

J. LECOLLE

L'EMBOUCHURE DU BANDAMA A GRAND - LAHOU

Variations morphologiques saisonnières



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIGPODQUMÉ - CÔTE D'IVOIRE

Août 1970

B. P. 20 - ABIDJAN

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIPODOUME

Laboratoire de Sédimentologie

L'EMBOUCHURE DU BANDAMA A GRAND-LAHOU (COTE D'IVOIRE)

VARIATIONS MORPHOLOGIQUES SAISONNIERES

J. LECOLLE

Juillet 1970

Ce rapport entre dans le cadre de l'étude sur l'érosion, le transport et la sédimentation en milieu intertropical (Bassin du BANDAMA).

Cette opération a été conçue et dirigée par Monsieur le Professeur J-Ph. MANGIN (1).

(1) - Laboratoire de Géologie et de Sédimentologie.
Faculté des Sciences de NICE.

A) LA MER

I - INTRODUCTION : But de l'étude

La morphologie de l'embouchure ou grau du Bandama à Grand-Lahou est tributaire de la mer et du fleuve.

Nous exposerons donc ici les généralités sur le milieu marin et ce qui peut engendrer des modifications de formes de l'embouchure les courants marins, les vents, la houle et le cheminement des sables.

Ensuite nous étudierons les variations de l'embouchure au cours des saisons de mars 1963 à octobre 1968 en liaison avec les débits du fleuve.

Nous terminerons par un aperçu sur la granulométrie et la minéralogie des sables du cordon littoral de part et d'autre de la passe de Grand-Lahou.

L'élargissement du fleuve dans ce qu'on appelle communément la "lagune de Grand-Lahou" fera l'objet d'un rapport ultérieur.

II - SITUATION GEOGRAPHIQUE

La région étudiée est située à l'embouchure du Bandama à environ 80 km à l'Ouest d'Abidjan par la Côte. Cette zone fait partie d'un ensemble plus vaste qui s'étend du Cap des palmes (à la frontière du Libéria) au Cap des 3 points (Ghana) et forme le littoral ivoirien.

Cette côte comporte 2 faciès très différents, à l'Ouest une côte rocheuse qui se prolonge jusqu'à Fresco. Les falaises recouvertes jusqu'au pied par la forêt ou protégées par une large plage, ne sont presque jamais atteintes par la mer. Le sable est composé surtout de produits d'altération.

De Fresco à la frontière ghanéenne commence une côte basse et sableuse accompagnée d'une série de lagunes qui se poursuivent tout le long du littoral. Les fleuves ivoiriens de cette région se jettent en lagune avant de déboucher en mer, parfois en longeant la côte pour trouver une embouchure ou grau. Il existe un antagonisme entre l'action de la mer qui cherche à reconstituer le cordon littoral et l'action du fleuve qui érode ce cordon pour sortir en mer, c'est pourquoi la forme des embouchures subit des variations périodiques que nous étudierons plus loin. Elles peuvent même changer de place, se fermer là et s'ouvrir ailleurs. Ce phénomène de migration de l'embouchure est assez général sur l'ensemble du littoral ivoirien. Ce système^{de}/lagune permet aux rivières de décanter leurs eaux en partie à l'abri du cordon littoral avant de déboucher en mer.

En ce qui concerne le Bandama plus précisément étudié ici la passe semble n'avoir jamais connu de déplacement inférieur à 150 m (LE BOURDIEC)

III - CONDITIONS OCEANOGRAPHIQUES (d'après VARLET 1958)

3.1. La marée

La côte est soumise à des marées semi-diurnes de faible amplitude. Les marnages sont de 2 m maximum à moins de 0,20 m. La marée est sensiblement en phase sur la côte du Golfe de Guinée. En lagune l'amplitude du marnage peut être égale à la moitié de l'amplitude en mer avec un retard parfois important.

3.2. Fortes barres 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 observés n'ont qu'une action négligeable sur le niveau de la mer. Les séismes sont relativement rares et faibles, et les "raz de marée" observés ne sont souvent qu'une très forte barre coïncidant avec des vents assez forts provoquant ainsi une avancée de la mer sur la terre.

3.3. Les courants marins (d'après LEMASSON et REBERT 1968)

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

3.3.1. Le courant de Guinée, continuation du contre courant équatorial longe le littoral ivoirien dans le sens Ouest-Est. Son épaisseur varie de 20 à 50 m, sa vitesse est relativement élevée 110 cm/s au voisinage du Cap des palmes. Sa limite inférieure (zone de transport nul) coïncide avec l'isohaline de 35 ‰. Il subit l'influence des marées qui peuvent modifier sa direction, surtout près de la côte. Son maximum est en mai-juin-juillet. Il est atténué en octobre et novembre.

On peut noter comme illustration de ce courant, la dérive, le long de la côte, des billes de bois abandonnées en mer, de l'Ouest vers l'Est, ainsi que l'accumulation de matériel côté Ouest des obstacles digues jetées et Wharfs.

De même les eaux chargées de matières en suspension des fleuves colorent la mer à l'Est de l'embouchure.

3.3.2. Un contre-courant subsuperficiel a été mis en évidence par L. LEMASSON et J.P. REBERT (mai 1968). Ce courant de direction Ouest est séparé du courant superficiel par une zone de transition étroite où le vecteur courant est nul puis tourne très rapidement de 180°.

La couche à vitesse maximum se trouve à 40 m de profondeur elle peut atteindre 70 cm/s mais la veine centrale reste supérieure à 30 cm/s. Il subit des variations d'épaisseur et de vitesse, en fonction de sa distance à la côte. Ce courant semble être limité au plateau continental c'est donc un phénomène limité par rapport au courant de Guinée.

Des sondages ont montré que les matières en suspension répétées en mer par les fleuves sont reprises en profondeur par le sous-courant et se sédimentent à l'Ouest de l'embouchure. C'est le cas pour le Bandama.

3.4. Les vents

Le littoral ivoirien est situé dans une zone de convergence des Alizés du Nord-Est et du Sud-Est. Ils sont assez faibles en général, leur vitesse moyenne étant de 2 m/s. La direction dominante est de Sud-Ouest à l'Ouest de la Côte d'Ivoire et de Ouest-Sud-Ouest à Abidjan ou ils sont plus irréguliers.

Ces vents produisent des phénomènes de courant ascendants ("Upwelling") le long des côtes. Ils se manifestent plus particulièrement pendant les mois de janvier à mars et de juillet à septembre. Une brise de mer s'ajoute à ces vents et donne de petites lames courtes et dissymétriques qui modifient peu la houle.

3.5. La houle et les vagues

Elle ne semble pas prendre naissance sous l'influence du vent local mais plutôt sous l'impulsion des ondulations de la houle originaire de l'Atlantique Sud. Par temps calme on peut d'ailleurs observer une assez forte houle.

VARLET distingue :

une houle faible : hauteur de crête à creux 0,8 à 1 m
 une houle moyenne hauteur de crête à creux entre 0,8 à 1 m et 1,8 à 2 m
 une houle forte : hauteur de crête à creux supérieure à 1,8 à 2 m.

Fréquence mensuelle (%) des différentes houles
 (d'après VARLET 1958)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Force												
Faible	45	28	18	24	12	6	17	36	45	34	51	58
Moyenne	45	62	59	53	42	53	55	48	41	53	44	37
Forte	10	10	23	23	46	41	28	16	14	13	5	5

Les fortes houles se produisent au mois de mai-juin et juillet c'est le moment de l'année où l'on observe la plus grande obliquité de la houle avec le rivage, inversement les houles faibles sont fréquentes en novembre, décembre janvier, la direction de lames fait alors un angle très réduit avec la côte.

Direction de la houle, la houle long du littoral présente une direction générale Sud-Sud-Ouest. VARLET donne ce tableau de fréquence annuelle des directions de la houle en %.

! Directions!	! Houle faible !	! Houle moyenne !	! Houle forte!
! S	! 13	! 16	! 9
! S-SW	! 14	! 16	! 9
! SW	! 5	! 16	! 2

3.6. Le cheminement des sables

L'orientation de la houle par rapport au rivage joue un grand rôle dans le transport des sables. Le transport augmente quand l'angle de la crête de la houle avec le rivage croît et passe par un maximum quand cet angle est de 65° . En réalité le phénomène est plus complexe en raison du fait de la variation des directions de houle (PELNARD=CONSIDERE, 1934). Il y a une relation étroite entre l'importance et le sens du transport, et l'angle de la houle avec le rivage. D'après VARLET le cheminement prend de l'importance à partir du Cap des palmes et atteint son maximum entre Fresco et Grand-Bassam.

La houle arrivant obliquement par rapport au rivage entraîne le sable sur la plage qui est repris par le courant de retour en suivant la ligne de plus grande pente et ainsi de suite. C'est par une suite ininterrompue de montées et de descentes que se fait le transport formant ainsi une ligne de festons ou de "dents de scie" montrant le système de progression des sédiments vers l'Est. C'est ce que l'on appelle la derive littorale.

C'est de cette manière que s'enrichirait en sédiments la côte sableuse de l'Est au détriment de la côte rocheuse à l'Ouest. Mais d'après le BOURDIEC ce ne serait pas la seule origine possible. Les minéraux lourds relevés à l'Est de Braffedon témoignent d'un matériel frais arraché aux schistes cristallins alors que les minéraux lourds de la région de Tabou montre un cortège beaucoup moins riche caractérisant un matériel d'altération. Le matériel mis en jeu

serait du à la desagregation biochimique des falaises du littoral occidental, on y trouve des grains de quartz corrodés et des néoformations siliceuses.

A Braffédon, enfin la morphométrie des graviers de sable montrent peu d'émoussés luisants ce qui semble indiquer que le matériel n'a pas cheminé longtemps le long du littoral.

3.7. Action de la houle sur le fond

En arrivant à proximité de la côte la houle subit la réfraction du fond. La longueur d'onde diminue, l'amplitude s'accroît, le freinage des lames en profondeur amène le déferlement au contact de l'estran. Le déferlement sur les hauts fonds près du rivage se produit par un violent renversement de la vague qui se dresse comme un mur ("barre" ou "plunging breaker" des anglo-saxons) il semble se faire sur les fonds de 3 à 7 m. La houle met alors en mouvement des quantités considérables de sable. Le simple "décollement" du sable à une profondeur supérieure à 7 m peut permettre sa reprise et son entraînement par un courant. Quand la barre n'est pas encore retombée on peut voir à l'intérieur du sable mis en suspension.

La masse d'eau est alors projetée sur la côte avec une vitesse de 1,50 m/s sur 10 m (VARLET 1958) l'énergie de la houle est variable, ARON donne comme valeur de l'énergie linéaire 30 t/m pour une houle faible et 200 t/m pour une houle forte. Le sable commence d'abord à se déplacer et à former des rides la vitesse au fond allant en croissant le sable se met alors en suspension et le transport devient possible. Ainsi chaque estran est modelé par le système de houle qu'il subit.

3.8. Volume des cheminements

Il est évidemment très difficile de chiffrer le poids de sédiments déplacés par an mais on évalue (Mr. PELNARD-CONSIDERE cité par VARLET) vers 1933 à 700.000 m³/an les apports de sables à l'Ouest de l'ancienne jetée de Port-Bouët (à l'Est de Vridi) on estime le volume de sable retenu par le trou sans fond à 400.000m³/an ce qui donnerait 1.100.000 m³/an pour le cheminement annuel des

sables à l'Ouest de Vridi. Les résultats communiqués par les services du port d'Abidjan font état d'une moyenne de 540.000 m³/an à l'Ouest de Vridi. Ce résultat semble trop faible le sable contour-
nant la jetée.

Une estimation moyenne raisonnable serait d'après VARLET) de 700 à 800.000 m³/an.

3.9. Hydrologie du plateau continental ivoirien

(d'après les travaux du CRO d'Abidjan)

Les eaux de Côte d'Ivoire présentent des différences notables de température de l'ordre de 10° au cours d'une année, on note des variations de salinité et de teneur en oxygène. Ces changements sont dus aux variations saisonnières liées aussi à des importants mouvements de masse d'eau. La distribution verticale se fait de la façon suivante :

- en surface une courbe homogène d'eaux chaudes (plus de 24°C) à faible salinité (moins de 35 ‰) et d'épaisseur variable (20-30 m)
- une couche thermocline assurant la transition la température passe de 25 à 18°
- une eau correspondant au maximum de salinité (35,80 ‰) que l'on peut appeler subtropicale
- enfin une eau mélangée : eau subtropicale et eau antarctique intermédiaire le gradient thermique est faible. A 200 m les températures sont de l'ordre de 14-15°C

Ce schéma est réalisé en Côte d'Ivoire pendant les saisons sèches.

d'Août à Octobre, un puissant "Upwelling" fait remonter l'eau subtropicale à la surface. Ces eaux relativement froides sont pauvres en oxygène. La saison froide et pluvieuse coïncide avec l'hiver austral, la Côte d'Ivoire, et tout l'ensemble du Golfe de Guinée est sous l'influence du climat de l'hémisphère Sud. Ainsi la zone du plateau continental est assez stable en ce qui concerne les conditions hydrologiques elle est déjà plus variable quand on se rapproche de la côte (moins de 60 m).

IV - CONCLUSIONS

C'est donc la houle qui détermine l'évolution morphologique du rivage, le profil transversal de la plage, les engraissements, les migrations d'embouchure. C'est grâce à elle que se produit la dérive littorale, le courant côtier ne faisant que s'ajouter à son action. Le transport du sable dépend de l'obliquité de la houle par rapport au rivage de son amplitude et de sa longueur d'onde mais aussi de la qualité du sable lui-même. L'équilibre de la plage peut être rompu comme à Grand-Lahou à l'embouchure du Bandama par la construction d'une digue. Celle-ci provoque une accumulation de sable au détriment de la côte de Braffédo à l'Est qui se trouve grignotée par la mer. La digue protège d'un ensablement la passe de Grand-Lahou qui pourrait se fermer en étiage du fleuve comme cela se produit pour plusieurs rivières ivoiriennes.

Le Bandama déverse ses eaux boueuses en mer, entraînées par la houle et le courant les matières en suspension se diluent peu à peu vers l'Est, et sont reprises par le sous-courant qui les dépose nettement à l'Ouest de l'embouchure du fleuve.

B) LE GRAU DE GRAND-LAHOU

C'est le trait d'union entre la lagune et la mer, l'ensemble mer, goulet lagune forme un ensemble qu'il convient d'étudier simultanément. Chacune des parties s'interpénètrent, et il est difficile de les délimiter exactement. Le goulet ou grau du Bandama est un lieu de passage du fleuve d'abord qui se déverse dans le milieu marin, de la mer ensuite qui envahit la lagune en période d'étiage fluvial.

Cette alternance d'échange eau douce, eau salée, crues, marées, houle et courants provoque de variations importantes dans la morphologie de l'embouchure. L'historique des missions consiste à montrer ces variations en fonction des saisons, de montrer l'ampleur de l'ensablement ou du dégraisonnement des plages soit par le fleuve soit par la mer.

I - SITUATION GEOGRAPHIQUE

La lagune de Grand-Lahou est située à environ 80 km à l'Ouest d'Abidjan (voir croquis de situation fig. 1). Le goulet proprement dit est à la latitude de 5,08 N et à la longitude 4,59 W.

Nous avons représenté en fig.1 la position des 12 stations d'étude de la lagune.

II - REGIME HYDROLOGIQUE DU BANDAMA

Le bassin du Bandama couvre une superficie de 97.000 km² soit presque le 1/3 de la Côte d'Ivoire. Fleuve entièrement ivoirien il s'étend du Nord au Sud du pays pour se jeter en mer par la passe de Grand-Lahou.

Le fleuve est soumis à un régime de variations saisonnières de type tropical de transition vers le Nord, équatorial de transition atténué dans le Sud.

Il en résulte que la période d'étiage se situe en mars avril et la crue maximum en octobre.

On assiste en étiage à un échange alternatif eau de mer, eau douce entre la mer et le fleuve, ceci en rapport avec la marée, en période de crue, le Bandama sort en mer et provoque des déssalures importantes le long de la côte ainsi qu'un transport de charges solides en suspension (coloration de la mer en jaune ocre).

Le débit moyen en octobre sur 8 années successives est de 1400 m³/s à Tiassalé.

en 1963 année supérieure à la moyenne presque 2500 m³/s en avril il est de 40-50 m³/s.

Les figures 2-3-4 nous avons représenté les hydrogrammes du Bandama à Tiassalé. Cette station située la plus en aval sur le fleuve après le dernier affluent important (le N'Zi) est le point d'aboutissement d'un bassin versant de 94.250 km² (bassin total du Bandama 97.000 km²) soit 97 %.

Nous avons donc déjà à Tiassalé la presque totalité des apports du bassin général du Bandama. L'hydrogramme de Tiassalé donne donc sans beaucoup d'erreur une bonne idée du débit du Bandama à Grand-Lahou.

Il y a une différence de plusieurs jours entre Tiassalé et Grand-Lahou (distants de 120 km environ) variable suivant les saisons (étiage ou crue).

Sur ces hydrogrammes sont pointés les jours où ont été fait les relèvements du goulet au Theodolite, ou des photos aériennes.

Nous voyons que le 15 mars 1963 le débit est à peine de 100 m³/s alors que le 26 octobre il monte à plus de 2000 m³/s.

III - LE CLIMAT

Sur le continent : la crue et l'étiage du Bandama dépendent essentiellement du régime des pluies à l'intérieur du pays.

On distingue 3 zones climatiques :

Le climat soudanais : dans le Nord du pays, limité au Nord par le 8° de lat. N. le maximum des précipitations est en juillet-août-septembre. De mars à avril la sécheresse est totale.

Le climat baouléen : au Sud du 8° parallèle, au Centre du pays, on peut distinguer 4 saisons

une saison sèche de novembre à février

une première saison des pluies de mars à juin

Des précipitations moins abondantes en juillet et août
une deuxième saison des pluies en septembre et octobre.

Le climat attiéen : (basse côte Grand-Lahou et embouchure du Bandama) on distingue encore 4 saisons bien marquées :

une grande saison sèche de décembre à mars

une saison des pluies d'avril à juillet

une petite saison sèche de juillet à septembre

une seconde saison des pluies de septembre à novembre.

Naturellement la durée respective de ces saisons n'est établie que par des mesures pluviométriques moyennes ; elle est variable d'une année sur l'autre.

IV - METHODOLOGIE

Le relevé du goulet a été fait sur le terrain avec un théodolite Wild et un jeu de mires . Les différentes missions se sont échelonnées sur plusieurs années au cours des périodes de crues et d'étiage. Des photos aériennes ont complété cette étude à terre. Nous avons représenté sur toutes les figures la morphologie du goulet à deux époques différentes. A chaque fois nous avons repris l'ancienne mission avec la nouvelle pour montrer à titre de comparaison les changements importants intervenus en quelques mois. Nous avons fait ensuite des montages photos du goulet du cordon littoral et de la lagune, qui ensuite ont été réduits pour satisfaire au format 21 x 27.

V - MORPHOLOGIE

5.1. Le goulet est formé du côté Est d'une avancée sableuse appelé Braffédon du nom du village installé sur ce cordon littoral. Elle a une forme légèrement retroussée vers le Nord-Ouest. La petite baie ainsi formée a été nommée baie de la Coryphène du nom de la pinasse qui nous a permis de faire les premières observations. Cette avancée sableuse est colonisée en son sommet (2 à 3 m) par des herbes à feuilles piquantes et des plantes rampantes à larges feuilles qui fixent le sable. Les cocotiers débutent un peu plus loin sur le cordon. La mer marque son passage par des lignes de coquillages parallèles au rivage.

5.2. Le côté Ouest beaucoup plus large abrite le village de Grand-Lahou qui s'étend en longueur sur plusieurs km. Au Sud une ancienne jetée faite de gros bloc de béton pour le rôle de piège à sédiment en certaines saisons et lui évite ainsi d'être entamé par le travail de sappe de la mer. Par contre à d'autres époques les vagues se brisent sur ces blocs.

Nous relevons la même végétation que sur l'autre rive, avec en plus quelques baobabs ce qui est rare en basse côte, et des manguiers dont certains très près du rivage sont déchaussés par le courant qui grignote la plage. Sur plusieurs années d'observations nous avons noté en effet un net recul de la partie Ouest du goulet.

VI - HISTORIQUE DES MISSIONS

6.1. 15 mars 1963 (fig. 5) la pointe sableuse de Braffédon est très relevée vers le Nord-Est délimitant ainsi nettement la baie de la Coryphène.

6.2. 20 mai 1963 (fig. 5 et 6) nous observons un engraissement notable vers le Nord-Est de la pointe de Braffédon évasant ainsi la baie de la Coryphène.

En saison d'étiage (le débit n'est encore que de $120 \text{ m}^3/\text{s}$) la mer apporte d'énormes masses de sable en lagune. Le débit du Bandama est encore trop faible pour éroder la plage Nord-Nord-Est de Braffédon. La largeur du grau n'est plus que de 150 m.

6.3. 21 juin 1963 (fig. 6 et 7). Une légère érosion sur le pourtour de Braffédon. Charge peu l'aspect général. De même du côté Grand-Lahou le tracé de la plage est peu différent.

6.4. 16 août 1963 (fig. 7 et 8). La pointe sableuse a complètement disparue (débit $800 \text{ m}^3/\text{s}$) et l'anse de la Coryphène n'existe plus.

A l'Ouest le côté Lahou est marqué par un fort engraissement au Sud de la digue. Il s'est formé là une large plage qui protège ainsi la jetée des coups de la houle.

6.5. 26 octobre 1963 (fig. 8 et 9). Le débit du Bandama est devenu très important (pour de $2000 \text{ m}^3/\text{s}$). La flèche de sable étroite qui subsistait en août est encore rongée. Par contre un engraissement non négligeable se remarque au Sud coté mer. De même la plage de Grand-Lahou côté mer^a considérablement diminuée.

Le fleuve contourne la flèche littorale de Braffédon et coule vers l'Est comme en témoigne la couleur de l'eau. En même temps qu'il érode la plage Ouest et la pointe Est le Bandama transporte le sable ainsi repris et le dépose à l'Est le long de la plage de Braffédon qui ainsi s'élargit.

Près du village de Braffédon les cocotiers déchaussés par le fort courant du Bandama tombent dans le fleuve. Au Nord de la digue le tracé ne change pas beaucoup les variations sont peu importantes. Dans l'ensemble l'embouchure a subi une forte érosion dans le goulet et un ensablement sur le bord Est.

6.6. 12 janvier 1964 (fig. 9 et 10)

La saison d'étiage est arrivée, le Bandama a considérablement baissé (débit $< 100 \text{ m}^3/\text{s}$) le phénomène inverse d'octobre se produit : engraissement de la pointe Nord-Est de Braffédon et de la plage Ouest (Grand-Lahou) par contre le Bandama bute sur les blocs de béton et fait disparaître le sable accumulé contre la jetée à l'intérieur du goulet.

Depuis un an celui-ci s'est élargi (200 m au lieu de 150 m).

6.7. 20 juillet 1964 (fig. 10)

Peu de changements interviennent pendant ces quelques mois, le débit du fleuve a peu augmenté ($150 \text{ m}^3/\text{s}$). On note déjà un léger redressement vers le Nord de la pointe de Braffédon, esquissant ainsi la baie de la Coryphène.

6.8. Pendant ces périodes le goulet subit de profondes transformations comme en témoigne les profils en travers (fig. 11). Trois périodes sont représentées :

en mai 1963 peu de débit le goulet à 120 m de large et 6,30 m de profondeur

en août 1963 la profondeur est doublée et la largeur passe à 240 m le profil est très dissymétrique

en janvier 1964 le goulet à 220 m de large, la profondeur a légèrement diminuée (12,5 m) mais le profil est symétrique.

Toutes ces missions de relevé du goulet et du cordon littoral ont été suivies de missions aériennes. Elles avaient pour but de donner une vue générale de l'ensemble, de permettre un coup d'oeil général sur les changements intervenus.

Au début nous n'avons disposé que de diapositives nous avons changé en faveur des photos aériennes classiques.

6.9. 24 août 1964 (fig. 14-15)

Le débit est devenu assez fort ($800 \text{ m}^3/\text{s}$). Le goulet a subi quelques modifications de forme.

Côté Est : c'est le processus habituel en cas de fort débit : désensablement de la pointe du cordon (la baie de la coryphène n'existe plus) mais engraissement du côté Sud du cordon. La petite presqu'île sableuse qui apparaît de temps à autre sur la côte Sud côté mer à beaucoup diminué.

Nous remarquons des rides parallèles au rivage. Les rides les plus internes déterminent le secteur colonisé par l'herbe. Ces rides sont espacées et nombreuses berge Sud, montrant les lignes de retrait de la mer. Elles se rejoignent berge Nord en une ride unique. Nous notons donc un ensablement côté mer marqué par des plages enboîtées.

Les variations de couleur des eaux sont parfaitement visible en avion, eaux du fleuve jaune différentes eaux de lagune grises eau de mer bleu-vert, l'extension des eaux douces en mer forme deux lobes, bien développé à l'Ouest, plus réduit à l'Est.

A l'Ouest : les variations ne sont pas très importantes ensablement marqué au Sud de la digue, plage étroite au Nord appelée à disparaître lors de la grande crue d'octobre.

6.10. 26 novembre 1964 (fig. 16)

Forte décrue du fleuve en novembre qui permet à la mer en apportant du sable dans le goulet de reconstituer la pointe sableuse de Braffédon et de delimitter ainsi la baie de la Coryphène. Côté Lahou l'engraissement est visible au Nord de la digue. Une petite presqu'île de sable très bien marquée existe au Sud de Braffédon côté mer. Cette presqu'île se continue en haut-fond sous la mer et émerge parfois un peu plus loin en mer sous forme d'une petite île découverte par les rouleaux de la barre. Des ondes de marée sont visibles dans le goulet.

6.11. 1er juillet 1965 (fig. 17 et 18) (d'après diapositives)

Les eaux fluviales (b) sont déportées en mer (a) en une vaste courbe vers l'Est (débit environ de 1000 m³/s)

Les eaux lagunaires se différencient très bien du fleuve par la couleur (C₁ - C₂)

Côté Est : ensablement sensible de la pointe de Braffédon la pointe est très avancée en lagune et la baie profonde. L'eau au fond de la baie n'est pas renouvelée le Bandana passant au ras de la pointe. Des plages emboîtées montre son avancée périodique (lignes de coquilles déposée par la mer)
Côte mer une pointe sableuse apparait recouverte encore par l'eau mais augmente considérablement de volume au mois d'août.

Côté Ouest (Grand-Lahou) : Une large plage s'est formé côté mer appuyée au Nord sur les blocs de béton. Au Nord de la digue la petite plage disparaît totalement en juillet août, et les berges de terre arable s'effondrent sous les poussées de la houle et du courant de Jusant.

Nous notons ainsi un léger déplacement du goulet vers l'Ouest (chute des arbres de l'allée aboutissant à l'embouchure)

Les ensablancements s'effectuent suivant les saisons en des points précis. En juillet le plus fort ensablement se trouve sur la rive Est du goulet. Il avait déjà été remarqué en 1963 et 1964 avant la grande crue du Bandana d'octobre, mais avait disparu avec celle-ci.

6.12. 29 octobre 1965 (fig. 19 et 20) (débit de 1500 m³/s)

La limite des eaux lagune-fleuve est visible sur la photo jusqu'au niveau de la jetée.

Côté Est : la Baie de la Coryphène est bien dessinée et profonde, la pointe de Braffédon forme une sorte de bec, les plages emboîtées se voient bien (ligne de coquillages, débris de bois, d'algues).

La pointe sableuse au Sud est esquissée mais par contre une petite île émergée se montre un peu plus loin soulignant l'existence d'un haut-fond, d'une crête allant de la côte à l'île. Elle provoque des remous, des franges d'écume, la houle se brisant en cet endroit.

Côté Ouest : la plage Sud est bien large et appuyée sur la jetée. Au Nord de celle-ci une petite pointe de sable enserrant une anse qui grandira et présentera quelques mois plus tard l'aspect d'un véritable petit lac à eau calme couvert au Nord par une passe sur la lagune.

La vue générale montre l'étroitesse du cordon littoral par rapport à la lagune (près de 600 m au niveau de l'île du Bandana pour 100 m de cordon).

Ces photos sont prises à 1500m d'altitude l'échelle est à peu près de 1/5.000e.

6.13. 27 janvier 1966 (fig. 21) (très faible débit $< 100 \text{ m}^3/\text{s}$)

A l'Est : la pointe de Braffedon a une forme caractéristique encore jamais vue avec 2 lobes dirigés vers le Nord. L'île formée au Sud a disparu.

L'Ouest : nous montre un dégraissage important le long de la digue côté mer

Au Nord de cette jetée l'anse formée en octobre 1965 a été balayée par le courant marin qui entre en lagune.

6.14. 1er février 1967 (fig. 22) : A la même époque juste une année plus tard le dessin est très semblable les 2 lobes sont encore esquissés. On voit bien les plages emboîtées, les lignes de co-quillages. Un léger engraissement est observé côté Lahou dans la passe ou une plage plus large apparaît.

6.15. 19 octobre 1967 (fig. 23-24). Nous retrouvons le schéma d'octobre 1965 deux ans après, même forme à l'Est même agencement des plages à l'Ouest.

Très important engraissement au Sud de Grand-Lahou. Le Bandana doit ainsi contourner Braffédon et sort en mer obliquement avec la direction Nord-Ouest bien marquée. Il est donc normal qu'il rongé la côte Sud de Braffédon.

La limite des eaux lagune-fleuve se voit très nettement.

6.16. 28 octobre 1968 (fig. 25). Nouvelle forme un an plus tard le débit est assez fort $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ (contre la moitié l'année dernière à la même époque) Braffedon ne présente plus cet aspect de bec retroussé vers le nord mais une forme simple arrondie.

Le débit beaucoup plus fort qu'en 1967 a détruit et enlevé cette pointe caractéristique de Braffédon.

A l'Ouest : la plage très large appuyée sur la digue a considérablement diminué.

La limite des eaux se distingue très bien jusqu'en mer.

C) LE CORDON LITTORAL

I - GENERALITES - METHODOLOGIE

Le cordon littoral aux abords de l'embouchure du fleuve a été étudié non seulement par photos aériennes mais également par les granulométries et déterminations minéralogiques des sables prélevés sur son pourtour (voir fig. 26).

Les premiers prélèvements commencent à l'Ouest côté mer en face des dernières maisons de Grand-Lahou (à environ 5 km du goulet) et se prolongent jusqu'au goulet pour ensuite contourner le cordon littoral jusqu'en lagune (échantillons de 1 à 21). Jusqu'au n° 10 les échantillons ont été pris alternativement en bas de plage (numéros impairs), partie touchée par la mer, et en haut de plage (numéros pairs) atteint que très rarement par la mer.

Du côté Est : les prises (de 22 à 35) font le tour de Braffédon et se prolongent jusqu'au coude du Bandama. Les résultats sont résumés dans les tableaux ci-après.

Nous avons groupés les échantillons par la situation géographique en considérant :

Côté Ouest : le haut et le bas de la plage
l'embouchure au Sud puis au Nord de la jetée

Côté Est : le côté Nord (côté fleuve)
le côté Sud (côté mer)

la rive Est de la passe de Grand-Lahou.

II - ETUDE GRANULOMETRIQUE DES SABLES

L'étude granulométrique des sables permet de préciser le mode de transport et le dépôt de ces sédiments. Toutes les courbes (fig. 28 à 34) sont de même type, elles appartiennent au faciès logarithmique. Il traduit l'extrême limite de l'évolution granulométrique. Le résultat de l'action de la houle sur les estrans donne aux courbes un faciès logarithmique. Les sables sont ici tous bien classés (SO de 1,20 à 1,30) mais par contre les médianes sont sensiblement différentes.

Les sables prélevés assez loin du goulet (fig. 28-29) (échantillons de 1 à 10) sont beaucoup plus grossiers que ceux récoltés aux abords immédiats de la passe (fig. 30). Ceux situés au Nord de la jetée étant les plus fins (fig. 31) (médiane de 0,30 à 0,17). Par contre du côté Braffedon nous constatons que les sables sont du même type que ceux du littoral Ouest (médiane de 0,60 à 0,70). En fig. 27 les représentations circulaires montrent bien cet état de chose.

Les échantillons 13-15 et 18 ont une fraction grossière réduite par rapport à la fraction fine qui fait 80 à 90 % du total (tamis de 0,315 - 0,200, 0,125 mm de maille) ces échantillons étant situés sur la rive Ouest de l'embouchure. Il est à noter qu'au mois d'août 1968 le débit du fleuve est assez fort (1000 m³/s à Tiassalé) Le Bandama dépose sur son côté extérieur (rive droite) en tournant dans l'embouchure des éléments fins en suspension, qui jouent certainement un rôle important dans la granulométrie des sables, des sables fluviatiles étant mélangés aux sables marins.

Nous n'observons pas le même phénomène à l'Est, les phases grossières (jusqu'à 0,50 mm de maille de tamis) font de 50 à 75 % du total de l'échantillon.

III - ETUDE MINÉRALOGIQUE DES SABLES (Fig. 35, 36 et 37)

Les minéraux lourds ont été déterminés sur 11 échantillons répartis sur le pourtour du cordon littoral des deux côtés de l'embouchure.

Parmi les minéraux transparents la hornblende, la staurotide la tourmaline dominant. Nous notons aussi une forte proportion de minéraux altérés jusqu'à 50 % sur certains échantillons.

La nature des minéraux lourds est peu variable (fig. 35, 36, 37) à part les minéraux déjà cités nous distinguons l'andalousite qui n'est pas présente partout, des épidotes dont une épidote pléochroïque, de la sillimanite, du disthène, grenat, zircon, rutile hypersthène, chacun ne représente pas plus de 5 % du total

Sur la rive Nord de Braffédon nous remarquons une forte proportion de staurotide, ce qui diminue ainsi très sensiblement le pourcentage de hornblende ces deux minéraux faisant entre 40 et 50 % du total. Nous remarquons également une forte proportion de minéraux altérés proche du goulet.

La tourmaline reste peu importante dans l'ensemble (15 % environ) La hornblende est très variable 20 à 30 % à l'Ouest du goulet elle passe à de 10 à 20 % à l'Est donc en nette diminution.

Dans l'ensemble les variations sont peu importantes malgré quelques irrégularités.

Il aurait été bon de faire les mêmes prélèvements à une autre époque (en étiage par exemple) en vue de la comparaison.

Les minéraux lourds proviendraient de la destruction des schistes cristallins birrimiens pendant la dernière période d'érosion mécanique importante (régression préflandrienne) ce matériel, étalé à la surface de la plate forme continentale, a été en partie rejeté à la côte pendant la transgression (cf. dépôts dunkerquiens). et remaniés à l'époque actuelle en période de houle violente.

IV - CONCLUSION

Les changements de modèle du goulet semblent se produire suivant un cycle périodique, saison de crue, saison d'étiage. A la même époque on retrouve à peu près le même dessin du goulet.

La jetée de Grand-Lahou modifie considérablement les données, car elle empêche la formation d'un poulcier sur cette rive et permet ainsi au Bandana de garder une ouverture sur la mer. Il est très probable qu'il y aurait sinon un déplacement de l'embouchure au gré des saisons.

On note des variations considérables du profil en travers du grau de Grand-Lahou, la profondeur pouvant atteindre 14 m.

Les granulométries exécutées sur les sables pris le long du cordon littoral font état de matériel grossier mais bien classé. Les courbes sont de type logarithmique classique. Sur la rive Ouest de la passe, les sables sont beaucoup plus fins qu'ailleurs.

L'étude des minéraux lourds ne montre que peu de variations malgré quelques irrégularités locales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 - CLOS-ARCEDUC (A.) 1961. - Etudes sur vues aériennes des alluvions littorales d'allure périodique. Cordons littoraux et festons. I.G.N. Août 1961.
- 2 - CLOS-ARCEDUC (A.) 1967. - L'interprétation des photos aériennes. Institut géographique national.
- 3 - DERRUAU (M.) 1962. - Précis de géomorphologie. Masson edit. Paris.
- 4 - ECKERT (H.R.) 1965. - Une station d'observation sur les Foraminifères planctoniques actuels dans le Golfe de Guinée. Eclo. géol. helv. vol. 58 n° 2 pp. 1039-1058.
- 5 - GIRARD (G.), TOUCHEBOEUF DE LUSSIGNY (P.) 1962. - Données sommaires sur les régions hydrologiques de Côte d'Ivoire (Annexe au rapport général sur les possibilités hydroélectriques en Côte d'Ivoire. Rapport EECI-ORSTOM 24p.
- 6 - GUILCHER (A.) 1954. - Morphologie littorale et sous-marine. Presses universitaires de France. 108 Bd St Germain PARIS.
- 7 - LAFOND (L.R.) 1967. - Etudes littorales et estuariennes en zone intertropicale humide. Thèse Fac. Sciences Orsay.
- 8 - LE BOURDIEC (P.) 1958. - Contribution à l'étude géomorphologique du bassin sédimentaire et des régions littorales de Côte d'Ivoire. IFAN VII Etudes Eburnéennes Côte d'Ivoire.
- 9 - LECOLLE (J.) 1969. - Répartition des eaux du Bandama dans le milieu marin. Rapp. ORSTOM Abidjan 17p. multigr. 54 fig. 20 tabl.
- 10 - LEMASSON (L.) REBERT (J.P.) 1968. - Observations de courants sur le plateau continental ivoirien. Mise en évidence d'un sous-courant. Doc. sci. provisoire multigraph. n° 022 ORSTOM-CRO Abidjan 66p. mai 1968.

- 11 - LENOIR (F.) MONNET (Cl.) 1968. - Mécanismes physiques et chimiques de la marée dans le cours inférieur du Bandama.
Rapp. ORSTOM Abidjan 17p. multigr. 19 fig. 4 tabl.
- 12 - MANGIN (J.Ph.) 1963. - Etude des phénomènes actuels d'érosion de transport et de sédimentation conduisant à des dépôts alternants. Compte-rendu somm. Sc. Sci. géol. de Fr. 1963 Fasc. 5 Séance du 6 mai 1963, p. 153.
- 13 - MANGIN (J.Ph.) LECOLLE (J.) MATHIEU (Ph.) MONNET (Cl.) PINTA (M.) SIRCOULON (J.) 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.
- 14 - MARTIN (L.) 1969. - Introduction à l'étude géologique du plateau continental ivoirien. - premiers résultats.
Doc. Sci. provisoire multigr. n° 034 ORSTOM-CRO Abidjan 163p. Avril 1969.
- 15 - TRICART (J.) 1957. - Aspects et problèmes géomorphologiques du littoral occidental de la Côte d'Ivoire.
Bull. IFAN série A XIX 1957 p. 1 à 20.
- 16 - VARLET (F.) 1958 - Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan Côte d'Ivoire.
IFAN VII Etudes Eburnéennes Côte d'Ivoire 1958.

Granulométries des sables du cordon littoral Quartiles
médianes et indices de classement

	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10
Q ₁	1,37	0,78	0,78	0,80	0,78	0,84	0,66	0,61	0,74	0,94
M	1,10	0,65	0,67	0,70	0,68	0,71	0,51	0,47	0,54	0,72
Q ₃	0,84	0,52	0,52	0,56	0,52	0,55	0,39	0,345	0,40	0,53
S ₀	1,28	1,23	1,23	1,19	1,23	1,24	1,30	1,33	1,36	1,33

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q ₁	0,73	0,66	0,40	0,39	0,38	0,315	0,70	0,33	0,255	0,20
M	0,60	0,52	0,33	0,29	0,305	0,28	0,48	0,27	0,205	0,175
Q ₃	0,45	0,39	0,28	0,205	0,23	0,205	0,315	0,205	0,165	0,14
S ₀	1,27	1,30	1,20	1,38	1,29	1,24	1,49	1,27	1,24	1,20

	22	23	33	35	24	25	26	27
Q ₁	0,76	0,80	0,52	0,82	0,80	0,73	0,66	0,76
M	0,64	0,72	0,41	0,70	0,65	0,60	0,54	0,64
Q ₃	0,49	0,56	0,29	0,52	0,47	0,45	0,42	0,49
S ₀	1,24	1,19	1,30	1,25	1,30	1,27	1,25	1,24

	27	28	29	30	31	32	34
Q ₁	0,76	0,95	0,83	0,58	0,60	0,45	0,56
M	0,64	0,78	0,72	0,50	0,51	0,38	0,49
Q ₃	0,49	0,62	0,56	0,46	0,46	0,27	0,395
S ₀	1,24	1,24	1,22	1,11	1,13	1,29	1,19

NO DE L'ECHANTILLON	HYPERSTHENE	PYROXENES MONOCLINIQUES	HORNBLENDE	ANDALOUSITE	SILLIMANTITE	DISTHENE	STAUROTIDE	GRANAT	EPIDOTES	ZIRCON	FOURMALINE	DUMORTIERITE	MINERAUX LIEGES	EPIDOTE PLÉOCHROÏQUE	RUTILE
5		+	21	5	3		23	1	2		17	1	25	2	
12	1		36		2	1	5		4		10		40	1	
13		2	33	3	6	1	8	2	2		13		29	1Grenat-vert	
15	+	+	27	5	16	+	17	1	10	2	12		9	+	1
18		1	30	7	4		10	1	5		14		27		
22		+	10		2	2	41	8	2		8		37		+
25	+	1	18	4	1		6	1			14		55		
27			22	5	3	1	12	4	3		15		35		
30	2	+	14	6	5		16	5	5		13		34		
34	+		21	5	4	1	32	6	6		15		12		
35			5	+	+		53	4	4		12		10		

+ Pourcentage très faible : MINERAUX LIGERS

POURCENTAGES NUMERIQUES

POSITION DES STATIONS GRAND-LAHOU

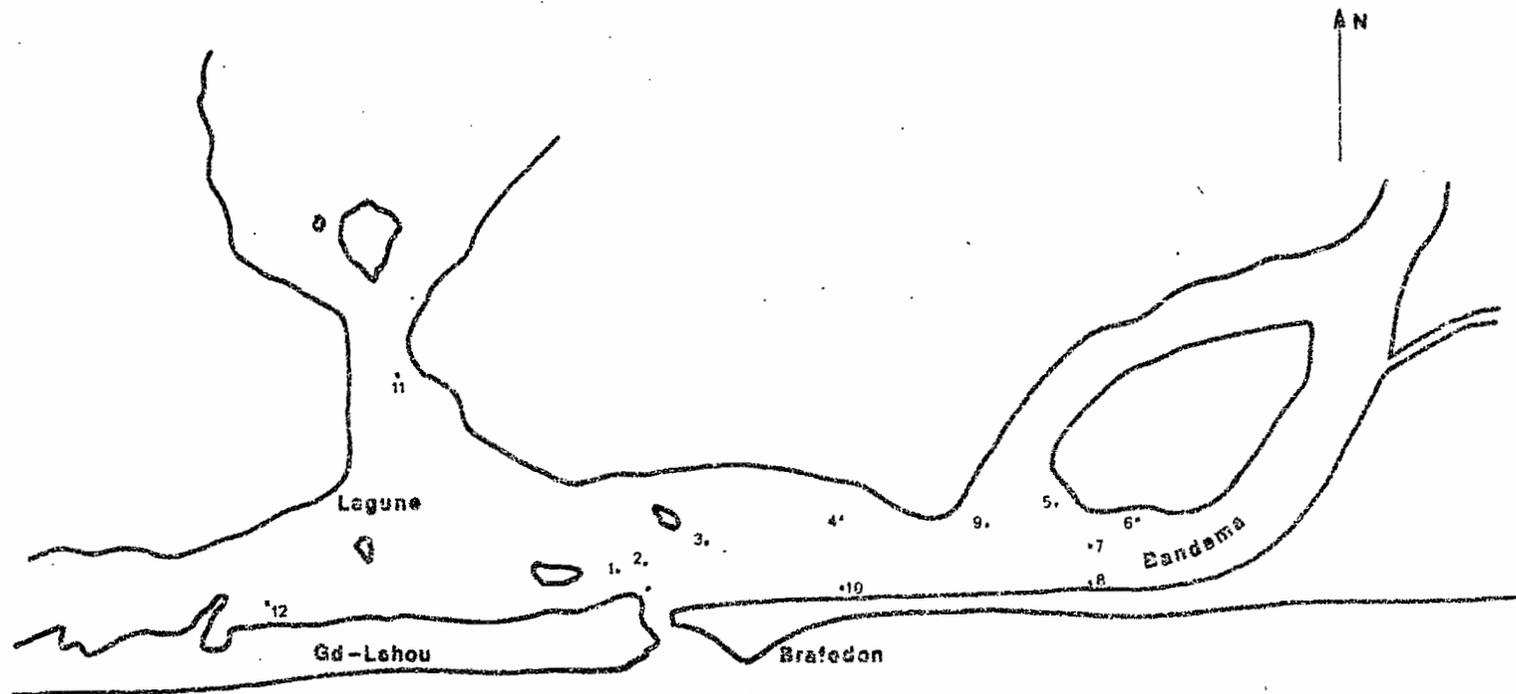


fig 1

echelle 1/50000

DEBITS JOURNALIERS DU BANDAMA

A TIASSALE

1963

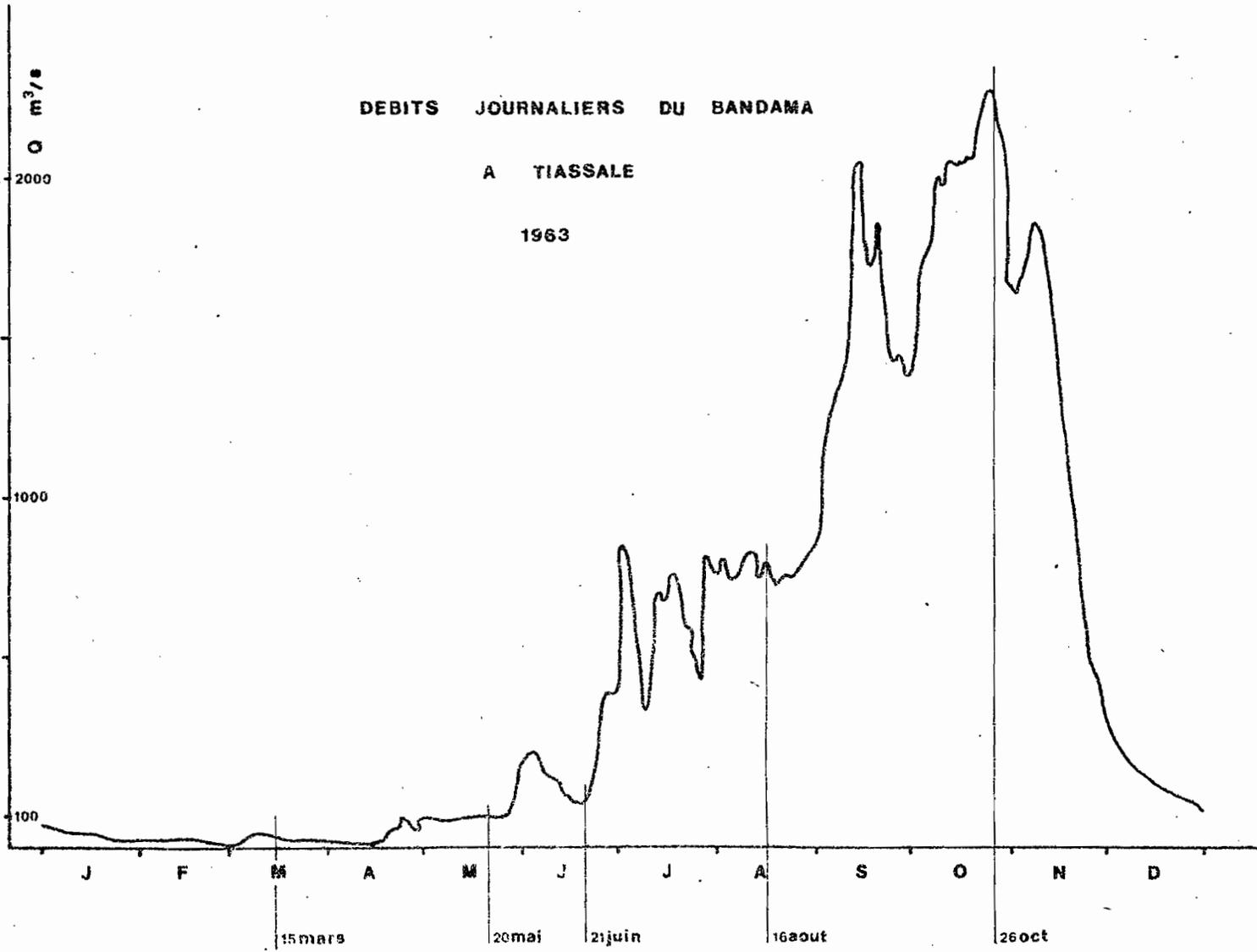
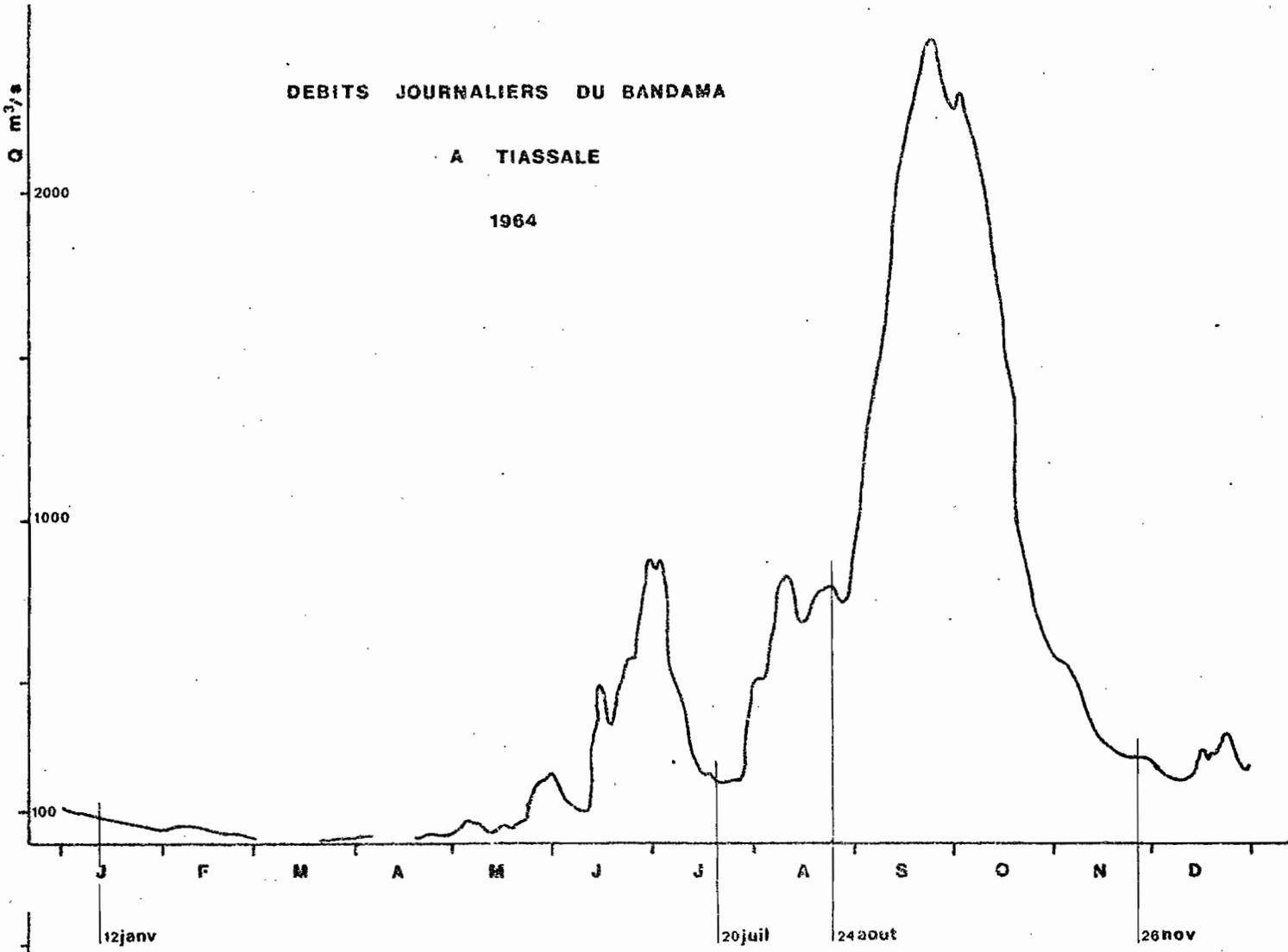


fig 2

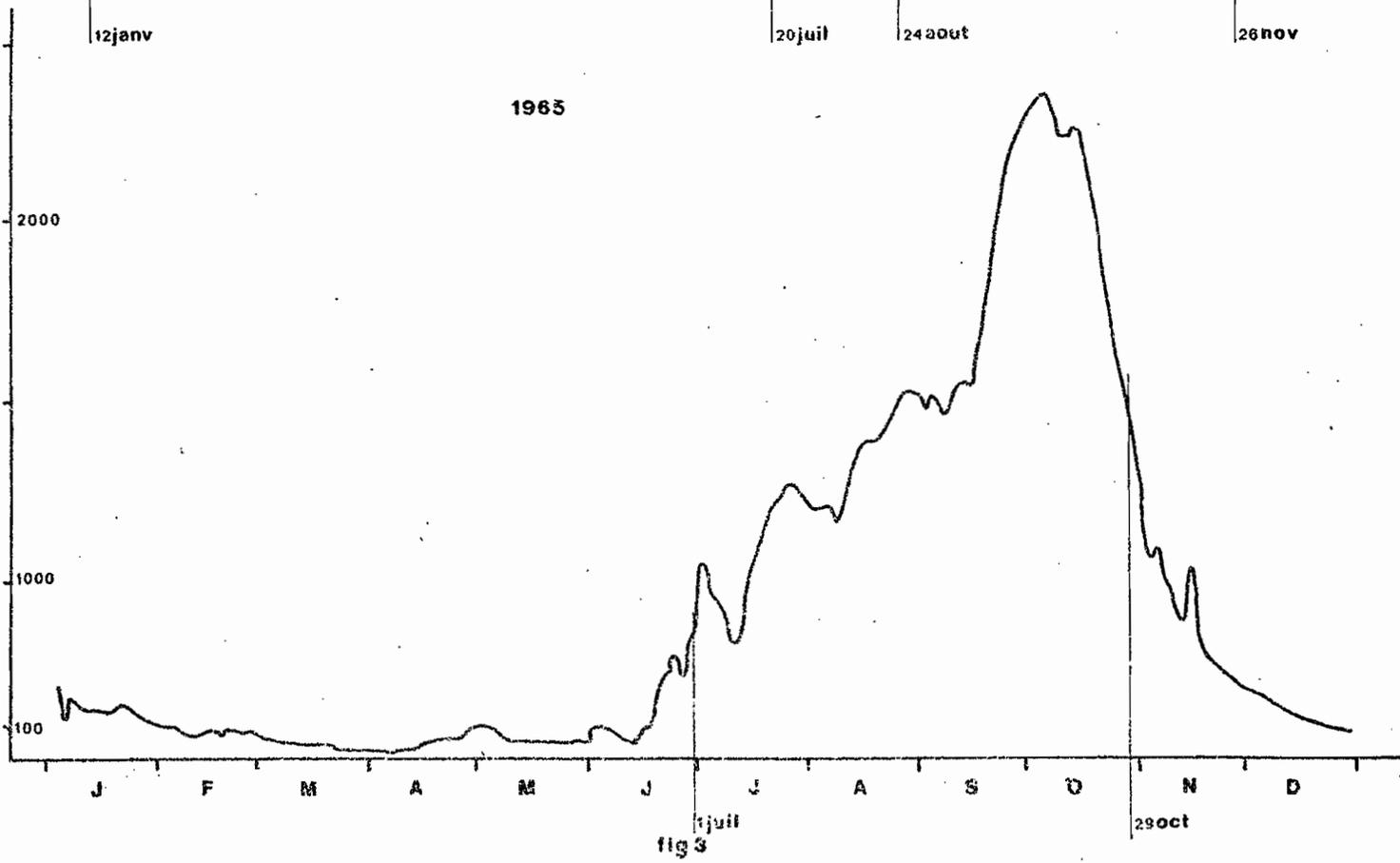
DEBITS JOURNALIERS DU BANDAMA

A TIASSALE

1964



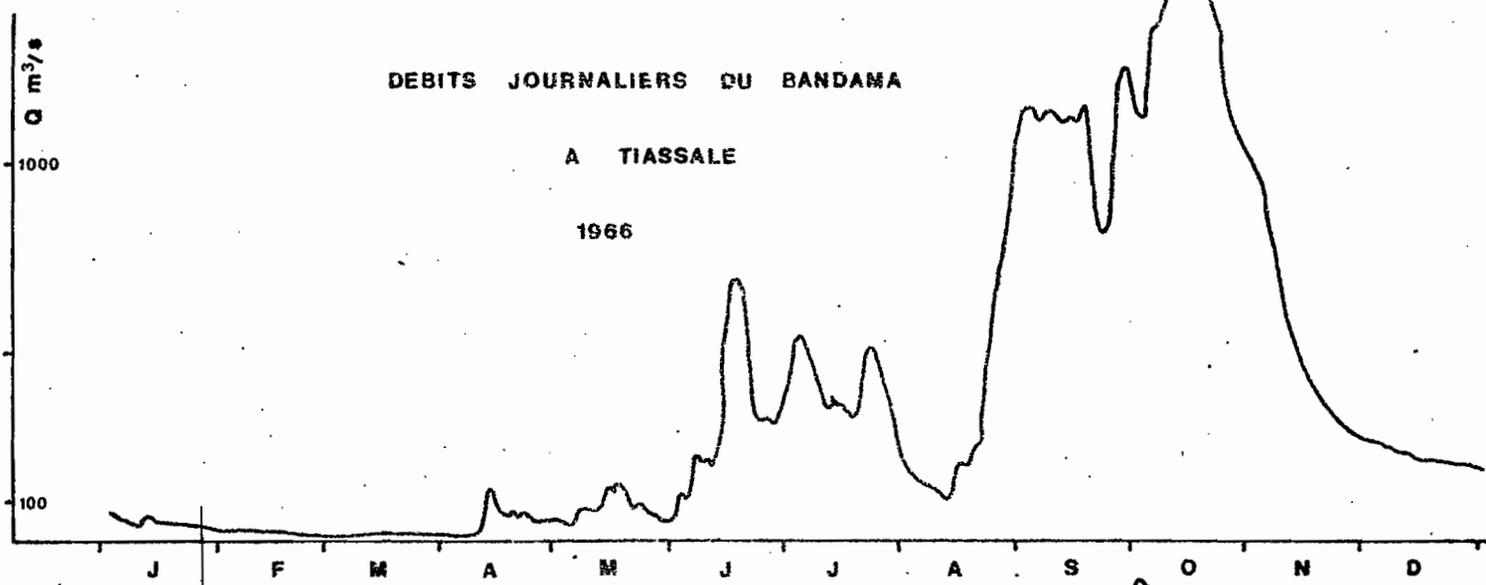
1965



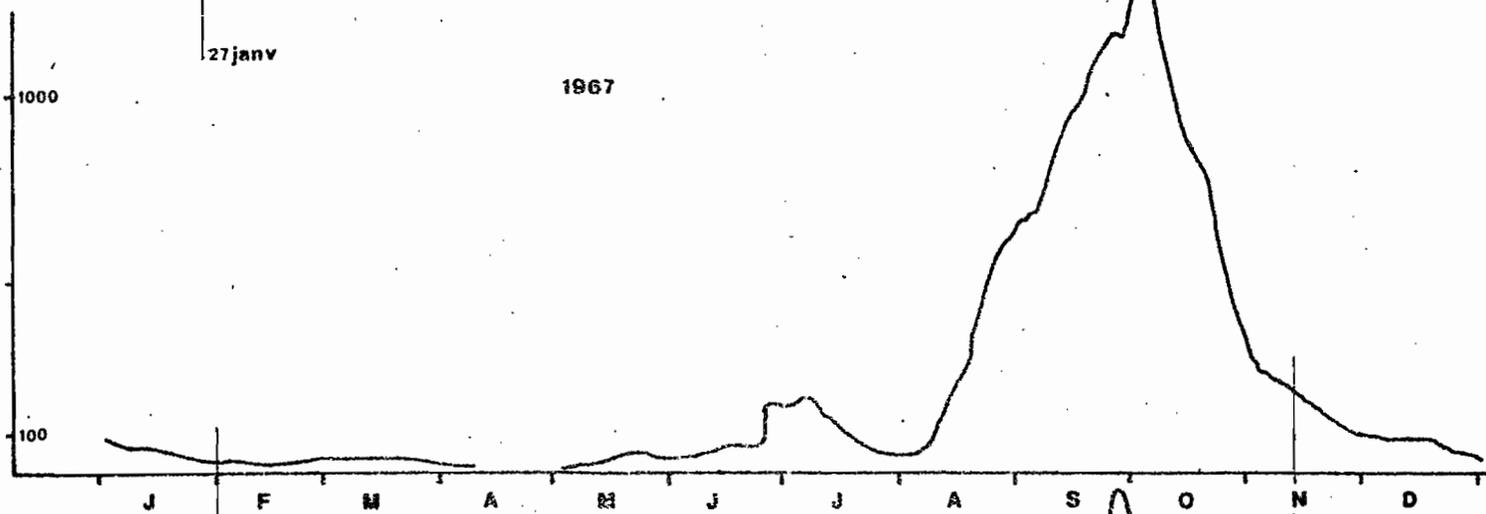
DEBITS JOURNALIERS DU BANDAMA

A TIASSALE

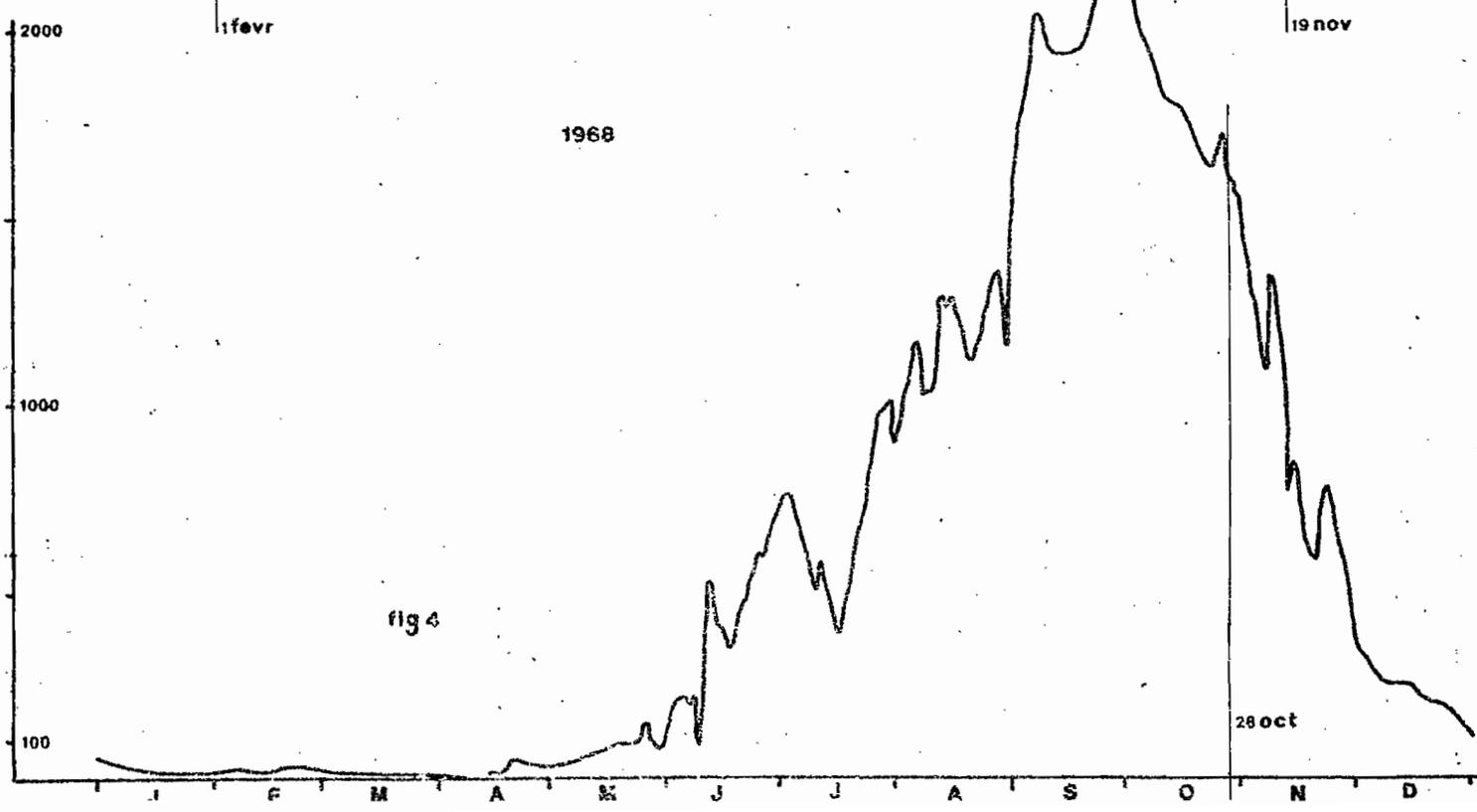
1966



1967



1968



GRAND-LAHOU GOULET

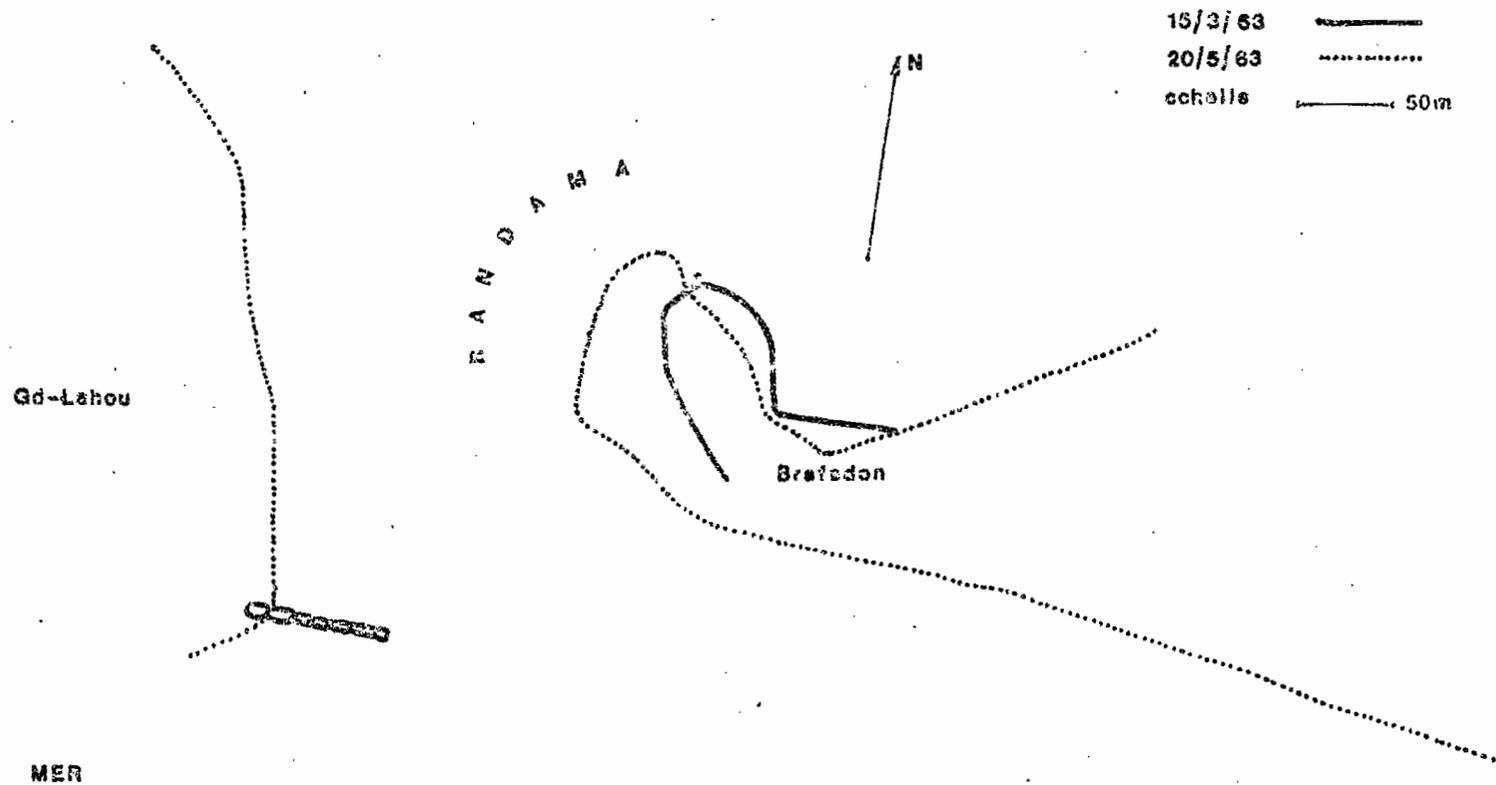


fig 5

GRAND-LAHOU · GOULET

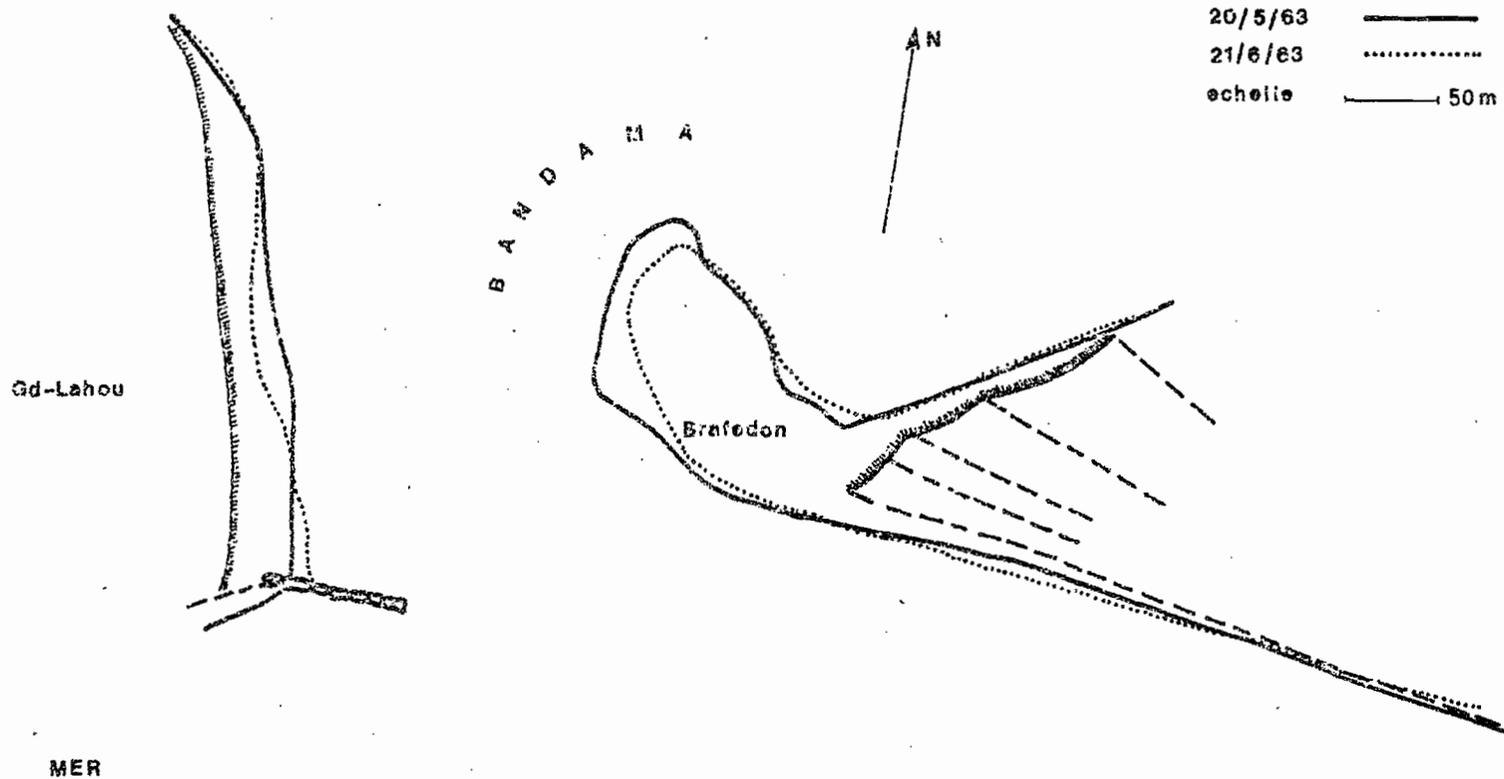


fig 6

GRAND-LAHOU GOULET

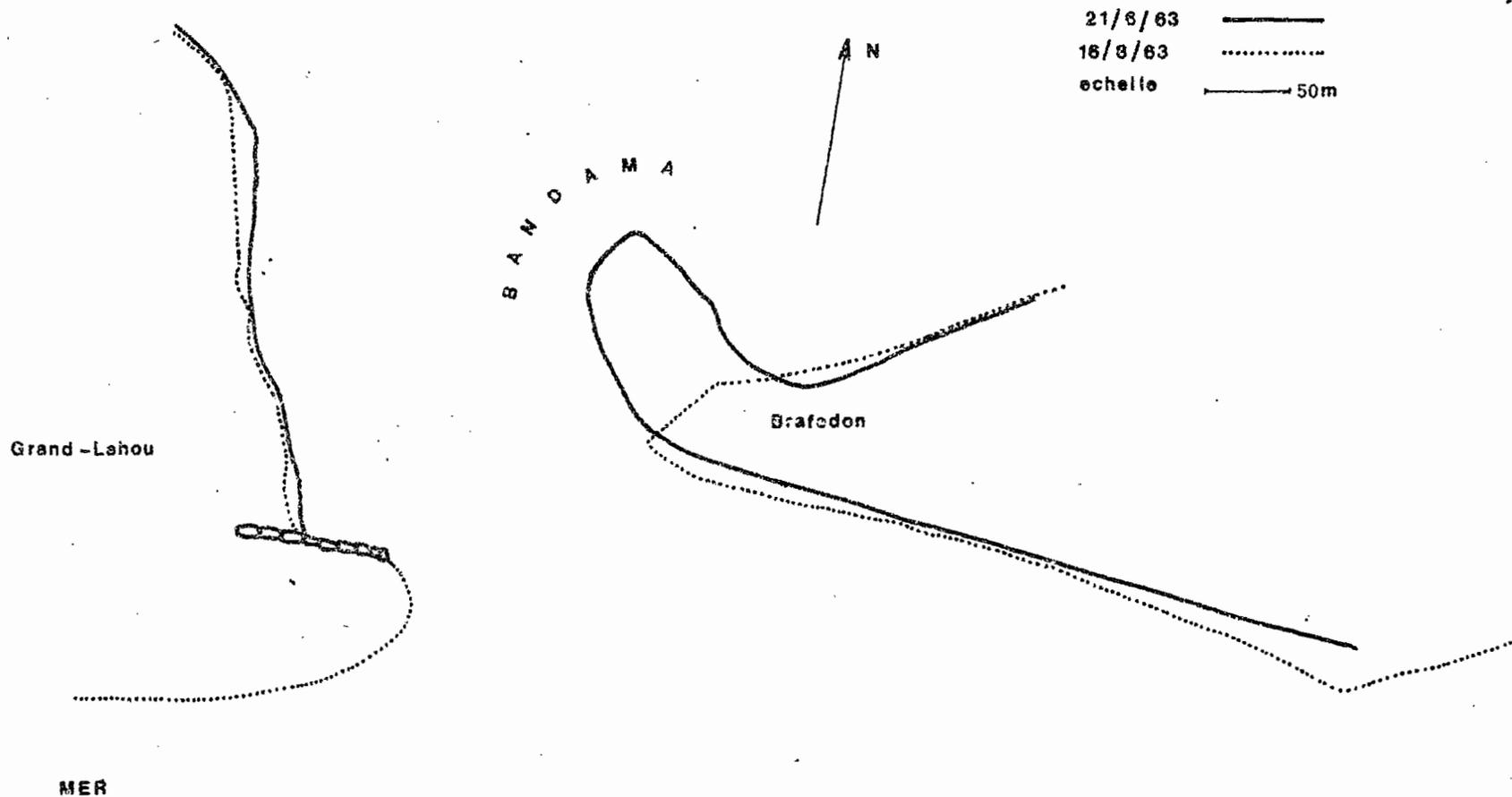


fig 7

GRAND-LAHOU GOULET

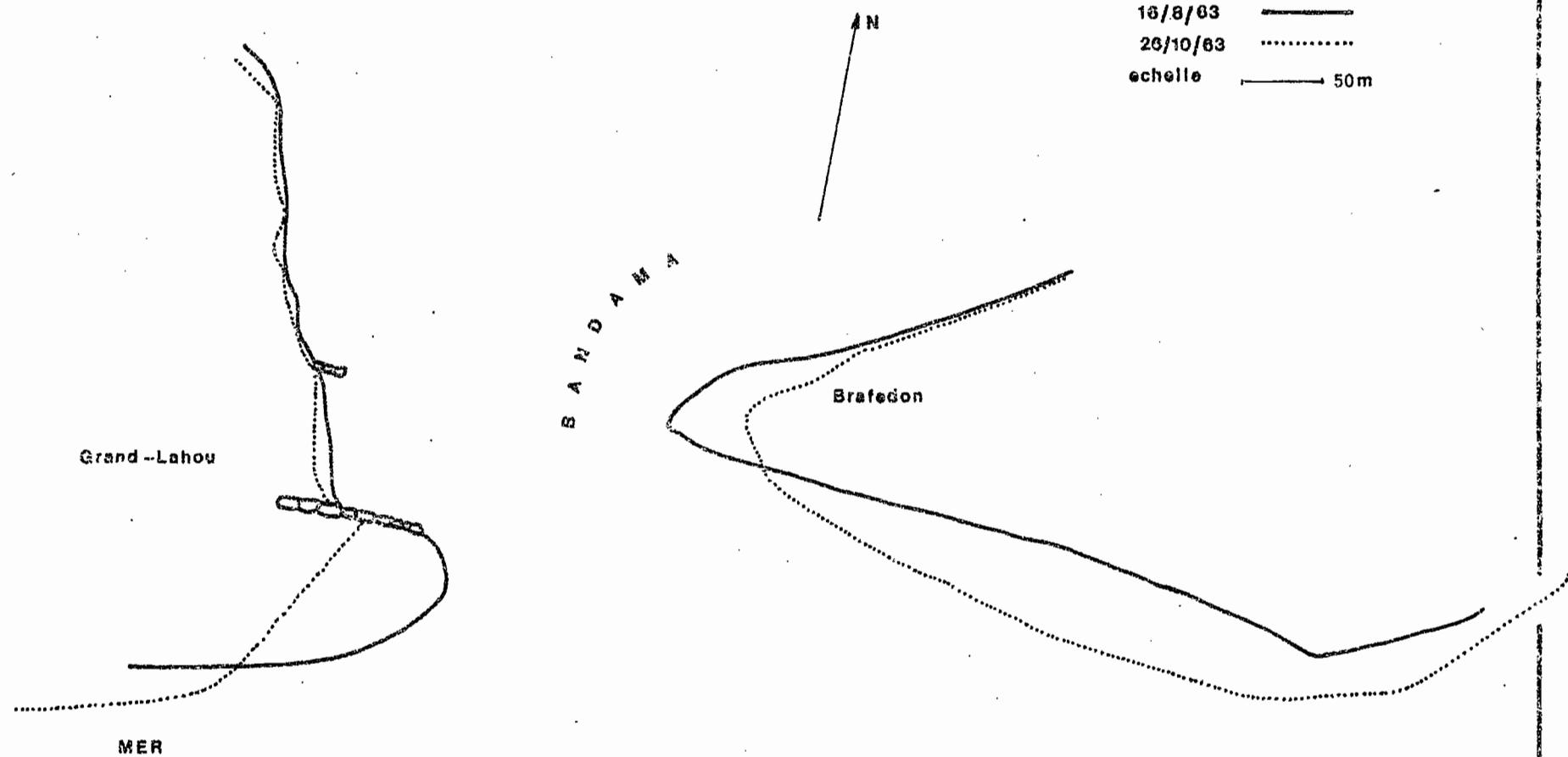


fig 8

GRAND-LAHOU GOULET

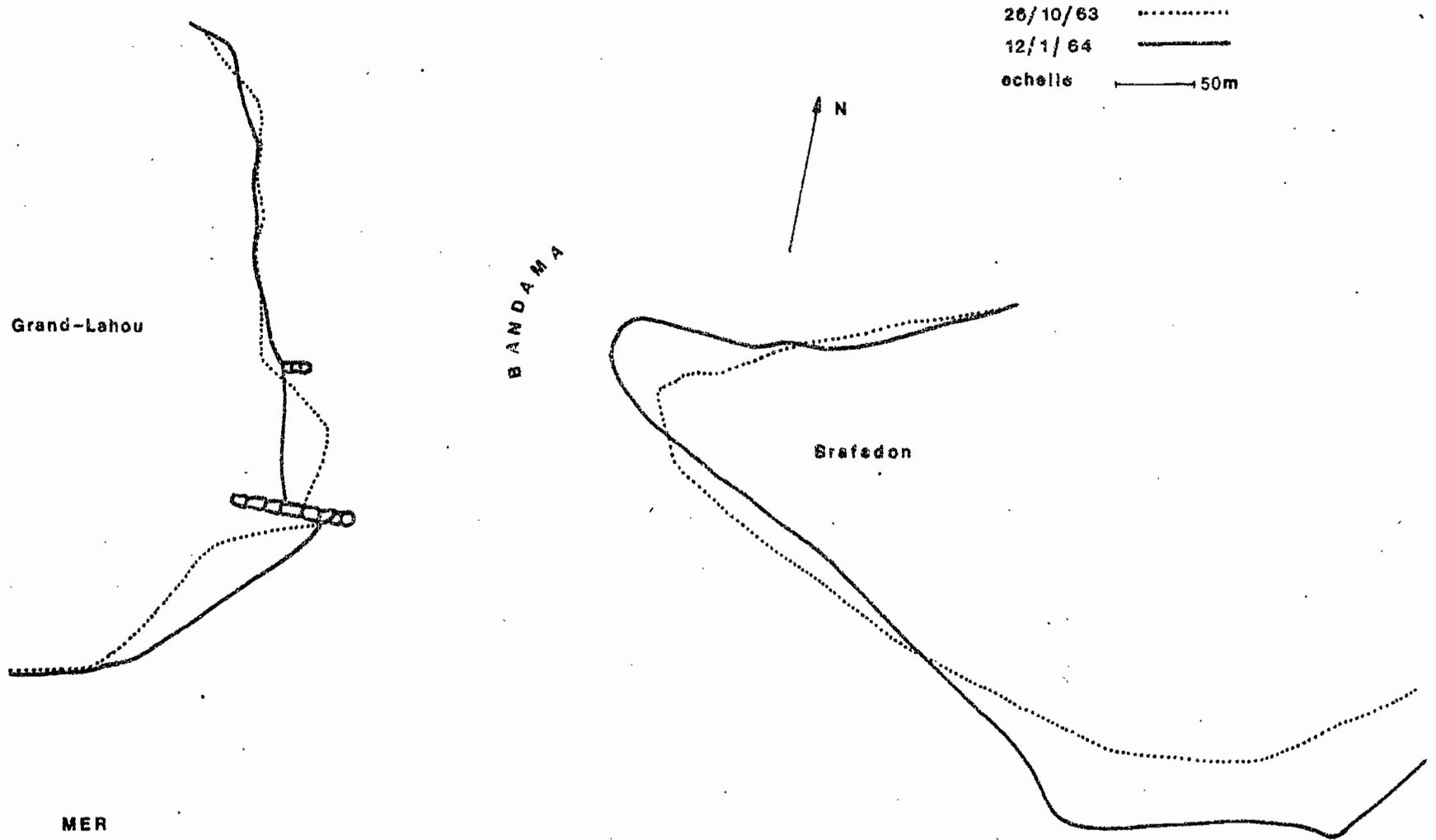


fig 9

GRAND-LAHOU GOULET

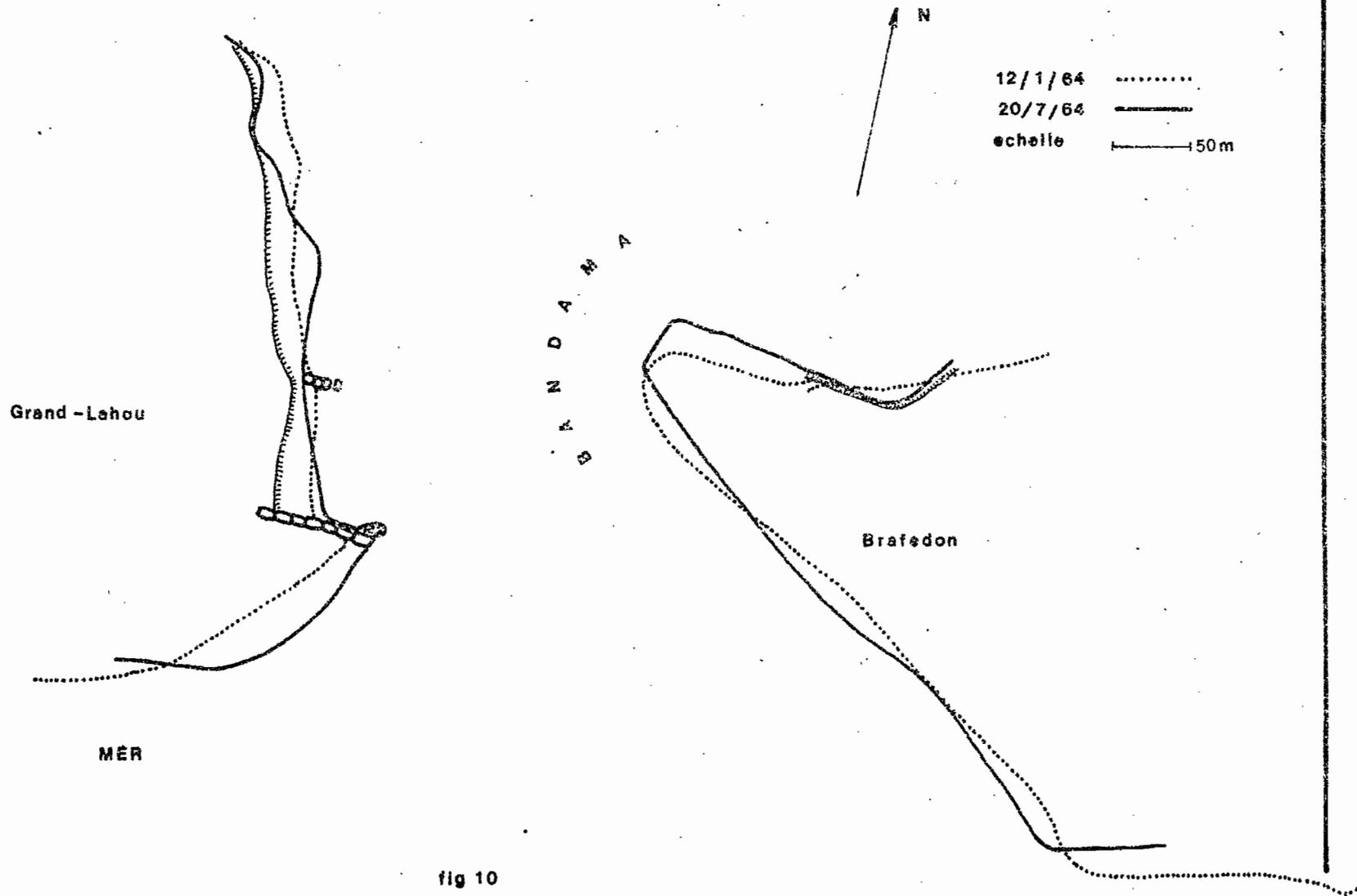


fig 10

GRAND-LAHOU GOULET

PROFIL TRANSVERSAL

17/5/63
16/8/63 - - - - -
9/1/64 ————

Grand-Lahou

Brafedon

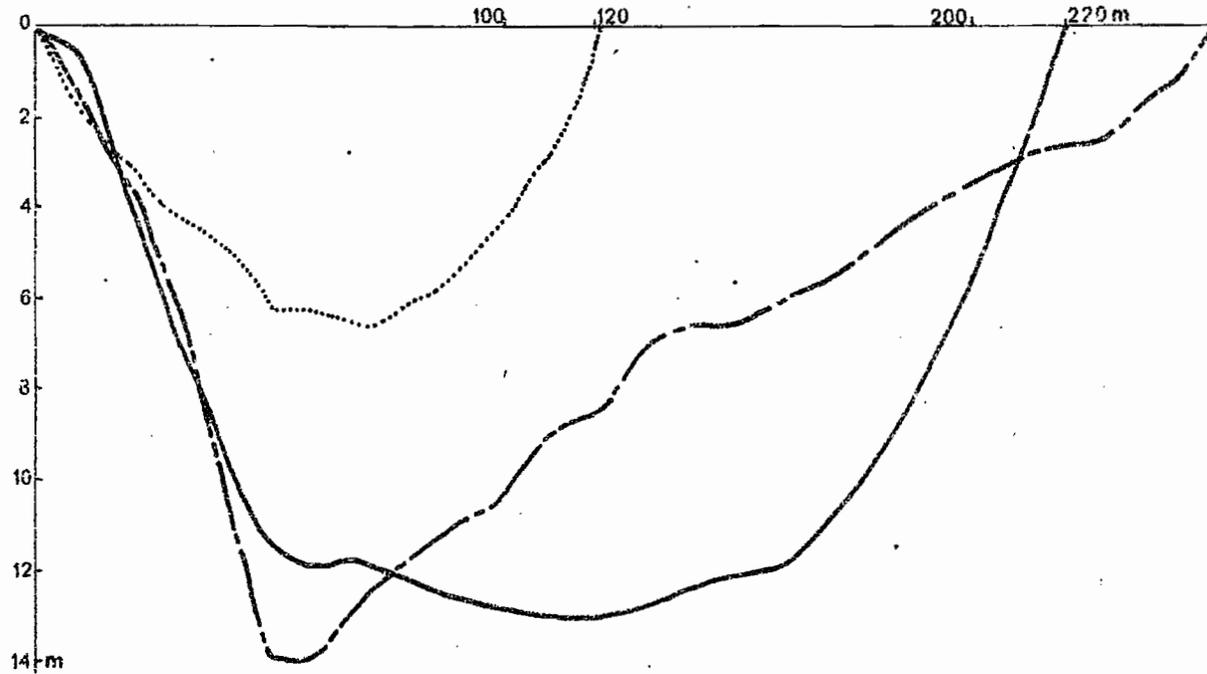


fig 11

GRAND-LAHOU LAGUNE

PROFIL TRANSVERSAL

14 aout 1963

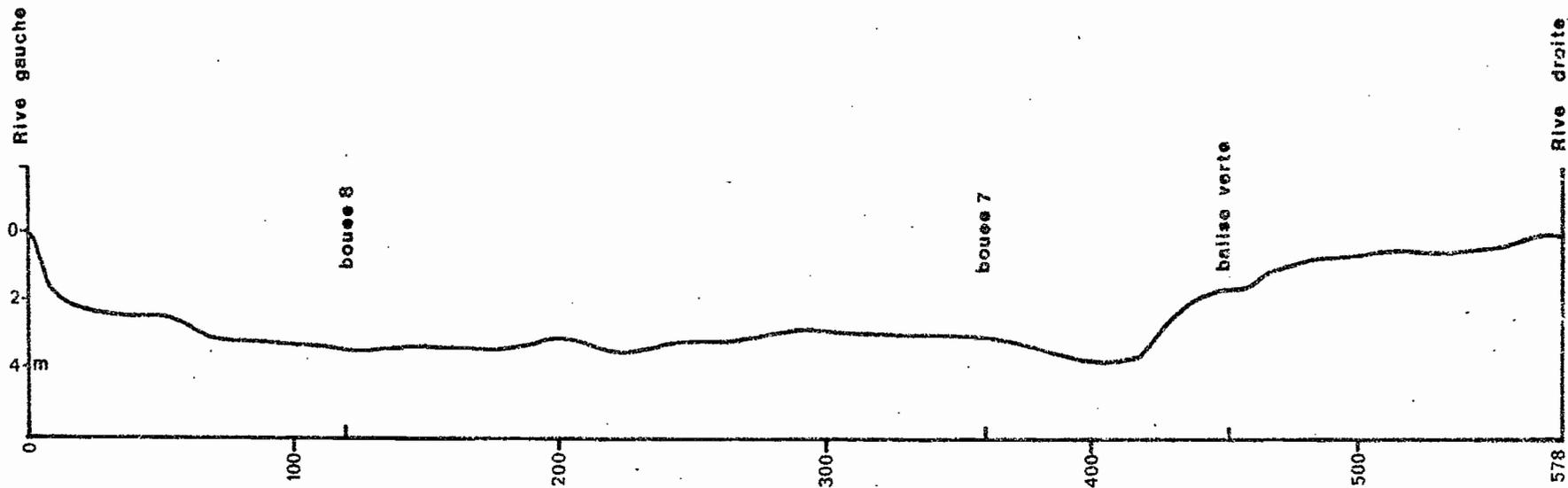


fig 12

GRAND-LAHOU CORDON LITTORAL

PROFIL TRANSVERSAL

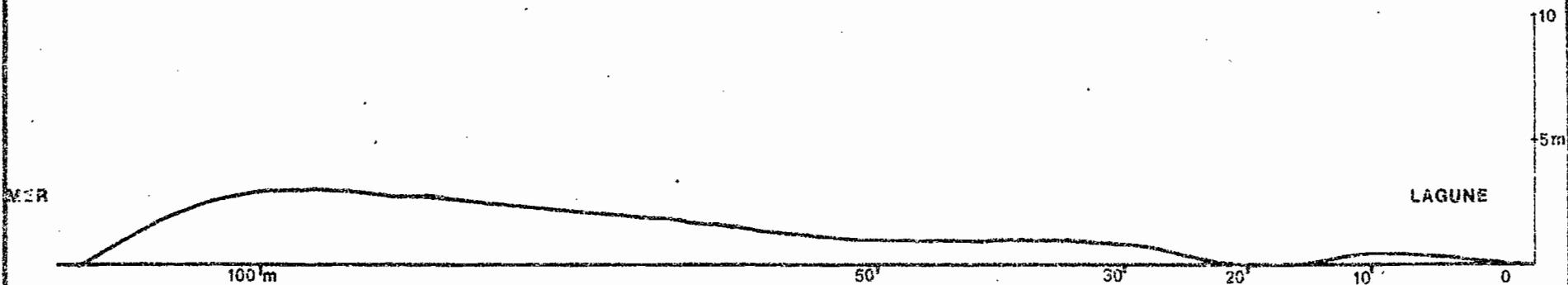


fig 13

VUE GENERALE DE L'EXTENTION EN MER DES EAUX DU BANDAMA

24 aout 1984

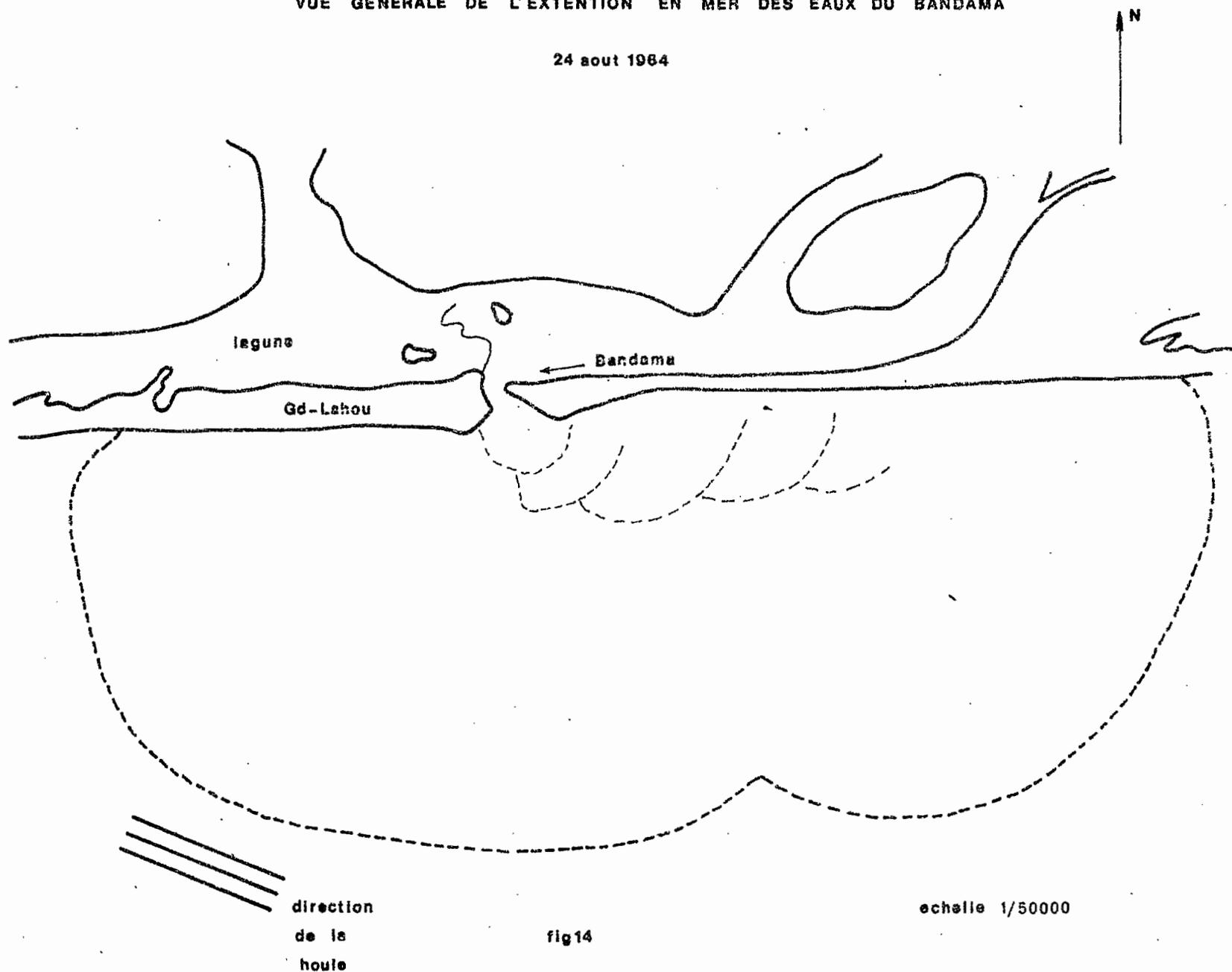


fig 14

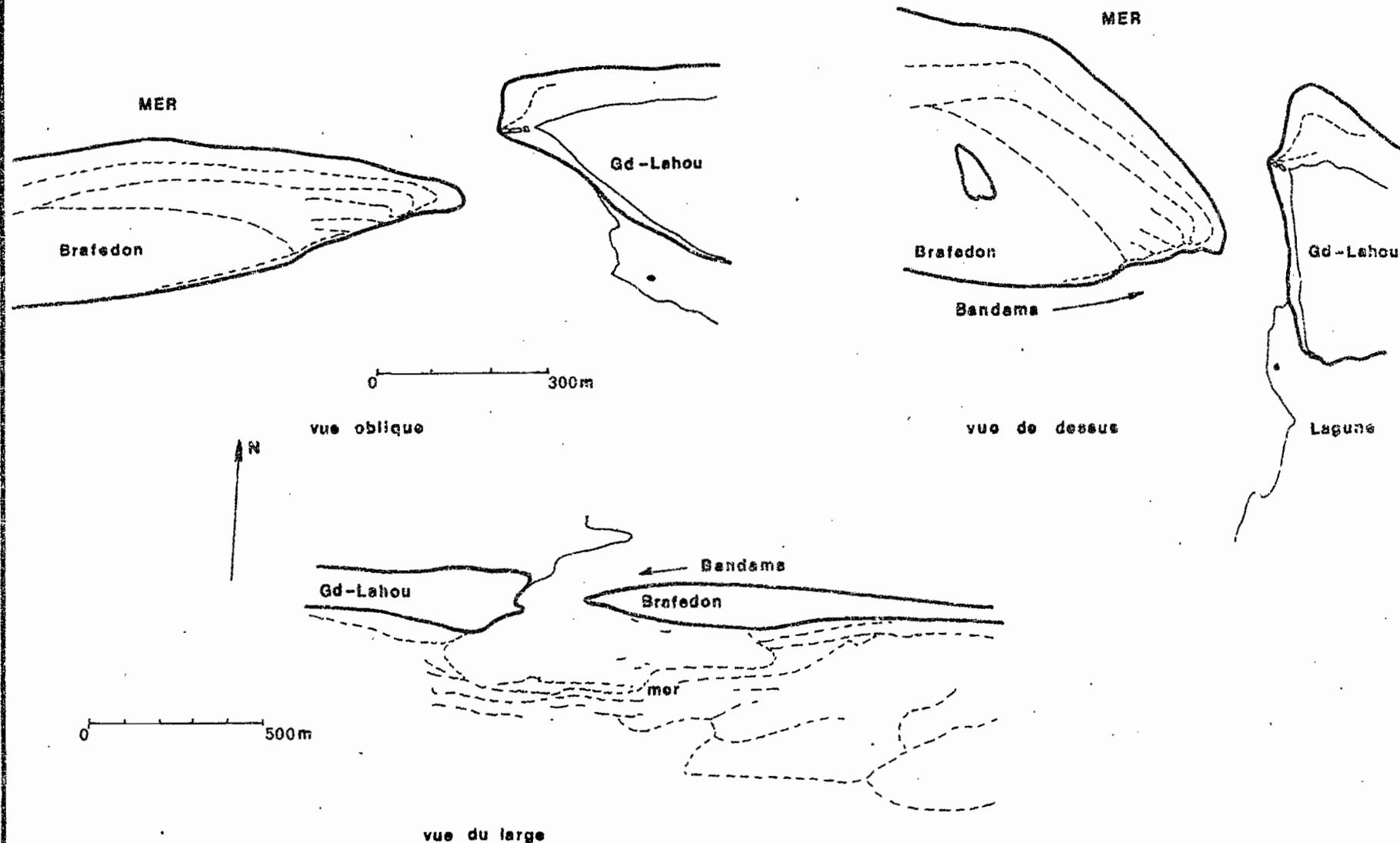


fig 15

d'après photos

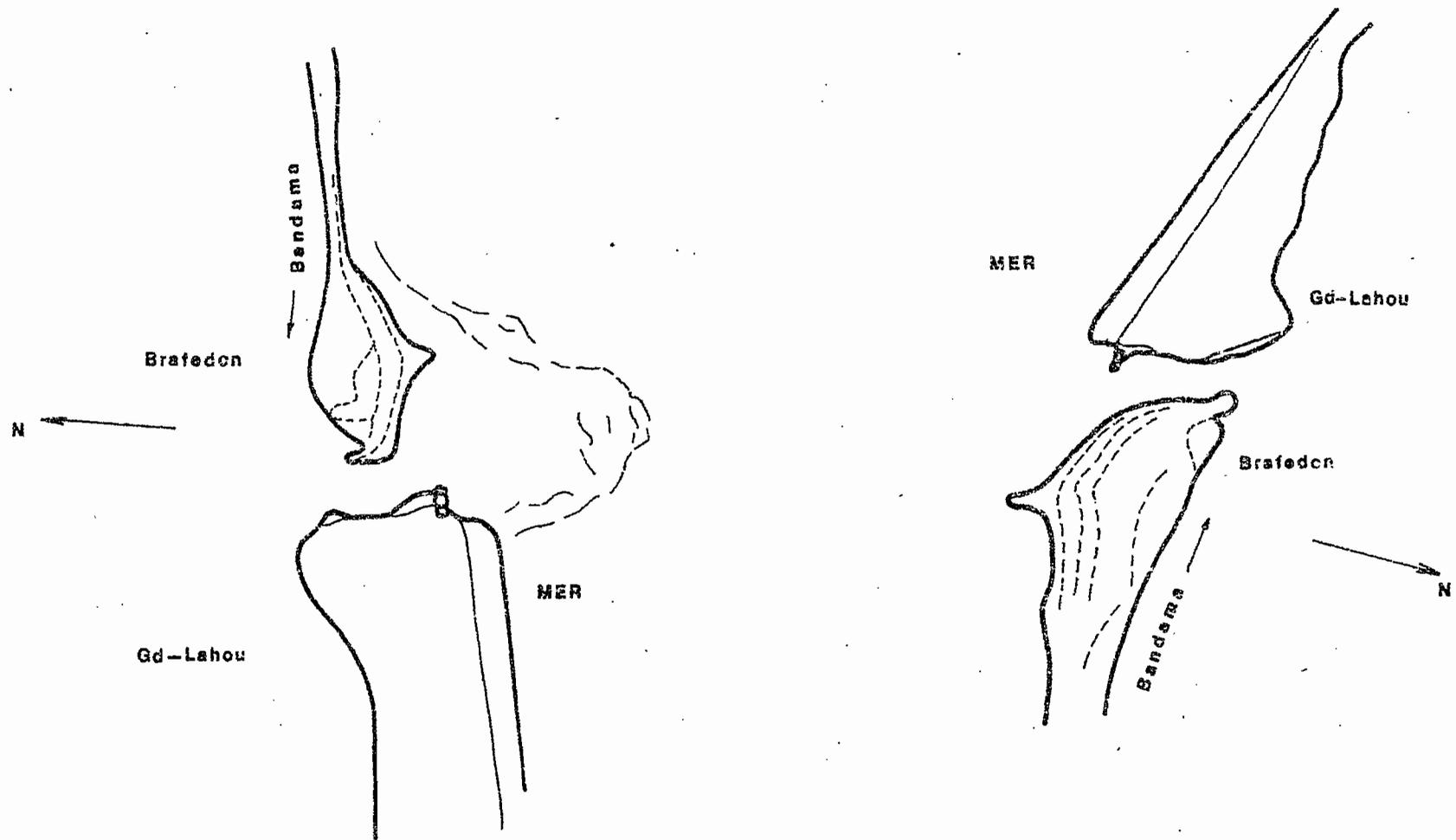
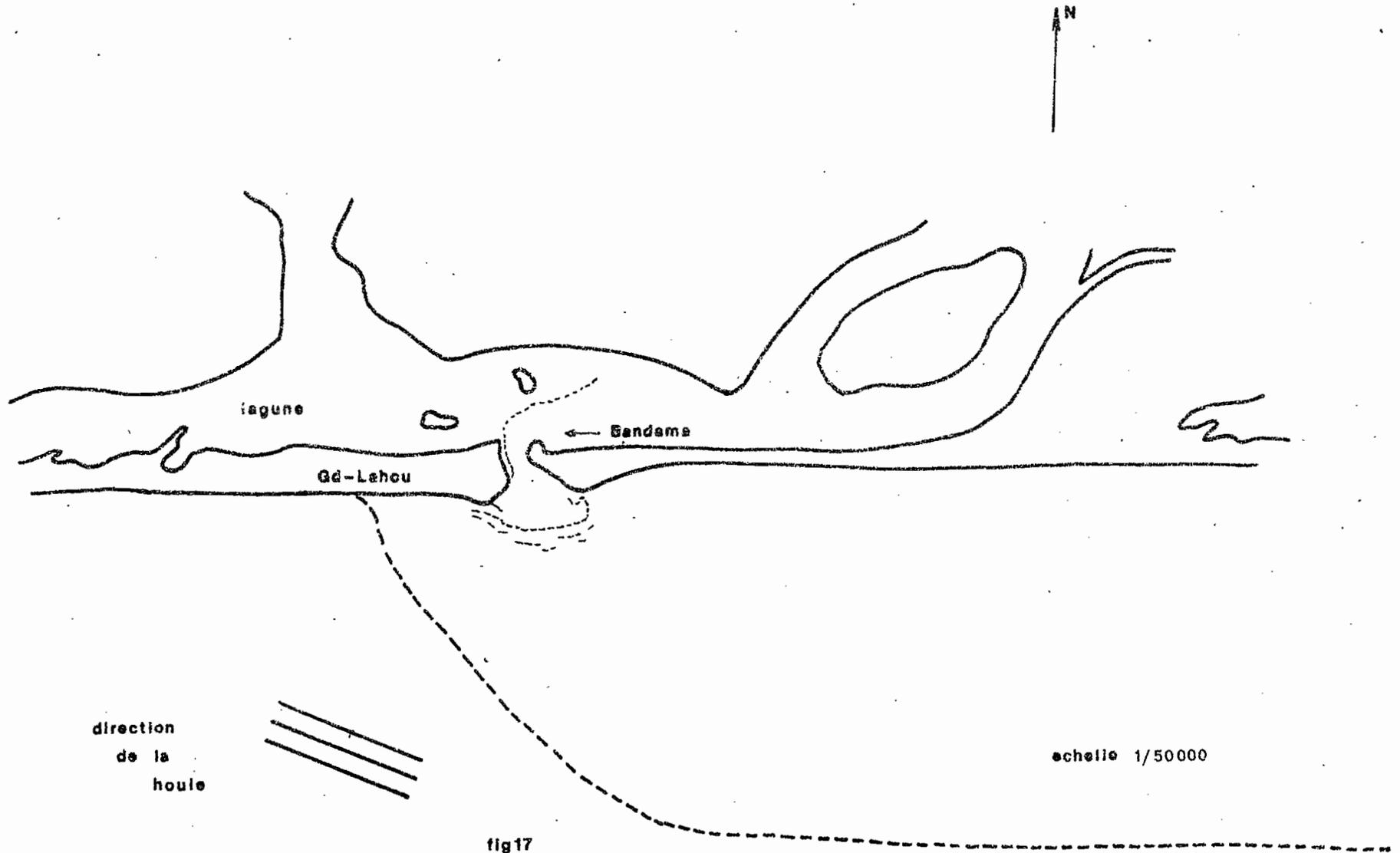


fig 16

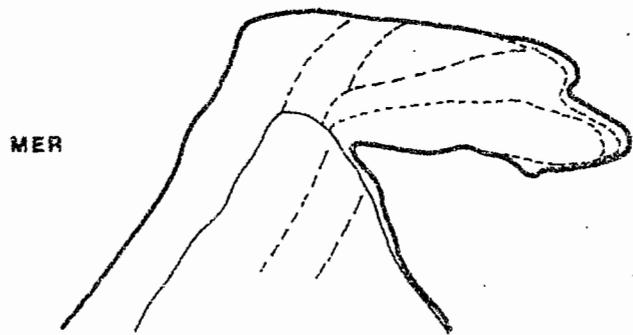
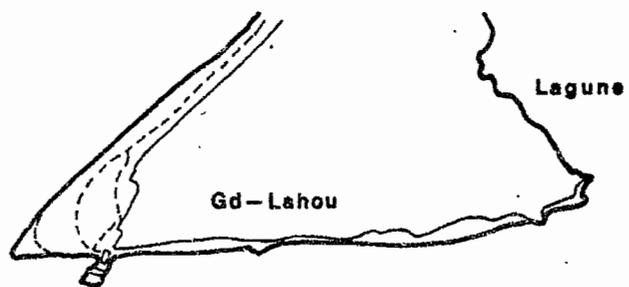
d'apres photos

VUE GENERALE DE L'EXTENTION EN MER DES EAUX DU BANDAMA

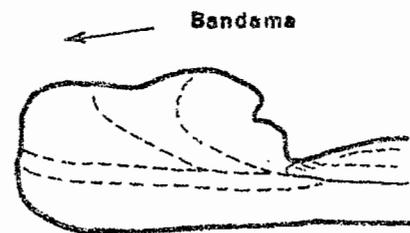
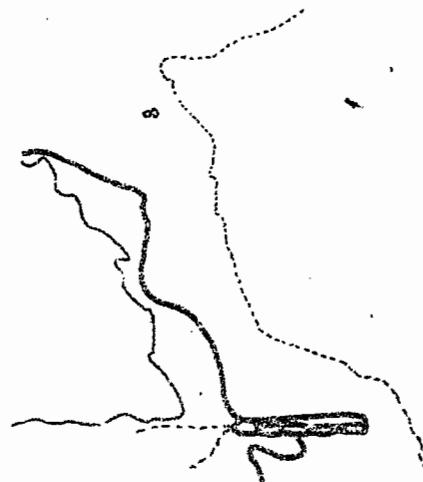
1 juillet 1935



GRAND-LAHOU 1 juillet 1965



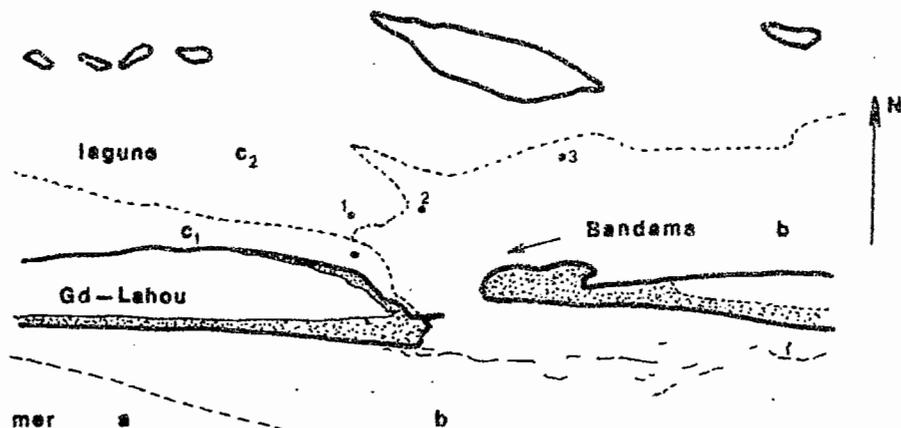
morphologie du gulet vue oblique



Goulet

0 30 60m

zones d'eaux differentes



d'apres photos

fig18

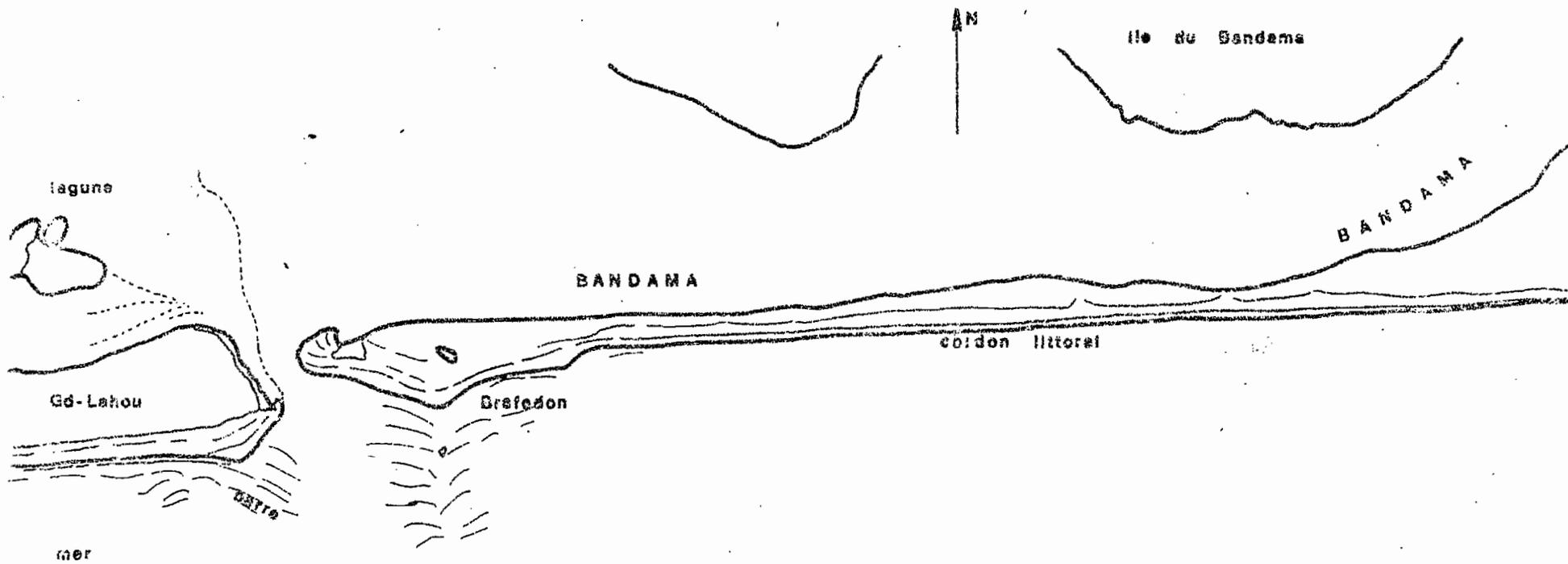


fig 19

GRAND-LAHOU 29 octobre 1965

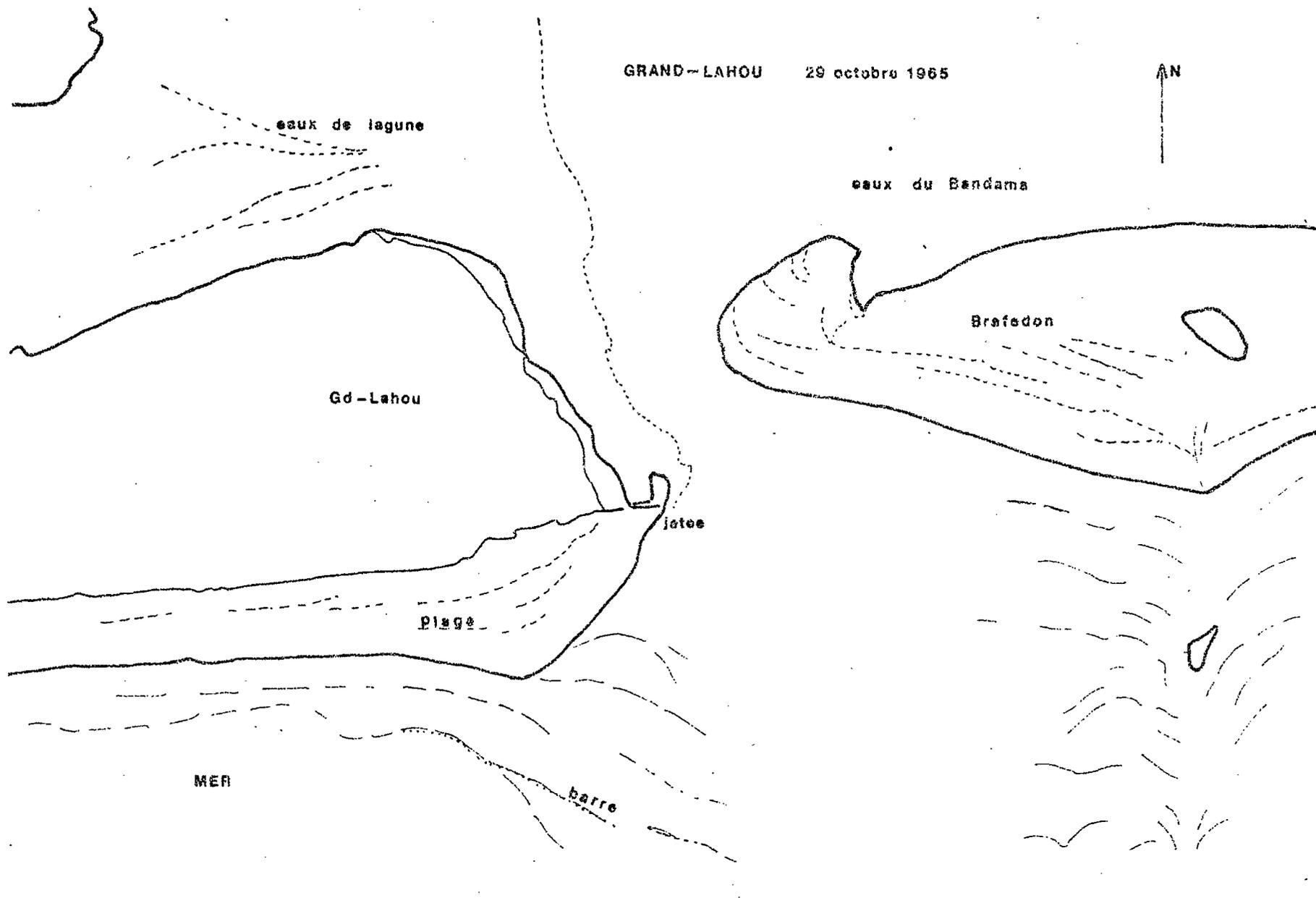


fig 20

GRAND - LAHOU

27 janvier 1966

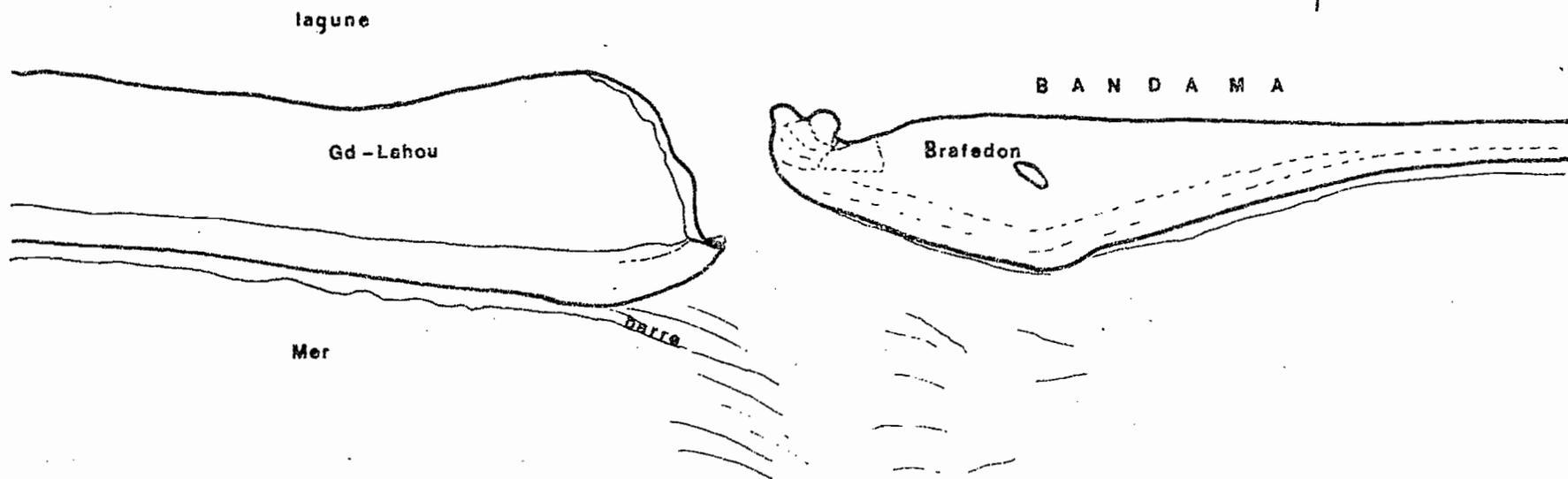


fig 21

GRAND-LAHOU 1 février 1967

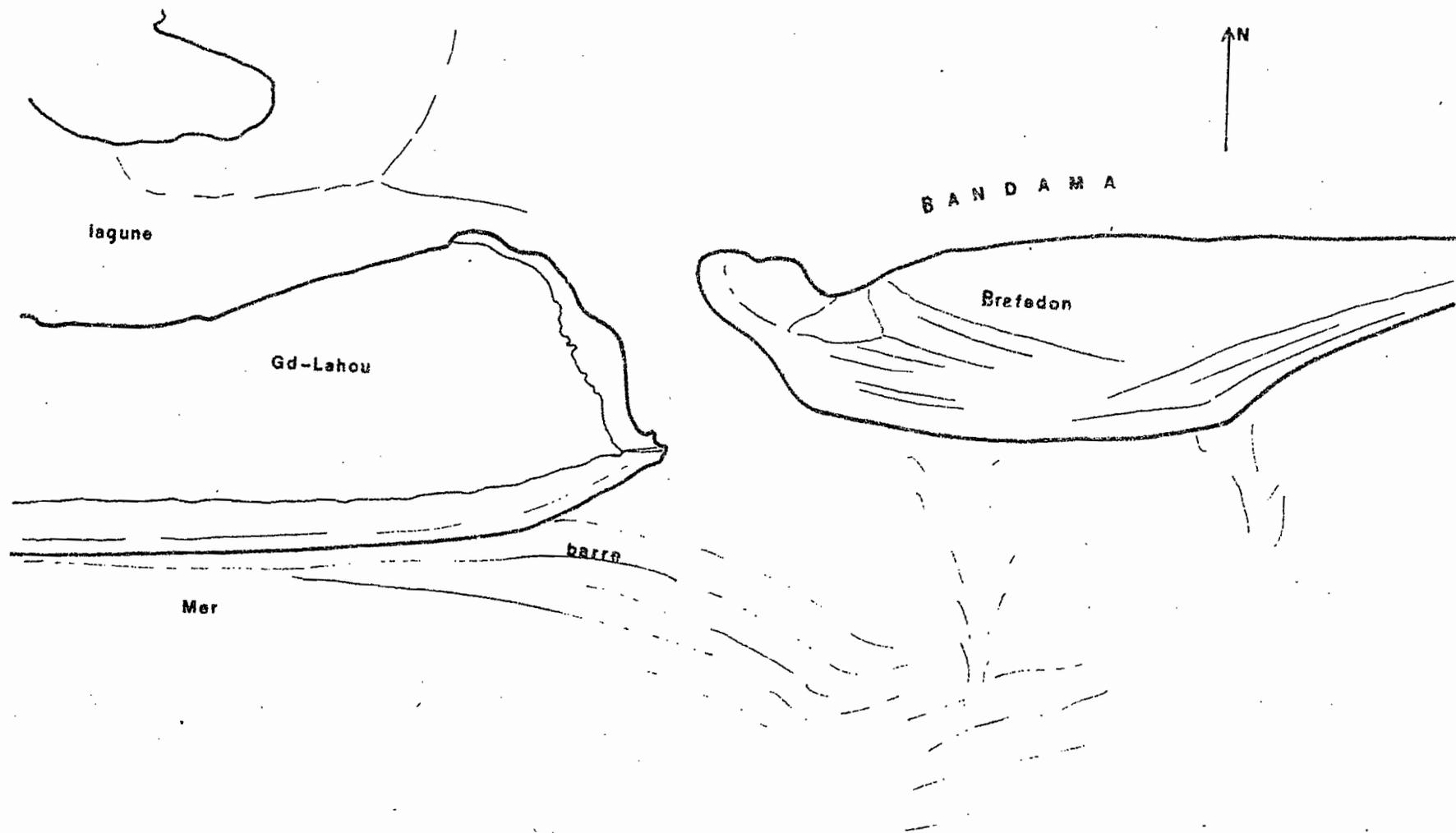


fig 22

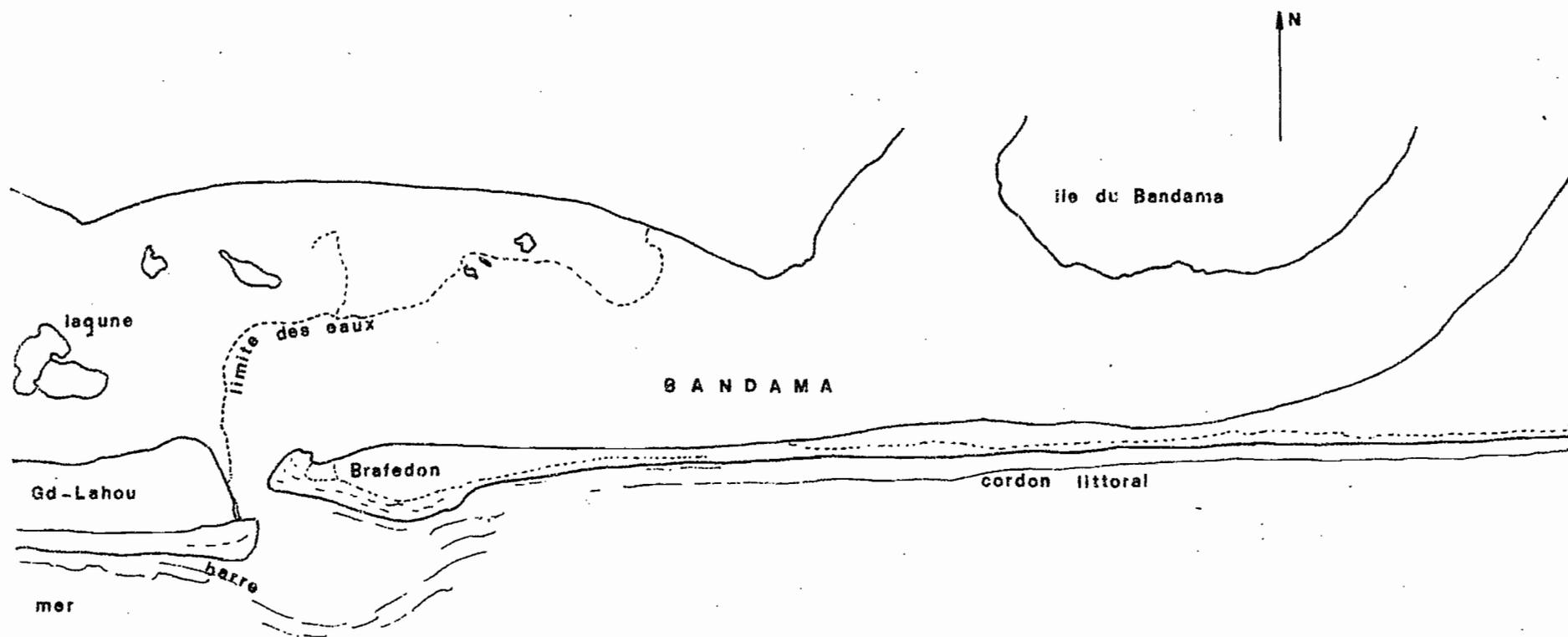


fig 23

GRAND-LAHOU

19 octobre 1967

N

lagune

BANDAMA

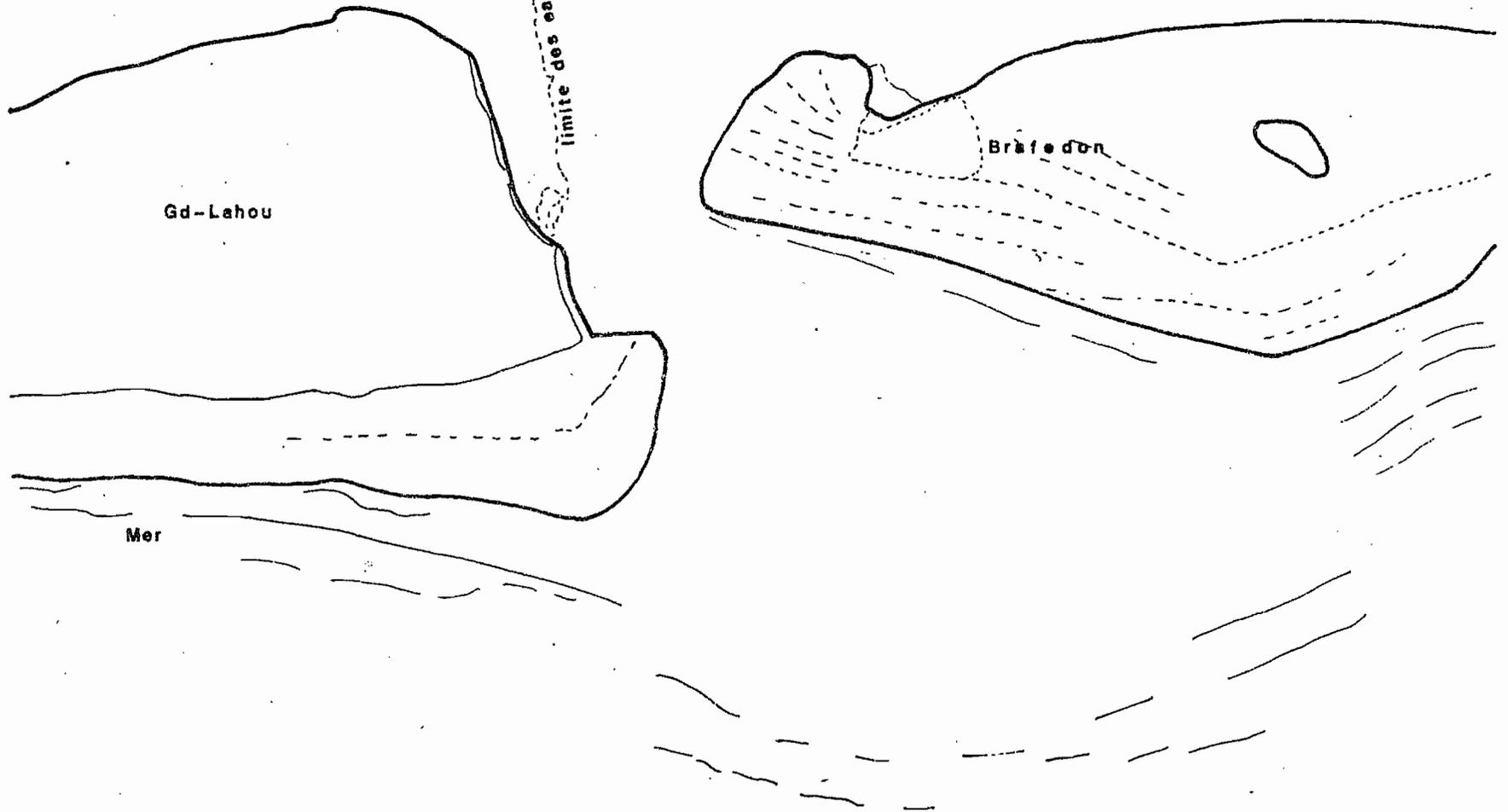
limite des eaux

Gd-Lahou

Brâfê don

Mer

fig 24



GRAND-LAHOU

28 octobre 1968

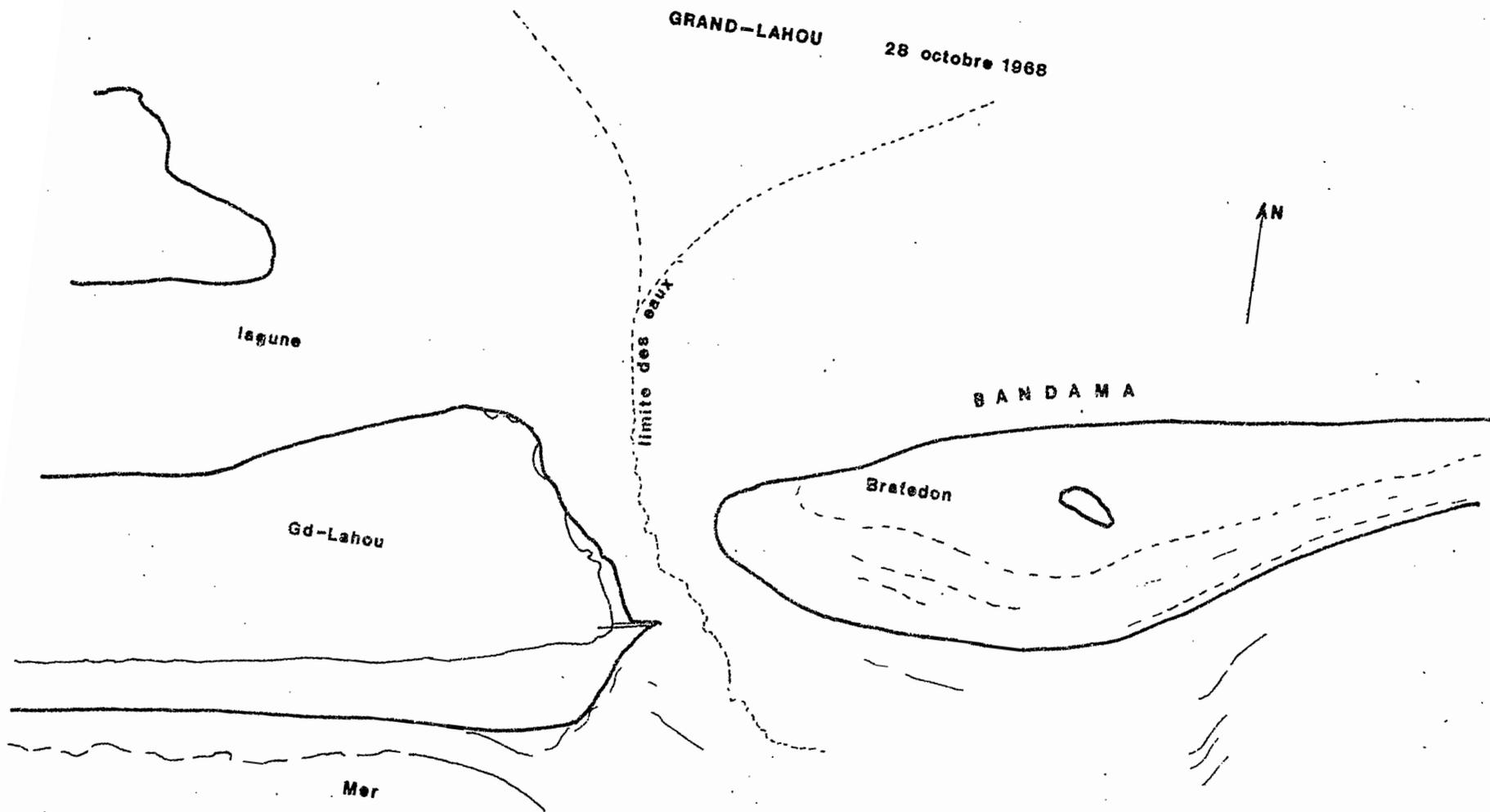


fig 25

GRANULOMETRIE DES SABLES DU CORDON LITTORAL

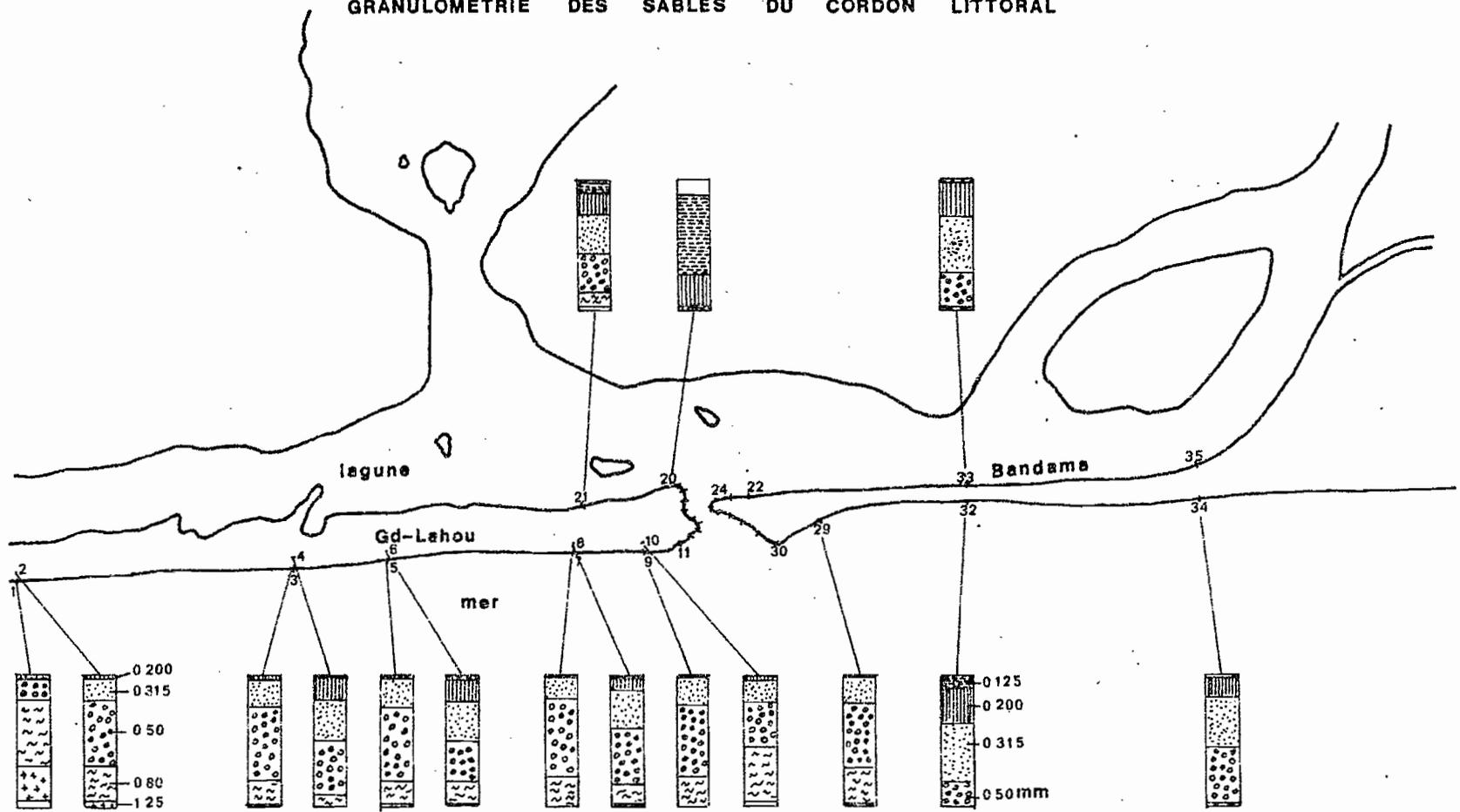
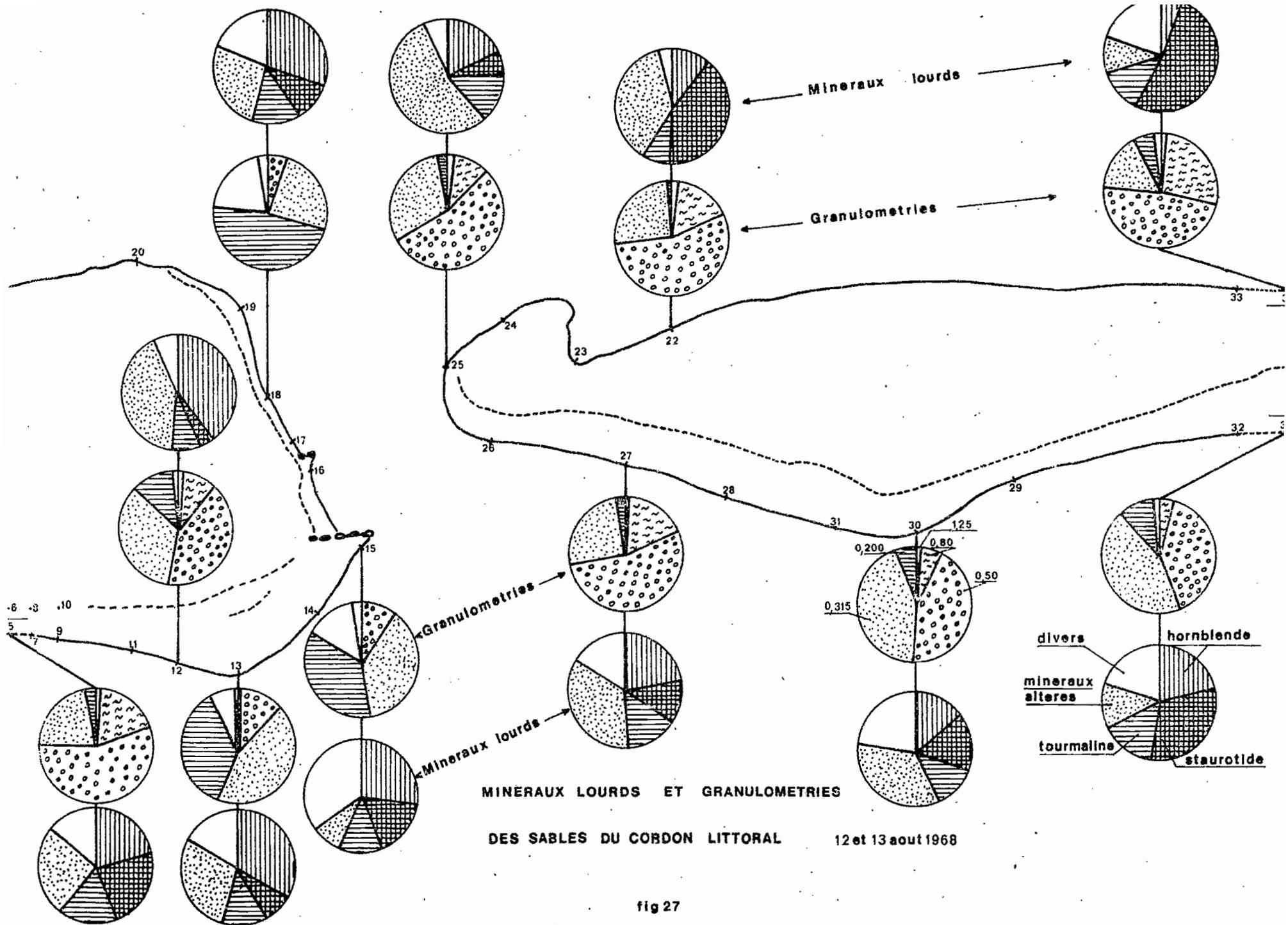


fig 26



Granulometries des sables du cordon littoral Ouest
bas de plage

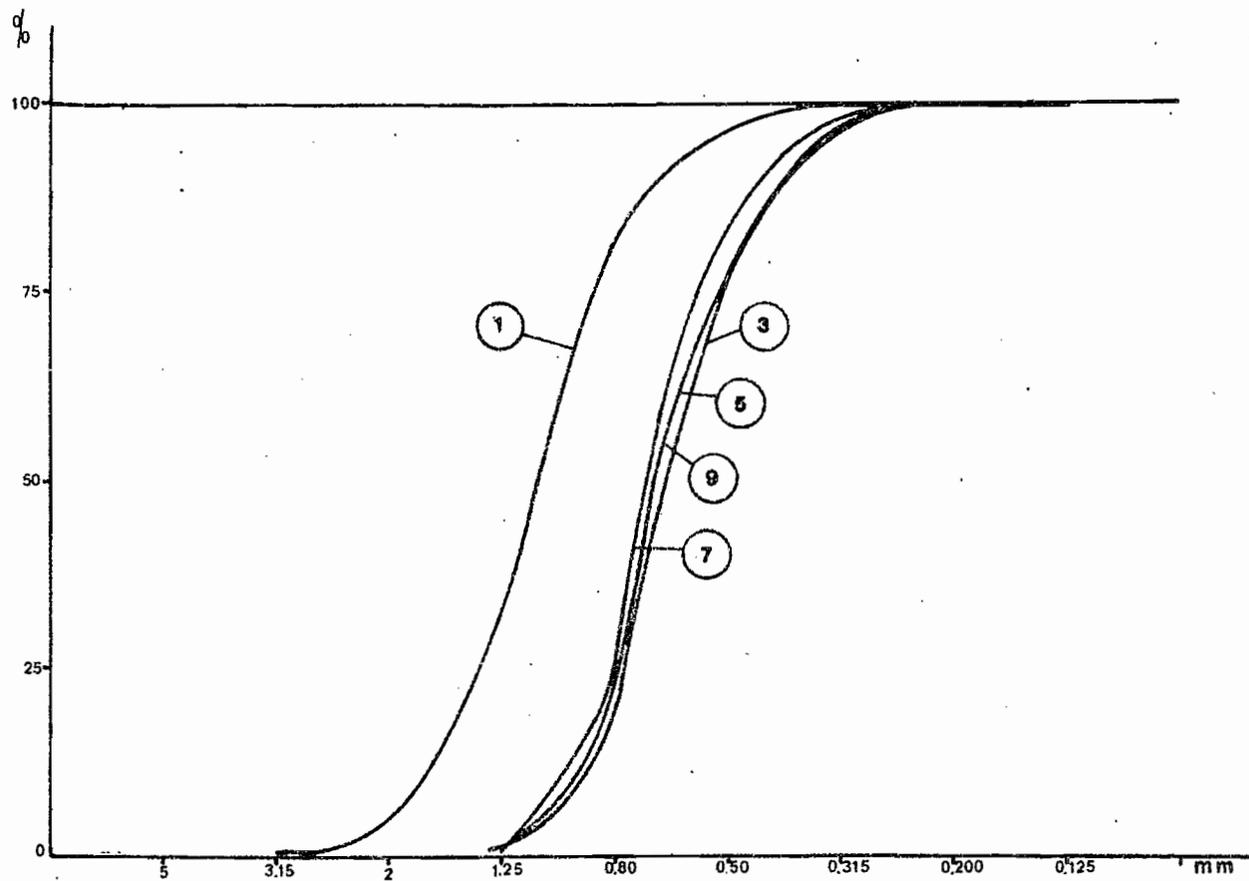
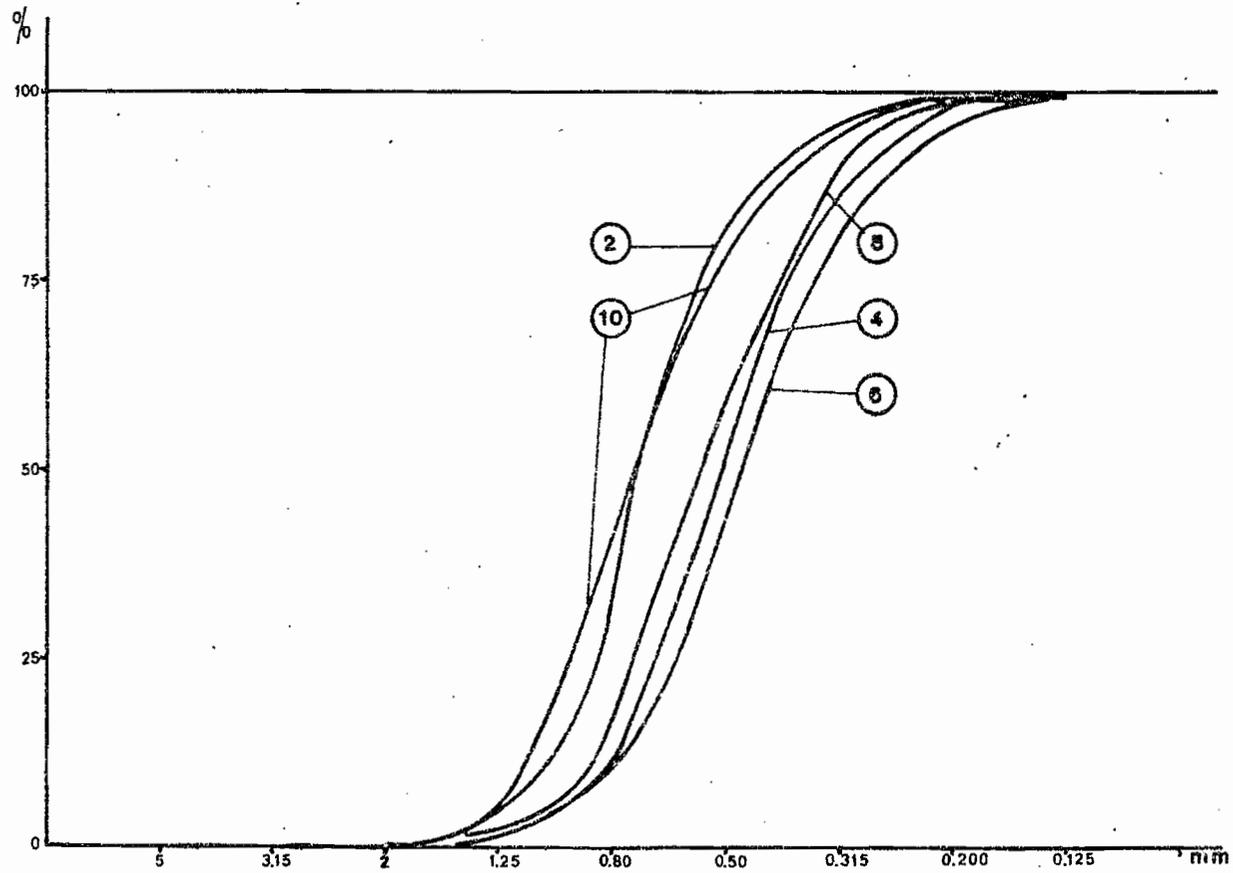


fig 28

Granulometries des sables du cordon littoral Ouest
haut de plage



Granulometries des sables du cordon littoral Ouest
au sud de la jetee

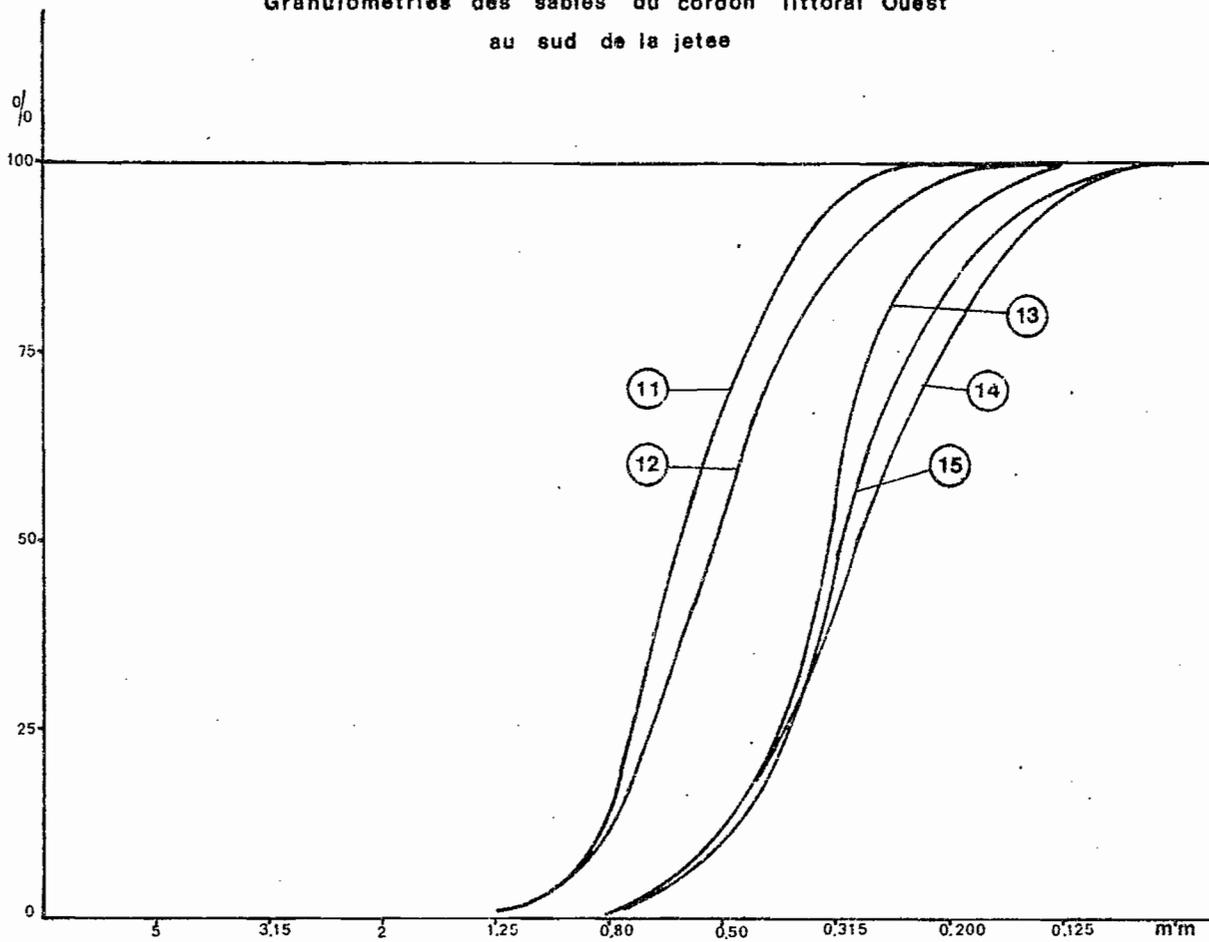


fig 30

Granulometries des sables du cordon littoral Ouest
au nord de la jetee

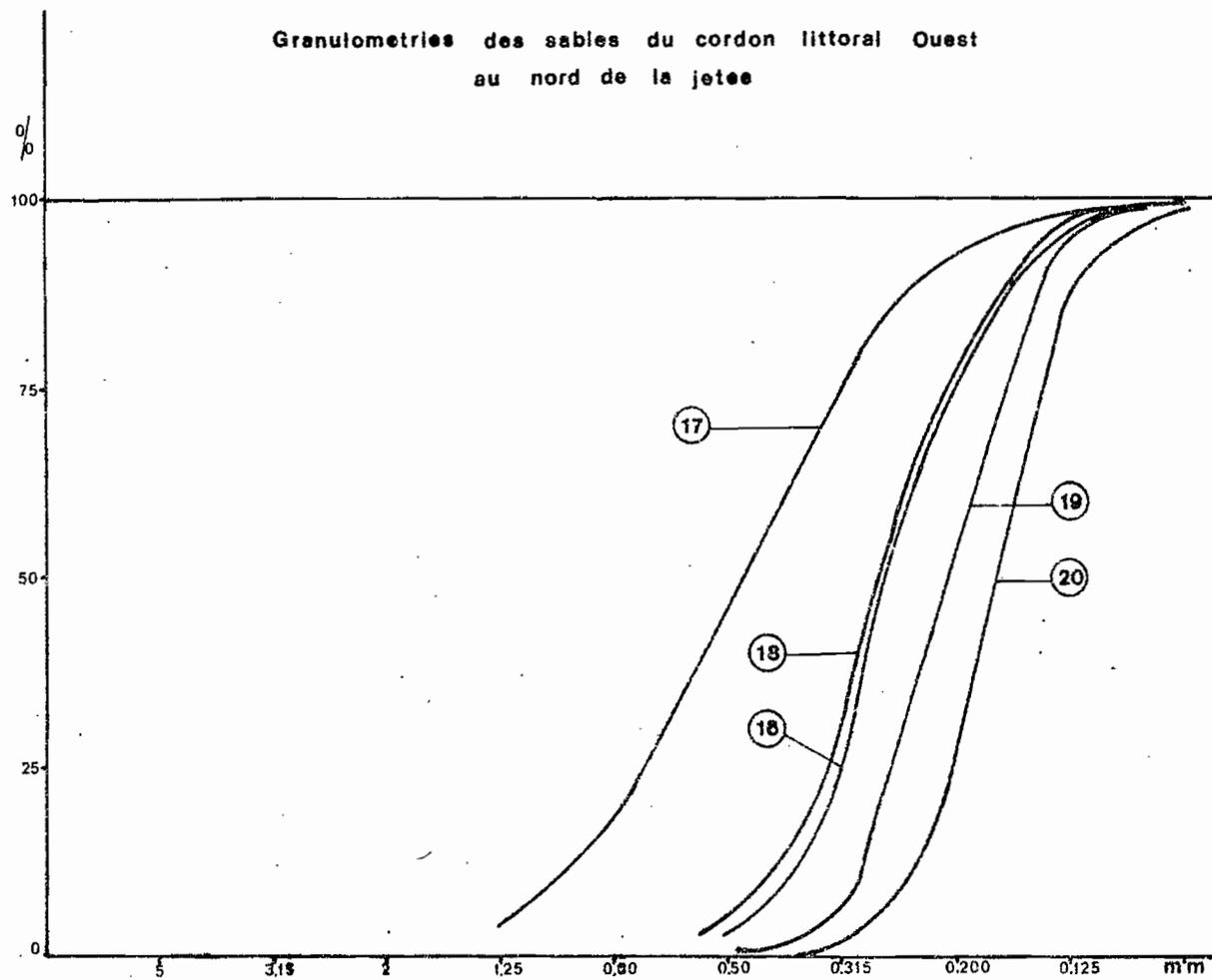


fig 31

Granulometries des sables du cordon littoral Est
coté Nord

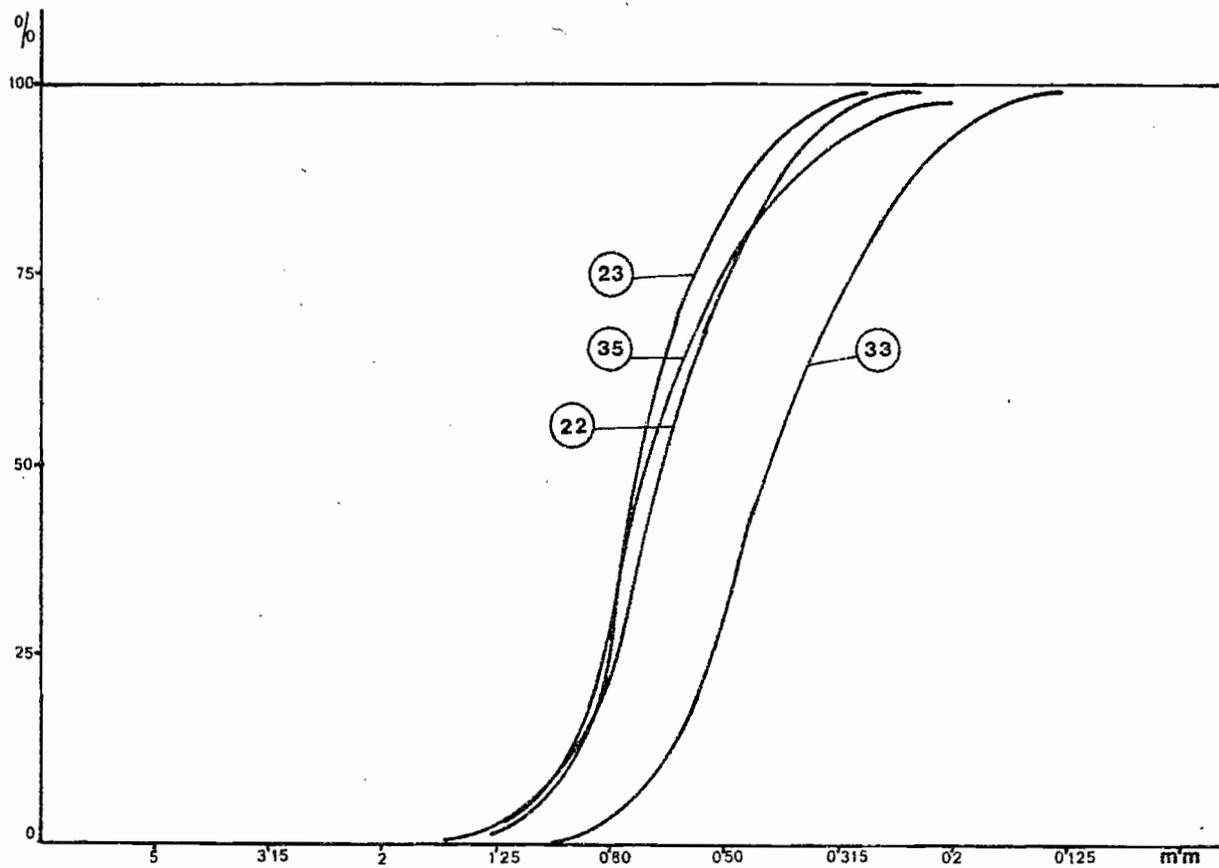


fig 32

Granulometries des sables du cordon littoral Est
goulet

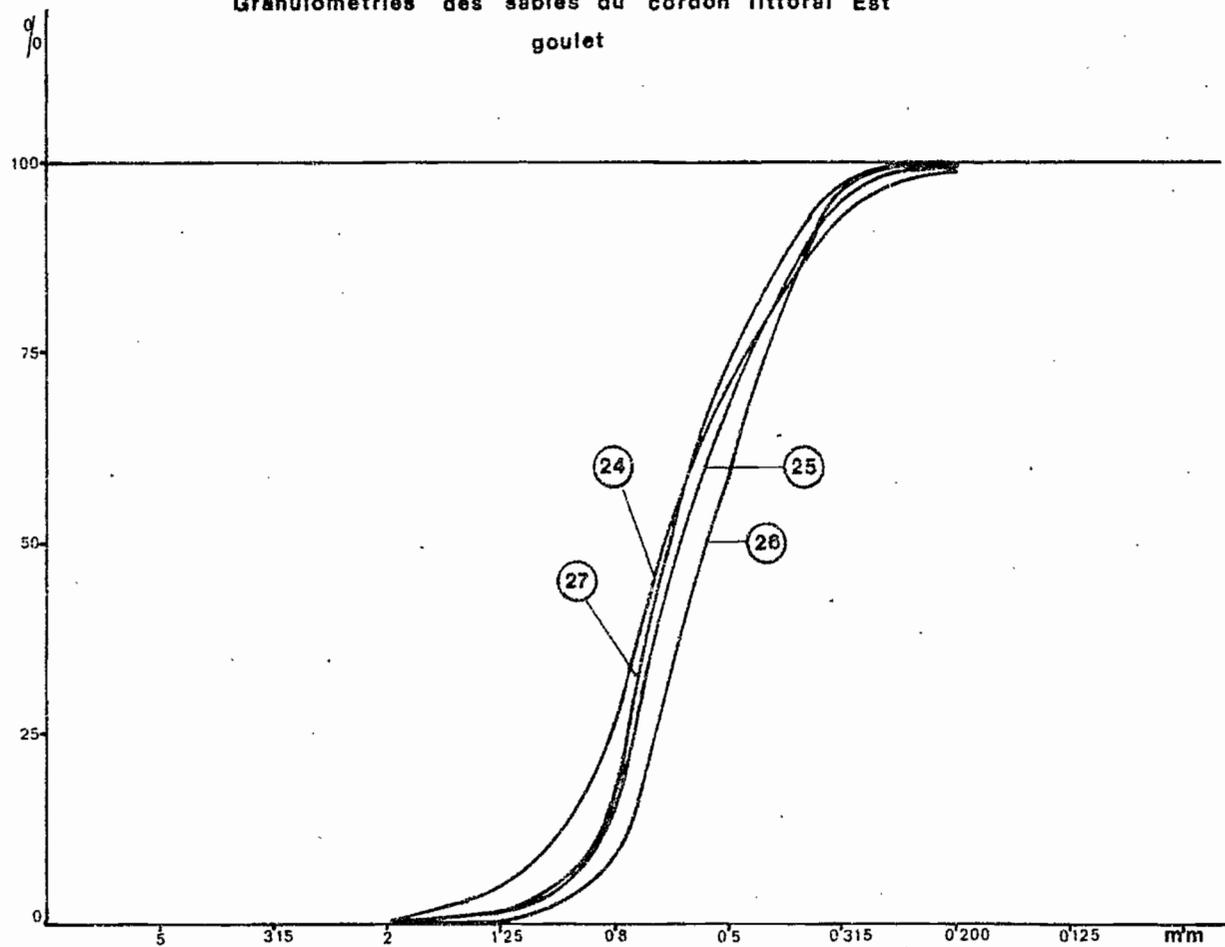


fig 33

Granulometries des sables du cordon littoral Est
côte Mer

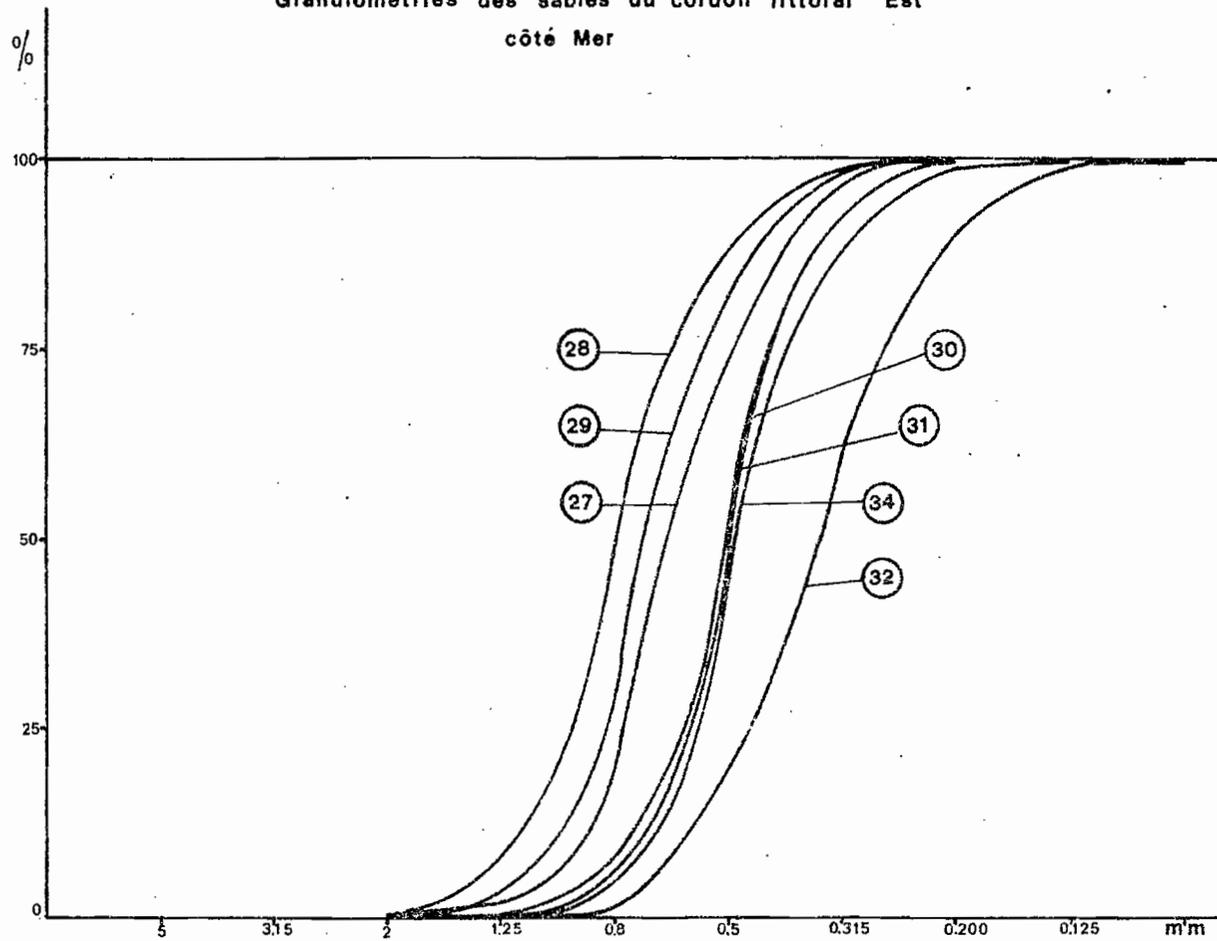


fig 34

Mineralogie des sables du cordon littoral Ouest

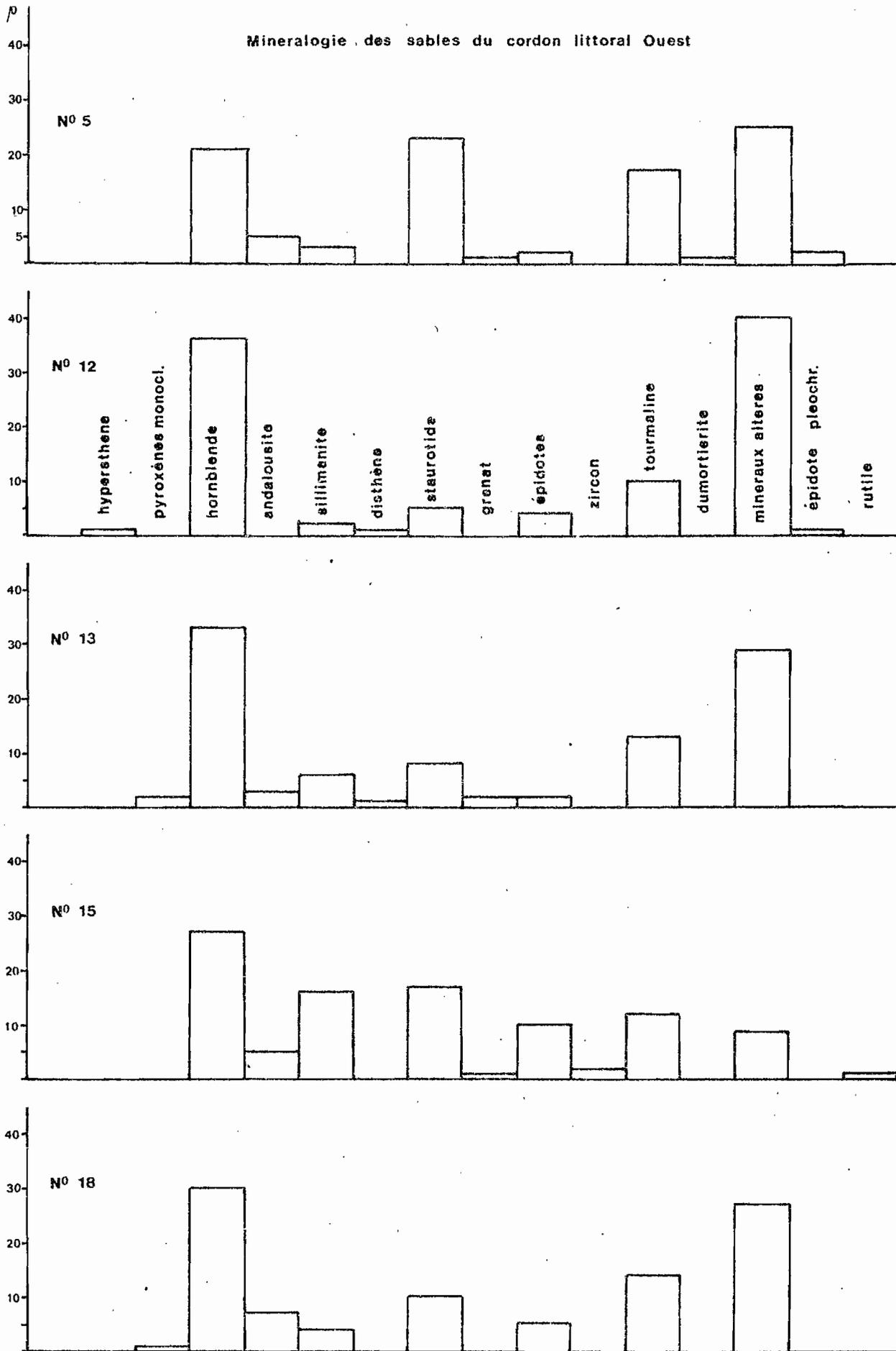


fig35

Minéralogie des sables du cordon littoral Est

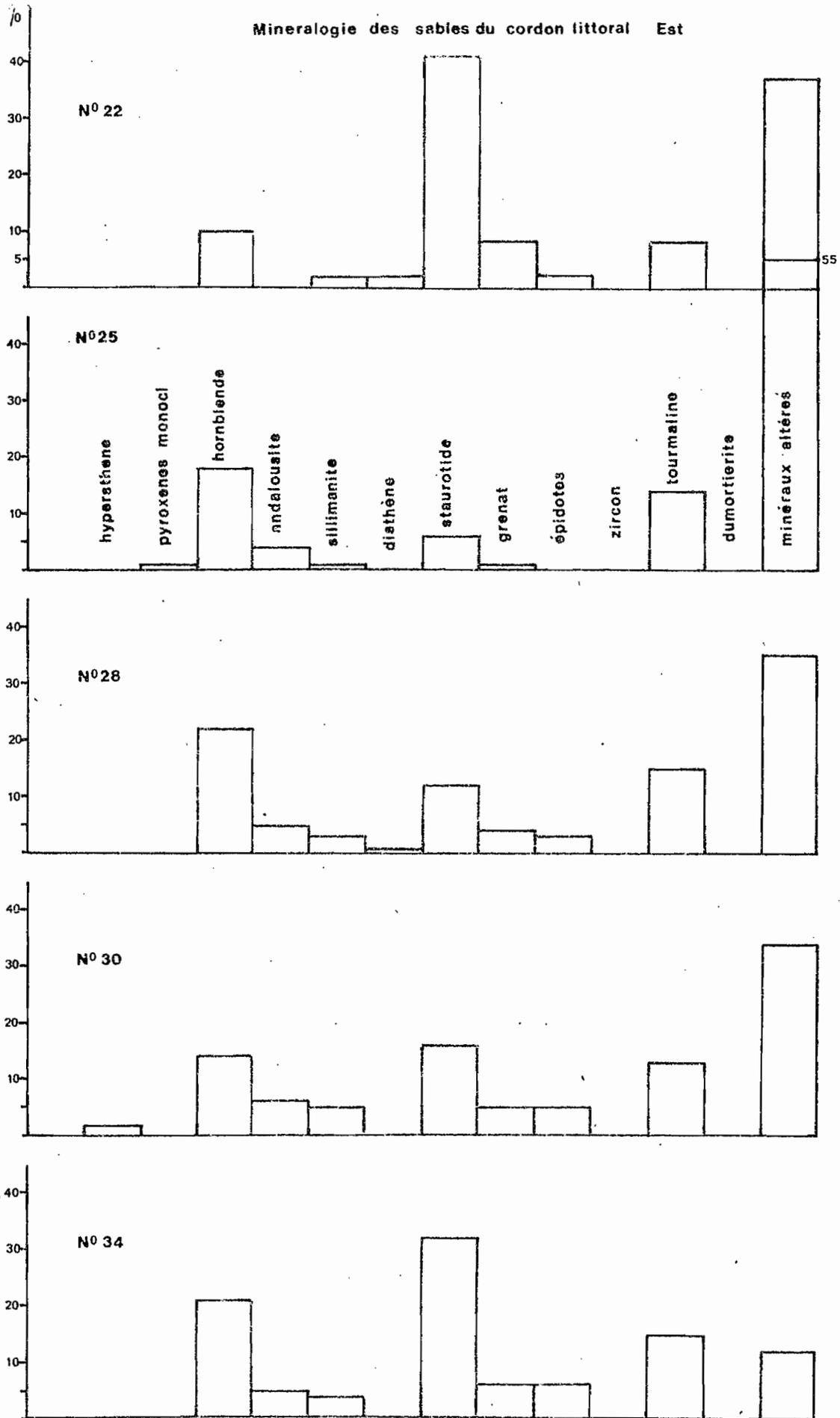


fig 36

Mineralogie des sables du cordon littoral Est

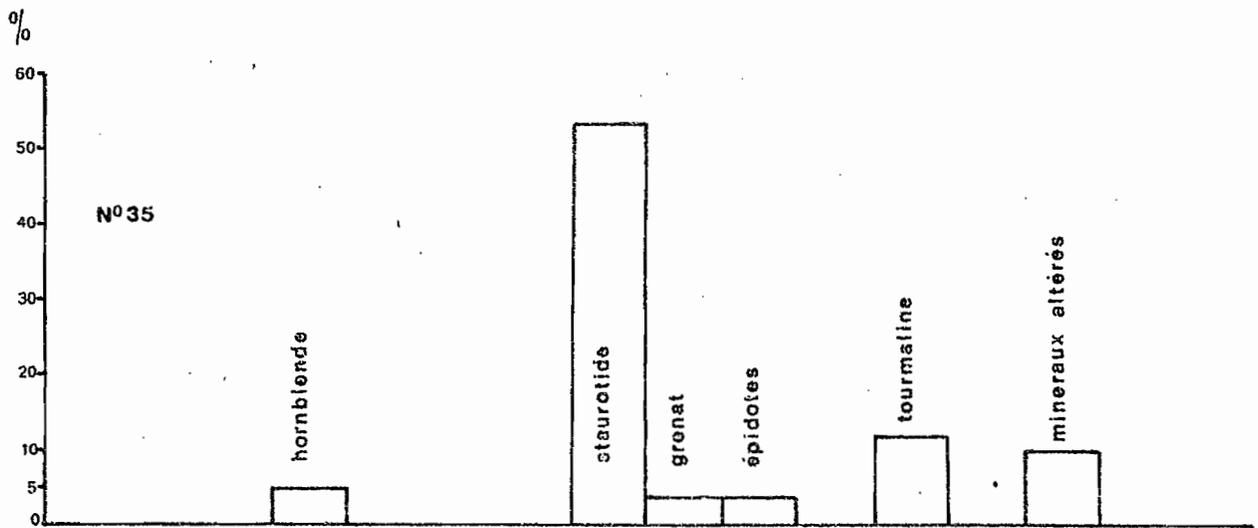


fig 37