0001

RAPPORT

SUR UNE MISSION D'ETUDE DE LA LANGUE DE BARBARIE ET L'EMBOUCHURE DU SENEGAL

par André GUILCHER
Professeur de Géographie à la Faculté des Lettres de Nancy

INTRODUCTION

Du 30 Décembre 1953 au 17 Janvier 1954, nous avons fait, à la demande de la Mission d'Aménagement du Sénégal, une étude de la côte aux environs de l'embouchure de ce fleuve, ainsi que des bras et marigots aux environs de Saint-Louis.

Cette mission d'étude a été effectuée dans des conditions matérielles tout à fait satisfaisantes, en utilisant successivement des moyens de transport et d'étude terrestres, fluviaux et aériens, et en mettant à profit la documentation déjà réunie par la Mission d'Aménagement du Sénégal (notamment, divers levés aériens à grande échelle). Nous ne pouvons songer à énumérer ici les très nombreux administrateurs, chercheurs et techniciens qui nous ont apporté une aide dans l'accomplissement de notre travail, car cela équivaudrait à citer tout le personnel de direction et de maîtrise de la Mission d'Aménagement du Sénégal et du Service des Travaux Publics à Saint-Louis; mais c'est un devoir et un plaisir pour nous de mentionner au moins M. le Gouverneur GOUJON et M. le Chef de Cabinet RIOU, pour les facilités qu'ils ont

bien voulu donner pour l'obtention de notre mission; M. le Professeur MONOD, Directeur de l'Institut Français d'Afrique Noire, pour des raisons analogues et sa grande complaisance lors de notre passage à Dakar; M. l'Ingénieur des Ponts et Chaussées NESTERENKO, Chef de la Mission d'Aménagement du Sénégal, qui, non content de mettre ses moyens matériels à notre disposition, s'est personnellement et constamment intéressé aux résultats à mesure qu'ils étaient obtenus, en faisant maintes suggestions des plus utiles; M. DUCHEMIN, Directeur du Centre I.F.A.N. à Saint-Louis, qui nous a fourni des indications; et M. NICOLAS, Assistant à l'I.F.A.N. et détaché à la M.A.S. pendant notre séjour: ce dernier, avec lequel nous étions en correspondance depuis plusieurs mois, avait fait un travail préparatoire considérable, tant pour la bibliographie que pour la mise en route des recherches; il nous a constamment accompagné sur le terrain, et doit continuer les observations après notre départ. C'est grâce à lui qu'une mission aussi brève que la nôtre aura pu porter quelque fruit, et l'exposé qui suit résulte de notre travail en commun. Enfin, il n'est que juste de rendre hommage au personnel subalterne des conducteurs de véhicules et embarcations, porteurs, etc... qui a toujours été d'un grand dévouement en toutes circonstances.

La figure 1 contient nos itinéraires; il est entendu que sur la plage extérieure, le même itinéraire a été fait plusieurs fois pour se rendre aux divers lieux à étudier. ces derniers sont: la plage extérieure, entre l'embouchure actuelle et le Marigot des Maringouins; les dunes récentes et actuelles immédiatement en arrière de cette côte; les dunes longitudinales NNE-SSW des abords de N'Diémar; le Fleuve et les marigots

0001

entre N'Diémar, N'Diago et Saint-Louis; en aval de Saint-Louis, l'île de Babagueye et la rive orientale du fleuve au Sud de Gandiole jusqu'à la barre du Sénégal; les vasières avec et sans mangrove dans les îles de Salsal et de Roup. De plus, les survols suivants ont été faits dans des appareils militaires: un sur les bras entre Saint-Louis et le Marigot des Maringouins et, au-delà, la zône côtière de Mauritanie jusqu'à l'Agouechichit (environ à 160 kms de Saint-Louis); deux à une quarantaine de kilomètres en mer, les 12 et 16 Janvier, pour observer la direction de la houle au large; un au-dessus de la plage entre N'Diémar et la barre du fleuve. Ces vols se sont accompagnés de prises de vues, et nous exprimons nos vifs remerciements aux équipages des appareils.

DISPOSITION GENERALE ET FORMATIONS DE LA ZONE COTIERE

STRATIGRAPHIE D'ENSEMBLE.

Les ensembles morphologiques côtiers s'imbriquent dans d'autres ensembles qui pénètrent plus loin à l'intérieur, et qui ont été étudiés par notre collègue M. TRICART, Professeur à la Faculté des Lettres de Strasbourg, au cours d'une mission parallèle à la nôtre. Nous nous contentons de mentionner ici très brièvement la disposition générale des formations qui supportent, constituent ou bordent la zône deltaïque du Sénégal, en ne détaillant que celles qui intéressent directement la côte.

1. Les deux formations les plus anciennes, et qui n'affleurent qu'à l'intérieur, sont:

a) une cuirasse ferrugineuse; sa limite NW d'affleurement est, en gros, une ligne joignant la lac de Guiers au Lac R'Kiz;

b) un caillouti, à éléments de quartz et quartzite, remaniant la cuirasse, et descendant lentement vers l'WNW au-delà de la partie visible de la cuirasse.

2. Les formations 1 a et 1 b passent sous des dunes rouges, non consolidées, qui affleurent largement dans le Trarza (Mauritanie du SW) et la partie SE de la zône deltaïque du Sénégal. Dans leur partie NE en Mauritanie, et entre les bras du Sénégal elles sont orientées NNE-SSW, et sont apparemment confuses à l'approche de la côte mauritanienne. Les dunes rouges de Yoff (Cap Vert) seraient vraisemblablement à rattacher au même ensemble. En Mauritanie, elles sont remises en mouvement par endroits, mais, dans l'ensemble, sont fixées.

3. Une plage ancienne, peut-être monastirienne (?) s'étend en avant des dunes rouges dans lesquelles elle pénètre en golfes en Mauritanie sub-littorale (Aftout) au Nord du Marigot des Maringouins.

4. Des dunes Jaune clair NNE-SSW s'étendent de la Mauritanie sub-littorale (Aftout) aux environs de N'Diémar et de Diama (N et NE de Saint-Louis); vers l'intérieur, elles passent progressivement à une direction NE.

5a. Des dunes blanches paraboliques semi-vives, orientées face au NNW, se rencontrent en arrière du littoral depuis au moins l'Agouechichit en Mauritanie, jusqu'au marigot de Gavart entre N'Diago et N'Diémar; après une interruption dans la région de Saint-Louis, elles reparaissent à partir de Gandiole avec les mêmes caractères.

5b. Une plage à coquilles actuelles, probablement dunkerquienne est plaquée, adossée et associée aux dunes 5a près de l'embouchure occasionnelle du Marigot des Maringouins. Cette plage paraît constituer le sommet du remblaiement flandrien, à alternances marines et fluviatiles, et qui est connu par les sondages de Saint-Louis et environs.

6. Des dunes vives blanches, plus ou moins paraboliques et de même orientation NNW-SSE que les dunes 5a, sont nourries directement par la plage. Ces dunes actuelles existent tout du long de la côte depuis l'Agouechichit, sauf dans les parties les plus instables de la langue de Barbarie.

ETUDE PARTICULIERE DES FORMATIONS 4, 5 et 6.

Les dunes 4, qui ont été étudiées par M. DUBOIS, Pédologue du Service de l'Agriculture, dans leur affleurement compris entre le fleuve et le marigot de Djeuss (Sud de Diama), intéressent la région côtière par leur affleurement de N'Diémar: c'est là que nous les avons examinées à la fois sur le terrain, sur les photos aériennes au 1/15.000ème de la Mission d'Aménagement du Sénégal, et par survols. Elles constituent un massif long de 12 km environ et large de 1 km 1/2 à 2 km dans la partie reconnue avec certitude. Dans leur partie non recouverte par les dunes 5a, elles sont constituées par de longs bras parallèles, orientés NNE-SSW (environ N 15° E) jusqu'à 16° 16'N, puis prenant progressivement, plus au Sud, une direction NNW-SSE, de telle sorte qu'elles dessinent un arc reproduisant exactement celui du rivage dans la pointe très émoussée qui se situe au SW de N'Diémar. Ces crêtes restent très basses, n'atteignant probablement jamais 12 M.; cependant, si elles passent inaperçues au sol pour qui n'en a pas eu au préalable une image aérienne, elles se voient très bien d'avion parce que

la végétation y est plus clairsemée que dans les creux interdunaires. Crêtes et creux des dunes 4 offrent un contraste frappant avec la plaine d'inondation (oualo) du marigot de Tiallakt, en ce sens qu'elles portent des Acacias à l'inverse de cette plaine; elles partagent avec les dunes 5a une végétation d'euphorbes arborescentes, mais il n'y a pas d'acacias sur les dunes 5a. Leur sable est un sable jaune clair, fin, qui ne nous est jamais apparu consolidé dans la partie des crêtes et sillons que nous avons parcourue; cependant, sur leur bord (diéri) au contact avec le oualo du marigot de Tiallakt, il est aggloméré par endroits sur quelques décimètres en un grès très friable, se délitant entre les doigts (influence de la nappe phréatique ?). Ces sables doivent posséder encore une légère mobilité, la végétation ne les fixant pas entièrement; mais le vent est sûrement impuissant à y créer des formes dunaires nouvelles.

Nous considérons les dunes 4 comme préflandriennes. Elles sont en effet manifestement antérieures au système de bras du Sénégal, qui dérive de la transgression flandrienne. A Maka et Diama, le bras principal actuel recoupe presque à angle droit le massif étudié par M. DUBOIS; quant à celui que nous avons examiné, il est tronqué par le marigot (aujourd'hui mort) de Boytet. Il est possible que la faible hauteur de ces dunes vienne de ce qu'elles ne sont que les sommets de dunes plus considérables, construites lors d'un niveau marin plus bas, et aujourd'hui empâtés dans le remblaiement flandrien. Les bras du fleuve les auraient recoupées à des points faibles.

Quant au recourbement de ces dunes aux approches du marigot de Boytet, il est difficile à expliquer. Il ne constitue d'ailleurs qu'un fait local, et, dans l'ensemble, on a affaire à des dunes longitudinales, mises en place par l'alizé préflandrien.

Les dunes 5a, entièrement différentes par leur forme et leur orientation, chevauchent les dunes 4 dont elles masquent en partie l'extension. Toutefois, dans la région de N'Diémar, le front de chevauchement est affecté de redans, qui correspondent à des alignements successifs sur des crêtes de dunes 4: le sable des dunes 5a est donc arrêté, au moins temporairement, par les crêtes antérieures.

Ces dunes 5a, caractérisées, comme on l'a vu par une végétation d'Euphorbes et aussi d'arbustes épineux(mais pas d'accacias), ont une largeur moyenne de 2 km entre la pointe de N'Diémar et le Marigot des Maringouins; leur degré de fixation est à peu près le même que celui des dunes 4, ou un peu plus faible. La forme est nettement parabolique, les paraboles s'ouvrant au NNW (N 10 à 15° W). Cette orientation est, nous le verrons, exactement la même que celle des dunes 6, et correspond à la résultante des vents actuels d'octobre à avril (N 13° W) (fig. 2).

La hauteur des dunes paraboliques 5a est maximum à leur ligne de chevauchement sur les dunes 4: il s'est produit là un entassement de sable. Elles y atteignent 15 à 20 mètres, parfois davantage. Entre cette ligne et les dunes 6, elles sont beaucoup plus basses. Nous ne les avons nulle part vues consolidées.

Au Nord de la brève interruption du Marigot des Maringouins qui sera caractérisée plus loin, les dunes 5a reprennent, avec les mêmes traits (formes, orientation et largeur), sur au moins 80 km de côte jusqu'à l'Agouechichit; avec les dunes 6, elles dominent vers l'intérieur la vaste zône de Sebkhas qui commence au marais de Toumbos et où se déversent les eaux du Sénégal dans les années de grande crue; ces sebkhas séparent les dunes 5a des formations 2 et 3. Il est à noter qu'en arrière des sebkhas, les dunes rouges 2 sont, lorsqu'elles sont remises en mouvement, face au NNW, et cela

0001

jusqu'à une quinzaine de kilomètres à l'intérieur pour le moins.

Vers le Sud, les dunes 5a ont envahi l'extrémité SW du marigot de Boytet et l'ont transformé en bras mort; plus au Sud encore, elles affleurent par endroits au revers des dunes 6 le long de la partie du marigot de Gavart qui est parallèle à la côte. Mais la largeur de ces affleurements est très faible, et ils deviennent rares au Sud de N'Diago; le principal est à 3 km au Sud de N'Diago; nous n'en avons pas reconnu d'élément avec certitude sur la Langue de Barbarie au Sud de Saint-Louis. Mais les dunes 5a reprennent sur la rive interne du fleuve au Sud de Gandiole, toujours orientées NNW-SSE, et caractérisées par la même couverture d'euphorbes.

La plage 5b du marigot des Maringouins, qui ne paraît pas avoir été signalée jusqu'ici, se trouve à environ 400 m. de la mer sur la rive orientale du marigot qui, au Sud, disparaît dans les dunes (figure 9). Cette rive est constituée d'un petit abrupt de 3 à 4 m. de haut au sommet duquel commence la dune 5a; on y voit, entre 2 et 3 m d'altitude environ (altitude à préciser par les topographes de la M.A.S.), une lumachelle de dureté variable, parfois assez fortement cohérente, et alvéolisée, qui contient des espèces actuelles parmi lesquelles prédominent des huitres et des Arca senilis. On en retrouve des éléments sur la rive Nord de la branche Est-Ouest du marigot, à mi-chemin de la pointe sud du marais de Toumbos. Un assez grand nombre d'Arca sont taraudées par des organismes perforants du type des Cliones, ce qui montre que ces coquilles ont séjourné assez longuement dans la mer après la mort de leurs habitants, avant d'être accumulées en une levée littorale. Cette plage nous parait être d'âge dunkerquien; elle n'est probablement pas isolée dans la région, car on pourrait sans doute en rappro-

cher ceux des amas d'Arca des environs de Saint-Louis qui ne sont pas des kjökkenmöddings. Toutefois, n'ayant pas eu le loisir d'étudier ces formations saint-louisiennes, nous n'en dirons pas davantage.

La plage présumée dunkerquienne des Maringouins permet de résoudre ou de poser diverses questions.

D'abord elle date au moins approximativement la dune 5a à laquelle elle est associée. Cette dune est, en gros, dunkerquienne elle aussi, du moins à cet endroit, étant entendu qu'elle a du commencer à s'élaborer un peu avant le dépôt de la plage et finir d'être édifiée un peu après (on a vu qu'elle a encore une certaine mobilité).

Ensuite, elle conduit à parler des assises sous-jacentes du remblaiement flandrien, que le Dunkerquien a couronnées. Ces assises sont connues par les forages effectués à Saint-Louis et environs et que M. NICOLAS a rassemblés. Comme le remarquent M. NICOLAS et divers auteurs, et l'on néglige les assises inférieures pour lesquelles un âge flandrien est de moins en moins probable à mesure que l'on descend, les divers forages montrent la présence de lumachelles aux environs de - 13 à - 15 m, puis, au-dessus, de dépôts sableux ou marno-sableux, passant progressivement aux vases actuelles du fleuve. Or, si l'on examine la carte marine 5851, on voit indiqués des fonds rocheux entre 13 et 17 m devant la Langue de Barbarie, et ces fonds paraissent être l'origine de lumachelles qui sont parfois ramenées par les pêcheurs africains et qui sont rejetées en assez grand nombre sur toute la longueur de la plage. Il semble donc que les fonds rocheux en question représentent le niveau de lumachelles des sondages, mis à nu et dépouillé par arasement des formations qui le surmontent à Saint-Louis. Il est logique de penser avec M. NICOLAS qu'ils témoignent d'un épisode au cours duquel la transgression flandrienne aurait pris le pas sur la sédimenta-

tion fluviatile, et qui aurait été suivi d'un autre épisode pendant lequel le fleuve aurait au contraire poussé son delta en mer, à la faveur, soit d'une oscillation climatique, soit d'un arrêt momentané de la transgression. Enfin, au Dunkerquien la mer aurait repris l'avantage (Plage consolidée des Maringouins).

Enfin, cette plage des Maringouins est intéressante par sa consolidation même, comme d'ailleurs les lumachelles de - 15 m. Car, ayant antérieurement étudié les plages et dunes anciennes du Maroc, de l'Ouest d'Alger, et du Portugal Méridional, qui sont si uniformément et fortement consolidées, et sachant qu'il en est très généralement de même pour les dunes anciennes des littoraux méditerranéens (Provence, Liban) et désertiques et subdésertiques (Sahara espagnol, Australie), nous avons été véritablement surpris de trouver si peu de consolidations dans les dunes 4 et 5a de la côte proche de l'embouchure du Sénégal. Certes, il y a bien le début de consolidation signalé plus haut dans la partie basse (dieri) de la dune 4 de N'Diémar; et aussi le grès dunaire mentionné par Chudeau près du littoral à 3 km 1/2 au Nord de N'diago (grès que nous n'avons pu trouver); mais tout cela est peu étendu ou très mal consolidé. La lumachelle des Maringouins montre cependant qu'un dépôt très calcaire peut ici donner lieu à un fort durcissement. Peut-être les dunes de cette région sont-elles moins calcaires que celles du Maroc: des analyses comparées pourront le déterminer ; mais, dans l'affirmative, on voit mal le pourquoi de cette différence, étant donnée l'abondance des coquilles sur les plages sénégalaises. De toute manière, il y a là un problème que nous n'avons eu que le temps de poser, mais qui vaudra d'être repris plus tard. Attirons aussi l'attention sur l'alvéolisation de la lumachelle des Maringouins et qui, elle, est

conforme à ce qu'on voit dans les calcaires littoraux des autres pays.

Les dunes 6 présentent, avec les dunes précédentes, la différence d'être beaucoup moins revêtues de végétation. Elles continuent à se former, avec du sable pris à la plage, en tendant à la forme parabolique de façon plus ou moins nette suivant les endroits . On y observe des caoudeyrisations. Elles sont assez souvent précédées vers la mer par des nebkas couronnées de végétation, ressemblant en cela aux dunes de Mogador (Maroc). Au droit de N'Diémar, les dunes 6 dominent la partie Ouest des dunes 5a, atteignant une altitude équivalente à celle du front de chevauchement des dunes 5a sur les dunes 4: il y a donc là deux vagues successives dans le temps et dans l'espace.

Dunes 5a et 6 ont exactement la même orientation: elles sont face à N 10 à 15° W, et cette orientation est celle de la résultante des vents actuels d'octobre à avril (N 13° W), calculée par M. NICOLAS pour Saint-Louis et selon la méthode de Schou (1945),(multiplication dans chaque rhumb, des fréquences par les vitesses, et mise bout à bout des vecteurs ainsi obtenus; la résultante joint l'origine du premier vecteur à l'aboutissement du dernier; toutefois, on n'a pas éliminé, comme le fait schou, les vents inférieurs à 4 Beaufort, car la rareté des vents violents est telle qu'il ne resterait presque rien après une telle élimination).

Ceci nous amène donc à considérer les vents à Saint-Louis La figure 2 montre clairement deux choses: d'une part, la très faible influence de la mousson proprement dite en cette station, puisque la résultante n'a une composante sud que pendant le seul mois d'août; d'autre part, la prédominance des vents de mer sur les vents de terre pendant tous les mois sauf

en janvier, durant lequel on a un vent moyen de N 7° E. Il est certain que cette prédominance est due à une combinaison entre alizé et brise de mer, comme l'a déjà dit Borius. Il est courant, en janvier, que le vent souffle le matin du NE ou du NNE, et qu'il tourne brusquement au NNW à une heure plus ou moins avancée de l'après-midi, en provoquant en cinq minutes une chute de température de plusieurs degrés, et en soulevant de petites vagues très cambrées sur le Sénégal: ceci, dans la zône cotière seulement, où sont justement nos dunes.

Sur notre figure 2, la coupure en deux saisons a été faite avant l'arrivée des pluies proprement dites, parce que dès Mai, mois encore très peu arrosé, on constate une modification très notable du régime des vents.

Il pourra sembler étonnant que les dunes (N 10 à 15° W) se conforment plutôt à la résultante des mois de saison sèche (N 13° W) qu'à celle de l'ensemble de l'année (N 38° W). Peut-être est-ce du à ce que le sable est moins mobile pendant la saison des pluies parce qu'il est humidifié, et aussi que l'édification des dunes est alors contrariée par la dispersion de la rose des vents, plus grande qu'en saison sèche pendant lauqelle certaines directions ne sont absolument pas représentées.

En tous cas, la direction du vent efficace dans l'édification dunaire n'a pas changé depuis la formation des dunes 5a.

Les dunes 6 sont les seules à se développer sans discontinuité sur tout le littoral, de l'Agouechichit à l'embouchure du Sénégal, sauf dans la partie méridionale de la Langue de Barbarie, dont le caractère mouvant et changeant ne leur laisse pas le temps de bien se constituer; mais même sur la Langue à la hauteur de Bagagueye (9 km au Sud de Saint-Louis), on les distingue parfaitement, constituant des alignements NNW-SSE séparés par des sillons: la forme parabolique tend à

passer là à la forme longitudinale ou linguoïde. Cette tendance se fait également sentir entre Saint-Louis et N'Diago. Immédiatement au Sud de l'embouchure actuelle, elles constituent une "dune bordière" (Vordüne) se nourissant à la plage, et en arrière de laquelle se trouvent des paraboles actuelles ou subactuelles.

Le recouvrement de la dune 5 a par la dune 6 est plus ou moins important suivant les endroits; on a vu que, de N'Diémar à Saint-Louis ce recouvrement est de plus en plus poussé jusqu'à devenir complet, puis qu'il s'atténue beaucoup au Sud de Gandiole : il faut se souvenir de ce fait pour comprendre l'évolution du rivage. Le survol de la cote mauritanienne au Nord du Marigot des Marinsouins nous a montré que vers le Nord également, la largeur des dunes 5 a diminue: en approchant de l'Agouchichit, les dunes 6, qui arrivent à atteindre jusqu'à 30 ou 40 m de haut nous a-t-il semblé, fossilisent presque complètement les dunes 5 dont il n'apparaît plus que quelques lambeaux à la retombée interne du sable frais.

A côté du recouvrement, il y a parfois aussi remaniement. Ainsi, à 3 km 1/2 au Nord de N'Diago, la dune 6 a remobilisé le sable de la dune 5, dont il ne reste plus que deux grands "crocs" d'une fingtaine de mètres de haut. Cette remobilisation a permis à la dune 6 d'envahir et de recouper presque totalement le marigot de Gavart (nous reviendrons ultérieurement sur l'envahissement des marigots par les dunes).

Enfin, il peut y avoir quelquefois juxtaposition des dunes 6 et 5, un élément de la plus récente venant se placer parallèlement à un élément de la plus ancienne et atteignant le même front de progression. C'est le cas entre 3 km et 3 km 1/2 au sud de N'Diago, les deux dunes étant séparées par un

sillon occupé par un étang marécageux.

Les relations entre ces deux séries dunaires sont donc variées.

II - MORPHOLOGIE ET EVOLUTION DU RIVAGE EXTERIEUR

Il n'est pas utile de répéter par le menu les faits déjà acquis sur cette question, et qui sont consignés dans divers articles ou rapports antérieurs, notamment ceux de Bouquet de la Grye (1886), Paulin (1913), Louise (1918), Giraud (1951). Les passages principaux de ces travaux sont reproduits dans les "notes anthologiques" ronéotypées que M. NICOLAS a rassemblées à l'occasion des présentes recherches. On n'en rappellera ici que l'essentiel.

Le littoral externe depuis le marigot des Maringouins jusqu'à l'embouchure actuelle du Sénégal (et même bien au delà de part et d'autre) est entièrement sableux. Au marigot des Maringouins, il est atteint par un bras secondaire du fleuve portant ce nom, et qui ne s'écoule dans la mer que lors des très grandes crues: la dernière date à laquelle il aurait franchi la dune et le cordon littoral est 1936. D'après certains auteurs anciens comme Labat (1728) et Roussin (1819), il s'est trouvé navigable pour des navires de mer (petits ?) à la suite de telles ruptures; mais il ne semble y avoir aucune preuve d'un écoulement constant du Sénégal dans la mer par cette bouche

depuis que les Européens fréquentent la côte d'Afrique.

De là en direction du Sud, la plage est partout bordée à l'intérieur par un épais bourrelet de dunes (5a et 6), jusqu'à 3 km au Nord de N'Diago. A partir de cet endroit le cordon dunaire est très mince, et suivi à l'intérieur par un marigot jusqu'à St-Louis, puis, plus au Sud, par le Fleuve lui-même. C'est cette étroite flèche de sable qu'on appelle la Langue de Barbarie. L'évolution de la langue est de type cyclique. En Effet la flèche tend constamment à s'allonger vers le Sud, mais il arrive de temps en temps qu'elle soit recoupée. Les recoupements ne sont jamais le fait des crues du Fleuve, à l'inverse de ce qu'il se passe aux Maringouins, où les conditions sont différentes, et à l'inverse aussi du Sud-Ouest Africain (Gevre 1936); ils sont toujours le fait de la mer, et se produisent au cours de périodes de très forte houle. Puis, ou bien la brèche se referme au bout de quelque temps, ou bien la passe se maintient, mais en migrant vers le Sud comme celles qui l'on précédée. Toutes les coupures enregistrées au cours du XIXe et XXe siècles se sont produites au Sud de Saint-Louis (la plus au Nord étant celle de la Pointe aux Chameaux, à 2 km au Sud de Saint-Louis en 1850) et la position actuelle (janvier 1954) de l'embouchure à environ 22 km au Sud de Saint-Louis est à peu près la position extrême connue. Toute l'évolution cillatoire se fait entre Saint-Louis et ce point (voir Louise pour les détails)

D'autre part le rivage est assez rapidement érodé et reporté de plus en plus vers l'intérieur; cela, du moins à Saint-Louis, où l'ancienneté de l'établissement fournit des repères sûrs. Ici, il s'agit d'une évolution permanente dans le même sens, mises à part les récurrences tout à fait secondaires et passagères. La largeur de la Langue dans l'Axe du Pont Servatius est passée de 295 m en 1856 à 170 m en 1926;

0001

"des terrains lotis en 1856,(qui figurent sur le plan de lotissement de Faidherbe avec les noms de propriétaires) se trouvent actuellement sous l'eau "(rapport Giraud 1951). Depuis 1926 on a cherché à parer à ce recul par des travaux de défense. Le petit bras entre la Langue et l'Ile St-Louis tens, en compensation, à se produire en largeur, mais moins vite que la plage extérieure n'est érodée; au reste, la présence des quartiers africains de Guet N'Dar et N'Dar Tout sur la Langue gène évidemment le transfert naturel du sable vers l'Est ou le Sud-Est.

L'étude de la plage ayant été l'objet principal de notre mission, nous nous étendrons particulièrement sur ce point, en examinant successivement: les forces évolutives, l'évolution de ce littoral dans le cadre général de la côte atlantique de l'Afrique; les modalités de détail de l'évolution; les conséquences pratiques pour la petite navigation.

LES FORCES EVOLUTIVES: LA HOULE. Sur la plage extérieure, comme sur toutes les cotes sableuses ouvertes sur les grands océans, la houle déferle en formant une barre. En fait, comme il arrive souvent en pareil cas (notamment Landes de Gascogne) il y a, au moins par endroits et par moments, deux déferlements successifs; une barre externe constituée par un premier écroulement des crêtes de houle, et une barre interne, plus proche de terre, où brisent les vagues de plus petite dimension qui se son reformées après la barre externe. Quand la houle est faible, la barre externe peut manquer.

Le rivage extérieur évolue essentiellement sous l'action de houles d'origine lointaine, de grande longueur d'onde, issues des tempètes de l'Atlantique Nord; les vagues courtes nées des vents soufflants dans la région même (alizé, brise de mer, mousson) n'ont qu'une influence négligeable; tout au plus peuvent -elles venir épauler l'action de la houle d'origine lointaine lorsque leur direction est favorable à une telle conjugaison.

Bouquet de la Grye avait bien vu ce point dès I8?6, et nos propres observations ont confirmé les siennes en les précisant. Les deux survols de la mer, les I2 et I6 janvier, ont eu pour but d'observer la direction de la houle à une distance de la cote telle que l'influence du fond ne se fasse pas sentir. On sait que la houle commence à être réfractée par le fond à partir du moment où la profondeur devient inférieure à la moitié de la longueur d'onde; et nous savions par des observations préalables à la côte, que la période oscillait entre 11 et 14 secondes environ selon les jours (voir plus loin). La période étant un élément invariable de la houle, on pouvait en déduire la longueur d'onde au large, soit I90 à 300 mètres. Pour atteindre la zone de non réfraction il fallait donc aller jusqu'aux fonds de 300:2 = I50 m, qui sont atteint à une quarantaine de kilomètres de la côte. La distance à laquelle devaient être faites les observations en mer (40 km) étant ainsi déterminée, nous avons obtenu les résultats suivants:

I2 janvier à 1o h 20:

houle longue:	N 20° W
vagues de vent:	N 30° E

16 janvier à 11 h 30 :

houle la plus longue:	N 70° W
houle moins longue:	N 10° W
vagues de vent:	N 70° E

Il est évident qu'il faudrait disposer d'observations aériennes en série continue pendant au moins un an, à raison d'au moins deux ou trois par semaine; et que, d'autre part on ne peut songer à effectuer uniquement dans ce but des vols nombreux, qui coûteraient beaucoup trop cher. Aussi M. Nestérenko a-t-il pensé que l'on pourrait envisager de demander des observations aux navigateurs d'Air-France. En effet, les appareils de la ligne Dakar-Saint-Louis passent au dessus de l'isobathe de 100 m au NW de Tivaouane. A cette profondeur, les houles de 12 secondes ne sont pas du tout réfractées, et celles de 14 secondes le sont encore bien peu; l'expérience prouve d'ailleurs qu'à moins de disposer d'instruments spéciaux , la direction d'origine de la houle n'est observée qu'à une dizaine de degrés près par les navigateurs aériens. On pourrait donc avoir ainsi des données valables et intéressantes à condition que l'on fasse bien comprendre aux navigateurs ce qu'on leur demande, et qu'ils ne donnent pas seulement la direction des petites vagues de vent, mais aussi celle de la ou des grandes houles, bien moins apparentes à l'oeil, mais bien plus importantes pour la morphologie cotière.

Pendant tout notre séjour, la houle présentait au déferlement une obliquité avec composante Nord, sauf à l'observation du 16 janvier (16 heures) qui a été faite juste au Sud de l'embouchure actuelle, et où la houle était parallèle à la côte ou avec légère obliquité Sud. A cet endroit, la côte devient NNE-SSW, au lieu de N-S sur la Langue de Barbarie.

Connaissant la direction au large, la longueur d'onde est disposant d'une carte bathymétrique, on peut tracer très facilement un plan de houle en utilisant l'abaque adapté de Johnson, O'Brien et Isaacs par Lacombe (1953). C'est ce que nous avons fait pour trois houles-types de 12 secondes et issues respectivement de N 10° W, N 30° W, et N 60° W (figures 3, 4 et 5). On voit qu'après réfraction, les deux premières conservent partout une composante Nord, et que la dernière, qui se rapproche de la houle longue observée d'avion le 16 janvier à 11 h 30, à une composante Nord sur la Langue de Barbarie et est a peu près parallèle à la côte plus au Sud; ceci rejoint les observations du 16 janvier à 16 heures citées plus haut.

En attendant de disposer d'une série de bonnes observations aériennes de la houle, on doit se référer aussi à deux importants travaux allemands de synthèse, dus à Schubart et Möckel (1949) et à Jessen (1951) et qui groupent des données sur la houle fournies par des capitaines de navires. Les données de Jessen sont certainement les plus interessantes du point de vue de la dynamique littorale.

D'après Schubart et Möckel, la houle sur la route des navires entre Gibraltar et le Cap San Roque viendrait surtout du Nord et du NE, ces deux directions formant plus de 50% des observations des navires. Mais, comme le dit Jassen, il semble bien que ces observations ne portent que sur les petites vagues de vent, les plus apparentes pour les navigateurs comme on a vu; et, à côté d'observations de ce genre, Jessen cite celles du capitaine Toynbee, d'après lesquelles la houle dans un périmètre 11° à 40° W et 20° N à 10° S, vient du NW pendant l'hiver et le printemps boréal; elle s'établit dès octobre malgré le vent du NE, et en novembre dépasse l'équateur en janvier et février, elle persiste, et se fait sentir

jusqu'au Sud du périmètre, avec moins de fréquence, mais souvent de la force. En juin, elle ne subsiste qu'au Nord du périmètre et y disparaît en juillet; pendant l'hiver austral, elle est remplacée par une houle de SW dont on trouve des traces dès mars, et qui arrive à dépasser l'Equateur en juin bien qu'elle rencontre l'alizé du NE. Elle diminue à partir d'août-septembre, et en octobre devient rare même dans le Sud du périmètre.

Il nous paraît certain que ces observations de Toynbee (auxquelles il en faudrait relier d'autres, également citées par Jessen), concernant la grande houle, longue et peu cambrée, ce qui montre que même du navire on peut arriver à l'observer, avec de l'habitude et de la sagacité, même quand il s'y superpose une petite houle plus apparente. L'intérêt des observations aériennes préconisées plus haut serait d'être plus faciles, et de confirmer et préciser celles de Toynbee en les étendant à une année entière et en leur donnanr un caractère périodique.

Ces houles longues de NW, WNW ou NNW, qui prédominent pendant tout le saison sèche (et à ce sujet les dires de Bouqet de la Grye pour Saint Louis et les données de Toynbee concordent bien)ne viennent évidemment pas de l'alizé, puisque celui-ci souffle de terre ; ce que produit celui-ci ce sont les petites vagues cambrées vues d'avion les 12 et 16 janvier, qui sont les "houles dominantes" de Schubart et Möckel, et qui ont une très faible longueur d'onde. Les houles longues ne dérivent pas non plus de la brise de mer combinée à l'alizé, car il n'est pas concevable qu'un vent de ce genre ait une force suffisante pour donner des houles de 11 à 14 secondes. Par conséquent, la seule origine possible est à chercher dans les tempêtes de l'Atlantique Nord, et c'est

bien ce que pensent Toynbee, Bouquet de la Grye, Jessen,etc... Il est intéressant de voir, par l'observation aérienne du 16 janvier, que la houle lointaine peut avoir une origine aussi basse que N 70° W, c'est-à-dire, pour Saint-Louis, le Cap Hatteras. Les cartes trimestrielles de fréquence des vents forts sur l'ensemble des Oceans, publiées par l'U.S Weather Bureau en 1938 et reproduites dans l'article de Wiegel et Kimberley (1950) montrent effectivement que pour le trimestre de décembre à février, le lit des vents forts dans l'Atlantique Nord s'étend vers l'WSW jusqu'au cap Hatteras il n'en reste pas moins que la fréquence et l'intensité maxima s'observent au milieu de l'Atlantique Nord à la latitude de l'Irlande, et que, par conséquent, les houles NW doivent l'emporter nettement sur celles de WNW.

Tout le mond est d'accord, à commencer par Bouquet de la Grye, pour admettre que de mai à Novembre les houles sont beaucoup moins fortes à Saint-Louis que pendant l'hiver boréal ce qui est bien facile à comprendre: à ce moment il ressort de toutes les observations météorologiques (et en particulier des cartes américaines sus-mentionnées) que les vents sont faibles dans l'Atlantique Nord. Il est vrai que c'est l'époque de la mousson de SW; mais il ne faut pas s'illusionner sur celle-ci. Les vents de la mousson d'Afrique Occidentale sont infimes à coté de la mousson de la mer d'Oman (voir la même carte pour juin-août)et même en plein été boréal, les vents sur l'Atlantique Nord, bien que très affaiblis, sont nettement plus forts que les vents propres à la cote d'Afrique occidentale. On pourrait penser d'autre part aux houles venant du lit des grands vents d'Ouest de l'Atlantique Sud, dont Toynbee nous dit qu'elles passent par l'Equateur pendant l'hiver de leur hémisphère d'origine. Mais ces houles ne peuvent pas parvenir directement à Saint-Louis étant donné la configu-

ration de l'Afrique: même les plus occidentales d'entre elles nées dans la région des Falklands, cont arrêtées par le Cap Vert, qui forme pour elles un écran dont l'abri englobe toute la Langue de Barbarie . Elles ne peuvent atteindre celle-ci qu'après diffraction, donc amortissement considérable, et, si elles se font sentir au large (Toynbee), cela n'a aucun dence sur l'évolution cotière. Avant même des observations aériennes précises et continues sur les houles longues pendant l'été boréal entre Saint-Louis et le Cap Vert, nous admettrons donc avec le maximum de vraisemblance que ces houles sont très faibles à la côte, à un moment où les houles de NW sont elles-mêmes absentes ou rares. On peut d'ailleurs en juger par le nombre de jours de praticabilité de la barre à Saint-Louis: 31 en Juillet et 31 en août, contre 15 en décembre et 15 en janvier, d'après Bouquet de la Grye. L'évolution cotière est au maximum stoppée, mais non inversée.

L'observation des périodes de la houle à la côte appelle aussi quelques commentaires. Ces périodes, déterminées à Saint-Louis pendant notre séjour en comptant les déferlements pendant 10 minutes et en faisant la moyenne, ont été les suivantes:

Ier janvier	11,6 sec.
2 Janvier	11,6
3 Janvier	11,6
6 Janvier	14
7 Janvier	14
8 Janvier	14
10 Janvier	12
14 Janvier	13,2
16 Janvier	12
17 Janvier	13,3

En fait, nous avons pu nous rendre compte que presque toutes ces houles étaient des houles composées, malgré la simplification qui survient toujours au rivage quand les vagues ne sont pas forcées par le vent. Mais il est assez facile de ne noter, comme nous l'avons fait, que la houle principale, qui est celle ayant la plus grande longueur d'onde et qui donne les déferlements les plus continus. A plusieurs observateurs, on pourrait sans doute noter la houle secondaire quand elle est bien marquée, comme c'était le cas durant le survol du 16 janvier (houle de N 10°W). De telles méthodes seront les seules possibles tant qu'on ne disposera pas d'enregistreur de houle à Saint-Louis ou au Cap Vert. Nous les croyons d'ailleurs assez bonnes.

EVOLUTION DANS LE CADRE GENERAL DE LA COTE ATLANTIQUE DE L'AFRIQUE. Sous l'influence des houles de NW, l'allongement de la Langue de Barbarie en direction du Sud est tout naturel; il se fait par migration du sable, d'une part sur la plage par cheminement des particules en zig-zag, d'autre part dans la barre par mise en suspension. On verra plus loin les mesures de dérive littorale qui ont été faites. Mais il est certain que tout le sable mis en mouvement ne contribue pas à l'allongement de la Langue, puisque, on l'a vu, celle-ci ne s'accroît pas indéfiniment; on peut même dire que, si l'on considére une période assez longue pour couvrir un cycle d'ouverture et de migration de la passe d'entrée, la Langue ne s'accroît plus. Le sable doit donc continuer à migrer vers le Sud en suivant la côte en direction du Cap Vert, après avoir passé la barre d'entrée sur le Sénégal; une certaine quantité est prélevée par les dunes 6 mais, quoique des mesures manquent à ce sujet, il semble que le développement de ces dunes ne soit pas très rapide (faible importance du

bourrelet construit depuis 1936 aux Maringouins).Il doit donc rester une quantité importante de sable en migration vers le Sud. Où passe ce sable? Une hypothèse assez séduisante est qu'il est happé en grande partie, par le canyon sous marin de Cayar. Des mesures faites en Californie méridionale (Shepard et Inman, 1951)(Inman 1953) ont prouvé que les canyons sous-marins pouvaient ainsi, lorsque leur tête se trouve très près du rivage, engloutir pendant les périodes de grosse houle du sable qui glisse ensuite vers lesgrands fonds. Il vaudrait la peine de mettre en route des observations à Cayar, pour éprouver cette hypothèse. Quant à mesure la quantité de sable qui transite devant la Langue de Barbarie, c'est une opération délicate que nous n'avons pas entreprise.

Un fait qui ne laisse pas d'étonner au premier abord, c'est l'apparente passivité du Sénégal qui, actuellement du moins, ne construit nullement un vrai delta protubérant. Pour bien l'expliquer il eut fallu étudier de près le fleuve et son débit solide, ce qui ne ressortait pas de notre mission. En première approximation, nous admettrons que cette passivité est due à la très grande inégalité des forces en présence. Le Sénégal a en effet une pente extraordinairement insignifiante dans son cours inférieur: 1 cm 69 par km de Bakel à Saint-Louis sur 702 km, et 0 cm 46 par km de Mafou à Saint-Louis, sur 313 km (niveau d'étiage). Le Tigre lui-même à pente pourtant si faible descend encore de 1 cm 32 par km sur ses 312 derniers kilomètres, soit environ trois fois plus que le Sénégal. L'éminent potamologiste M. Pardé, consulté par nous, n'a pu nous citer qu'un fleuve dont le pente d'étiage soit légèrement inférieure à celle du Sénégal sur une longueur équivalente : le Yang Tsé Kiang, qui descend (en

étiage) de 1 m 55 sur 375 km de Nankin à Woosung, soit 0 cm41 par km (et 0 cm 53 sur les 687 km en amont de Woosung). En l'absence de données précises connues de M. Pardé et de nous sur les fleuves sibériens et l'Amazone, le Sénégal serait donc le second du monde à ce point de vue, et le premier si l'on exclut ceux qui sont beaucoup plus longs que lui. Le Sénégal a, certes, une crue abondante (jusqu'à 5.000 m3/sec parfois d'après Paulin, 1913) mais affaiblie dans son écoulement par la largeur de la zône inondée, qui entraine une évaporation énorme. Après cet étalement qui limite la force de la crue, le fleuve entre pratiquement en sommeil pendant quatre ou cinq mois, de février à juin (10 m3/Sec en juin) et dès janvier la décrue est très prononcée. Or, il se heurte à l'embouchure à une houle vigoureuse pendant tout l'automne et l'hiver de l'hémisphère nord, de sorte que cette houle doit arriver facilement à limiter les effets morphologiques de la crue sur la zone de l'embouchure pendant l'automne, puis à les effacer complètement pendant l'hiver, quand le fleuve entre sans sa période d'étiage. Le cas du Sénégal est extrèmement différent de celui d'un fleuve comme le Mississipi à l'énorme débit solide et qui ne se jette pas sur la cote ouverte d'un grand océan battu par les houles longues lointaines, et aussi de celui des fleuves méditérranéens, dont les pulsations extrèmement brutales et efficaces, avec charge solide considérable, ne sont pas non plus contrebalancées par la houle. Ainsi, dans les conditions actuelles, il est finalement naturel de ne pas rencontrer ici de vrai delta. Pour qu'il y ait un vrai delta sur une côté ouverte à la grande houle comme celle-ci, il faut un fleuve globalement plus puissant, comme le Niger (débit soutenu par une alimentation combinée,

pente plus forte,etc...) et encore à condition qu'il ne se termine pas directement dans un canyon sous-marin comme le Congo, au surplus décanté dans le Stanley Pool.

Quant à la marée qui marne 1 m 20 à Saint-Louis, elle ne parait pas jouer de rôle sensible dans la dynamique de la côte extérieure.

Cette évolution de la Langue de Barbarie sous l'influence de la houle s'intégre dans le cadre plus général de la côte occidentale de l'Afrique, et même une partie de celle de l'Europe, que l'on peut esquisser ici en se fondant surtout sur la synthèse de Jessen complétée par quelques autres données.

De Tanger à Dakar, l'influence de la houle de NW est, comme l'a bien vu Jessen, l'élément dominant dans la dynamique littorale, quoique l'évolution ne soit nullement aussi évidente quà la Langue de Barbarie. Au Maroc, la prédominance des houles de NW, et leur origine lointaine ont été bien établies (Roux 1949) et leur influence sur la dérive littorale du sable est connue (Guilcher et Joly, 1954, chapitre III). La dérive se fait normalement vers le Sud, comme cela se voit bien aux embouchures de Sébou et du Dra; celles du Sous et du Tensift sont déviées vers le Sud comme celle du Sénégal, mais à une échelle bien moindre. Les dérives en sens inverse proviennent soit de tourbillons locaux, soit de directions particulières de la côte (orientation WSW -ENE entre Mazagan et Casablanca, d'où déviation de l'embouchure de l'Oumer Rbia vers le Nord).

Mais cette évolution s'observe aussi au Nord de Tanger et au Sud de Dakar.

Au Nord de Tanger, on la retrouve sur la côte des Lande de Gascogne, où prédominent aussi les houles d'WNW (Guilcher Godard, Visseaux, 1952) et où le Cap Ferret devant le bassin d'Arcanhon est une reproduction de la Langue de Barbarie (Duffart, 1908). Il conviendrait d'étudier à ce point de vue la côte du Portugal.

Au Sud de Dakar, M. Pélissier, professeur agrégé de géographie à Dakar, a attiré notre attention sur la pointe de Sangomar devant l'entrée du Saloum. Cette pointe est, comme le Cap Ferret, une Langue de Barbarie: elle se développe en direction du Sud, et est sujette à des coupures. On est assez loin du Cap Vert pour que celui-ci ne fasse pas écran pour les houlesde NW, et surtout d'WNW (il faut se souvenir ici de l'existence de houles lointaines de cette direction au Sénégal: observations du 16 janvier) Donc le Cap Vert n'est pas une limite. Jusqu'où s'étend vers le Sud cette influence prédominante de houles de l'Atlantique Nord? Peut-être jusqu'à la Casamance. Plus loin on arrive dans la zone des mangroves de "Rivières du Sud" (Guinées portugaises et françaises)

Au-delà des rivières du Sud, et jusqu'a Capetown, on est dans un tout autre domaine, celui des houles australes de SSW nées dans le lit des grands vents d'Ouest et dont le puissant déferlement à la côte est nommé kaléma. De Capetown au Cameroun, la dérive se fait vers le Nord, d'où les flèche allongées vers le Nord dans le SW Africain, à Lobito, à Pointe Noire, au Gabon (Gevers 1936, Facy 1938, Bourrières 1952) Sur la Cote Nord du Golfe de Guinée,la dérive née

des houles australes de SSW est différente et dépend de l'angle sous lequel la houle de SSW frappe la cote: au NW du Cap des Palmes, la dérive se fait vers le NW, déterminant les flèches allongées dans cette direction au Libéria et en Sierra Leone; A l'Est du Cap des Palmes, elle se fait vers l'Est, jusqu'au delta du Niger (outre Jossen, voir Bourrières, 1952 et Pelnart-Considère, 1952)

En somme, il y a divergence de dérives littorales du Cap des Palmes, et convergences dans la région des Rivières du Sud et celle de la Nigéria.

MODALITESDE DETAIL DE L'EVOLUTION DE LA LANGUE DE BARBARIE.

Etant donné la faiblesse du marnage, l'estran, c'est-à-dire la zone entre la ligne des hautes mers et celle des basses mers, n'atteint jamais 100 m. de large. Mais cette largeur varie constamment dans le temps, de même que les caractères morphologiques de la plage. Les variations suivent la loi générale à toutes les plages du monde: il y a diversification des formes et du profil en travers lors des périodes de houle modérée, et arasement avec uniformisation lors des périodes de grosse houle. C'est en outre au cours de ces dernières que les dunes en formation sur la Langue de Barbarie peuvent être attaquées, jusqu'à destruction complète par érosion marine qui opère alors un recoupement de la Langue.

Les formes les plus intéressantes qui se réalisent pendant les périodes de houle modérée sont les <u>crêtes et sillons obliques</u>.Nous avons eu la chance qu'elles se trouvent être exceptionnellement apparentes pendant le début de notre séjour à Saint-Louis, du 30 décembre 1953 au 6 janvier 1954.

Cet état de la plage a normalement correspondu à des houles faibles: ainsi le premier janvier à 10 heures, la hauteur au déferlement n'était que de 0m,50 environ (moyenne des grosses vagues).A partir du 6 janvier la houle a été beaucoup plus forte (estimation pour la moyenne des grosses vagues, 1 m 80 à 2 m le 6 après-midi, 2 m 50 le 7 après-midi) et c tte houle des 6 et 7 janvier a tendu a araser la plage, ce qui confirme les résultats que nous avions obtenus antérieurement dans l'étude la plage de Mimizan (Landes de Gascogne).

Dans l'ensemble, les crêtes et sillons obliques de ce littoral sont du même type que ceux de la côte des Landes (Guilcher 1950; Guilcher, Godard et Visseaux 1952). Il s'agît de crêtes de sable attachées à la partie moyenne ou haute de la plage à leur extrémité Nord et s'en écartant progressivement vers le Sud, de sorte qu'elles laissent entre elles et le reste de la plage un sillon de direction également oblique. Suivant les cas, ce sillon est ou n'est pas occupé par une mare à basse mer. On en observe sur le jeu de photos aériennes verticales à 1/15.000e prises le 12 novembre 1949 dont l'assemblage se trouve à la M.A.S et dont est tirée la carte morphologique d'ensemble accompagnant le présent rapport. Nous en avons aussi photographié quelques exemplaires en vues obliques lors de notre survol de la côte le 5 janvier 1954.

Les crêtes et sillons obliques, qui sont dans le domaine de la barre interne, sont moins fréquemment présents ici que dans les Landes; ils sont, comme dans les Landes de répartition très variable sur la plage et de taille très inégale à un moment donné. Le 3 janvier, il y avait 17 crêtes

obliques sur les 20 km séparant la pointe au Chameaux de l'extrémité sud de la Langue. Leur longueur variait de 100 m à plus d'un km; sur de longues sections, elles faisaient défaut sans raison apparente. De même sur les photos du 12 novembre 1949, sur 30 crêtes obliques identifiables en 42 km, il y en a huit groupées sur 2 km 250 à la hauteur de Leybar. Le 3 janvier 1954, tantôt elles étaient sur le bas de la plage (ce qui est le plus fréquent), et alors incomplètement découvertes à basse mer; tantôt sur le haut de plage et alors complètement émergées à basse mer. La dénivellation entre crête et creux va de quelques décimètres à plus de 1 mètre. La crête n'est pas toujourd continue sur tout sa longueur, mais parfois interrompue de passes faisant communiquer le sillon avec la mer. Tout cela est commun avec les Landes.

Nous donons à titre d'exemple une crête oblique de grande dimension qui a été mesurée le 4 janvier devant N'Diago (figure 6). Certains caractères interessants apparaissent. Le sillon est à cheval sur le haut et le bas de la plage. Le profil transversal de la crête est dissymétrique, en pente plus douce vers la mer que vers la terre, et ceci est un caractère très général. Il est dû au mode de façonnement de la crête par les vagues. Celles-ci déferlent en dehors des crêtes observables sur la plage; puis le jet de rive (uprush of the swash de la terminologie anglo-saxonne) monte en nappe turbulente, et passe sur la crête qu'il contribue à aplanir. Lorsqu'il à franchi la crête, il tombe dans le sillon, et cette chute d'eau entretient une pente plus raide sur le versant interne. Lorsque la houle grossit, la crête est progressivement nivelée de la façon suivante:

les jets de rive devenant très puissants, ils entrainent une grande quantité de sable en passant sur les crêtes; leur retombée dans le sillon forme de véritables cataractes; ces cataractes son t reportées de plus en plus près de la terre à mesure que le bord interne de la crête se remblaie avec le sable du corps de la crête; finalement tout arrive à se niveler.

D'autres modalités de l'évolution des crêtes obliques ont été observées, grâce à des flotteurs lestés (et par conséquent donnant très peu de prise au vent) entre Saint-Louis et N'Diago le 4 janvier (figure 7). On avait ici une crête de plus petit format, avec trois passes. L'eau du jet de rive, une heure avant la basse mer, parvenait dans le sillon à la fois en flot concentré par la passe d'amont et en nappe par dessus les éléments de la crête. Le mouvement d'eau dans le sillon se faisant du Nord vers le Sud. Dans les deux passes il y avait constamment courant vers le dehors. Ces deux courants vers l'extérieur localisés dans les passes, et qui interrompaient la montée du jet de rive, sont un équivalent frappant de ce qui a été décrit sous le nom de <u>rip currents</u> (courants d'arrachement) sur la plage de la Jolla en Californie (Shepard, Emery et la Fond, 1941; Shepard et Inman 1950) La différence est que les courants d'arrachement que nous avons observés ainsi ne vont pas aussi loin vers le large que ceux de la Jollat au lieu de franchir la zone des brisants, ils ne parcourent qu'une distance de 20 m environ. Les flotteurs une fois entrainés par le courant dans la passe, revenaient sur la crête dans le sens indiqué par les flèches. En tout cas, on a là, comme en Californie des passes qui sont, sinon créées, du moins entretenues par les courants d'arrachement.

Une troisième série d'observations, également avec flotteurs lestés, a été faite (figure 8) le 6 janvier entre 1 et 2 heures de flot dans un ensemble crête-sillon situé à environ 2 km 1/é au Sud de N'Diago, et avec une houle plus forte que le 4 janvier (moyenne des grosses vagues: 1m 80 à 2 m) Cette houle déterminait de violentes pulsations du jet de rive correspondant aux groupes de grosses lames (sur les groupes de lames, voir Munk, 1949, et Lacombe 1951) avec courants sur la crête atteignant momentanément plusieurs noeuds et dans lesquels on avait peine à se tenir debout avec une profondeur d'eau de 0 m 70. Ces flux d'eau, qui faisaient varier la profondeur sur la crête de 0 m 30 en moyenne, se réflechissaient violemment sur la rive interne du sillon, et l'onde réfléchie heurtait l'onde montante suivante en un fort chapotis. C'est aussi dans de telles conditions qu'on observe le phénomène de cataractes dans le sillon signalé plus haut. Le 6 janvier on a mesuré avec les flotteurs la vitesse du courant Nord-Sud dans le sillon. Cette vitesse a été calculée en ligne droite du Nord au Sud; il est entendu que, par suite des mouvements d'avant en arrière dus aux groupes de lames, le flotteur à décrit un trajet en zig-zag nettement plus long. On voit (figure 8) que la vitesse est d'abord relativement très grande dans la partie amont du sillon, qui est alimentée par une forte nappe ruisselant du NW au SE sur l'enracinement de la crête; qu'elle devient ensuite progressivement beaucoup plus faible, et atteint un minimum devant la passe; puis qu'elle augmente à nouveau fortement au-delà de la passe. La diminution du courant avant la passe est évidemment due à l'augmentation de la section mouillée par rapport à l'amont; mais l'augmentation

de vitesse en aval de la passe reste inexpliquée. Il n'y avait pas de courant d'arrachement dans cette passe, contrairement à ce qui se produisait dans le cas de la figure 7. Plutôt que de tenter une explication hasardeuse, nous préférons laisser ce point en suspens , en espérant avoir donné une idée de la complexité des phénomènes hydrodynamiques qui affectent ces crêtes et sillons obliques. Des observateurs disposant de plus de temps que nous n'en avions au cours de cette mission pourront en poursuivre l'étude.

Mais dès maintenant on peut affirmer qu'il règne une dérive littorale permanente du Nord au Sud sur la Langue de Barbarie pendant tout l'hiver. Tous les pêcheurs à la ligne européens l'observent au plomb de leur lignes. En été, la dérive est faible ou nulle; l'inversion de la dérive (Sud-Nord) est extrèmement rare ou inexistante. Cela cadre bien avec les donnés sur la houle.

Signalons aussi que la réfraction des vagues à l'extrémité aval des crêtes ou sur les bords des passes donne lieu à la formation d'ondes entrecroisées. La réfraction entraine couramment des rotations d'ondes de I80° (autrement dit, l'onde réfractée est finalement orientée vers le large). Ce phénomène que nous avons signalé en Gascogne (Guilcher I950) est plus simple que les précédents, au moins dans son principe, sinon dans ses modalités de détail.

Comme en Gascogne, on peut admettre ici que la formation de crêtes obliques correspond à une tendance de la côte à s'orienter perpendiculairement à la houle oblique: comme la côte ne peut s'orienter ainsi dans son ensemble, elle le fait par échelons. On sait en effet, depuis les travaux de Lewis (I938) et de Schou (I945), que lesplages ont

tendance, en général sinon toujours , à prendre une telle orientation, qui est celle impliquant le minimum de dérive littorale, donc le maximum de stabilité.

On peut se demander si, sous la barre externe, il n'y a pas d'autres crêtes obliques toujours immergées. Il est difficile de s'en assurer, car des observations dans cette barre ne peuvent guère être faites, ni à pied, ni en bateau; mais cela est très vraisemblable. En effet, comme nous l'a fait remarquer M. Nestérenko, la barre externe présente, sur l'assemblage de photos à 1/15.000 e du 12 novembre 1949 une série de décrochements qui rappellent ceux des crêtes obliques plus près de terre. Mais ces décrochements sont beaucoup plus espacés que les autres: on n'en compte que 5 sur une distance de 42 km, contre 30 crêtes obliques au rivage nettement identifiables sur la même distance et les mêmes photos. Il semble donc y avoir deux systèmes d'échelles complètement différentes . On peut même se poser la question de savoir si la pointe entre N'Diago et N'Diemar ne serait pas un élément de crête oblique d'échelle encore plus grande, et fixé à l'inverse des autres qui sont des formes éphémères. Cela nous semble pourtant peu problable car, on l'a vu plus haut, cette pointe correspond à une ondulation des dunes 4 à l'intérieur Elle est donc peut-être dûe à une influence, sur le tracé de la côte, de ces dunes 4 qui existeraient à faible profondeur sous les dunes 6 et seraient à "fleur d'estran".

Une autre forme éphémère d'estran, ce sont les croissants de plage (beach cups) que nous avons observés plusieurs fois en longues séries sur la plage. Le 3 janvier, M.NICOLAS

en a compté 44 au mille terrestre (au compteur du commandcar) entre Saint-Louis et la pointe sud de la Langue, ce qui donne une longeur d'onde moyenne de 36 m. Une autre observation faite le Ier janvier à la pointe aux Chameaux, a donné les longueurs d'onde suivantes (en mètres) pour 18 croissants consécutifs:

32,8 - 28 - 31,2 - 30, 4 - 27,2 - 28 - 29,6 - 30,4 - 28 - 22,4 - 23,2 - I7, 6 - 20 - 20 - I9,2 - I9,2 - 21,6 - 20,8 -

Les profondeurs maxima etaient de 40 à 60 cm. On retrouve ici un caractère habituel (Guilcher I949) des croissants dans le sable par opposition à ceux dans les galets: régularité relative des longueurs d'onde (rapport des extrèmes: 1,86)

Un caractère des croissants observés le Ier janvier était d'être déjetés, de façon que leur ouverture se trouve face au NW et non à l'W. Il y a là une adaptation évidente à la houle oblique , comme pour les crêtes d'estran. Ce caractère a été retrouvé en d'autres cas sur la Langue de Barbarie; il apparait aussi sur les photos à 1/I5.000 e du I2 novembre I949, par le travers de l'île de Salsal.

Un troisième trait interessant est constitué par les microfalaises attaquant les dunes, et qui sont, au contraire des crêtes et sillons obliques, en principe liées aux périodes de démaigrissement et d'arasement de la plage (quoique, dans des conditions mal définies, il puisse s'en former localement en dehors des périodes de très forte houle). Ces microfalaises peuvent atteindre parfois plus de 2 m de haut. Lorsque la mer ne les avive plus, elles s'oblitèrent par écoulement, sur leur tranche, du sable sec qui les surmonte, ce talus d'éboulis ayant la pente limite du sable sec (30 à 32°). Nous avons dit que la formation de ces microfalaises

est le processus des recoupements de la langue. Un tel recoupement a failli se produire en novembre 1953 à environ 2 km en aval de Gandiole. Les effets du phénomène étaient encore bien nets lors de notre visite du 3 janvier. La dune a été tranchée en falaise, puis arasée sur une centaine de mètres de long. La grosse houle a effectivement coupé la Langue à pleine mer, et transporté le sable de la plage sur le schorre et de la rive interne de la Langue, en remblayant une petite baie. Mais la coupure se n'est pas maintenue après que la houle a diminué.

On a pu se demandé si les plantations de filaos que les Ponts et Chaussées ont faites sur la Langue, et qui ont pour but de stabiliser et fixer celle-ci, sont suffisantes pour empêcher les coupures. L'exament de la brèche de novembre 1953 montre que les filaos n'ont pas empêché la mer de chasser le sable vers l'intérieur et d'araser la dune. Néanmoins, les racines des filaos étaient suffisamment profondes pour que les arbres n'aient pas été déchaussés et renversés: ils sont restés enracinés et ne sont pas morts. On peut penser que, s'il n'avaient pas existé, la coupure aurait peut-être été définitive. Nous pensons donc que s'il ne faut pas compter sur les filaos pour empêcher totalement les coupures, du moins peuvent-ils limiter le nombre et la fréquence de celles-ci, et amener certaines à se colmater très rapidement sans migrer vers le Sud. Ce que l'on peut contester, c'est l'utilité qu'il y a à empêcher cette flèche de sable de se couper librement de temps en temps, étant donné qu'elle est absolument déserte et inutilisée.

On ne pourrait arguer que de l'inconvénient résultant des modifications d'emplacement de la passe d'entrée du fleuve: inconvénient lui-même minime, vu le faible nombre de navires de mer fréquentant Saint-Louis dans l'état actuel des choses. Notre mission ne comportait pas l'étude des conditions de navigabilité de l'entrée du Sénégal, et nous ne nous étendrons pas sur ce problème.

LE PROBLE DU CHENAL POUR PIROGUES A TRAVERS LA BARRE.

Un autre problème, d'envergure beaucoup moins grande mais d'intérêt pratique plus immédiat, est celui de savoir si l'on ne pourrait pas améliorer l'accès de la plage pour les pirogues des pêcheurs devant Guet N'Dar et N'Dar Tout. Dans l'état des choses actuel, il arrive souvent que les pirogues chavirent dans la barre lorsqu'elle est forte. Bien que les pêcheurs prennent des dispositions pour ne pas perdre leur poisson en pareille occurence, il y a là un fait fâcheux, limitant en une certaine mesure le développement de la pêche à Saint-Louis. En effet, c'est pendant la saison sèche que la pèche donne le mieux et c'est justement le moment où la barre est la plus mauvaise puisque l'on est alors dans la période où les dépressions sont les plus fréquentes et les plus creusées sur l'Atlantique Nord. D'autre part, un accroissement de la production de poisson serait très souhaitable pour améliorer l'alimentation de la population.

Lorsque nous avons parlé à M. Nestérenko de l'importance de la morphologie des crêtes et sillons obliques sur la plage extérieure, il s'est demandé si l'on ne pourrait pas l'utiliser pour améliorer l'accès de la plage. En effet, dans la passe qui existe à l'extrémité aval de

chaque crête oblique, les vagues ne déferlent pas ou déferlent peu. Si les crêtes obliques existaient constamment il n'y aurait pas de problème. Malheureusement, on à vu que les périodes de grosse houle les arasent, autrement dit qu'elles disparaissent au moment même ou elles seraient les plus utiles. D'où l'idée d'essayer de fixer une des crêtes obliques par un système de palplanches implantées dans le sable, et dont le sommet affleurerait juste au sommet de la crête pour maintenir les conditions créées par la mer sans troubler la morphologie. On pourrait d'abord essayer cette implantation dans une des crêtes du bas de plage (petite barre interne près du rivage), puis, si le système s'avérait efficace, le tenter également dans une des crêtes qui sont présumées exister à plus grande échelle sous la barre externe (noton à ce propos que, sur les photos du I2 novembre I949, un des décrochements de la barre externe se trouve juste au Nord de N'Dar Tout, de sorte que, devant Saint-Louis il n'y a en fait, qu'une seule barre. Mais quel est de degré de permanence de ce fait?)

Bien que ce travail ne doive pas entraîner des frais considérables , une economie pourrait être faite si l'on tentait d'abord un essai sur modèle réduit, à condition, bien entendu, que celui-ci n'entraine lui-même qu'une dépense très inférieure au travail définitif. Or, nous pensons que ce modèle réduit pourrait être réalisé sans faire appel à une société d'études hydrauliques, en utilisant les conditions naturelles réalisées à petite échelle dans le Sénégal, à la pointe Nord de l'ile Babaguye. Nous y reviendrons dans la troisième partie de ce rapport.

III. MORPHOLOGIE ET EVOLUTION DES RIVAGES INTERIEURS

LE MARIGOT DES MARINGOINS. Le marigot des Maringoins a été examiné les 7 et 8 Janvier dans sa partie proche de la mer.

Depuis 1936, dernière date à laquelle le Sénégal se serait écoulé dans la mer par cette voie, les dunes actuelles 6 ont été très peu reconstruites entre le marigot et la plage. Elles ne forment qu'un petit bourrelet de 20 m de large environ, dans lequel certains abaissements ne dépassent guère de plus de 1m la crête de plage. En arrière, la configuration et le nivellement font, depuis notre mission, l'objet d'un levé de précision de la M.A.S. Dans l'état des levés en mars 1954, et comme il ressort aussi de notre propre exploration avec M. Nicolas, on peut dire que la figuration de la carte à 1/200.000e est exacte dans ses grandes lignes pour la partie immédiatement en arrière de la plage (fig. 9): dans une zone marécageuse et plate, allongée parallèlement au rivage, s'individualisent deux petits marigots parallèles qui se réunissent au Nord pour confluer dans un marigot Ouest-Est, large de 200 à 250 m environ et qui communique avec la sebkha nommée marais de Toumbos. Le survol du 12 janvier a aussi montré que la dépression a petits marigots parallèle à la cote se continue sur plus de 1 km au Sud avec des oblitérations, par un sillon derrière les dunes 6 dans lequel subsistent des mares (photo oblique 5003 du 12.1.54). L'eau de tous ces marigots est très salée, et la salure ne provient pas uniquement de la concentration des eaux de crue sous l'effet de l'évaporation. En effet, nous avons constaté que l'eau s'écoulait, dans les deux petits marigots parallèles au rivage, du Sud vers le Nord, et que cet écoulement était alimenté par des suintements d'eau de mer à travers la dune

bordière. Ces écoulements, observés à haute mer de coefficient 91, sont sans doute très inférieurs à 1 m3/seconde; mais au bout d'une longue période, ils constituent un apport qui n'est pas négligeable si l'on songe qu'en temps normal ils ne sont pas compensés par un apport d'eau douce du Sénégal. Un moyen de les annihiler serait de relever le plan d'eau du Marigot des Maringoins et du marais de Toubos. L'importance du relèvement nécessaire sera déterminée par le nivellement en cours, et son degré d'utilité ressortira du plan général d'aménagement du Sénégal.

L'écoulement inversé et parallèle à la cote en direction Sud-Nord, qu'on vient de caractériser, a eu pour résultat de construire, en travers de l'extrémité du marigot des Maringouin un petit delta (fig.9), ce qui montre que l'inversion de l'écoulement est devenue un phénomène normal: la crue, qui devrait rétablir l'écoulement Nord-Sud derrière les dunes côtières si elle était assez puissante, se révèle incapable de détruire ce delta ou même d'en oblitérer les formes. Il faut sans doute une crue exceptionnelle pour arriver à ce résultat.

Sur le revers oriental des dunes 5 a, existe un marigot figuré également sur le 200.000e, et qui lors de notre visite se réduisait à un chapelet de mares, avec des traces d'occupation de bout en bout lors des hautes eaux. Mais les levés en cours viennent de montrer (figure 1o) que ce marigot qui est en somme le marigot de N'Diadier du 200.000e, n'est pas en communication avec le Sénégal; il s'appelle le marigot de Sorong, vient d'un seuil situé à une vingtaine de km de la côte, à partir duquel coule en sens inverse vers l'ESE le véritable marigot de N'Diadier vers le Sénégal. Le seuil de partage a environ 1m d'altitude relative. La véritable communication du Sénégal avec la côte à cet endroit se fait plus au Nord par la zone basse située un peu plus à l'intérieur au bord de la piste de Mauritanie et aboutissant à un lac indivi-

dualisé dans le SE du marais de Tombos; lac qui aurait, d'après les dires des Maures, une dizaine de mètres de profondeur (ancien ria du Sénégal, à rapprocher des sillons sous-lacustres dans les étangs du littoral gascon?).Le veritable marigot des Maringouins serait donc constitué par la zône basse au pied de la piste de Mauritanie le lac profond (nommé lac M'Bell), à l'extrémité méridionale du marais de Toumbos et que tout le monde s'accorde à appeler marigot des Maringouins juste en arrière de la côte.

La zone située juste au revers oriental des dunes 5a où passe la partie ouest du marigot de Sorong, et qui est en somme l'extrémité méridionale de la sebkha de Toumbos, est une plaine à végétation halophile, constituée de limon fin passant à une vase noire dans les parties le plus longtemps humides. La vase est souvent recouverte en surface d'un dépôt à phase sableuse prédominante, et coloré en ocre, et ceci est également vrai de la rive Nord du marigot Est-Ouest entre le marais de Toumbos et la dune cotière. L'épaisseur de ce sable ocre est d'environ 2 cm.

Cette zone amphibie encadrant la partie occidentale du marigot de Sorong évolue sous l'influence de trois facteurs: l'écoulement lors des hautes eaux (ou dans le passé?); les vaguelettes de vent; le vent.

a). Le courant d'écoulement a donné le trait de relief le plus saillant: des levées (fondé), hautes d'environ 1m,50 au dessus-des cuvettes plates situées en arrière (oualo).Ces levées accompagnent le marigot de Sorong, et sont couvertes de Salicornes. Leur largeur est d'environ 50 à 100 m.On peut se demander si elles sont fonctionnelles, ou si elles n'auraient pas été plutôt édifiées à un moment où le Sénégal passait par le marigot de Sorong c'est à dire où il n'y avait pas

de seuil entre ce marigot et celui de N'Diadier sensu stricto. Des études ultérieures pourront préciser ce point.

b). Lors de la décrue, les vaguelettes de vent se formant sur les étendues d'eau stagnante façonnent de petites barres et flèches en crochet analogues à celles que nous décrivons plus loin aux abords de Saint-Louis. Ces flèches sont formées de limon, avec vase plus fine se déposant dans les mares qu'elles enclavent. Elles existent aussi sur le marigot W-E situé entre le marais de Toumbos et la côte, et dans le Delta qui y est construit par l'écoulement inversé Sud-Nord: ce sont, en ce dernier point, des formes classiques de remaniement d'un delta sous l'influence des vagues de la nappe d'eau où débouche ce delta. En outre, la reconnaissance aérienne du 12 Janvier au Nord de la sebkha de Toumbos nous a montré que, dans toute la zône de sebkhas alors déssechées qui s'étendent de ce côté entre les dunes 5 et les dunes rouges 2, il existait également de très nombreuses flèches en crochet, construites par les vagues qui se formaient sur ces sebkhas quand elles étaient remplies d'eau (photos 5015, 5016 et 5017 du 12.1.54). Il serait souhaitable de cartographier en détail une partie de ces flèches en crochet pour en étudier les formes et l'orientation. En première approximation, elles paraissent mises en place par des vagues issues de vents du secteur Nord, dont l'orientation précise reste à déterminer. Comme le Sénégal ne déborde pas jusque là tous les ans, il s'agit de formes ayant une certaine permanence malgré leur faible volume saillant.

c) Lorsque le limon du oualo est desséché, le vent l'entraine et le rassemble autour des pieds de salicornes. Quand arrive la crue des petites édifications sont probablement détruites ou tout au moins altérées; mais le vent emporte aussi une partie du limon hors de la zone d'épandage,

sans que nous puissions préciser la quantité de limon qui sort ainsi du circuit. Inversement le vent apporte du sable des dunes 5 a dans la zone d'épandage et les dunes 6 ont atteint dans leur progression la rive Nord du marigot des Maringouins entre Toumbos et la côte, sans toutefois l'avoir encore étranglé en ce point (photo 5006, partie droite). Un établissement humain avec palmiers situé à cet endroit, et dont il serait utile de connaître la date d'abandon, est encore peu envahi par les dunes bien qu'elles le surmontent immédiatement. Il serait également utile de préciser la date d'abandon des nombreux petits établissements humains parsement les dunes 5a et au Sud du marigot entre Toumbos et la côte.

Les MARIGOTS DE TIALLAKT, de BOYTET ET DE GAVART. Les 2, 6 et 13 janvier, ces trois marigots ont été étudiés. Il apparait évident qu'il s'agit d'anciens bras du fleuve, autrefois importants, et devenu aujourd'hui non ou peu fonctionnels par suite de l'envahissement des dunes 5 et 6, l'envasement et peut-être le r cul du rivage.

Le marigot de Tiallakt au Sud de N'Diémar est bordé d'un fondé inondable bien caractérisé et peuplé de grandes salicornes. Entre ce fondé et les dunes 4 se trouve, à environ 0 m 50 en contrebas, un oualo à végétation herbacée sans salicornes, la différence de végétation soulignant fortement la légère dénivellation. Ces deux zones se poursuivent sur le bord du marigot de Boytet, qui a été complètement sectionné dans sa partie Ouest par les Dunes 5. Du fait qu'il n'est plus parcouru par le courant, il est en voie d'oblitération dans sa partie orientale, où il se raccord au marigot de Tiallakt: là,il est dans son ensemble obstrué par de la vase inondée seulement en temps de crue, craquelée par des fentes de dessication lors de notre visite du 13 janvier, et

colonisée par Tamarix senegalensis. Il n'y persiste qu'un petit creek de quelques mètres de large où circule la marée. Quant à la mare résiduelle à l'Ouest de ce creek, elle est évidemment destinée à se convertir à son tour schorre.

Le marigot de Gavart n'est pas, à l'inverse de celui de Boytet, recoupé par les dunes; mais le recoupement est imminent au Nord de N'Diago, où la dune 6 ne laisse subsister qu'un bras rétréci à quelques mètres; de sorte que ce marigot n'est plus que le lieu d'un écoulement très réduit, sauf au maximum de la crue, et qu'il est envahi par le schorre, avec parfois des tamaris, en de nombreux endroits au Nord et au Sud de N'Diago. Ces vasières se développent dans leurs parties méridionales, et son rongées dans leursparties faisant face au Nord par les petites vagues de vent: c'est là un phénomène très général, que nous retrouverons sur le bras principal du Sénégal Nord et au Sud de Saint-Louis.

On peut donc admettre que cet ensemble de marigots atrophiés représente un Sénégal qui s'écoulait autrefois en position plus occidentale, et qui a été refoulé dans sa position actuelle par obturation dunaire: les dunes n'ont pas repoussé progressivement le fleuve vers l'Est, mais ont déterminé l'abandon de l'ensemble des marigots envahis au profit de marigots non menacés par les dunes. Il y a donc eu changement de lit principal sur toute la partie au Sud de 16° 25' Nord, par suite de l'envahissement éolien, sur le revers du littoral. Il est impossible pour l'instant d'affirmer que le marigot de Boytet se terminait directement dans la mer à l'endroit où il disparait sous la dune 5; peut-être s'est-il toujours recourbé vers le Sud comme le font actuellement le marigot de Gavart, et le Sénégal lui-même au Sud de St-Louis. Des sondages sous dunes entre le marigot de Boytet et la mer pourraient décider de ce point, important pour l'évolution du fleuve.

EVOLUTION DES VASIERES. Les vasières estuariennes du Sénégal sont de deux types. Certaines, (les plus nombreuses) portent, comme les vasières européennes des mers à marée, une végétation herbacée avec parfois aussi destamaris, et forment des schorres. La différence avec les chorres européeens est que ceux que nous avons vus ne sont par normalement recouverts par les grandes marées, mais seulement en temps de crue. Les autres sont des vasières à mangrove. Les palétuviers qui sont ici à la limite septentrionale (à part quelques avicennia résiduels au cap Timiris), sont beaucoup plus petits que ceux des estuaires et marais africains situés plus au Sud: ils n'atteignent guère plus de 2m,50 à 3 m, mais présent néanmoins les caractères habituels: fouillis de racines plongeant dans la slikke de vase molle, et partiellement baignées par la marée haute.

Les schorres et les mangroves ont fait l'objet d'un examen les 11, 13, 14 et 15 janvier aux iles Salsal, Roup Babagueye, et sur les rives du Sénégal entre Saint-Louis et le confluent du marigot de Tiallakt.

La localisation des mangroves est extrèmement nette. Avec M. Nicolas nous avons observé un fait que M. Trochain ne signale pas dans son beau travail sur la végétation du Sénégal; les mangroves se trouvent sur les rives convexes du Sénégal (il y en a très peu sur les marigots, notamment celui de Tiallakt), dans la mesure où ses rives convexes sont abritées des vagues formées par les vents du secteur Nord (fig.11). Il n'y en a donc pas, en pricipe face au Nord. Par exception on en trouve face au Nord sur le petit bras de l'ile aux Bois, parce que la course des vagues (fetch) y est insuffisante pour en entraver la croissance.L'absence

sur les rives concaves est due, comme l'absence face au Nord, à l'érosion . Les rivages à mangrove sont uniquement vaseux, et sans plage de sable. Sur le Sénégal, il y a, dans les rives concaves et celles exposées au Nord, soit une petite plage de sable, soit une microfalaise dérosion du schorre sans mangrove, soit les deux superposées.

Les rives concaves ou exposées au Nord sont donc des rives érodées. Là où la course des vagues est assez longue, notamment sur la rive Nord de Babagueye et la rive NW de Roup, cette érosion parait rapide. Mais il importe de préciser la vitesse de cette érosion, et aussi de se rendre compte si les schorres et les vasières à mangroves s'accroissent et à quelle vitesse. A cet effet nous avons procédé à la mise en place de repères de trois types:

a) Repères destinés à mesurer la vitesse d'érosion des berges des schorres (c'est à dire leur recul latéral), dans des endroits où leur morphologie, la force des vagues, la destruction de la végétation herbacée et le ravinement par le ruissellement des petits paquets de mer, enfin parfois la comparaison de photos aériennes, les montrent particulièrement rongés. De tels repères ont été plantés à Roup et à Babagueye. Ce sont des piquets de fer enfoncés dans la vase du schorre, et dont la distance au bord du schorre est mesuré dans une direction bien définie. Des photos-repères ont égalementété prises dans le même but.

b) Repères destinés à mesurer la vitesse d'engraissement de slikkes à mangrove (Salsal, Roup). Ce sont des semis de sable, eux-mêmes repérés par des piquets de fer, et qui ont été effectués chacun sur 1 m de diamètre selon les principes de Niels Nielsen (1935) et Sterrs (1948) que nous avons nous-même déjà appliqués en Bretagne (1953). Le sable, prélevé sur la plage extérieure se distingue facile-

X

ment de la vase in situ. Des carottages ultérieurs doivent permettre de mesurer l'épaisseur de vase déposée sur le sable en un temps donné, et par conséquent la rapidité de la sédimentation.

c) Repères destinés à mesurer la vitesse d'engraissement des schorres sans mangrove (Salsal, Roup). Il s'agit de semis de sable analogues aux précédents, et faits en écartant la végétation herbacée, que l'on ramène ensuite soigneusement sans l'arracher.

Les repérages permettant de retrouver les points d'expérimentation sont entre les mains de M. Nicolas, qui les remettra à son successeur s'il est amené à quitter Saint-Louis. Il est extrêmement désirable que de nouveaux semis de sable et de nouvelles plantations de piquets-repère de recul soient faits sans tarder, de façon à ce qu'il y en ait au moins 25 en des positions aussi diverses que possible, mais dans un rayon limité autour de Saint-Louis afin de faciliter les relevés ultérieurs. Les carottages pourront être multipliés dans le temps sur le même semis, étant donné la largeur de ceux-ci. Il suffira de carottes de petite section, qui peuvent être prélevées, comme le préconise Steers, avec une pompe de bicyclette tronquée: c'est le système que nous avons employé en Bretagne.

Un point inquiétant c'est l'action des être fouisseurs et en particulier les crabes, qui creusent de grands terriers dans les schorres du Sénégal. Il est a craindre que ces êtres ne bouleversent complètement certains semis. On peut toutefois espérer que quelques semis au point échapperont à la destruction, et il y a là une raison supplémentaire de disposer d'un réseau de semis aussi dense que possible. Les semis sur slikke peuvent aussi souffrir des poissons fouisseurs; mais il n'y a sans doute pas à craindre le râclement

par les crocodiles, qui ne sont guère représentés aux abords de Saint-Louis, et qui n'ont pas la place de passer entre les racines des palétuviers où sont faits les semis (on a choisi pour cette raison, des endroits où les racines sont sérrées). D'ici un an ou deux, on pourra se rendre compte si cette technique d'étude des vasières, qui a fait ses preuves en Europe Occidentale, peut être étendue telle quelle aux vasières tropicales, ou comment il faudrait la modifier.

EVOLUTION DES RIVAGES SABLEUX. On a vu que certains rivages internes sont bordés de petites plages de sable. Pour tous ceux de ces rivages qui ne sont pas au revers des dunes 5 et 6, l'origine du sable n'est pas douteuse: il s'agit de sable entrainé de la plage externe dans les dunes, puis tombant de celles-ci dans les marigots ou dans le Sénégal. Les coupures de la Langue de Barbarie par la mer au Sud de Saint-Louis peuvent avoir le même effet. Mais il y a aussi des plages sur la rive orientale du Sénégal en aval de Saint-Louis, ou dans les îles de la même zone (notamment Babagueye) dont le matériel ne peut pas avoir cette origine, au moins directement. De toute façon, le sable des plage migre du Nord vers le Sud sous l'influence des vagues formées par le vent de Nord, et généralement sous forme de flèches en crochets à convexité tournée vers le Nord, Nord-Ouest ou Nord-Est.

L'étude de l'île de Babagueye permet de préciser et d'éclairer cette évolution . Cette île est formée d'une bande de sable Nord-Sud, longue et étroite, qui est peut-être(?) originellement un banc du fleuve, en tout cas évolué ensuite en dunes (dunes 5 ?), où l'on retoruve les orientations habituelles NNW-SSE dans la

moitié Sud. Les dunes sont dans leur ensemble fixées par des plantes diverses, notamment des accacias. A l'abri de cette langue de sable s'est formée une mangrove dans l'Est. A la pointe Nord-Est, la mangrove passe à un schorre dans palétuviers, qui est rongé rapidement (piquet-repère planté à cet endroit), ainsi que la dune à la pointe Nord: les accacias sont déchaussés et pendent sur cette plage. Cette dune de la pointe Nord repose sur une vase durcie de schorre dans sa partie Est, ce qui montre que le sable avait été chassé par le vent sur la vasière se formant à son abri.

Dans le centre-Nord, la langue de sable est très étroite, certainement parce qu'elle est rongée sur sa face Ouest, où le sable est entaillé, comme au Nord, en falaises. Toute la rive Ouest est accidentée de flèches en crochets, le plus souvent composées (plusieurs crochets successifs dans la même flèche) avec des mares de colmatage vaseux temporaire à leur abri, c'est-à-dire sur leur face Sud. La rive est de Babagueye porte par endroits quelques crochets, mais beaucoup moins développés. Enfin, la pointe Sud de l'île (pointé de sable fin) s'allonge rapidement: elle semble avoir progressé de plus de 100 m depuis les clichés aériens pris en 1937. A mesure qu'elle s'allonge elle se recourbe lvers le SE, et en même temps le rivage de Salfal qui est en face , recule par érosion.

Il est donc certain que cette île évolue sous l'influence principale des vagues de vent de NNW et accessoirement sous l'influence des vagues de vent de NNE, ce dernier étant moins important comme nous le savons. Ces vagues érodent la partie Nord et NNW de la construction; les sédiments sableux enlevés à la pointe Nord migrent surtout sur le rivage Ouest, et accessoirement sur le rivage Est plus abrité, sous forme de flèches en crochet.

Les matériaux transférés viennent allonger l'île au SE, et le recourbement de cette queue de l'île montre bien la prédominance du vent de NNW sur celui de NNE. Le tonnage de matériaux sableux constituant Babagueye doit rester à peu près constant, mais il se déplace du Nord vers le Sud.

Ceci s'accorde bien avec l'ancienne existence, que nous a signalée M. Nicolas, d'une batterie à Babagueye batterie qui a disparu et dont l'emplacement exact n'est pas connu. Il est très probable que cette batterie a été détruite par érosion littorale au cours de l'évolution que nous venons de caractériser. M. Nicolas à d'ailleurs trouvé, sur le rivage SW de l'île, quelques parpaings qui pourraient en être les restes.

Babagueye n'est pas un cas isolé: elle est seulement typique. L'ile de Salfal évolue de la même façon (notamment dunes fortement érodées sur la rive Nord). Sur toutes les rives du Sénégal en aval de SaintLouis, un survol fait voir d'innombrables flèches en crochet, souvent admirablement régulières, et toujours convexes vers le Nord avec pointe libre effilée vers le Sud. Elles sont figurées sur nos cartes mrophologiques. Ainsi, celles comprises entre Gandiole et Babagueye; celles de la presqu'ile de Sor (Nord de Babagueye) celles situées au Nord et au Sud de l'ancienne base d'hydravions en face de Babagueye (rive Ouest du leuve). Il y en a également de très régulières sur la rive du marigot de Diambal (à l'Est de l'île de Salfal), et sur le marigot entre Salsal et N'Diago (au Nord de N'Diago le fetch devient trop faible).

L'orientation exacte de ces flèches en crochet dépend de la rive sur laquelle elles sont formées. Celles des rives occidentale du Fleuve sont face au NE ou NNW, et celles des rives orientales du Fleuve sont face au NW ou NNW. Ceci est tout à fait normal car sur les rives Ouest les vagues de vent de NNW n'ont pas la possibilité de se former ou n'y parviennent qu'après réfraction et amortissement; de même pour les vagues de vent de NNE sur les rives Est. Mais on peut dire que partout, comme à Babagueye, c'est face aux vagues de NNW que les flèches en crochet sont les plus développées, ce qui confirme une fois de plus la prédominance et l'efficacité du vent de NNW.

Une étude plus détaillée que la nôtre permettra certainement de préciser la vitesse d'évolution de ces flèches. On pourra pour cela comparer les différents levés aériens, et planter des piquets-repères suffisamment enfoncés pour qu'ils ne puissent pas être arrachés par des voleurs. Rappelons aussi l'existence, signalée plus haut, d'autres flèches en crocrochet au Marigot des Maringouins et dans les sebkhas asséchés au Nord du Marais de Toumbos (Mauritanie).

A la pointe NNW de Babagueye, nous avons observé le I5 janvier, à la suite d'un vent de NE assez fort, des crêtes et sillons obliques de petit format que le bord de la première flèche en crochet partant du Nord. Ces micro-formes présentaient les mêmes caractères que celles de la plage externe de la Langue de Barbarie: elles étaient parallèles à la petite houle après sa réfraction. La profondeur des sillons par rapport aux crêtes étaient de I0 à 20 cm; la longueur des crêtes, de I2 à 20 m. Le format s'explique par la petitesse des vagues formatrices.

Il semble qu'on pourrait s'en servir comme banc d'essai pour l'implantation de palplanches destinées à faciliter l'accès des pirogues à la Langue de Barbarie. On a là un

véritable modèle réduit, qu'on peut s'attendre à voir fonctionner normalement en janvier, mois pendant lequel les vents de NNE sont dominants. L'essai ne coûterait qu'une somme très minime, et on pourrait modifier la disposition des palplanches à volonté.

CONCLUSIONS

RESUME DE L'EVOLUTION ACTUELLE. Nous avons laissé de côté tout ce qui concerne l'évolution des bras les plus internes du Sénégal, ainsi que la Vallée plus en amont: cela ressort à la Mission de M. TRICART. Nous n'insistons pas non plus sur les épisodes anciens, au cours desquels l'embouchure du Sénégal a pu avoir une configuration très différente de l'actuelle: M. Nicolas doit les étudier dans un travail en préparation.

Dans la situation présente, le rivage aux abords de l'embouchure du Sénégal ne se présente pas sous l'aspect d'un véritable delta, puisqu'il n'y a pas de protubérance de la terre dans la mer. S'il y a eu autrefois delta (ce que M. Nicolas discutera dans son travail), il a été tronqué.

Actuellement le rivage est en voie de recul, au moins à Saint-Louis, ailleurs, même s'il n'est pas en recul partout les dunes nourries à la plage tendent à envahir les marigots et a provoquer un report du cours principal en des bras plus internes. En laissant de côté la possibilité d'une ria ancienne au lac M'Bell, il se peut qu'il n'y ait jamais eu d'issue continue à l'endroit où le marigot franchit les dunes littorales lors des très grandes crues contemporaines, mais que ce

marigot ait l ngé la côte vers le Sud jusqu'à un envahissement qui l'a fait abandonné par le Sénégal. Nous ne nous engageons pas sur ce point, et on peut dire la même chose du marigot de Boytet. En tout cas la déflection manifeste des cours vers le Sud, qui s'observe de nos jours, est due non seulement aux dunes liées au vent de NNW, mais aussi et en première ligne à la houle de NW, houle d'origine lointaine et née des tempêtes de l'Atlantique Nord, qui tend à allonger la Langue de Barbarie jusqu'à une position limite atteinte périodiquement, et a peu près réalisée en 1954. La prédominance de la houle lointaine dans l'évolution littorale n'est pas spéciale à cette région, mais générale à toute la cote Ouest d'Afrique.

L'origine des sables mis ainsi en mouvement pose des problèmes dépassant largement le cadre de note étude: peut-être sont-ce simplement des sables existants depuis très longtemps devant et sur la Cote de Mauritanie, et qui sont remaniés par la mer à son niveau actuel. Quant à leur destination, nous avons suggéré qu'elle pourrait être, au moins partiellement le Canyon de Cayar, et de là, les grands fonds, où ils pourraient former en partie " les sables pélagiques" des auteurs Duplaix et Cailleux, 1950 et 1952). Dans le détail la houle lointaine modèle, quand elle n'est pas trop forte, des crêtes et sillons obliques sur la plage; ces formes sont arasées lors des périodes de grosse mer, qui peuvent aussi, amener parfois un recoupement de la Langue de Barbarie.

Alors les rivages externes dont modelés parla houle lointaine, les rivages internes sont sous l'influence des vents locaux à composante NNW: non seulement parce que les dunes nées de ces vents envahissent les marigots, mais aussi parce que les vagues qu'ils forment modèlent les rivages des bras, là ou elles ont une course suffisante. Elles y ont

créé une morphologie de flèches en crochet en migration vers le Sud ou Sud-Est, et érodent les vasières sur leur face Nord, alors que ces vasières continuent à s'accroitre au Sud, où la mangrove peut prendre pied en position abritée. Il se trouve donc que la houle lointaine et les vents locaux travaillent à peu près dans la même direction; mais chacun a son domaine d'action propre. Quant au Fleuve, son rôle paraît être surtout d'apporter des éléments très fins sur les schorres qui ne sont immergés qu'en temps de crue ; l'importance de ces apports pourra, espérons-le, être déterminée pour les abords de Saint-Louis par les mesures sont nous avons posé les jalons. Dans l'ensemble, il y a colmatage prédominant par la vase et les dunes dans les marigots au Nord de Saint-Louis, qui sont étroits et moribonds, et migration de sable avec flèches en crochet surtout au Sud de Saint-Louis, où les vagues ont une assez grande course sur le Sénégal.

PRINCIPAUX TRAVAUX A POURSUIVRE. D'un point de vue pratique, on pourra essayer de fixer une crête oblique pour faciliter l'accès des pirogues à Guet N'Dar et N'Dar Tout , mais il y aurait intérêt a opérer d'abord sur modèle réduit, en utilisant la micro-morphologie du même genre qui a été constatée sur la rive Nord de Babagueye, et qui doit normalement être réalisée au mois de janvier.

D'autre part, si l'on veut utiliser d'une manière quelconque le marigot des Maringouins et ses annexes dans le Plan d'Amén gement du Sénégal, il ne faut pasperdre de vue qu'il y a de ce côté des infiltrations d'eau de mer à,travers la dune bordière. Il y aurait donc lieu le cas échéant, de contrôler ces infiltrations, ce qui ne soit pas être très difficile étant donné qu'elles sont assez faibles.

L'étude des vasières, inaugurée par les plantations de piquets-repères et les semis que nous vons faits, demande de la continuité d'observation. Il importe donc que, lors des changements de titulaires des postes de chercheurs, les consignes soient bien passées, et que des mesures soient périodiquement faites par carottages. Ces mesures devront être effectuées sans trop tarder pour la première série d'entre elles, étant donné la menace que les animaux fouisseurs font peser sur les semis. Moyennant un travail minime, on devrait arriver à une idée assez correcte de l'évolution des parties vaseuses.

De même, pour les rivages sableux internes, l'implantation de quelques mires, enfoncées de plusieurs mètres pour éviter tout arrachement, permettra de suivre l'évolution (notamment celle des flèches en crochet).

On pourra envisager de cartographier une partie des flèches en crochet situées dans les sebkhas au Nord du marais de Toumbos, ou du moins d'en faire un levé aérien à grande échelle (vues verticales) afin de pouvoir étudier de près leur morphologie.

Il sera interessant de reprendre les problèmes posés par la rareté des consolidations des dunes sur ce rivage, en opposition avec la fréquence des consolidations sur la cote du Sahara et du Maroc.

Il sera bon également d'essayer d'obtenir d'Air-France des renseignements en série continue sur la direction de la houle au large, en spécifiant bien aux pilotes qu'ils'agit de la ou des houles à grande longueur d'onde et non des petites vagues de vent local. Le mieux serait, si possible, de mettre en route ces observations en les contrôlant direct ment pour commencer.

Des sondages dans les dunes dans le prolongement du

marigot de Boytet et de la branche NE-SW du marigot de Gavart pourraient préciser si ces bras se sont autrefois jetés directement dans la mer sans longer les dunes. Au marigot des Maringouins, ce n'est pas nécessaire, puisqu'il est établi qu'il force la ligne des dunes 6 de temps en temps.

On pourrait aussi, au moyen de repères déterminer la vitesse de croissance et d'avancée des dunes 6, vitesse que nous ne croyons pas bien grande d'après la faible impotance du cordon barrant l'issue du marigot des Maringouins.

Enfin, un travail plus difficile, mais qui pourrait peut être se réaliser en collaboration avec le service Hydrographique de la Marine, consisterait a essayer de vérifier l'hypothèse selon laquelle la fosse de Cayar fonctionnerait comme trappe à sable. On pourrait s'inspirer à ce sujet des mesures effectuées par les Américains, à la tête, dans le lit et au débouché des canyons de Californie et du NE des Etats-Unis (Shepard etInman).

André GUILCHER

Mars 1954

BIBLIOGRAPHIE

N.B. Pour les travaux non cités ici, en particulier les travaux anciens sur l'embouchure du Sénégal, nous renvoyons aux notes anthologiques et documentaires de J.P. Nicolas mentionnées ci-dessous (n° 34 et 35).

1. P. ALLARD. Le régime de la côte marocaine entre Safi et Mogador. Bull. Comité Central d'Océanogr. et d'Et. des Côtes (Paris), II, 10, déc. 1950, p. 369-378, 6 fig.

2. Docteur BORIUS. Recherches sur le climat du Sénégal Gautier - Villard Paris 1875 - 327 pages.

3. BOUQUET DE LA GRYE. Etude sur la barre du Sénégal. Rev. Marit. et Coloniale, juin 1886, p. 515 sq.

4. P. BOURRIERES. Projet de port-îlot en plage de sable à Fort-Charriage (Dahomey). 1 vol. ronéo., Dakar, 1952, 76 p., fig.

5. C.L. BRETSCHNEIDER. The generation and decay of wind waves in deep water. Trans. Amer. Geophys. Union (Washington), t. 33, 1952, p. 381-389.

6. W.L. DONN. Studies of waves and swell in the Western North Atlantic. Ibid., t. 30, 1949, p. 507-516.

7. C. DUFFART. L'extension du Cap Ferret et l'instabilité des passes du bassin d'Arcachon du 16e siècle à la fin du 19e siècle. Comité Trav. Scient. et Hist., Bull. Sect. Géogr., 1908, n° 1-2, p. 173-184, 1 fig.

8. S. DUPLAIX et A. CAILLEUX. Sur quelques sables des fonds de 3800 à 7900m de l'Océan Atlantique. C.R. Ac. Sc., t. 230, 31 mai 1950, p. 1964-1966, et Medd. Ocean. Inst. Göteborg, t. 20, 1952, 27 p.

9. L. FACY. La mer et les sables sur le littoral de l' A E F. Ann. Phys. Globe France d'Outre-Mer, V, n° 27, juin 1938, p. 91-95.

10. T.W. GEVERS. The morphology of Western Damaraland and the adjoining Namib desert of South-West Africa. South African Geogr. Journ., XIX, déc. 1936, p. 61-79.

11. A. GRUVEL et R. CHUDEAU. A travers la Mauritanie occidentale. de Saint-Louis à Port Etienne. T. 11, Paris, 1911, 383 p.

12. A. GUILCHER. Observations sur les croissants de plage (beach cups). Bull. Soc. Géol. France, (5) XIX, 1949, p. 15-30.

13. ID. Note préliminaire sur les crêtes et sillons prélittoraux

de la côte des Landes de Gascogne. C.R. A.c. Sc., t.231, 3 juillet 1950, p. 59-60.

14. ID. Mesures de la vitesse de sédimentation et d'érosion dans des estuaires bretons. Ibid., t. 237, 23 nov. 1953, p. 1345-1347.

15. ID. Morphologie littorale et sous-marine. Paris, Presses Universitaires, 1954, in 4° carré, 216 p., 40 fig. (sous presse).

16. A. GUILCHER; A. GODARD, E. VISSEAUX, Formes de plage et houle sur le littoral des Landes de Gascogne, Rev. Géogr . Pyrén. et SW (Toulouse), t. 23, 1952, p. 99-117, 10 fig.

17. ID., ID., ID., Les crêtes et sillons obliques de l'estran des Landes de Gascogne. Bull. Comité Central d'Océanogr. et d'Et. des Côtes, IV, 4, avril 1952, p. 151-157, 9 fig.

18. A.GUILCHER et F. JOLY. Recherches sur la morphologie de la côte atlantique du Maroc. Trav. Institut Scientif. Chérifien (Rabat), 1954, 140 p., 27 fig. (sous presse).

19. H. HUBERT, Nouvelles études sur la météorologie de l'A O F. Paris, Larose 1926, in 4°, 200 p.

20. ID. Les envahissements brusques du littoral par la mer dans les colonies françaises. Ann. Phys. (Globe) France d'Outre-Mer, II, n° 10, août 1935, p. 97-101.

21. D.L. INMAN. Areal and seasonal variations in beach and nearshore sediments at La Jolla, California. Beach Erosion Board, Technical Memorandum n° 39, 1953, 82 p. + appendices, 27 fig.

22. O. JESSEN. Dünung im Atlantic und an der Westküste Afrikas. Petermanns Mitteilungen, t. 95, 1951, p. 7-16.

23. J. JOIRE. Amas de coquillages du littoral sénégalais dans la banlieue de Saint-Louis. Bull. I F A N (Dakar), IX, 1947, p. 170-340 (nombreux renseignements épars, et bibl.).

24. H. LACOMBE. La houle à la côte. Confér. Centre de Rech. et d'Et. Océanogr. (Paris), n° 11, 1950, 10 p., 19 fig.

25. ID. Les plans de vagues. Bull Comité Central d'Océanogr. et d'Et. des Côtes, 11, 5, mai 1950, p. 180-187, 3 fig.

26. ID. Exposé de quelques phénomènes liés aux " groupes de lames ". Ibid. III, 8, sept.-oct. 1951, p. 316-325.

27. ID. Méthode de tracé direct des orthogonales de houle à partir de la formule finie de propagation. Ibid.,V,2,févr.1953,P.80-98, 4 fig.(a

28. J. LAURENT et A. RIVIERE. Résultats scientifiques d'une mission hydro-océanographique à Safi : phénomènes littoraux. C.R. Ac. Sc., t. 230, 5 Juin 1950, p. 2037-2039.

29. W.V. LEWIS. The evolution of shoreline curves. Proc. Geol. Ass. (Londres), t. 49, 1938, p. 107-127, 6 fig.

30. Th. MONOD. La structure du Sahara atlantique. Trav. Inst. Rech. Sahar. (Alger), t. 3,31945, p. 27-55, 6 fig.

31. W.H. MUNK. Surf Beats. Trans. Amer. Geophys. Union, t. 30, 1949, p.849-854

32. W.H. MUNK et M.A. TRAYLOR. Refraction of ocean waves : a process linking underwater topography to beach erosion. Journ. of geology (Chicago), t.55, 1947, p. 1-26,.17 fig.

33. G. NESTERENKO, A. JAMET, G. YERANTONIS, J. CHEVALLIER. Propositions pour l'aménagement du Sénégal. Rapport général. Mission d'Aménagement du Sénéga (Saint-Louis), déc. 1953, un vol. ronéo., 82 p., nombr. fig., annexes.

34. J.P. NICOLAS, Notes anthologiques sur le site de Saint-Louis et le Bas-Sénégal. 3 fasc. ronéo., I F A N Saint-Louis, 1953, 57 p.

35. ID. Note documentaire sur les problèmes côtiers au Sénégal septentrional. 1 fasc. ronéo., I F A N Saint-Louis, 1953, 9 p.

36. NIELS NIELSEN. Eine methode zur exakten Sedimentationsmessung..... Det Danske Vid. Selsk. Biol. Meddel., XII, 4, 1935, 98 p.

37. L. PAPY. La vallée du Sénégal. Cahiers d'Outre-Mer,(Bordeaux), 1951, n° 16 48 p.

38. R. PELNART-CONSIDERE. Etude de la question portuaire au Dahomey. Bureau Central d'Et. pour les Equipts. d'Outre-Mer, 1 vol. ronéo. Paris, 1952, 53 p.

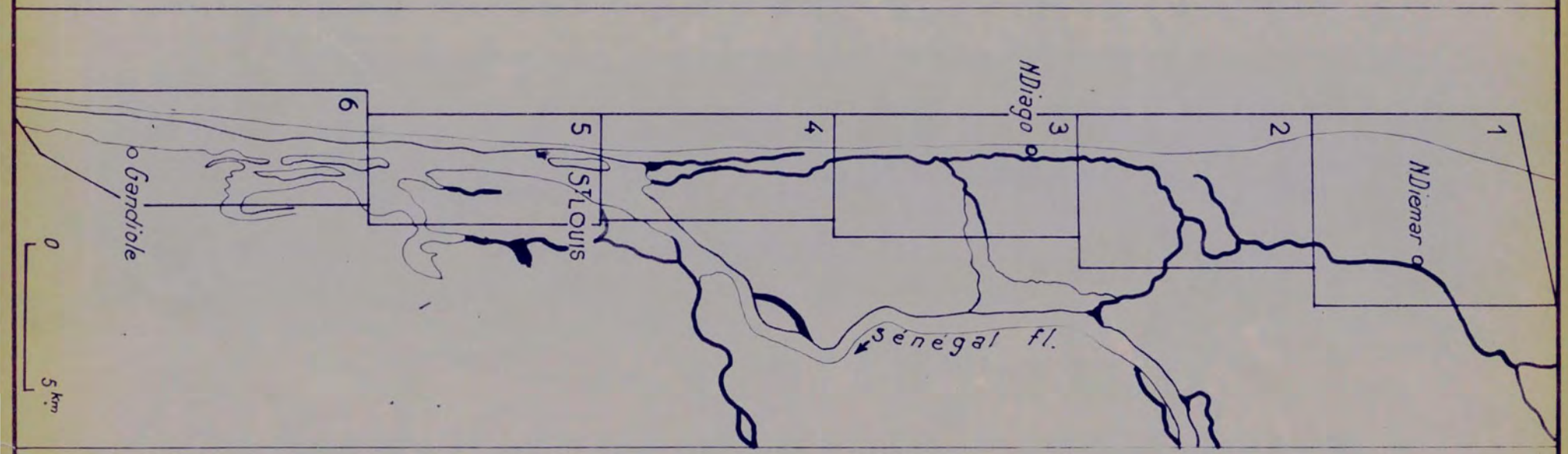
39. G. ROUX. La prévision de la houle sur la côte atlantique du Maroc. Bull. Scientif. Comité d'Océanogr. et d'Et. des Côtes du Maroc, n° 5, juin 1949, p. 3-8.

40. A. SCHOU. Det Marine Forland. Thèse Copenhague, 1945, in 8°, 236 p., 86fig (rés.anglais).

41. L. SCHUBART et W. MOGHEL. Dünungen im Atlantischen ozean. Deutsche Hydrogr Zeitsch. (Hambourg), II, 6, déc. 1949, p. 280-285, 35 fig.

42. F.P. SHEPARD, K.O. EMERY, E.C. LA FOND. Rip currents a process of geological importance. Journ. ofGéology (Chicago), t. 49 1941, p. 337-369, 13 fig.

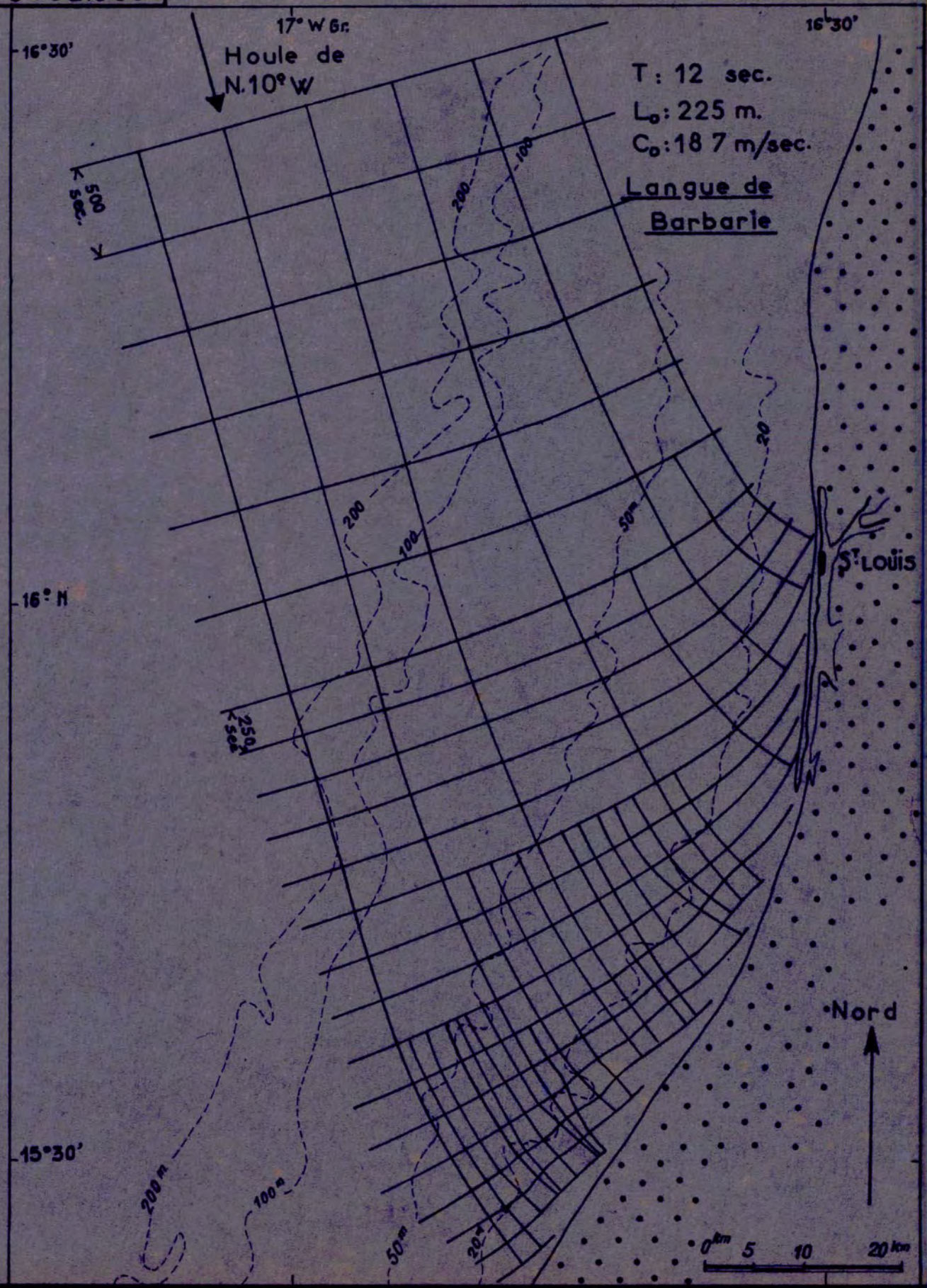
TABLEAU D'ASSEMBLAGE DES FEUILLES DE LA CARTE MORPHOLOGIQUE



Classement 1/X/59
Numero du plan
5402.053

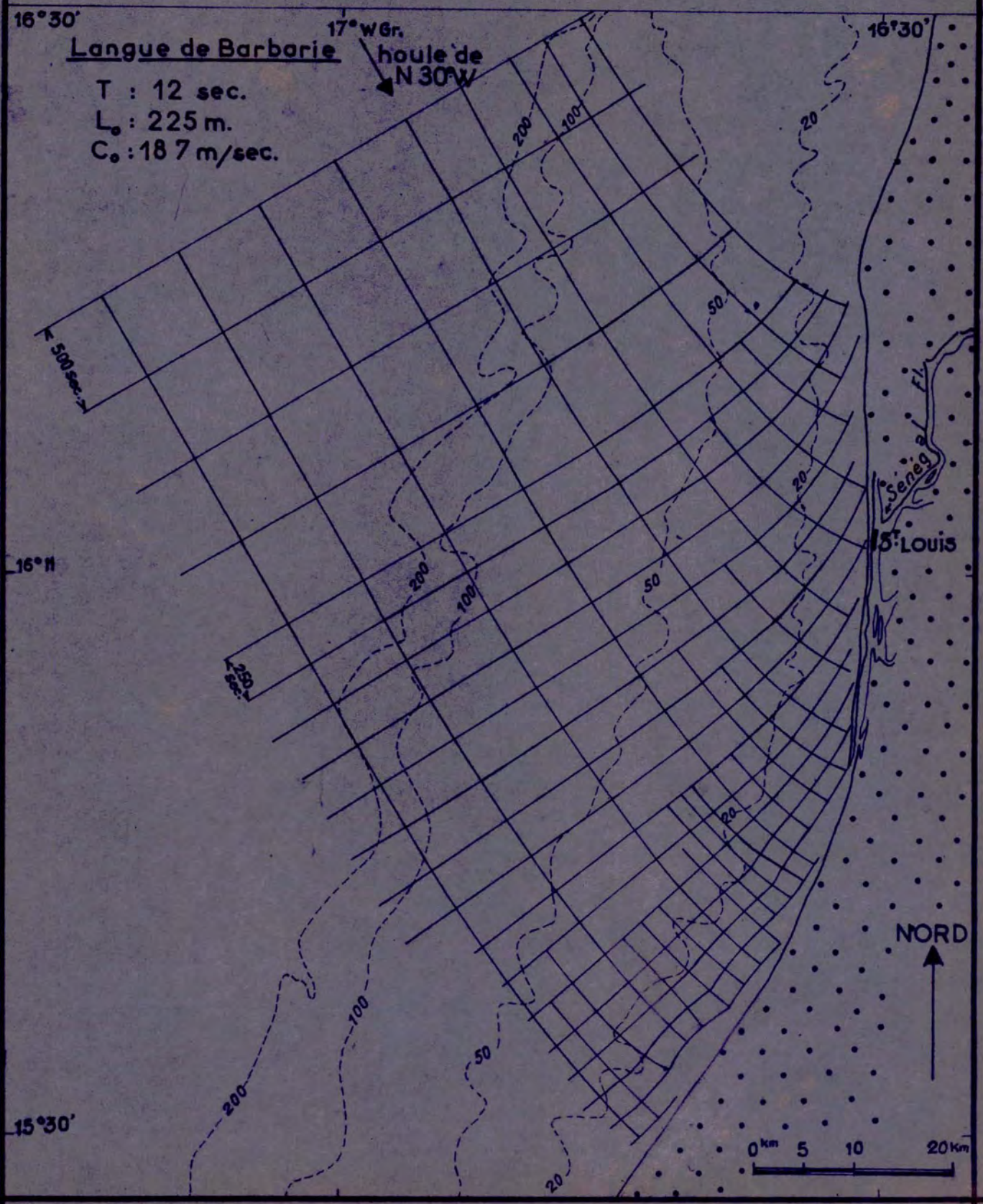
classement	1/X/58
Numéro du plan	5402.063

Figure 3 – PLAN DE HOULE



Classement 1/X/58
Numéro du plan
5402.064

Figure 4
PLAN DE HOULE



Classement 17/X/58
Numéro du plan
5402.065

Figure - 5

PLAN DE HOULE

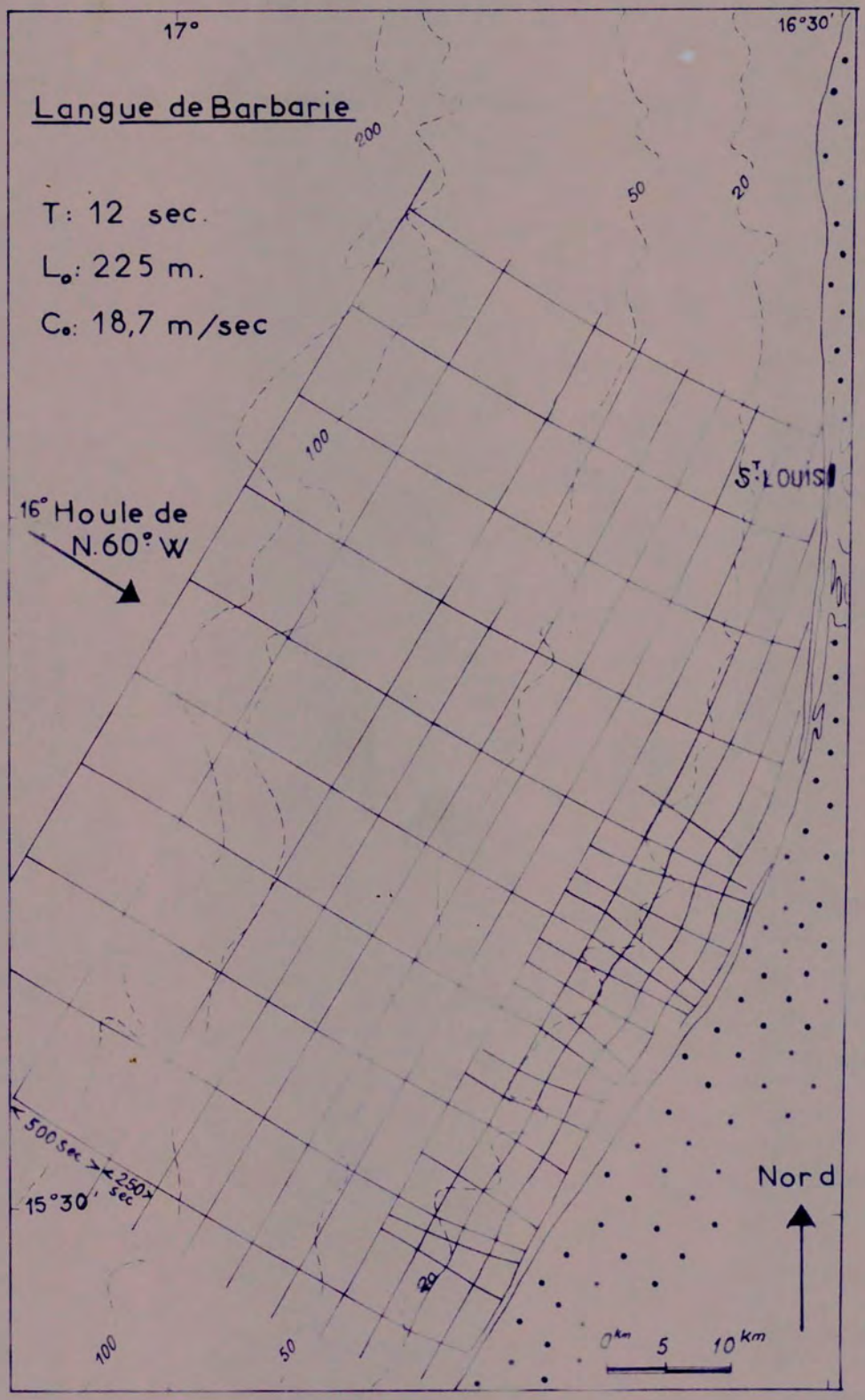


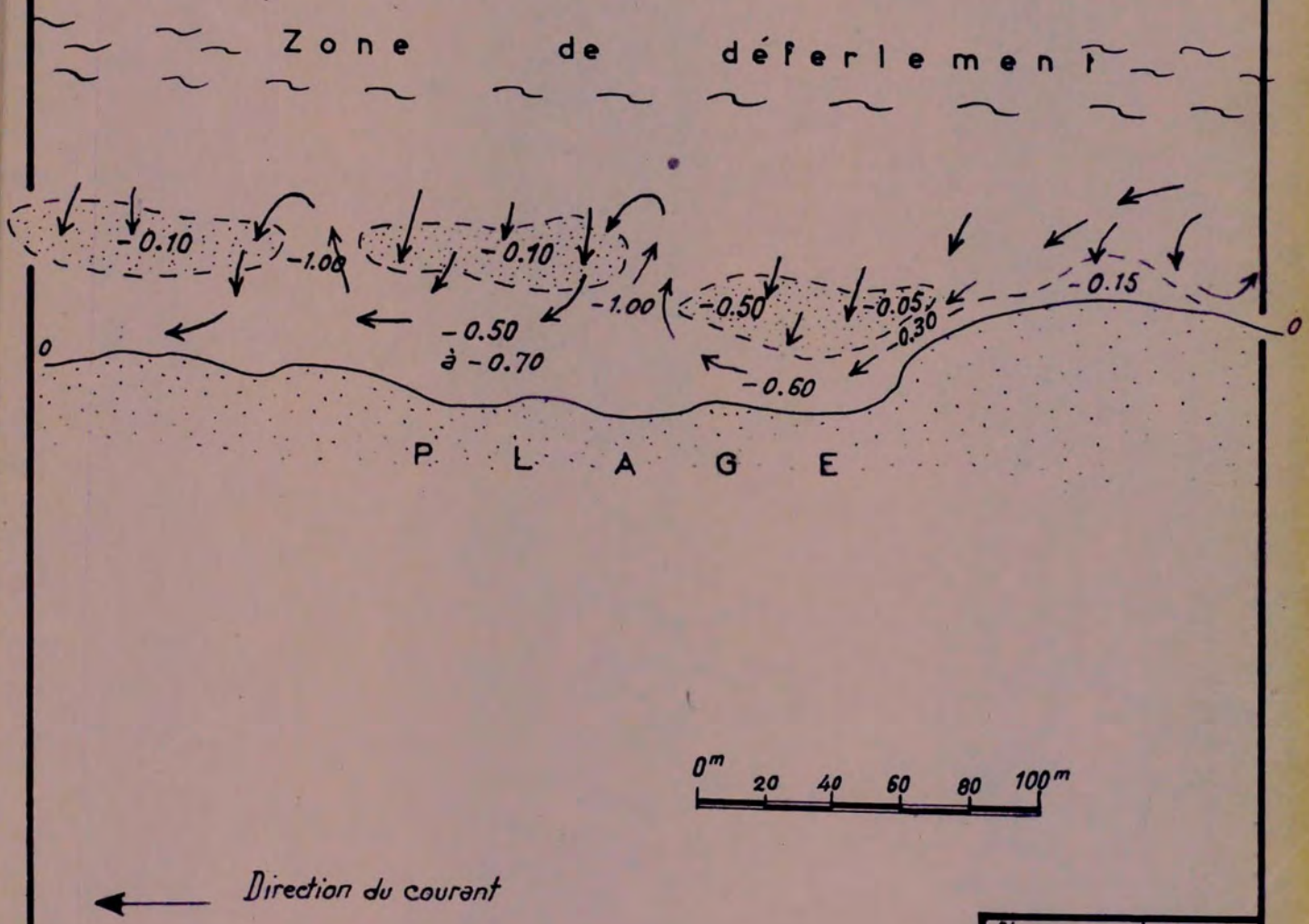
Figure: 7

CRÊTE OBLIQUE MORCELÉE PAR PASSES

ENTRE N'DIAGO ET SAINT-LOUIS.

4 Janvier 1954 - 1 heure avant la basse mer.

Profondeurs en mètres.



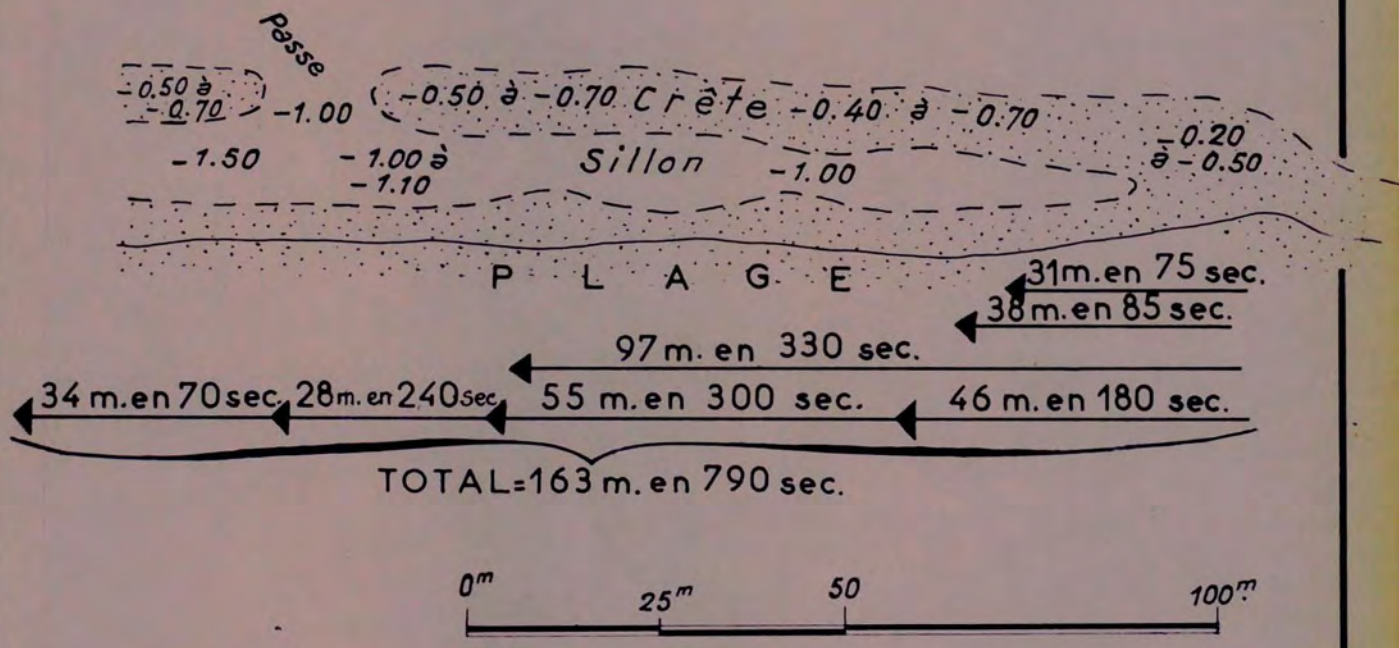
Classement	1/X/58
Numéro du plan	
5402.067	

Figure 8

MESURES DE DÉRIVE A 2km.1/2 AU SUD DE N'DIAGO.

6 janvier 1954. Entre 1 et 2h. de flot. Marée de 88.

Hauteur moyenne des grosses vagues au déferlement 1m,80 à 2 m. Variation de profondeur sur la crête due aux groupes de vagues. Dérive mesurée quatre fois jusqu'a échouage du flotteur.



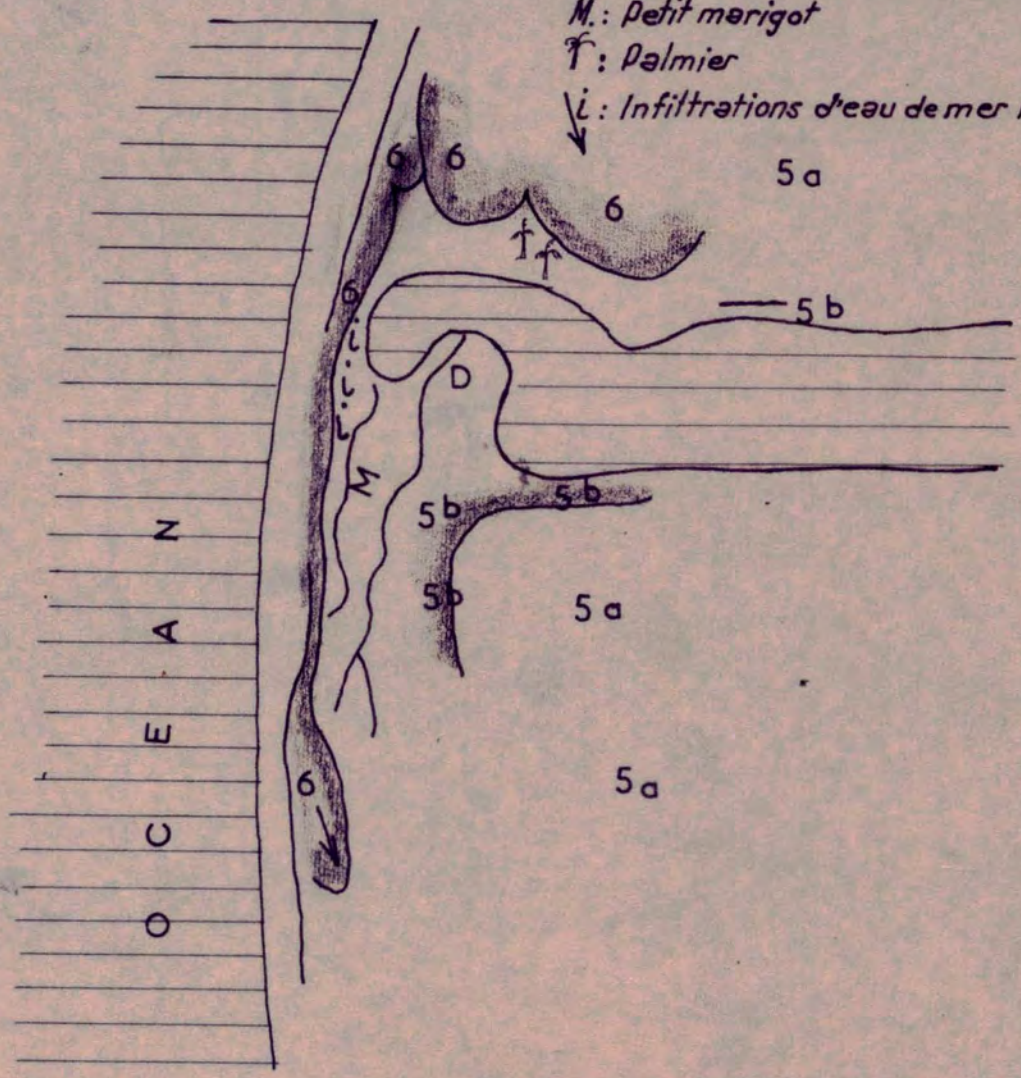
Classement	1/X/58
Numéro du plan	
5402.068	

Figure 9

MARINGOUINS - PARTIE PROCHE DE LA MER.

A faire avec le levé qui vient d'être effectué et les photos 5005 et 5006 du 12-1-1954 en indiquant ceci :

5a : Dunes 5a
5b : Plage 5b consolidée
6 : Dunes 6
D : Delta dans le grand marigot
M. : Petit marigot
f : Palmier
i : Infiltrations d'eau de mer reconnues

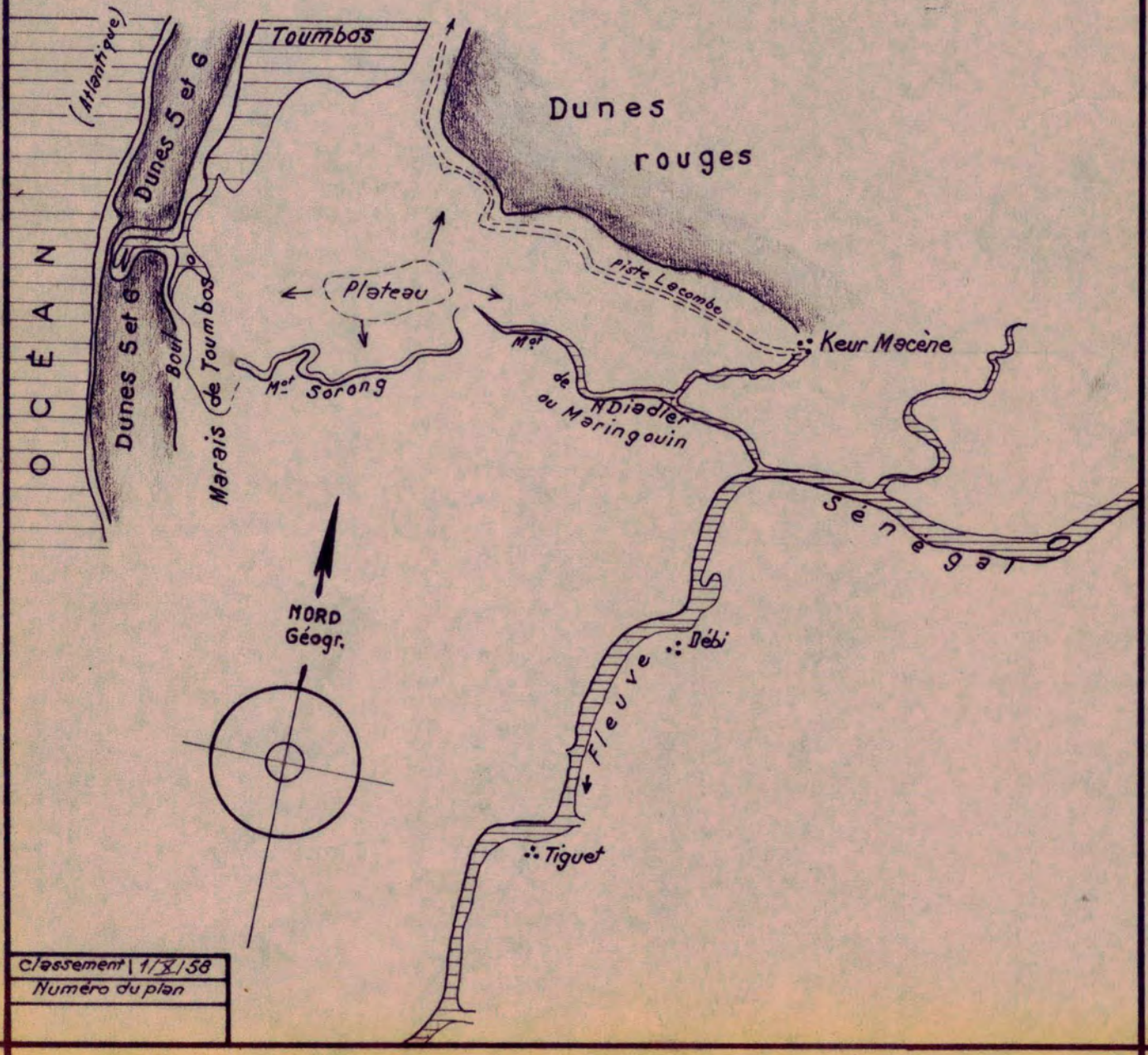


classement 1/X/58
Numéro du plan

Figure 10

MARIGOT DE NDIADIER OU MARINGOUIN

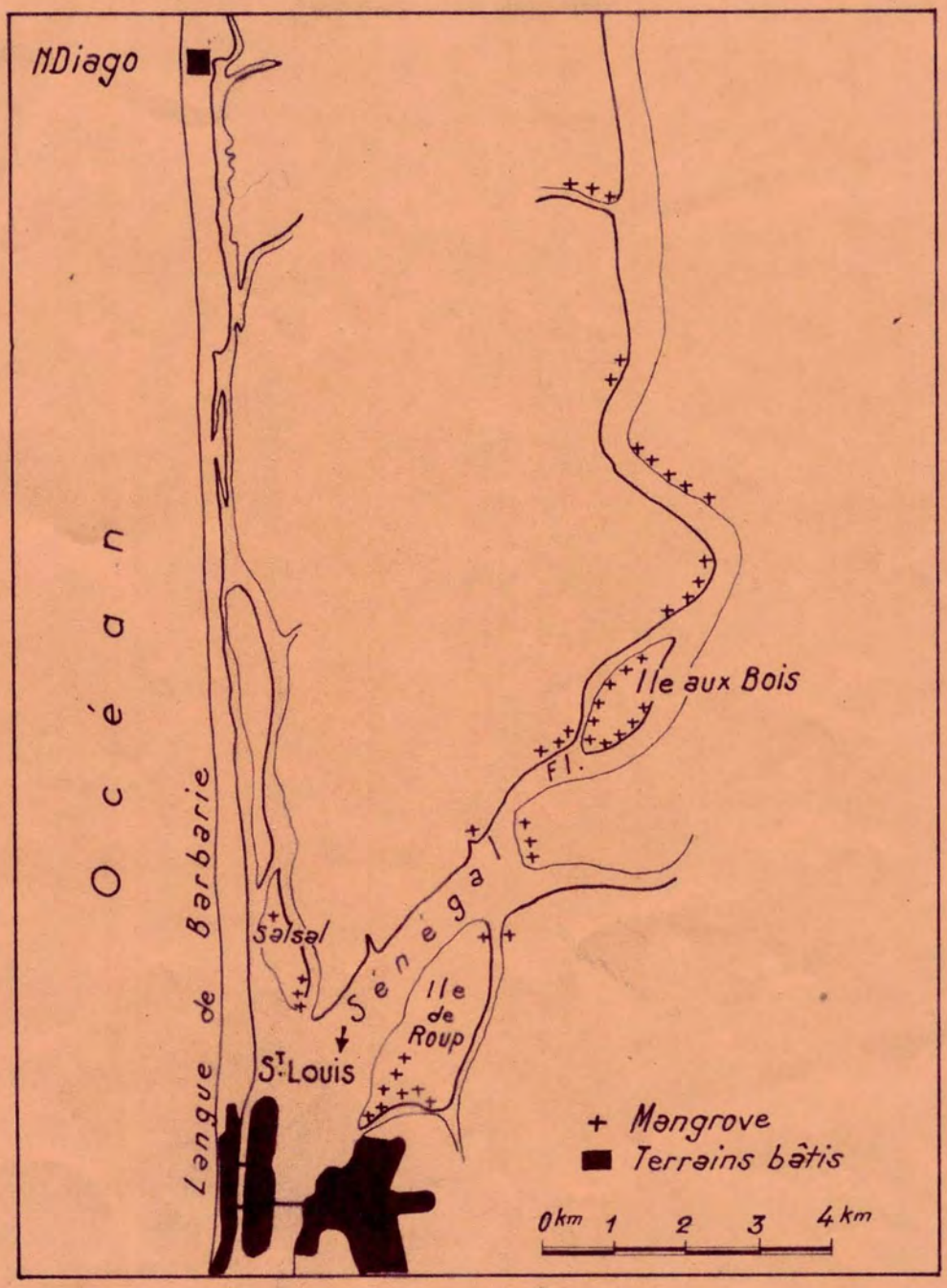
ECHELLE : 1/200.000



Classement	1/X/58
Numéro du plan	

Figure-11

RÉPARTITION DE LA MANGROVE SUR LE SÉNÉGAL EN AMONT DE SAINT-LOUIS



Classement 1/X/58
Numéro du plan
5402.069