

tandis que dans la partie opposée (R.G.) ce temps atteint 35 minutes.

Sur une même verticale, la vitesse reste toujours plus forte à la surface qu'au fond. Le rapport de la vitesse à la surface à la vitesse au fond, varie d'une part avec la rive la plus voisine et d'autre part avec le moment considéré du jusant. C'est ainsi que sur la rive droite on trouve pour ce rapport :

1,42 au commencement du jusant  
1,19 en plein jusant  
1,53 à la fin du jusant

Pour la rive gauche, on trouve pour ce même rapport :

1,90 au commencement du jusant  
1,42 en plein jusant  
1,13 à la fin du jusant.

Les valeurs extrêmes de vitesse en plein jusant pour l'ensemble d'une section sont en surface 0 m 78 et au fond 0 m 48.

b) Du flot. - Aux sbords de l'embouchure du Sénégal, l'intensité du flot reste toujours plus grande sur la rive gauche que sur la rive droite.

Les vitesses maxima sont pour la rive gauche de 0 m 60 au fond et 0 m 30 en surface. Pour la rive droite ces vitesses sont environ 0 m 48 et 0 m 32.

c) Premier flot. - Le premier flot ou début du flot se manifeste d'abord dans le fond et sur toute la largeur du fleuve.

Il commence sur la rive gauche environ 16 minutes plus tôt que sur la rive droite.

Dans la partie du profil attenant à la rive gauche le premier flot met en moyenne 29 minutes pour se manifester du fond jusqu'à la surface. Ce temps est d'environ 34 minutes pour la partie attenant à la rive droite.

Au moment où le premier flot commence au fond du fleuve, le jusant est animé en surface d'une vitesse moyenne de 0 m 15.

#### ACTION DU FLOT ET DU JUSANT SUR LE LIT DU FLEUVE

Le premier flot remontant le lit sablonneux du Sénégal pendant que le jusant subsiste encore à la surface, il se produit un dragage du fond qui atteint son maximum dans le chenal.

Les sables fins du fond, ainsi soulevés et mis en suspension par le premier flot, remontent à la surface et sont repris par le jusant qui les entraîne vers la mer. Il s'ensuit que l'action du premier flot s'ajoute à celle du jusant pour creuser la passe. Cependant toutes les alluvions ainsi soulevées n'arrivent pas à la mer et la grande partie restées en suspension est soumise au mouvement alternatif des marées.

Elle subit une trituration pendant la saison sèche et se trouve entraînée en mer, avec les alluvions d'aval au début de la crue. Elle vient ainsi augmenter sensiblement le débit solide des matières en suspension évalué à 1/6000ème du poids de l'eau du fleuve au moment du maximum de la crue.

CONSEQUENCES PROBABLES  
SUR LES DISPOSITIONS DES OUVRAGES DU PROJET DE FIXATION  
DE L'EMBOUCHURE DU SENEGAL

a) Ecartement des digues de l'embouchure.— La fixation et l'amélioration de l'entrée du fleuve Sénégal devant être en définitive réalisées par des jetées et digues fixant le débouché en mer, les éléments de l'étude de la propagation des marées ajoutés à ceux résultant du régime de la crue, permettent d'établir rationnellement l'écartement à observer entre les ouvrages encadrant l'embouchure.

Au moment de la crue, le fleuve est doué d'une puissance hydraulique notablement supérieure à celle qui résulte du jeu des marées. C'est ainsi que le débit maximum du jusant en saison d'étiage atteint à peine 2.600 mètres cubes, tandis que le débit maximum des crues ordinaires dépasse souvent 5.000 mètres cubes.

En recherchant l'écartement des ouvrages pour assurer l'écoulement normal de la crue, nous ne perdons pas de vue que la submersibilité de la digue rive gauche dans la traversée du fleuve, qui sera étudiée ci-après, servira de soupape contre les accidents pouvant résulter des crues exceptionnelles.

L'examen du tableau des résultats des observations en crue, en amont du confluent de Leybar a fait ressortir que la section à basse mer est constamment voisine de 4.000 mètres carrés pour une cote de l'eau variant autour de + 1 m 12 et produisant des vitesses souvent supérieures à 1 m 25.

Pour diminuer les vitesses, une section supérieure à 4.000 mètres carrés serait nécessaire. Cependant l'influence d'une telle section ne serait pas sensiblement appréciable car l'augmentation de vitesse est due surtout à la baisse du niveau de la mer résultant du jeu des marées, le niveau du fleuve en amont variant très peu pendant la crue.

L'augmentation du débouché pour produire une influence appréciable devrait être assez important et conduirait dès lors à un écartement des ouvrages incompatible avec la vitesse maxima de jusant à obtenir sur l'embouchure en saison d'étiage.

Il suffirait donc d'adopter un écartement un peu supérieur à celui des rives naturelles en amont de l'embouchure, avec l'obligation d'obtenir un tracé se raccordant rationnellement avec ces rives.

Ces conditions conduisent à adopter un débouché d'embouchure de 750 mètres, chiffre supérieur de 25% au débouché de 600 mètres proposé dans l'avant-projet et trouvé insuffisant.

Le chiffre de 750 mètres correspond d'ailleurs exactement à celui indiqué par M. l'Inspecteur Général des Travaux Publics MOUNIER et déduit de la nécessité d'offrir une section d'au moins 5.000 mètres carrés à l'embouchure tout en assurant le même tirant d'eau.

Au point de vue de la propagation de la marée, le débouché considéré donnerait pleine satisfaction car tout en assurant l'accès d'un grand

cube de marée dans le fleuve, il réaliserait la condition rationnelle de l'augmentation progressive de section, de l'embouchure vers l'amont.

Reste l'examen de la question de la vitesse qui serait atteinte sur l'embouchure au moment du plus fort courant de marée avec le débouché proposé.

Le cube d'eau qui serait introduit dans le fleuve pendant la durée du flot par la section de l'embouchure de 5.000 mètres carrés serait d'environ 45.200.000 mètres cubes.

C'est à peu de choses près ce cube qui sortirait de l'embouchure pendant le jusant.

Cette sortie s'effectuerait avec un débit moyen d'environ 1.800 mètres cubes par seconde assurant ainsi une vitesse moyenne de jusant de 0 m 36 et une vitesse maxima supérieure à 0 m 60 au moment du plus fort jusant, vitesse suffisante pour empêcher les dépôts sur l'embouchure.

b) Aménagement de l'entrée du marigot de Leybar.— Dans l'avant-projet BLACHES-MOUNEYRES, le marigot de Leybar est conservé ouvert dans le but de servir de réservoir de chasse au jusant et de bassin d'épanouissement dans le raz-de-marée.

Le Comité des Travaux Publics des Colonies en examinant cette question fit observer qu'il convenait de prendre quelques précautions pour isoler le marigot de Leybar du fleuve et empêcher les divagations du chenal de ce côté.

Envisageant cette éventualité, nous nous sommes rendu compte de l'importance du jeu des marées dans ce marigot. Des observations faites au pont de Leybar, où la section du marigot est de 210 mètres carrés ont fait ressortir à 60 mètres cubes le débit maximum du jusant et à 68 mètres cubes le débit maximum du flot par marée de vive eau.

Ces chiffres paraissent négligeables à côté de ceux trouvés pour le fleuve. Ils indiquent l'inefficacité du rôle du marigot comme réservoir de chasse au jusant et permettent d'envisager son isolement qui pourrait se réaliser, sans influence sensible sur le régime du fleuve.

Cependant le rôle du marigot comme bassin d'épanouissement en cas de raz-de-marée paraît devoir être retenu, car des recherches dans les archives ont permis de trouver un rapport du 26 Novembre 1846, époque où l'embouchure se trouvait au voisinage de la pointe aux châteaux, qui relate dans les termes suivants les effets produits par un raz-de-marée de Février 1846.

"Ce raz-de-marée, un des plus terribles dont la population de St-Louis ait conservé le souvenir, a duré du 14 Février au 6 Mars suivant, mais c'est dans la nuit du 15 Février et pendant la journée du 16, alors que le raz-de-marée avait atteint son paroxysme que les désastres ont eu lieu.

"Des bateaux à l'ancre dans le bras droit du fleuve ont sombré; d'autres ont été entraînés en dérive, ou sont venus échouer dans les rues de Saint-Louis.

"Des murs de clôture solidement bâtis ainsi que des cases de noirs

"qui bordaient la rive du fleuve ont été renversés par le choc des  
"lames.

"Enfin le poste de la barre établi sur un point de la côte dont  
"on avait préalablement exhaussé le sol de plus d'un mètre, a été com-  
"plètement rasé. Une nouvelle barre devenue accessible aux plus fortes  
"navires s'est formée à l'emplacement même qu'occupait ce poste, etc..

"On peut d'après ces faits qui sont d'hier et dont on ne saurait  
"par conséquent contester l'authenticité, se faire une juste idée du  
"bouversement de la plage, assaillie comme elle était par la mer qui  
"s'avavançait furieuse jusque sur la rive gauche du fleuve où elle se  
"brisait avec fracas, etc..."

Cet événement prouve l'intérêt de pouvoir disposer à côté de l'em-  
bouchure d'un bassin d'épanouissement comme le marigot de Leybar pour  
parer aux éventualités de ces grands raz-de-marée.

Dans ces conditions, il n'y aurait pas lieu d'isoler complètement  
le marigot du fleuve. Il suffirait d'établir une amorce de digue au  
Nord de son confluent et en prolongement de la rive gauche de façon à  
éloigner de ce confluent les courants de jusant et de crue.

c) Submersibilité de la digue rive gauche.- Cette digue dont la fonction  
est d'arrêter le cours du fleuve dans sa marche vers le sud et d'infléchir  
le chenal vers le large dans une direction déterminée devra être  
solidement construite.

La nécessité de conserver au lit du fleuve toute sa puissance d'ex-  
magasinement pour les eaux de haute mer et de former un lit mineur où  
se concentrerait régulièrement le courant de jusant au fur et à mesure  
que la marée baisse conduit a priori à la digue rive gauche submersible.

Voyons dans l'hypothèse de la digue submersible quelle devra être  
la cote de la crête de l'ouvrage ?

Cette cote une fois déterminée pour la saison d'étiage durant la-  
quelle l'entretien du chenal à l'embouchure serait assurée par le jeu  
des marées, nous examinerons ensuite quel serait l'objet de cette hauteur  
de digue sur les débits de crue.

Etiage.- Il a été établi que c'est le jusant qui entretient les profon-  
deurs par ses chasses; il faut donc que le maximum des effets du jusant  
se manifeste dans la nouvelle coupure. Or, l'examen des graphiques de  
vitesse moyenne des courants et des hauteurs d'eau pendant la saison  
d'étiage pour l'emplacement projeté, a fait constater que les maxima  
des vitesses au jusant correspondent à une cote de l'eau voisine de  
plus 0 m 60. C'est à cette hauteur qu'il faudrait araser la digue rive  
gauche pour utiliser dans le chenal les vitesses maxima du jusant.

La digue rive gauche étant arasée à plus 0 m 60 que se passera-  
t-elle à la marée montante ?

L'examen des mêmes graphiques a indiqué que :

Le courant de jusant se manifeste encore quand le niveau de l'eau  
commence à s'élever; le renversement du courant n'est manqué que lors-  
que la hauteur de l'eau dépasse la cote plus 0 m 50. Au-dessus de la

cote plus 0 m 80, le courant de flot est nettement établi et atteint son maximum d'intensité pour une cote voisine de plus 0 m 80. A ce moment, l'eau de marée passerait par dessus la digue sur presque toute sa longueur avec une vitesse variant de 0 m 52 à 0 m 32 suivant la rive et elle viendrait augmenter sensiblement le cube entrant par la nouvelle embouchure.

Or, si le jusant entretient les profondeurs, il y a intérêt à admettre dans la partie amont le plus grand cube possible de marée et c'est ce qui est obtenu avec la digue submersible arasée à plus 0 m 60.

En outre, la considération théorique de l'accroissement de puissance hydraulique du fleuve par l'augmentation du volume dans lequel s'épanche l'onde marée, en raison précisément de l'élasticité résultant du lit majeur, conduit aussi à conclure en faveur de la digue submersible.

Le courant de flot aurait donc pour effet de déposer sur la face sud de la digue rive gauche toutes les alluvions qu'il aurait mis en mouvement. Ces dépôts viendraient consolider l'ouvrage et lui servir de contrefort.

Crue. - Quel sera l'effet d'une digue sur la crue du fleuve à l'embouchure ?

Le niveau du fleuve pendant la crue reste en général au-dessus de la cote plus 1 mètre aux environs de St-Louis. La digue serait donc constamment immergée. La vitesse maxima moyenne peut atteindre exceptionnellement 1 m 50 sur la première tranche de 1 mètre à partir de la surface.

Le maximum d'intensité de la vitesse variant autour de 1 mètre par seconde, il serait nécessaire de recouvrir la digue de matériaux d'enrochement si le noyau était constitué à base de fascines.

L'examen des graphiques des vitesses moyennes en crue a indiqué que les vitesses sont plus fortes sur la rive gauche que sur la rive droite. Il y aurait donc lieu de relever la crête de l'ouvrage près de son enracinement sur la rive gauche de façon à ce que le débit principal soit dirigé vers l'embouchure.

Ces mêmes graphiques ont fait aussi voir que les maxima de vitesses correspondent à une cote d'eau variant de plus 1 m 10 à plus 1 m 20. Pour tenir la crête de l'enracinement au-dessus de cette dernière cote, on araserait la crête de l'ouvrage à plus 1 m 50 depuis son origine rive gauche jusqu'à la hauteur des fonds de moins de 2 m 50. La partie de l'ouvrage écrêtée à plus 0 m 60 commencerait à la hauteur des fonds de moins 5 m et le raccordement de la crête plus 1 m 50 à la crête plus 0 m 60 se ferait suivant un glacis s'étendant des fonds de moins 2 m 50 aux fonds de 5 mètres.

Dans sa partie amont la digue s'adosserait à la pointe nord de l'île de Baba-Gueye (plus 2 mètres) en y prenant un point d'appui aussi solide que possible. Elle serait tracée suivant une courbe concave d'environ 2.300 mètres de rayons destinée à être prolongée ultérieurement au large à partir de la langue de Barbarie.

Le profil en long de la digue rive gauche se trouverait ainsi déterminé

Les plus grandes valeurs de la vitesse du courant de crue étant atteintes à environ 6 mètres de la surface, vers la cote moins 5 mètres, le débit principal de crue passerait par la coupure.

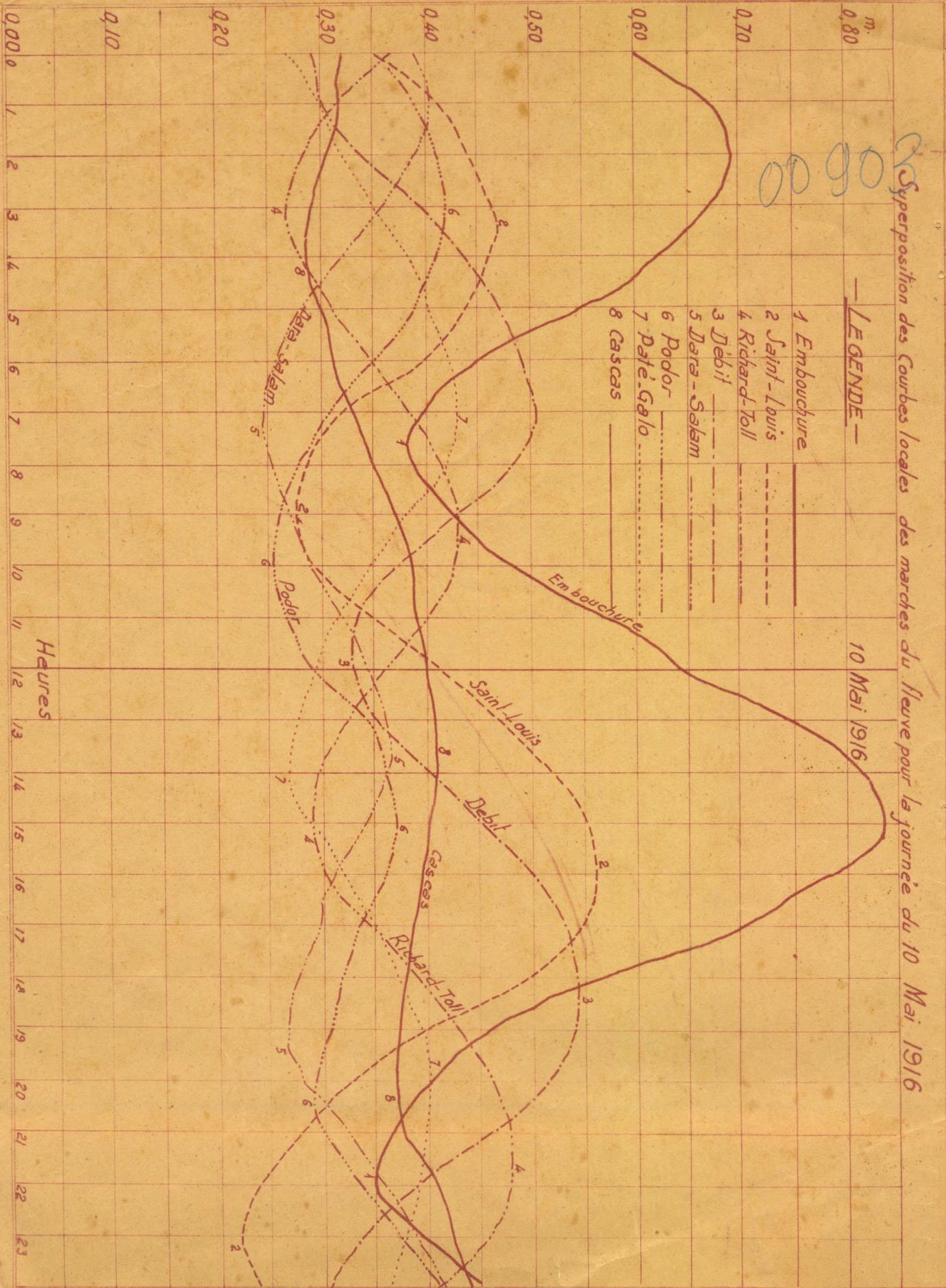
La digue submersible ainsi établie présenterait en outre l'avantage d'agir comme un régulateur de débit; elle assurerait par conséquent, dans une certaine mesure, la constance des sections et la régularité des vitesses dans le chenal.

Le profil en travers de cette digue serait établi avec des dimensions qui permettraient de la surélever le cas échéant.

Saint-Louis, Décembre 1917

P.P. LOUISE.

HAUTEURS EN METRES



Superposition des Courbes locales des marches du fleuve pour la journée du 10 Mai 1916

— LEGENDE —

- 1 Em bouchure
- 2 Saint-Louis
- 4 Richard-Toll
- 3 Debit
- 5 Dara-Salam
- 6 Podor
- 7 Paté-Galo
- 8 Cascas

10 Mai 1916

Heures

Le profil en long de la digue rive gauche se trouverait ainsi déterminé

Les plus grandes valeurs de la vitesse du courant de crue étant atteintes à environ 6 mètres de la surface, vers la cote moins 5 mètres, le débit principal de crue passerait par la coupure.

La digue submersible ainsi établie présenterait en outre l'avantage d'agir comme un régulateur de débit; elle assurerait par conséquent, dans une certaine mesure, la constance des sections et la régularité des vitesses dans le chenal.

Le profil en travers de cette digue serait établi avec des dimensions qui permettraient de la surélever le cas échéant.

Saint-Louis, Décembre 1917

F.P. LOUISE.

# CONSIDERATIONS SUR LE LITTORAL DES ENVIRONS

## DE SAINT LOUIS DU SÉNÉGAL.

par P. LOUISE

Ingénieur de l'Institut Industriel de LILLE  
Conducteur des Travaux Publics des COLONIES

Au cours des études qui m'ont été confiées en vue de l'amélioration de l'embouchure du fleuve Sénégal, j'ai été amené à observer un certain nombre de phénomènes sur lesquels il n'a été rien publié de précis jusqu'à ce jour.

Je crois donc faire utile en portant ces renseignements à la connaissance de ceux qui peuvent s'occuper de questions analogues.

MARÉES DE SAINT LOUIS ET DE DAKAR. - L'onde marée qui se manifeste à Saint-Louis vient du Sud.

La durée de sa propagation, exprimée en temps local, entre Dakar et Saint-Louis, déterminée d'après le décalage des courbes des marégraphes installés dans ces deux localités, est assez variable. Elle s'écarte toutefois sensiblement du retard de 34 minutes admis jusqu'à ce jour, des heures de pleines et basses mers de Saint-Louis sur celles de Dakar.

Cette durée de propagation de la marée entre Dakar et Saint-Louis varie dans les limites de 60 à 120 minutes pour les pleines mers et de 30 à 60 minutes pour les basses mers.

Ces variations de temps sont vraisemblablement dues aux perturbations produites par la presqu'île du Cap Vert, orientée vers l'Ouest sur la marche de l'onde marée venant du Sud.

L'amplitude et la hauteur totale de la marée sont plus grandes à Dakar qu'à Saint-Louis.

En vive eau moyenne l'amplitude atteint à Dakar 1m38; pour la même marée elle atteint à Saint-Louis 1m16, soit un rapport d'environ 0,84.

En eau morte, une marée de 0m68 d'amplitude à Dakar atteint 0,42 à Saint-Louis soit un rapport d'environ 0,62.

La hauteur totale des marées qui se rattache aux amplitudes varie à peu près dans les mêmes rapports que ci-dessus.

OBSERVATIONS DE LA MARÉE EN MER AU VOISINAGE DE SAINT LOUIS. - Les observations de la marée en mer en face de Saint-Louis ont été faites

...../.....

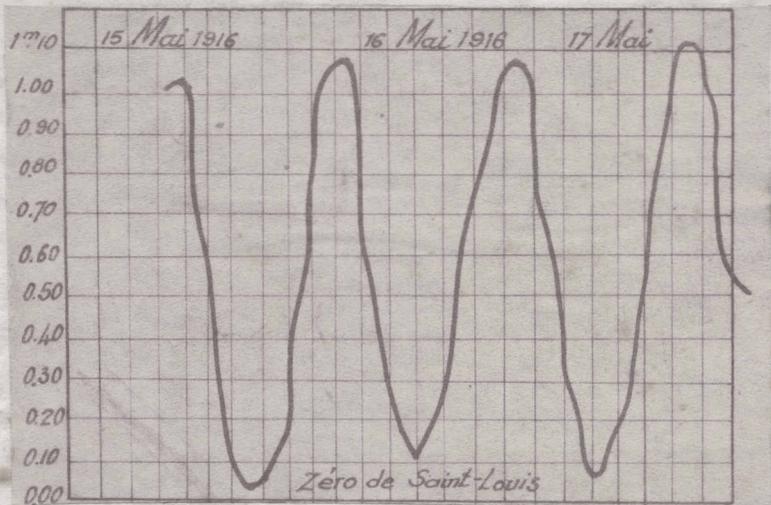
à l'aide d'un marégraphe installé sur un wharf construit sur le littoral, à 2 kilomètres au Nord de N'Dar Toute et appartenant aux établissements Devès et Chaumet. Ce wharf assure l'aspiration de l'eau de mer destinée aux salines de l'île de Salsal.

L'installation du puits de ce marégraphe a été extrêmement difficile car le wharf long de 140 mètres, se trouve presque toujours dans la zone des brisants et son platelage est seulement à la cote + (3,32).

En raison des difficultés rencontrées, ce marégraphe n'a pu entrer en fonctionnement qu'à compter du 15 mai 1916. Ses premières indications ont donné une courbe très nette en raison de la bonne étanchéité du puits immédiatement après son installation. Dans la suite l'étanchéité du puits a été parfois compromise par des accidents inévitables dans ces brisants et les parties du graphique qui correspondent à ces périodes présentent quelques légères déformations qu'il faut plutôt attribuer aux défauts d'étanchéité du puits et aux vibrations dues au choc des lames, qu'à la présence d'ondes élémentaires.

La hauteur totale de la marée ou moyenne des hauteurs des deux hautes mers consécutives au-dessus de la basse mer intermédiaire a atteint en vive eau 1,205 en mai, 1,217 en Août et 1,233 le 10 septembre 1916; en morte eau, cette hauteur est descendue à 0,21 en Août 1916.

Le maximum d'amplitude de marée constaté est de 1,21 en vive eau du 10 septembre 1916 et le minimum de 0,21 en morte eau du même mois.



Les graphiques permettent en outre de constater que le zéro de Saint-Louis correspondant par un nivellement au zéro du marégraphe de Salsal est assez bien choisi puisqu'il correspond sensiblement aux plus basses mers enregistrées en vives eaux moyennes.

La cote maximum atteinte par les hautes mers de vive eau est de + 1,59.

L'examen de la forme générale de la courbe des marées de l'Atlantique en face de Saint-Louis donne en outre lieu aux observations suivantes :

\*\*\*\*\*

La haute mer n'a pas lieu au milieu de l'intervalle de temps qui sépare deux basses mers voisines. Contrairement à ce qui est observé en Europe "ici la mer monte beaucoup plus lentement qu'elle ne descend." C'est ainsi que le temps qui sépare une basse mer de la haute mer suivante est de 7 heures; tandis que la descente de cette haute mer à la basse mer qui suit dure 5h 45.

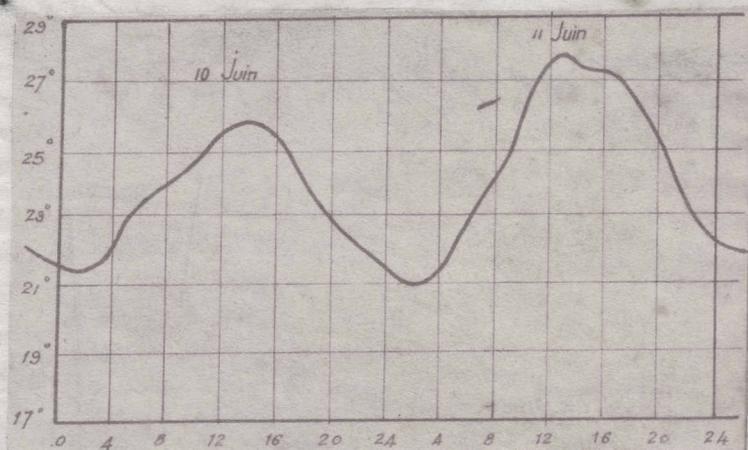
Il est observé en outre une différence de hauteur entre deux pleines mers successives.

Cet écart des hauteurs varie dans les limites comprises entre 2 et 35 centimètres. Il est plus petit pour les pleines mers éloignées de midi et minuit. Son maximum semble avoir lieu pour les pleines mers les plus voisines de midi et minuit.

Ce fait semble résulter de l'existence d'une sinusoïde d'onde ayant une période de 24 heures qui vient se superposer à la sinusoïde de LAPLACE.

PRESSION-TEMPÉRATURE et VENTS. - Pendant le période d'observations qui a duré de mai à septembre 1916 aucun effet notable des causes accidentelles de variation du niveau de la mer n'a été constaté.

La pression barométrique présente un graphique oscillant autour de la pression 760 millimètres, et ayant la forme d'une sinusoïde très aplatie dont l'amplitude moyenne est de l'ordre de 3 millimètres.



Les températures ont oscillé entre 18 et 29 degrés centigrés. Leur diagramme présente l'allure générale d'une sinusoïde dont les sommets correspondent aux heures chaudes du milieu de la journée et les minima aux heures qui suivent le milieu de la nuit. Le graphique des températures du poste de Salsal ne comporte aucune indication qui puisse faire admettre une influence des variations de température sur les variations du niveau de la mer donnée par les graphiques du marégraphe.

Durant ces observations les vents ont soufflé dans la direction du Nord-Ouest. Les vents dominants à Saint-Louis viennent du Nord-Ouest au Nord-Est pendant la saison sèche (Novembre à Mai). Les vitesses de ces vents ont varié dans les limites assez considérables, comprises entre le minimum de 25 mètres à la minute et le maximum de 460 mètres dans le même temps.

Il semble que les forts vents du Nord-Ouest provoquent un abaissement du niveau moyen. De même, les vents d'ouest de la saison d'hivernage, juillet à octobre, provoquent un relèvement du niveau moyen de la mer dans les parages de Saint-Louis. La cote du niveau moyen qui est voisine de + 0,60 pendant la période des vents de Nord-Ouest s'élève à + 0,80 pendant la période des vents d'ouest. Cette élévation de niveau moyen de l'Océan, combinée avec l'élévation du niveau du fleuve due à la crue en hivernage, maintient le niveau moyen du plan d'eau, dans le fleuve à Saint-Louis, constamment au-dessus de la cote + 1,00 pendant la crue.

Il n'y a pas lieu de tenir compte des vents dits "tornades" de la saison d'hivernage, qui viennent de l'est ou du sud est, dont la durée est trop faible, pour produire des mouvements sérieux sur le niveau de la mer.

La brise de mer se fait sentir assez loin dans l'intérieur du pays pendant le jour, elle est limitée à la zone côtière mais dès le coucher du soleil sa limite de pénétration s'étend vers l'intérieur jusqu'à une distance d'environ 225 kilomètres de la côte où elle se fait sentir environ 6 heures après le coucher du soleil. Sa vitesse n'a pu être mesurée directement dans l'impossibilité de poursuivre les mesures de vitesses des vents après la tombée de la nuit.

OBSERVATIONS DU COURANT LITTORAL SUR LA CÔTE DE BANBARIE. - L'existence d'un courant littoral sur la côte avoisinant Saint-Louis et l'embauchure du Sénégal a toujours été admise.

C'est sans doute à ce moment que nous devons une moins grande élévation du seuil de l'embauchure du Sénégal qui autrement aurait tendance à former un delta aux marées de faible amplitude.

Jusqu'à ces derniers temps, ce courant littoral était considéré comme portant en permanence au sud. M. l'Ingénieur en Chef DELFIT a admis que c'était le courant polaire qui suit la côte d'Afrique depuis le Maroc jusqu'au golfe de Guinée où il rejoint le courant équatorial. Des observations faites par moi-même le 13 Novembre 1907 avaient en effet permis cette hypothèse en montrant la direction Nord-Sud du courant avec une vitesse variant 0m13 à 0m57 par seconde.

Mes récentes observations ont confirmé l'existence de ce courant mais ont modifié tout ce qui était admis sur la permanence de sa direction Nord-Sud.

En septembre 1914, l'attention a été attirée sur la direction Sud(Nord qu'aurait le courant littoral à cette époque. Des observations entreprises le 16 Octobre suivant ont montré par une série d'expériences que le courant littoral portait en effet au Nord. Les vitesses constatées variaient de 0m,30 à 0m,45 par seconde.

Le 2 Novembre 1914 de nouvelles observations ont montré le courant portant cette fois au sud avec une vitesse moyenne de 0m20 par seconde.