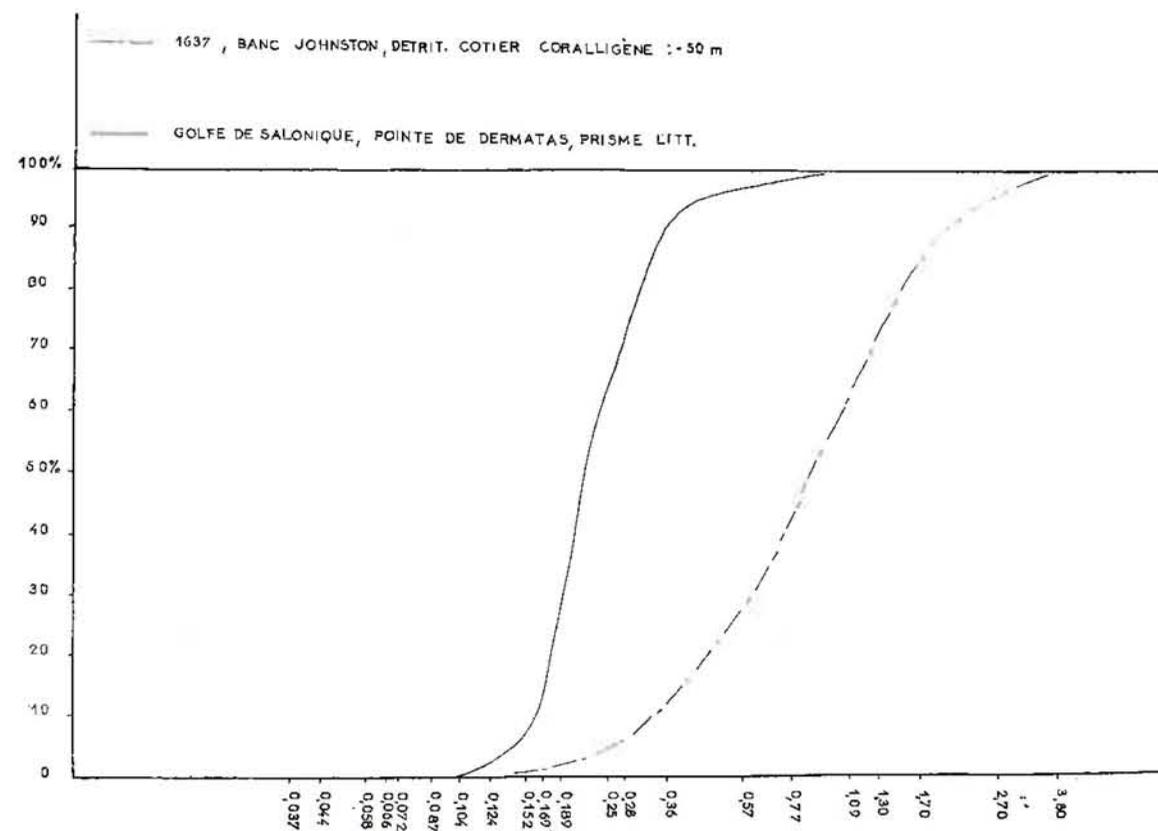


Fig. 24. — Exemples de prisme littoral et détritique côtier coralligène.

Deuxième groupe : Activités  $\beta$  moyennes, de 270 à 750 coups/30 mn. Ce groupe, assez vaste, correspond aux milieux les plus divers : vases gluantes oxydées des fosses (Matapan, —4 200 m), vase rouge à Ptéropodes (canal de Talante, —428 m); vases « bathyales » jaunes, oxydées, ces faciès remontent à moins de 100 m de profondeur : golfe de Volo, Cap Drépano (—350 m), golfe de Salonique (—93 m), golfe de Cassandre (—100 m) : vases du précontinent à *Amphiura*; sables vaseux coquilliers (détritique du large) : canal Pélago (—185 m, sable vaseux à fossiles quaternaires), Cap Drépano (—158 m) : sable vaseux coquillier à *Dorocidaris* et *T. Vitrea* et sables détritiques du large (—105 m); graviers, sablons et craies coralligènes : stations du Banc Johnston, de —40 à —75 m : sable coralligène à Lithothamniées, sablon et craie; sédiments du prisme littoral, surtout roches basiques et ultra-basiques : péridotites, serpentines, ophiolites et filons de magnésie : plage de Saint-Georges (île d'Eubée), pointe de Dermatas (baie de Salonique), pointe Panomi (baie de Salonique), etc. (voir tableau).

| Stations   | Activité $\beta$<br>en coups/30 mn | Erreur<br>probable | Dévi-<br>ation<br>standard<br>$\pm \sqrt{N}$ | Précision<br>de la mesure<br>$\pm \sqrt{2N}$ |
|--|------------------------------------|--------------------|--|--|
| St. 1536 : Golfe de Volo (—68 m) : vase grise oxydée légèrement en surface.....                          | 750                                | $\pm 2,4 \%$       | $\pm 27,4$                                   | $\pm 38,7$                                   |
| St. 1545 : Cap Pélago (—185 m) : sable vaseux quatern. à <i>T. vitrea</i> .....                          | 637                                | $\pm 2,7 \%$       | $\pm 25,2$                                   | $\pm 35,6$                                   |
| St. 1564 : Golfe de Cassandre (—100 m) : vase du précontinent à <i>Amphiura</i> .....                    | 638                                | $\pm 2,7 \%$       | $\pm 25,2$                                   | $\pm 35,7$                                   |
| St. 1551 : Cap Drépano (—350 m) : vase jaune très fluide.....  | 583                                | $\pm 2,8 \%$       | $\pm 24,1$                                   | $\pm 34,1$                                   |
| St. 1554 : Cap Drépano (—105 m) : détritique du large.....   | 587                                | $\pm 2,8 \%$       | $\pm 24,2$                                   | $\pm 34,2$                                   |
| St. 1638 : Banc Johnston (—75 m) : sablon et craie coralligènes.....                                     | 477                                | $\pm 3,1 \%$       | $\pm 21,8$                                   | $\pm 30,8$                                   |
| St. 1573 : Golfe de Salonique (—93 m) : vase jaune gluante.....  | 393                                | $\pm 3,4 \%$       | $\pm 19,8$                                   | $\pm 28$                                     |
| St. 1515 : Fosse de Matapan (—4 200 m) : vase rouge à Ptéropodes.....                                    | 538                                | $\pm 2,9 \%$       | $\pm 23,2$                                   | $\pm 32,7$                                   |
| St. 1526 bis : Fosse Cap de Talante (—428 m) : vase jaune gluante.....                                   | 446                                | $\pm 3,1 \%$       | $\pm 21,1$                                   | $\pm 29,9$                                   |
| St. 1553 : Cap Drépano (—158 m) : sable vaseux coquillier à <i>Dorocidaris</i> et <i>T. vitrea</i> ..... | 305                                | $\pm 3,8 \%$       | $\pm 17,5$                                   | $\pm 24,7$                                   |
| St. Cap Drépano : sable du prisme littoral.....  | 334                                | $\pm 3,6 \%$       | $\pm 18,5$                                   | $\pm 25,9$                                   |
| St. 1566 : Pointe de Cassandre : sable littoral, transfert.....  | 269                                | $\pm 4,1 \%$       | $\pm 16,4$                                   | $\pm 23,2$                                   |
| St. 1663 : Banc Johnston (—40 m) : coralligène et gravier à Lithothamniées.....                          | 358                                | $\pm 3,5 \%$       | $\pm 18,9$                                   | $\pm 26,8$                                   |
| St. 1637 : Banc Johnston (—50 m) : gravier coralligène.....  | 370                                | $\pm 3,5 \%$       | $\pm 19,4$                                   | $\pm 27,2$                                   |
| Plage Saint-Georges (île d'Eubée) : Serpentes, ophiolites.....   | 377                                | $\pm 3,5 \%$       | $\pm 19,4$                                   | $\pm 27,4$                                   |
| Pointe de Dermatas (baie de Salonique).....  | 348                                | $\pm 3,6 \%$       | $\pm 18,6$                                   | $\pm 26,4$                                   |
| Baie de Salonique, pointe Panomi : prisme littoral.....  | 252                                | $\pm 4,3 \%$       | $\pm 15,7$                                   | $\pm 22,4$                                   |

Troisième groupe : Activité  $\beta$  considérée comme nulle, du même ordre que le mouvement propre. L'émission trop faible correspond à des erreurs probables trop importantes. Une activité bêta nulle ou très faible a été observée pour les milieux suivants :

sables vaseux à galets volcaniques et à thanatocœnoses würmiennes remaniées : Station 1544 (canal Pélago, —190 m); les sables à faune quaternaire en place présentent au contraire une radio-activité bêta plus élevée (groupe 2); sables grossiers du prisme littoral à éléments calcaires plus galets de lave (île Pélago).

## CONCLUSIONS

### I. — Morphologie sous-marine.

Les zones examinées montrent les caractères d'une topographie de vastes effondrements sous-marins. Structures en horsts et graben — limités par des failles et abrupts rectilignes — dominant. Il apparaît un relief sous-marin très jeune, plio-quaternaire,

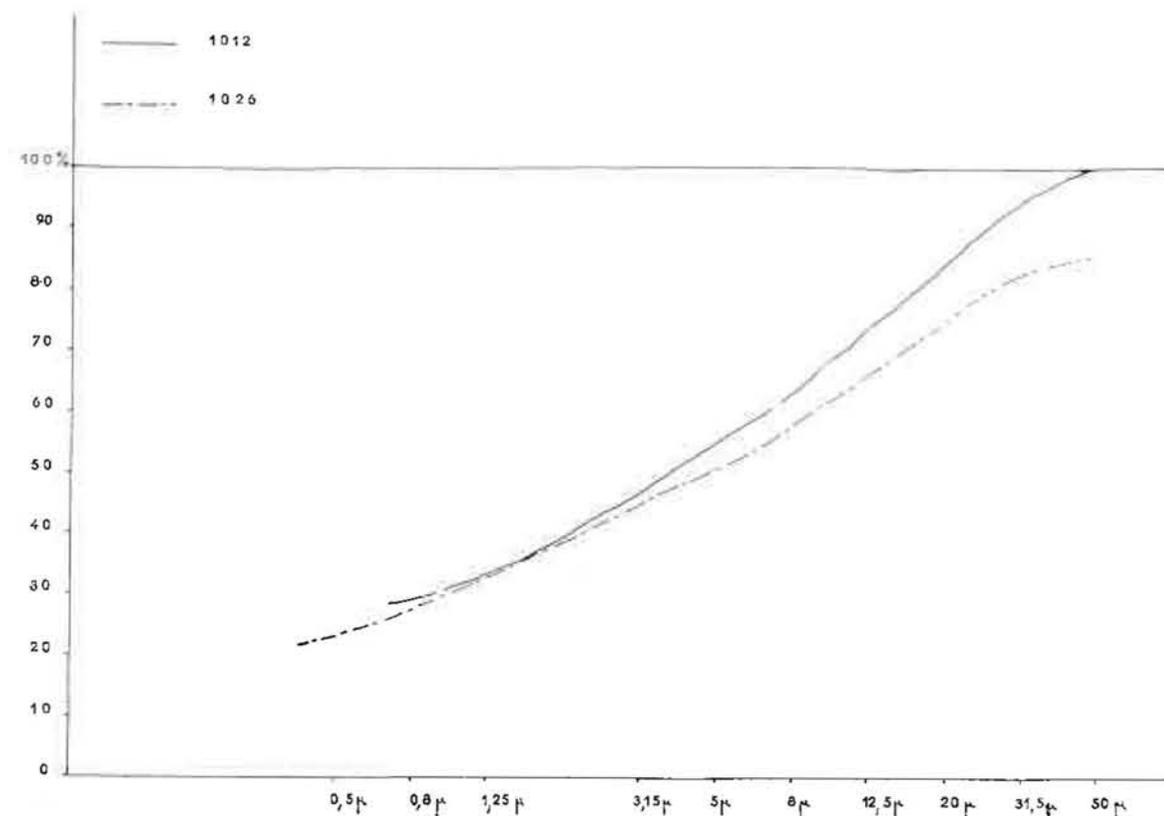


FIG. 25. — Station 1026 : Fosse du Canal de Talante (—430 m).

pléistocène récent — fonctionnant encore actuellement. Un volcanisme plio-quaternaire, de nature basique, accompagne l'effondrement de certains secteurs : Microthivai, Milos, Théra, Mytilène, Banc Johnston. L'axe NW-SE des émissions coïncide avec la direction

des principales lignes d'effondrements relevées par les sondages dans la topographie sous-marine des fonds étudiés.

De telles cassures récentes recoupent les zones isopiques helléniques définies par J. AUBOUIN et ses collaborateurs. Un ensemble complexe de « grabens » polygonaux, escaliers, dorsales et horsts dessine une véritable « marquetterie » fragmentant l'ancien bâti : les anomalies de BOURGUER (*in* PFANNENSTIEL, 1960) seront positives dans les secteurs où se manifeste un volcanisme orogénique ou post-orogénique de compensa-

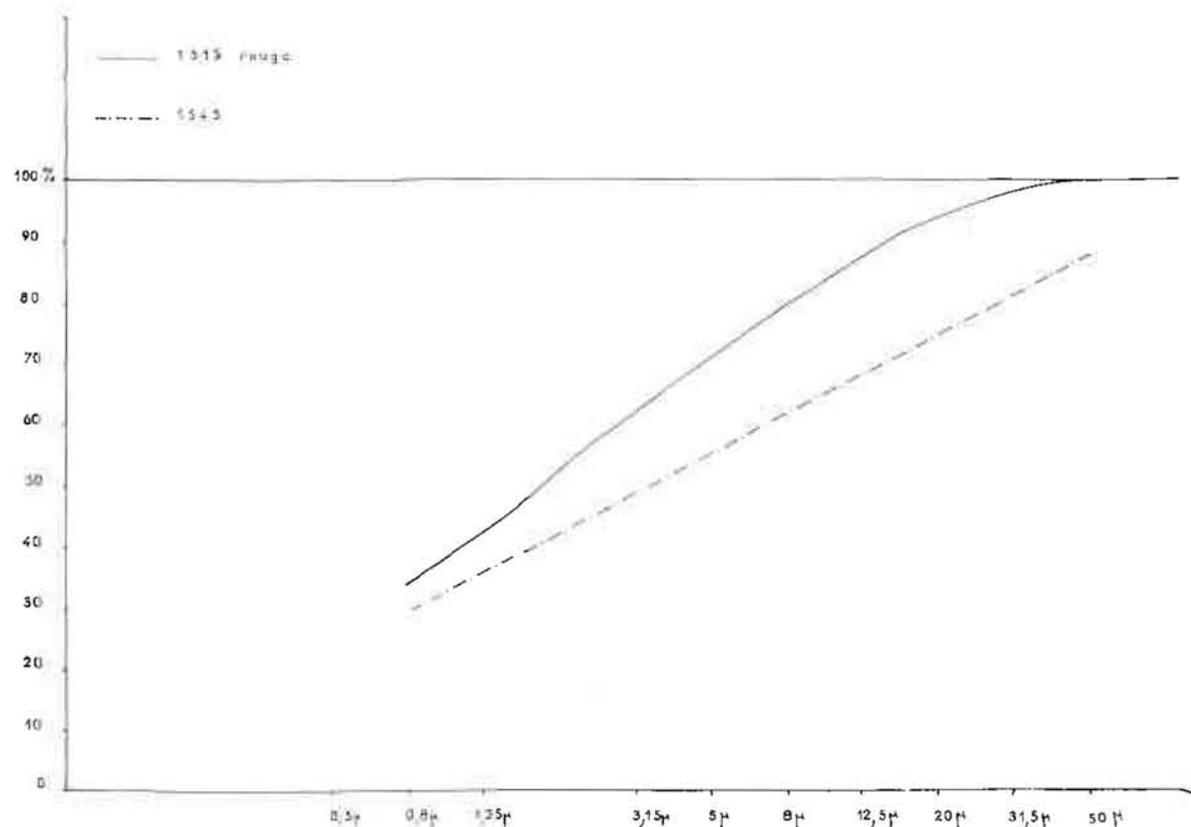


FIG. 26. — Station 1515 : Vase rouge à Ptéropodes, fosse de Matapan (—4 200 m).  
Station 1545 : Canal Pélago, sable vaseux à thanatocœnoses quaternaires (—185 m).

tion : jusqu'à +152 mg/l à Santorin. Les zones d'effondrements récents, Matapan (fosse) et canal de Talante (Chalchis), montrent une anomalie nulle en général.

Au Sud du Cap Matapan, les effondrements orientés NW-SE forment des « marches d'escaliers » ; les rejets augmentent vers le large : 50 m, 100 m, 200 m. Certaines zones montrent une topographie de détail paraissant de nature volcanique : pics, aiguilles. Dans la zone des fosses de Matapan proprement dites, on note des horsts séparant les dépressions ; les rejets ont alors des dénivellations de l'ordre de 1 200 m.

Pour le canal de Talante et le golfe de Volo, il s'agit d'effondrements quaternaires récents, accompagnés par une phase volcanique (Microthivai, Strongilo). Entre l'île d'Eubée et le continent, les failles encore actives dessinent des gradins serrés à déni-

vellations de 100 à 300 m. Cette topographie exceptionnelle se traduit par des rejets « frais » formant des abrupts dans les massifs d'ophiolites ; le réseau hydrographique n'a pas eu le temps de s'adapter aux mouvements du substratum :

- effondrement continu du secteur sous-marin ;
- surélévation du secteur émergé confirmé par la présence, à +2,50 m, d'une corniche coralligène récente.

Bien que l'état de la mer ne nous ait pas permis l'exécution convenable de profils

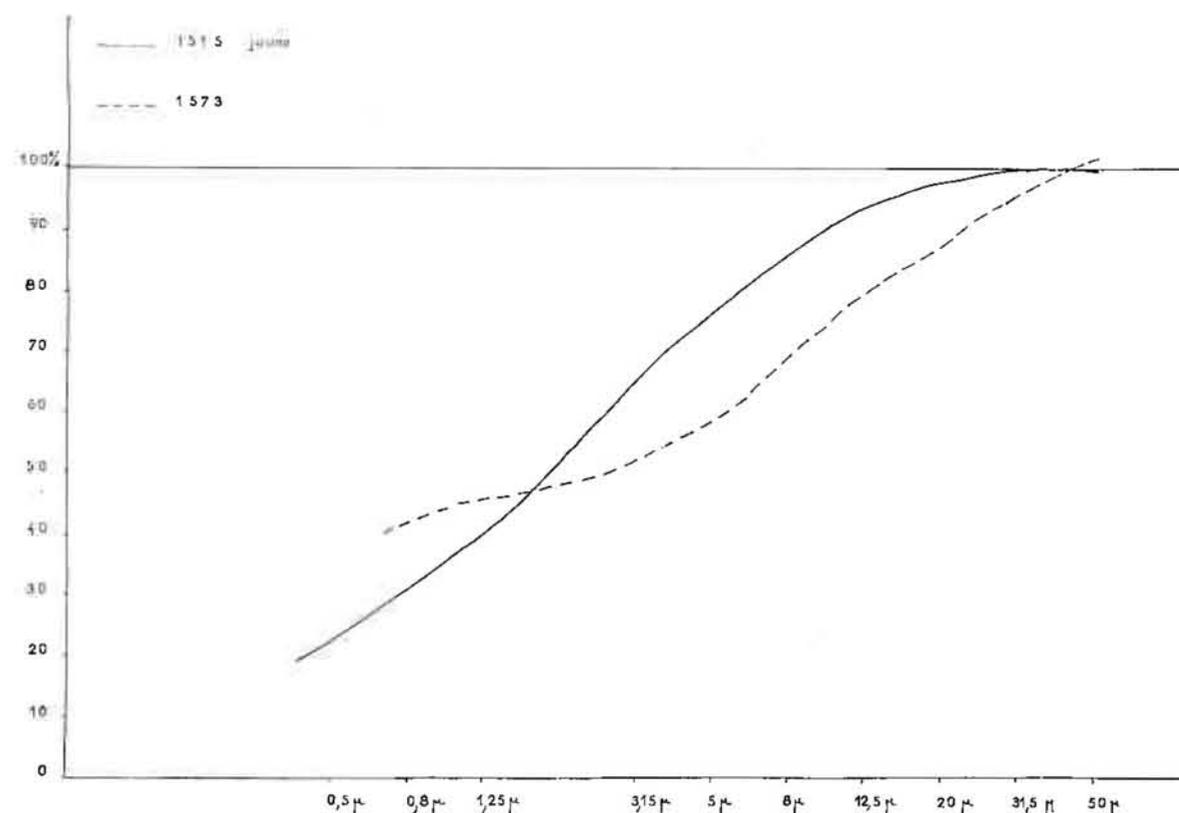


FIG. 27. — Station 1515 : Vase jaune, fosse de Matapan (—4 200 m).  
Station 1573 : Golfe de Salonique, vase jaune gluante (—92 m).

bathymétriques, les dragages montrent, au Banc Johnston, à 18 m à l'Ouest de Mytilène, une table basaltique — formant une sorte de guyot avec une ceinture coralligène formant un bourrelet supérieur. Les anomalies de la microfaune, les dispositions particulières du sédiment, les thanatocœnoses remaniées et triturées, transformées en une véritable craie, font penser à un affaissement récent et rapide de ce secteur volcanique, confirmé par ailleurs, dans les parages de Sigri, à l'Ouest de Mytilène : forêt fossile silicifiée et passant sous le niveau actuel de la mer. L'anomalie de BOURGUER demeure positive : +30 mg/l de moyenne en cette région.

Enfin, au point de vue sédimentaire, ces régions déprimées, nouvellement créées, fonctionnent comme des « pièges » retenant les matériaux, notamment les vases jaunes

gluantes. Une hypersédimentation rapide, dont le mécanisme demanderait à être précisé, s'établit dans les « impasses » de Talante, Volo, golfe de Salonique, etc.

Il semble que la mise en place des vases molles colmatant les « grabens » d'effondrement soit le fait de courants turbides et mouvements contre le fond. On observe une remontée du faciès des « vases bathyales », en ce secteur, jusqu'à des profondeurs

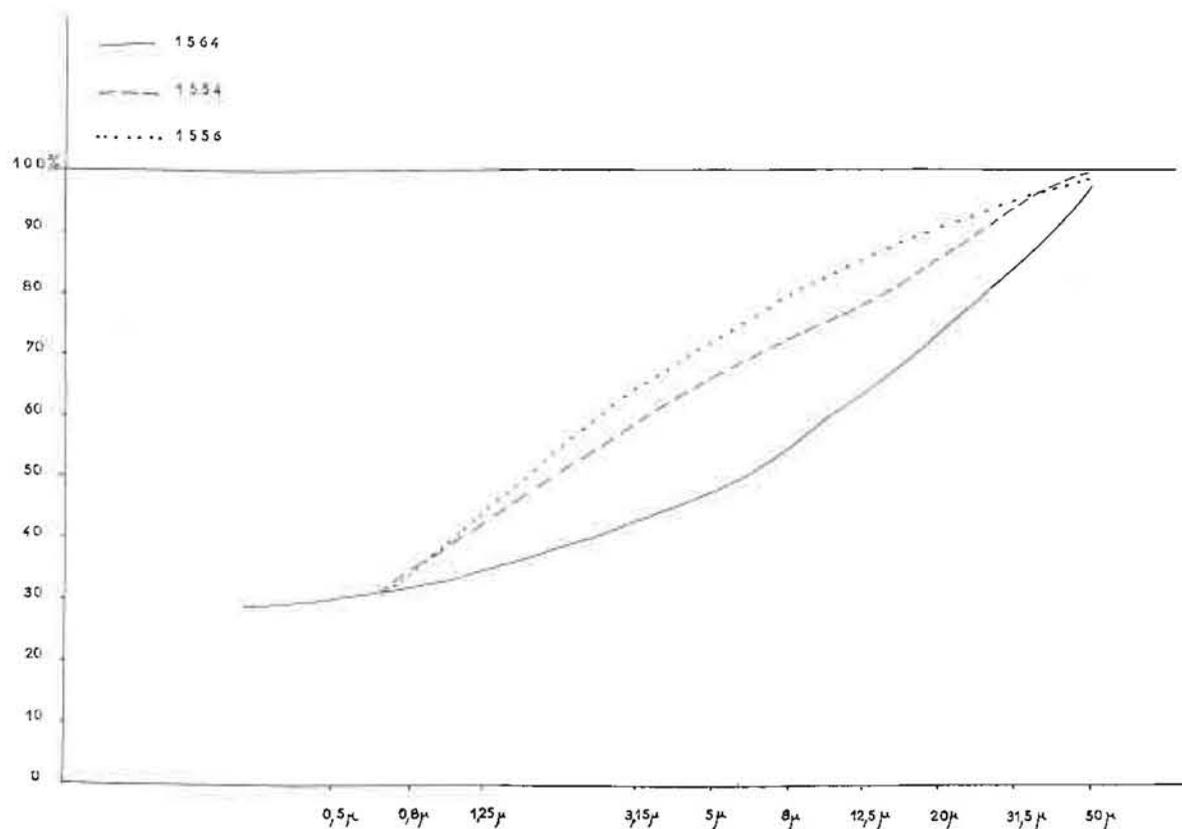


FIG. 28. — Station 1564 : Pointe de Cassandre, sablon micacé (-100 m).  
Station 1554 : Radiale du Cap Drépano, sables du large à minéraux volcaniques (-158 m).  
Station 1556 : Radiale du Cap Drépano, sable coquillier à débris coralligènes (-55 m).

relativement faibles (jusqu'à 100 m). L'observation du milieu sédimentaire actuel confirme, une fois de plus, l'indépendance des faciès granulométriques et de la profondeur réelle du dépôt.

## II. — Composition minéralogique des sédiments du prisme littoral et des zones de transfert.

On distinguera, d'abord, une association fondamentale issue des massifs ultrabasiques d'ophiolites et péridotites (zone pélagonienne). Cette dernière comprend: Olivine, Chromite, Ilménite, Sépiolite et Giobertite.

Dans les transferts de Thrace et du golfe de Salonique s'y ajoutent : les espèces issues du volcanisme basique : augite et magnétite, plus certaines espèces du groupe ultra-basique; les minéraux issus des roches acides : sphène, micas; stock issu des zones métamorphiques : chlorite, chloritoïde, disthène, tourmaline, grenats; groupe d'origine non déterminée probablement alpine : épidote, zoïsite, idocrase (schistes cristallins?); minéralisations ubiquistes ou non déterminées : oligiste, limonite, blende, pyrite, chalcoppyrite, galène, or (contribution du Vardar).

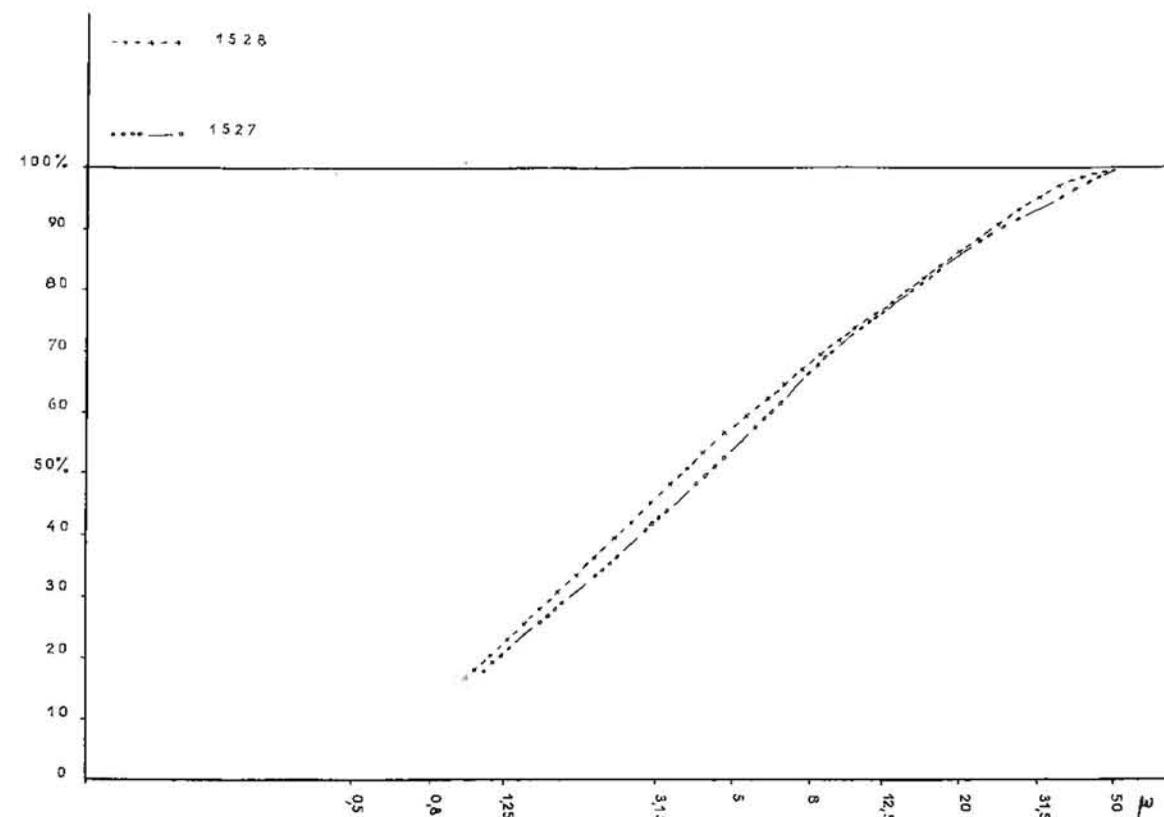


FIG. 29. — Station 1527 : Canal de Talante, vase grise gluante (-187 m).  
Station 1528 : Canal de Talante, vase grise (-85 m).

## III. — Granulométrie des sédiments sableux et conditions de sédimentation.

Dans la plupart des cas, il s'agit de sédiments sableux remaniés par le déferlement et les actions de transfert. L'alimentation est *mixte* : stocks d'éboulis (de type parabolique), stocks mobiles de transferts issus d'éboulis plus ou moins évolués ou de l'érosion des affleurements (montrant une évolution par lévigation), enfin, stocks représentés par les débris d'organismes — en place ou remaniés.

En fait, la granulométrie traduit l'allure générale de phénomènes encore peu connus

dans le détail. Ce qu'il y a de certain c'est que l'on aboutit toujours à des faciès de type logarithmique ou hyperbolique; en tous les cas, le classement du sédiment est bon, souvent même excellent.

On peut confirmer que, en milieu marin, l'usure du sédiment est très rapide, même lorsque la dispersion demeure élevée, excepté le cas où les débris organiques s'accumulent sur place, sans remaniement.

Nous avons étudié les sables roux, oxydés, à minéraux volcaniques, accompagnant

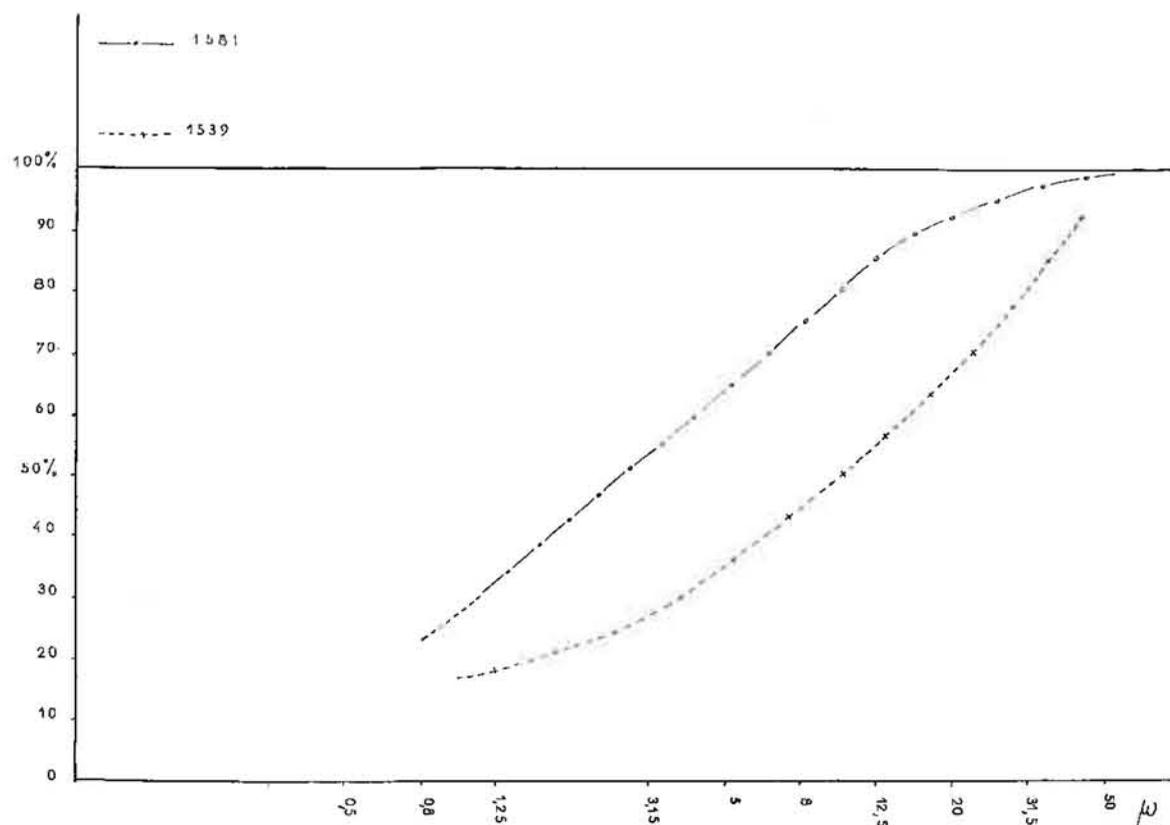


FIG. 30. — Station 1539 : Canal de Talante, sable vaseux à débris organiques (-62 m).  
Station 1581 : Golfe de Salonique, vase gluante du Vardar (-34 m).

les thanatocœnoses quaternaires remaniées. Le mélange de plusieurs stocks est confirmé par les anomalies de la microfaune : plusieurs niveaux ont été mêlés, puis le sédiment a été mécaniquement reclassé par les actions de lévigation contre le fond. Tel est le cas des passes des îles Pélagos (archipel des Skopelos) où règnent des courants de fond. Le résultat de ces actions aboutit à un sédiment lessivé, oxydé, isométrique, analogue à un *sable de plage* et montrant les mêmes paramètres de dispersion à 150 m de profondeur. Vers le large, on relève des sédiments encore mieux classés, à distribution bimodale (-190, -200 m).

J'ai souligné l'intérêt géologique du Banc Johnston, à l'Ouest de Mytilène. Il s'agit d'un plateau volcanique sous-marin, isolé à -38, -40 m, au large d'un archipel effondré

(Mytilène, Sigri) et dominant des fonds de -200, -350 m. Le sommet est couronné par un concrétionnement coralligène *actuel*, très frais. Des blocs de basalte émergent d'un gravier blanc à Mélobésiées, *Lithothamnium*, Serpules, Bryozoaires et débris de Gastéropodes. Sur les pentes du haut-fond basaltique, on drague une vase blanche très fine, d'aspect crayeux, constituée par de très fins débris pulvérisés appartenant à une vieille ceinture coralligène érodée (Algues, Bryozoaires, Serpuliens, Foraminifères). Vers le large, on passe à un détritique aberrant mêlé à un « coralligène » fossile. Les courbes

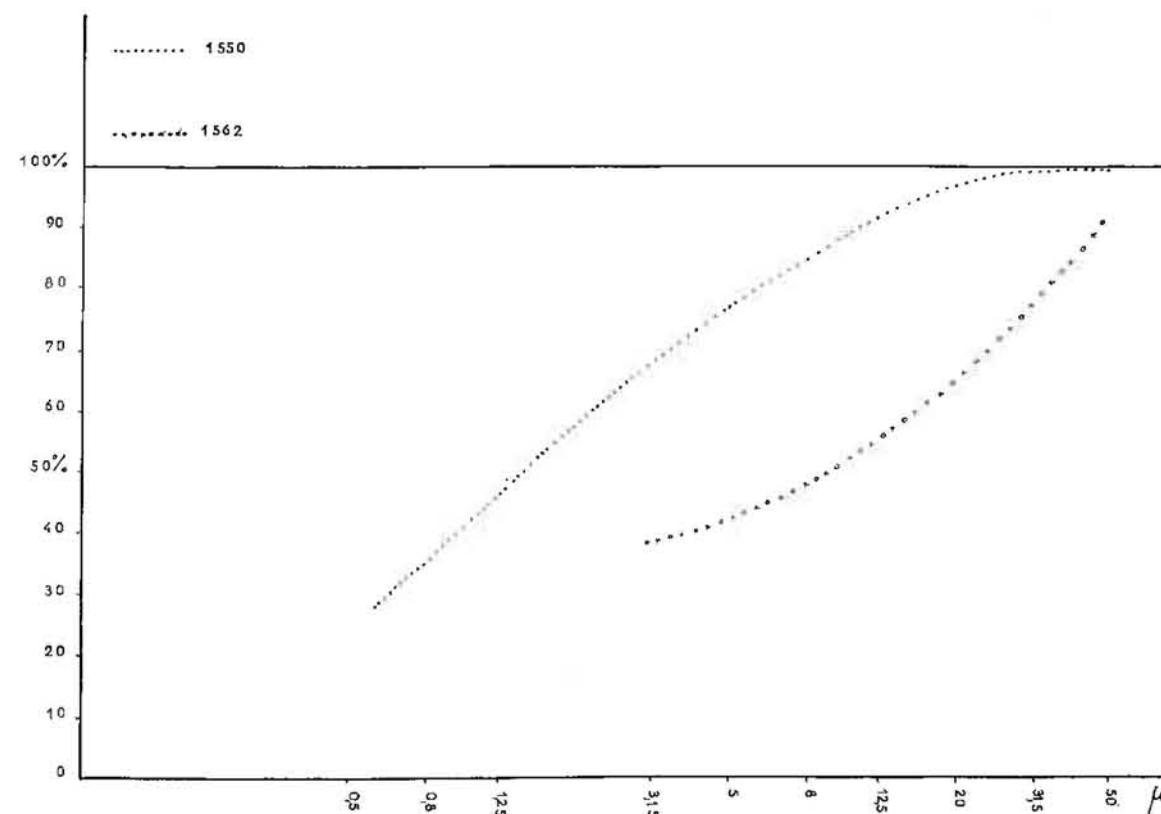


FIG. 31. — Station 1550 : Radiale du Cap Drépano, vase bathyale oxydée à Ptéropodes (-1 058 m).  
Station 1562 : Pointe Cassandre, sablon quartzéux à olivine (-45 m).

granulométriques traduisent un sédiment peu évolué, trié; la microfaune *actuelle* (Amphistégines) est remaniée sur de courtes distances. Les zones crayeuses, à -120, -150 m, montrent un début d'évolution (type logarithmique) : influence possible des triages par gravité et lévigrations sur le pourtour du haut-fond. Le mélange extraordinaire présenté par la microfaune actuelle, subactuelle et fossile, atteste l'importance de ces remaniements.

Tout paraît conditionné :

1° Par l'érosion, les remaniements et glissements par gravité des matériaux d'origine coralligène le long des talus du haut fond. De -80 à -150 m, se déposent les « craies » coralligènes, sédiments bio-clastiques de haute mer, finement triturés.

2° Par l'affaissement récent du secteur volcanique abaissant le niveau des ceintures coralligènes, probablement lié à la phase d'affaissement de l'Egée au Pléistocène supérieur.

Les formations crayeuses paraissent finir en biseau au sein de la vase bathyale.

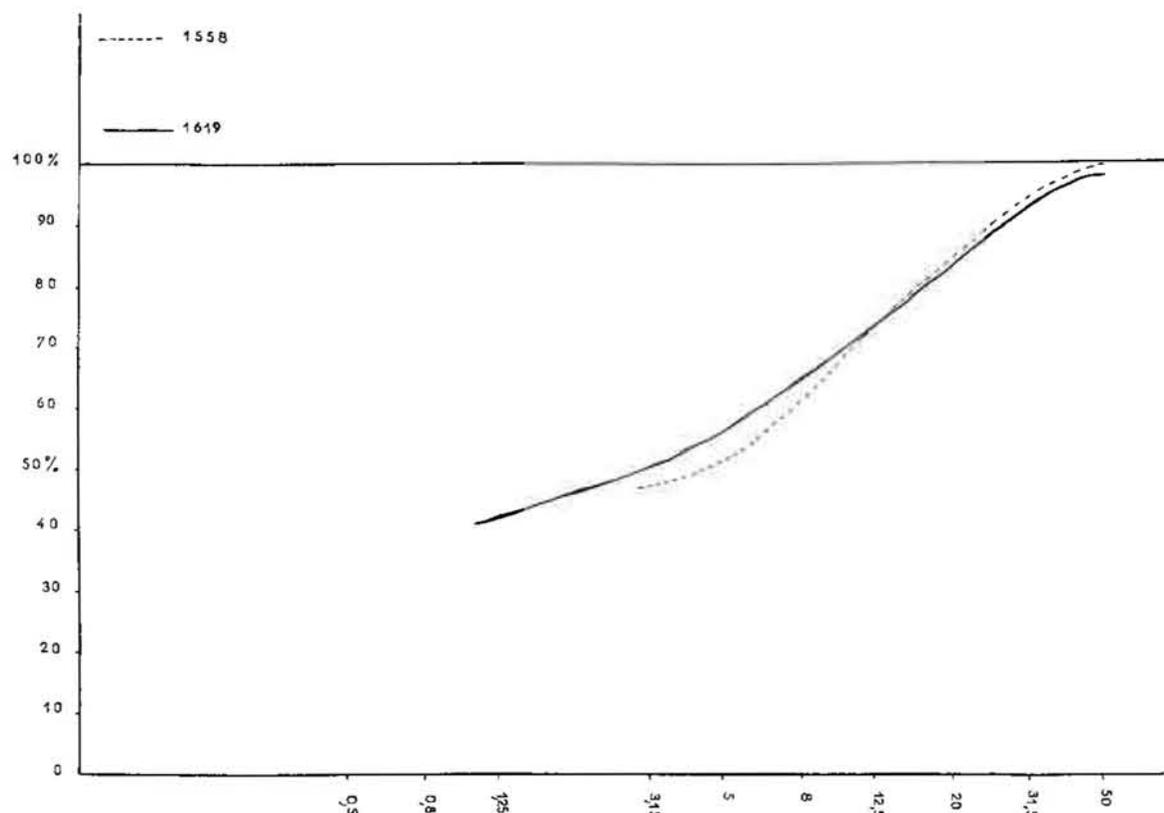


FIG. 32. — Station 1619 : Détritologie du large envasé au S. de Lemnos (—128 m à —126 m).

#### IV. — Les vases sous-marines.

On peut distinguer trois familles de courbes cumulatives concernant le domaine dimensionnel, 40 à 45 µ jusqu'à 0,8 µ :

1° Famille des courbes cumulatives à concavité tournée vers le haut : sédiments très fins, évolués au point de vue granulométrique; exemple : vases jaunes gluantes appartenant au « détritologie fin » se déposant sur un précontinent de formation tectonique récente en voie de colmatage (golfe de Cassandre, baie de Salonique, baies de Thrace méridionale, golfe de Volo) (fig. 27, 28, 30, 31 et 32).

2° Famille des courbes cumulatives de type linéaire; traduisent des actions de triages, remaniements et lévigation. Une partie du stock sédimentaire initial sera fréquemment éliminée. Il demeure un sédiment incomplet avec plusieurs stocks : vases du canal Pélagos à minéraux volcaniques, vase crayeuse calcaire résultant des fonds coralligènes remaniés au large du Banc Johnston (—200 m) (fig. 25, 26, 28 et 29).

3° Famille des courbes cumulatives à concavité tournée vers le bas; il s'agit de sédiments décantés en milieu tranquille :

— qu'il s'agisse de la zone profonde : fosse de Matapan (—4 200 m), vases bathyales à Ptéropodes au Sud du Cap Drépano,

— ou de boues fluviales décantées dans un fond de golfe, après un long transport : vases gluantes du Vardar au fond de la baie de Salonique.

Les teneurs en calcaire, à l'exception des sables et graviers coralligènes, diminuent

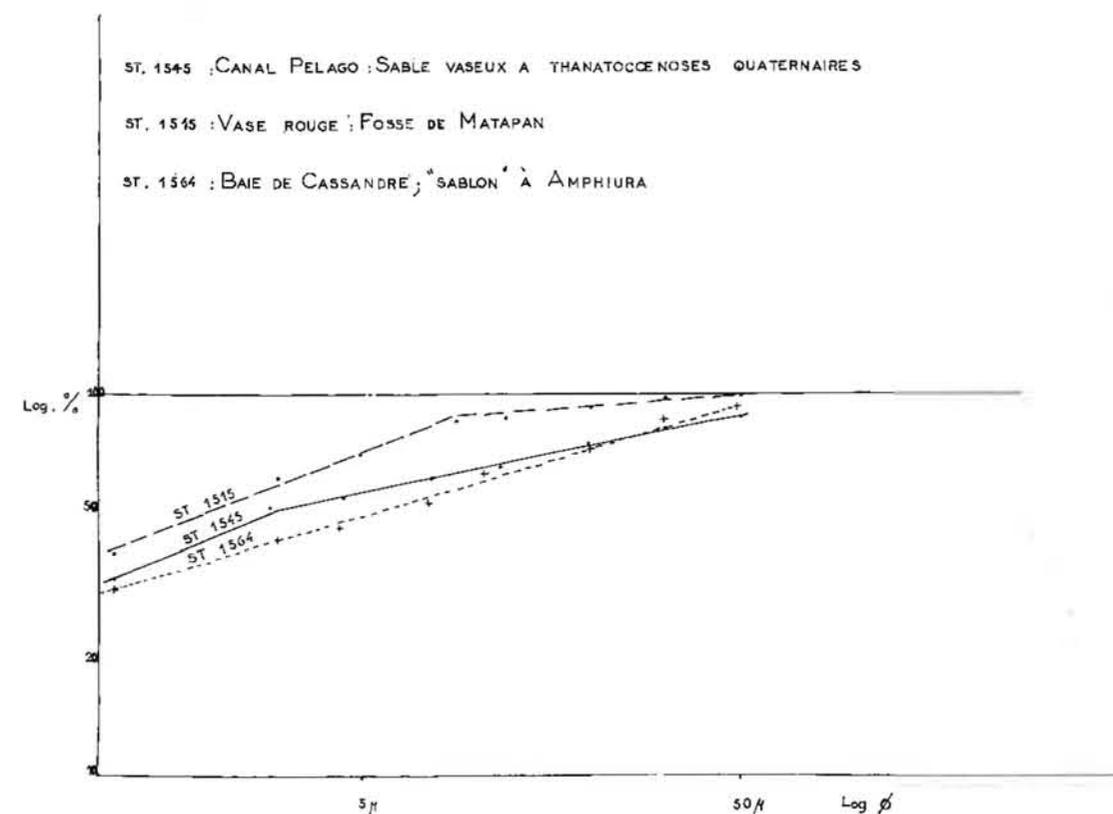


FIG. 33. — Courbes granulométriques cumulatives à coordonnées logarithmiques.

pour les sédiments lessivés d'âge quaternaire (62 à 75 %) : sables à thanatocœnoses würmiennes (canal Pélagos), détritologie du large « fossile » du Banc Johnston, etc.

Les vases profondes jaunes et rouges ont une teneur en calcaire s'apparentant aux argilites et marnes des séries anciennes (12 à 42 %) : fosse de Matapan, vases bathyales jaunes, oxydées. L'enrichissement corrélatif en éléments phylliteux fins et ultra-fins est fréquemment accompagné d'une augmentation de la radio-activité — comme pour beaucoup de sédiments anciens (cas des « shales » et de certaines marnes bleues).

Des sédiments très peu calcaires (0 à 12 %) correspondant à de véritables argilites en formation se rattachent au faciès des vases gluantes. Il s'agit toujours d'une sédimentation argileuse, terrigène, très rapide au fond des baies et autres « pièges à sédiments » d'origine tectonique récente. Ces faciès de comblement, au sein de petits bassins

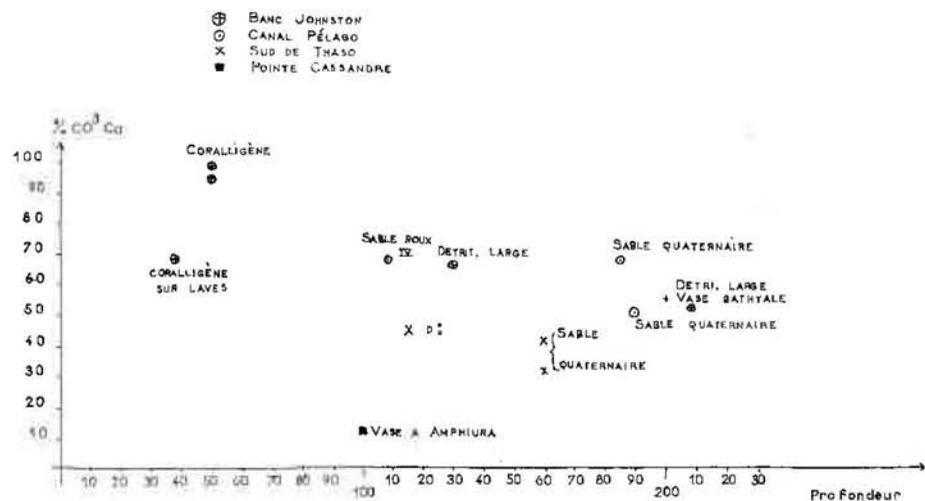
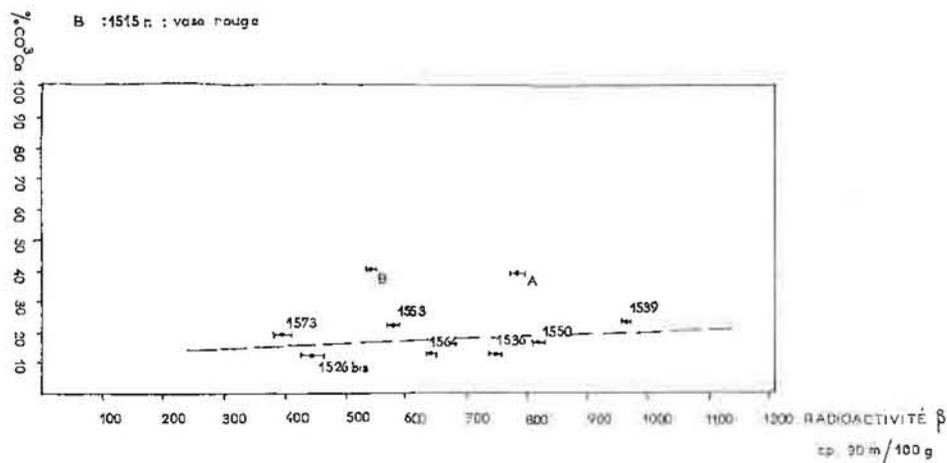


FIG. 34. — Profondeurs et teneurs en calcaire de quelques sédiments typiques.

A : 1515 j. : FOSSE de MATAPAN (-4200 m) vase jaune

B : 1515 n. : vase rouge



CORRÉLATIONS ENTRE LA TENEUR EN CALCAIRE ET LA RADIOACTIVITÉ  $\beta$  POUR LE FACIÈS DE LA VASE JAUNE BATHYALE

FIG. 35. — Radio-activité  $\beta$  et teneurs en calcaire pour quelques sédiments de Méditerranée N.-Orientale.

d'effondrement, montrent une teneur en calcaire faible mais constante et indépendante de la profondeur. Pour le cas des vases bathyales jaunes, il peut y avoir corrélations entre la radio-activité  $\beta$  et la teneur en minéraux argileux.

V. — Radio-activité des sédiments sous-marins.

Les sédiments renfermant des phyllites détritiques riches en  $K^{40}$  montrent une radio-activité supérieure à la moyenne des échantillons, notamment en ce qui concerne l'émission  $\beta$ . En général, correspondent à ce cas, les vases gluantes très fines, d'origine

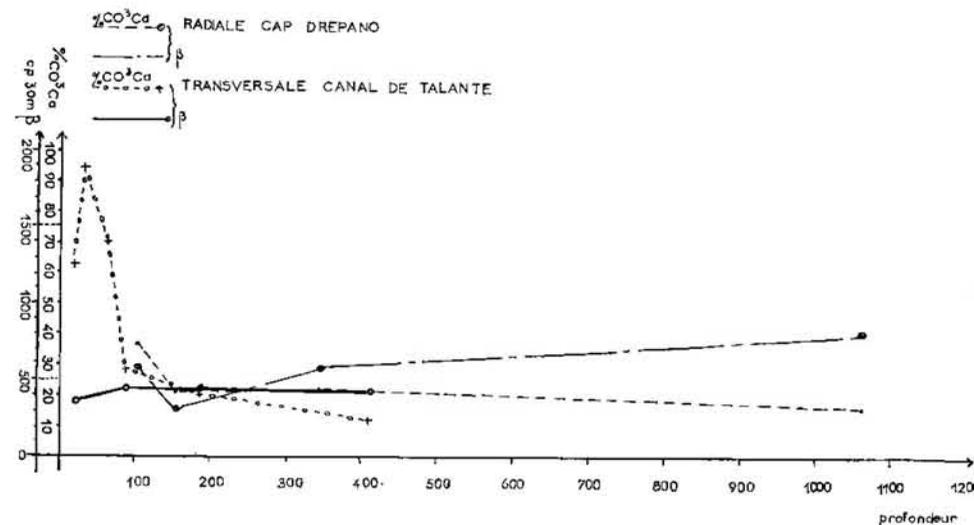


FIG. 36. — Relations entre la profondeur et la teneur en calcaire, la radio-activité  $\beta$  pour quelques sédiments.

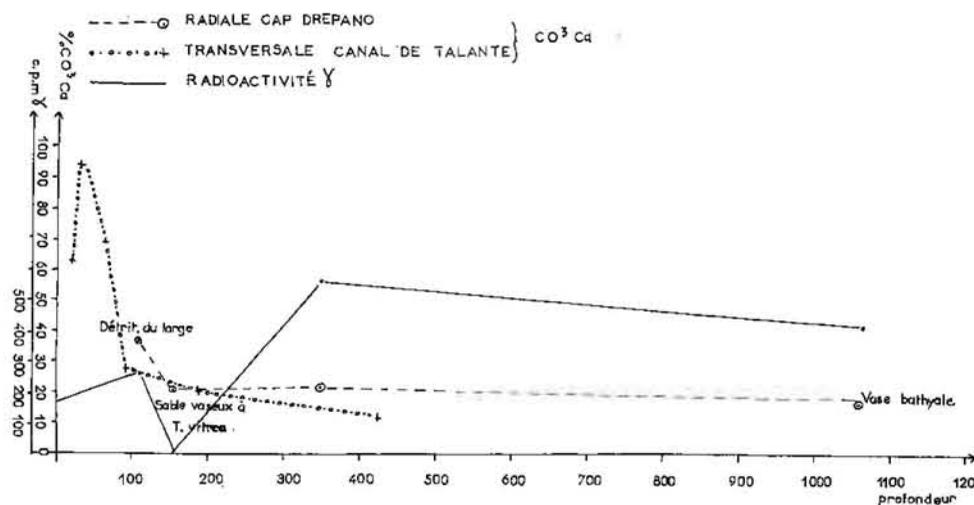


FIG. 37. — Relations entre la profondeur et la teneur en calcaire ainsi que la radio-activité  $\gamma$  pour quelques sédiments.

détritique : vases du Vardar, vases bathyales oxydées, certains sédiments du prisme littoral et quelques vases oxydées profondes (Matapan, canal de Talante).

Il en est de même, par ailleurs, des sédiments grossiers du détritique du large : sédiments lessivés, oxydés et correspondant souvent à des thanatocœnoses fossiles non recouvertes par les vases « bathyales » de formation récente.

L'activité  $\gamma$  sera relativement importante dans le cas des sédiments lessivés et oxydés : sables vaseux quaternaires, à faune würmienne et vases bathyales jaunes. La radio-activité est plus faible pour les sables du prisme littoral repris par les transferts (roches basiques et ultra-basiques).

L'activité  $\beta$  sera maximum pour la moyenne des mesures effectuées dans les vases fluviatiles deltaïques, riches en argile et matières organiques, vases gluantes des golfes fermés (golfe de Volo) et vases profondes oxydées (Matapan, Cap Drépano). Des activités  $\beta$  encore assez élevées seront notées pour les vases bathyales jaunes, oxydées, et les graviers remaniés du détritique du large.

Les autres types de sédiments montrent une activité  $\gamma$  et  $\beta$  pratiquement nulle.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BLANC (J. J.), 1958. — Recherches géologiques et sédimentologiques, campagne de la « Calypso » en Méditerranée nord-orientale (sept.-oct. 1955). *Résult. Scient. Camp. Calypso*, fasc. III, Masson et C<sup>ie</sup>, édit., Paris.
- BOURCART (J.), 1919. — Note préliminaire sur les terrains sédimentaires de la région de Salonique. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, bull. IV, 19, S. 77.
- BRUNN (J. H.), 1960. — Les zones helléniques internes et leur extension. *B. S. G. F.* (7), p. 470-486.
- KOCZY (F. F.), 1956. — Echo soundings. *Repts. Swedish Deep Sea Exp.*, vol. 4, fasc. 2, n° 3, p. 99-158, 23 profils.
- MERCIER (J.), 1960. — Zone pélagonienne et zone du Vardar en Macédoine grecque. *B. S. G. F.* (7), p. 435-449.
- NEGRIS (P.), 1914. — Roches cristallophylliennes et tectonique de la Grèce. Athènes, *Imprimerie Sakellarios*.
- PÉRÈS (J. M.) et PICARD (J.), 1956. — Notes préliminaires sur les résultats de la campagne de recherches benthiques de la « Calypso » dans la Méditerranée nord-orientale. *Rec. Trav. Station Marine d'Endoume*, 18, p. 5-13.
- PFANNENSTIEL (M.), 1960. — Erläungen zu den bathymetrischen Karten des östlichen Mittelmeeres. *Bull. Inst. Océano. Monaco*, n° 1192.
- VAUFREY (R.), 1929. — Les éléphants marins des îles méditerranéennes et la question des isthmes pléistocènes. *Thèses*, Masson et C<sup>ie</sup>, édit., Paris.