

CONTRIBUTION A L'ETUDE MINERALOGIQUE ET SEDIMENTOLOGIQUE DE VASES MEDITERRANEENNES

par Hervé CHAMLEY (1)

SUMMARY

The present work is a study of sediments as found in the North-Western, Central and North-Eastern parts of the Mediterranean, with the help of X-ray diffraction and sundry techniques in sedimentology : size analysis, heavy minerals, testing their degree in calcium and their radio-activity. Four deeps, in various points of the Corsican canal, have been dealt with at some length (samples have been obtained both by drilling and dragging). In connection with the latter, the study of different depths has pointed out defined changes as well as particular details in the mineralogical (authigenous minerals), sedimentological (influence of the continent) and geological fields (recent history). The question of the repartition of clayey minerals in the Mediterranean has been tackled leading to the establishment of mineralogical districts. The causes of the local deposits of clayey minerals and the origins of the same have been inquired into : most significant of all are detritical deposits.

INTRODUCTION

PRESENTATION (2)

Nous nous proposons d'étudier au cours de ce travail une série d'échantillons marins de Méditerranée Nord-Occidentale, Centrale et Nord-Orientale, du point de vue minéralogique et sédimentologique. Nous nous attacherons particulièrement à la phase argileuse de ces sédiments. L'étude a porté sur des vases généralement profondes, récoltées sur le talus continental (fonds bathyaux), plus rarement dans la plaine abyssale et sur le plateau continental. Les prélèvements, au nombre de quatre-vingt-dix, sont répartis en soixante stations.

Les échantillons ont été recueillis par dragages et carottages, lors de différentes campagnes du navire océanographique "Calypso" : campagne n° VII (1954) sur le seuil siculo-tunisien, campagne n° XII (1957) dans le golfe de Gênes, campagnes en 1955, 1956 et 1960 en Méditerranée Orientale, campagne en 1961 dans le canal de Corse.

Ce travail résulte d'une collaboration du Centre d'Océanographie de Marseille et de l'Institut de Géologie de l'Université de Strasbourg dirigé par M. le Doyen G. MILLOT.

(1) - Résumé du Mémoire présenté le 9 février 1963 devant la faculté des Sciences de Marseille, pour l'obtention du grade de Docteur en Océanographie (3e Cycle).

(2) - Ce travail a pu être réalisé grâce aux conseils, à l'appui et à la bienveillance de M. le Professeur J.M. PERES, Mr. J. BLANC, maître de conférences, Mr. le Doyen G. MILLOT, Mr. J. LUCAS, Mlle H. PAQUET. Nous leur exprimons ici toute notre reconnaissance.

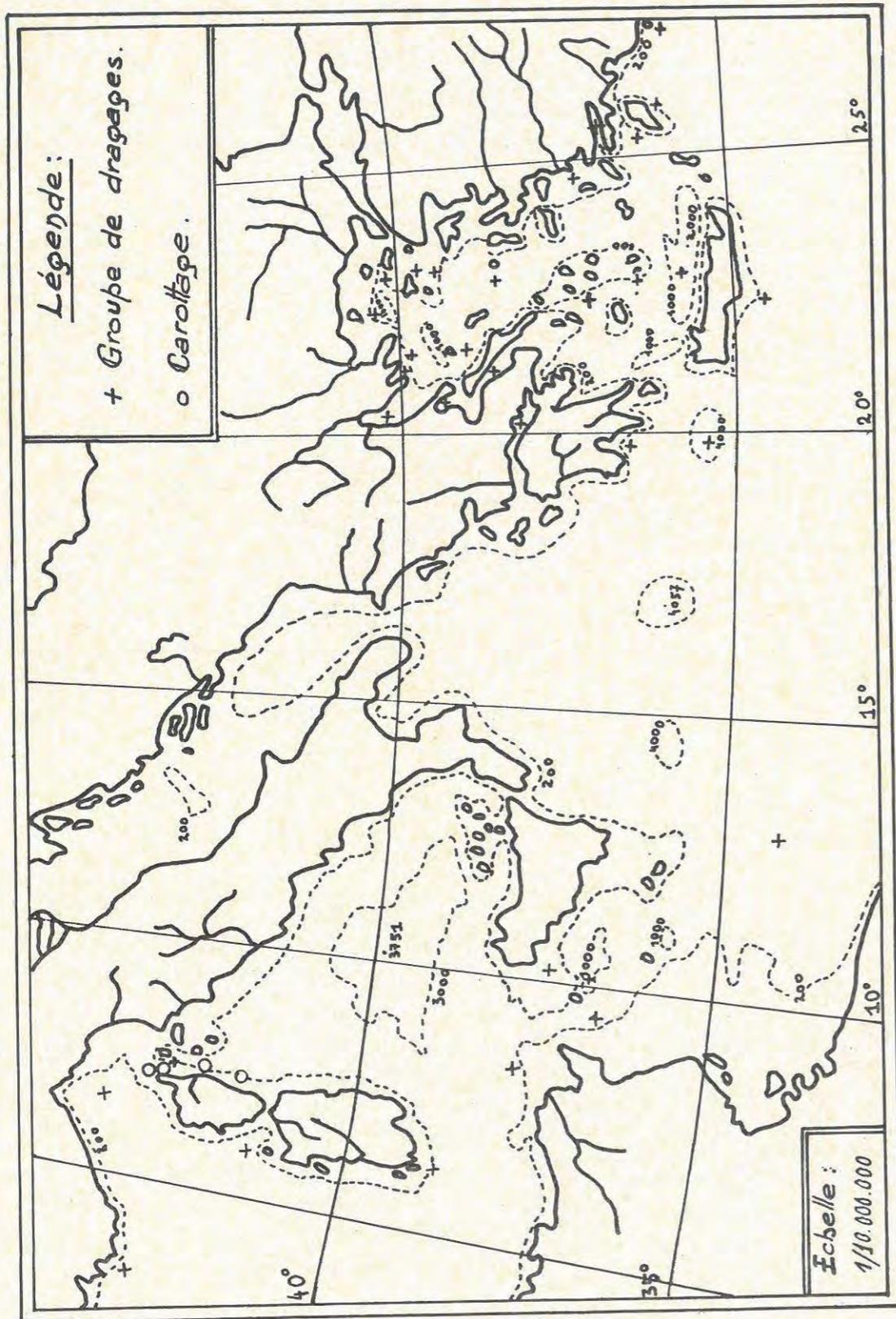


Planche 1 : Carte des groupes de stations.

CONTEXTE GEOGRAPHIQUE, GEOLOGIQUE ET GEOPHYSIQUE

Carte des groupes de stations

Nous situons sur la planche 1 l'emplacement des groupes de stations étudiées dans ce travail. On trouvera par ailleurs en appendice un tableau détaillé des caractéristiques de prélèvement des échantillons (coordonnées, profondeur, aspect macroscopique d'ensemble). (Appendice, tableau I).

Les sédiments ont été récoltés dans les fonds suivants :

a) Mer Ligure et mer Tyrrhénienne :

- côtes de Provence : canyon de la Cassidaigne (1 échantillon);
- golfe de Gênes : plaine bathyale et haut-fond de Santa Lucia (3 éch.);
- canal de Corse : dragages et carottages effectués au centre de quatre dépressions alignées suivant un axe Nord-Sud (7 stations, 39 échantillons);
- ouest d'Ajaccio et sud-ouest de la Sardaigne : talus continental (2 éch.).

Les recherches de A. SEGRE (1959) ont permis de localiser différentes zones dans la mer Tyrrhénienne : montagnes sous-marines tronquées, zones de subsidence, et "désert abyssal"; cette mer serait séparée de la mer Ligure par un grand accident, passant à l'ouest du Cap Corse. Les anomalies gravimétriques, de part et d'autre de cet accident, sont de sens contraire. Dans sa structure profonde, le golfe de Gênes est, selon L. GLANGEAUD (1962), un océan vrai à fond en SiMa. Entre ce golfe et le tectogène tyrrhénien (cf. L. GLANGEAUD) se trouve une cicatrice, à partir de laquelle divergent les nappes corses et toscanes. Cette cicatrice crustale, passant entre la Corse et l'archipel Toscan, serait antérieure au tectogène, et correspondrait au morcellement de la "mosaïque" méditerranéenne.

b) Région siculo-tunisienne :

- hauts-fonds proches de la côte tunisienne et de la Sicile (2 éch.);
- dépression de Pantellaria (1 éch.);
- pente continentale au sud de Pantellaria, et golfe de Gabès (3 éch.).

Les sédiments ont été récoltés sur le "Haut-bassin siculo-tunisien", et dans le compartiment "Tunisie Orientale - Sicile", situé à l'est du grand accident que représente la transversale du Zaghouan. Ces unités ont été définies par G. CASTANY (1959), qui a par ailleurs montré que ce seuil présente une structure profonde prolongeant les grands ensembles tectoniques de Tunisie et de Sicile. La région de Pantellaria-Linosa est creusée de dépressions profondes où affleure le substrat de type SiMa. Les mesures gravimétriques ont permis d'y déceler d'importantes distensions. Cette zone est par ailleurs le siège d'un volcanisme sous-marin actuel, de type basique.

c) Méditerranée Nord-Orientale :

- sud du Péloponèse : golfe de Kalamata et fosse de Matapan (4 éch.);
- nord et sud de la Crète : talus et plaine bathyale (2 éch.);
- Cyclades et Sporades du Nord : plateau continental (7 éch.);
- nord de la mer Egée (cap Drepano, Thasos, Samothrace, Mytilène, Lemnos, Anti-Psarra) : pente continentale et hauts-fonds (12 éch.);
- golfes de la côte grecque (Corinthe, Volo, Salonique, Cassandre), et canal de Talante (8 éch.);

- côte d'Asie Mineure : golfe de Kos et Sporades du Sud (2éch.);
- région de Rhodes et de Castellorizo : pente continentale (5 éch.);

La mer Egée possède une structure très complexe : M. PFANNENSTIEL (1960) en a décrit la morphologie extrêmement fracturée, dont témoignent actuellement des manifestations volcaniques et sismiques. Le plateau continental occupant le centre de la mer Egée (Cyclades, Sporades) représente une ancienne surface terrestre probablement effondrée au pleistocène supérieur. L'évolution tectonique a relevé certains compartiments de cet ancien continent (groupes d'îles actuels), cependant qu'elle en a abaissé d'autres (bassins, fosses, sillons). Quant au plateau continental bordant la mer Egée, il a conservé le relief terrestre modelé au cours de la dernière glaciation. Les bassins "abyssaux" constituent des zones isolées et fortement tectonisées. Les fosses situées face au cap Matapan, notamment, présentent une structure typique de "graben".

BUTS

Les problèmes essentiels qui seront discutés dans cet essai sont les suivants :

- Etude purement descriptive des caractéristiques sédimentologiques - (taille des particules, teneur en calcaire, nature et importance de la fraction grossière, radioactivité...) - des vases considérées. Nous nous attacherons tout particulièrement à quatre carottes prélevées dans le canal de Corse. Les techniques utilisées pour cette recherche, ainsi que leur portée, seront examinées.

- Composants minéralogiques présents dans ces vases, et leur répartition (homogène ou non dans l'aire considérée).

- Relation entre les caractères sédimentologiques et les minéraux argileux, et, par ailleurs, entre ces minéraux et leur cadre géologique. Incidence de ces données sur l'origine des minéraux argileux, et validité des conclusions.

LIMITES

Les résultats présentés concernent des stations souvent fort éloignées les unes des autres : ils n'ont donc qu'une valeur locale. Les généralisations esquissées ne prétendent qu'au titre d'hypothèses de travail. En outre, par suite des conditions de prélèvement des échantillons, il n'a pu être envisagé d'étude physico-chimique de l'eau interstitielle et du sédiment. Soulignons enfin que les observations faites concernent exclusivement les vases actuelles et subactuelles des premiers décimètres du sédiment.

PLAN D'ENSEMBLE.

1) Techniques d'études utilisées dans ce travail.

2) Résultats de l'étude minéralogique de la fraction argileuse. Essai de groupement des stations en régions définies par ces résultats; puis, pour ces différentes régions, analyse sédimentologiques de l'ensemble du sédiment.

3) Conditions de gisement des minéraux argileux : problèmes particuliers aux diverses régions.

Nous essayerons, en conclusion, de discuter sur les données acquises et les problèmes restant à résoudre, concernant les minéraux argileux des vases marines actuelles.

CHAPITRE I

METHODES D'ETUDE

TECHNIQUES DE PRELEVEMENT

Les quatre-vingt-dix échantillons étudiés, généralement profonds (-100m et en-deçà), ont été recueillis, après repérage ultrasonique des stations, par dragages ou carottages.

Les dragues utilisées au cours des différentes campagnes "Calypso" considérées ont été soit des "Charcot-Mécabolier", soit des "Mécabolier", à ouverture rectangulaire ou parfois triangulaire. Lors des prélèvements de vases fines, les dragues ont été pourvues d'une enveloppe intérieure en jute, afin d'éviter que le sédiment ne se délave à la remontée. Dans le cas des fonds organogènes grossiers, de type "coralligène" par exemple, on a ajouté à la drague des fauberts ou "radasses", râclant le fond. Les traits ont été effectués sur des distances généralement courtes, et dans des zones biocoenotiques déterminées. Les échantillons recueillis font partie de la tranche supérieure du sédiment, c'est à dire environ des trente premiers centimètres.

Les carottages, peu profonds, ont été faits par aspiration du sédiment dans un tube carottier de plastique rigide, sous l'action d'une masse pesante tombant en chute libre. L'épaisseur des carottes est de dix-neuf centimètres, leur longueur de cinquante centimètres à un mètre.

Les sédiments ont été recueillis à l'état brut dans des sachets de plastique, et n'ont pas été étuvés : il en résulte que de nombreux échantillons, riches en fractions fines très thixotropiques, sont restés humides et malléables. Toutes les recherches de laboratoire ont été faites à partir de ce matériel non traité.

TECHNIQUES UTILISEES AU LABORATOIRE

Les échantillons ont été étudiés d'un point de vue minéralogique et sédimentologique.

Tout d'abord tous les échantillons ont été soumis à l'analyse par diffraction aux rayons X, pour étude des minéraux de la fraction argileuse. Cette reconnaissance a été corroborée par une analyse thermo-pondérale, pour les différents types de sédiments reconnus aux rayons X.

Les autres techniques utilisées sont les suivantes : analyse granulométrique de la fraction fine (la fraction grossière étant généralement très peu importante), étude des pourcentages particules fines - particules grossières, analyse calcimétrique, reconnaissance des minéraux de la fraction grossière et nature de l'ensemble de cette fraction, mesures de radioactivité.

Ces recherches, destinées à un essai sur l'origine des minéraux reconnus, ont été accompagnées d'une étude bibliographique portant sur la bathymétrie, la courantologie et la géologie.

A - ETUDE PAR DIFFRACTION AUX RAYONS X

DEFINITION - PRINCIPE

Le rayonnement X est produit par une anti-cathode bombardée par un faisceau d'électrons accélérés issus d'une cathode métallique chauffée (Fe, Co, Cu par exemple). C'est un rayonnement dont la longueur d'onde est voisine des mailles du réseau. D'où l'intérêt de son utilisation pour l'identification des réseaux cristallins, et particulièrement de ceux des petits cristallites argileux, pour lesquels les techniques pétrographiques classiques sont le plus souvent en défaut.

Les rayons X possèdent des propriétés analogues à celles des rayons lumineux : ainsi ils montrent des phénomènes de diffusion et de diffraction. Ces propriétés sont utilisées pour déterminer les espèces minérales. Celles-ci présentent fréquemment des plans de clivage, sur lesquels on fait parvenir les rayons. Les angles de diffraction étant caractéristiques des différentes espèces minérales,

il est possible, en enregistrant la position des rayons diffractés, de connaître les minéraux d'un mélange donné.

En d'autres termes, le principe de l'investigation aux rayons X est de déterminer la valeur des distances entre les plans de grande densité réticulaire, par diffraction du faisceau X sur les plans réticulaires parallèles à une même direction. Les minéraux argileux possèdent des plans réticulaires de densité réticulaire exceptionnellement forte. Ces plans de clivage privilégiés déterminent une structure en feuilles (d'où le nom de phyllites donné à ces types de minéraux). Les phénomènes de diffraction seront donc particulièrement nets (1).

L'application des rayons X à l'étude des argiles présente donc un grand intérêt. Cependant les problèmes de détermination restent nombreux, et la reconnaissance des minéraux des argiles par l'analyse roentgenographique constitue à l'heure actuelle une technique spécialisée.

L'étude diffractométrique présentée ici a été effectuée à l'institut de géologie de la faculté des Sciences de Strasbourg, dirigé par le Doyen G. MILLOT, au sein du laboratoire de sédimentologie et de géochimie des altérations, dirigé par M. J. LUCAS. La méthode utilisée est celle des agrégats orientés, appliquée au spectrogoniomètre enregistreur sur des lames de plaquettes d'argiles. Les déterminations ont été complétées par la méthode de Debye-Scherrer, appliquée à l'étude en chambre cylindrique à film.

I - DIAGRAMMES DE LAMES D'AGREGATS ORIENTES

Préparation des lames - Obtention des radiogrammes - Reconnaissance des minéraux argileux.

PRINCIPE : On fait agir un faisceau de rayons X, sous des incidences progressives, sur des plaquettes de poudres argileuses, orientées toutes selon le plan (001).

L'étude a porté uniquement sur les argiles de la fraction vaseuse du sédiment : il n'a pas été tenu compte des argiles renfermées éventuellement dans les galets ou débris de roches. Nous n'avons d'autre part considéré que la fraction de sédiment inférieure à deux microns. Si ce procédé élimine les grosses phyllites, il permet d'obtenir des diagrammes très lisibles, les seuls éléments conservés étant les minéraux argileux (ainsi que les débris quartzes les plus fins). Par ailleurs les particules de grande taille se retrouvent minéralogiquement dans la fraction fine, à l'état plus fractionné.

I - 1 PREPARATION DES LAMES

Un des buts de la méthode est d'éviter toute action artificielle susceptible de modifier les écarts réticulaires originels entre les feuillets argileux. Les opérations successives sont : dessalure, décalcification, lavage, défloculation, sédimentation et séchage.

Après avoir désagrégé une petite quantité de sédiment (de 10 à 100 g, selon la proportion approximative d'argile), on le lave plusieurs fois afin d'éliminer le sel marin. L'échantillon est ensuite décalcifié, par action de l'acide chlorhydrique déci-normal tiède; ce traitement ménagé est poursuivi jusqu'à ce que la fraction décantée du mélange soit franchement acide. Puis la suspension est rendue stable, par agitation au microhomogénéisateur et lavage à la centrifugeuse (plusieurs fois à environ 2500 t/min., pendant 2 min.). On verse ensuite la suspension dans un flacon à sédimentation, où elle repose durant 50 min. Les calculs de vitesse de chute en fonction du diamètre moyen des particules montrent qu'au bout de ce laps de temps la fraction de suspension prélevée à un centimètre au-dessous de la surface du mélange ne renferme que des particules inférieures à deux microns. On prélève donc, au moyen d'une pipette, le centimètre supérieur de la suspension, que l'on met ensuite à sécher. C'est à ce moment que les particules s'agrègent, et s'orientent selon le plan de clivage (001). On couvre deux lames porte-objet du contenu de la pipette, à parts égales, le liquide tenant par capillarité. Les lames sont enfin placées sous des tubes à infra-rouges, à l'abri de la poussière. Au bout de six à dix heures, elles sont sèches et prêtes à être étudiées.

(1) - Des données plus complètes sur le principe de l'analyse aux rayons X sont présentées dans l'ouvrage de A. GUINIER (1956).

Remarques : - un sédiment mal lavé ou mal défloculé doit être recentrifugé ;
- le contenu des flacons à sédimentation peut servir à d'autres montages sur lames, après nouvelles microhomogénéisation et centrifugation.

I - 2 OBTENTION DES RADIOGRAMMES

Différents traitements - Passage au spectrogoniomètre.

a) Les lames ainsi obtenues sont exposées au rayonnement X. Trois enregistrements successifs sont réalisés :
échantillon naturel (N), échantillon glycolé (G), échantillon chauffé (Ch).

a¹. Les lames sont d'abord passées au diffractomètre sans traitement préalable. L'angle parcouru par le faisceau de rayons X réfléchi a été choisi de $2\theta = 2^\circ$ jusqu'à $2\theta = 28^\circ$ (θ étant l'angle sous lequel la lame reçoit le faisceau incident fixe). c'est en effet dans ce domaine qu'apparaissent les réflexions les plus représentatives des minéraux.

a². Les lames sont ensuite récupérées pour être soumises à l'action des vapeurs de glycol éthylique, dans un dessiccateur, durant une journée ou une nuit. Le but de ce traitement est de provoquer l'écartement des feuillets de certains minéraux, dits "gonflants", feuillets susceptibles de recueillir entre eux une ou deux couches de glycol. Il en résulte un certain état de saturation, pour lequel les écarts réticulaires sont maximum. Cet état se traduit par des positions caractéristiques des figures de diffraction.

a³. Le second jeu de lames est soumis à l'action de la chaleur, durant deux heures, dans un four à thermostat réglé à 490° C. Le but de ce traitement est de provoquer l'écrasement par évaporation des feuillets argileux renfermant de l'eau interfoliaire. On tente aussi, par ce procédé, de séparer certains minéraux, par destruction des plus fragiles.

Ces deux derniers essais permettent de séparer des minéraux différents, présentant à l'état naturel des écarts réticulaires identiques. Afin de gagner du temps, ces essais n'ont été faits, dans le cas général, qu'entre les angles $2\theta = 2^\circ$ et $2\theta = 14^\circ$: les déplacements éventuels de raies ou de pics sont en effet suffisamment explicites dans ce champ.

b). Passage au spectrogoniomètre

Dans un spectrogoniomètre, le rayonnement diffracté est recueilli par un compteur de Geiger-Müller. Ce compteur tourne d'un angle 2θ pendant que la lame tourne d'un angle θ , afin que l'échantillon soit toujours placé dans les conditions de Bragg.

L'appareil utilisé (Philips) se compose d'un générateur de rayons X, sur lequel est monté le goniomètre proprement dit, et de la baie des enregistrements. On a utilisé un tube à anti-cathode au cuivre, utilisable pour la majorité des types de sédiments. La baie enregistre directement, sur un rouleau de papier spécial, les pics de diffraction, dont la position angulaire peut être déterminée grâce à une échelle des angles parcourus, qui s'inscrit simultanément au bord du diagramme.

Les réglages utilisés sont les suivants :

- Générateur : tension: 38 Kv; intensité : 18 mA.
- Spectrogoniomètre : - jeu de fente : $1^\circ 0,1\text{mm } 1^\circ$;
- vitesse de rotation : $2^\circ 2\theta/\text{min}$.
- Enregistreur : - taux d'intensité (rate meter) : 2; sensibilité : 10;
- constante de temps : 2; vitesse de déroulement du papier : 800mm/heure

Ces précisions sont données afin de permettre une lecture plus exacte des diagrammes, qui seront reproduits à l'échelle.

I - 3 RECONNAISSANCE DES MINÉRAUX ARGILEUX

Les distances angulaires 2θ , donnant la position des pics de diffraction, sont notées sur l'échelle repère des diagrammes, puis converties en distances réticulaires (angströms), au moyen

de tables de correspondance (A.J. ROSE, 1957). La détermination des minéraux est faite à partir des travaux synthétiques de J. LUCAS, TH. CAMEZ et G. MILLOT (1959), de CH. M. WARSHAW et R. ROY (1961), et de G. BROWN (1961).

Les argiles présentes dans les vases méditerranéennes étudiées comprennent d'une part des minéraux simples, de type phylliteux : illite, montmorillonite, kaolinite, chlorite, - et d'autre part des édifices interstratifiés, formés par l'empilement de feuillets de types différents de ces mêmes phyllites simples. Cet empilement peut être soit régulier, soit irrégulier. Nous ne parlerons que de la reconnaissance de ces seuls minéraux.

ILLITE (symbole : I).

On la reconnaît aisément à sa séquence 10 (001), 5 (002) et 3,34 (003) Å, qu'aucun traitement ne déplace. Le pic à 3,34 Å est parfois amplifié par superposition d'un pic dû au quartz (qui se manifeste déjà isolément à 4,25 Å).

MONTMORILLONITE (symbole : M)

Elle est caractérisée par un pic à 14 Å (se rapprochant parfois de 13 et même de 12 Å), étalé "en dos", le plus souvent diffus et aux bords effrangés. Ce pic passe à 10 Å au chauffage, par écrasement des feuillets (en se superposant au pic de l'illite, lorsque les deux minéraux sont présents), et à 17 Å au glycolage, par gonflement interfoliaire.

CHLORITE et KAOLINITE (symboles : C et K)

La chlorite est caractérisée par une séquence 14 (001), 7 (002), 4,70 (003) et 3,53 Å. Après traitement au glycol, les pics restent inchangés. Après chauffage à 490°, l'intensité du pic à 14 Å est souvent renforcée, cependant que les autres ne sont pas modifiés. A 550°, ces derniers pics disparaissent.

La kaolinite est caractérisée par une séquence 7 (001) et 3,57 Å (002), invariable au glycérol, et disparaissant après chauffage à 550°.

Lorsque ces deux minéraux sont présents isolément, ils sont facilement reconnus. Lorsqu'ils sont simultanément présents dans un mélange argileux - et c'est le cas des vases étudiées ici -, les pics de la kaolinite se superposent aux pics d'ordre pair de la chlorite. Si la cristallinité est très bonne, il arrive que le pic à 3,58 de la kaolinite et celui à 3,53 Å de la chlorite apparaissent séparés sur les diagrammes. Cela n'est souvent pas le cas. Nous avons alors d'une part utilisé le pic à 14 Å de la chlorite, qui n'est pas déplacé lors des différents essais, et d'autre part, nous avons essayé de supprimer par chauffage l'un des deux minéraux, en l'occurrence la kaolinite. Des travaux récents sur des minéraux types purs ont en effet montré qu'un chauffage à 490° pendant 1h30 détruisait la kaolinite (dont les réseaux se désagrègent vers 450° et au delà), et respectait la chlorite (détruite en moyenne vers 550°) (J. LUCAS, et doctorat 3ème cycle G. JEHL, 1961). Ces résultats ne s'appliquent cependant pas à tous les cas rencontrés : certaines chlorites sont plus fragiles que d'autres, et le pic à 14 Å n'est pas un critère absolu. Par ailleurs les pourcentages des deux minéraux dans nos échantillons sont généralement trop faibles pour que l'on puisse négliger l'erreur due à l'échantillonnage et à la préparation. Aussi, dans les cas ambigus, parlerons nous de l'ensemble "chlorite et kaolinite".

EDIFICES INTERSTRATIFIES

D'une façon générale, ils montrent aux rayons X des pics d'autant mieux définis que les ensembles minéralogiques sont plus réguliers. D'autre part la place des pics dépend de l'abondance relative des deux minéraux simples qui constituent généralement le minéral interstratifié (J LUCAS, 1961).

Nous avons rencontré dans nos sédiments divers types d'édifices interstratifiés, plus ou moins bien cristallisés; nous les avons dénommés en les ramenant à quelques types minéralogiques réguliers. Les pics, lors des divers traitements, culminent en des positions définies par la moyenne des positions des pics des minéraux simples en jeu.

Ces édifices sont :

-édifices à base d'illite et de montmorillonite : le pic principal culmine à 12 Å (I : 10 Å; M : 14 Å; I + M : 10 Å + 14 Å : 2 = 12 Å). Il passe au chauffage à 10 Å (10 + 10 : 2), et à 14 Å (10 + 18 : 2) au glycolage.

-feuillets à base de chlorite et de montmorillonite : le pic principal pointe à 14 Å (14 + 14 : 2). Il se déplace à 12 Å (14 + 10 : 2) au chauffage et à 16 Å (14 + 18 : 2) au glycolage.

-illite ouverte : c'est une illite débarassée en partie de ses ions Potassium, et qui possède, dans une certaine mesure, des propriétés gonflantes. On reconnaît l'édifice à son pic à 10 Å "brouillé" du côté du pic à 14 Å de la montmorillonite. Au chauffage le pic à 10 Å est nettoyé et amplifié, au glycolage l'ensemble flou se déplace vers les petits angles.

Nous représenterons conventionnellement les édifices interstratifiés par les symboles accolés de leurs éléments constitutifs : (I-M), (M-C), que l'empilement soit régulier ou non.

I - 4 APPRECIATION QUANTITATIVE

Nous avons utilisé la hauteur et l'aire des différents pics, pour estimer grossièrement les proportions des minéraux argileux; les valeurs, chiffrées de 0 à 10, sont valables à 10 % près. La kaolinite, pour des raisons non définies, donne des pics exagérés par rapport à ceux présentés par les autres minéraux; pour l'estimer, nous ne considérons, avec l'école strasbourgeoise, que le tiers de ces pics. Les valeurs données ne sont que relatives, un minéral donné peut être présent en même quantité dans deux échantillons, mais paraître plus ou moins abondant par rapport à un autre minéral qui lui varie. Précisons enfin que les estimations ne concernent que la seule phase argileuse (particules inférieures à deux microns).

Remarque : il n'a pas été tenu compte des fluctuations éventuelles, toujours faibles, du fond continu sous l'influence de certains ions.

II - AUTRES TECHNIQUES DE DIFFRACTION AUX RAYONS X

Elles seront décrites sommairement, étant très classiques, ou peu importantes dans le cadre de ce travail.

II - 1 APPLICATION DE LA METHODE DE DEBYE-SCHERRER A L'ETUDE EN CHAMBRE :

Les phénomènes de diffraction sont enregistrés ici en chambre noire, par impression d'émulsions photographiques. L'interprétation des résultats est la même que celle des spectrogrammes, les pics étant remplacés par des raies.

a) Plaquettes d'argiles orientées

On fait agir le faisceau de rayons X sur une plaquette centrée d'argiles orientées, oscillant de plus ou moins 5° autour d'un axe. On obtient, en accolades symétriques par rapport au puits de récupération des rayons, les raies correspondants aux différents minéraux. La préparation des plaquettes est faite par le même procédé que pour les lames. Des tables permettent de déterminer le temps de sédimentation en fonction de la taille maximum recherchée. L'intérêt de cette méthode est de pouvoir traiter les plaquettes au glycérol, ce qui permet de séparer les vermiculites magnésiennes des montmorillonites : les premières gonflent en présence d'éthylène-glycol, cependant qu'elles restent stables en présence de glycérol.

b) Bâtonnets

Ils sont constitués de particules du sédiment brut non orientées, amalgamées en fines baguettes par de la colle forte. Le bâtonnet, placé dans la chambre de diffraction, est soumis à une rotation alternative de 180°. Ce procédé est utilisé pour identifier tous les minéraux d'un sédiment.

On obtient des cercles de diffraction, qui sont interprétés au moyen de tables, telles que celles de C.T. ASSUNÇÃO et J. GARRIDO (1953), de l'American Standard of Testing Materials...

II - 2 ETUDE DE PLAQUES NON ORIENTEES AU DIFFRACTOMETRE

Cette technique a le même but que la précédente. Des lames métalliques creuses, remplies de sédiment amalgamé par de l'acétone, sont passées au diffractomètre. Les pics de diffraction représentent tous les minéraux présents dans le sédiment.

B-ANALYSE THERMO-PONDERALE

C'est une méthode thermique, qui consiste à enregistrer les pertes (et parfois les gains) de poids d'un échantillon chauffé progressivement. Les variations de la courbe obtenue correspondent au départ des diverses formes d'eau (parfois aussi à des pertes de CO₂ et à des gains d'hydroxyles), et sont en gros caractéristiques des différents types d'argiles.

L'étude a porté chaque fois sur un gramme de la fraction fine du sédiment dessalé, prélevé dans la suspension subsistant après quelques minutes de sédimentation. Des comparaisons ont été effectuées entre la fraction fine et le sédiment brut, ainsi qu'entre la fraction décalcifiée (HCl 10%) et le sédiment brut. La thermo-balance utilisée à la Station Marine d'Endoume est une Stanton, à four en platine/rhodium, supportant des températures supérieures à 1400°C. La montée de la température est lente (5-6 heures pour 1000°), afin que les équilibres de poids correspondent point par point à la courbe de chauffe.

Les diagrammes obtenus sont convertis en coordonnées arithmétiques, puis interprétés à partir des données de R.E. GRIM (1953), ainsi que des diagrammes étalons établis par la Division de Géologie marine de la Station Marine d'Endoume. Notons que cette méthode est insuffisante en elle-même dans le cas de mélanges argileux, pour lesquels les courbes obtenues sont complexes, parfois différentes des courbes théoriques. Elle doit être obligatoirement confrontée avec les données obtenues par l'étude minéralogique aux rayons X.

C - ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Les sédiments faisant l'objet de cette étude sont essentiellement des vases, contenant très peu d'éléments grossiers (en général moins de 10%). Les granulométries ont donc porté sur la fraction fine. Lorsque cela était possible, des analyses de la fraction grossière ont également été effectuées, par tamisage ultra-sonique.

La fraction fine étudiée comprend les poudres, les précolloïdes et les colloïdes, unités dimensionnelles définies par J. BOURCART dans sa classification des matériaux meubles (1941).

1 - TECHNIQUE DE L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE DE LA FRACTION FINE

Nous avons appliqué le principe de la sédimentation par densimétrie, définie et étudiée par A. RIVIERE (1944) et S. MERIAUX (1953); la méthode utilisée est celle mise au point à Marseille par J.J. BLANC. Les techniques d'étude par sédimentation reposent toutes sur les principes énoncés par STOCKES, relatifs à des particules sphériques idéales, placées dans un liquide et soumises à l'action de la pesanteur. De ce fait, "les résultats ne sont a priori qu'une représentation symbolique des vitesses de sédimentation du sédiment défloculé" (A. RIVIERE, 1944).

La méthode utilisée est rapide et commode; par contre elle perd un peu en sensibilité par rapport aux autres méthodes par sédimentation (domaine de validité : particules supérieures à 0,4 microns), ce qui n'est pas grave ici, les courbes étant surtout recherchées pour leur allure générale. Par ailleurs cette méthode ne nécessite aucune pesée précise, ce qui élimine de nombreuses causes d'erreurs.

2- CONSTRUCTION ET INTERPRETATION DES COURBES

2a - La formule et les abaques données par S. MERIAUX (1953, pg. 110), permettent de construire les courbes cumulatives à abscisses logarithmiques, donnant les pourcentages cumulés en fonction

de la taille des particules, à partir des positions du densimètre aux différents instants (A. RIVIERE, 1952a et 1953).

Nous n'avons pas utilisé, pour l'appréciation algébrique des courbes, des valeurs telles que moyennes arithmétique, géométrique..., peu commodes à manipuler, mais des coefficients plus immédiats, mettant en jeu divers "percentiles", lus sur l'échelle des abscisses, ainsi que des paramètres déduits de la lecture directe des courbes, et faisant appel à des notions de dispersion. Ces coefficients et paramètres sont les suivants :

§ Coefficient de classement de TRASK (ou Sorting Coefficient). C'est l'intervalle interquartile géométrique :

$$So = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$$

Les limites indiquées par TRASK sont les suivantes :

- si $So < 2,5$: sédiment bien classé;
- si $So > 2,5$ et < 3 : sédiment normalement classé;
- si $So > 3$ et < 4 : sédiment faiblement classé;
- si $So > 4$: sédiment très mal classé.

Remarque : Q_1 = abscisse de l'ordonnée à 25% (1er quartile);

Q_2 = - - - - - 50% (2ème -);

Q_3 = - - - - - 75% (3ème -).

§ Coefficient d'asymétrie (ou Skewness) :

$$Sk = \frac{Q_1 \cdot Q_3}{(Q_2)^2}$$

Il indique la situation des grains les plus abondants (mode) par rapport à la médiane :

$Sk \geq 1$ selon le sens de l'asymétrie.

§ Les validités de comparaison entre les différentes courbes ont été établies par calcul de la déviation standard ou écart-type : c'est la racine carrée de la variance, celle-ci étant la moyenne arithmétique des carrés des écarts à la moyenne :

$$\sigma = \sqrt{\nu} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}} \quad (M. LAMOTTE, 1948).$$

($\sum d$ = somme des écarts à la moyenne arithmétique;
 n = nombre d'observations).

La déviation standard a été ici déterminée graphiquement. σ est un paramètre de dispersion autour duquel s'équilibrent les valeurs. On fera ici l'hypothèse d'une distribution gaussienne du sédiment. La moyenne des courbes de fréquence montre que l'écart-type $\pm \sigma$ correspond à l'intervalle intercentile P_{16} à P_{50} ou encore P_{50} à P_{84} , et que la valeur absolue 2σ , de P_{16} à P_{84} , représente environ 68% des effectifs du sédiment. Cet intervalle caractérise en fait l'aire d'une courbe de GAUSS théorique comprise entre les deux points d'inflexion.

§ L'intervalle de confiance $\pm 2\sigma$ délimite de part et d'autre du mode un effectif de 95% des particules. Il représente en gros les limites dimensionnelles englobant l'ensemble de l'échantillon, compte non tenu des tailles concernées par une dispersion anormale. Les pourcentages cumulés 2,5% et 97,5% étant souvent difficiles à estimer, on se contente de l'intervalle d'abscisses compris entre 5% et 95% des particules : l'approximation reste très bonne, en admettant un coefficient de sécurité de 0,95, ce qui est d'ailleurs en accord avec la correction graphique de MACAR.

Le choix de ces différentes caractéristiques a été fait à partir des travaux de J.J. BLANC G. BILLY (1954) et R. CHARLIER (1958-1959).

2b - Le sédiment a également été défini par des courbes de fréquence et de probabilité - dont le principe, la construction et l'interprétation ont été décrits par D.S. DOEGLAS (1946) et A. RIVIERE

(1952a) -, et surtout par des courbes de fréquence en coordonnées bilogarithmiques. Ces courbes permettent d'établir l'indice d'évolution et le faciès granulométrique, caractéristiques d'un type donné de sédimentation (A. RIVIERE, 1960). Ce dernier procédé de représentation aboutit aux mêmes résultats que la transcription sous forme canonique (A. RIVIERE, 1952b), qui est plus classique. Ici cependant l'indice d'évolution n'est pas une puissance de x , mais plus simplement "la pente d'une courbe de fréquence normale construite en coordonnées bilogarithmiques". Le faciès granulométrique, plus ou moins évolué, est déduit de la valeur de cette pente.

Toutes ces notions théoriques seront développées lors du commentaire des diagrammes.

D - ETUDE DES MINERAUX DE LA FRACTION GROSSIERE

Cette méthode optique, concernant à la fois les fractions lourde et légère du sédiment, est destinée à préciser la provenance et l'état de dispersion des échantillons. Les deux fractions ont été séparées au bromoforme RP pour minéralogie ($d = 2,9$), après lavage, et élimination des particules inférieures à 44 microns et supérieures à 0,57 mm. Le sédiment n'a pas été décalcifié, afin de permettre l'observation des fragments de calcite et de calcaire organogène, et de conserver intacts les minéraux altérables ou solubles dans l'acide. Les deux fractions sont montées au baume de Canada sur des lames pétrographiques, et observées au microscope.

Les caractères utilisés pour la reconnaissance des minéraux sont ceux décrits dans les ouvrages de M.E. DENAEYER (1951), A. VATAN (1956) et S. DUPLAIX (1958). L'estimation des fréquences a été faite par comptage, chaque fois que cela était possible; il en résulte une dispersion soumise à une distribution de type POISSON : l'erreur statistique moyenne a été évaluée par application de la formule de POISSON :

$$\text{erreur} = \pm \frac{0,67}{N} \quad (N = \text{nombre de minéraux comptés}).$$

E - PESEES - CALCIMETRIES

Ces mesures ont été effectuées afin de préciser les différents types de vases auxquels nous avons affaire, et de rechercher d'éventuelles variations en fonction de la situation et de la profondeur des prélèvements.

Les fractions grossière et fine sont séparées par lavage à l'eau distillée, à travers un tamis de maille 44 microns (même taille que pour les granulométries). Etuvées, les deux fractions sont ensuite pesées dans des capsules tarées (établissement des pourcentages fraction fine - fraction grossière). Puis 0,25 g. sont traités à l'acide chlorhydrique déci-normal, dans un calcimètre BERNARD (rempli d'eau saturée en chlorure de sodium, afin d'éviter l'absorption du gaz carbonique dégagé). La méthode calcimétrique utilisée est la méthode par volumétrie, décrite par A. VATAN (1956); cependant les pourcentages n'ont pas été établis à partir d'un tableau de correction température - pression, mais par étalonnage de l'appareil, au début et à la fin de chaque série de mesures, avec du carbonate de calcium pur et anhydre. Les résultats sont donnés en pourcentages, par rapport, d'une part à la fraction considérée, et d'autre part à l'ensemble du sédiment. L'erreur est de l'ordre de 1 - 2%.

F - MESURES DE RADIOACTIVITE

Quelques mesures d'activité β (rayons les plus pénétrants) et γ ont été effectuées sur les carottes du canal de Corse. Elles ont porté sur le sédiment brut, ou privé de sa matière organique, ou encore de l'une de ses fractions, grossière ou fine.

L'appareil utilisé est un compteur à impulsions (Saphymo), avec échelle de comptage C.I.D.. Après avoir été soigneusement lavé, puis laissé au repos durant plusieurs jours, le sédiment est placé dans un containier annulaire autour du tube G.M.. On mesure successivement (durée d'une mesure : 27 minutes) :

- mouvement propre;
- m.p. plus rayonnement γ ;
- m.p.;
- m.p. plus rayonnement β et γ .

On en déduit la valeur des différentes activités en coups par 27 minutes, ainsi que l'erreur probable de POISSON, la déviation standard (amplitude des fluctuations), et la précision statistique (amplitude de 95% des fluctuations).

CHAPITRE II

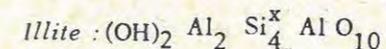
RESULTATS MINERALOGIQUES

ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE

Le canevas de cet exposé sera présenté sous forme de carte groupant les stations étudiées en zones minéralogiques. Ces zones, définies à partir des résultats de l'analyse roentgenographique, seront ensuite étudiées tour à tour. Nous envisagerons en détail l'étude des stations du canal de Corse. Les autres régions seront décrites de façon plus succincte; nous insisterons à leur sujet sur les caractères pouvant avoir une relation directe avec la nature des minéraux argileux : granulométrie, minéraux hérités et néoformés de la fraction grossière, bathymétrie et topographie sous-marines. Les données essentielles concernant les régions autres que le canal de Corse ont été empruntées aux travaux de J.J. BLANC (1958a, 1958b, 1959 et travail à l'impression). S'y ajoutent quelques recherches personnelles annexes, particulièrement dans les fonds avoisinant Rhodes et la côte provençale.

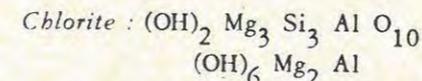
MINERAUX ARGILEUX PRESENTS

a) Ce sont tout d'abord des minéraux argileux simples, dont nous rappellerons brièvement la structure et la formule (d'après G. MILLOT, 1949) :

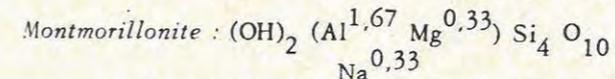


K^x (x varie de 0,5 à 0,75).

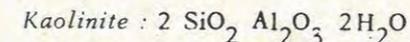
structure en corset, minéral dioctaédrique avec remplacement en position tétraédrique dans les espaces interfoliaires, compensé en bordure de feuillet.



structure en corset, dont les espaces interfoliaires sont occupés par un feuillet brucitique. Minéral le plus souvent trioctaédrique, avec remplacement en position tétraédrique.



structure en corset, minéral dioctaédrique avec remplacement en position octaédrique, avec déficit d'ions.



structure en gaine, minéral dioctaédrique sans remplacement.

L'illite et la montmorillonite sont les minéraux quantitativement dominants dans nos échantillons. La chlorite et la kaolinite, d'importance secondaire, parfois mal discernables (v. chapitre méthodes), sont présentes toutes les deux; A. RIVIERE et S. VERNHET l'avaient déjà montré en Méditerranée Nord-Occidentale (1960). La chlorite l'emporte généralement sur la kaolinite; cette dernière cependant peut constituer jusqu'à 30% de la phase argileuse.

b) Ce sont ensuite des édifices argileux interstratifiés. Ils peuvent être soit réguliers, lorsque les feuillets des différents minéraux simples se superposent selon une loi de répétition - et dans ce cas ce sont de véritables minéraux -, soit irréguliers, lorsque les feuillets cristallins ont un taux d'interstratification variable entre eux, ou lorsque ce taux varie à l'intérieur d'un même feuillet. Dans ce second cas (édifices interstratifiés proprement dits), le plus fréquent, nous n'avons plus affaire à de véritables cristaux, puisque la périodicité des réseaux cristallins n'est pas respectée (J. LUCAS, 1961).

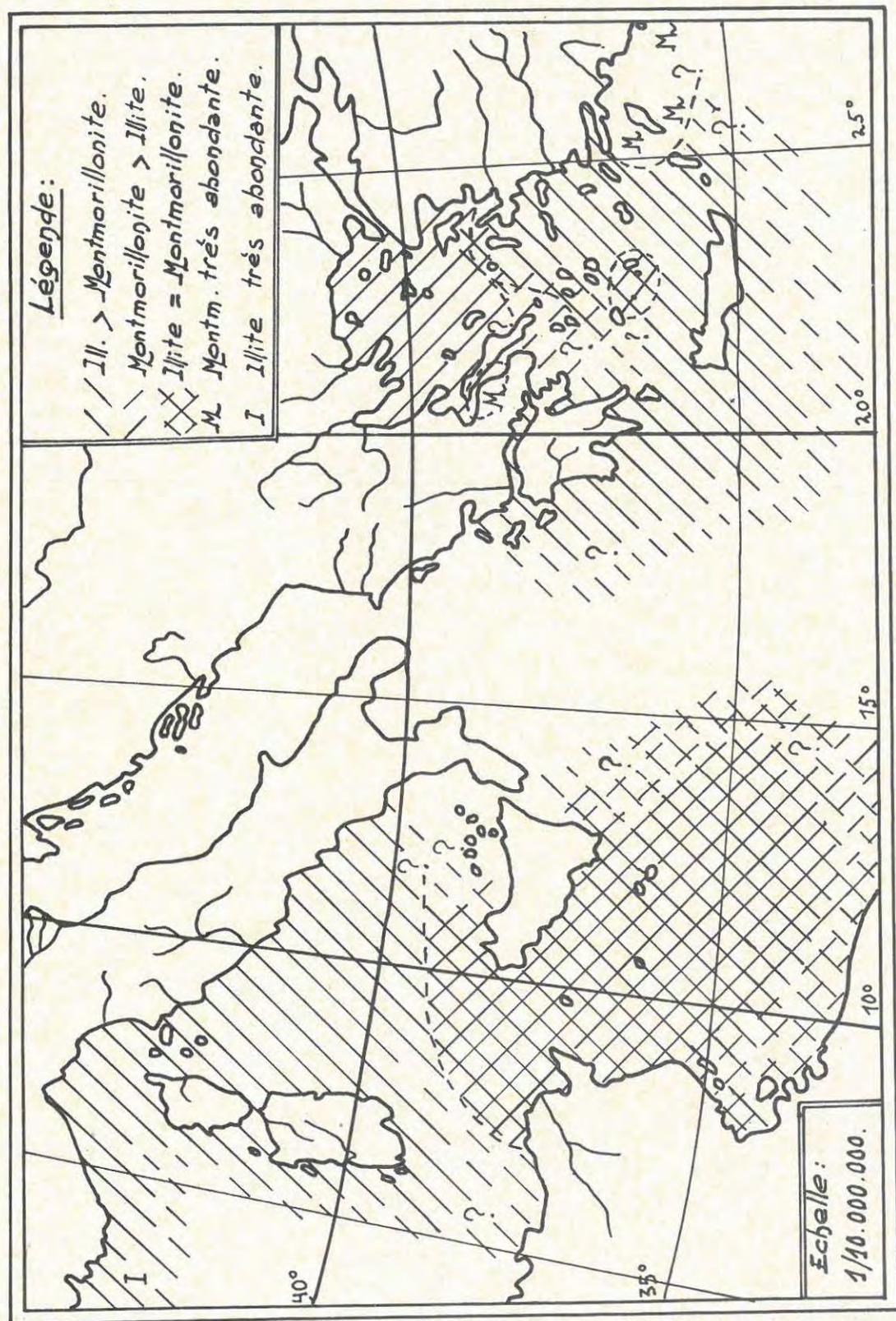
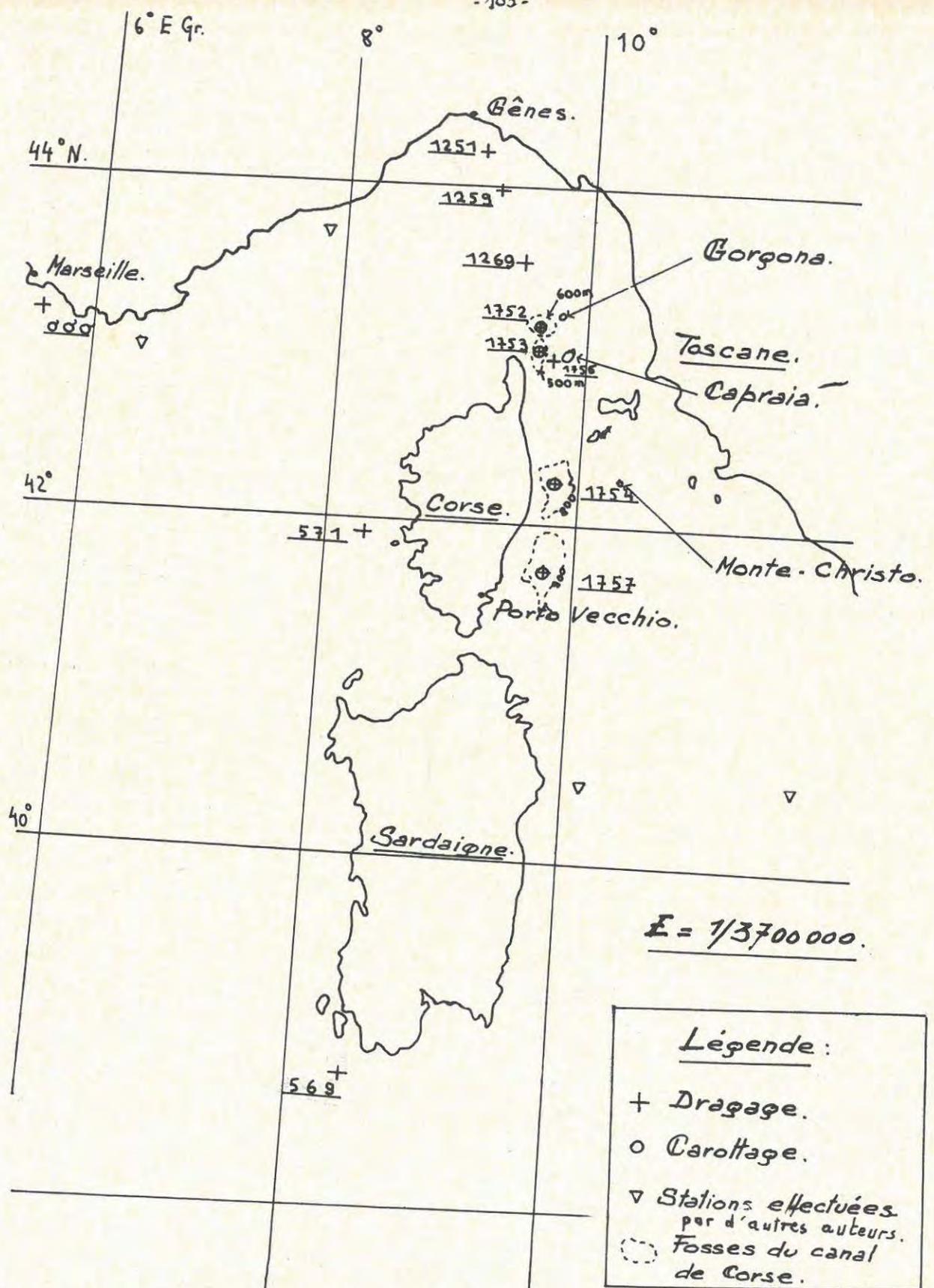


Planche 2 : Essai de groupement en "provinces" minéralogiques.



Pl. 3. Province à Illite dominante de Méditerranée occidentale - Carte des stations.

Les ensembles interstratifiés rencontrés sont généralement peu abondants, mais ubiquistes: on les reconnaît pratiquement sur tous les diagrammes de rayons X, brouillant les pics à 10, 14, et 17 Å. Ce sont des édifices pouvant être ramenés soit à des illites plus ou moins "ouvertes", soit à des mélanges gonflants de feuillets d'illite et de montmorillonite, ou de chlorite et de montmorillonite.

CARTE DES PROVINCES DE MINÉRAUX ARGILEUX

Nous appellerons "province" une aire donnée de la tranche supérieure du fond sous-marin meuble, définie qualitativement et quantitativement par une répartition sensiblement homogène des minéraux argileux dominants. Les limites de cette aire ont un caractère approximatif, les enclaves éventuelles mises en évidence laisse supposer la présence d'autres enclaves, qu'un travail à échelle plus réduite permettrait probablement de découvrir. Nous pensons cependant que ces vastes surfaces, ramenées à un type minéralogique donné (alors que le nombre d'échantillons par province est souvent peu abondant) sont valables. Nous avons en effet constaté une constance remarquable des résultats, lorsque les analyses étaient nombreuses dans un périmètre réduit. Par ailleurs les argiles se répartissent très largement, du fait de leur forme et de leur taille, ce qui autorise une généralisation des résultats locaux; cette généralisation ne serait pas valable pour un matériel plus grossier.

La carte ci-jointe (planche 2) exprime la répartition des minéraux argileux dominants dans les différentes régions. Les provinces que nous avons pu individualiser (compte tenu des travaux antérieurs) sont les suivantes:

- Côtés de Provence, golfe de Gênes, mer Tyrrhénienne, côtes de Corse et de Sardaigne: province à illite dominante.

- Région siculo-tunisienne: province à illite et montmorillonite dominantes, en quantités voisines.

- Sud de la Grèce et de la Crète, mer Egée du Sud: province à illite dominante. Enclave de l'archipel volcanique du Santorin, où illite et montmorillonite sont également représentées.

- Mer Egée du Nord: province à montmorillonite légèrement dominante.

- Régions de Rhodes et Est, et du canal de Talante: provinces à montmorillonite très abondante.

Nous présentons en appendice un tableau détaillé des résultats de l'analyse aux rayons X, avec, pour chaque station, une estimation qualitative et quantitative (appendice, tableau I). Ce tableau, groupé avec celui des caractéristiques de prélèvement des échantillons, ne traite pas des carottes du canal de Corse, qui sont étudiées ailleurs en détail.

Il convient, à présent, de décrire les provinces ainsi délimitées, tout d'abord du point de vue des minéraux argileux, et ensuite (de façon plus ou moins détaillée) de celui des autres caractères du sédiment.

Remarques: - On voudra bien se référer, en ce qui concerne les questions de nomenclature et d'appréciation quantitative des minéraux argileux, aux paragraphes consacrés à ces rubriques dans le chapitre des méthodes d'étude.

- Les stations seront désignées par leur situation, et leur numéro d'enregistrement à la Station Marine d'Endoume. Les profondeurs données sont celles indiquées par le sondeur Edo de la "Calypso" (il y a lieu d'ajouter pour chacune 3 mètres, dus à la position du récepteur d'ultra-sons sous la coque du navire).

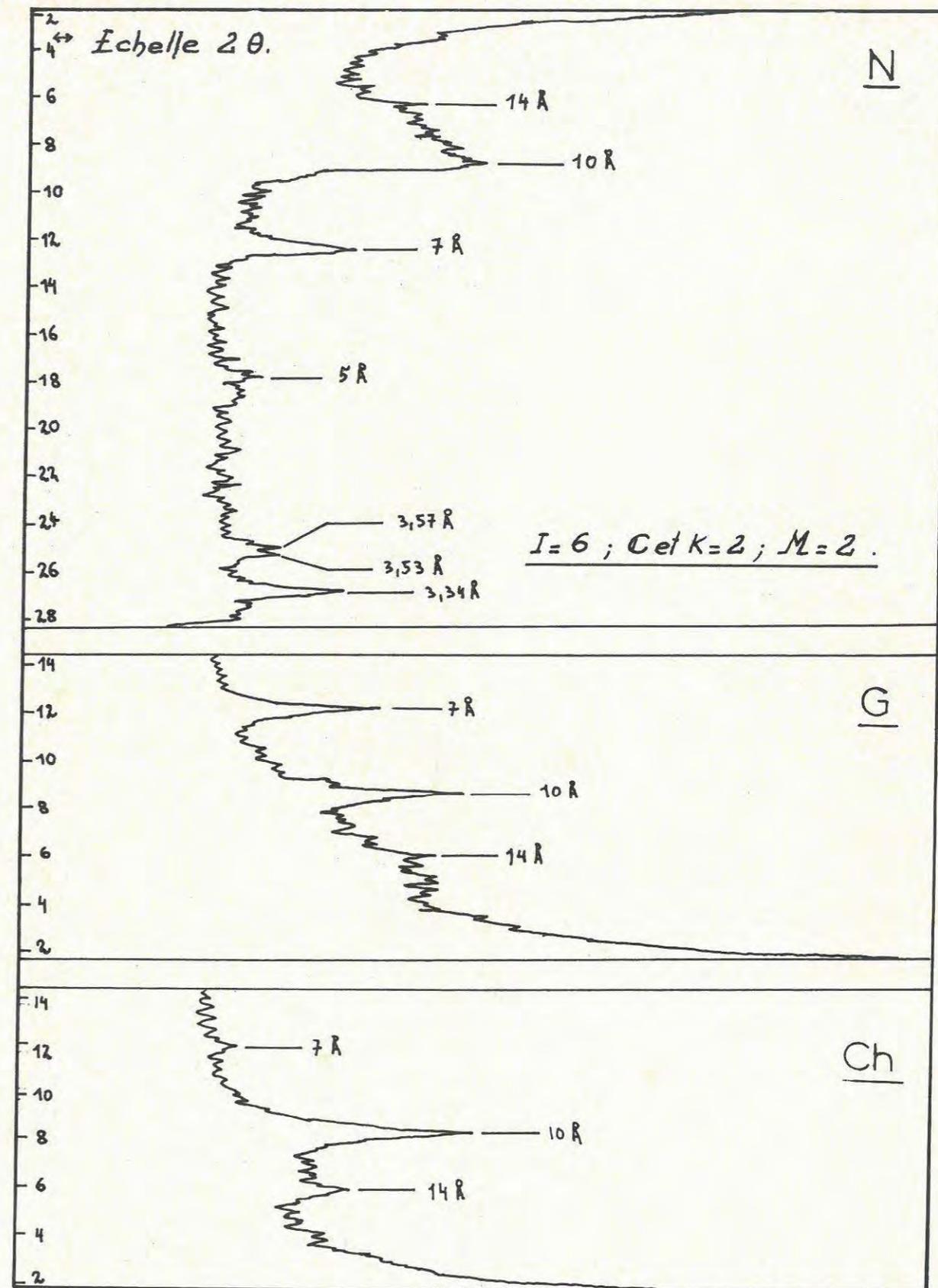
A - COTES DE PROVENCE, GOLFE DE GENES, MER TYRRHENIENNE,

COTES DE CORSE ET DE SARDAIGNE: PROVINCE A ILLITE DOMINANTE

GENERALITES

a) Carte des stations

Nous situons les différentes stations sur le schéma ci-joint (planche 3), avec leur position



Pl. 4 - Province à illite dominante de Méditerranée Occidentale: type moyen de diffractogrammes. (S⁺ 1757; base de la carotte)
(N = échant. naturel; G = échant. glycolé; Ch = échant. chauffé.)

bathymétrique approximative. Nous mentionnons également les stations décrites par d'autres auteurs, et qui ont fait l'objet d'une étude minéralogique de la phase argileuse.

b) Données sur les minéraux argileux

L'ILLITE est le minéral prédominant dans toute cette région. Ce résultat coïncide avec les données bibliographiques, assez nombreuses en ce qui concerne cette partie de la Méditerranée (R.E. GRIM et J.P. VERNET, 1961; E. NORIN, 1953; J.J. BLANC, 1958; W.D. NESTEROFF et G. SABATIER, 1958 et 1959; H. NGOC CAU, W. DONOSO et G. SABATIER, 1959; G. MULLER, 1961). Il semble que cette province puisse être étendue à l'Ouest: les sédiments dragués au large d'Alger montrent en effet la présence de quantités notables d'illite (J.H. DURAND, 1956).

Fait remarquable, les "micas-illites" sont de plus en plus abondants à mesure que l'on se rapproche des côtes de Provence: on tend alors vers une province à illite très fortement dominante. Au contraire les feuilletés argileux gonflants, - illites ouvertes, minéraux interstratifiés d'illite et de montmorillonite (I-M), de chlorite et de montmorillonite (C-M), et montmorillonite (M), mal cristallisée - sont moins abondants vers le Nord; le résultat en est un pic de diffraction à 10 Å plus "net", du côté des petits angles. Les minéraux interstratifiés, présents partout, sont assez abondants: tous les diagrammes présentent des pics à 10 et à 5 Å (pics (001) et (002) de l'illite) flous, ainsi que des figures très diffuses entre 14 et 18 Å, sur les échantillons glycolés.

Chlorite (C) et kaolinite (K) sont toutes deux présentes, mais la première est généralement plus abondante que la seconde.

Exemples:

| Station | Lieu | Profondeur | C et K | I et I ouv. | I-M, M, M-C |
|---------|-----------------------|------------|--------|-------------|-------------|
| 569 | S Sardaigne | (-255m) | 2 | 5 | 3 |
| 1752 | fosse SW Gorgona | (-630m) | 2 | 6 | 2 |
| 1259 | G. Gênes, S Portofino | (-900m) | 3 | 7 | tr. |
| 000 | canyon Cassidaigne | (-370m) | 2 | 8 | tr. |

Exemple des figures observées: *diagramme de rayons X*, planche 4.

AI ETUDE DES STATIONS DU CANAL DE CORSE

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude entreprise au cours de la campagne "Calypso" dans le canal de Corse (été 1961) par différentes Divisions scientifiques de la Station Marine d'Endoume. L'objectif principal de cette mission était de définir les caractéristiques océanographiques des points les plus profonds de quatre "fosses" (1) jalonnant le canal de Corse, fosses mises récemment en évidence par le professeur A. SEGRE et son école (E. DEBRAZZI et A. SEGRE, carte bathymétrique, 1960):

- fosse 1: au sud-ouest de l'île de Gorgona (-654m);
- fosse 2: au nord-ouest de l'île de Capraia (-525m);
- fosse 3: à l'ouest de Montecristo (-877m);
- fosse 4: à l'est de Porto Vecchio (-909m);

(Les profondeurs citées sont celles indiquées par la carte).

Dans ce but, quatre carottages et différents dragages ont été effectués. Nous les étudierons successivement.

I - ETUDE DES CAROTTES

PRESENTATION

Les carottages, que nous numérotions 1, 2, 3 et 4 en allant du Nord vers le Sud, ont pénétré plus ou moins profondément dans le sédiment, selon la nature granulométrique de ce dernier.

(1) Nous avons choisi le terme de fosse pour qualifier ces dépressions fermées du Canal de Corse, à défaut d'une locution convenant mieux. Ce sont en fait des bassins de profondeur moyenne, de pentes assez fortes et communiquant entre eux par des seuils.

Les caractéristiques de prélèvement sont les suivantes:

| | Carotte 1. | Carotte 2. | Carotte 3. | Carotte 4. |
|----------------|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Situation: | 43° 19' 00" N. 9° 47' 50" E. | 43° 09' 00" N. 9° 40' 50" E. | 42° 18' 45" N. 9° 48' 25" E. | 41° 42' 20" N. 9° 46' 40" E. |
| Station SME | 1752 car. | 1753 car. | 1754 bis car. | 1757 car. |
| Profondeur | -670 m | -505 m. | -785 m. | -870 m. |
| Long. mesurée | 82 cm. | 40 cm. | 75 cm. | environ 1 m. |
| Long. présumée | 1 m. | 50 cm. | 1 m. | |
| Aspect | car. 1: vase jaune oxydée compacte; car. 2: sable vaseux passant à une vase sableuse jaune oxydée; car. 3: vase jaune oxydée compacte; car. 4: vase grise, devenant jaune vers le sommet. | | | |

Remarques: Les carottages ont été effectués aux points les plus profonds des fosses. Ces points ont été repérés par des séries de sondages N-S et E-W. La profondeur maximum de la fosse de Montecristo (fosse 3) est la seule qui soit très différente de la sonde maximum indiquée par la carte, sonde qu'il n'a pas été possible de retrouver.

Les longueurs indiquées pour les carottes sont celles mesurées au laboratoire. En effet, étant destinées préalablement à une étude bactériologique et ayant été conservées à cet effet en chambre froide, les carottes ont subi une certaine dessiccation. Les traitements à bord sont également responsables de la fragmentation de la carotte 4, qui n'a pu faire l'objet que de trois prélèvements.

Les carottes n'étant pas caractérisées par des niveaux particuliers échelonnés de façon rythmique ou arithmétique, (celà à l'observation directe), l'échantillonnage a été fait par prélèvement, tous les 10 cm., d'une tranche de sédiment de 2 cm. d'épaisseur. La carotte 2 (NW Capraia), plus courte et marquée par un changement progressif d'aspect, a fait l'objet d'un prélèvement tous les 5 cm.

Cette étude sera conduite par comparaison successive des différentes composantes minéralogiques pouvant caractériser les carottes: après avoir donné des précisions sur la nature des minéraux argileux, nous définirons la teneur en calcaire, la radioactivité, ainsi que les proportions des fractions grossière et fine. Puis nous détaillerons les propriétés typiques importantes de chaque fraction: taille des particules, minéraux de la fraction grossière, caractères d'ensemble de la fraction grossière.

I - 1 NATURE DES MINERAUX ARGILEUX

D'une façon générale, les variations observées ont une amplitude faible: la répartition qualitative et quantitative des différents minéraux argileux est homogène dans les autres carottes, et pour leurs différents niveaux. Nous observons cependant les évolutions de détail suivantes:

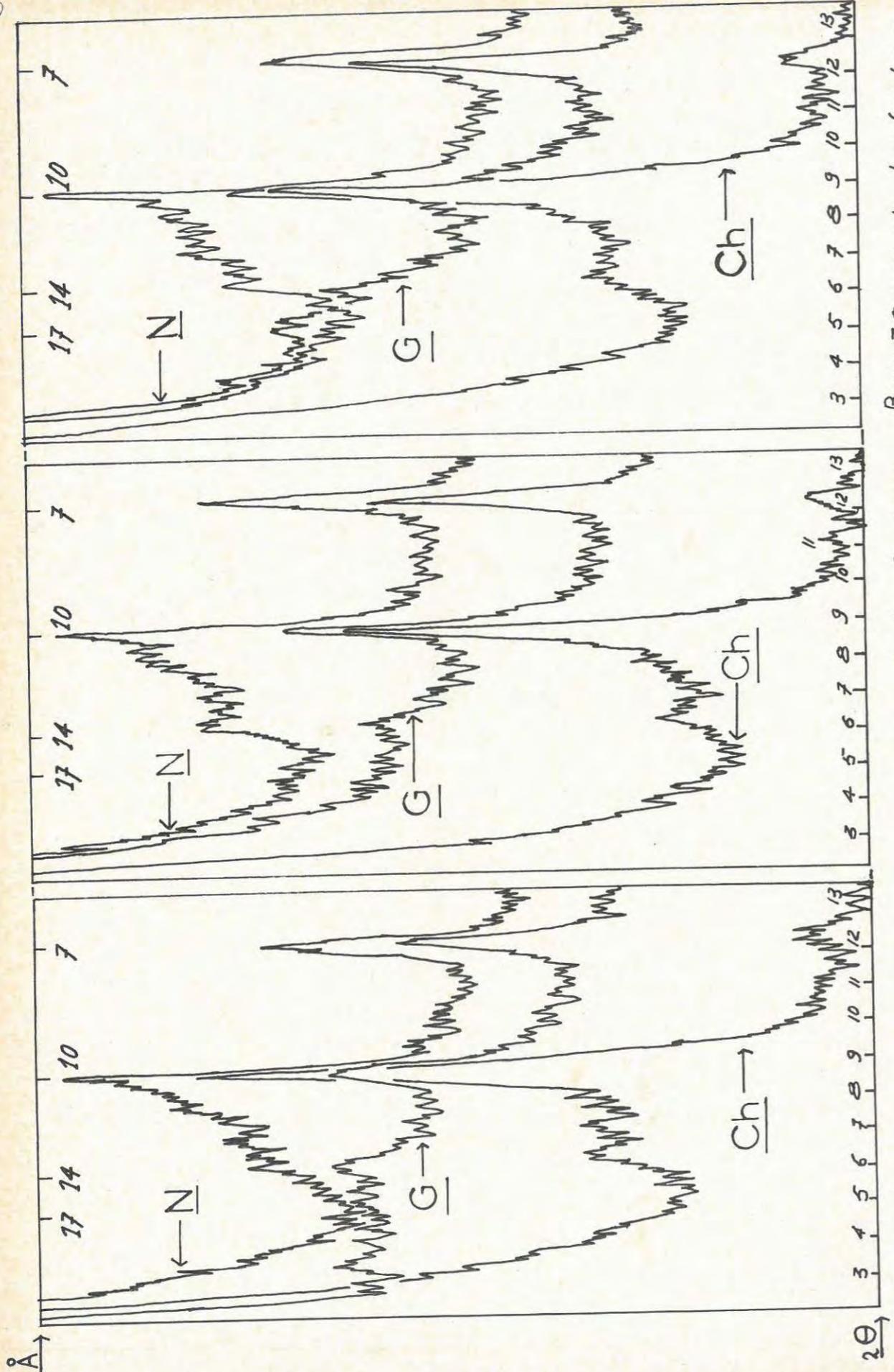
CAROTTE 1 (1752 car.).

Les diagrammes de rayons X sont caractérisés, de la base vers le sommet de la carotte, par une amplitude croissante des pics. Ces derniers, par ailleurs, ne présentent guère de variations d'un diagramme à l'autre: lorsqu'on les superpose, on s'aperçoit qu'ils varient dans un rapport constant, de même que les aires encloses à l'intérieur de ces pics (à part une légère augmentation du pic à 10 Å de l'illite, dont les proportions passent de 5/10 à 6/10).

Que signifie cette amplification des pics? Plusieurs facteurs peuvent intervenir: la forme et la taille des particules argileuses, les rapports respectifs des différents minéraux argileux en présence, la cristallinité des minéraux, et enfin le mode de préparation (et particulièrement l'arrangement des particules pendant le séchage: densité de la couche supérieure de phyllites, occasionnant des réflexions plus ou moins fortes). Ici les deux derniers facteurs entrent probablement en jeu, et particulièrement le mode de préparation: un nouveau montage a montré une évolution moins nette que dans le premier cas.

CAROTTE 2 (1753 car.)

Les proportions des différents minéraux ne varient pas tout au long de la carotte:
I = 5; M = 3; C et K = 2.

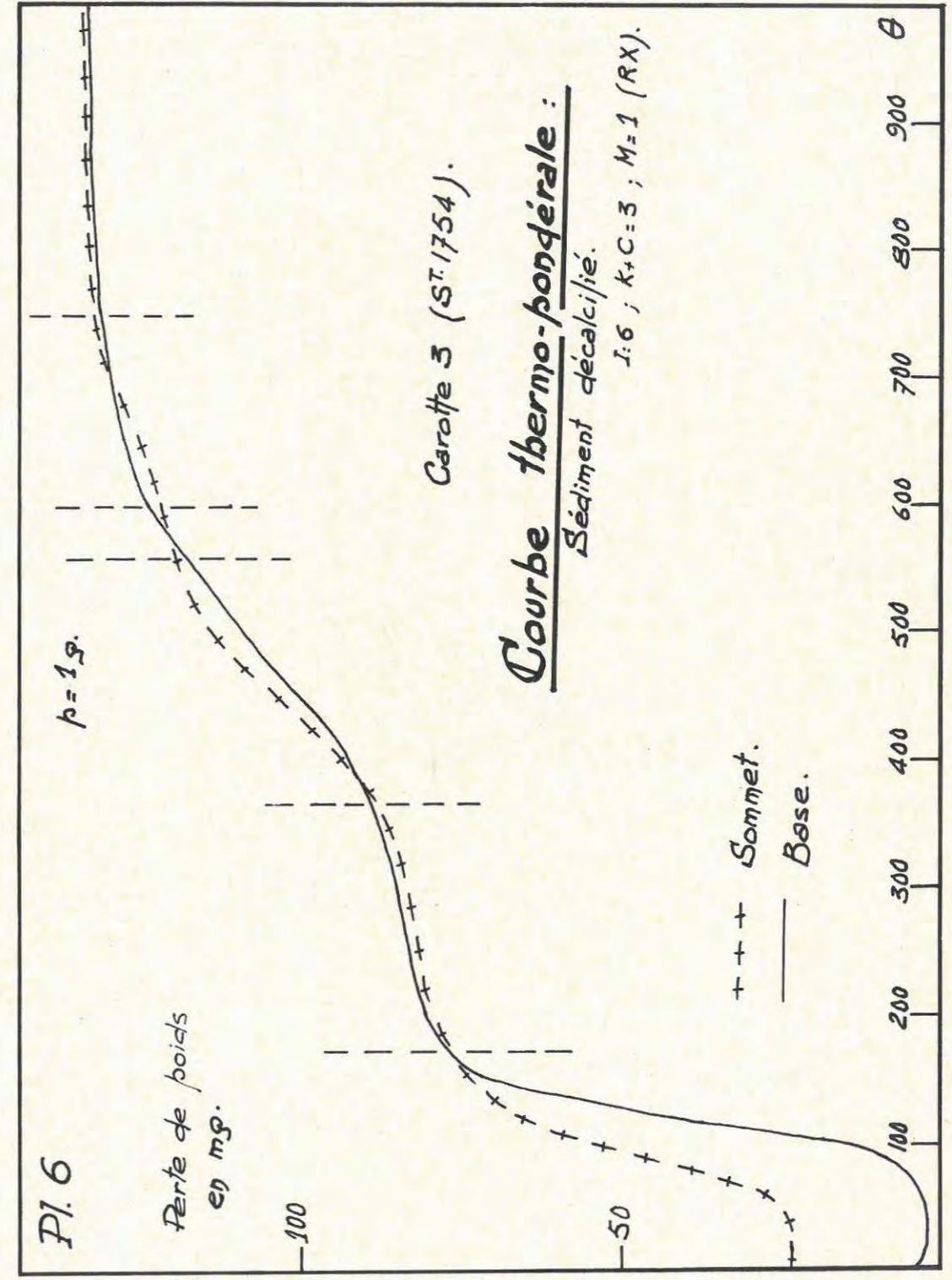


Sommet : 0 cm.

15 cms de profondeur.

Base: 38 cms de profondeur.

Pl.5. Carotte 2 (NW Capraia) : Evolution de l'Illite - Illite ouverte et du mélange pon/lant en fonction de la profondeur. (Diffractogrammes aux petits angles de Bragg)



Carotte 3 (St. 1754).

Courbe thermo-pondérale :
Sédiment décalcifié.

I:6 ; K+C:3 ; M:1 (RX).

+++ Sommet.
— Base.

Qualitativement, nous observons cependant une évolution parallèle et de sens contraire, dans l'aspect des pics de diffraction : de la base vers le sommet, le pic à 10 Å de l'illite devient de plus en plus brouillé du côté des petits angles, cependant que la montmorillonite passe d'un état passablement cristallisé à un état très diffus (planche 5).

CAROTTE 3 (1754 bis car.).

Les proportions des minéraux argileux sont les suivantes :
I = 6; C et K = 3; édifice gonflant = 1.

Cette homogénéité des résultats se retrouve dans les courbes thermo-pondérales : de la base au sommet, les différences sont minimales (planche 6). L'essentiel des pertes est dû à l'illite, dont les fortes proportions masquent les crochets des autres minéraux.

La même évolution que dans la carotte 2 se retrouve ici, pour les figures présentées par les "micas-illites" et l'édifice gonflant. Par ailleurs la kaolinite semble céder le pas, en profondeur, à la chlorite (dont les réflexions (003) n'apparaissent pas en surface).

CAROTTE 4 (1756 car.).

Les trois niveaux étudiés, malgré leur différence d'aspect (vase grise de toucher granuleux passant à une vase jaunâtre), présentent des diagrammes variant d'une façon insignifiante d'un échantillon à l'autre :

I = 6; M = 2; C et K = 2.

I-2 CARACTERES DU SEDIMENT TOTAL

- Pourcentage "fin" et "grossier".
- Teneur en calcaire.
- Radioactivité.

2a - PROPORTIONS DES FRACTIONS FINE ET GROSSIERE

Tableau simplifié des valeurs : pourcentage de particules inférieures à 50 microns (erreur = + 1%) :

| | Carotte 1 | Carotte 2 | Carotte 3 | Carotte 4 |
|----------|-----------|------------|-----------|------------|
| Sommet : | 96,5 | 75,5 40 | 99 | 97 99,9 |
| Base : | 95 | | 98 | 96 |

Observations :

- Traits communs : Ce sont dans l'ensemble des vases fines, dans lesquelles la fraction grossière est d'une importance pondérale réduite : le sédiment témoigne d'une érosion continentale modérée, et surtout d'une activité peu importante dans le drainage côtier. Les analyses granulométrique et optique nous permettront d'examiner cette question plus à fond. D'autre part, la fraction fine est plus abondante à mesure que le niveau est plus élevé; cette évolution, régulière, est plus ou moins accusée.

- Différences : Les carottes 1 et 3 sont très voisines, la première présentant un type de sédimentation légèrement moins vaseux. La carotte 4 se singularise par l'extrême pureté de son niveau moyen (0,1 % de particules grossières). Quant à la carotte 2 (NW Capraia), elle est très particulière : on passe d'un sable vaseux à la base (60 % de particules grossières) à une vase sableuse au sommet (25 % de particules grossières). Cette région, marquée par un apport détritique notable, montre une évolution assez régulière et rapide, avec quelques paliers.

2b - TENEUR EN CALCAIRE

Nous présentons ci-dessous un tableau des proportions moyennes en calcaire et en "insoluble"

(phase non attaquée par HCl) des différentes fractions, par rapport à ces fractions et à l'ensemble du sédiment, cela pour les quatre carottes.

TENEURS MOYENES en CALCAIRE des quatre CAROTTES du CANAL de CORSE (erreur ±1%).

n.b : b = base; s = sommet de la carotte.

| CAROTTE | %CO ₂ Ca total | %CO ₂ Ca fin /fract. fine | %CO ₂ Ca gross /fract. gross. | %CO ₂ Ca fin | % insol. fin | % CO ₂ Ca grossier | % insol. grossier |
|---------|----------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------|
| 1 | 39 | 37 s = 36 b = 37,5 | 81 | 36,4 | 60,1 | 2,8 | 0,7 |
| 2 | 36 s = 37,5 b = 34,5 | 36,5 | 34 | 26,5 | 46,8 | 9,7 | 17,0 |
| 3 | 29 | 27 | 81 | 27,9 | 70,5 | 1,3 | 0,3 |
| 4 | 24 s = 26 b = 22 | 25 s = 26 b = 22,5 | 35 | 25 | 71 | 3 | 1 |

Ce tableau prête aux commentaires suivants :

b¹ - Calcaire total

- Traits communs entre les carottes : Les sédiments étudiés sont des vases argileuses : ils renferment plus de 60 % de silicates, et en premier lieu des argilites (silicates hydratés). Les teneurs en CO₂Ca varient très peu en fonction du niveau. Seules les carottes 2 et 4 montrent une augmentation légère (3-4%), mais constante et régulière, de cette teneur.

- Différences : Elles sont assez importantes, puisque la teneur en CO₂Ca varie de 24% au Sud à 40% au Nord. La carotte 4, la moins calcaire des quatre, renferme un sédiment se rapprochant d'une argile marneuse. Quant aux carottes 2 et 3, elles sont intermédiaires entre les deux autres. Cette différence est peut-être due à l'existence, dans la région Nord, d'une mortalité importante du plancton, et en particulier des Foraminifères pélagiques et des Ptéropodes, par suite du resserrement du relief sous-marin, entraînant le mélange de masses d'eaux différentes. L'abondance des tests d'in-dividus pélagiques, dans les carottes 1 et 2, parle en faveur de cette hypothèse.

b² - Rapport entre le pourcentage fin-grossier et la teneur en CO₂Ca

Les variations étant généralement faibles, l'incidence mutuelle des deux caractères est insignifiante. La carotte 2 cependant présente de grandes différences de poids en fonction du niveau, alors que les variations en CO₂Ca sont peu importantes : les teneurs en calcaire des deux fractions sont nécessairement très voisines. Il n'existe donc pas ici de limite entre la fraction grossière et la fraction fine.

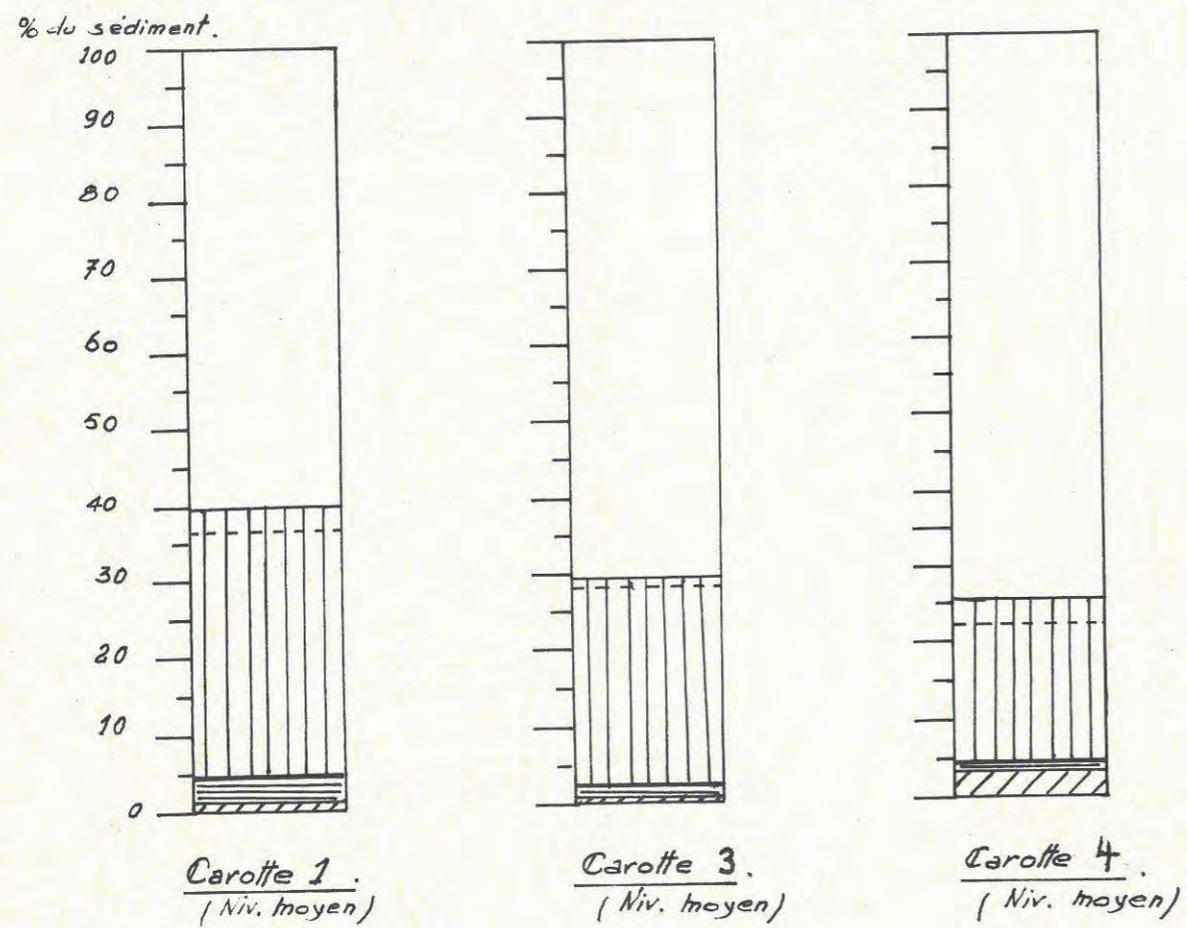
b³ - Teneur en calcaire de la fraction fine

Les résultats sont très voisins de ceux concernant l'ensemble du sédiment. Ce fait était prévisible, la fraction fine étant très abondante. En général cependant les résultats sont légèrement inférieurs aux précédents : la fraction grossière est donc plus calcaire que la fraction fine, exception faite pour la carotte 2. Par ailleurs les teneurs des différents niveaux sont très voisines, elles témoignent d'une sédimentation calme et constante.

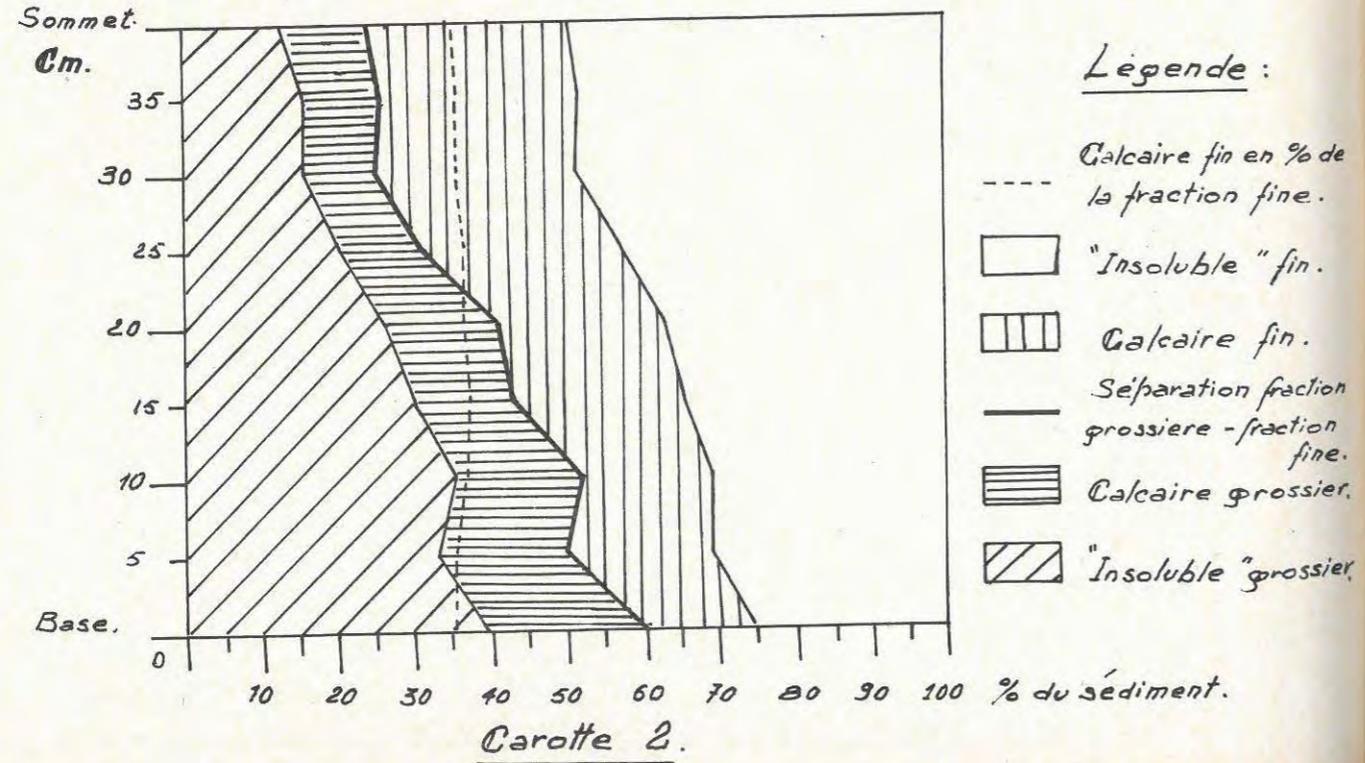
b⁴ - Teneur en calcaire de la fraction grossière

Le taux de calcaire grossier est homogène pour une carotte donnée, mais varie d'une carotte à

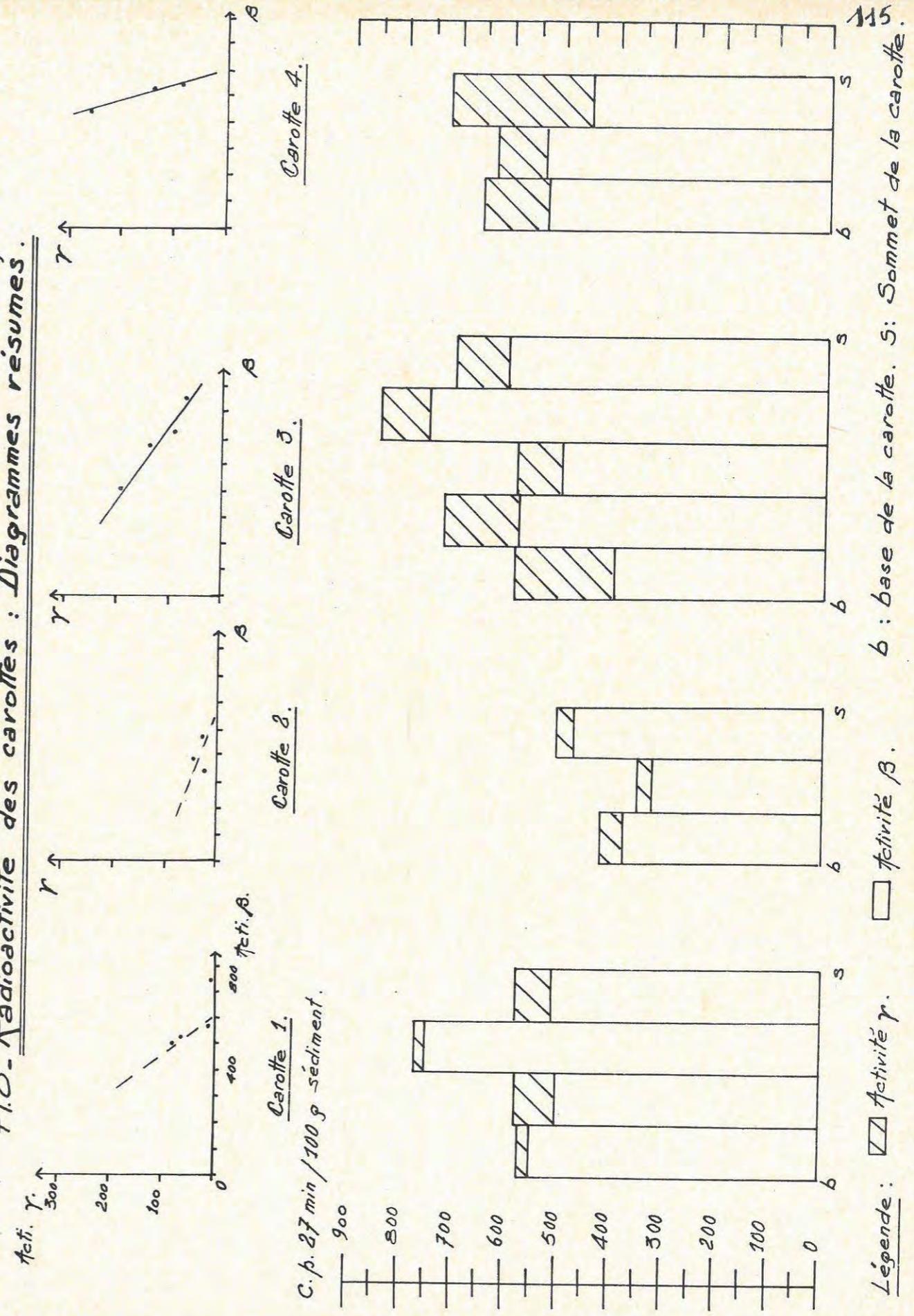
Pl. 7 - Teneurs en CO_2Ca - Diagrammes résumés.



Différents Niveaux



Pl. 8 - Radioactivité des carottes : Diagrammes résumés.



l'autre. Les carottes 2 et 3 montrent une augmentation brutale de cette teneur, pour le sédiment situé à la surface de contact avec l'eau libre; cette observation n'est pas valable pour le calcaire de la fraction fine. L'étude optique montre que ce calcaire de surface est d'origine organique, soit que les conditions de vie soient meilleures dans les deux fosses citées, soit plutôt que ces fosses collectent davantage de débris calcaires en provenance des couches supérieures. Ce matériel serait dissous par décalcification primaire rapide dans les premiers centimètres du sédiment. S'il y a dissolution du calcaire dans les couches plus profondes, son importance ne dépend pas du niveau considéré.

D'une façon générale, les carottes sont riches en calcaire grossier. La carotte 2 en contient le moins (34%). Quant à la carotte 4, elle présente des teneurs assez variables dans les différents niveaux étudiés: la fosse située à l'est de Porto Vecchio semble témoigner d'un régime sédimentaire assez peu constant (base: 16%CO₃Ca; milieu: 50%; sommet: 35%).

Remarquons que la fraction grossière non soluble dans l'acide, c'est à dire la fraction essentiellement non calcaire, est généralement peu importante, et cela particulièrement dans le cas de la carotte 3.

Conclusion : diagrammes - résumés (planche 7)

Les carottes 1, 2 et 4, montrant des variations faibles, seront représentées par des diagrammes en bâton; ce mode de représentation, appliqué aux sédiments meubles, a déjà été utilisé par d'autres auteurs (F. OTTMANN, 1957). Par contre, nous choisirons pour la carotte 2 une représentation permettant une comparaison en fonction du niveau (J. BOURCART et F. OTTMANN, 1957).

2c - RADIOACTIVITE

c1 - Des mesures ont été effectuées sur différents niveaux des carottes. Les résultats, avec données sur les erreurs, sont groupés dans le tableau porté ci-dessous. Nous avons schématisé ces résultats sur des diagrammes (planche 8). Ils prêtent aux commentaires suivants :

1) Nos vases montrent une *radioactivité notable*, bien plus importante que celle présentée par de nombreuses unités sédimentaires. Elle équivaut souvent au double ou au triple de celle de certains sédiments anciens grés-marneux. Elle résulte essentiellement de la désintégration des radio-éléments à vie courte.

2) D'une façon générale, *l'activité β est faible*, cependant que *l'activité δ est relativement forte*. Ces résultats, concernant des sédiments de la zone bathyale riches en fraction précolléidale et colloïdale, coïncident avec les travaux effectués par J.J. BLANC en Méditerranée, sur divers types de sédiments (J.J. BLANC, 1962).

3) Les radioactivités les moins fortes semblent correspondre aux carottes les plus riches en calcaire. Cette relation inverse entre les deux facteurs, relation esquissée ici, et déjà observée par J.J. BLANC (travail à l'impression) en Méditerranée Nord-Orientale, semble, selon R. COPPENS (1957), devoir être attribuée à une incompatibilité des milieux de dépôt des matériaux calcaires et radioactifs, et à un antagonisme dans la précipitation et l'absorption des ions calcaires et radioactifs. Elle peut également être attribuée à une "dilution" des émetteurs (U, K40...) dans le milieu bathyal, riche en calcaire de précipitation ou bio-détritique.

4) L'appareillage utilisé ne permet de dissocier mouvement propre et rayonnement du sédiment que par mesures successives. Par ailleurs, les mesures ont montré que le mouvement propre était capable de grandes variations en un laps de temps réduit (voir calculs de précision). En fin, les rayonnements trouvés ne sont jamais très importants. C'est pourquoi nous ne tenterons pas de déceler d'éventuelles évolutions en fonction du niveau, évolutions probablement peu importantes du fait de l'homogénéité des carottes. Remarquons simplement que les sédiments, et particulièrement ceux de la carotte 3, présentent fréquemment un maximum d'activité β pour un minimum d'activité δ (planche 8).

RADIOACTIVITE des CAROTTES du CANAL de CORSE (fosses)

| c a r | STATION | Activité | Erreur = | Déviat. St. | Précision | Activité | Erreur = | Déviat. St. | Précision |
|-------------|---------------------------|----------|-----------------------------|------------------|-------------------|----------|-----------------------------|------------------|-------------------|
| | | γ | $\pm \frac{0,67}{\sqrt{N}}$ | = $\pm \sqrt{N}$ | = $\pm \sqrt{2N}$ | β | $\pm \frac{0,67}{\sqrt{N}}$ | = $\pm \sqrt{N}$ | = $\pm \sqrt{2N}$ |
| 1 | 1752 car. somm. = 80cm | 60 | ± 8,6 | ± 7,7 | ± 11,0 | 512 | ± 3,0 | ± 22,5 | ± 32,0 |
| | 60 cm | 14 | ± 17,9 | ± 3,7 | ± 5,3 | 750 | ± 2,4 | ± 27,4 | ± 38,8 |
| | 30 cm | 82 | ± 7,4 | ± 9,0 | ± 12,8 | 504 | ± 3,0 | ± 22,4 | ± 31,6 |
| | base | 15 | ± 17,3 | ± 3,9 | ± 5,5 | 547 | ± 2,9 | ± 23,4 | ± 33,1 |

| | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|----|--------|-------|-------|-----|-------|--------|--------|
| 2 | 1753 car. somm. = 40cm | 30 | ± 12,3 | ± 5,5 | ± 7,7 | 475 | ± 3,2 | ± 21,8 | ± 30,8 |
| | 20 cm | 25 | ± 13,4 | ± 5,0 | ± 7,1 | 331 | ± 3,6 | ± 28,4 | ± 25,8 |
| | base | 43 | ± 10,0 | ± 6,8 | ± 9,3 | 377 | ± 3,4 | ± 19,4 | ± 27,5 |

| | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-----|-------|--------|--------|-----|-------|--------|--------|
| 3 | 1754 car. somm. = 75cm | 97 | ± 6,7 | ± 9,8 | ± 13,9 | 612 | ± 2,7 | ± 24,8 | ± 35,3 |
| | 60 cm | 64 | ± 8,3 | ± 8,0 | ± 11,6 | 760 | ± 2,4 | ± 27,7 | ± 39,0 |
| | 40 cm | 84 | ± 7,3 | ± 9,2 | ± 12,9 | 503 | ± 3,0 | ± 22,4 | ± 31,6 |
| | 20 cm | 141 | ± 5,6 | ± 11,9 | ± 15,6 | 584 | ± 2,8 | ± 24,2 | ± 34,1 |
| | base | 193 | ± 4,8 | ± 13,9 | ± 19,6 | 397 | ± 3,3 | ± 19,2 | ± 28,2 |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----|-------|--------|--------|-----|-------|--------|--------|
| 4 | 1757 car. somm. | 268 | ± 4,1 | ± 16,4 | ± 23,2 | 449 | ± 3,7 | ± 21,2 | ± 30,0 |
| | milieu | 91 | ± 7,0 | ± 9,5 | ± 13,9 | 540 | ± 2,9 | ± 23,2 | ± 32,8 |
| | base | 139 | ± 5,7 | ± 11,8 | ± 16,5 | 534 | ± 2,9 | ± 23,1 | ± 32,7 |

c² - Afin de préciser un peu ces premiers résultats, nous avons mesuré les rayonnements présentés par différentes fractions de certains échantillons. Voici les comptages obtenus :

| St. 1754 car. (prof. : 60 cm) | | | St. 1753 car. (prof. : 35 cm) | | | |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|-------------|------------|-------------|
| ACTIVITE | brut | mat. org. | fr. gros. | brut | fr. gros. | fr. fine |
| γ | 175 | 217 | 36 | 134 | 20 | 134 |
| Erreur $\pm 0,67/\sqrt{N}$ | $\pm 5,0$ | $\pm 4,5$ | $\pm 18,5$ | $\pm 5,8$ | - | $\pm 5,8$ |
| Déviat. St. $\pm \sqrt{N}$ | $\pm 13,21$ | $\pm 14,98$ | $\pm 6,0$ | $\pm 11,58$ | - | $\pm 11,58$ |
| Précision $\pm \sqrt{2N}$ | $\pm 18,7$ | $\pm 20,8$ | $\pm 8,5$ | $\pm 16,4$ | - | $\pm 16,4$ |
| β | 481 | 462 | 583 | 395 | 565 | 454 |
| Erreur $\pm 0,67/\sqrt{N}$ | $\pm 3,3$ | $\pm 3,1$ | $\pm 2,7$ | $\pm 3,4$ | $\pm 2,8$ | $\pm 3,1$ |
| Déviat. St. $\pm \sqrt{N}$ | $\pm 21,9$ | $\pm 21,4$ | $\pm 24,2$ | $\pm 19,9$ | $\pm 23,8$ | $\pm 21,3$ |
| Précision $\pm \sqrt{2N}$ | $\pm 30,5$ | $\pm 30,2$ | $\pm 34,2$ | $\pm 28,1$ | $\pm 33,6$ | $\pm 30,1$ |

Observations :

Comptage avant et après traitement à l'eau oxygénée : Compte tenu des erreurs, la matière organique joue un rôle insignifiant dans la radioactivité des échantillons. Ce fait ne surprend pas, les sédiments étudiés étant des vases grises ou jaunes, dans lesquelles les débris organiques sont déjà oxydés.

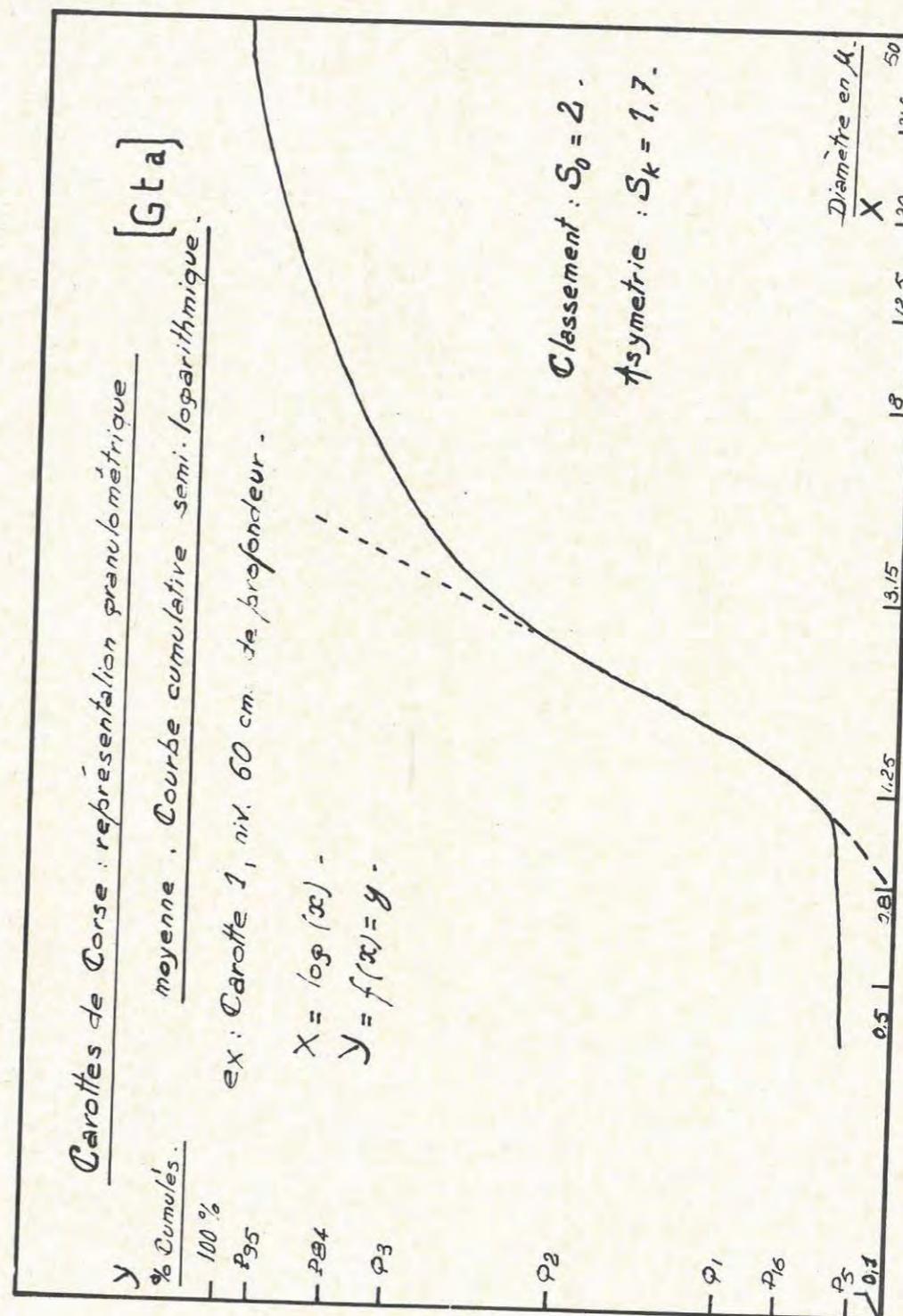
Comparaison du sédiment brut et des fractions, fine et grossière, isolées. Le sédiment privé de sa fraction grossière présente une activité γ qui devient pratiquement nulle, cependant que l'activité β est normale. Privé de sa fraction fine, il montre des valeurs moyennes pour les deux activités. Ce dernier fait demanderait à être complété par d'autres mesures; cela n'a pas été possible, en raison de la rareté des sédiments suffisamment riches en fraction grossière non calcaire. Nous pouvons simplement, à la suite de ces quelques mesures, présumer du fait suivant : les particules fines, c'est à dire principalement la phase argileuse, sont responsables de l'essentiel de l'activité β . Ce phénomène est probablement imputable à la présence d'ions inter- ou intra-foliaires (en particulier ions d'Uranium et de Potassium 40) adsorbés par ces minéraux très divisés.

I - 3 LA FRACTION FINE : DIMENSIONS DES PARTICULES

PRESENTATION

Nous nous arrêterons assez longuement sur le problème de la taille des particules, car il revêt une importance particulière dans la caractérisation d'un sédiment. Nous avons choisi différents types de diagrammes, tous fondés sur les mêmes expériences, mais susceptibles d'apporter chacun des renseignements originaux, par suite des diverses fonctions mathématiques introduites dans leur construction. Nous chercherons en premier lieu à préciser les conditions de dépôt régissant les vases carottées. Nous étudierons ensuite les variations granulométriques en fonction du niveau.

Dans cet esprit, nous choisirons un exemple représentatif de la moyenne des résultats: cela nous est possible grâce aux caractères voisins présentés par les différents sédiments. Puis nous discuterons des quatre carottes, en les comparant et en essayant divers modes de représentation.



3a - REPRESENTATION GRANULOMETRIQUE DE LA MOYENNE DES CAS

Exemple : carotte 1 (SW Gorgona) : niveau prélevé à 60 cm de profondeur dans le sédiment.

a¹ - Répartition des particules en fonction de leurs dimensions

Courbe cumulative à abscisses logarithmiques

Nous avons porté sur le diagramme ci-joint (Gta) :

- en abscisses le logarithme des dimensions des particules;
- en ordonnées les pourcentages cumulés, 100 % des particules correspondant aux plus grosses tailles (50 microns).

Les repères indiqués sur le diagramme sont, d'une part, les valeurs portées sur les abaques donnant le diamètre des particules en fonction des positions du densimètre (S. MERIAUX, 1953), et, d'autre part, les fractions correspondant aux fractiles utilisés pour l'interprétation des diagrammes.

La courbe obtenue, qui, de son principe même, (A. RIVIERE, 1944), n'est qu'une courbe de vitesse de chute des particules, l'est *a fortiori* dans le cas de nos sédiments argileux, dont les éléments sont fréquemment lamellaires ou aciculaires. Cette remarque confirme le côté faible d'une méthode, dont l'utilité et l'emploi généralisé en font cependant un excellent outil de travail, qu'il convient d'utiliser en toute connaissance de cause.

La courbe cumulative ci-jointe (Gta) est régulière, sa concavité est tournée vers le bas. Elle montre la présence de *trois stocks de particules* : les premières, supérieures à trois microns, appartiennent au domaine des poudres, ainsi que les secondes, dont l'unité est marquée par un changement de pente (trait pointillé). Ces deux ensembles sont formés de débris minéraux et organogènes; il s'ajoute au second les particules argileuses les plus grossières. Le troisième stock, formé de particules inférieures à 0,8-1 micron, couvre la classe des précolloïdes et des colloïdes. Ces particules, du fait de leur taille, de leur forme, et de leur degré de défloculation (quasi-totalité des phyllites fines), ont une loi de chute régie par des facteurs physiques (mouvements browniens...) qui ne permettent qu'une faible résultante des forces en jeu en faveur de la pesanteur. Ce troisième stock n'est donc plus compris dans les limites physiques supposées par une répartition gaussienne théorique : nous n'en tiendrons pas compte dans l'évaluation des caractéristiques mathématiques de la courbe.

Ces caractéristiques sont les suivantes :

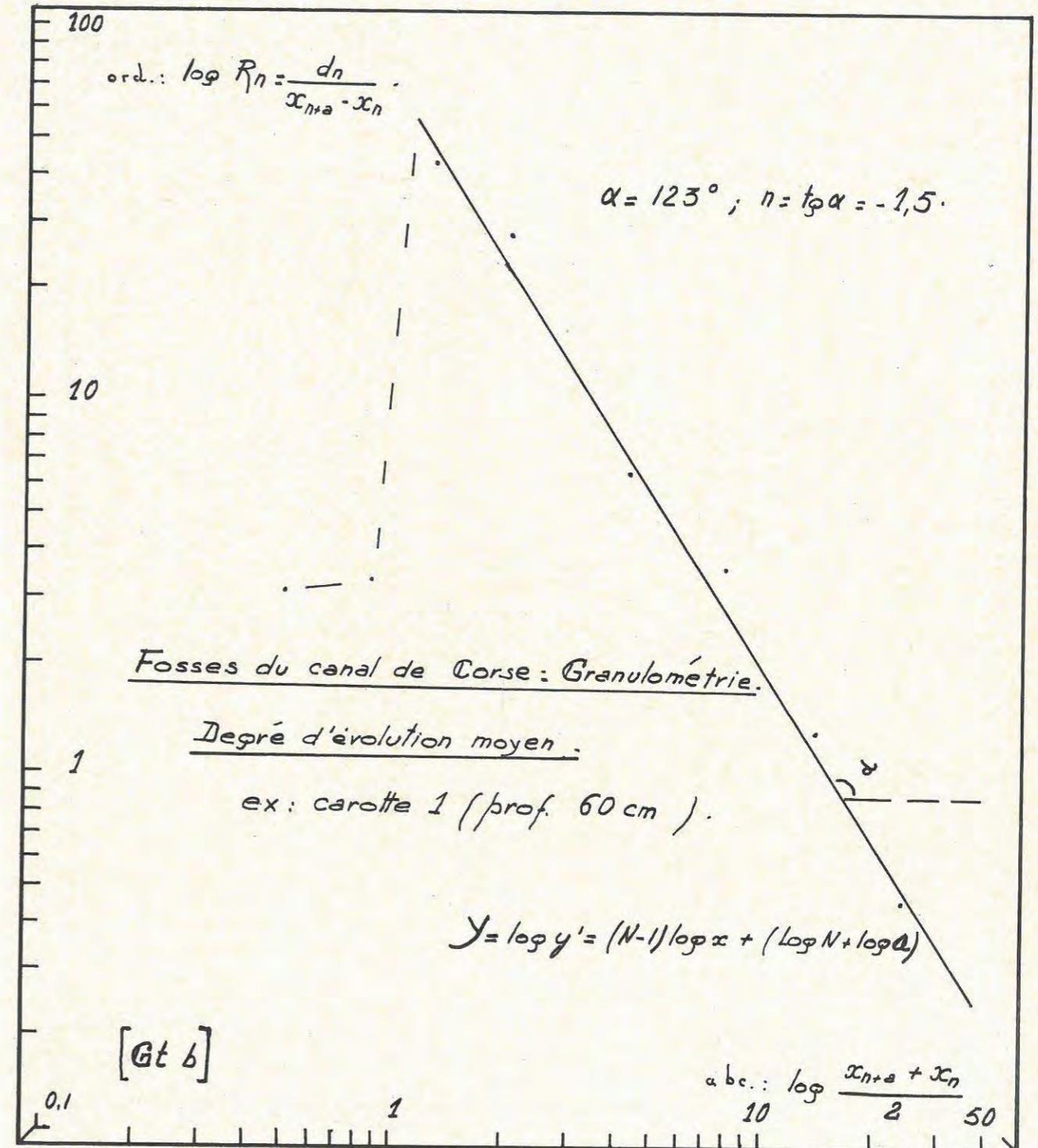
| Ind. de classement | Ind. d'asymétrie | Déviat. Stand. | Int. sécurité |
|--------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| $S_o = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$ | $S_k = \frac{Q_1 \cdot Q_3}{(Q_2)^2}$ | $\pm 6 = 4,15$ Interv. (P ₁₆ -P ₈₄) | Interv. (P ₅ -P ₉₅) |
| $S_o = 3,1$ | $S_k = 1,4$ | (68 % effectifs) = 8,3 (1,20 à 9,5μ) | (95% effectifs) = 21 (1 à 22μ) |

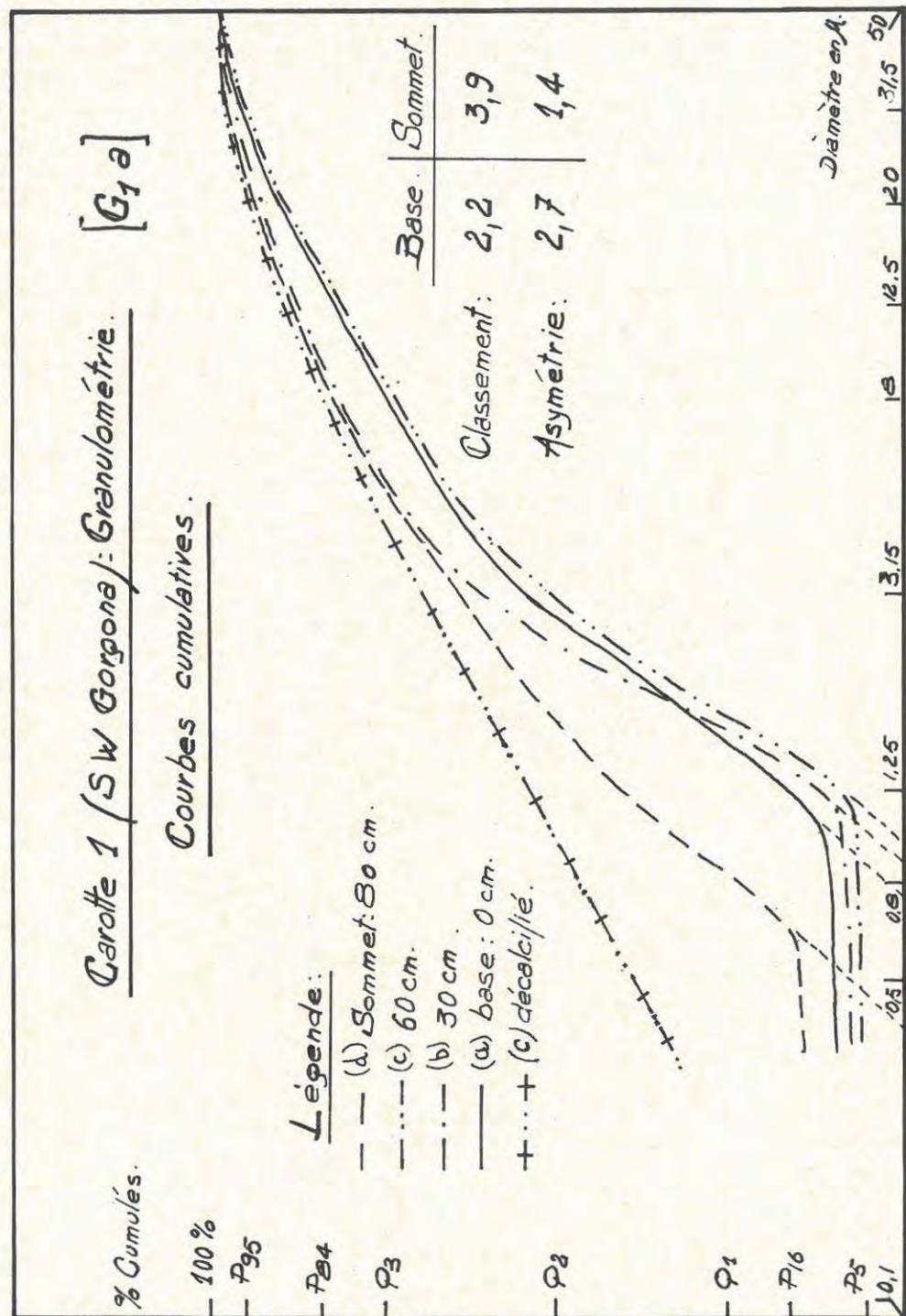
L'indice de classement S_o de TRASK (ou intervalle interquartile géométrique) est celui d'un sédiment normalement classé : les particules sont situées à l'intérieur d'un éventail de tailles d'écartement moyen. Le tri n'est pas très poussé.

Le coefficient d'asymétrie est supérieur à 1 : le mode est donc situé en-deçà de la médiane (G. BILLY, 1954). La majorité des particules sont plus petites que 2,5 microns, Le cas de ce coefficient sera envisagé plus loin, de façon plus développée, lorsque nous étudierons les courbes de fréquence à abscisses logarithmiques.

Le calcul de l'écart-type montre que 68 % des particules sont comprises entre 1, 2 et 9,5 microns, ce qui indique une dispersion assez étalée autour de la moyenne arithmétique.

Enfin le calcul de l'intervalle de confiance nous montre que 95 % des particules se trouvent répartis entre 1 et 22 microns : le sédiment est composé dans sa majeure partie de poudres.





a2 - Degré d'évolution du sédiment

Courbe de fréquence bilogarithmique (courbe (Gtb)).

La courbe de fréquence normale, représentée par la fonction :
 $y' = Nax^{N-1}$ (la primitive étant $y = ax^N + b$), devient lorsqu'on la construit en coordonnées logarithmiques :

$Y' = (\log N + \log a) + (N - 1) X$,
 où $Y' = \log y'$, et $X = \log x$.

Cette équation est représentée par une droite.

Soit $n = N - 1$. Ce terme, défini comme l'indice d'évolution par A. RIVIERE (1952), est ici la pente de la courbe de fréquence bilogarithmique; nous pouvons donc l'apprécier directement par une lecture trigonométrique.

La droite dérivée Y' est construite en portant :

- en abscisses le logarithme du moyen terme de la somme de deux valeurs successives de dimensions de particules, x et x_{a+n} , valeurs lues sur la courbe cumulative :

$$\frac{x_{n+a} + x_n}{2}$$

- en ordonnées le logarithme R_n du rapport d_n des pourcentages granulométriques correspondants aux intervalles définis par les deux valeurs d'abscisses x_{n+a} et x_n , sur la différence $x_{n+a} - x_n$ de ces deux valeurs :

$$\log R_n = \frac{d_n}{x_{n+a} - x_n}$$

Les points trouvés sont sensiblement alignés le long d'une droite, dont le coefficient angulaire est estimé à $\text{tg } 123^\circ$: l'indice d'évolution est donc voisin de -1,5. Le sédiment étudié, et, partant, le type moyen de sédiment des quatre fosses, est très évolué. Les travaux de A. RIVIERE (1952b et 1960) montrent en effet que des indices d'évolution inférieurs à -1, caractérisant un faciès d'évolution dit hyperbolique, correspondent à des sédiments déposés lentement et par décantation. Ce résultat est imputable à la finesse des particules parvenant dans les fosses du canal de Corse, donc au type de régime d'érosion, et peut-être également à la nature des minéraux argileux et à la valeur de leurs charges électriques.

Rappelons que les points extrêmes de la courbe correspondent à des particules soumises à une forte dispersion statistique, et qu'ils ne peuvent participer à l'interprétation des résultats.

3b - VARIATIONS GRANULOMETRIQUES EN FONCTION DE LA CAROTTE ET DU NIVEAU. DIFFERENTS MODES DE REPRESENTATION : INTERET ET COMPARAISON.

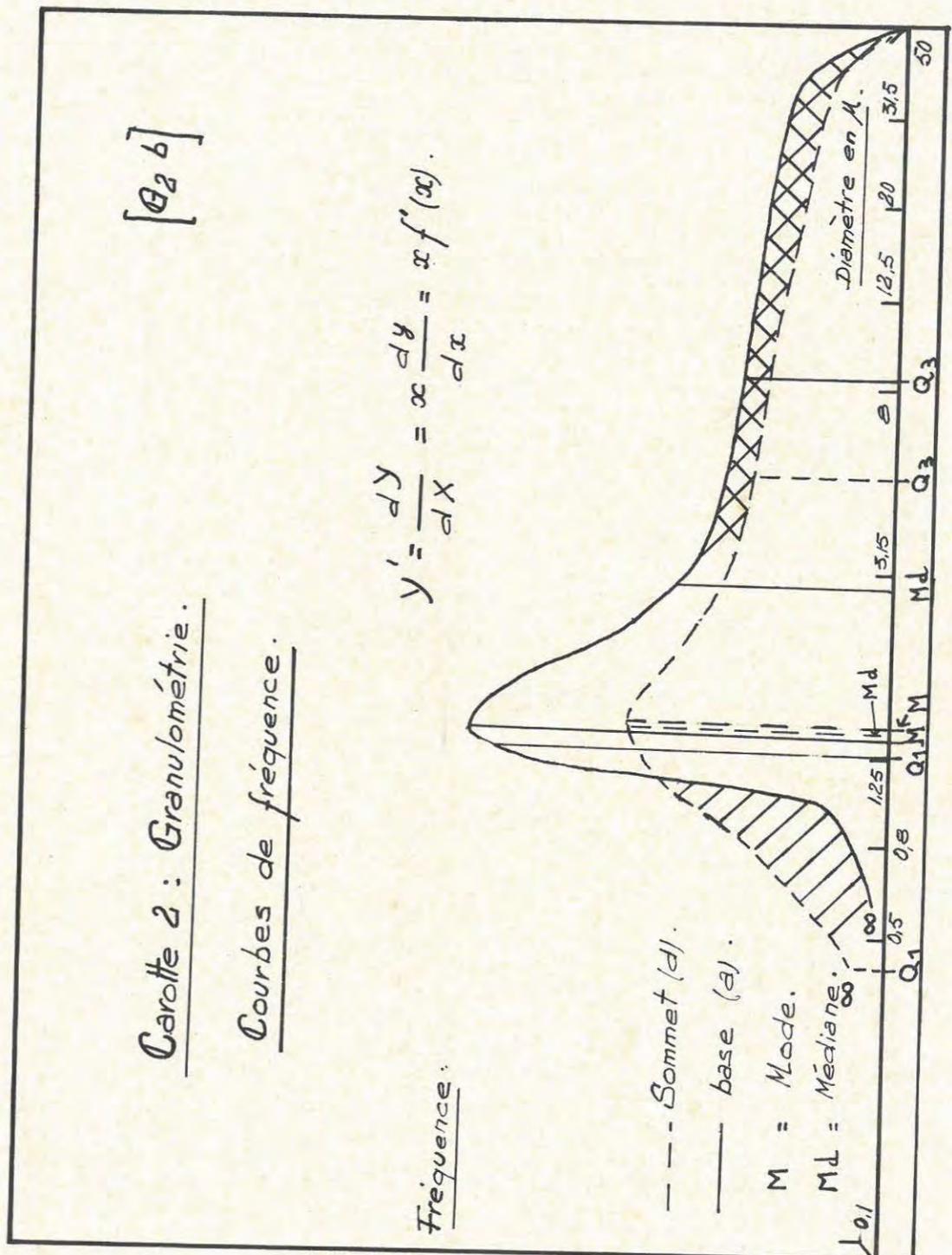
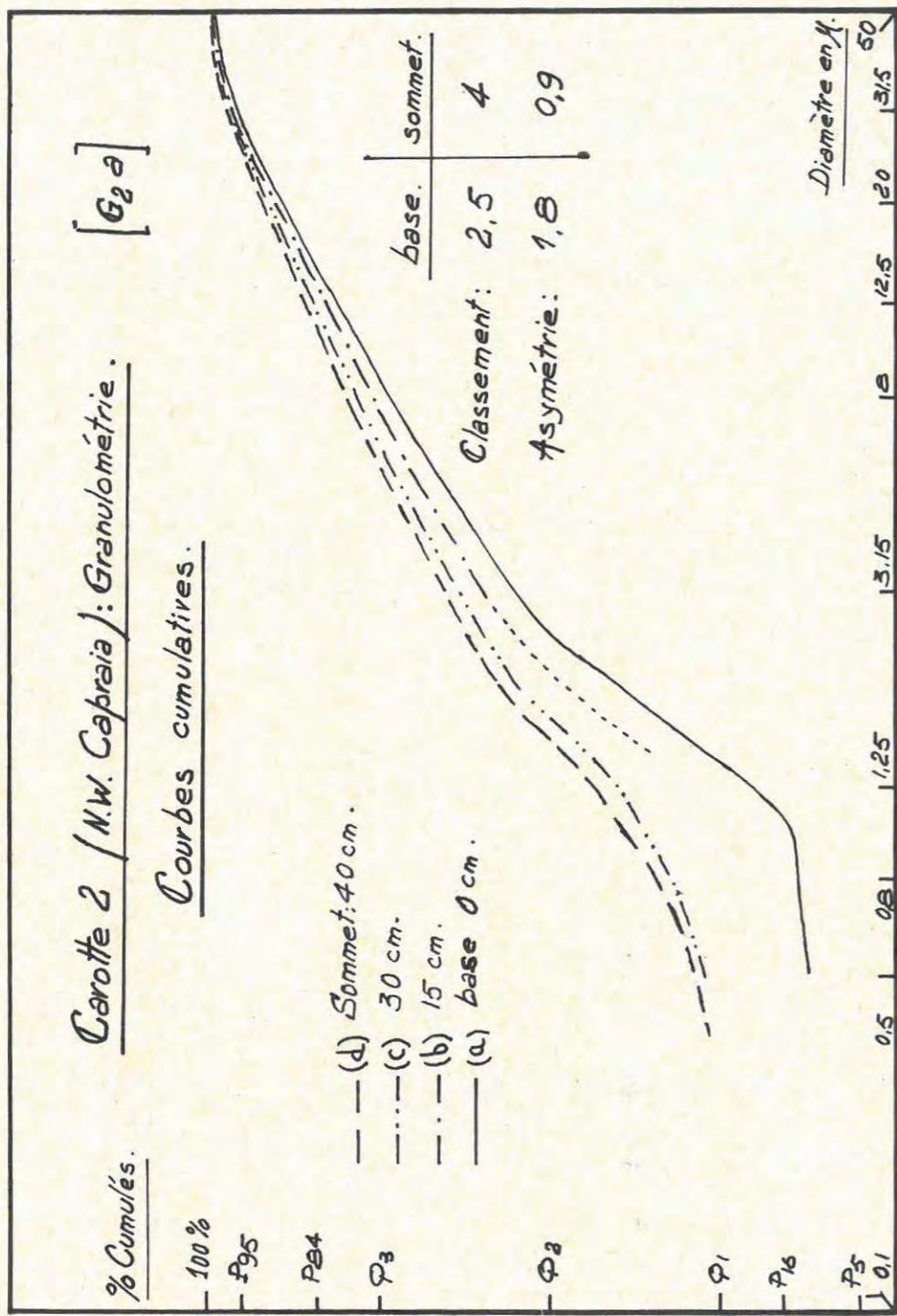
b¹. CAROTTE 1 (SW GORGONA).

b^{1'} : Courbe cumulative semi-logarithmique (diagramme (G1a)).

Les quatre niveaux indiqués correspondent à des prélèvements effectués à 0 cm (a), 30 cm (b), 60 cm (c) et 80 cm (d = sommet) à partir de la base de la carotte. Les courbes obtenues sont très voisines les unes des autres. Le niveau du sommet de la carotte est cependant légèrement différent des autres niveaux, il comporte davantage de particules fines. Le classement, de 2,2 à 3,9, est bon à moyen. L'asymétrie est supérieure à 1, et plus prononcée à la base qu'au sommet. l'écart quadratique moyen et l'intervalle de confiance sont ceux de l'échantillon-exemple décrit plus haut.

b^{1''} Remarque : Comparaison avec un échantillon décalcifié

Nous avons porté sur le graphique (G1a) la courbe présentée par l'échantillon (c) décalcifié. Le mode de préparation et la quantité de sédiment sont les mêmes que pour l'échantillon brut.



La courbe obtenue, dont l'allure est logarithmique, n'a pas de signification quant à l'interprétation du sédiment *in toto*. Elle peut cependant suggérer des hypothèses sur le mode de chute : en effet, le même poids de sédiment (15 g.) tombe plus lentement, dans le cas de l'échantillon enrichi artificiellement en particules argileuses, que dans le cas de l'échantillon naturel. Cela est particulièrement frappant lors des dernières mesures, qui correspondent aux particules les plus fines. Or, ces dernières ne sont pratiquement constituées que d'argilites : ce sont des particules lamellaires, qui ont tendance à tomber obliquement ou en zigzaguant, à la manière d'une pièce de monnaie lâchée dans l'eau.

La présence des particules calcaires, dont la forme est plus proche de la sphère théorique de STOCKES, et qui tombent presque verticalement, pourrait donc accélérer la chute du sédiment comprenant toutes ses fractions. En ce sens, et par extension, l'élément calcaire viendrait améliorer la valeur de la loi de STOCKES, dans le cas d'une granulométrie naturellement approximative du fait de la présence des phyllites. Cette observation nous montre les difficultés qui peuvent apparaître lors de la comparaison de sédiments de nature morphologique et chimique différente. Il faut alors faire intervenir l'observation optique et physico-chimique, qui permettra d'interpréter les courbes avec plus de rigueur. Cette remarque, valable pour les sédiments actuels, l'est peut-être davantage pour les sédiments anciens, dont la fraction fine a pu subir diverses transformations (recristallisations, dégradations, ...) susceptibles de modifier la taille et la forme des particules.

b^{1'''} : Courbes de fréquence bilogarithmiques

Leur construction nous conduit à des indices d'évolution inférieurs à -1 :
base : $n = -1,7$; sommet : $n = -1,4$.
Le faciès est nettement hyperbolique, plus évolué à la base qu'au sommet.

b². CAROTTE 2 (NW CAPRAIA).

b^{2'} : Courbes cumulatives à abscisses logarithmiques (G2a).

Nous avons dessiné les courbes correspondant à quatre des huit niveaux prélevés dans la carotte 2. Comme pour la carotte précédente, nous pouvons distinguer trois stocks de particules, qui, cependant, tendent ici à se confondre vers le sommet. Le gradient granulométrique, de la base (a) vers le sommet (d), est régulier, nous passons d'une courbe à concavité tournée vers le bas à une courbe de type linéaire (ce qui correspond à davantage de particules fines). Par ailleurs l'asymétrie s'inverse vers le sommet. Ces observations nous montrent que les résultats des calculs de proportions fraction fine - fraction grossière, effectués plus haut pour l'ensemble du sédiment (pg. 112), sont encore valables à l'intérieur de la seule fraction fine. Tout au long de l'échelle des tailles, le sédiment des niveaux supérieurs comprend un stock de particules fines plus important que celui des niveaux inférieurs. Le passage d'une dominance à l'autre est progressif.

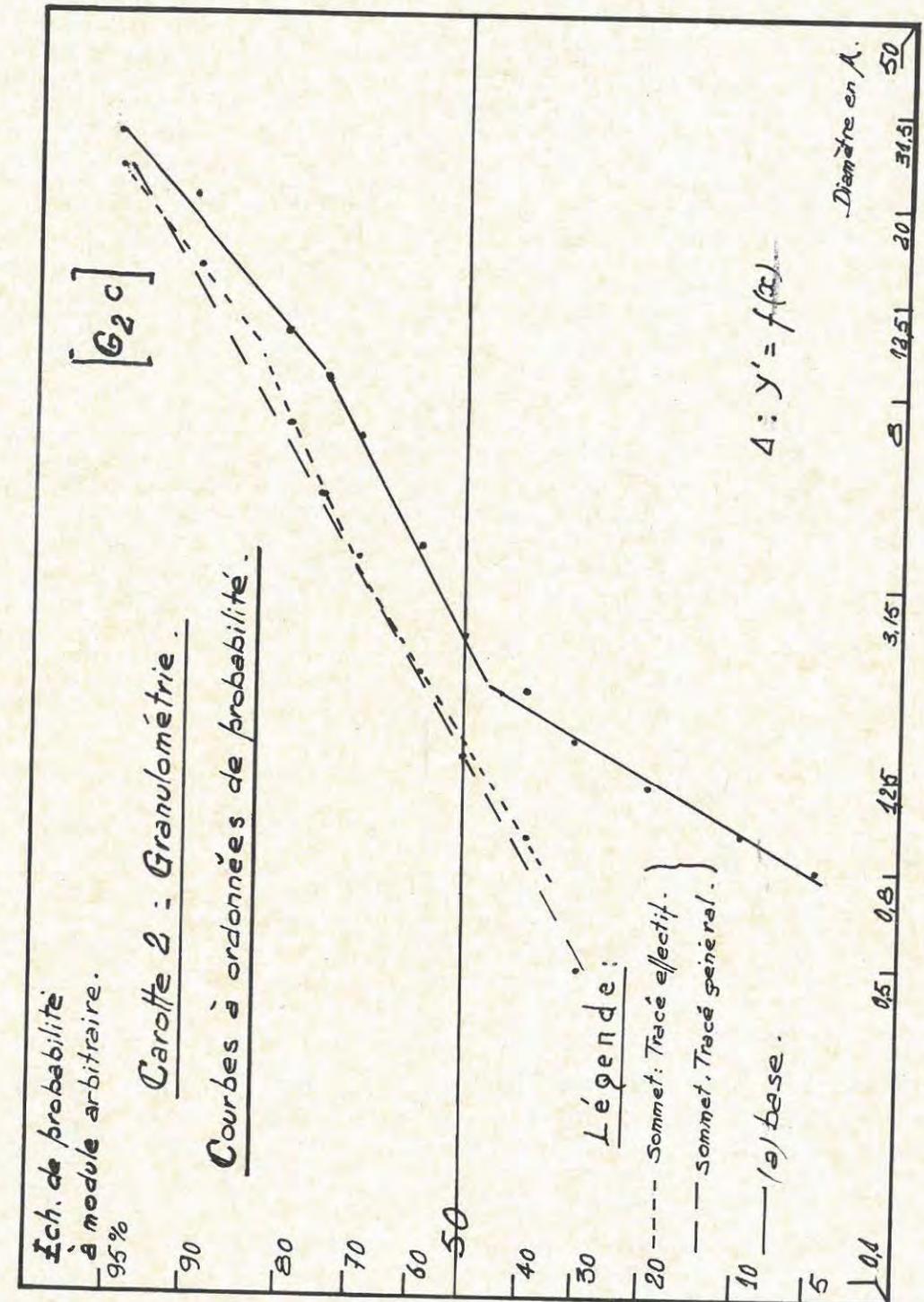
L'écart-type σ et l'intervalle de confiance 2σ montrent une dispersion assez forte autour de la moyenne arithmétique. D'autre part, et ce fait prète à commentaire, ces deux paramètres montrent un classement inverse de celui qui utilise les quartiles. Autrement dit, le classement est meilleur à la base pour les 50 % compris entre le Q_1 et Q_3 , et meilleur au sommet pour un éventail de dimensions plus large (68 et 95 % des particules). Le coefficient de TRASK (et par suite celui d'asymétrie, qui utilise les mêmes paramètres) est donc très intéressant car il concerne les particules les plus caractéristiques, mais il n'est parfois pas valable pour l'ensemble du sédiment, selon la forme des portions extrêmes de la courbe. Il est alors utile, d'une part de considérer l'aspect d'ensemble de la courbe, et, d'autre part, de rechercher d'autres modes de représentation, susceptibles de préciser ces facteurs. Dans le cas présent, il apparaît que le sédiment de base est mieux classé que celui du sommet, pour les particules supérieures à 1 - 1,5 microns. Par contre, le fait qu'il comprenne des stocks dimensionnels mieux individualisés qu'au sommet montre un classement plus médiocre de l'ensemble du sédiment. Nous allons du reste préciser cela.

b^{2''} : Courbes de fréquence à abscisses logarithmiques (G2b).

La courbe de fréquence est, par définition, la dérivée de la courbe cumulative. Celle-ci, construite en coordonnées semi-logarithmiques, est représentée par l'équation :

$$X = \log(x);$$

$$Y = (f(x) = y).$$



L'équation de la courbe de GAUSS est alors :

$$Y' = \frac{dY}{dX} = x \frac{dy}{dx} = x f'(x).$$

Pour la construire, sachant que la valeur de la dérivée d'une courbe, en un point donné, est égale à la pente de la tangente en ce point, on applique la méthode géométrique classique des tangentes, à partir de la courbe cumulative (A. RIVIERE, 1952a). L'échelle des ordonnées est arbitraire, celle des abscisses est la même que celle de la courbe intégrale.

Les différents niveaux ayant montré une évolution régulière (courbe cumulative), nous n'avons choisi que les deux extrêmes. Nous avons noté les abscisses des différents quartiles, et déterminé géométriquement le mode (abscisse des particules les plus abondantes).

Ce procédé met sous forme directement lisible des notions voilées dans le système précédent. En premier lieu nous observons que la répartition des particules ne suit pas de façon parfaite les lois du hasard : la courbe obtenue s'écarte de la courbe de GAUSS-LAPLACE théorique. Nous voyons également, mais ici, sous forme d'observation plane et non plus linéaire, que les particules grossières sont plus abondantes à la base (aire quadrillée) qu'au sommet de la carotte, et inversement (aire hachurée).

Le mode est situé au même endroit pour les deux sédiments : les particules les plus abondantes sont celles de 1,4 - 1,5 microns. Cependant, et c'est ici que l'asymétrie apparaît de façon très lisible, le mode est très à gauche de la médiane dans le sédiment de base, tandis qu'il en est à peine à droite dans le sédiment du sommet. Que signifient ces positions relatives ?

Le coefficient d'asymétrie S_k peut être supérieur ou inférieur à l'unité. Il lui correspond par définition un logarithme, soit positif, soit négatif. Or G. BILLY montre, en utilisant un système d'abscisses logarithmiques à base 2 (échelle α), que lorsque l'indice d'asymétrie est positif, le mode est à gauche de la médiane, et inversement (G. BILLY, 1954, page 162). Transposons ces résultats au système que nous avons utilisé : si le mode est à gauche de la médiane, comme dans le sédiment de base, S_k doit être supérieur à 1. C'est ce que nous avons trouvé par le calcul graphique ($S_k = 1,85$), ce qui confirme à la fois l'exactitude de construction de la courbe de fréquence et la valeur intrinsèque de l'indice.

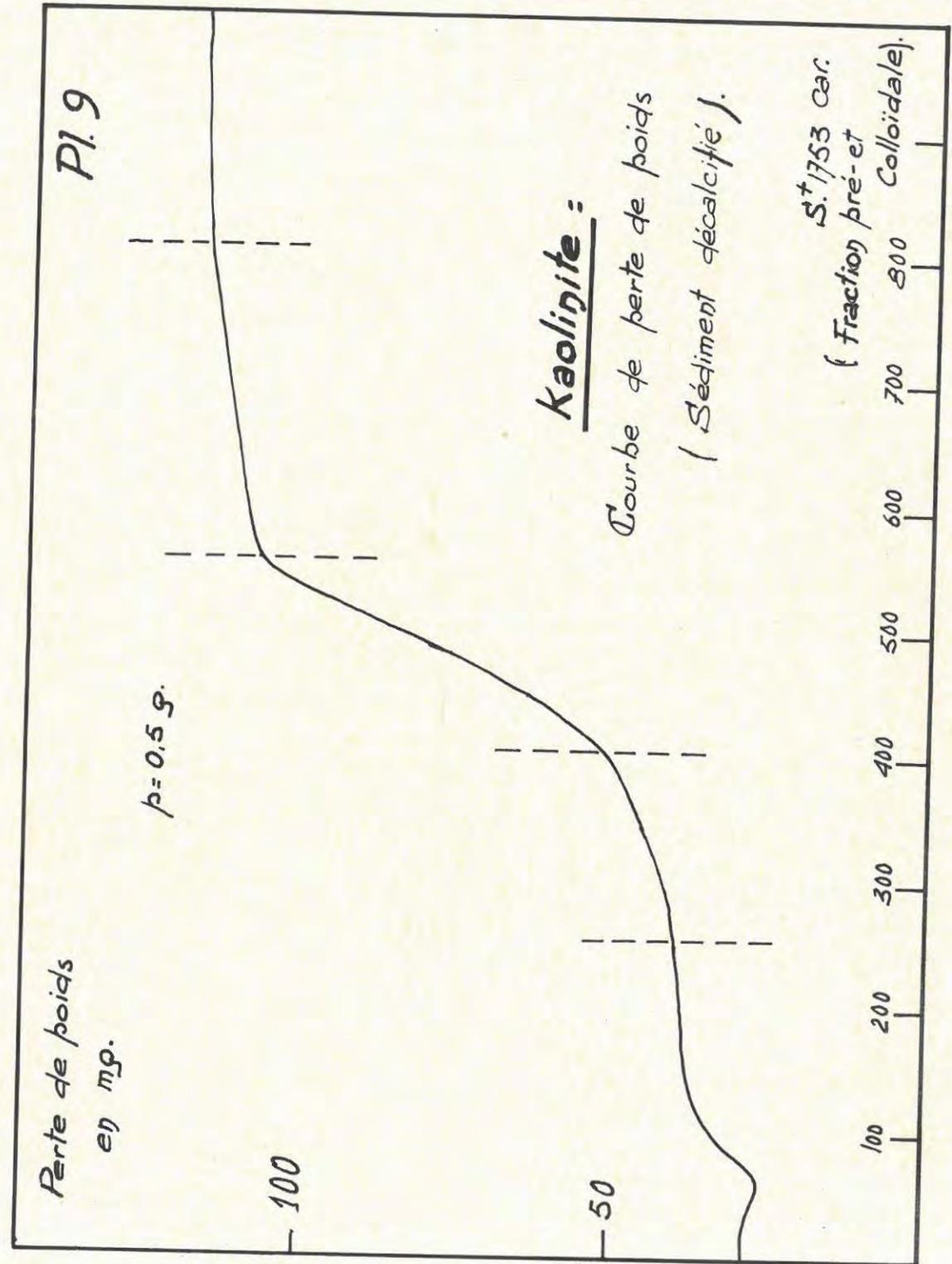
Remarquons enfin que les médianes, qui, par définition, partagent la surface délimitée par la courbe de GAUSS et l'axe des abscisses en deux portions égales d'aires, ne laissent pas apparaître, ici cette propriété. Cela est dû au mode de représentation semi-logarithmique, ainsi qu'à la dispersion, surtout du côté des petites dimensions. D'une part en effet la courbe de fréquence, construite géométriquement à partir d'un système à abscisses logarithmiques, ne peut donner une idée de surface directement appréciable, du fait de l'"écrasement" des valeurs vers les grandes tailles, et de leur "dilution" vers l'infini du côté des petites tailles. Il faudrait reconstruire la courbe à partir d'une représentation de type histogramme à échelle arithmétique. D'autre part, la dispersion et les incertitudes sont telles que, du côté des petites dimensions, il resterait à exprimer en aire 15 % de sédiment à la base et 30 % au sommet de la carotte.

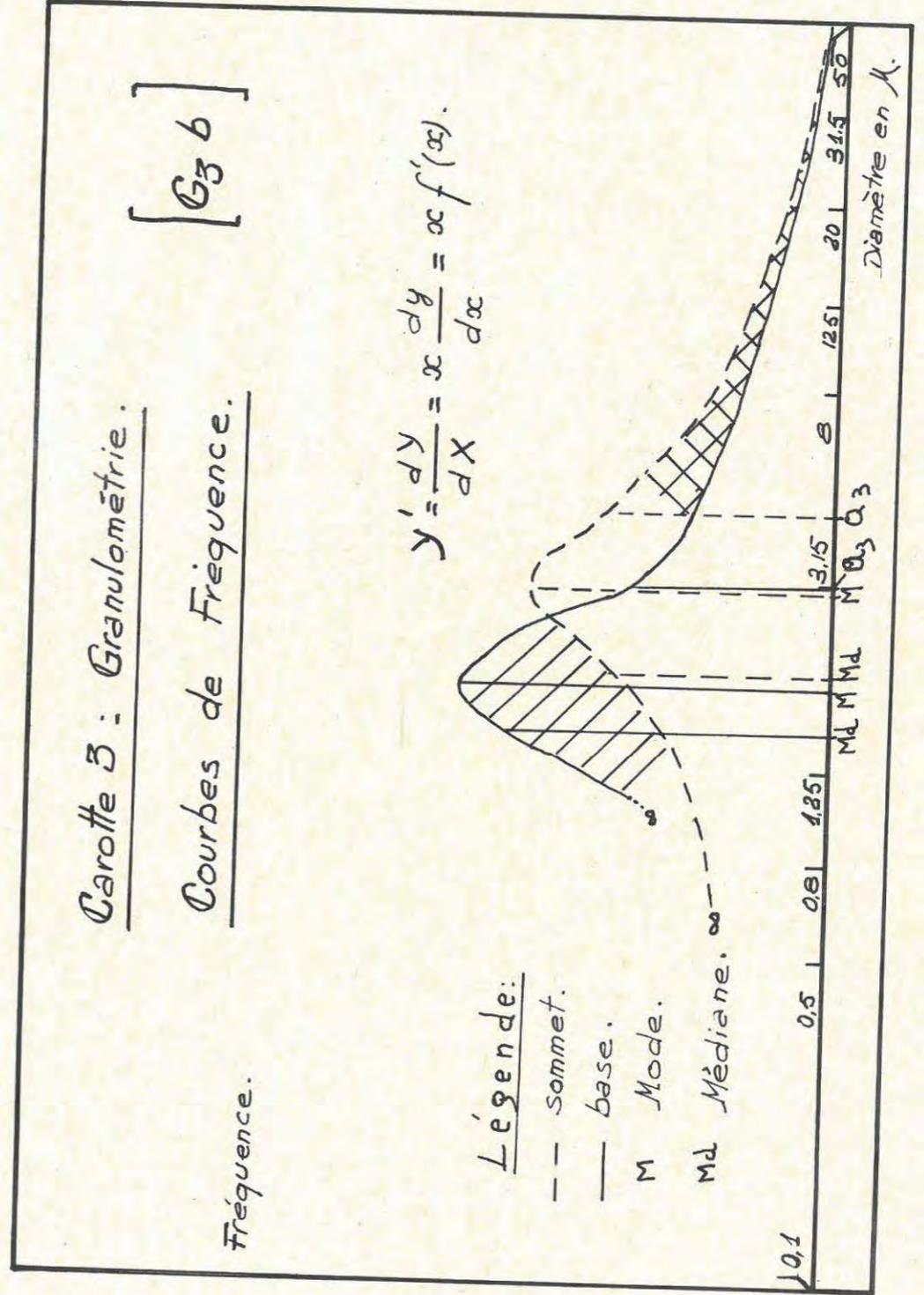
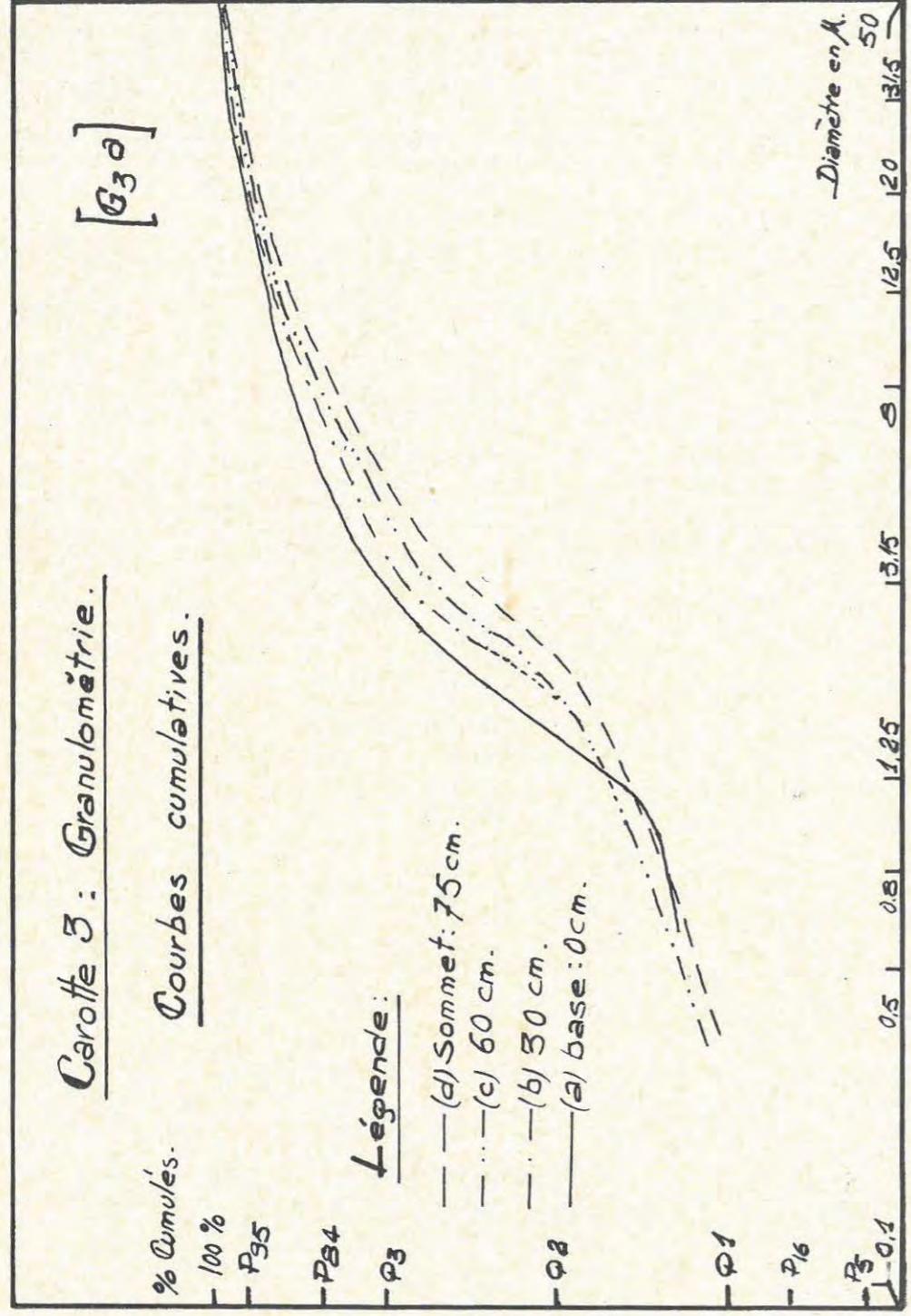
$b^{2'''}$: Courbes à ordonnées de probabilité (A. RIVIERE, 1952a) (G2c).

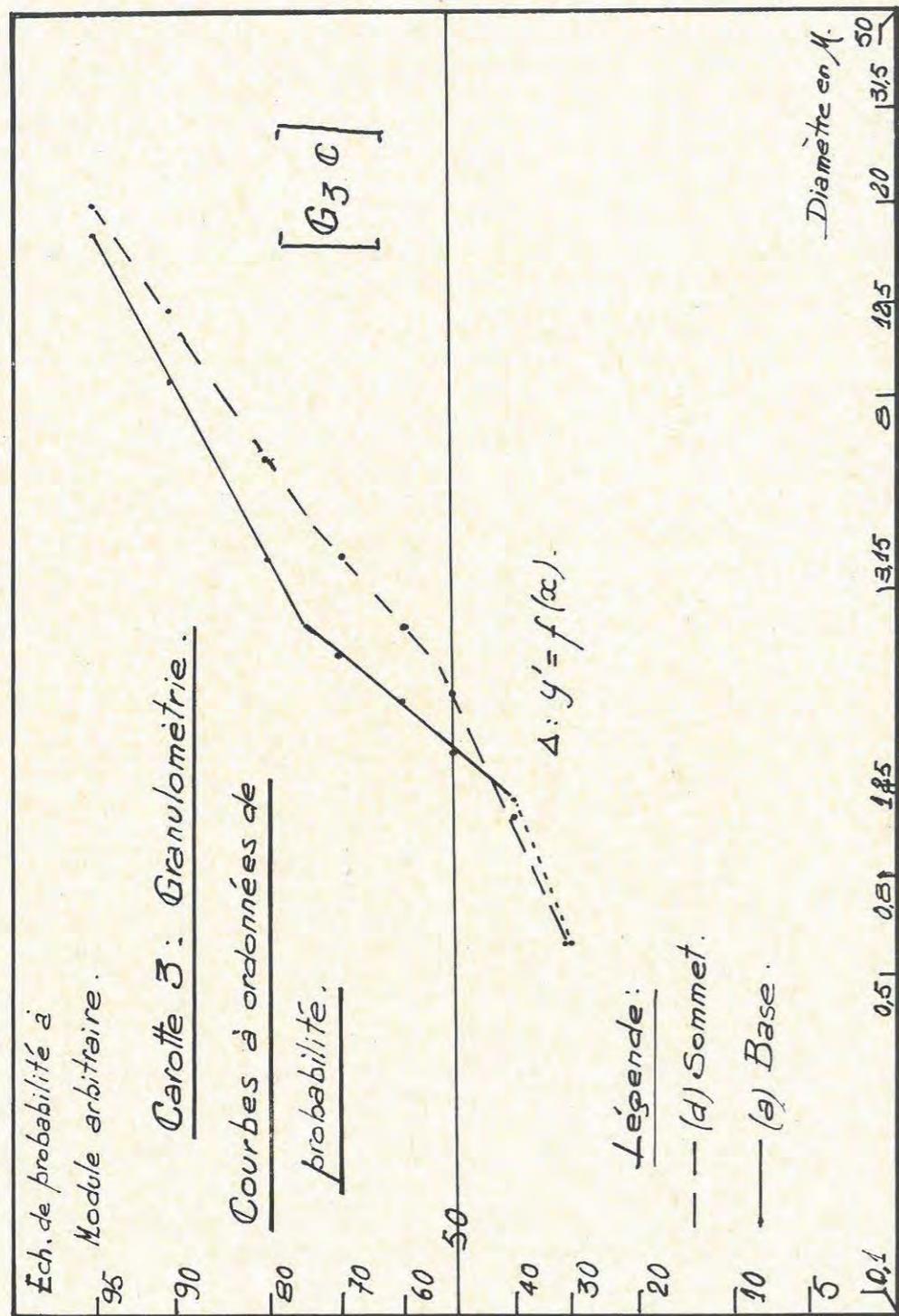
Les fondements de leur construction, les mêmes que pour les courbes de fréquence, sont que la répartition granulométrique des particules considérées à toutes les chances d'obéir à une loi de probabilité. Mais ici, on cherche à remplacer la courbe de GAUSS par une droite, afin de pouvoir distinguer d'éventuels stocks et d'apprécier simplement le degré d'homogénéité de la distribution.

Pour cela, on porte en ordonnées des longueurs proportionnelles aux écarts entre l'ordonnée médiane et les ordonnées de la courbe cumulative ordinaire. S'il y a proportionnalité entre la courbe de GAUSS-LAPLACE et la courbe réelle, les points s'alignent le long d'une droite. De fait, et c'est là l'intérêt de ce mode de représentation, on aboutit fréquemment à des segments de droite, qui correspondent à des stocks dimensionnels, nettement séparés.

En pratique, on porte en abscisses le logarithme des dimensions des particules, et en ordonnées des fractions aliquotes de probabilités. Ces dernières sont obtenues au moyen d'une règle graduée en écarts de probabilité; les abaques de GIBRAS (reproduits dans P. MUNIER et A. RIVIERE, 1946 - 1948) rendent cette construction aisée.







L'exemple de la carotte 2 nous permet de bien mettre en valeur l'utilité de ce procédé : la base et le sommet sont en effet séparés de façon bien plus nette que dans la représentation sous forme cumulative. A la base se trouvent trois stocks ; le premier de ces stocks est faussé par la dispersion du côté des particules les plus grossières. Au sommet par contre, la répartition du sédiment est homogène, et nous pouvons grossièrement placer les points trouvés le long d'un seul segment de droite; dans le détail, nous trouvons également trois segments, mais dont les changements de pente sont très peu accusés, de l'un à l'autre de ces segments.

$b^{2''''}$: Courbes de fréquence bilogarithmiques.

Le tracé des courbes est très voisin de celui de l'exemple type. Les pentes trouvées sont de -1,7 à la base, et de -1,3 au sommet : le faciès est donc hyperbolique, davantage évolué à la base qu'au sommet de la carotte.

$b^{2''''}$: REMARQUE : Granulométrie et nature des minéraux argileux.

Nous avons conservé, en ce qui concerne les échantillons de base de la carotte 2, le résidu de sédiment non déposé après onze jours d'expérience granulométrique. Après avoir été lavé et étuvé, ce résidu a été soumis à l'analyse thermo-pondérale. La courbe obtenue, (planche 9), semble caractériser une kaolinite : perte de poids forte entre 400° et 550°, modérée avant et après, nulle à partir de 800°.

Calcite, quartz et minéraux argileux autres que la kaolinite, se seraient donc déposés avant la kaolinite : cela laisse supposer que les argiles kaoliniques sont les plus fines. Les ultra-photographies, présentées par divers auteurs, ne confirment pas toujours ce fait.

Certaines expériences effectuées en laboratoire permettent d'avancer une autre hypothèse : A. RIVIERE et S. VERHNET (1952) ont montré que les argiles kaoliniques sont les moins sensibles aux ions flocculants, - et cela particulièrement en présence de colloïdes humiques; cela expliquerait que ces argiles soient les dernières à sédimenter. Il est donc possible que la séparation minéralogique kaolinite - autres argiles, au cours d'une analyse granulométrique, soit due moins à des différences dimensionnelles des particules selon les minéraux, qu'à des différences dans la sensibilité à la flocculation. Il faudrait, pour le vérifier, effectuer des séries d'expériences sous des pH différents, après décalcification du sédiment.

b^3 . CAROTTE 3 (W MONTECRISTO).

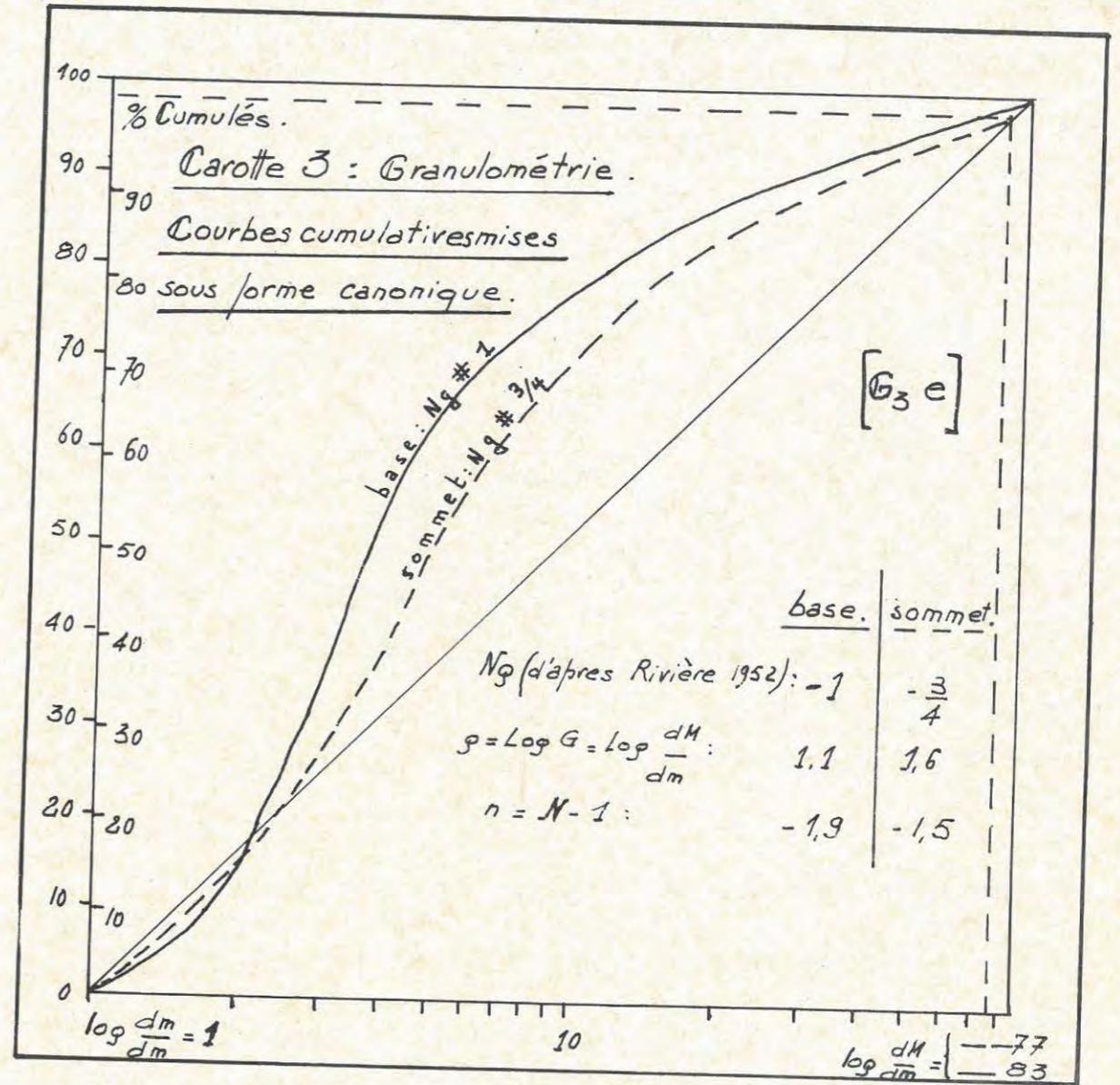
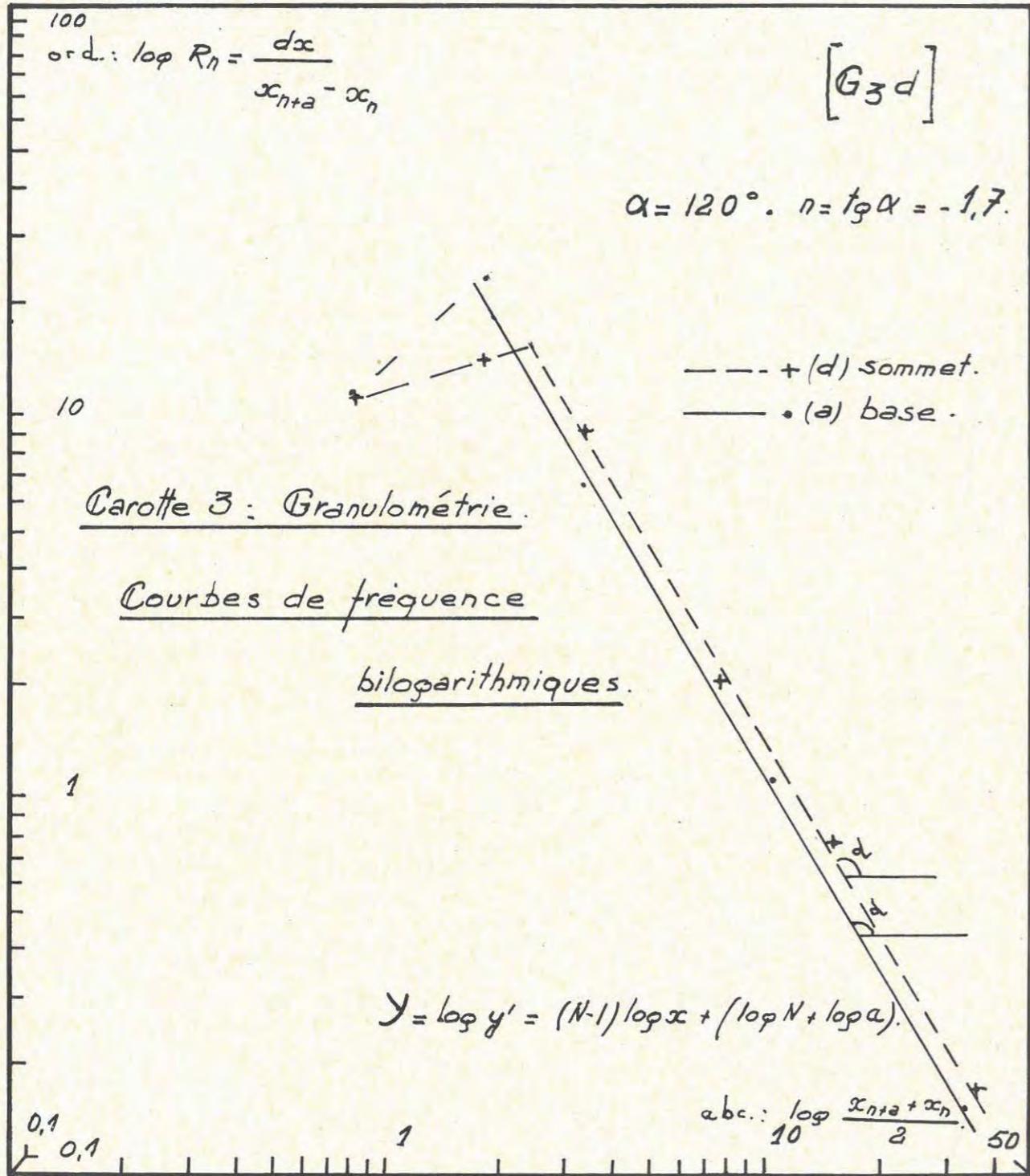
Nous donnerons d'abord quelques courbes des différents types décrits précédemment, en les commentant succinctement, à titre d'exemple. Puis nous comparerons les courbes de fréquence bilogarithmiques aux courbes cumulatives mises sous forme canonique.

$b^{3'}$: Courbes cumulatives semi-logarithmiques, courbes de fréquence semi-logarithmiques, courbes à ordonnées de probabilité (courbes (G3a), (G3b) et (G3c)).

En considérant, pour plus de clarté, quatre des huit courbes cumulatives établies pour la carotte 3, nous constatons sur le diagramme ci-joint (G3a) la forme banale des courbes déjà décrites, ainsi qu'une évolution comparable à celle de la carotte 2. Mais cette évolution a lieu en sens inverse, et surtout elle est moins importante. Les coefficients de classement et d'asymétrie sont voisins les uns des autres; ils signifient d'une part un classement normal à bon, et d'autre part une légère asymétrie en faveur des grosses particules. L'indice S_0 de TRASK garde ici le même sens d'évolution pour les particules comprises entre les quartiles extrêmes et pour celles définies par l'écart-type; il augmente légèrement de la base vers le sommet de la carotte. La dispersion enfin, matérialisée par l'écart-type, est plus faible que pour les autres carottes. De même l'intervalle de confiance montre des limites de répartition de l'ensemble du sédiment plus étroites que dans le cas moyen.

Le régime sédimentaire semble donc être ici exceptionnellement constant.

Remarquons que la courbe du niveau à 30 cm de la base tombe rapidement au bout du premier jour d'expérimentation. Cela semble être dû à une défloculation imparfaite du sédiment, malgré une addition supplémentaire d'hexamétophosphate de sodium.



Les courbes de fréquence (G3b), construites pour la base (a) et le sommet (b) de la carotte, sont un bon exemple de l'intérêt de ce mode de représentation dans la recherche d'une interprétation granulométrique imagée, ainsi que dans la détermination du mode :

- La répartition des particules est plus proche d'un type gaussien que dans la carotte précédente.
- Les particules grossières sont ici (différence avec la carotte 2) plus abondantes au sommet qu'à la base de la carotte (aire quadrillée), et inversement (aire hachurée).
- Le sédiment est mieux classé à la base de la carotte, car le mode y est plus accusé qu'au sommet.
- Les particules les plus abondantes se trouvent dans les deux cas au-delà de la médiane, ce qui correspond à des coefficients d'asymétrie inférieurs à 1. Par suite de la dispersion aléatoire, la courbe du niveau (a) n'a pas été prolongée du côté des petites dimensions.

Les courbes relatives aux mêmes niveaux, construites en ordonnées de probabilité (G3c), mettent en évidence les trois stocks de particules définis plus haut, stocks représentés par trois segments de droite. Les angles entre ces segments sont les plus faibles au sommet de la carotte : la proportionnalité avec la courbe de GAUSS-LAPLACE est donc meilleure au sommet qu'à la base, la répartition se fait davantage selon les lois du hasard. Autrement dit, le classement est moins bon au sommet, ce qui coïncide avec les données de la courbe cumulative.

b^{3''} : Courbes de fréquence bilogarithmiques. Courbes cumulatives sous forme canonique. Comparaison. (Courbes (G3d) et (G3e)).

L'indice d'évolution donné par la pente de la courbe de fréquence bilogarithmique, courbe construite pour les niveaux extrêmes de la carotte, est voisin de -1,7 (courbe (G3d)) : le faciès, de type hyperbolique, est voisin de celui présenté par les autres carottes.

Un autre procédé d'estimation du degré d'évolution d'un sédiment, plus classique, est la mise sous forme canonique des courbes cumulatives à abscisses logarithmiques. Ce procédé a été décrit en 1952 par A. RIVIERE (A. RIVIERE, 1952b). L'appliquant à la carotte 3, nous avons porté

- en abscisses le logarithme du rapport du diamètre dx des différentes particules sur celui de la plus petite dm

$$\log \frac{dx}{dm}$$

- en ordonnées les pourcentages cumulés, de telle façon que 100% soient égaux en grandeur et en signe à $\log \frac{dM}{dx}$, dM étant la particule la plus grosse.

Nous trouvons, par comparaison des courbes obtenues avec les abaques de A. RIVIERE (1952b), des indices d'évolution voisins de -2 (base de la carotte) et de -1,5 (sommet) (courbe G3e).

Les deux modes de représentation aboutissent donc à des résultats très voisins. Cependant la courbe de fréquence bilogarithmique (A. RIVIERE, 1960) est de construction plus rapide, et son interprétation est tout aussi immédiate et précise que la transcription sous forme canonique. Par ailleurs les particules extrêmes, touchées par la dispersion aléatoire, sont automatiquement éliminées. Le procédé des courbes de fréquence, plus élégant, est donc également plus pratique.

b⁴. CAROTTE 4 (E PORTO-VECCHIO)

L'étude granulométrique, portant sur les trois niveaux prélevés, aboutit à des courbes cumulatives et de fréquence très voisines de celles obtenues pour les autres carottes. Le classement est bon (voisin de 2), l'asymétrie, voisine de 1,6, déplace le mode du côté des particules les plus fines. L'écart-type indique une dispersion relativement faible de part et d'autre de la moyenne arithmétique.

L'indice d'évolution, proche de -2, est celui d'un sédiment très évolué. En réalité les points trouvés se répartissent le long de trois segments de droite sensiblement parallèles, dont deux sont en prolongement direct. La pente exacte recherchée serait celle d'une droite de régression, construite à partir de la moyenne arithmétique des points. Cette construction est inutile : l'angle de la droite trouvée avec l'axe des abscisses, seul élément intéressant ici, serait très proche de celui mesuré.

ETUDE GRANULOMETRIQUE : CONCLUSION

D'une façon générale, les quatre fosses du canal de Corse sont le siège d'une sédimentation fine et régulière, effectuée par décantation dans un milieu tranquille. Les carottes sont apparentées, leurs paramètres granulométriques sont voisins. C'est pourquoi l'étude ci-dessus s'est attachée au détail, à la clarté et à la valeur de la représentation graphique.

Cette étude détaillée nous a permis de mettre en évidence diverses variations de faible amplitude, particulières à chaque carotte : degré de triage, degré d'évolution, modification des paramètres granulométriques en fonction du niveau. En particulier, nous avons relevé une évolution opposée dans les carottes 2 et 3. La carotte 2 est celle pour laquelle cette évolution est la plus prononcée. Ces différences sont attribuables au contexte topographique et à l'activité animale.

Un tableau en appendice résume les résultats chiffrés de cette étude (appendice, tableau II).

I - 4 LA FRACTION GROSSIERE

Minéraux lourds et légers - Fraction non minérale.

4a - MINERAUX DE LA FRACTION GROSSIERE

a¹. Présentation

Nous proposons, sous forme de tableau, une comparaison globale des résultats concernant les études faites à la base et au sommet des quatre carottes. Les minéraux cités, compris dans les fractions lourde et légère, sont tous les minéraux transparents et opaques, à l'exclusion des espèces amorphes ou mal cristallisées, formant ou épigénisant des matériaux calcaires et siliceux d'origine organique. L'abondance de chaque espèce minérale est estimée par l'un des symboles suivants :

| symbole | signification | pourcentage approximatif (arbitraire) |
|---------|------------------------|---------------------------------------|
| t C | très commun | plus de 15 % |
| C | commun | plus de 10 % |
| a C | assez commun | plus de 7 % |
| CR | moyennement représenté | environ 5 % |
| a R | assez rare | moins de 3 % |
| R | rare | moins de 2 % |
| t P | très rare | moins de 1 % |

Les comptages ont porté sur un nombre de 100 à 300 grains; il en résulte une erreur moyenne de $\pm 7\%$ à $\pm 4\%$. Cette erreur est relative pour chaque espèce.

Les différents minéraux sont groupés en stocks, fondés sur l'abondance et l'étalement spatial moyens. Ces stocks sont les suivants :

- minéraux ubiquistes communs;
- minéraux ubiquistes rares;
- minéraux localisés communs;
- minéraux localisés rares;
- minéraux exceptionnels.

a². Tableau des espèces minérales (page 138).

| NATURE DES MINÉRAUX | CAROTTE 1 (SW GORGONA) | | CAROTTE 2 (NW CAPRAIA) | | CAROTTE 3 (W MONTECRISTO) | CAROTTE 4 (E PORTO VECCHIO) |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|------------------------------|--------------------------------|
| | Base | Sommet | Base | Sommet | | |
| <u>Minéraux ubiquistes communs :</u> | | | | | | |
| biotite | t C | t C | t R | a R | | CR |
| chlorite | C | C | CR | CR | C | t C |
| chloritoïde | C | t C | CR | C | CR | t C |
| épidote | CR | a C | t C | t C | | a R |
| glauconie | a R | R | t C | t C | a C | a R |
| hématite et limonite | t C | C | a R | a R | a R | a R |
| muscovite | a C | a C | a C | a C | CR | CR |
| plagioclases | a R | CR | | R | | CR |
| quartz | t C | a R | t C | t C | C | C |
| <u>Minéraux ubiquistes rares :</u> | | | | | | |
| calcite | CR | a R | | R | | a R |
| diallage | a R | a R | R | a R | | a R |
| hornblende brune et verte | R | | CR | a R | | a R |
| glaucophane | a R | | R | R | | R |
| pyrite | a R | R | a R | a R | | t R |
| sillimanite | R | CR | a R | R | | t R |
| zircon | a R | a R | | CR | | |
| <u>Minéraux localisés communs :</u> | | | | | | |
| apatite | C | | | R | | C |
| grenat | | | a R | | | a C |
| hypersthène | | | R | a R | | |
| idocrase | | | R | | | R |
| magnétite | R | R | | | | |
| staurotide | | | a C | a R | | |
| tourmaline | R | | | | | a C |
| zoisite | | | | | | |
| <u>Minéraux localisés rares :</u> | | | | | | |
| andalousite | | | a R | | | |
| olivine | R | R | | | | |
| sphène | | R | R | R | | |
| <u>Minéraux exceptionnels :</u> | | | | | | |
| diopside | t R | | | | | t R |
| disthène | | R | | | | |
| rutile | t R | | | | | |

Remarques : § Les résultats obtenus pour la carotte 3 sont fragmentaires, du fait de la rareté et de la petite taille des minéraux : les espèces, à l'état de poussière minérale, sont très mal identifiables, et seules les plus communes ont été reconnues de façon certaine. Pour la carotte 4, nous n'avons mentionné que le niveau de base, le sommet de la carotte possédant exactement les mêmes minéraux, mais en moins grande abondance.

§ Voici, à titre d'exemple, les pourcentages exacts obtenus pour les minéraux transparents des deux fractions, identifiés dans les deux niveaux de la base et du sommet de la carotte 2.

| | | |
|----------|----------------------------|--------|
| | Nombre de minéraux comptés | Erreur |
| Sommet : | 178 | ± 5,0 |
| Base : | 190 | ± 4,9 |

| NATURE | Pourcentages des minéraux | | | |
|-----------------------------|---------------------------|-------|--------|-------|
| | Base | | Sommet | |
| épidote | 20,0 | (t C) | 16,3 | (t C) |
| quartz | 15,2 | (t C) | 17,4 | (t C) |
| muscovite | 8,3 | (a C) | 6,7 | (a C) |
| staurotide | 8,1 | (a C) | 2,8 | (a R) |
| chlorite | 5,8 | (CR) | 5,6 | (CR) |
| hornblende altérée verdâtre | 4,7 | (CR) | 1,7 | (R) |
| chloritoïde | 4,1 | (CR) | 10,1 | (C) |
| hornblende brune | 3,1 | (CR) | 2,2 | (a R) |
| andalousite | 2,6 | (a R) | | |
| sillimanite | 2,1 | (a R) | 1,7 | (R) |
| hypersthène | 1,6 | (R) | 2,2 | (a R) |
| sphène | 1,0 | (R) | 1,1 | (R) |
| grenat | 1,0 | (R) | | |
| idocrase | 1,0 | (R) | | |
| glaucophane | 1,0 | (R) | 1,7 | (R) |
| diallage | 1,0 | (R) | 2,2 | (a R) |
| biotite | 0,5 | (t R) | 2,8 | (a R) |
| apatite | | | 1,7 | (R) |
| zircon | | | 3,4 | (CR) |
| plagioclases | | | 1,7 | (R) |
| calcite | | | 1,1 | (R) |
| indéterminés | 18,4 | | 17,4 | |

3. Commentaire du tableau

Que peut-on conclure de ces résultats, et la classification choisie peut-elle prêter à une interprétation génétique ?

3' Le nombre des espèces minérales est assez grand : des minéraux légers, à grand pouvoir de flotabilité (micas, chlorite...) voisinent avec des minéraux denses ou de forme ramassée (épidote, quartz...). Le tri de la fraction grossière à partir du continent est donc insignifiant : les fosses semblent avoir recueilli l'essentiel de l'apport clastique en provenance des terres émergées.

La répartition qualitative des minéraux dans les quatre fosses est homogène : bien que la distance entre les deux fosses extrêmes approche 200km, les espèces ubiquistes sont nombreuses (près des 2/3). Les espèces ubiquistes rares sont aussi bien représentées que les ubiquistes fréquentes. Cela est important, car les espèces peu abondantes caractérisent un sédiment de façon plus formelle que les espèces abondantes, souvent polygéniques. Ainsi le quartz, très bien représenté dans nos sédiments, fait partie d'une vaste palette pétrographique, cependant que le glaucophane, par exemple, est typique de certaines roches cristallophylliennes (schistes lustrés et à minéraux).

Enfin, les différences minéralogiques entre la base et le sommet des carottes sont faibles. Cela confirme l'homogénéité verticale constatée plus haut. Les seules variations observées concernent la taille, la quantité, et, dans une faible mesure, le degré d'usure des minéraux.

a^{3''}. Minéraux sédimenté et géologie continentale

§ Si l'on tente de relier les différents minéraux ubiquistes présents à une famille donnée de roches-mères, on s'aperçoit qu'ils peuvent être groupés en plusieurs stocks :

- Stock des schistes métamorphiques : épidote, glaucophane (et amphiboles apparentées : crossite, riebeckite), diallage, chlorite, chloritoïde et micas.
- Stock des roches volcaniques acides : quartz, micas, plagioclases, zircon.
- Stock des schistes cristallins (micaschistes et gneiss) : micas et amphiboles, sillimanite, chlorite.

Il s'ajoute à ces différents stocks certaines espèces minérales accessoires qui, non ubiquistes, ne peuvent prétendre caractériser une origine. Cependant, compte tenu de la "dilution" des minéraux au cours du transport et de leur proportion fréquemment faible au départ, elles peuvent raisonnablement compléter un stock déjà défini par ailleurs :

- Stock des schistes cristallins : zoïsite.
- Stock des roches volcaniques acides : sphène, apatite, rutile.
- Stock des roches métamorphiques : grenat, staurotide, disthène, tourmaline, andalousite.

Un quatrième stock s'esquisse, particulièrement dans les fosses du Nord : le stock des roches ultra-basiques : olivine, magnétite, hypersthène.

§ Ces différents stocks se retrouvent-ils sur le continent ?

L'étude de la carte géologique de la Corse et de l'archipel Toscan, ainsi que les données pétrographiques synthétiques présentées dans la thèse récente de J. MAISONNEUVE (1960), nous permettent de répondre par l'affirmative :

- Le Cap Corse est formé de schistes lustrés à séricite et chlorite, fréquemment amphiboliques, où l'on retrouve les associations minéralogiques caractéristiques des schistes cristallins peu métamorphisés. Il en est de même pour les îles.

- Se trouvent également au nord de la Corse des massifs, peu étendus mais nombreux, de roches vertes : péridotites, serpentines, diabases... Ces roches ne se retrouvent pas au Sud, où les sédiments carottés ne contiennent pas de minéraux ultra-basiques.

- Les affleurements de roches métamorphiques (gneiss et micaschistes) sont nombreux, au nord, et près de la côte orientale du sud de la Corse.

- Les roches volcaniques acides, enfin, prédominent dans la partie sud de la région considérée, aux alentours de Porto-Vecchio. Ils sont également nombreux plus au Nord, mais à l'intérieur des terres : la richesse du secteur est de la Corse peut aisément s'expliquer par le drainage fluvial et l'héritage par transport.

§ En conclusion, les stocks marins et continentaux s'équilibrent. Le travail réciproque, qui serait de rechercher dans la mer les minéraux des roches définies sur le continent, aboutirait très probablement au même résultat : en effet, si les quatre familles de roches trouvées à partir de l'étude des sédiments marins sont présentes en de vastes affleurements sur le continent, ce sont en fait les seules importantes décrites et cartographiées. Les sédiments carottés reproduisent donc fidèlement l'apport continental, du moins en ce qui concerne les minéraux de la fraction grossière. Nous chercherons, dans le chapitre III, à aborder ce problème pour les minéraux de la fraction fine.

On doit remarquer que l'héritage des minéraux grossiers ne diffuse pas latéralement : si les minéraux ubiquistes sont nombreux, c'est parce que les affleurements continentaux se retrouvent, assez analogues, du nord au sud de la Corse. Des différences de détail apparaissent en fait d'une fosse à l'autre :

- Les fosses 1 et 2, plus proches des schistes cristallins, sont plus riches en minéraux issus de ces schistes (épidote et glaucophane en particulier).
- Les minéraux issus des ophiolites ne se retrouvent pas dans les fosses du Sud.
- Les minéraux déposés dans la fosse 4 sont essentiellement les minéraux d'un granite à deux micas, qui affleure sur les plus vastes surfaces dans la région de Porto-Vecchio.

Mentionnons enfin que le stock marin des schistes cristallins, correspondant aux affleurements les plus fréquents sur le continent, comporte le plus de minéraux ubiquistes, relativement aux autres stocks.

a^{3'''} : Etat physique des minéraux

D'une façon générale, les minéraux sont assez bien conservés, et cela dans tous les niveaux. Les plus altérés sont généralement les plus petits, mais ce n'est pas le cas partout : les vases de la carotte 3 ne comprennent que des sablons minéraux, en bon état de conservation : ce sont des particules légères, issues d'une érosion peu active. Par contre les matériaux de la carotte 2, formés de sables plus grossiers, sont dans leur ensemble passablement plus dégradés.

Les grains sont parfois plus altérés à la base des carottes qu'au sommet, et les plus fragiles (micas, feldspaths...) en premier lieu. C'est le cas de la carotte 2. Ce fait est également très net pour le niveau de base de la carotte 1, qui présente de nombreuses muscovites et chlorites décolorées, des plagioclases fortement attaqués et corrodés, des hornblendes à extinction, pléochroïsme et biréfringence mal déterminables. Ce fait n'étant pas général, il est cependant difficile d'en tirer des conclusions quant à un éventuel processus de transformation dans le sédiment.

4b - CARACTERES D'ENSEMBLE DU SEDIMENT GROSSIER OBSERVE A LA LOUPE BINOCULAIRE ET AU MICROSCOPE

b¹. L'étude des débris calcaires macroscopiques recueillis dans les différents niveaux des carottes montre la présence d'espèces animales benthiques actuelles. Nous avons reconnu en particulier les tests des mollusques *Dentalium agile*, *Siphonodentalium quinquangulare* et *Abra longicallus*, ainsi que les piquants de l'échinoderme *Cidaridites cidaridites*. Ces espèces sont caractéristiques des substrats meubles de l'étage bathyal, défini par J.M. PERES (1961). Les débris de ces espèces actuelles sont plus nombreux en surface qu'en profondeur. La carotte 2 cependant, qui témoigne d'une sédimentation détritivée particulièrement rapide, présente dans tous ses niveaux une richesse comparable en ces espèces.

Signalons que les photographies "Troïka", prises sur le fond de la fosse 3 (-785m) au cours de la campagne "Calypso" 1961, montrent fréquemment des oursins posés sur la surface du sédiment. Les autres espèces, plus petites et enfouies dans le sédiment, n'apparaissent pas sur les clichés.

b². L'ensemble des débris calcaires, qui sont fréquemment usés par frottement et taraudés, provient des tests d'un grand nombre de groupes zoologiques. Les tests des espèces benthiques ont été, le plus souvent, déplacés à partir de niveaux plus élevés. La plupart de ces débris présentent en lumière polarisée une croix noire, immobile lorsqu'on fait tourner la platine du microscope, ainsi que des reflets nacrés : ces phénomènes sont dus à de la calcite rayonnante. Cela est particulièrement le cas de Foraminifères non épigénisés.

b³. L'étude des Foraminifères, poursuivie actuellement par Madame L. BLANC-VERNET à la Station Marine d'Endoume, permet dès à présent de tirer quelques observations sur l'ensemble des quatre fosses :

- Les espèces trouvées sont toutes actuelles ou récentes, ce qui concorde avec les données de la détermination des espèces macroscopiques.

- Les espèces pélagiques prédominent sur les espèces benthiques, qui sont généralement en place. La fosse 4 est la plus pauvre en espèces benthiques (5 %) : elle est également la plus profonde. La fosse 2, par contre, abonde en foraminifères benthiques (50 %), qui du reste proviennent pour une bonne partie des zones microfaunistiques de moindre profondeur.

- L'aspect paléoclimatique des fosses et des carottes reste à préciser. Les études effectuées par Madame L. BLANC-VERNET sur la carotte 2 montrent que les espèces benthiques n'ont pas de signification importante. Par contre les Globigérines sont d'affinité plus froide au sommet qu'à la base de la carotte.

b⁴. Le calcaire cristallisé peut avoir différentes origines : nous avons trouvé de nombreux débris organogènes en aragonite, plus ou moins cristalline, et également des grains de calcite. Ces derniers sont trop peu nombreux pour permettre une estimation quantitative en fonction du niveau.

Leur grosseur et leur état de conservation en font des minéraux détritiques : ils sont d'assez grande taille, leur forme est quelconque et témoigne d'une usure assez prononcée. Il ne semble pas qu'il y ait précipitation de calcite dans l'épaisseur étudiée du sédiment. Au contraire la proportion de calcaire a tendance à diminuer avec la profondeur, et aucun indice ne laisse supposer une amorce de cristallisation ou de recristallisation. Le problème, complexe et important (limites de validité des granulométries, conditions physico-chimiques de formation du calcaire), ne semble pas pouvoir être abordé pour nos sédiments, encore trop récents pour être soumis à des transformations importantes.

b⁵. Les minéraux de la fraction grossière formés dans le milieu marin : cette question sera discutée lors de l'étude d'une carotte incomplète prélevée dans la fosse 1, carotte qui nous apporte le plus d'éléments à ce sujet. Signalons simplement ici que la *glauconie* est ubiquiste, en plus ou moins grande abondance; elle épigénise fréquemment des Foraminifères. Les sulfures et oxydes de fer sont également ubiquistes, mais plus rares, et le plus souvent altérés. L'opale enfin, remplaçant les tests calcaires de Foraminifères pélagiques, a été trouvée dans plusieurs échantillons.

b⁶. Terminons en mentionnant quelques particularités observées dans les différentes carottes :

§ CAROTTE 1 :

De la base vers le sommet, on note :

- un meilleur état de conservation des minéraux;
- l'apparition de fibres végétales (type de fibres de posidonies), abondantes au sommet où elles forment une trame enchevêtrée dans le sédiment grossier étuvé;
- l'apparition de fragments schisteux;
- le remplacement des spicules monaxones de spongiaires par des spicules tetraxones.

A la base de la carotte se trouvent, moyennement représentées, des boules de pyrite fraîche, ainsi que des fragments de ponces.

§ CAROTTE 2 :

Elle est la plus riche en éléments détritiques et minéraux. Ses caractéristiques sont très voisines de celles décrites par J. BOURCART et F. OTTMANN (1957) à propos d'une carotte de 15cm prélevée dans le même secteur géographique, entre l'île de Capraia et la Corse. Cette fosse est donc originale du point de vue de la granulométrie. On note que la fraction calcaire est mieux classée au sommet qu'à la base de la carotte, où l'on trouve des débris de toutes tailles et de toutes formes.

A quoi est imputable cette différence avec les autres carottes ? Il semble que l'érosion du continent atteigne ici une importance particulière, et surtout que les affleurements sous-marins de substrats durs soient bien plus importants qu'ailleurs. En effet le soubassement du versant de Capraia apparaît en plusieurs endroits du côté du canal de Corse, permettant le développement de colonies de grands coraux profonds, et avec elles de toute une faune associée (cf. plus loin, dragages sur le versant W de Capraia). Ce type de sédimentation très détritique semble installé depuis longtemps, et il faut rejeter ici l'hypothèse d'un apport brutal par courant turbide (pas de grano-classement des minéraux, pas de dépôt de vases abyssales banales en couche distincte, végétaux à la partie supérieure seulement).

Par ailleurs, la base de la carotte est marquée par la présence de ponces coulées, et de glauconie plus abondante qu'au sommet.

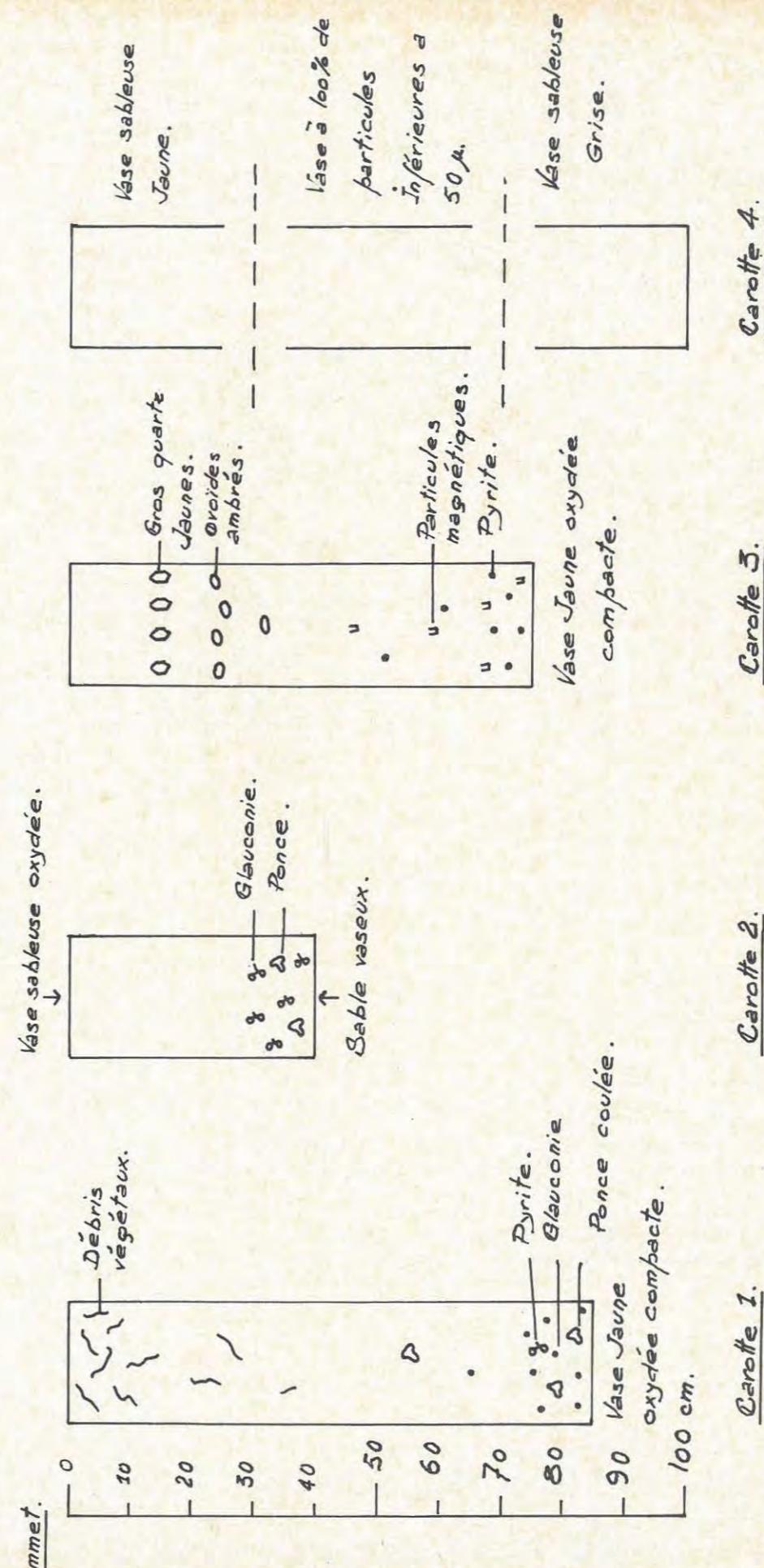
§ CAROTTE 3 :

C'est une carotte très homogène. Seuls de faibles écarts dans la sédimentation viennent rompre la monotonie de l'ensemble :

- Présence, à la base de la carotte, de sphérules de pyrite assez nombreux; ces sphérules deviennent rares dans les niveaux supérieurs. Par ailleurs, nous avons remarqué la présence de grains noirs et rouilles, localisés à la base. Ces grains, magnétiques, n'ont pas été déterminés; ce sont peut-être des particules météoriques.

- A 30 cm de profondeur, se trouve un niveau à ovoïdes translucides ambrés, insolubles à l'acide, légèrement malléables et non magnétiques. Il semble que l'on ait affaire à une opalisation récente de gros Foraminifères (Orbulines).

Pl.10 - Coupe sommaire des carottes.



- A 20 cm de profondeur, présence de gros quartz jaunes et roux, colorés par des sulfures. Puis la granulométrie redevient plus fine.

On décèle donc certaines fluctuations, d'origine climatique et physico-chimique, dans le dépôt de ces vases. Ces fluctuations, peu importantes et ne se manifestant que dans la fraction grossière, sont le résultat normal d'une sédimentation de type assez profond, certes, mais cependant encore soumise à l'influence d'un continent proche.

§ CAROTTE 4 :

Les trois niveaux recueillis sont pauvres en glauconie et en pyrite. Le niveau moyen témoigne d'une sédimentation exceptionnellement calme par rapport aux niveaux extrêmes, et également par rapport aux autres carottes (rareté et finesse des minéraux lourds et autres débris grossiers, absence de débris végétaux). Il apparaît donc ici également certaines fluctuations en fonction du niveau. Elles ne sont pas saisonnières, l'étude optique et sédimentologique ayant montré l'irrégularité de leur période. Elles semblent simplement témoigner de l'existence d'un climat caractérisé par des variations brutales et arythmiques. Un tel climat est typique du domaine méditerranéen.

Nous présentons ci-joint une coupe sommaire des carottes et des passées remarquables qu'elles contiennent. (Planche 10).

CONCLUSION A L'ETUDE DES CAROTTES PRELEVEES DANS LES QUATRE FOSSES DU CANAL DE CORSE.

Les sédiments formant les carottes sont des vases. Leur teneur en calcaire en fait des "vases argileuses", selon la classification adoptée par A. VATAN (1954), Très thixotropiques, et peu riches en débris détritiques continentaux, elles appartiennent au groupe des "vases de la plaine abyssale", décrit par J. BOURCART (1960).

Ces sédiments recouvrent le substratum d'une épaisseur non connue. Les photos sous-marines (opération photographique "Troïka" dans la fosse à l'ouest de Montecristo) montrent un fond plat, accidenté par des terriers, et parfois vallonné, à la manière d'un terrain recouvert d'une épaisse couche de neige (appendice, planche 24, photographie 1). Cela laisserait supposer la présence du socle dur à une profondeur relativement faible (jusqu'à quelques dizaines de mètres).

L'âge de ces sédiments est difficile à estimer. J. BOURCART, à la suite de mesures d'âge absolu au Carbone ¹⁴, parle, pour les fosses de Méditerranée Occidentale fonctionnant comme "trappes", d'une vitesse de dépôt voisine de 20 cm par siècle (J. BOURCART, 1962). Nous pouvons supposer que ce taux de sédimentation est vraisemblable dans le cas présent (fibres végétales subsistant intactes à quelques décimètres, teneur en calcaire peu variable, pas de recristallisations).

Ces vases appartiennent aux vases jaunes méditerranéennes oxydées. La partie supérieure des carottes (10 premiers cm.), plus claire, laisse supposer une circulation profonde non négligeable. De nombreuses mesures courantologiques, effectuées dans le canal de Corse par différents auteurs, viennent appuyer cette hypothèse. Ce renouvellement des eaux permettrait une oxydation rapide des matières organiques, sous l'action dominante des bactéries aérobies. Plus le sédiment est profond, plus ses couleurs foncent : les niveaux inférieurs des carottes présentent des conditions d'aérobiose moins favorables, et seules subsistent les matières irréductibles en présence d'un taux bactérien normal (J. DEBYSER, 1959). C'est alors, dans ce contexte plus réducteur, que peut se manifester la genèse de minéraux tels que la pyrite, et cela particulièrement dans les fosses où les circulations d'eaux semblent moins importantes (fosses 1 et 3 : sédiments moins oxydés). La pyrite coexiste avec la glauconie, épigénisant très fréquemment des Foraminifères.

La sédimentation observée est de type détritique fin, auquel s'ajoute, pour la carotte 2, un caractère détritique plus grossier. La fraction fine, essentiellement argileuse, est responsable du potentiel radioactif notable du sédiment, ainsi que de la rétention de l'eau interstitielle.

La sédimentation n'est pas rythmique, mais au contraire homogène avec des écarts brefs. Ce fait est en rapport avec le climat méditerranéen, marqué par des phénomènes brutaux à l'intérieur d'un contexte météorologique calme. Les fluctuations observées témoignent d'une influence continentale non négligeable.

Les minéraux lourds et légers de la fraction grossière sont directement hérités du continent, par drainage fluvial et altération côtière. La nature des espèces est peu variable d'une fosse à l'autre, mais leurs rapports quantitatifs sont tributaires des affleurements continentaux les plus proches. Des variations de proportions en fonction de la latitude existent également pour la phase argileuse : on peut supposer une similitude d'origine entre les minéraux grossiers et fins.

Les minéraux argileux montrent fréquemment une évolution en fonction du niveau, tendant à une meilleure individualisation de l'illite et des minéraux interstratifiés gonflants vers la base, c'est-à-dire dans les couches les plus anciennes. Il serait important de savoir comment évolue ce phénomène en-deçà du premier mètre de sédiment. Nous essayerons de discuter de ces questions dans le chapitre suivant.

La fraction calcaire, plus abondante au Nord qu'au Sud (question de profondeur ? de conditions de vie ?) est le résultat d'une sédimentation essentiellement organogène. La dominance en est pélagique, du moins en ce qui concerne la microfaune, cause principale de cette sédimentation. La carotte 2, riche en fragments calcaires organogènes d'origine benthique, doit cette particularité à la présence de massifs coralligènes sus-jacents.

Signalons enfin l'importance des êtres vivants. Les photographies montrent la présence d'une macrofaune variée, typiquement bathyale, contribuant à la modification de la vase superficielle (fonction de nutrition, de locomotion). Les deux photographies ci-jointes montrent la réalité de ces remaniements. Cette activité cesse sous quelques décimètres de sédiment, tandis que le rôle des micro-organismes devient prédominant. (Appendice, planche 24, Photographies 2 et 3).

Ces quatre fosses jouent le rôle de véritables "pièges" à sédiments, fonds calmes où l'on ne décèle aucune trace d'érosion. Leurs caractères sont très voisins, et cependant chacune d'entre elle montre des particularités, dues d'une part à la proximité du continent (relief, hydrologie, géologie), et d'autre part à leur propre nature (profondeur, enserrement, circulation des eaux...).

II - AUTRES PRELEVEMENTS DANS LE CANAL DE CORSE

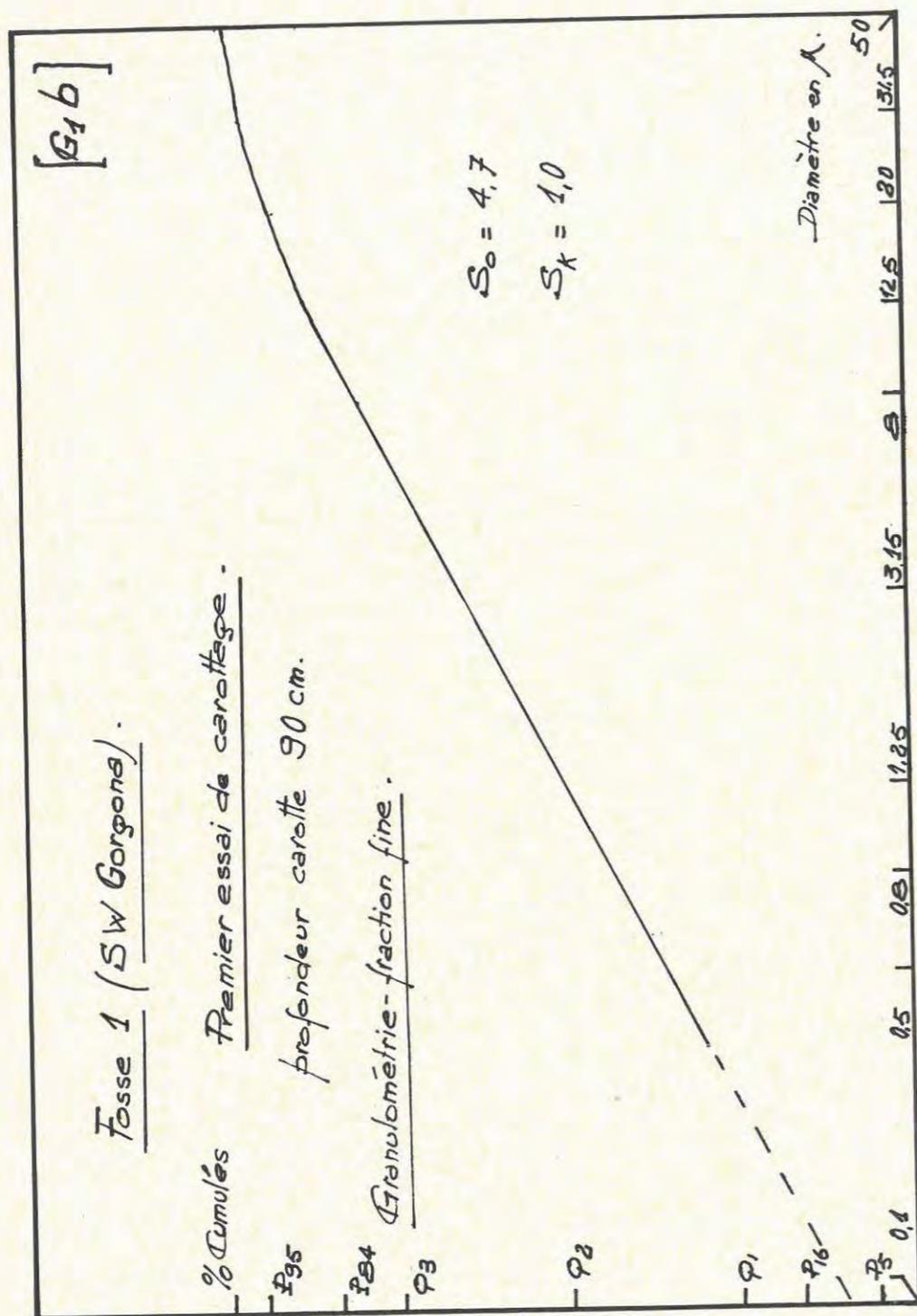
II - 1 DRAGAGES AU FOND DES FOSSES

Des dragages, effectués au plus profond des quatre fosses, très sensiblement aux mêmes endroits que les carottages, ont donné des résultats très voisins de ceux obtenus pour les niveaux supérieurs des carottes. Nous avons relevé des différences de détail, concernant notamment les granulométries et les proportions des minéraux argileux. Ces variations n'excèdent jamais les limites d'erreur dues à l'expérimentation au laboratoire. Il faut également tenir compte des différences éventuelles imputables au mode de prélèvement : la drague "écrème" fréquemment le sédiment de façon irrégulière, et les caractères observés sont parfois relatifs à un niveau sédimentaire inférieur à celui de la surface, ou à un niveau théorique représentant une moyenne plus ou moins exacte de l'ensemble du sédiment dragué.

Signalons que dans la fosse 1, à 634 mètres de profondeur, et légèrement à l'ouest du point le plus profond de la fosse, la drague a ramené, en même temps que de la vase et des cailloutis détritiques, plusieurs huîtres fossiles géantes, de l'espèce *Ostrea longirostris*, datée du burdigalien. Ces huîtres vivaient sous un climat tropical, à faible profondeur. Elles sont apparentées aux gros Ostréidés des Mangroves actuelles.

Les valves trouvées sont très vraisemblablement en place, car, d'une part, elles ne sont pas roulées, d'autre part, leur face dirigée à l'état naturel vers le haut est recouverte en grande abondance d'une faune sessile actuelle : pélécytopodes (grande abondance de *Spondylus gussoni*) et Serpulides surtout, également individus isolés de coraux profonds, et brachiopodes. Au contraire, la face de ces huîtres dirigée à l'état vivant vers le bas, c'est-à-dire la face fixée sur le substrat, supporte très peu d'épibiotés, ce qui suppose que les valves n'ont pas été retournées. Les deux photographies présentées en appendice (planche 24, fig. 4 et 5), montrant les deux faces d'une même valve, illustrent bien ce fait. Enfin, des fragments de substrat dur (schistes) ont été ramenés dans le même dragage.

Les coquilles ne portent pas d'épibiotés fossiles. Signalons que des tests identiques, datés du miocène marin, ont été trouvés en Corse, sur le bord des étangs de Diana et d'Urbino.



II - 2 PRELEVEMENTS SUR LE VERSANT OUEST DE CAPRAIA, SUR LES FONDS DE CORAUX PROFONDS

Deux prélèvements ont été effectués sur les massifs de grands Coraux blancs localisés au cours de campagnes précédentes, sur le versant sud-ouest de l'île de Capraia, vers 460 mètres de profondeur. Leur position est la suivante :

- $\varphi = 43^{\circ}00' N$;
- $\lambda = 09^{\circ}45'10'' E$.

L'un des prélèvements a été fait par dragage (st. 1756 bis), l'autre provient de l'amoncellement de sédiment à l'intérieur du bâti de la "Troïka" (opération photographique). Ces Coraux blancs profonds, dont les branches supérieures portaient des polypes vifs, ont été ramenés en assez grand nombre (espèce dominante : *Madrepora oculata*). Ces Madréporaires sont des espèces reliques de peuplements qui étaient très étendus au quaternaire récent, lorsque régnaient des conditions de vie beaucoup plus favorables (J.J. BLANC, J. PICARD, J.M. PERES, 1959). Les clichés photographiques, ramenés non sans difficulté de ces fonds tourmentés, montrent ces Coraux blancs en place.

D'une façon générale, les deux échantillons se ressemblent beaucoup par leurs caractères sédimentologiques. Ils sont également très proches des sédiments du fond de la fosse : l'analyse par diffraction, les granulométries de la fraction fine, l'étude des minéraux lourds, n'apportent aucune donnée originale. Les seules différences observées concernent la nature et l'importance de la fraction grossière. Cette dernière, constituée d'une part de fragments de coraux et de débris organogènes, et d'autre part de minéraux et surtout de fragments schisteux, représente en poids 80 à 85 % du sédiment. L'importance de la fraction schisteuse est telle que l'ensemble "insoluble grossier", qui comporte par ailleurs les mêmes minéraux que la carotte 2, et dans des proportions voisines, représente 60 % du sédiment. L'analyse granulométrique de la fraction grossière montre un classement bien plus mauvais que pour le sédiment du fond de la fosse.

La vie sur ces fonds est assez active, comme le prouvent : d'une part, les tests frais trouvés dans le sédiment, abondants et variés ; d'autre part, les clichés photographiques qui montrent de superbes Coraux vifs en place, ainsi qu'une faune diversifiée.

L'origine de cette relative exubérance faunistique est naturellement à rechercher en premier lieu dans la présence d'un affleurement sous-marin de substrat dur, permettant la fixation d'espèces sessiles, qui servent elles-mêmes de substrat. L'aspect présenté par ces roches sur le fond est donné par la fig. 6 de la planche 24 (appendice). L'étude du résidu grossier montre que ces affleurements sont très certainement constitués de schistes cristallins identiques à ceux de l'île de Capraia et du Cap Corse.

En second lieu, il faut supposer un renouvellement de l'eau assez continu, susceptible d'empêcher un dépôt trop important de vase, qui ennoierait les Coraux. Cette hypothèse semble confirmée d'une part par les études hydrologiques effectuées dans le canal de Capraia (mouvements d'eaux profondes d'origine orientale), et d'autre part par la présence de glauconie jaune ou brune (glauconie "oxydée") et de limonite, et par l'absence de pyrite.

II - 3 FOSSE AU SUD-OUEST DE L'ILE DE GORGONA : PREMIER ESSAI DE CAROTTAGE

Un carottage défectueux à 630 mètres de profondeur, légèrement à l'ouest du fond de la fosse, a permis de ramener le sédiment se trouvant entre 80 cm et 1 m de profondeur sous le fond. Ce sédiment se signale à l'oeil par sa couleur bleu-noir, et par la présence de nombreux galets noirs à patine brillante (aspect d'obsidienne roulée) ou verdâtres à revêtement glauconieux. Ces caractères invitaient à étudier ce sédiment en détail. Les niveaux supérieurs de la carotte, perdus lors de l'extraction du sédiment hors du carottier, étaient formés de vase jaune oxydée, analogue à celle de la carotte réussie.

3a - PARTICULARITES MINERALOGIQUES ET SEDIMENTOLOGIQUES

Mis à part les galets, les minéraux argileux et la teneur en calcaire sont ceux de la carotte réussie "au plus creux" de la fosse. L'analyse par diffraction, poursuivie jusqu'à une distance angulaire de $2\theta = 60^{\circ}$, montre, en plus des figures habituelles, les pics à 2,82 Å de la chlorite et à 1,99 Å de l'illite.

L'analyse granulométrique de la fraction fine conduit à une courbe en forme de droite (diagramme Glc), très différente des courbes à deux changements de pente obtenues pour les autres carottes.

Le sédiment est très mal classé (indice de TRASK = 4,7), il comprend, en quantités voisines, des particules de toutes les tailles; il en résulte une asymétrie très peu prononcée, et une forte dispersion autour de la moyenne arithmétique. La pente de la courbe de fréquence bilogarithmique représente un indice d'évolution de -1,0 : le faciès d'évolution est donc typiquement logarithmique. Cela montre que l'ensemble du sédiment, passablement décanté, est cependant moins évolué que celui formant les carottes étudiées plus haut. Il semble que cette particularité soit liée à la présence d'un stock "non indigène", dont font partie les galets. Ces derniers en effet, moyennement roulés, présentent toutes les tailles, et se retrouvent, ainsi que le montre l'observation optique, à l'état de sablons et de poudres dans la fraction fine. Surajoutés au sédiment de base banal décrit dans toute la région, ils pourraient être responsables des modifications granulométriques présentées par ce niveau particulier.

L'étude des minéraux lourds de la fraction grossière apporte également des renseignements originaux. Nous sommes en présence d'une véritable "mine" de minéraux, variés, abondants et frais, comme si ce matériau était lié à une tectonique récente et proche.

Les résultats du comptage, portant sur 271 grains transparents, sont donnés dans le tableau suivant. L'erreur relative moyenne est de $\pm 4,1\%$.

| MINERAUX | POURCENTAGE | MINERAUX | POURCENTAGE |
|---------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| épidote | 17,0 | zoïsite | 1,8 |
| muscovite | 9,2 | amphibole non alumineuse | 1,5 |
| chlorite | 8,5 | augite | 1,5 |
| chloritoïde | 6,3 | apatite | 1,5 |
| sillimanite | 4,8 | diallage | 1,1 |
| biotite | 4,4 | zircon | 1,1 |
| calcite et dolomite | 4,0 | staurotide | 1,1 |
| hornblende | 3,7 | tourmaline | 1,1 |
| diopside | 3,7 | quartz | 1,1 |
| idocrase | 3,3 | plagioclases | 0,7 |
| disthène | 3,0 | grenat brun | 0,7 |
| grenat incolore | 2,6 | rutile | 0,4 |
| sphène | 2,2 | indéterminés | 12,2 |
| glaucothane | 1,8 | | |

Le résidu renferme de nombreux fragments de tests, des quartz et micas assez abondants, quelques grains de calcite et d'apatite. Les minéraux opaques authigènes, pyrite et glauconie, sont extrêmement abondants, et leur état de fraîcheur est remarquable.

Ces minéraux, qui sont les mêmes, d'une façon générale, que ceux déterminés dans le cas des autres carottes, représentent un apport détritique important, en provenance du continent corse-toscan émergé proche.

La microfaune, déterminée par Madame L. BLANC-VERNET, est constituée par les mêmes espèces de Foraminifères que ceux présents dans le sédiment dragué en surface dans la même fosse, et qui sont récents ou actuels. Les espèces benthiques, au premier abord toutes relativement profondes, sont ici plus abondantes que les pélagiques; elles représentent 70 % de l'ensemble des Foraminifères. Les tests sont bien plus nombreux et surtout plus usés et roulés, dans le cas moyen, qu'en surface.

3b - LES MINERAUX AUTHIGENES : GLAUCONIE, PYRITE, OPALE

La glauconie des géologues représente une famille complexe de minéraux argileux, qui peuvent être approximativement représentés par une illite ferrifère. Ces minéraux ont été étudiés par J.F. BURST (1958). Le problème de la structure et de la composition chimique de la glauconie n'a pas été abordé ici. C'est un minéral présent en grande quantité (essentiel de la phase légère insoluble dans HCl), sous forme de remplissage interne de Foraminifères. Les tests calcaires sont parfois entourés également à l'extérieur de glauconie. Le noyau glauconieux subsiste fréquemment seul, lorsque la coquille calcaire a été dissoute, et dans ce cas la glauconie épouse parfaitement la forme interne du foraminifère. Les figures observées à la loupe binoculaire sur le sédiment grossier décalcifié sont particulièrement belles.

Un fait plus marquant encore est l'abondance de la pyrite, également très fraîche, sous forme

sphérules brillantes de la taille d'une loge de Globigérine. La quantité de ces sphérules est telle, qu'un comptage de l'ensemble des minéraux lourds, transparents et opaques, portant sur 420 grains, a donné une proportion de plus de 30 % de pyrite. Par contre la limonite, produit fréquent d'altération de la pyrite, est pratiquement absente dans le sédiment.

Ces sphérules ont-elles épigénisé des tests d'organismes, ou bien se sont-elles développées à partir de noyaux quelconques ? Nous n'avons pu trancher ce problème. Les sphérules ressemblent le plus souvent à de petites Orbulines, parfois à de petites Globigérines, mais nous n'avons pu véritablement déterminer de Foraminifères épigénisés. D'autre part nous avons trouvé quelques grains de pyrite informe, ainsi que de grosses Globigérines non épigénisées.

Nous avons enfin recherché d'éventuelles transformations de tests calcaires en opale. Nous nous sommes particulièrement préoccupés de savoir si la croix noire immobile observée entre Nicols croisés était due à de la silice ou à de la calcite microcristalline rayonnante. Pour cela nous avons attaqué un certain nombre de Globigérines, présentant la croix noire, à l'acide chlorhydrique à 30 %. La plupart des Foraminifères sont immédiatement détruits. Cependant un dixième des tests environ ne réagit pas, même à l'acide concentré. Les loges se dissocient fréquemment, ce qui indique que les zones cloisonnaires ne sont pas encore complètement épigénisées. Il semble que les Globigérines ne sont pas seules dans ce cas, certains Lagénidés et Textulariidés sont également inattaquables à l'acide.

Glauconie, pyrite et opale cohabitent ici donc. Quelles ont été les conditions écologiques permettant la genèse de ces trois minéraux dans le sédiment ?

La pyrite est un minéral authigène typiquement formé en milieu réducteur. Selon J. DEBYSER (1959), le soufre proviendrait des humates de l'eau interstitielle, et le fer des matières organiques et des minéraux argileux.

La glauconie s'organise également dans un contexte sédimentaire préférentiellement alcalin et riche en matières organiques (R.E. GRIM, 1953), par remplissage et remplacement de tests calcaires, et plus rarement par nourrissage de noyaux quelconques. L'abondance et la fraîcheur de ces deux minéraux se conçoivent donc aisément dans la vase foncée qui fait l'objet de cette étude, cela d'autant plus que pyrite et glauconie sont moins abondantes dans les vases jaunes formant les quatre carottes étudiées plus haut. Dans les sédiments plus aérés formant ces carottes, la pyrite est le plus souvent oxydée en limonite, cependant que la glauconie est assez fréquemment brune ou jaune; les deux minéraux sont les mieux conservés dans les niveaux inférieurs et dans les fosses les moins oxygénées (fosses 1 et 3). Pyrite et glauconie varient donc dans le même sens; elles sont préférentiellement néoformées dans un milieu réducteur. Ce fait a déjà été constaté dans les sédiments récents (J.J. BLANC, canyons de Provence et de Grèce) et anciens (J.J. BLANC et M.T. BURELLE, aptien des Baronnies).

Quant à l'opale, son état cryptocristallin désordonné suppose une édification des réseaux contrariée et imparfaite, due à de mauvaises conditions de silicification (G. MILLOT, 1960) : l'opale trouvée ici pourrait donc être accidentelle. Elle pourrait également s'être formée lors d'épisodes plus favorables qu'actuellement (sédiments moins profonds, eaux mieux oxygénées), comme l'envisagent à titre d'hypothèse J. BOURCART et F. OTTMANN (1957). Il faut enfin tenir compte du facteur "vieillesse" : l'opale n'est fréquemment qu'un terme de passage vers un état plus cristallin : dans ce cas, les conditions de milieu présentes ici pourraient convenir à la genèse de la silice. Une étude géochimique serait nécessaire pour permettre de faire un choix parmi ces possibilités.

En résumé, pyrite, glauconie et opale forment ici un trio original et typique de minéraux authigènes. Il serait intéressant de voir si ce trio se retrouve dans d'autres sédiments analogues à celui étudié présentement, et s'il est réellement significatif d'une "ambiance" physico-chimique déterminée.

3c - PETROGRAPHIE DES GALETS

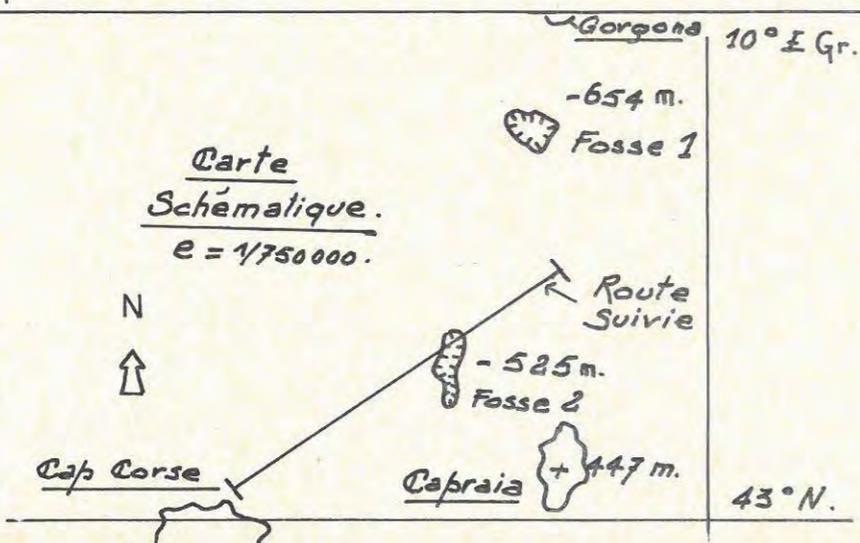
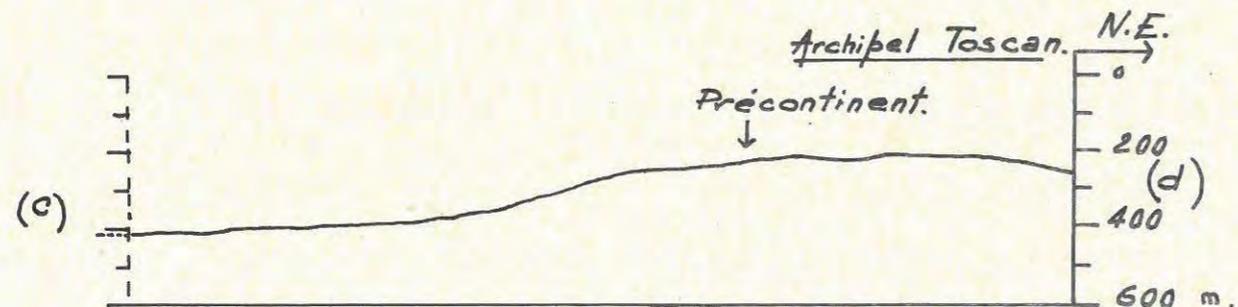
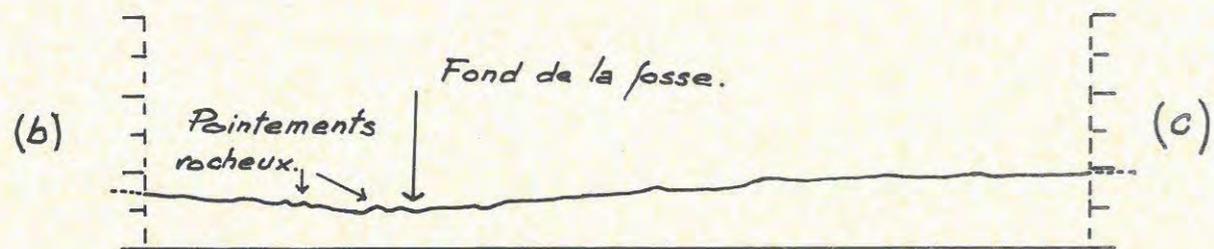
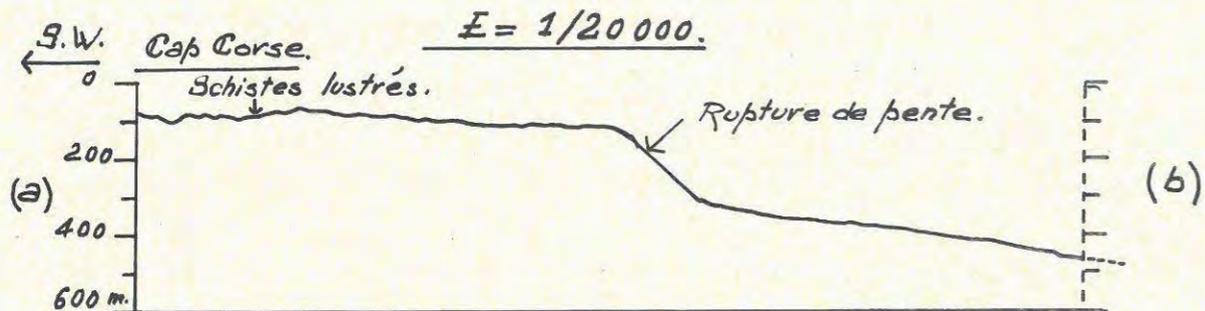
Les cailloutis présents dans la vase, formant environ 50 % du sédiment, sont moyennement roulés. Leur taille moyenne est de 1 à 2. 1 à 2. 0,5 cm ; les plus gros ont une longueur de 6 cm.

Ces cailloutis sont de deux types principaux :

§ Les premiers, de surface verdâtre et de section blanchâtre, sont tendres, et fréquemment taraudés par des organismes foreurs (Pélécytopodes, Spongiaires, Annélides). Leur teneur en calcaire,

Pl.11. Profil sondeur "Gyf" 1956.

Coupe au 57° N.



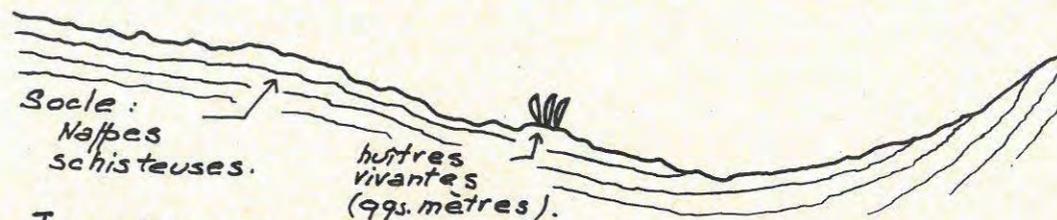
Pl.12 - Histoire présumée de la fosse au SW de Gorgona.

← W Corse.

Gorgona. → E

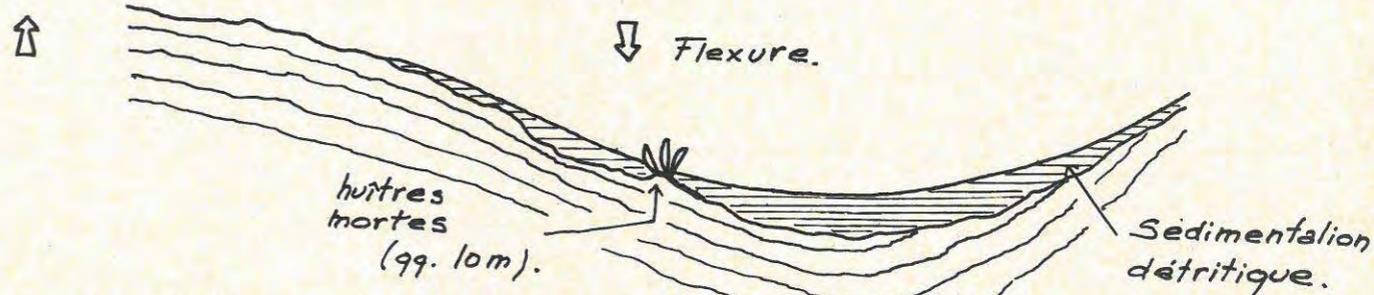
a: Burdigalien.

Niv. 0 Actuel



b: Jusqu'aux dernières glaciations quaternaires.

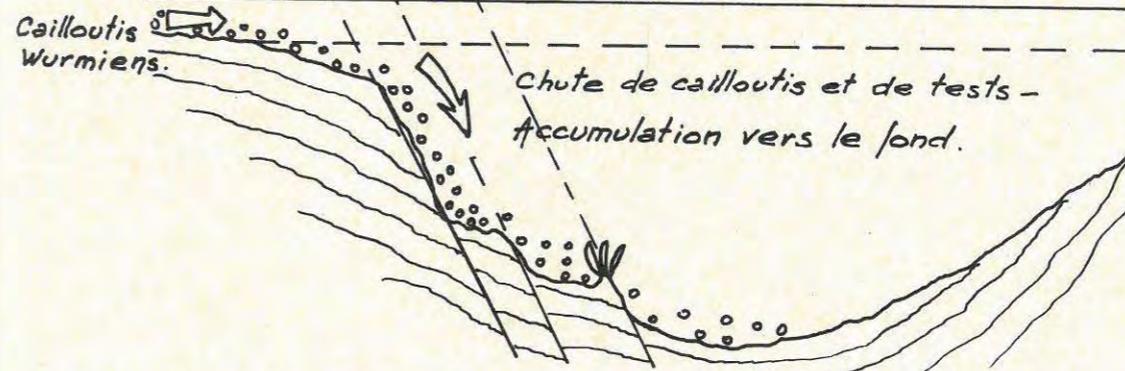
Niv. 0.



c: Würm ou post-würm.

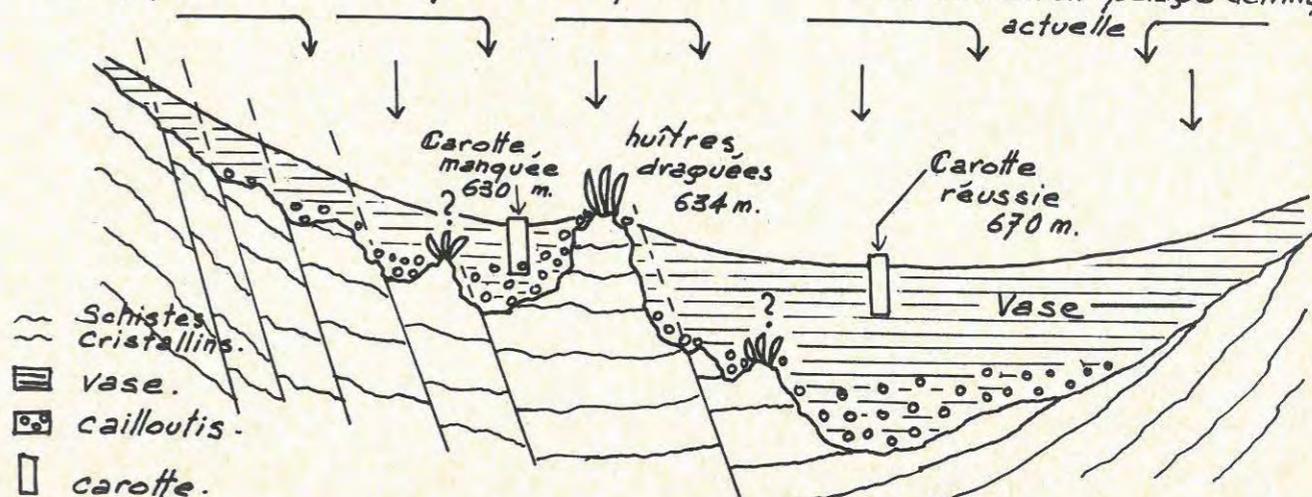
Niv. 0 Actuel.

Niv. 0 Grimaldien.



d: Aspect actuel du fond de la fosse.

Sédimentation pélagodétritique actuelle



forte, varie entre 73 et 93%. La fraction non calcaire est constituée de débris schisteux, de chlorite, glauconie, quartz, et de spicules siliceux de Spongiaires. L'étude en lame mince permet de définir une *calcarénite hétérogène à spicules, enrichie en glauconie à la périphérie*. La masse du galet présente une structure en couches, plus ou moins bisautées, formées d'une alternance de matériaux détritiques grossiers (débris calcaires organogènes) et fins. Les minéraux présents sont corrodés. Nous n'avons décelé aucune recristallisation de calcite ou de silice.

§ Les seconds, à patine brillante d'oxyde de manganèse et de limonite, sont bien moins nombreux. Leur masse, brun-foncé, est fine et dure. Ils ne renferment que 50% de calcaire, de nature détritique. A leur périphérie se trouve un encroûtement de Globigérines actuelles, ainsi que de la glauconie. En lame mince, ils apparaissent sous la forme d'un *calcaire siliceux fin*, limonitisé, et en voie de silicification. Ces galets semblent être immergés depuis plus longtemps que les précédents (patine brillante, nourrissage de silice).

Par leur modèle ces deux types de galets montrent qu'ils ont été soumis à un régime d'émer-sion. Par leur structure, ils sont récents, surtout les premiers. La microfaune du sédiment qui les entoure est récente. Ce sont donc, selon toute probabilité, des *cailloutis würmiens*, formés lors de la régression grimaldienne, par décapage de couches calcaires détritiques du quaternaire récent, et peut-être également de couches plus anciennes.

3d - OBSERVATIONS SUR L'HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA FOSSE SITUÉE AU SUD-OUEST DE GORGONA.

La présence, dans la même fosse, et à très peu de distance, d'affleurements rocheux, de vases fines et homogènes, et de galets récents d'origine littorale, tantôt ennoyés sous la vase, et tantôt mélangés à des huîtres tertiaires en place, laisse présumer une topographie sous-marine complexe et une histoire originale. Il faut, pour expliquer la présence des cailloutis würmiens à plus de 600 mètres de profondeur, ou bien imaginer des courants turbides importants (de type courants de canyons), phénomènes qu'aucun critère ne permet de supposer ici, ou bien concevoir l'existence d'un affaissement récent, extrêmement important, du pays sous-marin à l'est de la Corse.

Un point intéressant vient s'ajouter aux données présentées dans les paragraphes précédents : les profils sondeurs de direction approximative Ouest-Est, relevés dans le canal de Corse depuis la Corse jusque vers l'archipel Toscan, sont très asymétriques : le côté ouest de la fosse est abrupt, cependant que le versant est, plus doux, présente un modèle de type précontinent classique. Le fond de la fosse, et particulièrement son côté ouest, semble très accidenté. Ce type de profil se retrouve tout au long de la côte est de la Corse. A titre d'exemple, nous présentons ici, à l'échelle réelle, le profil, particulièrement significatif, obtenu en 1956 par le "Gyf", chalutier de la Station Marine d'Endoume, lors d'un levé-sondeur passant par le centre de la fosse 2, à trois milles au sud de la fosse de Gorgona (profil ci-joint, planche 11). Ce profil a été retenu car le levé a porté sur toute la largeur de la fosse.

Cette asymétrie dans la topographie peut difficilement s'expliquer autrement que par un jeu tectonique : il semble probable que nous soyons en présence, dans ce domaine du canal de Corse, d'une zone effondrée par failles. Ces failles se seraient produites juste à l'ouest du fond des fosses actuelles.

En admettant ce fait comme vraisemblable, et en utilisant les caractères décrits plus haut, quelle pourrait être, et cela uniquement à titre d'hypothèse, l'histoire de la fosse située au sud-ouest de l'île de Gorgona ? (planche 12).

Après la mise en place, à l'oligocène, des nappes formant le Cap Corse et l'archipel Toscan, se serait installé, au miocène, un régime sédimentaire et tectonique relativement calme. Au cours de cette période, l'existence d'un climat tropical aurait déterminé l'installation dans ce domaine d'une faune marine chaude. Des récifs d'Ostréidés notamment, dont des témoins nous sont parvenus, se seraient fixés sur la roche, sous très peu d'eau (profondeur à laquelle vivent les huîtres tropicales actuelles, apparentées à ces espèces fossiles) (schéma a).

Jusqu'aux dernières glaciations quaternaires, cette marge continentale se serait plus ou moins affaissée par flexure (schéma b), en même temps qu'elle aurait été le siège d'une sédimentation littorale peu profonde.

Après la régression grimaldienne (environ -50 mètres par rapport au niveau actuel), au cours de laquelle ont été modelés, sur le plateau continental, des cailloutis de roches plus ou moins récentes (cailloutis roulés par les fleuves et la mer), d'importantes fractures, susceptibles d'occasionner

des rejets de plusieurs centaines de mètres, se seraient produites, abaissant le précontinent à plus de 500 mètres de profondeur. En même temps, une partie des cailloutis quaternaires aurait chu le long de la pente, véritable miroir de faille, entraînant des tests de micro-organismes, roulés jusqu'au fond. Notons que les espèces de Foraminifères vivants à plus de 200 mètres de fond sont sensiblement les mêmes que celles vivant à plus grande profondeur. Les galets auraient échoué vers le fond de la fosse actuelle, remplissant les creux du substratum irrégulier et se mélangeant aux huîtres, décalées à grande profondeur. Cette hypothèse expliquerait la provenance des cailloutis récents, et en même temps l'abondance remarquable de nombreux tests roulés de Foraminifères (schéma c).

Dans un dernier épisode les cailloutis, selon leur situation sur un fond probablement très tourmenté par le phénomène tectonique, auraient été soit noyés sous une vase subactuelle à microfaune bathyale (cas de la zone où a été effectué le carottage défectueux), soit conservés en affleurement (comme ceux trouvés dans le dragage renfermant les huîtres). Les huîtres, pour être restées en eau libre, sont vraisemblablement ancrées sur un piton issu de la tectonique locale. Quant au fond de la fosse, fonctionnant comme piège à sédiments, il est le siège d'une sédimentation plus importante que ses bords, sédimentation vaseuse qui cache probablement les mêmes particularités que les versants (cailloutis würmiens et tests usés). Nous pouvons déduire de ces observations une coupe théorique présumée du fond actuel de la fosse (schéma d).

Cette question d'une faille post-würmienne le long de la Corse orientale mérite d'être discutée plus en détail. L'étude des cartes bathymétriques (E. DEBRAZZI et A. SEGRE, 1960) et des profils de sondage montre en effet une morphologie très différente entre la côte ouest et la côte est de la Corse, et cela tout le long de l'île. Tandis que la première présente un modèle classique, analogue à celui de la côte provençale (canyons perpendiculaires à la côte, précontinent assez court mais régulier), la seconde, abrupte, est dépourvue de rivières sous-marines (si ce n'est de direction Nord-Sud, au sud des fosses 3 et 4. A. SEGRE (1959) a mis en évidence une importante ligne de fractures coupant le golfe de Gênes à l'ouest du banc Santa-Lucia; les mesures gravimétriques ont montré que cet accident se poursuit à l'ouest du Cap Corse (A. SEGRE, in J. BOURCART, 1959). Les observations précédentes nous invitent à nous demander, à titre de simple hypothèse, si une fracture récente, importante, n'existerait pas également à l'ouest de la Corse, dans le prolongement direct des tronçons "Golfe de Gênes" et "Est Sardaigne" de la fracture médio-méditerranéenne. Notons à ce propos que des cailloutis grimaldiens ont été trouvés dans le canal de Capraia, par J. BOURCART et F. OTTMANN (1957).

Ajoutons à ces observations morphologiques, bathymétriques et géologiques quelques remarques paléontologiques. Les thanatocoénoses würmiennes à *Cyprina islandica*, décrites par P. MARS et J. PICARD (1960), existent en de nombreux endroits en Méditerranée Occidentale, et particulièrement au nord, à l'ouest et au sud de la Corse. Elles n'ont cependant jamais été trouvées dans le canal de Corse (J. PICARD, in A. SEGRE, 1959). Tout se passe comme si cette région avait été émergée à l'époque de la dernière glaciation. D'autre part, certaines espèces animales endémiques quaternaires vivent actuellement en Corse (mouflons par exemple); ces espèces n'ont pu passer dans l'île qu'à un moment où existait une liaison normale avec le continent.

Tous ces faits nous suggèrent l'existence, à la place du canal de Corse, au moins durant la régression grimaldienne, d'un domaine très peu profond, peut-être partiellement exondé, à partir duquel se seraient creusés des canyons vers les bassins abyssaux du sud de la mer Tyrrhénienne. Ce territoire se serait effondré, par rejeu d'anciennes failles (géosuture de L. GLANGEAUD, 1962), ou par simple compensation isostatique, donnant naissance à la zone asymétrique et originale existant actuellement.

Ces remarques n'ont d'autre prétention que celle d'exposer des hypothèses motivées par certaines coïncidences.

A II - AUTRES PRELEVEMENTS DANS LA PROVINCE A ILLITE DE MEDITERRANE NORD-OC-CIDENTALE

II - 1 COTE OUEST DE CORSE ET COTE SUD-OUEST DE SARDAIGNE

Deux échantillons, bien qu'isolés, ont été retenus, car ils permettent de supposer une extension de la province à illite à l'ouest de la mer Tyrrhénienne. Les deux stations relatives à ces échantillons ont été portées sur la planche 3. Les minéraux argileux y sont répartis ainsi :

I = 5; M = 3; K = 2; C = traces.

L'échantillon prélevé au large des îles Sanguinaires (st. 571) renferme davantage de chlorite et d'illite-chlorite. Le second (st. 569), provenant des fonds au large du cap Pecora (SW de la Sardaigne), est plus riche en illite-montmorillonite.

Quoique fort éloignés l'un de l'autre, ces deux échantillons présentent des caractéristiques sédimentologiques voisines. Le faciès granulométrique est logarithmique à sub-hyperbolique, le classement est bon. L'indice d'évolution, voisin de -1, indique un sédiment passablement décanté. Le triage des particules originaires du continent s'effectue donc assez rapidement.

Bien que le continent soit proche des stations effectuées, son influence est minime : la fraction grossière, importante (30 à 50 %), est essentiellement formée de calcaire organogène marin, et les minéraux allogènes y sont très peu abondants. Au Nord prédominent chloritoïdes, micas, chlorites, amphiboles, quartz et plagioclases, tous minéraux du granite et des roches métamorphiques. Au Sud le résidu lourd est pratiquement inexistant, seuls ont été reconnus les minéraux des granites. Enfin, les deux stations sont riches en glauconie granulaire authigène, peu oxydée.

II - 2 GOLFE DE GENES (planche 3).

Les trois échantillons étudiés, prélevés sur le précontinent, entre 200 et 900 mètres de profondeur, sont des vases riches en fraction fine. Leur aspect est voisin de celui des vases des fosses corses, et cependant l'étude granulométrique montre un sédiment à faciès parabolique, en cours d'évolution, dont la fraction fine paraît avoir été éliminée par lévigation (J.J. BLANC, 1959). Cette différence entre les deux régions s'explique si l'on considère leur contexte topographique et courantologique : la vasière du golfe de Gênes est soumise à un pré-triage fluvial et marin (J.J. BLANC), tandis que les cuvettes à l'est de la Corse reçoivent toutes les particules fines, sans distinction de taille. Ce triage au large des côtes de Ligurie est également mis en évidence par la pauvreté du résidu lourd, qui provient des stocks éruptif et métamorphique.

II - 3 COTES DE PROVENCE : CANYON DE LA CASSIDAIGNE

Ce prélèvement (planche 3), effectué dans le diverticule nord-ouest du canyon à 370 mètres de profondeur, par le chalutier "Antedon" de la Station Marine d'Endoume, a été analysé en détail. L'étude des Foraminifères a par ailleurs été effectuée par Madame L. BLANC-VERNÉT. Nous ne parlerons ici que brièvement de cette station.

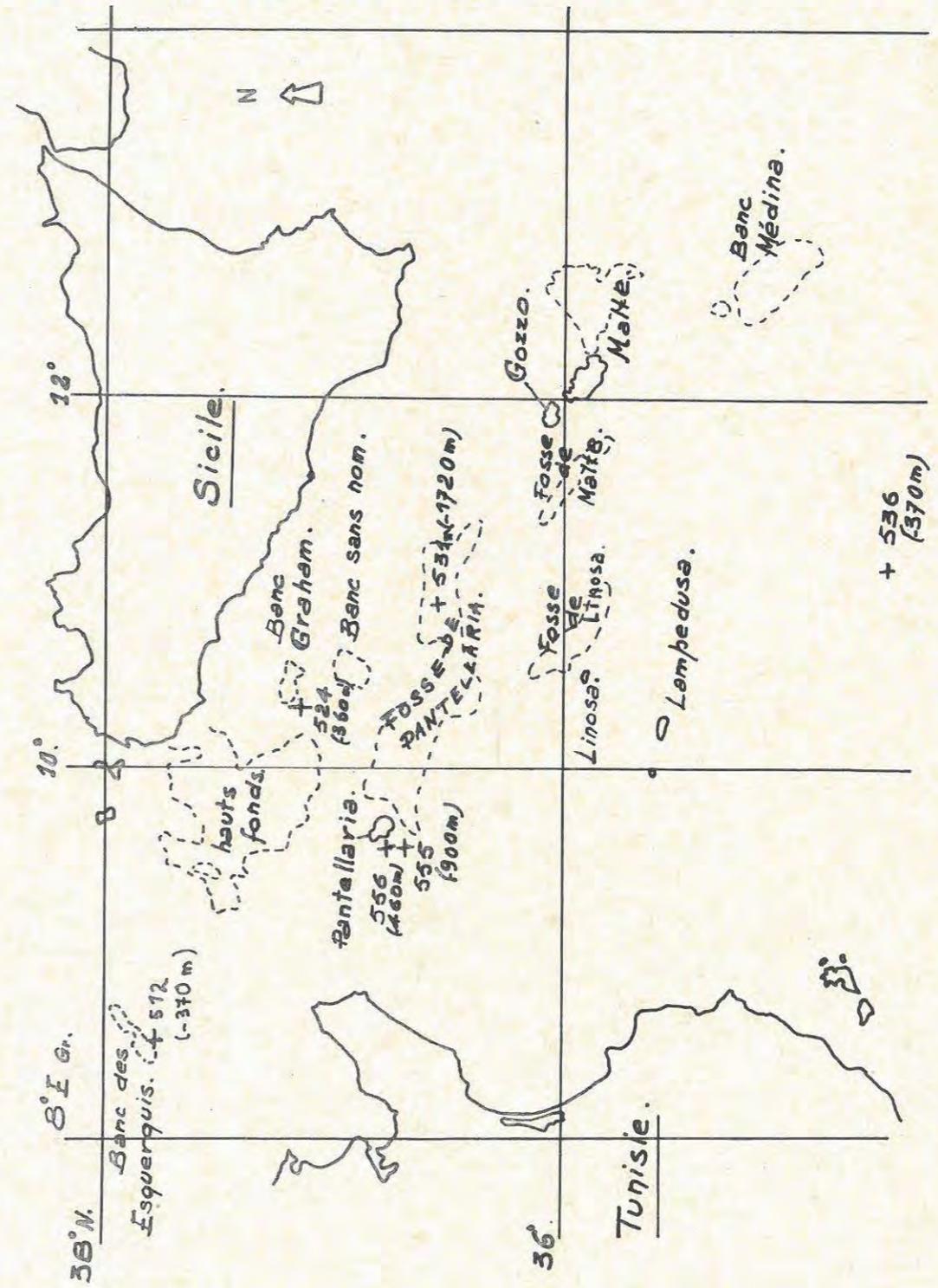
Minéraux argileux : l'illite est présente en très forte proportion (8/10). Kaolinite et chlorite sont nettement distinctes. Les minéraux à affinité montmorillonitique ne sont présents qu'à l'état de traces. Ces résultats, du moins du point de vue qualitatif, sont voisins de ceux obtenus par les auteurs sur tous les sédiments proches des côtes de Provence.

Granulométrie : la fraction fine présente un faciès granulométrique hyperbolique à logarithmique : les sédiments fins, non entraînés plus profondément, se déposent donc par décantation, et pratiquement sans triage.

Résidu grossier : la proportion de résidu grossier est importante (25 %). Cela résulte probablement de courants vifs, par mauvais temps, dans le sens descendant de la pente (observations de J. PICARD en soucoupe plongeante, in G. PETIT et L. LAUBIER, 1962). Ce résidu est constitué à parts égales de calcaire (microfaune très abondante) et de minéraux.

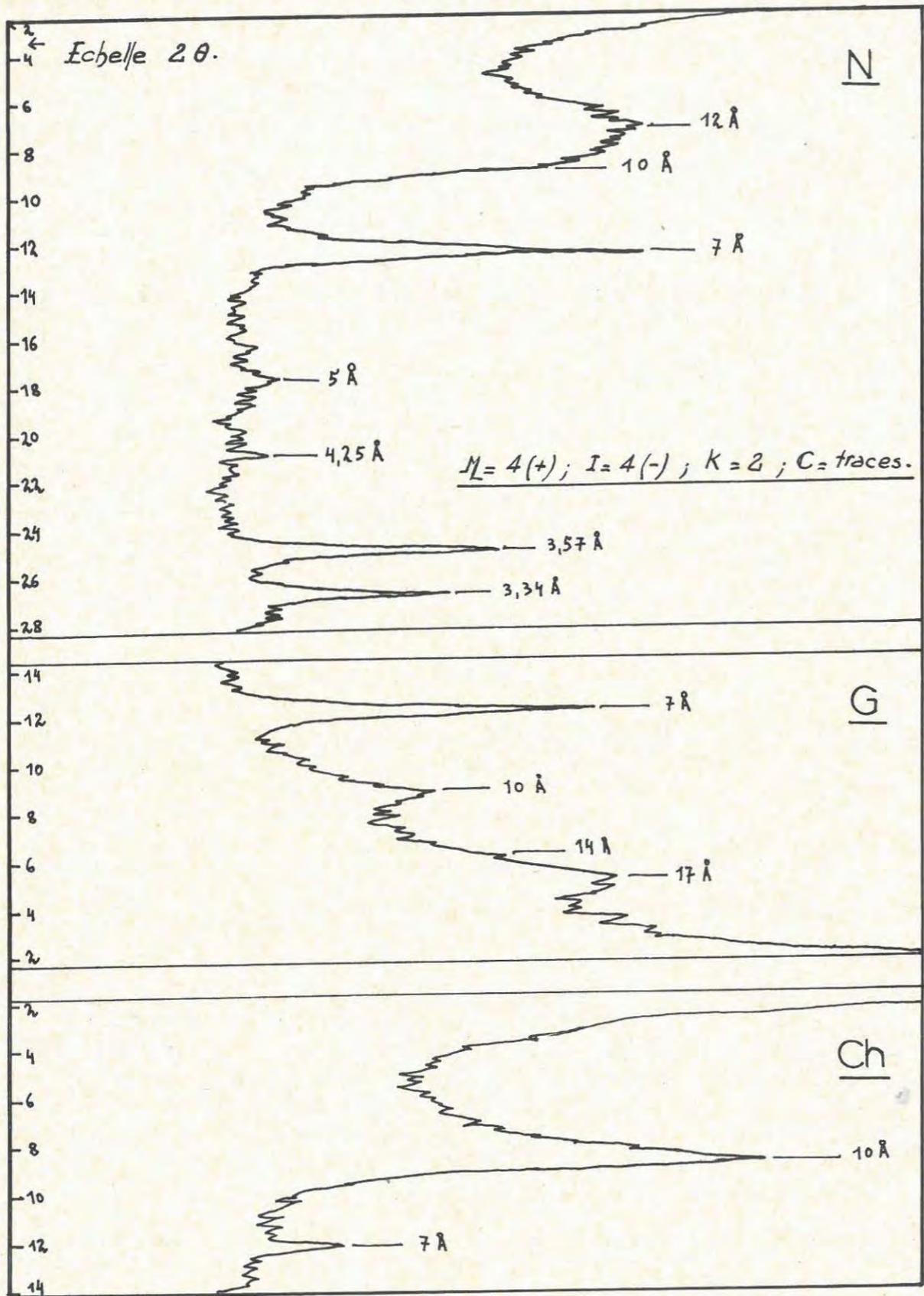
Ces derniers ont fait l'objet d'un comptage : le chloritoïde est le minéral nettement prédominant (35 % des minéraux transparents lourds). Par ailleurs chlorite, muscovite, biotite et disthène sont très fréquents. Les minéraux caractéristiques non abondants sont la staurotide, le grenat, le sphène et la tourmaline. Ces espèces, d'origine métamorphique, appartiennent au cortège minéralogique des Maures. D'autre part calcite, dolomite et quartz sont également abondants. Nous sommes donc en présence d'un triple stock, originaire à la fois de schistes cristallins, de calcaires et de grès. Cela semble correspondre à l'apport des fleuves (roches métamorphiques), à l'érosion voisine des grès du Soubeyran, et à des éléments de roches à nu, trouvées en place dans le canyon par J. BOURCART : calcaires jurassiques et schistes métamorphiques.

Les minéraux authigènes sont pratiquement absents; nous n'avons trouvé qu'un peu de glauconie oxydée. Les circulations d'eau ne semblent pas favoriser la formation de ces minéraux à affinité réductrice.

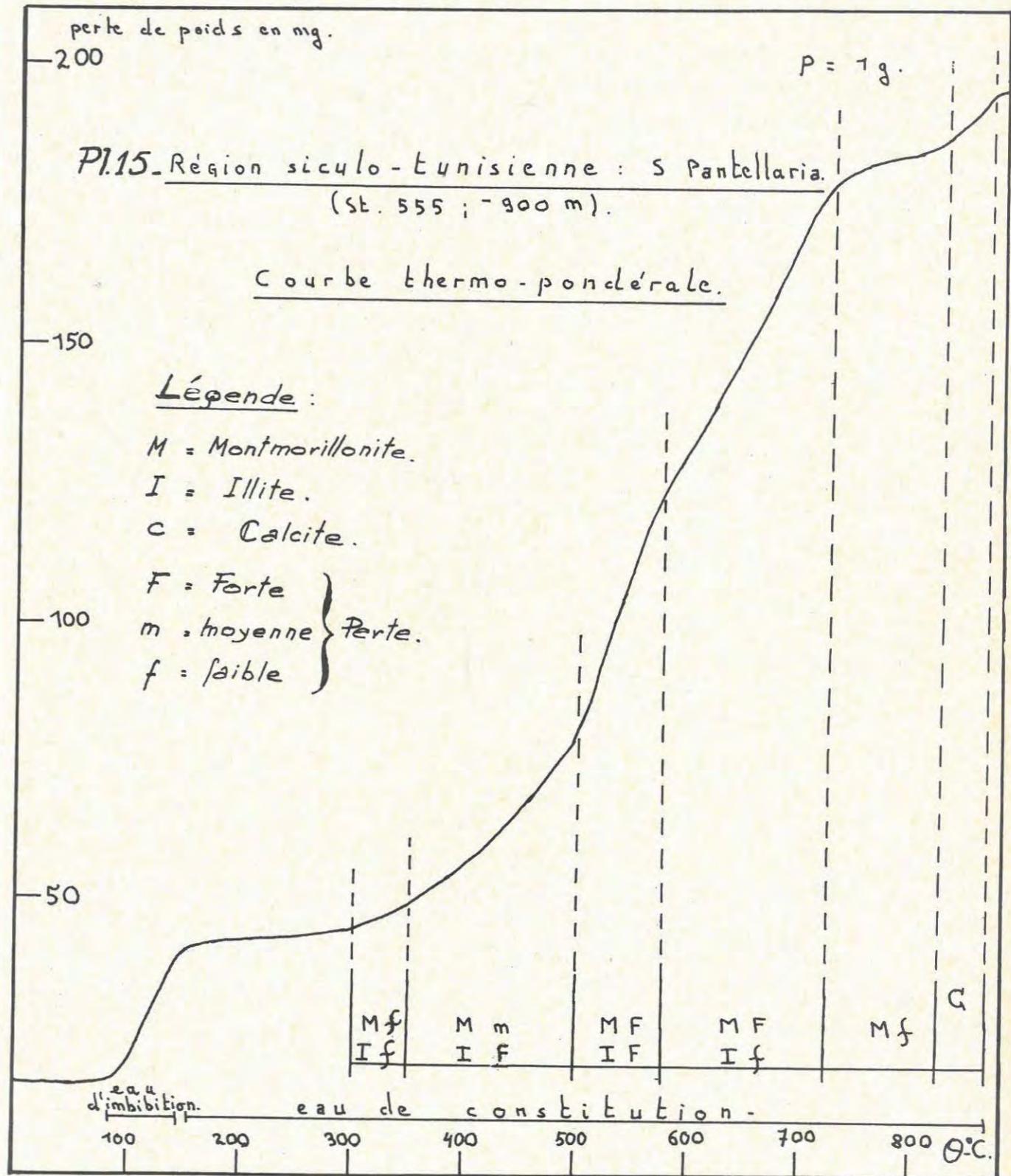


Pl. 13 Stations effectuées dans la région siculo-tunisienne.

(d'après J.J. Blanc, 1958).



P114 - Province à illite et montmorillonite également dominantes de Méditerranée Centrale. Diffractogrammes. (S[†] 556).



B - REGION SICULO-TUNISIENNE : PROVINCE A ILLITE
ET MONTMORILLONITE DOMINANTES, EN QUANTITES VOISINES

SCHEMA DES STATIONS : Planche 13.

MINERAUX ARGILEUX

L'homogénéité des résultats de l'analyse par diffraction, tant qualitative que quantitative, est remarquable. Au contraire les caractéristiques sédimentologiques, bathymétriques, et hydrologiques sont très dissemblables d'une station à l'autre. Seule l'existence de facteurs géologiques ou courantologiques déterminants (affleurements sous-marins, mouvements d'eaux déplaçant les particules...) peut permettre d'expliquer la constance minéralogique constatée dans la fraction fine.

D'une façon générale, les minéraux argileux sont bien cristallisés. La retombée du pic à 10 Å de l'illite est entièrement absorbée, du côté des petits angles, par le pic "en dos" de la montmorillonite. Celle-ci présente des écarts réticulaires de 12 Å, qui passent à 17 Å lors du glycolage. La kaolinite donne de très beaux pics à 7 et à 3,57 Å; comparativement aux échantillons de mer Tyrhénienne, elle prend très nettement le pas sur la chlorite, qui n'apparaît que sous forme de traces: absence de pic à 4,72 Å, pic unique de la kaolinite à 3,57 Å, disparition du pic à 14 Å après chauffage. Quelques minéraux interstratifiés gonflants suivent les déplacements de la montmorillonite.

Nous présentons ci-dessous deux diagrammes-types, obtenus l'un à l'analyse par diffraction, l'autre à l'analyse thermo-pondérale. Pour cette dernière les résultats concordent avec les données théoriques, malgré la complexité du mélange argileux. (Planches 14 et 15).

Exemples :

| Station | lieu | Profondeur | C | K | I | M |
|---------|----------------------|------------|-------------------------|------|------|---|
| 531 | fosse de Pantellaria | (-1720m) | tr. | 3(-) | 3(+) | 4 |
| 536 | SE de Malte | (-360m) | tr. | 2 | 4 | 4 |
| | | | + tr. interstr. gonfl.. | | | |

CARACTERES D'ENSEMBLE DU SEDIMENT

Les études de J.J. BLANC (1958b) ont montré l'importance variable de la fraction grossière : dans les régions de hauts-fonds (banc des Esquerquis, banc Graham), la teneur en éléments grossiers peu triés est forte. Ce sont surtout des débris de tests calcaires, témoignant d'une vie animale intense. Au contraire, dans la fosse de Pantellaria et sur la pente continentale, où les formations calcaires organogènes sont plus rares, le sédiment est plus vaseux. Relativement, et pour les mêmes raisons, la fraction grossière non calcaire est moins importante dans les sédiments des hauts-fonds. Nous n'avons pas effectué de comptage, mais constaté la pauvreté en minéraux des sédiments du banc des Esquerquis, où seuls les micas, la calcite et les minéraux des grès (quartz, zircon...) sont présents en quantité notable. Dans le fond de la fosse de Pantellaria, nous avons trouvé une grande abondance de pyroxènes : augite et diallage, et de magnétite; ces minéraux font partie du stock des roches éruptives basiques. Nous avons par ailleurs trouvé des fragments de verres volcaniques, ainsi que de nombreux grains de quartz; les premiers semblent prouver l'existence de volcanisme sous-marin. Quant aux grains de quartz, ils sont les témoins vraisemblables d'affleurements sous-marins de grès calcaires, signalés dans cette région.

Notons donc l'importance de l'apport éruptif, et, secondairement, de l'apport sédimentaire.

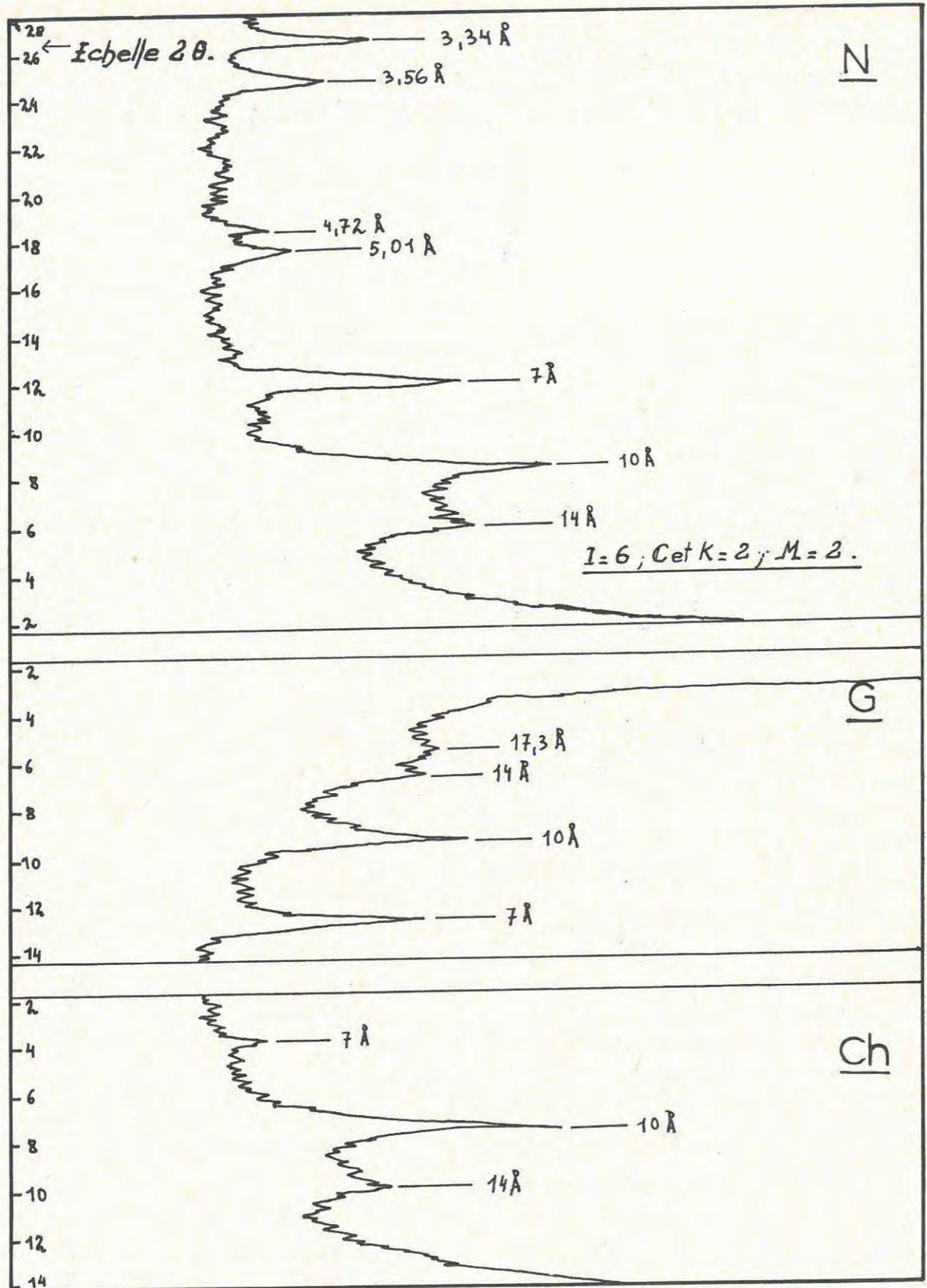
C - MEDITERRANEE NORD-ORIENTALE

- Sud : province à illite dominante.
- Nord : province à montmorillonite à peine dominante.
- Secteurs à montmorillonite très abondante - Talante.
- Rhodes.

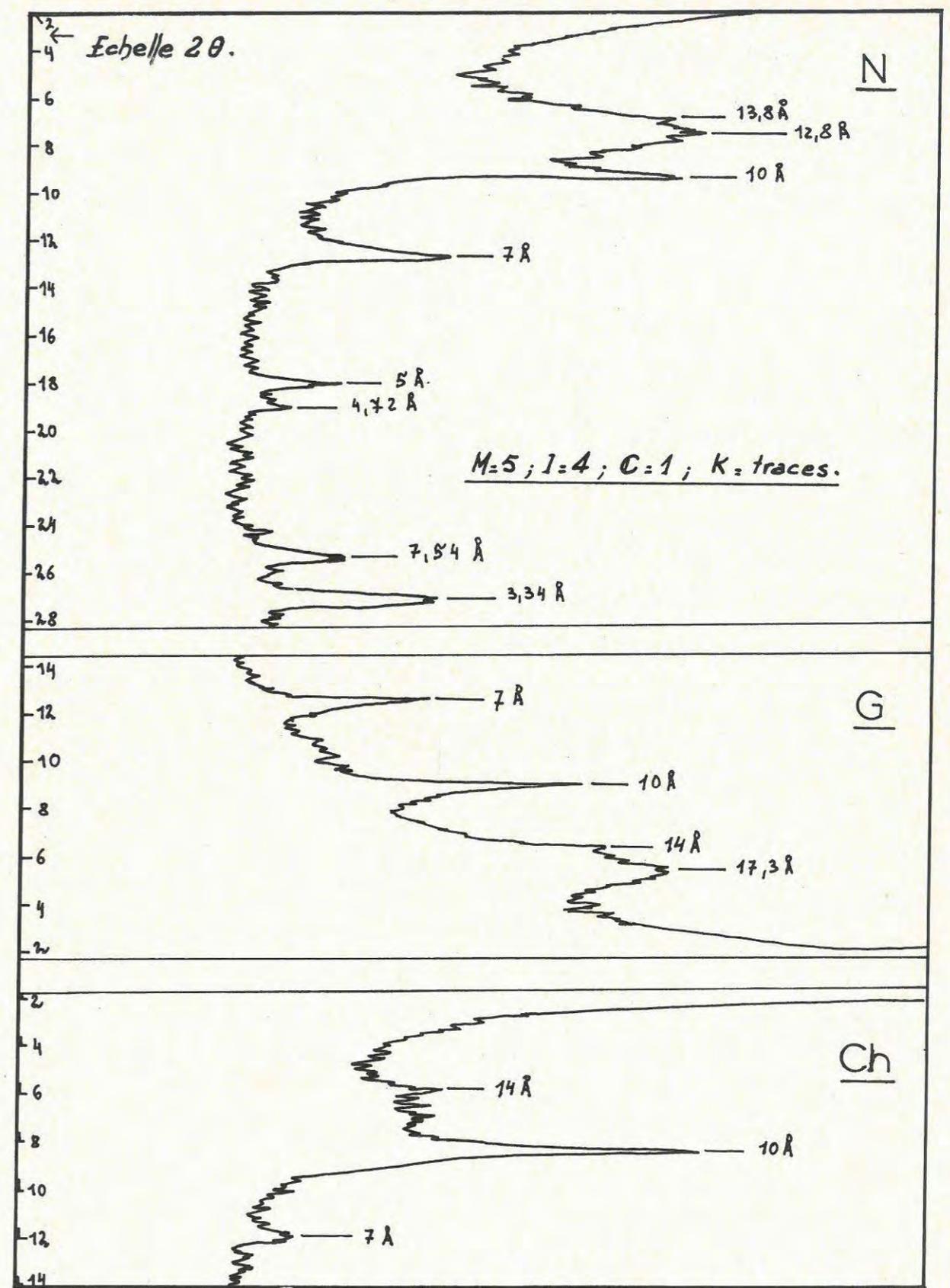
Comme pour la province précédente, nous ne parlerons en détail que des minéraux argileux.

P116. Carte des Stations de Méditerranée
Nord-Orientale.

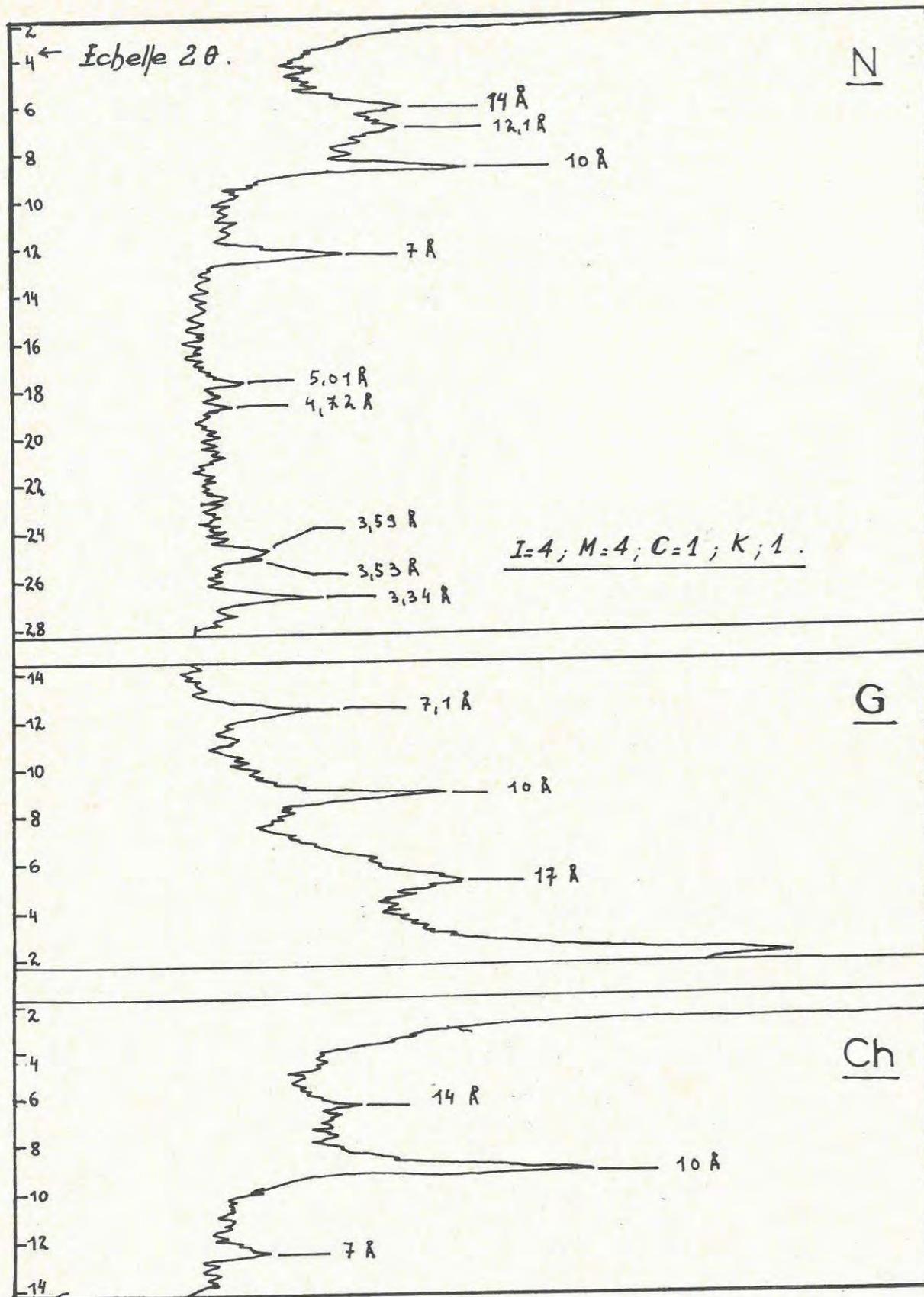




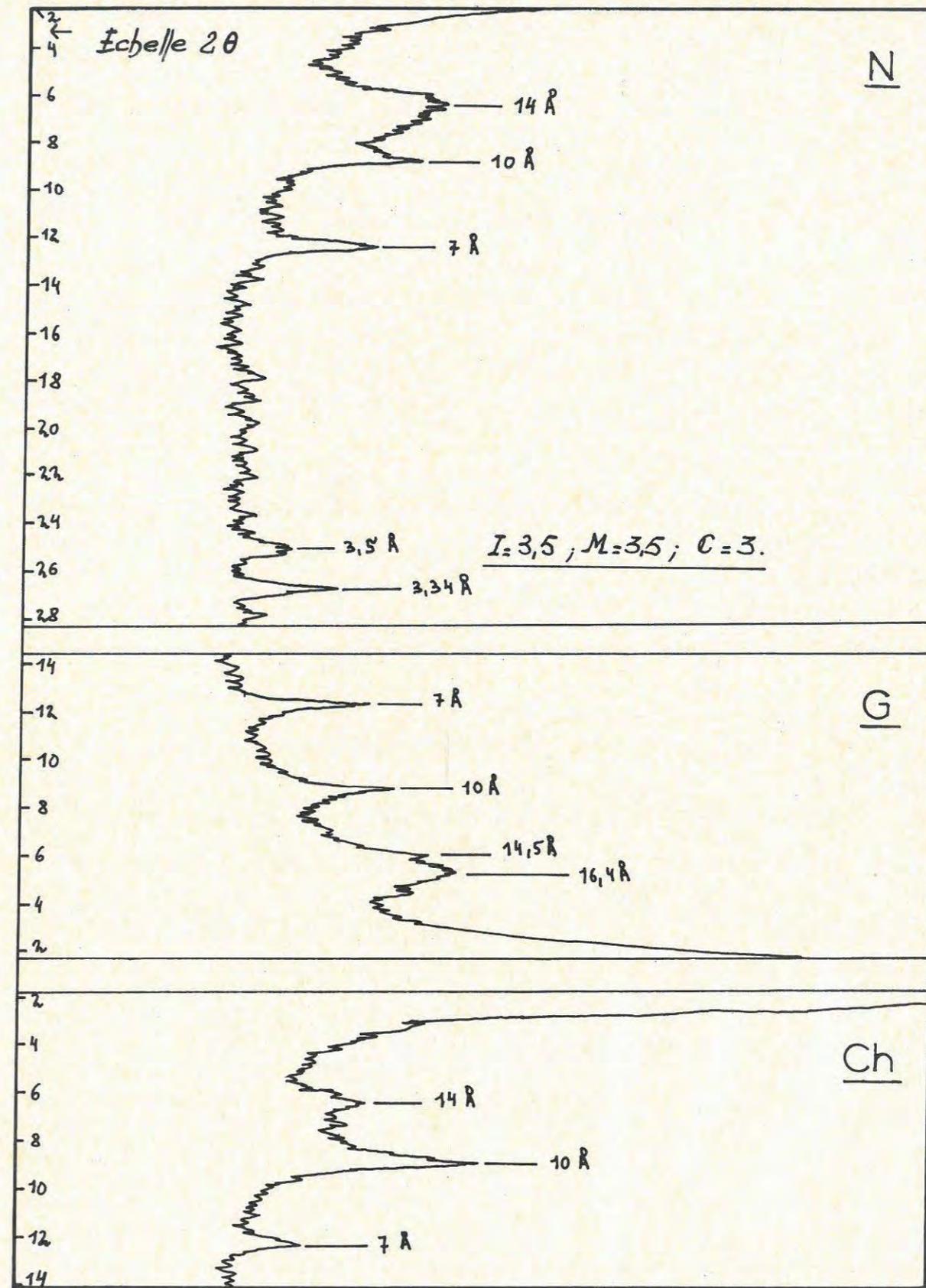
Pl.17 - Méditerranée N-Orientale ; région Sud : Province à illite dominante - Diffractogrammes - (S⁺1515).



Pl.18 - Méditerranée N-Orientale : région Nord. Province à montmorillonite légèrement dominante - Diffractogrammes - (S⁺1573).



P1.19 - Région de l'île d'Anti-Isara - Diagrammes de rayons X.
(Sⁿ. 799)



P1.20 - Méditerranée N-Orientale - Enclave du Santorin
dans la province Sud - Diffractogrammes. (Sⁿ 758).

Nous passerons rapidement sur les autres caractères du sédiment, en nous attachant à ceux pouvant avoir une incidence sur la nature de la phase argileuse. En ce qui concerne l'étude détaillée de ces sédiments, le lecteur voudra bien se référer aux travaux de J.J. BLANC (1958a et travail à l'impression).

SITUATION DES STATIONS

La planche 16, ainsi que le tableau I en appendice, indiquent la localisation des différentes stations.

La carte bathymétrique levée récemment par G. GIEMANN (1960) laisse apparaître une grande diversité dans le contexte topographique des prélèvements. Les quarante échantillons étudiés sont répartis depuis les fosses les plus profondes de Méditerranée (fosse de Matapan, -4200m, st. 1515), jusqu'aux baies peu profondes en voie de colmatage (golfe de Salonique, -50m, st. 1580. Golfe de Volo, -150m, st. 1536), en passant par les reliefs continentaux ennoyés des Cyclades et des Sporades, et par les talus prolongeant le cap Drepano (-1000m, st. 1550) ou l'île d'Anti-Psara (-1015m, st. 799). Cette hétérogénéité dans le choix des stations se traduit par des problèmes sédimentologiques variés (J.J. BLANC). Quelle est son influence sur la minéralogie de la phase argileuse ?

1 - OPPOSITION ENTRE LE NORD ET LE SUD DE LA MER EGEE

1a - MINERAUX ARGILEUX

L'ensemble des spectogrammes de rayons X établis pour les échantillons de Mer Egée montre la présence très fréquente de *montmorillonite bien cristallisée* : les pics à 14 Å (pour l'échantillon glycolé) sont le plus souvent caractérisés par un faible étalement et une acuité non coutumière. Cette particularité n'a pas été observée de façon aussi nette dans la province siculo-tunisienne.

Les estimations quantitatives nous ont amenés à partager la mer Egée en deux provinces à dominances différentes :

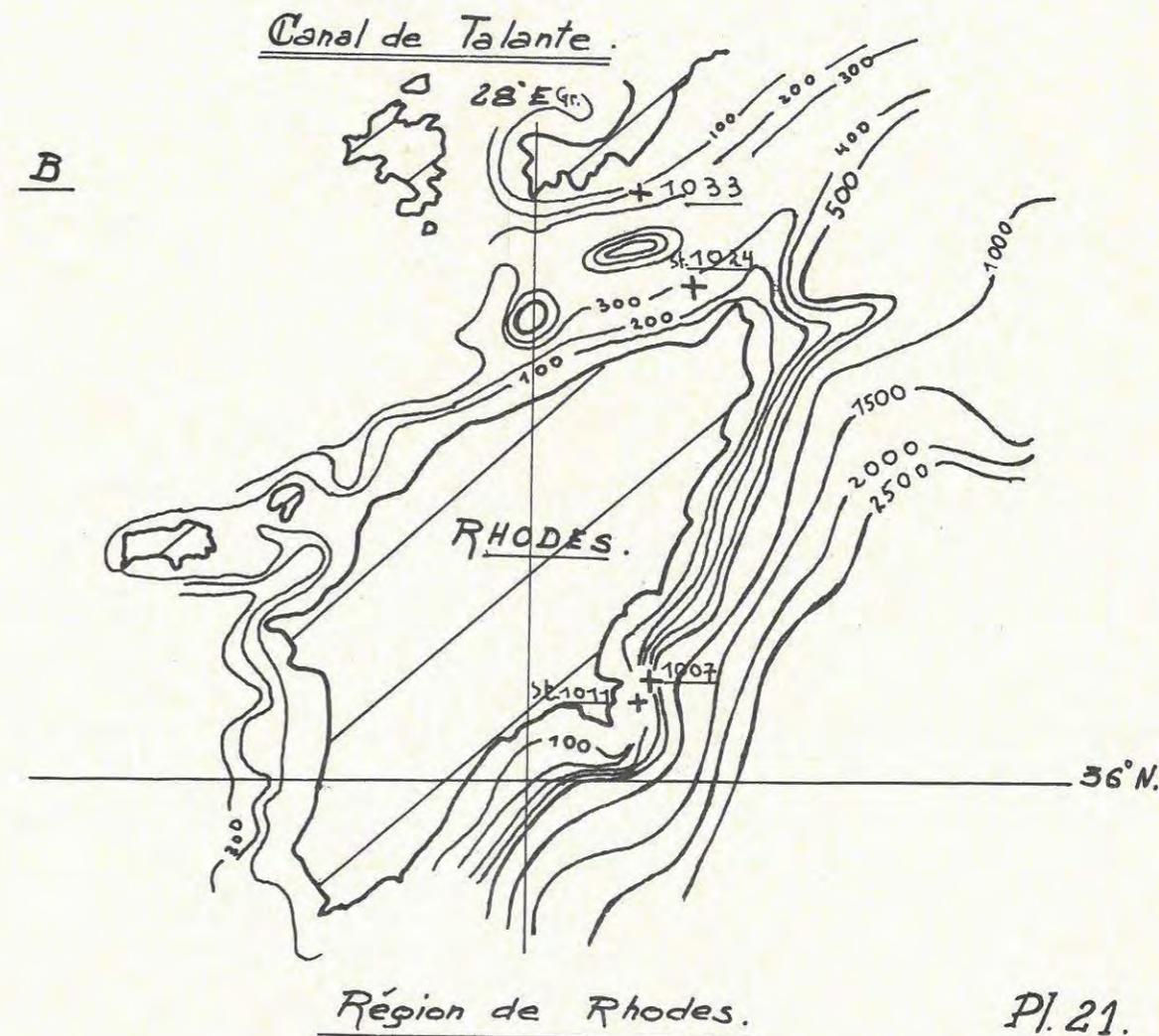
- *Au Sud, la prédominance de l'illite est très marquée.* Les proportions de ce minéral sont voisines de celles des échantillons de mer Tyrrhénienne. La chlorite, donnant au chauffage un pic à 14 Å très bien marqué, est plus abondante que la kaolinite. Les minéraux interstratifiés, masqués par la montmorillonite, n'apparaissent pas sur les diagrammes présentés par les échantillons non traités, mais seulement au chauffage; ce sont des édifices illite-montmorillonite et montmorillonite-chlorite (planche 17).

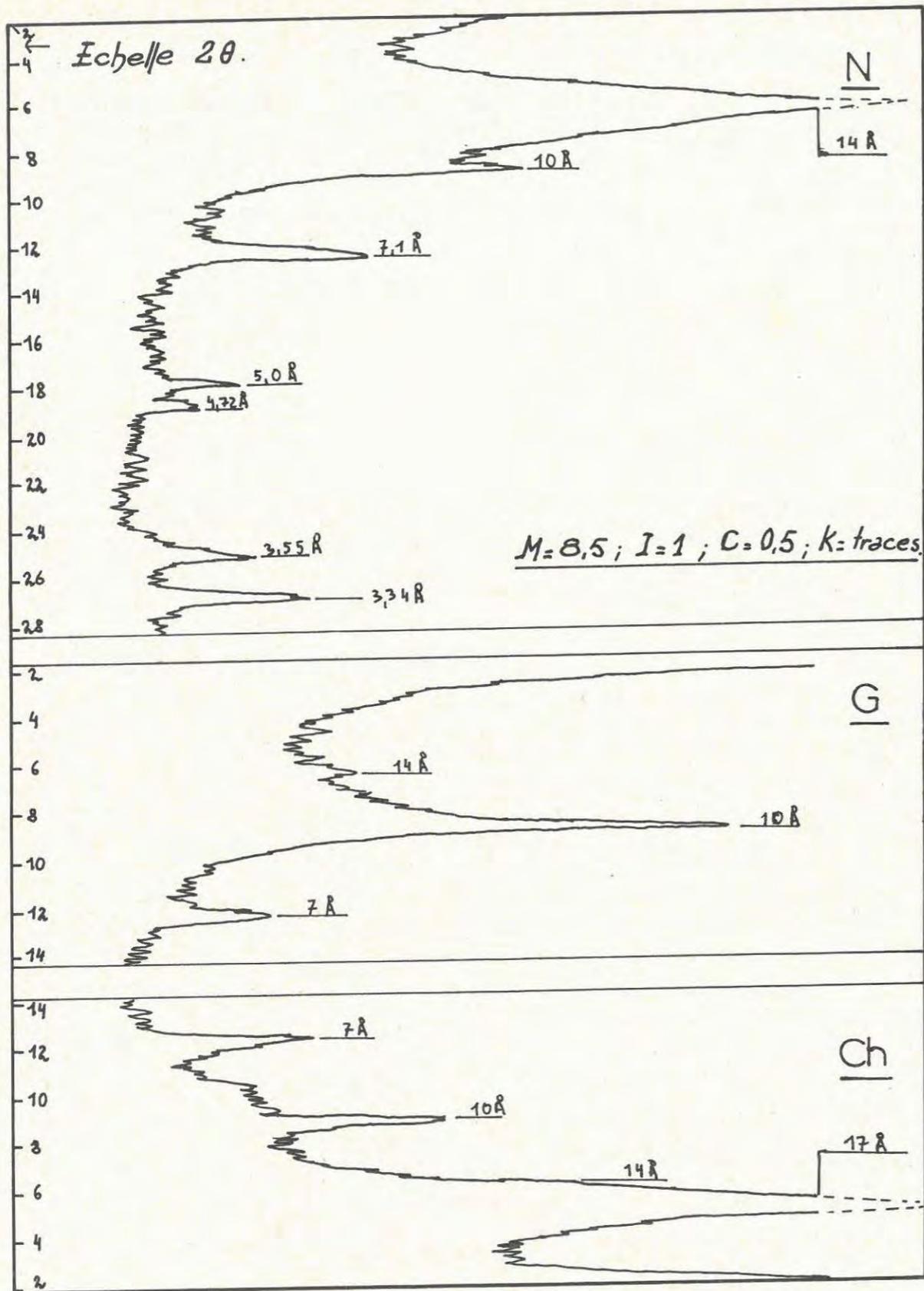
- *Au Nord, la montmorillonite l'emporte légèrement en proportion sur l'illite.* Quant au groupe chlorite et kaolinite, son importance varie peu. Les minéraux interstratifiés, fréquemment nets sur les diagrammes, sont surtout des mélanges de chlorite et de montmorillonite, sous forme de traces (planche 18).

La limite entre les deux provinces, naturellement imprécise à l'échelle considérée, passe au sud de l'île de Mytilène, puis traverse obliquement la mer Egée, en laissant les Cyclades au Sud. Faute de stations, son aboutissement vers le Péloponèse n'a pu être défini : nous ne savons pas, en particulier, si elle passe au sud ou au nord du golfe d'Athènes.

Du point de vue des minéraux argileux, cette limite représente un moyen terme entre les provinces Nord et Sud, et l'on passe insensiblement, par échange progressif des dominances, d'une province à l'autre : les stations avoisinant l'île d'Anti-Psara, à mi-chemin entre les deux zones minéralogiques dominantes, sont également riches en illite et en montmorillonite (planche 19).

Les échantillons provenant de la région de l'archipel volcanique du Santorin possèdent également des proportions très voisines des deux minéraux dominants. Cette zone constitue pratiquement une enclave, dans la province Sud, de sédiments enrichis en minéraux de la province Nord. Signalons que l'élément argileux est peu abondant par rapport à l'ensemble du sédiment (planche 20).





P122 - Canal de Talante : province à montmorillonite très abondante. Diffractogrammes. (S[†] 1526 bis).

Exemples :

| Station | Lieu | Profond. | C et K | I | M |
|-----------------------------|--------------------|----------|--------|-----|-----|
| Sud Mer Egée : 1515 | fosse de Matapan | (-4180m) | 2 | 6 | 2 |
| Zone de passage : 799 | W d'Anti-Psara | (-1015m) | 2 | 4 | 4 |
| Nord Mer Egée : 1573 | golfe de Salonique | (-95m) | 1 | 4 | 5 |
| Région du Santorin : 757 | S de Santorin | (-512m) | 3 | 3,5 | 3,5 |

1b - AUTRES CARACTERES DU SEDIMENT

Les travaux de J.J. BLANC montrent l'abondance des centres d'intérêt présentés par les sédiments de Méditerranée Nord-Orientale. Par contre, l'étude des minéraux argileux met en évidence des variations beaucoup plus réduites. Il semble donc que les caractéristiques sédimentologiques n'influent pas, à l'échelle locale, sur la répartition minéralogique des fractions précolloïdale et colloïdale. Quels sont alors, sur un plan plus vaste, les facteurs, inclus dans le sédiment, susceptibles d'être en relation avec la phase argileuse, et d'influer sur elle par leur présence ou leur absence dans l'une des deux provinces définies plus haut ?

Les recherches de J.J. BLANC conduisent aux observations suivantes :

Les *granulométries*, tant de la fraction grossière que de la fraction fine, présentent, selon les sédiments, tous les faciès définis par A. RIVIERE (1952b). Les faciès peu évolués sont loin d'être fréquents, et, d'une façon générale, on passe rapidement à des *sédiments évolués* et même très évolués. Ce fait suppose la présence de manifestations courantologiques notables, susceptibles de répartir largement les particules fines en suspension dans l'eau.

Les échantillons du sud de la mer Egée sont pauvres en fraction *minérale grossière* : le résidu non calcaire est le plus souvent formé de fragments de schistes, de quartz et de mica, et de quelques éléments d'un volcanisme effusif (ponces). Dans la région Nord au contraire le résidu grossier, et particulièrement le résidu lourd, est généralement abondant. Il comprend, en premier lieu, un fond commun d'affinité ultra-basique, constitué d'espèces minérales issues d'ophiolites : olivine, ilménite... (J.J. BLANC). S'y ajoutent en abondance les éléments d'un stock métamorphique : muscovite surtout, grenat, disthène. Les sédiments dragués près du Santorin sont riches en grains détritiques d'origine volcanique, témoins d'éruptions récentes : hypersthène, quartz d'inclusion, cendres et scories volcaniques.

Ces observations, d'un caractère tout à fait général, nous permettent de supposer certaines causes probables de la répartition des minéraux argileux, causes que nous étudierons dans le chapitre suivant.

2 - CAS PARTICULIERS : ZONES TRES RICHES EN MONTMORILLONITE

Nord du canal de Talante - Région de Rhodes et Est

2a - NORD DU CANAL DE TALANTE

Nous localisons les deux stations étudiées sur le schéma A, planche 21 (d'après la carte bathymétrique de G. GIERMANN, 1960).

Les sédiments prélevés sont des vases riches en fraction fine. L'analyse par diffraction montre une abondance très remarquable de montmorillonite, exceptionnelle par rapport aux sédiments examinés jusqu'à présent (planche 22). Ce minéral donne un pic (001) très supérieur à la normale, cependant que les autres minéraux ont des pics dont l'amplitude demeure courante (diagrammes page 166). Les proportions de l'échantillon le plus caractéristique sont les suivantes :

C = 0,5; K = tr.; I = 1; M = 8,5.

Le contexte sédimentaire de ces échantillons originaux est assez particulier (J.J. BLANC,

travail à l'impression) : si les vases sont relativement pauvres en résidu lourd, les sédiments du prisme littoral proche montrent l'abondance de minéraux issus de péridotites et de serpentinites (ophiolites d'Eubée) : giobertite (65 %), olivine (12 %), chromite, hématite et ilménite. La question des relations entre ces minéraux et l'abondance de la montmorillonite sera discutée dans le chapitre suivant.

2b - REGION DE RHODES ET COTE D'ASIE A L'EST

Nous avons étudié la région de Rhodes en détail, tant du point de vue des minéraux argileux que de celui des autres caractères du sédiment. Nous en ferons ici un exposé assez bref.

Les stations étudiées autour de Rhodes sont localisées sur le schéma B, planche 21 (d'après la carte bathymétrique de G. GIERMANN, 1960). Il faut ajouter à cette province une station effectuée près de la petite île de Castellorizo, passablement à l'est de Rhodes (carte générale, planche 1).

Les sédiments dragués sont généralement des vases, contenant environ 20% d'éléments grossiers; un échantillon moins vaseux a été dragué dans des fonds de type coralligène. La fraction grossière est constituée d'éléments divers, parmi lesquels se trouvent fréquemment des cendres volcaniques. L'ensemble du sédiment renferme 30 à 35% de calcaire.

b¹. Minéraux argileux

La montmorillonite donne des pics de diffraction remarquablement aigus, particulièrement lors du traitement au glycol. Elle est accompagnée du cortège habituel de minéraux interstratifiés (montmorillonite-chlorite surtout). Chlorite et kaolinite sont distinctes l'une de l'autre.

Exemples :

| Station | Lieu | Profond. | C | K | I | M |
|---------|-----------------|----------|-----|-----|---|---|
| 1024 | N Rhodes | (-240 m) | 0,5 | 0,5 | 1 | 8 |
| 1007 | S Rhodes | (-450 m) | | 1 | 2 | 7 |
| 1020 | SE Castellorizo | (-420 m) | | 1 | 3 | 6 |

b². Granulométrie de la fraction fine

Les sédiments sont variés, ils présentent des faciès logarithmiques à sub-paraboliques, ainsi que des faciès hyperboliques très évolués. On peut mettre en évidence des phénomènes de lessivage et de décantation.

b³. Minéraux de la fraction grossière

Voici, à titre d'exemple, les résultats d'un comptage effectué pour les minéraux lourds de la station 1024, dans le canal entre Rhodes et la Turquie. Ce comptage, portant sur 323 grains, admet une erreur statistique de $\pm 3,7\%$.

| MINERAUX | POURCENTAGE | MINERAUX | POURCENTAGE |
|----------------------|-------------|---------------------|-------------|
| sillimanite | 24,1 | disthène | 1,8 |
| calcite | 8,0 | grenat | 1,5 |
| magnétite | 6,5 | biotite chloritisée | 1,2 |
| sphène | 4,6 | apatite | 1,2 |
| glauconie | 4,3 | hypersthène | 1,2 |
| limonite et goethite | 3,8 | diallage | 0,9 |
| chloritoïde | 3,4 | actinote | 0,9 |
| pyrite | 3,4 | staurotite | 0,9 |
| idocrase | 3,2 | tourmaline brune | 0,6 |
| muscovite | 3,1 | quartz | 0,6 |
| hornblende verte | 3,1 | plagioclases | 0,6 |
| andalousite | 2,8 | sidérose | 0,3 |
| diopside | 2,8 | augite | 0,3 |
| olivine | 2,5 | indéterminés | 13,0 |

Sans entrer dans le détail, nous remarquons l'abondance peu commune de la *sillimanite*, et, d'une façon générale, des minéraux des roches métamorphiques. Le stock ultra-basique est également important. Les minéraux des roches acides, par contre, ne sont que faiblement représentés. L'abondance de la calcite, enfin, indique la présence proche de séries calcaires.

Ces minéraux proviennent d'une part des couches sédimentaires crétacées et tertiaires de l'île de Rhodes, plus ou moins métamorphisées, d'autre part des terrains sédimentaires de Turquie, drainés par les fleuves.

Les minéraux authigènes sont ici peu fréquents, au contraire des sédiments des fosses de Corse.

Les autres stations autour de Rhodes ont également fait l'objet de déterminations minéralogiques et de comptages. Les résultats sont très voisins de l'exemple cité. Par contre les sédiments provenant de la côte d'Asie Mineure, à la hauteur de l'île de Patmos (st. 1047), sont caractérisés par des dominances très différentes : les minéraux les plus abondants sont le chloritoïde, le grenat, l'hypersthène et le zircon. Le stock des roches acides est important, et correspond à la géologie continentale voisine (carte géologique de Turquie, feuille Istanbul, 1944).

CHAPITRE III

CONDITIONS DE GISEMENT DES MINERAUX ARGILEUX

ESSAI D'INTERPRETATION

PRESENTATION

Le chapitre présent tentera d'expliquer l'origine des provinces de minéraux argileux définies dans ce travail, en reliant ces minéraux aux caractères décrits dans le chapitre précédent, ainsi qu'à la géologie environnante. En d'autres termes, notre but sera de rechercher les conditions de gisement des minéraux argileux.

Selon l'âge et les caractères présentés par les sédiments, les espèces minérales argileuses sont ramenées par les auteurs à différentes origines, souvent controversées. L'important problème de la néoformation des minéraux argileux dans le milieu de sédimentation a été soulevé et exposé en détail par G. MILLOT (1949), à propos des sédiments anciens. Il apparait, à l'heure actuelle, que l'héritage (théorie de l'apport détritique) et la néogenèse (théorie de la formation dans le bassin de sédimentation) ont chacun leur importance respective, selon le milieu considéré. Dans le milieu actuel, la plupart des descriptions conduisent à la prédominance de l'héritage. Quels sont le ou les cas présentés par les minéraux de nos sédiments, et comment pouvons-nous interpréter les évolutions observées ?

Cet essai ne manque pas de présenter certaines difficultés graves qui limitent sa portée. Il est en effet souvent ambitieux de vouloir relier géologie et minéraux argileux. D'une part la pétrographie de certaines régions est encore imparfaitement connue (côtes de Turquie, archipel égéen...), et les cartes géologiques sont parfois succinctes. D'autre part nous ne connaissons guère les minéraux argileux présents sur le continent, particulièrement en Méditerranée Nord-Orientale. Enfin, les processus d'altération des roches continentales et sous-marines devraient être définis de façon précise, et les études à ce sujet, tant sur le terrain qu'au laboratoire, sont encore fragmentaires. Notre travail se bornera donc essentiellement à émettre des hypothèses, susceptibles d'être confirmées ou infirmées par des études locales détaillées ultérieures.

Nous mènerons cet exposé en considérant successivement les différentes provinces définies dans le chapitre précédent.

A - PROVINCE A ILLITE DOMINANTE DE MEDITERRANEE OCCIDENTALE

I - ILLITE, ILLITE OUVERTE ET MONTMORILLONITE

Le problème de l'origine de l'illite, minéral ubiquiste et très abondant dans la province considérée, est à envisager en premier lieu. Ce problème a donné lieu, pour la Méditerranée Occidentale,

à plusieurs hypothèses génétiques, que nous allons résumer. Nous considérerons ensuite le cas des stations qui font l'objet de cette étude.

I - 1 E. NORIN (1953), étudiant des sédiments du centre de la mer Tyrrhénienne, met en évidence, par une analyse minéralogique détaillée, la présence d'une altération par exfoliation de la biotite, aboutissant à une structure vermiculaire. Le complexe qui en résulte semble composé en majeure partie d'illite. NORIN pense que cet ensemble minéral a été élaboré sur place dans le sédiment ("post-deposition").

G. MULLER (1961), au cours d'une étude de sédiments du golfe de Naples, montre la présence d'illite et de kaolinite bien cristallisées. Il pense également que l'illite a été formée in situ, par transformation d'un matériel volcanique d'origine continentale.

R.E. GRIM et J.P. VERNET (1961), étudiant des dragages dans le golfe de Naples et des carottages (longueur moyenne : 40cm) à l'est de la Sardaigne, trouvent des quantités importantes d'illite, ainsi que des minéraux interstratifiés ("mixed-layer") de montmorillonite et sans doute de chlorite, et peu de montmorillonite indépendante. L'observation du contexte sédimentaire des carottes conduit ces auteurs à penser que la montmorillonite, issue de la transformation de poussières volcaniques, évolue rapidement, sous l'influence des ions de l'eau de mer, en un assemblage interstratifié, qui donnerait lui-même naissance à de l'illite. De telles transformations de la montmorillonite ont été envisagées dans d'autres mers, par d'autres auteurs, pour expliquer des évolutions quantitatives inverses entre montmorillonite et minéraux interstratifiés.

I - 2 Les interprétations suggérées par nos sédiments concernent en premier lieu les carottes du canal de Corse, dont certaines présentent une évolution minéralogique.

Il faut *a priori* être très prudent dans les interprétations sur colonnes verticales, du fait de l'incertitude où l'on est au sujet des conditions de sédimentation au cours du temps (G. MILLOT, 1963, manuel sous presse). Dans le cas présent, les carottes ne dépassent pas un mètre. Par ailleurs, l'étude granulométrique a montré que la sédimentation n'a subi que des fluctuations peu importantes de la base au sommet des carottes. Enfin l'étude de la microfaune et de la fraction grossière prouve un dépôt récent, même pour les sédiments des niveaux les plus inférieurs. Nous pouvons donc supposer que les évolutions touchant les minéraux argileux se sont produites uniquement après le dépôt. Nous reviendrons du reste plus loin sur ce problème.

2a -ORIGINE DE L'ILLITE

L'illite formée par altération est essentiellement issue de la dégradation des micas et de la séricitisation des feldspaths. Ces minéraux, et particulièrement les micas, sont présents en grande abondance dans les schistes cristallins et les nombreuses roches métamorphiques qui forment l'essentiel des affleurements continentaux entourant l'aire considérée. Par ailleurs l'étude des minéraux de la fraction grossière a montré qu'ils étaient directement issus des régions émergées les plus proches, et qu'ils étaient constitués pour une forte proportion de minéraux micacés. Il semble donc que l'illite soit d'origine simplement détritique, sans qu'il soit nécessaire de faire appel à des phénomènes de néoformation, phénomènes d'autant plus improbables que l'illite est accompagnée de chlorite, minéral non synthétisé dans les mers aériées.

L'illite est donc un produit d'altération des schistes métamorphiques de Corse (écaïlle métamorphique éocène), du flysch de Gênes, des schistes métamorphiques de la côte provençale (Maures, banc des Blauquières...) et de diverses roches éruptives (W Corse, S Sardaigne...), par l'intermédiaire des micas et des feldspaths renfermés dans ces roches. L'apport à la mer est réalisé par les fleuves et les torrents côtiers (Rhône, Gapeau, Arno, torrents de Corse...).

Nous pouvons alors nous poser la question de savoir si l'illite détritique est issue d'un héritage direct, ou de phénomènes de transformation dans le sédiment non compacté, à partir d'autres minéraux, issus, eux, d'un héritage direct.

§ L'observation microscopique révèle la présence de nombreux micas, dont certains sont altérés (muscovites entièrement piquetées, biotites décolorées ou chloritisées), et dont d'autres, moins abondants, présentent de très belles figures en lumière polarisée et en lumière convergente (biotites surtout). Ces résultats ne nous sont pas d'une grande utilité car, du fait de la jeunesse des dépôts, rien ne nous permet d'affirmer que les altérations se sont produites dans la mer plutôt que sur le continent.

§ L'observation du contexte sédimentaire des échantillons laisse supposer que l'illite a été dégradée sur le continent :

- L'illite est le minéral argileux le plus résistant lors de reprises successives. Les stations étudiées étant dans l'ensemble très proches de reliefs exondés, il est vraisemblable que l'illite provienne directement de ces reliefs.

- Les études minéralogiques effectuées sur le continent montrent la présence d'illite d'altération abondante, issue de la pédogenèse. Le tri fluvial peut avoir amené ce minéral sans dommage jusqu'à la mer, dans laquelle il s'est déposé par décantation.

Une partie au moins de l'illite, telle qu'elle est caractérisée dans le sédiment, est donc très probablement *directement héritée du continent*. Cette hypothèse paraît d'autant plus vraisemblable que d'autres minéraux argileux, plus fragiles que l'illite sont, comme nous le verrons plus loin, de toute évidence hérités.

2b - LE PROBLEME DE L'ILLITE OUVERTE

Les quarante-cinq échantillons étudiés dans cette province, répartis en treize stations, renferment de l'illite ouverte. Celle-ci est une illite dont certains feuillets "baillent", c'est à dire évoluent vers des assemblages foliaires tels qu'en présente la montmorillonite. L'illite ouverte est-elle un terme de passage dans une évolution illite-montmorillonite, ou bien est-elle simplement une illite altérée ?

b¹. Un fait important observé dans certaines carottes est, de la base vers le sommet, un élargissement du pic à 10 Å de l'illite, du côté des petits angles. Les minéraux interstratifiés gonflants paraissent, eux, être de moins en moins bien cristallisés. Autrement dit, depuis les niveaux les plus anciens jusqu'aux niveaux les plus récents, l'ensemble interstratifié passe d'un état à tendance nettement gonflante à un état intermédiaire entre une illite et un minéral interstratifié gonflant régulier.

Sur les diagrammes (planche 5), cette évolution se manifeste par un refoulement des fractions interstratifiées vers les grands angles (échantillons normal) et par l'étalement et la diffusion du pic à 17 Å (échantillon glycolé), vers le sommet de la carotte. Ce phénomène, se traduisant par des figures de diffraction bien définies, ne semble pouvoir être attribué à des artefacts ou des erreurs d'expérimentation : d'une part les diagrammes témoignent d'une grande fidélité dans les formes de pics observées (cas de diagrammes refaits avec de nouvelles préparations), et, d'autre part, l'évolution est nette pour deux carottes. De plus, certains essais, renouvelés avec ces mêmes échantillons, ont abouti à des courbes similaires.

b². Rapports entre l'illite et les minéraux gonflants

Les observations précédentes entrent en contradiction avec l'hypothèse d'une illite provenant d'une altération rapide de la montmorillonite. En effet la montmorillonite, plus abondante et surtout plus nette à la base qu'au sommet des carottes, montre une évolution inverse de celle de son altération en une illite. Il semble donc, et cela pour nos seules stations, que l'ensemble de la fraction illitique ne puisse pas provenir d'un matériel volcanique dégradé en montmorillonite. Du reste les éléments volcaniques sont très rares dans nos vases, nous n'avons trouvé que quelques ponces accidentelles, qui peuvent très bien avoir été flottées depuis les archipels volcaniques du sud de la mer Tyrrhénienne. Il faut par ailleurs tenir compte de la petitesse habituelle des particules de montmorillonite, par rapport à celles d'illite; l'évolution de la seconde en la première semble plus aisée que l'inverse, car elle ne suppose, en plus des conditions chimiques nécessaires au changement ionique, qu'une fragmentation particulière, mieux concevable qu'une croissance cristalline.

Le fait que les feuillets montmorillonitiques sont plus rares vers les côtes de Provence, où l'illite forme la presque totalité de la phase argileuse, peut venir confirmer l'ensemble de ces observations. En effet l'absence de montmorillonite cristalline correspond à une quasi-absence d'épanchements volcaniques dans les environs. Par contre l'illite, extrêmement abondante, correspond à des gisements continentaux particulièrement riches en minéraux dont l'altération conduit à l'illite (roches métamorphiques de la côte provençale).

Du sud vers le nord de la province à illite dominante de Méditerranée Nord-Occidentale, on s'éloigne des gisements volcaniques, ce qui se traduit par une diminution de la montmorillonite. Le

cortège de minéraux interstratifiés accompagnant l'illite, non influencé par ces variations, suggère qu'il en est directement issu. Il se peut aussi que les différences minéralogiques entre le Nord et le Sud soient dues à des différences dans la nature de l'altération des divers types de roches : l'apport des côtes de Provence, par exemple, pourrait provenir de roches moins altérées que l'apport des régions situées plus au Sud. Nous ne pouvons trancher ce problème ici.

b³. Comment interpréter l'évolution observée sur les diagrammes ? (planche 5)

§ Il est d'abord possible que le continent libère dans la mer des particules de plus en plus dégradées au cours du temps. Ces particules (illite et feuilletts gonflants) sont alors uniquement héritées et le milieu de sédimentation ne joue aucun rôle : la sédimentation reflète simplement l'évolution de l'altération continentale.

Cette évolution ne se manifeste pas pour la chlorite ou la kaolinite. Par ailleurs, il faut supposer que l'évolution sur le continent est assez rapide au cours du temps, les sédiments déposés étant récents.

§ Une autre hypothèse est que l'illite ouverte se forme sur le continent, de façon homogène dans le temps, par lessivage des ions potassium à l'eau douce et en milieu très aéré. Cette illite ouverte se déposerait à la partie supérieure des sédiments; elle serait, à partir de ce moment, susceptibles d'évoluer et cette évolution apparaît dans les argiles plus anciennes des niveaux inférieurs. Avec le temps, les feuilletts d'illite, dégarnis en potassium par lessivage continental, se regarniraient en prenant du potassium au milieu marin. Cette hypothèse expliquerait que les sédiments les plus anciens renferment l'illite la mieux cristallisée.

Quant à la meilleure cristallinité, vers le bas de la carotte, des feuilletts gonflants, elle pourrait provenir de l'évolution des particules d'illite ouverte les plus altérées, à l'origine, sur le continent. Ces particules, incapables de récupérer du potassium, auraient en quelque sorte dépassé un seuil (J. LUCAS). Cette hypothèse justifierait l'apparition, vers le bas de la carotte, à côté de l'illite au pic fin, d'une zone bien individualisée, imputable au matériel gonflant; cette zone correspondrait à l'illite ouverte la plus évoluée, c'est-à-dire aux particules, primitivement noyées, dans la montée du large pic, les plus proches du pic à 14 Å.

Remarque : - Nous ne pouvons naturellement pas présumer des limites d'évolution du phénomène observé en profondeur.

II - CHLORITE

La chlorite abonde dans les séries de schistes cristallins. Le résidu grossier de nos sédiments montre la présence de ce minéral en quantité notable. La chlorite est donc *directement héritée du continent*.

Du sommet vers la base de nos carottes, c'est-à-dire à mesure que le sédiment est plus ancien, la chlorite ne subit pas de modifications quantitatives. Or c'est un minéral plus fragile que l'illite, et qui se dégrade facilement. Cela confirme d'une part la rapidité relative de dépôt des sédiments et, d'autre part, le calme et l'homogénéité d'ensemble de la sédimentation.

III - KAOLINITE

C'est un minéral fréquent dans les argiles de décalcification caractéristiques de l'aire soumise au climat méditerranéen. Nous sommes naturellement conduits à penser que la kaolinite de nos sédiments provient du lessivage de ces sols, et en particulier de l'érosion des karsts pendant la régression post-tyrrhénienne (J.J. BLANC, 1958c). Signalons que G. MULLER (1961) pense que la kaolinite, trouvée en assez grande abondance dans le golfe de Naples, s'est formée in situ à partir de verres volcaniques.

La kaolinite, fréquemment moins sensible aux ions flocculants que les autres minéraux argileux détritiques (A. RIVIERE et S. VERHNET, 1952), ne semble pas avoir été entraînée, par sédimentation différentielle, plus loin que l'illite par exemple : le classement et la dispersion montrés par les courbes granulométriques ne parlent en effet pas dans ce sens, sauf peut-être dans la vase

du golfe de Gênes, où la kaolinite est peu nette, et où les particules les plus fines et les moins flocculables ont été éliminées sous l'influence de courants côtiers.

CONCLUSION

D'une façon générale, et pour résumer l'ensemble de cette discussion, il apparaît qu'illite, chlorite et kaolinite sont d'origine détritique. L'illite ouverte paraît s'être formée par altération continentale et évoluer dans le milieu marin. Quant à la montmorillonite *sensu stricto*, peu abondante, sa présence s'explique par la transformation d'un matériel volcanique rare.

B - PROVINCE A ILLITE ET MONTMORILLONITE DOMINANTES DE MEDITERRANEE CENTRALE

Cette province, nous l'avons vu, montre une remarquable homogénéité dans la nature des minéraux argileux. Ce trait s'oppose aux autres caractères du sédiment, variables d'une station à l'autre. Cette différence peut s'expliquer par l'existence de courants : ceux-ci déplaceraient les particules argileuses, en les répartissant largement, cependant que la nature des minéraux lourds, la teneur en calcaire et la granulométrie de l'ensemble du sédiment conserveraient un caractère plus local. De tels courants sont décrits dans le détroit siculo-tunisien : il a en particulier été mis en évidence un courant provenant des côtes d'Afrique du Nord, et se dirigeant d'une part vers la Méditerranée Orientale et d'autre part vers la mer Tyrrhénienne. La "Calypso" a également constaté des courants notables au cours de sa mission en 1955 dans cette région.

La géologie continentale et l'étude des minéraux de la fraction grossière des sédiments montrent l'importance des couches sédimentaires secondaires et tertiaires, essentiellement calcaires, ainsi que celle des affleurements volcaniques, plus ou moins récents (carte géologique internationale de l'Europe, 1952). Nous pouvons en déduire les hypothèses suivantes :

- Illite : Les conclusions tirées de l'étude de la province précédente peuvent être utilisées ici : l'illite, minéral commun, est un produit d'héritage issu de la dégradation des micas et des feldspaths, minéraux contenus dans les roches continentales et dans les sédiments dragués.

- Kaolinite : Ce minéral est plus abondant ici que partout ailleurs. Or la région considérée, située au cœur du domaine méditerranéen, abonde en séries calcaires, dont la décalcification conduit à des argiles rouges fréquemment kaoliniques. Il est vraisemblable que la kaolinite de nos sédiments soit issue du lessivage continental de ces abondantes argiles de décalcification.

- Chlorite : C'est un minéral hérité des schistes cristallins, dans l'ensemble des sédiments actuels. Or la chlorite est peu abondante dans les sédiments dragués. Ce fait semble correspondre à la relative pauvreté des affleurements continentaux de ces schistes, et à la rareté de ce minéral dans la fraction grossière détritique.

- Montmorillonite : Ce minéral, ainsi que les minéraux interstratifiés qui l'accompagnent, est abondant dans les sédiments. Dans la région considérée, les affleurements de roches volcaniques sont nombreux, et des éruptions aériennes et sous-marines se manifestent encore actuellement. L'opinion classique, qui fait dériver la montmorillonite d'un matériel volcanique, semble donc être vérifiée ici.

En résumé, les minéraux argileux de cette province siculo-tunisienne semblent être issus de la transformation de roches d'épanchement, pour la montmorillonite, et d'un héritage banal, pour les autres minéraux.

C - PROVINCES DE MEDITERRANEE NORD-ORIENTALE

Nous avons constaté, au cours de l'étude des précédentes provinces, que les minéraux argileux dominants dans les fonds marins correspondaient à une abondance des roches continentales susceptibles de se dégrader en ces minéraux. L'héritage est-il également essentiel dans le cas présent, et quels sont les problèmes d'origine des minéraux argileux posés par les sédiments dragués dans la vaste région méditerranéenne nord-orientale ? Tentons de répondre à ces questions en recherchant dans la géologie continentale les roches dominantes, et leurs possibilités d'altération dans le milieu terrestre et marin. Les cartes géologiques utilisées sont celles de l'Europe (1925 et 1958), ainsi que celles de Grèce (1954) et de Turquie (1944).

1 - PROVINCE A ILLITE DE MER EGEE DU SUD

Les vases prélevées au *Sud du Péloponèse* sont tributaires des apports de marbres et de schistes semi-métamorphiques du cap Matapan, ainsi que des apports de marnes schisteuses siliceuses et de calcaires marins sédimentaires à lits d'argiles de la zone de l'Olonos. Ces terrains, et en particulier les terrains schisteux cristallins, sont propres à se dégrader essentiellement en illite, et également en chlorite.

Les affleurements de *Crête* nous montrent une géologie d'ensemble très voisine : sur un socle de roches semi-métamorphiques, apparaissant en grandes fenêtres, se sont mis en place, in situ ou sous forme de nappes de flysch, des calcaires, dolomites et marnes. Il n'y a pas de roches ignées.

Le *golfe de Corinthe*, enserré au milieu de reliefs très jeunes, reçoit l'apport de nombreux petits fleuves torrentiels, drainant essentiellement les matériaux d'altération de flyschs daniens à oligocènes de la série du Pinde-Olonos. Les affleurements au sud du golfe sont ceux du Péloponèse. Minéraux argileux et roches exondées dominantes sont donc voisins de ceux des deux cas précédents.

Les bassins d'effondrement situés entre les îles de l'*archipel des Cyclades*, mis à part ceux tributaires d'une activité volcanique importante (Santorin en particulier), sont riches en illite. Les groupes d'îles les plus proches des stations effectuées (Paros, Anti-Paros, Naxos...) présentent très peu d'affleurements de roches éruptives et effusives; les roches d'épanchement, cependant, sont peut-être responsables de la bonne cristallinité de la montmorillonite, peu abondante.

Les gisements les plus nombreux sont formés de schistes cristallins et de roches métamorphiques, dont des marbres analogues à ceux de Matapan. Ces roches, et en particulier les schistes, riches en minéraux micacés, constituent des "roches-mères" de l'illite.

Les *fonds proches de la côte d'Asie Mineure* enfin, comprise entre *Chio* et *Kos*, constituent la dernière zone étudiée riche en illite. Les terres émergées, tant celles formant le continent que les îles, sont essentiellement constituées de roches métamorphiques et de terrains sédimentaires secondaires et tertiaires (surtout calcaires). La géologie est donc ici encore voisine de celle des régions précédentes. La présence, en assez faible quantité, de belle montmorillonite, semble due à des roches d'épanchement, affleurant en petits massifs.

En résumé, la géologie continentale de cette province du Sud se prête à des phénomènes d'altération en faveur d'une formation préférentielle d'illite (abondance des schistes cristallins et des autres roches semi-métamorphiques). Les minéraux lourds trouvés dans les sédiments (minéraux des schistes surtout) laissent prévoir ce résultat. Les autres minéraux de la phase argileuse, et particulièrement l'élément gonflant, proviennent de roches calcaires et dolomitiques semi-métamorphiques, et de rares affleurements de roches volcaniques.

2 - PROVINCE A MONTMORILLONITE DOMINANTE DE MER EGEE DU NORD

La région des *Sporades du Nord* (Skopelos et Alonissos) est formée, dans sa majeure partie, de terrains calcaires et dolomitiques; leur pétrographie est mal connue, surtout du point de vue des minéraux d'altération. Nous constatons seulement que ces terrains sont très pauvrement représentés dans les Cyclades, où la montmorillonite est peu abondante. Par ailleurs les roches calcaires, fréquemment alcalines, sont souvent riches en montmorillonite. Il est possible que ces terrains soient responsables d'un héritage de ce minéral dans la mer.

Les sédiments prélevés dans le *golfe de Volo*, dépression continentale effondrée, sont riches en montmorillonite bien cristallisée. Les bords de ce golfe fermé sont constitués de roches métamorphiques, parmi lesquelles prédominent les schistes cristallins. J. AUBOUIN (1959) mentionne un petit volcan près de Volo. Il semble que les minéraux argileux de type montmorillonite proviennent essentiellement du drainage fluvial d'importants gisements de roches basiques intrusives (péridotites, serpentines, gabbros, diabases) situés dans l'arrière pays. L'étude de la fraction grossière montre en effet la présence abondante de grains d'olivine, d'hypersthène, de giobertite, minéraux responsables d'un important apport de magnésium, et non présents dans l'entourage pétrographique immédiat.

Les régions bordant la côte nord de la mer Egée (golfe de Salonique et de Cassandre, cap Drepano, sud de l'île de Thasos) sont riches en dépôts alluvionnaires, déterminés par un important drainage fluvial (fleuve Vardar en particulier). Notons également la présence de filons de roches intrusives basiques. Par ailleurs les gneiss, granites et terrains sédimentaires tertiaires sont notablement

représentés. A Thasos abondent les marbres et autres calcaires métamorphiques. Le manque de prélèvements d'argiles continentales, face à un large éventail de roches émergées, roches souvent sans particularité reconnue quant à leur mode de dégradation, fait ici gravement défaut : nous pouvons supposer, sans fondements valables, différentes conjectures.

Notons cependant que les déterminations d'argiles de sols en Grèce, effectuées par le laboratoire de sédimentologie de Strasbourg, par G. MILLOT, J. LUCAS et H. PAQUET, montrent la présence, souvent importante, de montmorillonite dans la fraction fine de ces sols, et cela particulièrement dans la région de Salonique.

Nous remarquons par ailleurs, en plus des affleurements ultra-basiques, l'abondance des roches ignées acides. La montmorillonite est fréquemment issue de la transformation de roches ignées basiques; cependant ce minéral peut également être un sous-produit de roches d'épanchements acides (G. SADRAN, G. MILLOT et M. BONIFAS, 1955). Cela permet d'expliquer avec davantage de probabilité l'origine de la montmorillonite. Quant aux autres minéraux argileux, la présence des schistes et des roches granitiques les justifie pleinement.

Signalons que les films de rayons X, obtenus par diffraction sur des poudres non orientées d'échantillons dragués au large du cap Drepano, ont montré une diminution des minéraux non argileux avec la profondeur. Ce fait n'a pas d'incidence sur la nature des minéraux argileux.

A *Samothrace*, les affleurements dominants sont ceux issus d'un volcanisme tertiaire effusif acide. Nous pouvons donc, pour tenter d'expliquer l'origine de la montmorillonite des sédiments dragués, faire la même remarque, concernant la transformation possible de ces roches acides, que pour la région précédente.

Les argiles draguées autour des îles de *Mytilène* et de *Lemnos* se ressemblent beaucoup, par les figures qu'elles présentent sur les diagrammes de rayons X. Ces îles, ainsi que la côte turque proche, sont formées pour une part importante de laves et de tufs basiques : serpentines, andésites, basaltes, tufs andésitiques. Ces roches sont particulièrement abondantes à Mytilène, où l'activité volcanique est à l'origine de nombreuses sources thermo-minérales (M. PERTESSIS, 1932). L'abondance des argiles du groupe des smectiques peut s'expliquer ici par un héritage direct ou indirect de minéraux provenant de roches d'épanchement. Les autres minéraux argileux (illite, chlorite) proviennent de divers affleurements de schistes cristallins et de roches métamorphiques.

En résumé, cette province Nord est caractérisée par la diversité des affleurements continentaux. Dans certains cas, l'abondance de la montmorillonite s'explique de façon simple par la présence de gisements de roches basiques, et peut-être de couches calcaires métamorphiques, dans les régions voisines des fonds dragués. Les roches volcaniques acides peuvent également être à l'origine de sa formation. Dans d'autres cas, nous sommes en présence d'un problème plus complexe, et l'insuffisance de renseignements sur la pétrographie locale, ainsi que le manque de prélèvements de sols, ne nous permettent que de formuler des hypothèses, qu'il serait nécessaire d'étayer. Les rares déterminations d'argiles des faciès continentaux d'altération semblent montrer que la montmorillonite est simplement détritique. Il est cependant également possible que la transformation des minéraux qui sont à son origine puisse avoir lieu dans le bassin de sédimentation, à partir des éléments détritiques de roches volcaniques d'épanchement.

3 - CAS INTERMEDIARES

3a - Les sédiments prélevés sur le *talus détritiqué à l'ouest de l'île d'Anti-Psara* représentent, par les proportions de leurs minéraux argileux, un moyen terme entre les provinces du nord et du sud de la mer Egée. Du point de vue des affleurements géologiques, l'archipel voisin de Psara est constitué de roches métamorphiques (schistes, phyllades et calcaires cristallins) et de rares massifs de roches basiques. Ces roches sont susceptibles de conduire, par leur dégradation, à une dominance égale d'illite et de montmorillonite. Le fait essentiel est cependant que *cette région est située à mi-chemin entre les deux provinces* : il semble ici encore que soit prouvée la large diffusion des particules argileuses, qui tend à effacer le rôle local de la géologie, pour aboutir à des variations de grande amplitude. D'une façon simplifiée, Anti-Psara se trouve entre les régions riches en roches ignées (se dégradant préférentiellement en montmorillonite) et les régions riches en schistes cristallins (se dégradant préférentiellement en illite) : il en résulte un équilibre approximatif entre les proportions des minéraux argileux dominants dans les sédiments.

3b - La région de l'*archipel volcanique du Santorin* présente également des proportions voisines

en illite et en montmorillonite. Il semble que l'interprétation de ce résultat soit ici assez immédiate. Le Santorin constitue le centre d'une zone encore actuellement périodiquement éruptive : les descriptions des roches de l'archipel, qui ont fait l'objet de maintes publications volcanologiques, montrent l'abondance des tufs et des roches d'épanchement tertiaires et quaternaires (andésites, dacites, rhyolites...). Les produits de ce volcanisme se retrouvent sur les îles et dans le sédiment (J.J. BLANC, 1958a et 1962); ils sont susceptibles de se dégrader en montmorillonite. Nous ne savons si cette dégradation est plutôt continentale que marine.

Mais cette évolution n'est pas immédiate. D'autre part elle peut être interrompue partiellement par de nouvelles éruptions, susceptibles de déclencher un nouveau cycle d'érosion et d'altération. Cela pourrait expliquer que la montmorillonite n'est pas aussi abondante que le laisserait présumer l'importance des gisements volcaniques. Les roches d'épanchement présentes pourraient signifier un développement futur important de montmorillonite.

4 - ZONES LOCALISEES TRES RICHES EN MONTMORILLONITE

4a - Canal de Talante

Le problème de l'origine de la montmorillonite apparaît ici sous un aspect simple. Les affleurements de *péridotites* de l'île d'Eubée, déjà décrits en 1904 par J. DEPRAT, se dégradent typiquement en minéraux gonflants de la famille de la montmorillonite. Or ces massifs ultra-basiques, proches des stations étudiées, sont en surrection actuelle, donc intensément érodés. Les minéraux lourds dominants dans le sédiment, atteignant un degré d'altération avancé, sont ceux issus de ces massifs (J.J. BLANC, travail à l'impression). La montmorillonite de Talante provient donc directement de ces massifs. En dehors de ces ophiolites, la région possède une pétrographie voisine de celle de la province du sud de la mer Egée, avec en plus quelques gisements de roches éruptives. L'influence d'ensemble de ces autres affleurements sur les argiles des stations étudiées est secondaire.

4b - Région de l'île de Rhodes

L'abondance de la montmorillonite est caractéristique de toute l'aire entourant l'île de Rhodes. Vers l'Est, cette abondance reste remarquable, avec cependant une légère diminution (Castellorizo). Au nord de cette aire, dans le golfe de Kos, la montmorillonite est peu abondante (2/10). A l'Ouest, nous pénétrons dans la province à illite dominante de mer Egée du sud. Nous ne connaissons pas l'extension de la province à montmorillonite au sud de Rhodes.

Faute d'avoir pu effectuer une étude géologique et géomorphologique sur place, nous sommes réduits, pour tenter d'expliquer l'origine de ce minéral, à formuler différentes hypothèses :

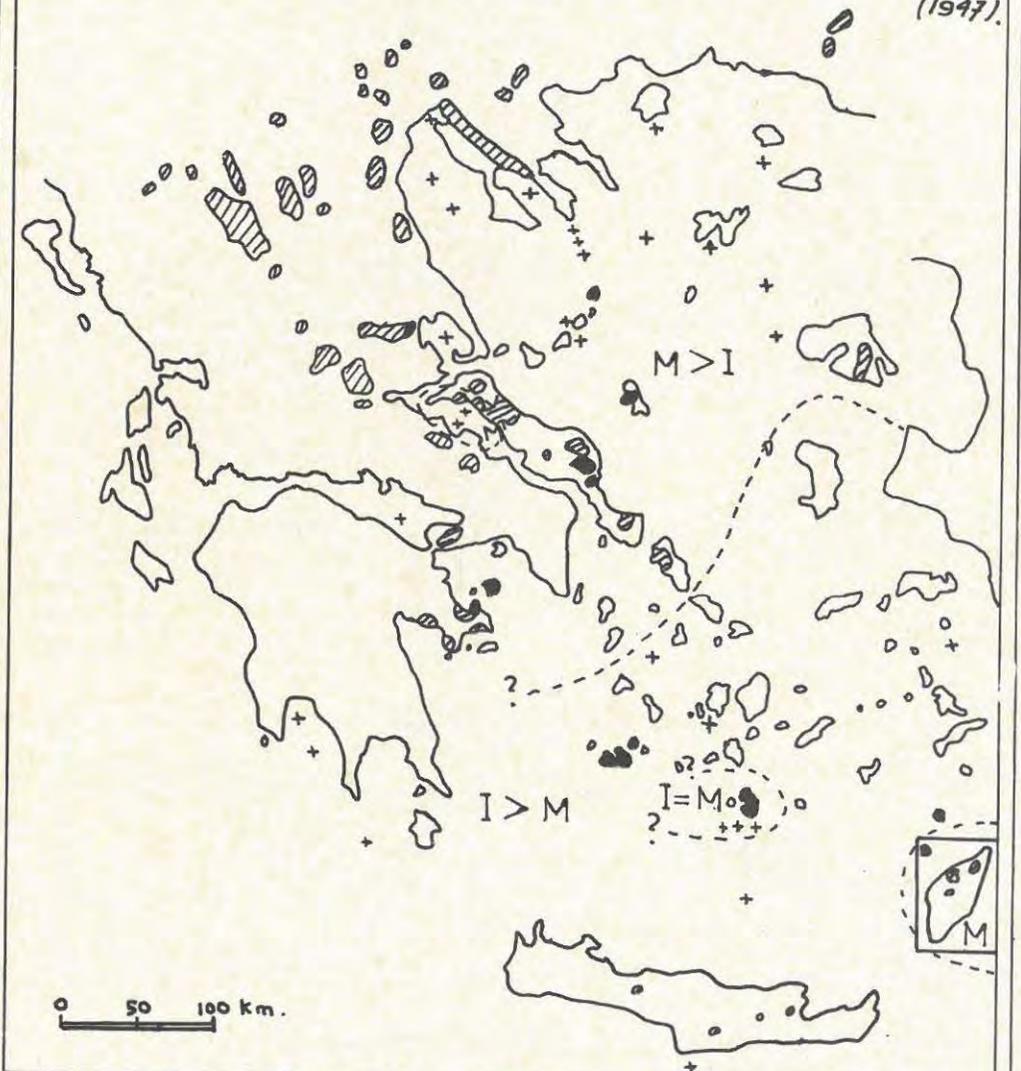
§ La montmorillonite peut d'abord être la conséquence d'une *activité volcanique tertiaire et quaternaire*, de nature insulaire et sous-marine. Au nord de Rhodes, le volcan *Nisiros*, subactuel, a répandu dacites, andésites et trachyandésites dans les fonds environnants. Notons que des débris volcaniques ont été recueillis par la "Calypso". Mais dans le cas où ce phénomène serait prépondérant, les sédiments du golfe de Kos, également proches du Nisiros, seraient très riches en montmorillonite. A part le Nisiros, il y a très peu de roches volcaniques récentes décrites dans cette région. Les sondages effectués par les océanographes russes autour de Rhodes et vers la Crète montrent l'existence d'un fond sous-marin tourmenté, qui paraît correspondre à des reliefs de type volcanique; cela n'est qu'une hypothèse, car il n'a jamais été ramené de roches en place de ces fonds.

§ En second lieu, la montmorillonite pourrait provenir des *terrains affleurant sur l'île de Rhodes*. Ces terrains, décrits en détail par G. BUKOWSKI (1898) - bien que sans considérations ni sur les dégradations éventuelles des roches ni sur les minéraux argileux -, sont constitués de flyschs du crétacé supérieur et surtout de couches sédimentaires tertiaires, qui comprennent en abondance des *sables verts serpentineux*, ainsi que des *schistes marneux gris et verts*. J.J. BLANC a trouvé de l'olivine en très grande quantité dans les sables "calabriens" de Rhodes. D.N. YAALON (1955) et Y. BENTOR (1957), au cours d'études minéralogiques récentes en Israël, ont mis en évidence la dominance de la montmorillonite dans les sols; or les "couches sédimentaires vertes" décrites à Rhodes par BUKOWSKI sont analogues à celles présentes sur tout le périmètre méditerranéen oriental. Cette hypothèse d'une montmorillonite héritée directement des terrains sédimentaires de Rhodes est à considérer tout particulièrement. Notons que BUKOWSKI cite également quelques affleurements d'andésites et de trachytes, assez localisés, que H. et G. TERMIER (1957) attribuent à des épanchements volcaniques contemporains de l'installation des flyschs oligocènes.

P123. Roches ultrabasiques et volcans récents

dans les territoires grecs.

d'après K. Zachos (1953) et N.A. Critikos (1947).



Légende :
 ● Roches ultrabasiques.
 ● Roches volcaniques récentes.
 + Stations.
 --- Limites des provinces.

§ En troisième lieu nous pouvons mettre en cause les *terrains continentaux*, d'âge différent de ceux de Rhodes, ainsi que le drainage par les fleuves. Cette explication vient probablement s'ajouter à la précédente pour justifier l'abondance de la montmorillonite. La notice explicative de la carte géologique de la Turquie décrit des séries calcaires mésozoïques, comprenant fréquemment des éléments serpentineux. Un autre fait est la présence de fleuves importants (Dalaman et Kocaçay), en provenance de régions très continentales, et en particulier du vaste massif de l'Eşler, riche en ophiolites. Ces fleuves aboutissent sur la côte turque à la latitude de Rhodes. Il n'y a pas de fleuve homologue se jetant dans le golfe de Kos. L'abondance relative de la montmorillonite au sud de la côte turque et à l'est de Rhodes (région de Castellorizo) constitue un argument en faveur de cette hypothèse.

§ La possibilité d'une néoformation localisée de la montmorillonite ne paraît guère pouvoir être envisagée dans le cas présent. Nous n'avons décelé aucune particularité du sédiment pouvant la laisser supposer; nous avons notamment recherché en vain d'éventuelles silicifications. Cette possibilité est d'autant moins probable que la néoformation de la montmorillonite dans la mer est rare. Elle a été décrite dans des cas très particuliers, tels que le lessivage intense d'un continent en voie de latéritisation. De telles conditions ne sont pas réalisées actuellement ici. La montmorillonite ne peut être qu'héritée, de façon directe ou indirecte.

CONCLUSION A L'ETUDE DES CONDITIONS DE GISEMENT DES MINERAUX ARGILEUX EN MEDITERRANEE NORD-ORIENTALE

Nous avons présenté au cours de la précédente discussion différentes hypothèses, à propos des diverses régions étudiées, en nous aidant des faits admis classiquement. Recherchant à partir des cartes et publications géologiques l'origine des minéraux argileux, nous avons adopté un point de vue finaliste, nécessité par l'impossibilité où nous nous trouvons d'avoir pu effectuer des prélèvements continentaux d'argiles. Si ce point de vue n'aboutit à aucune solution définitive, il nous permet de "dégrossir" le problème posé par les argiles de nos stations, par l'exposé de solutions vraisemblables.

D'une façon générale, la complexité des affleurements géologiques ne nous permet pas d'entrer dans le détail des relations entre minéraux argileux et "roches-mères", sauf dans le cas de régions particulières (ex : canal de Talante). Cela ne semble du reste pas nécessaire, car il apparaît que la diffusion et le mélange des paillettes argileuses empêchent tout rapprochement pétrographique poussé. L'exposé ci-dessus aboutit aux conclusions suivantes : la montmorillonite est un produit hérité des roches d'épanchement et des roches grenues ultra-basiques, ainsi peut-être que des matériaux inclus dans certaines roches calcaires. Les autres espèces ont la même origine que celle mise en évidence en Méditerranée Occidentale.

Ces résultats, déduits de l'observation pour chaque aire proche de stations effectuées dans les fonds marins, se retrouvent sous un angle plus général. Il est en effet remarquable de constater que tous les gisements de roches ultra-basiques, et presque la totalité des roches volcaniques, se trouvent au nord de la limite que nous avons été amenés à tracer pour séparer les provinces de minéraux argileux. Nous présentons ci-joint (planche 23) la carte des gisements de roches ultra-basiques de Grèce, établie par K. ZACHOS (1953). Nous avons également porté sur cette carte les zones volcaniques récentes (d'après N.A. CRITIKOS, 1947).

Cette coïncidence laisse supposer que la zone moyenne entre les deux provinces minéralogiques de mer Egée passe plutôt au sud qu'au nord du golfe d'Athènes, l'Eubée et le nord-est du Péloponèse possédant des gisements de roches ultra-basiques (voir page 159).

Remarquons par ailleurs que les gisements magnésiens essentiels, qui permettent de présumer de la présence de montmorillonite, se trouvent également au nord de cette zone moyenne (carte des minéraux industriellement exploitables dans le secteur grec; S.D. CATRAKIS, 1948).

En conclusion, les stations étudiées présentent différents cas : les unes concernent des zones tectogéniques (Talante), d'autres appartiennent à des pièges à sédiments profonds (Matapan) ou peu profonds (Volo, Salonique), d'autres enfin font partie d'un contexte détritique plus commun (Anti-Psara, cap Drepano). Ces différents cas sont fréquemment liés (canal de Talante : tectogène provoquant un apport détritique important). De toutes façons, il semble que ce contexte physique et dynamique soit secondaire par rapport à la nature pétrographique dominante des régions étudiées, et que son rôle soit simplement de permettre l'exploitation des caractéristiques pétrographiques, et de modérer le détail du patrimoine sédimentaire.

CONCLUSION

1 - Les faits que nous avons tenté de mettre en évidence sont de deux types :

a - Caractères sédimentologiques de dépôts meubles méditerranéens

Il convient de remarquer la diversité des types de sédimentation rencontrés en Méditerranée. Leur pluralité atteint son plus haut degré dans le cas des sédiments littoraux et peu profonds (zones de transfert, prismes littoraux, deltas...), pour lesquels les variables sont multiples. A mesure que l'échantillonnage s'adresse à des zones plus profondes, zones qui comprennent la plupart de nos prélèvements, les caractères du sédiment deviennent plus monotones : le rôle des diverses variables s'atténue, et les facteurs originaux se font plus rares (manifestations volcaniques, courants profonds, affleurements de substrat dur...). C'est alors, dans ce contexte fonctionnant "au ralenti", que peuvent se manifester de façon tangible des modifications sédimentaires d'origine physique, chimique et microbiologique.

En-deçà de quelques centaines de mètres subsistent quelques types sédimentaires, dont les caractères sont modelés par la topographie et la géologie sous-marine (affleurements de substrat dur, volcanisme), la profondeur et la distance au continent, ainsi parfois que l'hydrodynamisme et la vie benthique :

- Fosses formant "pièges" à sédiments (canal de Corse, fosses de Matapan et de Pantellaria) : le régime sédimentaire est détritique fin, le dépôt a lieu par décantation, avec faible triage. Lorsqu'une certaine activité du benthos profond parvient à s'établir, on passe à un type détritique grossier, de caractère plus exceptionnel (fosse au nord-ouest de Capraia, dans le canal de Corse : massifs de coraux profonds).

- Pente continentale normale (Anti-Psara, cap Drepano, golfe de Gênes) : la sédimentation détritique est homogène, les courants sont rares, et le dépôt se fait par gravité, selon un classement peu modifié par l'activité des organismes.

- Canyons sous-marins (Cassidaigne) : le régime sédimentaire est soumis de façon étroite à l'apport détritique et aux facteurs météorologiques. Les déplacements de matériaux sont fréquemment importants (minéraux de la fraction grossière).

- Plaine profonde (bassins dits abyssaux de mer Egée) : il s'y dépose par décantation des sédiments fins et triés.

Nous avons insisté dans ce travail sur les sédiments du canal de Corse. Nous avons mis en évidence, à propos de quatre carottes ramenées du fond des quatre fosses jalonnant ce canal, des variations sédimentaires en fonction du temps, variations de faible amplitude soumises essentiellement au régime climatique. Nous avons en particulier étudié la granulométrie de la fraction fine, ainsi que la nature minéralogique et morphologique de la fraction grossière de ces carottes, et nous avons montré combien ces caractéristiques étaient influencées par la proximité du continent (cf. conclusion partielle sur les carottes effectuées dans le canal de Corse, page 144). Nous avons également discuté de l'histoire des fosses situées à l'est de la Corse, et posé la question de l'existence d'une importante ligne de fractures, suggérée par diverses observations à propos de nos sédiments, entre la Corse et l'archipel Toscan (cf. page 152). Les sédiments déposés sont destinés à donner des marnes, moins homogènes que celles formant les grands rythmes fossiles.

b - Nature des minéraux argileux de ces sédiments

Les déterminations, effectuées essentiellement par diffraction aux rayons X, aboutissent aux résultats d'ensemble suivants :

- Le minéral le plus commun, fréquemment dominant, est l'illite. Ce fait se retrouve pour de nombreuses mers du globe (G. MILLOT, 1963, manuel sous presse) : les analyses d'argiles, effectuées à l'heure actuelle pour un nombre relativement important de sédiments marins, montrent que l'illite est un minéral typiquement cosmopolite. Sa résistance naturelle dans le milieu marin, augmentée dans le cas de conditions oxydantes (R.E. GRIM, 1953, pg. 352), est responsable de la conservation de cette vaste répartition. Une certaine partie des feuillettes d'illite sont constituées d'illite ouverte, issue de l'ouverture des feuillettes d'illite banale et du lessivage des ions potassiums. Cette

modification du minéral, qui a probablement eu lieu sur le continent, tend à évoluer, semble-t-il, dans le milieu marin vers une refermeture des feuillets d'illite et une individualisation d'autres feuillets argileux, à propriétés interfoliaires nettement gonflantes. Nous ne savons pas comment se poursuit cette évolution en-deçà du premier mètre de sédiment.

- Les autres minéraux argileux : *montmorillonite*, *chlorite*, *kaolinite* et *minéraux interstratifiés à propriétés gonflantes* (feuillets à base d'illite et montmorillonite, et de chlorite et montmorillonite), sont présents en quantités variables, parfois sous forme de traces mais parfois également en proportion importante (montmorillonite surtout), dans toute l'aire considérée.

Nous avons été amenés à grouper les stations étudiées en *provinces*, définies par la répartition des minéraux argileux dominants selon les régions (cf. page 106). Nous avons tenté d'expliquer la localisation de ces provinces en recherchant l'origine des minéraux argileux. Nous avons été conduits à des conclusions, susceptibles d'être remaniées à la suite d'études pétrographiques ultérieures localisées, en particulier des faciès continentaux d'altération.

D'une façon générale, cependant, en ce qui concerne, d'une part les relations entre les minéraux argileux de nos sédiments et le contexte géographique, topographique et sédimentologique des prélèvements, et, d'autre part, l'origine de ces minéraux argileux, nous pouvons avancer les conclusions ci-après.

2 - Minéraux argileux et leurs proportions en fonction du lieu.

a - L'illite est abondante en Méditerranée Occidentale et dans la partie sud de la Méditerranée Nord-Orientale. Elle est égale (Méditerranée Centrale) ou inférieure (nord de la Méditerranée Nord-Orientale) en proportion à la *montmorillonite*, dans les autres régions. La *montmorillonite* paraît mieux définie en mer Egée que partout ailleurs. Elle est particulièrement abondante et bien cristallisée dans les régions voisines de gisements volcaniques ou éruptifs ultra-basiques (Talante, Volo..., Méditerranée Centrale).

b - Chlorite et kaolinite forment un fond minéralogique quantitativement secondaire et assez constant. La kaolinite l'emporte en Méditerranée Centrale, la chlorite en Méditerranée Nord-Orientale.

c - Les minéraux interstratifiés sont particulièrement nets en Méditerranée Nord-Occidentale, où la *montmorillonite*, peu abondante, ne les masque pas.

3 - Minéraux argileux et leur contexte topographique et sédimentologique.

D'une façon générale, nous constatons une *grande homogénéité* dans la nature et les proportions des minéraux argileux.

a - La granulométrie influence très peu la constitution minéralogique des vases. Ainsi les sédiments riches en fraction grossière (ex : versant de l'île de Capraia) comprennent les mêmes minéraux argileux que les vases très fines tributaires des mêmes apports continentaux (ex : fosses du canal de Corse). Cela se conçoit aisément, car tous les minéraux argileux sont inclus dans la fraction la plus fine des sédiments, fraction qui, nous l'avons vu, présente des variations granulométriques modérées, du fait de son mode de dépôt par décantation et du grand nombre de particules.

b - De même la profondeur, ainsi que la morphologie sous-marine, ne jouent pratiquement aucun rôle sur la nature minéralogique des argiles, du moins au-delà des zones littorales : sédiments des fosses, pentes fortes ou faibles, et plaine "abyssale", ne présentent guère de différences minéralogiques. Par ailleurs un fond donné n'est pas lié de façon étroite à la géologie des terres émergées proches. Ces caractères sont peut-être propres à la Méditerranée, pour laquelle les lieux de sédimentation ne sont jamais très éloignés d'îles ou de continents.

Il semble que cette homogénéité soit due, d'une part à de faibles variations dans le degré de floculation des différents minéraux, et d'autre part à la finesse des particules argileuses, favorable à une *vaste dissémination*. Il en résulte des *fluctuations de grande amplitude*, subordonnées à la pétrographie régionale d'ensemble.

Tout se ramène donc à une question d'échelle : d'un point de vue local, les variations observées sont insignifiantes, on ne relève que des évolutions de détail, sauf éventuellement dans certains cas exceptionnels (golfs fermés dans lesquels la sédimentation est tributaire d'affleurements

localisés). A l'échelle des bassins marins, les minéraux argileux montrent des variations régulières, de grande amplitude, conduisant à des dominances globales. Ces variations sont régies par les courants, dont les plus faibles suffisent à déplacer les lamelles en suspension. Du point de vue de la répartition, les argiles sédimentaires, et particulièrement les argiles marines, se différencient donc des argiles d'altération formées sur le continent, lesquelles, en fonction de la nature des gisements pétrographiques générateurs de ces argiles, peuvent présenter des différences brutales et une étroite localisation.

4 - Minéraux argileux et problèmes d'évolution et de genèse.

Les connaissances actuelles sur la genèse des minéraux argileux dans le milieu naturel sont encore fragmentaires. Elles avancent cependant à grands pas, grâce d'une part aux essais de synthèse et de transformation effectués en plusieurs laboratoires, et particulièrement en France, et d'autre part aux déterminations et expériences poursuivies dans les milieux actuel et anciens. L'océanographe pourra apporter sa contribution aux travaux du pédologue et du géochimiste des altérations, en recherchant, dans les mers actuelles, les caractéristiques des minéraux présents, selon la nature du milieu et le contexte géologique. Il pourra émettre des hypothèses qui, en l'absence d'une étude minéralogique approfondie, auront un caractère nécessairement général, et ne présenteront d'autre mérite que celui d'apporter des éléments supplémentaires au bagage statistique commun, et de susciter des discussions.

Les mécanismes susceptibles d'expliquer l'état minéralogique d'une argile, cités par G. KULBICKI et G. MILLOT (1960), sont les suivants :

- Héritage : apport détritique banal dans le milieu de sédimentation.

- Transformation : modification d'un minéral hérité, dans le milieu de sédimentation. Cette modification peut avoir lieu dans une suspension minérale, ou encore dans le sédiment imbibé d'eau interstitielle, et non compacté (J. LUCAS, 1962).

- Néof ormation : Formation d'un minéral à partir de solutions ioniques, en l'absence d'un minéral primitif formant "support". Les ions participant à cette formation peuvent provenir de minéraux détritiques présents dans le bassin de genèse, ou avoir été transportés par les eaux.

- Evolutions diagenétiques : modifications minéralogiques, le plus souvent de détail, dans le sédiment abondamment recouvert de sédiment plus récent. Les vases dans lesquelles se produisent ces modifications sont compactées et non concernées par des circulations ioniques interstitielles. Ce mécanisme n'intervient pas pour nos sédiments, tous superficiels.

a - Héritage. Les résultats de cette étude conduisent à poser le mécanisme de l'héritage comme dominant. A défaut d'avoir pu suivre les minéraux depuis le continent jusqu'à leur point de sédimentation, nous les avons rattachés à des ensembles géologiques probables. Les "roches-mères" des minéraux argileux rencontrés dans nos sédiments sont les suivantes :

- Illite : schistes cristallins et granites; dégradation des micas et des feldspaths.

- Chlorite : essentiellement roches métamorphiques; également dégradation de l'ensemble des roches riches en minéraux ferro-magésiens.

- Kaolinite : sols rouges méditerranéens; également roches éruptives acides.

- Montmorillonite : roches volcaniques, et roches calcaires, plus ou moins métamorphisées.

Les reliefs jeunes formant actuellement la topographie terrestre favorisent l'érosion et l'altération du matériel continental. En Méditerranée particulièrement, les côtes sont "vivantes" et soumises à des influences climatiques souvent extrêmes ("desquamation" par la chaleur, gélivation). Par ailleurs il est normal que, dans le milieu actuel et subactuel, l'essentiel des phénomènes observés soit dû plutôt à des actions mécaniques qu'à des causes physico-chimiques, en cours d'évolution et encore mal discernables. Enfin, l'étude lithologique a permis de souligner le caractère détritique de la sédimentation. Ces observations justifient pleinement l'importance de l'héritage. Dans le monde entier, de nombreuses études aboutissent à considérer l'héritage comme essentiel. En France

les travaux de A. RIVIERE, de G. SABATIER et de W. D. NESTEROFF, ainsi que d'autres recherches dans le milieu actuel, concourent à ce résultat.

b - Transformation. Les édifices interstratifiés sont présents dans l'ensemble des sédiments ayant fait l'objet de cette étude. Pour la plupart irréguliers, ils constituent un état transitoire entre deux minéraux argileux simples ou interstratifiés réguliers. Nous avons relevé quelques évolutions de caractère ionique, en particulier à partir de l'illite.

c - Néoforations. Nous n'avons pu mettre en évidence dans nos sédiments des mécanismes de néogène. Bien que les minéraux argileux soient répartis très largement (exemple : nord de la mer Egée : les minéraux argileux présentent très peu de différences en fonction du lieu, alors que la géologie continentale est notablement diversifiée), ils montrent des fluctuations quantitatives de grande amplitude, qui sont à rattacher à des différences pétrographiques d'ensemble. Par ailleurs nous n'avons que rarement découvert de silicifications, qui pourraient être l'indice d'une formation authigène d'autres minéraux silicatés, tels que les argiles; dans des zones riches en montmorillonite en particulier, où l'origine de ce minéral n'est pas nette (région de Rhodes), nous n'avons pas relevé de telles formations siliceuses.

Cette absence, du moins apparente, de néoforations, ne correspond pas aux phénomènes mis en évidence dans divers types de bassins de sédimentation fossiles. En particulier les travaux de G. MILLOT (1949) ont montré l'importance des néogènes dans les mers secondaires. Il est vraisemblable que dans le cas présent les néoforations soient "masquées" par rapport à l'écrasante prépondérance de l'héritage (G. MILLOT). Les bassins mésozoïques (mers, lacs) étaient entourés de reliefs très évolués, et de ce fait favorables, à l'échelle géologique, à la manifestation dominante de synthèses ioniques.

L'ensemble de ces remarques laisse apparaître l'importance de la phase argileuse des vases marines actuelles. Son étude permet de contribuer :

- d'une part à la connaissance des vases anciennes : conditions de formation, milieu sédimentaire, origine des constituants;

- d'autre part à l'éclaircissement de l'origine des minéraux argileux, par comparaison avec les argiles anciennes et les argiles d'altération (sols).

Dans le cas présent, il apparaît que les minéraux argileux sont tous hérités depuis le continent, de façon directe ou non, ou par endroits légèrement transformés. La Méditerranée est une mer qui subit de façon stricte l'influence des terres émergées, et cette dépendance explique la grande diversité des problèmes sédimentologiques que son observation propose à l'étude.

Station Marine d'Endoume et Centre
d'Océanographie, Marseille.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBOUIN J., 1959 - Contribution à l'étude géologique de la Grèce Septentrionale, des confins de l'Empire et de la Thessalie. *Ann. géol. des pays hellén.*, 1ère sér., t. X, 1959.
- ASSUNÇÃO T. de et GARRIDO J., 1953 - Tables pour la détermination des minéraux au moyen des rayons X. *Labo. de minér. et de géol. de la fac des sc. de Lisbonne*, 1953.
- BILLY G., 1954 - Etude des courbes normales de dispersion. *C.D.U., Paris* 1954.
- BENTOR Y., 1957 - Genetic classification of clays and shales in Israël. *Bull. of the Research Council of Israël*, 1957, sect. B, pp. 279-280.
- BLANC J.J., 1958a - Recherches géologiques et sédimentologiques en Méditerranée Nord-Orientale. *Résult. sc. des camp. de la "Calypso"*, VIIIème camp. 1955; fasc. III, pp. 158-211.
- BLANC J.J., 1958b - Sédimentologie sous-marine du détroit siculo-tunisien. *Résult. sc. des camp. de la "Calypso"*; VIIème camp. sur le seuil siculo-tunisien; fasc. III, pp. 92-126.

- BLANC J.J., 1958c - Recherches de sédimentologie littorale et sous-marine en Provence Occidentale. *Tb. Paris* 1958.
- BLANC J.J., 1959 - Recherches sur les vases du golfe de Gênes (1957) (région de Portofino). *Résult. sc. des camp. de la "Calypso"*, XIIème camp. dans le golfe de Gênes; fasc. IV, pp. 274-287.
- BLANC J.J., 1962 - Remarques sur divers types de sédiments sous-marins de Méditerranée et leur radioactivité. *Coll. nat. du C.N.R.S. : Océanographie géologique et géophysique de la Médit. Occid.*, 1962, pp. 171-176.
- BLANC J.J., 1963, à l'impression - (Résultats de la campagne de mai-juin 1960 en Méditerranée Nord-Orientale). *Résult. sc. des camp. de la "Calypso"*, 1963.
- BLANC J.J., PICARD J., PERES J.M., 1959 - Coraux profonds et thanatocoenoses quaternaires en Méditerranée. *Coll. intern. du C.N.R.S. n° LXXXIII*, 1959, pp. 185-192.
- BOURCART J., 1941 - Essai d'une classification raisonnée des matériaux meubles. *B.S.G.F.*, 5ème sér., t. II, 1941, pp. 117-153.
- BOURCART J., 1959 - Morphologie du Précontinent des Pyrénées à la Sardaigne. *Coll. intern. du C.N.R.S.*, n° LXXXIII, 1959, discussion pg. 51.
- BOURCART J., 1960 - Sur les propriétés physiques des vases profondes de la Méditerranée Occidentale. *C.r. de l'Ac. des sc. de Paris*, t. 251, pp. 1951-1953.
- BOURCART J., 1962 - Allocation d'ouverture du *coll. nat. du C.N.R.S. : Océanographie géologique et géophysique de la Médit. Occidentale: Villefranche-sur-mer*, avril 1961.
- BOURCART J., et OTTMANN F. 1957 - Recherches de géologie marine dans la région du Cap Corse. *Rev. géogr. phys. et géol. dyn.*, vol. I, fasc. 2, pp. 66-78.
- BROWN G., 1961 - The X-Ray identification and crystal structures of Clays Minerals. *Mineralogical society-London*.
- BUKOWSKI G., 1898 - Geologische Karte der Insel Rhodos. *Geologischen Reichsanstalt*, XLVIII, 1898, Wien.
- BURST J.F., 1958 - Mineral heterogeny in "Glaucinite" pellets. *Amer. Miner.*, 43, pp. 481-497.
- CASTANY G., 1959 - La géologie profonde du territoire Tunisie-Sicile. *Coll. intern. du C.N.R.S. n° LXXXIII: topogr. et géol. des profondeurs océaniques*, 1959, pp. 165-183.
- CATRAKIS S.D., 1948 - General map of industrial minerals and ores of Greece. *Ann. géol. des pays Hellén.*, 1ère sér., t. II, 1948, n° 1, pp. 1-15.
- CHARLIER R., 1958-1959 - Contribution américaines récentes à la granulométrie. *Rev. géogr. phys. et géol. dyn.*, vol. II, fasc. 2, pp. 128-132.
- COPPENS R., 1957 - La radioactivité des roches. *Pr. universit. de France*, coll. "Que sais-je?", n° 741.
- CRITIKOS N.A., 1947 - Relations entre les phénomènes sismiques et les manifestations volcaniques de la mer Egée et de la Grèce Orientale, *Ann. géol. des pays Hellén.*, 1ère série, t. I, 1947, n° 1, pp. 184-193.
- DEBYSER J., 1959 - Contribution à l'étude géochimique des vases marines. *Tb. Paris*, 1959.
- DENAEYER M.E., 1951 - Tableaux de pétrographie. *Ed. Lamarre, Paris*, 1951.
- DOEGLAS D.S., 1946 - Interpretation of the results of mechanical analyses. *Journ. Sed. Petr.*, vol. 16, pg. 19.
- DUPLAIX S., 1958 - Détermination microscopique des minéraux des sables. *Paris et Liège, libr. polytechn. Ch. Béranger*; 2ème éd.

- DURAND J.H., 1956 - Etude pétrographique de quelques vases draguées au large de Tighzirt et au large de Castiglione. *Bull. de la soc. d'aquicult. et de pêche de Castiglione*. n° 8, pg. 43.
- GLANGEAUD L., 1962 - Paléogéographie dynamique de la Méditerranée et de ses bordures. Le rôle des phases ponto-plio-quadernaires. *Coll. intern. du C.N.R.S.* n° XC : Océanographie géol. et géoph. de la Médit. Occid., Villefranche-sur-mer, 1961.
- GRIM R.E., 1953 - Clay Mineralogy. Mc Graw Hill Book Company; *series in Geology, New-York*.
- GRIM R.E. et VERNET J.P., 1961 - Etude par diffraction des minéraux argileux de vases méditerranéennes. *Bull. suisse de minér. et de pétro.* vol. 41/1, pp. 65-70.
- GUINIER A., 1956 - Théorie et technique de la radiocristallographie. *Dunod Editeurs, Paris*, 1956.
- JEHL G., 1961 - Action de la chaleur sur la kaolinite et la chlorite : modification du spectre RX et déshydratation. *Tb. de doct. 3ème cycle, Strasbourg*, déc. 1961.
- KULBICKI G. et MILLOT G., 1960 - L'évolution de la fraction argileuse des grès cambro-ordoviciens du Sahara central. *Bull. serv. carte géol. Als. Lorr.*, t. 13, fasc. 4, pp. 147-156.
- LAMOTTE M., 1948 - Introduction à la biologie quantitative. *Masson et C^{ie}, Paris*, 1948.
- LUCAS J., 1961 - Remarques sur les minéraux argileux interstratifiés et leur genèse. *Coll. internat. du C.N.R.S.*, n° CV : Genèse et synthèse des argiles, 1961, pp. 177-190.
- LUCAS J., 1962 - La Transformation des minéraux argileux dans la Sédimentation. Etudes sur les argiles du Trias. *Mém. serv. carte géol. Als. Lorr.* n° 23, 1962.
- LUCAS J., CAMEZ Th. et MILLOT G., 1959 - Détermination pratique aux rayons X des minéraux argileux simples et interstratifiés. *Bull. serv. carte géol. Als. Lorr.*, t. 12, fasc. 2, Strasbourg 1959, pp. 21-31.
- MAISONNEUVE J., 1960 - Etude géologique sur le sud de la Corse (entre Ajaccio et Porto-Vecchio). *Tb. Paris*, 1960. *Bull. serv. carte géol. France*, n° 260, t. LVII, 1959-1960.
- MARS P. et PICARD J., 1960 - Note sur les gisements sous-marins à faune celtique en Méditerranée. *Rapp. et procès-verbaux des réunions de la C.I.E.S.M.M.*; vol. XV, fasc. 3, pp. 325-330.
- MERIAUX S., 1953 - Contribution à l'analyse granulométrique. *Tb. Paris*, 1953. *Institut national de la recherche agronomique*, 1953.
- MILLOT G., 1949 - Relations entre la genèse et la constitution des roches argileuses sédimentaires. *Tb. Nancy 1949, géologie appliquée et prospection minière*.
- MILLOT G., 1960 - Silice, Silex, silicifications et croissance des cristaux. *Bull. serv. carte géol. Als. Lorr.*, t. 13, fasc. 4, pp. 129-146.
- MILLOT G., 1963 - La géologie des argiles. *Masson et C^{ie} Editeurs, Paris* (sous-presse).
- MULLER G., 1961 - Die rezenten Sedimente im Golf von Neapel. *Beiträge zur Mineralogie und Petrographie*, t. 8, pp. 1-20. *Universität Tübingen*, 1961.
- MUNIER P. et RIVIERE A., 1946-1948 - Contribution à l'étude des argiles utilisées en céramique. *Bull. du centre national d'études et de recherches céramiques*. n° 14, pg. 21.
- NESTEROFF W.D. et SABATIER G., 1958, 1959 - Etude minéralogique de vases bleues méditerranéennes. *Bull. soc. fr. min. crist.* : - t. 81, pg. 380, 1958.
- t. 82, pg. 72, 1959.
- NGOC CAU H., DONOSO W. et SABATIER G., 1959 - Minéralogie de quelques vases marines de la région de Monaco. *Bull. soc. fr. min. crist.*, t. 82, pg. 380, 1959.
- NORIN E., 1953 - Occurrence of authigenous illitic mica in the sediments of the central Tyrrhenian sea. *Bull. geol. inst. univ. Upsala*, n° 34, pg. 279.
- OTTMANN F., 1957 - Sur quelques indices numériques simples pour l'étude des sédiments meubles du point de vue géologique. *Rev. I.F.P. et ann. combust. liqu.*, vol. XII. n° 4, avril 1957, pp. 503-506.

- PETIT G. et LAUBIER L., 1962 - Les canyons de la côte catalane. Aperçu de nos connaissances et programme de recherches. *Coll. nat. du C.N.R.S.* : Océanographie géol. et géoph. de la Médit. Occid., 1962, pp. 89-95; discussion : intervention de J. PICARD.
- PERES J.M., 1961 - Océanographie biologique et biologie marine. T. I : la vie benthique. *Presses univers. de France*, collection "Euclide", 1961.
- PERTESSIS M., 1932 - Les eaux minérales de l'île de Lesbos. *Public. du serv. géol. de Grèce*, 1932, n° 20.
- PFANNENSTIEL M., 1960 - Erläuterungen zu den bathymetrischen Karten des östlichen Mittelmeeres. *Bull. de l'inst. océanogr. de Monaco*, n° 1192.
- RIVIERE A., 1944 - Sur les méthodes granulométriques de sédimentation, *B.S.G.F.*, t. 14, pg. 409, 1944.
- RIVIERE A., 1952a - Représentation graphique de la granulométrie des sédiments meubles. *B.S.G.F.*, 6ème sér., t. 2, 1952, pp. 145-154.
- RIVIERE A., 1952b - Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles. *B.S.G.F.*, 6ème sér., t. 2, 1952, pp. 155-167.
- RIVIERE A., 1953 - Méthode d'interprétation de la granulométrie des sédiments meubles *Rev. I.F.P.*, vol. VII, n° spécial, pp. 102-107.
- RIVIERE A., 1960 - Généralisation de la méthode des faciès granulométriques par extension de la notion d'indice d'évolution. Détermination de celle-ci. *C.r.ac.sc. Paris*, t. 250, n° 17, pp. 2917-2919.
- RIVIERE A. et VERHNET S., 1952 - Influence des matières organiques sur la sédimentation des argiles. *XIXème congr. géol. intern., Alger 1952*, sect. IV, fasc. IV, pg. 105.
- RIVIERE A. et VERHNET S., 1960 - Contribution à l'étude minéralogique des sédiments argileux, Discussion des résultats obtenus par la méthode des agrégats orientés. *C.r. hebdom. des séances de l'ac. des sc.*, t. 251, n° 19, pp. 2056-2058.
- ROSE A.J., 1957 - Tables et abaques - Radiocristallographie. *Public. du C.N.R.S.*, Paris, 1957.
- SADRAN G., MILLOT G. et BONIFAS M., 1955 - Sur l'origine des gisements de bentonites de Lalla Maghnia (Algérie). *Public. serv. carte géol. Algérie* (nouv. sér.), bull. n° 5, pp. 213-224.
- SEGRE A., 1959 - Observations générales sur l'orographie sous-marine de la mer Tyrrhénienne. *Coll. intern. du C.N.R.S.* n° LXXXIII, 1959, pg. 51.
- TERMIER H. et G., 1957 - Evolution de la lithosphère. II : Orogenèse; fasc. II, pg. 766-776. *Ed. Masson et C^{ie}, Paris*.
- VATAN A., 1954 - Pétrographie sédimentaire. *Editions de l'I.F.P.*, Paris 1954, réf. 244.
- VATAN A., 1956 - Travaux pratiques de pétrographie sédimentaire. *Editions de l'I.F.P., Paris* (Ed. Technip). réf. 1208.
- WARSHAW Ch. M. et Roy R., 1961 - Classification and a schema for the identification of layer silicates. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 72, pp. 1455-1492.
- YAALON D.H., 1955 - Clays and some non carbonates minerals in limestones and associated soils of Israël. *Bull. of the Research Council of Israël*, vol. 5B, n° 2, sect. B, pp. 161-173.
- ZACHOS K., 1953 - The mineral wealth of Greece. *Geological and Geophysical Research, Athènes*, 1953, pp. 1 - 47.

CARTES UTILISEES

- Carte bathymétrique de la mer Egée, au 1/750.000, par G. GIERMANN, sous la direct. du Pr. D^r. M. PFANNENSTIEL; *Ann. bull. de l'inst. océanogr., Monaco, 1960* : carte topographique de la Méditerranée, feuille n° 5.
- Carta batimetrica del Mediterraneo centrale : Mari Ligure, et Tirreno settentrionale, par E. DEBRAZZI et A.G. SEGRE, (1960); 1/750.000. *Publicata dall'Istituto Idrografico della Marina - Genova, Agosto 1960.*
- Carte géologique de la France au 1/320.000. Feuille 33 : Corse (2^{ème} édition). *Serv. Carte géol. Fr., Paris.*
- Carte géologique de la Turquie, et notice explicative. Feuilles d'Istanbul et d'Izmir. *Serv. géol., institut M.T.A., Ankara, 1944.*
- Carte géologique internationale de l'Europe au 1/1.500.000.
- Feuille C6 : Méditerranée Centrale; Hannover 1951.
- Feuille D6 : Grèce; Hannover 1958.
Libr. Edit. : Amt für Bodenforschung, Hannover.
- Geologische Karte der Insel Rhodos, par G. BUKOWSKI, *Geologische Reichsanstalt, XLVIII, Wien, 1898.*
- Geologic Map of Greece; 1/500.000, by the *Institute for Geology and Subsurface Research* - K. ZACHOS Direktor, *Athens, Ministry of Coordination, 1954.*
- Kleine geologische Karte von Europa; 1/10.000.000, bearbeitet von F. BEYSCHLAG und W. SCHNEL. *Preussischen geologischen Landesanstalt, Berlin, 1925.*

APPENDICE. TABLEAU I

RELEVÉ DES STATIONS EFFECTUEES PAR DRAGAGES
CARACTERISTIQUES DE PRELEVEMENT ET MINERAUX ARGILEUX

LEGENDE :

- Topographie sous-marine : PC = plateau continental. TC = talus continental.
F = fosse. G = golfe.
P = plaine bathyale. C = canyon.
HF = voisinage de haut-fond.
- Minéraux argileux : - C = chlorite. K = kaolinite.
I = illite. M = montmorillonite.
Lettres accolées = minéraux interstratifiés.
- Appréciation quantitative : de 0 à 10; tr = traces.
- Cristallinité : ! = bonne.
? = mauvaise.

| n° S.M.E. | SITUATION | | | FOND | NATURE DU SEDIMENT | MINERAUX ARGILEUX | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|------------|------|---|-------------------|---|------|---------|--------|
| | Lieu. | Emplacement. | Profond. | | | C | K | I | I-M M-C | |
| MEDITERRANEE OCCIDENTALE | | | | | | | | | | |
| 000 | Cassidaigne | fond diverticule NW | -370 | C | vase jaune oxydée | 2 | 8 | | tr | |
| 1251 | golfe de Gênes. | 44°12'50"N 09°10'40"E Gr | -730 | TC | vase gris-jaunâtre; pellic. jaune-rouge. | 2 | 1 | 7 | tr | |
| 1259 | id. | 44°10'40"N 09°13'40"E Gr | -900 | TC | vase gluante jaune à pellic. oxydée | 3 | | 7 | tr | |
| 1270 | golfe de Gênes | 43°34' N 09°28'50"E Gr | -180 | HF | sable grossier organogène; thanatocoenose | 3 | | 7 | tr | |
| 1752 | SW Gorgona (can. de Corse) | 43°19'00"N 09°47'50"E Gr | -630 | F | vase jaune oxydée; ostreidés et galets 95cm de prof.; vase foncée; cailloutis | 2 | | 6 | tr 2? | tr |
| 1752 | car. pont id. | id. | -634 | F | | 2 | | 6 | tr | 2? |
| 1753 | NW Capraia (can. Corse) | 43°09'00"N 09°40'50"E Gr | -500 | F | vase sableuse jaune oxydée | 2 | | 6 | | 2??(+) |
| 1756 | SW id. | 43°00'20"N 09°45'10"E Gr | -450 | TC | opération "Troïka"; sab. vas.; C. blancs | 2 | | 7 | tr | 1?(+) |
| 1756 | bis SW id. | id. | -460 | TC | gros sable organogène vasard; cor. morts | 2 | | 7(-) | tr | 1(+) |
| 1754 | bis W Montecristo (can. Corse) | 42°18'45"N 09°48'25"E Gr | -785 | F | vase jaune oxydée | 3 | | 6 | | 1 |
| 1755 | id. | 42°18' N 09°48' E Gr | -680 | F | vase jaune oxydée | 2 | | 7 | tr | 1 tr |
| 1757 | E Porto-Vecchio (c. Corse) | 41°42'20"N 09°46'40"E Gr | -870 | F | vase argileuse jaunâtre | tr | 2 | 5 | | 3? |
| 571 | W Ajaccio | 41°52'42"N 08°29' E Gr | -300 à 800 | TC | vase grise peu gluante; bcp. Ptéropodes | 2 | | 5 | tr | 3 |
| 569 | SW Sardaigne | 39°27' N 08°08' E Gr | -275 | PC | traineau Edgerton; vase grise; cendres | 2 | | 5(-) | | 3(+) |
| MEDITERRANEE CENTRALE | | | | | | | | | | |
| 512 | banc des Esquerquis | 37°44' N 10°47'25"E Gr | -360 | HF | vase grise peu sabl. tr biol. de transport | tr | 3 | 3(+) | | 4 |
| 524 | banc Graham | 37°08'40"N 12°39' E Gr | -360 | HF | vase grise non oxydée | tr | 2 | 4(-) | | 4 |
| 531 | fosse de Pantellaria | 36°30' N 13°19' E Gr | -1720 | F | vase jaune gluante oxydée | 2 | | 4(-) | | 4?(+) |
| 555 | Sud de Pantellaria | 3 milles dans le 193 pointe Trepierre | -900 | TC | vase jaune oxydée à cendres volcaniques | | 2 | 3 | | 5 tr |
| 556 | id. | 0,75 mille id. | -470 | TC | vase jaunâtre mêlée de cendres grises | | 2 | 3 | | 5 |
| 536 | SE de Malte | 34°22' N 13°32' E Gr | -360 | TC | vase jaune oxydée très consistante | tr | 2 | 4 | tr | 4? tr |

| n° S.M.E. | SITUATION | | | FOND | NATURE DU SEDIMENT | MINERAUX ARGILEUX | | | | |
|-----------------------------|---------------------|---------------------------------------|------------|-------|---|-------------------|----|------|-----|----------|
| | Lieu | Emplacement. | Profond. | | | C | K | I | I-M | M |
| MEDITERRANEE NORD-ORIENTALE | | | | | | | | | | |
| 725 | golfe de Kalamata | 36°46'15"N 21°59'20"E Gr | -64 | PC | fond à Lithophyllum solutum, peu vaseux | 1 | tr | 7 | | 2 |
| 734 | id. | 36°42'39"N 22°03'30"E Gr | -723 | TC | argile jaune plastique et gluante | 2 | tr | 7 | | 1 |
| 1515g | fosse de Matapan | 35°38'30"N(esti) 21°51'E(estimat.) | -4180 | F | vase gris-jaune sans ptéropodes | 2 | | 6 | | 2? |
| 1515r | id. | id. | id. | id. | 10cm sup. : vase rouge à Ptéropodes | 2 | | 6 | | 2?? |
| 741 | Crête : sud de Kalo | 34°54'30"N 24°49'55"E Gr | -400 | TC | vase gris-jaunâtre | 3 | tr | 4(+) | | 3 |
| 769 | bassin Nord Crête | 35°53' N 25°20' E Gr | -1875 | P | vase argileuse jaune très oxydée | 2(+) | | 6(-) | | 2? |
| 757 | Santorin | 36°17'30"N 25°21'52"E Gr | -512 | pente | vase jaune oxydée à scories volcaniques | 3 | | 4 | | 3 |
| 758 | id. | 36°17'45"N 25°23'05"E Gr | -240 | id. | vase grise à nombreux granules volcaniques | 3 | tr | 3 | | 4 |
| 838 | Cyclades rég. Paros | 36°58'15"N 25°05'50"E Gr | -52 | PC | sable vaseux | 1 | | 7 | | 2 |
| 844 | id. | 37°15'30"N 24°48'20"E Gr | -260 | PC | vase sableuse | 1 | 1 | 6 | | 2(-) |
| 848 | golfe de Corinthe | 38°08'30"N 22°36'20"E Gr | -860 | G | vase gris-jaunâtre | 2(-) | tr | 6 | | 2 |
| 1526 bis | canal de Talante | 38°49' N 23°11'4 E Gr | -430 | G | vase jaune fluide | 0,5 | tr | 1 | | 8,5!!! |
| 1527 | id. | 38°44'2 N 23°08'5 E Gr | -200 | G | sup. : v. fluide rouge inf. : v. grise consist. | 2 | | 3 | | 5!! |
| 1536 | golfe de Volo | 39°16' N 23°04'3" E Gr | -70 à -275 | G | vase jaunâtre un peu sableuse | 2 | | 3 | | 5!! |
| 1543 | Sporades du Nord | 39°12'2 N 23°58'6 E Gr | -375 | TC | vase gris-jaune | 1 | | 4 | | 5!! |
| 1544 | id. | 39°18'50"N 23°59'28"E Gr | -250 | TC | sable vasard gris-jaune, würmien | 2 | tr | 4(+) | | 4(-)! |
| 1573 | golfe de Salonique | 40°00'07"N 23°01'30"E Gr | -95 | G | vase gris-jaune | 1 | tr | 4 | | tr 5! |
| 1580 | id. | 40°16'50"N 22°48'00"E Gr | -53 | G | vase grisâtre un peu sableuse | 1 | | 4 | | 5! |
| 1582 | id. | 40°33'15"N 22°53'45"E Gr | -24 | G | vase molle non sableuse, gris-jaune | 1 | | 4(+) | | 5!(-) tr |
| 1583 | Sud de Thasos | 5,3 M dans le 203 de Panogia | -160 | TC | sable à than. würm. + vase gris-jaune | 1 | | 5 | | 4 tr |
| 1559 | golfe de Cassandre | 40°11'30"N 23°27'20"E Gr | -105 | PC+G | vase jaunâtre gluante oxydée | 1 | | 5(-) | | 4! |
| 1550 | Cap Drepano | 39°50'10"N 24°02'20"E Gr | -1060 | TC | vase argileuse grisâtre | 1 | | 3 | | 6! |
| 1551 | Cap Drepano | 39°54'00"N 23°59'20"E Gr | -350 | TC | vase jaune fluide | 2 | | 4(-) | | 4!(+) |
| 1553 | id. | 39°55'55"N 23°57'55"E Gr | -155 | TC | sable vasard fin, gris-jaunâtre | 2 | | 4 | | 4! |
| 1596 | Sud de Samothrace | 0,4 M dans 222 pte Malathrea | -250 | TC | vase argileuse grise, jaune en surface | 1 | | 3 | | 6!! |
| 1605 | Nord Lemnos | 1,1 M dans 42 île Siderites | -125 | PC | sable fin gris-jaune, assez vaseux | 1 | | 4,5 | | 4,5! |
| 1619 | Sud Lemnos | 7 M dans 153 cap Yrene | -125 | PC | vase sableuse grise | 1 | | 4 | | 5! tr |
| 1628 | SE Lemnos | 20 M dans 147 cap Yrene | -200 | PC | vase sableuse gris-jaunâtre | 1 | | 3 | | 6!! |

| n° S.M.E. | SITUATION | | | FOND | NATURE DU SEDIMENT | MINERAUX ARGILEUX | | | | |
|-----------|-----------------------|--------------------------------|----------|---------|--|-------------------|------|------|-----|-----------|
| | Lieu | Emplacement | Profond. | | | C | K | I | I-M | M |
| 1629 | Ouest de Mytilène | 3,3 M feu Sigri | -130 | PC | gravier vasard à Bryozaires branchus | 1 | | 4 | | 5!! |
| 1640 | près du banc Johnston | 19,4 M dans 282 du phare Sigri | -135 | HF | gravier à Bryozaires et vase "plâtreuse" | 1 | | 4 | | 5! |
| 799 | Ouest d'Anti-Psara | 38°28'30"N 25°26' E Gr | -1015 | TC | vase jaune à nodules arg. et Plaqu. pierr. | 1(-) | | 1(-) | 4 | 4! |
| 801 | id. | 38°31' N 25°31' E Gr | -125 | PC | gravier organogène vaseux | 1(-) | | 1(-) | 4 | 4! |
| 1047 | Est de Samos | 37°17'40"N 26°58'00"E Gr | -77 | PC | vase gris clair à débris organogènes | | 1(+) | | 5 | 4!(-) |
| 1041 | golfe de Kos | 36°56'45"N 27°47'40"E Gr | -395 | PC G | vase argileuse jaune | 1 | 1 | | 6 | 2(+) |
| 1007 | Est de Rhodes | 36°05'20"N 28°09'00"E Gr | -450 | TC | vase argileuse gris-jaune, assez gluante | 1 | | 2 | | 7!! tr |
| 1011 | id. | 36°05'00"N 28°07'35"E Gr | -140 | TC | vase jaune à grise | 1 | tr | | 1 | 8!! tr |
| 1024 | NW de Rhodes | 36°27' N 28°08'40"E Gr | -240 | précont | vase grise ox. en surf. avec cendres volcan. | 1 | | 1 | tr | 8!! |
| 1033 | id. | 36°32'55"N 28°06'45"E Gr | -165 | id. | gravier vaseux : sans doute corallig. envasé | 1 | tr | | 3 | tr 6!! tr |
| 1020 | SE Castellorizo | 1 M dans 95 cap Ponenti | -420 | TC | vase gris-jaunâtre bathylale | 1 | | 3 | | 6!! |

TABLEAU II
CAROTTES DU CANAL DE CORSE
PARAMETRES GRANULOMETRIQUES
(Signification v. pg. 101)

Valeurs en microns. n = indice. Les flèches indiquent le sens d'évolution des indices.
B = base. M = milieu. S = sommet.
(Entre parenthèses : limites des intervalles)

| | | P 10 | P 25 | P 50 | P 75 | P 90 | n de CLASS. | n d'ASYM. | DEVIATION STANDARD | | Inter. de CONF. | n d'EVOLUTION |
|---------------------------------|------------|------|---------|---------|---------|------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------------|---|
| | | | = Q1 | = Q2 | = Q3 | | $S_o = \sqrt{\frac{Q_3 - Q_1}{Q_1}}$ | $S_k = \frac{Q_1 \cdot Q_3}{(Q_2)^2}$ | ± 6 | int. de P16 - P84 = 68% effectifs | P5 à P95 = 95% effect. | $n = N - 1$ = pente courbe fréq. bilog. |
| CAROTTE 1. (SW Gorgona) | S | 0,5 | 0,8 | 1,7 | 5,6 | 14 | 3,9 | 1,4 | 4,2 | 8,4 (0,6 - 9) | 21,6 (0,4 - 22) | -1,7 |
| | B | 1,0 | 1,5 | 2,6 | 7,5 | 17 | 2,2 | 1,7 | 5,4 | 10,8 (1,2 - 12) | 24,2 (0,8 - 25) | -1,4 |
| CAROTTE 2. (NW Capraia) | S | 0,2 | 0,3 | 1,4 | 5,3 | 15 | 4 | 0,9 | 4,6 | 9,25 (0,25 - 9,5) | 22,4 (1,6 - 24) | -1,3 |
| | B | 0,9 | 1,3 | 2,5 | 8,7 | 21 | 2,5 | 1,8 | 6,6 | 13,3 (1,1 - 14,4) | 27,2 (0,8 - 28) | -1,7 |
| CAROTTE 3. (W Montecristo) | S | 0,1 | 0,7 | 2,0 | 4,4 | 12 | 2,4 | 0,8 | 3,6 | 7,0 (0,5 - 7,5) | 19,6 (0,4 - 19,5) | -1,7 |
| | B | 0,3 | 0,6 | 1,5 | 2,9 | 10 | 2,2 | 0,8 | 2,6 | 5,1 (0,4 - 5,5) | 16,8 (0,25 - 17) | -1,7 |
| CAROTTE 4. (E Porto Vecchio) | S | 1,3 | 1,7 | 2,3 | 5,3 | 12 | 1,7 | 1,7 | 3,5 | 7,0 (1,5 - 8,5) | 15,8 (1,2 - 17) | -2,0 |
| | M } B } | 0,9 | 1,4 | 2,3 | 6,0 | 15 | 2,1 | 1,6 | 4,9 | 8,9 (1,1 - 10) | 21,4 (10,6 - 22) | -2,0 |

LEGENDE DES PHOTOGRAPHIES (v. planche 24).

- 1 - Dépression située à l'ouest de Montecristo (-780m; opération photographique "Troïka") : aspect du fond.
- 2 - Ouest de Montecristo, -780 mètres : terriers contribuant à l'affouillement du sédiment.
- 3 - Ouest de Montecristo, -780 mètres : empreintes animales sur le fond.
- 4 - Dépression située au sud-ouest de l'île de Gorgona (canal de Corse) : face interne de valve d'*Ostrea longirostris* (burdigalien), ramenée par dragage (-630m.). On note l'abondance des tests d'espèces sessiles, fixés sur cette valve.
- 5 - Même coquille, face externe (fixée sur le substrat). On remarque la rareté des épibiotés.
- 6 - Versant ouest de l'île de Capraia (canal de Corse) : affleurement de substrat dur à 460 mètres de profondeur (opération photographique "Troïka").



I



II



III



IV



V



VI

TABLES DES PLANCHES

| | Pages |
|--|-------|
| 1 - Carte des groupes de stations..... | 92 |
| 2 - Essai de groupement en "provinces" minéralogiques..... | 104 |
| 3 - Province à illite dominante de Méditerranée Occidentale : carte des stations..... | 105 |
| 4 - Province à illite dominante de Méditerranée Occidentale: type moyen de diagrammes de rayons X..... | 107 |
| 5 - Carotte 2 (nord-ouest de Capraia) : évolution de l'illite-illite ouverte et du mélange gonflant, en fonction de la profondeur..... | 110 |
| 6 - Carotte 3 (ouest de Montecristo) : courbes d'analyse thermo-pondérale à la base et au sommet de la carotte..... | 111 |
| 7 - Carottes du canal de Corse : diagrammes résumés des teneurs en CO ₃ CA..... | 114 |
| 8 - Carottes du canal de Corse : diagrammes résumés des radioactivités..... | 115 |
| 9 - Kaolinite : courbe de perte de poids (carotte 2, sédiment subsistant en suspension après 11 jours d'expérience granulométrique)..... | 129 |
| 10 - Coupe sommaire des carottes..... | 143 |
| 11 - Profil sondeur "Gyf" 1956, à travers le canal de Corse..... | 150 |
| 12 - Histoire présumée de la fosse située au sud-ouest de l'île de Gorgona..... | 151 |
| 13 - Stations étudiées dans la région siculo-tunisienne..... | 155 |
| 14 - Province à illite et montmorillonite également dominantes de Méditerranée Centrale : type moyen de diagrammes de rayons X..... | 156 |
| 15 - Sud de Pantellaria (région siculo-tunisienne) : courbe thermo-pondérale..... | 157 |
| 16 - Carte des stations de Méditerranée Nord-Orientale..... | 159 |
| 17 - Province à illite dominante de Mer Egée du Sud : type moyen de diagrammes de rayons X..... | 160 |
| 18 - Province à montmorillonite légèrement dominante de Mer Egée du nord : type moyen de diagrammes de rayons X..... | 161 |
| 19 - Région de l'île d'Anti-Psara : diagrammes de rayons X..... | 162 |
| 20 - Région de l'archipel volcanique du Santorin : diagrammes de rayons X..... | 163 |
| 21 - Carte des stations du canal de Talante et de la région de Rhodes..... | 165 |
| 22 - Région de Talante : diagrammes de rayons X..... | 166 |
| 23 - Roches ultrabasiques et volcans récents dans les territoires grecs..... | 177 |
| 24 - Photographies..... | 192 |

TABLE DES MATIERES

| | Pages |
|---|-------|
| INTRODUCTION..... | 91 |
| CHAPITRE I : METHODES D'ETUDE..... | 95 |
| - Techniques de prélèvement..... | 95 |
| - Techniques utilisées au laboratoire..... | 95 |
| A - Etude par diffraction aux rayons X..... | 95 |
| I - Diagrammes de lames d'agrégats orientés..... | 96 |
| II - Autres Techniques par diffraction..... | 99 |
| B - Analyse thermo-pondérale..... | 100 |
| C - Analyse granulométrique..... | 100 |
| D - Etude des minéraux de la fraction grossière..... | 102 |
| E - Pesées - Calcimétries..... | 102 |
| F - Mesures de radioactivité..... | 102 |
| CHAPITRE II : RESULTATS MINERALOGIQUES | |
| ANALYSE SEDIMENTOLOGIQUE..... | 103 |
| - Minéraux argileux présents..... | 103 |
| - Carte des "provinces" de minéraux argileux..... | 106 |
| A-- Province à illite de Méditerranée N-Occidentale..... | 106 |
| AI - Stations du canal de Corse..... | 108 |
| I - Etude des carottes..... | 108 |
| 1 - Nature des minéraux argileux..... | 109 |
| 2 - Caractères du sédiment total..... | 112 |
| 3 - La fraction fine - Dimensions des particules..... | 118 |
| 4 - La fraction grossière..... | 137 |
| a - Minéraux de la fraction grossière..... | 137 |
| b - Caractères d'ensemble du sédiment grossier..... | 141 |
| Conclusion à l'étude des carottes effectuées dans le canal de Corse..... | 144 |
| II - Autres prélèvements dans le canal de Corse..... | 145 |
| 1 - Dragages au fond des fosses..... | 145 |
| 2 - Prélèvements sur les fonds de Coraux blancs..... | 147 |
| 3 - Fosse SW Gorgona : premier essai de carottage - Histoire géologique de la fosse..... | 147 |
| AII - Autres prélèvements de la province à illite : mer Tyrrhénienne-golfe de Gènes-Cassidaigne..... | 153 |
| B - Province à illite et montmorillonite de Méditerranée Centrale..... | 158 |
| C - Méditerranée Nord-Orientale. Carte des stations..... | 158 |
| 1 - Opposition entre le nord et le sud de la mer Egée. Province à illite (S) - Province à montmorillonite. (N)..... | 164 |
| 2 - Cas particuliers : zones très riches en montmorillonite : Talante et région de Rhodes..... | 167 |
| CHAPITRE III : CONDITIONS DE GISEMENTS DES MINERAUX ARGILEUX | |
| ESSAI D'INTERPRETATION..... | 169 |
| A - Province à illite de Méditerranée N-Occidentale..... | 169 |
| I - Illite, illite ouverte et montmorillonite..... | 169 |
| II et III - Chlorite et kaolinite..... | 172 |
| B - Province à illite et montmorillonite dominantes de Méditerranée Centrale..... | 173 |
| C - Provinces de Méditerranée Nord-Orientale..... | 173 |

| | |
|---|-----|
| 1 - Province à illite de mer Egée du sud..... | 174 |
| 2 - Province à montmorillonite légèrement dominante de mer Egée du nord..... | 174 |
| 3 - Cas intermédiaires : Anti-psara et Santorin..... | 175 |
| 4 - Zones très riches en montmorillonite..... | 176 |
| Conclusion - Interprétation d'ensemble pour la Méditerranée Nord-Orientale..... | 178 |
| CONCLUSION..... | 179 |
| 1 - Résumé des résultats..... | 179 |
| 2 - Minéraux argileux et leurs proportions selon le lieu..... | 180 |
| 3 - Minéraux argileux et leur contexte topographique et sédimentologique..... | 180 |
| 4 - Minéraux argileux et leur origine..... | 181 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 182 |
| APPENDICE | 187 |
| TABLE DES PLANCHES | 193 |
| TABLE DES MATIERES | 194 |