

Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
Classe des Sciences Techniques, N.S., XVII-8, Bruxelles, 1974

LA MANGROVE ZAÏROISE

Morphologie - Environnement -
Régime des eaux

PAR

J. MEULENBERGH

Correspondant de l'Académie

350 F

Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen
Klasse voor Technische Wetenschappen, N.R., XVII-8, Brussel, 1974

Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
Classe des Sciences Techniques, N.S., XVII-8, Bruxelles, 1974

LA MANGROVE ZAÏROISE

Morphologie - Environnement -
Régime des eaux

PAR

J. MEULENBERGH

Correspondant de l'Académie

Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen
Klasse voor Technische Wetenschappen, N.R., XVII-8, Brussel, 1974

Mémoire présenté à la Séance du 29 juin 1973
Rapporteurs: MM. A. Sterling, J. Charlier et R. Spronck

D/1974/0149/8

RESUME

L'étude porte sur la morphologie, le régime des eaux et la sédimentation de la formation lagunaire, ou mangrove, qui borde la rive droite de l'estuaire du fleuve Zaïre.

Cette formation est constituée par une grande zone déprimée qui comporte 3 bassins secondaires, allongés et parallèles, possédant chacun des exutoires propres. Dans chaque bassin le régime des eaux est différent.

Sous l'influence de la marée, la mangrove constitue une zone d'échange entre eaux de provenance fluviale et eaux océaniques profondes. La température et la salinité varient constamment mais selon un cycle annuel bien défini.

La sédimentation est presque exclusivement d'origine fluviale. Dans les deux chenaux principaux il existe une situation d'équilibre naturel où interviennent: le débit solide, l'intensité des courants et la morphologie des fonds.

Il est à craindre qu'en approfondissant ces chenaux en vue d'installations portuaires il se produira fatalement une rupture de cet équilibre qui se traduira par une sédimentation abondante et permanente.

SAMENVATTING

De studie handelt over de morfologie, het stromingsstelsel en de sedimentatie in het estuarium op de rechteroever van de Zairestroom.

Zij zet duidelijk het bestaan uiteen van drie evenwijdige secundaire bekkens, welke elk hun eigen uitmonding bezitten.

Onder invloed van het getij, vormt de mangrove een menggebied tussen rivierwater en diep oceaانwater. De temperatuur en het zoutgehalte verschillen voortdurend, maar volgens een wel bepaalde jaarlijkse cyclus.

De sedimentatie is bijna uitsluitend van fluviale oorsprong. In de twee voornaamste geulen bestaat een natuurlijk evenwicht.

De auteur is van oordeel dat de uitdiepingen van deze geulen, ten behoeve van de scheepvaart, daardoor moeilijk zullen kunnen behouden blijven.

AVANT-PROPOS

Le développement économique de la République du Zaïre, ne disposant actuellement que de moyens d'accès et d'évacuation à peu près suffisants, exigera bientôt pour ses besoins de trafic maritime, un port en eau profonde.

La République du Zaïre se trouve désavantagée du fait que, pour un pays aussi étendu, elle ne possède qu'une côte très réduite. De plus la zone pré littorale est constituée par un haut fond assez étendu, qui interdit à la navigation l'accès à la rive.

Le fleuve Zaïre présente un estuaire profond mais malheureusement ses rives sont bordées par des formations lagunaires ou Mangrove. L'accès à la terre ferme par les chenaux pose des problèmes dont la solution exigera à priori une connaissance approfondie du site géographique et son environnement.

Au point de vue de la biologie marine la mangrove et son environnement offrent un intérêt très particulier, voir même unique, du fait qu'on trouve dans un rayon restreint des fonds allant jusqu'à 3.000 m et des conditions de milieu très variables que présentent la mangrove, l'estuaire, les hauts fonds et le canyon. Il est à espérer que malgré sa vocation économique, une partie de ce patrimoine sera préservée alors que déjà la pollution pose sa griffe dans la crique de Banana.

La Mangrove zaïroise, mais spécialement la crique de Banana, font l'objet de levés hydrographiques depuis de longues années. D'autres études, de natures diverses, ont été faites pour répondre à des besoins spécifiques. Mais une étude d'ensemble, embrassant la morphologie et le régime des eaux fait encore défaut.

L'ouvrage présenté tente de remédier à cette lacune. Il est loin d'être exhaustif car bon nombre de questions n'ont pu être examinées. Ce qui implique des réserves dans les conclusions.

En étudiant le site dans son environnement, il a été nécessaire de se référer à des données connues. Pour éviter des renvois à des

publications parfois difficiles à consulter, nous en avons résumé les traits essentiels.

Ne disposant que de moyens réduits, ce fut grâce à l'appui d'organismes ou de personnes que ce travail put être mené à bien. J'exprime ma reconnaissance à :

— Le Citoyen ILEO J. Président de l'Office de la Recherche et du Développement de la République du Zaïre qui m'accorda une aide financière substantielle.

— La Régie des Voies Maritimes pour l'accès aux archives et les facilités dans tous les domaines accordés depuis de nombreuses années.

— Monsieur le Professeur J. Van Copenolle qui voulut bien se charger des analyses granulométriques.

— Les Firmes ELBEMA et BRALIMA, ainsi que le Capitaine au long cours F. Herri pour leur aide matérielle.

— Le Citoyen MBOKO MFUKA di NGOMA qui voulut bien se charger de la dactylographie.

— J'exprime mes vifs remerciements à MM. J. CHARLIER, R. SPRONCK et A. STERLING qui ont bien voulu présenter ce mémoire ainsi que l'ARSOM d'en avoir assuré la publication.

CHAPITRE I

GEOGRAPHIE PHYSIQUE

I. ASPECT GÉNÉRAL

Comme tous les fleuves débouchant dans la zone équatoriale de l'Atlantique, le Zaïre présente sur les 2 rives de son estuaire des formations littorales résultant d'une sédimentation composée de sables fins, d'éléments colloïdaux et de matières organiques. La surface de ces formations se situe sous le niveau des hautes eaux et subit une inondation quasi totale à chaque marée haute.

Un caractère de ces formations est d'être parcouru par un réseau de canaux anastomosés (criques). Elles portent la seule végétation aquatique adaptée au climat local et a une salinité des eaux parfois très élevée. Cette végétation ne comporte que quelques espèces de Rhizophores (Paletuviers) qui lui donnent cette physionomie spéciale et monotone connue sous le nom de Mangrove. Terme que nous avons adopté pour désigner l'ensemble de la formation.

Cette mangrove s'étend sur la rive Zaïroise jusqu'à 25 km en amont de l'embouchure sur une largeur d'environ 10 km. La mangrove angolaise est plus longue et s'élargit vers l'amont. Ces deux zones de mangrove sont suivies par des zones marécageuses jusqu'à Fétish Rock et forment en quelque sorte le lit majeur du fleuve Zaïre. La mangrove Zaïroise se termine à hauteur du village de Malela qui fixe assez bien la limite des eaux saumâtres. (Voir Fig. 1-A)

On notera l'allure du canyon. Cette gorge sous-marine profonde qui prend naissance à Malela s'incurve brusquement vers le Nord pour reprendre aussi brusquement la direction Ouest en venant raser l'extrémité de la pointe de Banana. Il se trouve ainsi que face à l'océan la rive zaïroise de la mangrove se trouve bordée par un talus abrupt. Cet accident géographique va consti-

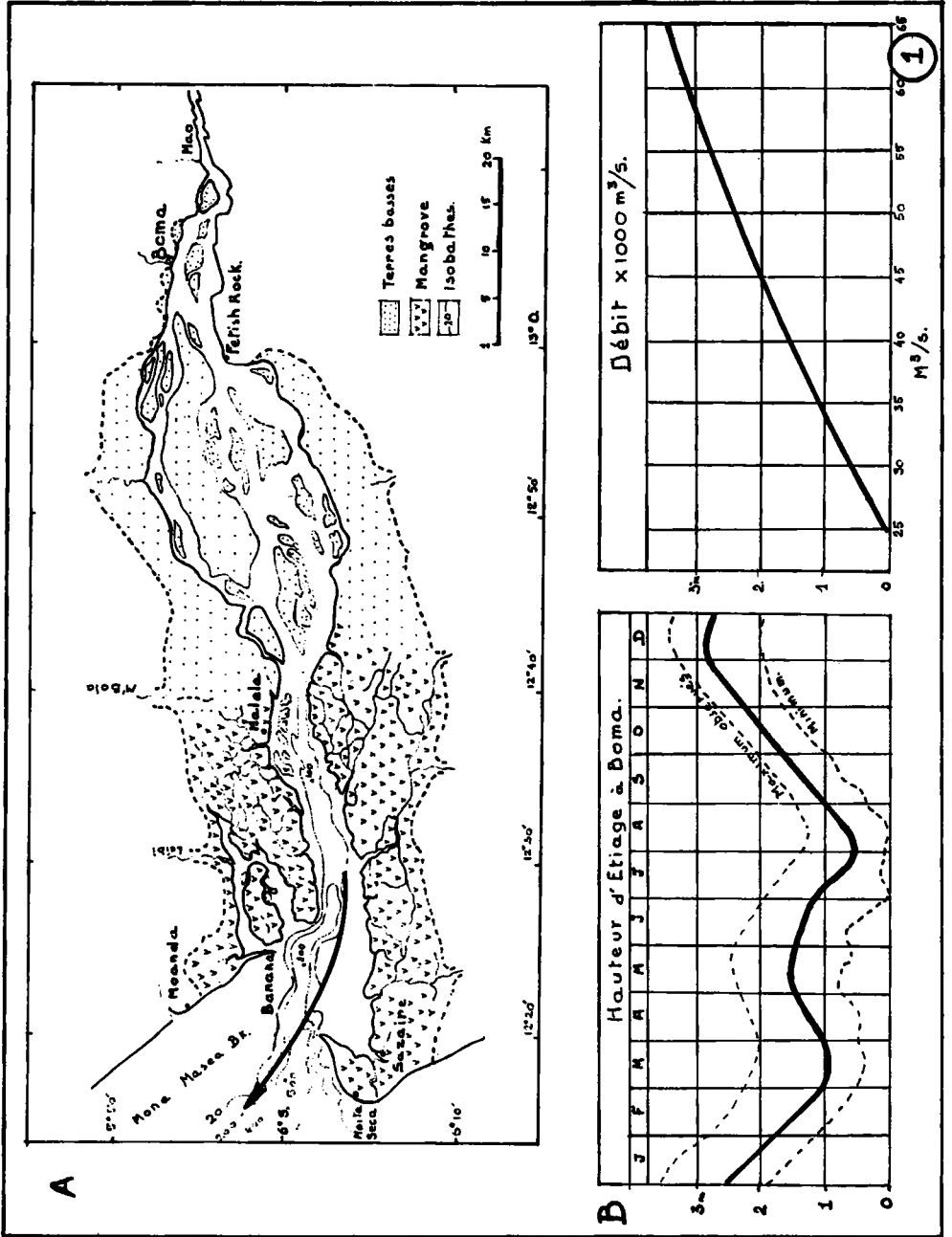


Fig. 1. — A. Carte générale de l'estuaire du fleuve Zaïre; B. Diagrammes donnant la variation d'étiage des eaux du fleuve à Boma et le débit correspondant à Roma.

tuer un facteur important dans le régime des eaux comme nous verrons plus loin.

De part et d'autre de l'embouchure, la côte se termine par une flèche de sable. Elles présentent l'anomalie de se trouver perpendiculairement l'une à l'autre. La conformation des fonds sur la rive angolaise font dévier l'axe principal du courant qui ne suit pas le Canyon mais se dirige vers le N.O. en longeant le Mona Mazea Bank dont la bordure constitue le sommet du talus continental.

En fait, les mangroves des 2 rives du Zaïre ne se trouvent isolées de l'Océan que par un mince cordon littoral dont l'extrémité se trouve élargie. Le site de Banana se trouve établi sur cet élargissement et la route qui le relie à Moanda est établie sur la digue naturelle formée par le cordon littoral.

II. LE RELIEF DE LA MANGROVE

La surface de la mangrove n'est pas horizontale mais présente un relief peu accusé dont, en excluant les chenaux, la dénivellation maximum n'atteint pas 3 mètres. Tel est le résultat d'observations indirectes diverses car aucun nivellement n'a été établi à ce jour.

On trouvera à la Fig. 2 une carte de la mangrove dressée en se basant sur des photographies aériennes prises en 1952 et complétée par des observations personnelles.

En prenant comme référence le niveau des plus basses eaux on peut distinguer 3 niveaux:

a) Le niveau des terres émergées qui ne sont jamais inondées et qui se situent à environ 2,50 m au-dessus du niveau de base précité.

b) Les terres basses, subissant l'invasion de la marée et dont le niveau correspond à peu près à celui du niveau moyen qui atteint la cote 0,80 m de l'échelle d'étiage de Banana.

Cette constatation dérive d'observations faites sur le talus des rives, mais il est probable que la surface des îles n'est pas horizontale. Elle est probablement bombée; ceci en accord avec la présence exclusive d'*Avicenia*. Cette plante ne supportant pas une immersion aussi profonde que les autres rhyssophores men-

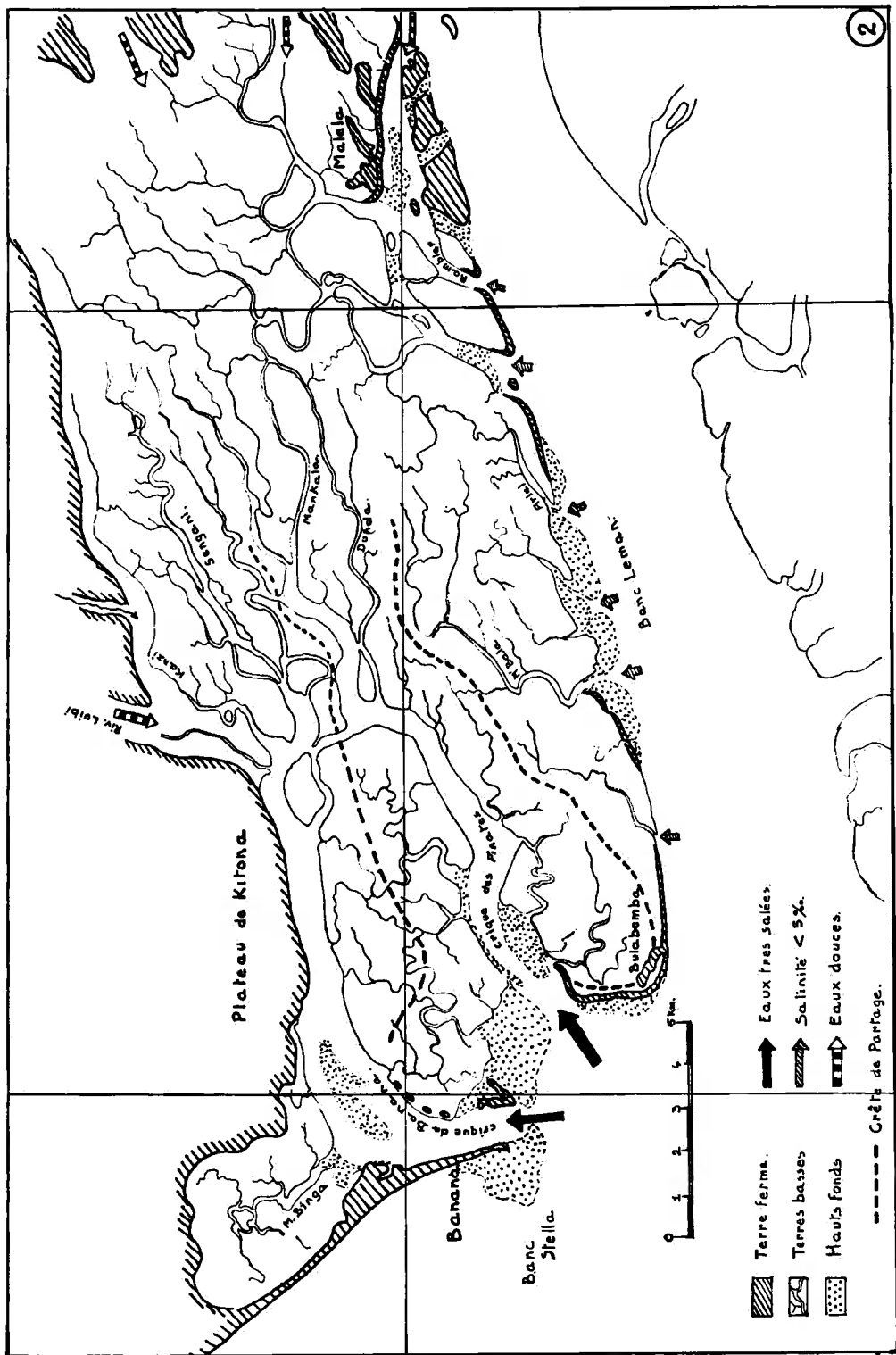


Fig. 2. — Carte générale de la Mangrove (photos-aériennes 1954) indiquant les zones des trois niveaux: terre ferme, terres basses et hauts fonds; ainsi que la délimitation présumptive des bassins secondaires et la nature des eaux qui pénètrent par les créneaux.

tionnés plus loin (Pèrès). D'autre part il n'est pas exclu que le niveau général de la mangrove se relève vers l'Est.

c) Les hauts fonds qui émergent aux plus basses eaux ou se trouvent à moins d'un mètre de profondeur à ce moment.

Les terres émergées forment une ceinture autour de la mangrove; continue à l'Ouest et au Nord et discontinue au Sud et à l'Est. Les solutions de continuité étant constituées par l'embouchure étroite ou élargie des criques. Les hauts fonds se trouvent en majeure partie localisés le long de cette bordure discontinue et obstruent les embouchures à l'exception de celle de la crique de Banana et celle des Pirates ainsi que le chenal du Rambler à proximité de Malela. La Mangrove est bordée à l'Est d'une série de petits îlots de terre ferme.

L'examen attentif des photos aériennes qui furent prises à marée très basse, révèle un faible ravinement à la surface des terres basses. L'allure générale est identique à celle d'un réseau dendritique de rivière en terrain homogène, ce qui implique des crêtes de partage. La Fig. 3 donne le tracé de ce réseau sur l'île de Bulabemba. Il semble bien exister une crête basse entre la crique des Pirates et le fleuve.

Dans son ensemble, le réseau des criques présente aussi une allure dendritique mais on remarquera que dans la zone N.E., dans le prolongement de la crique de Banana les criques ont tendance à être parallèles. Nous verrons plus loin, en conclusion de l'étude du régime des eaux et des courants de salinité, qu'il y a une différence notable entre la crique de Banana avec son prolongement vers l'Est, la crique des Pirates et les criques des terres basses en bordure du fleuve.

Nous en concluons, avec réserves, qu'il doit exister trois dépressions plus ou moins allongées et parallèles que pour la commodité nous désignerons par le terme de bassins secondaires:

- a) Le bassin Nord constitué par les terres basses desservies par la crique de Banana et ses ramifications vers le N.E.
- b) Un bassin central desservi par la crique des Pirates et qui reçoit l'impact direct de la marée.
- c) Un bassin Sud, ou plutôt un versant dont les criques débouchent dans le fleuve.

S'il est relativement facile de situer, d'après les photos aériennes, la ligne de crête entre les bassins secondaires Sud et Central,

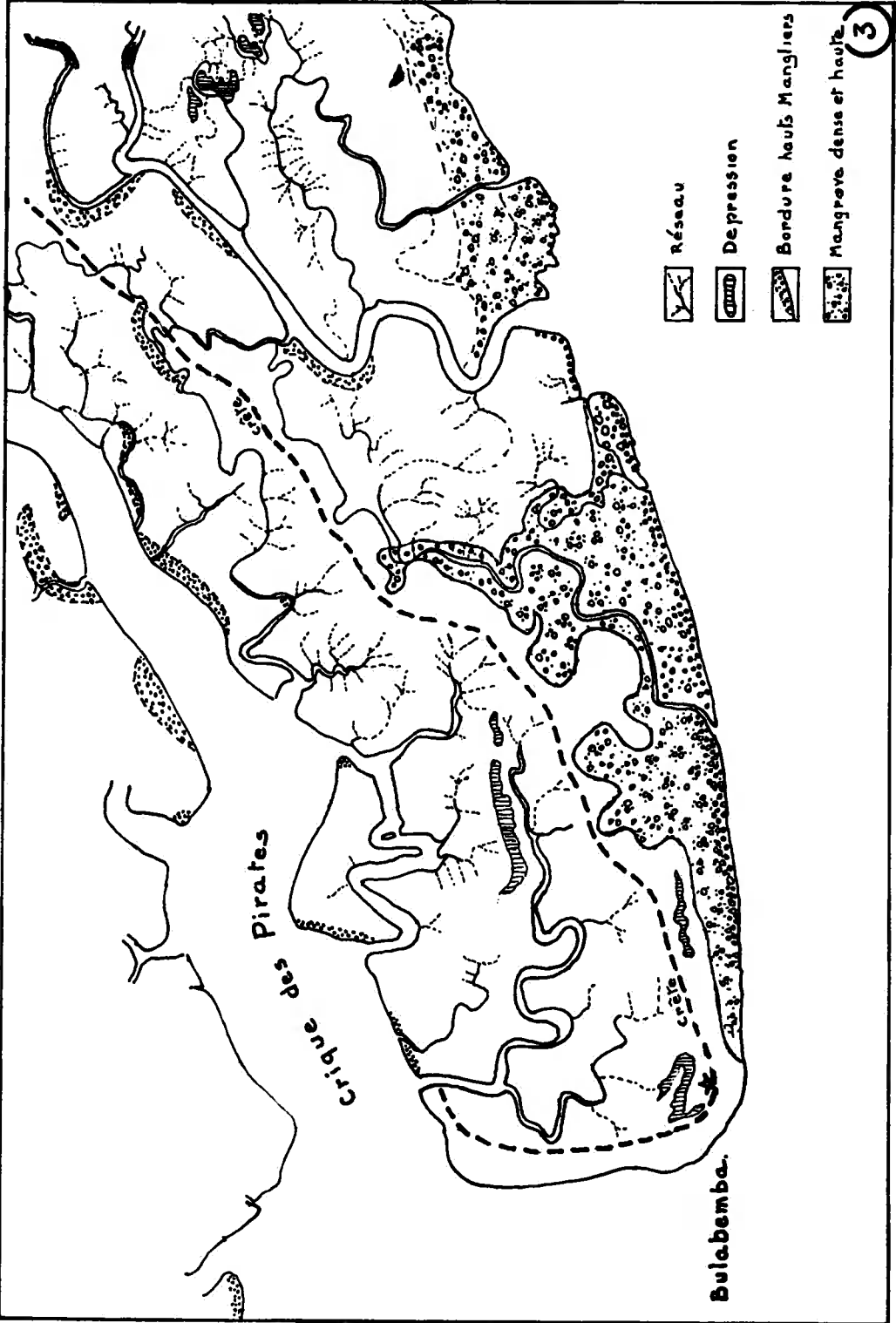


Fig. 3. — Interprétation de photographies aériennes couvrant l'île de Bulabemba et son réseau hydrographique.

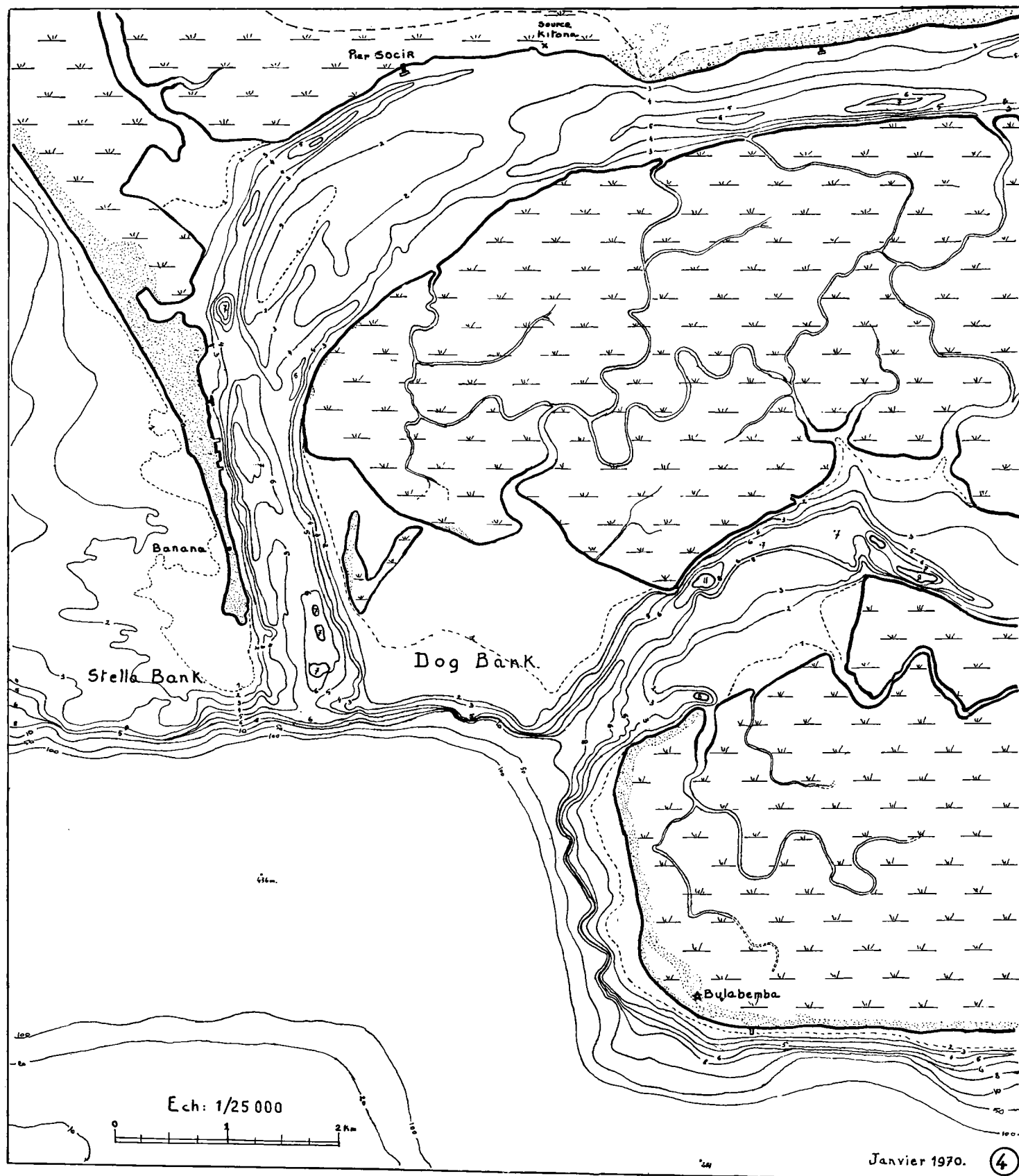


Fig. 4. — Levé hydrographique de l'entrée des criques de Banana et des Pirates exécuté par le Service des Voies Navigables en 1970.



la délimitation entre le bassin central et le bassin Nord est plus présomptive car elle n'est basée que sur le régime des eaux nettement différent dans ces 2 bassins.

III. LES CRIQUES ET LES CHENAUX

Les criques anastomosées, de largeur variable ont une profondeur assez constante et voisine de 7 m. On y rencontre cependant des fosses allongées plus profondes accusant 10 m et plus. Il est probable que ce sont des vestiges d'anciens canaux.

A l'exception du bassin Sud, l'ensemble des criques trouve son exutoire dans 2 chenaux principaux donnant dans l'embouchure du Zaïre; la crique de Banana et la crique des Pirates.

Les fonds de ces deux criques présentent à leurs embouchures respectives une topographie particulière représentée à la Fig. 4. Les sondes exprimées sont réduites au niveau de la basse mer de syzygie en 1915, et qui constitue le 0 de l'échelle d'étiage de Banana.

En remontant le chenal de la crique de Banana on remarque à l'entrée la présence de deux petites flèches. Le col ainsi formé n'a pas 6 m de profondeur. Au-delà de ce goulot se trouve une fosse allongée profonde de 7 à 8 m. Au-delà les fonds se relèvent pour former un bourrelet barrant le chenal en oblique. Il est suivi d'une seconde fosse plus longue et un peu plus profonde que la précédente. On voit ensuite le chenal se diviser en 2 bras qui enserrant un grand banc de sable central, dépôt caractéristique de chenaux d'estuaires.

L'un des bras est profond et longe la rive droite. Sa profondeur moyenne est de 5 m. Il se termine au pier de la Sozir. Le second bras perd rapidement de sa profondeur mais continue sous forme de sillon de 3 à 4 m de profondeur. Entre le pier Sozir et la source de Kitona il existe un seuil, à environ 4 m de profondeur, qui barre toute la largeur de la crique. A l'entrée du bras profond on remarque une fosse. Elle est artificielle et fut creusée pour fournir des matériaux de remblai pour la presqu'île de Banana. Creusée à 14 m il y a quinze ans, elle se colmate lentement et n'accuse plus que 7 à 8 m de profondeur.

La crique des Pirates présente une allure classique de boucle de rivière constituée par un chenal profond situé dans la partie concave de la courbe et un dépôt important sur la rive convexe. Ce chenal garde cependant des similitudes avec le chenal précédent car :

- a) Le chenal se resserre à l'embouchure.
- b) La division en deux bras dont l'un est très court.
- c) Les seuils, quoique faiblement marqués, précèdent les fosses profondes.

IV. FORMATIONS GÉOLOGIQUES

La géologie du littoral zaïrois est encore peu connue; l'assise est constituée par des couches du Crétacé supérieur surmonté de quelques couches datant du tertiaire et masquées par des dépôts d'origine récente.

Ces couches sont légèrement inclinées vers l'Ouest et les différents étages affleurent en remontant vers l'Est, les couches du Crétacé supérieur se retrouvent à une dizaine de km en amont de Malela.

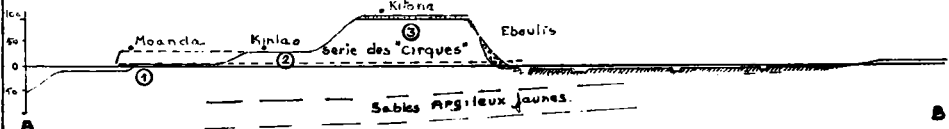
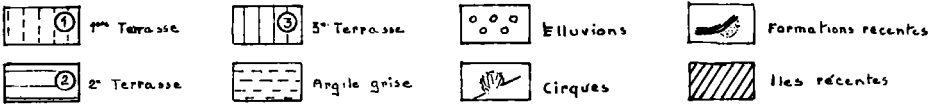
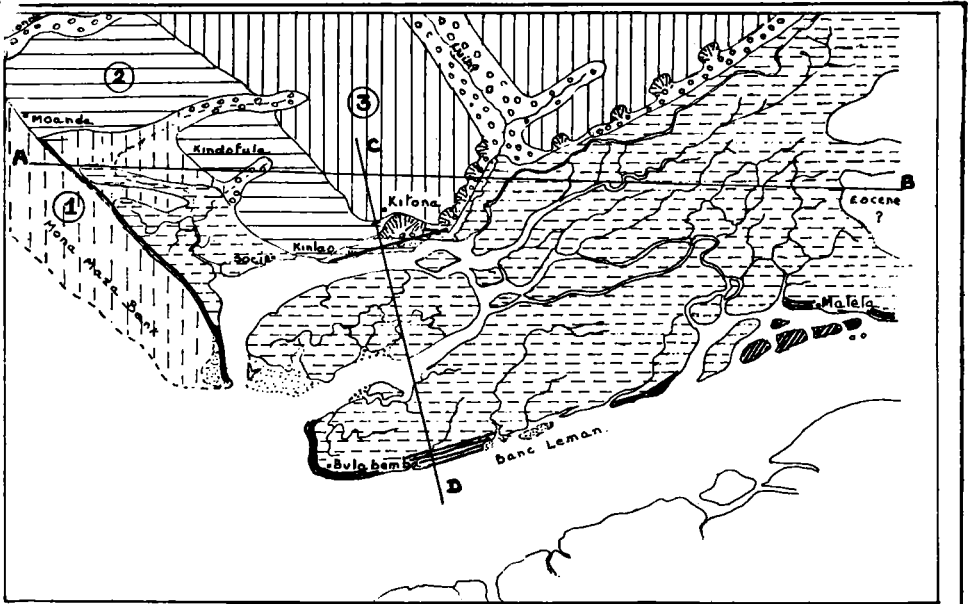
Bordant le littoral on trouve une série de couches superposées qu'on a désignées sous le nom de « série des cirques ». Cette série comporte des grès tendres plus ou moins ferrugineux, des argiles et des sables bariolés. Des niveaux latéritiques et de graviers y sont incorporés. La puissance de cette série a été estimée entre 60 et 80 m. Elle est considérée comme d'origine continentale et d'âge plio-pléistocène (Hoffman, Legoux et Hourcq).

Sous cette série on trouve des sables argileux jaunes qui remontent au Post-pliocène. Ces couches commencent à affleurer au N.E. de Malela.

Lors de transgressions marines il s'est formé trois niveaux d'aplanissement ou terrasses (Veach)

La plage avec son prolongement sous marin (Mona Mazea Bank) et les terrains bas constituent le premier niveau d'aplanissement.

Vient ensuite le plateau de Moanda se trouvant de 20 à 30 m d'altitude. Il s'étend vers le N.O. et se trouve bordé à l'Ouest par une falaise. Vers le S.E. il se termine à la petite



5

Fig. 5. — Esquisse géologique de la région de Banana.
 Coupe Géologique d'Ouest en Est (A-B) montrant les trois niveaux d'aplanissement.
 Coupe Nord-Sud (C-D) recoupant la faille présumée aux environs de Kinlao.

falaise de Kinlao. La falaise de Moanda est en recul en maintenant une paroi presque verticale. On peut considérer ceci comme un indice que cette partie du littoral se trouve en subsidence.

Enfin le plateau de Senze où se trouve le site de Kitona se trouve à l'altitude de 110 m. Il est bordé au Sud par un talus abrupt où se creusent des cirques d'effondrement. Ce plateau est couvert d'une épaisseur variable de sables blancs grossiers, résidus de l'action des vagues.

L'aire occupée par la mangrove serait une zone continentale ennoyée et remblayée par colmatage latéral ou par apport de sédiments marins. La couche de surface d'argile compacte grise paraît assez homogène sur toute la surface. Nous en ignorons l'épaisseur ainsi que la nature des couches immédiatement sous-jacentes.

En bordure de l'océan on trouvera comme formations récentes le cordon littoral qui relie Banana à Moanda et une aire triangulaire de dépôts d'origine fluviale à l'extrémité de la pointe de Banana. La mangrove présente en bordure du fleuve un engraissement (banc Leman) et les îlots boisés devant Malela n'existaient pas il y a trente ans.

La Fig 5 donne une esquisse des formations de surface ainsi qu'une coupe O.-E. à hauteur de Kitona. (Coupe A-B).

On a constaté qu'au pied de la falaise de Kinlao, une couche d'argile blanche affleure à la rive et se retrouve à 16 m plus bas à 100 m au sud de ce point. Ce pourrait être un indice d'affaissement ou de faille. La coupe C-D n'a qu'une valeur d'hypothèse qui pourrait expliquer le creux du bassin Nord et la cause du régime particulier des eaux qu'on y constate.

V. VÉGÉTATION

La nature de la végétation, pauvre en espèces, a fait l'objet de plusieurs explorations par des botanistes et agronomes. Les espèces qui dominent sont des rhizophores faciles à distinguer. Avec les quelques autres espèces ils peuvent, dans une certaine mesure servir d'indicateur de la salinité des eaux qui les baignent. A noter que les rhyzophores ne sont pas des espèces spécifiquement

halophiles car on en trouve en amont de Malela et sur la rive de l'Angola où les eaux sont douces.

On distinguera:

a) *Rhizophora mangle* ou manglier, arbre à tronc droit et élevé. Bois blanc. On ne le trouve qu'en rideau ou en peuplements longs et étroits en bordure des criques. (ph. 1).

b) *Rhizophora racemosa*. Espèce assez élevée à troncs multiples et tordus. Bois rouge, Associés aux précédents ou en peuplements le long des criques (ph. 2).

c) *Avicennia tomentosa* et *nitida*. Buissons à branches tordues. Ils occupent presque entièrement la surface intérieure des îles. (ph. 3 - avant plan)

Les *Avicennia* ne se retrouvent que sur vase compacte grise. Les deux autres espèces croissent sur sols plus sableux. C'est pourquoi on ne les trouve que le long des chenaux principaux et au bord de méandres dans certains chenaux secondaires.

Autres espèces: les raphias et les *Pandanus* (ph. 4-5).

En remontant les criques on les voit apparaître en touffes malingres. Ils deviennent plus vigoureux vers l'amont avec la salinité décroissante. Les rives peuvent être entièrement bordées de raphia lorsque la salinité est inférieure à 5 Gr/L.

VI. CLIMAT, VENT ET HOULE

a) *Caractères Généraux*

Nous rappelons ici brièvement les caractères généraux de cette zone côtière.

La région jouit d'un climat tropical. Les maxima et minima thermiques sont respectivement 37° et 16°C. La température moyenne mensuelle est de 28°C en saison de pluies et de 22°C en saison sèche. L'amplitude des écarts au cours d'un même mois ne dépasse pas 10°C.

Du fait de sa position à proximité et au Sud de l'Equateur mais au-dessus du Tropique la région connaît 4 saisons de durées inégales:

- Février à Mai: Grande saison chaude pluies abondantes.
- Juin à Septembre: Grande saison froide. Absence de pluies
- Octobre à Novembre: Petite saison chaude.

— Décembre à Janvier: Petite saison froide.

L'humidité relative varie de 50 à 95 % selon les saisons. Les précipitations sont très variables d'une année à l'autre. Le minimum enregistré fut de 213 mm; le maximum 1.1756. La moyenne s'établit aux environs de 1.100 mm.

b) *Le vent et la houle*

Il existe en permanence, dans l'Atlantique Sud, une zone de haute pression sur le parallèle 30° Sud. Le centre se déplace, selon les saisons entre les méridiens 0° et 10° Ouest. Cette zone anticyclonique donne naissance à l'alizé de l'Atlantique Sud. Une partie de ce courant aérien longe la côte Ouest de l'Afrique entre le Cap Frio et le Cap Lopez en subissant un appel, similaire à celui des moussons, vers l'intérieur du continent. On assiste pratiquement toute l'année à une alternance diurne d'une brise de terre matinale et faible, qui dépasse rarement Force 2 de l'échelle de Beaufort, et une brise de mer vespérale qui peut atteindre Force 5. Cette dernière, venant du secteur S.O. est la plus forte en octobre et la plus faible en juillet. En saison de pluies, des perturbations cycloniques locales viennent troubler ce rythme et peuvent amener des vents des 4 points de l'horizon.

Les fortes perturbations dans la zone anticyclonique donnent naissance à une houle qui atteindra la côte zaïroise sous un angle qui dépendra du lieu d'origine de la perturbation qui sera variable suivant les saisons mais toujours du secteur S.O. Cette houle peut atteindre au large des creux de 3 m et 35 à 40 m entre crêtes souvent doubles. Cette houle est indépendante des vents locaux, on la voit donc se manifester par temps calme. L'intensité de la marée joue un rôle important car la houle est souvent très forte aux époques de syzygie (Voir Fig. 6).

L'effet de la houle n'est pas uniforme le long de la côte zaïroise en raison de l'abri partiel de la presqu'île de Moita Seca sur la rive angolaise ainsi que du haut fond, large d'une dizaine de milles, qui borde le littoral zaïrois (Mona Mazea Bank).

La houle s'éteint assez rapidement dans l'estuaire. En contournant la presqu'île précitée elle s'étale et perd de son intensité. Elle est encore perceptible sur la plage devant l'île de Bulemba.

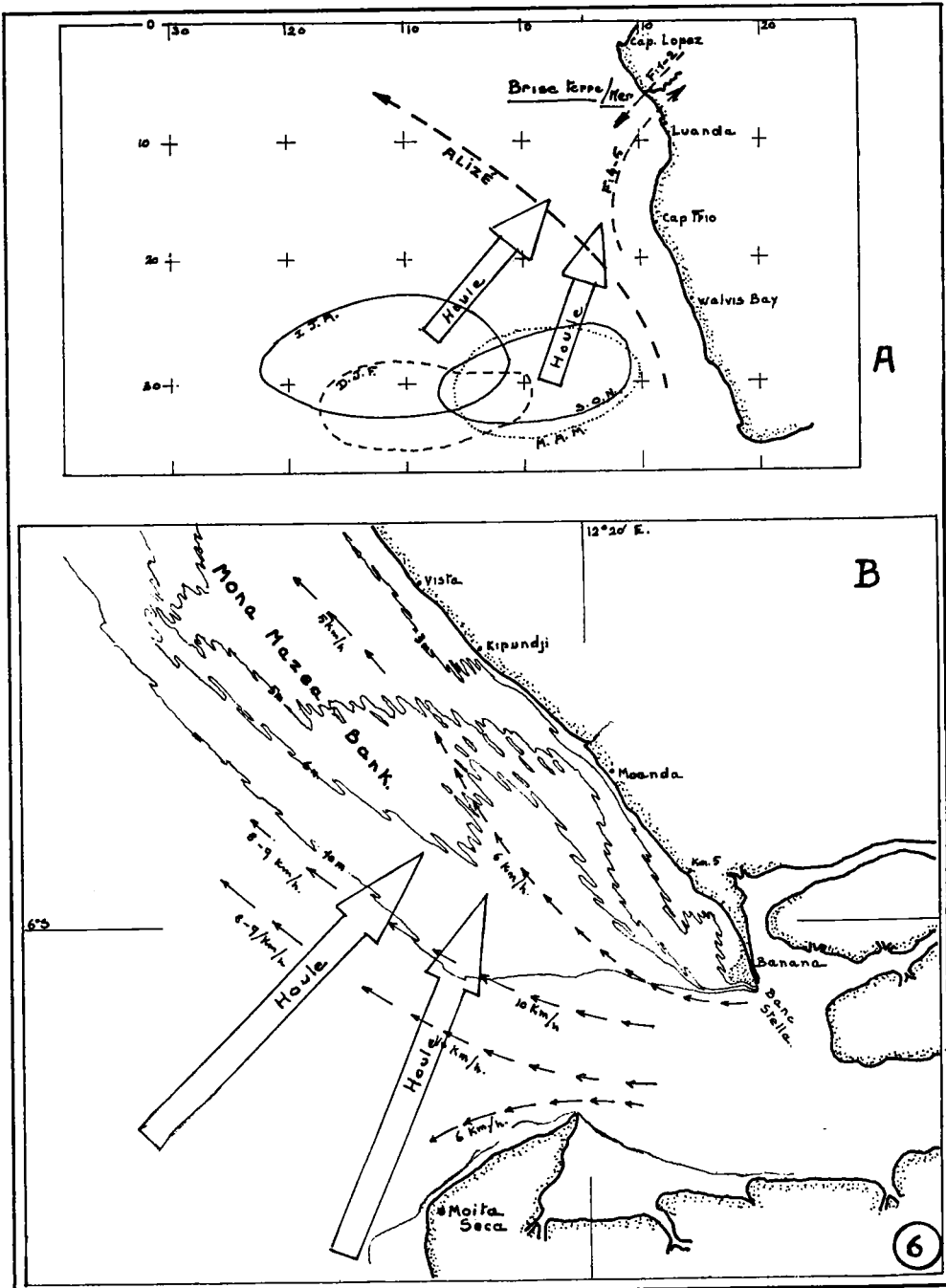


Fig. 6. — A. Carte situant l'origine et le régime saisonnier des vents et de la houle dans l'Atlantique Sud.

B. Direction de la houle et du courant du fleuve.

Il y a lieu de ne pas la confondre avec le violent clapot qui provoque une mer hachée lorsque un vent fort rencontre le courant du fleuve spécialement pendant le jusant et en grande crue.

La pointe de Banana bénéficie encore de cet abri partiel. En 1943, les observations y poursuivies pendant toute une année par le Service des Voies Navigables peuvent se résumer comme suit:

— La houle vient toujours de l'O-S.O. La moyenne d'amplitude est de 0,40 m mais atteint 0,60 m de juin à septembre. Maximum atteint: 0,75 m. La brise de mer peut l'accentuer déjà à partir de midi. Au mois de février, le minimum observé fut de 0,15 m. Juin accusait les houles les plus fortes. Quoique la vitesse du vent fut enregistrée au moment des observations, il n'est pas possible d'établir une relation, car l'anémomètre n'était pas calibré et le lieu d'observation peu dégagé.

Il n'est pas exclu que le courant du fleuve vienne atténuer la hauteur de la houle mais comme ceci ne peut se réaliser que si houle et courant vont dans le même sens, cette circonstance n'est pas souvent réalisée.

En remontant le littoral vers le Nord, la houle devient plus intense à partir du km 5, limite de la zone abritée. Elle est particulièrement forte un peu au sud de Moanda et devant Vista. Il faut en chercher la raison dans l'allure de la topographie sous-marine, les anses sous-marines atténuant l'effet de la houle et les crêtes sous-marines les renforçant.

De par sa situation limitrophe entre un climat continental et un climat marin, des variations locales peuvent amener des vents de directions autres que celle des vents réguliers. Grains de courte durée, ou fronts d'orage assez étendus mais plus rares.

Il faut cependant mentionner des vents du secteur N.E. qui peuvent parfois être très violents et de longue durée, soit qu'ils résultent de perturbation locale, soit pour des causes encore mal connues car ils ont été observés l'après-midi en saison sèche et ne peuvent être assimilés au vent de terre du régime normal.

Ce vent provoque une houle croisée au large mais se fait particulièrement sentir dans la crique de Banana. Le talus abrupt qui borde le plateau de Kitona semble le canaliser et le renforcer à ras de l'eau. Le clapot qui en résulte est le plus intense dans le coude de la crique.

CHAPITRE II

NATURE ET ORIGINE DES EAUX EN PRESENCE

Nous reportant à la Fig. 2 nous avons considéré l'aire totale de la Mangrove comme un vaste bassin peu profond présentant des crénaux dans la bordure qui le limite à l'Est, au Sud et à l'Ouest.

La pénétration d'eaux douces se fait plus ou moins en permanence à la limite Nord par deux petits tributaires: La Luibi et la M'Bola. A l'Est et à hauteur de Malela le bassin recevra, par dérivation, des eaux du fleuve encore douces.

La pénétration d'eaux saumâtres ou très salées se fera, selon le régime des marées en bordure Sud et Ouest du bassin; la bordure Ouest étant exposée à recevoir des eaux littorales.

Le bassin de la Mangrove va donc constituer une zone d'échange entre eaux à caractères variables, à tel point qu'en tout lieu la température et la salinité varient constamment.

Pour une compréhension ultérieure plus facile il est nécessaire d'examiner séparément la nature et l'origine des eaux fluviales et marines ainsi que le régime des marées.

I. LES EAUX DES RIVIÈRES LUIBI ET M'BOLA

Ces deux petites tributaires débouchent dans la partie Nord de la Mangrove. Leur bassin est creusé dans les plateaux de Senze et Tchikai dont la surface se trouve à l'altitude moyenne de 120 m. Les vallées sont à pentes douces et à fonds larges et marécageux. En raison de la grande perméabilité des couches géologiques les eaux de pluie ne ruissellent pas mais sont directement absorbées. Il en résulte que le niveau des eaux dans le fond des vallées est celui de la nappe phréatique qui s'écoule lentement vers la mangrove.

Il est assez difficile d'évaluer cet apport d'eau douce dans la mangrove. Il est probablement très faible en saison sèche mais pourrait être important lors de fortes pluies. Nous ne pensons pas que dans une étude générale, cet apport ait une grande signification et en conséquence nous n'en avons pas tenu compte.

II. LES EAUX FLUVIALES

La Fig. 1 B donne 2 diagrammes; le premier donne la hauteur moyenne de l'étiage du fleuve à Mao, situé en amont de Boma, où des mesures de débit ont été effectuées durant ces dernières années. Ce point fut choisi pour des raisons de facilité, le fleuve en aval de Boma se prêtant difficilement à des mesures. Le diagramme indique également les hauteurs d'étiage maxima et minima observées. Le second diagramme traduit en m^3/s le débit correspondant aux hauteurs d'étiage. On comptait comme négligeable les rivières tributaires en aval de Boma. Cependant des mesures récentes effectuées dans la zone divagante en aval de Boma indiquent que le débit est supérieur à celui indiqué au diagramme, du moins en période de crues.

L'allure inégale du débit résulte de la position géographique du bassin du Zaïre dont la majeure partie se trouve dans la zone équatoriale, entre les parallèles $5^{\circ}N$ et $5^{\circ}S$ où l'intensité maximum des précipitations se situe de septembre à novembre. Alors que le restant du bassin situé dans le Sud, subissant le régime saisonnier austral, voit le maximum de précipitations de février à avril.

La température des eaux varie avec les saisons. La température moyenne est de $28^{\circ}C$ avec maximum de 30° et minimum de 26° . Le régime du fleuve se trouve résumé dans le tableau ci-dessous:

Moyennes observées à Boma dans l'axe du Fleuve

Mois	Epoque	Debit m^3/s	Vitesse km/h	T° c.
Novembre à janvier	Grande crue	60.000	10	29°
Février à avril	Petite décrue	37.000	7 à 8	30°
Mai à juin	Petite crue	40.000	8	28°
Juillet à août	Grande décrue	30.000	5 à 6	27 à 26°
Septembre, octobre	Transition	40.000	7 à 8	28°

En aval de Boma le fleuve se divise en bras multiples pour former la zone divagante. Plus loin, avec le resserrement des rives en amont de Malela on se trouve au seuil de la zone de l'estuaire. A cet endroit le courant est puissant et les eaux turbulentes. Si pratiquement toute la masse d'eau emprunte le chenal principal, une certaine quantité pénétrera par de petits canaux dans la mangrove.

A hauteur de Malela le lit du fleuve se creuse brusquement pour former la tête du canyon. Cette fosse profonde, en communication directe avec les fonds océaniques contient des eaux froides à salinité normale de 35 gr/L. Lorsque les eaux turbulentes du fleuve arrivent sur ces masses froides et salées il se produit une diffusion et un refroidissement des eaux de surface. Phénomène qui va en s'accroissant vers l'embouchure. L'allure des isohalines dans l'axe du fleuve (Fig. 7 A) traduit cette diffusion progressive et accuse la présence d'un front entre les eaux marines et les eaux du fleuve. En raison de leur densité plus faible les eaux douces et peu salées restent étalées en surface et du fait de l'élargissement du chenal à l'embouchure, toutes les eaux du fleuve coulent en surface. L'épaisseur de cette nappe en mouvement varie de 5 à 10 m en moyenne.

Cette épaisseur varie au cours de l'année sous l'influence de deux facteurs: L'importance du débit du fleuve et la nature des eaux océaniques sous-jacentes.

On trouvera, à la Fig 7 B(B et C), deux profils en travers de l'embouchure. L'allure des isohalines montre la situation aux deux périodes saisonnières extrêmes:

a) En août où les eaux océaniques sont les plus froides et les plus salées alors que le débit du fleuve est le plus faible et le moins turbulent.

b) En avril, quoique on se trouve en période de petite crue, les eaux océaniques, très chaudes et dessalées, auront une telle influence qu'on ne trouvera l'isohaline de 35 gr/L qu'au delà de 20 m de profondeur.

Il va de soi que la position du front et l'épaisseur de la nappe oscilleront 2 fois par jour sous l'influence de la marée.

On constatera que la salinité croît assez régulièrement avec la profondeur mais les isohalines remontent à proximité des

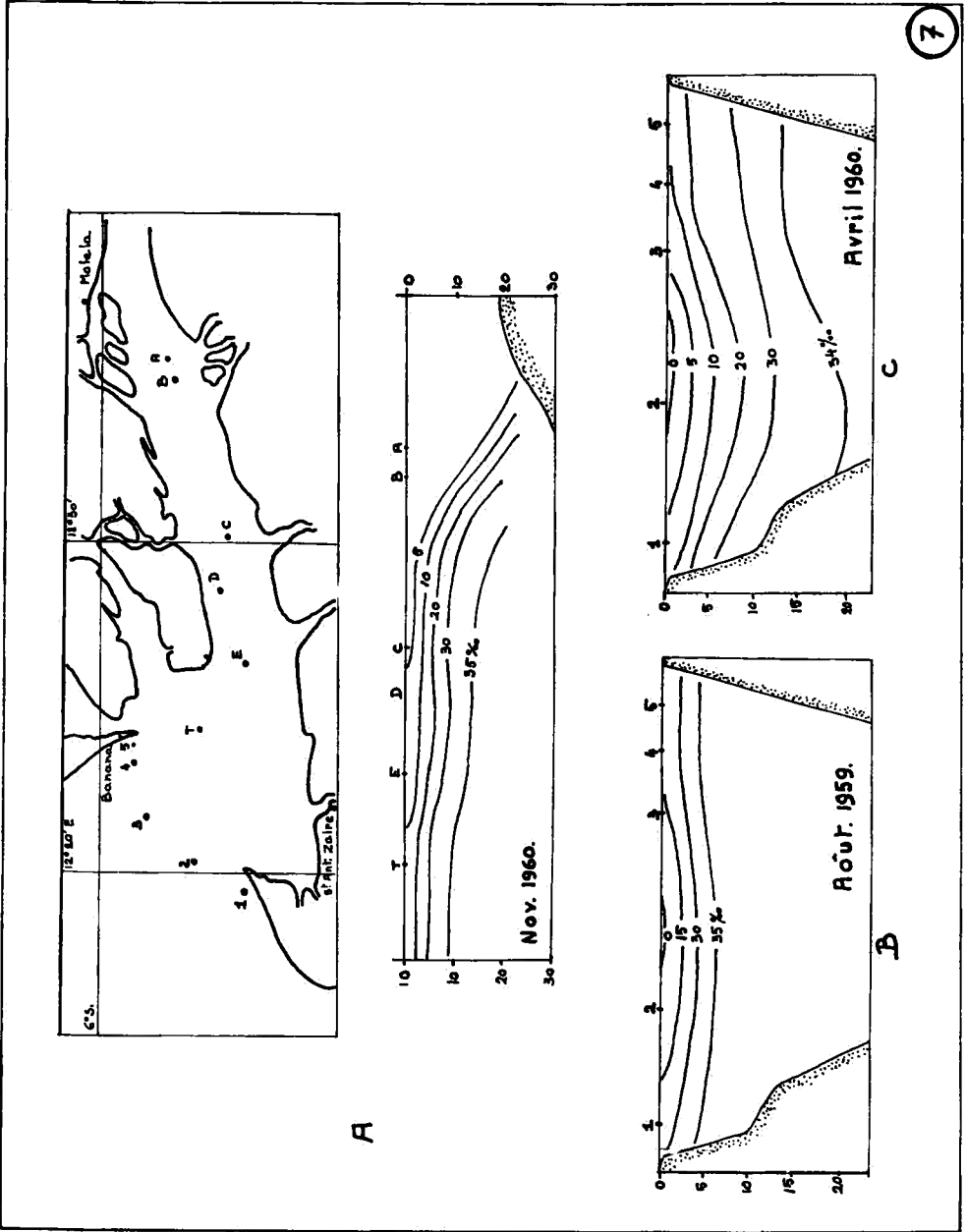


Fig. 7. — Carte des points d'observation suivi de trois profils montrant l'allure des isohalines dans l'estuaire du Zaïre. — A. Profil en long sur l'axe du fleuve dessinant le front des eaux salées. — B. Profils en travers de l'embouchure aux deux époques extrêmes d'un cycle. On notera la différence de profondeur du seuil des eaux océaniques et le relèvement des isohalines à proximité des rives.

rives. On peut considérer que les eaux douces du fleuve coulent dans une auge d'eaux saumâtres. Cette particularité a une importance sur laquelle nous reviendrons plus loin.

III. LES EAUX LITTORALES

Les eaux océaniques qui baignent le littoral du Zaïre et que la marée fait pénétrer dans l'estuaire présentent des caractères différents à certaines époques de l'année. Le cycle de ces variations a reçu le nom de saisons marines qu'il y a lieu de ne pas confondre avec les saisons climatiques.

Ces variations qui affectent principalement la couche supérieure, portent sur la température et la salinité. La cause réside dans l'alternance qui se produit deux fois par an, de deux courants littoraux: Le courant du Benguela venant du Sud et le courant d'eaux guinéennes venant du Nord. La fig 8a donne le mouvement schématique pour la période de février quand le courant guinéen atteint une intensité maximum alors qu'en juillet ce sera le courant du Benguela qui dominera.

Le courant du Benguela

Ce courant prend naissance au S.O. du Cap de Bonne Espérance. Des eaux de la région polaire viennent s'y joindre. Ce courant très froid et à haute salinité longe la côte Sud Ouest Africaine et une partie de la côte angolaise. A hauteur de Benguela il tend à s'étaler vers l'Ouest.

A partir du mois d'avril, début de l'hiver austral, le courant devient brusquement plus puissant et serre la côte Africaine jusqu'au Cap Lopez, tout en continuant à s'étaler vers l'Ouest. On observe alors que, tout le long de la côte, il existe des endroits où des eaux profondes arrivent en surface et viennent se mêler au courant principal. Les eaux de ces courants verticaux (Upwelling) sont également très froides et riches en sels minéraux. Sur le long parcours vers l'équateur les eaux de surface s'échauffent quelque peu, mais au Sud de l'embouchure du Zaïre elles accusent encore une température de surface de 18 à 20°C, et de 16° à 20 m de profondeur. La salinité y est toujours supérieure à 35 gr/L.

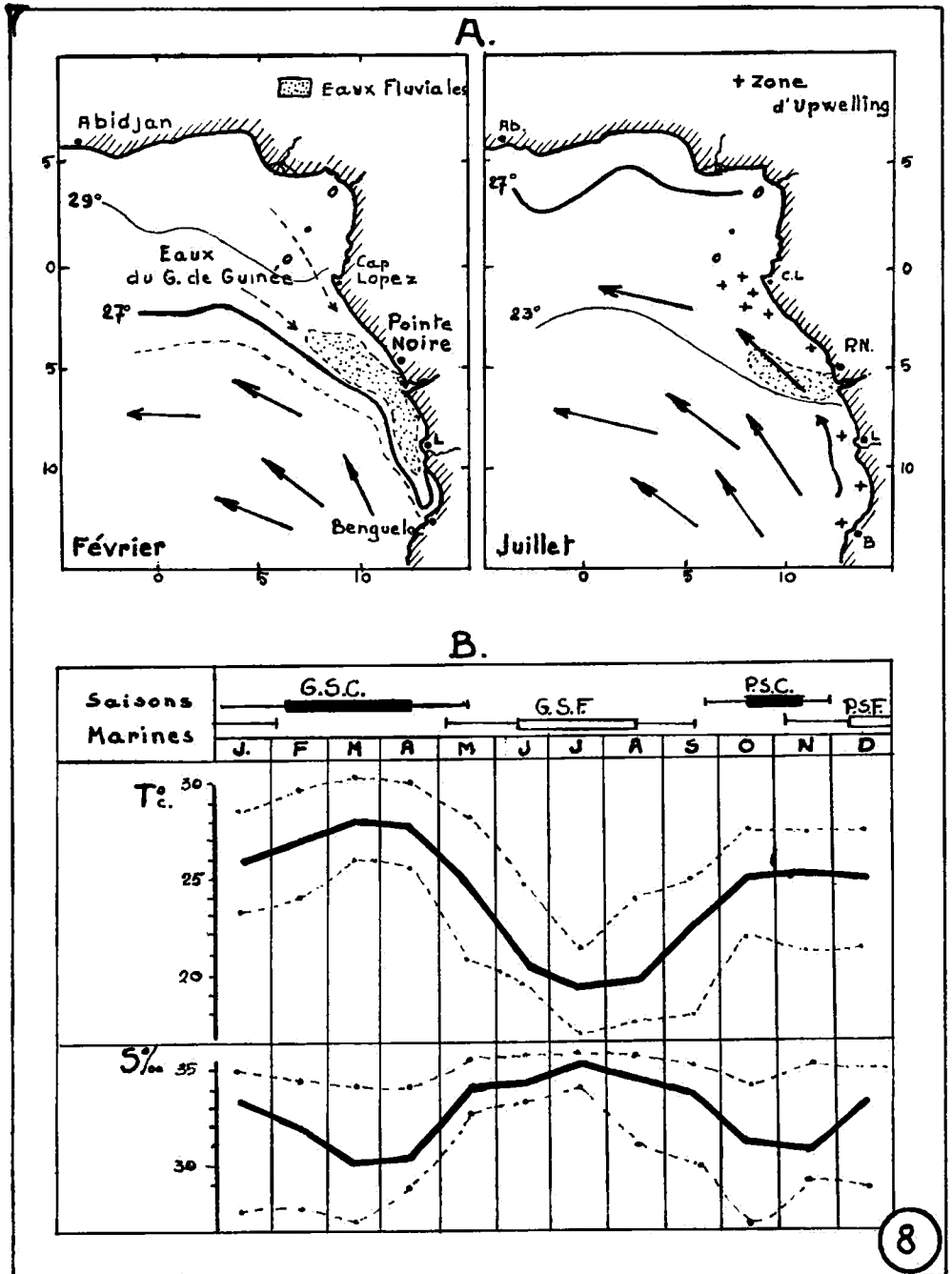


Fig. 8. — A. Cartes montrant la position et le mouvement des 2 grands courants côtiers qui déterminent les saisons marines.
 B. Allure des températures et salinité; à 1 m de profondeur au large de Pointe Noire qui détermine la position et la durée des saisons marines.

L'intensité de ce courant atteint son maximum fin juillet et ne se manifeste plus, du moins en surface, en septembre. La vitesse moyenne est de ± 2 km/h.

Cependant ce courant doit être considéré comme dominant car en profondeur (vers les 80 m) il persiste toute l'année. Ce ne sera donc que la couche supérieure qui sera affectée par d'autres courants.

Les eaux guinéennes

Il existe dans le Golfe de Guinée une masse d'eau superficielle caractérisée en permanence par une température supérieure à 25°C et une salinité comprise entre 32 et 34 gr/L. Ces caractères sont dus à la haute température de l'air et les fortes précipitations qui y règnent.

A partir du mois de septembre ces eaux se propagent vers le Sud en serrant la côte. La vitesse de propagation est très lente et inférieure à 1 km/h.

Ces eaux restent en surface à cause de leur densité moindre. La propagation se poursuit jusqu'en décembre où elle marque un temps d'arrêt jusqu'à fin janvier. Elle reprend ensuite pour atteindre son maximum d'intensité en mars et faire sentir son influence jusque Benguela. En surface et devant la côte Zaïroise la température peut atteindre 30°C et la salinité descendre à 30 gr/L.

Position, intensité et durée des saisons marines.

L'année est divisée en 4 saisons, une grande saison chaude suivie d'une grande saison froide et ensuite une petite saison chaude suivie d'une petite saison froide.

De 1953 à 1957, la Station Océanographique de Pointe Noire procéda à des observations continues au large de Pointe Noire. Le diagramme de la Fig: 8b résume le résultat de ces observations.

On y a fait figurer:

- I) Position et durée des saisons dans le temps.
- II) L'allure des températures et de la salinité à 1 m de profondeur ainsi que les maxima et minima atteints au cours de toute la période d'observation.

Situation devant l'estuaire.

L'entrée de l'estuaire constitue également une zone d'échanges. Si on peut admettre que les conditions précitées prévalent au large de la côte zaïroise, en s'approchant de l'embouchure, les eaux fluviales vont amener des modifications, spécialement dans les couches supérieures.

La fig. 9 donne l'allure des isohalines sur un profil parallèle à la côte et distant d'environ une dizaine de kilomètres de la rive, au cœur des saisons marines les plus importantes. Le mois d'octobre, tout aussi important n'y figure pas. L'allure des isohalines y est assez capricieuse et varie trop d'une année à l'autre. Mais dans l'ensemble elle est similaire à celle du mois de mars.

On observera, qu'au mois d'août, il n'y a déjà plus d'eaux douces en surface et que le seuil des eaux à salinité normale n'est pas éloigné de la surface. A cette époque le débit du fleuve est à son minimum et l'intensité du courant du Benguela au maximum.

En décembre, l'auge contenant les eaux douces est bien marquée. Le fleuve est en pleine crue mais la propagation des eaux guinéennes ayant été ralentie, le courant profond et dominant du Benguela fait sentir son influence et maintient le seuil des eaux normales relativement proche de la surface.

En octobre et en mars alors que le fleuve présente un débit moyen, l'influence des eaux guinéennes dans la couche sous-jacente est très marquée. Les eaux douces ne présentent en surface qu'une lame mince mais on ne trouvera les eaux à salinité normale que bien au-delà de 20 m de profondeur.

IV. REGIME DES MARÉES

Les variations du niveau des eaux à Banana correspondent au type de marée semi-diurne presque parfait car il subsiste une différence d'étiage entre deux marées consécutives qui peut atteindre jusqu'à 0,20 m.

Les marées à l'embouchure du fleuve font l'objet d'observations depuis de longues années. De 1952 à 1954 la Régie des Voies Maritimes procéda à une étude plus poussée et installa un limnographe au Banc Stella, à Banana et à Bulabemba. Les

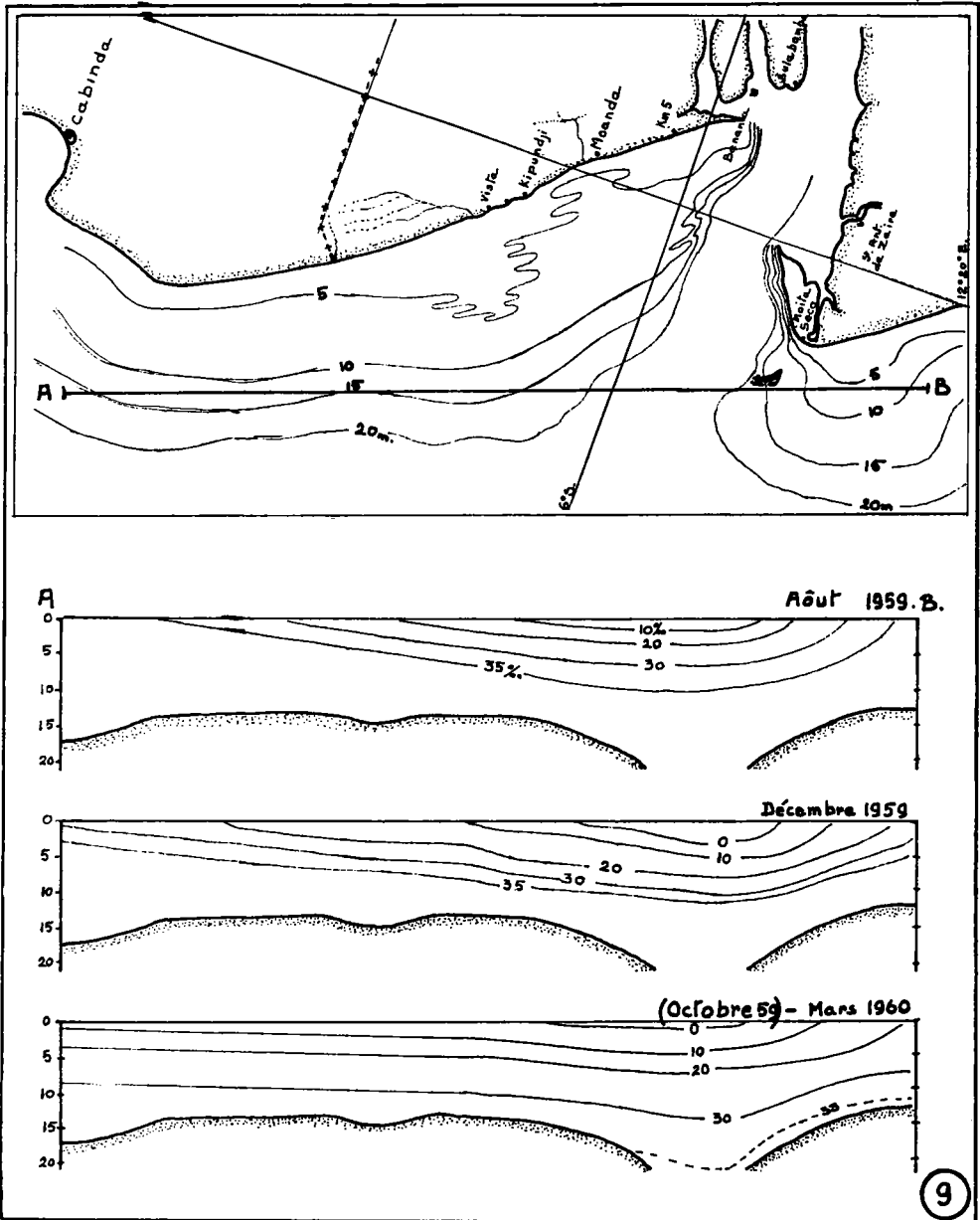


Fig. 9. — Carte situant l'axe A-B, parallèle à la côte devant l'embouchure. L'allure des isohalines sur le profil en long de l'axe A-B aux quatre périodes d'une année montre l'influence des saisons marines.

caractéristiques qui ressortent de ces observations sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Eléments	Banc Stella	Banana	Bulabemba
Niveau moyen adopté	0,83	0,83	0,83
Hauteur maximum constatée	1,94	1,93	1,85
Hauteur minimum constatée	0,16	0,15	0,05
Amplitude moyenne de Vives eaux	1,50	1,40	1,31
Amplitude moyenne de Mortes eaux	0,50	0,40	0,60
Etablissement	3 h. 50	4 h. 15	—

La durée du flot est de 6 h. 35 et celle du jusant 5 h. 50.
Le courant de jusant croît plus vite que celui du flot.

C'est l'Institute of Coastal Oceanography and Tides de Liverpool qui est chargé de dresser les prévisions de marée. Opération en principe contrôlée par l'envoi périodique des observations du limnographe de Bulabemba. A ce jour les différences minimales entre hauteurs prévues et atteintes n'ont pas donné lieu à des observations.

L'examen des éphémérides sur les trois dernières années donne lieu aux remarques suivantes:

Il y a de notables différences entre les amplitudes de nouvelle et de pleine lune spécialement aux équinoxes.

Les plus fortes marées se font sentir à la nouvelle lune de l'équinoxe de Printemps alors qu'à l'équinoxe d'Automne ce sera à la pleine lune.

Des anomalies, variables d'une année à l'autre se produisent aux époques de quadratures. Nous ignorons sur quel facteur l'Institut précité se base pour les prévoir.

Pour synthétiser l'allure des amplitudes en fonction des phases lunaires nous avons dressé le diagramme de la Fig. 10 sur les prévisions de 1971. Les courbes sont établies sur les hauteurs maxima et minima prévues aux dates indiquées et non pas à la date de changement de phase lunaire. Celle-ci ayant en général eu lieu un ou deux jours avant.

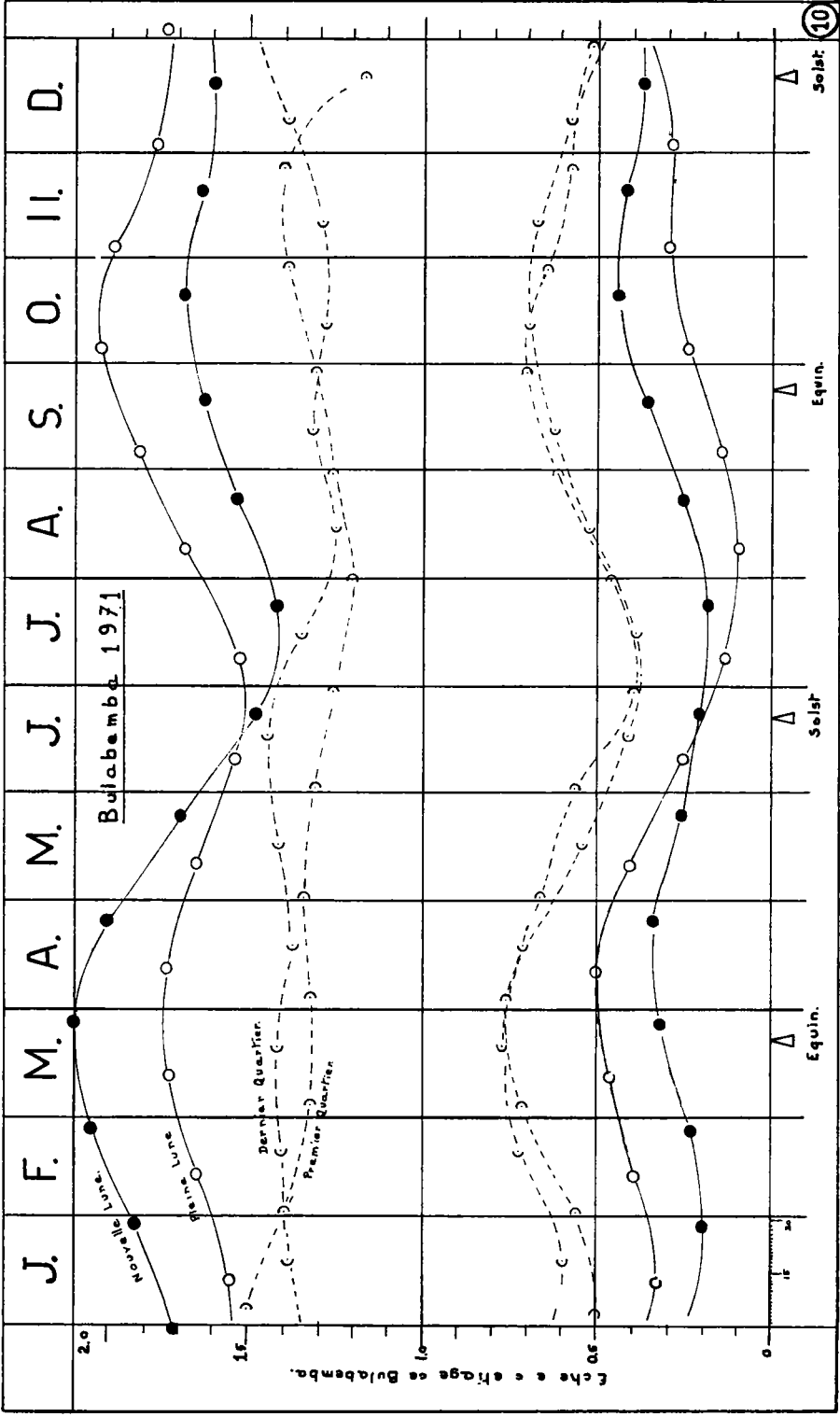


Fig. 10. — Diagramme montrant la relation entre l'époque de l'année, l'amplitude de la marée et les phases lunaires en 1971.

CHAPITRE III

OBSERVATIONS SYSTEMATIQUES DES EAUX DE LA MANGROVE

I. MÉTHODES DE TRAVAIL

L'étude du régime des eaux dans la mangrove présentait des problèmes d'autant plus qu'on se trouvait limité dans le temps et les moyens. Il devenait nécessaire de recourir à des méthodes qui, si elles ne pouvaient pas résoudre le problème dans tous ses détails, devaient du moins fournir des éléments pour une synthèse valable.

Nous avons adopté les mêmes principes que ceux qui nous avaient donné satisfaction dans une étude antérieure des eaux de l'embouchure du Fleuve. C'est-à-dire: l'établissement d'un réseau de points couvrant au mieux la majeure partie de la mangrove et l'observation systématique de la température et de la salinité à ces points, pendant toute une année, à des époques où il était certain que des changements se produiraient.

La Fig. 11 donne une carte de la mangrove où figurent les positions des points du réseau choisi. Ceux-ci se trouvaient répartis sur trois axes dénommés Nord, Central et Sud. Chaque axe comportait 5 stations portant un chiffre romain et où les observations furent faites en surface, à 2 et à 5 m de profondeur. Aux points indiqués en chiffres arabes les observations ne portèrent qu'en surface. L'écart entre les points successifs était de l'ordre de 3 km, sauf sur l'axe Sud où cet écart était plus long et plus irrégulier.

Les observations furent faites à l'étape de marée haute et marée basse au moment d'une pleine ou d'une nouvelle lune. Ce qui donnait les maxima et minima de température et de salinité aux époques choisies. Les instruments utilisés furent un thermomètre seau et une bouteille Nansen équipée d'un thermomètre à

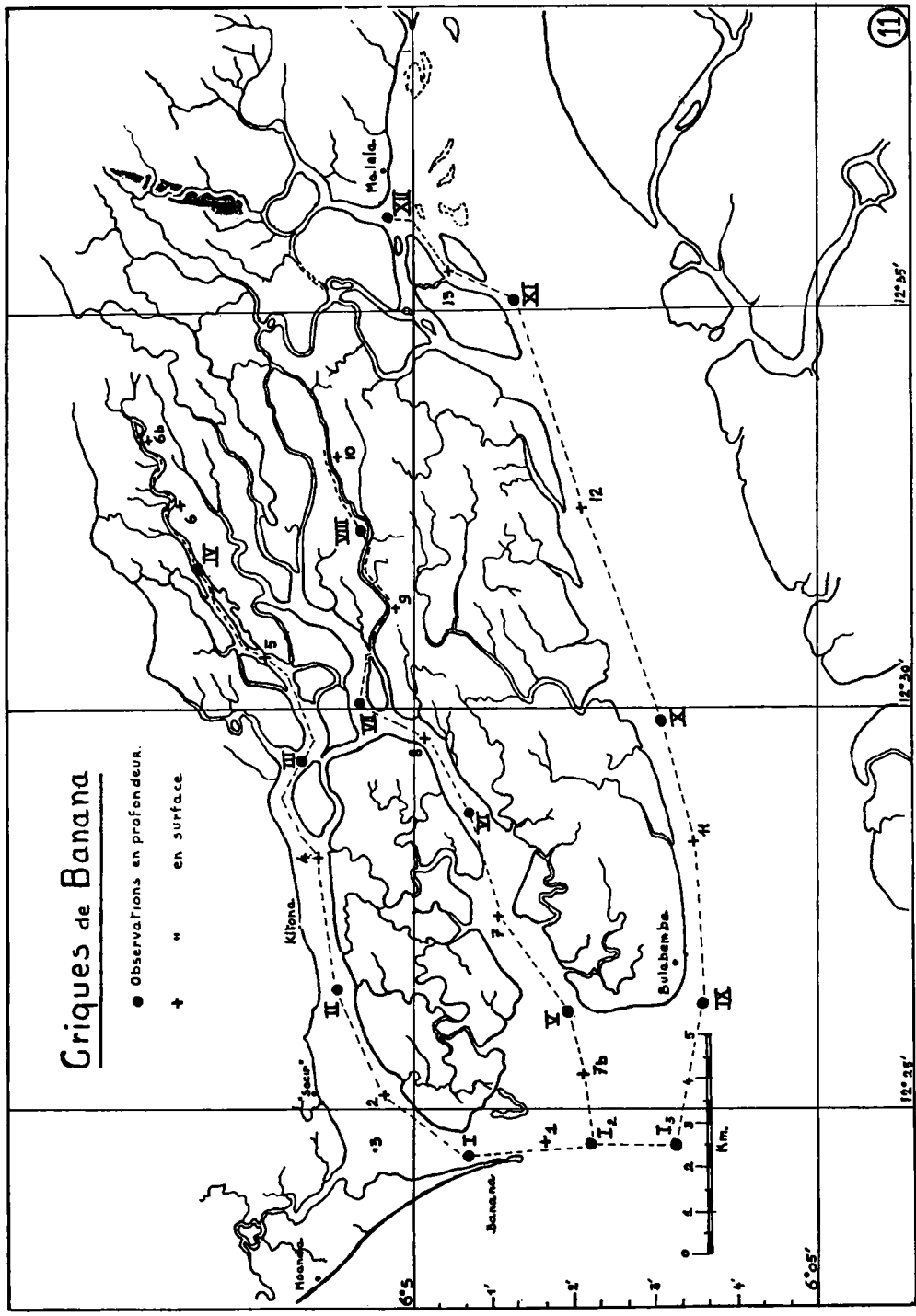


Fig. 11. — Réseau des points d'observation couvrant la Mangrove.

maxima et minima. Ces instruments furent soigneusement étalonnés avant l'emploi.

La salinité fut déduite de la densité en se référant aux tables de Harvey. Le densimètre fut étalonné avec un pycnomètre de précision.

Nous n'ignorons pas qu'aux très faibles densités la détermination de la salinité au moyen de tables est sujette à caution surtout en ce qui concerne la teneur en NaCl. Dans le cas présent il faut considérer que 1,5 gr/L. indique des eaux douces. Teneur que nous avons trouvée dans des échantillons d'eau pris à Boma.

Ces procédés, quoique fort simples, suffisaient, car les conditions varient constamment et de façon très sensible. Il n'était pas nécessaire d'exiger une précision plus poussée que le 1/10^e de degré de température ou la 4^{ème} décimale en densité.

En principe il eut fallu que toutes les observations se fassent au cours des quelque vingt minutes que dure l'étalement, ce qui était irréalisable avec l'étendue du réseau. Il devenait nécessaire de recourir aux compromis suivants:

a) Durant l'heure qui précède ou suit l'étalement de marée haute ou basse la différence de niveau n'excède pas 10 %. Sur ce laps de 2 heures il était possible d'effectuer les opérations à quatre stations consécutives.

b) A 5 cm près, l'amplitude est sensiblement la même pendant les 4 jours qui suivent la date de pleine ou nouvelle lune, ce qui permettait le parcours entier du réseau.

Afin de rester dans ces normes nous avons minuté les parcours sur le réseau. Il ne fut cependant pas toujours possible de respecter l'horaire prévu; soit que des difficultés de manœuvre retardaient les sondages soit que des menaces de tornade obligeaient à devancer l'horaire. Nous ne croyons pas que ces incidents aient nui au but poursuivi.

La station 13 se trouvait en plein courant et au bord de l'auge d'eau douce mentionnée au Chapitre II. Des observations n'y furent faites qu'une seule fois, en mars 1971. En raison des difficultés que présentent des sondages dans de telles conditions, la perte de temps qui en résultait aurait compromis l'achèvement du programme consistant à opérer sur tout le réseau en moins de 5 jours.

II. EPOQUES D'OBSERVATIONS

Le choix des époques de l'année où il était souhaitable d'opérer fut basé sur les saisons marines, facteur considéré à priori comme dominant en ce qui concerne les variations de température et de salinité des eaux que la marée allait faire pénétrer dans les criques. Il était donc indiqué d'opérer au cœur de ces saisons, c'est-à-dire en août, octobre, décembre et mars. Comme la période de transition entre la grande saison marine chaude et la grande saison marine froide est assez longue et que le fleuve y présente sa petite crue, nous avons intercalé en mai une croisière de complément.

Le diagramme de la Fig. 12 schématise les conditions où nous avons opéré; conditions qui comprennent les amplitudes de marée, le débit et la température des eaux du fleuve et la température et salinité des eaux littorales. Ces dernières données sont des moyennes car la Station océanographique de Pointe Noire ne poursuit plus ce genre d'observations.

Après le dépouillement des observations, il a été dressé pour chaque croisière les diagrammes suivants:

- a) Allure des isothermes sur une coupe longitudinale des 3 axes.
- b) Allure des isohalines sur les mêmes coupes.
- c) Degré de salinité en fonction de la distance de l'embouchure, en surface et à 2 m de profondeur sur les axes Nord et Central.
- d) Le diagramme $T^{\circ}/S\text{‰}$ pour l'ensemble des observations.

La première croisière eut lieu en août 1970. La dernière en juillet 1971. Elle avait pour but de démontrer qu'on revenait au début d'un nouveau cycle.

III. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

On trouvera ci-après dans l'ordre et pour chaque croisière les documents suivants:

- Une fiche donnant les détails des conditions qui ont régné au moment des observations.
- Une planche qui porte des profils en long des 3 axes où

sont indiqués les températures observées en période d'étape de marée basse et de marée haute, ainsi que le tracé des isothermes qui en découle.

— Une planche similaire à la précédente pour les salinités et le tracé des isohalines.

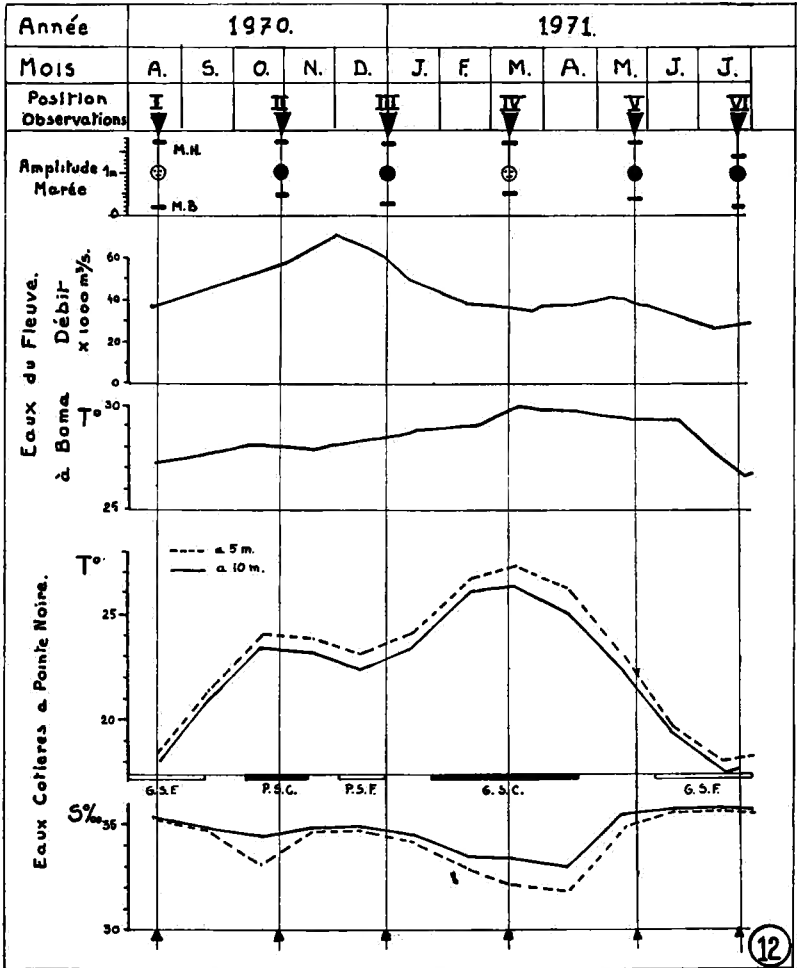


Fig. 12. — Schéma indiquant la position des périodes d'observation en relation avec les conditions régnantes: Amplitude de marée, débit et température des eaux du Fleuve. Saisons marines avec températures et salinité moyennes des eaux littorales.

Le profil des fonds a été établi sur données figurant sur les cartes marines au 1/50.000e de la Régie des voies Maritimes. Les profils Nord et Central sont pris dans l'axe des chenaux. Chacun de ces axes passe sur les grands bancs de sable obstruant les chenaux un peu en amont de leur embouchure mais le fond du thalweg latéral figure en pointillé. L'axe Sud suit les fonds de 5 m le long de la rive du fleuve. Il a été tenu compte de la hauteur d'étiage pour le tracé du niveau de la surface.

CROISIERE N° I août 1970 (planche I)

Régime du Fleuve: Grande décrue

Débit: 36.000 m³/s

Température (Boma): 27°

Saison marine: Eaux littorales (Au large)

Grande saison froide: Température moyenne: 18°5.

Salinité: au-delà de 35 gr/l.

Amplitude des marées (Bulabemba en GMT) Epoque de pleine Lune

Données des éphémérides:

Date d'observations	Marée basse		Marée haute	
	Heure	Etiage	Heure	Etiage
16/VIII/70	0908	0,35 m	1539	1,62 m
17/VIII/70 Pl. Lune	0958	0,30	1627	1,68
18/VIII/70	1045	0,28	1713	1,70
19/VIII/70	1132	0,28	1757	1,67
20/VIII/70	1219	0,31	1839	1,59

CROISIERE N° II octobre-novembre 1970 (planche II)

Régime du Fleuve: Transition

Débit: 55.000 m³/s

Température (Boma): 28°.

Saison marine: Eaux littorales:

Petite saison chaude: Température moyenne: 24°5

Salinité: 32 gr/l.

Amplitude des marées (Bulabemba —Heure GMT) Epoque
Nouvelle Lune

Données des éphémérides:

Date observations	Marée basse		Marée haute	
	Heure	Etiage	Heure	Etiage
29/X/70	0921	0,49 m	1531	1,57 m
30/X/70 N.L.	0954	0,45	1610	1,58
31/X/70	1029	0,43	1649	1,58
1/XI/70	1104	0,44	1731	1,57
2/XI/70	1142	0,46	1814	1,54

CROISIERE N° III décembre-janvier 1970-71 (planche III)

Régime du Fleuve: Sommet de la grande crue

Débit: 60.000 m³/s

Température Boma: 28°

Saison Marine: Eaux littorales

Petite saison Froide: Température moyenne: 25°

Salinité: 34,5 gr/l.

Amplitude des marées (Bulabemba — heure GMT) Epoque
Nouvelle Lune

Données des éphémérides:

Date observations	Marée basse		Marée haute	
	Heure	Etiage	Heure	Etiage
29/XII/70 N.L.	1038	0,28 m	1720	1,62 m
30/XII/70	1121	0,26	1807	1,67
31/XII/70	1206	0,27	0606	1,70
1/I/71	1251	0,30	0652	1,65
2/I/71	1338	0,36	0738	1,58

CROISIERE N° IV mars 1971 (planche IV)

Régime du Fleuve: Petite décrue

Débit: 35.000 m³/s

Température (Boma): 30°

Saison marine: Eaux littorales

Grande saison chaude: Température moyenne: 29°

Salinité: 30 gr/l.

Amplitude de marée: Epoque de pleine Lune.

Données des éphémérides:

Date observations	Marée basse		Marée haute	
	Heure	Etiage	Heure	Etiage
10/III/71	0910	0,53 m	1550	1,64 m
11/III/71	0941	0,48	1620	1,69
12/III/71 P.L.	1011	0,46	1649	1,72
14/III/71	1109	0,47	1745	1,73
15/III/71	1136	0,51	1814	1,70

CROISIERE N° V mai 1971 (planche V)

Régime du Fleuve: Petite crue

Débit: 42.000 m³/s

Température (Boma): 29°

Saison marine: Eaux littorales

Transition: Température moyenne: 24°

Salinité: 34-35 gr/l.

Amplitude des marées: Epoque de Nouvelle Lune.

Données des éphémérides:

Date observations	Marée basse		Marée haute	
	Heure	Etiage	Heure	Etiage
21/V/71	0658	0,44 m	1345	1,68 m
22/V/71	0749	0,40	1431	1,72
23/V/71 N.L.	0837	0,38	1516	1,72
24/V/71	0923	0,39	1600	1,70
25/V/71	1009	0,42	1644	1,64

CROISIERE N° VI juillet 1971 (planche VI)

Régime du Fleuve: Grande décrue

Débit: 32.000 m³/s

Température à Boma: 27°

Saison marine: Grande saison froide

Température moyenne: 18°5

Salinité: Plus de 35 gr/l.

Amplitude des marées: Epoque de nouvelle Lune.

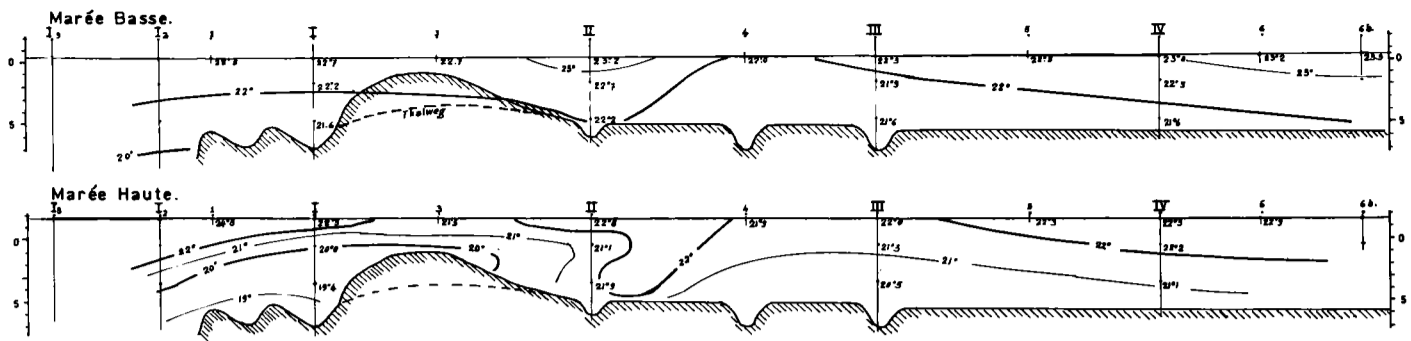
Données des éphémérides:

Date observations	Marée basse		Marée haute	
	Heure	Etiage	Heure	Etiage
23/VII/71	1025	0,40 m	0503	1,40 m
24/VII/71	1104	0,39	0540	1,43
25/VII/71	1142	0,40	0613	1,44
26/VII/71	1220	0,41	0645	1,43
27/VII/71	1251	0,44	0715	1,40

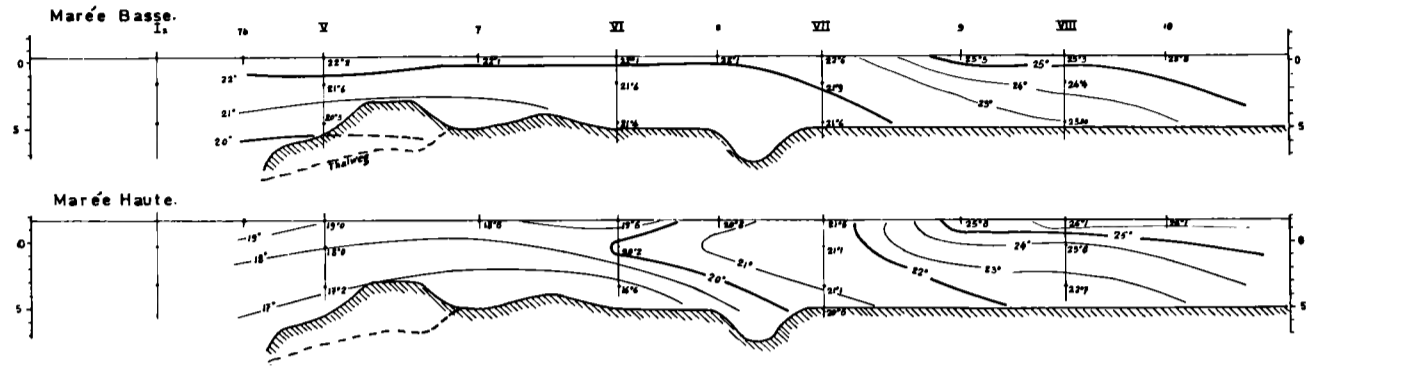
TEMPERATURES.

AOUT 1970

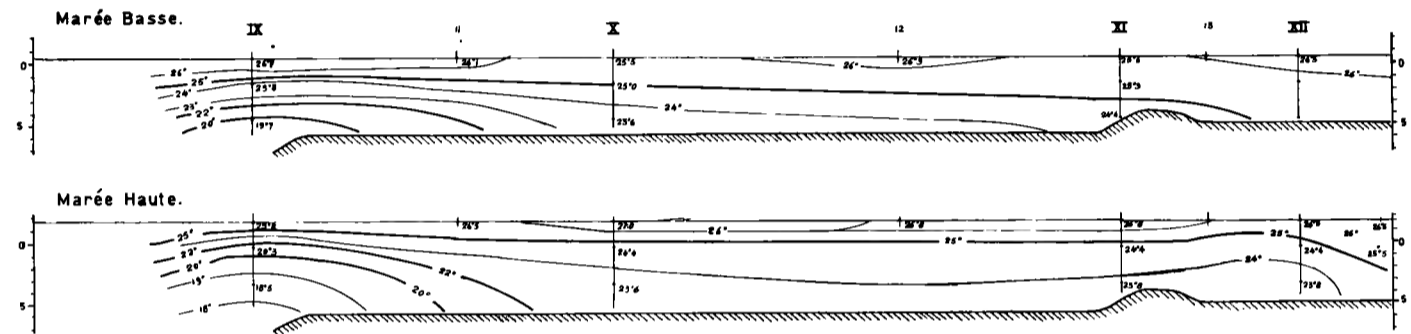
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



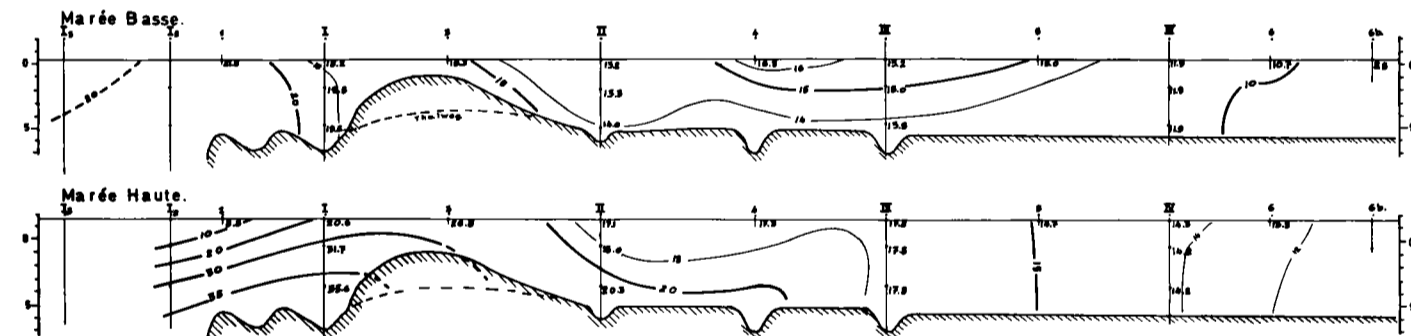
AXE SUD.



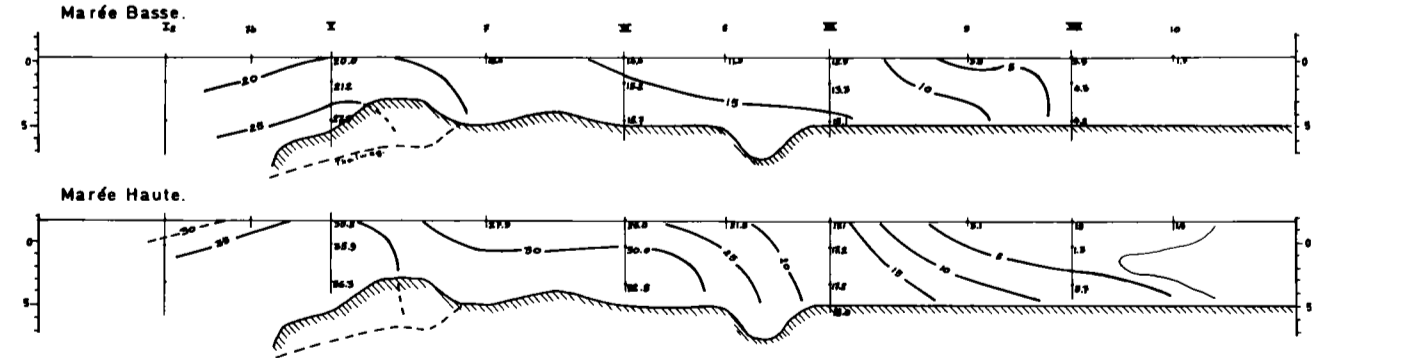
SALINITÉS.

AOUT 1970.

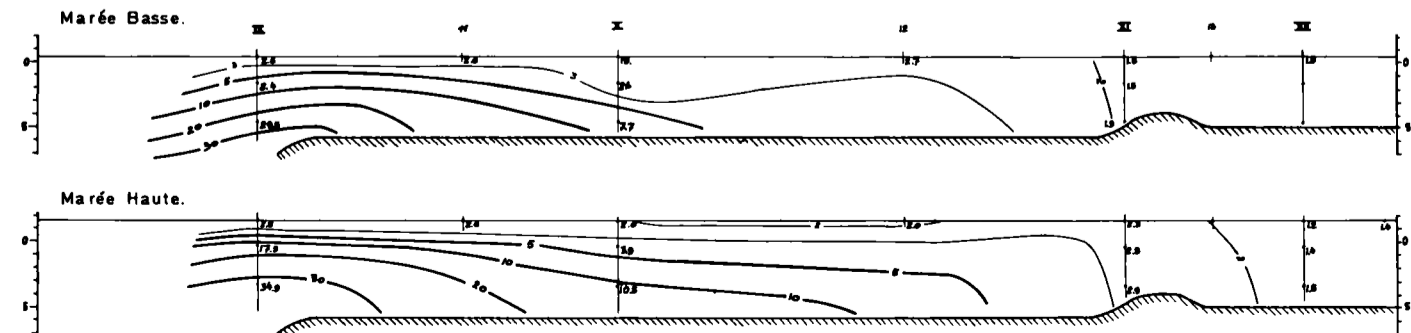
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



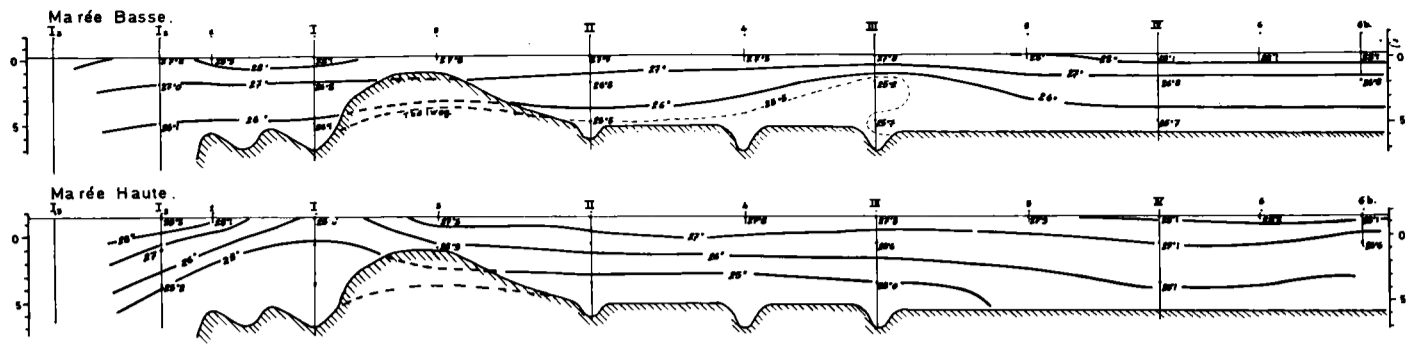
AXE SUD.



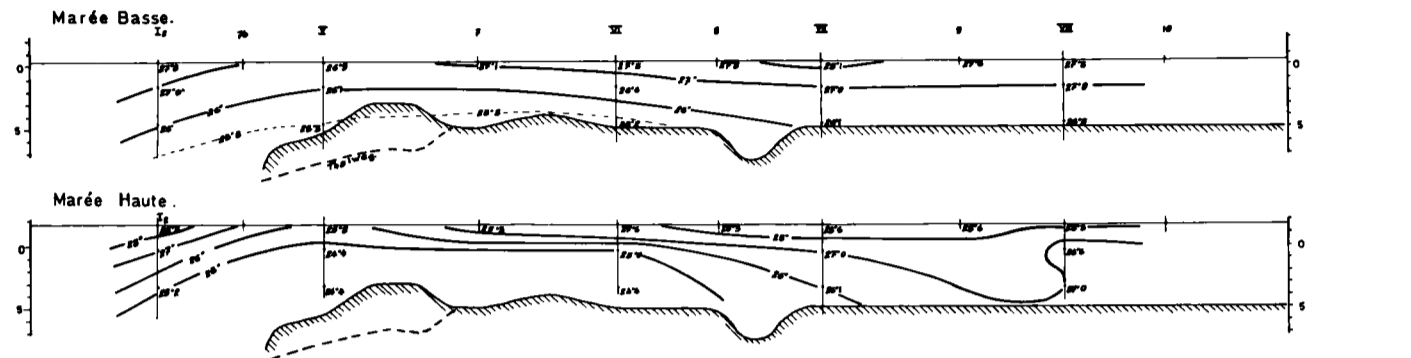
TEMPERATURES.

OCTOBRE 1970.

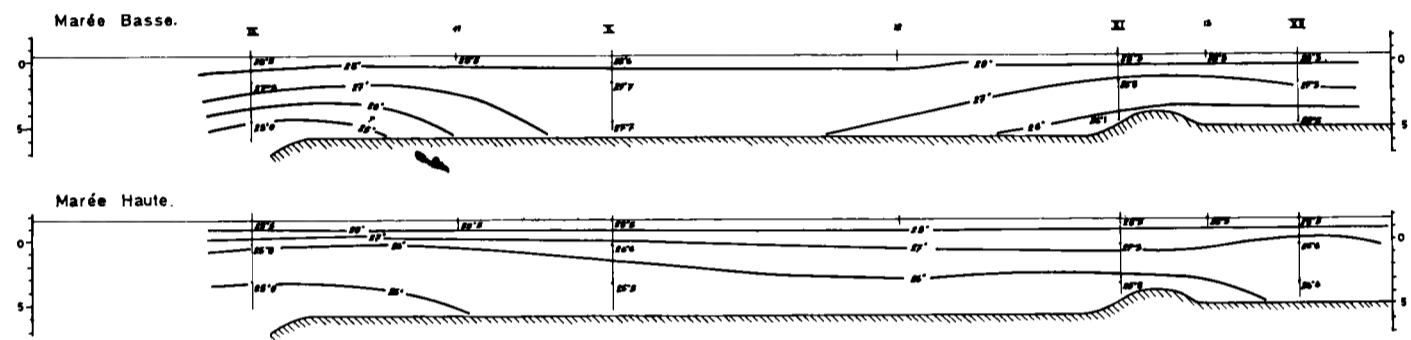
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



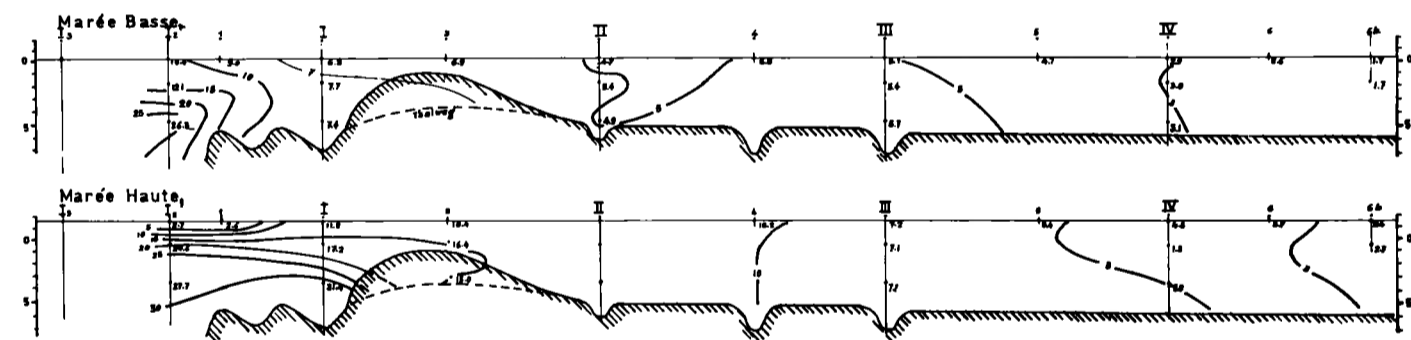
AXE SUD.



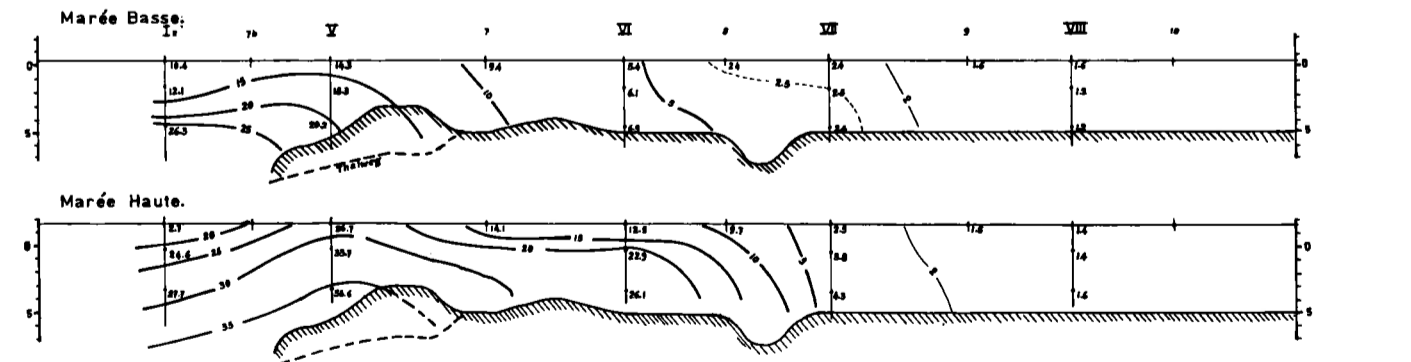
SALINITES.

OCTOBRE 1970.

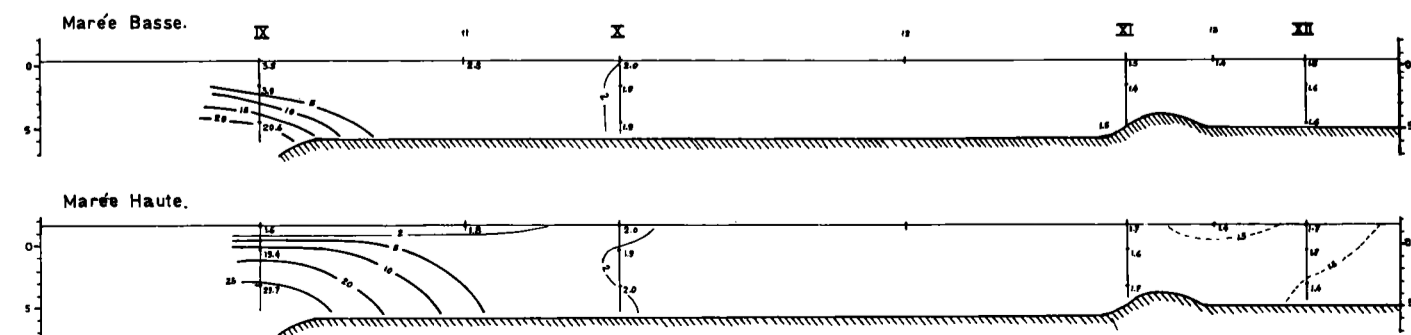
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



AXE SUD.

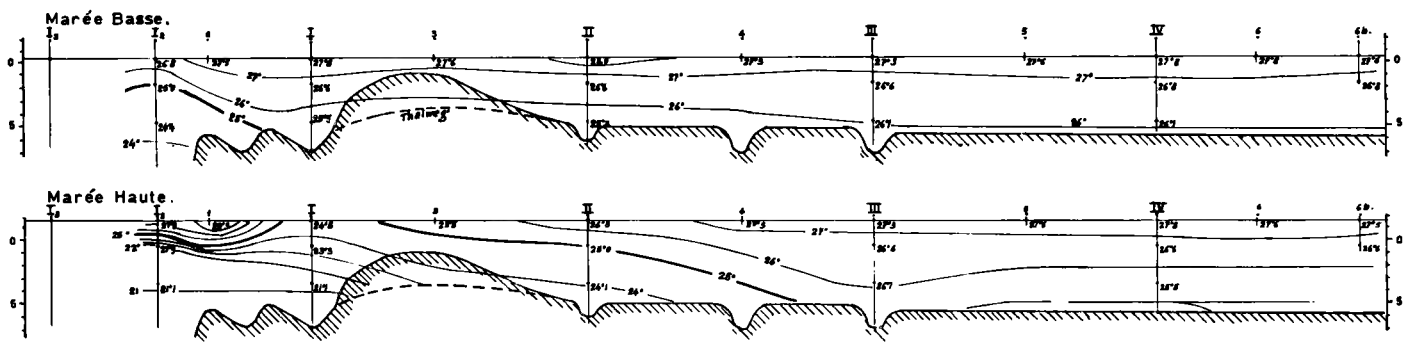




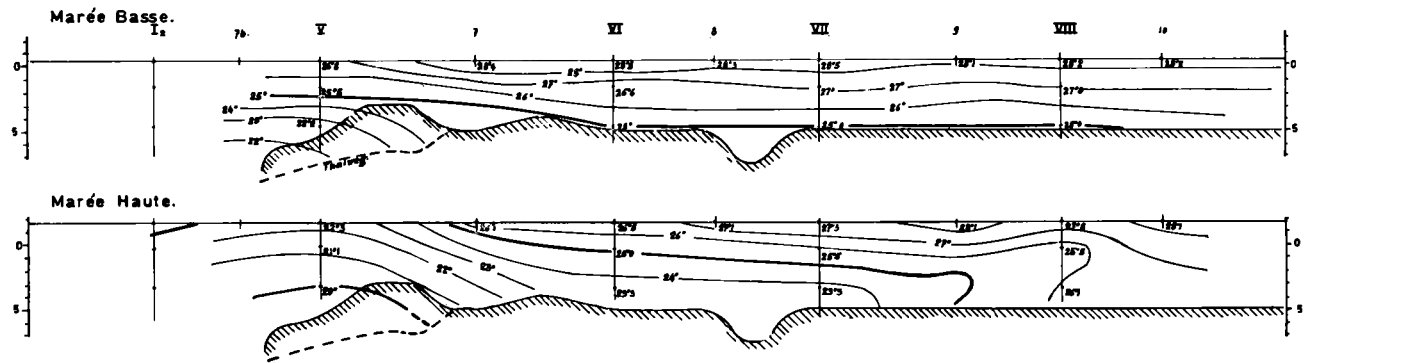
TEMPERATURES.

JANVIER 1971

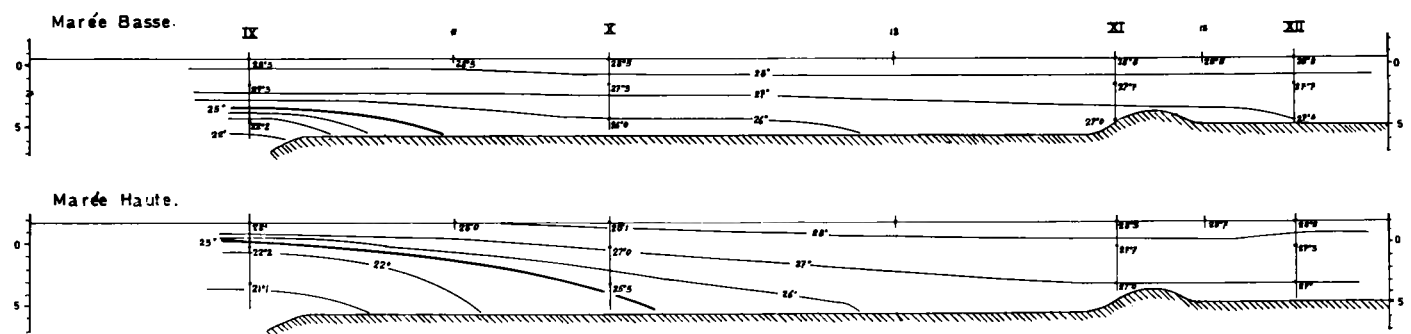
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



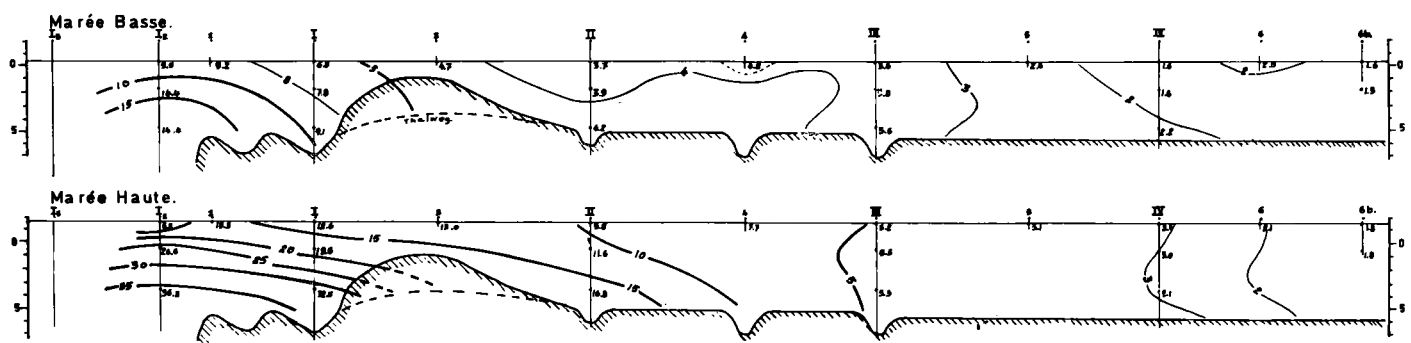
AXE SUD.



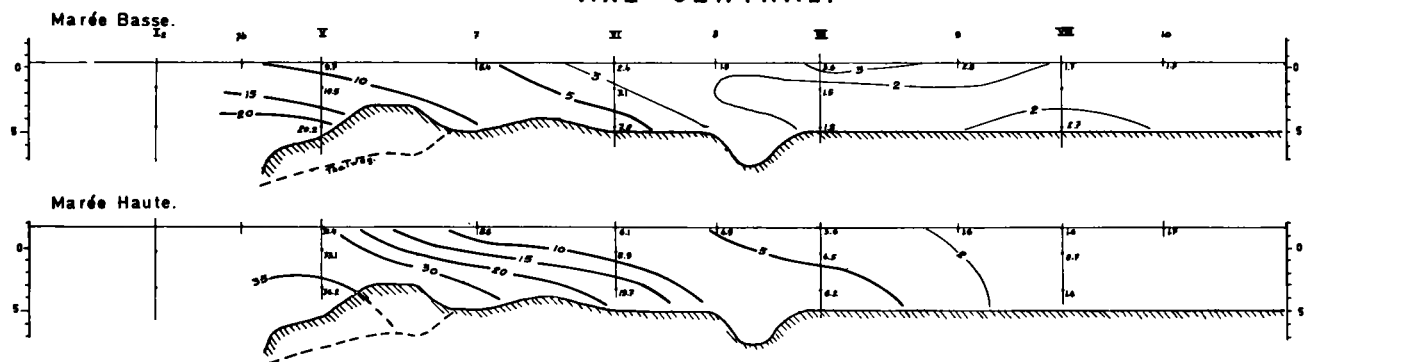
SALINITES.

JANVIER 1971

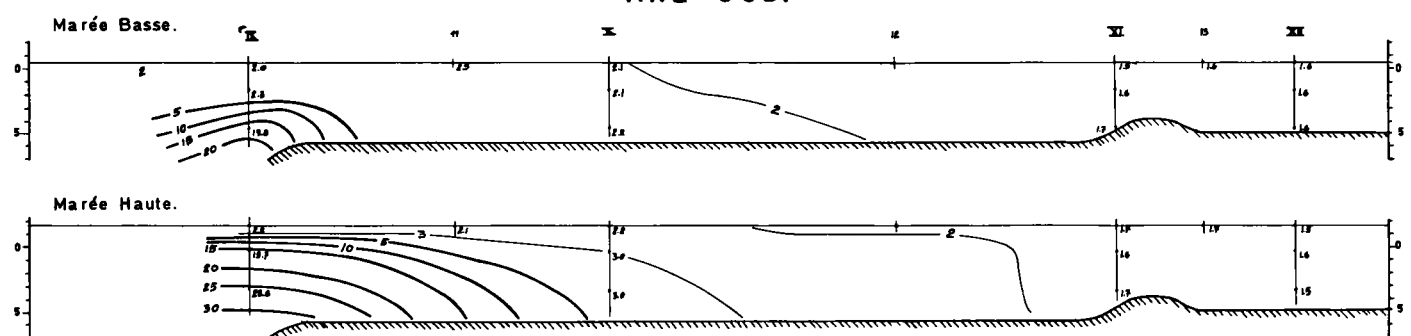
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



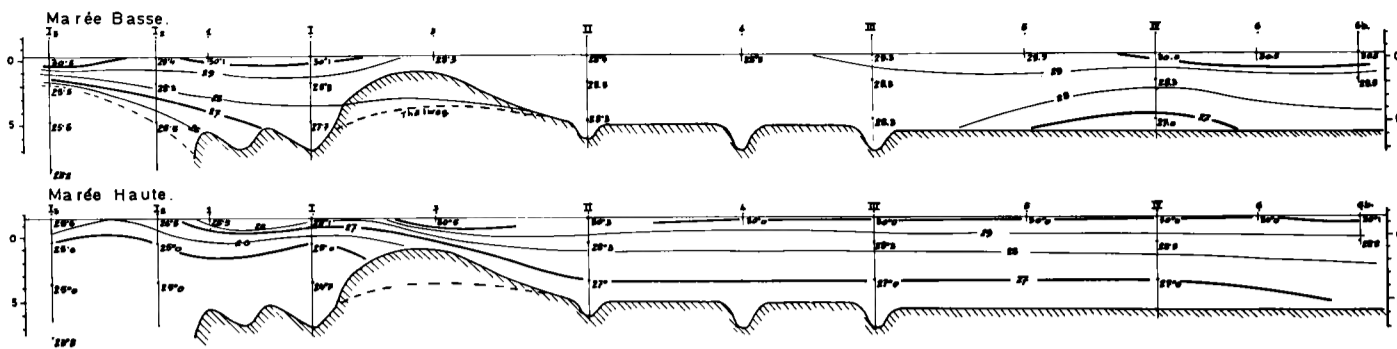
AXE SUD.



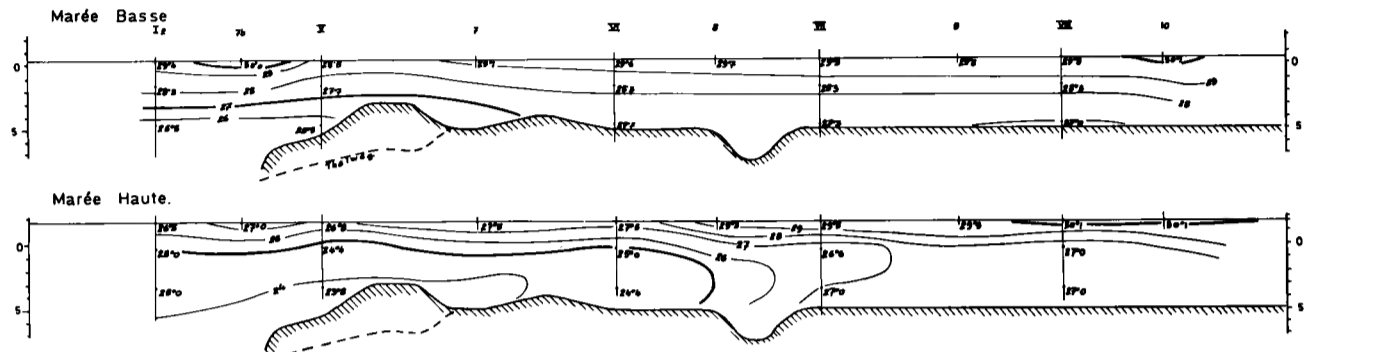
TEMPERATURES.

MARS 1971

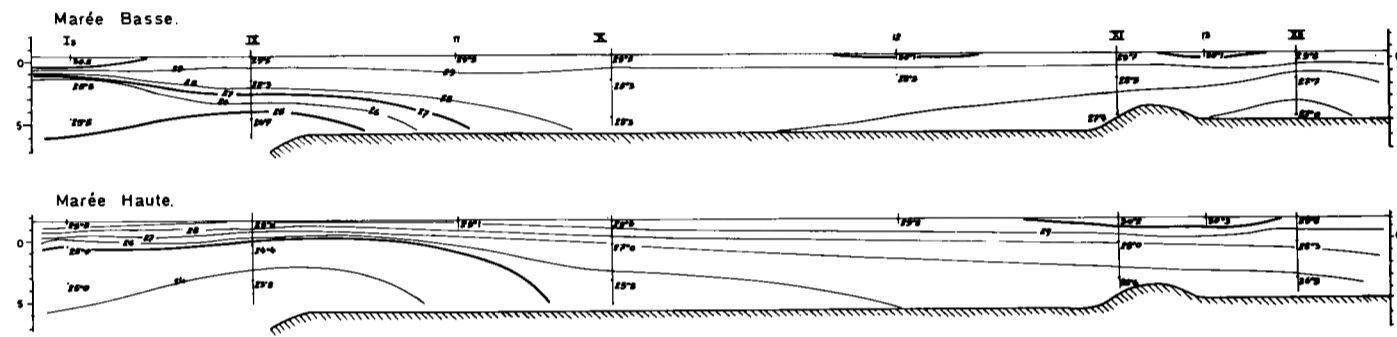
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



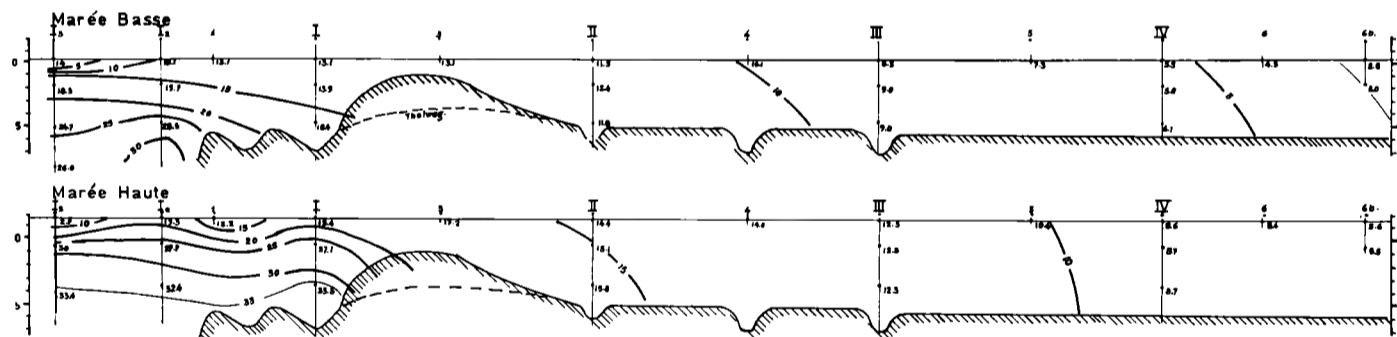
AXE SUD.



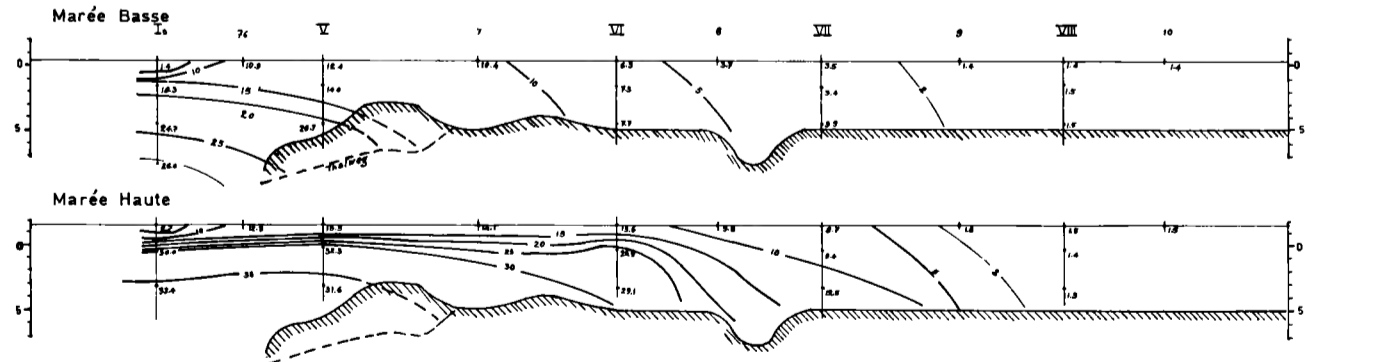
SALINITES

MARS 1971.

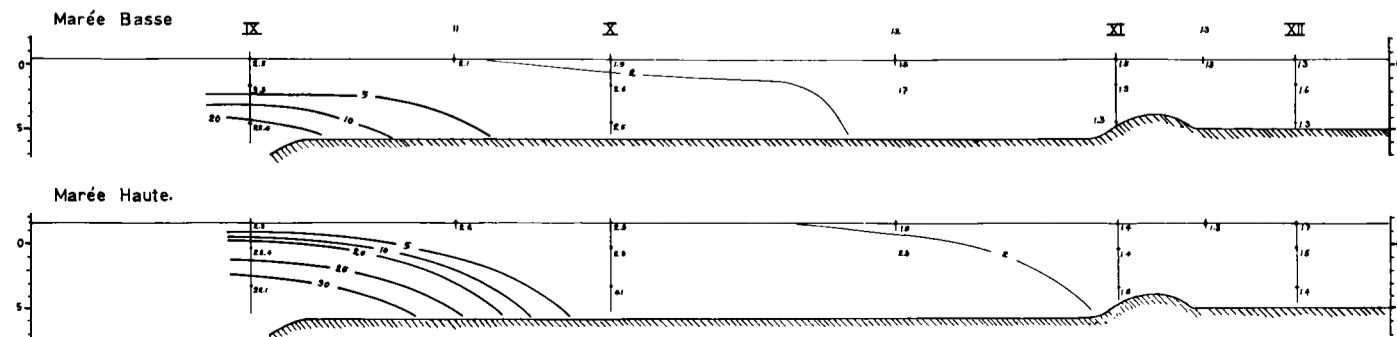
AXE NORD



AXE CENTRAL.



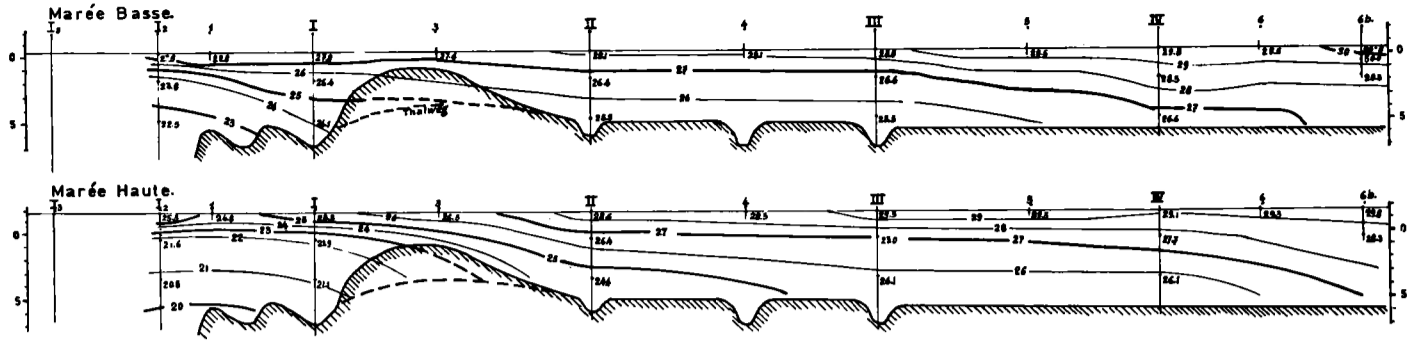
AXE SUD.



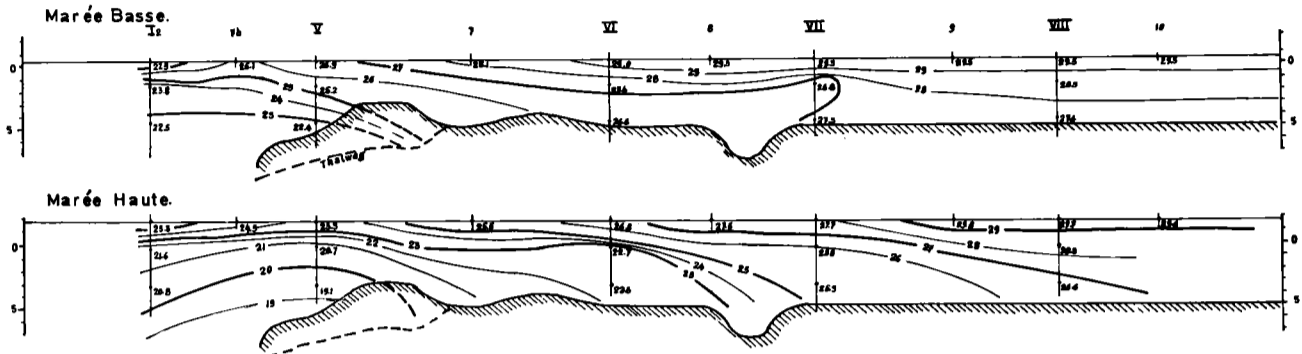
TEMPERATURES.

MAI 1971

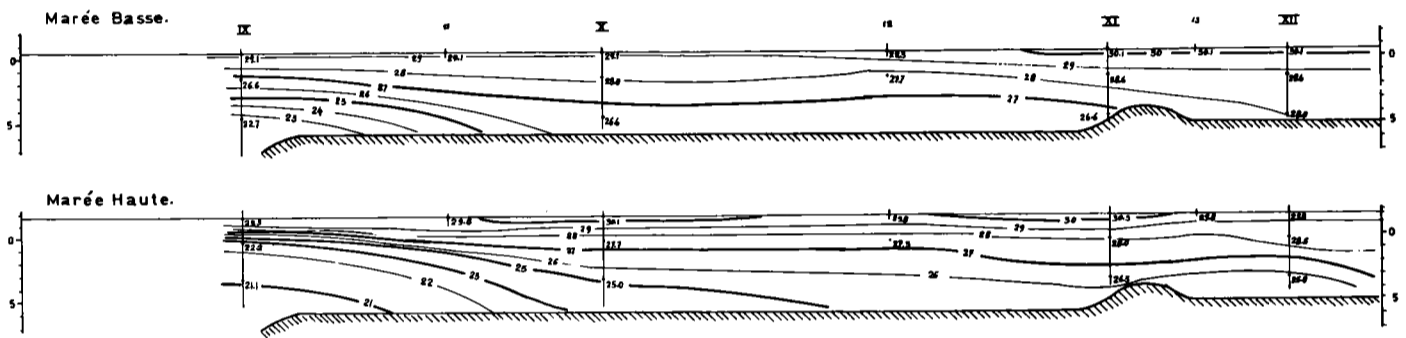
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



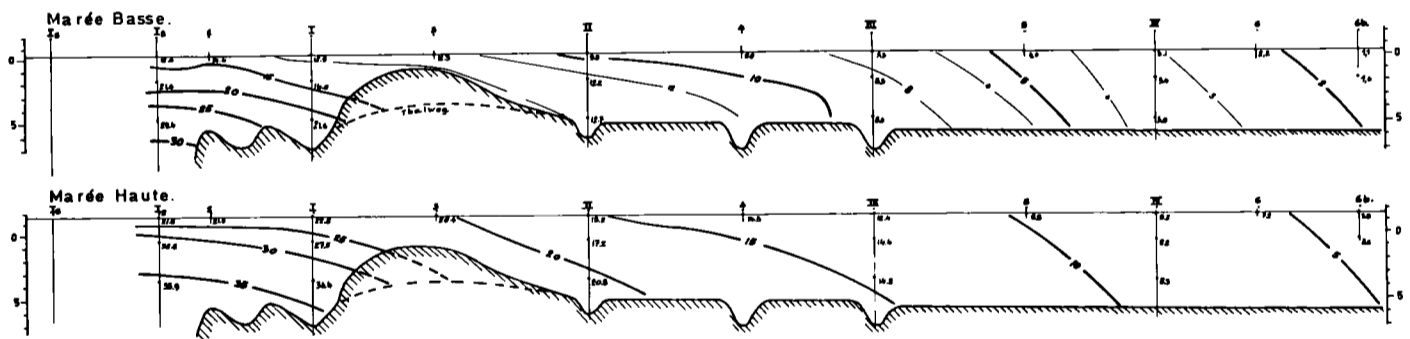
AXE SUD.



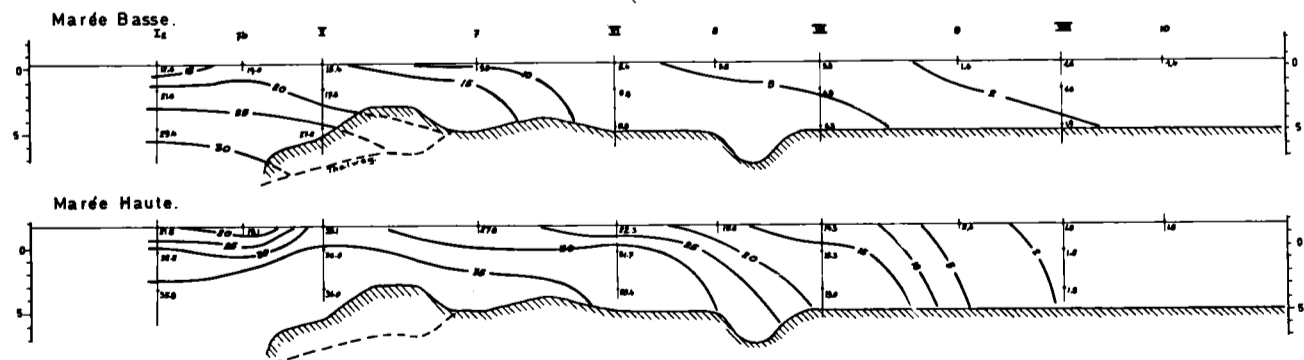
SALINITES.

MAI/ 1971

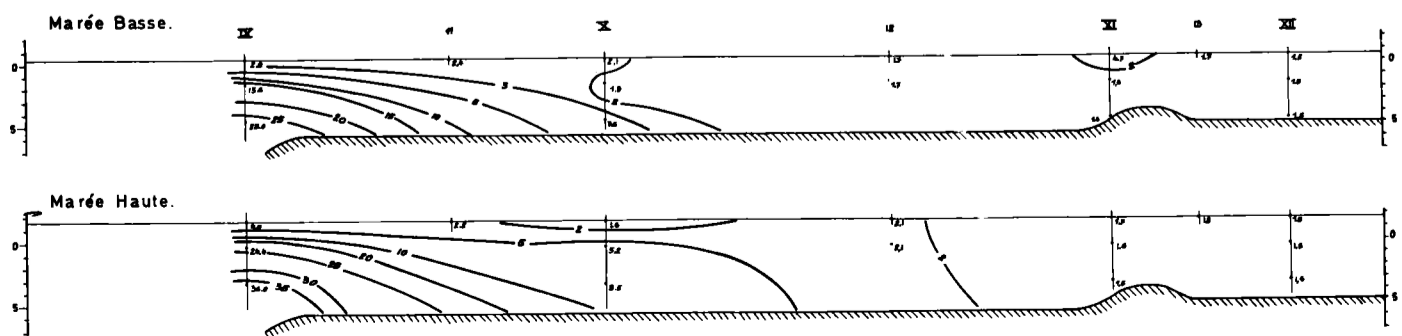
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



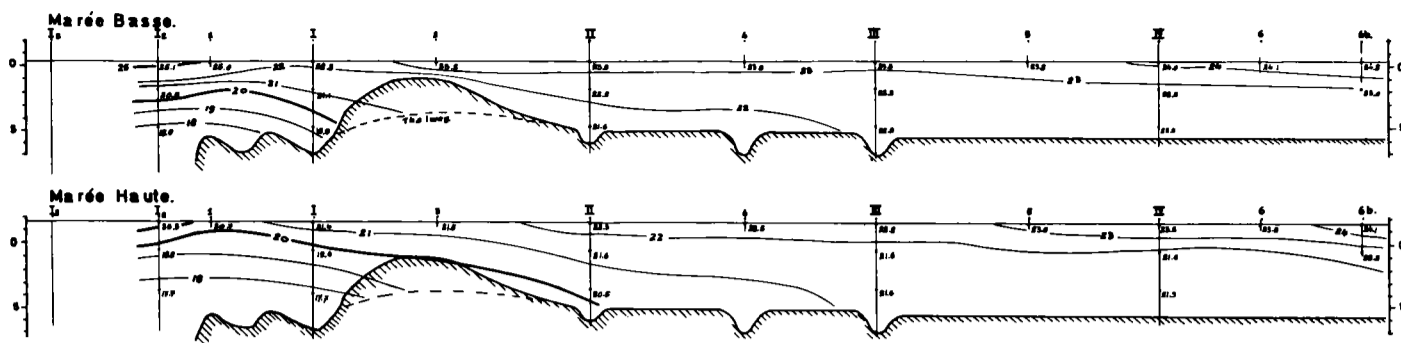
AXE SUD.



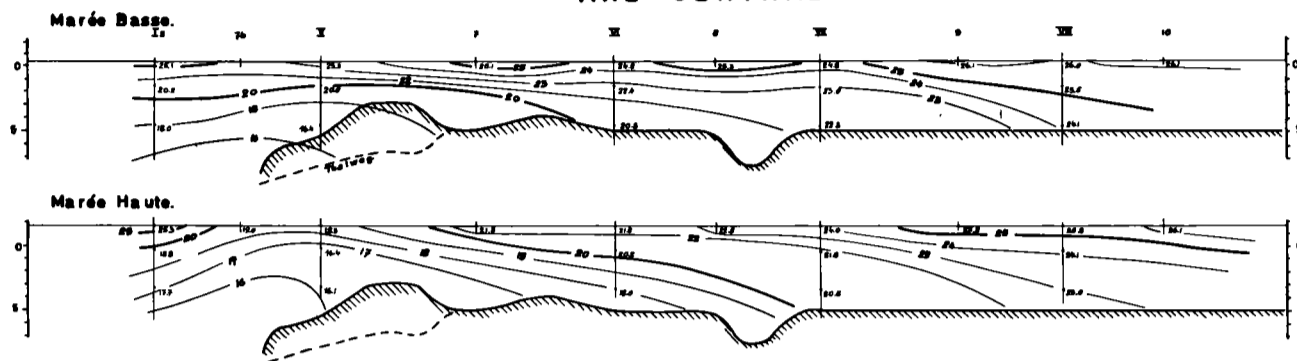
TEMPERATURES.

JUILLET 1971

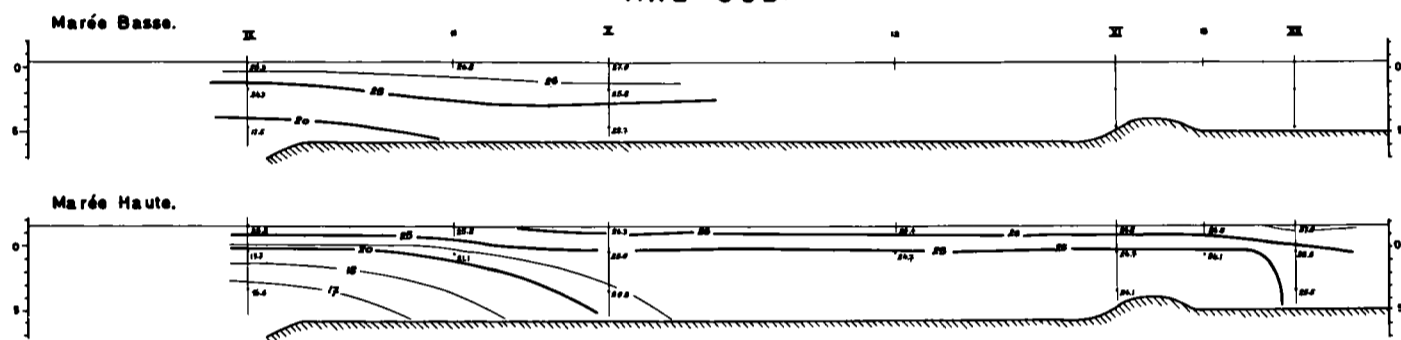
AXE NORD.



AXE CENTRAL.



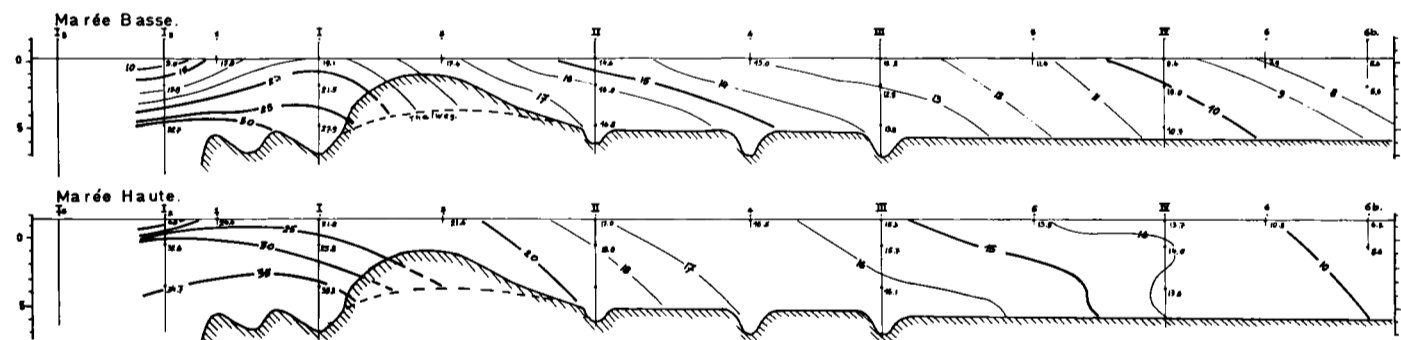
AXE SUD.



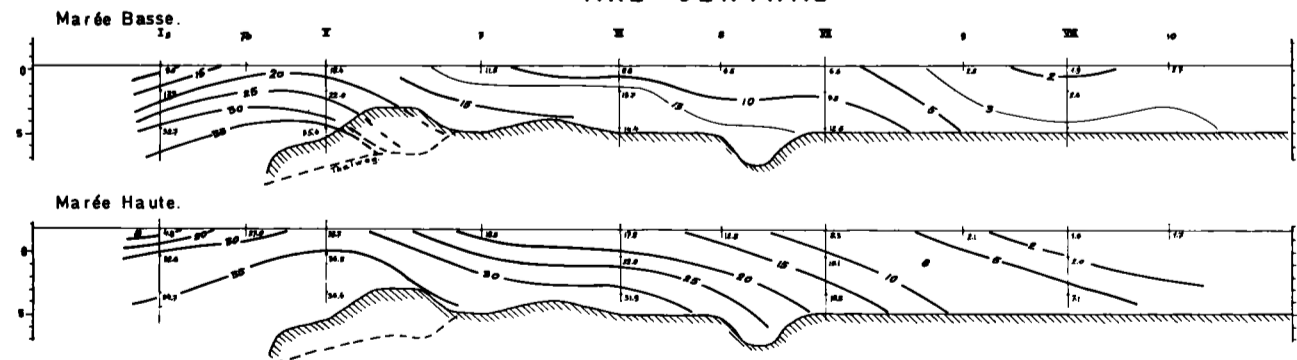
SALINITES

JUILLET 1971

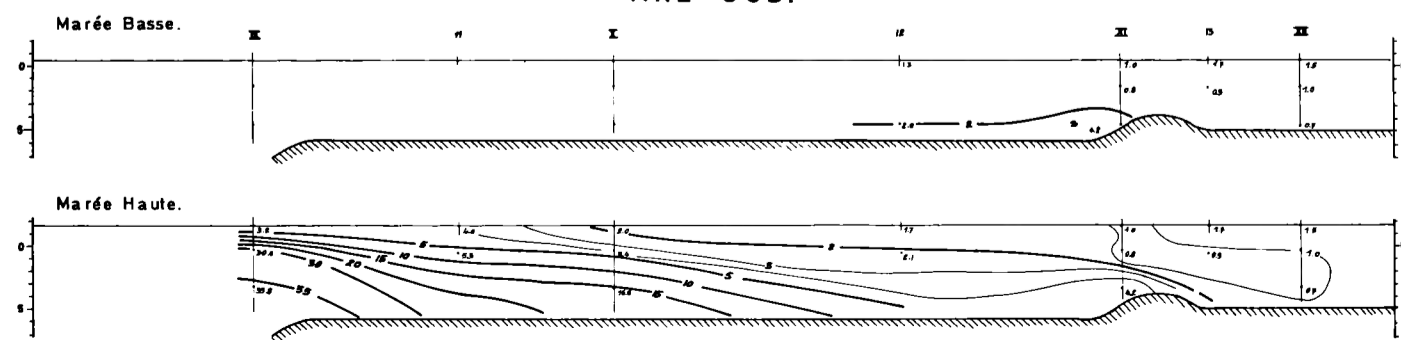
AXE NORD.



AXE CENTRAL



AXE SUD.



CHAPITRE IV

INTERPRETATION DES RESULTATS

I. ALLURE DES ISOHALINES

Pour l'interprétation des profils, l'allure des isohalines est la plus importante. Celle des isothermes constitue un complément. Les valeurs de température ayant surtout une signification pour distinguer les différences entre saisons consécutives, question qui sera examinée plus loin.

On peut considérer comme marquantes les isohalines suivantes:

- a) L'isohaline de 30 gr/l qui marque la limite des eaux très salées et voisines des eaux de mer normales.
- b) Les isohalines 20 et 15 gr/l qui situent la zone d'échange.
- c) L'isohaline de 5 gr/l qui annonce la proximité des eaux douces.

L'examen des profils fait ressortir les faits suivants:

a) L'allure des isohalines à l'embouchure des criques indique qu'il existe en permanence une poussée de bas en haut. Cette poussée prend de l'ampleur à marée haute. L'intensité de la salinité varie avec l'époque de l'année. Il en résulte que ce sont des eaux venant de couches profondes qui envahissent les criques. Ce ne sont donc pas des eaux de surface qui pénètrent par simple élévation du niveau au moment des marées. On peut considérer le phénomène comme une manifestation d'Upwelling. Cas plutôt exceptionnel dans un estuaire.

b) L'allure générale des isohalines, plongeant vers l'amont est conforme à la règle générale d'échanges dans un estuaire et on assiste, à marée montante à la progression des isohalines vers l'amont. Mais on constatera que dans chaque profil l'écart entre isohalines est différent marquant ainsi un régime différent dans la zone traversée par l'axe considéré.

Le profil Nord montre une répartition des isohalines assez régulière sur toute la longueur du profil aussi bien à marée basse qu'à marée haute.

Le profil central accuse un rapprochement plus marqué des isohalines et, à marée haute, le resserrement prend l'allure d'un front, la zone de mélange y est réduite et localisée vers le milieu du profil.

Sur le profil sud le front est parfois net mais se déplace peu vers l'amont à marée haute; sauf durant la grande saison marine froide (juin à août) où le débit du fleuve, au plus faible, permet une pénétration plus profonde des eaux littorales.

c) Les isothermes marquent les différences selon les saisons. On peut considérer dans tous les profils de l'axe Sud où, en surface, les eaux fluviales dominent, que les températures sont hautes et voisines de celles du fleuve. Par contre dans les profils Nord et Central les écarts de température sont plus marqués sous l'influence prépondérante des eaux marines.

II. LE PHÉNOMÈNE D'UPWELLING

Sur la côte Sud Ouest Africaine et la côte angolaise il existe des endroits où on constate des remontées d'eaux froides qui s'expliquent par des vents saisonniers d'Est assez intenses pour refouler les eaux de surface du littoral vers le large, provoquant ainsi un appel d'eaux profondes pour les remplacer. C'est à ce phénomène de remontée d'eaux profondes qu'on donne le nom d'Upwelling.

A hauteur de l'embouchure du Zaïre et le long de la côte Congolaise et Gabonaise les vents d'Est sont beaucoup trop faibles et cependant on y constate également des manifestations d'Upwelling. La remontée d'eaux froides s'explique ici par le courant profond du Benguela qui, rencontrant les pentes des contreforts du plateau continental, se trouve dévié vers la surface. Il est à présumer que c'est une cause semblable qui agit devant l'embouchure de la crique de Banana et des Pirates; car il existe un contre-courant en profondeur dans l'estuaire. Nous en connaissons mal la force et la direction. Ce peut être un courant de marée ou un contre-courant né du puissant courant de surface.

A l'embouchure de la crique des Pirates cette explication est certainement valable car ce contre-courant vient heurter de front le talus du Canyon qui à cet endroit borde l'entrée du chenal. L'allure des isohalines indique qu'en toute saison et à tout état de marée la poussée existe et s'amplifie au moment du flot.

Cette explication vaut moins pour la crique de Banana où le chenal se termine également au talus mais celui-ci se trouve orienté parallèlement au contre-courant précité. A moins d'imaginer que la direction de ce contre-courant ne soit pas inversement parallèle au courant de surface mais dévié vers le Nord. Le courant de surface se dirigerait vers l'Ouest tandis que le contre-courant se dirigerait vers le Nord-Est. En tout état de cause le phénomène d'Upwelling se manifeste d'une façon moins intense devant la crique de Banana que devant celle des Pirates.

Il y a lieu de mettre en cause un autre phénomène général; celui du relèvement des isohalines à proximité des rives.

Sur la côte Angolaise et Congolaise on observe ce phénomène sur tout profil normal à la côte. Ce relèvement s'accroît avec la marée.

Les profils en travers de l'embouchure (Fig. 17 B) montrent aussi cette anomalie et nous l'avons constatée sur un profil du fleuve en amont de Bulabemba.

Au flot l'élévation du niveau fera présenter, devant les embouchures, une couche d'eau plus salée que la couche de surface. Cette augmentation de salinité reste très faible. La faible augmentation de salinité, observée à certains moments dans le chenal du Rambler nous paraît devoir être attribuée à cette cause.

Quelle que soit la raison, la venue en surface d'eaux profondes devant les criques principales à marée haute, devait déterminer en surface une aire d'eaux froides assez facile à déceler. Nous avons procédé au relèvement des températures de surface à l'échelle de marée haute dans la zone s'étendant devant les 2 criques; en avril, alors que les eaux étaient encore très chaudes et en juillet, période froide. Les fig. 13 et 14 donnent les cartes des isothermes de surface qui délimitent bien ces aires d'émergence, la différence entre les deux cartes résulte des conditions de saison marines qui régnaient au moment des observations. On notera que dans les deux cas, l'aire d'émergence devant la crique des Pirates est plus étendue que celle devant la crique de Banana. Le change-

ment de coloration de l'eau au moment du flot en période de vives eaux est frappant devant la crique des Pirates.

III. LES ZONES D'ÉCHANGE OU DE DIFFUSION

Nous entendons par ce terme l'espace qui, sur les 3 axes, se situe entre la zone d'Upwelling et celle des eaux douces.

La transition entre les eaux salées amenées par le flot et les eaux douces se passe sur une certaine distance qui n'est pas

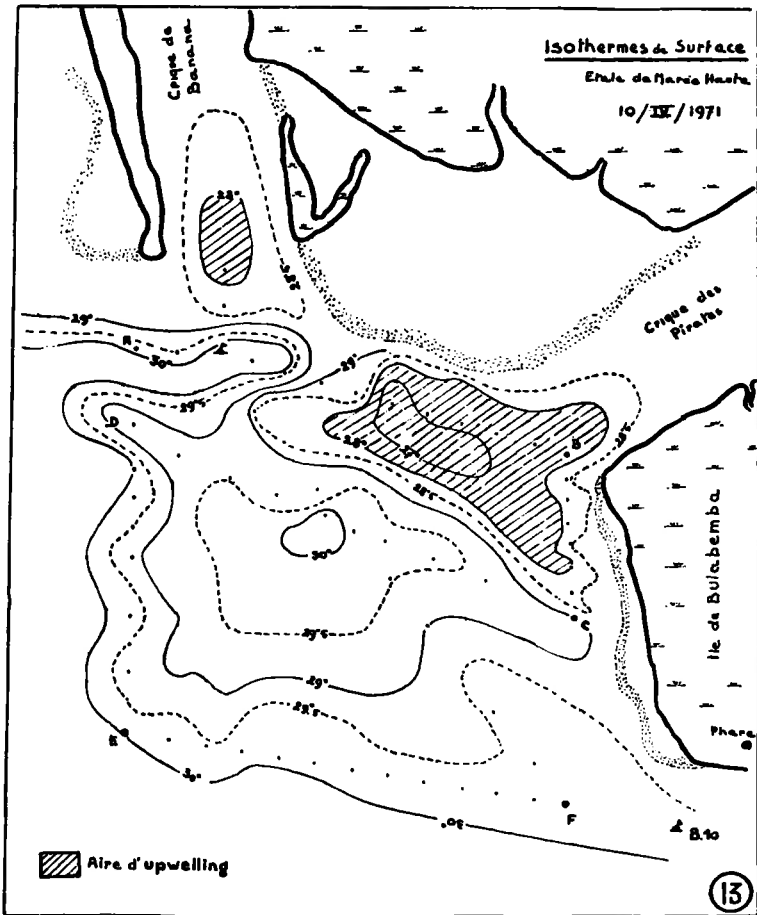


Fig. 13. — Carte des isothermes de surface à l'étape de marée haute en avril 1971 qui délimitent les aires d'upwelling.

la même sur les trois axes. Un caractère reste cependant commun aux trois axes: Où que l'on se trouve sur un axe, la salinité augmente avec la profondeur.

a) Les échanges sur l'axe Sud.

En octobre, décembre et mars, périodes correspondant aux hautes eaux du fleuve, l'allure des isohalines, assez rapprochées et horizontales à l'entrée de l'estuaire, s'infléchissent vers le

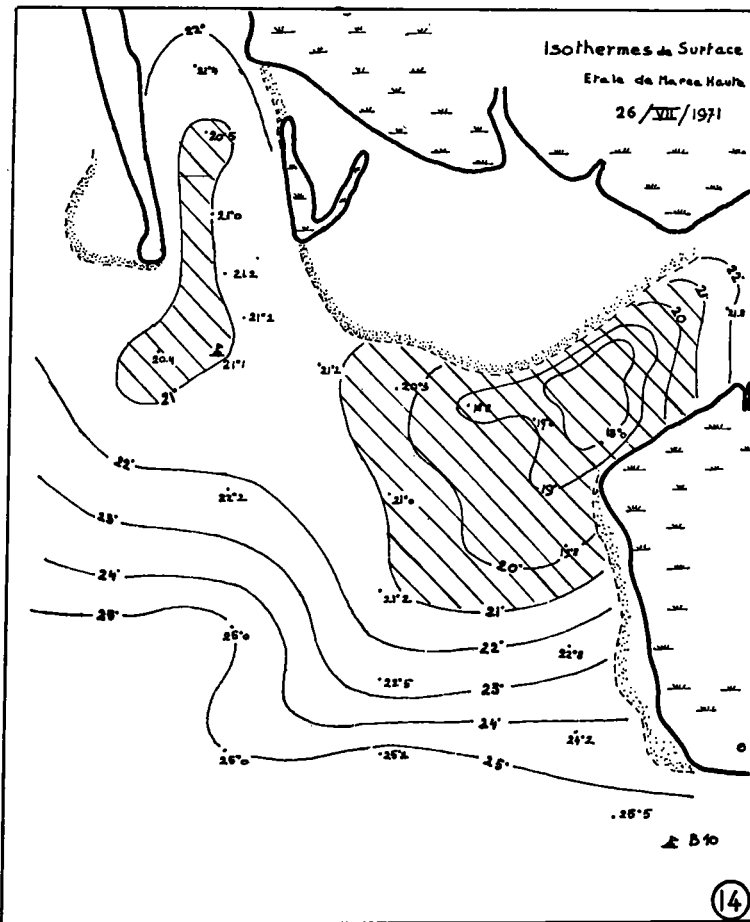


Fig. 14 — Carte des isothermes de surface à l'étale de marée haute en juillet 1971 qui délimitent les aires d'upwelling.

fond assez rapidement. A marée haute ce front se propage plus vers l'amont. La zone d'échange ou de diffusion s'étend ainsi de Bulabemba (Sta. IX) jusque une distance de 2 à 6 km vers l'amont selon l'intensité et le degré de salinité des eaux du flot.

De fin mai à août, période de basses eaux, l'allure des isohalines tend à se rapprocher de l'horizontale et la zone de diffusion se propage plus loin vers l'amont et peut atteindre le voisinage de Malela, soit de 7 à 15 km de Bulabemba, et ce sur une profondeur ne dépassant guère 5 m.

Il n'y a pas ici de phénomène d'Upwelling. Il y a lieu de considérer que les observations se situent à une des extrémités d'un front qui traverse tout l'estuaire jusqu'à la rive angolaise et sont en concordance avec des observations faites antérieurement sur profils situés dans l'axe du fleuve.

b) Les échanges sur les axes « Central » et « Nord ».

Nous avons dressé pour ces 2 axes des diagrammes (Figs. 15 A à E) où on peut comparer les variations de salinité, en surface et à 2 m de profondeur en fonction de la distance de l'embouchure des 2 criques à chaque période d'observations.

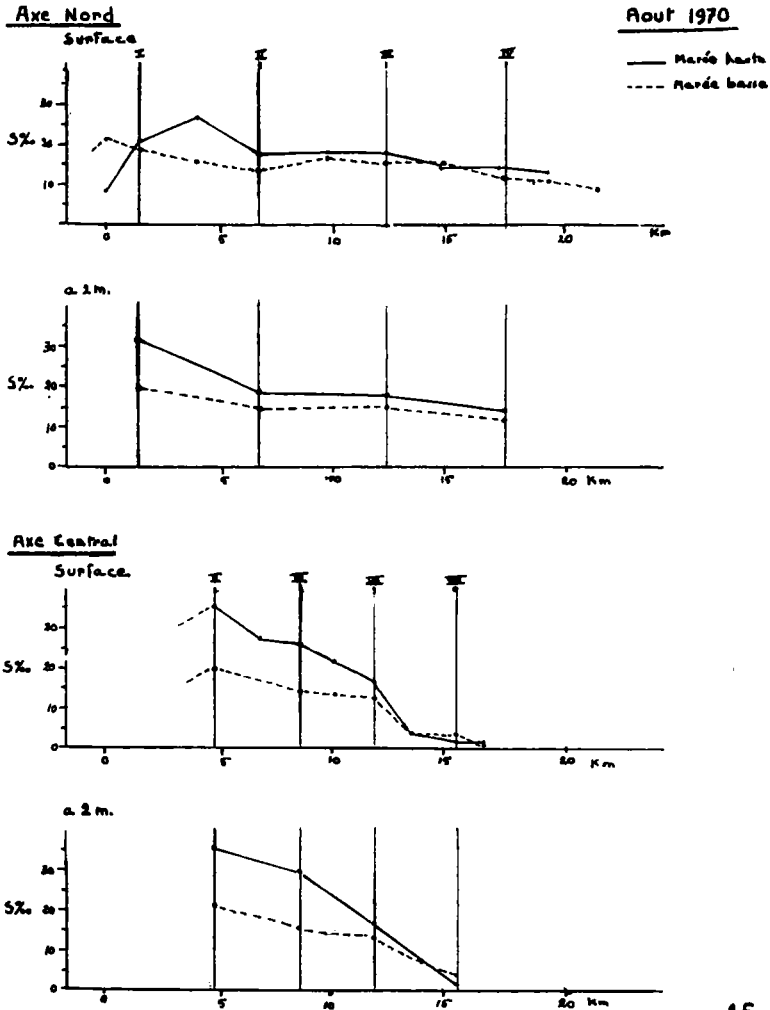
1) Axe Nord

On constate que sur tous les diagrammes concernant cet axe et quels que soient la saison ou l'état de marée, la dessalure est régulière et s'étend sur toute la longueur de l'axe, soit sur plus de 20 km.

En août, époque de décrue et de venues d'eaux très salées la salinité varie peu en surface entre marée haute et basse, à 2 m de profondeur la variation est d'environ 5 gr/l. Octobre, décembre et mars voient une salinité générale plus faible et des écarts plus grands entre marées. Ceci en raison de la dessalure des eaux marines et d'un débit du fleuve dépassant la moyenne de l'année.

Mai accuse des différences assez constantes entre marées et tout le long de l'axe. On se trouve en petite crue et la grande saison froide marine ne se manifestait pas encore.

Le Bassin Nord paraît se comporter comme un bassin de chasse. Toutefois, dans la crique de Banana, le débit au jusant est

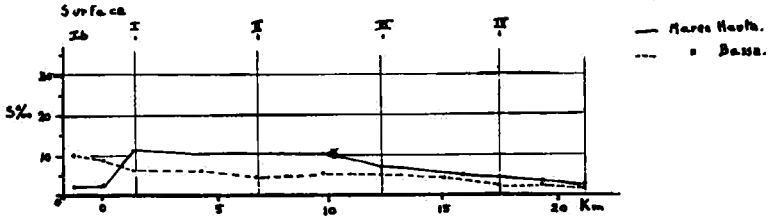


15A

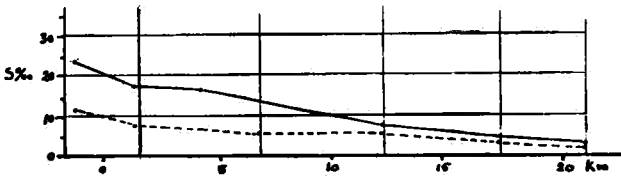
Fig. 15. — 15A à 15E. Diagrammes donnant la variation de la salinité en fonction de la distance de l'embouchure sur les axes Nord et Central; en surface et à 2 m de profondeur, à marée haute et basse. Pour les 5 périodes d'observation.

Axe Nord

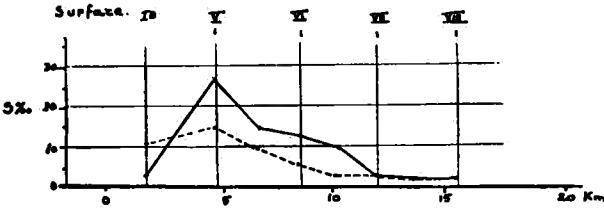
Oct 1970



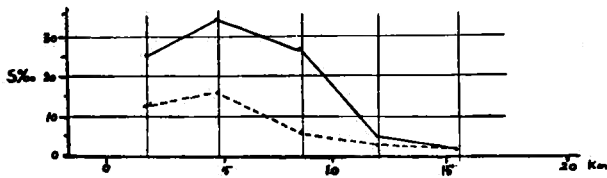
à 2m.



Axe Central

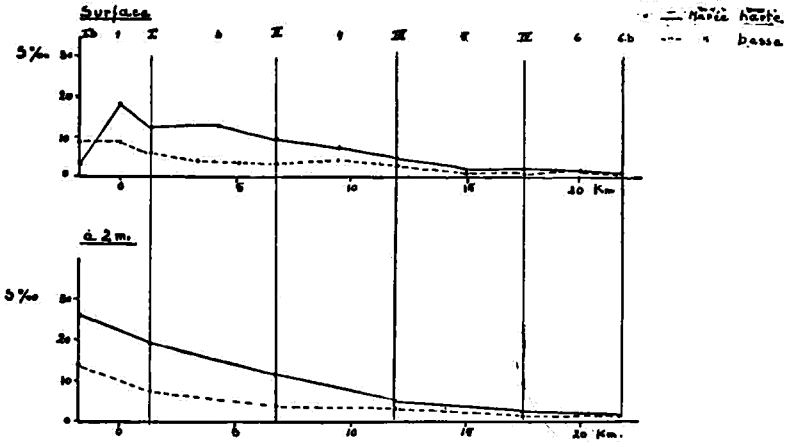


à 2m

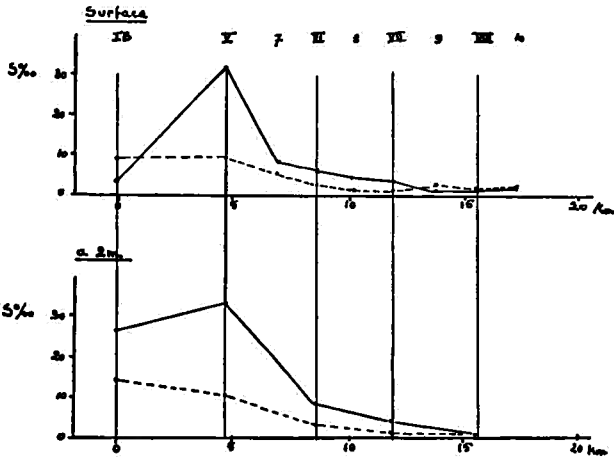


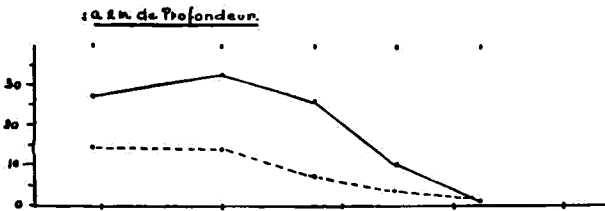
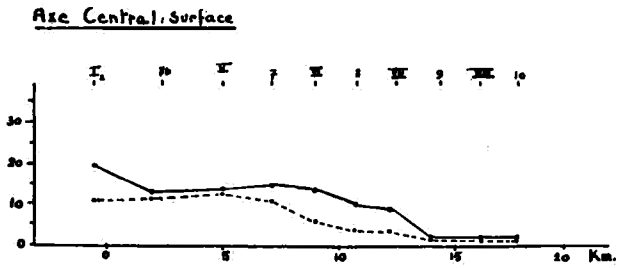
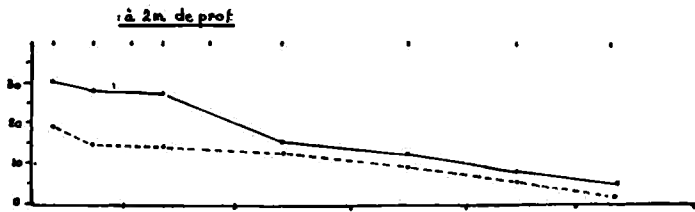
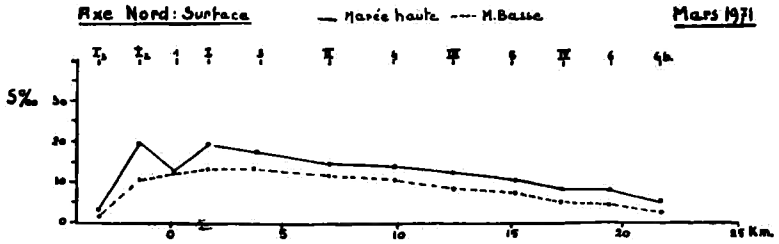
AXE Nord

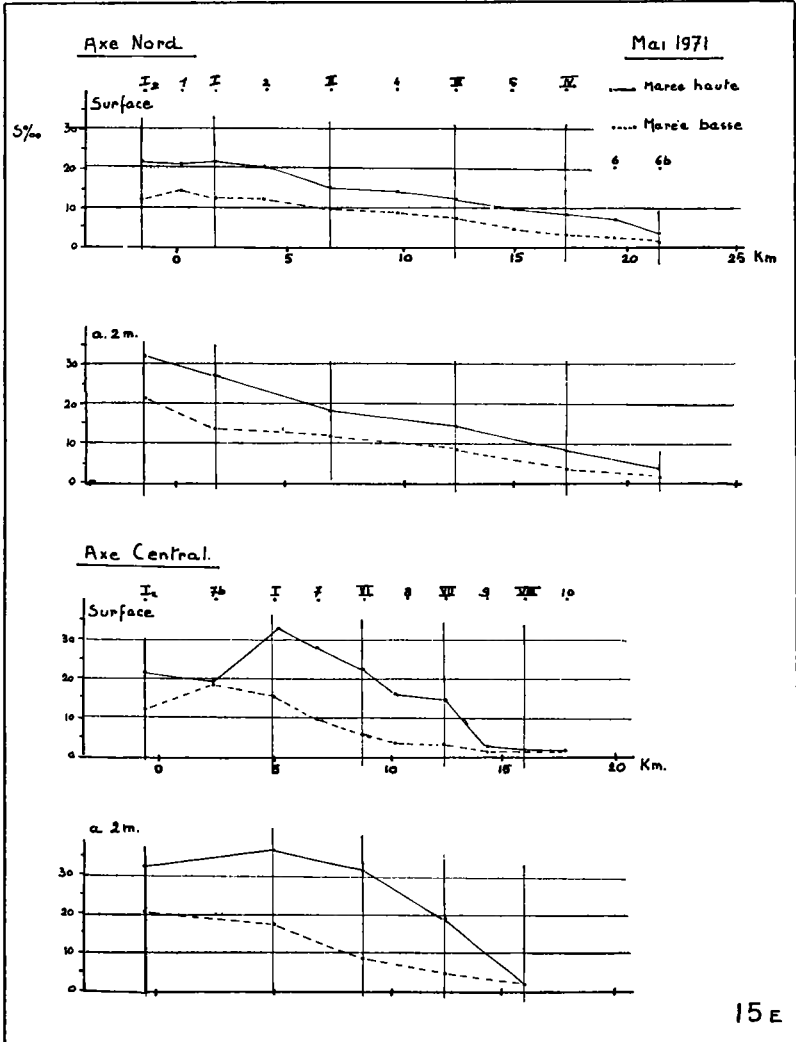
Decembre 1970



Axe Central







très supérieur à celui du flot d'où il faut conclure qu'au jusant il y a un apport d'eau important qui provient du bassin adjacent par les anastomoses.

2) Axe Central

L'allure de la salinité de cet axe contraste avec celle de l'axe Nord. La dessalure des eaux s'y produit plus rapidement et les écarts entre marées sont plus amples en surface et en profondeur.

Quoique ce soit à l'embouchure qu'on trouve les eaux les plus salées, la zone d'échange ne s'étend pas à plus de 12 km en amont. L'apport d'eaux fluviales est ici très important et s'explique par la communication presque directe entre la crique des Pirates et le fleuve à Malela par le chenal de la Donda.

En surface et en mars, il y a peu de différences de salinité entre marée haute et basse. Mais à cette époque de grande saison chaude marine, l'intensité de l'Upwelling est la plus faible de l'année.

En reportant sur une carte (Fig. 16) les isohalines de surface à un moment où les venues d'eau salée sont au minimum comme cela se passe en mars à marée basse, la différence dans la répartition vient confirmer l'existence de bassins distincts.

IV. LIMITE DES EAUX DOUCES

L'isohaline de 2 gr/l étant prise ici comme référence nous avons fait figurer sur la carte de la fig. 17 A et B la position de cette isohaline de surface aux deux époques extrêmes de l'année.

On constatera qu'en janvier, à marée basse la moitié Est de toute la superficie de la Mangrove ne présente que des eaux douces alors que, devant les embouchures des criques principales, la salinité de surface n'atteint que 10 gr/l.

Par contre en août, à l'étape de marée haute, alors que devant ces mêmes embouchures émergent des eaux à salinité de 35 gr/l les eaux douces se voient refoulées très loin dans le bassin Nord. Mais dans le secteur Sud-Est il y a peu de modifications. Ce dernier secteur peut donc être considéré comme subissant fort peu l'influence d'eaux marines.

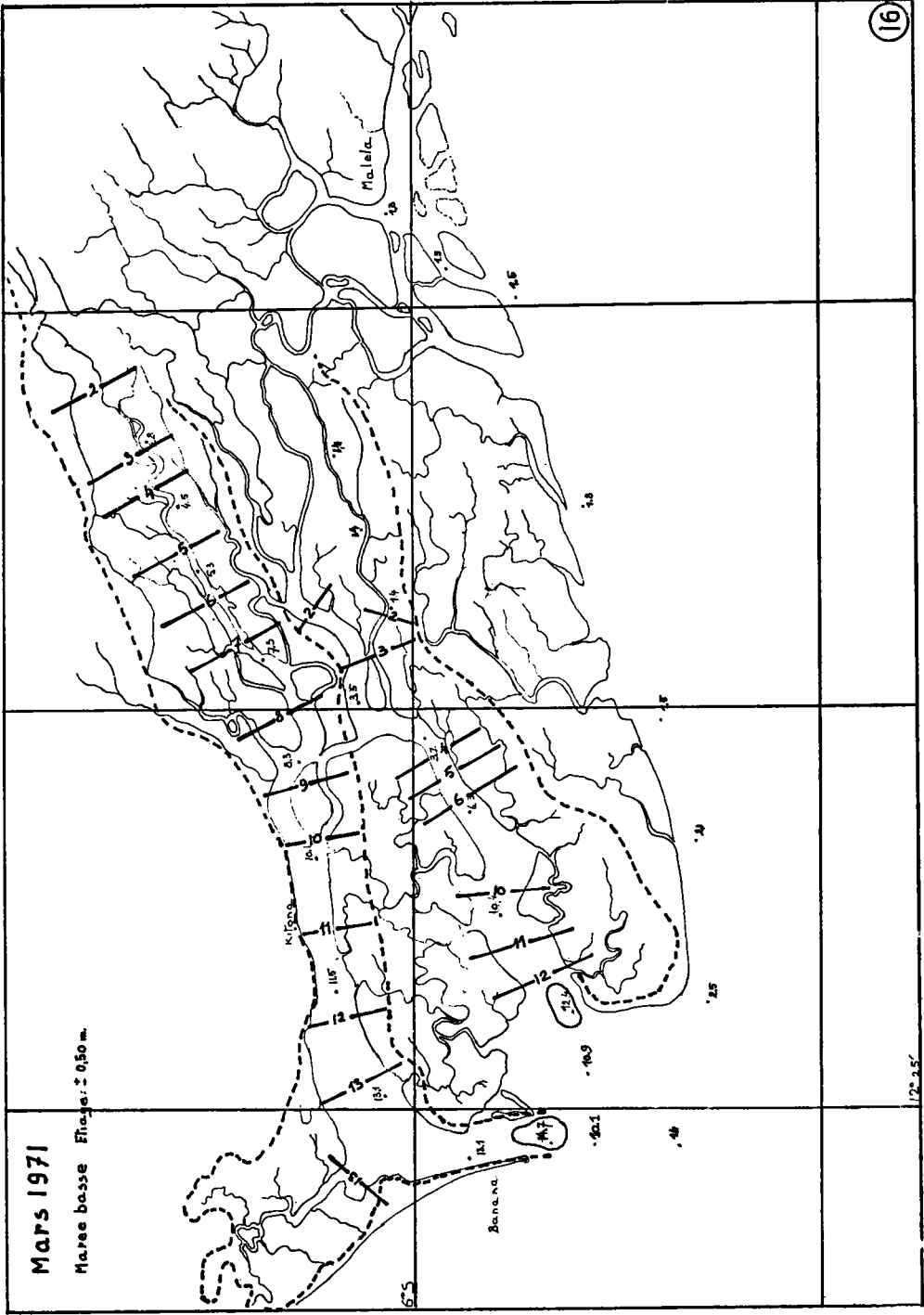


Fig. 16. — Allure de la salinité de surface au moment ou l'influence des eaux marines est au minimum de l'année. Preuve de l'existence de 2 basins secondaires.

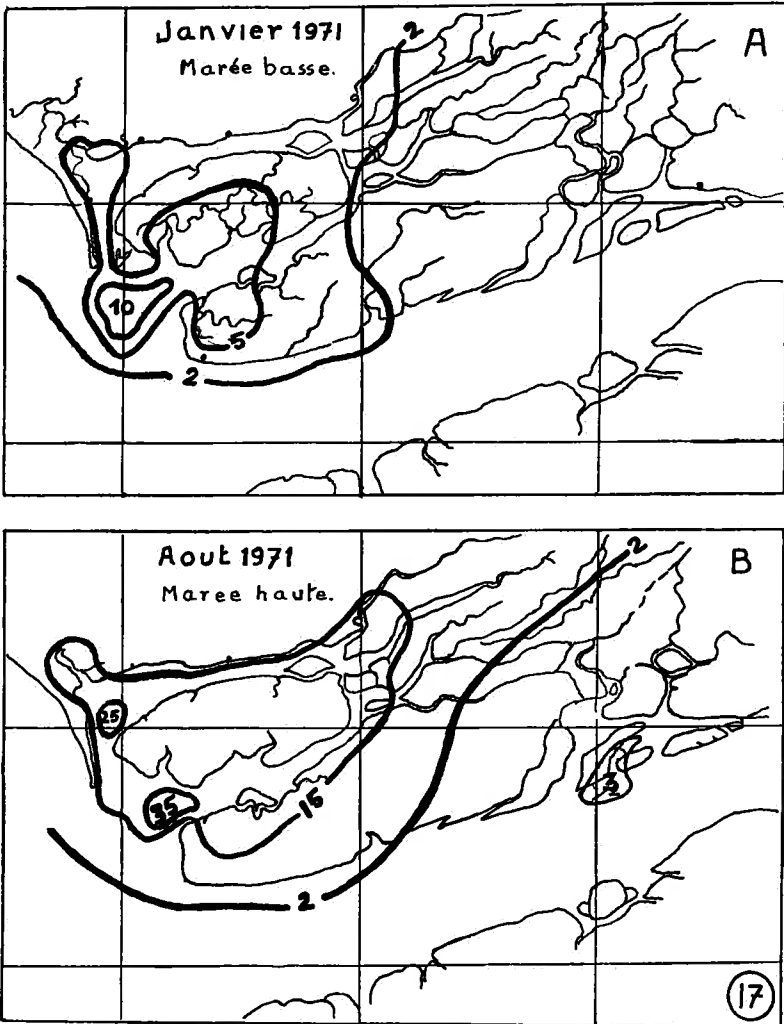


Fig. 17. — Cartes donnant les isohalines de surface aux deux périodes extrêmes de l'année; à marée basse en janvier et marée haute en août 1971.

V. L'INFLUENCE DES SAISONS MARINES

La salinité d'une eau de mer est dans une certaine mesure fonction de sa température. Celle-ci croissant en raison inverse de la salinité. Le mélange de deux masses d'eau à température et salinité différentes prend une température et une salinité qui dépendent des températures et salinités initiales.

Cette relation est moins étroite pour des eaux d'estuaire que pour des eaux de mer. Pour étudier cette relation on trace des diagrammes T/S où la température est portée en ordonnée et salinité en abscisse. La comparaison entre diagrammes peut révéler des particularités ou aider à interpréter des phénomènes.

En vue de faire ressortir les variations saisonnières que présentent les eaux de la mangrove et d'en souligner les causes nous avons établi un diagramme T/S pour chaque période d'observations en utilisant toutes les données de températures et salinités s'y rapportant. (Fig. 18 A à F).

L'allure et la comparaison de ces diagrammes amène les considérations suivantes:

Période d'août 1970: Relation relativement étroite entre salinité et température. Variation allant des eaux douces à 27°C à des eaux à salinité normale (35 gr/l) marquant de 16 à 17°C. Le fleuve est à son débit minimum. Les eaux littorales présentent des caractères de grande saison froide.

Période d'octobre 1970: Relation peu marquée. On trouve toute la gamme de salinités entre 26 et 30°C. Le fleuve, à température de 28°, entre en grande crue. Les eaux littorales sont influencées par l'arrivée des eaux guinéennes et dans l'ensemble offrent des eaux chaudes et peu salées.

Période de décembre 1970. La relation qui se dessine est intermédiaire entre les deux relations précédentes. Le fleuve se trouve à son débit maximum et ses eaux à 29°C. Les eaux littorales subissent en surface l'influence des eaux guinéennes qui marquent un temps d'arrêt dans leur progression vers le Sud; mais à faible profondeur le courant du Benguela fait encore sentir ses effets.

Période de mars 1971. La relation très faible s'apparente à celle du mois d'octobre mais de façon plus intense. Les eaux du fleuve, en petite décrue accusent 30°C. Les eaux guinéennes ont

Relation T/S%

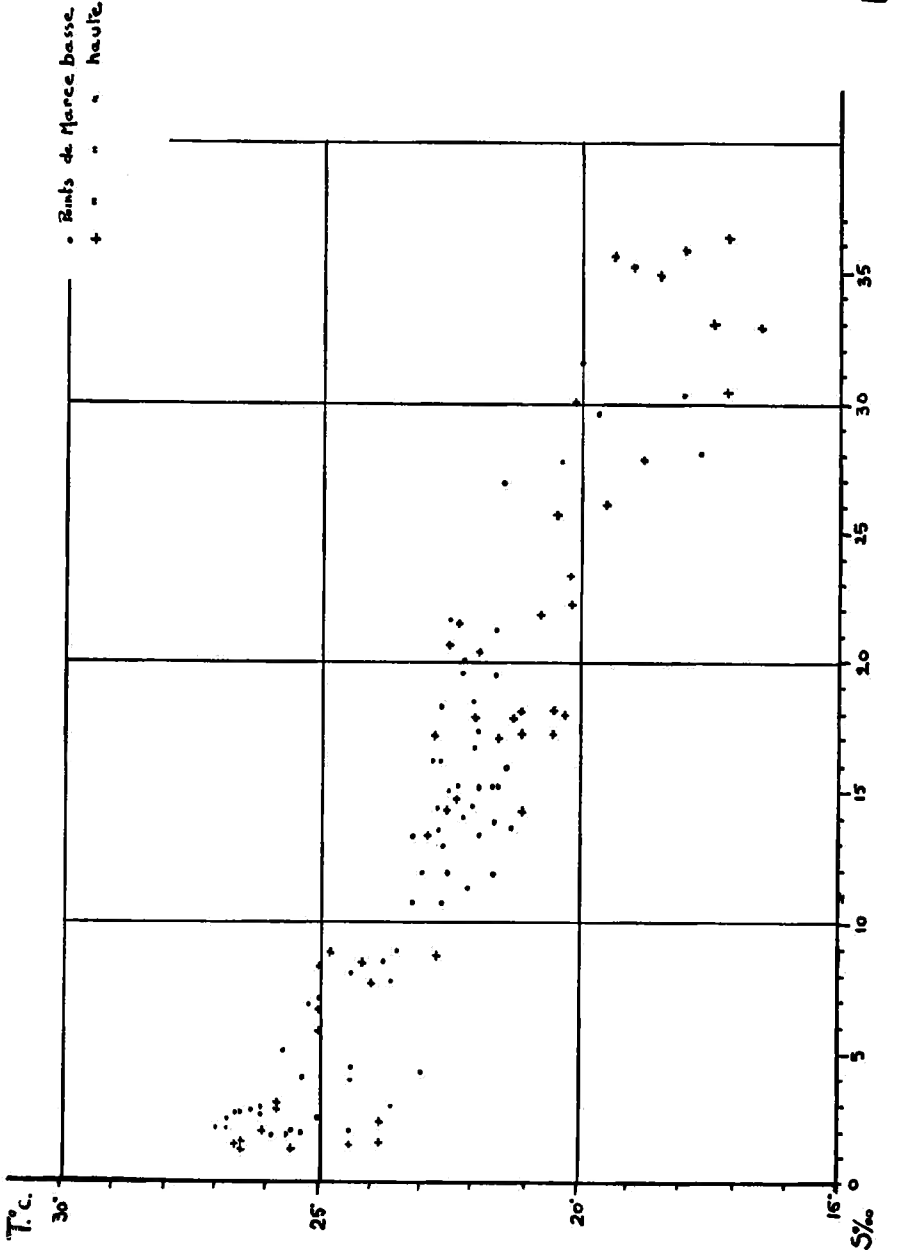
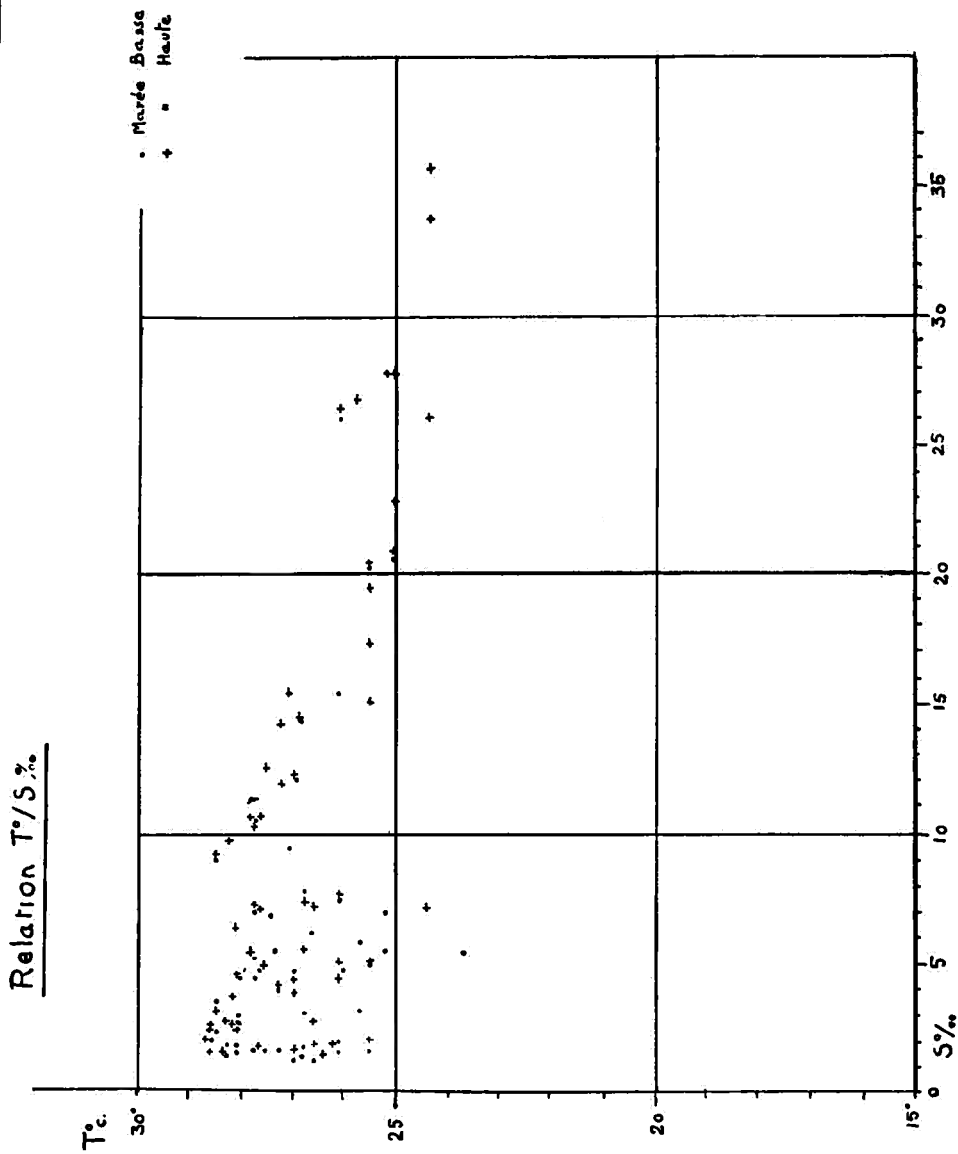


Fig. 18. — 18A à 18F. Relation Température/Salinité de l'ensemble des observations se rapportant aux différentes périodes de l'année.

Oct. 1970

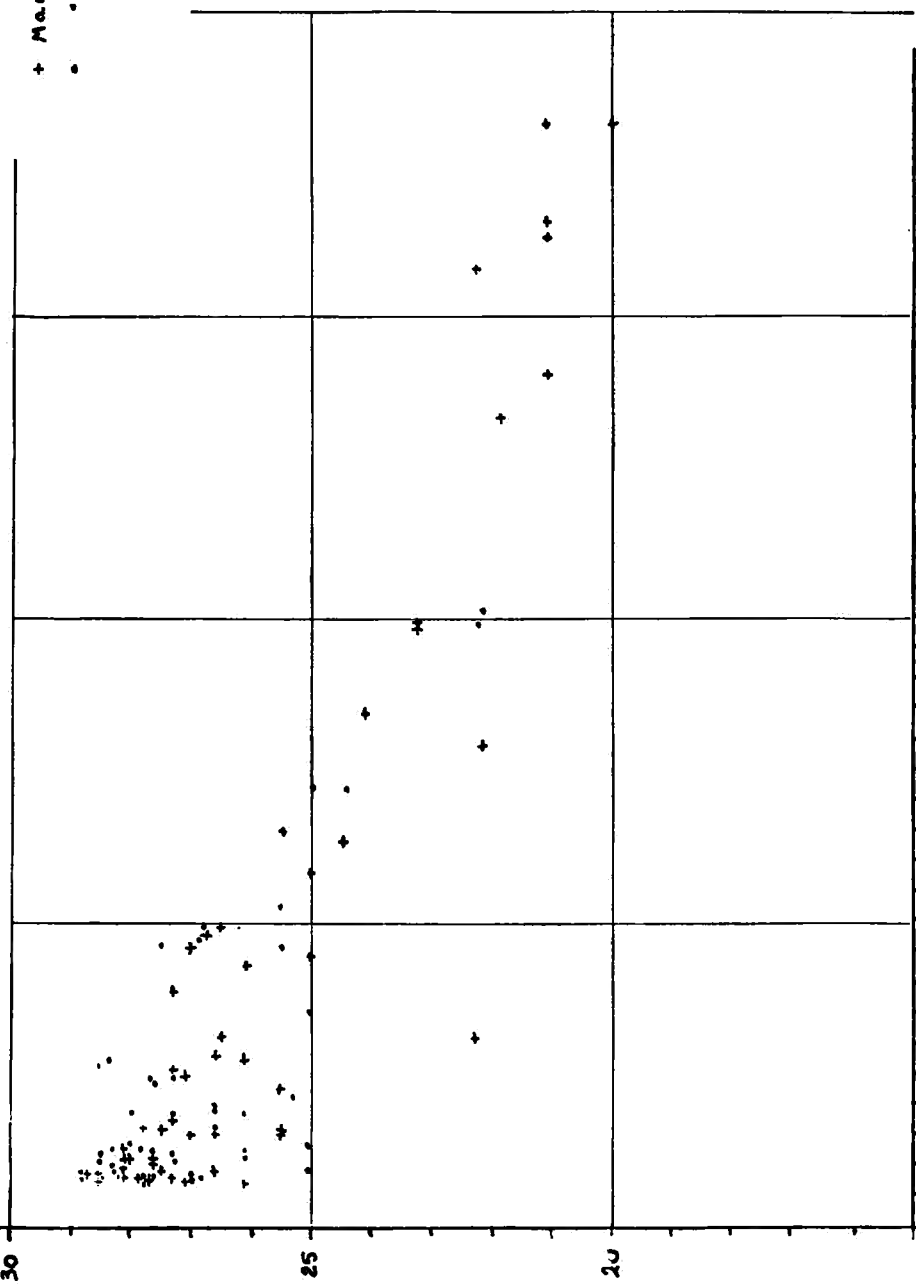


188

T°C.

Decembre 1970

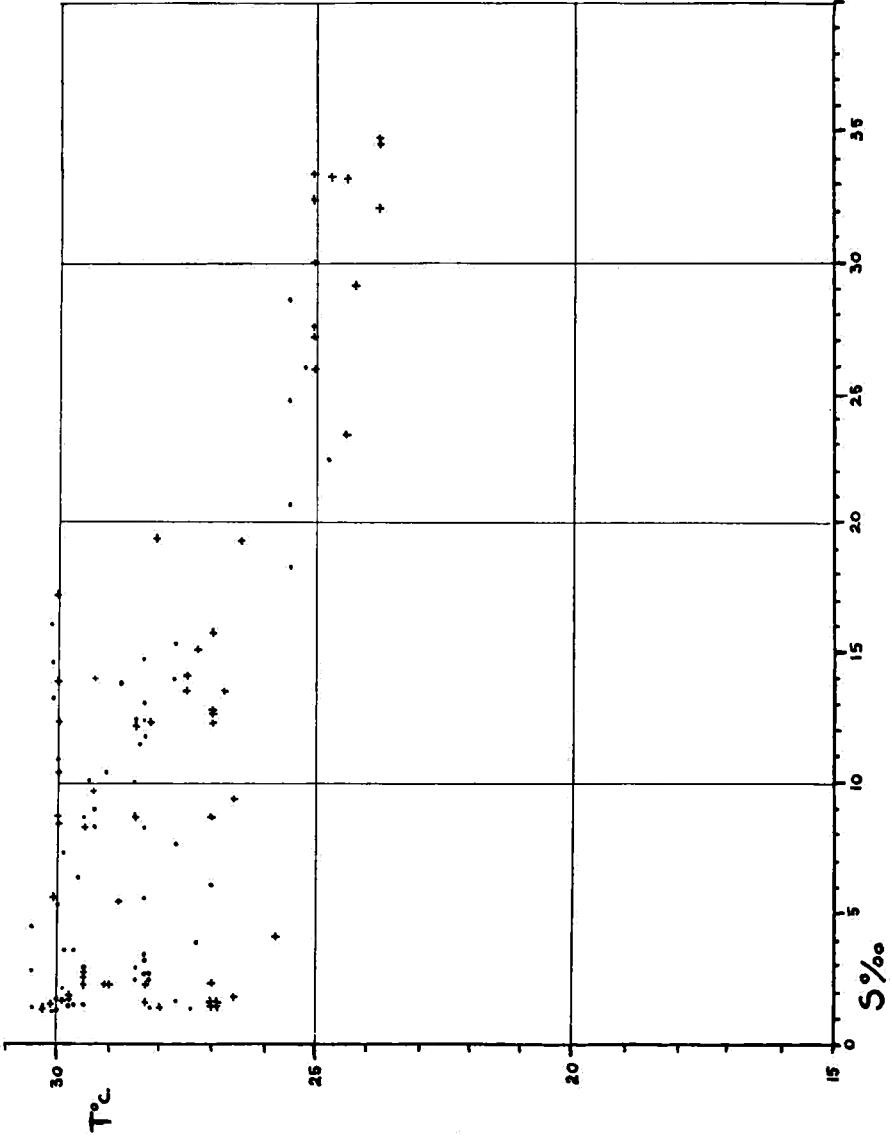
+ Marée haute.
• • basse.



‰

Mars 1971

• Marée basse
+ " haute

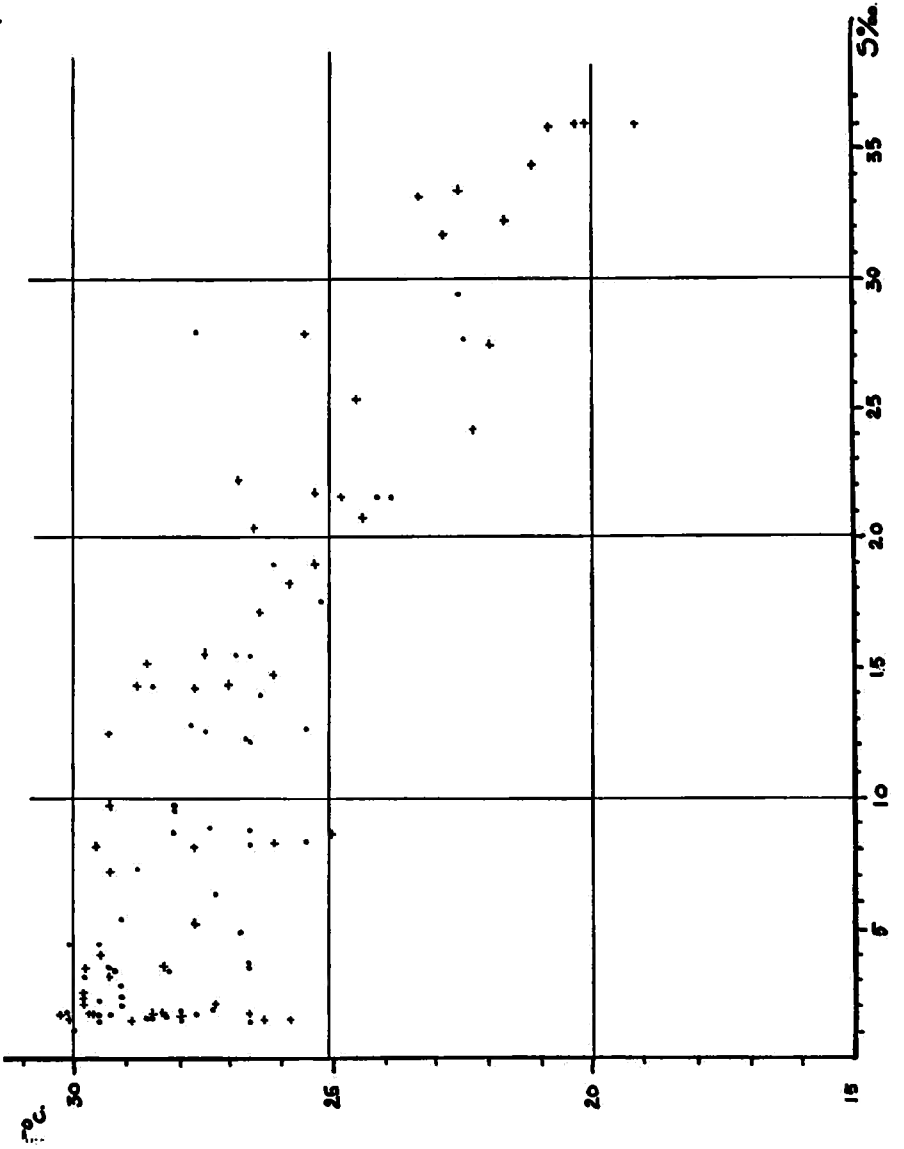


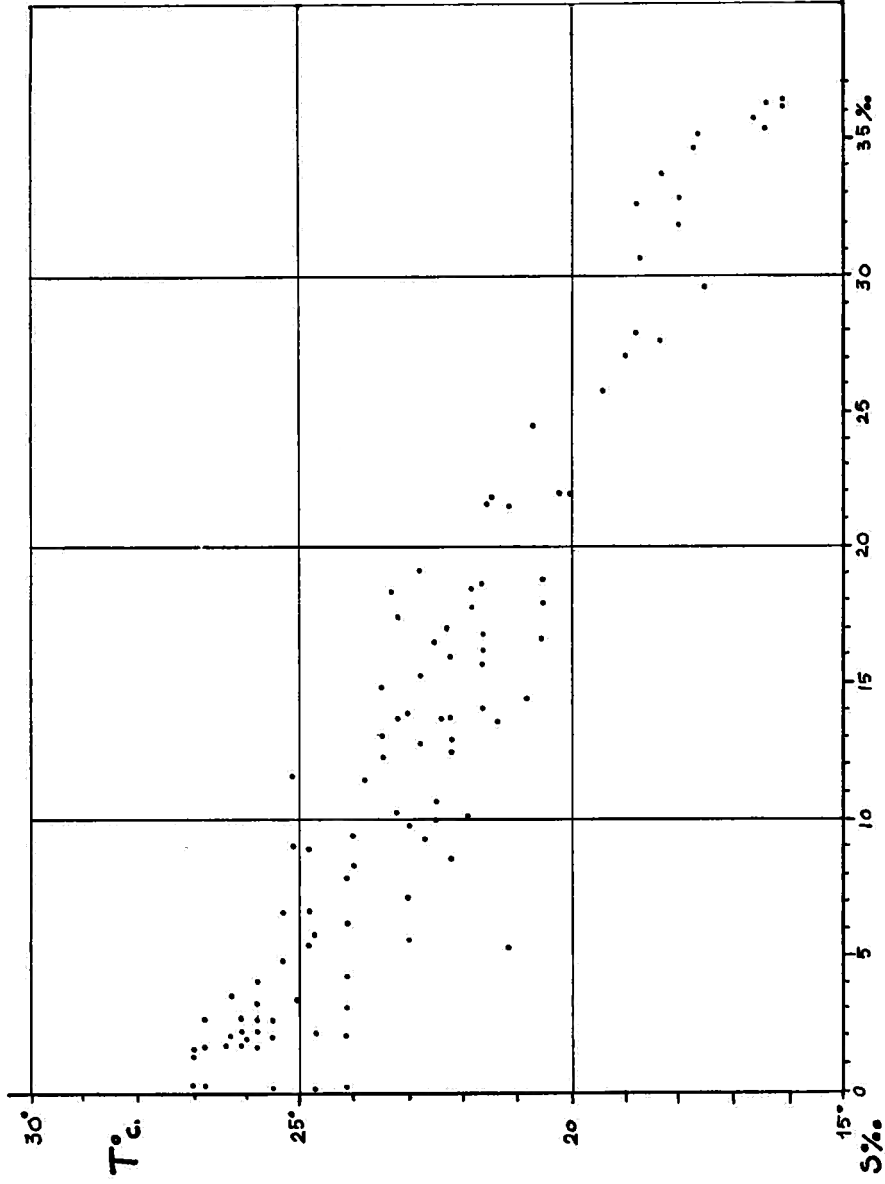
18D

Maï 1971

• M. Basse.
+ M. Haute.

Croisiere N°VI





envahi la zone littorale en surface et en profondeur. C'est la période où les eaux sont les plus chaudes et les moins salées.

Période de mai 1971. La relation devient plus étroite. A salinité égale les températures sont plus échelonnées. Le fleuve est en petite crue et ses eaux se refroidissent. Avec le retrait des eaux guinéennes on se trouve en période de transition entre grandes saisons marines chaudes et froides.

Période de juillet 1971. La relation est la même qu'en août et pour les mêmes causes. On assiste au début d'un nouveau cycle.

La comparaison des diagrammes montre bien le changement de caractère des eaux avec les saisons et l'influence prépondérante des eaux littorales.

VI. LES ÉCHANGES EN PÉRIODE DE MORTES EAUX

L'étude complète du régime des eaux eut dû comporter des observations systématiques en période de mortes eaux, le manque de temps ne nous le permettait pas. On peut présumer qu'en période de mortes eaux les valeurs de température et de salinité se situeront entre les valeurs extrêmes observées à marée haute et basse en période de vives eaux.

Nous avons cependant eu l'occasion de procéder à quelques observations à l'embouchure des deux criques en août 1940, à la fin de la première croisière. L'époque se situait donc en grande saison marine froide et en grande décrue. L'échelle d'étiage indiquait 1,21 m à marée haute et 0,60 m à marée basse, soit une amplitude de 0,60 m. Les observations sont reportées sur le diagramme de la Fig. 19.

Comparé aux observations faites aux mêmes points à la période de vives eaux précédente on constate qu'en effet à marée haute l'ensemble des valeurs est inférieur alors qu'à marée basse il est supérieur.

Une étude plus approfondie serait nécessaire pour tirer des conclusions définitives.

25/VIII/70 ●

Situation à l'entrée des criques

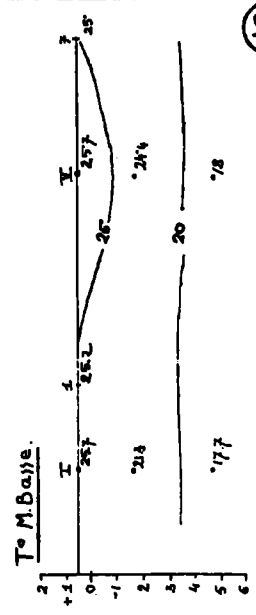
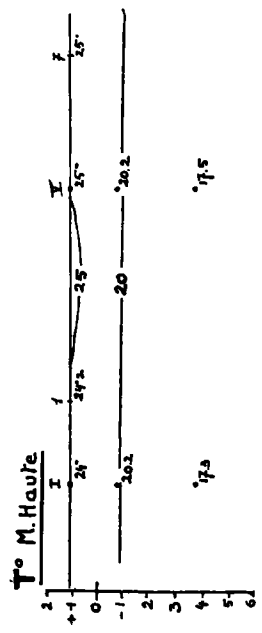
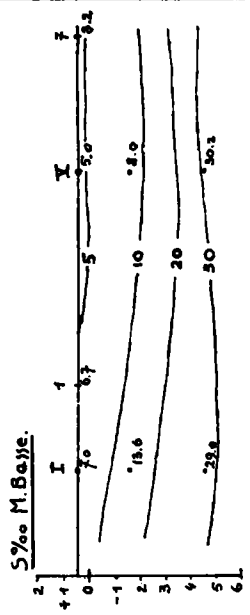
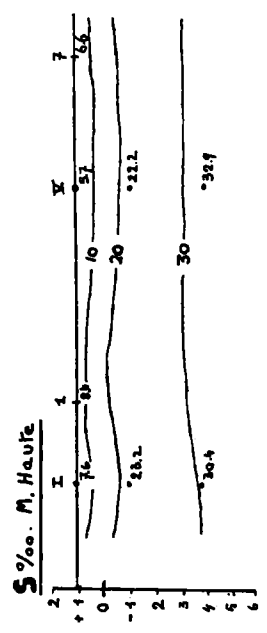
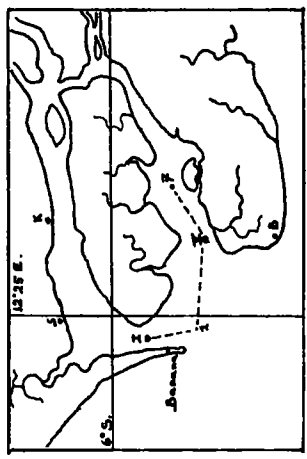


Fig. 19. — Allure de la salinité sur un axe intéressant l'embouchure des criques en période de quadrature au mois d'août 1970.

CHAPITRE V

COURANTS ET NATURE DES FONDS

I. NATURE ET INTENSITÉ DES COURANTS DANS LA MANGROVE

Depuis de nombreuses années, la Régie des Voies Maritimes observe l'intensité des courants dans la crique de Banana. On possède moins de données pour la crique des Pirates et fort peu pour le restant de la mangrove.

Il est assez difficile de faire une synthèse en partant de ces données en raison de la disparité dans les moments d'observation. Ceux-ci se situant inégalement entre marées hautes et basses, vives eaux et mortes eaux, en période de solstice ou d'équinoxe. Il est néanmoins possible de se faire une idée assez exacte de la nature de ces courants. Pour la facilité, les divers secteurs de la mangrove sont examinés séparément.

1) Courant fluvial ou principal

Dans l'estuaire du Zaïre les courants observés les plus forts varient de 6 à 10 km/h selon l'intensité de la crue. Le flot peut réduire cette vitesse jusqu'à 20 %.

L'axe de ce courant maximum serre la rive angolaise. En se rapprochant de la rive zaïroise la vitesse diminue. A 250 m environ de cette rive la vitesse moyenne est d'environ 4 km/h et subit des variations similaires à celles mentionnées plus haut.

Sur la carte de la Fig. 20 ce courant riverain, dénommé ici « courant principal », est représenté par un large trait noir. Il longe en permanence la bordure Sud de la Mangrove. A partir de Bulabemba il traverse en diagonale la baie de Banana, longe le banc Stella et s'étale alors dans le N.O. sur le Mona Mazea Bank.

La bordure Sud du banc Stella, tout comme la bordure de la baie de Banana, est constituée par un talus abrupt qui est en fait

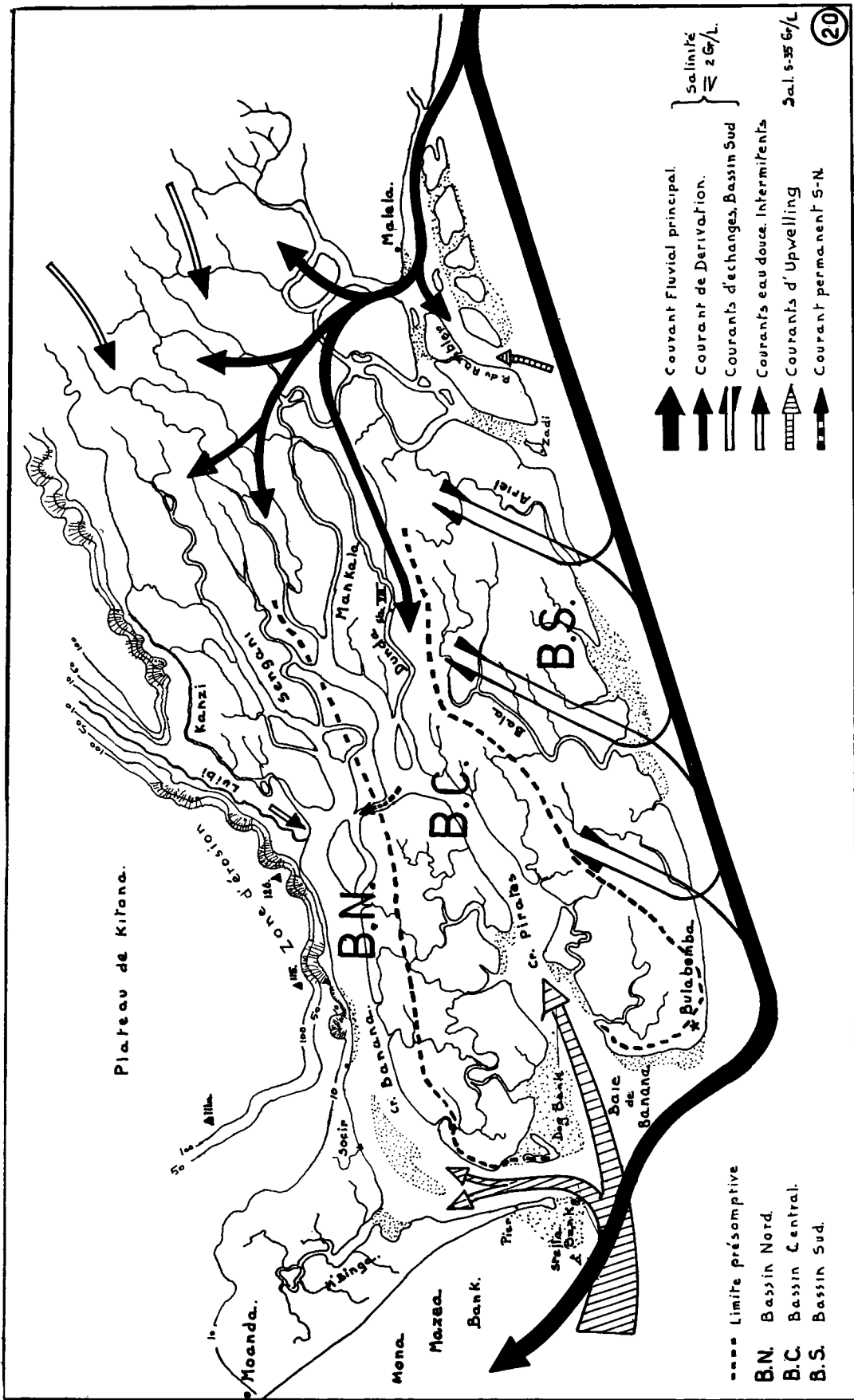


Fig. 20. — Carte schématique des courants intéressant la mangrove.

la bordure du plateau continental (Fig. 23). La bordure du banc Stella est signalée par une palplanche se trouvant à 750 m au sud de la pointe de Banana et une bouée située à environ 3 km à l'Ouest de la palplanche. La bande d'eau qui sépare cette bordure du courant principal, où on observe 4 km/h, à environ 100 m de large. Dans cette bande les courants sont faibles.

Durant le flot et le jusant il y a échanges d'eaux entre celles des criques et celles du courant principal. Nous avons observé, par le simple procédé de laisser dériver la vedette, qu'au moment des étales et au début du flot en mortes eaux il n'y a pratiquement pas de courant dans les eaux situées entre le courant principal et la bordure du banc Stella et de la baie de Banana.

En amont de Malela il existe une dérivation dont le courant permanent peut atteindre 4 km/h. Ce courant s'atténue devant Malela. Au flot ces eaux rencontrent celles venant par le chenal du Rambler. Elles pénètrent ensuite dans la Mangrove. Au jusant les eaux de la dérivation s'écoulent vers le fleuve par la passe du Rambler et la crique adjacente. Dans un sens ou dans l'autre, dans ces deux criques le courant ne dépasse pas 3 km/h.

Tous les courants précités n'intéressent que la couche de surface dont la limite inférieure se situe entre 5 et 10 m de profondeur. Dans les couches sous jacentes nous avons vu ce qui se passe dans la baie de Banana avec le phénomène d'upwelling. Dans l'estuaire, entre Bulabemba et Malela, l'allure des isohalines nous a indiqué qu'il y a renversement de courant avec la marée mais ces courants sont extrêmement faibles.

2) Courants dans le bassin Sud

Nous n'avons pas exploré l'intérieur de ce bassin. A l'embouchure des petites criques qui le desservent nous n'avons jamais observé de forts courants tant au flot qu'au jusant. Nous savons que la marée y est plutôt statique et que ce n'est qu'à partir d'un certain niveau que les eaux superficielles et peu salées du fleuve peuvent pénétrer dans ce bassin.

3) Courants dans le bassin central

Les eaux douces, venant de la dérivation, pénètrent profondément dans ce bassin par la crique de Dunda. Jusqu'à la station

VIII les eaux sont pratiquement douces toute l'année sauf en juillet et en août où on observe une salinité de quelques grammes au litre. Les courants dans cette crique sont faibles dans les deux sens. L'observation du déplacement des paquets d'herbes flottantes décèle un parcours d'environ 6 km vers l'aval au jusant et 3 km vers l'amont au flot en période de vives eaux. En mortes eaux le courant est très faible vers l'aval et nul vers l'amont.

Dans la partie centrale du bassin les courants sont encore faibles. A défaut de mesures précises le déplacement des isohalines fournissent une indication. Les vitesses n'excèdent pas 3 km/h au jusant. Ce n'est qu'en se rapprochant de l'embouchure que les courants se manifestent d'une façon plus sensible. A l'entrée de la crique des Pirates on a enregistré des vitesses un peu supérieures à 4 km/h au jusant et en vives eaux; mais au flot et en mortes eaux, du moins pendant les premières heures, le courant est presque nul.

4) Courants dans le bassin Nord

C'est dans ce bassin qu'on observe les courants les plus forts de toute la mangrove. Dans sa partie Est, desservie par des criques secondaires plus ou moins parallèles, le courant atteint au jusant de vives eaux des vitesses de 3 km/h, courant qui augmente en arrivant dans la crique de Banana où il peut atteindre 4 km/h. La vitesse diminue à hauteur du pier Sozir où le lit s'élargit et se divise en deux bras. Plus en aval, avec la réunion des deux bras, le courant de jusant atteint son intensité maximum en serrant la rive droite, devant le pier maritime.

En décembre 1953 et avril 1954 des observations systématiques furent effectuées sur un profil en travers à hauteur du pier maritime. Vu l'importance de ces données nous les reproduisons ci-après. A noter qu'elles correspondent à une période de vives eaux moyennes, car, en 1929, la Mission SYNEBAregistra dans l'axe et en surface une vitesse maxima de 1,65 m/s au jusant et 0,65 m/s au flot.

Le débit a été estimé, en période des vives eaux à 1.576 m³/s à mi-flot et à 2.521 m³/s au jusant. Pour arriver à avoir au jusant un débit qui s'approche presque du double de celui du flot, il faut conclure que, pendant la durée du flot, il y a eu une

JUSANT			
Profondeur	Rive gauche	Dans l'axe	Rive droite
Surface	1,00 m/s	1,01 m/s	1,25 m/s
2/10	0,80	0,90	1,15
2/10	0,70	0,80	0,95
5/10	0,30	0,30	0,60
FLOT			
Surface	0,35	0,50	0,60
5/10	0,35	0,40	0,50
8/10	0,30	0,40	0,40
8/10	0,25	0,30	0,30

accumulation importante d'eaux provenant du fleuve dans la mangrove.

II. NATURE DES FONDS ET LEUR RÉPARTITION

En vue d'avoir une première idée de la nature des dépôts et leur répartition, une série de sondages a été pratiquée sur des profils en travers intéressant principalement les criques de Banana et des Pirates.

75 sondages ont été effectués. Les points de prélèvement des échantillons sont reportés sur la carte de la Fig. 22.

Les échantillons, de 150 à 200 grammes, ont été prélevés au moyen d'un cône en tôle d. fer de 25 cm de long avec un diamètre d'ouverture de 14 cm. Cet appareil, précédé d'un bout de chaîne lourde de 75 cm s'est révélé beaucoup plus efficace et plus rapide que le système de cuillères à ressort type « snapper ».

Nous ne pouvions songer à une analyse complète de tous les échantillons. Nous avons adopté une méthode de classification plus ou moins empirique mais qui, dans le cas présent, laissait peu de marge d'erreur.

Treize échantillons ont été sélectionnés dont nous avons fait faire l'analyse granulométrique, ce qui permettait déjà un premier classement en 6 types identifiables à vue. Il a été tenu compte de deux autres critères: la couleur et la friabilité sous la

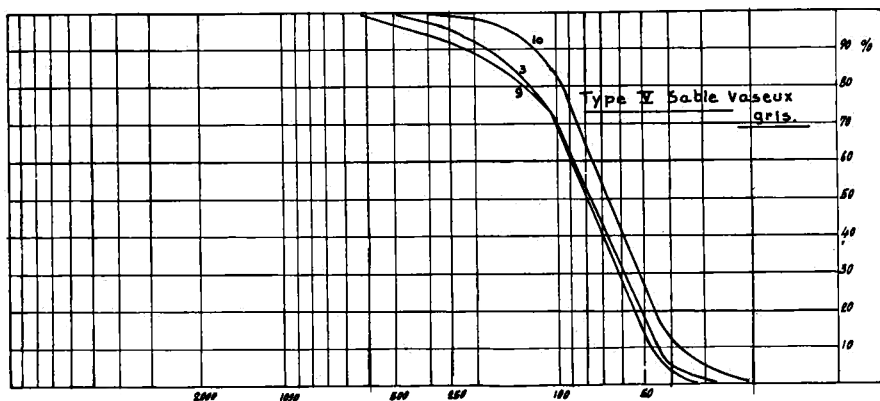
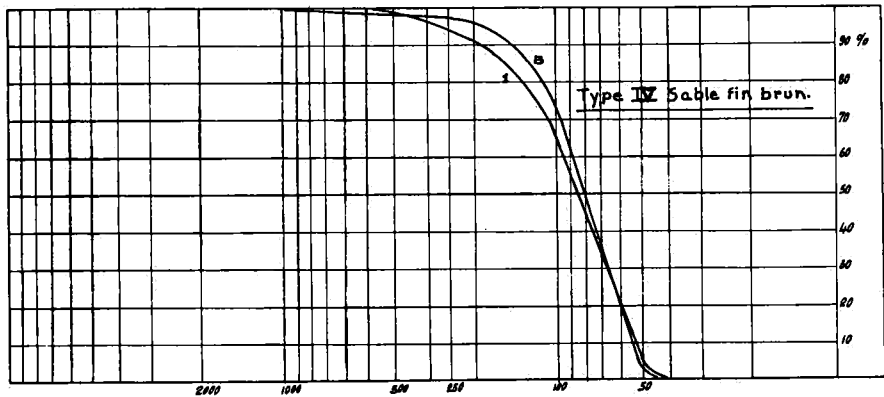
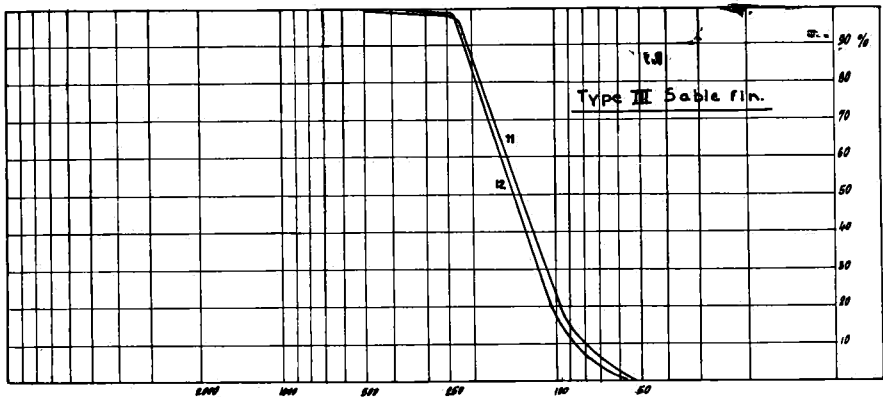
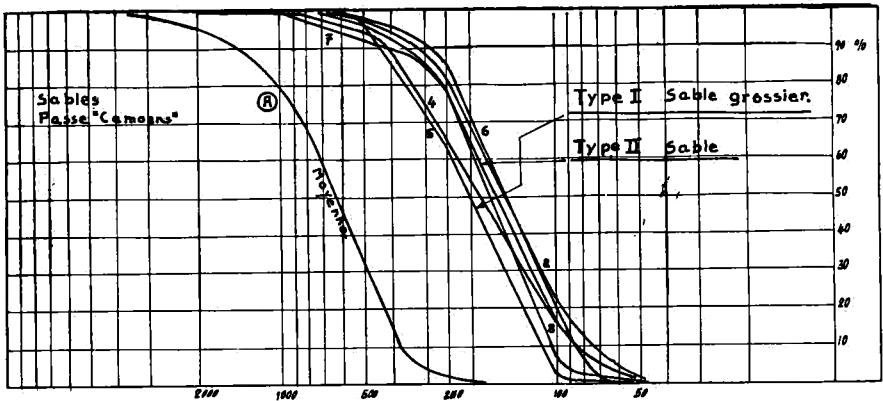


Fig. 21. — Répartition granulométrique des types principaux de dépôts dans les criques principales.

pression des doigts de l'échantillon séché à l'air. Le classement des autres échantillons par comparaison a pu se faire sans éprouver de grandes difficultés.

La fig. 21 donne les courbes granulométriques des échantillons types. A titre de comparaison nous avons ajouté la courbe moyenne d'échantillons de fonds prélevés par le laboratoire de Recherches Hydrauliques de Borgerhout dans la passe de Camoens située à 35 km en amont de Bulabemba. (fig. 21 - A)

Il est assez normal que dans toute la partie estuarine du fleuve les sables soient plus fins en raison du classement résultant de la distance parcourue. Mais il y a lieu de constater que la majorité des échantillons sont de nature sableuse.

On trouvera dans le tableau ci-joint les critères de la classification adoptée.

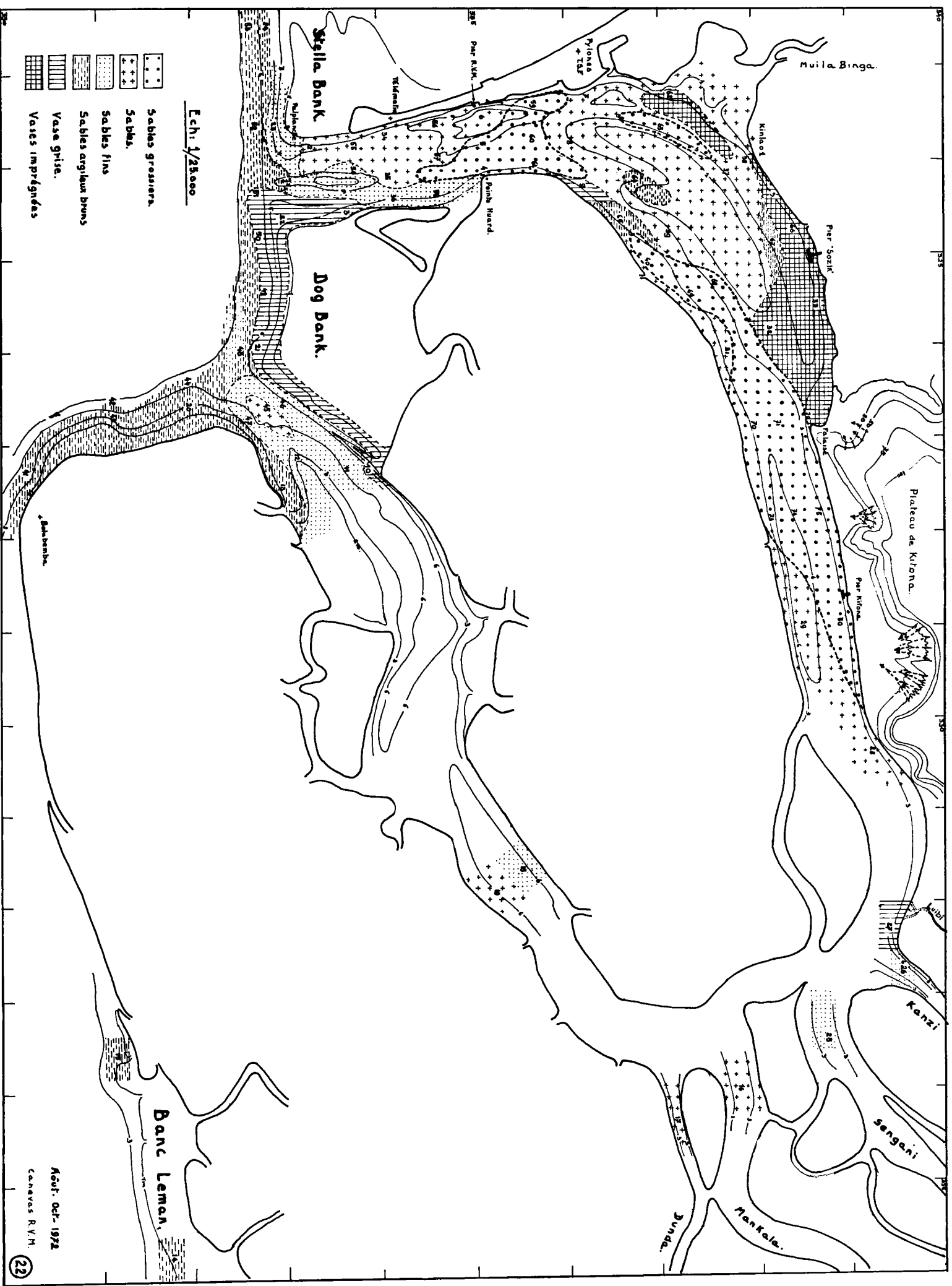
Lors des prélèvements nous avons souvent trouvé des fragments amorphes d'argile grise compacte dont la taille allait de celle d'un pois jusqu'à des fragments de 10 cm de long. Ces éléments nous paraissent avoir été arrachés aux talus des rives de certaines îles; talus constitués d'argile grise fissurée. Nous les avons considérés comme accidentels et nous les avons éliminés avant l'analyse granulométrique. Une analyse comparative de ces fragments avec des échantillons de talus reste à faire.

A l'examen au microscope nous n'avons pas constaté de différences marquées dans la forme des grains. La majorité est constituée de fragments de quartz transparents ou hyalins à angles émoussés et le plus souvent teintés de brun. On en trouve moins souvent sous forme d'éclats.

Il existe en faible quantité d'autres éléments minéraux opaques et des pellicules de mica. Tous les échantillons contiennent des débris organiques d'origine végétale ou animale. L'étude approfondie de tous ces éléments sortait du cadre de notre programme.

Par sables imprégnés nous entendons des dépôts dont il est difficile de préciser la nature du fait que leurs éléments sont noyés dans une substance noire et visqueuse. Le voisinage immédiat de la raffinerie de pétrole ne laisse guère de doute sur son origine.

En se basant sur la classification précédente nous avons établi une carte provisoire des fonds des deux criques principales avec la réserve qu'elle n'a de valeur que pour l'époque où les



Nov. Oct. 1972
 CANEVAS R.V.M.

prélèvements ont eu lieu; c'est-à-dire de août à octobre 1972. Comme nous le verrons plus loin, la morphologie des fonds varie dans le temps ce qui entraîne nécessairement des modifications dans l'allure des dépôts. Néanmoins cette carte provisoire fournit des renseignements non négligeables. (Fig. 22).

1) En bordure du fleuve en amont et à hauteur du banc Leman on trouve des sables fins limoneux. On les retrouve pratiquement en bande continue le long de la rive de la baie de Banana, c'est-à-dire le long de la rive Ouest de l'île de Bulabemba et au Sud du Dog bank et du Banc Stella, entre 5 et 10 m de profondeur. Ailleurs nous n'avons trouvé que 3 petites plages dans la crique de Banana (Fig. 22 - N^{os} 64-65-67)

La continuité de ce genre de dépôt laisse présumer qu'il s'agit d'un dépôt fluvial normal le long d'une rive.

On notera que ce genre de dépôt pénètre assez loin sur la rive gauche dans la crique des Pirates.

2) Les sables argileux gris forment également une bande en bordure du Dog Bank mais à des profondeurs plus faibles que les sables limoneux. Nous n'avons trouvé que deux autres petites plages à la Pointe Huard et à l'embouchure de la Luibi (N^{os} 9-27).

3) Les sables imprégnés se situent à la rive droite à hauteur du Pier Sozir sur une aire assez étendue dont l'extension est plus prononcée vers l'amont ce qui laisse supposer que c'est durant le flot que la pollution est la plus active.

4) Partout ailleurs on trouve des plages de sables grossiers, moyens et fins. L'attention est attirée sur les plages de sable grossier que nous n'avons trouvé que dans la crique de Banana. Les sondages effectués à l'embouchure des criques secondaires n'en ont pas décelé. Il y a donc une présomption que ces dépôts ont une autre origine que celle du fleuve.

La rive droite de la crique, en amont du Pier Sozir est bordée par le talus assez abrupt du plateau de Kitona. La face du talus présente de profonds ravinements en forme de cirques dont certains sont récents. Il est certain qu'avec le temps et par fortes pluies une partie des matériaux sont entraînés vers la crique. Une analyse comparative entre les dépôts et les matériaux du talus, ainsi que l'étude du ruissellement sur le glacis à son pied sera nécessaire pour confirmer l'origine de ces dépôts.

Il est intéressant de comparer l'allure des dépôts dans les deux criques. On a déjà constaté que, dans certains estuaires, le courant de flot a tendance à progresser sur les bords en y déposant des matériaux fins, alors qu'au jusant, à partir d'un certain moment de la baisse des eaux le courant tend à se rapprocher d'un courant du type fluvial et dépose des éléments plus grossiers dans l'axe.

Rappelons que la température et la salinité peuvent accélérer la formation d'éléments colloïdaux. Lorsque la concentration en NaCl devient supérieure à 10 ‰ la floculation a lieu suivie de précipitation sauf si la force tractive du courant ne s'y oppose.

L'allure des dépôts dans la crique des Pirates paraît répondre à ces deux données car elle reçoit l'impact direct de la marée où dominant des eaux très salées. La partie aval de la crique de Banana ne présente pas la même allure. Il faut l'attribuer à un impact moins direct de la marée et le caractère torrentiel du courant au jusant.

CHAPITRE VI

STABILITE DES FORMES ET DES FONDS

I. EVOLUTION DU RÉSEAU DES CRIQUES

La comparaison des levés aériens récents avec les cartes anciennes nous renseignent dans une certaine mesure sur l'évolution du réseau hydrographique de la mangrove.

La carte la plus ancienne, offrant des garanties de précision, fut dressée par l'Amirauté Britannique en 1877. Elle est incomplète et ne porte que sur les grands chenaux. Il n'y a pas de différences notables en ce qui concerne les criques de Banana et des Pirates. Les criques secondaires Kanzi, Sengani et Mankala y figurent mais déformées. Il est remarquable que le tracé du passage navigable entre Malela et la crique des Pirates par la Donda correspond exactement aux levés actuels.

En 1929, la Sabena effectua un levé aérien partiel. Un levé terrestre portant sur les chenaux principaux et leur profondeur fut exécuté en 1948. L'étude comparative de tous ces documents mène à la conclusion que le réseau hydrographique de la mangrove n'a guère été modifié depuis un siècle. Les photographies révèlent des vestiges de petits canaux mais la différence essentielle porte sur la largeur des chenaux, les rives subissant des modifications continuelles.

Le long de certaines îles, et sur des centaines de mètres, la rive présente un talus vertical manifestement dû à une érosion en cours (Phot. 7). Cette érosion ne paraît pas mordre profondément vers l'intérieur des îles. Des dépôts vont se former en bordure et leur nature permettra la colonisation par des *Rhizophora*.

Si partout on trouve des cas isolés de mangliers morts, le déclin peut parfois affecter la rive sur de grandes distances. Tel est actuellement le cas dans la passe du Rambler (Phot. 6), une fois les racines pourries, la rive se trouvera exposée à l'érosion et le cycle recommence.

La profondeur des criques ne semble pas varier ni les longues fosses se colmater. Cependant le débit solide doit avoir une certaine importance révélée par la turbidité des eaux et les dépôts sur les rives. Les dépôts qui pourraient se former au moment des étales semblent être balayés au jusant réalisant ainsi une situation d'équilibre.

Les fosses allongées peuvent avoir été le résultat d'un surcreusement dû à un courant assez fort. Il nous paraît cependant plus probable que ce sont des vestiges d'un réseau hydrographique fossile partiellement colmaté.

II. SÉDIMENTATION MARINE

Dans les estuaires les dépôts peuvent avoir des origines différentes soit qu'ils soient d'origine fluviale soit amenés par la mer.

Par sédiments marins nous entendons ici des éléments plus ou moins remaniés provenant d'une plate-forme continentale ou zone néritique et que des courants côtiers ou de marée refoulent dans un estuaire.

Il est fort peu probable que des sédiments de cette nature puissent se rencontrer dans l'embouchure des deux criques principales en raison de la morphologie du site et des courants qui s'y manifestent.

Le bloc diagramme de la fig. 23 met en relief la proximité du talus du canyon devant ces embouchures, ne laissant qu'une bande assez étroite entre la rive et la rupture de pente, il n'y a donc pas de zone pré littorale. Ensuite toute matière en suspension qui proviendrait du littoral angolais est emportée par le courant du fleuve.

Une grande partie des eaux qui pénètrent au flot dans les criques viennent de couches profondes. Lors de l'étude du régime des eaux dans l'estuaire, à partir de 6 m de profondeur et parfois moins, les échantillons d'eau prélevés étaient toujours limpides.

Nous avons déjà mentionné le dépôt de sables limoneux le long de la rive du Stella Bank et provenant du courant principal. Au flot une partie de ces dépôts peut être remise en suspen-

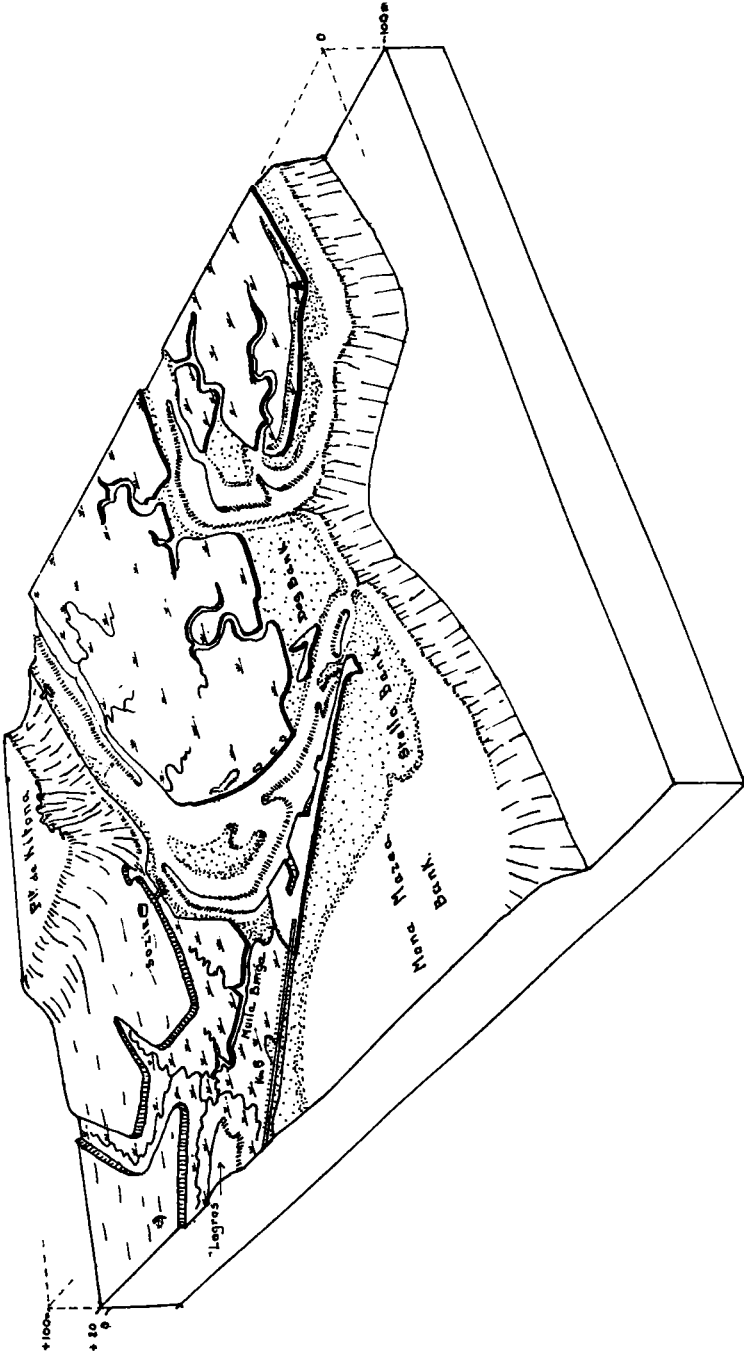


Fig. 23. — Bloc diagramme de la région de Banana.

sion et refoulée dans la crique de Banana. Ils ne peuvent être considérés comme sédiments marins.

Le Dog Bank présente en bordure des sables argileux gris dont l'aspect ressemble à celui d'une vase marine. Il est plus que probable qu'ils proviennent de la désagrégation de la couverture d'argile grise des îles de la mangrove.

III. LES FONDS DE LA CRIQUE DE BANANA

La Crique de Banana a fait l'objet de levés détaillés depuis de longues années. La comparaison des levés successifs ne révèle pas au premier abord de grandes différences. Il en existe cependant à des endroits déterminés qui prennent une importance lorsqu'il s'agira d'évaluer des travaux de dragage.

A titre d'exemple nous avons choisi les levés successifs de septembre 1967 et janvier 1970. On trouvera à la fig. 24 le levé de 1967 qu'on comparera avec celui de 1970 reproduit à la fig. 4.

L'allure des isobathes accuse un relèvement des fonds en 1970. Les profils en travers de la fig. 25 soulignent la différence dont la moyenne est voisine du mètre.

Les modifications importantes se situent:

- a) à l'entrée de la crique où les deux flèches sont plus resserrées et le seuil central plus élevé de 1 m (Profil A).
- b) à hauteur de l'île des Pêcheurs, le bourrelet en forme de langue accuse une différence de 1 m (Profil C).
- c) Les fosses profondes se colmatent partiellement (Profils B et D).
- d) Le grand banc allongé situé dans la courbe (Profil E) est surélevé principalement du côté de la rive gauche.

Les deux levés ayant été effectués par le même personnel avec le même matériel, une possibilité d'erreur de levé peut être éliminée. Il n'y eut pas dans l'intervalle des périodes de pluies exceptionnelles pouvant motiver un apport supplémentaire de matériaux provenant de la désagrégation de la falaise de Kitona.

Partant de la forte présomption que la majorité des dépôts proviennent de la dérivation de Malela et que les eaux sont plus chargées en période de crue nous avons recherché s'il existait

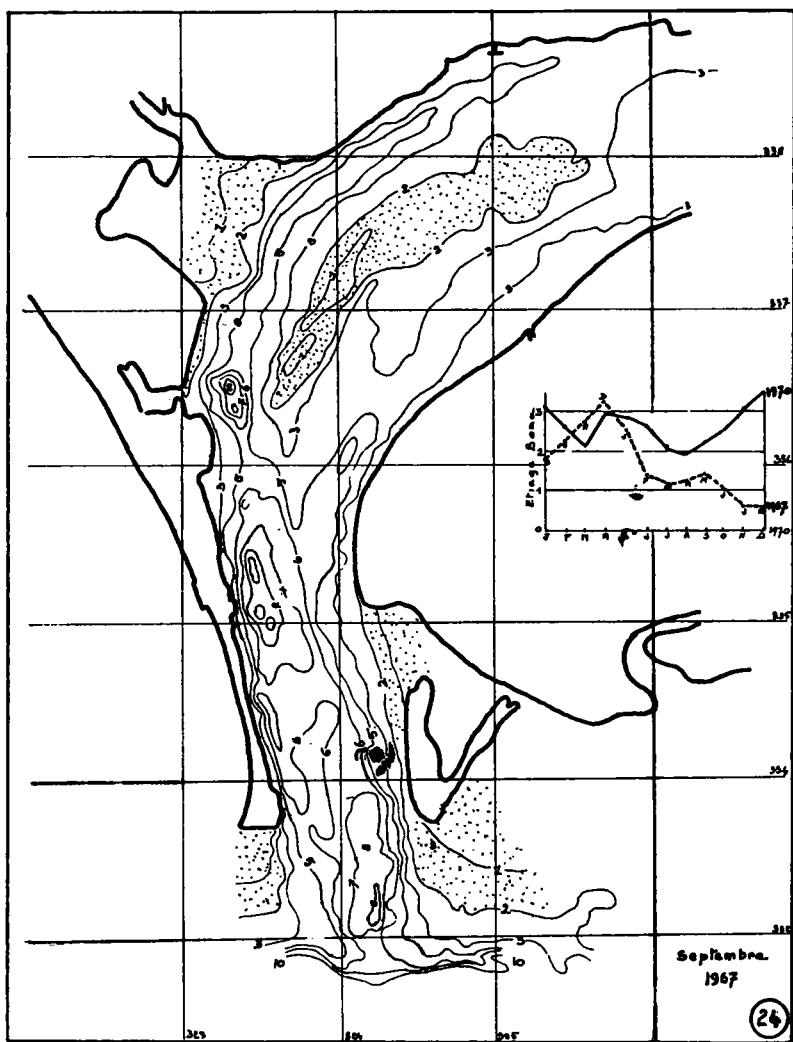


Fig. 24. — Levé bathymétrique de la crique de Banana en 1967. A comparer avec le levé de 1970 de la fig. 4. Diagramme de la variation d'étiage à Boma durant les 12 mois précédant les levés de 1967 et 1970.

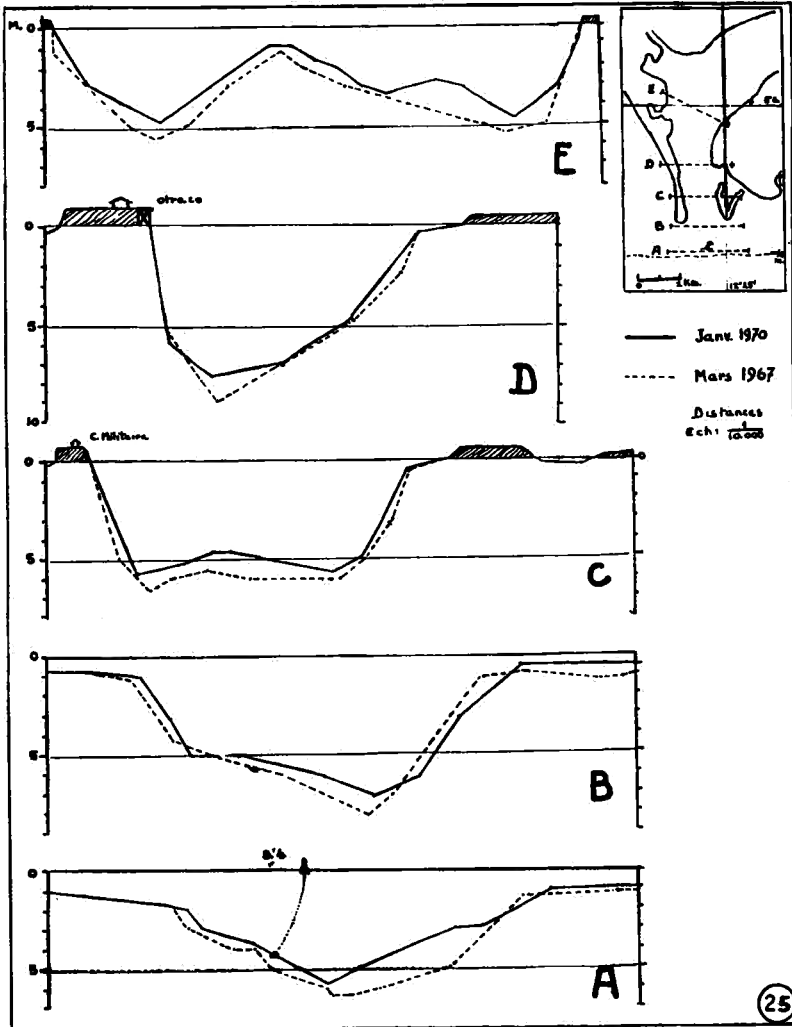


Fig. 25. — Profils en travers de la crique de Banana montrant le relèvement des fonds entre 1967 et 1970.

une relation entre la variation des dépôts dans la crique et le débit général du fleuve.

Malheureusement les levés n'ont pas été effectués à des périodes fixes ce qui rend les comparaisons difficiles. Nous nous sommes bornés à comparer la hauteur d'étiage moyenne mensuelle, à Boma, au cours des 12 mois précédant chaque levé.

Le petit diagramme de la Fig. 24 montre que le débit précédant le levé de 1970 fut bien supérieur à celui précédant le levé de 1967. En 1973 un levé partiel de la crique dénote un abaissement général des fonds par rapport à 1970 et le débit du fleuve fut également inférieur en 1972.

Il y a donc une forte présomption de relation mais il reste à déterminer si le relèvement du fond est progressif et s'étend sur une ou plusieurs années ou s'il se produit, avec intensité variable, après chaque grande crue.

Les deux flèches barrant l'entrée doivent jouer un rôle dans la régulation du courant qui entre ou sort de la crique. Ces flèches ne peuvent résulter que de courants extérieurs. Il est probable que la flèche de la rive gauche est nourrie par des matériaux provenant soit directement par les matières en suspension du courant principal soit par celles provenant au jusant du Dog Bank ou de la crique des Pirates. La flèche de la rive droite est formée d'éléments provenant du Banc Stella durant le flot.

A un rétrécissement temporaire du goulot doit correspondre un freinage du courant qui favorisera temporairement un dépôt plus abondant dans la crique. Il s'établira une situation d'équilibre naturel dont la résultante sera, après un certain temps, une élévation ou un abaissement des fonds en fonction de l'importance du débit solide.

L'expérience enseigne que lors de travaux portuaires visant à approfondir un chenal où règne cette sorte d'équilibre naturel, il faut s'attendre à un envasement rapide tendant à rétablir la situation primitive. (A. GUILCHER)

Il est erroné de conclure, comme on l'a fait, que, parce qu'une petite souille d'essai creusée en 1955 ne se colmate que lentement, les quantités transportées par charriage sont peu importantes. Le jusant balaye les fosses comme le restant du lit et ce n'est pas une petite fosse qui changera le régime d'équilibre existant.

IV. LES FONDS DE LA CRIQUE DES PIRATES

En raison de son intérêt économique moindre cette crique a fait l'objet de levés bathymétriques plus espacés. On note cependant des variations de profondeurs d'un levé à l'autre de moindre importance que dans la crique de Banana.

En comparant le levé d'avril 1958 à celui de mars 1966 on note un léger abaissement général des fonds en 1966, la plus grande différence ne dépassant guère 0,50 m. Les modifications affectent la pointe de sable séparant les deux bras à l'entrée, la largeur du chenal profond et le seuil à son extrémité amont.

S'il y a un certain rétrécissement à l'entrée il n'y a pas de seuil ni de flèches marquées, ce qui s'explique par l'absence de courants transversaux devant cette entrée comme c'est le cas devant la crique de Banana. Le chenal est plus profond et c'est son axe qu'emprunte directement le courant de flot et de jusant.

La situation est donc ici beaucoup plus simple et les fonds plus stables que dans la crique de Banana.

V. LA PRESQU'ÎLE DE BANANA

La presqu'île de Banana se présente à première vue comme une flèche prolongeant vers le Sud le cordon littoral. Elle se prolonge sous l'eau jusqu'au talus du canyon. L'extrémité s'élargit vers l'Ouest principalement sous l'eau où elle forme le banc Stella. Un courant de surface tourbillonnaire faible contribue au maintien et à l'engraissement de ce banc.

La formation d'une longue flèche implique la présence de 2 courants convergents et se prolonge dans le sens de ces courants. La présence du Banc Stella et le fait que la plupart du temps, le courant côtier, la houle et le vent agissent en sens contraire du jusant les conditions fondamentales ne sont pas réalisées. La pointe doit avoir une origine plus ancienne que le banc Stella.

Nous avons réuni sur la carte de la Fig. 26 les traits essentiels de la morphologie actuelle de la zone littorale. Ils sont extraits des photographies aériennes et des cartes marines. Ces éléments fournissent des indications sur l'évolution de la zone côtière dans le passé. Nous en avons tiré des conclusions qui sont à prendre

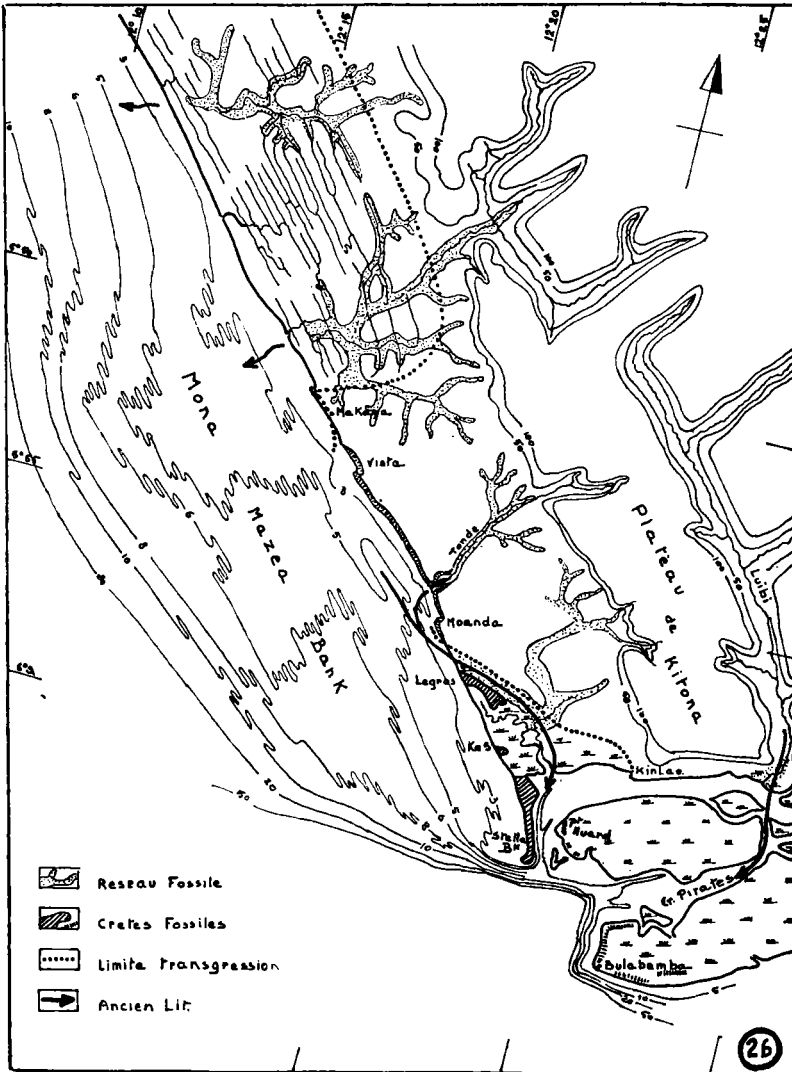


Fig. 26. — Carte hypsométrique de la région côtière actuelle. Y figure la limite de la dernière transgression marine et le réseau hydrographique fossile.

sous réserves en attendant que des sondages systématiques et une étude paléontologique viennent les confirmer ou les infirmer.

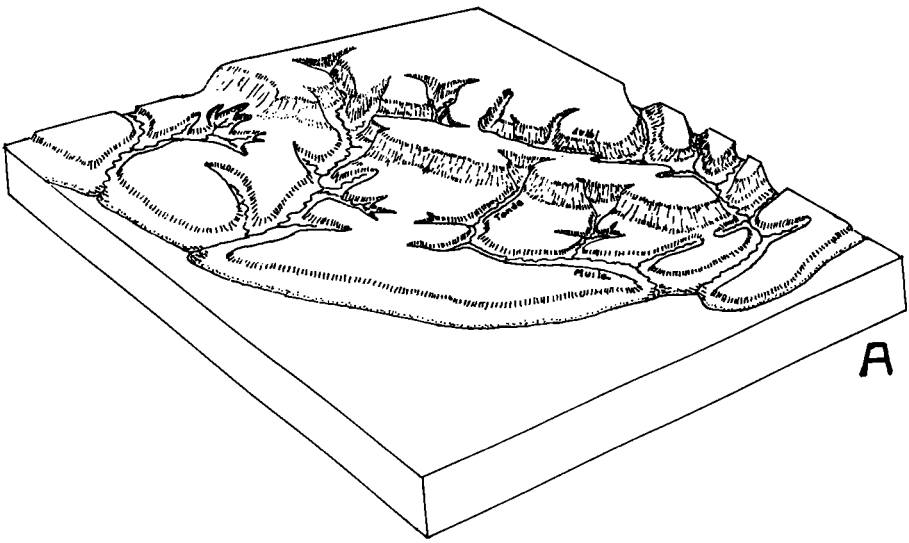
La Zone pré littorale actuelle est constituée par le plateau du Mona Mazea Bank dont la surface ridée se relève vers l'Est. Ce plateau émerge au Nord de Makaya où il forme une plaine basse ridée, les rides étant d'anciennes crêtes pré littorales. A la limite Est de cette plaine on trouve des vestiges de petites falaises. Leur alignement constitue indubitablement la limite de la dernière transgression marine. Cette limite se situe à une altitude entre 5 et 10 m.

Au Sud de la falaise de Moanda, entre cette localité et la falaise de Kinlao nous retrouvons, à la même altitude, le pied d'anciennes petites falaises. Ce qui nous donne le tracé de la côte à cette époque. Mais des îlots ou crêtes de terre ferme ont dû échapper à l'abrasion notamment: le lieu dit « Le Gros », le village du km 5, la pointe de Banana et les crêtes sableuses qui bordent la pointe Huard et l'île de Bulabemba.

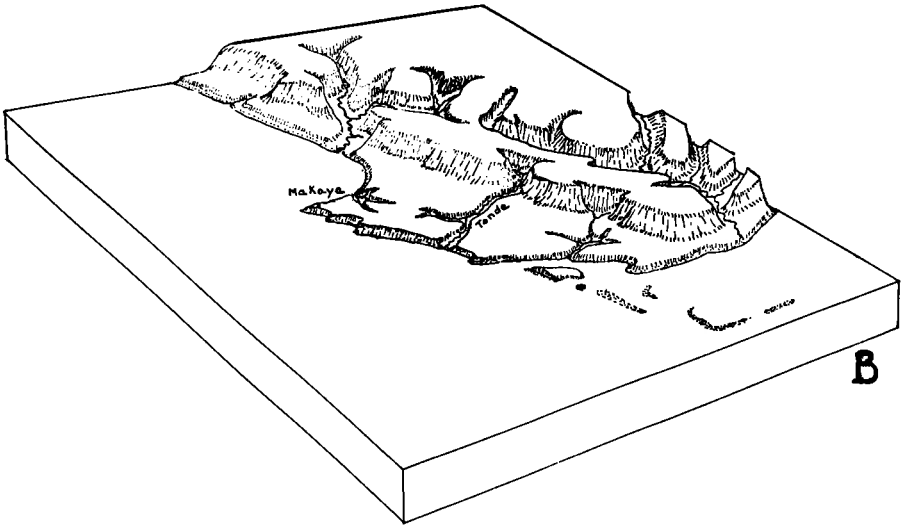
Dans la plaine basse, au Nord de Makaya, les sillons qui séparent les longues crêtes basses forment le réseau hydrographique actuel du type parallèle. Ce réseau se superpose à un réseau fossile, dont il subsiste de larges bras colmatés. Ce réseau est le prolongement du réseau qui découpe profondément l'actuel plateau de Kitona. Il faut en conclure qu'avant cette transgression marine le plateau de Moanda devait s'étendre beaucoup plus vers l'Ouest et probablement jusqu'à la limite du talus continental. Ce plateau devait également s'étendre vers le Sud et couvrir la zone de la mangrove. Il n'est pas illogique de considérer qu'à la suite de l'érosion de ce plateau la rivière Luibi avait son exutoire dans la crique des Pirates et la Muila Binga, dont la Tonde était un affluent, dans celle de Banana. Ce qui expliquerait la profondeur des fosses allongées de ces criques.

Le bloc diagramme de la Fig. 27-A donne une idée de la configuration de la côte avant la transgression.

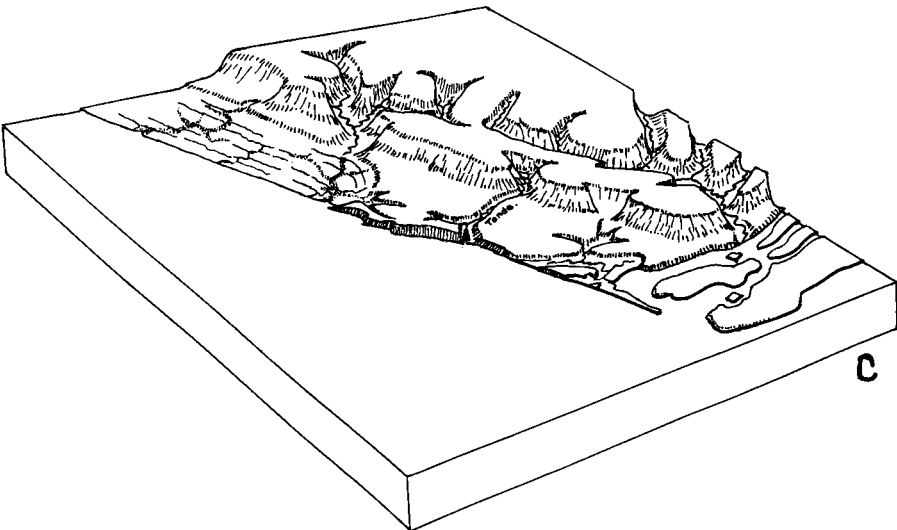
Le bloc diagramme 27-B donne la configuration de la côte à la fin de la transgression. On y notera le creusement d'une baie à Makaya, la capture de la Tonde et l'arasement de la zone Sud. Il ne subsiste que les îlots ou crêtes qui forment une lagune, condition essentielle pour la formation d'une vasière du type de la mangrove qui ne peut se former qu'à l'abri de la houle. Si les



A



B



C

Fig. 27. — Blocs diagrammes de la région littorale au cours de son évolution.

anciens lits de la Luibi et de la Muila Binga ne se sont pas colmatés dans leur partie aval il est à présumer qu'au jusant la lagune se vidait par ces exutoires.

Le bloc diagramme de la Fig. 27-C donne la configuration actuelle résultant de la régression marine (ou d'une surrection). La plaine basse au Nord de Makaya émerge avec ses crêtes pré littorales et son réseau fossile. Au Sud les fonds de la lagune émergent à ras au niveau moyen actuel de l'océan et portent encore les vestiges des crêtes qui ont permis sa formation ainsi qu'un réseau anastomosé propre à ce genre de formation et qui recouvre également un réseau fossile.

Reste l'hypothèse de la présence d'un affaissement au pied de la falaise de Kitona pour autant qu'il soit confirmé. Il n'aura pu affecter que la partie Nord de la mangrove en la déprimant. Condition favorable à la formation de la lagune et comme déjà signalé au chapitre I, la cause lointaine du régime particulier des eaux du Bassin Nord.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Archives*

Archives de la Régie des Voies Maritimes du Zaïre à Boma.
Archives de la Station Océanographique de l'ORSTOM à Pointe Noire.

2. *Cartes marines*

Cartes marines de l'embouchure du Zaïre. Régie des Voies Maritimes Boma République du Zaïre.
Cartes marines Portugaises; Ministerio Ultramar. Lisbonne 1952

3. *Traitéés généraux.*

BOURCART J.: Les frontières de l'Océan. Albin Michel Paris 1952.
GUILCHER R.A.: Morphologie littorale. Presses Univ. de France 1949.
HARVEY G.: Chimie et biologie de l'eau de mer. Presses Univ. de France 1949.
PERES J.M. DEVEZE L.: Océanographie biologique. Presses Univ. de France 1963.
ROUCH J.: Traité d'Océanographie physique. Payot Paris 1943.
Sverdrup. JOHNSON et FLEMING: The Oceans. Prentice Hall New York 1946.

4. *Ouvrages Spéciaux*

BERRIT G.R.: Les Saisons marines à Pointe Noire. ORSTOM Paris 1958.
DEVROEY E.: Le Bas-Congo, Artère vitale. Goemare Bruxelles 1951.
DEVROEY E.: Le Bassin hydrographique Congolais. Falk Bruxelles 1941.
DONGUY R.: Parcours maritime des eaux du Congo. ORSTOM Paris 1964.
MEULENBERGH J.: Diffusion des eaux du Fleuve Congo dans l'Atlantique Sud. Acad. R. Sc. Outre mer; Bruxelles 1968.
PETERS J.: Dynamique de la Sédimentation de la région divagante du bief maritime du Congo. Labor. Recherches Hydr. Borgerhout 1971.
PYNNAERT L.: La mangrove congolaise. Bull. Agric. du Congo Belge 1933.
Ruffi J.: Prospection forestière dans la région de Malela. Bul. Agr. B. Bruxelles 1924.
VEACH A.C. Smith P.A.: Atlantic Submarine valleys. Geol. Service U.S.A. 1931.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	3
SAMENVATTING	4
AVANT PROPOS	5
Chapitre I: Géographie physique	7
1. - <i>Aspect général de la région</i>	7
2. - <i>Relief de la mangrove</i>	9
3. - <i>Criques et chenaux</i>	13
4. - <i>Formations géologiques</i>	14
5. - <i>Végétation</i>	16
6. - <i>Climat, vent et houle</i>	17
Chapitre II: Nature et origine des eaux en présence	21
1. - <i>Les eaux des rivières Luibi et m'Bola</i>	21
2. - <i>Les eaux fluviales</i>	22
3. - <i>Les eaux littorales</i>	25
4. - <i>Régime des marées</i>	28
Chapitre III: Observations systématiques des eaux de la mangrove	32
1. - <i>Méthodes de travail</i>	32
2. - <i>Epoques d'observation</i>	35
3. - <i>Présentation des résultats</i>	35
4. - <i>Données numériques et planches</i>	37
Chapitre IV: Interprétation des résultats	41
1. - <i>Allure des isohalines</i>	41
2. - <i>Le phénomène d'upwelling</i>	42
3. - <i>Les zones d'échange et de diffusion</i>	44
4. - <i>Limite des eaux douces</i>	52
5. - <i>Influence des saisons marines</i>	55
6. - <i>Echanges en mortes eaux</i>	62

Chapitres V: Courants et nature des fonds	64
1. - <i>Nature et intensité des courants dans la mangrove</i>	64
2. - <i>Nature des dépôts et leur répartition</i>	68
Chapitre VI: Stabilité des fonds et des formes	73
1. - <i>Evolution du réseau des criques</i>	73
2. - <i>La sédimentation marine</i>	74
3. - <i>Les fonds de la crique de Banana</i>	76
4. - <i>Les fonds de la crique des Pirates</i>	80
5. - <i>La presqu'île de Banana</i>	80
Bibliographie consultée	84
Table des matières	85

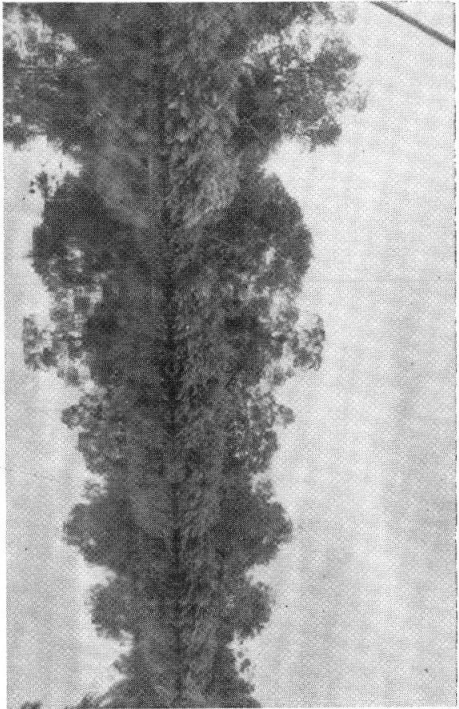


Photo 5. — Rives bordées de *Raphia* sp. en amont des criques.

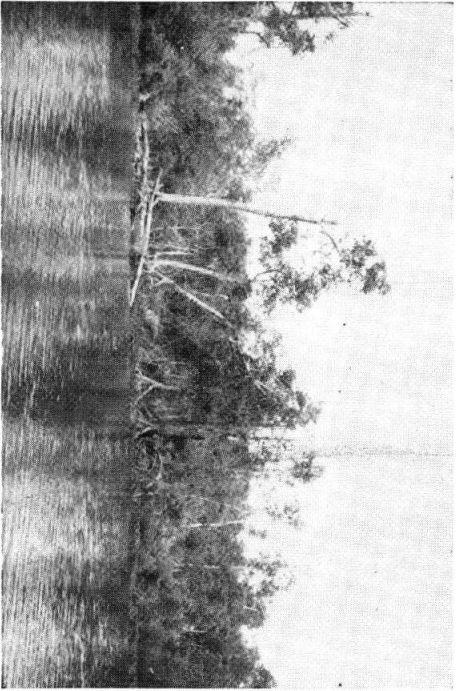


Photo 6. — Déclin et mort d'un peuplement de *Rhizophora* manglé, Rive ouverte à l'érosion.

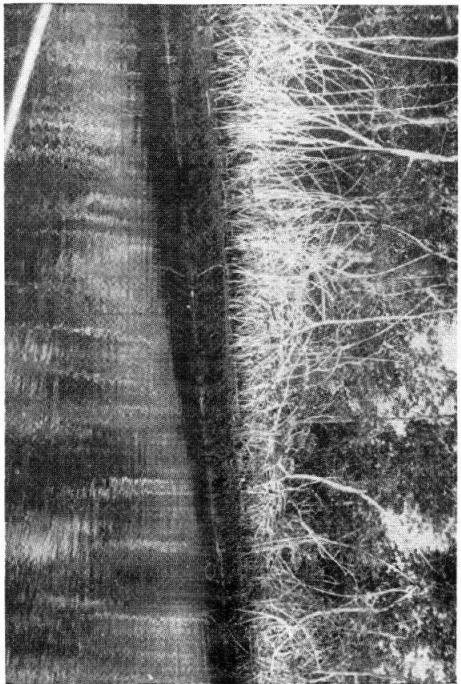


Photo 7. — Erosion de rives, talus vertical composé d'argile grise fissurée.

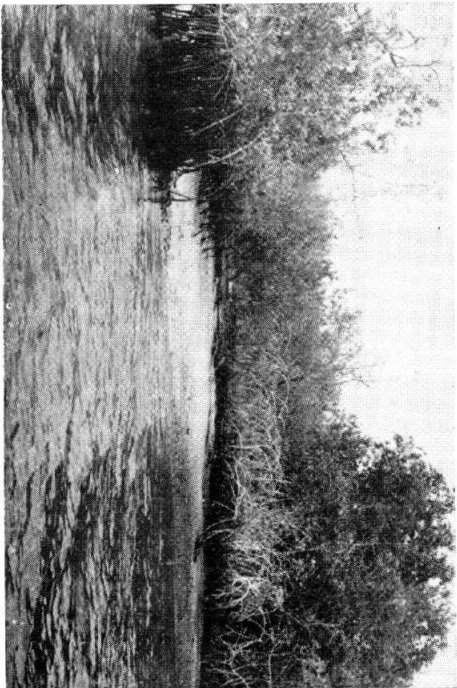


Photo 8. — Rive à pente douce, sable argileux.

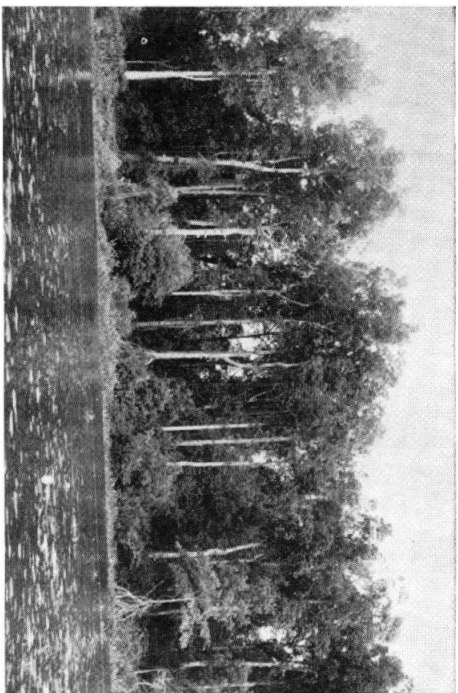


Photo 1. — *Rhizophora mangle*, troncs droits et élevés.

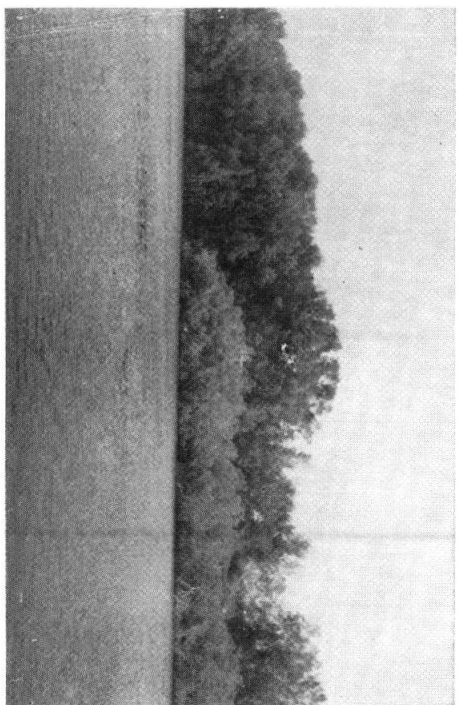


Photo 3. — *Avicennia tomentosa* et *A. nitida*, arbustes rabougris.

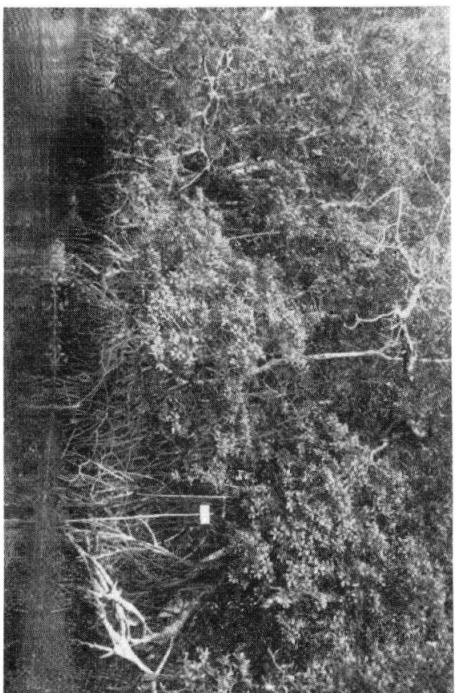


Photo 2. — *Rhizophora racemosa*, troncs multiples et tordus.

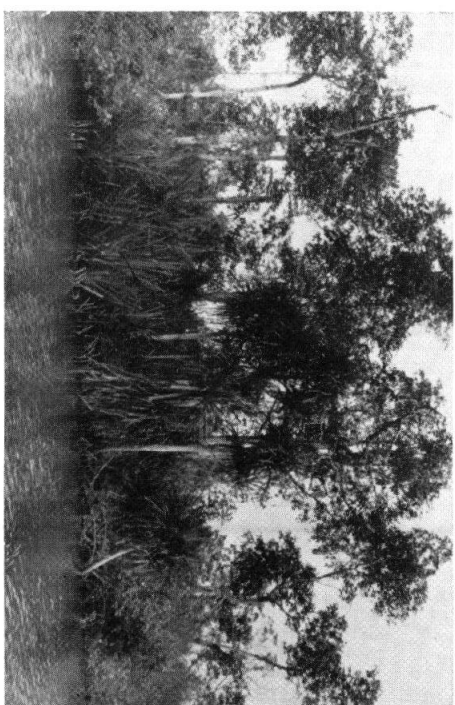


Photo 4. — Touffes de *Pandanus* sp.

Achévé d'imprimer le 23 août 1974
par l'imprimerie SNOECK-DUCAJU et Fils, S.A., Gand-Bruxelles