

00903

Ch III - 5

COMITE D'ÉTUDES HISTORIQUES ET SCIENTIFIQUE DE  
L' A. O. F JANVIER 1919

RAPPORT  
SUR LA PROPAGATION EN MARÉE

DANS LE FLEUVE SÉNÉGAL

PAR P. LOUISE Ingénieur de l'institut industriel de LILLE.  
contrôleur des T.P des colonies.

COMITE D'ETUDES HISTORIQUES ET SCIENTIFIQUES DE  
L'AFRIQUE OCCIDENTALE FRANCAISE

Janvier 1919

00903

PROPAGATION de la MARÉE  
dans le Fleuve "SENEGAL"

Par P. LOUISE, Ingénieur de  
l'Institut Industriel de LILLE  
Conducteur des T.P. des Colonies

En vue de la recherche des conditions d'amélioration de l'embouchure du Fleuve Sénégal, j'ai été invité à étudier le phénomène de la propagation de la marée dans ce fleuve.

Cette étude a donné lieu à une série importante d'observations qui ont fourni des renseignements qu'il me paraît intéressant de faire connaître en raison de la rareté des documents et des sujets de comparaison dans cette matière.

Pour le fleuve Sénégal, dont la partie maritime est longue de 450 kilomètres, cette étude a été particulièrement délicate, par la nécessité de réaliser des observations simultanées sur une si grande étendue avec des moyens les plus réduits.

Le régime du fleuve comportant une crue annuelle (Juin à Décembre), il fallait saisir le moment précis où le débit anont étant devenu pratiquement nul, la partie maritime se trouve soumise entièrement et exclusivement au régime des marées.

Les observations dont il est question dans cette note ont été faites pendant les mois d'avril et mai 1916, période des plus basses eaux de l'année.

GENERALITES

Le régime de l'embouchure d'un fleuve à marée dépendant de la façon dont la marée se propage dans ce fleuve, il s'ensuit que toute étude d'amélioration de l'embouchure du fleuve Sénégal resterait incomplète sans la connaissance, aussi précise que possible, des conditions dans lesquelles la marée s'y propage.

Pour le Sénégal cette étude est d'autant plus délicate que les amplitudes et hauteurs totales des marées de l'Océan au voisinage de l'embouchure du fleuve sont relativement faibles.

On a vu, en effet, dans un travail précédent (1), que dans les parages de Saint-Louis, ces données, combinées à l'existence d'un courant littoral, évitent la formation d'un delta mais ne suffisent pas pour empêcher l'existence d'une barre.

09803

Plus la marée fera entrer et sortir des quantités d'eau considérables dans le fleuve, plus les chasses qui en résulteront seront puissantes et plus le seuil constituant la barre sera écrêté. Réciproquement, la diminution de la hauteur du seuil facilitera l'accès de la marée.

On saisit dès lors la complexité de la question et aussi l'importance qui s'attache aux dispositions à adopter en vue de la fixation de l'embouchure pour faciliter l'accès du maximum de flot.

L'importance de cette étude étant établie, examinons les résultats des observations faites à cet effet.

Les observations ont été faites dans une série de huit postes installés à cet effet et répartis sur la partie maritime du fleuve. Chaque poste était composé d'un marégraphe, d'un baromètre enregistreur, d'un anémomètre à cadran et d'un thermomètre à maxima et minima.

x

x x

#### VITESSE DE PROPAGATION DE LA MARÉE

La vitesse de propagation de la marée dans le fleuve est déduite de l'examen de la superposition des courbes locales des marées de vives eaux et de mortes eaux dans les différents postes d'observations installés entre l'embouchure et Cascas et répartis comme suit :

- 1° - Poste de l'embouchure, intérieur de la barre;
- 2° - Poste de St-Louis, à 19 kms de l'embouchure;
- 3° - Poste Débi, à 86 km de l'embouchure;
- 4° - Poste de RICHARD-TOLL, à 166 kms de l'embouchure;
- 5° - Poste de Dara-Salan, à 241 km de l'embouchure;
- 6° - Poste de Podor, à 290 km de l'embouchure;
- 7° - Poste de Paté-Galo, à 372 km de l'embouchure;
- 8° - Poste de Cascas, à 447 km de l'embouchure.

La vitesse de propagation de l'onde de la marée est établie pour les vives eaux, elle est déduite de la marche du premier flot, c'est à dire de l'instant où dans chaque poste, l'eau ayant cessé de descendre, commence à monter.

a) EMBOUCHURE à SAINT-LOUIS.-- En observant l'heure du premier flot de la première marée du 1er Mai 1916 à l'embouchure du fleuve, soit 1 h. 48 du matin, on retrouve la manifestation du même phénomène à St-Louis à 3 heures, soit 1 h.12 plus tard.

L'intervalle séparant ces deux points étant de 18 kilomètres, il ressort une vitesse de propagation de la marée de 4 m.39 par seconde.

Dans cette partie du fleuve, les sinuosités du chenal sont relativement faibles; mais elle comporte d'importants émissaires comme les marigots de BAMBAYE, de SOPAL, de LEYBAR, le partage du fleuve en

deux chenaux en amont de l'embranchement et en deux bras à St-Louis; en outre, les profondeurs supérieures à 8 mètres y sont rares. Toutes ces particularités pourraient y expliquer la valeur relativement faible de la vitesse de propagation de la marée. La surface totale de ce bief est d'environ 19 millions de mètres carrés.

b) SAINT-LOUIS à DEBI.— Le premier flot se manifestant à DEBI 3 h 40 plus tard qu'à St-Louis, il résulte une vitesse moyenne de propagation de 5 m 07 par seconde dans l'intervalle de ces deux points. Dans cette zone, le fleuve présente quelques coudes dont les plus importants sont ceux de MAKADIAMA et de TIGUET. La somme des angles des sinuosités du chenal de cette partie du fleuve s'élève à 1104°. Par contre, les profondeurs du lit y sont des plus importantes, elles atteignent parfois 19 à 20 mètres dans le chenal. Ce dernier fait explique l'accroissement de vitesse de propagation de l'onde. La surface du fleuve entre St-Louis et Débi est d'environ 34 millions de mètres carrés.

c) DEBI à RICHARD-TOLL.— A Richard-Toll, le premier flot se manifeste 3 h 18 après Débi, soit une vitesse de propagation de 6 m 78 par seconde. Dans cette partie, le fleuve présente des sinuosités à allure plus arrondie que dans le bief précédent quoique la somme des angles y atteigne 1392°. La surface de ce bief est d'environ 36 millions de mètres carrés et les profondeurs y varient de 20 à 11 mètres.

d) RICHARD-TOLL à DARA-SALAM.— La manifestation du premier flot à Dara-Salam se produit 3 h 06 plus tard qu'à Richard-Toll, ce qui fait ressortir la vitesse de propagation à 6 m 72 par seconde. Cette partie du fleuve comporte les seuils de TODD et KEUR MOUR sur lesquels les plus grandes profondeurs, dans le chenal, sont d'environ 4 mètres. La somme des angles des sinuosités de ce bief est de 1280° et sa surface d'environ 27 millions de mètres carrés. Les profondeurs y varient de 11 à 8 mètres.

e) DARA-SALAM à PODOR.— A Podor le premier flot se produit 2 h 24 après Dara-Salam, soit environ 12 h 28 après St-Louis, c'est à dire que la marée est sensiblement haute en même temps à Podor qu'à St-Louis. Dans le bief Dara-Salam-Podor, la vitesse de propagation ressort à 5 m 57 seconde.

Cette partie du fleuve comprend la pointe aval de l'île Amorphil qui partage le fleuve en deux bras importants, le bras secondaire étant le marigot de DOUE.

La somme des angles des sinuosités du chenal atteint 1009° et la surface du bief est de 21.220.000 mètres carrés, y compris environ 9 millions pour la partie maritime du marigot de DOUE, aval du barrage de GOUINA. La profondeur moyenne du chenal dans cette partie du fleuve est d'environ 7 m 50.

f) PODOR à PATE-GALO.— Le premier flot de Paté-Galo se manifeste 3 h 48 après Podor, soit une vitesse de propagation de 5 m 99 dans le bief de Podor-Paté-Galo. Cependant ce bief est un des plus sinueux de la partie maritime du fleuve, la somme des angles des sinuosités y atteint 3129°. Il comprend en outre le seuil de Nafou sur lequel on trouve 1 m 25 d'eau à marée basse. La surface du bief est d'environ 14 millions de mètres

carrés et la profondeur moyenne y atteint 5 m 50.

g) PATÉ-GALO À CASCAS et DIOULDE-DIABÉ. - A Cascas, le premier flot se manifeste 5 h 42 plus tard qu'à Paté-Galo, il en résulte que la marée est simultanément haute à Paté-Galo et basse à Cascas malgré la faible distance (75 km) qui sépare ces deux points. La vitesse de propagation ressort à 3 m 60 par seconde.

Cette faible valeur est due à la présence de nombreux seuils sont les plus importants sont M-Barobé, Aleibé et Beki. La profondeur moyenne du chenal dans ce bief est seulement de 2 m 50. La somme des angles des sinuosités y atteint 2200° et sa surface 11.182.000 mètres carrés.

Il ressort des indications qui précèdent qu'une marée met environ 23 heures pour se propager de l'embranchure à Cascas. L'onde marée continue à s'avancer au-delà de Cascas et elle vient se heurter sur le seuil de Diouldé-Diabé, à 459 km de l'embranchure de 1916. La surface de la partie comprise entre Cascas et Diouldé est d'environ 2 millions de mètres carrés, la somme des sinuosités y atteint 210° et la profondeur moyenne 1 mètre.

AMPLITUDE DE LA MARÉE EN DIFFÉRENTS POINTS  
DU FLEUVE.

Dans le fleuve Sénégal, l'amplitude de la marée décroît de l'embranchure jusqu'à la limite où la marée cesse d'être appréciable.

On a déjà vu qu'en vive eau moyenne l'amplitude en mer au voisinage de St-Louis atteint 1 m 16, soit les 0,84 de l'amplitude de Dakar et qu'en morte eau cette amplitude atteint 0 m 42 ou les 0,62 du chiffre de Dakar.

L'examen des courbes de marée des différents postes d'observations permet d'établir les valeurs limites suivantes de l'amplitude de la marée.

Postes d'observations	Distance de l'embranchure	Vive eau moyenne	Morte eau moyenne
Embranchure, intérieur barre.....	km	1,10	0,28
St-Louis.....	19 "	0,55	0,19
Débi.....	86	0,43	0,17
Richard-Toll.....	166	0,36	0,14
Dara-Salam.....	241	0,31	0,09
Podor.....	290	0,29	0,08
Paté-Galo.....	372	0,25	0,05
Cascas.....	447	0,15	0,02

On remarque que l'amplitude de la marée diminue très rapidement de l'embranchure à St-Louis, cela à cause des bancs qui encombrant l'entrée du fleuve à l'époque des observations.

EFFETS DES CAUSES ACCIDENTELLES DE VARIATIONS  
DU NIVEAU DE MARÉE DANS LE FLEUVE.

a) PRESSIION ATMOSPHERIQUE.— L'examen des graphiques de pressions barométriques dans les différents postes pendant la durée des observations ne révèle aucune anomalie notable. L'allure générale des graphiques est celle constatée pour les pressions au voisinage de la mer. Les variations en sont plus accentuées pour les points les plus éloignés de l'embranchure, sans toutefois dépasser la limite d'amplitude de 10 millimètres autour de la pression moyenne de 760 millimètres.

Les pressions n'ont donc pas d'effet sensible sur les variations de niveau.

b) TEMPERATURE et VENTS.— Ces causes, considérées partout ailleurs comme secondaires, deviennent prépondérantes dans les régions éloignées de l'embranchure en agissant sur les variations de niveau à ces distances où l'amplitude est déjà très réduite.

C'est ainsi qu'à Cascas où les amplitudes maxima et minima sont de 0 m 15 et 0 m 02, la différence des niveaux extrêmes constatée pour tout le mois de mai 1916 a atteint 0 m 54.

De même à Paté-Galo, où l'amplitude maxima atteint 0 m 25 en vive eau, on a vu la dénivellation en morte eau atteindre 0 m 27 par suite d'une grande évaporation, au moment de la marée descendante, évaporation causée par la température qui a dépassé 43° et le vent d'Est qui soufflait avec une vitesse d'environ 300 mètres par minute.

Le tableau ci-après donne quelques chiffres des valeurs extrêmes et moyennes des températures, vitesses des vents et pressions barométriques dans les différents postes d'observations.

Postes	Températures			Vitesse des vents		Pression moyenne en m/m
	Maxima	Minima	Variation moyenne par jour	Maxima	Minima	
Embranchure.....	32°	18°	8°	350 m	125 m	760
St-Louis.....	28°	18°	4°	425 m	50 m	760
Débi.....	37°	17°	13°	540 m	50 m	760
Richard-Toll....	42°	17°	21°	425 m	25 m	758
Dars-Salam.....	42°	18°	18°	480 m	"	758
Feder.....	43°	18°	20°	475 m	"	757
Paté-Galo.....	44°	17°	22°	415 m	"	758
Cascas.....	46°	16°	26°	300 m	25 m	760

NIVEAUX MOYENS.

NIVEAUX MOYENS

L'existence de la sinuosité d'onde à période de 24 heures qui vient se superposer à la sinuosité de LAPLACE et qui se traduit par une différence de hauteur entre deux pleines mers consécutives de la courbe du marégraphe en mer donne une allure sinusoïdale aux variations du niveau moyen en chaque poste pour la durée de l'ensemble des observations.

Examinons ces variations du niveau moyen en chaque poste:

En mer, le niveau moyen oscille en vives eaux entre les cotes + 0.5 et + 0.65, tandis qu'en mortes eaux ses limites sont 0.45 et 0.60;

A l'embouchure, le niveau moyen oscille en vives eaux entre 0.50 et 0.65 tandis qu'en mortes eaux ses limites sont 0.40 et 0.55.

On a trouvé de même pour St-Louis, vives eaux: 0.37 et 0.47 : mortes eaux : 0.34 et 0.44.

Pour Débi.....	{	0.38 et 0.48 en vives eaux;
	{	0.36 et 0.45 en mortes eaux.
Pour Richard-Toll....	}	0.32 et 0.44 en vives eaux;
	}	0.32 et 0.38 en mortes eaux.
Pour Dara-Salam.....	{	0.30 et 0.42 en vives eaux;
	{	0.25 et 0.34 en mortes eaux.
Pour Podor.....	}	0.30 et 0.45 en vives eaux;
	}	0.25 et 0.36 en mortes eaux.
Pour Paté-Galo.....	{	0.30 et 0.40 en vives eaux;
	{	0.20 et 0.40 en mortes eaux.
Pour Cascas.....	}	0.32 et 0.45 en vives eaux;
	}	0.25 et 0.45 en mortes eaux;

Les cotes du niveau moyen en vives eaux à St-Louis et à Cascas confirment les prévisions de Bouquet de la Grye qui admettait comme probable que le niveau de la haute mer n'éprouve pas une surélévation notable dans la partie maritime du fleuve; que, s'il en existait une au point où le fleuve se détourne vers l'Est, les nombreux coudes de son cours auraient pour effet d'atténuer la force vive qui en est la cause et il en déduisait que LE NIVEAU DU FLEUVE A HAUTE MER DE VIVE EAU A DIOULDE-DIABE DOIT PEU DIPPERER DE CELUI OBSERVE A SAINT-LOUIS.

L'ensemble des variations du niveau moyen se trouve condensé dans le tableau ci-après :

.../...

Postes d'observations	Amplitude		Cote moyenne		Observations
	du niveau moyen		du niveau moyen		
	Vives eaux	Mortes eaux	Vives eaux	Mortes eaux	
			+	+	
En mer.....	0.15	0.15	0.575	0.525	
Embouchure.....	0.15	0.15	0.575	0.475	
St-Louis.....	0.10	0.10	0.420	0.390	Zéro de St-Louis
Débi.....	0.10	0.07	0.430	0.395	
Richard-Toll.....	0.12	0.06	0.380	0.350	
Dara-Salam.....	0.12	0.09	0.360	0.295	
Podor.....	0.13	0.11	0.365	0.305	Marigot Doué
Paté-Galo.....	0.10	0.20	0.350	0.300	
Cascas.....	0.13	0.30	0.385	0.300	

NOTA. - En l'absence de tout repère de nivellement, le zéro de chaque poste a été fixé par comparaisons successives des courbes locales de marées en se basant sur les indications des marégraphes de Saint-Louis et de la mer rattachés tous deux au zéro de Saint-Louis.

L'examen des chiffres contenus dans ce tableau fait savoir que le niveau moyen, dans chaque poste s'abaisse en morte eau et s'élève en vive eau, que l'amplitude de ses oscillations varie dans les limites qui ne dépassent pas en vives eaux 5 centimètres d'un poste à l'autre.

Quant aux limites des oscillations en morte eau, elles peuvent être faussées sur les points les plus éloignés par la prépondérance de l'influence de l'évaporation.

Le premier résultat de cette étude est de donner un nivellement d'une précision presque mathématique des 450 km de la partie maritime du fleuve Sénégal.

COURANTS DE MARÉE DANS LES SECTIONS SUCCESSIVES.

Le manque de personnel n'a pas permis de faire simultanément des observations de vitesse de courants dans toute la partie maritime du fleuve. On a dû se contenter des observations antérieures qui ont été coordonnées pour l'embouchure et Saint-Louis; et faire successivement les observations de la partie amont en descendant de Cascas à Débi.

a) Variations des sections successives d'écoulement. - Les renseignements ainsi rassemblés ont été traduits par des graphiques. Avant d'analyser le phénomène des courants, il est utile de fixer les valeurs des sections du fleuve dans lesquelles ils se sont manifestés. Ces sections relevées des profils en travers et ramenées au zéro du marégraphe de chaque poste sont les suivantes :

- 1 - Amont, embouchure..... 3.451 mq
- 2 - St-Louis, grand bras et petit bras..... 2.753 mq
- 3 - Débi..... 2.232 mq

4 - Richard-Toll.....	2003 mq
5 - Dara-Salam.....	1119 mq
6 - Podor (bras Nord ile Amorphil).....	653 mq
7 - Paté-galo.....	267 mq
8 - Cascas.....	46 mq

La propagation de la marée dans le fleuve à travers ces sections successives détermine des changements de courants comme en mer.

b) Renversement du courant. - Le renversement du courant a été constaté dans tous les postes dès le mois d'avril sauf celui de Cascas où il ne s'est manifesté qu'en mai, à la fin de saison sèche.

Contrairement à ce qui se passe en mer libre, ce renversement ne se produit pas à mi-marée, mais en général au voisinage de la pleine mer ou de la basse mer.

Aux abords intérieurs de l'embouchure, le renversement du flot au jusant se produit en surface environ 1 h 48 après la pleine mer et au fond une demi-heure plus tard. Le courant du flot, au contraire, commence environ 2 h 45 après la basse mer.

A St-Louis, ce renversement a lieu 1 h 36 après la pleine mer avec environ 10 minutes de retard du fond à la surface.

A Débi, le renversement du flot au jusant se produit 1 h 48 après la haute marée dans ce poste, et sans retard sensible du fond à la surface. Le renversement du jusant au flot s'y fait sentir exactement à mi-marée.

Les observations de vitesse à Richard-Toll sont tombées en période de morte eau. Le courant ne s'est renversé du jusant au flot que dans le fond du fleuve et pendant une période de 2 h 24 minutes. En surface, le courant ne s'est pas renversé au flot, sa vitesse s'est annulée pendant une période de 2 heures, de 1 heure avant la marée haute à 1 heure après.

Le phénomène de renversement du courant est troublé à Richard-Toll par la proximité du lac de Guiers dont le marigot de communication avec le fleuve, la Tacoué, débouche dans cette localité. Par période de vent d'est, l'évaporation plus considérable du lac maintient le niveau de celui-ci au dessous du niveau du fleuve et il en résulte une prédominance de durée du courant d'entrée dans la Tacoué, tandis qu'en temps normal cette prédominance est en faveur du courant de descente.

A Dara-Salam, le renversement du flot au jusant se produit environ 1 h 10 après la haute marée et presque en même temps à la surface qu'au fond. A Podor, le renversement du flot au jusant se produit environ deux heures après la marée haute sans retard sensible de la surface au fond. Il y a lieu de se rappeler qu'entre Dara-Salam et Podor se trouve le confluent aval du marigot de Doué.

A Paté-Galo, le renversement du flot au jusant se produit en surface, 1 h 20 après la marée haute et au fond, environ 12 minutes plus tard.

A Cascas, le renversement de courant ne se produit qu'à la fin de la saison sèche, en mai, il subit des perturbations qui sont liées à celles de la courbe des marées et du niveau moyen.

c) Vitesses des courants de marée. - En principe, à cause de la forme sinusoïdale de la courbe des marées, la vitesse d'entrée du flot devrait être faible au début de la montée par suite des lentes variations du niveau à ce moment; elle devrait augmenter ensuite et atteindre son maximum à mi-marée, moment où la tangente au point d'inflexion de la courbe de marée, atteint son maximum d'inclinaison. A partir de ce moment, la vitesse devrait diminuer pour s'annuler à marée haute.

L'examen des graphiques des hauteurs d'eau et des variations de vitesse correspondantes a montré qu'il n'en est pas absolument ainsi dans le fleuve Sénégal: les intensités maxima des vitesses de flot et de jusant y sont toujours atteintes avant et au voisinage de la marée haute et de la marée basse.

Ainsi, en amont de l'embarchure, le maximum de la vitesse du courant est atteint 1 heure avant la pleine mer avec une valeur numérique moyenne de 0 m 35 en surface et 0 m 60 au fond.

Le jusant y atteint son maximum de vitesse, 0 m 60 environ 1 heure avant la basse mer.

Les plus grandes valeurs numériques sont atteintes dans le grand bras du fleuve à St-Louis, où la section est plus resserrée, soit au flot 0 m 88 en surface et 1 m 25 au fond, environ 40 minutes avant la pleine mer. Au jusant ces vitesses atteignent 1 m 48 en surface et 1 mètre au fond, environ 1 heure 30 avant la basse mer.

A Débi, le maximum de vitesse du flot est atteint 45 minutes avant la pleine mer pour 0 m 50 en surface et 0 m 34 au fond. Le maximum du jusant se produit avant la basse mer et atteint 0 m 45.

A Richard-Toll, les vitesses limites constatées sont 0 m 20 au jusant et 0 m 10 au flot. Ces chiffres sont certainement faibles et correspondent à une période de morte eau.

A Dara-Salam, par marée moyenne les vitesses limites sont 0 m 10 au flot comme jusant. C'est le point où les courants sont les plus faibles.

A Podor, par marée de vive eau, les vitesses limites sont 0 m 25 au flot comme au jusant.

A Paté-Galo, elles atteignent 0 m 20 au flot et 0 m 28 au jusant.

A Cascas; la valeur limite de la vitesse est 0 m 20 au jusant et 0 m 10 au flot.

L'analyse des caractères qu'offrent les courants de marées dans le fleuve Sénégal est assez difficile: car, se produisant simultanément, ils influent les uns sur les autres en combinaisons diverses, compliquées soit par la présence des narigots ou l'existence de seuils.

Il faut remarquer cependant que la durée du jusant augmente à mesure qu'on remonte le fleuve et il est arrivé que les faibles oscillations de l'eau à la limite maritime se sont produites sans que le courant du fleuve ait changé de sens.

### INTRODUCTION DE L'EAU DE MER DANS LE FLEUVE SENEGAL

A l'embouchure du Sénégal, le courant de flot commence à peu près 2 h 45 après la basse mer. A partir de ce moment, l'eau provenant de l'océan pénètre dans le fleuve et il est utile de savoir jusqu'où remonte la mer.

Considérons une élévation du niveau de l'eau de 0 m 12 à partir du moment où la mer commence à entrer dans le fleuve. Cette élévation est obtenue en 1 h 48. Pendant ce temps l'onde marée s'est avancée avec sa vitesse de propagation moyenne de 5 m 40, jusqu'à 35 km environ de l'embouchure. La tranche liquide partie de l'embouchure au même instant n'a avancé que beaucoup plus lentement, avec la vitesse moyenne du courant de flot correspondant à l'élévation du niveau de 0 m 12 au-dessus de la cote de renversement, vitesse mesurée de 0 m 20, qui amène la tranche liquide à environ 1.200 mètres de l'embouchure.

On voit donc que 1 h 48 après le commencement du courant de flot à l'embouchure, l'onde montante se compose de deux parties: l'une voisine de l'embouchure, composée d'eau venant de la mer, longue environ de 1.300 mètres et l'autre de 33.700 mètres composée de l'eau se trouvant déjà dans le fleuve et refoulée par la mer.

Si l'on considère que la marée haute à l'embouchure se produit 3 h 45 après le commencement du courant de flot et que le renversement complet du flot au jusant se produit 1 h 50 après la pleine mer, on en déduit 5 h 35 pour la durée totale moyenne du courant de flot à l'embouchure, temps pendant lequel l'onde marée s'est avancée jusqu'à environ 103 km 500 de l'embouchure, entre Débi et Richard-Toll. Pendant ce temps, la tranche liquide salée partie de l'embouchure n'aurait progressé que de 9.045 mètres avec une vitesse moyenne du courant de flot de 0 m 45. En réalité, cette tranche liquide progresse encore quelques minutes jusqu'au moment où elle subit elle-même le phénomène du renversement, qui se produit après que le sommet de l'onde marchant plus vite que la tranche salée a dépassé celle-ci.

L'introduction de la mer telle qu'elle <sup>est</sup> exposée ci-dessus correspond à une marée initiale. Dans la pratique, le jeu des marées successives provoque un brassage énergique des eaux d'amont et de l'eau de mer, brassage facilité par les caractères spéciaux des courants de flot et de jusant que nous étudierons plus loin.

Il résulte de ce qui précède que l'eau de mer absolue ne remonterait qu'à une dizaine de kilomètres de l'embouchure tandis que la salure due au brassage du jeu des marées remonterait progressivement vers l'amont au fur et à mesure de l'avancement de la saison sèche, à la fin de laquelle on trouve l'eau saumâtre entre Richard-Toll et Bagana.

### CHASSE PRODUITE PAR LE JUSANT

On pourrait, comme l'a indiqué BOUQUET de la GRYE, déduire approximativement le débit de jusant du fleuve en partant de la durée de la propagation de la mer entre l'embouchure et un point situé en amont.

Il suffirait d'utiliser les chiffres des surfaces dans lesquelles la marée se fait sentir en amont indiqués au début de ce travail en faisant la différence entre les cotes de l'eau au moment du plein et au moment du bas de l'eau, on saurait ainsi le volume qui doit s'écouler dans l'intervalle de deux marées.

Des observations directes, faites par jaugeages et mesures de vitesse, en amont de l'embouchure, en fin de saison sèche, donnent une moyenne de 36.387.000 mètres cubes d'eau sortant du fleuve au jusant.

Ce chiffre correspond d'ailleurs sensiblement à celui du volume d'eau de mer entré dans le fleuve par la section moyenne d'embouchure à marée haute de 4.200 mètres carrés et remplissant le fleuve jusqu'à 9045 mètres en amont, soit: 37.909.000 m<sup>3</sup>.

Il est évident que la chasse due au jusant sera d'autant plus puissante que le volume d'eau qui doit sortir de l'embouchure pendant le jusant sera plus considérable. Or, ce volume est fonction, d'une part du point limite de l'entrée de l'eau de mer ou ce qui revient au même de la vitesse moyenne du flot; d'autre part, il est fonction de la section de la partie voisine de l'embouchure, section que l'on peut augmenter en agissant sur la profondeur. Il en résulte que le volume de la chasse dû à l'écoulement de l'eau de mer à l'embouchure augmentera avec la profondeur du fleuve dans la partie voisine de l'embouchure.

Il faut aussi que le lit du fleuve offre au courant de flot le minimum de résistance.

L'analyse démontre que la section du fleuve doit en outre tendre à décroître de l'embouchure vers l'amont, or, cette condition est naturellement réalisée dans le fleuve Sénégal et la réduction porte à la fois sur la largeur et la profondeur comme on peut s'en rendre compte par les chiffres des sections successives indiqués dans l'article précédent.

#### CARACTÈRES SPÉCIAUX DES COURANTS DE FLOT ET JUSANT DANS LE FLEUVE SENEGAL.

Les considérations qui suivent sont relatives à des observations faites en amont de l'embouchure au Nord du confluent aval du marigot de Leybar, point où tous les phénomènes observés comportent leur maximum d'importance en raison de la destination de la présente étude qui est la recherche des conditions rationnelles d'amélioration et de fixation de l'embouchure du Sénégal à cet endroit.

Examinons donc en particulier les caractères spéciaux des courants de flot et de jusant du fleuve en amont de l'emplacement choisi pour la fixation de l'embouchure.

a) du jusant. - Les observations du courant de jusant en amont du confluent du marigot de Leybar ont fait ressortir que le maximum de vitesse se produit toujours sur la rive gauche et pendant toute la durée du jusant.

Le début du jusant se manifeste 10 minutes plus tôt dans la partie attenante à la rive droite et l'établissement complet du jusant est beaucoup plus rapide dans cette partie du profil soit environ 23 minu-