



**HAL**  
open science

# ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE DES PARTICULES EN SUSPENSION DANS LES EAUX DE MER MÉDITERRANÉENNES

Patrick Geistdoerfer

► **To cite this version:**

Patrick Geistdoerfer. ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE DES PARTICULES EN SUSPENSION  
DANS LES EAUX DE MER MÉDITERRANÉENNES. *Vie et Milieu*, 1973, XXIII, pp.193 - 207.  
hal-02982309

**HAL Id: hal-02982309**

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02982309v1>

Submitted on 28 Oct 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE DES PARTICULES EN SUSPENSION DANS LES EAUX DE MER MÉDITERRANÉENNES

par Patrick GEISTDOERFER

*Laboratoire des Pêches d'Outre-Mer, Muséum national d'Histoire naturelle,  
57, rue Cuvier, 75005 - Paris*

### SOMMAIRE

Ce travail met en évidence que dans les eaux de mer méditerranéennes la distribution des particules en suspension est très uniforme mais que cette distribution peut être modifiée, notamment à proximité des côtes sous l'influence des apports terrestres.

L'ensemble des particules non vivantes, organiques ou non, en suspension dans l'eau de mer constitue le seston. L'origine de ces particules est détritique : détritiques d'origine organique (végétale ou animale) ou détritiques provenant de la dégradation de la croûte terrestre (sédiments en suspension, apports éoliens et, près des côtes, apports des eaux de ruissellement et des fleuves). Le seston se présente sous forme de petites particules plus ou moins sphériques ou d'agrégats irréguliers de dimensions variables; il compose la majeure partie de la matière en suspension dans l'eau de mer (HAGMEIER, 1960; KREY, 1956).

Les animaux filtreurs du plancton et du benthos trouvent dans le seston une part non négligeable de leur nourriture (LOHMANN, 1908; MARSHALL, 1923; FOX, 1950-1957) et un milieu riche en particules offre également un terrain favorable au développement des bactéries (ZO BELL,



1950). Lors des mesures de certaines propriétés optiques, le rôle joué par les suspensions est important et la connaissance de leur nature et de leur taille facilite la compréhension de ces mesures.

## I. — MÉTHODE D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES PARTICULES EN SUSPENSION DANS L'EAU DE MER

Les méthodes utilisées pour étudier les particules en suspension dans l'eau de mer sont très variées, souvent délicates; elles se complètent les unes les autres. Aucune n'est universelle et ne peut couvrir en totalité leur gamme de dimensions qui est très étendue : mesures directes de tailles (GILLBRICHT, 1951), analyse individuelle au microscope notamment sur des filtres rendus transparents (GOLBERG, BAKER & FOX, 1952; McNABB, 1960...), centrifugation (LOHMANN, 1908), filtrations (STRICKLAND & PARSONS, 1965), mesures optiques (JERLOV, 1951, 1955...).

Les courbes présentées ici ont été obtenues par une méthode d'analyse quantitative immédiate du seston qui permet l'étude granulométrique de toutes les particules plus denses que l'eau de mer, dans leur milieu naturel, sans préparation préalable et sans faire intervenir leurs caractéristiques physico-chimiques et celles du milieu (GEISTDOERFER, 1969a).

Les échantillons d'eau ont été prélevés avec des bouteilles à renversement, fixés immédiatement par addition de formol 40 % et conservés dans des flacons en verre hermétiquement fermés. De retour au laboratoire, 100 cm<sup>3</sup> de chaque prise ont été mis à sédimenter, pendant 24 heures, dans des tubes cylindriques à fond transparent. Le « culot » de sédimentation a ensuite été observé au microscope inversé Zeiss selon la méthode d'Utermöhl (1931) et photographié. L'analyseur de dimensions de particules Zeiss TGZ 3 (F. ENDTER et GEBAUER, 1956) a permis, à partir des photographies, de dénombrer les éléments figurés du seston : 300 à 600 particules furent effectivement comptées pour chaque prise d'eau.

L'expérience a montré que cette méthode permet des mesures précises et exactes de la répartition des particules en suspension dans l'eau de mer, comprises entre 0,8 et 50 microns.

## II. — RÉSULTATS

Les eaux étudiées ont été recueillies au cours de deux missions en Méditerranée, l'une du 4 juillet au 4 août 1966, à bord du N.O. Calypso dans le canal de Sicile, l'autre du 12 mars au 3 avril 1967, à bord du N.O. Amalthée en Méditerranée orientale et centrale (GEISTDOERFER, 1969b).



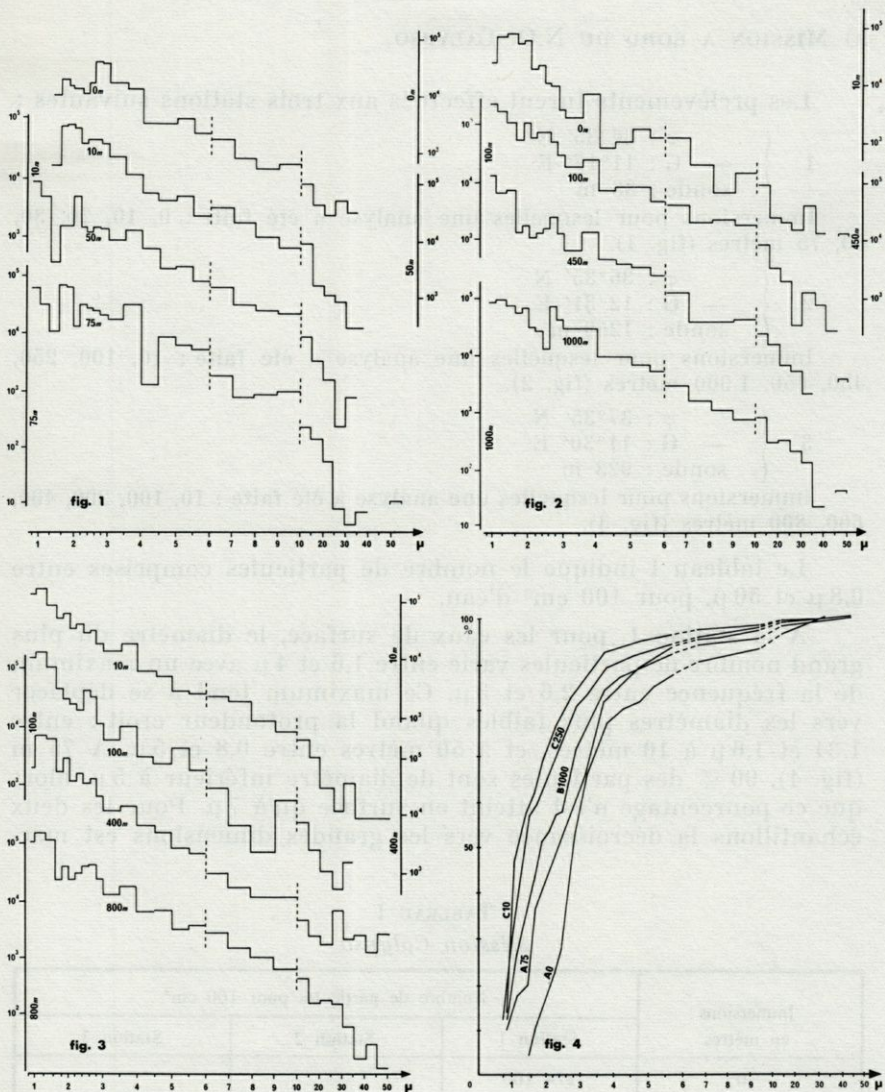


FIG. 1, 2, 3, 4. — Mission Calypso.

FIG. 1. — Station Calypso 1; FIG. 2. — Station Calypso 2; FIG. 3. — Station Calypso 3.

Courbes de répartition de particules en fonction de leur taille pour 100 cm<sup>3</sup>, aux stations de la mission Calypso. Les diamètres en  $\mu$  sont portés linéairement en abscisses (avec rupture d'échelle à 6  $\mu$  et à 10  $\mu$ ) et le logarithme décimal de la fréquence en ordonnée.

FIG. 4. — Courbe A : station 1 (0 et 75 m); courbe B : station 2 (1000 m); courbe C : station 3 (10 et 250 m).

Nombres de particules exprimés en pourcentages cumulés, en fonction du diamètre en  $\mu$ , le nombre total de particules de chaque échantillon est pris égal à 100.

## a) MISSION A BORD DU N.O. CALYPSO.

Les prélèvements furent effectués aux trois stations suivantes :

$$1 \left\{ \begin{array}{l} \varphi : 36^{\circ}35' \text{ N} \\ \text{--- } G : 11^{\circ}17' \text{ E} \\ \text{sonde : 83 m} \end{array} \right.$$

Immersion pour lesquelles une analyse a été faite : 0, 10, 20, 30, 50, 75 mètres (fig. 1).

$$2 \left\{ \begin{array}{l} \varphi : 36^{\circ}35' \text{ N} \\ \text{--- } G : 12^{\circ}31' \text{ E} \\ \text{sonde : 1250 m} \end{array} \right.$$

Immersion pour lesquelles une analyse a été faite : 10, 100, 250, 450, 650, 1 000 mètres (fig. 2).

$$3 \left\{ \begin{array}{l} \varphi : 37^{\circ}35' \text{ N} \\ \text{--- } G : 11^{\circ}30' \text{ E} \\ \text{sonde : 923 m} \end{array} \right.$$

Immersion pour lesquelles une analyse a été faite : 10, 100, 200, 400, 600, 800 mètres (fig. 3).

Le tableau I indique le nombre de particules comprises entre  $0,8 \mu$  et  $50 \mu$ , pour  $100 \text{ cm}^3$  d'eau.

A la station 1, pour les eaux de surface, le diamètre du plus grand nombre de particules varie entre  $1,6$  et  $4 \mu$  avec un maximum de la fréquence entre  $2,6$  et  $3 \mu$ . Ce maximum tend à se déplacer vers les diamètres plus faibles quand la profondeur croît : entre  $1,34$  et  $1,6 \mu$  à 10 mètres, et à 50 mètres entre  $0,8$  et  $5 \mu$ . A 75 m (fig. 4), 90 % des particules sont de diamètre inférieur à  $5 \mu$ , alors que ce pourcentage n'est atteint en surface qu'à  $7 \mu$ . Pour les deux échantillons la décroissance vers les grandes dimensions est mar-

TABLEAU I  
*Mission Calypso*

Immersion en mètres	Nombre de particules pour $100 \text{ cm}^3$		
	Station 1	Station 2	Station 3
0	274 100		
10	697 000	541 000	1 086 800
50	503 700		
75	677 700		
100		1 139 200	920 800
400			1 239 600
450		719 400	
800			794 900
1000		904 300	



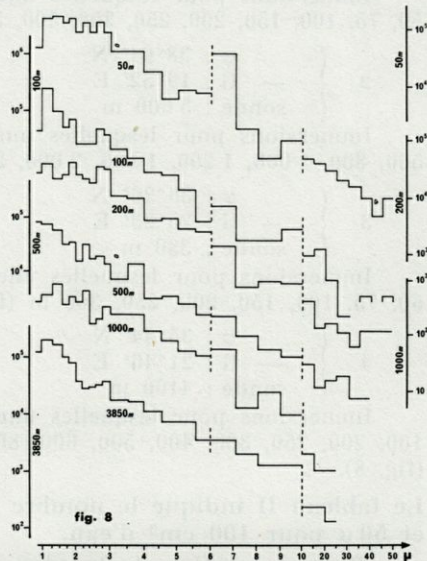
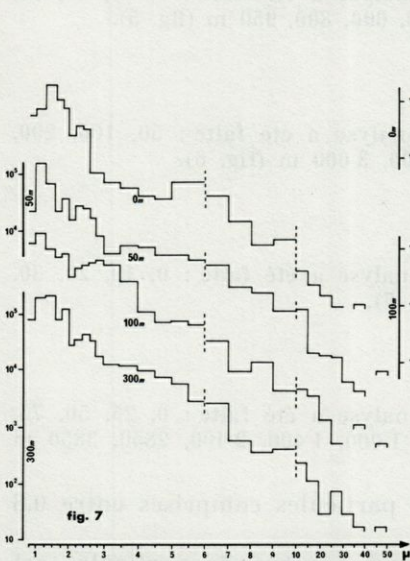
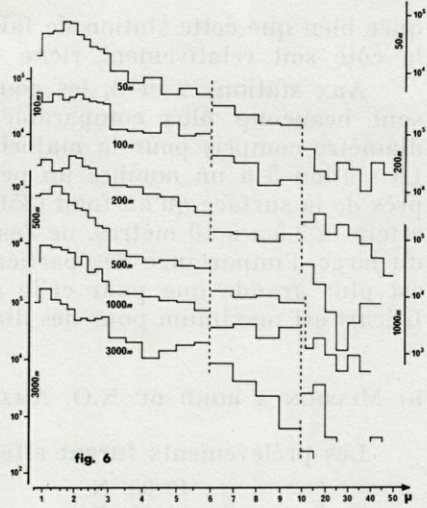
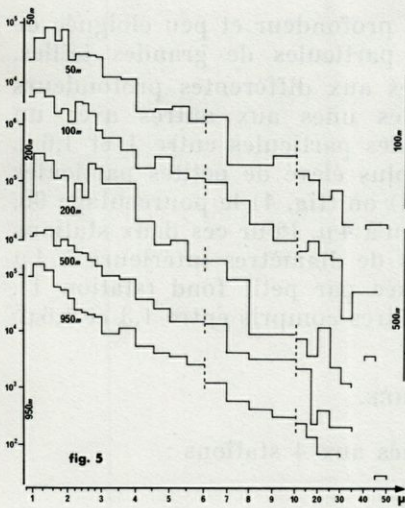


FIG. 5, 6, 7, 8. — Mission Amalthée.

FIG. 5. — Station Amalthée 1; FIG. 6. — Station Amalthée 2; FIG. 7. — Station Amalthée 3; FIG. 8. — Station Amalthée 4.

Courbes de répartition des particules en fonction de leur taille pour 100 cm<sup>3</sup> aux stations de la mission Amalthée.

quée bien que cette station de faible profondeur et peu éloignée de la côte soit relativement riche en particules de grandes tailles.

Aux stations 2 et 3, les courbes aux différentes profondeurs sont beaucoup plus comparables les unes aux autres avec un diamètre compris pour la majorité des particules entre 1 et 1,6  $\mu$ . La station 3 a un nombre un peu plus élevé de petites particules près de la surface qu'au fond (850 m) où (fig. 4) le pourcentage 90, atteint à 3,5  $\mu$  à 10 mètres, ne l'est qu'à 4  $\mu$ . Pour ces deux stations du large, l'importance des particules de diamètres inférieurs à 4  $\mu$  est plus grande que pour celle située par petit fond (station 1). L'écart est maximum pour des diamètres compris entre 1,3 et 1,6  $\mu$ .

#### b) MISSION A BORD DU N.O. AMALTHÉE.

Les prélèvements furent effectués aux 4 stations :

$$1 \left\{ \begin{array}{l} \varphi : 40^{\circ}05' \text{ N} \\ \text{--- G : } 14^{\circ}10' \text{ E} \\ \text{sonde : } 1020 \text{ m} \end{array} \right.$$

Immersion pour lesquelles une analyse a été faite : 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 950 m (fig. 5).

$$2 \left\{ \begin{array}{l} \varphi : 38^{\circ}04' \text{ N} \\ \text{--- G : } 19^{\circ}52' \text{ E} \\ \text{sonde : } 3\ 600 \text{ m} \end{array} \right.$$

Immersion pour lesquelles une analyse a été faite : 50, 100, 200, 500, 800, 1 000, 1 200, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000 m (fig. 6).

$$3 \left\{ \begin{array}{l} \varphi : 36^{\circ}26' \text{ N} \\ \text{--- G : } 25^{\circ}23' \text{ E} \\ \text{sonde : } 380 \text{ m} \end{array} \right.$$

Immersion pour lesquelles une analyse a été faite : 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300 m (fig. 7).

$$4 \left\{ \begin{array}{l} \varphi : 35^{\circ}44' \text{ N} \\ \text{--- G : } 21^{\circ}46' \text{ E} \\ \text{sonde : } 4100 \text{ m} \end{array} \right.$$

Immersion pour lesquelles une analyse a été faite : 0, 25, 50, 75, 100, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1 000, 1 400, 2 400, 2 850, 3 850 m (fig. 8).

Le tableau II indique le nombre de particules comprises entre 0,8 et 50  $\mu$  pour 100 cm<sup>3</sup> d'eau.

Pour la station 1, le plus grand nombre de particules est compris entre 1,34  $\mu$  et 2,4  $\mu$  à 50 mètres, entre 0,8  $\mu$  et 2,4  $\mu$  à 500 et 950 mètres avec un maximum pour la classe 1 à 1,34  $\mu$ . Il semble qu'il y ait comme à la station « Calypso 1 », une importance relative croissante de particules de faibles dimensions lorsque la profondeur augmente, ce qui apparaît bien sur les courbes en pourcentages cumulés (fig. 9 A) des immersions 50, 500 et 950 mètres.



TABLEAU II  
Mission Amalthée

Immersion en mètres	Nombre de particules pour 100 cm <sup>3</sup>			
	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
0			920 000	
50	556 400	689 000	532 300	1 768 400
100	655 700	714 300	1 269 900	1 009 900
200	2 268 800	564 900		454 800
300			1 261 200	
500	1 046 100	722 500		559 600
950	799 000			
1000		752 600		772 000
3000		1 230 300		
3850				1 270 900

Cette décroissance régulière du nombre des grandes particules par rapport à celui des petites est moins nette à la station 2. Les maxima se situent entre 1,6 et 2  $\mu$  à 50 m, 1,34 et 1,6  $\mu$  à 500 m, 1 et 1,34  $\mu$  à 1 000 et 3 000 m; à 50, 100 et 200 mètres, la fraction de grandes tailles est plus importante qu'aux autres immersions. Les courbes en pourcentages cumulés sont très voisines; les eaux de 1 000 et 3 000 m montrent un pourcentage moindre de particules de faibles diamètres : près de 20 % sont supérieures à 4  $\mu$  (fig. 9 B).

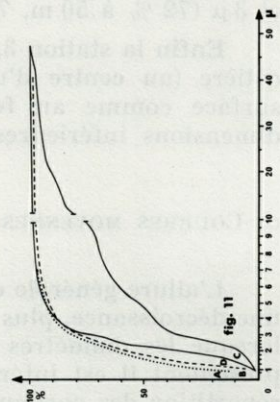
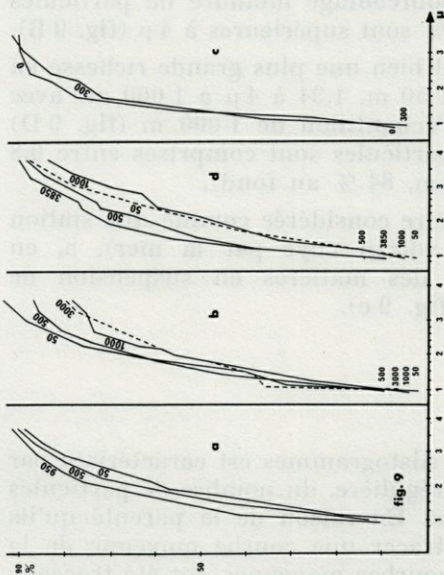
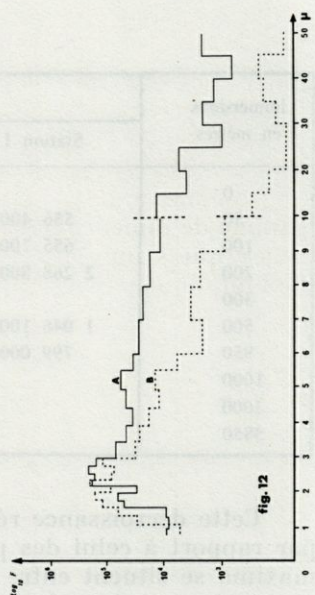
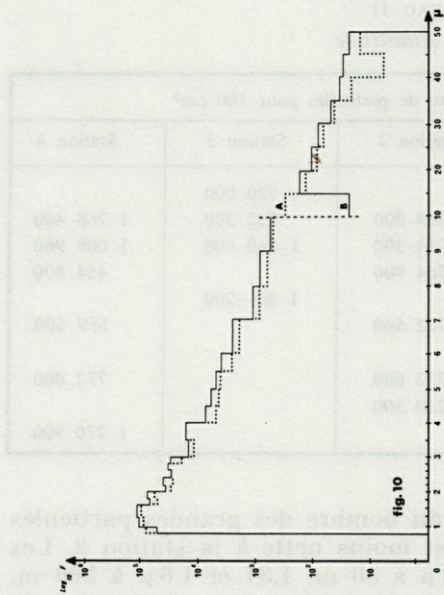
Si les eaux de la station 4 ont bien une plus grande richesse en particules fines (classes 1 à 3  $\mu$  à 50 m, 1,34 à 4  $\mu$  à 1 000 m) avec un maximum pour 1,34 - 1,6  $\mu$ , l'échantillon de 1 000 m (fig. 9 D) se distingue : à peine 70 % des particules sont comprises entre 0,8 et 3  $\mu$  (72 % à 50 m, 77 % à 500 m, 84 % au fond).

Enfin la station 3, qui peut être considérée comme une station côtière (au centre d'un ancien volcan noyé par la mer), a, en surface comme au fond, 90 % des matières en suspension de dimensions inférieures à 3,5  $\mu$  (fig. 9 c).

#### c) COURBES MOYENNES.

L'allure générale de tous ces histogrammes est caractérisée par une décroissance, plus ou moins régulière, du nombre de particules lorsque les diamètres augmentent. En raison de la parenté qu'ils présentent il est intéressant de tracer une courbe moyenne de la répartition des particules. Deux courbes moyennes ont été tracées : l'une pour les stations du canal de Sicile (fig. 10 A) et l'autre pour





celles de Méditerranée centrale et orientale (fig. 10 B); ces deux courbes sont très voisines.

Il apparaît que la classe  $1,3 \mu - 1,6 \mu$  est plus représentée, mais le fait le plus saillant est la prédominance nette des particules de petites tailles, 1 à  $3 \mu$ . 50 % des particules sont de diamètre inférieur ou égal à  $1,6 \mu$ , 90 % inférieur ou égal à  $4 \mu$  (fig. 11 A, B).

Le maximum  $1,3 \mu - 1,6 \mu$  est voisin de la limite inférieure de la gamme de dimensions étudiée; s'il permet de penser que la décroissance qui s'amorce continue lorsque les diamètres diminuent, il ne l'implique pas obligatoirement.

### III. — DISCUSSION

Des résultats de ce travail, pour l'ensemble des deux missions, en deux saisons différentes, on peut conclure que les eaux méditerranéennes se caractérisent par la dominance nette de la fraction fine des particules en suspension : 90 % des particules comprises entre  $0,8 \mu$  et  $50 \mu$ , sont de tailles inférieures à  $4 \mu$  (fig. 11).

#### 1) COMPARAISON AVEC DES TRAVAUX ANTÉRIEURS.

Il est difficile de comparer ces résultats à ceux déjà connus qui non seulement sont peu nombreux mais ne fournissent qu'un ordre d'idée car ils ont généralement été obtenus de façon indirecte.

FIG. 9, 10, 11, 12.

FIG. 9. — Mission Amalthée.

A : station Amalthée 1 (50, 500 et 950 m); B : station Amalthée 2 (50, 500, 1 000 et 3 000 m); C : station Amalthée 3 (50, 500, 1 000 et 3 850 m); D : station Amalthée 4 (0 et 300 m).

Nombres de particules exprimés en pourcentages cumulés, en fonction du diamètre, le nombre total de particules de chaque échantillon est pris égal à 100.

FIG. 10. — Courbe A : mission Calypso; courbe B : mission Amalthée. Courbes moyennes de répartition des particules en fonction de leurs tailles pour  $100 \text{ cm}^3$ .

FIG. 11. — Courbe A : mission Calypso courbe moyenne; courbe B : mission Amalthée courbe moyenne; courbe C : eau de la rade de Villefranche-sur-Mer avril 1966; courbe D : eau de la rade de Villefranche-sur-Mer août 1967.

Nombres de particules exprimés en pourcentages cumulés, en fonction du diamètre en  $\mu$ .

FIG. 12. — Courbe A : avril 1966; courbe B : août 1967.

Courbes de répartition de particules en fonction de leurs tailles pour  $100 \text{ cm}^3$ , d'eau de la rade de Villefranche-sur-Mer.



ATKINS, JENKINS et WARREN (1954) estiment que, dans la Manche, la plus grande partie des particules sont de diamètres inférieurs à 40  $\mu$ . BURT (1955) donne, pour la baie de Chesapeake, un diamètre moyen de 1,2  $\mu$ ; ces valeurs sont bien du même ordre de grandeur que celles trouvées ici, de même que celles de HANAOKA, FURUKAWA et NOGAMI (1960) ou de JERLOV (1955); celui-ci constate qu'il existe un maximum de particules pour les tailles de moins de 2  $\mu$  et que leur quantité diminue quand la taille augmente jusqu'à devenir très faible pour des dimensions supérieures à 20  $\mu$ .

Il faut noter le travail de GILLBRICHT (1951) dans la baie de Kiel pour laquelle, grâce à un analyseur de dimensions de particules, il fournit des répartitions de tailles à différentes profondeurs : à toutes les immersions, la classe de diamètre moyen 3,85  $\mu$ , la plus petite observée, est la plus représentée avec sa valeur maximum dans l'eau de fond, tandis que les suspensions supérieures à 20  $\mu$  ne représentent qu'une faible proportion du nombre total; résultats qui correspondent bien à ceux trouvés au cours de cette étude.

Mais la plupart des considérations sur la dimension des particules en suspension dans les eaux de mer proviennent de l'étude de leurs propriétés optiques, coefficient de diffusion de la lumière et taux de polarisation notamment.

OCHAKOVSKY (1966) trouve en Méditerranée une dominance de la classe 1 - 2,5  $\mu$ . Pour ATKINS et POOLE (1952), dans la Manche, l'essentiel de la diffusion est due à des particules de diamètres supérieurs à 1  $\mu$ , et pour JERLOV (1950) à celles entre 10 et 100  $\mu$  pour des eaux côtières. Il en ressort que la localisation géographique de la région où les stations sont faites détermine les différentes caractéristiques du matériel en suspension.

Les résultats de ce travail sont donc en accord avec les travaux antérieurs et les précisent.

## 2) INFLUENCE DE LA CÔTE.

La station *Calypso 1* située en une région peu profonde voisine de la côte tunisienne se distingue par rapport aux autres par sa richesse relative en suspensions de grands diamètres (4  $\mu$ ).

La comparaison de la courbe de population moyenne des particules présentes dans les eaux du large et de celles des particules d'une eau côtière, eau de la rade de Villefranche, fait apparaître chez cette dernière un déplacement des maxima vers les grandes tailles, entre 2,2 et 3  $\mu$  (fig. 12 A) et 1,6 et 3  $\mu$  (fig. 12 B), et surtout une diminution beaucoup moins marquée du nombre de particules quand les diamètres augmentent, en particulier pour l'échantillon



de printemps (fig. 12 A); la moitié seulement des particules est inférieure à  $5 \mu$  et le pourcentage de 90 n'est atteint qu'à  $20 \mu$  alors que la courbe moyenne donne pour les dimensions inférieures à  $5 \mu$ , 90 % et à  $1,6 \mu$ , 50 %.

Il faut remarquer, néanmoins, que les eaux de Santorin présentent des courbes de population analogues à celles des eaux du large.

Il faut aussi noter dans les eaux de la rade de Villefranche-sur-Mer le nombre total de particules pour  $100 \text{ cm}^3$  qui, dans les deux cas, dépasse le million (2 500 000 en avril 1966, 1 250 000 en août 1967); pour les eaux de haute mer, si la valeur 1 000 000 ou 1 200 000 est atteinte à plusieurs reprises, celle de 2 000 000 ne l'est qu'à 200 mètres à la station « *Amalthée 1* » et à 75 mètres à la station « *Amalthée 4* ». Les valeurs moyennes se situent entre 600 000 et 800 000.

Les courbes obtenues à partir des eaux de Villefranche sont nettement distinctes l'une de l'autre; l'échantillon du printemps est plus riche en matières en suspension que celui de l'été et l'importance de la fraction fine y est moindre. Ces changements dans la taille et l'abondance des particules peuvent être dus aux apports terrestres de natures différentes en ces deux saisons. De telles différences, au cours de l'année, ont été observées notamment par JERLOV (1953) dans un fjord et par PICKARD et GIOVANDO (1960) en Colombie britannique (maximum à  $20 \mu$  l'été, à  $8 \mu$  l'hiver).

On peut donc dire que quand on s'éloigne de la côte, le maximum se déplace vers les particules de petites tailles ( $0,8$  à  $2 \mu$ ), leur importance relative croît mais les eaux s'appauvrissent en matières en suspension.

La règle générale de répartition de tailles qu'expriment les deux courbes moyennes n'est valable que pour les eaux situées à quelque distance des côtes; elle est mise en défaut quand les influences terrestres dominent grâce à un apport de particules de grandes dimensions venues des rivages.

### 3) INFLUENCE DE LA PROFONDEUR.

Aux deux stations « *Calypso 1* » et « *Amalthée 1* » il semble que la proportion des particules de petits diamètres augmente avec la profondeur (fig. 1 et 5). BURT (1958) dans l'est de l'Océan Pacifique tropical, à partir de mesures de transmission de lumière, déduit que les eaux de surface contiennent des particules de plus grandes tailles que les eaux des profondeurs supérieures à 400 m, plus limpides, où du matériel fin (inférieur à  $0,4 \mu$ ) est surtout présent. ATKINS & POOLE (1952) avaient déjà constaté, dans la



Manche, que la diffusion de la lumière était plus intense en surface qu'au fond.

Les courbes de répartition des trois stations profondes de la mission « *Amalthée* » (1, 2, 4) montrent que le nombre de particules comptées pour des diamètres supérieurs à  $10\ \mu$  est réduit et il semble l'être d'autant plus que la profondeur est importante. Cette diminution de la fraction de grande taille est, cependant, peu prononcée.

#### IV. — CONCLUSIONS

Les résultats des mesures, effectuées sur des échantillons prélevés en différentes régions, montrent donc que pour toutes les eaux du large, si le nombre de particules est très variable de l'une à l'autre, l'allure générale des courbes de répartition de tailles est très uniforme. Les densités de tailles maximales se situent toujours dans les classes de diamètres les plus faibles et la décroissance du nombre des particules est toujours très marquée à partir de  $4\ \mu$ .

Pour la haute-mer, en Méditerranée, une courbe générale qui fournit, en fonction de leur taille, la répartition de ces particules peut donc être tracée. Elle traduit clairement, entre  $0,8\ \mu$  et  $50\ \mu$ , la dominance du matériel le plus fin; son maximum se situe à la classe de diamètre  $1,3\ \mu - 1,6\ \mu$ .

Les apports terrestres altèrent cette répartition; près des côtes le maximum est décalé vers les grandes tailles. En haute-mer, bien que moins importante que celle due à l'influence continentale, on observe aussi une variation des courbes de population: les plus grosses particules semblent se raréfier quand la profondeur croît.

#### RÉSUMÉ

L'étude granulométrique des particules en suspension dans les eaux de mer méditerranéennes a été réalisée au moyen d'un analyseur de dimensions de particules; elle a porté sur les particules comprises entre  $0,8$  et  $50\ \mu$  et sur des eaux provenant du canal de Sicile et des régions centrales et orientales de la Méditerranée.

Les distributions trouvées sont très comparables les unes aux autres, pour les eaux du large, et ont leur maximum à la classe diamètres  $1,3 - 1,6\ \mu$ . Il y a une nette prédominance du matériel de



petite taille : 50 % des particules sont de diamètres inférieurs ou égaux à  $1,6\ \mu$ , 90 % de diamètres inférieurs ou égaux à  $4\ \mu$ . Une courbe moyenne de répartition des particules en suspension a été établie.

Les eaux du large ont été comparées à celles de la rade de Villefranche-sur-Mer (eaux côtières). Il est apparu que la règle générale de répartition des diamètres n'existe plus à l'approche des côtes; dans la rade de Villefranche, 50 % des particules sont de diamètres inférieurs ou égaux à  $5\ \mu$ , 90 % des diamètres inférieurs ou égaux à  $20\ \mu$ .

Il semble enfin qu'il y ait une raréfaction des particules les plus grosses quand la profondeur croît.

### SUMMARY

The granulometric study of particles in suspension in the waters of the Mediterranean sea has been carried out using a particle size analyser. This study deals with particles ranging from  $0.8$  to  $50\ \mu$  and with the waters of the straits of Messina and of the Central and Eastern Mediterranean.

The distributions found are very similar when compared to each other for the off shore waters, and they meet their maximum up to the diameter of  $1.3$  to  $1.6\ \mu$ . There is a marked predominance of small size material : 50% of the particles have diameters inferior or equal to  $1.6\ \mu$ , 90 % inferior or equal to  $4\ \mu$ . A mean curve of the distribution of the particles in suspension has been drawn.

The off shore waters are compared to the waters of the bay of Villefranche-sur-Mer (coastal waters). It has been pointed out that the general rule of the distribution of the diameters does not exist close to the coasts; in the bay of Villefranche-sur-Mer 50 % of the particles have diameters inferior or equal to  $5\ \mu$  and 90 % of their diameters inferior or equal to  $20\ \mu$ .

It seems that the quantity of bigger particles decreases as the depth increases.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die granulometrische Studie der sich in Suspension befindlichen Partikel im mediterranen Meerwasser konnte mittels eines Analysators verwirklicht werden, sie erfasste Partikel der Grössen



zwischen 0,8 und 50  $\mu$  aus den Gewässern der Strasse von Messina und den zentralen und östlichen Regionen des Mittelmeers.

Untereinander sind die Verteilungen in den Hochseegewässern sehr ähnlich, mit einem Maximum im Bereich von 1,3 - 1,6  $\mu$ . Eine deutliche Predominanz zeigen Partikel geringer Grösse. 50 % sind 1,6  $\mu$  oder kleiner, 90 % 4  $\mu$  oder kleiner. Eine mittlere Verteilungskurve wird gegeben.

Die Hochseegewässer wurden mit den Küstengewässern bei Villefranche-sur-Mer verglichen. Es zeigte sich, dass die generelle Verteilungsregel nach Durchmesser in Küstennähe nicht mehr gilt. Bei Villefranche sind 50 % der Partikel unter oder bei 5  $\mu$ , 90 % unter oder bei 20  $\mu$ .

Mit zunehmender Tiefe scheinen die grössten Partikel seltener aufzutreten.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ATKINS, W.R.G., P.G. JENKINS & F.J. WARREN, 1954. The suspended matter in sea water and its seasonal changes as affecting the visual range of the secchi disc. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **33** (2) : 497-509.
- ATKINS, W.R.G. & H.H. POOLE, 1952. An experimental study of the scattering of light by natural waters. *Proc. R. Soc., B*, **140** : 321-338.
- BURT, W.V., 1955. Interpretation of spectrophotometer readings on Chesapeake Bay waters. *J. mar. Res.*, **14** (1) : 33-46.
- BURT, W.V., 1958. Selective transmission of light in tropical Pacific waters. *Deep Sea Res.*, **5** : 51-61.
- ENDTER, F. & H. GEBAUER, 1956. *Optik*, **13** : 97-101.
- FOX, D.L., 1950. Comparative metabolism of organic detritus by inshore animals. *Ecology*, **31** : 100-108.
- FOX, D.L., 1957. Particulate organic detritus. *Mem. Geol. Soc. Amer.*, **67** (1) : 383-390.
- GEISTDOERFER, P., 1969a. Etude granulométrique des particules en suspension dans les eaux de mer. Mise au point d'une méthode d'analyse et son application à la Méditerranée. *Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Paris*, 100 p.
- GEISTDOERFER, P., 1969b. Etude des particules en suspension par microscopie. *Cah. océanogr.*, **21** (suppl. 2) : 256-259.
- GILLBRICHT, M., 1951. Untersuchungen zur Produktionsbiologie des Planktons in der Kieler Bucht 1. *Kieler Meeresforsch.*, **8** : 173-191.
- GOLBERG, E.D., M. BAKER & D.L. FOX, 1952. Microfiltration in oceanographic research. Marine sampling with the molecular filters. *J. mar. Res.*, **11** : 194-204.
- HAGMEIER, E., 1961. Plankton - Äquivalente. *Kieler Meeresforsch.*, **17** : 32-47.



- HANOCA, T., A. FURUKAWA & K. NOGAMI, 1960. Studies on suspended matter in the sea. IV. On the relation between suspension factor, estimation coefficient and turbidity. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.*, **26** (5) : 469-471.
- JERLOV, N.G., 1950. Optische Bestimmungen von Schwebestoffen im Meere. *Naturwissenschaften*, **37** (15) : 359-360.
- JERLOV, N.G., 1951a. Optical studies of ocean water. *Rep. Swedish. Deep Sea Exp.*, **3** (1) : 1-59.
- JERLOV, N.G., 1951b. Optical measurements of particle distribution in the sea. *Tellus*, **3** (3) : 122-128.
- JERLOV, N.G., 1953. Influence of suspended and dissolved matter on transparency of sea water. *Tellus*, **5** (1) : 59-65.
- JERLOV, N.G., 1955a. Factors influencing the transparency of Baltic waters. *Meddn oceanogr. Inst. Göteborg*, **25** : 19.
- JERLOV, N.G., 1955b. The particulate matter in the sea as determined by means of the Tyndall meter. *Tellus*, **9** (2) : 218-225.
- KREY, J., 1956. Die Trophik küstennaher Meeresgebiete. *Kieler Meeresforsch.*, **12** : 46-71.
- LOHMANN, H., 1908. Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres und Plankton. *Wiss. Meeresunters.*, **10** : 129-370.
- MARSHALL, S.M., 1923-25. The food of *Calanus finmarchicus* during 1923. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **13** (2) : 473-479.
- MCNABB, C.D., 1960. Enumeration of freshwater phytoplankton concentrated on the membrane filter. *Limnol. Oceanogr.*, **5** (1) : 57-61.
- OCHAKOVSKY, Y.E., 1966. On the dependence of the total attenuation coefficient upon suspended matter mineral in the sea. *U.S. Dept. Comm. Joint Publ. Res. Sec. Rept.*, **36** (816) : 16-24.
- PICKARD, G.L. & L.F. GIOVANDO, 1960. Some observations of turbidity in British Columbia inlets. *Limnol. Oceanogr.*, **5** (2) : 162-170.
- STRICKLAND, J.D.H. & T.R. PARSONS, 1965. A manual of sea water analysis (with reference to the common micronutrients and to particulate organic material). *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, **125** : 203.
- UTERMÖHL, H., 1931. Über das umgekehrte Mikroskop. *Arch. Hydrobiol. Planktonk.*, **22** : 643-645.
- ZO BELL, C., 1950. Marine microbiology. Waltham, Mass. U.S.A., 240 pp.

Reçu le 9 juillet 1971