

MINÉRALOGIE DE QUELQUES VASES MARINES
DE LA RÉGION DE MONACO

par

HOANG NGOC CÂN, W. DONOSO et G. BSABATIER
Faculté des Sciences de Paris

Sommaire

Étude minéralogique de dix-sept échantillons de vases marines bleues de la région de Monaco. Ces sédiments de composition très uniforme contiennent en moyenne 42 % de calcaire un peu magnésien et 16% de quartz; dans la fraction argileuse on trouve de l'illite dioctaédrique (plus de 80%), de la chlorite, et parfois un peu de montmorillonite.

A l'occasion de recherches sédimentologiques entreprises par l'un de nous, en Méditerranée, au large de Monaco, nous avons étudié la minéralogie de la fraction fine de quelques sédiments de cette région.

Les échantillons, au nombre de 17, ont été prélevés dans la zone des boues bleues en des points et à des profondeurs indiqués dans le Tableau I.

TABLEAU I.

N ^{os}	Positions			Profondeur en mètres	
	Nord		Est Greenwich		
1	43°	46'	30"	7° 32' 00"	85
2	43°	45'	20"	7° 31' 45"	77
3	43°	44'	17"	7° 29' 30"	85
4	43°	43'	29"	7° 27' 51"	110
5	43°	43'	13"	7° 25' 55"	140
6	43°	42'	00"	7° 22' 12"	150
7	43°	41'	35"	7° 24' 38"	150
8	43°	42'	52"	7° 28' 17"	200
9	43°	39'	42"	7° 20' 27"	250

10	43°	41'	28"	7°	22'	45"	280
11	43°	42'	45"	7°	4'	00"	280
12	43°	42'	10"	7°	21'	00"	435
13	43°	40'	18"	7°	23'	30"	500
14	43°	39'	10"	7°	20'	47"	505
15	43°	41'	20"	7°	26'	18"	550
16	43°	42'	20"	7°	30'	40"	570
17	43°	23'	55"	7°	24'	55"	2096

La fraction fine (< 40 microns), qui représente en gros 95 % de la totalité du sédiment, a été séparée par tamisage. C'est sur cette fraction qu'a porté notre étude.

I. Teneur en calcaire et quartz.

Ces sédiments sont riches en calcaire, qui forme de 32 à 55 % de la masse totale des échantillons; il s'agit essentiellement de calcite, tenant en solution solide une petite quantité de carbonate de magnésie comme le montrent les chiffres suivants :

N°s	CaCO ₃ %	MgCO ₃ %
2	38,5	2,1
6	37,9	2,5
11	35,9	3,1
13	36,5	2,5
17	39,8	3,0

Le quartz, en particules très fines, est toujours présent; son pourcentage déterminé par diffraction des rayons X varie de 11 à 25 %.

Si l'on désigne sous le nom d'argile le reste du produit, on peut représenter la composition minéralogique de chacun de nos échantillons par un point dans un diagramme triangulaire calcaire-quartz-argile (fig. 1). Les points représentatifs ne sont pas dispersés dans tout le diagramme, mais au contraire assez étroitement groupés autour d'un point moyen correspondant à une teneur en calcaire de 42 %, en quartz de 16 % et en argile de 42 %.

Les fluctuations que l'on observe autour de ces valeurs moyennes paraissent entièrement l'oeuvre du hasard : la position des échantillons dans le diagramme ne dépend ni de la profondeur à laquelle ils ont été prélevés, ni de leur situation géographique, en particulier de la distance de la côte.

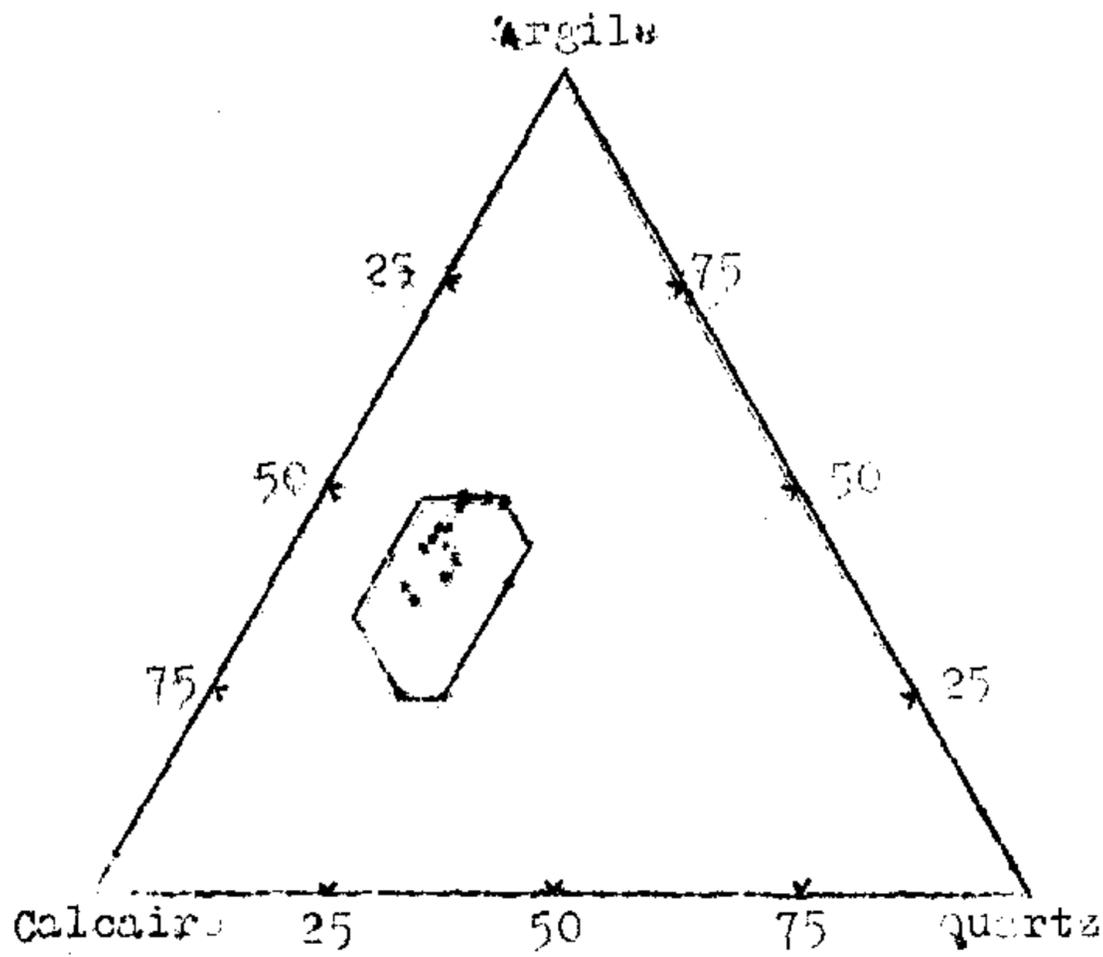


Fig. I.- Composition des sédiments dans le système calcaire-quartz-argile.

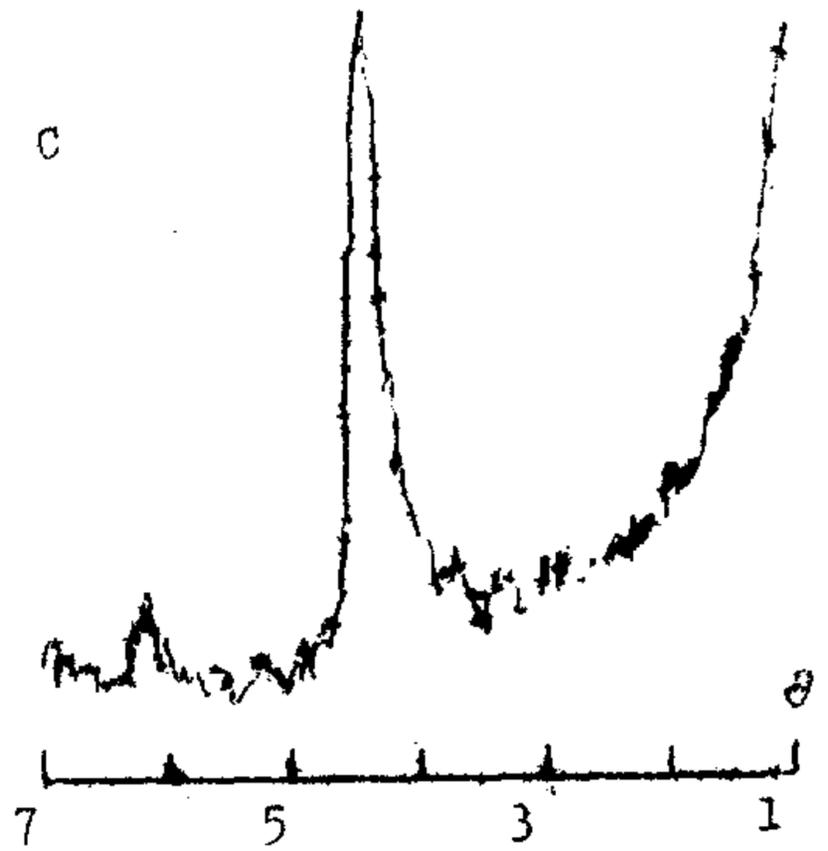
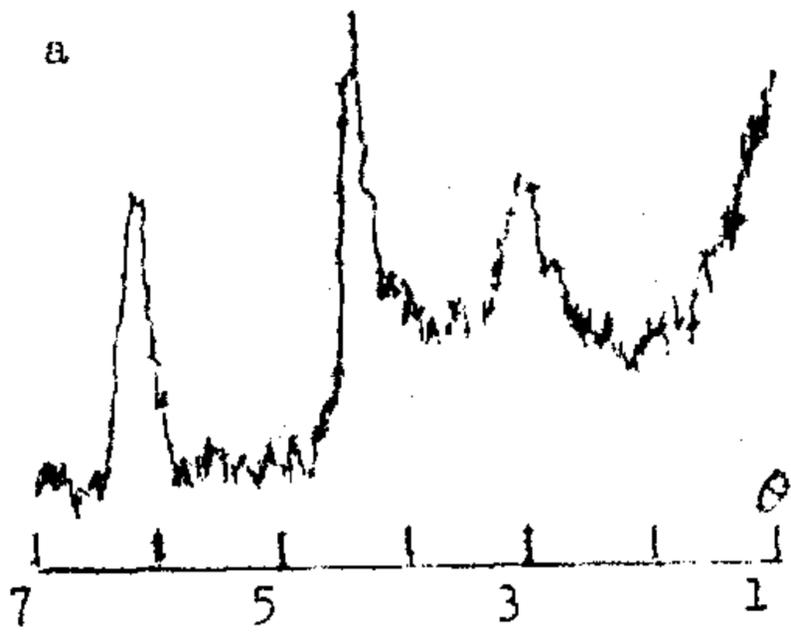
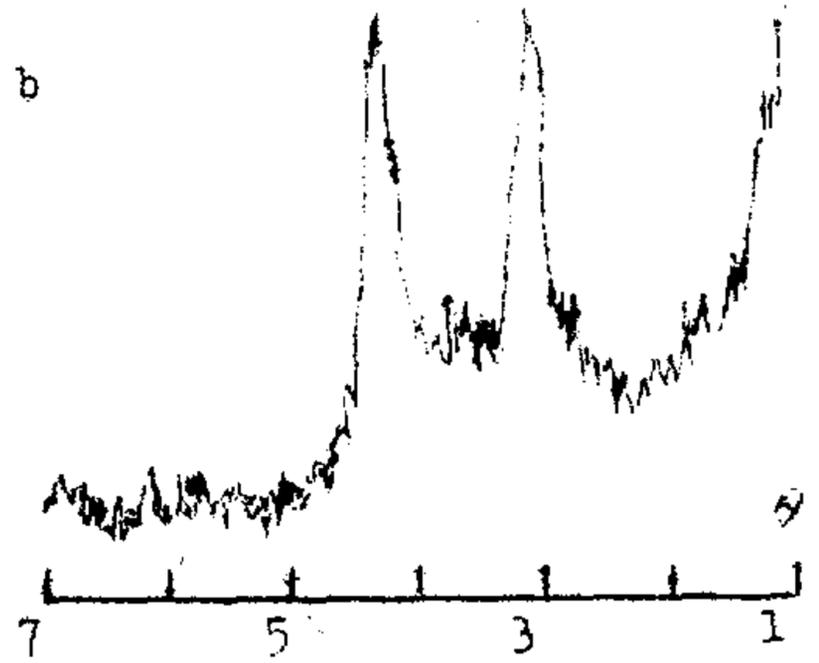


Fig. 2.- Diffractogrammes (K α Cu), aux petits angles de Bragg, de la fraction argileuse; a) état naturel; b) après chauffage, 2 heures à 600°C; c) après traitement, 1 heure, dans HCl 2N à 100°C.

II. Etude de l'argile

Les minéraux de l'argile ont été identifiés par diffraction des rayons X. Aux petits angles de diffraction, on observe pour tous les échantillons 3 raies d'espacements réticulaires 14,2-10,0-7,1 kX (fig. 2a). Pour les échantillons chauffés 2 heures à 600°C, la raie à 10 kX n'est pas modifiée; la raie à 14 kX s'est intensifiée et la raie à 7 kX a disparu (fig. 2b). Par traitement à l'acide chlorhydrique 2N à 100°C, on affaiblit simultanément les raies à 14 et 7 kX; elles ont presque disparu toutes deux au bout d'une heure de ce traitement (fig. 2c). Enfin, le traitement au glycerol ne modifie pas le diffractogramme; toutefois pour quelques échantillons, il apparaît une raie supplémentaire, extrêmement faible, vers 17 kX.

Ces résultats montrent que nous sommes en présence d'un mélange d'illite (raie à 10 kX) et de chlorite (raie à 14 et 7 kX), avec dans quelques cas une très petite quantité de montmorillonite (raie à peine visible à 17 kX en présence de glycerol). Les raies enregistrées aux plus grands angles de diffraction confirment cette identification et montrent de plus que l'illite est dioctaédrique; une raie très faible à 3,18 kX a d'autre part été attribuée à une trace de feldspath. Enfin la faible intensité des réflexions 001 et 003 de la chlorite, la très forte intensité de la réflexion 002, et la grande sensibilité de ce minéral à l'attaque acide, suggère qu'il s'agit d'une variété riche en fer.

Les courbes d'analyse thermique différentielle, en dehors du "crochet" endothermique à basse température lié au départ de l'eau hygroscopique, et d'une inflexion exothermique vers 300°C correspondant à la combustion de la matière organique, ne montrent aucun phénomène remarquable. En particulier il n'existe pas de "crochet" exothermique vers 950°C, comme on l'observerait en présence d'une quantité notable de kaolinite, minéral auquel on aurait pu attribuer la présence dans les diffractogrammes de la raie à 7 kX.

Le tableau II donne l'analyse chimique de quelques-uns de nos échantillons; les analyses ont porté sur des produits décalcifiés dans l'acide chlorhydrique 0,1 N, puis amenés jusqu'à pH 9 par de l'eau de chaux pour saturer de calcium la capacité d'échange.

On a séparé dans ces analyses la silice combinée de celle cristallisée sous forme de quartz qui a été dosé, de nouveau, par diffraction des rayons X.

Tableau II.

ANALYSE CHIMIQUE DES ECHANTILLONS DECALCIFIÉS

(Mlle C. RUPPLI, analyste)

N°s	2	6	11	13	17
SiO ₂	63,3	58,1	60,5	60,8	60,3
dont quartz.....	(36,0)	(27,0)	(26,5)	(23,0)	(26,5)
Al ₂ O ₃	16,6	17,8	15,7	17,5	18,6
Fe ₂ O ₃	5,4	6,5	6,8	5,5	6,0
TiO ₂	0,9	0,9	0,8	0,4	0,9
MgO	2,4	3,3	3,5	2,5	2,5
CaO	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
Na ₂ O	0,8	0,9	0,8	0,8	1,1
K ₂ O	3,1	3,0	2,9	3,1	3,4
P ₂ O ₅	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
MnO ₂	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
perte au feu dont eau hygroscopi- que.	(2,4)	(2,4)	(2,5)	(2,7)	(2,5)
matières organi- ques.....	(1,4)	(2,1)	(2,2)	(1,8)	(0,7)
eau de consti- tution	(3,3)	(3,9)	(3,8)	(3,6)	(3,6)
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100,5	99,6	100,3	99,5	100,3
c/o	0,563	0,566	0,562	0,554	0,559

La perte au feu a été déterminée par thermogravimétrie; elle se compose de trois pertes successives de poids que nous avons attribuées au départ de l'eau hygroscopique, de la matière organique et de l'eau de constitution. Enfin, le fer est donné sous forme ferrique, la présence de matière organique facilement oxydable ayant rendu incertain le dosage du fer ferreux.

Utilisant ces données nous avons calculé, pour chaque échantillon, le rapport $c/o = \text{somme des cations "tétraédriques" et "octaédriques"} / \text{somme des atomes d'oxygène (compte non tenu de ceux de l'eau)}$ qui est caractéristique de chaque argile (Maurel, 1958). Ce rapport prend notamment la valeur 0,545 pour une illite dioctaédrique pure, et il atteint 0,714 pour une chlorite trioctaédrique dans ses

couches mica et brucite. Les chiffres que nous obtenons se situent entre ces valeurs, comme il est normal puisque l'argile de nos échantillons est un mélange d'illite dioctaédrique et de chlorite. En faisant l'hypothèse que cette chlorite est trioctaédrique dans ses deux couches, nous obtenons, à partir des données précédentes, les proportions suivantes, des deux minéraux dans les cinq échantillons analysés

N ^o s	Illite % en poids	Chlorite % en poids
2	88	12
6	66	14
II	89	11
I3	95	5
I7	91	9

On peut également obtenir une valeur approchée de ces proportions à partir du dosage de l'eau de constitution. Les chiffres donnés par cette seconde méthode sont voisins des précédents.

On voit que la chlorite est peu abondante; la fraction argileuse de nos échantillons est voisine d'une illite dioctaédrique pure (1).

Pour obtenir la formule structurale de cette illite, on peut corriger les données analytiques, pour tenir compte de la petite quantité de chlorite présente (supposée de composition moyenne $(\text{Fe}_{225} \text{Mg}_{2.75} \text{Al}_{1.00}) (\text{Al}_{1.00} \text{Si}_{3.00}) (\text{O}_{10} \text{O H}_8)$). On trouve ainsi les formules structurales données dans le tableau III.

Ces formules sont très voisines les unes des autres; par ailleurs ce sont des formules tout à fait typiques d'illites, tant en ce qui concerne le degré de substitution du silicium par l'aluminium, que la nature et les proportions des atomes occupant les sites octaédriques. Parmi les cations situés entre les feuillets, le potassium est comme

(1) Dans le cas où un peu de montmorillonite existe, on peut bloquer dans cette discussion avec l'illite, puisque les formules structurales sont identiques.

d'habitude prédominant, mais on notera pourtant l'abondance relative du sodium.

Tableau III

FORMULES STRUCTURALES DE L'ILLITE CONTENUE DANS
LES ECHANTILLONS

N°s	2	6	II	I3	I7
K	0,48	0,41	0,39	0,40	0,45
Na	0,19	0,19	0,16	0,16	0,22
Ca	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04
Fe	0,33	0,36	0,36	0,25	0,30
Ti	0,08	0,07	0,06	0,03	0,07
Mg	0,23	0,32	0,34	0,17	0,18
Al	1,36	1,24	1,24	1,55	1,45
Al	0,87	0,87	0,55	0,40	0,68
Si	3,13	3,13	3,45	3,60	3,32
	O ₁₀	(OH) ₂			

Si la discussion qui précède a l'avantage de nous fournir une représentation concrète des données chimiques, il ne faut pas perdre de vue qu'elle est tout entière fondée sur l'hypothèse que la chlorite présente dans nos sédiments est une chlorite "normale" trioctaédrique dans ses couches mica et brucite. En l'absence d'indication contraire, cette hypothèse est raisonnable, mais on pourrait en faire d'autres. Il pourrait s'agir, par exemple, d'une chlorite à couche brucitique incomplète; dans ce cas des calculs analogues aux précédents nous donneraient une proportion de chlorite supérieure à celle reportée ci-dessus.

III. CONCLUSION

Le trait le plus frappant de la série de sédiments étudiés est son homogénéité; les teneurs en calcaire et quartz varient peu autour des valeurs moyennes calcaire 42 %, quartz 16 %; la fraction argileuse est essentiellement un mélange de chlorite et d'illite, l'illite étant largement prédominante, et de composition sensiblement uniforme.

On doit rapprocher ces résultats des observations tout à fait comparable faites par W. Nesteroff (1958, 1959) sur des vases bleues recueillies à l'ouest de la zone étudiée ici. Il paraît donc probable

que les résultats de cette étude s'appliquent à l'ensemble des boues bleues de cette région, quelle que soit leur situation géographique exacte, et la profondeur à laquelle elles se sont déposées.

Pour expliquer l'uniformité de ces sédiments, on peut admettre que l'apport détritique et la précipitation chimique ont joué partout avec la même intensité; mais il est plus probable de supposer qu'en raison de la vitesse très lente du dépôt, les courants marins suffisent à transporter et homogénéiser cette vase très fine jusqu'à de grandes profondeurs.

Nous tenons à exprimer nos remerciements à MM. les professeurs Bourcart et Wyart ainsi qu'à l'U.N.E.S.C.O. et au Gouvernement Français qui ont permis à deux d'entre nous (H.M.C. et V.D.) d'effectuer ces recherches à la Faculté des Sciences de Paris dans les conditions les plus favorables.

BIBLIOGRAPHIE

- MAUREL, P. (1959).- Bull. Soc. franç. Minér. Crist., 82, 276.
NESTEROFF, W., HINTERLEICNER, A. et SABATIER, G. (1958).- Bull. Soc. franç. Minér. Crist., 81, 72.
NESTEROFF, W. (1959).- Thèse, Paris.