

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

MINISTÈRE
DE LA PRODUCTION ANIMALE

L. MARTIN

**CENTRE DE RECHERCHES
Océanographiques**



INTRODUCTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE DU PLATEAU CONTINENTAL IVOIRIEN - PREMIERS RÉSULTATS -

Travail réalisé en collaboration
avec le Centre ORSTOM d'Adiopodoumé

Document scientifique provisoire
N° 034 — Avril 1969

CENTRE DE RECHERCHES OCEANOGRAPHIQUES

INTRODUCTION A L'ETUDE
DU PLATEAU CONTINENTAL IVOIRIEN
-PREMIERS RESULTATS-

par

L. MARTIN

S O M M A I R E

RESUME

INTRODUCTION

CHAPITRE: I - INTRODUCTION A L'ETUDE DU PLATEAU CONTINENTAL IVOIRIEN

I-1 - Historique des travaux effectués sur le plateau continental

I-2 - Données générales sur le plateau continental

I-3 - Aperçu géologique

A) La vieille plate-forme

B) Le bassin sédimentaire

I-4 - Etude du bassin sédimentaire

A) Données de la géophysique

B) Stratigraphie

C) Tectonique

D) Morphologie actuelle

I-5 - Caractéristiques géomorphologiques du littoral

I-6 - Facteurs de la sédimentation actuelle sur le plateau continental

A) Relief

B) Climat

C) Végétation

D) Réseau hydrographique

E) Régime de l'Atlantique

F) Processus morphodynamiques

II - LE TROU SANS FOND .

II-1 - Historique

II-2 - Description

II-3 - Log du forage Bt1 (Port-Bouët)

II-4 - Généralités sur les canyons sous-marins

II-5 - Hypothèses sur l'origine des canyons

- A) Les canyons sont des rivières submergées
- B) Les canyons ont été creusés par les courants de turbidité
- C) Les canyons ont été creusés par des courants de fond (autres que les courants de turbidité)
- D) Les canyons ont été creusés par des écoulements en masse
- E) Durée du creusement des canyons

II-6 - Origine du Trou sans fond

- A) Le Trou sans fond peut-il être expliqué par un creusement subaérien?
- B) Le Trou sans fond peut-il être expliqué par un creusement par des courants de turbidité?
- C) Le Trou sans fond peut-il être expliqué par un creusement par des courants ordinaires?
- D) Le Trou sans fond peut-il être expliqué par des écoulements en masse?

III - ETUDE DES CAROTTES

III-1 - Localisation des carottages

III-2 - Matériel utilisé

III-3 - Rendement du carottier

III-4 - Choix des zones de carottages

III-5 - Généralités sur la granulométrie

III-6 - Méthodes d'analyse chimique des sédiments

III-7 - Composition chimique des principaux minéraux constitutifs de la vase

III-8 - Analyse élémentaire de vases et de schistes sédimentaires

III-9 - Etude des carottes prélevées sur l'isobathe -50 mètres entre Grand-Bassam et Fresco

III-10 - Etude des carottes prélevées sur l'isobathe -60 mètres entre Grand-Bassam et Fresco

III-11 - Etude des carottes prélevées sur l'isobathe -80 mètres entre Grand-Bassam et Fresco

III-12 - Ages absolus

III-13 - Conclusion

IV - PROBLEME DES GRANULES OVOIDES

IV-1 - Généralités

IV-2 - La glauconite

IV-3 - La berthiérine

IV-4 - Mode de gisement sur le plateau continental ivoirien

IV-5 - Analyses chimiques de trois échantillons et comparaison
avec d'autres analyses

IV-6 - Etude aux R.X.

IV-7 - Conclusion

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE.

R E S U M E

Ce travail comprend en premier lieu des données bibliographiques sur la géologie et la morphologie du littoral ivoirien, sur le régime de l'Atlantique et sur les conditions de sédimentation.

Nous abordons ensuite l'étude du Trou sans fond à partir d'une carte au 1/100.000 puis nous étudions les cinquante premières carottes prélevées. Des datations au 14C ont pu être faites sur deux tourbes.

Dans une dernière partie, nous commençons l'étude de granules glauconieux, très abondants sur le plateau continental ivoirien.

A B S T R A C T

In the first part of the study are given bibliographical data related to the Ivorian shoreline geology and morphology, the atlantic ocean features and sedimental conditions.

The "Trou sans fond" is studied next from a 1/100.000 scale map, followed by an analysis of the fifty cores extracted first. Carbon 14 datings have been made on two peats.

In the last part, the study of glauconite pellets which are abundant on Ivorian continental shelf is approached.

I N T R O D U C T I O N

Le plateau continental ivoirien couvre environ 7000 km², sa largeur variant de 9 à 16 milles. Jusqu'ici, il n'a fait l'objet d'aucune étude systématique; seule une carte provisoire des fonds de sa partie Est a été dressée en 1968 par F.DUGAS. Depuis juillet 1967 j'ai entrepris une étude systématique par carottages de sa moitié Est.

La première partie de ce rapport comporte surtout un travail bibliographique en vue de son étude géologique, sédimentologique et paléogéographique. La deuxième partie donne les résultats des premiers carottages.

I - INTRODUCTION A L'ETUDE DU PLATEAU CONTINENTAL IVOIRIEN

I-I - Historique des travaux effectués sur le plateau continental

Les renseignements bathymétriques dont nous disposons sont fragmentaires et se trouvent résumés dans la carte n°4820 du Service Hydrographique de la marine. Ce même service a effectué des missions dans la région d'Abidjan en 1962-1964 et 1966 mais aucun document définitif n'a été encore publié; seules les minutes de sonde nous ont été communiquées.

Une carte du Trou sans Fond a été dressée en 1948 lors du projet d'usine utilisant l'énergie thermique des mers.

P.RANCUREL a dressé en 1965 une carte bathymétrique à des fins de recherches ichtyologiques et faunistiques.

F.DUGAS, en 1968, a dressé une carte sédimentologique provisoire des fonds de la moitié Est du plateau continental ivoirien.

Des petits travaux mineurs et locaux ont été réalisés par divers auteurs.

I-II - Données générales sur le plateau continental

Le plateau continental ivoirien s'étend approximativement entre les méridiens 8° et 3° Ouest sur environ 300 milles marins. Il est situé sur deux régions géologiques bien distinctes: sa moitié orientale est installée sur le bassin sédimentaire secondaire et tertiaire et sa moitié occidentale sur le socle ancien. A ces deux régions géologiques correspondent deux types de côte: à l'Est, nous avons une côte basse bordée de lagunes et à l'Ouest, une côte rocheuse formée de falaises.

Un accident topographique majeur, le Trou sans fond, entaille dans son entier le plateau continental en face d'Abidjan. Il ne semble pas exister d'autres vallées sous-marines d'une telle ampleur. Toutefois, des vallées de moindre importance prennent naissance sur le rebord du plateau continental et notamment en face de Grand-Bassam où, sur l'isobathe-120m, nous avons une échancrure de 2 milles de large dont le fond se trouve à - 285m.

Les lignes de sonde réalisées par RANCUREL ont été effectuées avec un sondeur Kelvin Hugues qui donne une certaine pénétration, ce qui a permis de suivre l'envoyage des zones dures sous des sédiments de recouvrement. En partant du Trou sans fond et en allant vers la frontière du Ghana, les profils bathymétriques sont convexes et formés par des accumulations de vase fine qui recouvrent un fond dur.

Nous verrons plus loin, grâce aux carottages, que ces fonds durs sont formés par du sable ou des grès coquilliers grossiers. A l'Est de Grand-Bassam, les profils deviennent plus réguliers et à partir de - 80m des massifs gréseux portant des coraux apparaissent. Nous avons donc, entre le Trou sans fond et Grand-Bassam, une zone de forte accumulation récente qui s'étend de - 30 à -40m au rebord du plateau. Celle-ci doit être due aux apports du fleuve Comoé dont l'embouchure a divagué depuis le Trou sans fond jusqu'à son emplacement actuel. Le plateau qui fait environ 12 milles de large à l'Est du Trou sans fond s'élargit en allant vers l'Est et atteint environ 16 milles à la frontière du Ghana. A l'Ouest du Trou sans fond le plateau est plus étroit et atteint 10 à 12 milles de large. Les profils bathymétriques qui sont concaves de Vridi à Jack-Lahou deviennent ensuite convexes jusqu'à l'Ouest de Gd-Lahou (embouchure du Niouniourou). Nous avons, ici aussi, une couverture vaseuse récente qui peut recouvrir le plateau depuis les fonds de -30m jusqu'au rebord du plateau. Elle atteint son extension maximum en face de Grand-Lahou. Elle est plus étroite et se termine en pointe à l'Est. Cette couverture vaseuse doit être en relation avec le Bandana. Les zones non recouvertes de vase sont sableuses ou vaso-sableuses et souvent rocheuses entre -80 et -100m. Les zones rocheuses forment la plupart du temps des lignes parallèles au rivage pouvant atteindre 7 à 8m de hauteur. Elles sont formées de grès coquilliers grossiers qui font penser à des sables de plage cimentés lors d'une régression.

ligne de rivage ?

De la rivière Niouniourou jusqu'à l'Est de Sassandra, la zone de recouvrement est interrompue. On la retrouve ensuite et elle se poursuit jusqu'au Cap des Palmes. Elle forme une zone parallèle à la côte depuis les fonds de -35 à -40m jusqu'à l'isobathe -80m. Cette limite inférieure est le plus souvent marquée par des massifs rocheux. L'épaisseur des sédiments est plus faible que dans la partie orientale et ne dépasse que rarement une dizaine de mètres. Au-delà de Sassandra, où le plateau est situé sur le socle, les roches littorales progressent vers le large en formant des avancées irrégulières jusqu'à -40, -50m.

Les formations rocheuses du large, ici aussi, s'étendent en bandes parallèles au bord du plateau. Un premier alignement se relève, par 55-60m de fond. Il prend naissance vers Grand-Lahou sous la couche de recouvrement, et apparaît à la surface du sédiment au large de Petit Lahou encore entouré de vase. Il disparaît au large de Mortality. Une seconde bande rocheuse se suit le long de la ligne des 100m. Cette bande prend également naissance dans le sud de Petit Lahou. Elle est vraisemblablement la continuation de la bande rocheuse que l'on trouve à l'Ouest du Trou sans fond.

I-III - Aperçu géologique

La Côte d'Ivoire est constituée de deux grands ensembles:

a) La "vieille plate-forme" (d'après TAGINI 1965)

Les mesures géochronologiques montrent que l'Afrique constitue une seule et même plate-forme ancienne ayant acquis son individualité au précambrien.

La Côte d'Ivoire appartient à ce domaine rigide de plate-forme ancienne. Son socle date d'environ 2000 millions d'années. Sa couverture, presque complètement disparue, n'est plus représentée que par des formations secondaires et tertiaires. En ce qui concerne la Côte d'Ivoire, la dernière orogénie intéressant le socle est l'orogénie éburnéenne datée de 1800 à 2000 millions d'années (Bonhomme 1962).

L'érosion de la couverture a dénudé et entamé d'immenses zones de socle précambrien qui affleurent maintenant largement.

Le substratum géologique de la Côte d'Ivoire est constitué principalement de roches granitiques se présentant en larges bandes orientées grossièrement Sud-Sud-Ouest Nord-Nord-Est, alternant avec des chaînes schisteuses et arkosiques de même orientation, mais généralement beaucoup moins larges.

Les parties sédimentaires dominent largement dans la région Sud-Est du pays; ailleurs, les granites et granitogneiss sont les roches les plus répandues.

Dans le massif montagneux situé à l'Ouest et qui est le prolongement des montagnes de Guinée, la géologie se complique un peu: on y rencontre divers types de roches se présentant en petites chaînes d'orientation quelconque. On y trouve des granites magnésiens et tout un cortège de roches basiques non métamorphisées.

La plupart des roches basiques de Côte d'Ivoire font de petites lentilles ou de petits massifs à l'intérieur et en bordure des chaînes sédimentaires. Leur répartition géographique est assez quelconque mais la majorité d'entre elles se retrouvent au Sud-Ouest, dans la région de Tabou-Sassandra, au centre, dans la région de Toumodi-Bouaké, au Sud-Est, dans la région d'Ayamé, à l'Est, dans celle de Bondoukou et dans le Nord-Est, aux environs de Bouna.

b) Le Bassin Sédimentaire

Le Bassin Secondaire-Tertiaire de Côte d'Ivoire est le plus occidental des bassins côtiers du golfe de Guinée. Il s'étend sur environ 400km de Fresco à l'Ouest, jusqu'à Axim au Ghana à l'Est. Sa superficie est de l'ordre de 8000km² et sa largeur atteint 35km au maximum.

Il n'est probablement que l'une des franges côtières d'un vaste bassin sous-marin bordant la Côte Atlantique de l'Afrique, depuis le Sud Marocain jusqu'au-delà de l'Angola.

Du type "bassin-ouvert", il fait partie de "l'enduit" sédimentaire mésozoïque tertiaire et quaternaire du continent africain.

La partie terrestre du Bassin de Côte d'Ivoire a la forme d'un croissant allongé qui épouse un rentrant du Golfe de Guinée de part et d'autre d'Abidjan.

I-IV - Etude du bassin sédimentaire

A) Données de la géophysique (d'après MAUGIS 1955)

Les renseignements gravimétriques et sismiques se recoupent pour signaler la présence d'un accident majeur parallèle à la côte. La profondeur du socle dans la zone affaissée est de 5000m au moins.

L'accident, très brutal à Abidjan, le serait beaucoup moins ailleurs où il ne pourrait s'agir que d'un enfoncement assez rapide du fond (Ehinou). Les couches sédimentaires doivent s'épaissir assez rapidement quand on va vers les zones profondes du bassin et il est extrêmement probable que le mouvement de subsidence qui a présidé au dépôt des sédiments a été accompagné d'un mouvement de bascule.

Les résultats sont trop sporadiques pour dire s'il y a des plis dans le bassin.

B) Stratigraphie (d'après J.R. DELTEIL & A. de SPENGLER 1963)

Elle est connue grâce aux sondages de la Société Africaine des Pétroles. Les séries de Côte d'Ivoire ne sont pas très riches en faune; aussi les limites d'étages adoptées sont-elles essentiellement fondées sur l'étude des foraminifères et des ostracodes lorsqu'ils sont présents et sur celle des spores et des pollens. L'histoire géologique du Bassin de Côte d'Ivoire débute par le dépôt, sur le socle antécambrien, d'une série continentale d'épaisseur variable représentant vraisemblablement la base du crétacé et peut-être le sommet du Jurassique. La première transgression marine a lieu à l'Albien ou même à l'Aptien, une période de régression correspondant au Crétacé moyen. Une tendance à la transgression se manifeste de nouveau dès le début du Crétacé supérieur.

Au début de l'ère tertiaire, seuls des golfes relativement limités subsistent en Côte d'Ivoire: le bassin paléocène-éocène occidental et le petit golfe marin qui s'installe au Miocène près d'Abidjan.

a)-Série continentale de base

La série mésozoïque de Côte d'Ivoire débute par une formation continentale essentiellement constituée de sables, de grès, de conglomérats et d'argiles versicolores avec quelques intercalations d'argiles noires.

A l'Ouest, cette série repose sur le socle antécambrien mais elle n'a pas été atteinte par forage à l'Est.

Son épaisseur dépasse 2000m au Ghana mais diminue vers l'Ouest atteignant 472m à Adiadon.

L'âge de cette série n'est pas connu avec certitude. L'analyse palynologique a permis d'en faire l'équivalent continental des séries marines de l'Albo-Aptien du centre du bassin. L'équivalence de la base de la série est plus difficile à établir, cependant, la présence de faunes abondantes de mollusques et surtout d'ostracodes d'origine lacustre, à affinité crétacé basal-jurassique supérieur, semblerait indiquer un âge plus ancien que l'Albo-Aptien.

b)-Albo-Aptien

Il repose en transgression et probablement en discordance sur la série continentale. Dans la zone médiane du bassin son épaisseur dépasse 2600m, elle diminue vers l'Ouest et vers l'Est.

La partie inférieure de la série est formée d'argiles feuilletées noires à intercalations gréseuses.

La partie supérieure, dont le faciès évolue rapidement dans le sens latéral, comprend au centre du Bassin surtout des grès, des marnes et des argiles feuilletées. Des ammonites trouvées dans deux carottes de sondage ont permis de dater ces niveaux de l'Albien moyen à supérieur. La partie supérieure de l'Albo-Aptien comprend également des faciès très grossiers: conglomérats à éléments de socle séparés par des argiles ou encore argiles à blocs et galets isolés de roches métamorphiques ou ignées.

Les faunes récoltées ne permettent pas d'affirmer la présence d'Aptien à la base de la série et donc de déterminer une limite entre l'Aptien et l'Albien.

L'Albo-Aptien marin de la partie médiane passe latéralement vers l'Est et vers l'Ouest à la série continentale de base.

c)-Cénomanién

Le Cénomanién est vraisemblablement représenté par une série plus ou moins grossière de caractère nettement régressif, comprise entre l'Albien et le Crétacé supérieur datés par leur microfaune.

La série est constituée en majeure partie de conglomérats, de grès, de sables d'origine souvent fluviatile et d'argiles sableuses, avec des calcaires gréseux plus ou moins dolomitiques dans la partie centrale du bassin. Son épaisseur, très régulière, de l'ordre de 600 à 700m, traduit un ralentissement de la subsidence par rapport à l'Albien.

GUERIN-VILLEAUBREIL a découvert près de N'zida, dans la zone peu profonde du bassin, une ammonite probablement cénonanienne.

d)-Sénonien - Turonien

Il est transgressif par rapport aux couches sous-jacentes sans que la subsidence y reprenne pour autant le rythme qu'elle avait à l'Albo-Aptien.

Le Crétacé supérieur est essentiellement argileux dans l'Ouest et devient plus grossièrement détritique au centre pour reprendre à l'extrémité orientale du bassin un faciès de type épicontinental de calcaires zoogènes, de lamachelles, de calcaires gréseux et de sables.

Une émergence générale se produit à la fin du Maestrichtien.

Le Crétacé supérieur déborde également parfois au Nord de l'accident majeur; on l'observe notamment dans les sondages de N'zida, Locodjo, Eboco et en affleurements à Eboinda.

Aucun critère paléontologique n'a jamais confirmé la présence du Turonien dans le bassin de Côte d'Ivoire.

e)-Paléocène

La Paléocène est connu sous un faciès marin transgressif caractérisé par de nombreux foraminifères. Il est bien développé dans la partie Ouest du bassin où il dessine une sorte de golfe dans lequel il s'épaissit rapidement et dépasse 500m au droit de Grand-Lahou sous un faciès argileux et glauconieux. Des glauconites paléocènes sont visibles dans les falaises côtières de Fresco.

A l'Est d'Abidjan, le Paléocène n'existe plus que sous forme de témoins très peu épais de sables, d'argiles glauconieuses et de calcaires coquilliers, ceux-ci affleurant à Eboco.

f)-Eocène

L'Eocène n'est connu que dans la moitié Ouest du bassin, sous une épaisseur de 490m au maximum. On y distingue un Eocène inférieur, formé d'argiles sableuses à petits bancs calcaires, et un Eocène moyen et supérieur, constitué d'argiles glauconieuses plus ou moins sableuses.

g)-Oligocène

Son absence dans le bassin conduit à supposer à cette époque, non seulement un arrêt de la subsidence, mais encore un mouvement probable de surélévation générale accompagnée d'une érosion susceptible d'atteindre les couches du Crétacé moyen.

h)-Miocène

Il est cantonné aux environs d'Abidjan dans un petit bassin réduit, dont la dimension Est-Ouest excède à peine 35 km. Il a été traversé sur 600m.

La base du Miocène repose en discordance sur le Cénozanien. On peut supposer que la transgression miocène a emprunté une zone érodée de l'Oligocène ou du début du Miocène. Il est probable que cette zone, encadrée par des failles, ait été plus particulièrement désignée à l'érosion par le tectonique.

i)-Continental terminal

Il est essentiellement formé de dépôts détritiques sablo-argileux (BERTON 1961). On ne peut reconnaître aucune stratigraphie; les formations sont partout lenticulaires et il n'y a aucune corrélation entre les couches rencontrées dans divers sondages, même rapprochés.

Les faciès les plus couramment rencontrés sont:

Conglomerats ferrugineux

Il est constitué de galets de quartz cimentés par des grains de quartz et des oxydes de fer.

Lits de graviers non cimentés

Ils se retrouvent dans le sillon séparant le socle du tertiaire.

Grès ferrugineux

Grains de quartz anguleux enrobés dans une pâte manganoferrugineuse. Ce faciès est typique des carrières de Bingerville.

Sables

Les sables non argileux semblent rares; on en rencontre des lentilles près d'Abidjan.

Sables argileux

Ils forment la plus grande masse des formations. La couleur vire du brun jaune à l'ocre ou même au brun rougeâtre suivant la concentration et la forme des oxydes de fer et aussi généralement suivant le relief.

Argiles.

On les trouve sous forme de lentilles de couleur plus ou moins bariolée ou blanches. BERTON signale de nombreux affleurements en bordure Sud de la lagune à l'Ouest d'Abidjan.

Formations ferrugineuses

Cuirasses de nappe ou masses gravillonnaires plus ou moins renaniées et transportées sur de courtes distances avant d'être ressoudées en dalles cuirassées grâce au ciment ferrugineux et argileux.

Tectonique

D'après BERTON, les mouvements tectoniques dans la partie actuellement visible du Continental Terminal ont été faibles depuis l'époque des dépôts et limités à quelques coupures Nord-Sud (Lagune Aby et Agneby). L'accident majeur ayant probablement joué après les dépôts du Continental Terminal.

Origine

Le BOURDIEC (1958) donne l'hypothèse la plus synthétique. Avant le Mio-Pliocène aurait régné un climat du type tropical humide favorisant l'épanouissement d'un couvert végétal dense et une forte altération biotique du type ferrallitique. Le socle disparaît sous un épais manteau de formations meubles.

Au Néogène, un changement climatique provoque l'ablation de ces débris. Ceux-ci seraient transportés et remaniés par un système de ruisseaux à régimes très contrastés donnant à cette formation une stratigraphie lenticulaire et un faciès de nappe d'épandage semi-aride.

Le lit de ces rivières capricieuses divagant en saison humide donne naissance à un lit mineur de gravillons et sable grossier tandis que l'argile se décante dans des dépressions inondées périodiquement.

j)-Quaternaire

Les plus grandes étendues de Quaternaire se rencontrent sur le cordon littoral. Il y atteint couramment une soixantaine de mètres.

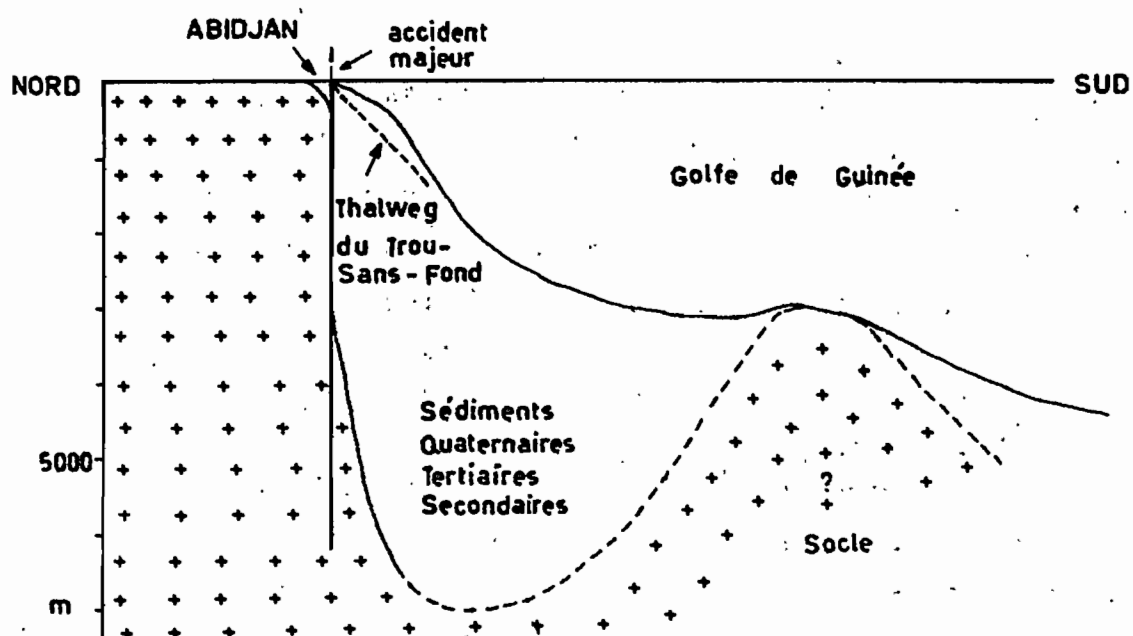
Il se compose:

- d'une plage actuelle très rectiligne de sable roux (sable ferruginisé).
- d'une plage ancienne qui s'étend sur 500 à 1000m. GUERIN-VILLAUBREIL (1962) y a compté jusqu'à six levées successives. Les sables sont déjà un peu blanchis en surface.
- de plateaux dont l'altitude ne dépasse nulle part 20m. Ceux-ci présentent généralement une côte brusque de 2 à 3m de dénivelée à l'approche du lac, du marécage ou du bras de la lagune qui les séparent les uns des autres. Le sable en surface est jaune et devient ocre, plus cohérent et un peu argileux en profondeur.
- de zones marécageuses, lacs intérieurs ou bras de lagune.

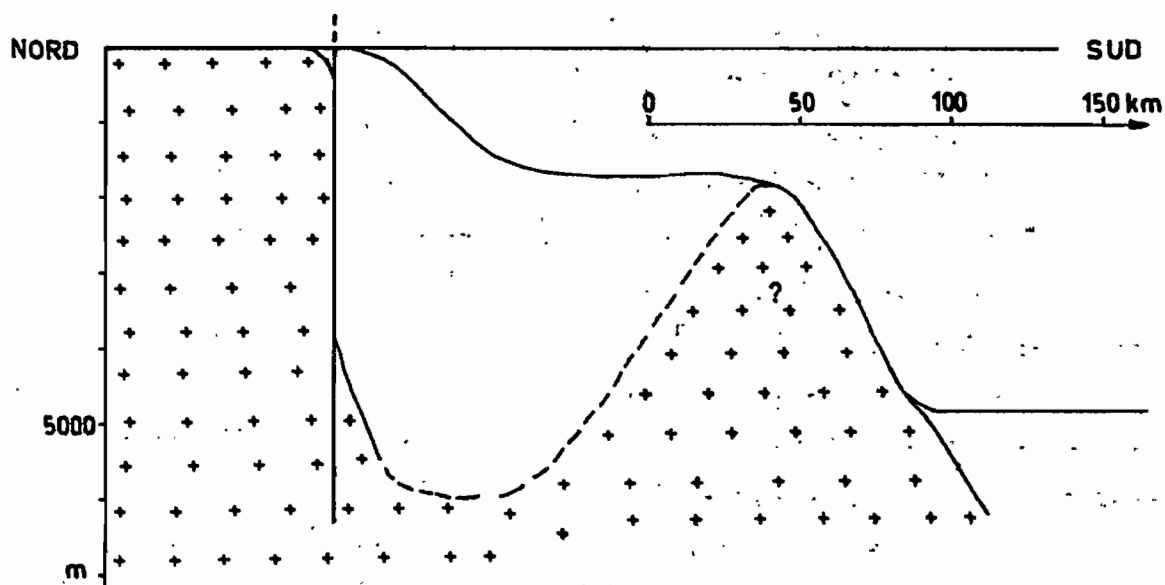
Si ces zones sont exondées, elles présentent en surface de larges plaques de sable complètement blanchi.

Ces zones marécageuses du cordon littoral sont à rapprocher des marécages tourbeux ou sableux que l'on trouve à l'embouchure des petites rivières prenant leur source dans les sables tertiaires.

Ces zones basses sont parallèles à la côte, reliées ou non à la lagune. LE BOURDIEC (1958) rejette l'hypothèse selon laquelle des flèches successives de sable auraient isolé des trainées de points bas. Si elle explique localement ces formations, elle est incapable d'expliquer leur liaison avec la lagune ni la profon-



① Coupe passant par Abidjan



② Coupe passant à l'ouest d'Abidjan

FERMETURE POSSIBLE EN MER DU BASSIN SEDIMENTAIRE

Fig 1

deur du lac Bakré situé dans le prolongement d'un des bras du Trou sans fond. Le lac Bakré s'expliquerait par un creusement fluviatile lié à la régression Pré-Flandrienne. De la même époque date l'étalement de matériaux provenant d'une érosion accrue des plateaux tertiaires. La transgression qui a suivi a été à l'origine du remaniement de ce matériel rejeté par la mer et cheminant le long du littoral sous l'action des vagues. La crête de la houle a déterminé le niveau des levées et l'enfoncement progressif du socle explique la pente du plateau côté lagune.

C) Tectonique (d'après DELTEIL & De SPENGLER 1966)

Le bassin sédimentaire constitue un golfe étroit installé dans une zone de schistes métamorphiques "birriniens" encadrée par le promontoire de gneiss du Libéria à l'Ouest et par le massif cristallin du Ghana méridional à l'Est. Au Nord du Bassin, le Birrinien est parcouru par des intrusions Nord-Est-Sud-Ouest de roches éruptives, tels le granite de la moyenne vallée de la Comoé et la granodiorite de la basse Bia. Le prolongement de ces axes vers le Sud dans le bassin sédimentaire coïncide avec des axes positifs transversaux.

Nous avons vu que le bassin est divisé en deux par un grand accident. Il s'agit d'une faille, d'un rejet de plusieurs milliers de mètres et de pendage sud, coupant obliquement les axes tectoniques du socle, dont l'influence sur l'accident se traduit tout au plus par des saillants vers le Sud.

Sous les sédiments de la partie Nord, la surface pénéplanée du socle présente un très faible pendage vers le Sud. La photogéologie a permis de mettre en évidence dans le Miocène continental une tectonique de failles certainement liée à celle du socle. La direction principale des fractures est N.NW - S.SE, mais on note en bordure du bassin des failles très récentes de direction NE-SW.

Le bassin profond se présente comme un ~~monoclinal~~ de pendage sud, d'un plongement moyen de quelques degrés à 30 degrés, butant contre l'accident majeur. Cependant d'après une coupe sismique réalisée lors de la campagne du Charcot, il semblerait que le bassin se ferme au large (fig.1).

La structure du bassin profond dépend entièrement de la combinaison de failles et d'axes positifs transversaux. Ces axes, qui n'affectent guère les sédiments de la zone nord du bassin, sont liés à la constitution du socle et sont dus en particulier à des massifs de granite et de gneiss. Il ne faut pas y voir l'effet de véritables mouvements dirigés de bas en haut mais plutôt les considérer comme des zones ayant localement résisté à la subsidence générale du bassin.

Les failles du bassin profond, Est-Ouest, plus ou moins satellites de l'accident majeur, ou obliques NE-SW et NW-SE sont vraisemblablement liées au socle. Néanmoins, l'existence de failles dues au tassement des sédiments est très probable ainsi que la présence d'accidents dus à des glissements tangentiels sous l'effet de la gravité. La structure de la moitié Ouest du bassin est beaucoup plus calme que celle de la partie Est, ce qui s'explique par la présence, au Nord de cette dernière, d'abondantes intrusions de roches éruptives dans le socle, entraînant une prédisposition à une tectonique plus cassante.

D) Morphologie actuelle

Elle comporte plusieurs bandes distinctes allongées dans le sens Est-Ouest, qui sont du Nord au Sud:

Le socle

Sa morphologie est différente suivant que l'on a affaire aux schistes du Birrinien ou au Cristallin. Sur les schistes on a une topographie nulle et peu accentuée. Le Cristallin, au contraire, a un relief plus vigoureux.

Pliocène Continental

A l'est, les affleurements se présentent sous la forme d'un grand plateau tabulaire d'une altitude de 50 à 100m, entaillé par des vallées bien marquées et couvert d'épaisses forêts.

A l'ouest, on a un relief beaucoup plus mou. La côte Nord des lagunes présente de profondes "rias" dominées par des falaises d'une dizaine de mètres de hauteur.

Les lagunes

Leur liaison avec la tectonique est évidente. En majeure partie, elles sont orientées Est-Ouest et se trouvent à cheval sur l'accident majeur du bassin. Actuellement tronçonnées par des conglomérats récents, elles formaient autrefois un chapelet continu.

Cependant d'autres lagunes orientées Nord-Sud ou Nord-Ouest-Sud-Est sont dues à des accidents du socle.

Le cordon littoral

Il est formé par une succession d'anciens cordons littoraux parallèles au rivage actuel.

I-V - Caractéristiques géomorphologiques générales du littoral (d'après TRICART 1962)

Le littoral de la Côte d'Ivoire peut se diviser en deux grandes parties:

- La 1ère partie s'étend de la frontière du Ghana à Fresco
- La 2ème va de Fresco à la frontière du Libéria.

La côte Est, plate et sableuse, est installée sur un compartiment affaissé, tandis que la côte Ouest, élevée et coupée de pointes rocheuses, correspond à un bord d'un bloc soulevé.

La côte occidentale de la Côte d'Ivoire est constituée par un littoral élevé, formé par les séries métamorphiques du socle précambrien. L'intérieur est un plateau disséqué en collines qui dérivent du démantèlement plioquaternaire d'une surface d'érosion jalonnée par des lambeaux de cuirasses ferrugineuses qui reposent par endroits sur des grès grossiers ferrugineux et même sur des lits de graviers et petits galets quartzeux mal roulés. Des dépôts, qui dénotent des épendages semi-arides, se sont élaborés dans des conditions climatiques analogues à celles qui ont régi la formation du Continental Terminal de la région Est et peuvent être, à titre de pure hypothèse, considérés comme des équivalents latéraux. Mais la région n'étant pas subsidente, ils ne forment que des placages minces et discontinus qui n'ont été conservés que là où la cuirasse ferrugineuse qui les surplombe n'est pas démantelée.

Cette cuirasse moule une topographie de glacis d'accumulation très mince qui semble avoir été gauchie par de légères ondulations. A Grand-Bereby, elle couronne le bord du plateau à 15 km dans l'intérieur vers 100m d'altitude, puis on la retrouve en place sur la plage à l'Ouest du Warf. L'anse de Bereby correspond donc à un compartiment affaissé, postérieur à la formation de la cuirasse. Ces déformations tectoniques ont facilité le démantèlement. La cuirasse en place ne persiste que sur certaines collines allongées d'allure tabulaire; ailleurs elle a disparu et un modèle de dissection tropicale humide s'est développé dans le socle. Il semble que des jeux de blocs aient dénivélé récemment cette topographie. En certains endroits les collines sont plus basses et les vallées larges qui les séparent sont noyées en vastes estuaires et marécages. Ailleurs, les collines sont plus élevées et séparées par des vallées plus étroites et moins marécageuses.

Ces caractéristiques du modèle de dissection se répercutent directement sur les aspects morphologiques du littoral. En effet, le littoral coupe ces diverses unités et présente un dessin en échelons avec une succession de tronçons rectilignes orientés Ouest-Sud-Ouest et Est-Nord-Est séparés par des caps de décrochement vers le sud. A chaque décrochement la côte est décalée de 1 ou 2 km. La longueur des segments rectilignes, entre les caps, est d'une quinzaine de km. Chaque cap détermine une anse vaguement protégée des houles du Sud-Ouest mais ouverte au large du côté du Sud et surtout de l'Est et du Sud-Est. Les caps sont généralement abrupts et dominent le rivage d'une cinquantaine de mètres. Généralement la côte qui borde les segments orientés Ouest-Sud-Ouest, Est-Nord-Est est moins escarpée. Les collines du socle sont souvent séparées par une petite plaine littorale dont la largeur excède rarement quelques centaines de mètres. Celle-ci est constituée par deux cordons littoraux anciens datés par analogie avec le littoral oriental: l'un, le plus élevé (3 à 6m au-dessus des hautes mers) de l'Ouljien, l'autre (0,5 à 2m) du Dunkerquien (mais ceci devra être révisé). Les rivières qui débouchent sur cette côte sont caractérisées par des rapides à faible distance du littoral, conséquence de la tendance tectonique positive de la région au plioquaternaire. Dans les régions soulevées, les vallées, relativement étroites, sont creusées légèrement en-dessous du niveau actuel du fait

de la régression préflandrienne. Elles sont envoyées en limans dont la profondeur est de l'ordre de 10 à 15m. Ceux-ci sont fermés vers la mer par un cordon dunkerquien ou ouljien qui a rejeté les cours d'eau vers l'Ouest contre une colline rocheuse atteignant le littoral. Ces limans sont obstrués en période d'étiage par un bouchon sableux qui crève plus ou moins lors des crues. La plage n'est donc pas interrompue sauf à San-Pedro et Grand-Béréby. Dans les régions affaissées, les collines sont séparées par d'amples bas-fonds occupés en partie par des limans passant à des mangroves et des marécages. Ces dépressions amphibies sont également fermées du côté de la mer par des cordons littoraux pléistocènes et par des bouchons sableux d'étiage.

Les différences entre le littoral oriental et le littoral occidental de la Côte d'Ivoire sont donc les suivantes:

- Absence, à l'Ouest, de lagunes et sur la côte, d'affleurements des formations détritiques du continental terminal. Ceci résulte du fait que les failles bordant le socle africain passent, à l'Ouest, au large de la côte et à l'Est, à l'intérieur des terres comme nous l'avons vu plus haut.

- Existence, à l'Ouest, d'affleurements du socle le long même du littoral sous la forme de caps et de collines venant directement au contact de la mer et de secteurs rectilignes qui sont une autre conséquence de cette même tectonique régionale.

- A l'Ouest, nous avons un tracé en échelons du littoral qui recoupe les vallées, tandis qu'à l'Est, nous avons un tracé rectiligne. Ceci est également dû à la tectonique. Ce tracé ne donne que des baies largement ouvertes encombrées d'écueils et ne laisse place à des estuaires que tout à fait exceptionnellement.

I-VI - Facteurs de la sédimentation actuelle sur le plateau continental

A) Le Relief

Le relief du pays est comparable à celui d'une ancienne pénéplaine en pente douce vers le sud, culminant à la frontière Nord vers 350 - 400m et descendant à une cinquantaine de mètres au contact des sables tertiaires du sud.

Le tiers inférieur de la Côte d'Ivoire, soit une bande de 100 à 200 km, a un relief peu accentué, largement ondulé et dont les sommets ne dépassent pas 200m. Ces parties basses s'allongent cependant assez loin vers le Nord en remontant les vallées des quatre grandes rivières qui traversent le pays dans le sens Nord-Sud.

Le relief du restant du pays s'étage entre 200 et 400m avec quelques sommets compris entre 500 et 700m disséminés un peu partout.

La seule région qui mérite le qualificatif de montagneuse est celle de Man, située à l'Ouest à la frontière de Guinée. Dans cette région nous avons une chaîne dépassant légèrement 1000m, s'étendant au Nord de Man et de Danané et se poursuivant vers l'Ouest en Guinée où elle continue à s'élever. La plupart des hauts reliefs de la Côte d'Ivoire sont constitués soit d'inselbergs granitiques, soit de massifs de roches basiques généralement cuirassés ayant résisté à l'érosion.

Ce relief mou et peu accentué fournira peu de matériel à la sédimentation.

B) Le Climat

Entre les parallèles 5° et 8° Nord on a un climat de type guinéen forestier. Entre les parallèles 8° et 11° Nord on a un climat de type Soudano-guinéen.

a)-Le climat guinéen forestier se caractérise par une température moyenne annuelle comprise entre 24,5° et 27,2° dans les régions de basses altitudes et par des amplitudes thermiques toujours faibles.

Les précipitations atteignent 2000mm au Sud et 1200mm au Nord à la limite du climat Soudano-guinéen. On peut différencier deux saisons humides: la plus grande en mai, juin, juillet, la plus petite vers octobre, novembre. La plus grande saison sèche, quand elle est bien définie, s'étend de décembre à avril et la petite ne s'étale que sur les mois d'août et de septembre.

b)-Le climat Soudano-guinéen se caractérise par une température annuelle moyenne comprise entre 24,5° et 28,2° avec amplitude thermique faible. Les précipitations atteignent dans la partie Nord-Ouest 1700mm et dans la partie Nord-Est 1100mm. La saison sèche s'étale sur 4 à 5 mois: novembre à février ou mars. Plus on se rapproche de la frontière Nord du territoire, plus la saison des pluies se concentre en une seule saison centrée sur le mois d'août. Nous avons un climat chaud et humide et

les actions chimiques et bio-chimiques entraînent une très grosse altération de toutes les roches, mais le couvert végétal s'oppose en partie à l'évacuation des produits de cette altération.

C) La Végétation

On peut distinguer trois grandes unités:

a)-Les formations littorales:

Le long des 500 km de côte, on rencontre une mince bande composée d'espèces plus ou moins halophiles: herbes psammophiles avec stolons le long des plages et mangroves sur sols plats tourbeux et situés au niveau des marées hautes. Ces forêts de mangroves remontent un peu vers l'intérieur en suivant les vallées plus ou moins marécageuses des grandes rivières et s'éteignent à l'endroit où l'action des marées n'est plus sensible.

b)-Les formations forestières s'étendent parallèlement à la côte sur 110000 km² c'est-à-dire sur environ 1/3 de la superficie de la Côte d'Ivoire.

c)-Les Savanes et Forêts claires s'étendent sur 200.000 km² dans la partie Nord du pays.

Nous avons vu que le couvert végétal du Sud de la Côte d'Ivoire va s'opposer à l'érosion; en effet le ruissellement est faible même sur les plus fortes pentes.

D) Le Réseau hydrographique

Quatre fleuves principaux traversent le pays dans le sens Nord-Sud.

D'Ouest en Est nous rencontrons:

- Le Cavally
- Le Sassandra
- Le Bandama
- Le Comoé.

Leurs débits ne sont importants que pendant la saison des pluies. Ainsi, le débit du Bandama à Tiassalé, où passe 97% des eaux du bassin, est, en période de crue, de 1375m³/seconde et à l'étiage, de 20m³/seconde. L'absence de charge solide

importante dans les rivières qui coulent entre des berges encombrées de végétation, entraîne une très faible érosion.

Seules les particules fines, transportées en suspension dans les eaux superficielles, peuvent être entraînées vers le large. Les sédiments grossiers actuels sont déposés à proximité des embouchures des fleuves et étalés par la mer près du littoral sans atteindre le large. Lorsqu'il existe des sédiments grossiers sur la zone externe des plates-formes continentales, ce sont des dépôts anciens qui se sont constitués dans des conditions différentes de celles d'aujourd'hui et en général lors d'un ou plusieurs bas niveaux marins quaternaires (BERTHOIS 1965).

E) Le Régime de l'Atlantique (d'après VARLET)

1) - La marée:

Elle est semi-diurne à forte irrégularité journalière dont le marnage dépasse rarement 1,3m en vive-eau et peut descendre jusqu'à 0,4m en morte-eau. La marée est sensiblement en phase sur la côte du golfe de Guinée d'où la faiblesse des courants de marée.

2) - Fortes barres (rouleaux) et "raz de marée"

La région du golfe de Guinée située dans la zone des calmes équatoriaux n'est pratiquement jamais parcourue par des dépressions importantes; les grains orageux qu'on y observe souvent n'ont qu'une action négligeable sur le niveau de la mer. Sans être exceptionnels, les séismes sont relativement rares et faibles. Ce que les observations anciennes appellent "raz de marée" n'est souvent qu'une très forte barre coïncidant éventuellement avec des vents assez forts pour provoquer une avancée de la mer sur la côte.

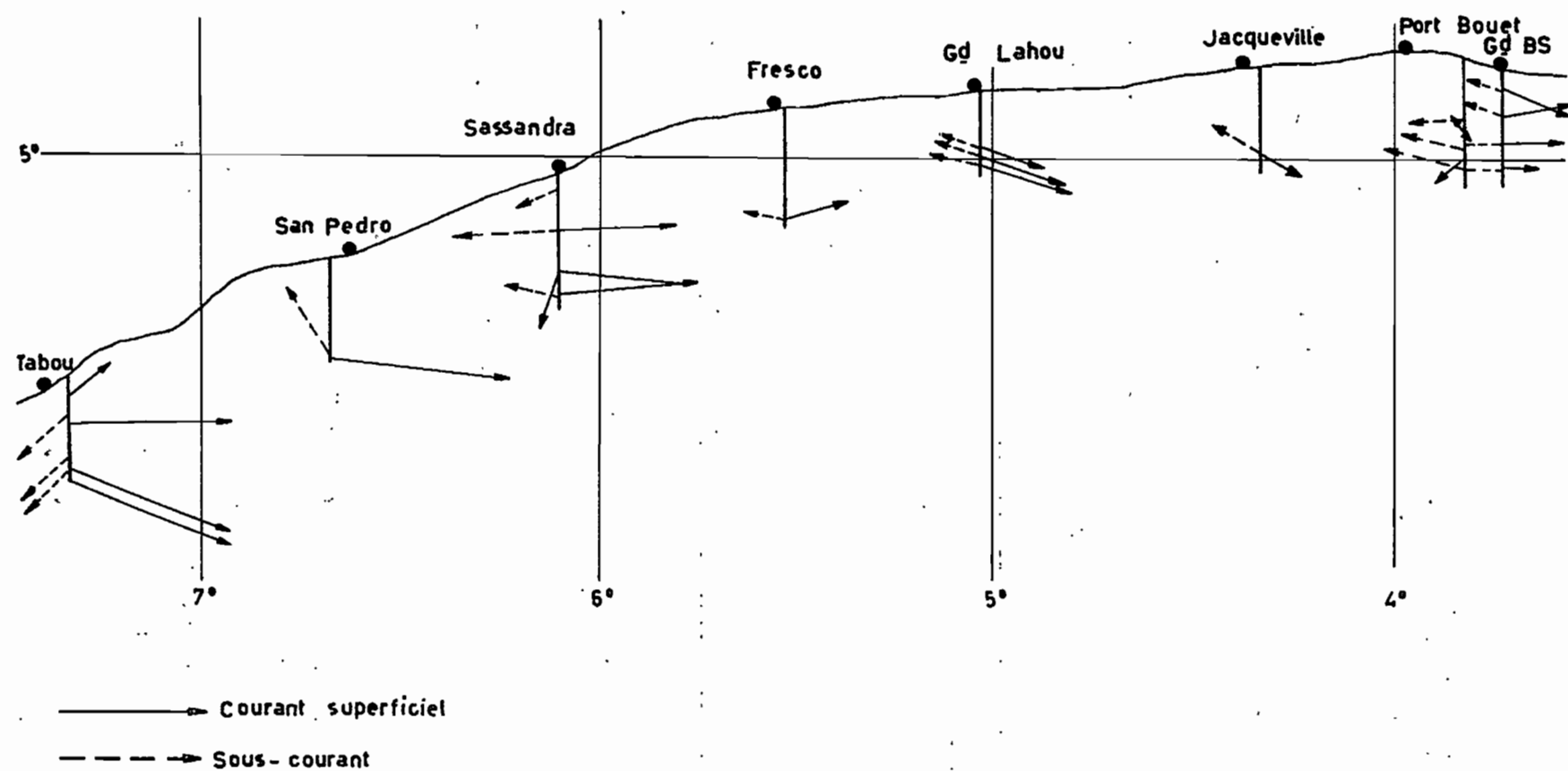
3) - La houle (étude faite à Port-Bouët)

VARLET a distingué:

Houle faible: hauteur de crête à creux 0,8 à 1m

Houle moyenne: hauteur de crête à creux entre 0,8 à 1m et 1,8 à 2m

Houle forte: hauteur de crête à creux supérieure à 1,8 à 2m.



Carte de repartition des courants sur le plateau continental Ivoirien

D'après Lemasson et Rebert

Fig 2

Direction de la houle

La présence fréquente d'une houle d'interférence rend difficile l'évaluation des directions.

Directions	Houle faible	Houle moyenne	Houle forte
S	13	16	9
S.S-W	14	16	9
S-W	5	16	2

Fréquence annuelle en %

4) - Les courants (d'après LEMASSON & REBERT 1968, fig. 2)

Les coupes de distribution verticale de la composante zonale des courants font apparaître un système de courants opposés:

a) Une couche superficielle s'écoulant vers l'Est qui est associée au courant de Guinée. Ce dernier, qui longe la côte africaine, est une continuation du contre-courant équatorial et du courant des Canaries renforcé pendant les mois d'été par la mousson qui souffle du Sud-Ouest vers le continent africain. Il s'affaiblit pendant l'hiver et devient très irrégulier; son axe se déplace alors vers le Sud.

b) Sous cette couche (quand elle existe, c'est-à-dire de Tabou à Grand-Bassam), un contre-courant de direction Ouest. Il est séparé du courant superficiel par une zone de transition rapide où le vecteur courant tourne de 180°, ce qui se traduit par une ligne de transport zonal nul. Seul le courant côtier a une influence sur le littoral. Il porte généralement à l'Est avec une vitesse moyenne de 0,2 m/s, son intensité maximum se situe de mai à juillet. Il s'y ajoute un courant de marée sinusoïdal de vitesse maximum 0,15 m/s et dont le maximum vers l'Est a lieu 1h30 après la pleine mer.

5) - Cheminement des sables le long de la côte

VARLET pense que le facteur inclinaison de la houle sur la côte est susceptible d'expliquer en première approximation les variations que l'on a constatées dans le transport des sables en différents points du golfe de Guinée. Mal défini semble-t-il sur les côtes du Libéria, le cheminement prend de l'ampleur à partir du Cap des Palmes et atteint probablement son maximum entre Fresco et Grand-Bassam. Au-delà il doit diminuer puisqu'il est nul au Cap des Trois Pointes. Le cycle recommence ensuite, cheminement très faible à Takoradi, sensible déjà à Sekondi et important d'Accra jusqu'à Lagos.

Portion de côte d'orientation constante	Angle de la crête de houle avec la côte
Côte du Libéria	- 12°
Cap des Palmes à Fresco	46°
Fresco au Trou sans fond	32°
Trou sans fond au Cap des Trois Pointes	14°
Cap des Trois Pointes à Lomé	43°
Lomé à Lagos-Ajumo	27°
Ajumo - delta du niger	- 38°

La houle est supposée venir uniformément du Sud-Sud-Ouest. Il y a un bon accord entre l'importance et le sens du transport et l'angle de la houle avec le rivage. La réalité est cependant beaucoup plus complexe, ne serait-ce qu'en raison des directions variables de houle. On remarquera que les houles du Sud-Ouest inversent le sens du transport sur les côtes du Libéria d'où une explication des observations contradictoires. Les houles du Sud doivent donner lieu à un transport dirigé vers l'Ouest entre le Trou sans fond et le Cap des Trois Pointes, d'où une explication possible de l'absence de transport au Cap des Trois Pointes. Mais nous verrons plus loin que, pour TRICART, il n'y a pratiquement pas de transport dans la partie Ouest de la Côte d'Ivoire. Cependant, la construction de l'épi artificiel de San-Pédro a montré qu'il existait tout de même un certain transport mais qu'il était beaucoup plus faible que dans la partie orientale du littoral.

6) - Action de la houle sur le fond

Les fonds sont fréquemment remaniés jusqu'à une profondeur de -5m; cette profondeur est aussi celle où déferlent les fortes houles. Se basant sur le fait expérimental que la mise en suspension du sable commence un peu avant le déferlement, PELNARD-CONSIDERE donne la cote de -7m comme limite inférieure de la zone où la houle peut entraîner directement le sable.

Plus bas s'étend la zone où la houle n'agit plus que pour désagréger le sable et rendre possible l'entraînement par le courant côtier.

7) - Volume des cheminement

A l'Ouest du Trou sans fond une estimation de 700 à 800.000m³ paraît raisonnable; les transports à l'Est du Trou sans fond passent alors à 300 à 400.000m³, car l'évaluation des dépôts annuels dans le Trou sans fond (400.000m³), basée sur une période de trente ans, doit être correcte. Mais il faut bien voir que l'inégalité des transports à l'Ouest et à l'Est du Trou sans fond est une simple conséquence du changement d'orientation de la côte et que le Trou sans fond, jusqu'à l'ouverture du canal de Vridi, ne fonctionnait pas comme une trappe à sédiment.

8) - Hydrologie du plateau continental ivoirien
(d'après les Travaux du C.R.O. d'Abidjan).

Contrairement aux autres mers tropicales qui ont de faibles variations thermiques, les eaux néritiques de Côte d'Ivoire présentent des différences de l'ordre de 10° au cours d'une année. Salinité et teneur en oxygène sont aussi très variables. Ces écarts sont l'indice de variations saisonnières notables liées à des mouvements importants des masses d'eau.

En zone intertropicale, la situation typique des eaux sur le plateau continental telle qu'elle se présente toute l'année en baie de Biafra et devant le Libéria est celle-ci:

1) - en surface, une couche homogène d'eaux chaudes (plus de 24°C) à faible salinité (moins de 35 ‰), d'épaisseur variable (20-30m).

2) - une couche thermocline, où la température passe de 25°C à 18°C et dont l'épaisseur et la position varient; elle assure la transition avec les eaux superficielles.

3) - une eau que l'on peut appeler subtropicale, que l'on retrouve en surface dans l'atlantique intertropical occidental et central sous le nom d'eau tropicale et qui plonge en pénétrant dans le Golfe de Guinée. Cette eau correspond au maximum de salinité (35,80 ‰) que l'on observe donc juste sous la thermocline.

4) - au-dessous, issue du mélange de l'eau subtropicale et de l'eau antarctique intermédiaire, l'eau centrale sud-atlantique couvre la partie inférieure du plateau continental. A partir de la thermocline le gradient thermique est faible. A 200m les températures sont de l'ordre de 14-15°C.

En Côte d'Ivoire ce schéma est réalisé:

- de mai à juillet: les faibles salinités sont alors dues, du moins pour une bonne part, aux précipitations locales alors abondantes.

- en novembre et décembre: la couche d'eau chaude est alors très épaisse et atteint les 40m. Les crues des fleuves locaux qui ont lieu à cette époque de l'année ne peuvent expliquer l'ampleur du phénomène. Ces eaux superficielles seraient essentiellement d'origine libérienne.

La direction générale des courants de surface est en effet d'Ouest en Est le long du littoral ivoirien. Pendant ces deux périodes qu'on peut appeler ~~saisons~~ ^{saisons} chaudes, la thermocline est très marquée.

D'août à octobre, entre ces deux saisons, un puissant "upwelling" fait remonter l'eau subtropicale près de la surface. Cette eau couvre alors l'essentiel des fonds du précontinent. La thermocline disparaît. Ces eaux froides sont déjà relativement pauvres en oxygène. On observe, de plus, en septembre-octobre, un appauvrissement considérable de cette teneur en oxygène entre -10 et -30m. Ce phénomène se reproduit tous les ans et est la conséquence probable de la dégradation de la matière organique présente en abondance dans les eaux à la suite d'une floraison phytoplanctonique importante liée à cette remontée d'eaux riches en sels nutritifs. Cette grande saison froide coïncide avec l'hiver austral; la Côte d'Ivoire, comme l'ensemble du golfe de Guinée, est sous l'influence du climat de l'hémisphère Sud.

De janvier à mai, la situation est moins claire. Des phénomènes d'upwellings locaux se produisent qui ont intéressé pendant l'année d'observation, l'eau subtropicale début mai, ou les eaux de la thermocline en janvier-février. Mais d'une année à l'autre ils peuvent varier en force, de même que le moment de leur apparition n'est pas très bien fixé.

En conclusion, la zone du plateau, au-dessous de 60m, est très stable tout au long de l'année pour ce qui est des conditions hydrologiques. Au-dessus de 60m l'instabilité augmente au fur et à mesure que l'on va vers les petits fonds.

F) - Processus morphodynamique (d'après TRICART 1962)

Les caractéristiques océanographiques que nous avons vu plus haut, font que tout le littoral de la Côte d'Ivoire est un littoral à forte énergie soumis à des actions morphodynamiques intenses. Nous allons voir sur quel matériel s'exerce ce potentiel morphodynamique élevé.

Dans la partie Est, il dispose des grandes masses de sable provenant des formations du continental terminal et des apports considérables des fleuves lors des périodes sèches quaternaires. Ces apports avaient été stockés dans les cordons littoraux Ouljien et Dunkerquien qui sont très développés. Ceci se traduit par une dérive littorale sableuse très volumineuse qui a pu, comme nous l'avons vu, être évaluée à l'occasion du percement du Canal de Vridi. Certaines personnes en ont hâtivement conclu qu'il en était de même dans la partie Ouest de la Côte d'Ivoire, mais il n'en est rien comme le démontre pour deux raisons TRICART.

a) Sur le littoral Ouest, les masses de sable sont relativement faibles du fait de ses caractéristiques géomorphologiques et de son évolution paléoclimatique quaternaire. Les falaises formées par le socle et qui atteignent les plages en de nombreux points, ne libèrent que peu de matériel. En effet elles sont recouvertes jusqu'à leur pied par la végétation qui protège fort bien le sol. De la sorte, une pédogenèse a lieu sur les falaises mais elle reste embryonnaire du fait que la pente, très raide (40° et plus), soumet les sols peu évolués et minces à un glissement lent vers la mer. Des boules d'altération chimique, des blocs de cuirasse suivent le même sort et s'accumulent au pied des côtes escarpées. Mais la lenteur

de la pédogenèse fait que les volumes de matériel fin sablo-argileux, que peut seule prendre en charge la dérive littorale, sont faibles. Les cordons littoraux anciens dunkerquien et ouljien qui bordent le rivage entre les falaises rocheuses boisées peuvent fournir davantage de sable mais leurs sapements ne se produisent que de loin en loin. Ils semblent coïncider avec les marées exceptionnelles du cycle de 18 ans et se sont produits au cours de l'année 1959. Entre temps, il y a au contraire accumulation de rides sableuses au pied des cordons anciens qui, de ce fait, cessent de fournir du sable à la dérive littorale. De plus, les fleuves n'apportent que très peu de sable à cette côte. La région est encore largement couverte de forêts et l'érosion reste presque dans les conditions naturelles et fournit surtout des colloïdes. Cette situation se modifiera avec la mise en culture, mais il faudra un certain nombre d'années pour que le matériel mis en mouvement colmate les bas fonds inondables et qu'un transit régulier s'organise jusqu'à la côte. Seul le Sassandra, qui se trouve dans un secteur qui a connu déjà des périodes sèches au quaternaire et qui draine des régions déboisées, apporte d'assez grandes quantités de sable. Mais le Sassandra constitue une exception.

La houle dispose donc, sur le littoral occidental, d'un stock sableux limité et se renouvelant mal. La majeure partie provient des cordons littoraux anciens qui ne sont sapés que lors des périodes de marées exceptionnelles et ne peuvent souvent pas être rongés profondément à cause des rochers de leur soubassement.

b) Le modelé du rivage est défavorable à un transfert littoral massif. Dans les anses les mieux protégées, le déferlement ne se produit pas et le sable n'est pas pris en charge sauf pendant les quelques jours où souffle un harmattan suffisamment violent pour déclencher des houles d'Est. Il y a donc interruption de la dérive littorale dans les anses les mieux protégées. Il semble que l'on se trouve en une sorte d'état stationnaire ne permettant pas une dérive résultante importante, sinon, les pointes rocheuses qui terminent chaque secteur de la côte seraient le point de départ d'une flèche sableuse tendant à fermer la rade foraine qui leur fait suite à l'Est, suivant le schéma type établi par les Russes pour la

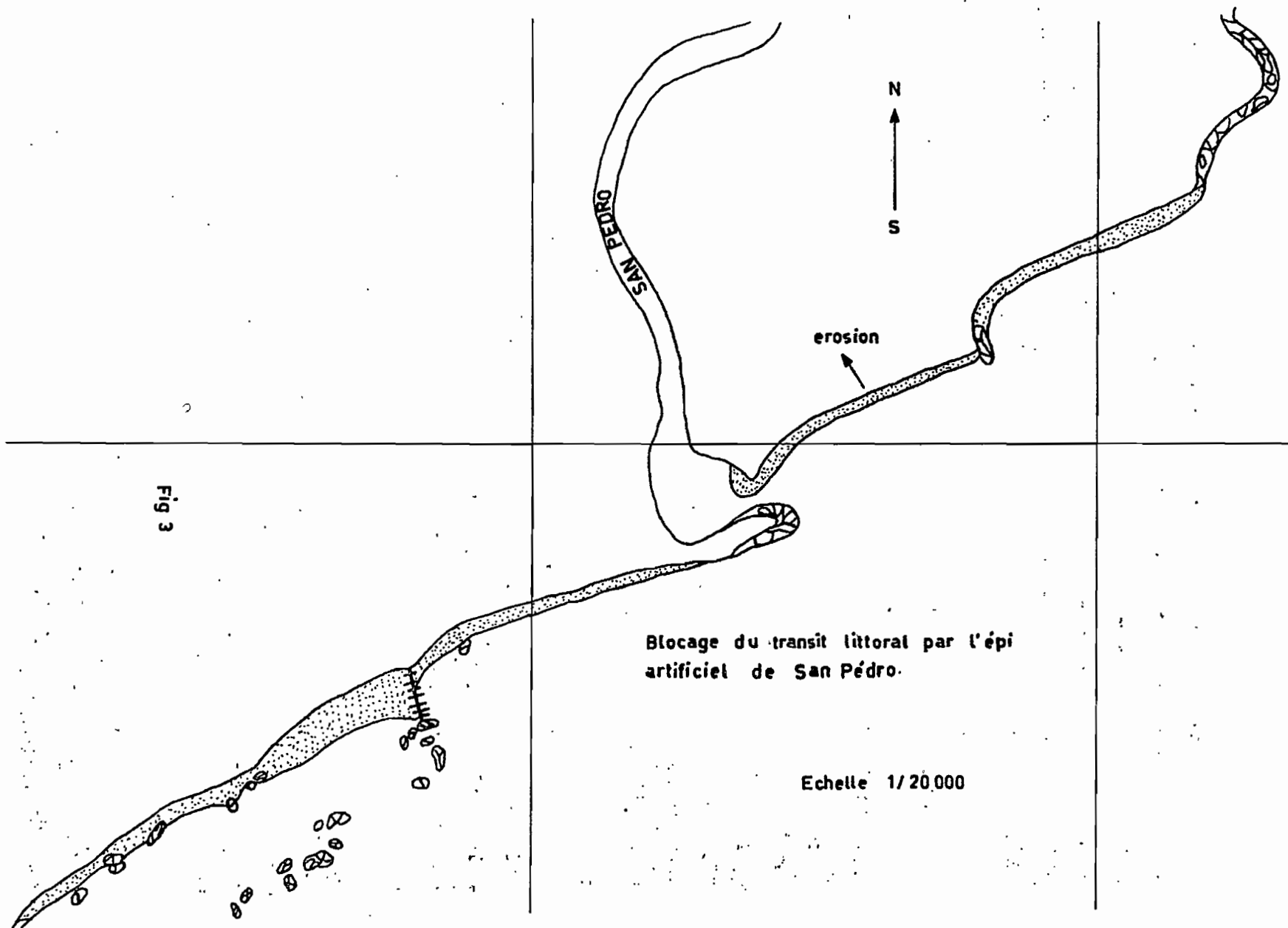


Fig 3

Blocage du transit littoral par l'épi
artificiel de San Pedro.

Echelle 1/20,000

mer d'Azov. De plus, les embouchures ne dénotent aucun transfert massif. Actuellement ces embouchures sont à peu près fixées et celles qui migrent le font dans des limites très étroites. Cette absence de migration systématique montre que les transferts de sable sont faibles: sinon ils repousseraient rapidement les embouchures des cours d'eau qui ne sont même pas capables de maintenir une communication aérienne avec la mer en période d'étiage.

Les sables littoraux sont soumis essentiellement à des mouvements perpendiculaires au trait de côte. Suivant l'état de la mer, il y a alternance de périodes de démaigrissement pendant lesquelles le profil transversal des plages devient moins incliné et moins cambré et des périodes d'engraissement caractérisées par une évolution inverse. En période d'engraissement, il se forme des rides au profil très dissymétrique, avec une pente fortement cambrée vers le large (15 à 25°) et une pente rectiligne vers l'intérieur. La raison de ces fortes cambrures est d'ordre biologique. En effet ces plages sont caractérisées par une extraordinaire abondance d'animaux fouisseurs qui ameublissent le sable en y créant d'innombrables terriers et galeries. Lorsque se produit le jet de rive, une grande partie de l'eau s'infiltré, le débit du jet de rive diminue donc vers le haut de la plage ce qui provoque l'abandon des grains de sable en suspension mécanique. Le retour de vague, très affaibli par cette intense percolation, est incapable d'en ramener une bonne partie. Ces formes de profil de plage accentuent le déferlement et rendent les rouleaux plus dangereux. En effet, le bas de plage a une allure parabolique ce qui accélère le retour de vague. Celui-ci, en s'ajoutant à l'effet de freinage du bas de la vague qui arrive, la fait basculer plus tôt. Ainsi, le sable des petits fonds est aisément mis en suspension tourbillonnaire et pris en charge pour venir engraisser la haute plage. Ce profil particulier contribue à gêner la migration des sables et à renforcer les mouvements perpendiculaires au trait de côte qui sont commandés par la configuration du littoral.

Cependant, la construction de l'épi de San-Pédro a montré que les estimations de TRICART étaient trop pessimistes (fig.3). En effet, on peut estimer le volume du transport annuel à 200.000m³ par an; ce qui est faible par rapport au transport qui se produit dans la partie orientale du littoral mais n'est tout de même pas négligeable.

II - LE TROU SANS FOND

II-I - Historique

Le Trou sans fond est connu des géographes depuis très longtemps; on le trouve signalé pour la première fois dans la carte dressée en 1846 par BELLIN, ingénieur de la marine. Il figure ensuite dans de nombreuses cartes françaises, anglaises et espagnoles. En 1941-42, l'ingénieur hydrographe principal BREMOND a fait une reconnaissance acoustique de la partie Nord de la vallée sous-marine. Une étude de reconnaissance, en vue de l'installation d'une usine utilisant l'énergie thermique des mers, a été menée en 1948 et en 1949. Au cours de celle-ci, 720 sondages au fil ont été effectués ainsi que des sondages ultra-sonores. Il a été établi une carte au 1/10000ème pour les sondages au fil et une carte à la même échelle pour les sondages ultra-sonores. Une carte faisant la synthèse de ces deux documents a été dressée par l'ORSTOM.

Vingt carottages ont été effectués dans la partie supérieure de la vallée. Le thalweg de la vallée sous-marine est dur: sable, gravier ou argile. On n'y a pas relevé d'arête rocheuse; un carottage, effectué sur le flanc Est où la pente est de 40°, a ramené une argile bleu-vert très compacte alors qu'on aurait pu s'attendre à trouver une formation rocheuse plus caractéristique.

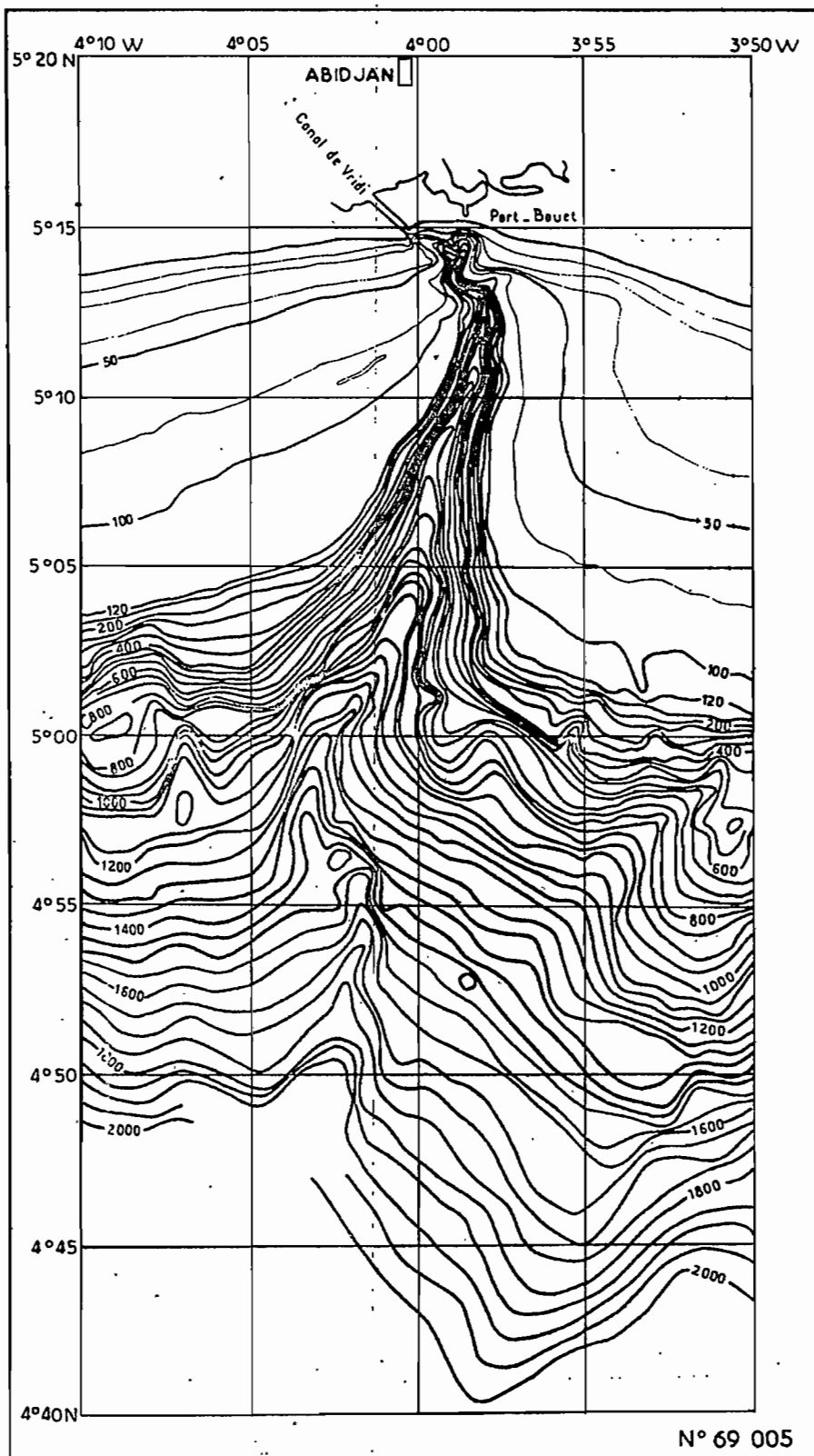
En 1962-1964 et 1966 le Service Hydrographique de la Marine a effectué des levées dans la région d'Abidjan et notamment au-dessus du Trou sans fond. A partir des minutes de sonde, j'ai pu dresser deux cartes du Trou sans fond: l'une au 1/25000ème, l'autre au 1/100000ème (carte jointe).

Une seule hypothèse sur l'origine du Trou sans fond a été émise en 1938 par PRUNET.

II-II - Description du Trou sans fond (carte hors texte; fig.4 & 5)

Il débute au ras de la côte dans les fonds de 10m et se poursuit sur environ 30 milles jusqu'aux fonds de 2000m. Il entaille profondément le plateau continental sur toute sa largeur. Au niveau de la rupture de pente entre plateau

CARTE BATHYMETRIQUE DU TROU SANS_FOND



D'après les minutes du service hydrographique. Mission : 62_64_65

Fig. 4

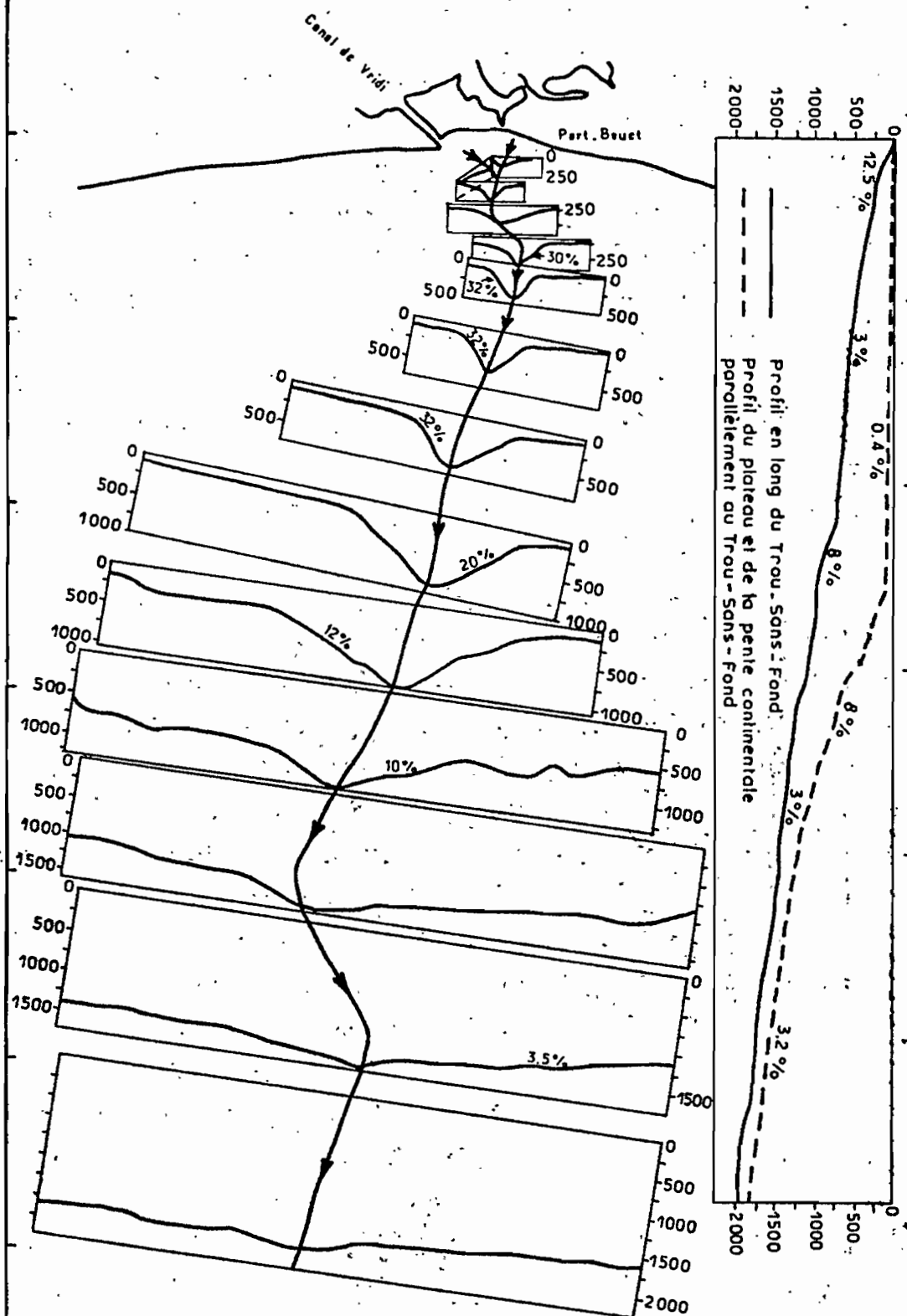
Dessin. J. ALLEPO

L. MARTIN

Centre de Recherches Océanographiques
ABIDJAN

N° 69 006

ABIDJAN



PROFIL en LONG et COUPES TRANSVERSALES
DU TROU SANS-FOND

Fig. 5

Profondeurs x 4

L. MARTIN

Centre de Recherches Océanographiques
ABIDJAN

Dessin. J. ALLEPO

et pente continentale, c'est-à-dire à -110m, sa profondeur est de 1000m. Sa tête est formée de deux branches: une principale de direction NNE-SSO, et une plus petite de direction NO-SE. Il est intéressant de noter que le canal de Vridi, ouvert en 1950, débouche dans cette branche et que les sables mis en mouvement par le transit littoral s'y écoulent ce qui évite son obstruction. Après 2,5km, il se produit un changement de direction, l'axe du canyon devenant NO-SE; 2,5km plus loin, un nouveau changement se produit, l'axe du canyon redevenant à peu près NNE-SSO. Le canyon conserve cette direction pendant environ 30km puis redevient NNO-SSE sur environ 7km pour reprendre enfin une direction NNE-SSO. Ce trajet en "baïonnette" semblerait indiquer que le tracé du canyon a été influencé par des failles, et ceci d'autant plus, que ces directions coïncident avec celles d'accidents mis en évidence dans la partie terrestre du bassin.

Dans les deux premiers kilomètres, la pente atteint en moyenne 12,5%; ensuite, sur 1,7km, c'est-à-dire dans la partie creusée sur le plateau continental, elle est de 3% puis elle passe, sur 2,5km, à 8% (ce qui correspond à la déclivité de la pente continentale); ensuite, elle redevient égale à 3% (fig.5). Dans la branche principale, la pente, sur le flanc Est, est de 21% et sur le flanc Ouest, de 25%; dans l'axe, tout à fait en tête de canyon, elle est de 19%; dans la branche NO-SE, elle est de 21% sur les deux flancs et de 7,5% dans l'axe. Dans la partie creusée sur le plateau continental, les profils transversaux sont en V.

Au début le canyon est assez étroit (la partie encaissée fait environ 1 km de largeur) mais il s'élargit rapidement en allant vers le large et sur le rebord du plateau continental il atteint environ 12km de large. Les flancs Est et Ouest sont en général assez symétriques, le flanc Est étant toutefois un peu plus haut d'une quarantaine de mètres; sur une douzaine de kilomètres leur pente est de 30 à 35%. Au fur et à mesure que la vallée s'élargit, la pente des flancs décroît pour atteindre 3,5% vers 1700m de profondeur. Nulle part on ne rencontre de parois verticales, ce qui est logique puisque, au moins dans sa partie supérieure, le canyon est creusé dans des argiles sableuses miocènes qui ont été traversées sur 600m par le forage pétrolier de Port-Bouët.

II-III - Log du forage Btl (Port-Bouët)

Ce forage, exécuté de septembre 1958 à septembre 1959 par la Société Africaine des Pétroles, a été poussé jusqu'à -3938m. Situé un peu à l'Est du Trou sans fond, il nous fournit de précieux renseignements pour l'établissement de la stratigraphie du canyon.

Il recoupe successivement:

- de 0 à 71m, le Quaternaire, formé de sables grossiers
- de 71 à 123m, le Miopliocène, formé de sables fins à niveau ~~ligniteux~~
- de 123 à 706m, le Miocène marin, formé d'argiles plastiques grises à verdâtres très peu sableuses
- de 706 à 757m, le Sénonien, formé d'argiles peu sableuses à nombreux débris de coquilles
- de 757 à 1037m le Turonien qui comprend plusieurs horizons:
 - . de 757 à 835m, nous avons une alternance de bancs calcaires gréseux à grès calcaireux avec des niveaux d'argiles grises à vertes peu sableuses
 - . de 835 à 876m, nous avons des argiles sableuses grises avec de nombreuses intercalations de sables à grès peu calcaires peu consolidés, des sables argileux gris à verdâtres avec intercalations de sables à grès peu calcaires
 - . de 876 à 1037m, nous avons des sables à grès fins peu consolidés avec de très rares niveaux argileux
- de 1037 à 1408m, le Cénomaniien qui est formé:
 - . de 1037 à 1248m, par un conglomérat de sables fins à moyens à galets de quartz (0,5 à 8cm) peu cimentés passant localement à un conglomérat quartzitique
 - . de 1248 à 1408m, par des sables à grès calcaires peu consolidés et par des argiles sableuses verdâtres à grises passant localement à des argiles gypseuses blanches
- de 1408 à 3938m, l'Albo-Aptien qui comprend les horizons suivants:
 - . de 1408 à 1500m, argiles grises à noires silteuses, feuilletées, micacées très fossilifères
 - . de 1500 à 1666m, argiles silteuses à intercalations de calcaires
 - . de 1666 à 1945m, alternance de grès calcaires, d'argiles feuilletées silteuses grises et de sables consolidés

- de 1945 à 2080m, marnes et argiles noires à ammonites et nombreuses intercalations de grès à ciment calcaire très développé, ou de calcaires gréseux
- de 2080 à 2380m, sables consolidés et grès souvent ligniteux, nombreuses intercalations d'argiles feuilletées grises à noires.
De 2186 à 2196m, nous avons une intercalation à galets de socle
- de 2380 à 2690m, argiles silteuses grises à noires plus ou moins indurées avec de nombreuses intercalations de grès feldspathiques à sables ligniteux et de rares niveaux de dolomie brunâtre
- de 2690 à 3000m, grès peu calcaires avec de rares niveaux d'argiles grises puis des silts argileux avec des intercalations de bancs de grès fins à moyens peu calcaires
- de 3000 à 3938m, argiles silteuses feuilletées grises à noires passant localement à des silts argileux, avec intercalation rythmique de bancs de grès fins feldspathiques passant parfois à de fines arkoses. Débris ligniteux et asphaltiques surtout dans les argiles silteuses.

II-IV - Généralités sur les canyons sous-marins (SHEPARD & DILL 1966)

De nos jours, l'origine des canyons n'est guère plus claire qu'aux premiers stades des investigations. Nous possédons suffisamment de données sur les têtes de canyons pour définir les processus d'érosion qui s'y produisent, mais notre ignorance sur les propriétés physiques et la distribution des sédiments dans les parties plus profondes est un des principaux obstacles à leur connaissance. Aucune des hypothèses actuelles ne semble capable d'expliquer, à elle seule, tous les canyons sous-marins; cependant, les études déjà menées ont permis de faire un certain nombre de constatations:

- Les canyons ont une pente continue. Les exceptions sont rares et ne sont pas confirmées par de nouvelles études lorsqu'il s'agit d'études anciennes
- Les profils longitudinaux sont plus raides dans les têtes de canyons que dans les parties inférieures
- Beaucoup de canyons ont des profils transversaux en V avec un fond plat étroit formé d'un remplissage de sédiment
- De nombreux canyons ont des cours sinueux; ces sinuosités se poursuivent dans les vallées qui leur font suite

- En général les affluents se rencontrent couramment près des têtes de canyons; cependant, il peut arriver qu'ils débutent en eaux plus profondes loin de la ligne de rivage actuelle.
- Certains canyons peuvent, soit se terminer au changement de pente du talus continental, soit se poursuivre par une vallée creusée dans les sédiments de ce dernier
- On trouve en général de grosses accumulations de sédiments à leur débouché
- On rencontre des canyons aussi bien dans des roches sédimentaires que dans des roches éruptives
- Les canyons existent aussi bien sur les côtes tectoniquement stables que sur les côtes tectoniquement instables
- Mise à part la côte Ouest de la Corse, les canyons ne semblent pas être plus abondants sur les côtes profondément encaissées que sur les autres
- Certains canyons sont placés loin de rivières terrestres et d'autres ne semblent avoir aucune connexion avec un drainage terrestre
- La répétition de sondages dans plusieurs têtes de canyons a montré des changements de profondeur
- Dans les têtes de canyons sableuses, seuls, des écoulements lents, des glissements, des coulées de sable et le transport par des courants autres que les courants de turbidité ont été observés. Il n'y a aucune preuve concrète de l'existence des courants de turbidité dans les têtes de canyons sableuses où pourtant de nombreuses observations ont été effectuées
- On a des preuves du transport de sable et d'organismes littoraux vers le bas des canyons. On a également rencontré des graviers, des fragments de roches et des blocs assez volumineux
- Sur les parois il existe des preuves d'érosion telles que cannelures et trous d'organismes tronqués
- On a observé dans des canyons des courants de l'ordre de 0,5 noeuds
- Des canyons qui reçoivent de grandes quantités de sédiments ne se remplissent pas
- Le "bed rock" peut être à nu dans certains canyons.

II-V - Hypothèses sur l'origine des canyons (SHEPARD & DILL)

De très nombreuses hypothèses ont été formulées pour expliquer la formation des canyons sous-marins. Il fut un temps où chaque géologue célèbre avait

sa propre théorie. Cependant, il semble raisonnable de laisser de côté celles qui ont été très critiquées et non défendues. Par ex. l'hypothèse de JOHNSON (1939) d'un creusement par des sources sous-marines n'a jamais été basée sur des faits concrets; celle d'un creusement par des tsounamis, suggérée par BUCHER (1940), n'était basée ni sur une étude sérieuse des canyons ni sur celle des tsounamis. L'explication des canyons par des failles (LAWSON 1893 & WEGENER 1924) peut paraître plus intéressante, mais le système arborescent des affluents, les axes sinueux et la difficulté de faire correspondre les canyons avec des axes structuraux du continent, font que cette hypothèse ne peut constituer une explication générale.

Nous allons voir plus en détail les théories qui ont le plus retenu l'attention des chercheurs.

A) Les canyons sont des rivières submergées

Le fait qu'il y ait de nombreux traits communs entre les vallées terrestres et les vallées sous-marines a fait penser que ces dernières résultaient de la submersion de rivières subaériennes creusées à une époque où les terres étaient émergées. Ainsi, les canyons de la côte Ouest de la Corse semblent être si nettement la prolongation sous la mer des vallées terrestres que, même KUENEN (1953), un fidèle défenseur du creusement par les courants de turbidité, en conclut qu'ils sont de véritables vallées submergées. Il est logique de penser que les canyons voisins ont la même origine et donc que les canyons du nord de la Corse et de la Riviera italienne et française ont la même histoire puisqu'il n'y a pas de cassure topographique entre eux. De plus, le fond vaseux des têtes de la plupart de ces canyons semble indiquer qu'ils sont en train de se remplir.

Il existe des preuves de submersion le long de nombreuses côtes. En effet, les forages pétroliers traversent fréquemment d'épaisses séries continentales ou marines d'eaux peu profondes qui se trouvent à plusieurs milliers de mètres sous le niveau actuel de la mer.

Le fait que les canyons soient aussi bien développés dans les roches cristallines que dans les roches sédimentaires doit indiquer que les canyons sont des vallées submergées ou alors, que l'érosion sous-marine est aussi forte dans les roches dures que l'érosion subaérienne.

Un argument d'une valeur plus douteuse, mais qui peut tout de même être retenu en faveur d'un creusement subaérien, est le fait que certaines têtes de canyons sont situées directement à la sortie de vallées terrestres.

Toutefois, ceci peut également indiquer que les sédiments apportés par les rivières ont seulement été utilisés par les agents sous-marins pour creuser les canyons.

Le fait que certains affluents aient leur origine à plusieurs centaines de mètres de profondeur peut être un argument en faveur de la submersion car dans ce cas, on ne peut invoquer l'apport de sédiments par les courants côtiers pour expliquer leur creusement.

- Objections au creusement subaérien

On a longtemps cru que la profondeur moyenne atteinte par les canyons était de 3000m. Les canyons ayant une distribution universelle, il était difficile d'admettre une telle immersion de toutes les côtes. En réalité, les canyons atteignent rarement 3000m de profondeur et il semble qu'au contraire la profondeur moyenne soit de 2100m et même de 1800m dans les régions sondées avec précision. Ces derniers chiffres ne sont pas très éloignés des valeurs de subsidence indiquées par les forages côtiers.

D'un autre côté, il existe un hiatus entre les vallées terrestres et marines. Il semble que le profil concave typique des canyons avec des parties plus raides en eaux peu profondes soit une indication d'ajustement du profil au niveau actuel ou à un niveau voisin de l'actuel. Ceci ne réfute pas un creusement subaérien primaire mais montre qu'une érosion sous-marine quelconque a refaçoné ces vallées.

Un argument convaincant contre la seule érosion subaérienne est la découverte de parois de canyons contenant des trous de pholades tronqués. L'érosion dans le canyon de La Jolla de sédiments lagunaires datés, montre qu'un creusement actif s'y est développé durant les 8000 dernières années.

Malgré tout ces preuves d'érosion marine ne doivent pas faire abandonner complètement l'hypothèse de la submersion de vallées terrestres. En effet, il existe de nombreuses preuves de l'enfoncement de la marge continentale et de plus,

la configuration de nombreux canyons ne semblent pas conforme avec ce que doit donner l'érosion sous-marine. La forme arborescente du tracé de certaines vallées est semblable à celle créée par le ruissellement de l'eau sur le sol. Le ruissellement affecte la pente dans son ensemble alors que les courants chargés de sédiments semblent être localisés.

B) Les canyons ont été creusés par des courants de turbidité

Nous supposons que les courants de turbidité résultent de l'accumulation de sédiments sur une pente jusqu'à ce que la masse, ainsi formée, devienne instable et glisse en entraînant la mise en suspension des sédiments. En descendant la pente, cette masse liquide peut "s'autonourrir" par érosion du matériel sur lequel elle coule. Un tel type de courant, s'il existe, peut descendre un canyon sous-marin et transporter des sédiments qui s'accumuleront au bas de la pente. Les vallées qui font suite aux canyons sont, dans de nombreux endroits, bordées par des levées. Cela signifie que des courants peuvent se répandre par-dessus les bords des chenaux. La découverte de petits lits de sable bien classé, aussi bien sur les levées que dans le lit majeur, indique qu'il existe un courant capable de transporter des sables fins au-delà des limites des chenaux. Le fait que les sables des canyons et des basses vallées soient grano-classés est en accord avec le grano-classement des sédiments déposés par des courants de turbidité artificiels créés par KUENEN dans des bacs expérimentaux. Cependant, il faut noter qu'un courant ordinaire dont la vitesse varie, donne des grano-classements semblables.

La découverte que des canyons, et même des dépressions faillées, étaient dirigés vers le large alors qu'ils se trouvaient dans des zones où des gauchissements et des failles avaient développé des barrières et des bassins, montre l'existence d'un courant très actif capable d'éroder ces barrières et de remplir ces bassins. De même, les blocs anguleux trouvés dans des carottes prélevées dans l'axe de certains canyons suggèrent l'existence de courants périodiques. Mais ces mêmes blocs peuvent également être tombés des parois et avoir été transportés par des glissements de sédiments. Un autre argument en faveur des courants de turbidité est l'existence de gorges et de chenaux relativement profonds dans les basses vallées.

a) Arguments de valeur contestable relatifs aux courants de turbidité

Tremblement de terre du "George-bank"

La vitesse de 55 noeuds que certains auteurs ont attribuée au courant de turbidité engendré par ce tremblement de terre, aurait été un argument convaincant en faveur de l'érosion par des courants de turbidité, mais malheureusement son authenticité laisse beaucoup à désirer. En effet, de nouveaux calculs faits par SHEPARD ont ramené la vitesse théorique possible de 55 à 15 noeuds. De plus, il est très possible que les câbles aient été cassés successivement par d'autres phénomènes qu'un courant de turbidité. Les carottes, prélevées par le "Lamont Geological Observatory" dans la zone où la vitesse est supposée être la plus grande, montrent que de telles vitesses ne s'y sont pas développées. En effet, il est inconcevable que ce grand torrent ait pu descendre la pente sans déplacer l'épaisse couche d'argile silteuse que l'on trouve au sommet de la plupart de ces carottes. De même, le matériel recueilli par les compagnies aussitôt après la rupture des câbles est tout à fait incompatible avec le fait qu'un grand torrent d'eau chargée de sédiments ait descendu la pente (KINDLE 1931). Les cailloux, rapportés par KINDLE, sont en réalité dus aux apports des icebergs. TERZAGHI (1956), pour sa part, pense que les tremblements de terre pourraient produire des liquéfactions spontanées qui descendraient progressivement les pentes comme cela se produit parfois sur terre. HEEZEN (1963) objecta que les câbles cassés auraient dû, dans ce cas là, glisser le long de la pente. De plus, un ensemble de faits semble indiquer que les sédiments de la pente ne sont pas sujets à liquéfaction (MORRE 1961). La possibilité que les ruptures des câbles soient dues à des glissements successifs (SHEPARD 1954 et MOORE 1956) est également à considérer. La découverte dans cette zone, par les chercheurs du "Lamont", de lambeaux de glissement reposant sur la pente, corrobore cette idée.

Estimation théorique de la vitesse

Les estimations faites par HURLEY (1960) et INMAN (1963) montrent qu'en théorie des sédiments en suspension peuvent engendrer des courants de turbidité atteignant de grandes vitesses à la fois dans les canyons et les basses vallées. Les calculs d'INMAN montrent qu'avec une épaisseur de 10m et une concentration en

sable fin de 5%, les courants peuvent parcourir le canyon de La Jolla avec des vitesses variant de 0,26 à 26 noeuds. Il est cependant difficile de comprendre comment le sable, fortement tassé et stable qui se trouve dans les têtes de canyons sur une pente de 30°, peut être mis en suspension quand il se trouve sur une pente de 10°.

Graviers et fragments de roches des axes de canyons

Jusqu'à l'emploi de carottiers de large section, tout semblait indiquer que les courants de turbidité possédaient de faibles vitesses. En effet, on obtenait rarement dans les carottes autre chose que du sable fin; même les graviers et les fragments de roches décrits par ERICSON (1961) dans les canyons de la côte Est étaient incorporés à des sédiments argileux ce qui laissait plutôt supposer un transport par des coulées de boue que par des courants de turbidité. Les fragments de roches à cassures fraîches, trouvés dans des carottes de la basse Californie, peuvent signifier qu'une érosion puissante s'est produite sur les roches du fond; mais il se peut également que ces fragments soient tombés des parois et aient été transportés plus tard.

Toutes les études récentes ont donné des carottes contenant du sable et des cailloux dans le bas. Il est difficile de voir comment des courants de turbidité peuvent produire une telle disposition car on s'attendrait plutôt à trouver des cailloux sur le fond. En fait, il s'agit peut-être d'un autre type de coulée de sédiments qui transporterait des cailloux et produirait ce que l'on appelle des turbidites.

Les courants de turbidité et les pentes unies

KUENEN (1950), NATLAND et MIDDLETON ont créé des courants de turbidité dans des bacs expérimentaux. Cependant, les expériences de décharge exécutées par BUFFINGTON (1961) sur les fortes pentes de la tête du canyon de La Jolla n'ont pas produit de courants de turbidité sur des pentes relativement unies malgré la forte inclinaison et les différents mélanges du matériel utilisé. Des constatations semblables ont été faites par les nombreux plongeurs qui ont essayé de déclencher des courants de turbidité sur de fortes pentes. De même, les sédiments mis en mouvement par la soucoupe plongeante sur les parois et le fond des canyons de La Jolla et de la

Scripps n'ont généralement développé que des courants de turbidité de courte durée. Ces observations indiquent qu'il est difficile de déclencher des courants de turbidité sur des pentes où le sédiment s'est accumulé lentement. Cependant, MOORE (1960) a montré que l'introduction brusque de sédiment dans une dépression allongée donnait, en le canalisant, les conditions nécessaires au développement d'un courant de turbidité.

b) Arguments contre l'hypothèse du creusement des canyons par les courants de turbidité

Si les courants de turbidité étaient la seule cause du creusement des canyons, il devrait y en avoir des preuves très nettes; or nous allons voir que l'on peut mettre en doute beaucoup des arguments qui semblaient, au premier abord, favorables aux courants de turbidité.

D'après les expériences de BUFFINGTON, nous avons vu que si on déclenche sur une pente unie un courant de turbidité, il se dissipe très rapidement. Par contre, si une dépression existe déjà sur la pente, le courant de turbidité en étant canalisé, aura plus de chance de continuer jusqu'au bas de la pente. En se basant sur ces observations, on voit que les courants de turbidité ne sont pas la cause première du creusement mais perpétuent une vallée déjà existante, même si, par la suite, ils l'approfondissent.

Si les courants de turbidité étaient la cause majeure du creusement des canyons qui entaillent, sur près de 1000m, des roches relativement dures, ils devraient avoir un pouvoir érosif comparable à celui des torrents et des rivières de montagne, ou alors, il a fallu que l'érosion se produise durant une grande partie des temps géologiques. Or les faits ne justifient ni l'une ni l'autre de ces suppositions. D'après GORSLINE et EMERY (1959), les courants de turbidité qui approvisionnent en sable le bassin au large de la Californie sont très peu fréquents; peut-être de l'ordre de 1 tous les 400 ans. Si ces courants peu fréquents avaient produit, seuls, ce creusement, le processus aurait nécessité une période beaucoup plus longue.

Les foraminifères benthiques de faibles profondeurs qui sont très fragiles et que l'on trouve dans les lits de sable sont habituellement bien préservés; on y trouve même des espèces arénacées qui auraient facilement été détruites par un courant dense très turbulent.

Si les vallées étaient dues à des courants de turbidité, les canyons devraient descendre la pente plus ou moins en ligne droite et ne devraient avoir que peu d'affluents importants. Les affluents des canyons de la Riviera française sont un sérieux obstacle à la théorie du creusement par des courants de turbidité. De plus, nous avons vu que certains affluents débutent à des profondeurs importantes où il ne peut y avoir l'approvisionnement sédimentaire nécessaire au déclenchement des courants de turbidité.

HUBERT (1964) a montré que les sables caractéristiques des vallées sous-marines profondes de la côte Est des Etats-Unis ressemblaient rarement aux sédiments qui sont caractéristiques des turbidites. Il met en doute le fait que les sables profonds aient été transportés par des courants de turbidité.

Un des principaux obstacles à l'hypothèse des courants de turbidité est que l'on ne sait pas comment des sédiments stables peuvent être mis en suspension au point de pouvoir s'écouler comme un fluide.

C) Les canyons ont été creusés par des courants de fond
(autres que les courants de turbidité)

Selon une idée couramment admise, les seuls courants sur les fonds à grandes profondeurs seraient des courants de turbidité. Or on a trouvé de nombreux ripple-marks à grandes profondeurs, là où il ne pouvait y avoir de courants de turbidité. En soucoupe plongeante, SHEPPARD (1965) a observé un courant de 0,4 noeud dans la tête du canyon de La Jolla et il a photographié des ripple-marks. Il semble que des gradients de température et de salinité puissent produire des courants capables de transporter des sédiments sableux. HUBERT (1964) est arrivé à la conclusion qu'une grande partie des sables profonds trouvés dans les carottes sont le résultat du transport par ces courants ordinaires. En effet, selon lui, les caractéristiques des sables et la structure des sédiments sont plus typiques de tels courants que de courants de turbidité.

La possibilité que les courants de fonds ordinaires puissent creuser les canyons ou à la rigueur construire les deltas sous-marins et garder ouvertes les basses vallées ne doit pas être négligée. Les remarques d'HUBERT sont favorables à cette hypothèse. Les courants ordinaires n'impliquent pas l'accumulation d'une grosse quantité de sédiments et sa mise en suspension ultérieure. De même, un courant de turbidité s'arrêtera à la base de la pente alors qu'un courant ordinaire, ne dépendant pas de celle-ci, pourra persister. De plus, l'érosion par ce type de courant peut expliquer l'existence des affluents qui débutent à une grande profondeur. Cependant, il est difficile d'avoir une différence de densité suffisante pour engendrer un tel type de courant sur toute la longueur du canyon, surtout s'il a une pente raide. Les courants de turbidité, par contre, ne rencontrent pas cet obstacle. Il est également difficile d'expliquer pourquoi des courants ordinaires creuseraient fréquemment des canyons dans l'axe de vallées terrestres.

D) Les canyons ont été creusés par des écoulements en masse

Presque tous les chercheurs qui ont étudié les canyons sous-marins pensent que les écoulements en masse sur les pentes jouent un rôle important dans le creusement des canyons. Cependant, dans le passé, seul H. STETSON (1949) en a fait l'agent principal du creusement.

Il semble que dans certaines têtes de canyons, des glissements de sédiments puissent produire une érosion semblable à celle d'un glacier. Il existe également des preuves de glissements importants à plus grande profondeur. Une action de ce genre doit pouvoir éroder des roches dures telles que les granites et les grès.

Les sédiments des fonds de canyons ne semblent posséder aucune des propriétés nécessaires à une liquéfaction spontanée (DILL 1964); il est donc probable que les têtes de canyons se vident plus facilement par des écoulements lents, des glissements par gravité et des écoulements occasionnels de sable, que par des courants de turbidité. Cependant, nous ne connaissons pas la valeur de l'érosion produite par les glissements et les coulées de sable. Elle doit cependant être plus faible que celle produite par les écoulements de type glaciaire que l'on rencontre lorsque les canyons sont pleins de sédiments.

Ces écoulements combinés avec des glissements en tête de canyon peuvent, par recul de celle-ci, entailler les formations holocènes. De même, ce mécanisme peut expliquer des érosions là où il est difficile d'admettre l'existence de courants de turbidité.

L'incorporation de galets non classés au milieu de sables classés et d'argiles silteuses semblerait indiquer que les glissements en masse jouent un rôle important dans la production de ce que l'on appelle des turbidités (NATLAND et KUENEN 1951; GROWELL 1957; WINTERER et DURHAM 1962; DOH 1963).

Toutefois, si la nature du phénomène qui a apporté les galets est incertaine, il n'en demeure pas moins que cet agent transporteur est capable de produire une érosion.

Cependant, les preuves d'écoulements en masse dans les têtes de canyons peu profondes ne signifient pas qu'il en existe également dans les parties plus profondes. De plus, là où les glissements sont démontrés, les pentes sont de l'ordre de 20 à 30°, or dans certains secteurs des parties basses des canyons les pentes peuvent ne pas dépasser 1°.

Il semble possible que de tels glissements ou écoulements continus aient creusé les canyons dans leur forme actuelle. Il s'y est peut-être toutefois ajouté des courants de turbidité. Une fois que le mouvement a débuté le long d'un plan de faiblesse, il suffit d'une faible énergie pour le maintenir, même sur une pente très faible.

Arguments contre l'hypothèse du creusement des canyons par des écoulements en masse

Malgré tous les arguments en faveur des glissements et des mouvements en masse, il semble évident que d'autres agents d'érosion sous-marine agissent. Les points suivants semblent favorables à une origine mixte.

- 1) Les canyons sous-marins ont en général une forme plus découpée que les vallées de glissement qui existent sur terre. Il en est de même des vallées sous-marines pour lesquelles le glissement semble être l'explication la plus probable.
- 2) Si on a des glissements en masse, les couches que l'on trouve dans le bas des canyons devraient être plus perturbées que ce que nous montrent

les carottes prélevées. De plus, la succession de lits de sable et d'argile silteuse est difficile à concilier avec des glissements de terrain. Cependant, on peut admettre qu'il y a eu ramaniement ultérieur par des courants locaux.

- 3) Si les mouvements en masse étaient l'agent principal du creusement, on devrait trouver les stades intermédiaires entre les vallées s'arrêtant en cours de pente et celles qui vont jusqu'au bas de la pente, or ceci n'a jamais été observé.

E) Durée du creusement des canyons

Certains défenseurs des courants de turbidité ont affirmé que les canyons sous-marins avaient été creusés durant les régressions quaternaires alors que les rivières coulaient sur les plateaux continentaux et apportaient les sédiments nécessaires à l'alimentation des courants de turbidité. Mais dans ce cas là le creusement aurait nécessité beaucoup plus de sédiments. De plus, il faut noter qu'actuellement certains canyons reçoivent des sédiments et que leur érosion n'est donc pas limitée aux seules périodes glaciaires. Il semble certain qu'il existe des canyons antépleistocènes et que d'autres se creusent actuellement.

Conclusion

Si, comme nous l'avons vu, aucun agent de creusement ne peut expliquer à lui seul tous les canyons, c'est peut-être qu'il ne faut pas chercher à appliquer à tous les canyons une seule et même théorie. Ainsi, un agent de creusement pourra expliquer un certain type de canyon alors qu'il ne sera pas valable pour un autre. En général les chercheurs ont basé leur théorie sur l'étude d'un type de canyon et l'ont généralisée à tous les canyons. Il se peut également que plusieurs agents agissent en même temps; et c'est justement la rencontre de ces diverses conditions en un même lieu qui entraînera le creusement d'un canyon à un endroit plutôt qu'à un autre.

II-VI - Origine du Trou sans fond

La seule hypothèse sur l'origine du Trou sans fond a été formulée par PRUNET en 1938. Celui-ci suppose que les calcaires trouvés sous les sables dans les forages aquifères d'Abidjan se prolongent sous le plateau continental.

Le Trou sans fond se serait creusé dans ces calcaires, et les eaux souterraines, amenées par les failles du calcaire, déboucheraient latéralement dans la vallée et empêcheraient son comblement par les vases. PRUNET explique ainsi le creusement du Trou sans fond:

- a) dépôt des calcaires sur le socle
- b) à la suite d'un relèvement du sol, les fleuves Comoé, Agnéby et Mé se réunissent dans la vallée qui occupe actuellement le Trou sans fond
- c) le terrain plonge. En même temps les pluies, extrêmement violentes, charrient des sables qui se déposent en cordon littoral devant Abobo. L'Agnéby, la Bété, la Mé et le Comoé deviennent indépendants, le Comoé ainsi que la Bété et la Mé étant déviés vers l'Est par le cheminement des sables. Les anciennes vallées sont comblées par les vases qui sont ensuite recouvertes de sable.
- d) Le terrain émerge. Les eaux infiltrées sur le plateau d'Abobo se jettent partout en mer. La fosse du Trou sans fond qui contient des sables au niveau de la mer est nettoyée de ces sables et d'une partie des vases vers l'embouchure. Le Banoo se forme, entame le plateau d'Abobo et forme l'amorce de la vallée actuelle.
- e) Le terrain plonge. Le cordon lagunaire se forme et retient la lagune. Celle-ci se comble en partie de vase. Le Trou sans fond est comblé par les sables au passage du cordon littoral. Plus loin, les sorties d'eaux douces, en charge dans les calcaires, empêchent le dépôt des vases.

Quand PRUNET a formulé son hypothèse, il ignorait l'existence de l'accident majeur et ne connaissait pas la stratigraphie réelle du bassin. Au Sud de l'accident majeur, les calcaires ne se trouvent plus sous les sables. Il semblerait que le Trou sans fond soit en fait creusé dans un petit bassin miocène formé d'une argile sableuse compacte.

Les premiers dragages effectués dans le Trou sans fond ont confirmé ce fait. En effet, il a été ramené une argile finement sableuse très dure et perforée par des pholades; nulle part il n'a été trouvé de calcaires. La présence de ces derniers avait été déduite de la raideur de la pente des flancs et de l'existence de coraux qui ne se fixent que sur un substratum solide. Or nous venons de voir que l'argile qui forme les parois du canyon est très dure. Il ne peut donc y avoir de venues d'eau douce; de plus, celle-ci ayant une densité plus faible que

celle de l'eau de mer, il lui serait difficile de cheminer sur le fond du canyon.

A) Le Trou sans fond peut-il être expliqué par un creusement subaérien?

Bien que le Trou sans fond ne se trouve pas actuellement au débouché d'une rivière, nous avons vu que l'on pouvait le rattacher à un ancien cours du Comoé, de l'Agnéby et de la Mé. La profondeur anormale de la lagune en face du Trou sans fond (25m) ainsi que celle du lac Bakré (17m), l'existence de la baie du Banco qui est incontestablement une vallée submergée, et les traces de régressions que l'on trouve jusque sur le rebord du plateau continental, semblent être favorables à l'existence d'une ancienne vallée, aujourd'hui en partie masquée par les sables quaternaires.

On peut donc supposer que la partie du canyon creusé sur le plateau représente une ancienne vallée. Mais la profondeur du Trou sans fond à l'aplomb du rebord du plateau est d'environ 1000m ce qui impliquerait une régression beaucoup trop grande. Pour répondre à cette objection, SHEPARD a expliqué le creusement en deux étapes. Il y aurait d'abord un creusement subaérien puis un ennoïement, la vallée étant maintenue ouverte par des agents subaquatiques. Nous avons vu que le bassin sédimentaire ivoirien dans sa partie sud était caractérisé par une forte subsidence ce qui est en faveur de la théorie de l'origine mixte de SHEPARD. Pour expliquer la dénivellation existant entre la tête et le bas du canyon, il faut supposer que la subsidence n'est pas uniforme. Il faudrait qu'elle soit faible en tête de canyon, très forte sur le rebord du plateau et faible dans le bas du canyon ou alors que là, la sédimentation y soit plus faible.

Dans le cas du Trou sans fond, on ne peut invoquer en faveur d'un creusement subaérien un tracé arborescent; en effet il ne comporte pas d'affluents et nous avons vu qu'il avait un tracé en "baïonnette" qui faisait penser à un guidage par failles.

En conclusion, il peut y avoir à l'origine du Trou sans fond une ancienne vallée terrestre, cette dernière étant peut-être tributaire de failles mais, même la subsidence certaine du bassin ne peut expliquer complètement le creusement du canyon.

B) Le Trou sans fond peut-il être expliqué
par un creusement par des courants de turbidité?

Son tracé assez droit ne semble pas s'opposer à un creusement par des courants de turbidité. De plus, il y a un fort transit de sable sur le littoral qui peut fournir le matériel nécessaire au déclenchement des courants de turbidité. L'inégalité des transports à l'Ouest et à l'Est du Trou sans fond est une conséquence du changement d'orientation de la côte à cet endroit là. En effet, à l'Ouest du Trou sans fond, la houle aborde la côte avec un angle supérieur de $18^{\circ}30'$ à celui qu'elle fait sur la côte Est. A cette différence d'inclinaison, correspond une différence de $400.000m^3$ dans le cheminement, le transit passant d'environ $800.000m^3$ à l'Ouest à environ $400.000m^3$ à l'Est. Le Trou sans fond, placé là fortuitement ou non, n'intervient que pour absorber ces dépôts; ce n'est pas lui qui est la cause de la variation du volume du cheminement mais par contre, les dépôts de sable sont peut-être une des causes du creusement du canyon.

Si les courants de turbidité sont les seuls agents de creusement, il est difficile d'expliquer comment ils ont pu creuser la partie du canyon qui se trouve sur le plateau où la pente n'est que de 0,4%. Cependant, on peut supposer que le canyon a débuté sur le rebord du plateau à une époque où le niveau de la mer était plus bas et que sa tête a reculé au fur et à mesure que se produisait la transgression. Mais cela laisserait supposer un creusement rapide, tout au moins pour la partie située sur le plateau continental. Ce recul a pu être guidé par des failles comme le laisserait supposer son tracé en "baïonnette". Il est évident que s'il existait déjà une vallée, le rôle des courants de turbidité aurait été facilité, car ils n'auraient eu qu'à approfondir celle-ci; l'approfondissement ayant pu également être favorisé par la subsidence.

C) Le Trou sans fond peut-il être expliqué par des courants ordinaires?

Nous ne possédons aucune donnée sur l'existence de tels courants dans le Trou sans fond. Cependant, s'ils étaient seuls à agir, on ne voit pas pourquoi ils auraient creusé un canyon à cet endroit-là plutôt qu'à un autre.

D) Le Trou sans fond peut-il être expliqué par des écoulements en masse?

Etant donné l'élargissement du Trou sans fond qui passe de 1 à 12km dans la partie située sur le plateau continental, il est certain qu'il se produit des glissements et des écoulements en masse sur les côtés et qu'il a donc pu également s'en produire en tête de canyon. Nous avons également vu que les 400.000m³ de sable qui tombent annuellement dans le canyon ne le bouchent pas; c'est donc qu'ils approvisionnent les courants de turbidité ou qu'ils s'écoulent lentement sur le fond du canyon. De plus, il existe des preuves d'éboulements en tête de canyon; en effet, on connaît deux éboulements qui ont intéressé le rivage lui-même: le 10 octobre 1905 et le 1er mai 1908. Ces dates ont été préservées de l'oubli car elles virent l'engloutissement de deux wharfs, construits à des emplacements différents mais toujours devant le Trou sans fond.

On peut imaginer qu'un premier glissement provoqué par un jeu de failles se soit produit sur le rebord du plateau continental et que, par reculs successifs, la tête du canyon ait traversé tout le plateau continental. Au fur et à mesure du recul de la tête, l'écoulement des sédiments auraient pu approfondir le canyon et l'allonger vers le large. Le canyon se creuserait ainsi dans deux directions à la fois et s'enfoncerait sur place.

Conclusion:

On peut retenir un certain nombre de faits concrets. Le Trou sans fond n'a pas d'affluents et ne possède pas un tracé arborescent. Ce dernier semble au contraire régi par des failles. Donc le tracé du Trou sans fond ne fait pas obstacle à un creusement par des courants de turbidité ou par des glissements en masse. Il existe dans la région du Trou sans fond une forte subsidence ce qui est favorable à l'hypothèse de l'origine mixte de SHEPARD.

Le plus vraisemblable est que plusieurs agents de creusement ont agi ensemble ou les uns après les autres. Ainsi, on peut supposer qu'à l'origine il y avait une vallée aérienne, elle-même régie par des failles, qui a été élargie et approfondie par des agents d'érosion subaquatique, la subsidence ayant pu faciliter le creusement.

III - ETUDE DES CAROTTES

III-I - Localisation des carottages

Le littoral ivoirien entre Assinie et Fresco étant bas et ne possédant que peu de points caractéristiques, il est difficile de déterminer la position du bateau, d'autant plus que la visibilité est souvent mauvaise. Aussi, les prélèvements s'effectuent-ils en général sur des radiales Nord-Sud en fonction de la profondeur relevée au sondeur. Des prélèvements superficiels en vue d'établir une carte sédimentologique des fonds ayant déjà été effectués selon ce système, nous avons prélevé les carottes sur les mêmes radiales.

- Position des radiales à l'Ouest du Trou sans fond -

A	4°02' W	Ouest du canal de Vridi
B	4°05' W	
C	4°09' W	
D	4°15' W	
E	4°20' W	Est de Jackville
G	4°31' W	
H	4°36' W	
I	4°41' W	
J	4°46' W	
K ₁	4°51' W	
K ₂	4°56' W	
L ₁	5°01' W	Grand-Lahou
L ₂	5°05' W	
M	5°10' W	
N	5°15' W	
O	5°20' W	
P	5°25' W	
Q	5°30' W	
R	5°35' W	Fresco

Modification de l'assemblage de la partie supérieure et du tube du carottier

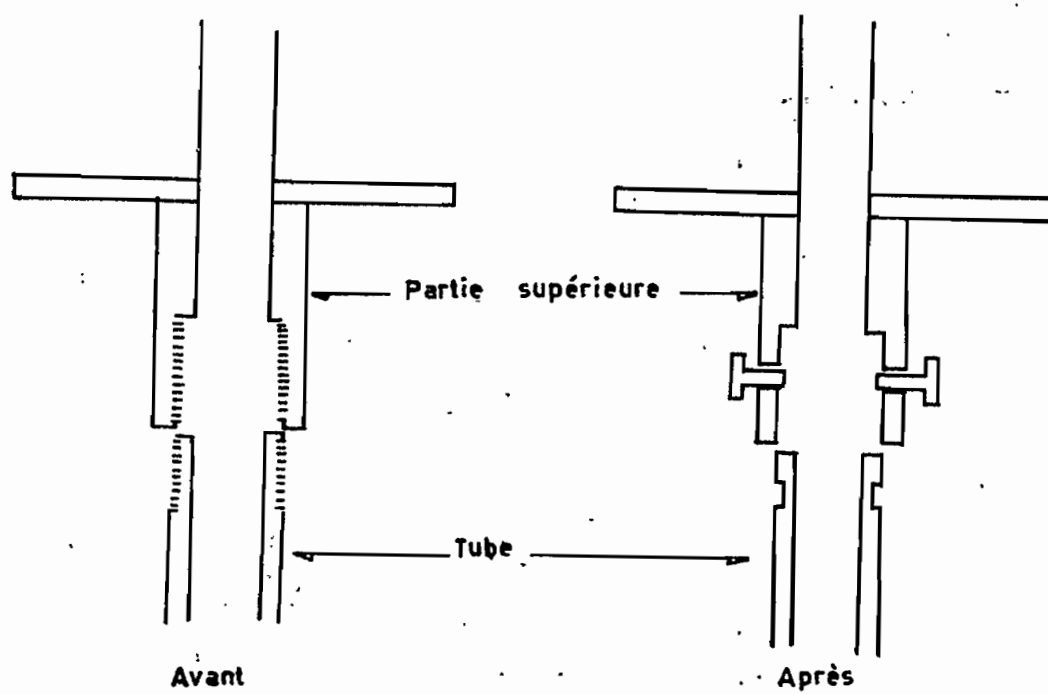


Fig. 6

- Position des radiales à l'Est du Trou sans fond -

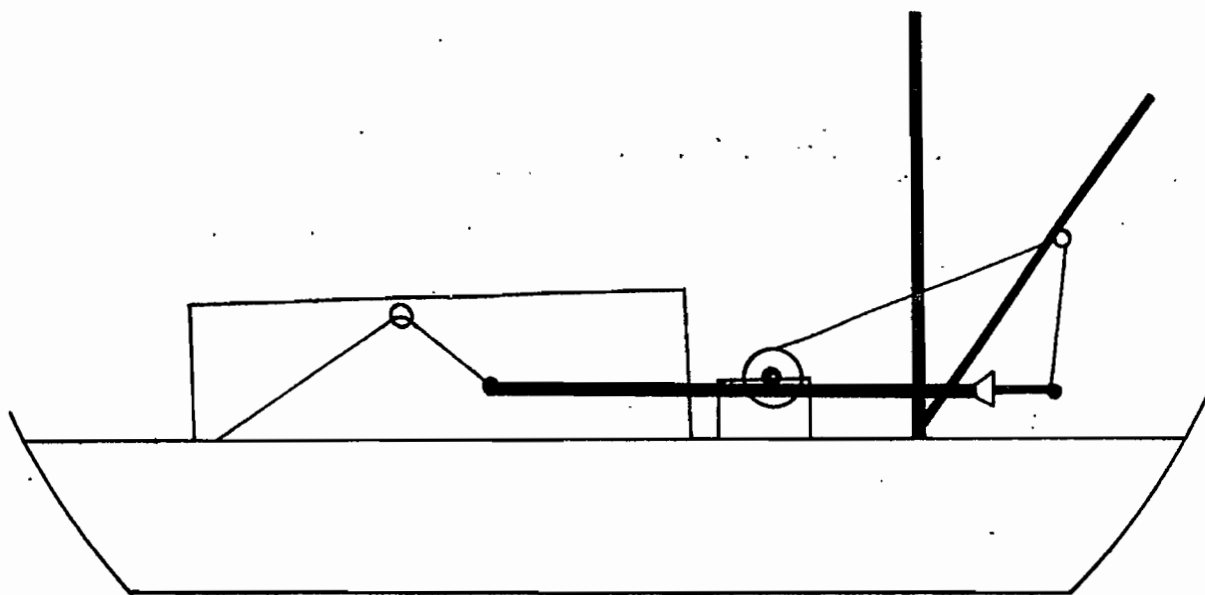
b	3°56'5 W
d	3°53'5 W
e	3°51 W
f	3°49'5 W
g	3°47'5 W
h	3°45'5 W
h'	3°43' W
i	3°40' W
i'	3°37'5 W
j	3°35' W
k	3°30' W
l	3°25' W
m	3°20' W
n	3°15' W
o	3°10' W

III-II - Matériel utilisé

A notre arrivée, le CRO possédait un carottier à piston Kullenberg. Son armement sur le pont du navire s'étant avéré assez difficile du fait que les connexions des différents éléments se faisaient par vis, nous avons supprimé le long filetage réunissant le tube à la partie supérieure du carottier et l'avons remplacé par un système d'emboîtement et de fixation par quatre vis pénétrant dans une gorge aménagée dans le manchon porte-tube (fig.6).

D'autre part, le "Reine Pokou" n'ayant pas été conçu pour effectuer des carottages, la mise à l'eau et l'embarquement du carottier se faisant à l'aide du mât de charge avant, la longueur maximum des carottes n'était que 3m. Pour pouvoir prélever des carottes d'une plus grande taille il fallait pouvoir amener le carottier parallèlement au pont; pour cela, le carottier étant suspendu par une de ses extrémités au mât de charge avant, il était nécessaire de tirer l'autre extrémité depuis l'arrière du bateau.

Nous avons muni le tube du carottier d'un collier coulissant auquel il est possible de fixer un câble. Pour la mise à l'eau, le carottier est levé au-dessus du pont par les câbles fixés à ses deux extrémités et amené parallèlement au bord, puis on laisse filer le câble arrière ce qui amène le carottier à la verticale.



MISE A L'EAU ET EMBARQUEMENT DU CAROTTIER

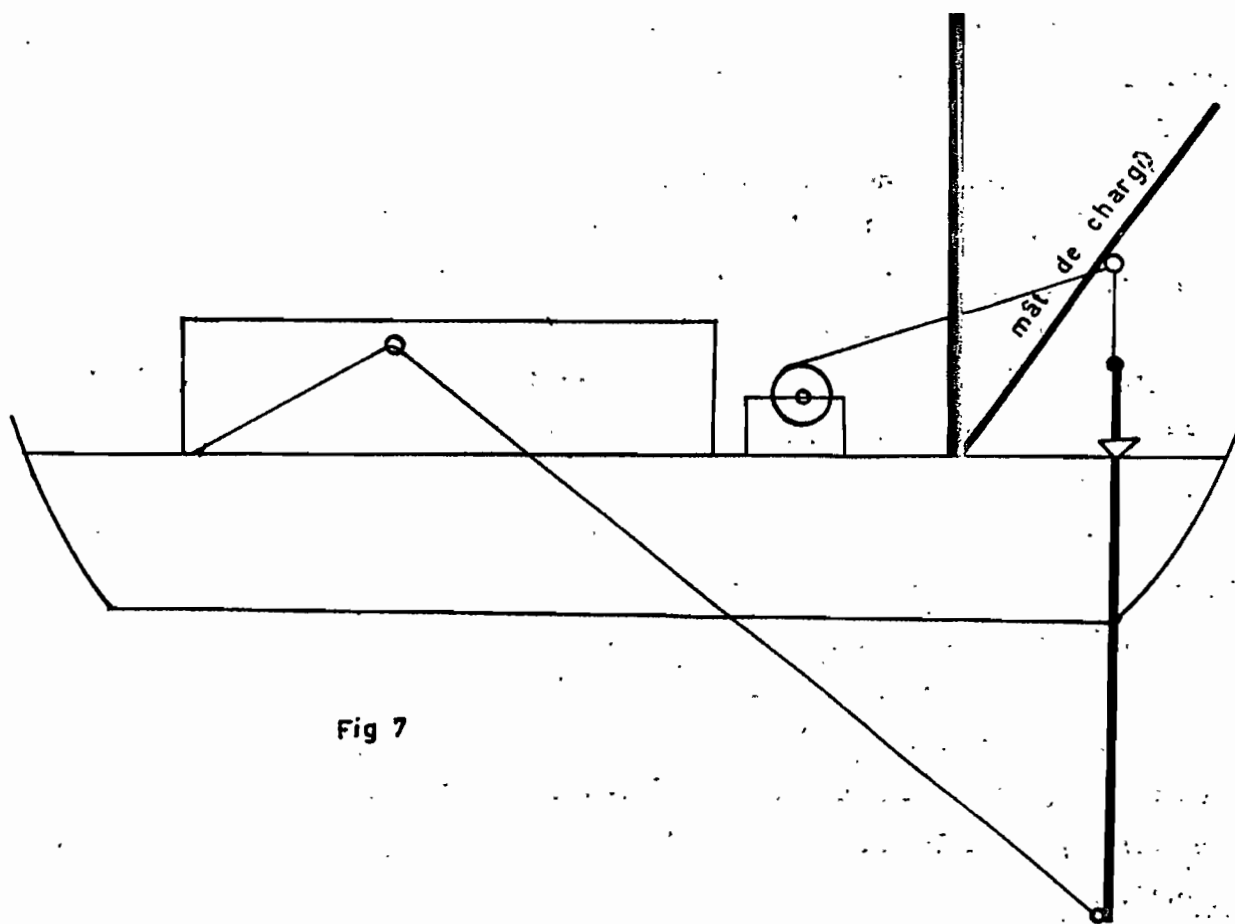


Fig 7

On remonte alors le collier coulissant et on le fixe au sommet du carottier. Pour l'embarquement, on effectue la manoeuvre inverse: on attache un câble au collier et on le laisse descendre au bas du carottier, puis en agissant sur le câble arrière, on amène le carottier parallèlement au bord et on le repose sur le pont (fig.7).

Après ces modifications nous avons pu prélever des carottes de 8m de longueur et une fois l'équipage rodé le rendement a été assez bon (18 carottages effectués dans une journée).

Il semble difficile de dépasser 8m de longueur car la manoeuvre serait alors entravée par les potences de chalut.

III-III - Rendement du carottier

Dans les fonds vaseux ou vaso-sableux, le rendement a été maximum; par contre, dans les fonds sableux, la pénétration et la récupération furent parfois faibles ou nulles. Le sable n'étant retenu par le système de fermeture actuel que s'il a une bonne cohésion, nous avons eu des carottages totalement improductifs alors qu'il y avait tout de même eu une certaine pénétration.

III-IV - Choix des zones de carottages

Nous avons décidé, dans un premier stade, de faire des carottages d'exploration avec un tube de 5m dans les zones qui en surface étaient vaseuses ou sablo-vaseuses et, dans un deuxième stade, de faire des carottages de 8m dans les zones où le rendement avait été maximum, les carottages suivants se faisant en fonction de ces premiers résultats.

Pour des raisons matérielles, le Trou sans fond n'a pas été abordé. Nous avons cependant commencé à prélever quelques carottes dans la partie supérieure du canyon.

III-V - Généralités sur la granulométrie

La granulométrie d'une roche dépend des conditions de sa genèse; c'est donc une caractéristique importante de cette roche. La plupart des recherches de sédimentologie impliquent l'étude granulométrique comparative de nombreux échantillons, étude qui se fait difficilement à partir du seul aspect des courbes. Aussi a-t-on été amené à définir des facteurs de distribution ou des indices granulomé-

triques qui peuvent être d'origine empirique ou, au contraire, relever de conceptions théoriques quant à la nature mathématique des fonctions granulométriques.

1) Facteurs de distribution et indices empiriques

Les plus utilisés se rattachent à la notion de fractile définie par la dimension de particule telle que la masse totale des particules de dimensions plus petites ou plus grandes représente une fraction, un pourcentage donné de la masse totale du sédiment.

On distingue:

- La médiane (Md) qui est la dimension de particule telle que la masse totale des particules de dimensions inférieures à la médiane représente 50% de la masse totale du sédiment.
- Le premier et troisième quartiles Q_1 et Q_3 , correspondant respectivement aux pourcentages 25 et 75%.
- Les déciles, centiles etc...

A partir des quartiles, on définit d'assez nombreux indices de nature abstraite.

Par exemple:

- Indice d'acuité

$$A = \frac{\log Q_3 - \log Q_1}{2}$$

Il se mesure directement sur l'axe des abscisses en prenant comme unité le module de l'échelle logarithmique utilisée.

- Indice d'asymétrie

$$As = \frac{\log Q_3 - \log Q_1}{\log Md - \log Q_1} \times \frac{1}{2}$$

Cet indice est égal à 1 lorsque la distribution granulométrique en $X = \log x$ est symétrique par rapport à la médiane Md. Une valeur supérieure à 1 indique un étalement plus grand de la partie grossière de la granulométrie; une valeur inférieure à 1, un étalement plus grand de la partie fine de la granulométrie.

- Indice de triage

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

Selón TRASK on a:

- 1 $\angle$ So $\angle$ 1,5 Sédiment très bien classé
- 1,5 $\angle$ So $\angle$ 2,5 Sédiment bien classé
- 3 $\angle$ So $\angle$ 4 Sédiment faiblement classé
- 4 $\angle$ So Sédiment très mal classé

2) Indices liés à une interprétation mathématique de la distribution granulométrique

La distribution granulométrique des sédiments détritiques dépend le plus souvent d'actions hydrodynamiques. A. RIVIERE s'est demandé si, de ce fait, il ne serait pas possible de prévoir à priori, à partir de considérations théoriques, les formes possibles des "fonctions granulométriques".

Il ressort de ses travaux que les fonctions auxquelles correspondent les courbes cumulatives sont susceptibles d'une expression analytique commune générale.

$$Y = \int ax^n dx$$

n , étant un nombre quelconque entier fractionnaire positif ou négatif. A. RIVIERE a ainsi défini des indices caractéristiques du milieu de sédimentation et indépendants des unités adoptées et de la portion relative du stock correspondant à chaque domaine granulométrique.

a) Indice d'évolution n

n , est l'exposant de x dans l'expression générale analytique des fonctions granulométriques. $y = \int ax^n dx$

La courbe de fréquence correspondante est une fonction dérivée $y' = N ax^n$ si on utilise des coordonnées arithmétiques pour la dérivée. Si on transforme cette

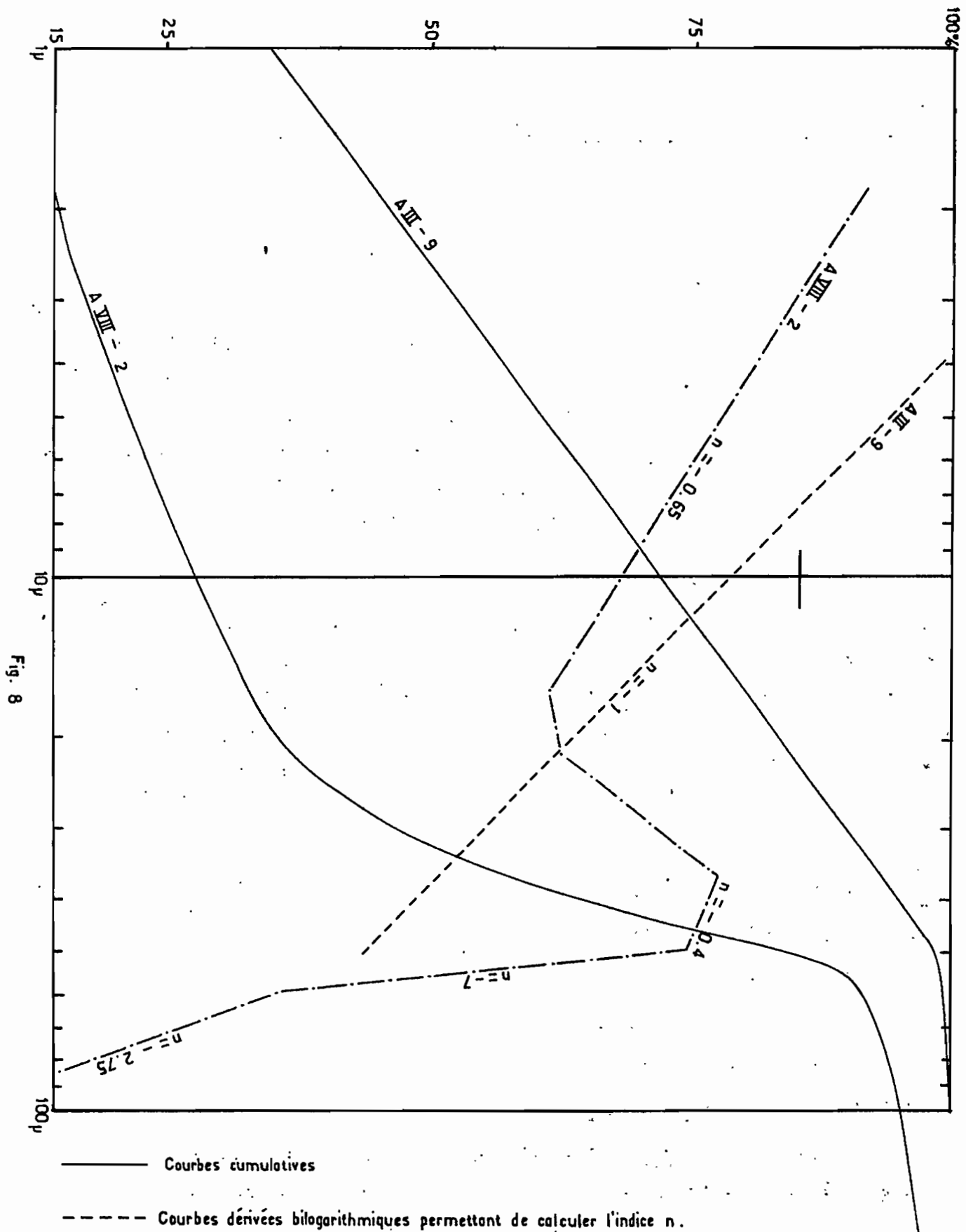


Fig. 8

fonction dérivée en utilisant des coordonnées bilogarithmiques, on effectue un changement de coordonnées du type:

$$X = \log x$$

$$Y = \log a + \log N + NX$$

Dans le domaine considéré la représentation de Y est une droite de pente n; cette pente peut être considérée comme une nouvelle définition de l'indice d'évolution. La construction est valable sous la réserve que les modules des échelles logarithmiques des abscisses et des coordonnées soient les mêmes.

RIVIERE a démontré que $Y = \log P - \log x$ à un facteur constant près, en appelant P la pente de la courbe cumulative semi-logarithmique habituelle. Il s'en suit un mode de construction graphique simple de la dérivée de la courbe de fréquence (fig.8).

- On détermine graphiquement en chaque point la pente de la courbe cumulative. Son log se mesure sur l'échelle même des abscisses.
- $\log x$ est l'abscisse du point correspondant de l'axe des abscisses mesuré à partir d'une origine, en principe quelconque, mais qu'il est commode de choisir au début d'un module, au voisinage des abscisses correspondant aux grains les plus gros de la distribution étudiée.
- Le transformé m de chaque point M de la courbe s'obtient en portant en valeur absolue et en signe, la différence des distances graphiques correspondant à $\log P$ et à $\log x$ sur une droite parallèle à l'axe des coordonnées et passant par M.
- Comme seule la pente de la courbe obtenue, égale à l'indice d'évolution, est à prendre en considération, toutes variations sur les conventions d'origine et d'unité aboutissent à un résultat identique, la courbe transformée se déplaçant parallèlement à elle-même.

Lorsque cet indice est constant dans une certaine partie du domaine granulométrique, la courbe de fréquence est une droite et la fonction granulométrique est de la forme

$$y = X^{n+1} + b \quad \text{pour } n \neq 1$$

$$y = ax \log x + b \quad \text{pour } n = 1$$

La plupart des courbes de fréquence en coordonnées bilogarithmiques se présentent comme une succession de segments de droite correspondant chacun à une fraction du domaine granulométrique, partie dans laquelle la granulométrie est

exprimable par une fonction de la forme indiquée. Les segments de droite sont séparés par des zones étroites souvent de très forte courbure soulignant les maxima vrais et éventuellement, dans le cas de granulométries plurinodales, les minima vrais de la dérivée $f'(x)$ de la fonction granulométrique.

b) Indice de classement g

Par définition $g = \log G$

$$G = \frac{d M}{d m}$$

$d M$ = dimension de la plus grande particule; $d m$ = dimension de la plus petite particule. S'il est délicat de calculer g pour toute la courbe, il est très facile de connaître les g partiels correspondant aux différentes fractions de la courbe.

c) Indice de faciès Ng

Ng peut être connu en superposant les courbes cumulatives obtenues après réduction aux courbes canoniques.

Dans notre cas, comme $N = n + 1$, et connaissant N et G on pourra calculer Ng . L'application de cette méthode aux sédiments a permis à A. RIVIERE de définir plusieurs faciès suivant la valeur de n .

On distingue:

- le faciès linéaire ($n=0$), caractérisant des sédiments très peu évolués d'altération et de désagrégation.
- le faciès parabolique ($-1 \leq n \leq 0$), comprenant les sédiments en cours d'évolution par transport, la sédimentation se faisant par excès de charge.
- le faciès logarithmique ($n=1$), comprenant les sédiments dont l'évolution par transport est poussée par suite de la diminution de la compétence du milieu transporteur. C'est le faciès limite de l'évolution par transport. Au-delà, l'évolution ne correspondra plus, sans changement du faciès logarithmique, qu'à une diminution des dimensions des particules.
- le faciès hyperbolique ($n < -1$), caractérisant un dépôt par décantation, en milieu calme, d'un matériel à l'état défloculé.

III-VI - Méthodes d'analyse chimique des sédiments

Se sont celles du laboratoire de chimie des sols d'Adiopodouné.

1) Dosage du carbone organique

Le carbone organique est transformé (oxydé) en gaz carbonique par une quantité de solution de bichromate de potassium. Le bichromate de potassium en excès est titré par une solution de sel de Mohr. L'oxydation à froid n'étant pas totale, les résultats doivent être multipliés par un facteur de correction théorique. Pour le déterminer, on fait un dosage à blanc dans les mêmes conditions. Si pour 10 cc de bichromate de potassium N, le nombre de cc de la solution de sel de Mohr est n, le coefficient correctif sera $10/n$.

Pour les sédiments marins, ce dosage ne doit pas être valable car il y a interférence des chlorures ce qui entraîne des valeurs beaucoup trop fortes en carbone.

2) Dosage de l'azote organique

L'azote des matières organiques azotées est minéralisé au moyen de l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur et transformé en ammoniac. L'ammoniac ainsi obtenue, fixée par l'acide sulfurique sous forme de sulfate d'ammonium, est déplacée par la lessive de soude et entraînée par la vapeur d'eau dans une solution d'acide borique. Le dosage est effectué par volumétrie. Du fait que l'azote organique constitue plus de 99% de la totalité d'azote du sédiment, les teneurs obtenues par la méthode de Kjeldahl peuvent être considérées comme celles de l'azote total.

3) Détermination des bases totales

La totalité des bases (Ca, Mg, K et Na) est extraite par l'acide nitrique à ébullition pendant 5 heures. Les bases totales sont dosées par la spectrophotométrie de flamme.

Les hydroxydes et phosphates gênants pour le dosage par spectrophotométrie de flamme, sont séparés par la filtration répétée, après avoir été précipités par l'ammoniac.

4) Dosage du phosphore total

Le phosphore total est extrait par l'acide nitrique à ébullition pendant

5 heures, et dosé colorimétriquement par la réduction du phosphomolybdate d'ammonium en milieu d'acide sulfurique.

5) Méthode d'extraction et dosage des différentes formes d'oxydes de fer, d'alumine et de silice

a) Fer, alumine et silice facilement déplaçables

Les hydroxydes de fer, d'alumine et de silice facilement déplaçables sont extraits par une solution d'acétate d'ammonium N tamponné à pH 4,0. Les dosages sont effectués par les méthodes colorimétriques classiques, après destruction des matières organiques et de la solution d'extraction.

b) Fer, alumine et silice amorphes

Les hydroxydes amorphes du fer et de l'alumine sont extraits par la solution d'acide chlorhydrique 8 N. Les oxydes amorphes de silice et d'alumine sont extraits par la solution de soude 0,05N à chaud.

Les dosages sont effectués par les méthodes colorimétriques classiques après destruction de l'excès de solution d'extraction.

c) Dosages des différentes formes du fer, de l'alumine et de la silice

Le fer, l'alumine et la silice sont dosés colorimétriquement. Le fer par la méthode à la 1, 10-phénanthroline, l'alumine par l'ériochrome cyanine-R et la silice par le complexe silicolybdique.

6) Dosage du fer libre (méthode de B.C.DEB)

Le fer libre est extrait par une solution d'hydrosulfite de soude au bain-marie à 40°C, en présence de la solution mixte de tartrate et d'acétate de sodium qui sert à tamponner le milieu.

Le fer extrait est ensuite dosé colorimétriquement à l'orthophénanthroline après réduction par le chlorhydrate d'hydroxylamine.

7) Dosage du fer total

Le fer est extrait par l'acide chlorhydrique concentré à ébullition pendant

2 heures. Le fer ferrique est réduit par la solution de chlorure stanneux et dosé volumétriquement par le bichromate de potassium.

8) Analyse "Triacide"

Le sédiment est mis en solution par l'attaque répétée par un mélange des acides: sulfurique, chlorhydrique et nitrique.

La silice quartzreuse (résidu insoluble) et silice des silicates (soluble) sont déterminées gravimétriquement, après séparation par la soude.

Le fer est dosé volumétriquement par le bichromate de potassium, après avoir été réduit à l'état ferreux par le chlorure stanneux. De cette façon l'interférence du titane est éliminée, car il n'est pas réduit. L'excès de chlorure stanneux est oxydé par le chlorure mercurique.

L'alumine et le fer sont complexés à pH 2,5 par une solution titrée de complexon III. L'excès de la solution de complexon III est ensuite déterminé en retour à pH 5 par une solution de zinc de titre connu. La teneur en alumine est calculée par différence. Le Titane est dosé colorimétriquement à l'eau oxygénée en milieu acide sulfurique. L'ion ferrique gênant est complexé par l'acide phosphorique.

Sur une prise de sédiment, on détermine la "perte au feu" qui représente l'eau de constitution des minéraux, la matière organique et le CO₂ éventuel des carbonates.

Calcul du rapport:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{\text{SiO}_2 \% \times 0,0166}{\text{Al}_2\text{O}_3 \% \times 0,0098} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} \times 1,7$$

III-VII - Composition chimique des principaux minéraux constitutifs de la vase.

	Orthoclase 1	Plagioclases 2	Kaolinite 3	Illite 4	Montmorillonite 5	Chlorite 6	Calcite	Dolomite	Sidérite	Pyrite	Fe S
SiO ₂	64,13	64,6	46,9	51,22	31,14	29,87					
Al ₂ O ₃	19,40	21,46	37,4	25,91	19,76	14,48					
Fe ₂ O ₃	-	-	0,65	4,59	0,83	5,52					
Fe O	-	-	-	1,70	-	1,95	-	-	62	46,6	63,6
Mg O	-	-	0,27	2,84	3,22	33,06	-	21,8	-	-	-
Ca O	1,00	2,51	0,29	0,16	1,62		56	30,4	-	-	-
K ₂ O	11,71	1,12	0,84	6,09	0,11	-	-	-	-	-	-
Na ₂ O	2,68	9,22	0,44	0,17	0,04	-	-	-	-	-	-
Ti O ₂	-	-	0,18	0,53	-	-	-	-	-	-	-
CO ₂	-	-	-	-	-	-	44	47,8	38	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,4	36,4

- 1) moyenne de 18 analyses; in Rankana et Sahama 1950.
- 2) Plagioclases; Roches acides; moyenne de 59 analyses in Rankana et Sahama 1950.
- 3) Kaolinite de Zettlitz Tchécoslovaquie in Orin 1953.
- 4) Illite de Fithian (Illinois) in Orin 1953.
- 5) Montmorillonite de Montmorillon in Orin 1953.
- 6) Chlorite de Brinton Quarry (Pensylvanie) Orin 1953.

III-VIII - Analyse élémentaire de vases et Schistes sédimentaires (CLARKE & CALHOUN 1924).

	Vase Marine 1	Shale 2
Si O ₂	57,05	58,10
Ti O ₂	1,27	0,65
Al ₂ O ₃	17,22	15,40
Fe ₂ O ₃	7,62	6,74
Mn O	0,12	-
Mg O	2,17	2,44
Ca O	2,04	3,11
Na ₂ O	1,05	1,30
K ₂ O	2,25	3,24
H ₂ O	7,17	5,00
CO ₂	-	2,63
P ₂ O ₅	0,21	0,17
SO ₃	-	0,64
Cl	0,00	-
Total =	98,17	99,42

1) Echantillon moyen de 52 vases ferrugés
(corrigées pour le sel et le CO₃ Ca).

2) Composition moyenne des schistes sédimentaires
de la lithosphère. Debyser (1959)

Teneur en fer de différentes roches (RANKANA 1950)

	%
- Roches ignées	6,67
- Phyllite (moyenne de 11 éch.)	6,16
- Shales (moyenne de 52 éch.)	6,07
- Vases terrigènes (moyenne de 52 éch.)	6,86

L'examen de ces tableaux conduit à faire différentes remarques:

La teneur en silice des vases est supérieure à celle des minéraux argileux.

Les vases ferrugés contiennent en effet toujours du quartz en quantité variable.

La teneur en alumine des vases marins se rapproche de celle des argiles les moins alumineuses. Le rapport SiO₂ / Al₂ O₃ traduit la présence systématique de quartz dans ces sédiments, le rapport pour les vases est de 3,31 c'est-à-dire du même ordre de grandeur que celui des feldspaths (3,30 pour les orthoclases) et systématiquement plus élevé que celui des argiles.

Le fer est présent dans un nombre important de minéraux de la vase, sous forme d'ions bivalents et trivalents dans les chlorites et les micas; occasionnellement sous forme de sidérite, et, de façon très constante, dans les sulfures.

a) La teneur en fer (6,86%, calculée en FeO) des vases marines est légèrement supérieure à celle des autres roches.

b) Les analyses montrent que la teneur en soufre est de 0,5%, ce qui, même traduit en monosulfure et non pas en pyrite, ne constitue au total que 18% du fer total du sédiment exprimé en FeO ; plus de 80% du fer de la vase est donc combiné aux minéraux détritiques et non aux sulfures. Une confirmation de ceci est apportée par la constance du rapport $\text{Fe}_2 \text{O}_3 / \text{Al}_2 \text{O}_3$ qui montre l'existence d'une relation entre ces éléments.

Le Mg est seulement abondant dans la dolomite et les argiles du groupe des chlorites. Trois minéraux contiennent l'essentiel du potassium du sédiment (2,25% K_2O): ce sont les feldspaths orthose, les micas et les illites. En ce qui concerne les micas et les illites, le minéral peut être néoformé à partir de montmorillonite par exemple, par fixation d'ions potassium entre les feuillets (GRIM & JOHNS 1955). Le fer provient essentiellement des illites et des chlorites et de leur produit d'altération, le magnésium des chlorites et de la dolomite, le potassium des feldspaths alcalins et des micas et des illites, le sodium des plagioclases.

Silice: - Les teneurs élevées sont liées à la présence de sable en quantité variable.

Alumine: - La variation de l'alumine est fonction de l'importance variable de la concentration du sable dans la vase.

Fer: - Les teneurs en fer sont exprimées en $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ pour faciliter la comparaison avec l'alumine; ceci n'implique pas que cet élément se trouve à l'état trivalent dans le dépôt.

L'électrovalence du fer dépend de sa combinaison avec les minéraux qui constituent la vase: dans les argiles, il peut être tri ou bivalent; absorbé à leur surface, sa valence est déterminée par le potentiel et le pH du milieu.

III-IX - Etude des carottes prélevées sur l'isobathe - 50m entre Grand-Bassam et Fresco (fig. 9)

Les carottes ont été prélevées avec un tube de 5m à l'exception de A 4 et B 43 qui l'ont été avec un tube de 8m.

Les conditions de prélèvement restant les mêmes, la profondeur de pénétration nous donne une indication sur la nature du fond.

Carotte A 4

1) Description

Carotte de 786cm prélevée à - 52m sur la radiale f.

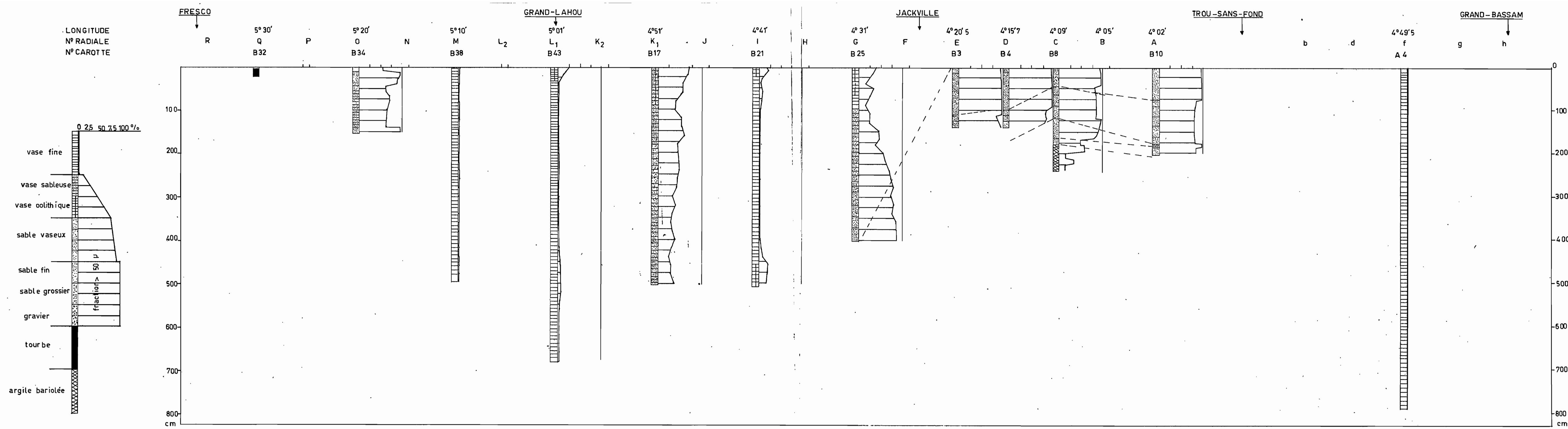
La carotte, à l'examen à l'oeil nu, apparaît formée d'une vase homogène gris-bleu. La fraction grossière (nous appellerons ~~fraction grossière~~ ~~colla~~ dont le diamètre des grains est supérieur à 50 microns) est voisine de 8% au sommet, décroît ensuite et oscille entre 1 et 2%. Elle est formée de foraminifères, de débris de coquilles, de petits quartz, de lamelles de micas et de sphérules de pyrite. Les oolithes (nous appellerons oolithes les granules ovoïdes que nous décrivons dans le chapitre IV) sont rares à très rares; par contre il existe de très nombreux granules ovoïdes gris et mous.

La teneur en eau oscille autour de 100 à 90% sauf vers 400cm où un petit "coup de piston" a entraîné des perturbations assez importantes.

2) Granulométrie (fig.10)

Si nous examinons la variation de la médiane en fonction de la profondeur, nous voyons qu'elle décroît de 7,8 μ au sommet à 1,8 μ à 150cm, qu'elle reste voisine de 3,5 μ de 200 à 350cm, qu'elle varie de 8 à 11 μ de 400 à 550cm, qu'elle est voisine de 5,5 μ de 600 à 700cm, et qu'elle est égale à 12,5 μ dans la bas.

Les courbes, légèrement paraboliques au sommet de la carotte, deviennent ensuite logarithmiques puis redeviennent légèrement paraboliques de 500 à 600cm et de nouveau logarithmiques; dans le bas de la carotte, la courbe est franchement logarithmique; l'indice n est égal à -0,5 et -0,7.



CAROTTES PRELEVEES sur L' ISOBATHE - 50m entre GRAND-BASSAM et FRESCO Fig 9

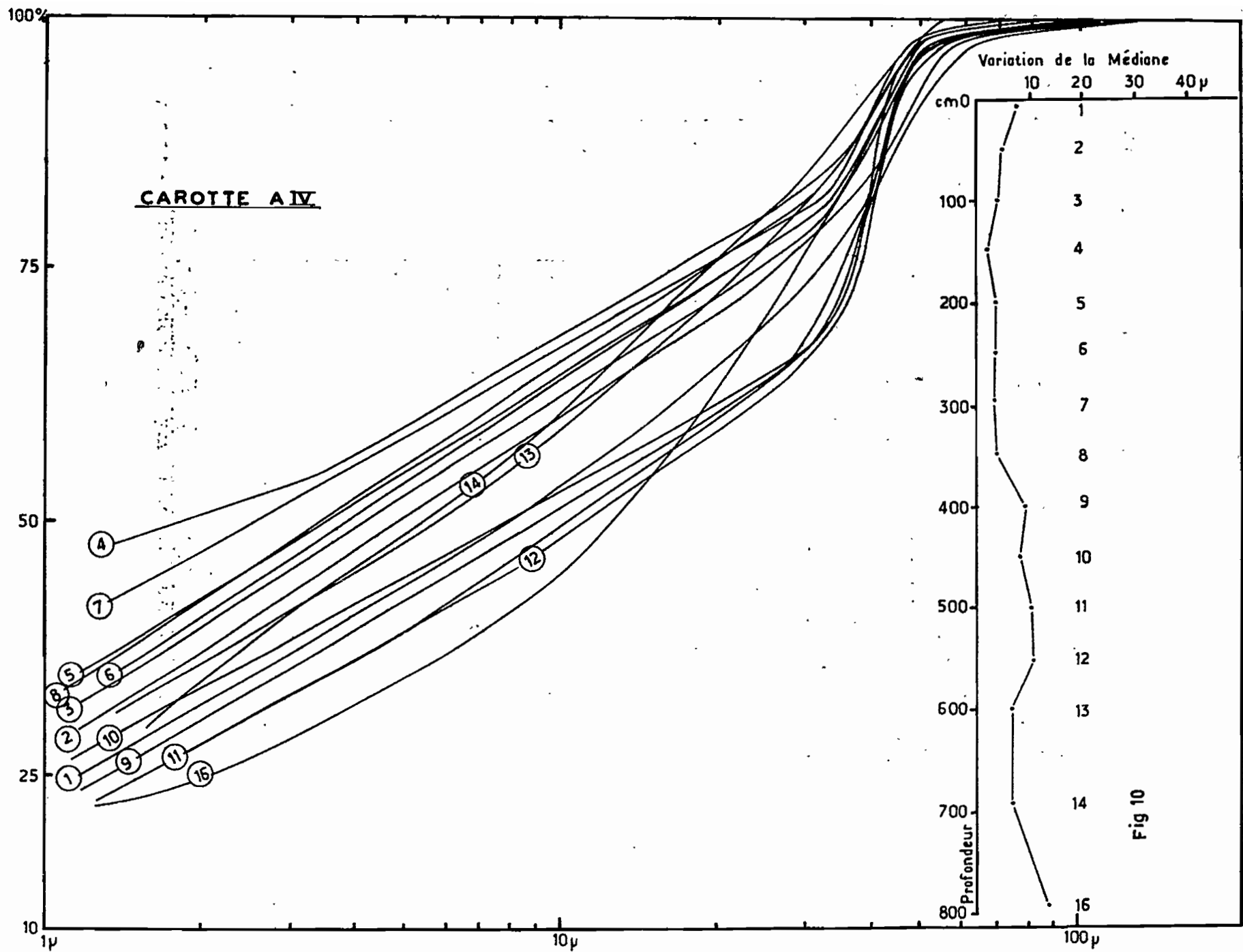
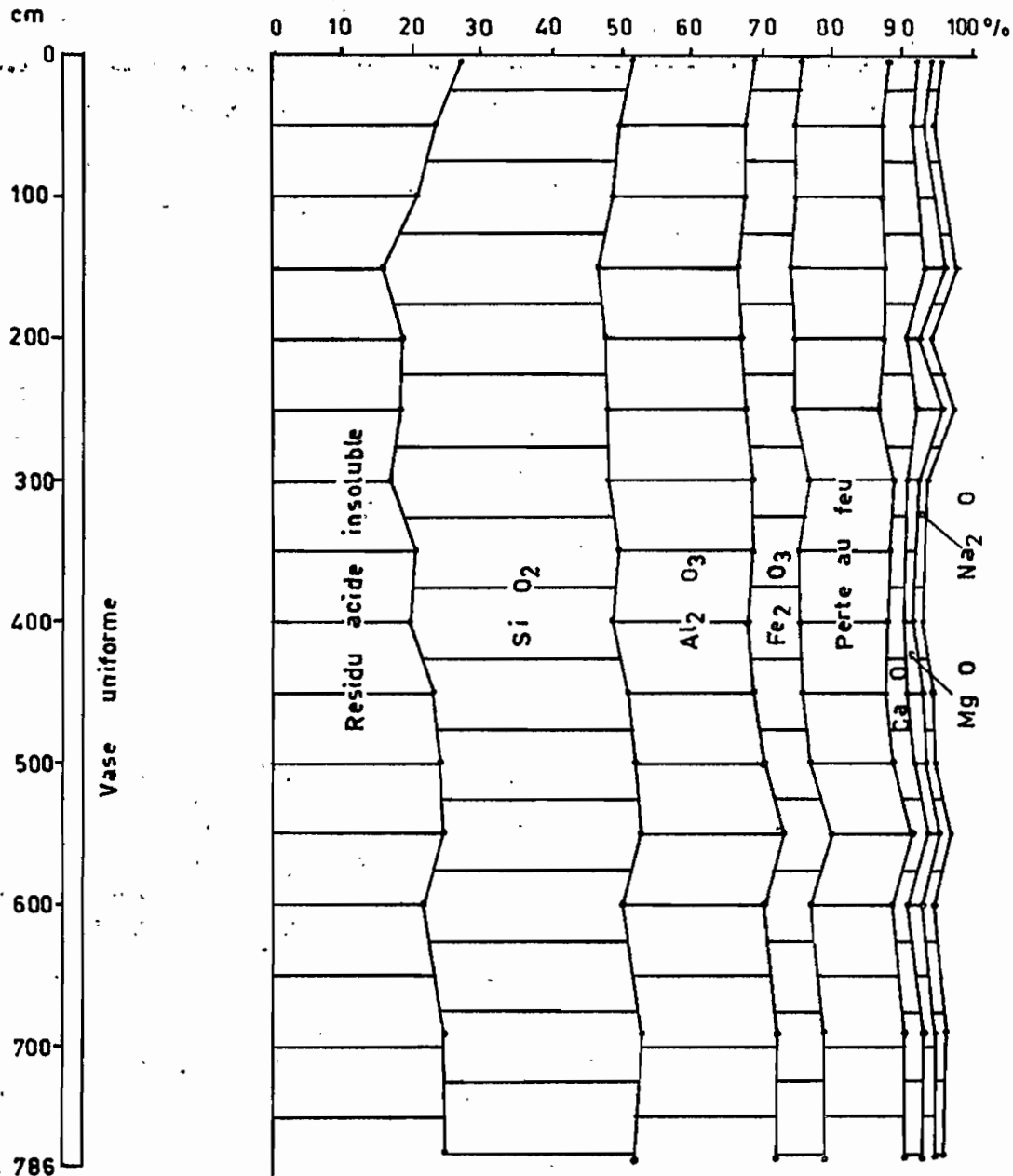


Fig 10

CAROTTE A4



Composition chimique en fonction de la profondeur
Fig 11

3) Composition chimique (fig.11)

La teneur en quartz, égale à 27,20% au sommet de la carotte, décroît jusqu'à 15,78% à 150cm; ensuite, elle croît pour atteindre 24% à 550cm, tombe à 21,6% à 600cm et se maintient entre 24 et 25% jusqu'au bas de la carotte. La teneur en quartz varie dans le même sens que la médiane. La SiO_2 soluble varie en sens inverse de 24 à 30%. Il en est de même de l' Al_2O_3 . Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, assez constant, varie de 2,4 à 2,6. Le Fe_2O_3 est inférieur à 7% dans les parties où la médiane est la plus élevée et supérieur à 7% dans les autres.

Le TiO_2 varie de 0,75 à 1%; les teneurs les plus fortes se trouvent au bas de la carotte. Le Ca O, assez irrégulier, est plus fort dans la partie supérieure de la carotte. Le Mg varie de 1,20 à 2% et le K_2O de 0,2 à 0,4%. La perte au feu varie de 12 à 13% et l'azote de 1,50 à 1,10%; les valeurs les plus fortes se trouvant au sommet de la carotte.

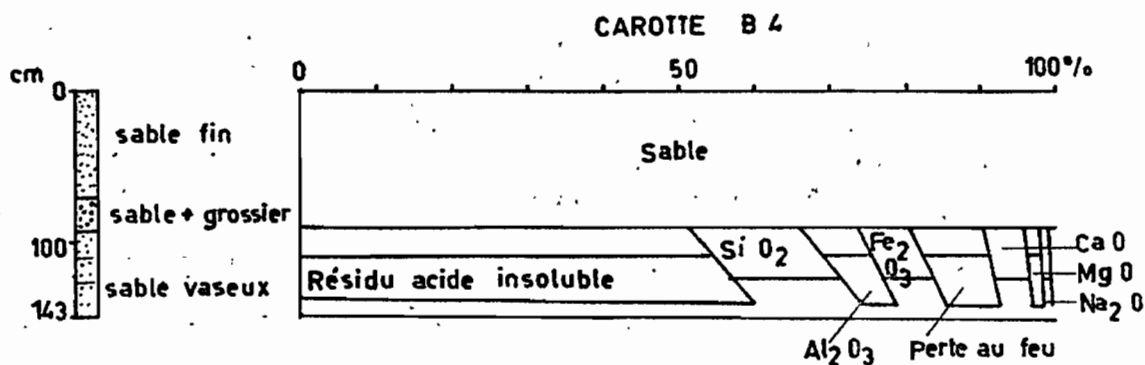
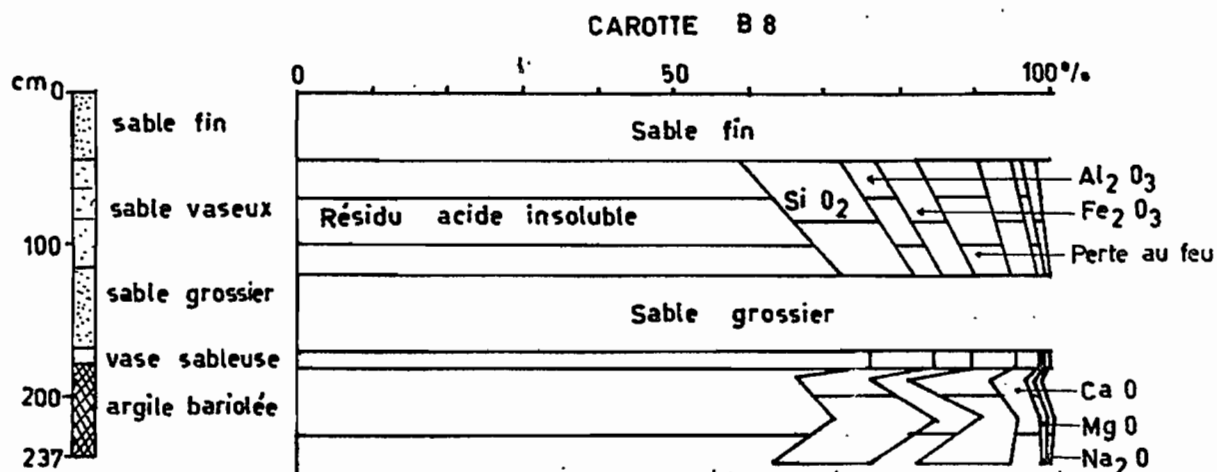
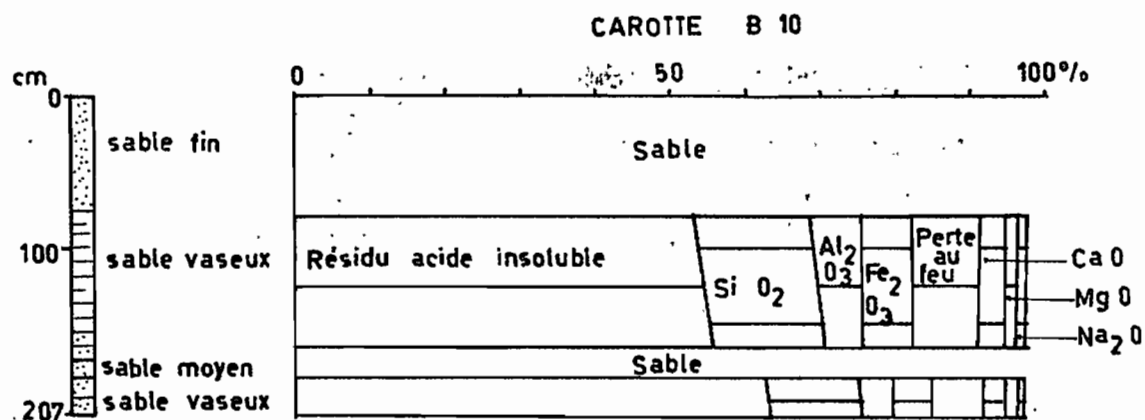
Carotte B 10

1) Description

Carotte de 207cm prélevée à -54m sur la radiale A.

Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 75cm: sable fin gris noir composé de 95% de fraction supérieure à 50 μ . La teneur en eau est à peu près constante, égale à 25%. La fraction grossière est formée en grande majorité de petits quartz. Les grosses oolites sont très rares au sommet, par contre les petites oolites sont courantes; leur nombre augmente au fur et à mesure que l'on s'enfonce et à 75cm les oolites noires sont courantes. Les débris de coquilles sont courants et les foraminifères rares.
- de 75 à 174cm: sable vaseux (80% de fraction grossière). La teneur en eau augmente et varie de 40 à 50%. La fraction grossière est formée de grains de quartz subémoussés dont une grande partie est recouverte d'oxyde de fer et de petits quartz qui sont encore abondants. Les oolites vertes ^{teneuses} ~~brunes~~ sont courantes et les noires abondantes; il existe également de nombreuses petites oolites. Les débris de coquilles sont courants et les foraminifères très rares.



Composition chimique en fonction de la profondeur.

Fig: 12

- De 174 à 184cm: sable gris jaune moyen. La fraction grossière, qui forme 98% du sédiment, a la même composition que dans le niveau précédent mais nous notons l'apparition d'amphistégines usées et probablement remaniées. La teneur en eau retombe à 20%.
- de 184 à 204cm: sable vaseux. La fraction grossière est d'environ 85%.
- de 204 à 207cm: sable moyen.

2) Composition chimique (fig.12)

Nous avons fait deux analyses dans le premier niveau de sable vaseux, à 80 et 167cm et une troisième dans le deuxième niveau à 195cm. Le quartz forme environ 55% du sédiment dans le premier niveau et 63% dans le deuxième. La composition chimique de la carotte est influencée par cette forte teneur en quartz. La plus forte teneur en fer du sommet (environ 8%) s'explique par la présence de grains de quartz recouverts d'oxydes de fer et par celle d'oolithes en plus grands nombre que dans le reste de la carotte. Les autres éléments ne présentent pas de variations caractéristiques.

Carotte B 8

1) Description

Carotte de 237cm de longueur prélevée à -51m sur la radiale C.

Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 45cm: sable très fin jaune à gris clair, comprenant 95% de fraction supérieure à 50 μ . La teneur en eau est d'environ 25%. La fraction grossière est formée presque entièrement de petits quartz. Les oolithes terreuses sont assez rares et les noires courantes. Les débris de coquilles sont assez courants et les foraminifères rares.
- de 45 à 118cm: sable vaseux gris foncé assez grossier devenant de plus en plus grossier vers le bas. La fraction grossière forme 78 à 85% du sédiment total. Elle est constituée de nombreux quartz subémoussés dont beaucoup sont recouverts d'oxyde de fer et de petits quartz. Des oolithes, surtout des noires, sont courantes et deviennent même abondantes dans le bas, les débris de coquilles sont courants et les foraminifères très rares.

- de 118 à 170cm: sable grossier roux devenant plus grossier et plus vaseux vers le bas. La teneur en eau varie de 15 à 20% et le pourcentage de fraction grossière de 97 à 83%. Celle-ci est formée en grande majorité de quartz subanguleux à subémoussés et de petits quartz. La majorité des grains sont recouverts d'une couche d'oxyde de fer. Dans certains niveaux, nous pouvons avoir des quartz atteignant 10mm. Les oolites, assez rares, sont noires ou vert-foncé mais lisses. Dans le bas, apparaissent des petits nodules de grès argileux ferrugineux; les débris de coquilles sont rares et les foraminifères très rares.
- de 170 à 180cm: vase sableuse beige. La fraction grossière forme 50% du sédiment. Celle-ci est formée en majorité de quartz subémoussés dont 10 à 20% sont recouverts d'oxyde de fer. Les oolites sont très rares. Il n'y a ni débris de coquilles ni foraminifères.
- de 180cm au bas de la carotte, nous avons une argile bariolée qui se compose de:
 - argile gris-bleu
 - argile rouge
 - débris de grès avec argile rouille
 - argile gris-bleu
 - argile jaune-verdâtre oxydée.

La fraction grossière qui varie de 15 à 50% est surtout formée de petits quartz; il y a tout de même un certain nombre de quartz subémoussés. Les oolites sont très rares et quand il y en a, elles sont noires. Il n'y a ni débris de coquilles ni foraminifères.

2) Composition chimique (fig.12)

Le sable vaseux a à peu près la même composition que celui de la carotte B10. Dans le niveau d'argile bariolée du bas de la carotte, la teneur en quartz varie de 64 à 71%. Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ reste voisin de 3,5.

L'absence de CaO est caractéristique de ce niveau, ce qui indique que nous sommes peut-être en présence d'une formation continentale.

Le pourcentage en fer varie de 4,45% à 12,45% selon que nous sommes dans un niveau d'argile gris-bleu ou dans un niveau d'argile rouge.

Carotte B 4

1) Description

Carotte de 143cm prélevée à -50m sur la radiale D. Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 70cm: sable fin gris; la fraction grossière forme de 95 à 98% du sédiment. Elle est constituée de quartz très fins et de petites oolithes lisses de couleur vert-jaunâtre clair ou vert-olive. Les foraminifères pélagiques sont assez abondants, mais leur nombre diminue vers le bas. Les débris de coquilles sont courants.
- de 70 à 93cm: le sable devient plus grossier et nous avons souvent des quartz subémoussés dont beaucoup sont recouverts d'oxyde de fer. Les foraminifères sont beaucoup plus rares et le nombre des oolithes diminue.
- de 93 à 143cm: sable vaseux gris. La teneur en eau augmente et passe de 20 à 30%. La fraction grossière, qui forme de 80 à 85% du sédiment total, est constituée des mêmes éléments que dans la partie précédente, toutefois, le nombre des oolithes augmente.

2) Composition chimique (fig.12)

Les deux analyses, effectuées dans le niveau de sable vaseux situé entre 93 et 143cm, indiquent une composition analogue à celle du sable vaseux des carottes B8 et B10.

Carotte B 3

1) Description

Carotte de 140cm prélevée à -50m sur la radiale E. Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

Les oolithes sont courantes; elles sont en général lisses et de couleur vert-clair; quelques unes sont noires. Les débris de coquilles sont rares et les foraminifères très rares. A partir de 40cm, le nombre des oolithes diminue; le sable prend une couleur plus claire.

- de 110 à 125cm: sable vaseux gris. La teneur en eau passe de 20 à 30 et 40%; la fraction grossière forme 85% du sédiment total. Elle a la même composition qu'au-dessus; seul, le nombre d'oolithes qui sont en général noires augmente.
- de 125 à 140cm: sable vaseux beige. Il a la même composition que le sable vaseux gris.

2) Composition chimique:

Une seule analyse a été effectuée dans le sable vaseux du bas de la carotte. La teneur en quartz (68%) y est légèrement plus forte que dans les carottes précédentes.

Carotte B 25

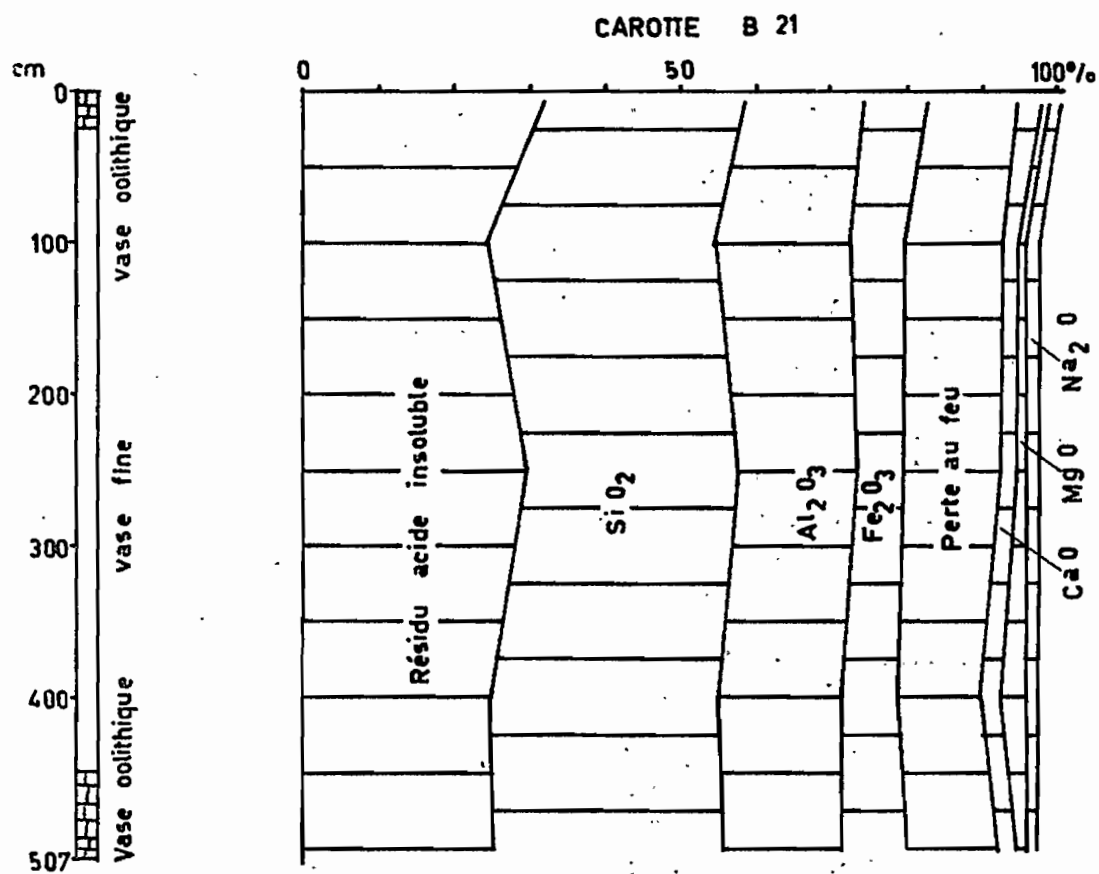
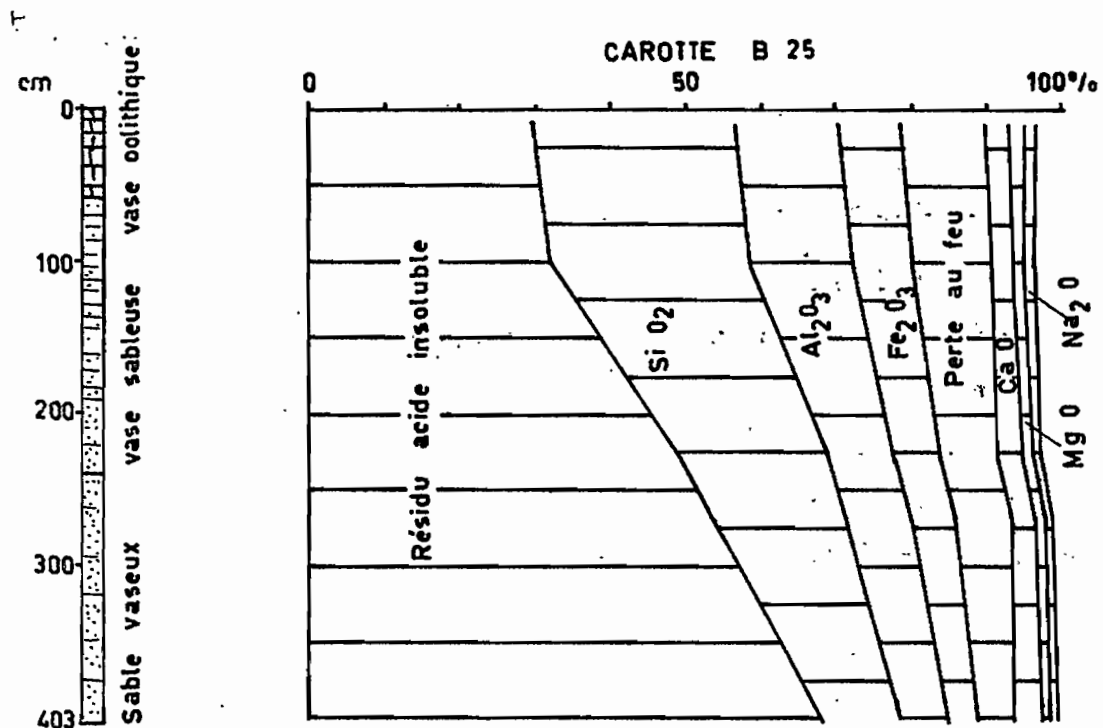
Carotte de 403cm prélevée à -50m sur la radiale G.

Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 50cm: vase gris-vert granuleuse. La fraction grossière décroît de 41% au sommet à 15% à 40cm: elle est formée en grande partie d'oolithes vertes terreuses et de quartz très fins. Il existe quelques quartz subanguleux, quelques débris de coquilles et de très rares foraminifères.
- de 50 à 240cm: vase sableuse. La fraction grossière augmente assez régulièrement de 15 à 75%. La teneur en eau varie en sens inverse et décroît plus ou moins régulièrement de 110 à 40%. La fraction grossière a la même composition qu'au-dessus; les quartz subémoussés sont toutefois plus nombreux. On a un sable à deux fractions; une fine et une plus grossière.
- de 240 à 400cm: sable vaseux. La teneur en eau reste à peu près constante; la fraction grossière passe de 75 à 85%. Les quartz subanguleux sont plus abondants; un quart des grains est recouvert d'oxyde. Les grosses oolithes disparaissent presque entièrement; il ne reste que les petites. Les débris de coquilles sont courants et les foraminifères sont toujours très rares.

2) Composition chimique (fig.13)

La teneur en quartz augmente du sommet au bas de la carotte et passe de 30 à 68%. Tous les autres éléments subissant le contre-coup de cette augmentation, diminuent du sommet au bas de la carotte.



Composition chimique en fonction de la profondeur.

Fig: 13

Carotte B 21

1) Description

Carotte de 507cm prélevée à -52m sur la radiale I.

Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 25cm: vase gris-vert granuleuse. La fraction grossière, qui constitue 15 à 20% du sédiment total, est presque entièrement formée d'oolithes vertes terreuses. Les débris de coquilles et les quartz fins sont assez courants, les foraminifères sont rares.
- de 25 à 450cm: vase fine. La fraction grossière, au début égale à 5%, tombe rapidement aux alentours de 1 à 2%; elle augmente de nouveau vers le bas. Elle est surtout formée de débris de coquilles, de petits quartz, de petites oolithes et de foraminifères. Les grosses oolithes, assez abondantes au début, sont ensuite très rares puis redeviennent abondantes. Il faut noter l'existence de fibres végétales.
- de 440cm au bas de la carotte: vase sableuse. La fraction grossière passe de 5 à 24%. Elle est constituée en majorité d'oolithes vertes terreuses, de petits quartz et les débris de coquilles sont plus abondants. Les fibres végétales disparaissent.

2) Composition chimique (fig.13)

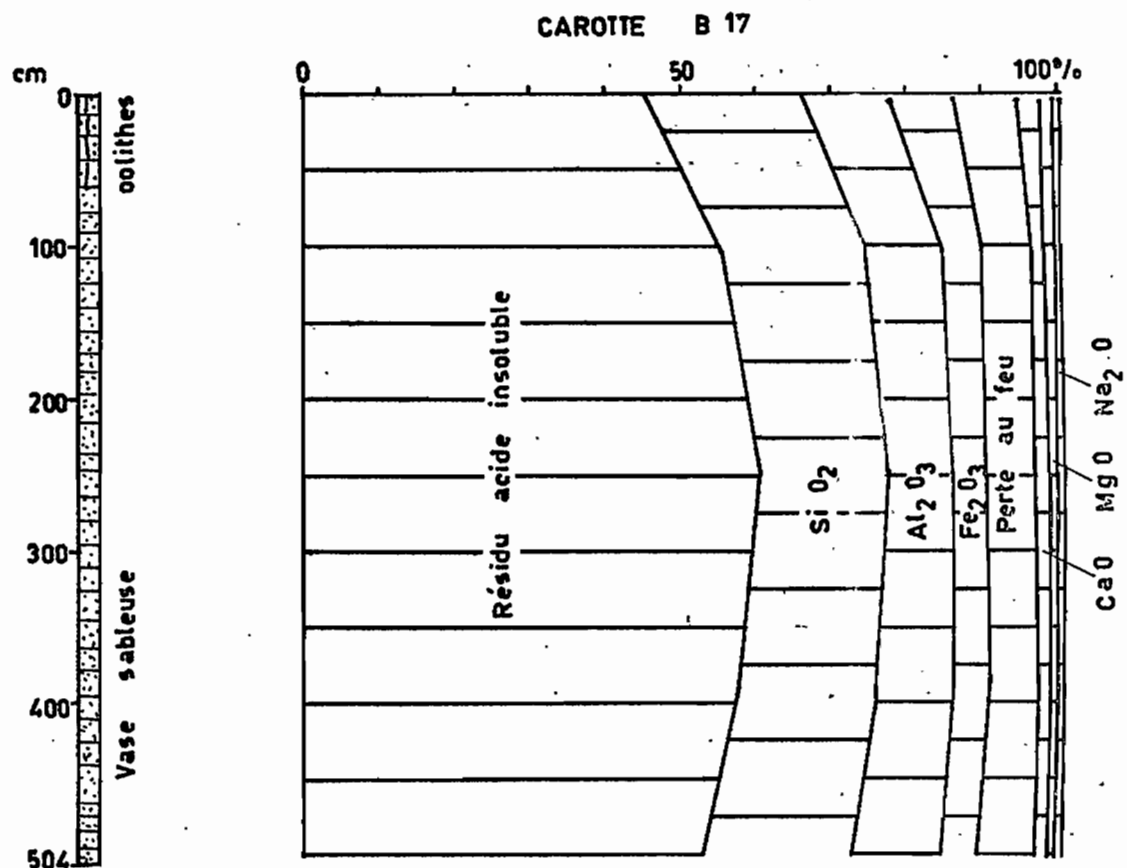
Sauf au sommet où elle est un peu plus forte, la teneur en quartz est assez constante et représente environ 25% du sédiment total. Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ croît du sommet au bas de la carotte et passe de 2,8 à 3,2. La présence d'oolithes au sommet et au bas de la carotte est marquée par des teneurs en fer de 8 et 8,95% qui sont plus fortes que dans le reste de la carotte. Les autres éléments n'indiquent pas de variations caractéristiques.

Carotte B 17

1) Description

Carotte de 504cm de longueur prélevée à -51m sur la radiale K₁.

Sur toute la hauteur de la carotte nous avons une vase sableuse dont la teneur en fraction grossière varie de 70 à 30%.



Composition chimique en fonction de la profondeur.
Fig: 14

- de 0 à 30cm: les oolithes terreuses sont très abondantes et les noires rares; le reste de la fraction grossière est formé de petits quartz et de petites oolithes. Les débris de coquilles sont courants et les foraminifères sont rares.
- de 30 à 504cm: le nombre des grosses oolithes diminue pour presque disparaître; par contre, les fibres végétales apparaissent. Les micas, présents sur toute la hauteur de la carotte, deviennent courants dans le bas.

2) Composition chimique (fig.14)

Elle est assez homogène sur toute la hauteur de la carotte. La teneur en quartz est plus forte que dans la carotte B 21; elle est en général supérieure à 50%. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ reste voisin de 3. L'assez forte teneur en fer du sommet (9,50%) est due à la présence de nombreuses oolithes.

Carotte B 43

1) Description

Carotte de 684cm prélevée à -50m sur la radiale L₁.

- de 0 à 40cm, nous avons une vase granuleuse gris-vert. La fraction grossière décroît de 27 à 3%. Les oolithes vertes terreuses sont courantes et les petites très abondantes; les débris de coquilles sont abondants, les foraminifères, les petits quartz et les micas courants. La teneur en eau croît de 63 à 78%.
- de 40 à 360cm: la fraction grossière varie de 2 à 3%; les grosses oolithes deviennent rares à très rares. A partir de 100cm, les granules de pyrite deviennent courants pour être abondants à très abondants de 200 à 340cm. La teneur en eau oscille entre 80 et 90%.
- de 360cm au bas de la carotte, la fraction grossière croît pour atteindre 8% à 570cm; ensuite elle décroît et se maintient autour de 4 à 5%. Sa composition reste la même; seul le nombre des granules de pyrite décroît. De 420 à 460cm, un "coup de piston" perturbe la répartition de la teneur en eau.

Carotte B 38

1) Description

Carotte de 498cm prélevée à -50m sur la radiale M. La carotte est formée,

sur toute sa hauteur, d'une vase uniforme gris-vert à gris-bleu; la fraction grossière varie autour de 2%. Au sommet, les grosses oolithes sont assez abondantes puis elles deviennent très rares et disparaissent. La fraction grossière est souvent formée de petites oolithes dont l'abondance diminue avec la profondeur; les foraminifères et les débris de coquilles sont abondants à très abondants. Les granules de pyrite apparaissent dans le sommet de la carotte; ils sont très abondants de 240 à 320cm et restent ensuite abondants.

De 0 à 100cm, la teneur en eau décroît de 137 à 100% puis elle se maintient entre 95 et 100%.

Carotte B 34

1) Description

Carotte de 155cm de longueur prélevée à -50m sur la radiale 0. Du sommet au bas de la carotte, nous avons la succession suivante:

- de 0 à 10cm: vase sableuse grise contenant 56% de fraction supérieure à 50 μ et dont la teneur en eau est de 105%. La fraction grossière est formée de petits quartz, d'oolithes vertes terreuses et de très rares noires, de foraminifères et de débris de coquilles.
- de 10 à 30cm: sable fin dont la teneur en eau est de 25 à 30% et dont la fraction grossière est supérieure à 95%. Celle-ci est formée presque entièrement de petits quartz; les oolithes et les débris de coquilles sont très rares.
- de 30 à 45cm: sable fin vaseux contenant de 85 à 87% de fraction grossière. Celle-ci est formée de quartz subémoussés et de très nombreux petits quartz; les oolithes, les débris de coquilles et les foraminifères sont très rares. La teneur en eau est de 50%.
- de 45 à 65cm: vase sableuse contenant 60% de fraction grossière. Les quartz subémoussés sont abondants, les petits très abondants et les quartz oxydés courants. Au début, les oolithes terreuses sont abondantes et deviennent ensuite plus rares et les débris de coquilles sont courants. La teneur en eau est de 70%.
- de 65 à 125cm, la fraction grossière augmente et varie de 68 à 75%. Les quartz subémoussés deviennent plus abondants ainsi que les quartz supérieurs à 1mm; par contre le nombre des petits quartz diminue. Les oolithes disparaissent ou deviennent très rares, mais il faut noter l'apparition d'amphistégines remaniées. La teneur en eau est de 30 à 45%.

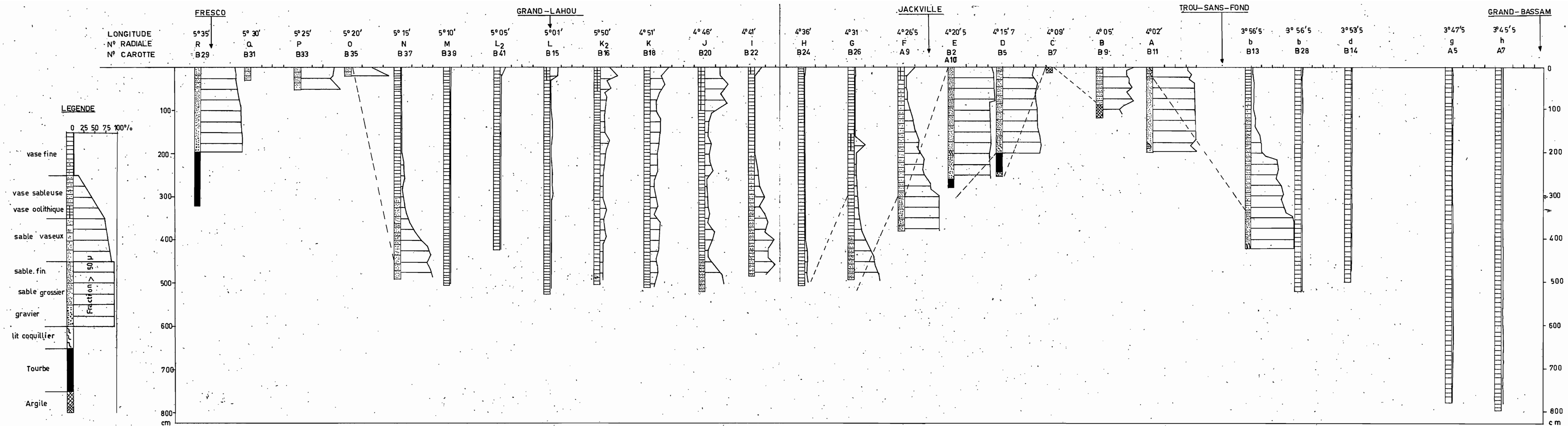
- de 125 à 140cm, la fraction grossière est moins importante; 62%, mais elle garde la même composition.
- de 140cm au bas de la carotte: sable moyen contenant 93% de fraction grossière. La composition de celle-ci reste la même que dans les niveaux supérieurs. La teneur en eau est de 27%.

Carotte B 32

1) Description

Carotte de 43cm de longueur prélevée à -50m sur la radiale P.

- de 0 à 7cm, nous avons un sable vaseux contenant 63% de fraction grossière. Celle-ci est formée de quartz subémoussés dont une partie est recouverte d'oxyde. Il existe des quartz de diamètre supérieur à 1mm et quelques graviers; les oolithes qui sont courantes, sont vertes terreuses et noires. Les débris de coquilles et les foraminifères sont courants. Il existe des amphistégines remaniées.
- de 7 à 43cm, la carotte est formée par de la tourbe.



CAROTTES PRELEVEES sur L' ISOBATHE - 60m entre GRAND-BASSAM et FRESCO Fig 15

III-X - ETUDE DES CAROTTES PRELEVEES SUR L'ISOBATHE -60m ENTRE GRAND-BASSAM ET FRESCO. (fig. 15)

Les carottes ont été prélevées avec un tube de 5m à l'exception de A5 et A7 qui l'ont été avec un tube de 8m.

Pour les premières, les longueurs obtenues varient de quelques centimètres à 500 centimètres. Les conditions de prélèvement restant les mêmes, la profondeur de pénétration du carottier nous donne déjà une idée de la nature du fond.

Carotte A7

1) Description

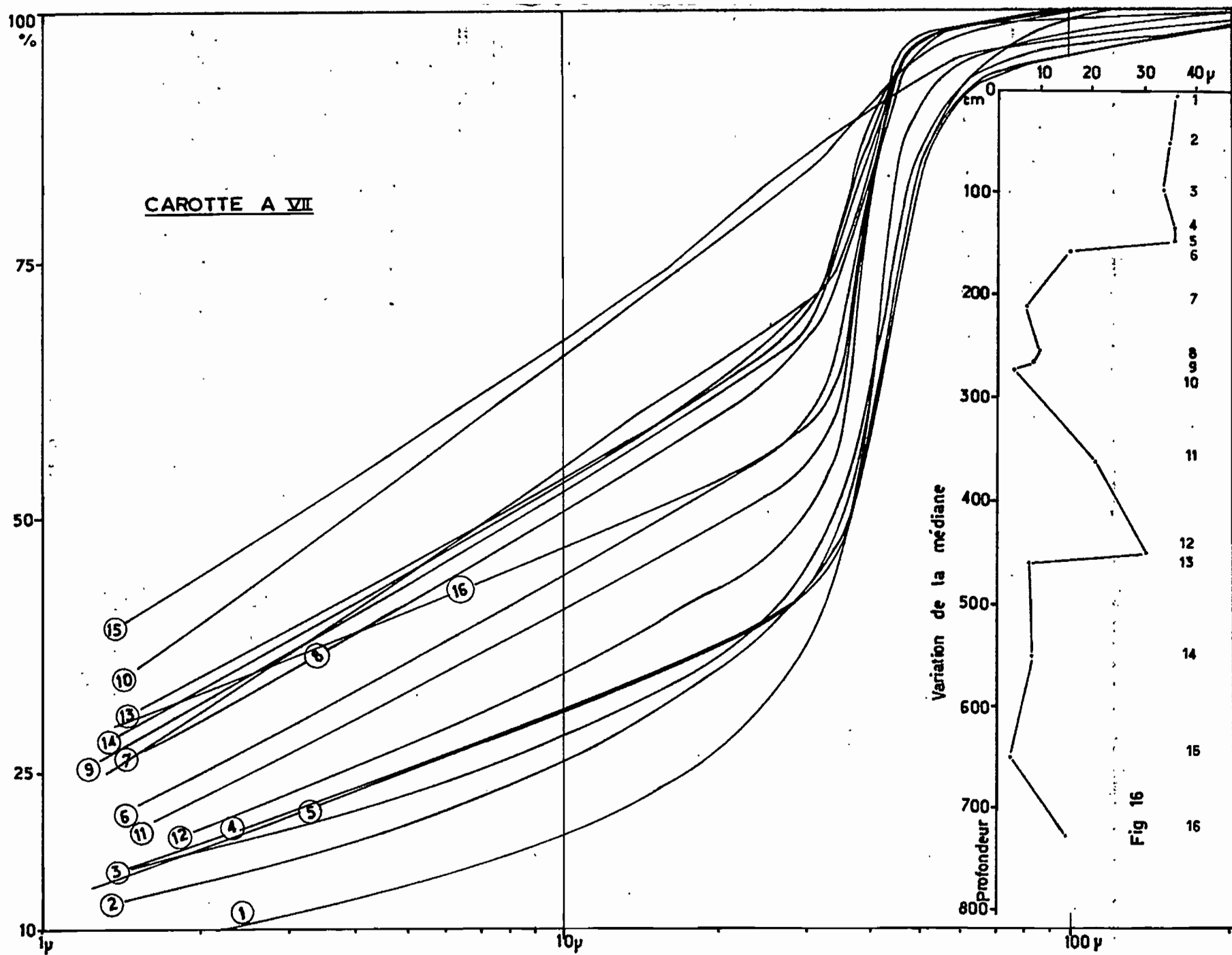
Carotte de 795cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale N. A l'oeil nu, l'ensemble de la carotte apparaît formé d'une vase fine homogène. Dans les 150 premiers centimètres, nous avons une vase gris-vert assez fluide qui devient plus compacte lorsque l'on s'enfonce. Dans la moitié inférieure de la carotte, apparaissent des traces de réduction.

La fraction grossière est faible. De 0 à 150cm, elle est égale à environ 10% du poids du sédiment sec; ensuite elle oscille autour de 2%. Elle est surtout formée de foraminifères, de petits quartz, de débris de coquilles, de lamelles de micas et de sphérules de pyrite. Sur la carotte fraîche, on note l'existence de très nombreux granules ovoïdes gris et mous qui ne résistent pas au tamisage sous l'eau (cf.chap.4).

La teneur en eau est assez irrégulière de 0 à 450cm et varie de 80 à 130%. A 450cm, un décollement dû à un "coup de piston" a entraîné un drainage pendant le stockage de la carotte, ce qui explique la forte teneur en eau à cet endroit. De 450cm au bas de la carotte, la teneur en eau décroît régulièrement de 110 à 70%.

2) Granulométrie (fig.16)

De 0 à 150cm, nous avons des courbes dont la plus grande partie est parabolique; l'indice n variant de -0,4 à -0,9. La partie la plus grossière des courbes



X. est hyperbolique. La médiane est en moyenne égale à 35 μ . L'indice d'asymétrie varie de 0,55 à 0,65.

- de 150 à 270cm, la fraction fine devient plus importante; les courbes sont logarithmiques et restent hyperboliques pour la partie la plus grossière. La médiane décroît de 16 à 3,8 μ . L'indice d'asymétrie est plus grand que dans la partie supérieure de la carotte et varie de 0,85 à 1.
- de 270 à 450cm, la fraction grossière devient plus importante; la médiane passant de 3,8 à 30 μ . A 450cm, la courbe redevient parabolique, n'étant égal à -0,6 et -0,7. L'indice d'asymétrie varie, comme dans le haut de la carotte, de 0,55 à 0,65.
- de 450 au bas de la carotte, la fraction fine redevient plus importante et les courbes redeviennent logarithmiques. La médiane varie de 13,5 à 2,9 μ ; l'indice d'asymétrie est égal à 0,90.

A 270 et 650cm, les courbes sont presque entièrement logarithmiques.

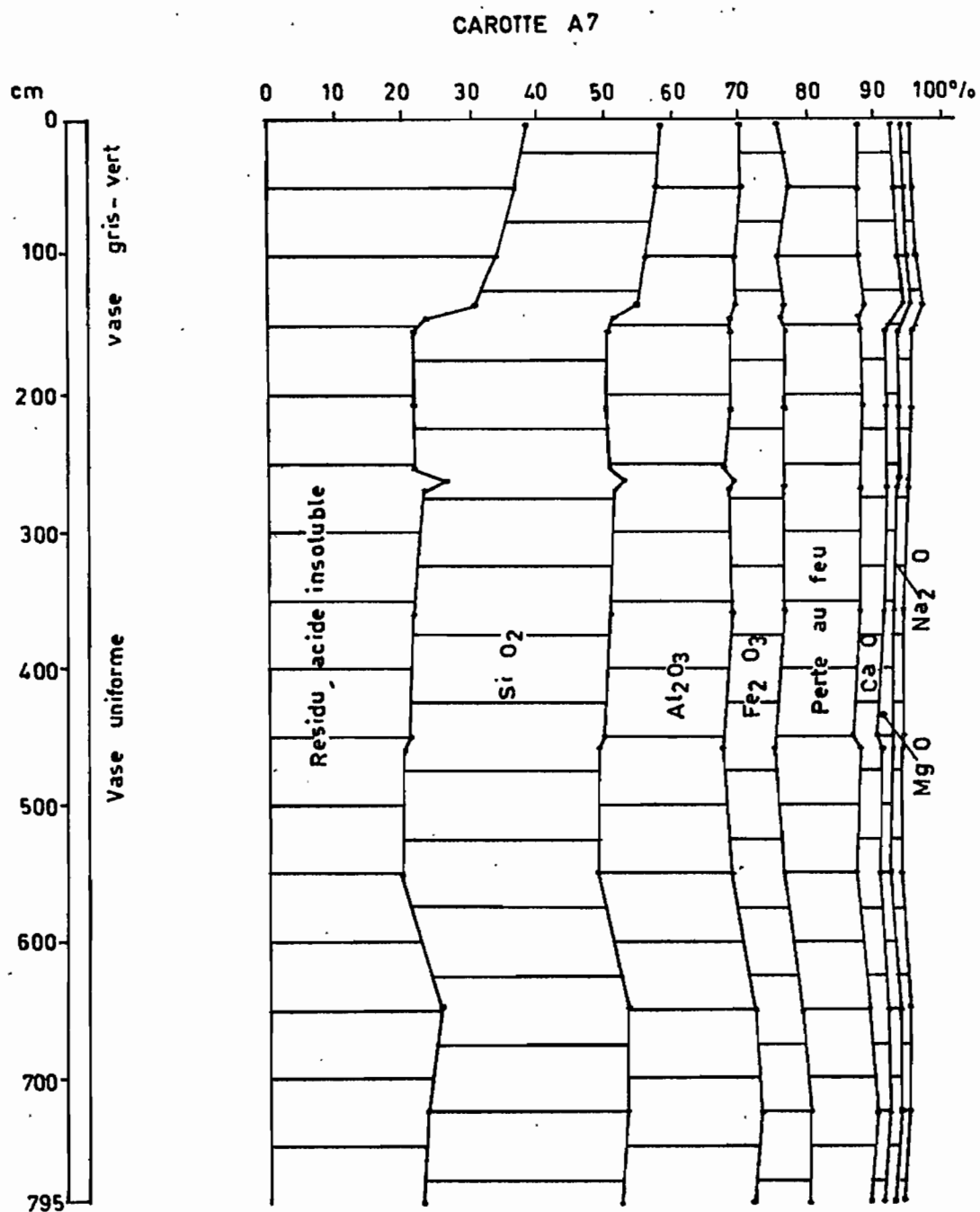
3) Composition chimique (fig.17)

De 0 à 135cm la teneur en quartz décroît de 39 à 31%. A 150cm elle n'est plus que de 22,8%. De 150 à 450cm, elle va décroître de 22 à 19% avec toutefois un petit maximum à 262cm. A 650cm, la teneur en quartz est de 25% puis elle décroît de nouveau pour atteindre 22,6% au bas de la carotte.

La teneur en SiO₂ soluble varie naturellement en sens inverse de la teneur en quartz; elle passe de 19,5% au sommet de la carotte à 28,4% à 150cm et se maintient ensuite autour de 28% avec un minimum à 262cm. La teneur en Al₂O₃ a la même variation; elle passe de 12% au sommet à 18,7% à 150cm et varie ensuite entre 18 et 20%.

Le Fe O₃, inférieur à 7% de 0 à 135cm, est par la suite supérieur à 7%.

- Le Ca O, supérieur à 5% de 0 à 135cm, varie ensuite entre 3 et 4% avec minimum de 1,7% au bas de la carotte.
- Le Mg O ne présente pas de variations caractéristiques; il oscille entre 1,2 et 2%. Il en est de même pour le K₂O qui oscille entre 0,20 et 0,45%.
- Le P₂O₅ est plus fort dans le sommet de la carotte que dans le bas; il en est de même pour l'Azote qui décroît du sommet au bas de la carotte.



Composition chimique en fonction de la profondeur
Fig 17

4) Analyses diffractométriques.

De 0 à 150cm le quartz est dominant. La fraction argileuse est formée de montmorillonite, de kaolinite et d'un peu d'illite. Il existe également de petites quantités de calcite et de dolomite.

Dans le reste de la carotte, le quartz est partout plus faible mais reste toujours important. Ceci est en accord avec l'analyse chimique. On a également de la montmorillonite, de la kaolinite, un peu d'illite et de petites quantités de calcite et de dolomite.

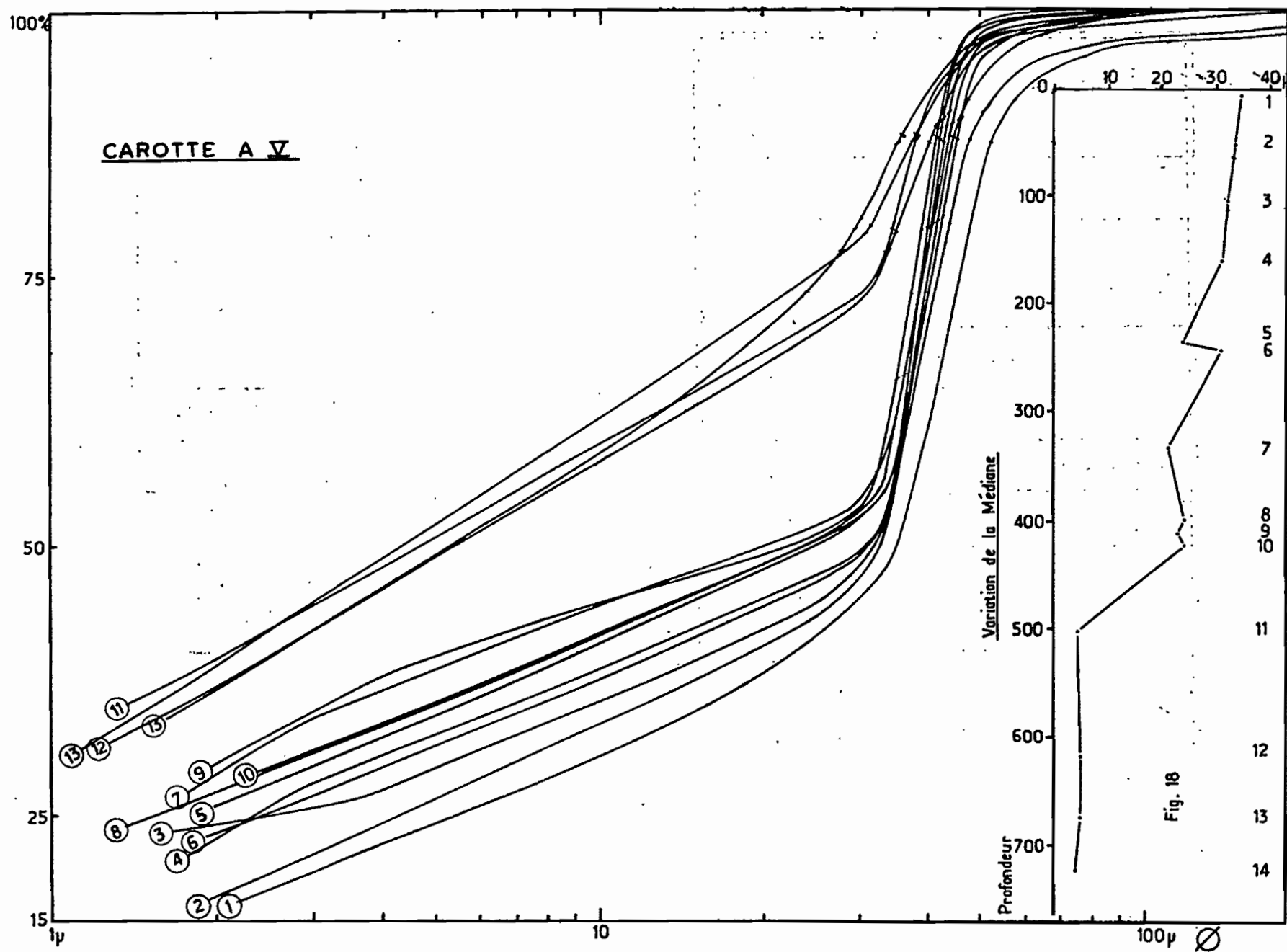
La répartition des minéraux argileux est approximativement la suivante:

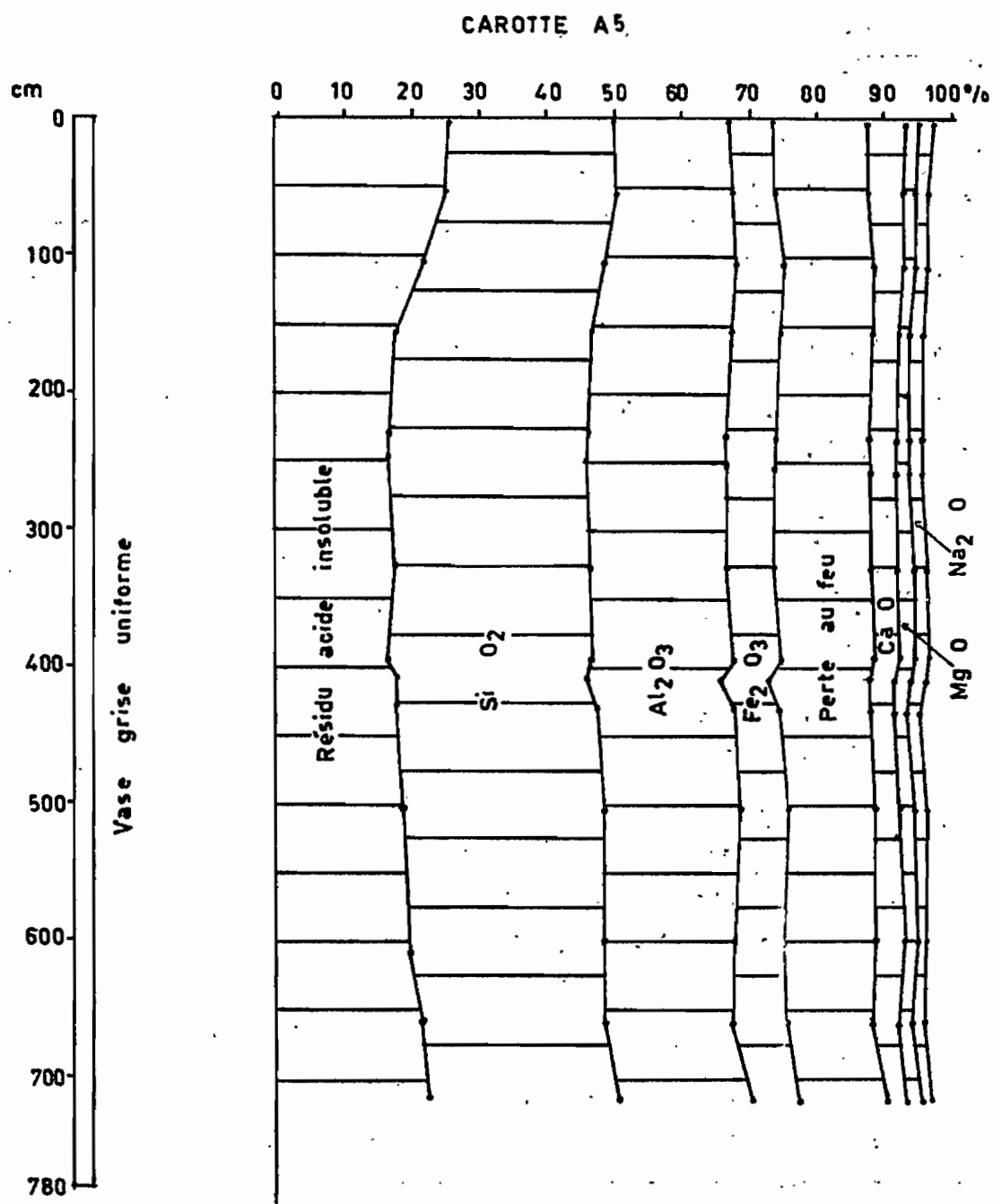
Montmorillonite 45 à 55%
Kaolinite 35 à 45%
Illite 5 à 10%

5) Eléments traces en p.p.m. dans matière sèche.

Ces dosages ont été effectués à Bondy dans les laboratoires de M.PINTA.

Profondeur en cm	Mn	Pb	Mo	Sn	V	Cu	Zn	Ni	Co	Ti	Cr	Sr	Ba	Li
5	840	8	8	8	84	8	84	34	17	2500	84	420	250	840
50	840	"8	"	"	83	"	84	32	17	"	84	420	245	840
100	830	"8	"	"	83	"	84	32	17	"	84	420	245	650
135	830	"8	"	"	83	"	84	32	17	"	84	420	245	830
145	820	"8	"	"	82	"	82	33	16	"	82	410	240	660
155	810	24	"	"	81	"	81	30	16	"	81	405	240	970
210	800	24	"	"	80	"	80	32	16	"	80	400	240	640
255	790	16	"	"	79	"	79	31	16	"	79	400	240	780
270	800	16	"	"	80	"	80	40	24	"	80	400	240	240
370	800	16	"	"	80	"	80	32	16	"	80	400	240	240
450	800	24	"	"	80	"	80	32	16	"	80	400	240	220
460	800	24	"	"	80	"	80	32	16	"	80	400	240	400
550	800	800	"	"	80	"	80	40	24	"	80	400	240	240
650	830	66	"	"	83	"	83	40	24	"	82	415	250	250
725	840	17	"	"	84	"	84	48	24	"	84	420	247	240
790	820	16	"	"	82	"	82	33	16	"	82	410	240	200





Composition chimique en fonction de la profondeur
Fig 19

Carotte A5

1) Description

Carotte de 780cm prélevée à -60m sur la radiale g.

La carotte, à l'examen à l'oeil nu, apparaît formée d'une vase homogène gris-vert à gris-bleu, assez fluide au sommet et devient plus compacte ensuite.

La fraction grossière, égale à environ 10% dans les cinquante premiers centimètres varie ensuite autour de 2%. Elle a la même composition que dans la carotte précédente. Nous avons également de très nombreux granules ovoïdes gris et mous. La teneur en eau reste supérieure à 100% sur toute la hauteur de la carotte.

2) Granulométrie (fig.18)

Nous voyons sur la figure que les courbes se groupent en deux familles. Nous pouvons ainsi diviser la carotte en deux parties.

- La première, qui va de 0 à 500cm

* La deuxième, qui va de 500 au bas de la carotte.

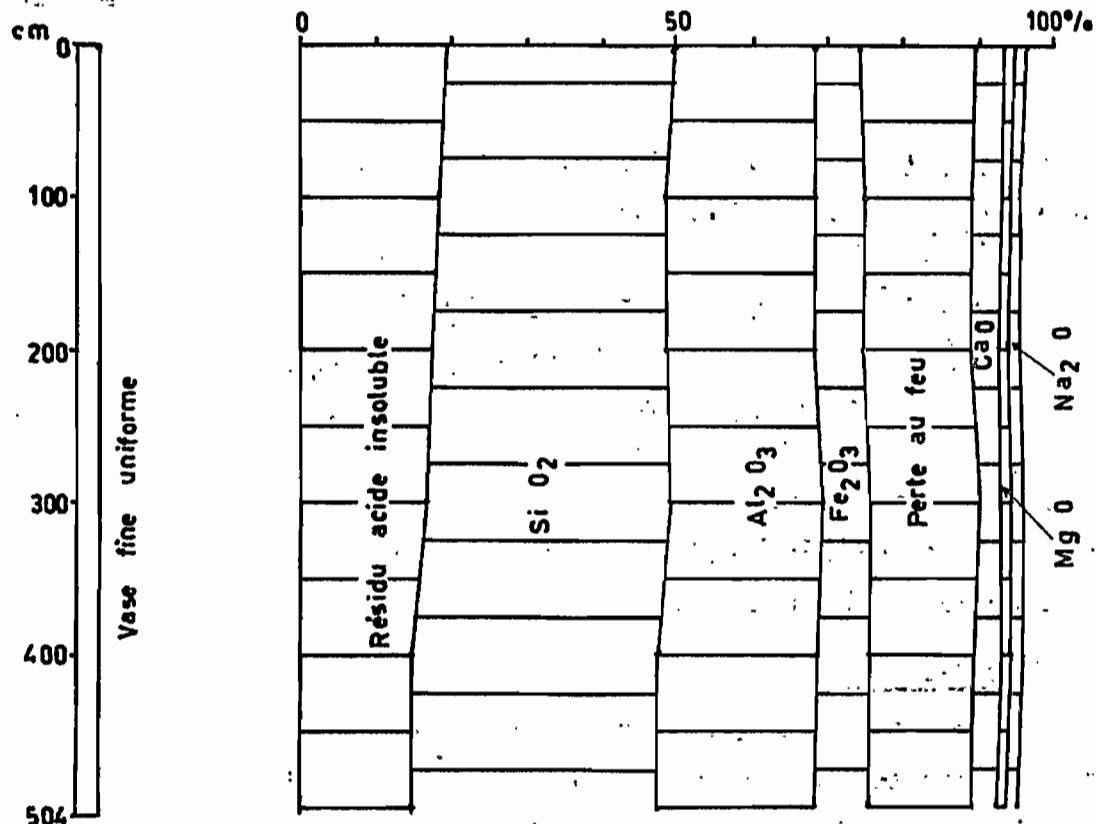
De 0 à 500cm, la médiane décroît assez régulièrement de 35 à 24 μ . La partie inférieure des courbes, légèrement parabolique au sommet de la carotte, devient logarithmique ensuite. Le coefficient d'asymétrie reste voisin de 0,6.

De 500 au bas de la carotte, la médiane reste voisine de 5 μ . Les courbes présentent de plus grandes parties logarithmiques. L'indice d'asymétrie est voisin de 1.

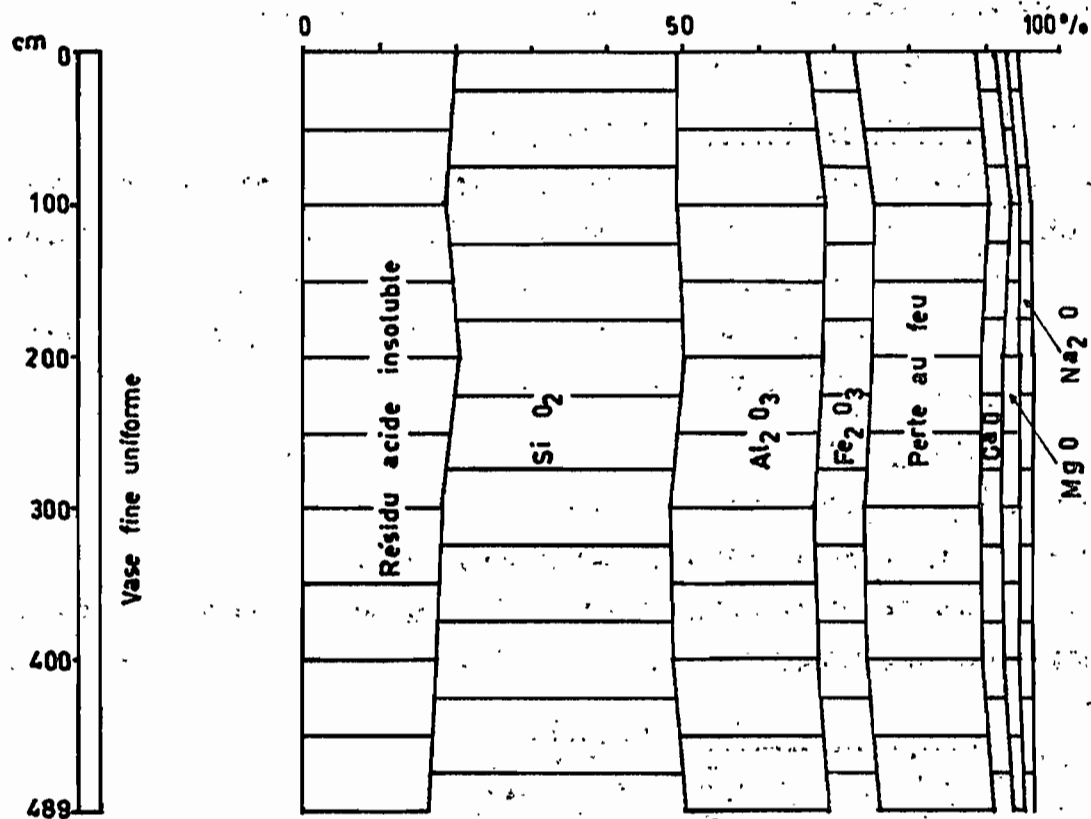
3) Composition chimique (fig.19)

Le quartz décroît de 0 à 400cm et passe de 25,7 à 16,1%. Ceci est en accord avec la décroissance de la médiane dans le même tronçon de carotte. Ensuite, la teneur en quartz augmente pour atteindre 22,5% au bas de la carotte. Ici nous n'avons pas la même variation de la médiane, mais cela peut correspondre au fait que les quartz deviennent de plus en plus fins tout en devenant, en pourcentage, plus importants.

Dans son ensemble la carotte est assez homogène. La Si O₂ soluble oscille autour de 29% avec des valeurs plus faibles au sommet et au bas de la carotte.



CAROTTE B 14



CAROTTE B 28

Composition chimique en fonction de la profondeur.

Fig: 20

Al₂O₃ suit la même variation, sa teneur étant en moyenne de 20% avec un minimum de 17% au sommet de la carotte.

Le rapport SiO₂/Al₂O₃ varie entre 2,4 et 2,5.

La teneur en Fe₂O₃ reste voisine de 7%

TiO₂ varie de 0,6 à 1% d'une façon irrégulière.

Le CaO est plus important au sommet de la carotte où il est supérieur à 5%; ensuite il reste voisin de 3%.

Le MgO varie de 1,50 à 2,50%.

Le K₂O, de 0,20 à 0,45%.

L'azote varie de 0,11 à 0,14%.

Carotte B 14

Carotte de 489cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale A.

La carotte, sur toute sa longueur, est formée d'une vase homogène de couleur grise à gris-bleu. Dans les deux tiers inférieurs apparaissent des traces de réduction. La teneur en éléments grossiers est égal à 1%.

La teneur en eau oscille autour de 110%.

2) Composition chimique (fig.20)

Carotte de composition assez homogène; toutefois, on peut noter une légère diminution de la teneur en quartz qui passe de 19,7% au sommet à 14,40% au bas de la carotte. Le rapport SiO₂ / Al₂O₃ varie peu (de 2,6 à 2,8).

La composition chimique est à peu près la même que pour A7 et A5; seule la teneur en quartz est un peu plus faible.

Carotte B 28

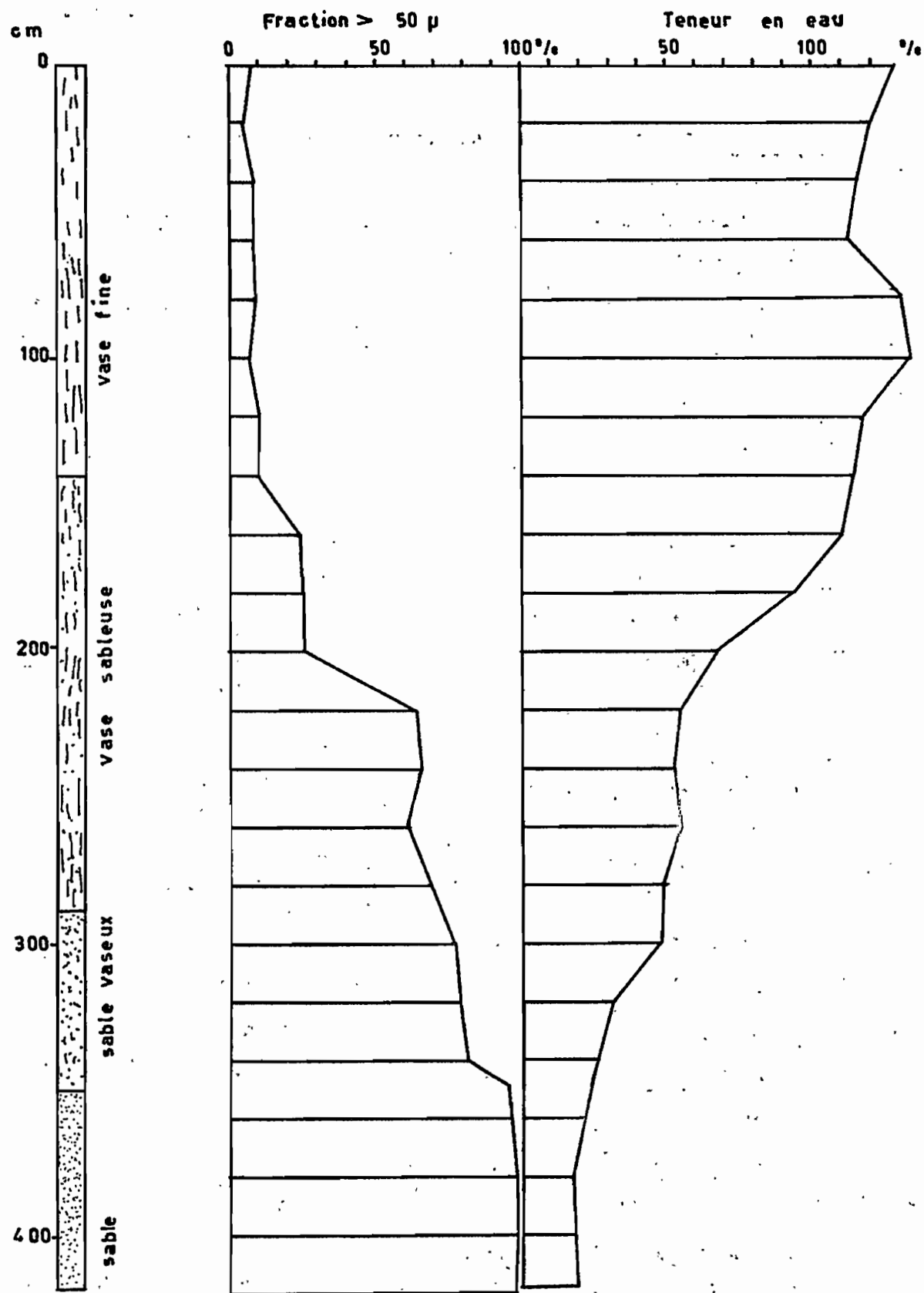
1) Description

Carotte de 504cm prélevée à -60m sur la radiale B.

La carotte est identique à B 14. La teneur en eau est un peu plus forte et oscille autour de 130%.

2) Composition chimique (fig.20)

Elle est identique à celle de B 14.



Influence de la granulométrie sur la teneur en eau (Carotte A 13)

Fig 21

Carotte B 13

1) Description

Carotte de 418cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale B comme la carotte précédente, mais le prélèvement a été effectué à 1,5 milles de la côte tandis que la carotte B 28, elle, a été prélevée à 7 milles de la côte, car à cet endroit, en bordure du Trou sans fond, l'isobathe -60m est perpendiculaire au rivage.

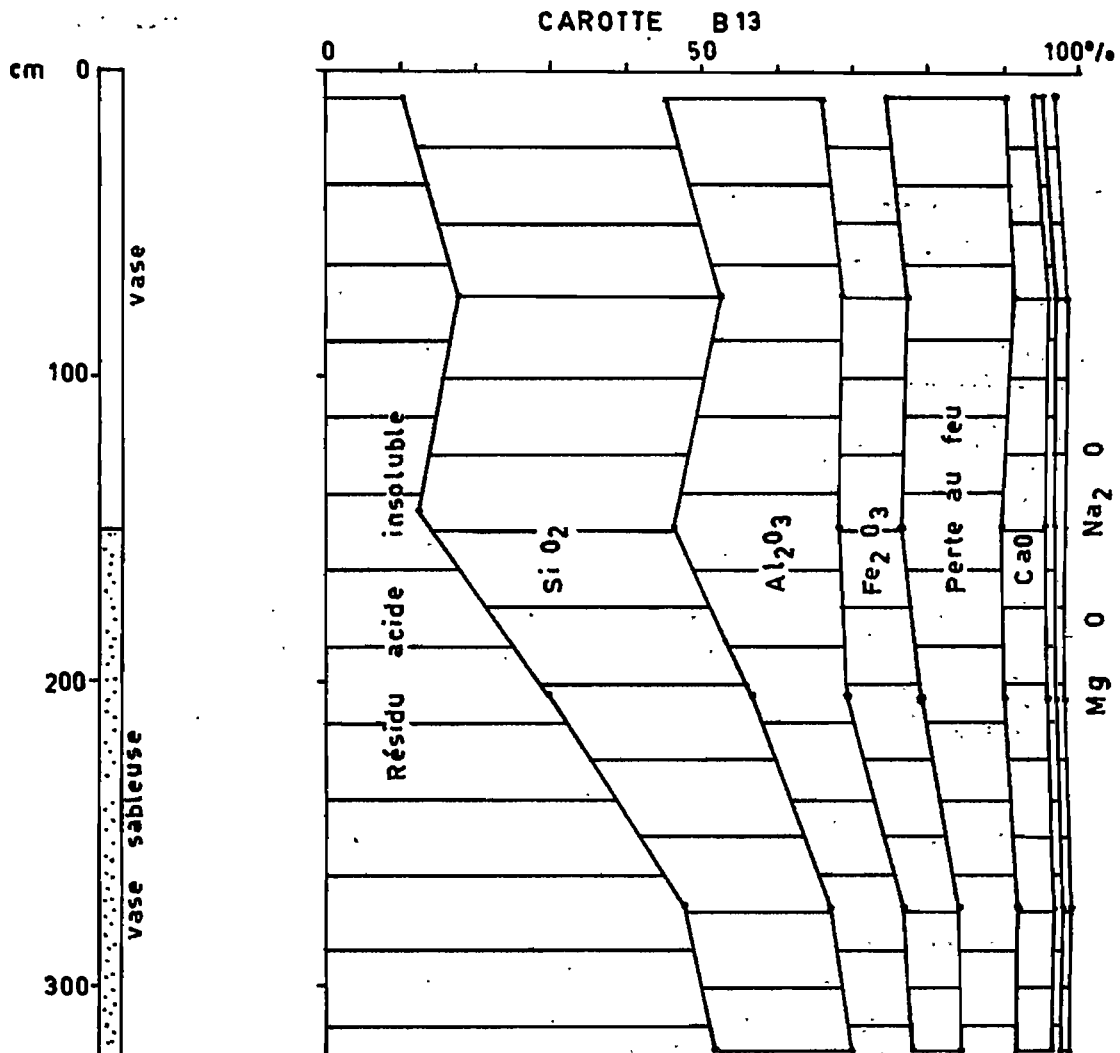
- de 0 à 100cm, nous avons une vase fine qui comprend de 8 à 10% de fraction grossière. Celle-ci est surtout formée de petits grains de quartz et d'oolithes en majorité vertes terreuses; les noires sont assez rares. Les débris de coquilles sont courants et les foraminifères sont rares. La teneur en eau est voisine de 120%.
- de 100 à 340cm, la fraction grossière croît plus ou moins régulièrement de 10 à 80%. Sa composition est la même que dans le niveau supérieur. Les grains de quartz deviennent cependant plus gros au fur et à mesure que l'on s'enfonce. Les quartz subémoussés sont courants à partir de 130cm et les quartz supérieurs à 1mm, à partir de 240cm. La teneur en eau décroît assez régulièrement de 130 à 40%.
- de 340 à 418cm, nous avons un sable fin blanc devenant plus grossier dans le bas où nous avons deux nodules d'algues calcaires encroûtantes de 4 à 5cm. La fraction grossière, qui forme de 95 à 99% du sédiment total, est surtout constituée de petits grains de quartz (dans le bas de la carotte apparaissent des grains subémoussés et des grains supérieurs à 1mm). Le reste de la fraction est formé d'oolithes terreuses et noires, de débris de coquilles et de foraminifères. La teneur en eau est d'environ 30%.

Cette carotte est une parfaite illustration de l'influence de la granulométrie sur la teneur en eau. On peut voir que la pourcentage de teneur en eau varie au sens inverse de celui de la fraction grossière (fig.21). Ceci se remarque dans de nombreuses carottes.

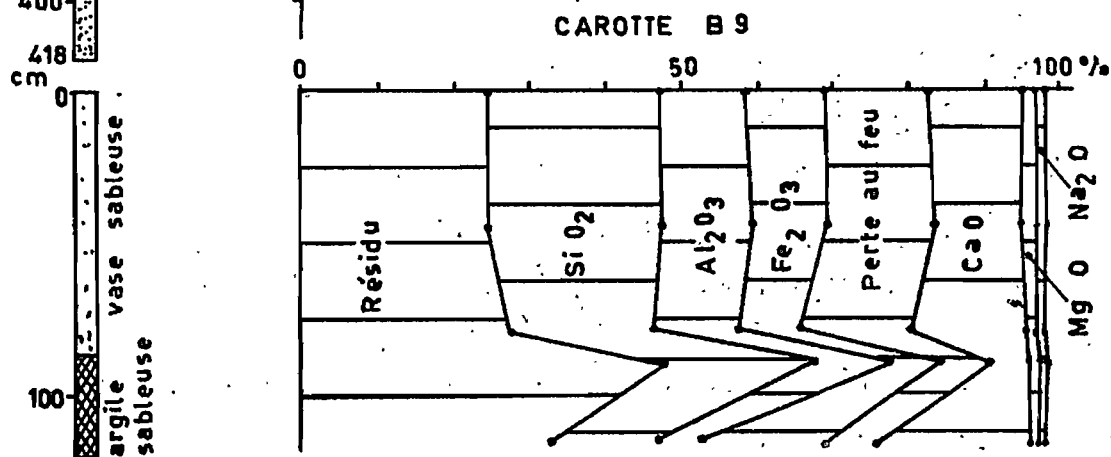
2) Composition chimique (fig.22)

Nous avons effectué six analyses dans la partie de la carotte formée de vase et de vase sableuse.

De 0 à 150cm, la teneur en quartz varie peu et forme de 10 à 12% du sédiment total; ensuite, elle augmente régulièrement pour atteindre 51% à 320cm.



Composition chimique en fonction de la profondeur
Fig 22



Dans les 150 premiers centimètres, la composition chimique se rapproche de celle des carottes précédentes. Dans le reste de la carotte, l'augmentation du quartz fait diminuer les pourcentages des autres éléments.

Carotte B 11

1) Description

Carotte de 199cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale A. Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 30cm, sable vaseux moyen gris foncé. La fraction grossière, qui forme de 78 à 85% du sédiment total, est constituée de grains de quartz subémoussés dont la moitié est recouverte d'oxyde de fer, de petits grains de quartz, d'oolithes vertes terreuses et noires, de débris de coquilles et de rares foraminifères. La teneur en eau varie de 30 à 35%.
- de 30 à 199cm, sable fin devenant plus grossier dans le bas de la carotte. La fraction grossière représente de 95 à 99% du sédiment total. De 30 à 120cm, les grains de quartz sont petits; ensuite nous avons des grains subémoussés et des petits grains. Les oolithes deviennent rares à très rares ainsi que les foraminifères. Il apparaît quelques sphérules de pyrite. La teneur en eau décroît de 35 à 20%. Entre 180 et 190cm, nous avons une petite lentille de sable vaseux dont la composition est la même que dans le haut de la carotte.

Carotte B9

1) Description

Carotte de 120cm de longueur prélevée à -64m sur la radiale B. Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 6cm, sable vaseux gris. La fraction grossière forme 75% du sédiment total; elle est constituée par des petites oolithes terreuses claires, assez lisses et noires, par des moules internes de petits gastéropodes et lamellibranches. Les petits grains de quartz sont abondants; les débris de coquilles et les foraminifères sont courants. Les amphistégines, usées et probablement remaniées, sont assez abondantes.
- de 6 à 85cm, vase sableuse gris-vert. La fraction grossière constitue de 50 à 68% du sédiment total. Sa composition est la même que dans le niveau supérieur. Les amphistégines remaniées sont toujours abondantes. La teneur en eau, plus forte que dans le niveau précédent, oscille entre 80 et 70%.

- de 85 à 88cm, nous avons deux nodules gréseux encroûtés de plusieurs centimètres de diamètre.
- de 88 à 120cm, argile sableuse très compacte (la pénétration du carottier a été stoppée par ce niveau compact). La teneur en eau passe de 70% à 30% du poids de sédiment sec. La fraction grossière constitue environ 40% du sédiment total. Elle est formée en grande partie par des petits grains de quartz et de toutes petites oolithes noires. Les débris de coquilles sont assez courants et les foraminifères très rares.

2) Composition chimique (fig.22)

Dans les 85 premiers centimètres, la teneur en quartz varie de 24 à 28%. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ varie de 3,5 à 2,9. La teneur en calcium, assez forte, est voisine de 15% à 80cm. Le fer décroît légèrement et passe de 10,5% à 0cm à 8,55% à 80cm.

A 90cm nous avons une brusque augmentation de la teneur en quartz (48%), une diminution du fer (7%) et du calcium (5%).

A 115cm la teneur en quartz diminue (33%) et la teneur en calcium redvient forte (20%).

Carotte B7

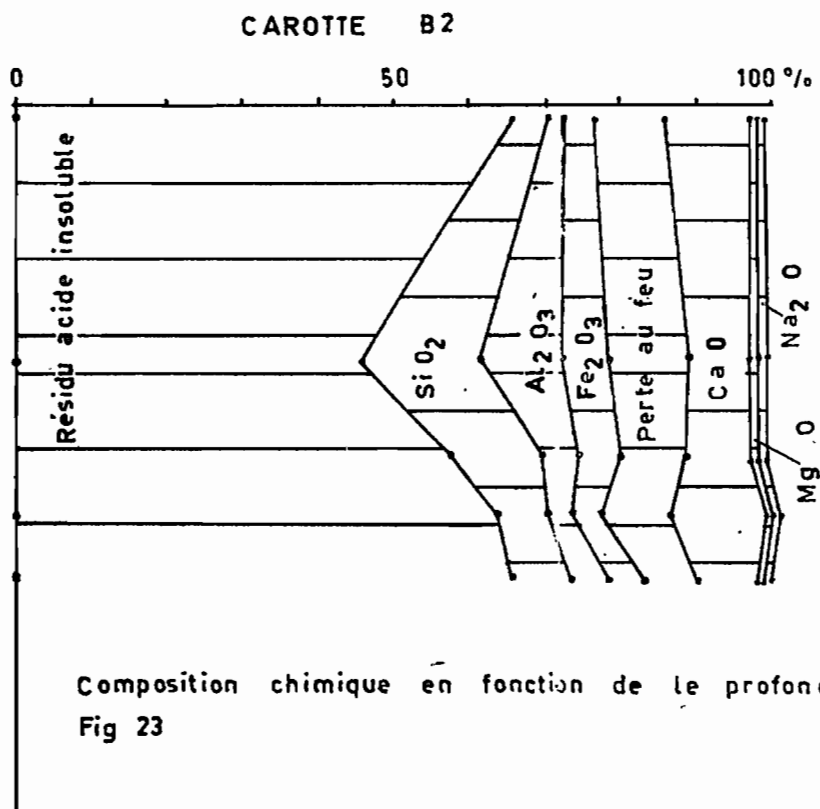
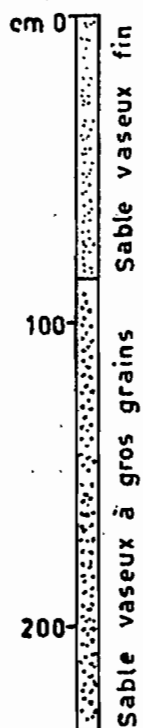
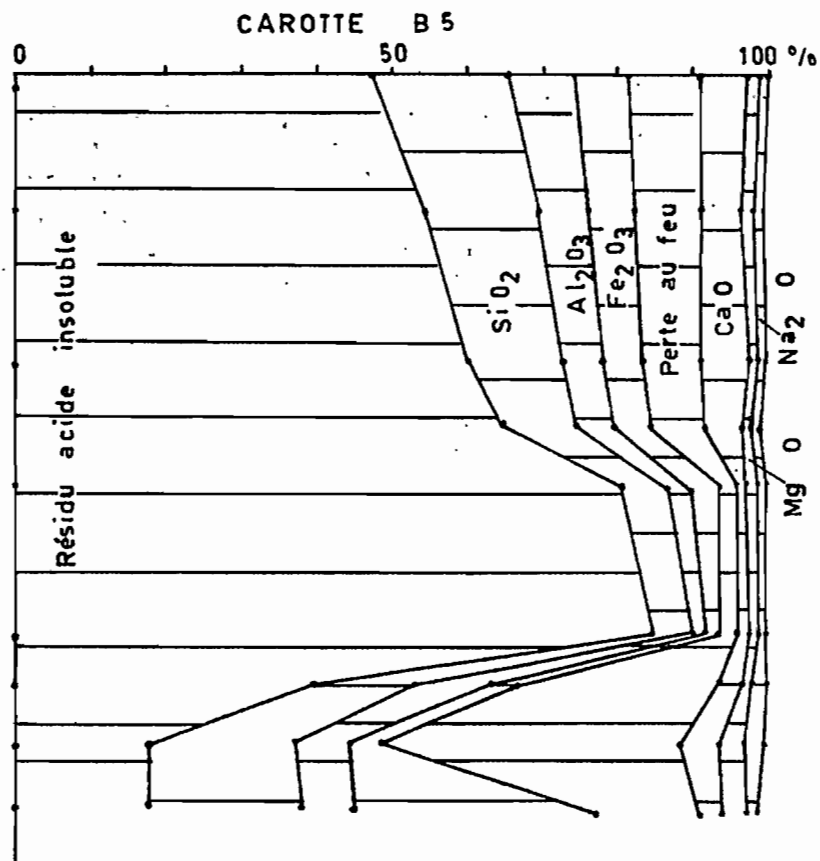
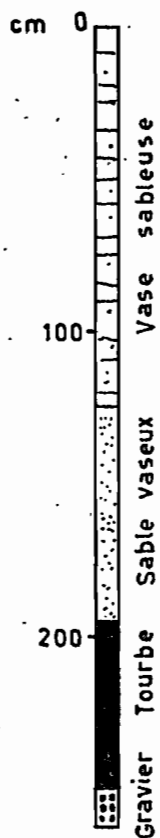
Carotte d'une quinzaine de centimètres prélevée à -61m sur la radiale C. La pénétration du carottier a été très mauvaise car nous rencontrons aussitôt le niveau d'argile sableuse très compacte de la carotte B9.

Carotte B5

1) Description

Carotte de 255cm prélevée à -63m sur la radiale D. Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 130cm, sable vaseux contenant de 70 à 83% de fraction grossière. Celle-ci est formée par de petits grains de quartz et des grains subé-moussés dont une partie est recouverte par de l'oxyde de fer. Les oolithes sont assez rares, elles sont vert-olivé lisses, terreuses ou noires. Les débris de coquilles et les foraminifères sont rares. La teneur en eau décroît de 65 à 35%.



Composition chimique en fonction de la profondeur.
Fig 23

- de 130 à 196cm, sable grossier légèrement vaseux. La fraction grossière forme de 88 à 95% du sédiment total. Elle est constituée en grande partie de grains de quartz subémoussés, de petits et d'assez gros grains de quartz. Les oolithes sont très rares, les débris de coquilles et les foraminifères absents. La teneur en eau est de 20%.
- de 196 à 250cm, tourbes avec fibres de bois et empreintes de feuilles. La teneur en eau atteint 200%.
- de 250 à 260cm, sable grossier graveleux, les grains de gravier pouvant atteindre 15mm de diamètre.

2) Composition chimique (fig.23)

De 0 à 130cm, la teneur en quartz augmente et passe de 48 à 65%. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2 \text{O}_3$ varie de 3 à 3,4. De 130 à 196cm, le quartz forme de 81 à 84% du sédiment total. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2 \text{O}_3$ reste à peu près égal à ce qu'il était dans le niveau supérieur (3,3).

Les autres éléments diminuent en fonction de cette augmentation du quartz. Dans le niveau de tourbe, la teneur en quartz est assez forte au début (39%) puis se stabilise autour de 17%. La teneur en fer, assez faible au début, devient très importante (32%) dans le bas. Cette forte teneur doit être due à la présence de sulfures de fer. Le carbone organique forme jusqu'à 16% du sédiment total.

Carottes A 10 et B2

1) Description d'A 10

Carotte de longueur indéterminée (partie supérieure détruite) mais d'environ 280cm, prélevée à -6cm sur la radiale E. Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 90cm, sable fin vaseux. La fraction grossière constitue 85% du sédiment total. Elle est formée par des petits grains de quartz très abondants et des grains de quartz subémoussés. Les grosses oolithes sont rares et sont en général noires; par contre les petites sont courantes. Les gros débris de coquilles et les foraminifères sont rares.

- de 90 à 195cm, sable vaseux plus grossier. La fraction grossière constitue de 80 à 85% du sédiment total. Elle a à peu près la même composition que dans le niveau précédent mais au fur et à mesure que l'on s'enfonce, les grains deviennent plus gros et les oolithes plus rares. A partir de 140cm, apparaissent des amphistégines remaniées.
- de 195 à 205cm, passée coquillière contenant les espèces littorales suivantes:

- *Cardium ringens*
- *Cymbium porcinum*
- *Solen*
- *Divaricella gibba*
- *Leda bicuspidata*
- *Leda rostra*
- *Cardita lacunosa*
- *Echinocyanus Pusilus*
- *Mactra*
- *Telina ostrigosa*
- *Torinia molani*
- *Volvula incriminata*

- de 195 à 260cm, sable vaseux à gros grains. La fraction grossière constitue plus de 90% du sédiment total. Elle est surtout formée par des grains de quartz subémoussés blancs (il n'y a plus de grains recouverts d'oxyde de fer) et par des petits grains de quartz. Les grosses oolithes sont très rares et les petites courantes. Les débris de coquilles sont assez courants et les foraminifères très rares.
- de 260cm au bas de la carotte, lit de tourbe contenant un gravier de 15mm de long et 6mm de large.

Carotte A9 bis

1) Description

Carotte de 390cm prélevée à -60m sur la radiale F. Du sommet au bas, la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 20cm, vase granuleuse verte. La fraction grossière, de 22% au sommet, décroît jusqu'à 7% à 20cm. Le fort pourcentage du sommet est dû à la présence d'oolithes vertes terreuses.
- de 20 à 60cm, vase fine gris-vert. La fraction grossière est à peu près égale à 5% du poids de sédiment total. Elle est formée en grande partie par des petits grains de quartz. Le reste de la fraction grossière est formé par des quartz subémoussés, des oolithes terreuses, des foraminifères et des débris de coquilles. La teneur en eau varie de 100 à 110%.

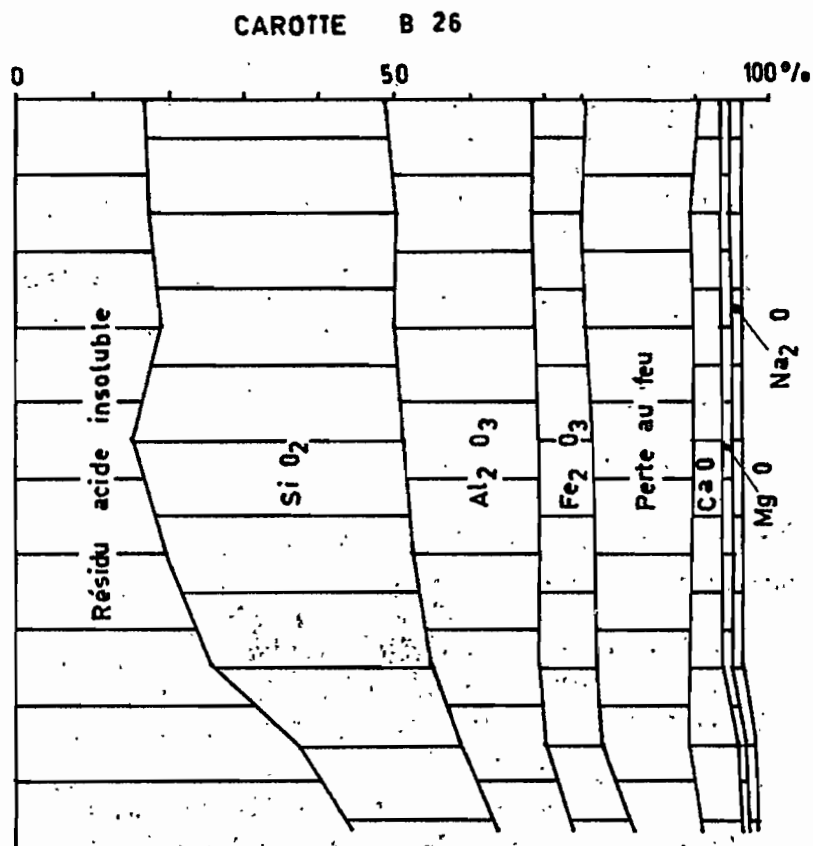
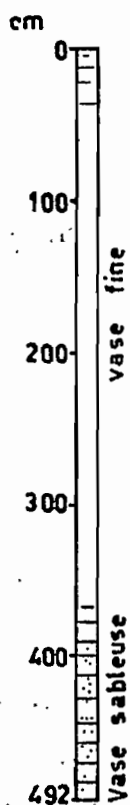
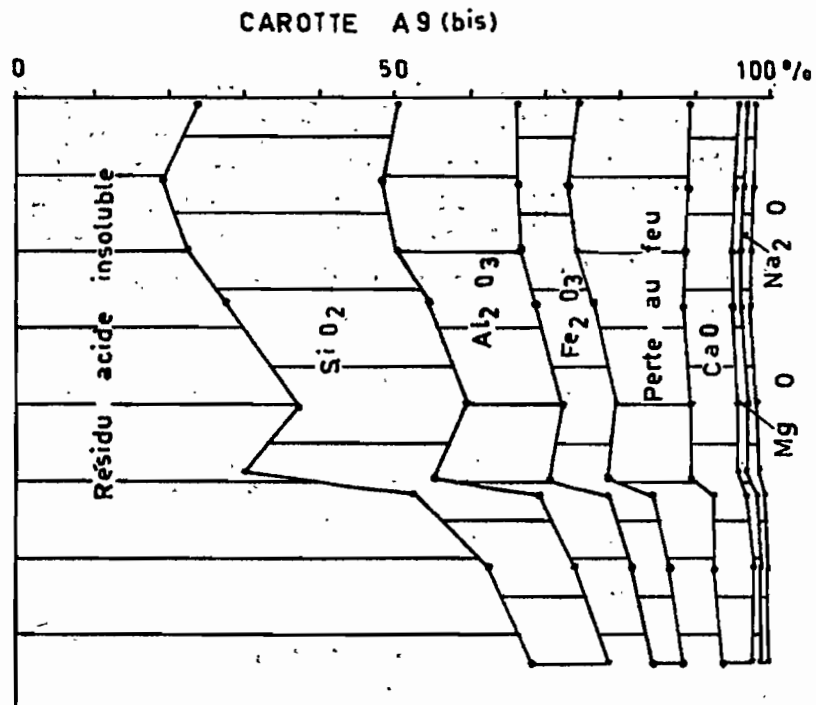
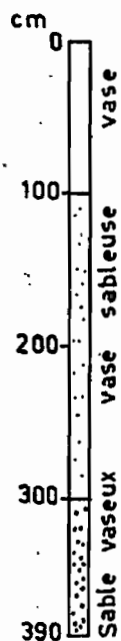


Fig: 24

- de 60 à 300cm, vase sableuse. Le pourcentage de fraction grossière augmente régulièrement et atteint 60% à 300cm. Les grains de quartz subéroussés sont plus abondants mais la majorité de la fraction grossière reste formée de petits grains de quartz. A partir de 60cm apparaissent des sphérules de pyrite dont le nombre augmente avec la profondeur. La teneur en eau décroît plus ou moins régulièrement de 100 à 40%.
- de 300 à 390cm, sable vaseux à gros grains. La fraction grossière constitue 80% du sédiment total. Sa composition est à peu près la même que précédemment; seuls les grains de quartz deviennent plus gros.

La teneur en eau oscille autour de 30%

2) Composition chimique (fig.24)

La teneur en quartz, assez constante dans les 100 premiers centimètres, augmente ensuite assez régulièrement et forme, au bas de la carotte, 68% du sédiment. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2 \text{O}_3$ varie entre 2,7 et 3. En général, les autres éléments varient en sens inverse du quartz.

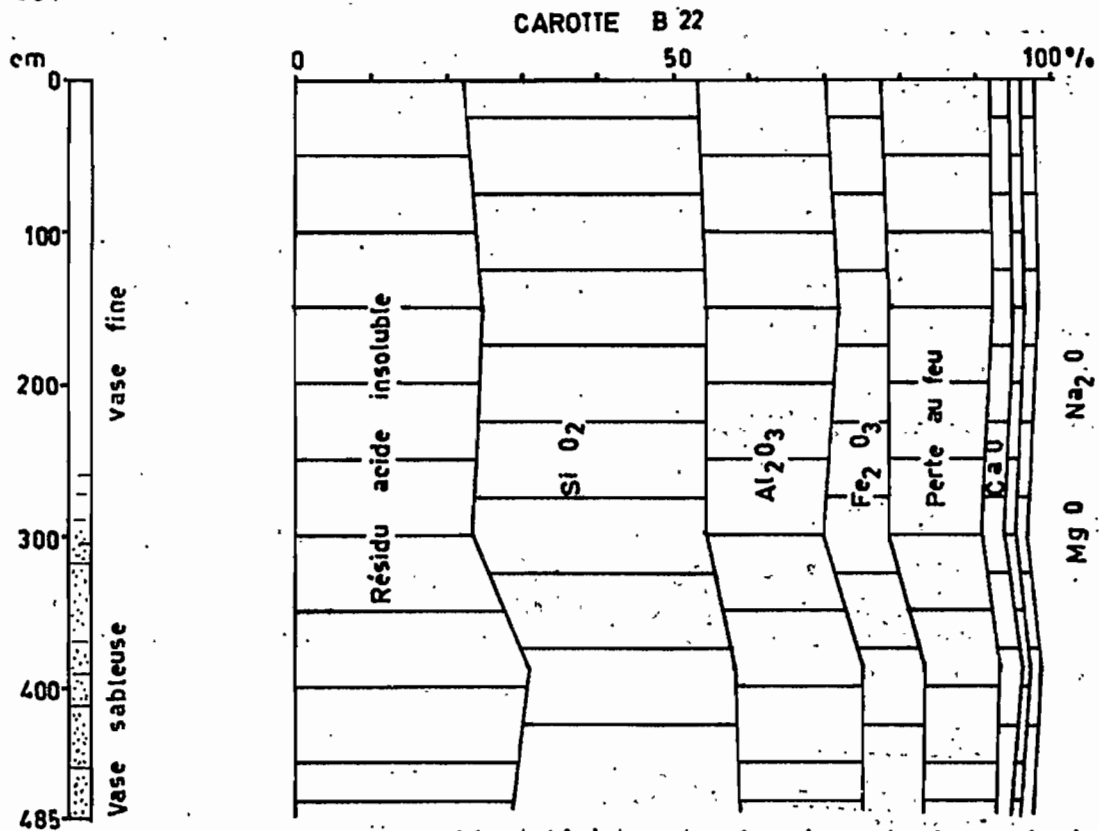
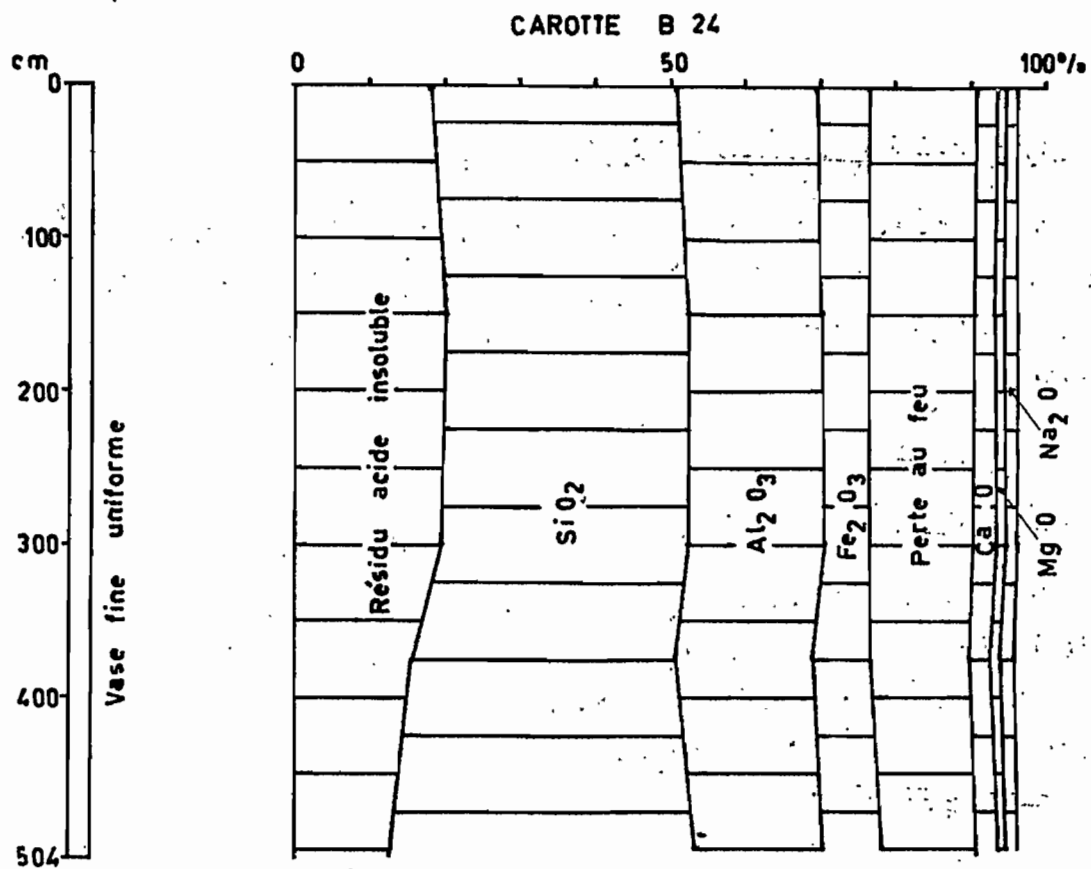
Carotte B 26

1) Description

Carotte de 492cm prélevée à -62m sur la radiale G.

A l'examen à l'oeil nu, la carotte semble assez homogène, mais si on examine le pourcentage de fraction grossière, on voit que celui-ci, qui de 0 à 200cm varie de 1 à 3% avec un maximum de 25% à 180cm, augmente ensuite assez régulièrement pour atteindre 56% au bas de la carotte. La teneur en eau varie en sens inverse de la fraction grossière, elle décroît de 120 à 50%.

- de 0 à 250cm, les grosses oolites sont assez rares; la fraction grossière est essentiellement formée de petits grains de quartz, de petites oolites, de foraminifères et de débris de coquilles. A 180cm la fraction grossière est plus importante; elle est formée pour moitié d'oolites vertes terreuses et pour moitié de petits grains de quartz.
- de 250cm au bas de la carotte, la fraction quartzeuse augmente régulièrement. La taille des grains augmente également, mais la majorité de la fraction reste formée par des petits grains. Le nombre des grosses oolites reste assez faible. Les foraminifères et les débris de coquilles sont courants.



Composition chimique en fonction de la profondeur
Fig: 25

2) Composition chimique (fig.24)

De 0 à 300cm, la carotte a une composition chimique assez homogène. La teneur en quartz ne dépasse pas 20%. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2 \text{O}_3$ varie de 2,8 à 3,4. Ensuite, le pourcentage du quartz augmente régulièrement et il atteint 45% au bas de la carotte.

Carotte B 24

1) Description

Carotte de 504cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale H. A l'examen à l'oeil nu, la carotte apparaît formée d'une vase homogène.

La fraction grossière, d'environ 5% dans les dix premiers centimètres, oscille entre 1 et 2% jusqu'à 360cm; ensuite elle croît pour atteindre 5% à 440cm et reste alors constante.

Au sommet, la fraction grossière est surtout formée d'oolithes vertes terreuses; ensuite, elles disparaissent presque entièrement et il ne subsiste que des petits quartz, des petites oolithes, des foraminifères et des débris de coquilles.

A partir de 360cm, les oolithes réapparaissent.

Il n'y a pas de quartz moyens.

La teneur en eau décroît de 120 à 100% du poids du sédiment sec.

Il existe de nombreux granules ovoïdes gris et mous qui ne résistent pas au tamisage sous l'eau.

2) Composition chimique (fig.25)

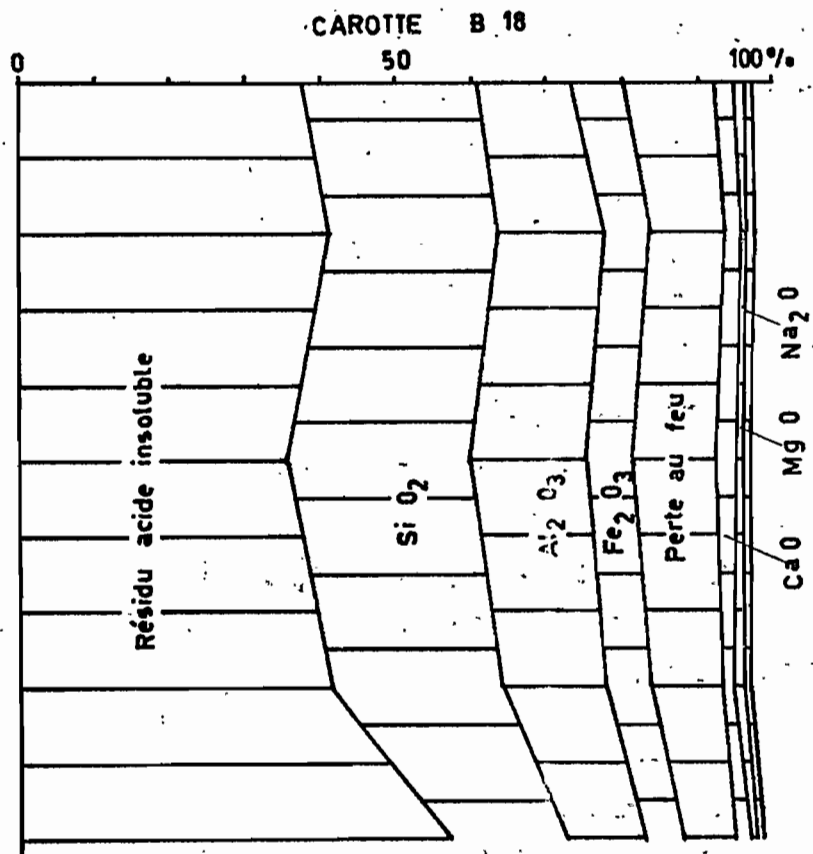
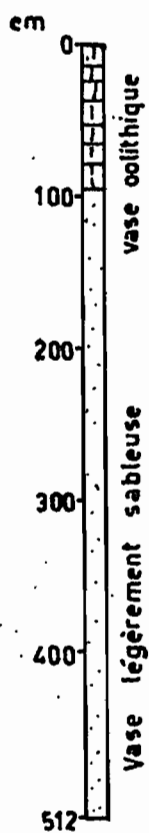
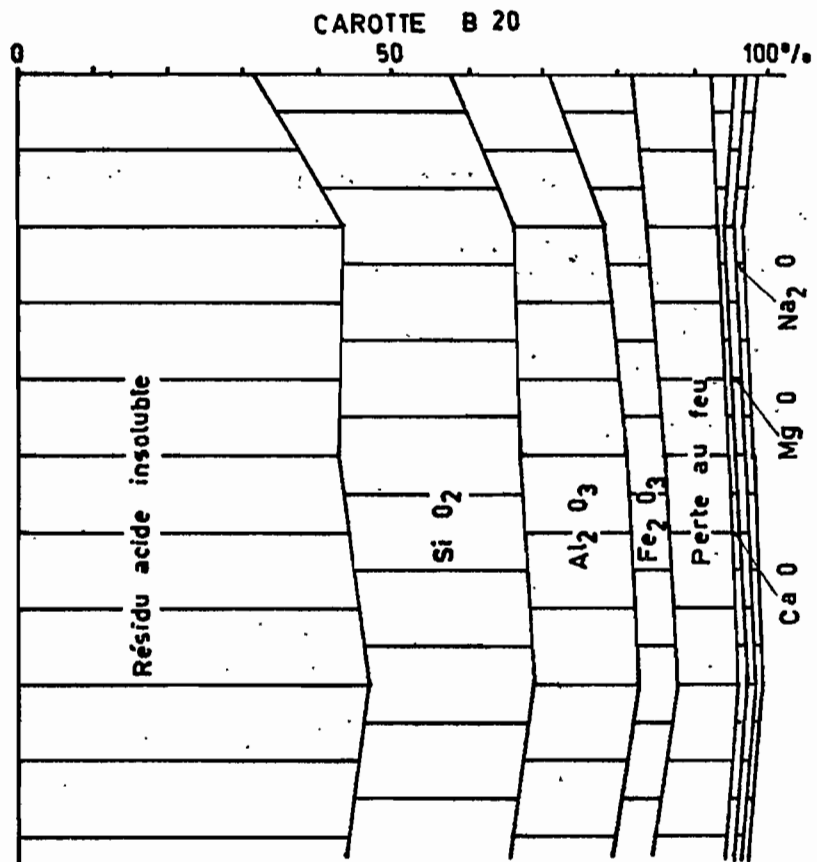
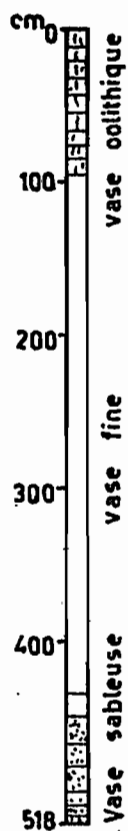
Carotte de composition très homogène; toutefois, la teneur en quartz est légèrement plus faible dans le bas de la carotte mais partout, elle est inférieure à 20%. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2 \text{O}_3$ varie peu (de 3 à 3,1).

Cette carotte est très voisine, au point de vue composition, des carottes B7-B5-B 14 et B 28.

Carotte B 22

1) Description

Carotte de 485cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale I.



Composition chimique en fonction de la profondeur.
Fig: 26

A l'examen à l'oeil nu, la carotte semble formée d'une vase homogène. La fraction grossière, de 14% au sommet de la carotte, oscille de 1 à 2% de 20 à 200cm; ensuite elle augmente plus ou moins régulièrement pour former 45% du sédiment total au bas de la carotte. La teneur en eau, qui dans les 200 premiers centimètres oscille entre 100 et 110%, diminue ensuite pour atteindre 60% dans le bas de la carotte. Dans le haut de la carotte, la fraction grossière est surtout formée par des grosses et des petites oolithes vertes terreuses. A partir de 20cm, les grosses oolithes deviennent très rares; la fraction grossière est alors formée par des petites oolithes, des petits grains de quartz, de nombreux foraminifères et des débris de coquilles. A partir de 200cm, le nombre des oolithes augmente et il est très important de 240 à 350cm; ensuite, leur nombre diminue jusqu'au bas de la carotte mais par contre, les petits grains de quartz deviennent très abondants. Le nombre des foraminifères diminue tandis que celui des débris de coquilles augmente. A partir de 420cm, nous avons des fibres végétales associées à de nombreux piquants d'oursins.

2) Composition chimique (fig.26)

La teneur en quartz, suivant la même variation que la fraction grossière, augmente dans le bas de la carotte. Le fer suit les variations du nombre des oolithes; ainsi nous avons la teneur la plus forte à 300cm (9%) là où les oolithes sont les plus nombreuses. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2 \text{O}_3$ varie peu (de 2,7 à 3,1).

Carotte B 20

1) Description

Carotte de 518cm prélevée à -60m sur la radiale J. Du sommet au bas de la carotte nous avons:

- de 0 à 95cm, vase granuleuse gris-vert assez fluide. La fraction grossière qui constitue environ 40% du sédiment total, est formée presque entièrement par de grosses oolithes dont les $\frac{2}{3}$ sont vertes terreuses et $\frac{1}{3}$ noires, le reste de la fraction étant formé par des petits grains de quartz, des débris de coquilles et d'assez rares foraminifères.

- de 95 à 450cm, vase très légèrement sableuse. La fraction grossière forme en moyenne 10% du sédiment total avec un maximum de 20% à 240cm et un autre de 25% à 380cm. Les grosses oolithes sont très rares et ont disparu à partir de 200cm. La fraction grossière est alors formée par des petits grains de quartz, des lamelles de micas et par de rares petites oolithes, foraminifères et débris de coquilles. A partir de 95cm, les fibres végétales sont assez courantes.
- de 450 à 518cm, vase sableuse oolithique. Le pourcentage de fraction grossière augmente de 10 à 46%. Les grosses oolithes redeviennent abondantes et le reste de la fraction garde la même composition. Aux niveaux 305, 345, 435, 480 et 500cm, se trouvent des nodules d'argile quartzreuse.

2) Composition chimique (fig.26)

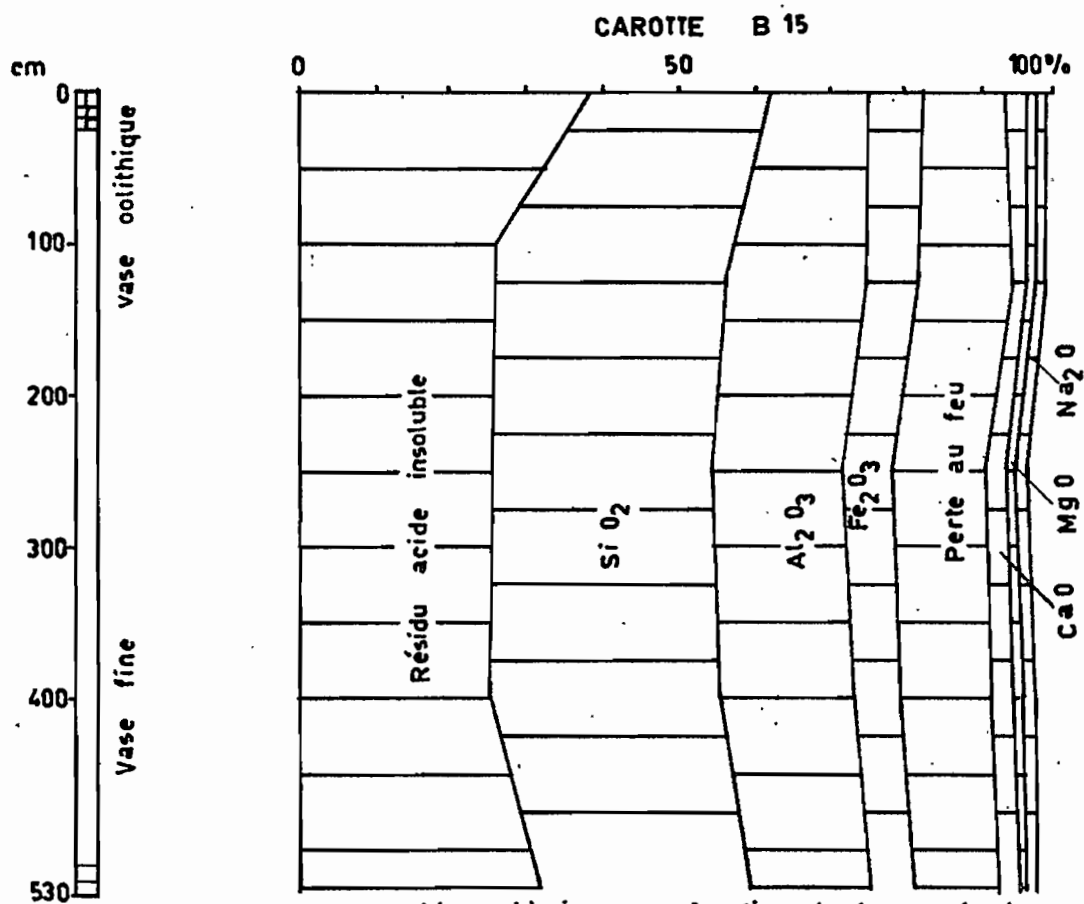
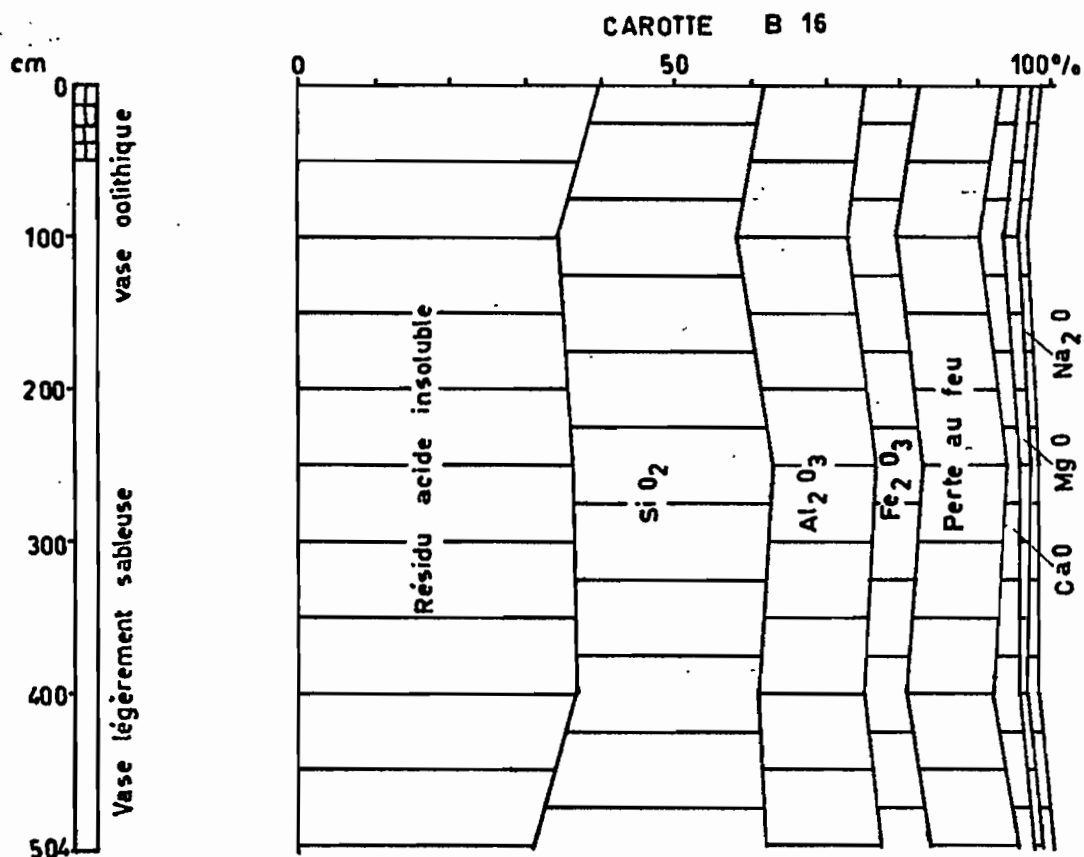
Carotte de composition assez homogène; toutefois, la teneur en quartz est un peu plus faible au sommet (31%) que dans le reste de la carotte. Le rapport $SiO_2 / Al_2 O_3$ reste voisin de 3. L'assez forte teneur en fer, du sommet (10,50%) est due à la présence d'oolithes.

Carotte B 18

Carotte de 512cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale K. Dans les premiers centimètres, nous avons une vase granuleuse. La fraction grossière constitue 45% du sédiment total. Elle est surtout formée d'oolithes vertes terreuses, le reste étant constitué de petits grains de quartz, de débris de coquilles et de rares foraminifères et micas.

Ensuite, le pourcentage de fraction grossière diminue pour atteindre 15% à 80cm et oscille alors entre 10 et 20%. Le nombre des grosses oolithes diminue et elles disparaissent à partir de 250cm. La fraction grossière est alors en grande partie formée par des petits grains de quartz. Les fibres végétales se rencontrent sur toute la hauteur de la carotte, mais elles sont toutefois moins abondantes au sommet et au bas.

Après avoir diminué de 100 à 70% dans les 60 premiers centimètres, la teneur en eau oscille autour de 70% jusqu'à 400cm, ensuite elle reste égale à 60% jusqu'au bas de la carotte.



Composition chimique en fonction de la profondeur.
Fig: 27

2) Composition chimique (fig.26)

La composition chimique est à peu près la même que celle de la carotte B20. On retrouve également une plus forte teneur en fer au sommet de la carotte.

Carotte B 16

1) Description

Carotte de 504cm prélevée à -61m sur la radiale K₂.

Au sommet de la carotte nous avons une vase verte granuleuse dont la fraction grossière, qui constitue 39% du sédiment total, est en grande partie constituée par des oolithes vertes terreuses. Le reste de la fraction est formé par des petits grains de quartz, des petites oolithes, des foraminifères, des micas et des débris de coquilles.

Ensuite, nous avons une vase grise assez uniforme dont la teneur en fraction grossière oscille autour de 10%. A 30cm, les oolithes n'en constituent plus que 10%. A partir de 60cm, leur nombre diminue encore et elles disparaissent pratiquement à partir de 200cm.

A 60cm, apparaissent des fibres végétales associées à des piquants d'oursins dont le nombre augmente avec la profondeur. A 400 et 450cm nous avons des nodules argileux quartzeux.

2) Composition chimique (fig.27)

La composition chimique est identique à celle de B 18 et B20. Toutefois, la teneur en quartz est légèrement plus faible.

Carotte B 15

1) Description

Carotte de 530cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale L₁.

Dans les 25 premiers centimètres, nous avons une vase gris-vert granuleuse dont la fraction grossière (20%) est constituée à 90% d'oolithes vertes terreuses. Le reste de la fraction est formé par des petits grains de quartz, des foraminifères, des débris de coquilles et des micas.

Le reste de la carotte est formé d'une vase fine dont la fraction grossière ne dépasse pas 5%. Celle-ci est formée de petits quartz, de petites oolithes, de micas et de foraminifères assez nombreux.

A partir de 70cm, apparaissent des granules de pyrite qui deviennent de plus en plus nombreux. Des fibres végétales apparaissent à partir de 120cm.

Sur toute la hauteur de la carotte, là où les oolithes ne sont pas nombreuses, il y a un grand nombre de granules ovoïdes gris et mous.

2) Composition chimique (fig.27)

Composition assez homogène; toutefois la teneur en quartz est un peu plus forte au sommet et au bas de la carotte. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ varie peu (de 2,7 à 3). La teneur en fer diminue légèrement du sommet au bas de la carotte (6,90 à 5,95%). Les autres éléments ne présentent pas de variations caractéristiques.

Carotte B 41

Carotte de 422cm prélevée à -60m sur la radiale L₂.

L'ensemble de la carotte est formé par une vase homogène grise. Des odeurs et des traces de réduction apparaissent dans le bas.

Sauf au sommet où elle est égale à 10%, la fraction grossière est très faible et ne dépasse pas 2%. Le plus fort pourcentage du sommet est dû à la présence d'oolithes vertes terreuses. Sur toute la hauteur de la carotte nous avons des granules ovoïdes gris et mous.

Hormis un maximum de 125% à 140cm, la teneur en eau est assez constante et varie entre 100 et 110%.

Carotte B 39

1) Description

Carotte de 508cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale M.

La carotte, dans son ensemble, est formée d'une vase grise homogène. La fraction grossière est très faible et ne forme que 1 à 2% du sédiment total. Au sommet nous avons quelques grosses oolithes vertes terreuses, mais elles sont rapidement très rares et disparaissent complètement à 100cm. La fraction grossière est formée de

foraminifères, de débris de coquilles, de petites oolithes, de granules de pyrite et de micas. Ces derniers ne sont présents que dans la moitié supérieure de la carotte. On note également la présence de nombreux granules ovoïdes gris et mous.

La teneur en eau est irrégulière et peu significative.

Carotte B 37

1) Description

Carotte de 490cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale N.

- de 0 à 200cm, la fraction grossière est très faible: 1 à 2%. Elle est presque entièrement formée de foraminifères, de petites oolithes et de rares petits grains de quartz. La teneur en eau oscille autour de 110 et 120%.
- de 200 à 320cm, la fraction grossière passe de 3 à 9%. Les foraminifères et les petites oolithes sont toujours nombreux, mais il y a également de grosses oolithes terreuses et noires et des quartz subé-moussés.
- de 320 à 490cm, le pourcentage de fraction grossière augmente assez régulièrement pour atteindre 70% au bas de la carotte. Les grains de quartz sont de plus en plus abondants et de plus en plus gros. Le nombre des oolithes vertes terreuses diminue tandis que celui des noires augmente. Le nombre de foraminifères diminue.

Carotte B 35

1) Description

Carotte de 22cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale O.

- de 0 à 18cm, nous avons une vase sableuse grise contenant de 55 à 65% de fraction grossière. Celle-ci est surtout formée de grains de quartz subé-moussés, de petits grains de quartz et de débris de coquilles. Les grosses oolithes (en général noires) et les foraminifères sont rares.
- de 18 à 20cm, nous avons une argile bariolée.
- de 20 à 22cm, nous avons un sable vaseux. La fraction grossière forme 85% du sédiment total et est constituée des mêmes éléments que dans le niveau supérieur. La pénétration du carottier a été plus grande mais le sable n'a pas été retenu par le clapet.

Carotte B.33

Carotte de 52cm prélevée à -60m sur la radiale P.

La carotte est formée d'un sable vaseux. La fraction grossière, qui constitue 75% du sédiment dans les quarante premiers centimètres, est égale à 85% dans le bas de la carotte. Elle est formée en grande partie de grains de quartz subé-moussés et de petits grains de quartz. Les oolithes noires sont assez courantes. Les foraminifères et les débris de coquilles sont rares.

Carotte B 31

Carotte d'une quinzaine de cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale Q.

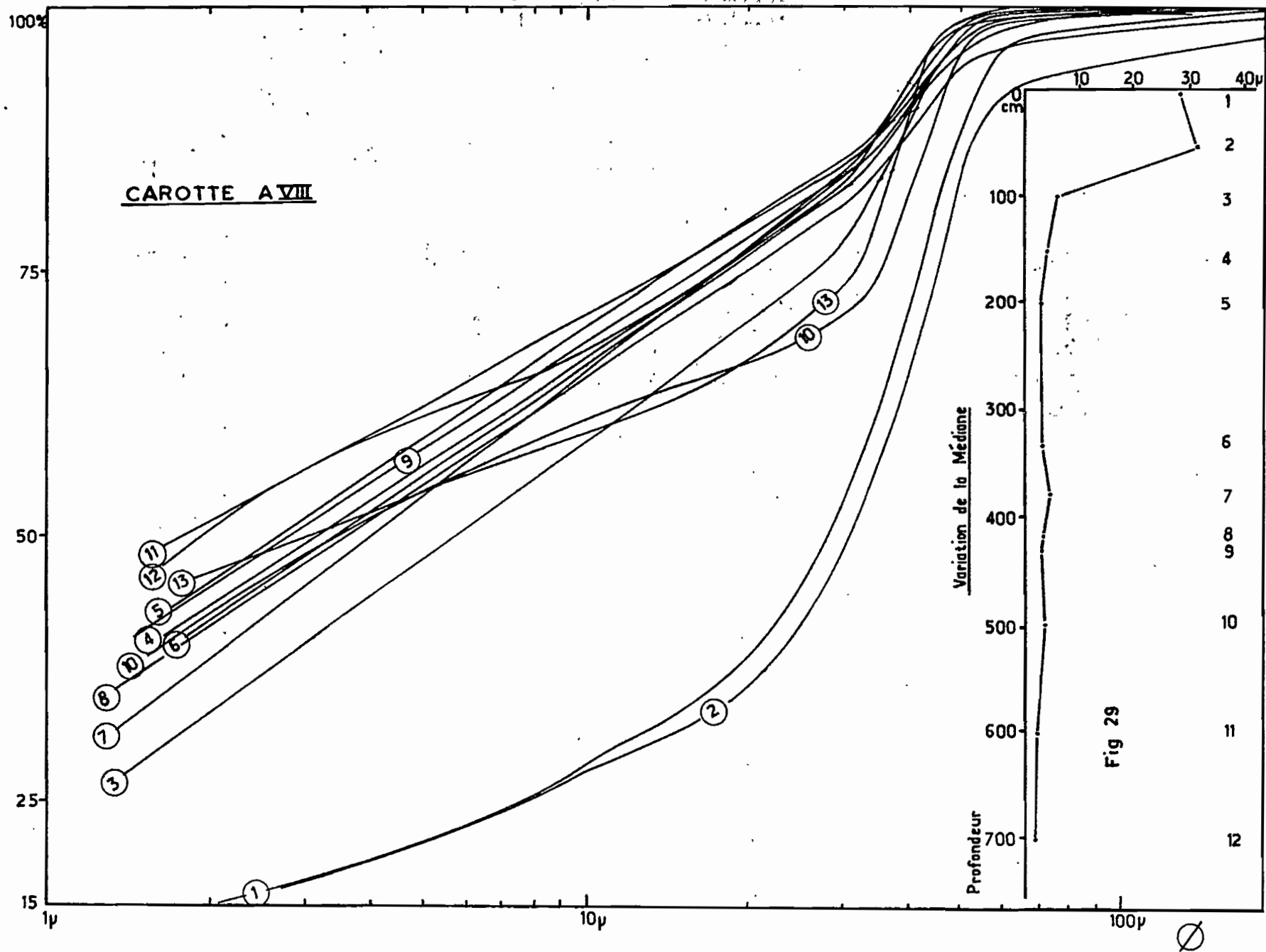
Elle est formée d'un sable vaseux qui a la même composition que dans la carotte précédente.

Carotte B 29

Carotte de 320cm de longueur prélevée à -60m sur la radiale R.

- de 0 à 195cm, nous avons un sable vaseux qui devient de plus en plus grossier pour être un véritable gravier dans le bas. La fraction grossière passe de 76 à 95% du sédiment total. Les foraminifères sont plus abondants dans le sable vaseux moyen; dans le gravier ils sont très rares.

- de 195cm au bas de la carotte, nous avons de la tourbe.



III-XI - ETUDE DES CAROTTES PRELEVEES SUR L'ISOBATHE -80m
ENTRE GRAND-BASSAM ET FRESCO. (fig. 28)

Les carottes ont été prélevées avec un tube de 5m à l'exception de A8, A6, A3 et B42, prélevées avec un tube de 8m.

Carotte A8

1) Description

Carotte de 797cm prélevée à -80m sur la radiale A.

A l'examen à l'oeil nu, la carotte apparaît formée d'une vase homogène gris-vert à gris-bleu. La fraction grossière, supérieure à 10% dans les 50 premiers centimètres, varie ensuite de 1 à 3%. Elle est formée de foraminifères, de petits grains de quartz, de lamelles de micas, de débris de coquilles et de sphérules de pyrite qui peuvent être très abondantes dans le bas de la carotte. Les oolites sont rares à très rares: par contre, on note la présence de très nombreux granules ovoïdes gris et mous qui ne résistent pas au tamisage sous l'eau.

La teneur en eau n'est pas significative et oscille entre 90 et 120%; on peut toutefois noter une diminution dans le bas de la carotte.

2) Granulométrie (fig.29)

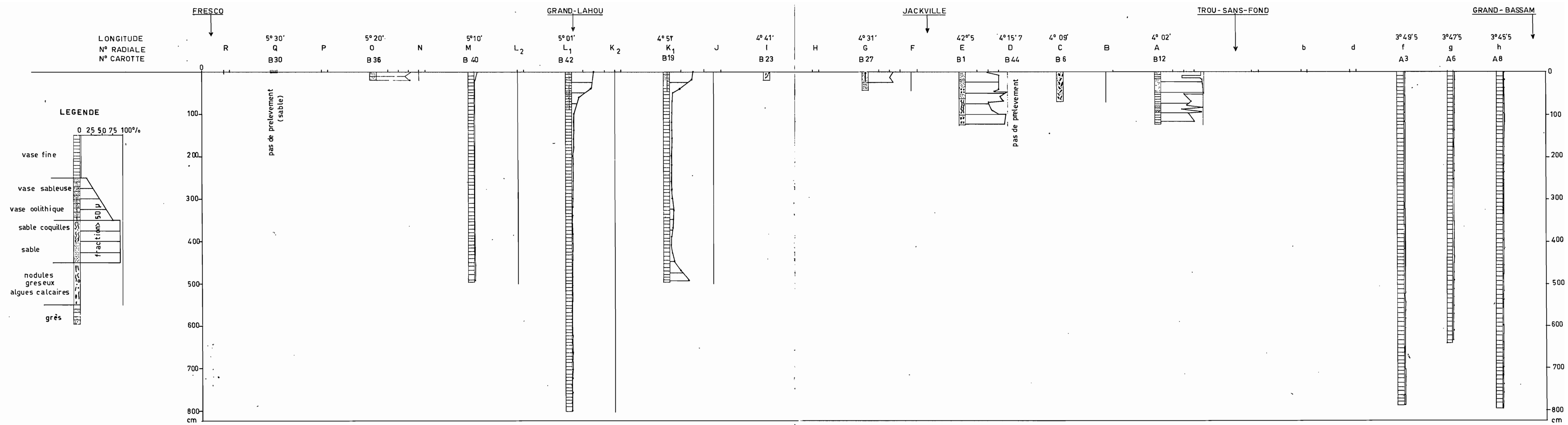
Les courbes granulométriques permettent de définir deux zones:

La première va de 0 à 100cm; les courbes sont, dans leur plus grande partie, paraboliques; l'indice n varie de -0,4 à -0,6 et la médiane est voisine de 30 μ .

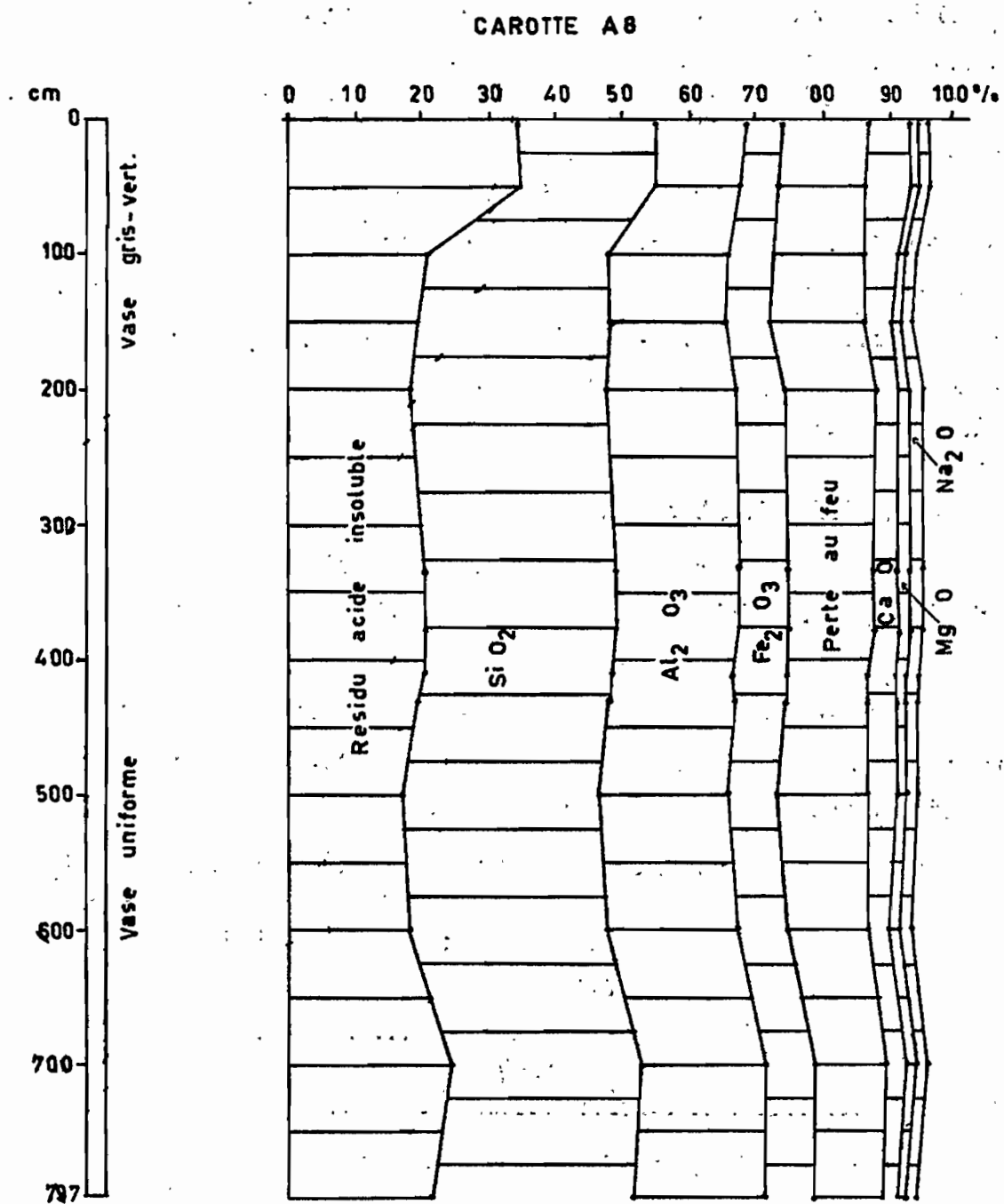
Dans la deuxième zone, les courbes sont, dans leur plus grande partie, logarithmiques. La médiane varie de 5 à 2 μ , et l'indice d'asymétrie est voisin de 1.

3) Composition chimique (fig.30)

L'analyse chimique met en évidence les deux zones définies par la granulométrie. Dans la première, le quartz forme environ 30% du sédiment, la SiO₂ soluble 20,5%, l'Al₂O₃ 13,5%, le Fe₂O₃ 5,50%. Dans le reste de la carotte, le quartz



CAROTTES PRELEVEES sur L' ISOBATHE - 80m entre GRAND-BASSAM et FRESCO Fig 28



Composition chimique en fonction de la profondeur.

Fig 30

varie de 21 à 18% avec un petit maximum de 24,62% à 700cm. La SiO_2 soluble oscille entre 27,50 et 30% et le fer entre 6,50 et 7,95%.

Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2 \text{O}_3$ varie très peu sur toute la hauteur de la carotte: de 2,55 à 2,75.

Les autres éléments sont assez constants; le TiO_2 varie de 0,8 à 1%, le $\text{K}_2 \text{O}$ de 0,35 à 0,44%, le MgO de 1,50 à 1,77%; le CaO , essentiellement dû à des apports organiques, varie de 7 à 3%; il est plus fort au sommet de la carotte. La perte au feu varie de 10,5 à 14%, sa variation se faisant, en moyenne, en sens inverse de celle du quartz. L'azote varie de 1,41% au sommet de la carotte à 0,86% au bas de la carotte.

3) Analyses diffractométriques

De 0 à 100cm, le quartz est dominant. La fraction argileuse est formée de montmorillonite, de kaolinite et d'un peu d'illite. Il existe également de petites quantités de calcite et de dolomite.

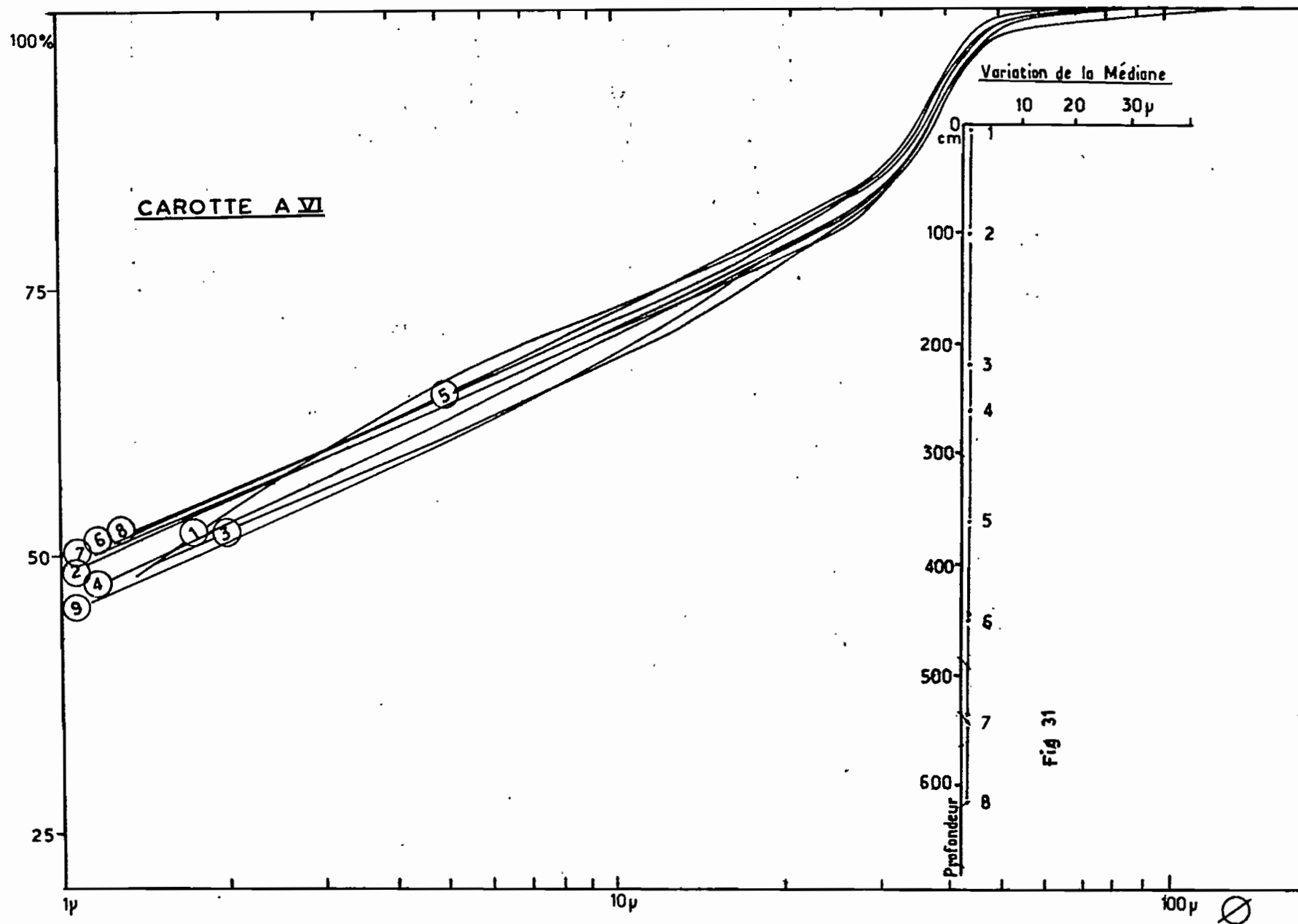
Dans le reste de la carotte, le quartz est partout plus faible mais reste toujours important. On a également de la montmorillonite, de la kaolinite, un peu d'illite et des traces de calcite et de dolomite.

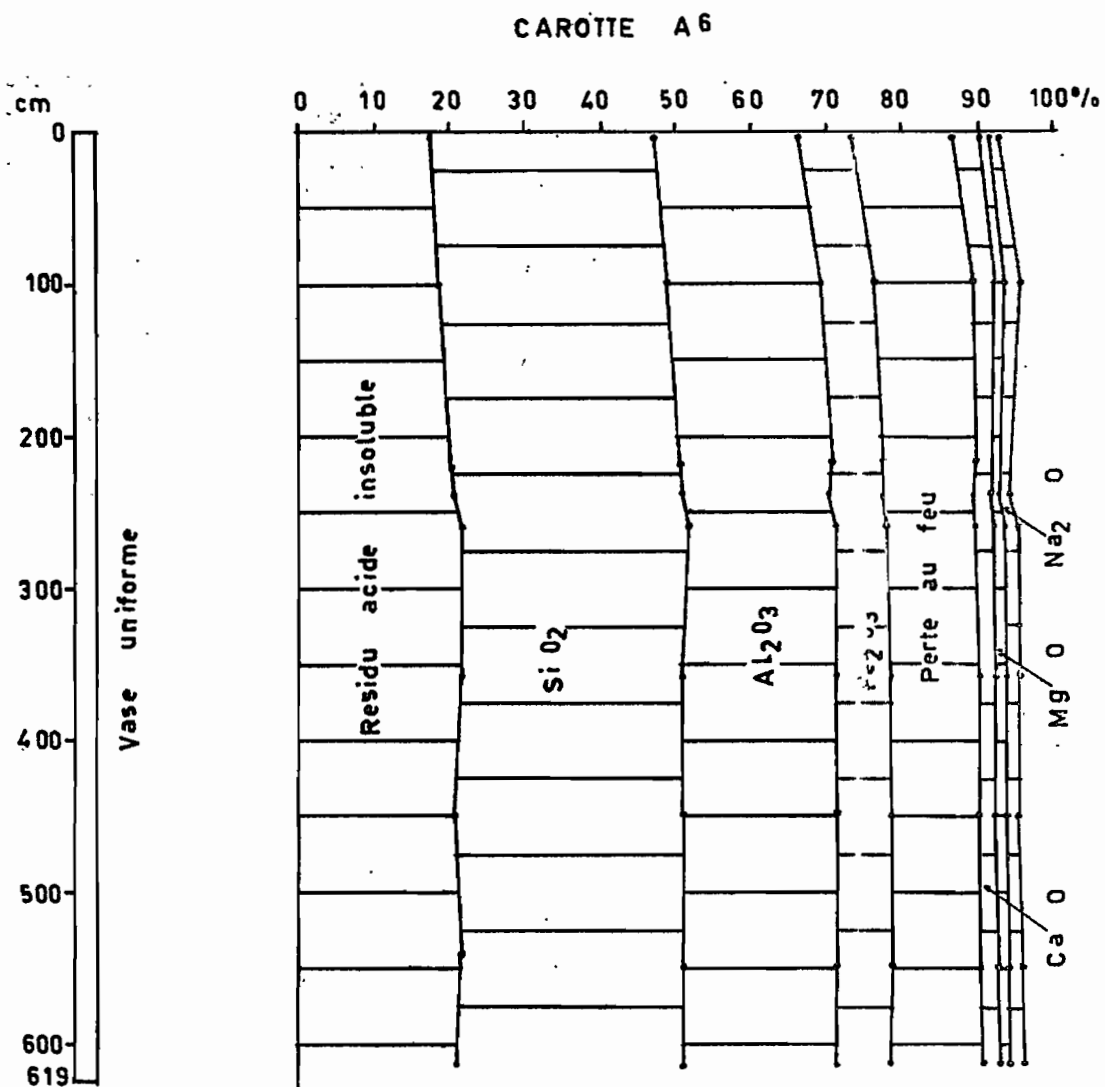
La répartition des minéraux argileux est approximativement la suivante:

Montmorillonite	45 à 55%
Kaolinite	35 à 45%
Illite	5 à 10%

4) Eléments traces en p.p.m. dans matière sèche.

Ces dosages ont été réalisés à BONDY dans les laboratoires de M.PINTA.





Composition chimique en fonction de la profondeur
Fig 32

Profondeur en cm	Mn	Pb	Mo	Sn	V	Cu	Zn	Ni	Co	Ti	Cr	Sr	Ba	Li
5	250	25	< 8	8,3	66	< 8	83	42	16	> 2500	83	415	250	250
50	250	25	8,3	< 8	66	"	83	42	16	"	83	415	250	415
100	240	80	< 8	"	64	"	80	40	16	"	80	400	240	400
150	240	24	"	"	64	"	80	40	16	"	80	400	240	640
200	400	24	"	"	64	"	80	40	16	"	80	400	240	320
335	405	40	"	"	65	"	82	48	24	"	80	410	240	320
380	650	40	"	"	65	"	81	81	24	"	65	410	320	240
410	490	24	"	"	66	"	82	41	17	"	65	420	320	240
430	490	24	"	"	66	"	82	41	17	"	82	420	420	240
500	500	25	"	"	66	"	83	41	17	"	83	425	240	240
600	650	24	"	"	64	"	82	41	17	"	82	410	410	240
700	510	85	"	"	68	"	85	43	17	"	85	425	425	250
793	670	66	"	"	67	"	84	25	17	"	84	420	420	254

Carotte A6

1) Description

Carotte de 619cm prélevée à -80m sur la radiale g.

La carotte est formée dans son ensemble par une vase homogène gris-vert à gris-bleu. La fraction grossière, qui est très faible (1 à 2%), a la même composition que dans la carotte A8.

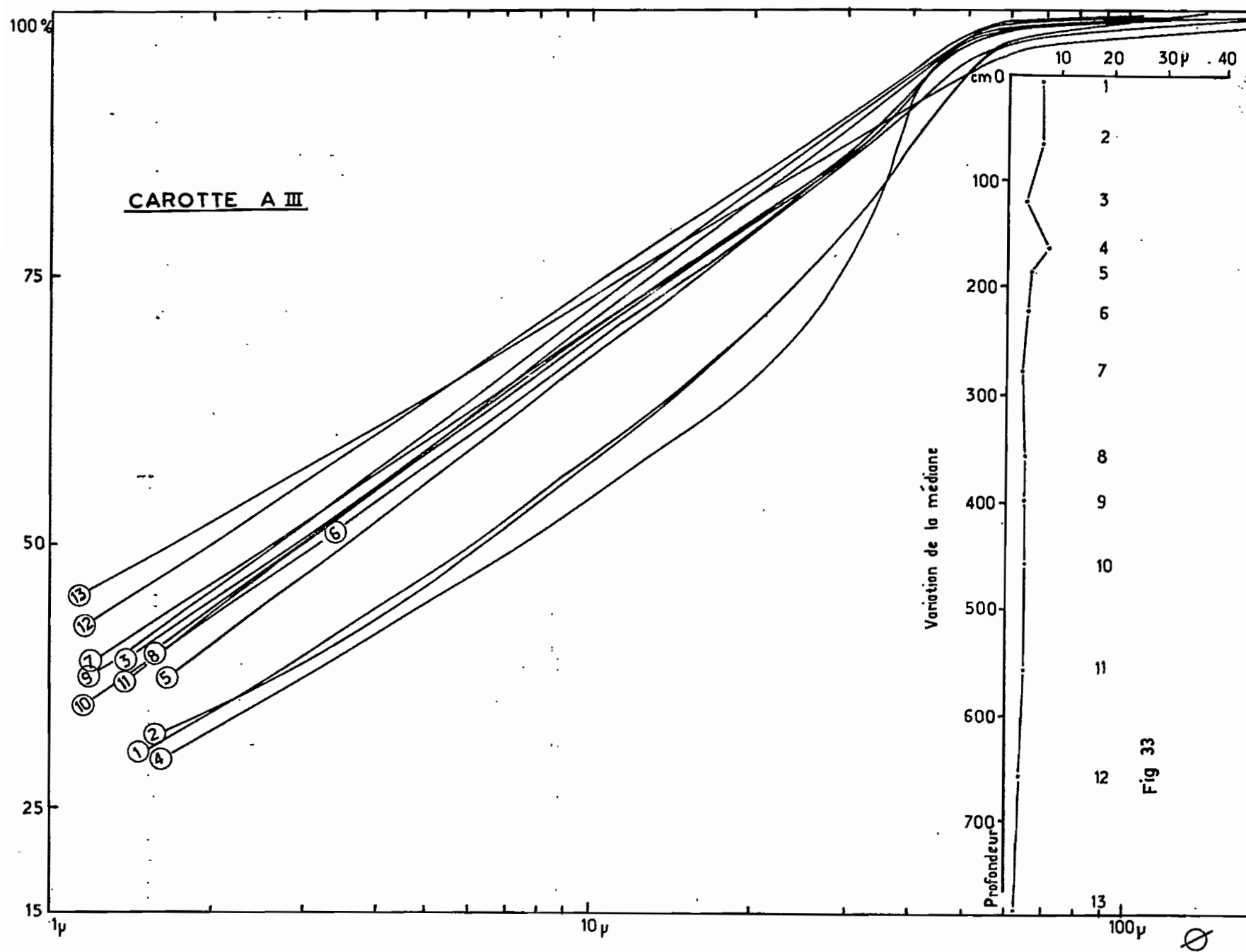
La teneur en eau oscille entre 90 et 100% avec un maximum de 120% à 240cm. Dans cette carotte, il existe également de nombreux granules ovoïdes gris et mous.

2) Granulométrie (fig.31)

Au point de vue granulométrique cette carotte est très homogène. Les courbes sont toutes à peu près semblables et sont, dans leur plus grande partie, logarithmiques. Les médianes restent très voisines et varient de 1 à 1,5 μ .

3) Composition chimique (fig.32)

Au point de vue composition chimique cette carotte est également très homogène. Le quartz varie de 18 à 22%, la SiO₂ soluble de 29,5 à 30,5%, l'Al₂O₃ de 19 à 20%, le Fe₂O₃ de 7 à 7,50%; le rapport SiO₂ / Al₂O₃ varie de 2,5 à 2,6 Les autres



éléments sont également très stables; TiO_2 reste voisin de 1%; le Ca O, égal à 3% au sommet de la carotte, varie ensuite autour de 2%; le Mg O reste voisin de 1,50%, le K_2O de 0,4%.

La perte au feu, voisine de 13% au sommet de la carotte, varie ensuite entre 11,5 et 12%. L'azote, supérieure à 1% au sommet de la carotte, reste ensuite voisine de 0,9%. Le $P_2 O_5$ varie entre 0,40 et 0,50%.

Carotte A3

1) Description

Carotte de 790cm prélevée à -76m sur la radiale f.

La carotte est formée dans son ensemble par une vase homogène gris-vert à gris-bleu. Elle est assez fluide en surface et devient plus compacte vers le bas. La teneur en eau est assez irrégulière de 0 à 450cm tout en étant toujours supérieure à 100%; ensuite, elle est à peu près constante et égale à 110%.

La fraction grossière, égale à environ 5% dans les 100 premiers centimètres, varie ensuite entre 1 et 2%; elle a la même composition que dans les carottes A8 et A6. Ici aussi, nous avons de nombreux granules ovoïdes gris et mous.

2) Granulométrie (fig.33)

Nous pouvons définir deux familles de courbes:

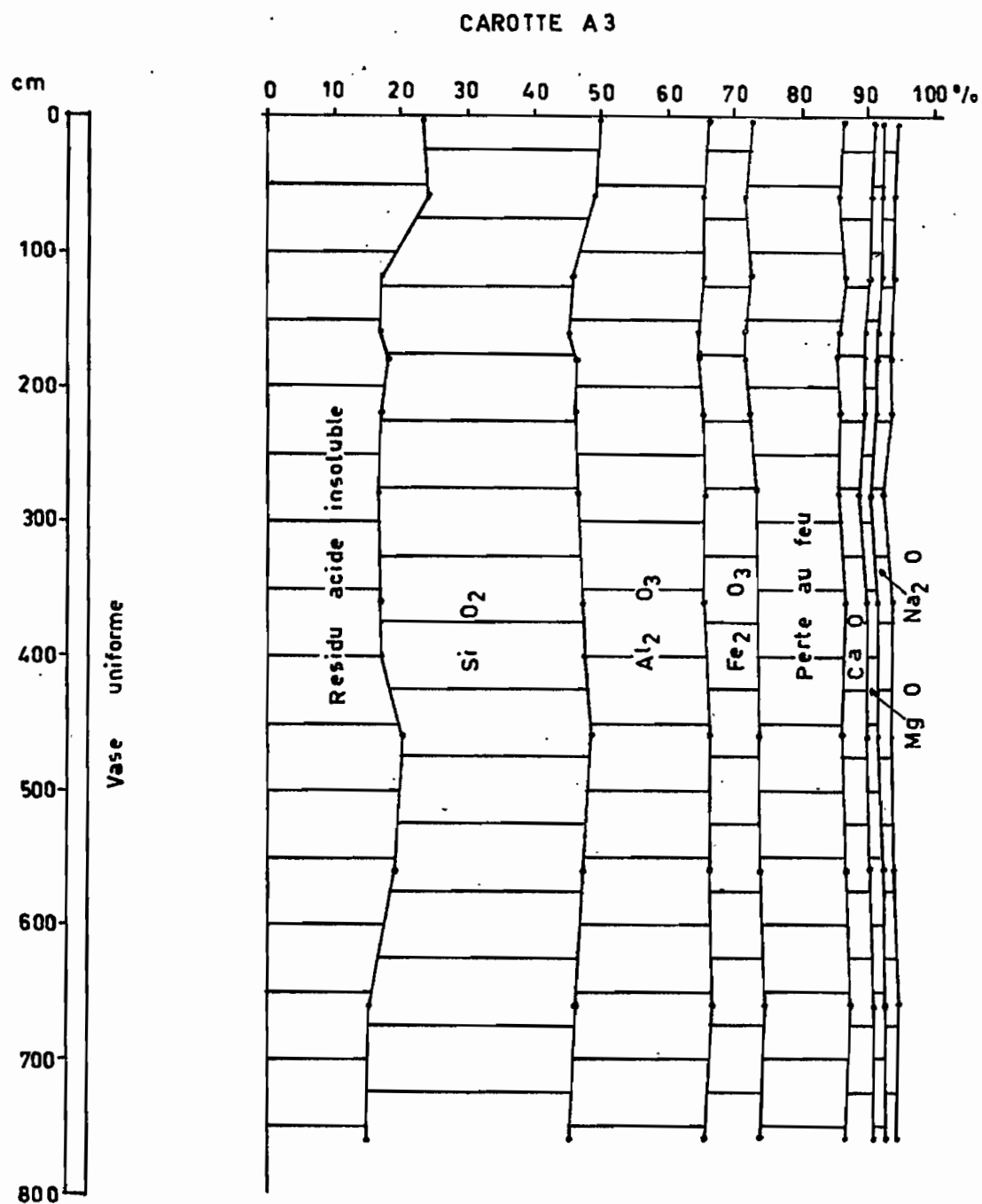
- à 5cm, 60cm et 160cm, nous avons des courbes paraboliques; l'indice n variant de -0,5 à -0,8. La médiane est voisine de 7 μ .
- dans le reste de la carotte, nous avons des courbes logarithmiques et la médiane varie de 2 à 3 μ .

3) Composition chimique (fig.34)

De 0 à 60cm la teneur en quartz est de 24%; dans le reste de la carotte elle varie de 15 à 20%.

La SiO_2 soluble, égale à 26% au sommet, varie ensuite de 29 à 30%.

$Al_2 O_3$, égale à 16% au sommet, varie ensuite entre 18 et 20%. Le $Fe_2 O_3$ varie de 6,20 à 8,20% avec les teneurs les plus fortes dans le bas de la carotte. Il en est



Composition chimique en fonction de la profondeur.
Fig 34

de même du TiO_2 qui varie de 0,64 à 0,97%. Le CaO est voisin de 5% au sommet de la carotte et varie ensuite entre 3 et 4%. Le Mg O varie de 1,7 à 2%. Le K_2O , très constant, varie entre 0,41 et 0,47%. Le P_2O_5 , supérieur à 1% (1,69% au sommet) de 0 à 160cm, reste ensuite voisin de 0,5%.

La perte au feu varie de 12,5 à 14,4%. L'azote varie de 1,44% au sommet à 1,15% au bas de la carotte.

Carotte B 12

Carotte de 117cm prélevée à -83m sur la radiale A.

Du sommet au bas de la carotte nous avons la succession suivante:

- de 0 à 6cm, sable fin jaune à gris clair. La fraction grossière, qui forme 95% du sédiment, est constituée par des petits quartz. Les grosses oolithes sont rares mais par contre les petites sont assez nombreuses. Les débris de coquilles sont assez abondants et les foraminifères rares.
- de 6 à 15cm, vase sableuse grise. La fraction grossière, qui forme 50% du sédiment, change d'aspect. Les grains de quartz sont plus gros, les quartz subémoussés sont abondants. Les grosses oolithes sont assez abondantes; les plus nombreuses sont terreuses, les autres sont noires.
- de 15 à 51cm, sable jaune à gris clair. La fraction grossière forme 95 à 98% du sédiment. Elle est surtout constituée de petits quartz, les grains étant toutefois plus gros qu'au sommet de la carotte. Les grosses oolithes sont rares et les petites abondantes. Il y a de très nombreux petits débris de coquilles. La teneur en eau oscille entre 20 et 40%.
- de 51 à 84cm, vase sableuse. La fraction grossière constitue de 50 à 70% du sédiment total; sa composition est la même que de 6 à 15cm; cependant, des amphistégines et des quinquéloculines, lisses, usées et surement remaniées, apparaissent.
- de 84 à 89cm, sable jaune à gris clair. La fraction grossière constitue 98% du sédiment total; elle a la même composition que de 15 à 51cm.
- de 93 à 114cm, vase sableuse ayant la même composition que de 51 à 84cm.
- Le pourcentage de fraction grossière augmente et varie de 60 à 75%.
- dans le bas de la carotte nous avons un sable vaseux.

Carotte B6

1) Description

Carotte de 72cm prélevée à -83m de profondeur sur la radiale C. La totalité de la carotte est formée d'une vase contenant de gros nodules formés soit d'algues encroûtantes soit de grès; il existe également de nombreux coralliaires

- de 0 à 20cm, la majorité des nodules est formée par des encroûtements.
- de 20 à 40cm, nous avons en majorité des formations gréseuses rappelant les "poupées du loess"; elles ne sont pas encroûtées.
- de 40 à 72cm, nous avons les deux sortes de nodules. Certains présentent, sur leur pourtour, des cimentations de gros grains de quartz et de débris de coquilles.

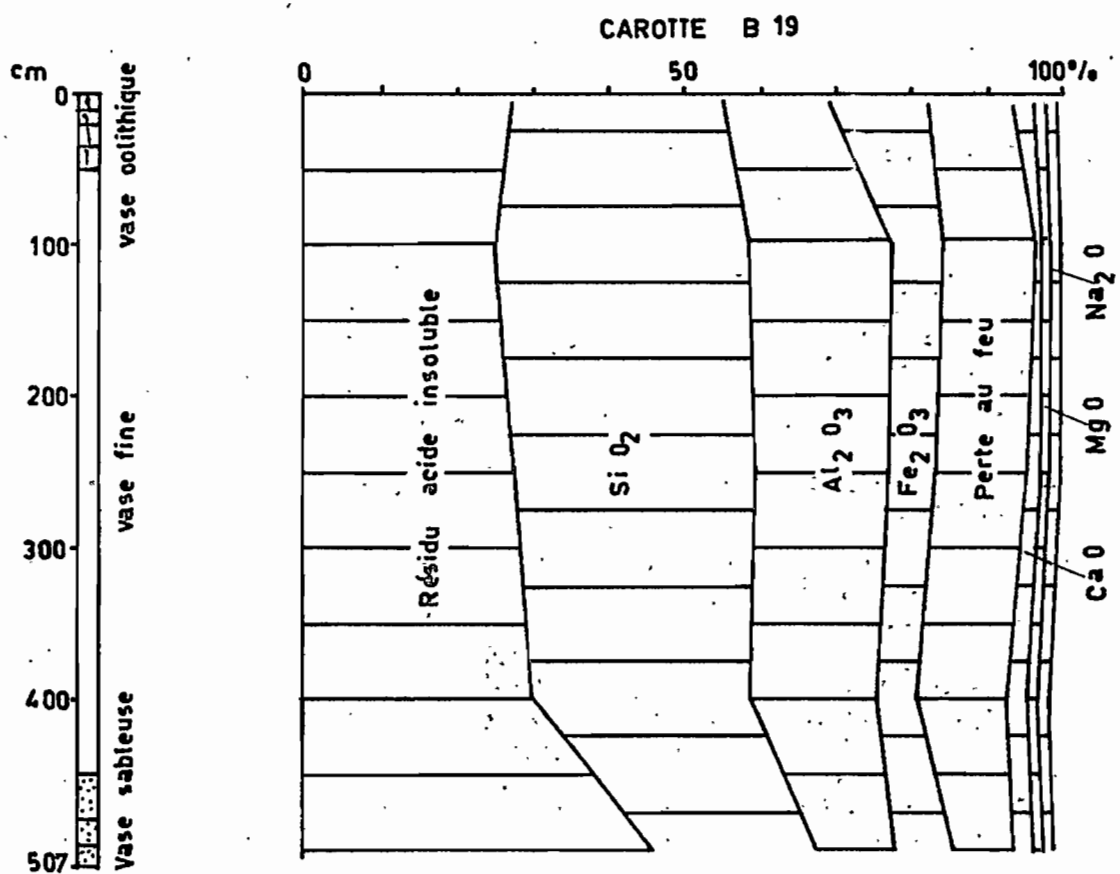
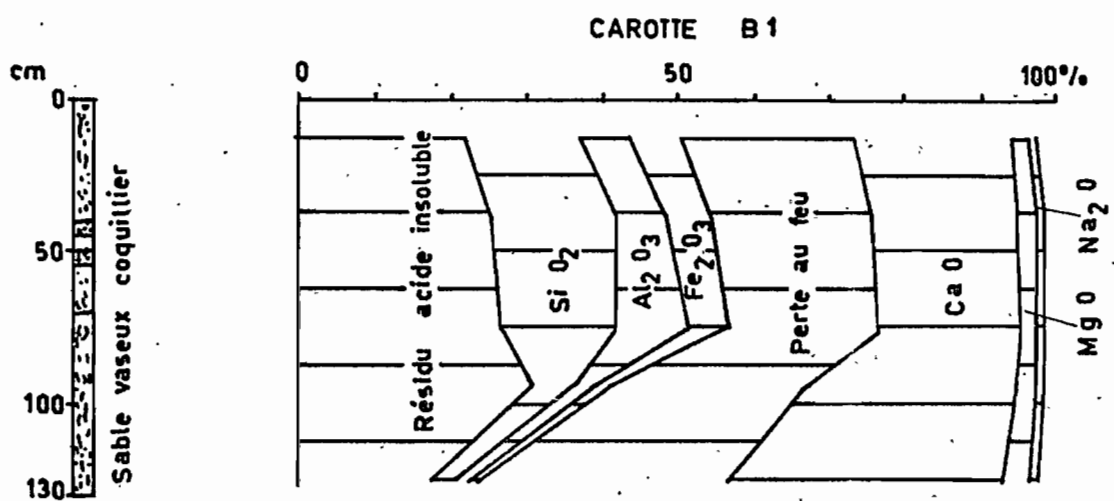
Carotte B1

1) Description

Carotte de 130cm de longueur prélevée à -80m sur la radiale E.

Du sommet au bas de la carotte nous avons la composition suivante:

- de 0 à 40cm, sable coquillier vaseux. La fraction grossière, qui forme environ 75% du sédiment, est surtout formée de débris de coquilles. Les oolithes noires et les petites oolithes sont courantes ainsi que les foraminifères pélagiques. Il existe d'assez nombreuses amphistégines et autres gros foraminifères remaniés. Les quartz subémoussés sont assez rares et les petits courants; certains grains sont recouverts d'oxyde de fer. On trouve également des coralliaires, des morceaux de grès et d'encroûtement.
- de 40 à 45cm, nous avons trois gros nodules: deux sont formés par des algues encroûtantes, le troisième est formé par du grès avec un début d'encroûtement.
- de 45 à 50cm, sable coquillier grossier légèrement vaseux. La fraction grossière forme 91% du sédiment; elle a la même composition que précédemment; seules les grosses oolithes sont très rares.
- de 50 à 55cm, nouveaux nodules d'algues calcaires encroûtantes de 4 à 5cm de diamètre.
- de 55 à 70cm, sable vaseux beige. La fraction grossière formée 76 à 84% du sédiment total, sa composition reste la même.



Composition chimique en fonction de la profondeur.
Fig: 35

- de 70 à 130cm, sable coquillier vaseux. Les oolithes disparaissent. Les éléments deviennent plus grossiers; la fraction grossière est souvent formée de débris de coquilles usés et roulés. De nombreux foraminifères semblent être remaniés et beaucoup sont recouverts d'un enduit luisant. Le pourcentage des grains de quartz diminue; on observe quelques quartz subémoussés, les petits quartz sont également assez rares.

Il existe deux niveaux de nodules d'algues calcaires encroûtantes:
à 115 et à 130cm.

2) Composition chimique (fig.35)

Cette carotte est caractérisée par sa forte teneur en calcium; la plus grande partie de celui-ci est fournie par le CO_3Ca des débris coquilliers. De 0 à 80cm, le pourcentage de calcium reste voisin de 20%, puis il augmente pour atteindre 36% dans le bas de la carotte. Le rapport $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ est assez peu constant et varie de 2 à 11. La diminution de la teneur en fer du sommet au bas de la carotte est due à la diminution et à la disparition des oolithes.

Carotte B 27

1) Description

Carotte de 40cm de longueur prélevée à -81m sur la radiale G.

- de 0 à 31cm, nous avons une vase sableuse. La fraction grossière forme 60% du sédiment total. Elle est constituée par de nombreuses oolithes terreuses mais assez lisses; il en existe d'autres, plus foncées, sans être toutefois noires. Les quartz, subémoussés, sont assez nombreux; les $\frac{2}{4}$ sont recouverts d'oxyde de fer. Il existe également des petits quartz, des débris de coquilles et des foraminifères. A 20cm, le nombre des oolithes diminue mais il augmente de nouveau à 30cm; des amphistégines usées apparaissent à 20cm.
- de 31 à 40cm, nous avons un grès coquillier qui contient des oolithes, des amphistégines et des quartz subémoussés oxydés. Il est donc vraisemblable, que les quartz, les oolithes et les amphistégines qui forment la fraction grossière de la vase sableuse, proviennent de la désagrégation de ce grès.

Carotte B 22

1) Description

Carotte de 18cm prélevée à -80m sur la radiale I.

La carotte est formée d'une vase contenant des morceaux d'encroûtement, des coralliaires et des morceaux de grès coquilliers. Ces grès contiennent, comme dans la carotte précédente, des quartz subémoussés, des oolithes et des amphistégines. La partie la plus fine de la fraction grossière est presque entièrement formée d'oolithes luisantes qui sont de deux couleurs: jaune-verdâtre et vert plus foncé. Le reste de la fraction grossière est constitué par des foraminifères, des débris de coquilles et des grains de quartz.

Carotte B 19

1) Description

Carotte de 507cm prélevée à -81m sur la radiale K₁.

- de 0 à 25cm, nous avons une vase gris-vert granuleuse. La fraction grossière, qui constitue 50% du sédiment, est presque entièrement formée d'oolithes vertes terreuses; il en existe également un certain nombre plus foncées sans être toutefois noires. Le reste de la fraction est formé par des petits grains de quartz, des petites oolithes, des foraminifères et des débris de coquilles.
- de 25 à 50cm, le pourcentage de la fraction grossière décroît mais les oolithes en constituent toujours la majeure partie; les premiers granules de pyrite apparaissent.
- de 50 à 450cm, nous avons une vase fine assez homogène. La fraction grossière ne constitue que quelques pourcents du sédiment total. Le nombre des oolithes diminue pour disparaître presque complètement à 330cm; la fraction grossière est alors formée de petits grains de quartz, de petites oolithes, de foraminifères et de granules de pyrite. Il existe des débris de coquilles et de nombreux piquants.
- de 450cm au bas de la carotte, nous avons une vase sableuse noire. La fraction grossière augmente pour atteindre 42% au bas de la carotte. Elle est surtout formée de petits quartz et de petites oolithes, les grosses oolithes étant rares. Les foraminifères et les débris de coquilles sont courants; les granules de pyrite et les fibres végétales deviennent rares à très rares.

2) Composition chimique (fig.35)

La présence d'oolithes au sommet de la carotte entraîne une assez forte teneur en fer (12,65%), mais à 100cm celui-ci ne représente plus que 6,55% du sédiment et à 400cm, 5,25%. La teneur en fer croît de nouveau dans le bas de la carotte (7,25%).

La teneur en quartz, assez constante dans les 400 premiers centimètres, augmente ensuite pour former 46% du sédiment dans le bas de la carotte.

Carotte B 42

1) Description

Carotte de 800cm de longueur prélevée à -80m sur la radiale I₁.

- de 0 à 100cm, nous avons une vase gris-vert granuleuse. La fraction grossière, qui constitue 49% du sédiment au sommet, décroît pour atteindre 3% à 100cm. Elle est formée presque entièrement d'oolithes vertes terreuses. Les foraminifères et les débris de coquilles sont rares. Au fur et à mesure que l'on s'enfonce, le nombre des grosses oolithes diminue mais par contre, celui des petites et des foraminifères augmente. A partir de 80cm apparaissent d'assez nombreux petits grains de quartz.
- de 100cm au bas de la carotte, la fraction grossière reste égale à 1 ou 2%. Les grosses oolithes sont très rares; il en est de même des petites oolithes et des petits grains de quartz. A partir de 180cm, la fraction grossière est presque entièrement formée de foraminifères et de sphérules de pyrite; de très nombreux foraminifères sont pyritisés; les débris de coquilles demeurent courants.

Carotte B 40

1) Description

Carotte de 495cm de longueur prélevée à -80m sur la radiale M.

Au sommet, la fraction grossière forme 6% du sédiment; ensuite, elle oscille entre 1 et 2%. Au sommet, les oolithes vertes terreuses sont abondantes; ensuite, la fraction grossière est entièrement formée de petites oolithes, de foraminifères et de débris de coquilles. Les granules de pyrite, qui apparaissent à partir de 60cm, sont très abondants de 240 à 300cm et diminuent ensuite réguliè-

rement. Les lamelles de micas, très abondantes au sommet de la carotte, diminuent régulièrement pour devenir très rares à partir de 200cm.

Carotte B 36

1) Description

Carotte de 20cm de longueur prélevée à -80m sur la radiale 0.

La carotte est formée d'un sable vaseux. Au sommet, la fraction grossière, qui constitue 75% du sédiment, est surtout formée de petits grains de quartz; les grains subémoussés sont assez rares. Les oolithes terreuses et noires, les petites oolithes et les débris de coquilles sont courants. Les foraminifères sont assez rares. Dans le bas, les grains de quartz sont plus gros et on a même des grains de graviers. Le reste de la fraction grossière garde la même composition.

Carotte B 30

Il n'y a pas eu de prélèvement mais il y avait des traces de sable sur le nez du carottier. Il y a dû y avoir pénétration mais le sédiment n'a pas été retenu par le clapet de fermeture du carottier.

III-XII-Ages absolus (Les datations ont été effectuées à GIF sur YVETTE par Madame G. DELIBRIAS).

Des lits de tourbes ont été trouvés dans les carottes B5, A10 et B29. Ces trois carottes ont été prélevées à -60m dans des zones où la sédimentation actuelle est faible. B5 et A10 ont été prélevées dans la région de Jackville et B29 dans celle de Fresco.

Deux datations au 14C ont été faites sur les tourbes de B5 et A10 et ont donné les âges suivants:

23000 $\pm$ 1000 ans B.P. pour B5

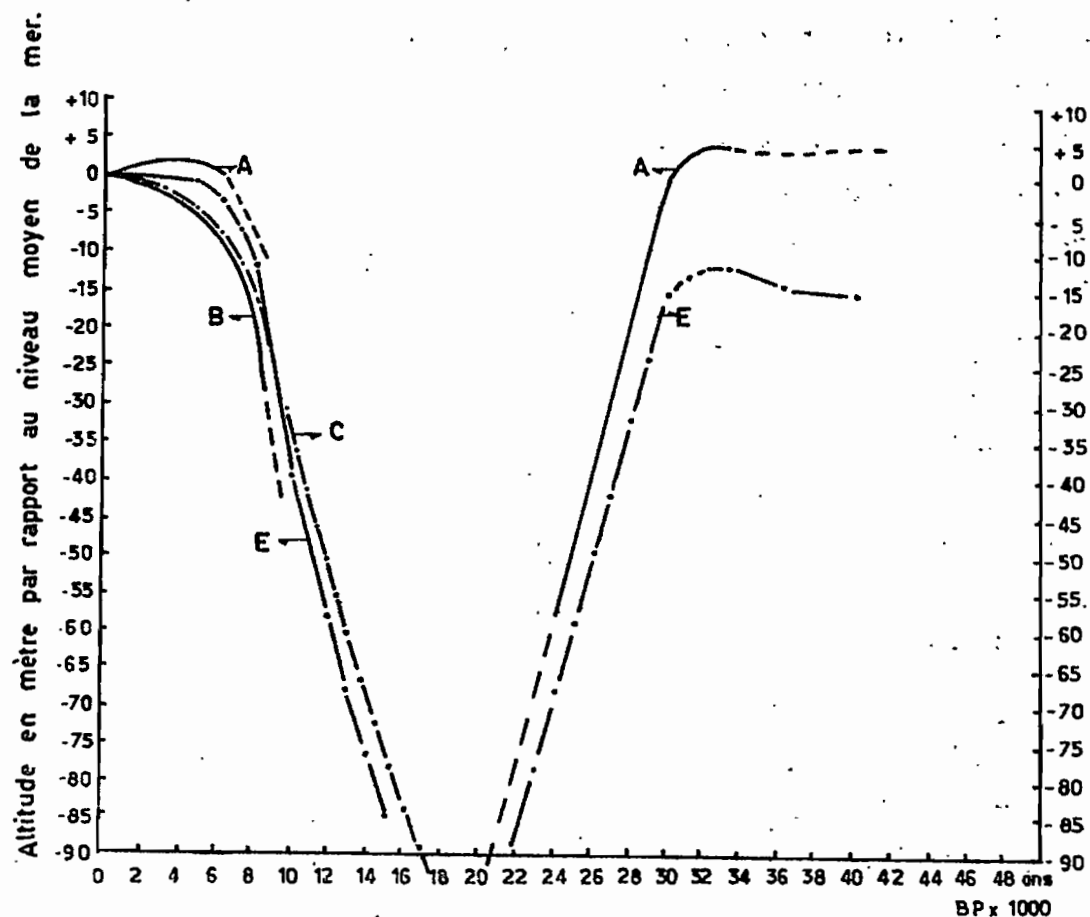
11900 $\pm$ 250 ans B.P. pour A10.

Au premier examen, on peut penser que les tourbes des carottes B5 et A10, distantes de 5 milles et prélevées à la même profondeur, font partie d'une même formation. Si cela était, l'âge de B5 ayant été confirmé par une seconde mesure, il faudrait admettre que A10 ait subi un rajeunissement artificiel. Il est possible qu'une pollution se soit produite au cours du découpage de la carotte. En effet, celle-ci est contenue dans une chemise en matière plastique qui est sciée suivant deux génératrices au moment de l'ouverture; il est donc possible que des copeaux aient alors été inclus à la tourbe. Il arrive que cela se produise pour les vases, mais la tourbe étant un sédiment beaucoup plus compact, cette éventualité est peu probable. De même, le niveau de tourbe de A10 se trouvant dans le bas de la carotte, il a pu, bien que cela paraisse peu probable, y avoir pollution par la graisse du pas de vis du nez du carottier. On ne peut donc écarter toute éventualité de pollution, mais, même si celle-ci a existé, est-elle suffisante pour expliquer une telle différence d'âge? Il semble plus logique de chercher une autre explication.

D'après ce que l'on connaît du quaternaire à terre, il est très probable que l'on a affaire non à un banc continu mais à des lentilles de tourbe; il est donc possible que les tourbes B5 et A10 n'appartiennent pas à la même formation. Elles se sont sûrement formées au cours de la même régression mais pas forcément en même temps.

Examinons la carotte B5. Sous le lit de tourbe, nous avons un niveau graveleux contenant une coquille de cardita, des débris d'autres coquilles, des foraminifères et des coprolites minéralisés d'organismes limnivores. Nous sommes donc en présence d'une formation marine sûrement littorale vue la taille des éléments. Sur cette formation littorale nous avons le lit de tourbe. Au moment du dépôt de celle-ci la mer ne devait pas être très éloignée. La tourbe est recouverte par un sable grossier ne contenant ni débris de coquilles, ni foraminifères, ni coprolites. Il est donc possible que ce sable ne soit pas marin. Les débris de coquilles réapparaissent plus haut dans la carotte. On peut donc supposer que la tourbe s'est déposée au moment de la régression.

Examinons la carotte A10. Nous ne possédons pas le sédiment qui se trouve sous la tourbe, mais le sable, situé juste au-dessus, contient contrairement à B5, de nombreux débris de coquilles et des foraminifères. Nous avons donc affaire



Chronodiagramme (d'après H. Faure et P. Elouard 1967)

- A : Courbe de la variation moyenne du niveau marin relative au continent ouest africain.
- B : Courbe du changement relatif du niveau de la mer du Nord (S. Jørgensen 1966).
- C : Courbe moyenne du niveau de la mer (Shepard 1964 - Curry 1965).
- E : Courbe eustatique hypothétique et provisoire calculée pour un mouvement positif épigénique moyen de 0,50m pour 1000 ans de la région considérée.

Fig 36

à une formation marine. Nous trouvons d'ailleurs, 50cm au-dessus de la tourbe, un lit coquillier typique d'une formation de plage contenant exclusivement des formes littorales (et même une lagunaire). Malheureusement ces coquilles n'étaient pas assez abondantes pour permettre une datation au 14C. Il semble donc que le dépôt de la tourbe soit juste antérieur à la transgression.

Examinons les données que nous avons sur le quaternaire récent et notamment au Sénégal (FAURE - ELOUARD 1967).

- entre 31000 et 32000 ans B.P. (Inchirien sup.), le niveau de la mer se trouvait à quelques mètres au-dessus du niveau actuel
- Entre 31000 et 20000 ans B.P. (Régression Post-Inchirienne), une chute très rapide du niveau de la mer s'est produite. Des coquilles littorales draguées à -49m ont été datées au Sénégal de 25000 ans. Le niveau minimum de la régression serait de -110 à -120m et aurait été atteint entre 17000 et 20000 ans B.P.
- Entre cette date et 5500 B.P. se produit la transgression pré-Nouakchottienne
- Entre 5500 ans et 1700 ans B.P. le niveau de la mer serait situé à un niveau supérieur à l'actuel de 1 ou 2m
- Entre 1700 ans et l'actuel, abaissement du niveau pour se raccorder au zéro actuel.

En fonction de ces données, on peut reconstituer ainsi l'histoire du dépôt de ces deux tourbes: B5, datée de 23000 ± 1000 ans B.P se serait déposée juste après le passage de la mer au niveau -60m lors de la régression Post-Inchirienne. A10, datée de 11900 ± 250 ans B.P se serait déposée juste avant le passage de la mer par ce même niveau de -60m lors de la transgression Pré-Nouakchottienne. Nous avons vu que le niveau minimal de la régression (-110 à -120m) aurait été atteint entre 20000 et 17000 ans. Il existe sur le plateau continental ivoirien des formations littorales vers -90, -100 et -110m et nous avons pu draguer des coraux morts. Ceux-ci pourront peut-être faire l'objet d'une datation et si le schéma ci-dessus est juste, leur âge devrait être de 17000 à 20000 ans B.P.

Si on examine le chronodiagramme (fig.36) dressé par H.FAURE et P.ELOUARD, on constate que l'âge de 23000 ans B.P indique une profondeur de la mer de -60m lors de la régression Post-Inchirienne et que l'âge de 12000 ans B.P

indique une profondeur de -60m lors de la transgression Pré-Nouakchottienne. Donc ceci semblerait confirmer les résultats que nous avons.

III-XIII-Conclusion

L'étude des carottes prélevées entre Grand-Bassam et Fresco sur les isobathes -50, -60 et -80m permet de définir quatre zones de sédimentation. D'Est en Ouest nous pouvons distinguer:

1) De Grand-Bassam au Trou sans fond, une zone vaseuse où la sédimentation actuelle est assez forte. Dans cette région, le rendement du carottier a été maximum et ce n'est que la longueur du tube qui a limité la taille des carottes. Dans toute cette zone les carottes sont assez homogènes au point de vue composition chimique et la fraction grossière ne représente que quelques pourcents du poids du sédiment sec. Il faut cependant noter que les sédiments prélevés en surface avec un "Shipek" sur les radiales g et h, contiennent de nombreuses oolites. L'absence de celles-ci au sommet des carottes s'explique par la difficulté de prélever, avec un carottier, la couche de surface. Les oolites vertes ne forment donc qu'une couche très mince; on trouve cependant dans les carottes des granules gris de même forme mais qui ne résistent pas au tamisage sous l'eau. Nous verrons plus loin qu'il s'agit de "pelotes fécales" non minéralisées, et que les granules verts que l'on trouve dans certaines carottes en dérivent.

Les profils bathymétriques perpendiculaires au rivage sont, à partir de -40m, assez plats et même convexes (fig.37) et on peut voir apparaître, sur certains enregistrements, un fond plus dur sous la couche de vase. Ce fond dur est formé par un sable moyen à grossier qui doit recouvrir tout le plateau continental. On trouve dans la carotte B 13 un sable moyen surmonté d'une vase sableuse et d'une vase fine, ce qui confirme cette hypothèse. Ceci se vérifiera dans d'autres carottes.

Cette zone vaseuse doit être due aux apports du fleuve Comoé dont l'embouchure a, à une époque récente, divagué du Trou sans fond à son emplacement actuel. De plus, il ne faut pas négliger l'existence du sous-courant qui peut entraîner vers l'Ouest les particules fines.

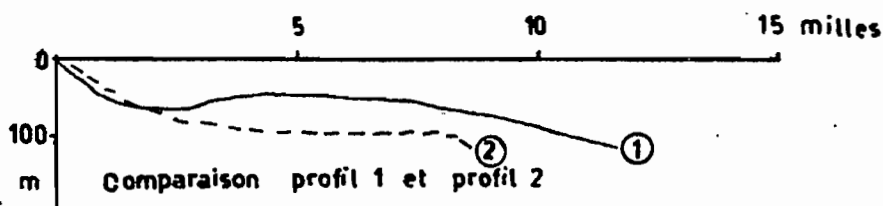
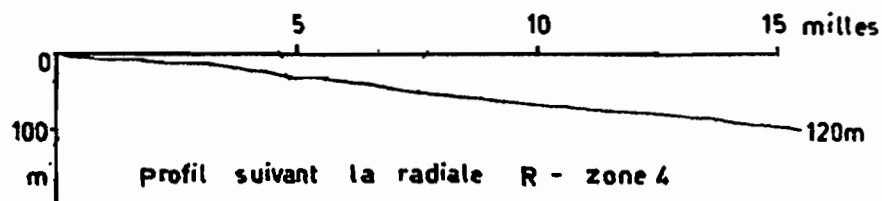
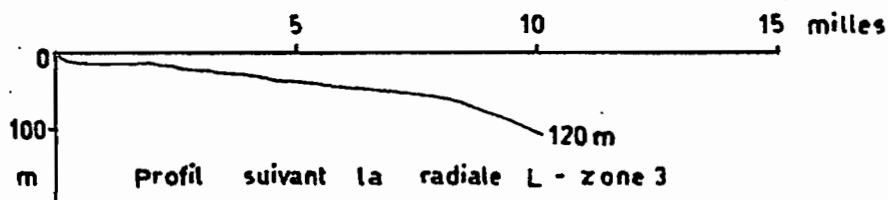
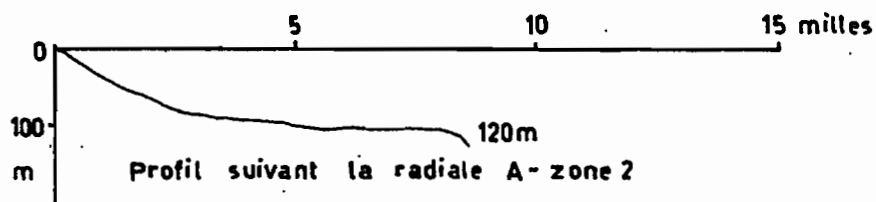
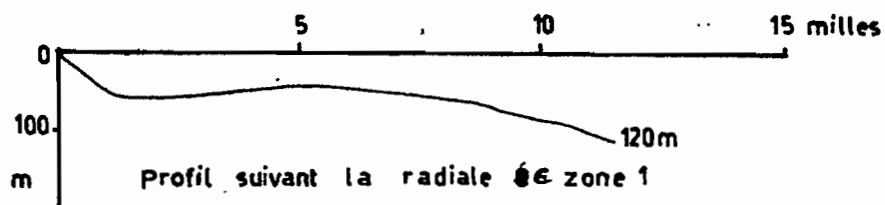


Fig 37

2) Du Trou sans fond à Jackville, une zone où la sédimentation actuelle est pratiquement inexistante.

La pénétration du carottier a souvent été mauvaise car le fond, à -50 et -60m, est formé de sable et à -80m, de débris coquilliers et de grès. Les profils bathymétriques sont concaves (fig.37). Nous avons vu qu'il existait des formations continentales à faible profondeur dans les carottes de cette région; il ne s'est donc pratiquement pas déposé de sédiment depuis la dernière transgression.

3) De Jackville à l'Ouest de Grand-Lahou, une zone où la sédimentation actuelle redevient importante. Aux deux extrémités de cette région (carottes A9 et B37) nous voyons le sable disparaître sous une couche de vase de plus en plus épaisse. En face et à l'Ouest de Grand-Lahou, nous avons une zone analogue à celle de Grand-Bassam. La couche d'oolithes vertes doit toutefois être plus épaisse car elle existe au sommet de plusieurs carottes. Les profils bathymétriques sont de nouveau convexes et on distingue sous la couche de vase une couche plus dure (fig.37). Cette zone de sédimentation actuelle est probablement due aux apports du Bandama.

4) De l'Ouest de Grand-Lahou à Fresco, une zone où la sédimentation actuelle est pratiquement inexistante. Nous avons le même genre de carottes que dans la zone n°2. Nous retrouvons d'ailleurs de la tourbe à -60m et à -50m; elle se trouve en haut de la carotte. Nous retrouvons également, vers -90m, les bancs de grès qui étaient masqués dans la région de Grand-Lahou par la vase. Les profils bathymétriques (fig.37) ont une pente régulière.

On aurait pu penser que les régions vaseuses étaient des zones de subsidence, or si on examine les profils bathymétriques, (fig.37) on constate qu'il n'en est rien. La comparaison des profils 1 et 2 montre, au contraire, qu'il n'y a pas enfoncement dans la zone n°1 mais surélévation du fond. Les régions vaseuses semblent donc bien être des zones d'accumulation sur un substratum sableux qui affleure dans les autres zones.

IV - PROBLEME DES GRANULES OVOIDES

IV-I - Généralités

Les géologues de terrain ont traditionnellement employé le mot de glauconie pour décrire des grains argileux verdâtres riches en fer qui peuvent être parfois très abondants dans certains sédiments marins. Des études récentes aux Rayons X et des analyses chimiques ont conduit à réviser cet usage. Les caractères minéralogiques différents de certains de ces grains ont été reconnus par BURST (1958) WARSHAW (1957) HOWER (1960) PORRENGA (1965-66-67) et GIRESSSE (1965-66). Pour éviter les confusions, MILLOT a proposé de distinguer:

- Le terme de glauconie, utile aux géologues. Il désignera les produits verts ~~en~~ grains, en trainées ou en accordéon sans que l'étude minéralogique soit encore faite et que l'on puisse préciser. Ce serait un nom de faciès.
- Le terme de glauconite, défini par les minéralogistes, correspondrait au minéral ferrique, homotype de l'illite.
- Le terme de glauconite, utile aux pétrographes, désignerait une roche dont le minéral cardinal et dominant serait la glauconite.

Des granules de ce genre, que LENEUF (1962) a appelé "pseudo-oolithes", constituent de 0 à 99% de la fraction supérieure à 50 microns des sédiments prélevés, soit superficiellement soit en profondeur avec un carottier sur le plateau continental ivoirien. Ils se présentent sous une variété de couleurs et des degrés d'induration allant du gris mou au vert brun et dur. Nous pouvons en distinguer 6 catégories:

- 1^o Grains ovoïdes gris et mous ne résistant pas au tamisage sous l'eau
- 2^o Grains ovoïdes gris à vert-clair bien arrondis avec une surface rugueuse, terreuse.
- 3^o Grains ovoïdes vert-sombre à noir avec une surface extérieure très polie.
- 4^o Grains ovoïdes marrons avec une surface extérieure polie.

- 52 Grains ovoïdes vert-brun, vert moyen à vert-sombre moins réguliers, avec de profonde craquelures à travers une surface généralement polie.
- 62 Moules internes de foraminifères, gastéropodes et autres petites coquilles.

Les grains des cinq dernières catégories ne sont pas détruits par tamisage sous l'eau.

On peut considérer les grains ovoïdes comme les déjections d'organismes fouisseurs et limnivores compte tenu de leur ressemblance en grandeur et en forme avec des déjections fraîches. On a trouvé en Côte d'Ivoire de tels granules frais dans des polychètes, des échiuriens et des gastéropodes. Les anglo-saxons leur ont donné le nom de "faecal-pellets" et GIRESS parle de "pelotes-fécales".

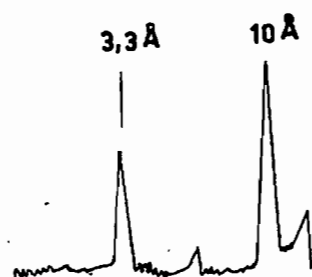
Le mode de gisement des pelotes fécales et des remplissages de tests ne laisse pas de doute sur le caractère authigène des constituants minéraux.

Il est vraisemblable que ces "pelotes fécales" ont contenu du matériel argileux consommé puis rejeté par l'animal et agglutiné par de la matière organique. Au début, le matériel pratiquement inaltéré est probablement représenté par les granules gris et mous trouvés dans certaines carottes. La composition chimique des pelotes grises et de la matrice argileuse est à peu près la même; seule la matière organique est plus importante dans les pelotes.

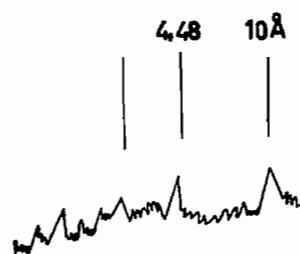
S'il y a assez d'oxygène dans l'eau de mer, la matière organique est oxydée et disparaît des "pelotes", laissant le matériel argileux détritique inchangé sous la forme de pelotes grises et molles. S'il y a moins d'oxygène, localement un environnement réducteur peut être maintenu dans lequel des transformations pourront se faire.

Le potentiel Rédox doit jouer un rôle important; cette supposition est basée sur la présence d'une grande quantité de fer dans les pelotes ce qui indique une mobilisation et une concentration vers le stade réduit. En relation avec le potentiel Rédox, dans le micro-environnement des "pelotes", la quantité totale de matière organique et la perméabilité du matériel des "pelotes" et du sédiment dans lequel elles se trouvent sont également importantes.

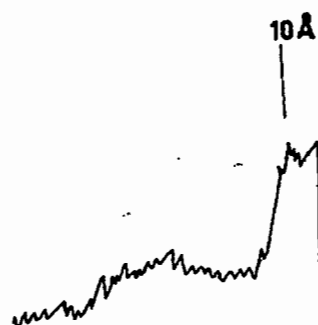
TYPES DE GLAUCONIE



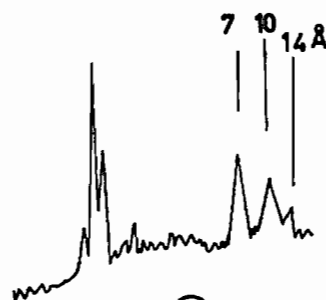
①



②



③



④

- ① Ordonné
- ② Desordonné
- ③ Interstratifié
- ④ Mélange de minéraux

BURST 1958

Fig 38

Il ressort des études faites au Nigéria par PORRENGA que les "pelotes" grises et les remplissages sont formés de matériel argileux détritique tandis que les granules verts et bruns sont principalement formés de glauconite, de berthiérine et de goethite.

IV-II - La glauconite

BURST (1958), sur la base d'études aux rayons X et en comparant les teneurs en potassium, a classé les glauconites en quatre types (fig.38):

- 1° Type ordonné
- 2° type désordonné
- 3° type interstratifié
- 4° type formé d'un mélange de minéraux.

En accord avec HOWER (1960), il a défini le type ordonné comme étant formé presque entièrement d'un matériel micacé contenant moins de 10% de feuillets gonflants. Le type désordonné contient environ 10 à 20% d'argiles gonflantes, tandis que le type interstratifié a plus de 20% de matériel gonflant. Cependant, HOWER a décrit des glauconites avec plus de 40% de feuillets gonflants.

Les diffractogrammes de glauconites non traitées ont un pic basal (001) allant d'un peu plus de 10 Å à 15 Å. Après glycolation, le matériel à 15 Å gonfle à environ 17 Å et se contracte après chauffage à 200° pendant une heure ce qui indique la présence d'un matériel très gonflant. Le matériel avec écart réticulaire d'environ 10 Å change très peu après glycolation ou chauffage, comme s'il était formé d'un matériel micacé. Des impuretés, telles que de la kaolinite, de la chlorite, du quartz, des feldspaths et de la calcite, sont également présentes sur certains diffractogrammes de glauconite.

Le potassium est un composant essentiel des micas donc les glauconites qui ont le plus fort pourcentage de feuillets micacés ont également la plus forte teneur en potassium (BURST 1958). La teneur en potassium peut varier de 2 à 7% du poids sec.

TOLER et HOWER (1959) pensent que l'indice de réfraction des glauconites croît avec la diminution du pourcentage de feuillets gonflants; il varie d'environ

1,58 à environ 1,64. La dureté et le poids spécifique des grains les plus gonflants sont également plus faibles que ceux des glauconites les plus micacées.

Il existe, d'une façon assez surprenante, une relation entre la couleur, la teneur en potassium, et l'écart réticulaire des glauconites. Les tons clairs et les couleurs jaunâtres caractérisent les variétés les plus gonflantes. ^{WARSHAW} (1957) pense que les couleurs des glauconites sont en relation avec le rapport Fe_3/Fe_2 .

Les grains olive-clair, qui sont relativement riches en feuillets gonflants, ont des rapports d'environ 9, tandis que les grains verts et vert-bleuâtre ont un rapport voisin de 5. Le fer, dans les glauconites gonflantes, est donc plus oxydé que dans les types micacés.

Les grains de glauconites, dans les échantillons où ils sont abondants, sont les plus nombreux dans la fraction sableuse comprise entre 62 et 500 microns. Ceci correspond approximativement à la grandeur des particules qui sont le plus facilement remuées par l'action des vagues et des courants (^{WARSHAW} 1949). Il est vraisemblable que les grains de glauconite d'un diamètre voisin de 200 microns ont été sélectivement concentrés.

Limites physiques de la formation de la glauconite (d'après CLOUD)

1. - Extension stratigraphique

Du Cambrien à l'actuel.

2. - Zone actuelle de distribution

65° Sud à 80° Nord au large de la plupart des côtes océaniques, souvent sur la pente continentale.

3. - Salinité

On rencontre seulement la glauconite dans des eaux de salinité normale. On ne la rencontre pas dans les dépôts de lacs salés ou d'eau douce. Cependant elle peut se former théoriquement dans les eaux riches en potassium des lacs salés.

4. - Oxygénation

Sa formation nécessite au moins des conditions légèrement réductrices. Des conditions anaérobies saisonnières, cycliques, intermittentes ou locales peuvent donner une formation de glauconite saisonnière, cyclique, intermittente ou locale.

5. - Quantité de matière organique des sédiments du fond.

Sa formation est facilitée par la présence de matière organique en décomposition ce qui donne des conditions réductrices.

6. - Profondeur.

Elle est rare dans les sédiments formés au-dessous de 1000 brasses et au-dessus de 5 brasses; elle est peu commune au-dessus de 10 brasses et au-dessous de 400 brasses. Sa formation est favorisée dans la partie supérieure de l'intervalle de 10 à 400 brasses.

7. - Température.

Elle semble admettre une tolérance assez grande mais sa formation n'est pas favorisée par des eaux chaudes. Bien que sa répartition géographique aille du front polaire aux régions tropicales, la glauconite tropicale semble assez profonde pour être raccordée facilement aux eaux plus froides au-dessous de 30 brasses et principalement au-dessous de 130 brasses.

8. - Turbulence.

Pas de besoin absolu bien que l'on trouve des preuves de turbulence dans les sédiments associés. Cependant, une turbulence continue serait incompatible avec la conclusion (4).

9. - Matériaux sources.

Minéraux micacés ou boues du fond de haute teneur en fer.

10. - Taux de sédimentation.

Probablement faible. Il doit être juste assez fort pour fournir les éléments nécessaires. La formation est favorisée sur les plateaux continentaux, les hauts-fonds et les bancs au large des côtes cristallines manquant de grandes rivières.

11. - Sédiments et restes organiques associés.

On la trouve principalement dans les sédiments détritiques calcaires tels que les grès calcaires. Elle est rare dans les roches argileuses pures, les grès quartzeux purs ou les carbonates de précipitation chimique. Elle est rare ou absente des lits qui contiennent des algues, des coraux ou des bryozoaires et si elle y est présente, elle est probablement remaniée.

IV-III - La Berthiérine (Chamosite des anglo-saxons)

La berthiérine est le minéral principal de nombreux minerais de fer oolithiques anciens. [TAYLOR (1949), BHATTACHARYA (1959), MILLOT (1964)]. Dans ces roches, la berthiérine se présente sous une forme ovoïde qui, en lame mince, montre un certain nombre de cercles concentriques entourant un grain de quartz ou d'un autre minéral. Elle se rencontre également sans ces cercles en inclusions minérales, sous forme de boulettes et parfois comme constituant de la matrice. Elle apparaît également dans les pores du squelette de restes d'échinoderme.

Certains aspects structuraux et des parties de diffractogrammes ressemblent à ceux de la kaolinite ou de la chlorite. BUBENICEK (1960) et d'autres auteurs pensent que la berthiérine du type kaolinite peut se changer en type chlorite. Cette hypothèse est basée sur le fait que la berthiérine du type chlorite domine dans les roches sédimentaires qui sont considérées comme étant dans un stade de diagenèse avancé.

BRINDLEY (1951-1961), CAILLERE et HENIN (1963) ont donné les détails de sa structure et sa composition chimique. La berthiérine a été synthétisée en laboratoire à basse température [(CAILLERE et al. (1953-1955-1962) CAILLERE et HENIN (1960)] mais dans les sédiments récents, la présence de berthiérine n'a été mentionnée que récemment. Elle a été décrite par PORRENGA (1965-1966) dans les sédiments marins peu profonds de l'Orenoque et du Delta du Niger et des plateaux continentaux de Sarawak, du Gabon (GIRESSE 1965), de Guinée (Von GAERTNER et SCHELLMANN 1965) et dans les sédiments marins du détroit de Malacca entre la Malaisie et Sumatra (KELLER 1966). Plusieurs hypothèses concernant son origine ont été données et de nombreux auteurs arrivent à la conclusion que la berthiérine s'est formée synsédimentairement ou dans un premier stade de diagenèse dans le sédiment. L'environnement le plus probable semble être un environnement marin peu profond près d'un continent qui a pu fournir le fer nécessaire (sol latéritique); jusqu'à présent, on a seulement trouvé la berthiérine dans les environnements marins peu profonds sous les tropiques; ceci peut indiquer que la température chaude (20°) de l'eau du fond est essentielle pour sa formation (PORRENGA 1967). L'intersection de la thermocline avec le fond marque la frontière extrême de la présence de berthiérine et il semble que sa pré-

sence coïncide remarquablement bien avec la zone où la masse d'eau supérieure est en contact avec le fond. Il est vraisemblable que l'eau plus chaude est un des facteurs qui a causé l'environnement favorable à la formation de berthiérine, alors que l'eau froide à plus grande profondeur peut être un des facteurs favorable à la formation de la glauconite.

Il est certain que la berthiérine, comme la glauconite, débute sous la forme de pelotes fécales qui sont dues aux déjections d'organismes fouisseurs ou limnivores.

L'observation, en plaque mince, de berthiérine actuelle ne montre pas de couches concentriques comme on en trouve dans les berthiérines anciennes, excepté pour la couche extérieure de goethite.

La berthiérine contient du fer ferreux; mais il entre dans la mer davantage de fer sous forme ferrique. Celui-ci est souvent présent en pellicules sur les grains de quartz et autres grains minéraux et comme constituant des minéraux argileux (en Côte d'Ivoire, comme au Nigéria, la quantité de fer contenue dans la fraction argileuse est de 6 à 7%). Si le fer ferrique est réduit par la matière organique présente dans les pelotes fécales ou dans la couche de surface du sédiment, quelques uns des ions ferriques peuvent devenir mobiles et être utilisés comme fer ferreux pour la formation de la berthiérine. Les pelotes fécales grises contiennent à peu près la même quantité de fer que la matrice argileuse détritique dans laquelle on les rencontre, alors que la teneur en fer de la berthiérine est beaucoup plus grande. Il y a donc, durant la berthiérinisation, une augmentation considérable de la teneur en fer. La formation de la berthiérine, dans les remplissages de foraminifères et autres organismes, se produit selon un schéma identique. Dans ce cas aussi, la matière organique est présente dans les tests qui empêchent cette matière organique de s'oxyder aussi rapidement que dans l'environnement marin oxydant. Puisque la quantité d'oxygène diminue généralement à l'intérieur du sédiment lui-même, le potentiel Rédox peut baisser assez pour permettre la formation de la berthiérine; aussi sa formation n'est-elle pas synsédimentaire mais post-sédimentaire dans un premier stade de diagenèse du sédiment. Si la quantité de matière organique n'est pas suffisante pour maintenir un environnement réducteur,

la berthiérine peut être oxydée en goëthite. Inversement, le matériel oxydé peut se retransformer en berthiérine si les conditions de pH et Eh sont favorables. Von GAESTNER et SCHELLMAN (1965) et SCHELLMAN (1966), admettent que la berthiérine qu'ils trouvent sur quelques dépôts de plage de Guinée a partiellement remplacé la goëthite. La transformation de berthiérine à partir de la chlorite, comme cela a été observé par PORRENGA dans des échantillons du plateau continental de SARAWAK, semble également se réaliser dans un environnement localement réducteur. Puisque les structures de la chlorite et de la berthiérine, aussi bien que leur composition chimique, sont presque semblables, on n'a pas à envisager de changements radicaux alors que de tels changements seraient cependant nécessaires pour transformer la biotite en berthiérine.

Remarque

Il n'est pas surprenant que dans la littérature la berthiérine ait souvent été décrite comme de la glauconite; particulièrement si les analyses aux R.X. et chimiques n'ont pas été faites.

- La berthiérine, minéral vert terreux est difficile ou impossible à différencier visuellement de la glauconite
- La berthiérine, comme la glauconite, est souvent présente dans les restes de foraminifères et autres organismes
- La berthiérine, comme la glauconite, se rencontre en pelotes fécales minéralisées.

IV-IV - Mode de gisement de ces granules sur le plateau continental ivoirien.

On les trouve en surface et en profondeur dans les sédiments vaseux ou sableux actuels. Ils peuvent constituer plus de 95% de la fraction grossière qui, elle-même, peut représenter plus de 75% du sédiment total. Dans les zones très vaseuses, on a souvent en surface des oolithes vertes terreuses très abondantes mais, très rapidement, on ne trouve plus que des granules ovoïdes gris et mous qui ont la même forme extérieure et dont la composition est la même que celle de la matrice qui les contient. On rencontre également des oolithes dures dans les grès coquilliers qui affleurent entre -80 et -100m sur une grande partie du plateau continental et dans des nodules de calcaires marneux trouvés dans certaines carottes.

Il faut noter également que des calcaires glauconieux paléocènes contenant des granules verts à peu près identiques affleurent à Fresco; pour BERTHOIS et LE CALVEZ (1966), les granules verts que l'on trouve dans les sédiments du plateau continental proviennent de ces formations calcaires qui affleueraient sur le plateau continental. Mais pour le moment, on n'a pas trouvé de tels affleurements calcaires; peut-être sont-ils masqués par le produit de leur altération?

Pour d'autres auteurs (GIRESSE au Gabon et PORRENGA au Nigéria) les granules seraient actuels et en place. Il est évident que les granules gris et mous que l'on trouve dans les carottes prélevées dans les zones très vaseuses sont en place et contemporains du dépôt du sédiment. Mais nous avons vu que nous pouvions trouver, dans une même carotte, des granules durs et des granules mous. Or si on admet, ce qui est vraisemblable, que les granules verts et durs sont le résultat de la transformation des granules gris et mous, il faut, soit admettre que les conditions physico-chimiques ont varié au cours du dépôt, soit admettre que les oolithes que l'on trouve au sommet de ces carottes ne sont pas en place. De plus, si l'on admet, ce qui est également vraisemblable, que ces granules sont initialement des déjections d'organismes limnivores, ceux que l'on trouve parfois en grand nombre dans les sables, ne peuvent être en place. Il est donc également possible que les granules verts que l'on trouve dans les vases ne soient pas en place.

D'après les études déjà effectuées, il semble que la transformation des granules gris et mous en granules verts minéralisés implique un faible taux de sédimentation. On peut donc supposer, si les granules que l'on trouve au sommet des carottes dans les zones très vaseuses sont en place, que le taux de sédimentation a varié et qu'il est plus faible actuellement.

IV-V - Analyses chimiques de trois échantillons de granules ovoïdes du plateau continental ivoirien et comparaison avec d'autres analyses.

	1	2	3
SiO ₂	42,95	46,03	28,24
Al ₂ O ₃	11,16	11,67	9,64
Fe ₂ O ₃	30,80	27,15	42,30
Ti O ₂	0,88	0,90	0,98
Ca O	0,64	0,55	1,62
Mg O	4,06	4,50	6,70
K ₂ O	2,13	2,12	0,19
Na ₂ O	0,38	0,74	0,21
P. F.	8,23	7,72	11,57

1: Granules ovoïdes vert-jaunâtre à surface rugueuse prélevés à -100m en face de Grand-Lahou.

2: Granules identiques prélevés à -120m en face de Grand-Bassam.

3: Petits granules bruns avec une surface extérieure polie prélevés à -30m en face de Grand-Bassam.

Les deux premiers échantillons ont une composition chimique à peu près identique ce qui n'est pas le cas pour le n°3 où la teneur en fer est plus importante et la teneur en potassium beaucoup plus faible.

Composition chimique de divers échantillons de glauconite.

	A	B	C
SiO ₂	46,90	54,64	49,95
Al ₂ O ₃	4,06	5,78	14,04
Fe ₂ O ₃	30,69	22,73	20,17
Ti O ₂	-	-	0,65
Ca O	0,20	1,68	1,46
Mg O	0,70	2,93	2,38
K ₂ O	6,12	5,34	2,62
Na ₂ O	1,28	1,23	0,21
P. F.	9,25	6,53	8,36

A: Sable vert récent d'"Agulhasbank" près d'Agulhas en Afrique du Sud (SMULIKOWSKI 1955).

B: Glauconite récente de la baie Amori au Japon (SMULIKOWSKI 1954).

C: "Proto" glauconite du delta du Niger (PORRENGA 1967).

Composition chimique de divers échantillons de berthiérine.

	A	B	C	D
SiO ₂	30,07	52	24	42,4
Al ₂ O ₃	17,26	8	6	16,4
Fe ₂ O ₃	41,27	20	40	16,7
Ti O ₂	0,12	0,4		
Ca O		0,5		
Mg O	1,69	8,4	11	12
K ₂ O	0,16	0,5	2	
Na ₂ O	0,44	0,3		
P. F.	9,01	11,4		12,5

A: Berthiérine du jurassique moyen de chamosentze - Suisse - (DEVERIN 1945)

B: Berthiérine actuelle du delta du Niger (PORRENGA 1967)

C: Berthiérine actuelle du plateau continental du Gabon (GIRESSE 1964).

D: Berthiérine actuelle du plateau continental de Guinée
(Von GAERTNER et SCHELLMAN 1965).

Composition chimique de granules bruns des plateaux continentaux du Nigéria et de la Côte d'Ivoire.

Nigéria		Côte d'Ivoire
22,68	Si O ₂	28,24
9,14	Al ₂ O ₃	9,64
46,82	Fe ₂ O ₃	42,30
1	Fe O	-
1,98	Ca O	1,62
2,92	Mg O	6,70
0,24	Na ₂ O	0,21
0,58	K ₂ O	0,19
0,79	Ti O ₂	0,98
0,11	Mn O	-
2,64	P ₂ O ₅	-
12,15	P. F.	11,57

La composition chimique des échantillons 1 et 2 du plateau continental ivoirien se rapproche de celle de l'échantillon de proto-glaucosite du delta du Niger. La teneur en potassium peut varier dans les glaucosites de 2 à 7%. Les échantillons 1 et 2 contiennent 2,12 et 2,13% de potassium alors que la proto-glaucosite du Nigéria, que PORRENGA rattache au type 3 de BURST, en contient 2,6%.

Par contre, la composition chimique de l'échantillon 3, contenant des granules bruns, est très proche de celle des granules bruns de goethite décrits par PORRENGA au Nigéria et GIRESSSE au Gabon. Sa composition chimique se rapproche également de celle de la berthiérine du jurassique moyen suisse (A). Il est donc probable que la couche brune est formée par de la goethite et que le centre, de couleur verte, est formé de berthiérine.

IV-VI - Etude aux Rayons X.

Les analyses ont été effectuées à Orsay par le laboratoire de sédimentologie du professeur A. RIVIERE.

Echantillon n°1:

Granules verts prélevés à -100m en face de Grand-Lahou.

L'étude sur agrégats orientés, après élimination des oxydes de fer libres par le traitement -Mehra-Jackson, donne les résultats suivants:

<u>brut</u>	<u>MgCl₂</u>	<u>MgCl₂ + glyc</u>	<u>KCl</u>	<u>1h30 à 490°C</u>	<u>HCl</u>
11,79 Å	14,24 Å	15,30 Å	12,66 Å	9,93 Å	
7,16	7,12	12,98	7,14	4,93	
3,56	3,55	9,91	3,56	3,32	
3,32	3,32	7,14	3,33		

Ce qui laisse supposer:

- 1) interstratifié vermiculite-chlorite
- 2) très peu ou pas d'illite vraie
- 3) berthiérine.

La structure vermiculitique est impliquée par le non gonflement à la glycérine. Elle serait liée à la peroxydation partielle du fer en couche octaédrique. L'analyse thermique différentielle indique la présence d'un peu de goethite et suggère une structure beidellitique (déficit en couche tétraédrique).

Echantillon n°2:

Granules verts prélevés à -120m en face de Grand-Bassam.

Nous obtenons les écarts suivants:

<u>brut</u>	<u>MgCl₂</u>	<u>MgCl₂ + glyc.</u>	<u>KCl</u>	<u>1h30 à 490°C</u>	<u>H Cl</u>
12,07 Å	14,44 Å	15,30 Å	12,66 Å	9,93 Å	
7,14	7,12	12,98	7,14	4,93	
3,56	9,56	9,91	3,56	3,32	
3,32	3,32	7,14	3,33		

Il est très voisin de l'échantillon n°1, mais les proportions seraient un peu différentes (peut-être y a-t-il déjà un peu plus de feuillets chloriteux dans l'interstratifié).

Echantillon n°3:

Granules bruns prélevés à -30m en face de Grand-Bassam.

Nous obtenons les écarts suivants:

<u>brut</u>	<u>MgCl₂</u>	<u>MgCl₂ + glyc.</u>	<u>KCl</u>	<u>1h30 à 530°C</u>	<u>H Cl</u>
13,50 Å	14,65 Å	14,65 Å	14,05 Å	9,83 Å	
9,96	9,96	10,06	9,96		
7,14	7,12	7,14	7,16	3,31	
4,91	4,91	3,55	3,55		
3,55					
3,33		3,32	3,33		

La persistance de la raie à 14,6 Å lors du traitement KCl montre une tendance des feuillets vermiculitiques de l'interstratifié à se stabiliser en feuillets chloriteux (chlorite fragile). Il y aurait une glauconite illitique vraie fixée à 10 Å et de la berthiérine.

L'illite stable et la chlorite, plus abondante dans l'interstratifié, témoigneraient d'une diagénèse plus avancée.

L'analyse thermique différentielle indique la présence de goethite. Celle-ci serait plus abondante que dans les échantillons n°1 et n°2.

Echantillon n°4:

Granules vert-foncé prélevés à -60m dans la carotte B5.

Nous obtenons les écarts suivants:

<u>brut</u>	<u>MgCl₂</u>	<u>MgCl₂ + glyc.</u>	<u>KCl</u>	<u>1h30 à 490°C</u>	<u>H Cl</u>
12,21 Å	14,65 Å	14,65 Å	12,66 Å	9,93 Å	
7,17	7,14	7,16	7,14	4,23	
4,24	4,23	4,24			
3,57	3,57	3,55		3,32	
3,33	3,33	3,33			

L'action de KCl montre dans l'interstratifié une évolution de la structure vermiculitique vers la chlorite beaucoup moins accentuée que dans l'échantillon n°3. Il n'y a pas d'illite stable.

Ces granules vert-foncé sont très proches des granules verts des échantillons n°1 et n°2.

Conclusion.

Les granules prélevés à faible profondeur devant Grand-Bassam semblent être formés, comme au Gabon et au Nigéria, d'une couche brune de goethite enfermant un noyau de couleur verte formé d'un mélange de berthiérine, d'illite (ou glauconite) et d'un interstratifié chlorite-vermiculite. Les feuillets vermiculitiques de l'interstratifié ont tendance à se stabiliser en feuillets chloriteux (chlorite fragile).

Les granules verts, qui au point de vue composition chimique se rapprochent des proto-glauconites décrites par PORRENGA au Nigéria, sont formés par un mélange de berthiérine et d'un interstratifié chlorite-vermiculite. On peut les rattacher aux glauconites du type 3 de BURST. Au Gabon, GIRESSE a donné une composition identique.

Conclusion générale.

Installé sur deux régions géologiques bien distinctes (à l'Ouest le socle ancien, à l'Est le bassin sédimentaire), le plateau continental ivoirien s'étend sur environ 300 milles de longueur et 12 à 18 milles de largeur. Le littoral peut se diviser en deux parties: la côte Est, plate et sableuse, installée sur un compartiment affaissé, et la côte Ouest, élevée et coupée de pointes rocheuses, correspondant au bord d'un bloc soulevé.

Le relief du pays est comparable à celui d'une ancienne pénéplaine en pente douce vers le Sud, culminant à la frontière Nord vers 350 à 400m et descendant à une cinquantaine de mètres au contact des sables tertiaires du Sud. Ce relief fournira peu de matériel à la sédimentation. Le climat est chaud et humide dans le Sud, aussi les actions chimiques et biochimiques entraînent-elles une très forte altération. Mais les formations forestières qui couvrent le Sud de la Côte d'Ivoire s'opposent à l'évacuation du produit de cette altération par les cours d'eau qui ne transportent que des colloïdes et des particules fines.

Le littoral de la Côte d'Ivoire est un littoral à forte énergie soumis à des actions morphodynamiques intenses. En surface, il existe un courant qui porte vers l'Est mais il existe également un sous-courant de sens contraire. La dérive littorale, très importante, se fait vers l'Est; elle est de l'ordre de $800.000m^3$ à l'Ouest du Trou sans fond et de $200.000m^3$ dans la région de San-Pédro.

Un accident topographique majeur, le Trou sans fond, entaille le plateau continental dans son entier. Ce canyon ne possède pas un tracé arborescent, mais a, au contraire, un tracé en "baïonnette" dont les directions coïncident avec celles d'accidents mis en évidence dans la partie terrestre du bassin. Il peut y avoir à l'origine du Trou sans fond une ancienne vallée terrestre, cette dernière étant peut-être tributaire de failles. Un changement d'orientation de la côte, face au Trou sans fond, fait passer le transit littoral de $800.000m^3$ à $400.000m^3$; il existe donc le matériel nécessaire à l'alimentation d'éventuels courants de turbidité. Nous avons également des preuves d'éboulements importants en tête de canyon. Le plus vraisemblable est que plusieurs agents de creusement ont agi ensemble ou les uns après les autres. Ainsi, on peut supposer qu'à l'origine il y avait une

vallée aérienne, elle-même régie par des failles et qui a été élargie et approfondie par des agents d'érosion subaquatiques, la subsidence ayant pu faciliter le creusement.

L'étude des carottes prélevées entre Grand-Bassam et Fresco sur les isobathes -50, -60 et -80m permet de définir quatre zones de sédimentation: deux zones où la sédimentation actuelle est vaseuse et sûrement assez importante, et deux zones où la sédimentation actuelle est inexistante. Il ne semble pas que les régions vaseuses soient des zones plus subsidentes que les autres car la vase vient en surélévation sur un fond uniformément sableux.

D'après les datations au 14C de deux tourbes, on peut reconstituer une partie de l'histoire récente du plateau continental. La mer est passée par le niveau -60m, il y a 23.000 ± 1.000 ans lors de la régression Post-Inchirienne. Elle est repassée par ce même niveau il y a 11.900 ± 250 ans lors de la régression Pré-Nouakchottienne. Le niveau minimal de la régression se situerait vers -100m.

Nous rencontrons sur le plateau continental ivoirien des granules ovoïdes bruns et verts qui semblent être des déjections d'animaux fouisseurs minéralisées. Les granules bruns sont formés d'une couche de goethite qui entoure un noyau de couleur verte formé d'un mélange de berthiérine, d'illite (glauconite) et d'un interstratifié vermiculite-chlorite. Les granules verts sont formés d'un mélange de berthiériene et d'un interstratifié vermiculite-chlorite. On peut les rattacher aux glauconites du type 3 de BURST.

- BIBLIOGRAPHIE -

- ALLEN, J.R.L. (1965) - Coastal geomorphology of eastern Nigeria: beach - ridge barrier islands and vegetated tidal flats.
Geol en Mijnbouw Nederl. 1965, 44, n°1, pp.1-21.
- ALLEN, J.R.L. (1965) - Late quaternary Niger delta and adjacent areas: sedimentary environments and lithofacies.
Bull. Amer. Assoc. of Petrol - Geol. vol.49, n°5, pp.547-600
- ALLEN, J.R.L. (1964) - The Nigerian continental margin: bottom sediments, submarine morphology and geological evolution.
Marine geology I, pp.289-332.
- ALLEN, J.R.L. and WELLS, J.W. (1962) - Holocene coral banks and subsidence in the Niger delta.
Journ. of Geol. vol.70, n°4 Chicago, pp.381-397.
- ARCHAMBAULT (1939) - Les indices pétrolifères de la basse Côte d'Ivoire et de la "Gold Coast". Les gisements de bitume d'Eboinda.
Bull. D.F.M.G. AOF n°2
- BENTON, V.K. and KASTNER, M. (1963) - Notes on the mineralogy and origin of glauconie.
Journ. of Sedim. Petrol. vol.35, n°1, pp.156-166
- ✓ BERTHOIS, L. (1965) - Essai de corrélation entre la sédimentation actuelle sur le bord externe des plates-formes continentales et la dynamique fluviale.
Progress in Oceanography G-B. vol.3, pp.49-62.
- ✓ BERTHOIS, L. (1960) - La répartition des sédiments actuels sur les plates-formes continentales.
C.R. Ac. Sc. t.250, pp. 2.239-40
- BERTHOIS, L. & LE CALVEZ, Y. (1966) - Etude sédimentologique des dépôts à jullienella foetida de la région d'Abidjan.
Bull. B.R.G.M. (1966), n°1, pp. 45-55.
- BERTON, Y. (1961) - Les formations sédimentaires du Continental Terminal en Côte d'Ivoire.
Rapport B.R.G.M. (Programme du Gouvernement de Côte d'Ivoire).

- BESAIRE, H. - Essai de classification des terrains sédimentaires de la Côte d'Ivoire.
Rapport Dir. Min de l'AOF n°9 DAKAR.
- BLACHE, J. (1941) - Un fossé sous-marin "le Trou sans fond" d'Abidjan.
C.R. Revue geogr. Alpes t.29, fasc.4, pp.721-725.
- BOURCART, J. (1949) - La théorie de la flexure continentale
C.R. du XVI Congrès inter. de géographie Lisbonne, pp.167-190
- BOURCART, J. & GLANGEAUD, L. (1958) - Perturbations sous-marines et courants de
turbidité résultant du tremblement de terre d'Orléansville.
C.O.E.C. t.10, n°10, p.642.
- LE BOURDIEC, P. (1958) - Contribution à l'étude géomorphologique du bassin sédimen-
taire et des régions littorales de la Côte d'Ivoire.
Etudes Eburnéennes VII Abidjan.
- LE BOURDIEC, P. (1958) - Aspect de la morphogénèse plioquaternaire en basse :
Côte d'Ivoire.
Rev. géomorphologie Dyn.X, pp.33-42
- BURST, J.F. (1958) - "Glauconite" pellets: their mineral nature and applications
to stratigraphic interpretation.
Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologist. 42, pp. 310-327.
- BURST, J.F. (1958) - Mineral heterogeneity in glauconite pellets.
Am. Mineralogist., 43, pp. 481-487.
- CAILLIE, S. & GIRESSE, P. (1966) - Etude minéralogique de diverses glauconies
actuelles - Nouvelle contribution à la genèse des minerais
de fer sédimentaire (Gabon, Gallice, Bretagne).
C.R.Ac. t.263, n°23, pp. 1804-1807.
- LE CALVEZ, Y. (1963) - Contribution à l'étude des forams de la région d'Abidjan.
Rev. Micropal Fr. G. n°1, pp. 41-50.
- C.-G.G. - Etude géophysique par la méthode gravimétrique du bassin sédimentaire
de l'A.O.F.
Rapport inédit juin 52 - mars 53.
- CLOSS, P. - FRIPIAT, J.J., and VIELVOYE, L. - Mineralogy and chemical characteris-
tics of a glauconite soil of the Hageland Region (Belgium).
Soil Science vol.91, n°1, pp. 55-65.

- CLOUD, P.E. (1955) - Physical limits of glauconite formation.
Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. vol.39, n°4, pp.484-492.
- DANGEARD, L. - LARSONNEUR, C. & MIGNIOT, C. (1965) - Les courants de turbidité, les coulées boueuses et les glissements: résultats d'expérience.
C.R. Ac. Sc. t.261, pp.2123-2126.
- DEBYSER, J. (1959) - Contribution à l'étude géochimique des vases.
Thèse Paris. publiée en 1961 par I.F.P.
- X DEBYSER, J. (1955) - Etude sédimentologique du système lagunaire d'Abidjan.
Rev. I.F.P. t.10, p.319
- DEBYSER, J. (1952) - Observations sur le milieu anaérobie de la lagune Ebrié.
C.R. Ac. Sc. Fr. (1952), t.235, n°20, pp.1238-1240.
- DELTEIL, J.R. & De SPENGLER (1963) - Le bassin secondaire et tertiaire de Côte d'Ivoire.
In: "Les bassins sédimentaires de la côte occidentale d'Afrique".
Publ. Assoc. Serv. Geol. Africains.
- DESBROSSES, J. (1966) - Les associations de foraminifères sur le rebord du plateau continental au large de la Côte d'Ivoire.
D.E.S. n°55 Laboratoire de géologie Dijon.
- DIADTCHENKO, M.G. & HATUNTCHIEVA, A.I. (1955) - Au sujet de la genèse de la glauconie.
Bull. Acad. Sc. URSS 101.
- EHLMANN, A.J. - HULINGS, N.C. and GLOVERS, E.D. (1963) - Stages of glauconite formation in modern foraminiferal sediments.
J. Sediment Petrol. 33, pp. 87-96.
- FAURE, H. & ELOUARD, P. - Schéma des variations du niveau de l'océan Atlantique sur la côte de l'Ouest Africain depuis 40000 ans.
C.R. Ac. Sc. Paris t.265, pp. 784-787.
- GALLIHER, E.W. (1939) - Biotite - Glauconite transformation and associated minerals.
Rec. Mar. Sed. pp. 513-515.
- GALLIHER, E.W. (1935) - Geology of glauconite.
Bull. Am. Assoc. Petro. Geol. 19, pp. 1569-1601.

- GENNESSEAUX, M. (1962) - Une cause probable des écoulements turbides dans le canyon sous-marin du Var.
C.R. Ac. Sc. t.254, (11), pp. 2038-2039.
- GIRESSE, P. (1965) - Observations sur la présence de "glauconie" actuelle dans les sédiments ferrugineux peu profonds du bassin gabonais.
C.R. Ac. Sc. Paris 260, pp. 5597-5600.
- GIRESSE, P. (1965) - Oolites ferrugineuses en voie de formation au large du Cap Lopez (Gabon).
C.R. Ac. Sc. t.260, pp.2550-2552.
- GLANGEAUD, L. (1949) - Observations sur le tirage granulométrique des sédiments le long des plages sableuses à marée.
Colloque de Sédimento. et quaternaire de la ROCHELLE
pp. 95-111.
- GLANGEAUD, L. (1941) - Corrélation statistique, classification et hiérarchie des facteurs intervenant dans la formation des sédiments.
Bull. Soc. Geol. Fr. 5ème série, t.II, pp. 371-388.
- GRUNER, J.W. (1935) - The structural relationship of glauconite and mica.
Journal of the Minera. Society of Amer. vol.20.
- GUERIN - VILLEAUBREIL (1962) - Hydrogéologie en Côte d'Ivoire.
Mémoire du B.R.G.M. n°20.
- GUERIN - VILLEAUBREIL - Géologie du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire.
Rapport D.F.M.G. Dakar Janv.1956.
- GUILCHER, A. (1961) - Océanographie côtière en Côte d'Ivoire.
Norois Fr. n°29, p.8.
- HEBRARD, L. (1957) - Rapport sur les travaux de reconnaissance effectués sur les indices de titane et de zircon de la région littorale du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire.
D.F.M.G. Dakar sept.1957.
- HOWER, J. (1961) - Some factors concerning the nature and origin of glauconite.
The american mineralogist vol.46, pp.313-334.
- JOHANNES, R.E., and MASAKO SATOMI (1966) - Composition and nutritive value of fecal pellets of a marine crustacean.
Limnol. Ocean. 11, (2), pp.191-197.

- KORNICKER, L.S. (1962) - Evolutionary trends among mollusk faecal pellets. *Journal of Paleontology* vol.36, n°4.
- KUENEN (1950) - Marine geology.
Wiley edit. New-York - Chapman and Hall London.
- LAFOND, L.R. (1967) - Etudes littorales et estuariennes en zone intertropicale humide.
Thèse fac. Sc. Orsay.
- LECLAIR, L. (1964) - Contribution à l'étude des conditions physico-chimiques favorables à la genèse de la glauconie dans le détroit de Sicile.
C.R. Ac. Sc. t.258, pp. 5020-5022.
- LEMASSON, L. & REBERT, J.P. (1968) - Observations de courants sur le plateau continental ivoirien - Mise en évidence d'un sous-courant.
Document Scientifique Provisoire n°022 du Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan.
- LENEUF, N. (1962) - Les pseudo-oolithes ferrugineuses des plages de Côte d'Ivoire.
C.R. Som. S.G.F. n°5, pp. 142-146.
- LENEUF, N. (1968) - Le continental Terminal - Contribution à l'établissement de la notice explicative de la carte géologique au 1/1000.000 de la Côte d'Ivoire.
Faculté des Sciences d'Abidjan.
- MALAVOY (1934) - Sur quelques particularités du littoral et des lagunes de la Côte d'Ivoire.
C.Rendu Congr. Int. Geogr. Varsovie 1934, t.II
- MANGHANI, M.H., and HOWER, J. (1964) - Glauconites: Cation exchange capacities and infrared spectra.
Am. Mineralogist 46, pp.586-598.
- MANGIN, J.P. (1963) - Etude des phénomènes actuels d'érosion, de transport et de sédimentation conduisant à des dépôts alternant.
C.R. Ac. Sc. Geol. Fr. 5, pp. 153-155.
- MANGIN, J.P. - LECOLLE, J. - MATHIEU, P. - MONNET, C. - PINTAS, S. & SIRCOULON (1966) Géochimie des eaux naturelles: le transport en solution par un fleuve de Côte d'Ivoire.
C.R. Ac. Sc. Paris, t.262, pp. 2204-2206.

- MARTIN, L. (1963) - Contribution à l'étude d'échantillons de sondages sous-marins.
Thèse 3ème cycle Paris.
C.R. Ac. Sc. t.256, pp. 2456-2458.
- MAUGIS, P. (1955) - Compte-rendu des études de pré-reconnaissance pétrolière en A.O.F.
Bull. D.F.M. et G. n°19, pp. 11-99. Dakar 1955.
- MAUGIS, P. (1954) - L'activité de la mission de pré-reconnaissance du Bureau de
Recherches de Pétrole dans les bassins sédimentaires de l'AOF.
Rev. Inst. Franç. Petr. vol.IX, n°1.
- HILLOT, G. (1964) - Géologie des argiles.
Masson edit. Paris.
- MOORE, H.B. - Faecal pellets in relation to marine deposits.
Recent Marine Sediments. A Symposium pp.516-523 - Trask edit.
- MORNET Cap. (1907) - Les lagunes de la Côte d'Ivoire.
Bull. Comité Af. Fr. n°7.
- NICOLAS, J. (1962) - Sur la présence de "glauconie" en Bretagne centrale.
Genèse et synthèse des argiles Coll. Intern. C.N.R.S.
- NIZERY (1949) - Etude hydrographique et océanographique du Trou sans fond près
d'Abidjan.
Comité Centr. Oceanogr. et Côtes Bull. inf. Fr. t.1, n°7,
pp. 13-19.
- PELISSIER, L. (1942) - Note sommaire sur les travaux hydrographiques exécutés
dans la région du Trou sans fond.
Annexe 2 de l'instruction technique n°204 - S.H.M. Paris.
- PELNARD-CONSIDERE (1935) - Le Port d'Abidjan. - Etudes actuelles et essais sur
modèles réduits.
Ann. Phys. Globe France O.M. n°10.
- PORRENGA, D.H. (1967) - Glauconite and chamosite as depth indicators in the marine
environment.
Marine geology vol.5, n°5-6, pp. 495-501.
- PORRENGA, D.H. (1967) - Clay mineralogy and geochemistry of recent marine sediments
in tropical areas.
Ed. Druk: Stolk-Dordt Pays-Bas.

- PORRENGA, D.H. (1966) - Clay minerals in recent sediments of the Niger delta.
Proc. of the 14th Nat. Conf. on clays and clays minerals Berkeley, pp.221-223.
- PRATT, W.L. (1963) - Glauconite from the sea floor of Southern California.
Essays in Marine Geology in honor of K.O. Emery -
Los Angeles.
- PRATT, W.L. (1962) - Origin and distribution of glauconites and related clay
aggregats on the sea floor of southern California.
Bull. Am. Assoc. Petrol. geologist. 46, p.275.
- PRUNET, J. (1938) - La géologie de la région d'Abidjan.
Bull. Com. Etudes hist. et Scient. AOF XXI, n°1, pp.1-19.
- PRUNET, J. (1937) - L'eau à Abidjan.
Bull. Com. Etudes hist. et Scient. AOF XX, pp. 377-386.
- RIVIERE, A. (1960) - Généralisation de la méthode des faciès granulométriques
par extension de la notion d'indice d'évolution. Détermination de celui-ci.
C.R. Ac. Sc. t.250, n°17, pp.2917-2919.
- RIVIERE, A. (1957) - Sur le caractère intrinsèque de l'indice d'évolution de la
méthode des faciès granulométriques.
C.R. Ac. Sc. t.224, n°10, pp.1389-1391.
- RIVIERE, A. (1952) - La granulométrie des sédiments argilo-vaseux est susceptible d'une expression analytique générale.
Notion de faciès granulométriques.
C.R. Ac. Sc. t.234, n°27, pp. 26-28.
- RIVIERE, A. (1952) - Expression analytique générale de la granulométrie des
sédiments meubles.
Indices caractéristiques et interprétation géologique.
Notion de faciès granulométriques.
B.S.G.F. (2), n°1-3, p.115.
- RIVIERE, A. & RIVIERE, M. (1962) - Possibilité d'une expression gaussienne
très approchée de la granulométrie de nombreux sédiments.
C.R. Ac. Sc. Mars 62, pp. 3396-3398.
- ROOSE, E. & CHEROUX, M. (1962) - Les sols du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire.
Cah. ORSTOM série Pédol. vol.IV, n°2, pp.51-92.

- SABATIER, G. (1949) - Recherches sur la glauconie.
Bull. Soc. Fr. Miné. et Cristal. t.72, pp.475-541.
- SHEPARD, F.P. (1948) - Submarine geology Hayer. brother - New-York.
- SHEPARD, F.P., and DILL, R.F. (1966) - Submarine canyons and other sea valley.
Rand Mc. Nolly and Co.
- TAGINI, B. (1965) - Esquisse géotectonique de la Côte d'Ivoire.
Rapport n°107 S.O.D.E.M.I. Abidjan.
- TAKAHASHI, J., and YAGI, T. (1929) - The peculiar mud-grains in the recent littoral and estuarine deposits with special reference of the origin of glauconite.
Econ. Geol. vol.24, pp.838-852.
- THIBAUT, P. (1938) - Etude géologique de la bordure sédimentaire de la basse Côte d'Ivoire.
Inedit serv. des mines A.O.F.
- TRICART, J. (1962) - Etude générale de la desserte portuaire de la "Sassca".
Les sites portuaires, leurs caractéristiques morpho-dynamiques et leurs possibilités d'aménagement.
1ère partie C.O.E.C. t.XIV, n°2, pp.88-97.
2ème partie C.O.E.C. t.XIV, n°3, pp.146-161.
- TRICART, J. (1957) - Aspects et problèmes géomorphologiques du littoral occidental de la Côte d'Ivoire.
Bull. Inst. Fr. Afr. Noire série A. vol.19, n°1, pp.1-20.
- TRIPLEHORN, D.H. (1966) - Morphology internal structure and origin of glauconite pellets.
Sédimentology. vol.6, n°4, Juin 1966.
- VARLET, F. (1958) - Les traits essentiels du régime côtier de l'Atlantique près d'Abidjan.
Bull. Inst. Fr. Afr. Noire série A. vol.20, n°4, pp.1089-102.
- VARLET, F. (1958) - Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan.
Etudes Eburnéennes. vol.VII, pp.101-220.

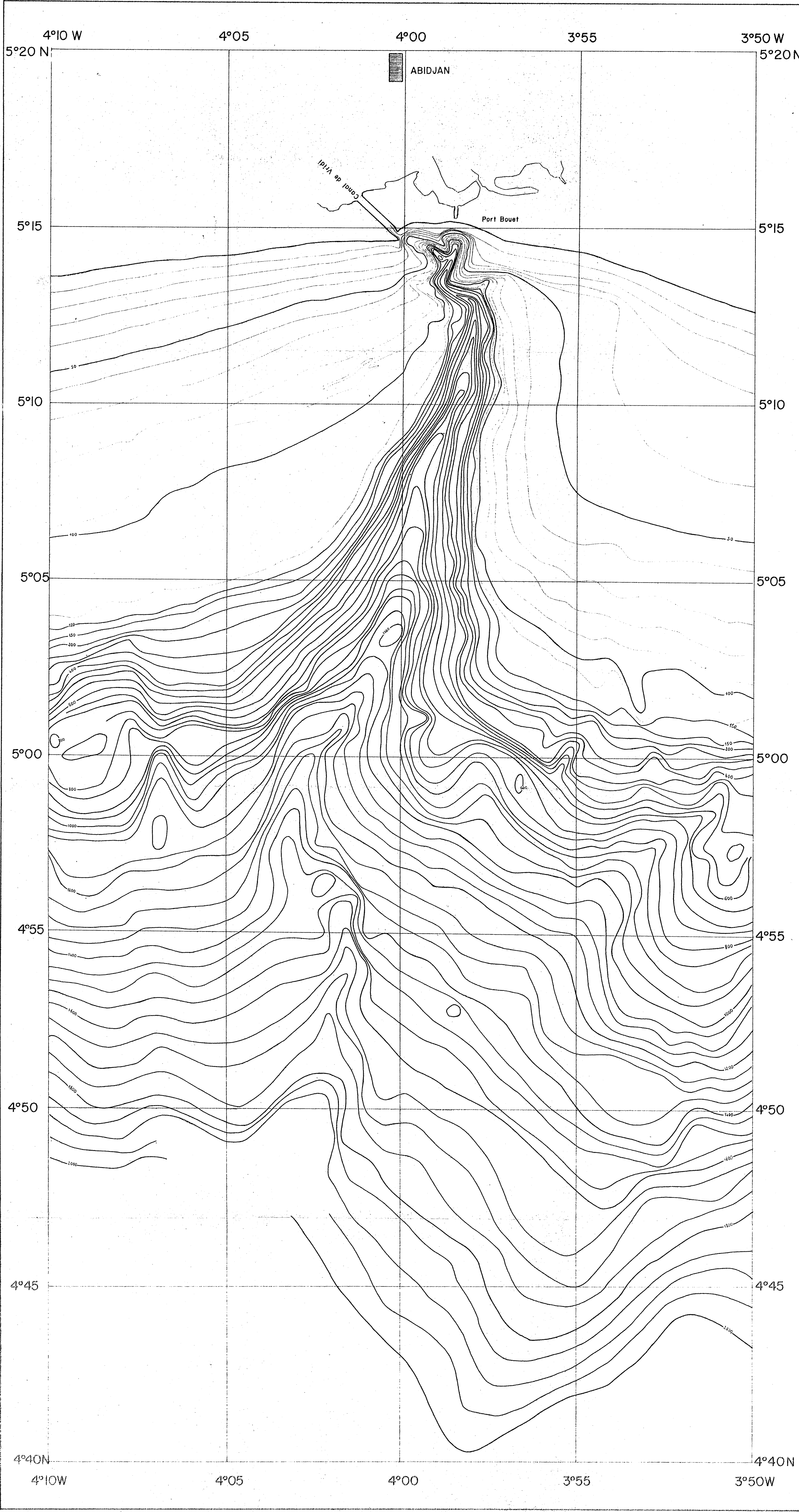
DOCUMENTS DU CENTRE DE RECHERCHES OCEANOGRAPHIQUES

- 001 - MARCHAL, E.G. - Avril 1966
Fluctuations de la pêche des sardinelles en Côte d'Ivoire.
- 002 - REYSSAC, J. - Avril 1966
Le phytoplancton entre Abidjan et l'Equateur, pendant la saison chaude.
- 003 - REYSSAC, J. - Avril 1966
Quelques données sur la composition et l'évolution annuelle du phyto-
plancton au large d'Abidjan.
- 004 - MARCHAL, E.G. - Avril 1966
Teneur en matières grasses et teneur en eau chez deux clupéidés de Côte
d'Ivoire.
- 005 - MARCHAL, E.G. - Octobre 1966
Oeufs, larves et post-larves de l'anchois du Golfe de Guinée,
(*Anchoviella guinéensis*).
- 006 - TROADEC, J.P. - Octobre 1966
Observations sur la biologie et la dynamique des Pseudotolithus senegalensis
dans la région de Pointe-Noire.
- 007 - BERRIT, G.R. - Octobre 1966
Catalogue des données disponibles sur le milieu physique - (Secteur marin
d'Abidjan).
- 008 - BAUDIN-LAURENCIN, F.G. - Octobre 1966
Sur une amélioration concernant la numérotation des carrés statistiques
Marsden.
- 009 - BERRIT, G.R. - Octobre 1966
Les eaux dessalées du Golfe de Guinée.
- 010 - REYSSAC, J. - Décembre 1966
Diatomées et dinoflagellés des eaux ivoiriennes pendant l'année 1965 -
Variations quantitatives.
- 011 - TRADUCTION, Janvier 1967
Gulland, J.A., et Cadima E. Méthodes d'analyse des populations de poissons.
Chap. I: Mathématiques. - (trad. J.P. TROADEC).

- 012 -- REYSSAC, J. - Janvier 1967
Note sur les variations nycthémerales des diatomées et dinoflagellés en deux points du littoral ivoirien.
- 013 -- REYSSAC, J. - Février 1967
Diatomées et dinoflagellés récoltés par le navire "OMBANGO" dans les parages de l'île Annobon.
- 014 -- MARCHAL, E. G. - Mai 1967
Clé provisoire de détermination des oeufs et larves des clupéidés et engraulidés ouest-africains.
- 015 -- BAUDIN-LAURENCIN, F. G. - Mai 1967
La pêche de l'albacore dans la région nord-équatoriale du golfe de Guinée (entre Monrovia et le Cap Formose).
- 016 -- BERRIT, G. R. - R. GERARD & L. VERCESI -- Juin 1967
Observations Océanographiques exécutées en 1966 -- I -- Stations Hydrologiques.
- 017 -- BERRIT, G. R. - GERARD, R. & VERCESI, L. -- Janvier 1968
Observations Océanographiques exécutées en 1966
II. -- Stations Côtières -- Observations de surface -- et de fond.
- 018 -- BERRIT, G. R. - GERARD, R. & VERCESI, L. -- Juin 1967
Observations Océanographiques exécutées en 1966
III. -- Bathythermogrammes.
- 019 -- MARCHAL, E. G. - Décembre 1967
La pêche des sardiniers ivoiriens en 1966.
- 020 -- TROADEC, J. P. - Février 1968
Note sur le développement possible de l'exploitation des crevettes en Côte d'Ivoire
- 021 -- BAUDIN-LAURENCIN, F. G. - Avril 1968
Croissance et Age de l'Albacore du Golfe de Guinée -- Etude Préliminaire.
- 022 -- LEMASSON, L. & REBERT, J. P. - Mai 1968
Observations de courants sur le plateau continental ivoirien mise en évidence d'un sous-courant.
- 023 -- BARON, J. C. - Mai 1968
Note sur le sang de quelques poissons marins de Côte d'Ivoire
(*Scomber japonicus*, *Coryphaena hippurus*, *Acanthocybium solandri*, *Euthynnus alleteratus*, *Tetrapturus* sp.)

- 024 - BAUDIN LAURENCIN, F.G. & MARCHAL, E.G. - Juin 1968
Contribution à l'étude biométrique de l'Albacore (*Thunnus Albacares*)
du golfe de Guinée.
- 025 - LE LOEUFF, P. & INTES, A. - Juillet 1968
La faune benthique du plateau continental de Côte d'Ivoire
Récoltes au chalut - Abondance - Répartition -
- 026 - BERRIT, G.R. - GERARD, R. - LEMASSON, L. - REBERT, J.-P. & VERCESI, L.
Août 1968
Observations Océanographiques exécutées en 1967
I.- Stations hydrologiques - Observations de surface et de fond.
Stations côtières
- 027 - BERRIT, G.R. - GERARD, D. - LEMASSON, L. - REBERT, J.-P. & VERCESI, L.
Octobre 1968
Observations Océanographiques exécutées en 1967.
II.- Bathythermogrammes.
- 028 - BARON, J.-C. - Août 1968
Etude préliminaire des protéines du Cristallin de deux espèces de
Sardinelles - (*Sardinella aurita* C.V., *Sardinella eba* C.V.).
- 029 - BARON, J.-C. - Octobre 1968
Etude préliminaire sur le sang de deux espèces de Sardinelles
- 030 - TROADEC, J.-P. - Novembre 1968
Le regime alimentaire de deux espèces de Sciaenidae ouest-africains
(*Pseudotolithus senegalensis* V. et *Pseudotolithus typus* Blkr.).
- 031 - BARRO, M. Novembre 1968
Première estimation sur la croissance des *Brachydentarus Auritus*
(Val. 1834) en Côte d'Ivoire
- 032 - Campagne guinée I du "Jean Charcot" - Résultats d'observations
fascicule I. Bathythermogrammes
fascicule II. Courants (à paraître)
fascicule III. Stations hydrologiques (à paraître)
fascicule IV. Phytoplancton (à paraître)
fascicule V. Atlas (à paraître)
- 033 - TROADEC, J. P. - BARRO, M. - BOUILLON, P. - Mars 1969
Pêche au chalut sur la radiale de Grand-Est am.
- 034 - MARTIN, L. Mars 1969
Introduction à l'étude géologique du plateau continental ivoirien-
Premiers résultats
- 035 - REYSSAC, J. Mars 1969
Mesures de la production primaire par la méthode du ¹⁴C au large de
la Côte d'Ivoire

CARTE BATHYMETRIQUE DU TROU SANS-FOND.



D'après les minutes du service hydrographique . Missions : 62_64_65

L'écart des courbes de niveau est de :
10 mètres de 0 à 120 m
50 mètres de 150 à 2000 m
Echelle 1 : 100 000

L. MARTIN
Centre de Recherches Océanographiques
ABIDJAN