

**Zeitschrift:** Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 34 (1981)

**Artikel:** Répartition des minéraux argileux dans les sédiments des baies de Nice et de Villefranche-sur-Mer (Méditerranée, France)  
**Autor:** Rapin, François  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-740055>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# RÉPARTITION DES MINÉRAUX ARGILEUX DANS LES SÉDIMENTS DES BAIES DE NICE ET DE VILLEFRANCHE-SUR-MER (MÉDITERRANÉE, FRANCE)

PAR

François RAPIN <sup>1</sup>

---

## ABSTRACT

This study deals with the clay mineralogy of the marine sediments from the bays of Nice and Villefranche (Mediterranean coastal area, France).

Fieldwork was conducted in November 1976, February 1977 and February 1978. The data collected includes 90 surface sediment samples and 11 cores varying in length between 20 cm and 60 cm.

Clays minerals were analyzed by X-ray diffraction on well-oriented aggregates (fraction  $4 < \mu\text{m}$ ).

Montmorillonite and illite are the two dominant clays minerals found in the sediments of the Nice coastal area. Montmorillonite is very abundant in coarse-grained, coastal sediments, originating mostly from the Paillon river. This unusual mode of occurrence is due to flocculation phenomena. The transformation of montmorillonite by "pre-diagenetic readjustment" does not seem to exist in this area.

Summarizing, clay mineral areal distribution depends on:

(a) river sediment inputs, (b) physico-chemical factors (flocculation), (c) hydrodynamics (currents, sedimentation rates).

## 1. INTRODUCTION

Ce travail a été effectué dans le cadre d'une thèse réalisée au Département de Géologie de l'Université de Genève (RAPIN, 1980, 1981).

Les baies de Nice et de Villefranche, qui font partie de la Baie des Anges, sont situées sur le littoral méditerranéen français, entre le delta du Var à l'ouest et le Cap Ferrat à l'est (Fig. 1). L'arrière-pays est constitué par le massif cristallin de l'Argentera-Mercantour et sa couverture sédimentaire. Cette couverture est formée de terrains qui vont du Trias au Pliocène.

---

<sup>1</sup> Laboratoire de Géologie — 13, rue des Maraîchers — Université de Genève — 1211 Genève 4 (Suisse).

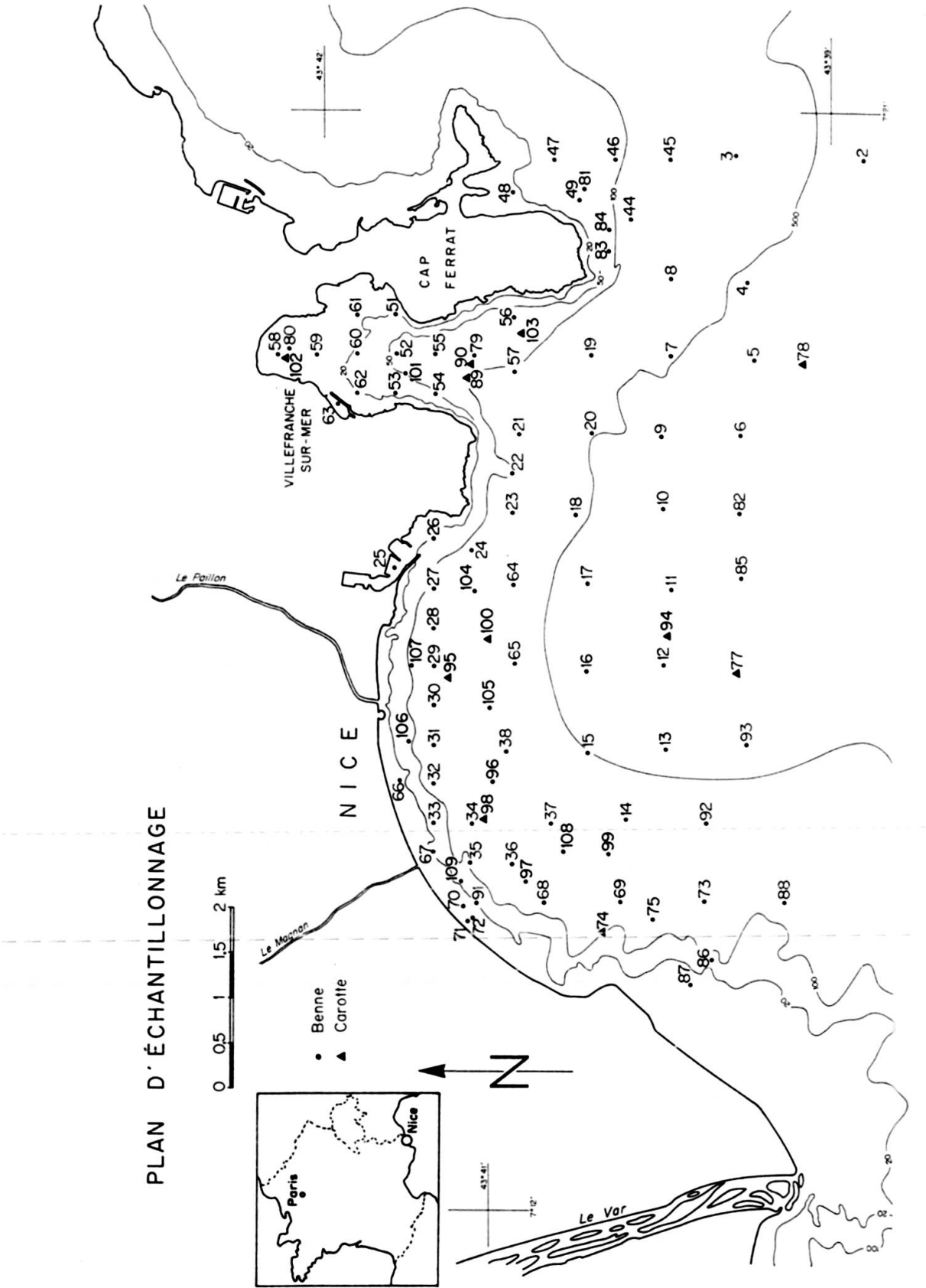


Fig. 1. —

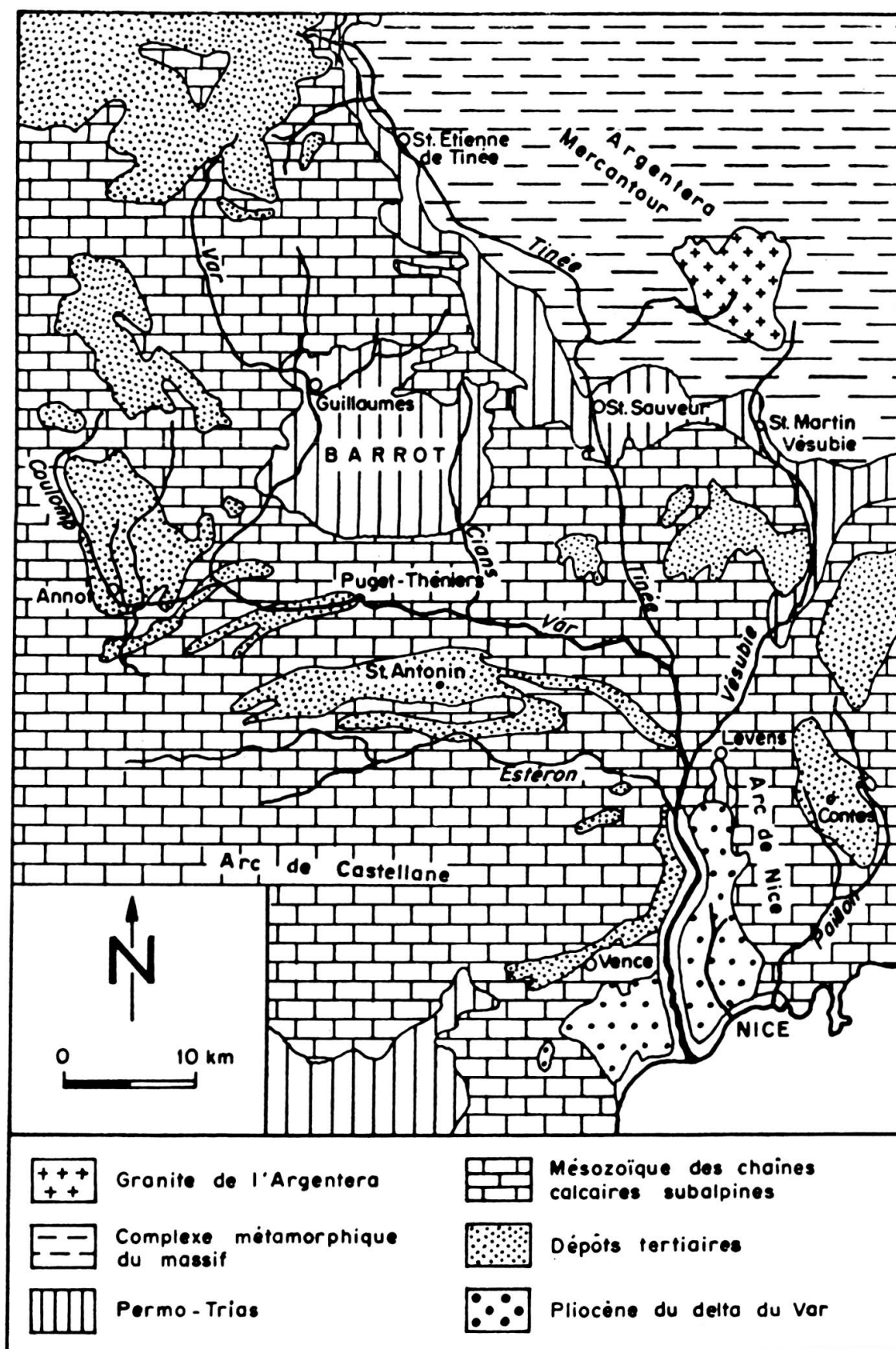


FIG. 2. — Cadre géologique (d'après la carte géologique au 1/320 000).

Trois fleuves influencent la sédimentation dans la zone étudiée (Fig. 2):

a) *Le Var et ses affluents*, qui constituent le complexe hydrographique ( $\sim 3000 \text{ km}^2$ ) le plus important du versant nord-ligurien, érodent de nombreuses formations géologiques distinctes. Ce bassin peut être subdivisé en quatre parties:

1. A l'ouest et au sud-ouest: les formations d'âge Secondaire et Tertiaire de l'Arc de Castellane.

2. Au nord: le massif de l'Argentera-Mercantour, situé à la frontière italienne, qui est formé de roches cristallines et métamorphiques. Il est bordé au sud-ouest par des formations permotriasiques qui réapparaissent dans le Dôme du Barrot.

3. A l'est et au sud-ouest: les formations constituant l'Arc de Nice, qui sont composées de séries d'âge Trias à Eocène.

4. Au sud: la basse vallée du Var, qui est constituée essentiellement par des terrains d'âge Plio-Quaternaire.

b) *Le Paillon et ses affluents* ont une influence beaucoup plus limitée. Le bassin versant est principalement creusé dans du Crétacé supérieur et du Tertiaire (Arc de Nice) de la région de Contes et dans diverses formations jurassiques peu étendues.

c) *Le Magnan* draine des terrains plio-quaternaires. Il a une influence très limitée.

## 2. MÉTHODES

Entre novembre 1976 et février 1978, nous avons prélevé avec le navire océanographique « *Catherine-Laurence* » de la Station marine de Villefranche-sur-Mer environ 100 échantillons de sédiments superficiels et 11 carottes (longueur variant entre 20 et 60 cm) (Fig. 1).

Les sédiments superficiels ont été récoltés à l'aide d'une benne « *Shipeck* » et les carottes à l'aide de carottiers à gravité.

Les minéraux argileux ont été analysés par diffractométrie des rayons X sur des agrégats orientés de particules d'un diamètre inférieur à 4 microns, préalablement décalcifiés (échantillon normal, éthylène-glycol et chauffé à  $490^\circ \text{C}$  pendant 2 heures).

Nous avons choisi d'étudier la fraction argileuse inférieure à 4 microns, de préférence à celle inférieure à 2 microns, pour les raisons suivantes: la limite à 4 microns correspond à la classification (WENTWORTH, 1922) que nous avons utilisée lors des analyses granulométriques (RAPIN, 1980, 1981), et une étude comparative entre des préparations de particules d'un diamètre inférieur à 4 ou 2 microns nous a donné les mêmes résultats (les moyennes des pourcentages des différents minéraux argileux ne diffèrent pas significativement — test de t).

Les estimations semi-quantitatives des pourcentages entre minéraux argileux et l'abondance relative de la montmorillonite par rapport à l'illite, reposent sur les principes proposés par CHAMLEY (1966, 1971). La méthode consiste à comparer les minéraux visuellement, sur les différents essais, par la hauteur des pics (diffractogrammes) qu'ils déterminent, en apportant des corrections tenant compte de la surface des pics pour les minéraux dont la structure s'écarte de la moyenne (par exemple: montmorillonite et kaolinite). La précision de ces estimations est de l'ordre de 10%.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1 MINÉRAUX ARGILEUX DES SÉDIMENTS DES FLEUVES

Le cortège minéralogique moyen des différents fleuves débouchant dans la baie de Nice est résumé dans la Table 1. Les diagrammes de diffraction d'un échantillon de chaque fleuve sont donnés sur la figure 3.

TABLE 1. — Pourcentages des différents minéraux argileux dans les sédiments des fleuves côtiers.

	Illite	Montmorillonite	Chlorite	Kaolinite
Le Var	55%	25%	10%	10%
Le Paillon	15%	75%	5%	5%
Le Magnan	35%	45%	15%	5%

Les résultats obtenus pour le Var concordent avec les études faites antérieurement (CHAMLEY et PICARD, 1970). Cependant, une divergence existe pour le Paillon. En effet, CHAMLEY et PICARD (1970) n'ont rencontré que peu de montmorillonite (en traces) dans les sédiments, alors que nous trouvons que c'est le minéral argileux dominant de ce fleuve. Ces auteurs précisent toutefois que: « la présence abondante d'illite et de chlorite, la quasi-absence de montmorillonite, surprennent pour ce fleuve dont le bassin versant est principalement creusé dans les assises du Crétacé supérieur et du Tertiaire, le plus souvent riches en minéraux gonflants (...) Peut-être faut-il faire intervenir une contamination d'origine industrielle, comme le suggèrent du reste les minéraux lourds ».

En résumé:

- le Var apporte un matériel où l'illite domine la montmorillonite-s.l.;
- la montmorillonite-s.l. est le minéral argileux qui prédomine très nettement dans les sédiments du Paillon;

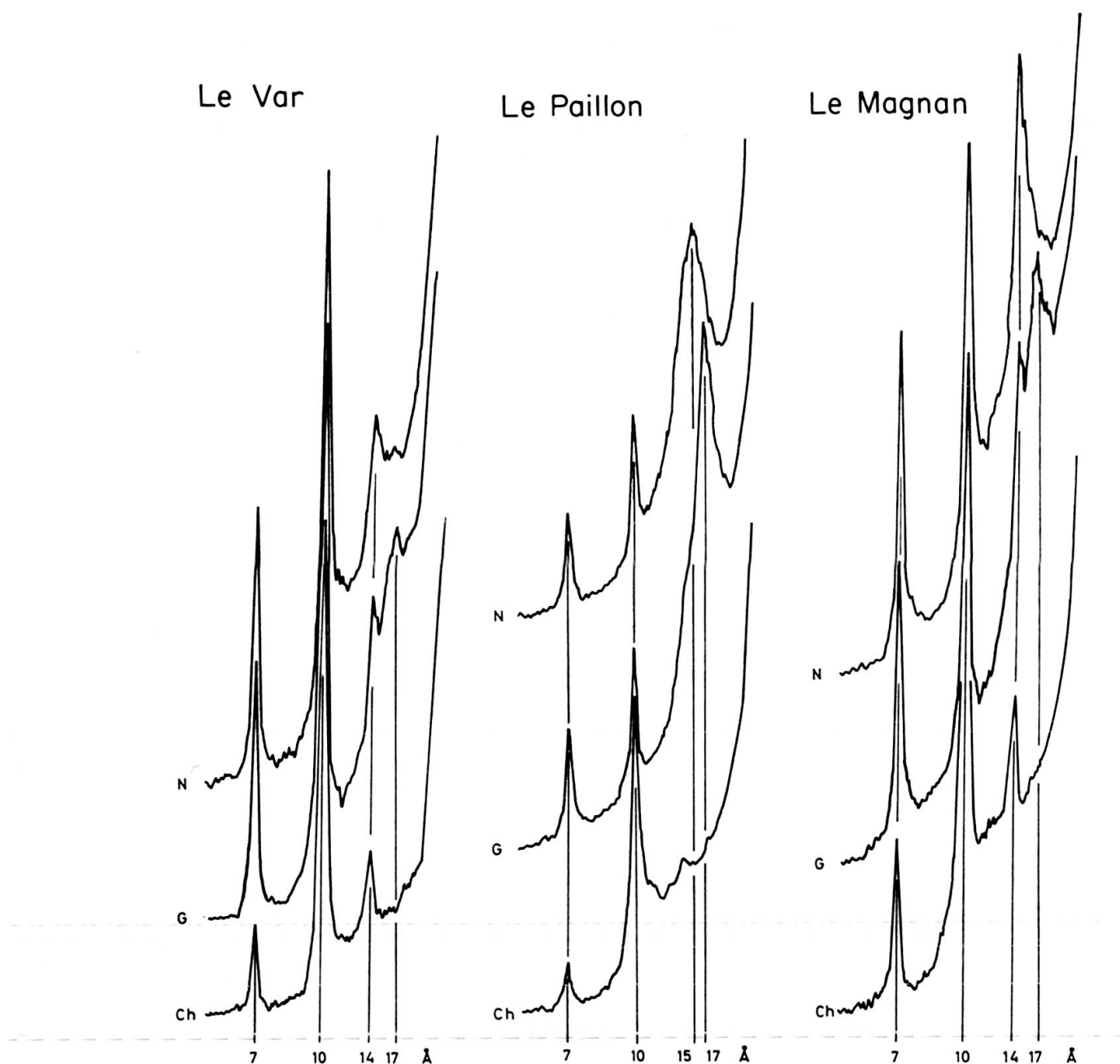


FIG. 3. — Diffractogrammes des sédiments des fleuves côtiers.

- le Magnan, dont l'apport sédimentaire est très faible, est caractérisé par la montmorillonite-s.l. et l'illite. La teneur en chlorite est relativement plus élevée que pour les deux autres fleuves.

### 3.2 MINÉRAUX ARGILEUX DES SÉDIMENTS MARINS

Les phyllites marines des baies de Nice et de Villefranche présentent les espèces suivantes: montmorillonite-s.l. — illite — chlorite — kaolinite — et, entraces, des interstratifiés irréguliers, illite-montmorillonite et chlorite-montmorillonite.

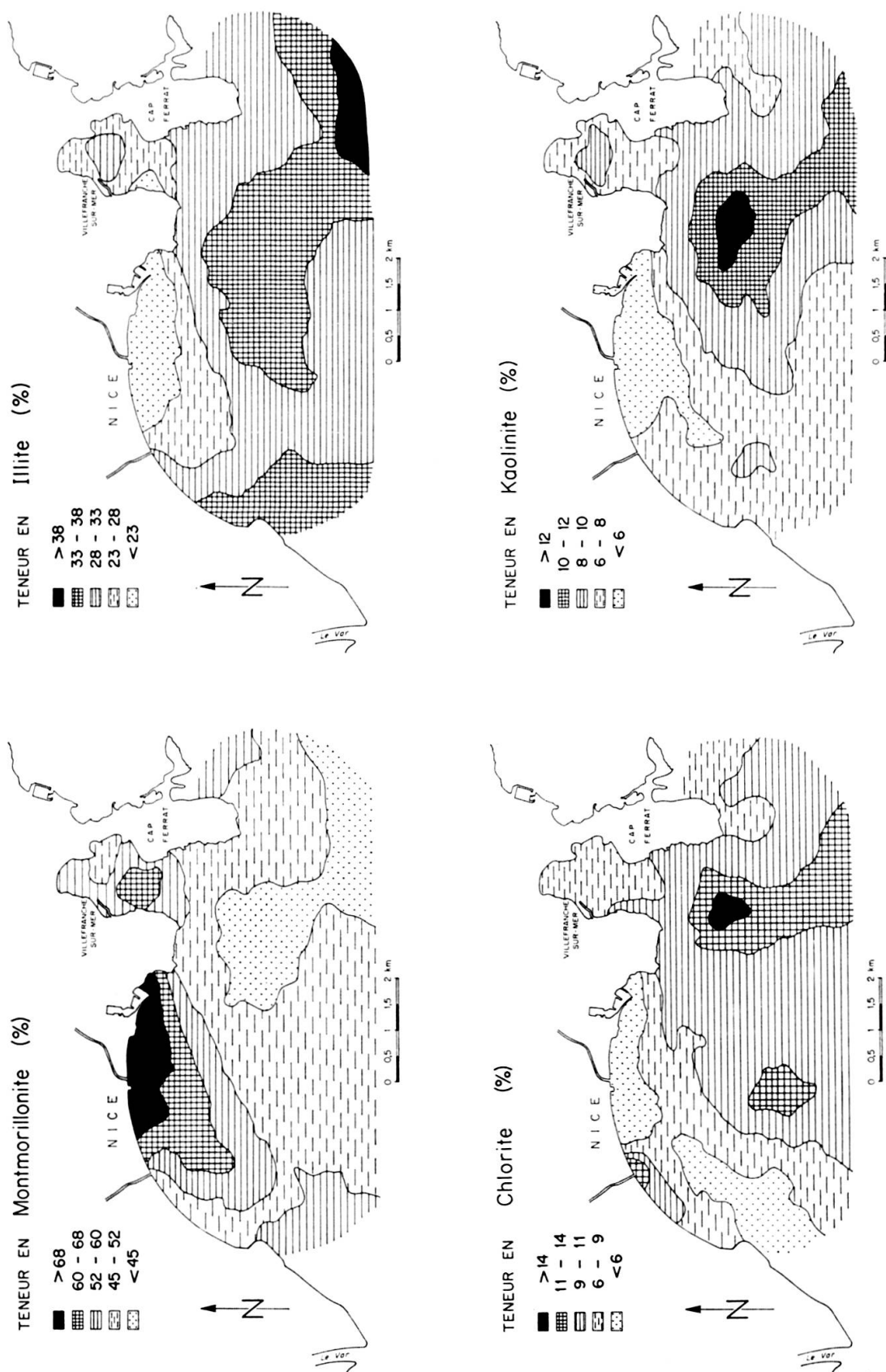


FIG. 4. — Répartition des minéraux argileux.



L'association caractéristique est: montmorillonite-s.l.-illite, avec prédominance de la première.

L'examen des cartes de répartition de ces différents minéraux argileux (Fig. 4) met en évidence plusieurs phénomènes:

- L'abondance de la montmorillonite-s.l. dans le secteur approvisionné par les sédiments du Paillon confirme l'importance des apports en minéraux gonflants de ce fleuve qui a un bassin versant principalement creusé dans du Crétacé supérieur et du Tertiaire riche en montmorillonite-s.l. On note également un enrichissement dans la zone d'herbiers à Posidonies de la baie de Villefranche et du Cap Ferrat.
- Les plus fortes teneurs en montmorillonite-s.l. se rencontrent dans les dépôts littoraux à granulométrie peu évoluée. Ce phénomène confirme l'intervention de mécanismes physico-chimiques en parallèle avec les processus de sédimentation (MONACO, 1971). La petite taille de la montmorillonite et sa forte capacité d'absorption la rendent très sensible au phénomène de floculation (WHITEHOUSE *et al.*, 1960). Les agrégats ainsi formés peuvent donc se déposer dans les zones littorales.
- Les répartitions de l'illite, de la chlorite et de la kaolinite sont très semblables. L'antinomie entre les répartitions de ces minéraux argileux et de la montmorillonite-s.l. est évidente, ce qui confirme le comportement sédimentaire différent de cette dernière.
- La répartition de la chlorite à l'embouchure du Magnan montre l'impact très limité de ce fleuve sur la sédimentation argileuse.

Les distributions de la montmorillonite-s.l. (Fig. 4) et du rapport montmorillonite/illite (Fig. 5) peuvent être mises en relation avec les directions générales des principaux courants (ROMANOVSKY, 1952; SAGE, 1976).

Une partie du matériel fin est entraînée en direction du sud-ouest par le courant Ligure (est-ouest). Lors de vents d'est dominants, ce phénomène est fortement accentué. Par contre, les courants créés par le vent d'ouest induisent des contre-courants donnant naissance à un mouvement cyclique des eaux. Le matériel fin, issu du Var et du Paillon, est dévié en direction de l'est (Cap Ferrat et baie de Villefranche). Ce phénomène explique l'enrichissement en montmorillonite-s.l. du cortège argileux des sédiments de la baie de Villefranche et du Cap Ferrat.

La composition des phyllites marines diffère peu de celles du domaine fluvial, et la cristallinité de l'illite est identique. Dans les sédiments des carottes, nous n'avons pas observé de variation verticale significative des pourcentages entre les minéraux argileux.

Dans la zone étudiée de la baie de Nice, les « réajustements prédiagénétiques » (transformation de la montmorillonite en illite ou en chlorite, décrite par divers auteurs (GRIM *et al.*, 1949; GRIM et JOHNS, 1954; POWERS, 1959; PINSAK et MURRAY, 1960; GRIM et VERNET, 1961) ne semblent pas prépondérants. Les minéraux argileux de ces sédiments proviennent presque exclusivement des apports détritiques fluviaux, repris par les courants (par exemple: courant Ligure).

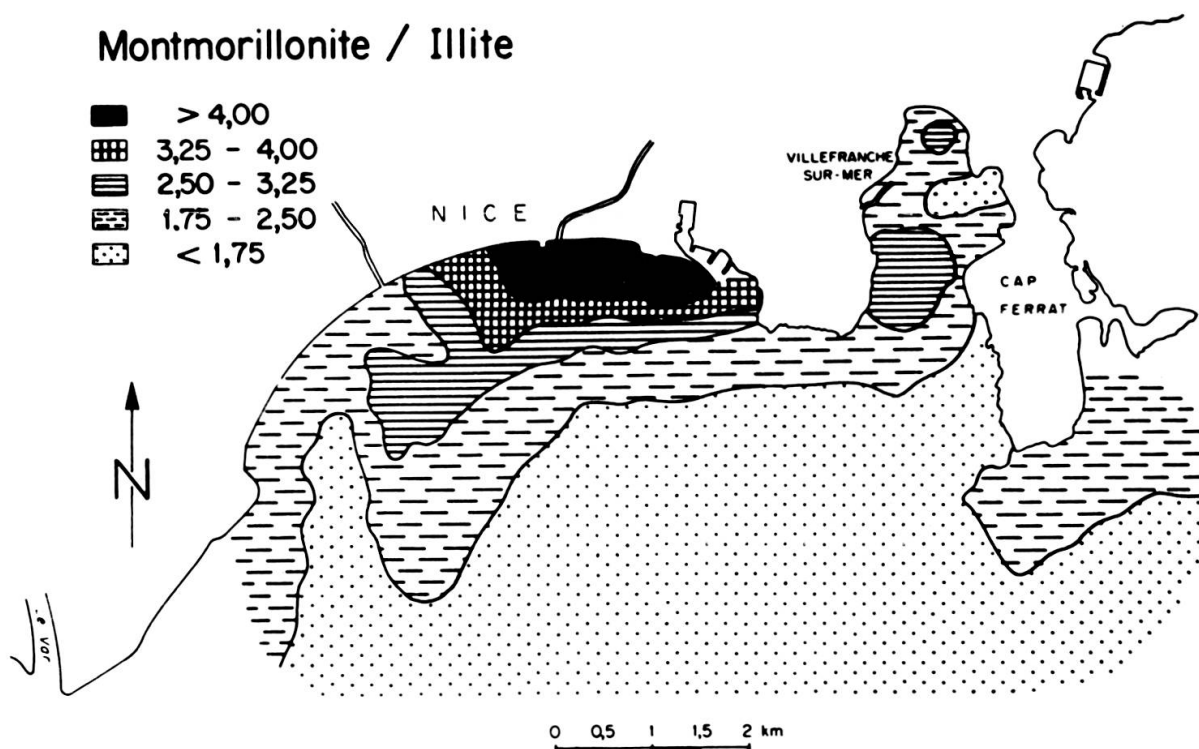


FIG. 5. — Répartition du rapport montmorillonite/illite.

Par contre, dans la rade de Villefranche, qui est un milieu relativement confiné et réducteur, à faible taux de sédimentation et riche en matière organique, certains échantillons montrent une montmorillonite moins bien cristallisée (Fig. 6). Ce phénomène avait été mis en évidence par FERNEX *et al.* (1975). Cela laisserait supposer, dans ce cas, un début de « réajustement prédiagénétique ».

Dans sa thèse sur les sédiments du plateau continental du Roussillon (golfe du Lion), MONACO (1971) arrivait aux mêmes constatations (cf. p. 254): « Les « réajustements prédiagénétiques », tels qu'ils sont mis en évidence par les méthodes classiques d'investigation, sont discrets et ne peuvent rendre compte des distributions minérales. Ils s'effectuent surtout dans les secteurs où le faible taux de sédimentation et la taille réduite des particules favorisent les adsorptions préférentielles des éléments les plus concentrés (Na, Mg), ou faiblement hydratés (K) ».

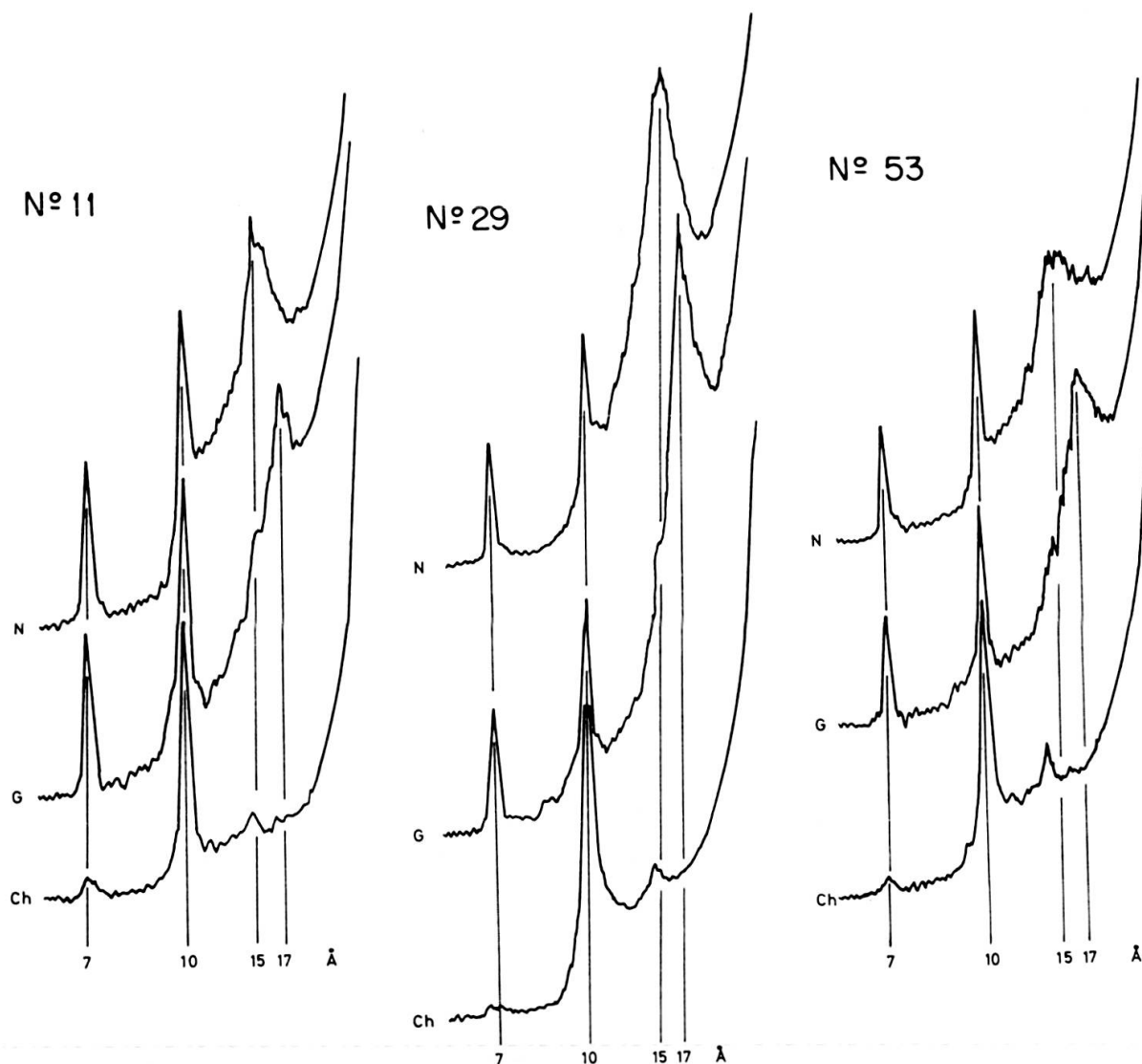


FIG. 6. — Diffractogrammes des sédiments de trois échantillons des baies de Nice et de Villefranche-sur-Mer.

#### 4. CONCLUSIONS

Les sédiments de la région niçoise sont caractérisés par des minéraux argileux où prédominent la montmorillonite-s.l. et l'illite. La montmorillonite-s.l. provient surtout des sédiments apportés par le Paillon et les plus fortes teneurs se rencontrent dans les dépôts littoraux à granulométrie peu évoluée. Ce phénomène confirme l'intervention de mécanismes physico-chimiques qui provoquent la formation d'agré-gats par floculation.

Les minéraux argileux des sédiments de la baie de Nice proviennent des apports détritiques fluviaux et non de transformations par « réajustement prédiagé-

tique ». Par contre, ce phénomène (réajustement prédiagénétique) peut intervenir dans la rade de Villefranche, qui est un milieu plus confiné, à faible taux de sédimentation et riche en matière organique.

En résumé, la répartition des différents minéraux argileux est fonction :

- des apports détritiques fluviaux ;
- de facteurs physico-chimiques (formation d'agrégats par floculation) ;
- de l'hydrodynamisme des dépôts (taux de sédimentation, courants).

#### REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier le Prof. J.-P. VERNET, directeur de thèse, le Prof. J. CHAROLLAIS, co-directeur de thèse, le Dr F. FERNEX, le Prof. J. BLANC et le Prof. U. FÖRSTNER, membres du Jury, pour leurs conseils et leurs critiques.

Sa reconnaissance va également aux chercheurs du Laboratoire de Sédimentologie de la Station marine de Villefranche-sur-Mer et du Laboratoire de Géologie marine de l'Université de Marseille-Luminy pour leur collaboration.

Enfin, il tient à remercier le Capitaine et tout l'équipage du navire océanographique « Catherine-Laurence ».

#### BIBLIOGRAPHIE

- CHAMLEY, H. (1966). Guide des techniques du laboratoire de géologie marine. Fac. Sci. Marseille (St. mar. Endoume), 168 p.
- (1971). Recherches sur la sédimentation argileuse en Méditerranée. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, N° 35, 209 p.
- CHAMLEY, H. et F. PICARD (1970). L'héritage détritique des fleuves provençaux en milieu marin. *Tethys*, Vol. 2, (1), p. 211-226.
- FERNEX, F., J. J. SIMON, J. POUTIERS et M. LEIKINE (1975). Quelques problèmes liés à la répartition des minéraux argileux dans la zone côtière des Alpes maritimes. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, Vol. 23, (4a), p. 301.
- GRIM, R. E., R. DIETZ et W. F. BRADLEY (1949). Clay mineral composition of some sediments from the Pacific Ocean off the California coast and the gulf of California. *Bull. geol. Soc. Amer.*, Vol. 60, p. 1785-1808.
- GRIM, R. E. et W. D. JOHNS (1954). Clay mineral investigation of sediments in the northern gulf of Mexico. *Clays and clay minerals* (2nd nat. Conf., 1953), p. 81-103.
- GRIM, R. E. et J.-P. VERNET (1961). Etude par diffraction des minéraux argileux de vases méditerranéennes. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.*, Vol. 41, p. 65-70.
- MONACO, A. (1971). Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du plateau continental du Roussillon (golfe du Lion). Thèse, Univ. Sci. techn. Languedoc, 295 p.
- PINSAK, A. P. et H. H. MURRAY (1960). Regional clay mineral patterns in the gulf of Mexico. *Clays and clay minerals* (7th. nat. Conf., 1958), p. 162-177.
- POWERS, M. C. (1959). Adjustment of clays to chemical change and the concept of the equivalence level. *Clays and clay minerals* (6th. nat. Conf., 1957), p. 309-326.

- RAPIN, F. (1980). Les sédiments des baies de Nice et de Villefranche-sur-Mer (Méditerranée, France): Etude sédimentologique et géochimique. Thèse N° 1990, Fac. Sci., Univ. de Genève, 139 p.
- (1981). Etude sédimentologique des sédiments des baies de Nice et de Villefranche-sur-Mer (Méditerranée, France). *Arch. Sci. (Genève)*, Vol. 34, (1), p. 59-71.
- ROMANOVSKY, V. (1952). Etude de la circulation littorale dans la baie de Nice. *Bull. Inform. C.O.E.C.*, Vol. 4/5, p. 181-193.
- SAGE, L. (1976). La sédimentation à l'embouchure d'un fleuve côtier méditerranéen (Var). Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, Univ. de Nice, 250 p.
- WENTWORTH, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.*, Vol. 30, p. 377-392.
- WHITEHOUSE, V. G., L. M. JEFFREY et J. D. DEBBRECHT (1960). Differential settling tendencies of clay minerals in saline waters. *Clays and clay minerals* (7th. nat. Conf., 1958), p. 1-79.