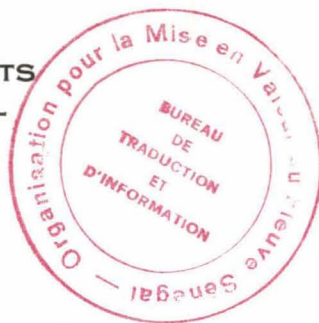


ORGANISATION DES ÉTATS
RIVERAINS DU SÉNÉGAL
(O. E. R. S.)



1987
PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR LE DÉVELOPPEMENT
(P. N. U. D.)

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
ETUDE DE LA NAVIGABILITE ET DES PORTS DU FLEUVE SENEGAL
(REG-86)

Recommandations
pour l'Aménagement des Conditions de Navigation
sur le Fleuve
SÉNÉGAL

Tome I

Etat Actuel du Fleuve
Développement des Transports et Objectifs de l'Aménagement
de la Voie d'Eau

PAR

K. I. BEZIUKOV
INGÉNIEUR-HYDROLOGUE

Traduit du Russe par

V. TALUKINE
ET
A. FELMAN

Saint-Louis,
Mars 1971

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
Avant propos	1
<u>CHAPITRE I</u> :	
1. Situation Géographique du bassin du fleuve Sénégal.	5
2. Climat.	8
3. Hydrologie et Hydrométrie	16
<u>CHAPITRE II</u> : Navigation.	
1. Caractéristiques nautiques du Fleuve.	26
2. Utilisation du fleuve Sénégal comme voie de transport.	37
3. Organisation et Aménagement de la voie navigable.	41
<u>CHAPITRE III</u> : Perspectives de Développement du trafic sur le fleuve Sénégal et Objectifs d'aménagement de la voie d'eau.	
1. Justification de l'exécution des travaux sur la voie d'eau.	43
2. Variantes des fonds navigables.	44
<u>CHAPITRE IV</u> : Choix de la méthode d'amélioration de la navigation du fleuve Sénégal.	
1. Problème du choix de la méthode.	45
2. Méthodes d'amélioration de la navigabilité des fleuves en état naturel.	46
3. Choix de méthode.	48

AVANT - PROPOS.

Les recommandations pour l'amélioration des conditions de navigation sur le fleuve Sénégal sont élaborées conformément au "Plan d'Opérations" du Projet REG.86.

Le présent rapport traite de l'une des principales branches des activités du Projet étroitement liées aux études déjà exécutées portant sur des problèmes économiques du développement des transports fluviaux et de l'aménagement des ports et escales du Fleuve. Il est consacré aux études relatives à l'amélioration des qualités navigables de la voie d'eau, à l'importance et à la nature des travaux et enfin aux moyens à mettre en oeuvre pour leur exécution.

Les recommandations contenues dans ce rapport tiennent compte aussi bien des études entreprises par le Projet que des études précédemment effectuées sur le bassin du fleuve Sénégal.

Le développement de l'économie des pays riverains du fleuve Sénégal ouvre de larges perspectives pour l'utilisation du Fleuve comme voie de transport rendant ainsi nécessaire son aménagement, aux fins de la navigation.

Cependant, il convient de noter que la pleine utilisation des possibilités naturelles du bassin ne sera atteinte que lorsque l'écoulement des eaux permettra de résoudre les problèmes d'irrigation, d'alimentation en eau, de production d'énergie électrique et de navigation.

L'utilisation du fleuve Sénégal et de ses bras et affluents importants (Doué, Gayo, Falémé) comme voies de transport permettra de desservir de vastes régions du Bassin au moyen d'un transport bon marché. La mise en valeur du Fleuve pour le développement des transports ne sera efficace que lorsqu'il sera créé les conditions pour la navigation annuelle par l'augmentation des tirants au moyen d'approfondissements et de rectifications des seuils et de la régularisation du débit.

L'exécution de certains travaux relativement peu importants, peut permettre une navigation annuelle jusqu'à BOGHE (PK 379) avec des tirants de l'ordre de 1,5 m. La navigation pendant toute l'année ne sera possible sur le tronçon en amont de BOGHE qu'après la régularisation du débit du Fleuve.

La possibilité de rendre la navigation annuelle sur le fleuve Sénégal est un facteur positif extrêmement important pour le développement des transports fluviaux dont l'économie n'est plus à démontrer. Dans de nombreux pays d'Europe et d'Amérique, malgré la courte durée de la période de navigation (6 à 7 mois) sur les voies d'eau intérieures, les transports fluviaux se développent avec succès par rapport aux autres modes de transport.

Dans le présent Rapport, il est envisagé l'aménagement du fleuve Sénégal dans son état actuel.

La Résolution n° 13/70-CM-SG-D du IIIème Conseil des Ministres de l'O.E.R.S. a décidé que la première étape du développement intégré du Bassin du fleuve Sénégal soit basée sur une régularisation des débits du Fleuve à 300 m³/s*. Et parmi les ouvrages liés à la valorisation des ressources du Fleuve dans cette première étape de régularisation, il est retenu le barrage régulateur hydro-électrique de Manantali. Mais la réalisation d'un tel ouvrage nécessite un temps considérable.

En outre, les perspectives de développement des transports fluviaux sont bonnes même dans le proche avenir. Mais ce développement ne sera pleinement assuré qu'après l'exécution des travaux d'aménagement de la voie navigable. Aussi ce rapport recommande certaines dispositions à prendre dans ce domaine. Il convient de souligner que ces dispositions devront également être prises après la régularisation du débit du Fleuve. C'est pourquoi l'exécution dès à présent des travaux qui seront recommandés permet non seulement d'amorcer le développement des transports fluviaux, mais aussi répond parfaitement aux objectifs globaux de la mise en valeur du Bassin.

Dans la mise au point des travaux d'aménagement sur la voie d'eau, il est tenu compte des prémises réelles du développement intégré du bassin du Fleuve, ce qui exclut son utilisation à des fins exclusives de navigation.

Les travaux recommandés sur la voie navigable comprendront :

- la construction du balisage ;
- la réalisation des travaux d'approfondissement du lit ;
- la réalisation des travaux de rectification.

L'exécution de l'ensemble du programme des travaux permettra d'augmenter les tirants sur tout le tronçon navigable du Fleuve (SAINT-LOUIS - KAYES), jusqu'à 1,2 m avec un débit de 150 m³/s. Actuellement, avec un tel débit, les fonds ne dépassent pas 0,4 à 0,5 m sur le tronçon AMBIDEDI - KAYES.

La réalisation de ce programme nécessitera un investissement de l'ordre d'un milliard de francs CFA environ. Cette somme devra être majorée de 200 millions si l'on tient compte des taxes frappant les équipements devant être importés.

Il serait rationnel de programmer la réalisation des travaux sur la voie navigable par étape en fonction du développement du trafic sur le Fleuve.

* à Bakel.

La réalisation du programme minimum des travaux nécessitera un investissement de l'ordre de 300 millions de francs CFA, TTC et seulement de 250 millions si le matériel est importé hors taxes.

L'étape correspondant à la réalisation du programme minimum permettra d'assurer des tirants d'eau de 1,5 m pendant toute l'année de l'embouchure à l'escale de BOGHE d'une part et de mettre en place le balisage réfléchissant le long du Fleuve de l'embouchure à KAYES.

La réalisation du programme proposé nécessitera en outre la mise en place d'une direction de la navigation (Direction des voies d'eau) dont l'activité essentielle serait axée sur la réalisation des travaux sur la voie navigable pour la création des meilleures conditions de navigation.

La relance de la navigation et le développement des transports fluviaux ne pourront vraiment être efficaces que lorsque les travaux d'aménagement de la voie d'eau seront entrepris pour améliorer les qualités navigables du Fleuve. Aussi est-il urgent d'aborder cette question afin de doter les pays riverains d'une voie de transport bon marché qui contribuera sans nul doute au développement économique de cette sous-région.

Le présent rapport n'étant encore approuvé ni par les Nations Unies, ni par l'O.E.R.S., ses conclusions et recommandations n'engagent pas ces organisations.

Le travail a été accompli avec le concours actif du personnel du Projet et de la contrepartie.

L'auteur exprime sa sincère reconnaissance à Monsieur Ibrahima BA, Co-Directeur du Projet pour son aide pratique dans l'organisation des levés du lit et pour ses remarques et propositions judicieuses sur le contenu du rapport ; à M. Ivan LECONTE pour la révision et le collationnement de l'épreuve et au personnel administratif et technique suivant de la Contrepartie :

- Mme Marième GUISSÉ, secrétaire, qui a dactylographié ce rapport ;
- M. ROBAGLIA Alphonse, Technicien hydrologue de l'OERS pour son concours dans l'exécution de certains travaux et en particulier, pour le travail important du dépouillement des sondages du chenal ;
- DIENG Malick, dessinateur de l'OERS pour l'exécution du volume essentiel des dessins du Rapport y compris la mise en forme graphique des feuilles de la carte nautique ;
- KONTE N'Diaga - Hydrographe de l'OERS
- BA Oumar - Topographe de la MAS
- Ely BOYE - Hydrologue de la MAS
- DIOP Makha - Géomètre, service Topo des T.P. de SAINT-LOUIS.

à l'équipage de la vedette du Projet

- Capitaine : Samba DIA
- Mécanicien : Amadou DIOP
- Matelot : Abdoulaye SARR.

L'auteur exprime ses remerciements au Directeur de la MAS, M. SAKHO, au chef du Bureau d'Etudes de la MAS, Monsieur Amadou DIALLO et à M. Malick FALL chef du service hydrologique pour la mise à la disposition du Projet de nombreux renseignements techniques.

Ses remerciements vont en particulier à Monsieur Salif N'DIAYE pour le grand intérêt et l'attention qu'il a portés à la présente étude et pour les remarques et suggestions importantes faites pendant notre mission.

L'auteur exprime sa gratitude aux Experts-Interprètes, MM. V. TALUKINE et A. FELMAN pour la traduction du texte du rapport russe en français.

Il tient enfin à dire sa reconnaissance et faire ses remerciements à Monsieur KAMMERER, Directeur du Projet, pour les conditions nécessaires de travail qu'il lui a créées et pour les observations précieuses concernant le contenu du Rapport.

*
* *

CHAPITRE I

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL -

Le Sénégal est l'un des plus grands fleuves de l'Afrique Occidentale. Son bassin est situé entre les parallèles 10° 30' et 17° 30' Nord et les méridiens 7° et 16° 30' de longitude Ouest. *

De forme irrégulière, ce bassin est orienté du Nord-Ouest au Sud-Est (v. Figure 1). Il a une superficie totale de 289 000 km² répartie par pays selon la distribution suivante :

- République du Sénégal : 27 500 km²
- République du Mali : 155 000 km²
- République Islamique de Mauritanie : 75 500 km²
- République de Guinée : 31 000 km².

L'extrémité Sud-Est du bassin est montagneuse. Elle est bordée sur le territoire de la Guinée par le massif du Fouta-Djallon qui culmine à 1540 m et sur le territoire du Mali par le Plateau Mandingue qui occupe la région située à l'Ouest de BAMAKO. Dans le reste du bassin, le relief est moins élevé et l'on ne rencontre des altitudes supérieures à 400 m que dans le massif de l'Affolé au Nord sur le territoire de la Mauritanie.

Entre les vallées de la Falémé et du Bafing et entre les vallées du Karakoro et du Gorgol sont situés respectivement le plateau de Tambaoura et le Plateau d'Assaba, hauts de 400 m environ.

A l'Est de KAYES, entre les vallées de la Baoulé et de la Kolombiné, le bassin est formé par un vaste plateau au relief très mou, situé entre 200 et 300 m d'altitude.

A l'Ouest du Méridien 13°, l'altitude devient de plus en plus faible.

Le bassin du fleuve, de BAKEL à DAGANA, est une plaine alluviale encadrée par des régions semi-désertiques constituant la zone d'inondation.

* Sénégal Consult. Décembre 1969.
Etude de préinvestissement pour la régularisation du fleuve
Sénégal - Rapport intérimaire Volume I.



BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

ECHELLE 1: 2.500.000
50 0 50 100 150 km

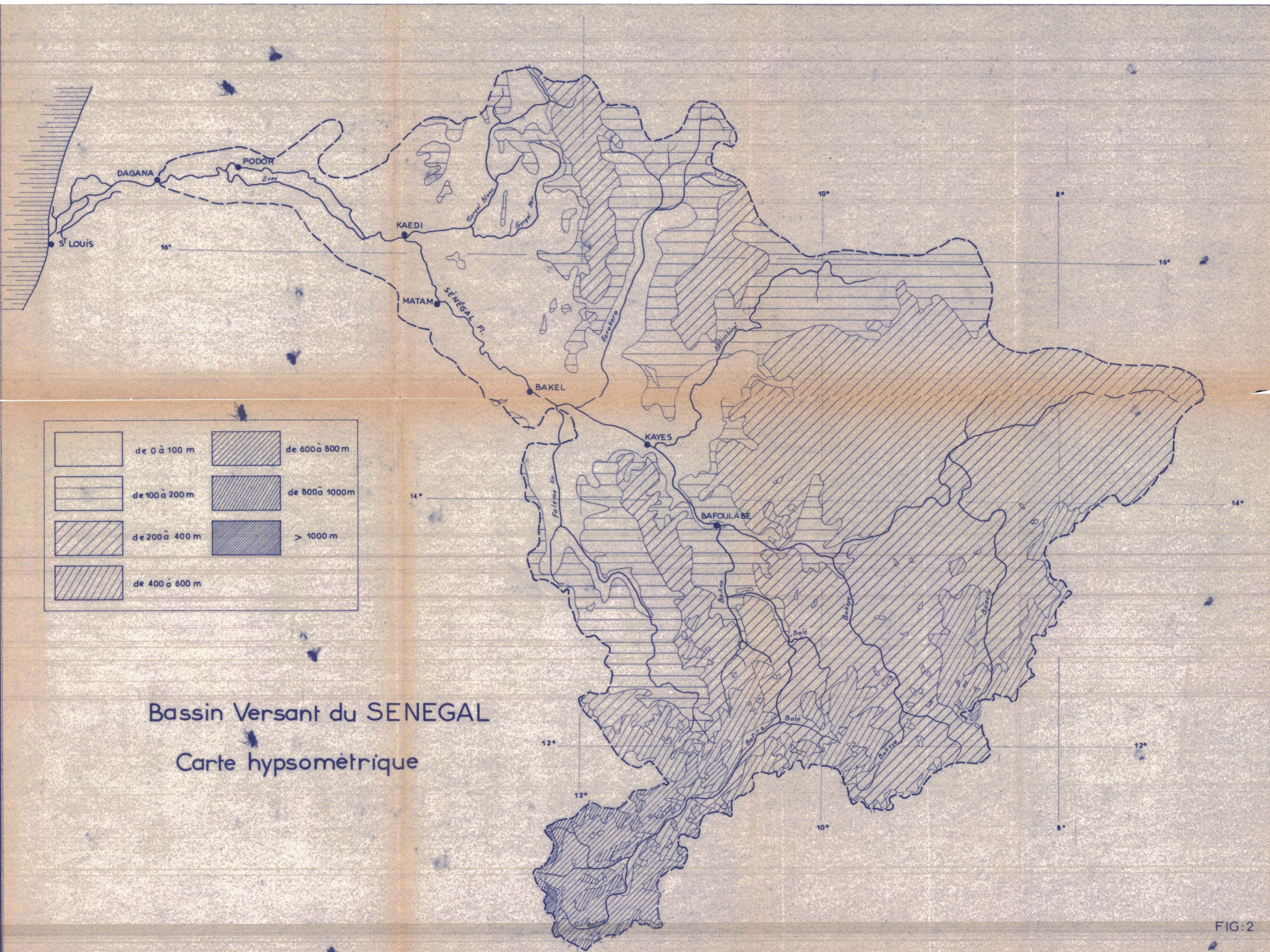


LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL 289.000 km²
SA SURFACE SE REPARTIT DE FAÇON SUIVANTE

REPUBLIQUE DU SENEGAL	27.500 km ²
REPUBLIQUE DU MALI	155.000 km ²
REPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE	75.500 km ²
REPUBLIQUE DE GUINEE	31.000 km ²

10° N
16° W

7° W



	de 0 à 100 m		de 600 à 800 m
	de 100 à 200 m		de 800 à 1000 m
	de 200 à 400 m		> 1000 m
	de 400 à 600 m		

Bassin Versant du SENEGAL
Carte hypsométrique

FIG:2

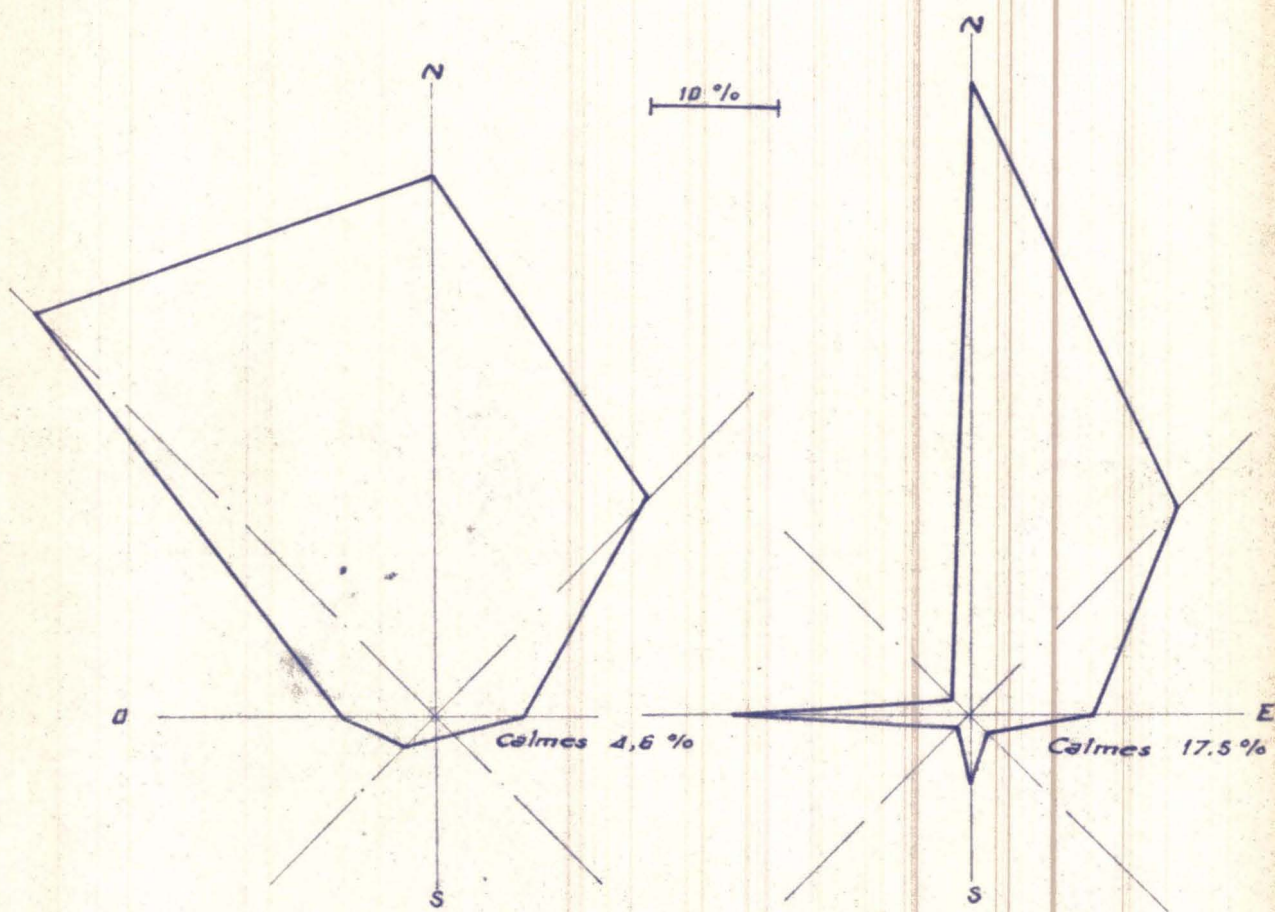
Echelle: 1/2.000.000

REPARTITION EN FREQUENCE DES DIRECTIONS DU VENT AU SOL

FIG: 3

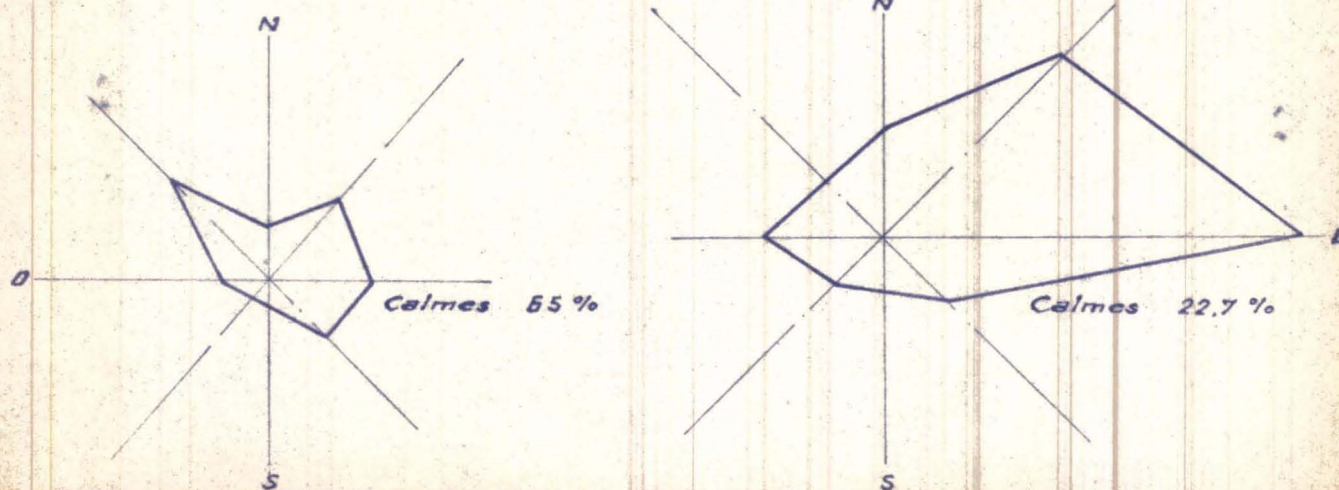
SAINT-LOUIS

ROSSO



MATAM

KAYES



2 - CLIMAT *

Le bassin du fleuve Sénégal, situé entre les régions tropicales au Sud et les confins du Sahara au Nord, présente une grande diversité climatique. Le climat de la partie inférieure est du type soudano-sahélien au Sud-Est et du type sahélien au Nord et à l'Ouest. La durée de la saison des pluies varie de 4 mois à BAKEL à 3 mois pour la partie septentrionale. Une pluviométrie annuelle comprise entre 250 et 650 mm et l'absence de relief expliquent la faiblesse des apports que reçoit le Sénégal à l'aval de BAKEL.

Les stations météorologiques principales dans la partie aval du fleuve sont situées à SAINT-LOUIS, ROSSO et MATAM.

Le climat du bassin en amont de BAKEL est déterminé par des déplacements du front intertropical boréal qui sépare l'air tropical (Harmattan) et l'air équatorial (Mousson). L'air continental caractérisé par une faible humidité est véhiculé par des vents de secteur N.E. L'air équatorial, très humide, est véhiculé par des vents faibles du secteur S.O. Son épaisseur à quelques centaines de km de la trace au sol du front intertropical ne dépasse pas 2 000 à 3 000 mètres. Entre les mois de Janvier et d'Avril le front intertropical reste en dessous de la latitude 12° N. L'Harmattan souffle de façon permanente et la sécheresse règne sur tout le bassin.

Avec le mouvement apparent du soleil les basses pressions équatoriales se déplacent lentement vers le Nord et s'unissent à celles causées par l'échauffement du continent. Le front intertropical progresse vers le Nord et la mousson pénètre dans le bassin. Sa progression sur un sol chauffé par l'Harmattan aboutit à la formation de tornades.

La surface du bassin intéressée par les précipitations croît au fur et à mesure que le front intertropical atteint des latitudes plus élevées. La mousson arrose le Fouta-Djallon dès le mois d'Août. Au mois d'Août le front intertropical atteint sa position la plus septentrionale vers la latitude 22°. Pendant cette période la Mousson domine partout et il pleut sur l'ensemble du bassin. Ensuite le mouvement du front intertropical s'inverse et la Mousson reflue vers le Sud. Les pluies sont encore abondantes en septembre. Il cesse de pleuvoir vers la mi-octobre. En novembre, l'Alizé apporte un peu de fraîcheur, mais bientôt l'Harmattan balayera à nouveau le sol.

Le régime des vents dans le haut Bassin est conditionné par la circulation générale de l'atmosphère dans la zone intertropicale caractérisée par la présence de deux courants : un du secteur N.E. (Harmattan) et l'autre du secteur S.O. (Mousson).

* Source : ORSTOM - MAS, Février 1968. Monographie Hydrologique du Fleuve Sénégal, 1ère partie.

Le régime des vents du bas bassin est caractérisé par des déplacements du front intertropical séparant l'air sec véhiculé par des vents du secteur Nord-Est de l'air humide véhiculé essentiellement par des vents du secteur Sud-Ouest. D'autre part, l'alizé maritime venant du Nord (vent vif, frais et humide) et longeant la côte s'oppose de Novembre à Juin à l'action de l'air tropical. Son influence se propage sur une étroite bande littorale large de quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres.

Fréquence par classe (en %) et vitesse moyenne des vents.

Période 1951 - 1958.

Tableau 1.

Stations	$V < 1$ m/s	$2 < V < 4$	$5 < V < 6$	$7 < V < 14$	$15 < V < 21$	$V > 21$	Vitesse moyenne
SAINT-LOUIS	5,9	57,8	28,3	8,0	0	0	3,74
ROSSO	19,5	128,5	31,9	20,0	0,1	0	4,35
MATAM	55,1	135,7	6,6	2,6	0	0	1,89
KAYES	27,8	161,2	8,6	2,35	0,03	0,02	2,57

Source : ORSTOM - MAS, Février 1968. Monographie hydrologique du Fleuve Sénégal, 1ère partie.

Lors de la saison sèche les vents dominants viennent du secteur Nord-Est à MATAM et à PODOR, et les vents de Nord-Nord-Ouest atteignent SAINT-LOUIS où l'alizé maritime est le vent prépondérant.

La température moyenne annuelle de l'air augmente de la côte, vers l'intérieur. La région littorale doit à l'alizé maritime une température fraîche de Novembre à Mai, c'est le climat subsaharien de SAINT-LOUIS (la moyenne annuelle est de 25° C).

A l'intérieur du bassin, la température atteint son maximum juste avant la saison des pluies, en Mai dans la région de BAKEL-MATAM et en Juin plus au Nord. A SAINT-LOUIS, du fait des alizés, les températures maximales s'observent en Août-Septembre. Les températures sont minima dans tout le bassin en Janvier. (voir tableau 2.)

Les variations de la température sont les plus fortes en Février-Mars et elles sont minimales pendant la saison des pluies. L'humidité relative maximale, minimale et moyenne mensuelle est contenue dans le tableau 3.

Températures moyennes de l'air
en ° C.

Tableau 2.

N°	Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyen ne	Période des ob- servées
1	* SAINT-LOUIS														
	Tx	28	29	28	26	26	29	31	31	32	31	30	29	29,3	1926-64
	Tn	16	16	17	18	19	23	25	25	25	24	21	18	20,7	
	$\frac{T_x + T_n}{2}$	22	23	23	22	23	26	28	28	29	27	26	23	25,0	
2	ROSSO*														
	Tx	29	31	33	37	39	40	39	36	34	35	36	35	35,3	
	Tn	14	16	17	19	20	22	24	24	27	23	18	15	19,5	1942-64
	$\frac{T_x + T_n}{2}$	22	23	25	28	29	31	32	30	30	29	27	25	27,4	
3	MATAM *														
	Tx	33	36	39	42	43	41	36	34	34	36	37	33	37,0	
	Tn	14	17	19	23	26	27	25	24	24	24	20	16	21,6	1939-64
	$\frac{T_x + T_n}{2}$	23	26	29	33	35	34	30	29	29	30	29	24	29,3	
4	KAYES **														
	Tx	34	37	40	43	48	38	34	32	33	35	36	34	36	
	Tn	17	19	22	26	28	26	25	22	23	23	21	17	22	
	$\frac{T_x + T_n}{2}$	23	28	31	34	35	30	30	27	28	29	28	26	29	
	T x	= Température journalière maximale													
	T n	= Température journalière minimale													
	$\frac{T_x + T_n}{2}$	= Température moyenne mensuelle (conventionnelle).													

* Source : ORSTOM - MAS, Février 1968 - Monographie hydrologique du Fleuve Sénégal, 1ère partie.

** Sénégal Consult. Dec. 1969. Etude de préinvestissement pour la régularisation du fleuve Sénégal. Rapport intérimaire Volume I.

Humidité moyenne (relative) de l'air en %.

Tableau 3.

N	Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle	
1	St-LOUIS Ux	82	88	91	93	95	94	91	92	92	91	87	83	90	
		Un	36	45	51	61	73	76	74	73	70	62	48	39	59
		M	54	63	68	78	80	80	78	79	79	74	64	59	71
2	ROSSO	Ux	58	59	65	71	76	83	89	91	93	87	74	65	76
		Un	16	16	18	12	17	26	41	49	48	35	26	22	27
		M	34	34	36	38	43	53	64	70	70	61	49	41	49
3	MATAM	Ux	65	59	55	51	52	70	85	94	93	89	83	73	72
		Un	18	17	12	15	16	26	44	57	55	43	26	23	29
		M	37	34	30	28	31	45	63	75	74	65	52	44	48
4	KAYES	Ux	40	39	33	35	53	80	93	96	93	93	75	49	69
		Un	13	13	10	10	18	37	55	62	60	44	23	16	30
		M	27	26	21	23	36	58	74	79	79	69	49	32	48

Source : ORSTOM - MAS, Février 1968. Monographie hydrologique du fleuve Sénégal, 1ère Partie.

La moyenne annuelle la plus forte s'observe dans la région littorale (71% à Saint-Louis) à cause de la température plus fraîche en saison sèche.

Les valeurs mensuelles de l'humidité relative moyenne varient entre un minimum en saison sèche et un maximum en Août.

.../...

En s'éloignant du littoral, ces valeurs se modifient de Janvier à SAINT-LOUIS, à Avril à MATAM. Fait exception la région littorale où les variations de l'humidité relative sont comparables à celles observées dans le Haut Bassin à latitude égale.

Insolation.

Les variations de la durée d'insolation à SAINT-LOUIS, MATAM et KAYES sont indiquées dans le tableau 4.

L'insolation maximale principale est observée en Mars-Avril, elle est minimale en Août et maximale secondaire en Octobre-Novembre.

Durée d'insolation en heures.

Tableau 4.

N°	Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année Totale
1	ST-LOUIS	216	220	283	289	280	242	230	221	225	237	233	213	2 889
2	MATAM	285	253	314	313	302	284	269	229	247	277	281	271	3 325
3	KAYES	254	241	293	286	273	232	195	180	218	244	256	216	2 888

Source : ORSTOM - MAS - Février 1968. Monographie hydrologique du fleuve Sénégal 1ère Partie.

L'évaporation du bassin du Fleuve est analysée dans le tableau 5.

Evaporation moyenne (mm)

Tableau 5.

N	Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel-le
1	ST-LOUIS	291	344	355	295	243	200	168	145	143	183	260	317	2 946
2	ROSSO	300	316	417	415	418	344	244	188	164	226	251	265	3 548
3	MATAM	264	281	383	394	423	365	223	130	126	168	225	236	3 218
4	KAYES	287	311	392	410	416	252	127	75	72	131	212	259	2 944

Source : ORSTOM - MAS, Février 1968. Monographie hydrologique du fleuve Sénégal 1ère Partie.

Les courbes isohyètes sont tracées sur la figure 4.

Les hauteurs annuelles de précipitations décroissent avec la latitude de 683 mm (BAKEL) à 276 mm (ALEG). Ces valeurs correspondent aux limites du domaine sahélien et déterminent l'appartenance du bassin inférieur à ce domaine climatique. Dans la zone littorale, les isohyètes s'infléchissent légèrement vers le Sud.

Le climat du bassin en amont de BAKEL est déterminé par les déplacements du front intertropical (FIT) qui sépare l'air tropical (Harmattan) et l'air équatorial (Mousson).

Pluviométrie mensuelle et annuelle moyennes (mm) du bassin du fleuve.

Tableau 6.

N°	Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel- le
1	St-LOUIS	2	3	1	0	2	15	57	150	109	24	3	3	369
2	ROSSO	0	1	0	0	3	8	40	147	79	30	3	1	312
3	DAGANA	1	1	0	0	4	15	52	149	75	18	1	1	317
4	PODOR	1	2	1	0	3	16	58	129	74	22	3	1	310
5	MATAM	1	1	0	0	4	54	118	208	109	23	2	2	522
6	BAKEL	2	0	0	0	6	43	118	195	106	24	2	3	499
7	AMBIDEDI	0	2	0	0	13	107	147	246	184	48	2	0	749
8	KAYES	1	1	0	2	24	96	185	246	167	23	4	0	739
	maximum (mm)	2	3	1	5	24	115	171	259	184	52	5	3	797
	minimum (mm)	1	1	0	2	2	8	40	129	74	18	1	1	310

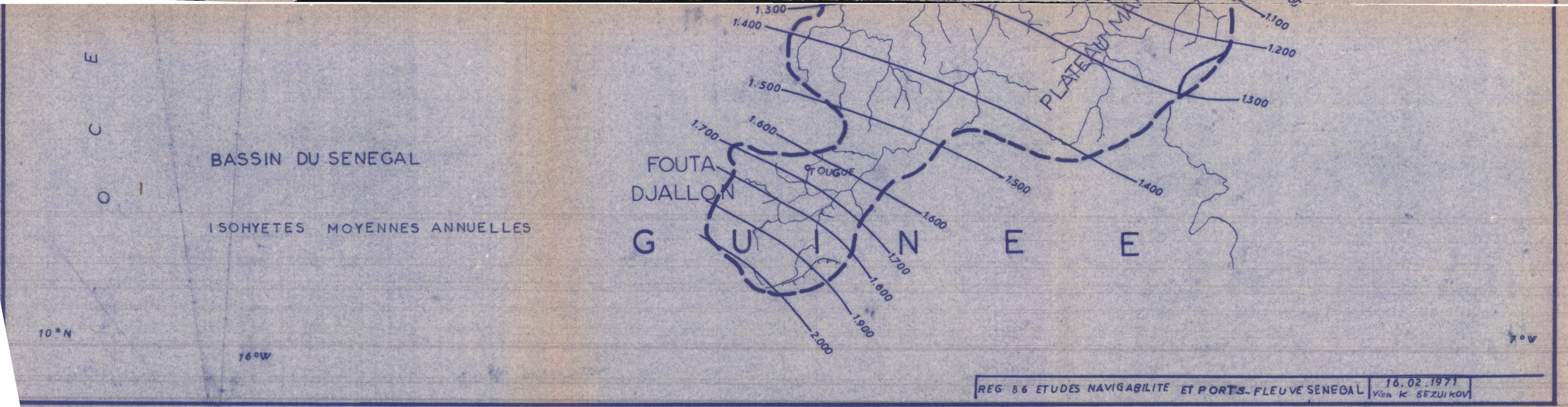
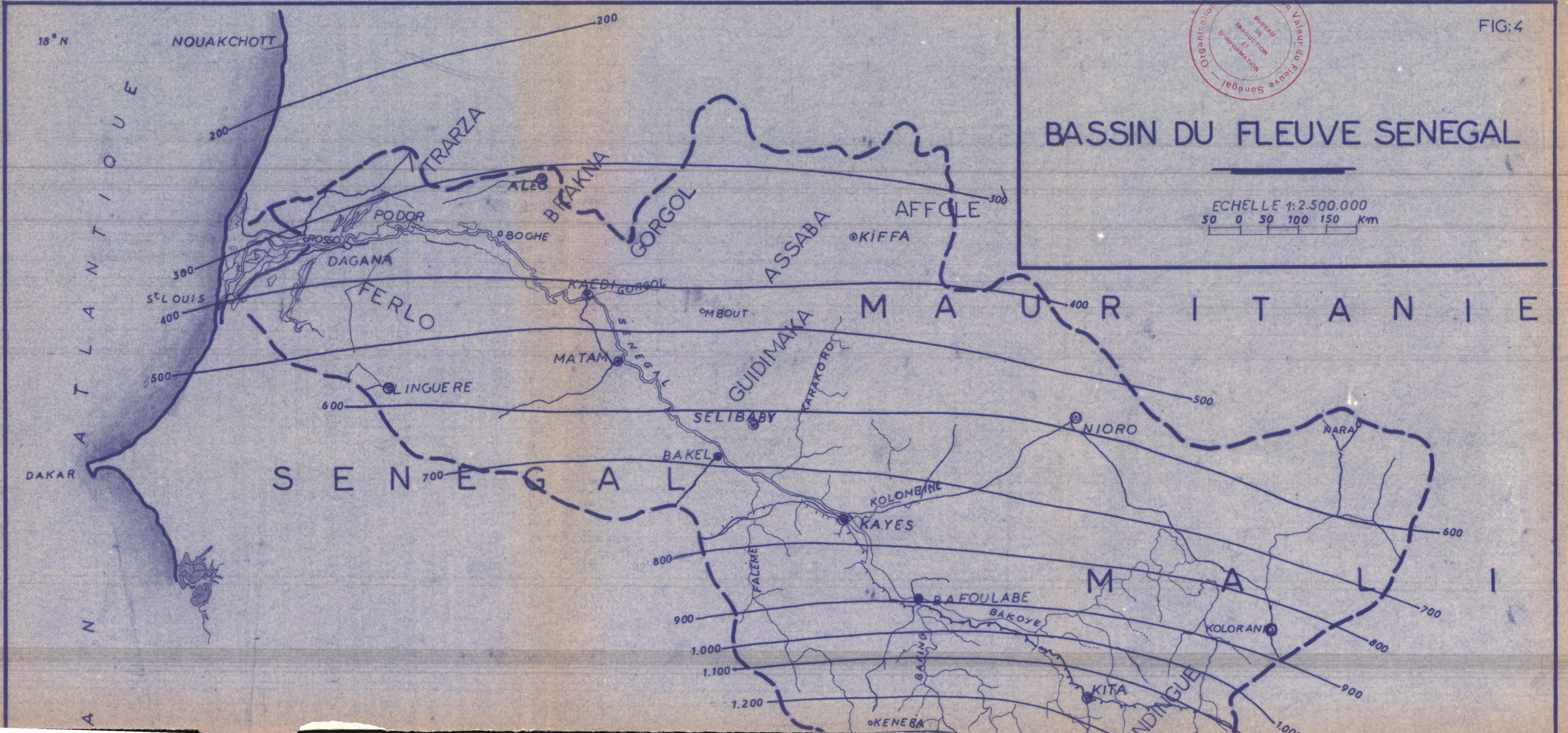
Source : C. Rochette et P. Toucheboeuf, Janvier 1964. Aperçu Hydrologique du fleuve Sénégal.



FIG.4

BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

ECHELLE 1:2.500.000
50 0 50 100 150 Km

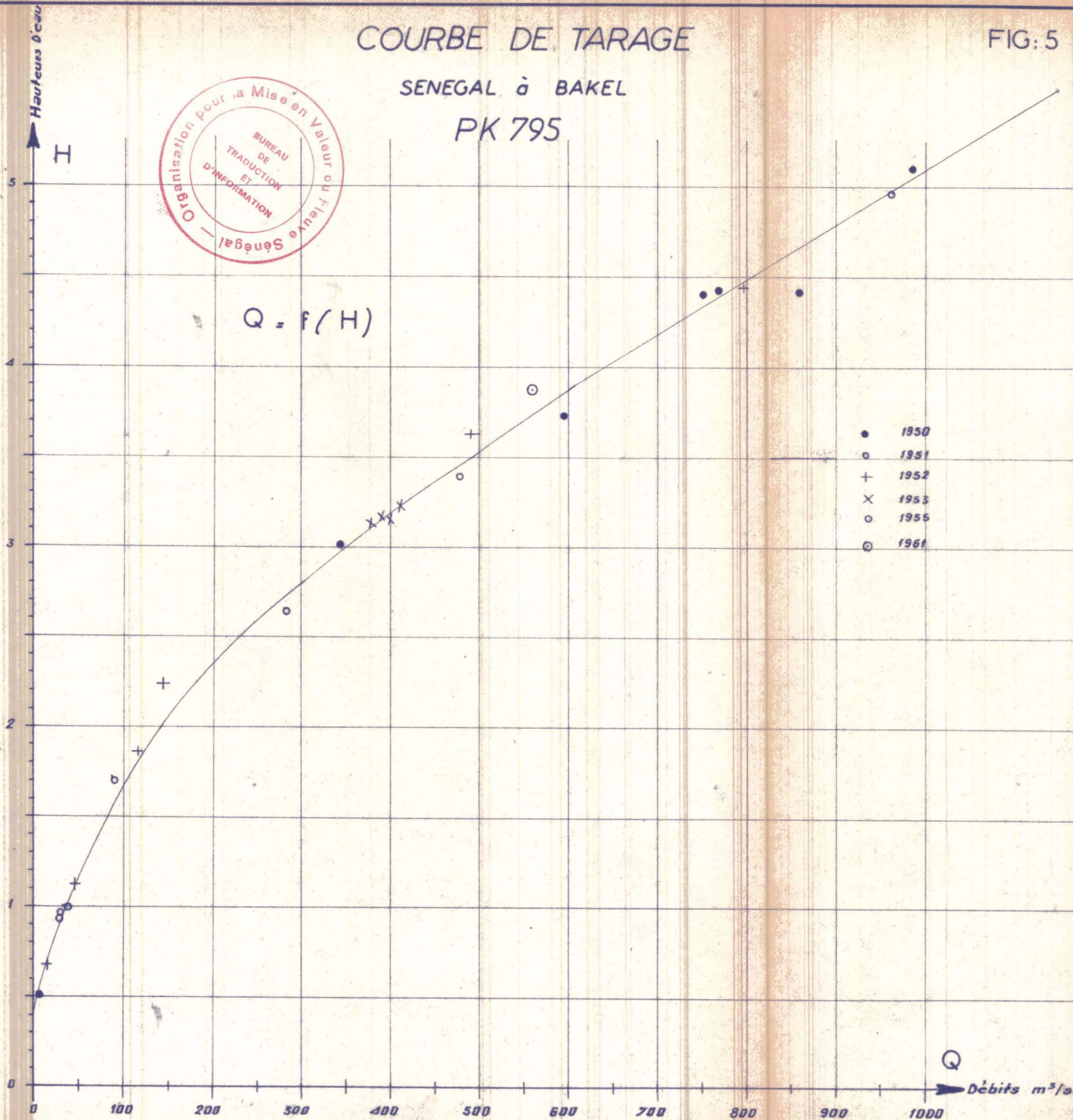


COURBE DE TARAGE

FIG: 5

SENEGAL à BAKEL

PK 795



3 - HYDROLOGIE ET HYDROMETRIE -

Le Fleuve Sénégal est formé par la jonction de deux rivières ; le Bafing ("rivière noire" en Malinké) et le Bakoye ("rivière ^{blanche} rouge" en Malinké) près du village Bafoulabé, à 1055 km de l'embouchure. La source principale du fleuve Sénégal est le Bafing qui prend naissance dans le Fouta-Djalou en Guinée et dont la surface du bassin versant est de 38 400 km². Le fleuve Bakoye prend sa source dans le plateau Mandingue. Bien que son bassin versant soit supérieur (85 600 km²) à celui du fleuve Bafing, son débit annuel est notablement inférieur. Le fleuve Sénégal coule suivant l'axe Est-Ouest du lieu de jonction du Bafing et du Bakoye jusqu'à la région de BOGHE (382 km) ; il coule ensuite dans le sens Nord-Ouest, puis tourne vers l'Ouest. A 100 km environ de l'embouchure il tourne brusquement vers le Sud. A 23 km en aval de SAINT-LOUIS le fleuve Sénégal débouche dans l'océan Atlantique. *

Le fleuve Sénégal comporte 4 affluents importants :

Sur la rive droite :

- le Kolombiné PK 930 qui prend sa source dans le massif de l'Affolé et qui passe par la dépression marécageuse de Magui ;
- le Karakoro (PK 847) qui prend sa source dans la région de Kiffa;
- le Gorgol (PK 535) formé par le confluent de deux rivières prenant source près du Brakna et dans le plateau Assaba.

Il convient de noter qu'il n'existe pas en aval du Gorgol d'affluents importants pour le débit du fleuve Sénégal.

Sur la rive gauche, le Sénégal n'a qu'un seul affluent important, la Falémé (824 km).

La partie aval du profil en long du fleuve Sénégal peut être divisé en deux tronçons :

Le tronçon supérieur commence en amont de BAKEL (PK 794). Passant par un terrain très accidenté le fleuve est marqué par de nombreux seuils rocheux et chutes. En amont de la confluence du Bafing et du Bakoye il passe par la région des formations infra-cambriennes à travers des sols rocheux. Sur le tronçon Bafoulabé-Kayes (PK 925), sur une longueur de 130 km le fleuve perd environ 70 m de chute soit 55 cm par km.

* Dans le rapport, le kilométrage est calculé à partir du Pont Faidherbe à Saint-Louis.

Le tronçon navigable du Fleuve commence à partir de Kayes vers l'aval . De Kayes jusqu'à Bakel (PK 794) la pente diminue progressivement sans dépasser la moyenne de 7 cm par km.

La partie aval du fleuve Sénégal appelée "Vallée" est une plaine alluviale large de 10 à 20 km (jusqu'à 25 km parfois), inondée annuellement par les crues.

La pente dans les limites de la "Vallée" est faible mais ne reste pas la même en périodes différentes selon les débits. Pendant l'étiage le profil de la surface du niveau est représenté par une ligne brisée à cause de nombreux seuils et bancs. En aval de la limite de l'influence maritime, à partir de Diouldé-Diabé (PK 437), la pente en période de l'étiage devient très faible.

Avec les crues, au fur et à mesure de la hausse des niveaux d'eau, la pente diminue et la ligne du profil en long devient plus régulière. En période des niveaux d'eau moyens la pente entre Bakel (PK 794) et Matam (PK 624) est de 0,00003 environ, en diminuant progressivement jusqu'à 0,00001 sur le tronçon Podor (PK 265) - Richard-Toll (PK 142) et elle est de l'ordre de 0,000006 dans le Delta.

Pendant les crues, la pente augmente sensiblement. Ainsi sur le tronçon Bakel-Matam elle atteint 0,000045, entre Kaédi (533 km) et Bogné (379 km) elle reste proche de 0,00003 en diminuant vers l'aval. Dans le Delta à la même période la pente est de 0,00001 environ.

L'embouchure du fleuve Sénégal appartient à la catégorie rare des embouchures bloquées. Sur une bonne distance, le fleuve longe la côte de l'océan, séparée par une langue étroite sablonneuse appelée "Barbarie". L'embouchure se déplace périodiquement. Notamment, à partir de 1850, elle s'est déplacée 26 fois. Ainsi, était-elle à 3 km de Saint-Louis en 1850, à 29 km en 1958 et elle est à 23 km de Saint-Louis actuellement.

L'embouchure et le tronçon aval du fleuve sont soumis à l'influence de la marée et du régime des vents et de la houle de l'océan. En période sèche (Octobre-Juin), le sens dominant de la houle est Nord-Ouest, Nord rarement. La hauteur maximum de la houle est de 3 à 15 m. Pendant la période de Décembre à Avril, la valeur moyenne de la houle est de 1,0 à 1,6 m et elle est de 0,8 à 1,2 m pendant le reste de l'année. Les hauteurs de la houle inférieures à 1,2 m sont observées dans 50% des cas, celles inférieures à 2,0 m dans 27 % des cas.

L'influence de la marée se fait sentir jusqu'au PK 415 de l'embouchure. A l'embouchure, l'amplitude de la marée atteint un maximum de 1 m, la moyenne est de 85 cm. En période des crues la marée est presque imperceptible en amont de Saint-Louis.

Hydrologie.

Le changement des débits du fleuve Sénégal est caractéristique pour les fleuves de la zone tropicale. La crue est observée pendant la saison des pluies qui commence au mois de Juin en amont et qu'on observe encore jusqu'à la fin d'Octobre en aval.

Selon Monsieur ROCHETTE* l'écoulement du fleuve Sénégal dans l'alignement de Bakel d'après les observations de la période 1903 à 1916 est caractérisé par les valeurs suivantes :

- le débit moyen annuel est de 770 m³/s (avec les variations dans les limites de 95 % de probabilité de 707 m³/s jusqu'à 837 m³/s) ;
- les débits journaliers pour une année d'écoulement moyen varient de 7 140 m³/s à quelques m³/s pendant l'étiage fort.

Débits moyens
mensuels en m³/s.

Tableau 7.

M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
10		573		3 400		566		141		46	
	122		2 338		1 644		255		83		20

La durée de la période en jours (de 1923 à 1961) où les débits d'une valeur déterminée sont observés à BAKEL, est indiquée dans le tableau 8.

* ORSTOM 1964 - 1968 - Monographie hydrologique du fleuve Sénégal.

Durée en jours des débits observés
à BAKEL de 1923 à 1961

Tableau 8.

Année	Débit * en m ³ /s					
	100/100	200/200	260/250	380/300	450/400	600/500
1923	220	182	163	153	147	134
1924	202	200	190	186	173	160
1925	240	194	180	156	135	120
1926	201	181	170	164	134	128
1927	230	186	185	173	157	146
1928	227	197	179	159	135	122
1929	210	185	174	163	153	145
1930	221	183	168	145	135	125
1931	268	190	172	165	132	122
1932	231	173	157	137	129	121
1933	209	176	155	147	136	125
1934	186	146	130	122	112	104
1935	221	183	171	158	147	141
1936	245	191	176	160	148	129
1937	194	159	145	138	127	120
1938	198	168	158	152	138	125
1939	189	151	142	134	119	99
1940	194	149	126	113	103	95
1941	163	128	121	112	97	87
1942	172	134	125	121	110	75
1943	188	162	149	132	109	98

* Au numérateur le débit à la montée des crues, au dénominateur le débit à la descente.

Tableau 8 (suite)

	100/100*	200/200	260/250	380/300	450/400	600/500
1944	178	143	117	99	92	83
1945	190	144	127	125	118	112
1946	192	165	141	134	125	116
1947	165	142	136	132	111	96
1948	197	161	152	146	135	127
1949	161	127	123	114	104	142
1950	216	172	163	115	144	133
1951	247	185	175	166	153	142
1952	212	174	162	150	139	122
1953	231	177	163	152	137	122
1954	265	217	205	174	160	151
1955	256	212	195	171	146	130
1956	228	186	162	152	130	121
1957	252	208	196	167	153	146
1958	273	218	201	183	162	145
1959	233	179	156	147	134	120
1960	222	177	157	143	132	121
1961	222	177	165	148	135	112
Moyenne	214	178	170	147	133	119
Maximum	273	218	205	186	173	160
Minimum	161	128	117	99	92	75

* Au numérateur le débit à la montée des crues ;
au dénominateur le débit à la descente.

Dates auxquelles les débits sus-indiqués sont atteints.

Tableau 9.

Débits en m³/s

	Montée 200	Descente 200	Montée 260	Desc. 250	Montée 380	Desc. 300	Montée 450	Desc. 400	Montée 600	Desc. 650
Précoce	12/VI	22/XI	12/VI	13/XI	16/VI	8/XI	24/VI	28/X	26/VI	20/X
Moyenne	1/VII	25/XII	6/VII	23/XII	1/VII	4/XII	15/VII	24/XI	22/VII	17/XI
Tardive	20/VII	26/I	29/VII	II/I	8/VIII	1/I	9/VIII	17/XIII	11/VIII	10/XII

La relation entre les valeurs du débit et des niveaux d'eau est indiquée sur la figure 5 selon les observations de la station à BAKEL.

Le mouvement des niveaux d'eau (fig. 6) est fonction de la valeur du débit et peut être divisé en deux périodes caractéristiques :

- saison des basses eaux avec une baisse progressive de Novembre à **Juin** ;
- saison des hautes eaux observées de Juin à Octobre.

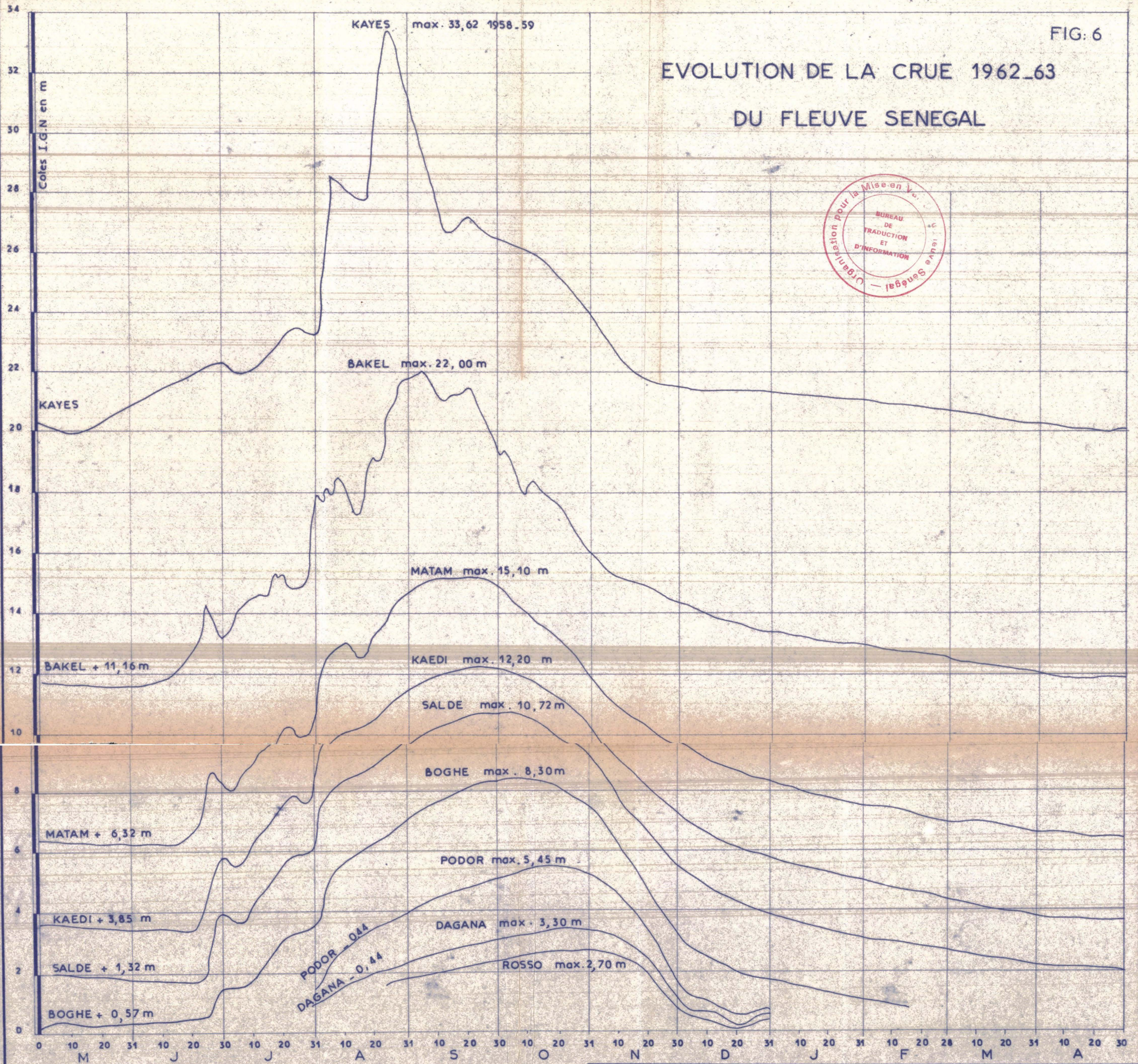
La première montée d'eau à Kayes est observée au début de Juin. A partir de Juillet la crue commence à croître rapidement. En Août on assiste à une croissance notable des niveaux ; elle atteint en Septembre 10,5 m dans la région de Kayes (année d'écoulement moyen). A partir du mois d'Octobre les niveaux baissent rapidement. Au début la baisse des niveaux est parfois interrompue par des montées de courte durée dues à l'irrégularité pluviométrique et à partir de Novembre la descente des crues devient régulière.

La croissance des niveaux d'eau en période des crues diminue notablement de l'Amont vers l'Aval à cause de la pénétration d'eau dans les terres submergées. L'irrégularité des crues devient moins marquée, l'amplitude de crue diminue et sa durée augmente.

Dans la région de Dagana (PK 167) la première montée des niveaux d'eau est observée au mois de Juin, elle croît lentement jusqu'à mi-Juillet. Les niveaux maxima y sont observés généralement au milieu d'Octobre. Les niveaux maxima* sont observés pendant quelques jours, ensuite ils commencent à diminuer lentement avec une certaine augmentation de la vitesse en Novembre après quoi la décrue est lente et régulière jusqu'à l'étiage fort. Plus en aval du fleuve la hauteur de croissance des niveaux continue à diminuer étant de 1 m environ à Saint-Louis.

* Ils augmentent de 3 m environ.

EVOLUTION DE LA CRUE 1962_63 DU FLEUVE SENEGAL



SCHEMA DU TRONÇON NAVIGABLE DU FLEUVE SENEGAL

ECHELLE 1:1.000.000

OCEAN-ATLANTIQUE

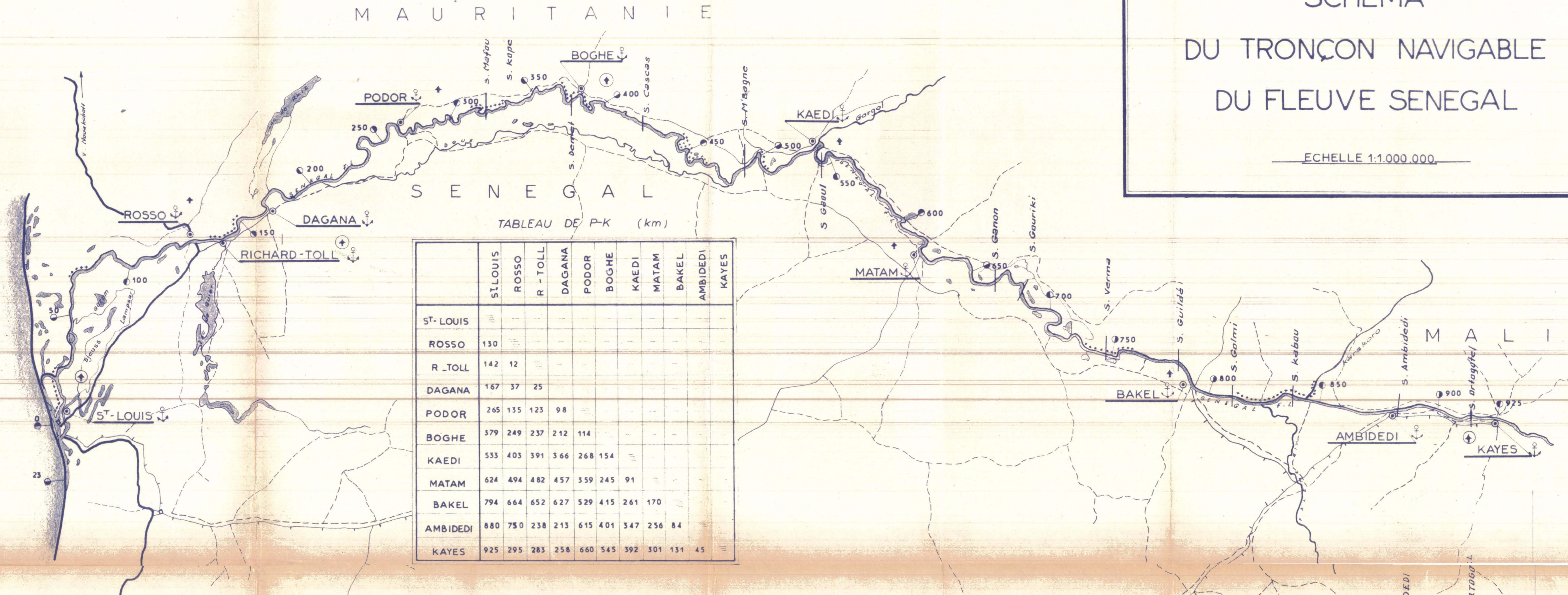
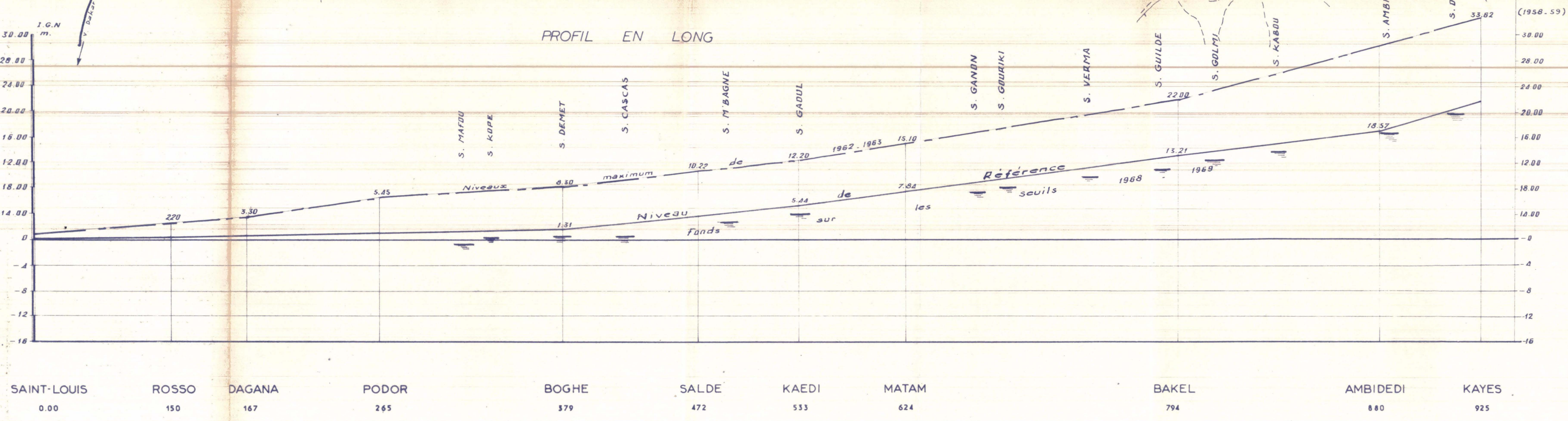


TABLEAU DE P-K (km)

	ST-LOUIS	ROSSO	R-TOLL	DAGANA	PODOR	BOGHE	KAEDI	MATAM	BAKEL	AMBIDEDI	KAYES
ST-LOUIS	0										
ROSSO	130	0									
R-TOLL	142	12	0								
DAGANA	167	37	25	0							
PODOR	265	135	123	98	0						
BOGHE	379	249	237	212	114	0					
KAEDI	533	403	391	366	268	154	0				
MATAM	624	494	482	457	359	245	91	0			
BAKEL	794	664	652	627	529	415	261	170	0		
AMBIDEDI	880	750	738	713	615	501	347	256	84	0	
KAYES	925	795	783	758	660	545	392	301	151	45	0

PROFIL EN LONG

- SIGNES CONVENTIONNELS
- ESCALES
 - PK à partir de ST-LOUIS
 - AEROPORTS
 - CHEMIN DE FER
 - ROUTE ASPHALTEE



La date de pointe de crue est plus tardive au fur et à mesure de la descente vers l'aval. Si à Kayes elle se situe généralement entre le 10 et le 20 Septembre, à Dagana, elle se situe généralement entre le 15 et le 31 Octobre.

Cotes des niveaux hauts en période de crue.

Tableau 10.

N	Postes limnimétriques	"0" du graphique en IGN m	Niveaux hauts avec probabilité en %								
			0,5 %		1 %		2 %		5 %		
			au des sus du "0" graphique m	Cote IGN m	au des sus du "0" graphique m	Cote IGN m	au des sus du "0" graphique m	Cote IGN m	au des sus du "0" graphique m	Cote IGN m	
1	DAGANA	- 0,44	5,15	4,71	5,05	4,61	-	-	4,75	4,41	
2	PODOR	- 0,44	7,07	6,63	6,95	6,51	6,90	6,46	6,75	6,31	
3	BOGHE	0,57	10,15	10,72	10,05	10,62	9,95	10,52	9,80	10,37	
4	KAEDI	3,85	9,55	13,40	9,45	13,30	9,35	13,20	9,20	13,05	
5	MATAM	6,32	10,65	16,97	10,50	16,82	10,40	16,72	10,10	16,42	
6	BAKEL	11,16	13,65	24,81	13,45	24,61	13,27	24,43	12,95	24,1	
7	KAYES	20,16		Niveau maximum de la carte 1958				-			
							1959	13,30	13,30	13,46	

Le bassin du fleuve Sénégal est pourvu d'un vaste réseau de postes limnimétriques. Les périodes d'observation à certains postes sont très étendues ; notamment la MAS dont le siège se trouve à Saint-Louis dispose de renseignements sur les observations effectuées aux postes limnimétriques dans le bassin du fleuve depuis 1902 jusqu'à l'heure actuelle. En outre, les observations concernant le Haut Bassin sont rassemblées au service de l'Hydraulique et de l'Energie du Mali (Bamako).

A partir de 1936 la Mission d'Etude du fleuve Sénégal a effectué un nombre considérable d'observations des débits, mais ces renseignements sont inutilisables à cause de nombreuses erreurs. A partir de 1950 les mesures avaient été reprises par l'UHEA (Union Hydro-électrique Africaine) et ensuite par la MAS qui ont fait un grand nombre d'observations. Pour plusieurs stations ces renseignements ont été définitivement dépouillés par l'ORSTOM entre 1961 et 1965.

Caractéristiques des postes limnimétriques se trouvant
sur le tronçon Kayes - St-Louis.

Tableau 11.

N	Stations	Distance de St-Louis km	Année d'emplacement	Type du Poste	Cote du "0" du graphique dans le système IGN.
1	SAINT-LOUIS	0	1903	Marégraphe	- 0,455
2	ROSSO	132	1954	Echelle	- 0,227
3	RICHARD-TOLL	144	1935	Echelle	- 0,400
4	DAGANA	169	1903	Echelle	- 0,440
5	PODOR	267	1904	Echelle	
6	BOGHE	379	1908	Echelle	- 0,570
7	KAEDI	532	1904	Echelle	3,850
8	MATAM	623	1903	Echelle	6,320
9	BAKEL	795	1901	Echelle	8,480
10	AMBIDEDI	880	1909	Echelle	11,160
11	KAYES	924	1904	Echelle	20,675

Des renseignements sur les débits existent pour les postes de ROSSO, DAGANA, KAEDI, MATAM et BAKEL.

17 limnigraphes ont été construits sur le tronçon navigable du Fleuve ; mais actuellement la plupart d'entre eux sont en mauvais état et ne sont plus utilisés.

- CHAPITRE II -

NAVIGATION

1 - CARACTERISTIQUES NAUTIQUES DU FLEUVE -

Le fleuve Sénégal est navigable sur une longueur de 948 km de l'embouchure jusqu'à KAYES (fig.7). En amont de KAYES (Mali) les bancs rocheux et les chutes empêchent la navigation.

Le coefficient de sinuosité du Fleuve est de 1,63 environ. Le coefficient de sinuosité du lit des différents tronçons sont indiqués au tableau 12.

Coefficient de sinuosité du lit du Fleuve.

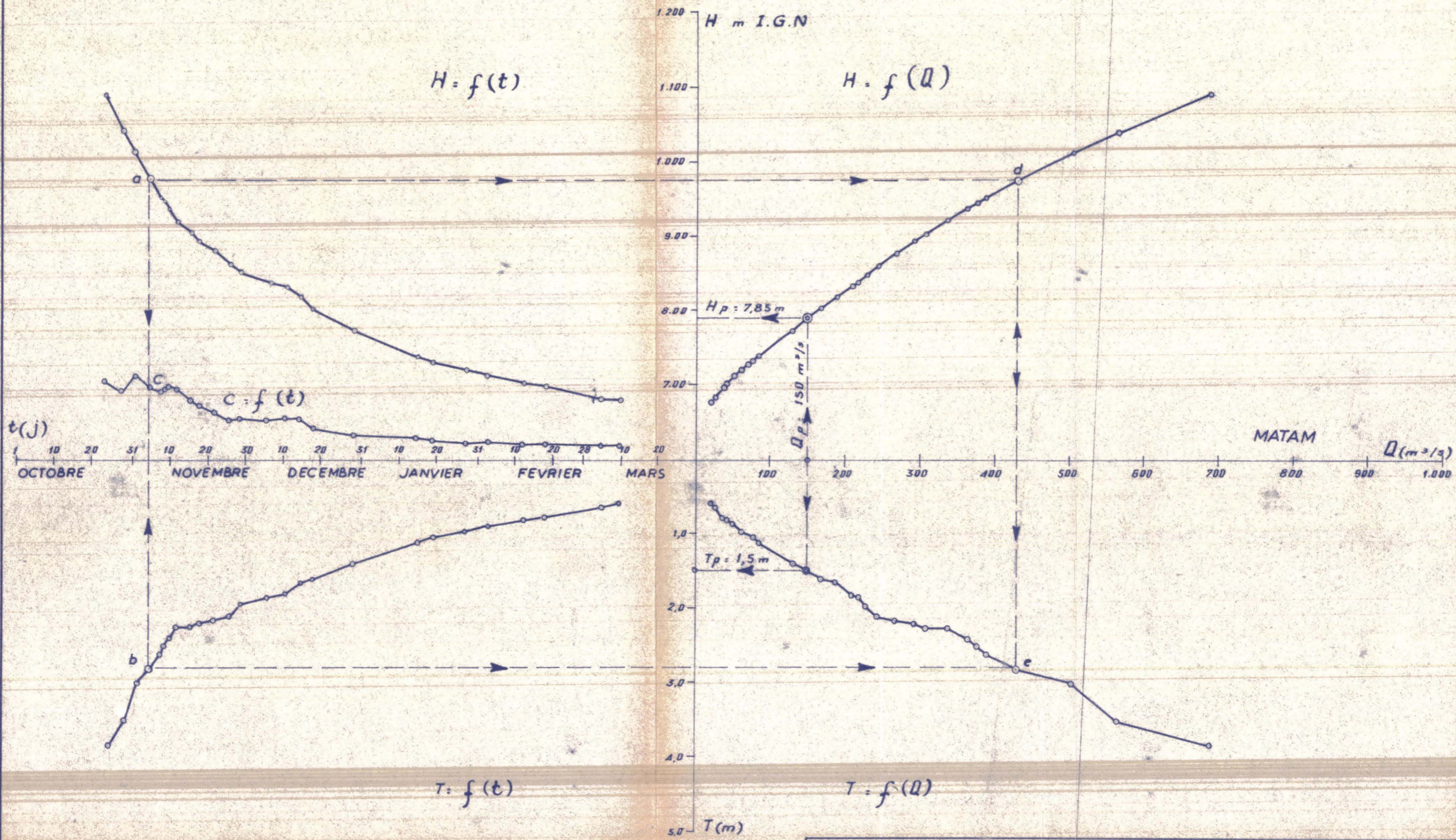
Tableau 12.

N	tronçon	Longueur du tronçon en km	Coefficient de sinuosité
1	Saint-Louis - Boghé	379	1,56
2	Boghé - Kaédi	153	1,80
3	Kaédi - Matam	91	1,54
4	Matam - Bakel	170	1,42
5	Bakel - Ambidédi	86	1,08
6	Ambidédi - Kayes	45	1,10

Lors de la période des crues, le fleuve Sénégal est accessible aux gros bateaux.

Des bateaux de 4,5 m de tirant d'eau peuvent remonter le fleuve jusqu'à Kayes (925 km) du 20 Août au 20 Septembre ; du 1er Août au 15 Octobre des bateaux d'un tirant d'eau de 3,0 m peuvent passer et pour la période allant de la mi-Juillet au 10 Novembre leur tirant d'eau ne doit pas dépasser 1,8 m.

Les conditions météorologiques sont favorables pour la navigation. Ce n'est qu'à partir de la mi-Septembre que les vents forts empêchent parfois la navigation.



Les brouillards sont rares, (quelques jours par an seulement) et ne gênent pratiquement pas les mouvements des bateaux.

La largeur du lit du fleuve varie de 150 à 600 m (sans compter les surfaces inondées pendant les crues).

Largeur du lit du Fleuve Sénégal

Tableau 13.

Tronçon		largeur du lit en m
1 -	Embouchure - ROSSO	500 - 600
2 -	ROSSO - DAGANA	250 - 350
3 -	DAGANA - PODOR	200 - 350
4 -	PODOR - MATAM	150 - 500
5 -	MATAM - KAYES	300 - 600

La vitesse du courant varie de 3,5 à 5,0 km/h pendant les crues et de 1,5 à 3 km/h au moment de l'étiage.

Actuellement, il est dénombré 53 seuils sur la partie navigable du fleuve (y compris des bancs rocheux et des rapides).

La navigation est gênée sur certains tronçons du fleuve où les coudes du lit ont de faibles rayons de sinuosité.

Certains seuils sont constitués de bancs et d'autres sont complexes.

Seuils du fleuve Sénégal.

Tableau 14.

N°	Nom du Seuil	Limites des seuils PK	Sol	Notes
1	2	3	4	5
1	M'BILOR (TODD)	159	Sable	
2	KEUR HOUR	164	"	
3	BOKHOL	187	"	
4	MAFOU	329 - 330	"	
5	KOPE	338 - 340	"	

1	2	3	4	5
6	N' GOREL	362 - 364	Sable	
7	DENIET	381 - 382	"	
8	CAS-CAS	424 - 425	"	
9	DOUNGUEL	430 - 431	"	
10	DILOULDE DIABE	434 - 438	"	
11	ABDALLAH MOCTAR	453 - 456	Pierre	
12	DIARINGUEL	463 - 464	Sable	
13	TAITABA	471 - 474	"	
14	VINDINGUE	481 - 482	"	
15	M' BAGNE	489 - 492	"	
16	DAOUALEL	494 - 497	"	
17	KERR	523 - 526	Pierre	
18	ORENATA	535 - 537	"	
19	GAOUL	544 - 547	"	
20	GUIRAY	553 - 555	"	
21	DJEOL	561 - 562	"	
22	N' GUIGUILONE	575 - 580	Sable	
23	KOUNDEL	603 - 607	"	
24	DIAMEL DIABE	620 - 622	"	
25	MATAM	624 - 630	"	
26	DJANJOULI	631 - 633	"	
27	ELHADJ OUMAR	637 - 640	"	
28	THIMPEN	642 - 645	"	
29	ODOBERE	651 - 653	"	
30	GANON	661 - 664	"	

1	2	3	4	5
31	BARMATIA	667 - 669	Sable	
32	GOURIKI	683 - 686	"	
33	GOMAL	699 - 705	"	
34	OUAOUNDE	713 - 715	"	
35	GUELLE	719 - 721	"	
36	GOUREL DARA	727 - 730	"	
37	ADABERE	740 - 742	"	
38	VERMA	745 - 749	"	
39	MOUDERI	765 - 769	"	
40	DIAOURA	772 - 774	"	
41	GUILDE	782 - 785	"	
42	BAKEL	789 - 792	"	
43	SASSIMAKANA	798 - 802	"	
44	GOLMI	808 - 812	"	
45	YAFERA	813 - 819	"	
46	GOUTIOUBE	823 - 827	"	
47	KABOU	837 - 845	"	
48	DIKOKORI	849 - 854	"	
49	SOMONE	869 - 874	"	
50	AMBIDEDI	881 - 888	pierre	
51	TAMBOUKANE	896 - 898	"	
52	DIAKANDAPE	899 - 903	"	
53	ORTOGOTEL	913 - 914	"	

Les fonds sur les seuils dépendent d'une façon complexe du mouvement des niveaux et des débits. En période de la montée de la crue, les seuils sont généralement ensablés, mais à la descente des crues leurs sommets s'affouillent et les fonds augmentent.

Il est constaté en outre qu'en différentes phases de la crue les cotes des sommets des seuils ne sont pas les mêmes et les fonds sont différents bien que les cotes des niveaux d'eau coïncident. A la montée de la crue les fonds sont plus importants car l'ensablement est en retard par rapport à la hausse des niveaux ; cependant, ils sont moins importants à la descente de la crue car l'affouillement est en retard par rapport à la vitesse de la baisse des niveaux. Cette dépendance entre les fonds et les niveaux est plus compliquée encore sur les tronçons rocheux où l'on observe l'ensablement pendant les crues.

En guise d'exemple il est présenté ci-inclus le graphique obtenu à partir des observations sur le seuil de Djanjouli (PK 631 - 633) (Fig.8).

La fonction $T = f(H)$ est la plus importante parmi toutes celles qui sont présentées sur la figure. C'est pourquoi elle est prise en considération dans l'élaboration des mesures à prendre pour l'approfondissement du lit. Cette fonction met en relief la caractéristique principale du seuil : la variation des cotes du lit (ou des fonds) selon la phase de la crue. Il est également pris en considération non seulement l'aspect quantitatif des changements (ensablement ou affouillement du seuil lors de la hausse des niveaux) mais aussi l'intensification (vitesse) de ces changements qui joue un grand rôle dans la mise au point du programme des travaux d'approfondissement.

La navigation est aussi gênée sur certains tronçons du fleuve par la faible courbure de certains coudes du lit. Les rayons de courbure de certains coudes du lit sont indiqués au tableau 15.

Rayons de courbure sur les coudes du lit.

Tableau 15.

N°	Agglomération	PK	Rayon en m
1	Doué	249	300
2	Dmia Jel	274	300
3	Korhadié	304	300
4	-	306	300
5	Ali Guele	308	250
6	Boki	388	250
7	Walaldé	398	300
8	Ouro Samba	410	300
9	Gouraye	450	300
10	Walla	457	300
11	-	462	300

La partie navigable du fleuve peut être divisée en deux tronçons caractéristiques :

Le 1er tronçon s'étendant de l'embouchure à Boghé (PK 379) (Mauritanie), long de 402 km, est navigable pendant toute l'année ;

Le 2ème tronçon de Boghé à Kayes (PK 925), (Mali), long de 546 km, est navigable de 180 à 140 jours par an. (La durée de la période de navigation est calculée pour les bateaux ayant un tirant d'eau inférieur à 1 m).

Tronçon Embouchure - Boghé.

(23 - 0 - 379 km)

Ce tronçon est divisé en deux parties :

- le tronçon allant de l'embouchure à Saint-Louis (23 km)
- le tronçon Saint-Louis - Boghé (379 km)

Le tronçon de l'embouchure est compris entre la barre et le pont Faidherbe de Saint-Louis.

Les principales caractéristiques et particularités sont les suivantes :

- l'embouchure est "errante" ;
- les fonds du chenal d'entrée sont faibles sur la barre par rapport aux fonds dans le lit du fleuve.

Les déplacements de l'embouchure et la faiblesse des fonds sur la barre rendent particulièrement difficile l'amélioration de la navigabilité à l'embouchure et entrave la résolution du problème de la liaison des transports fluviaux et maritimes ; et ce n'est pas par hasard que durant ces dernières années, plusieurs études et recherches ont été entreprises dans ce secteur.

Ces études ont abouti à plusieurs propositions et suggestions parmi lesquelles nous trouvons particulièrement intéressante celle de l'ingénieur Louise qui avait effectué des travaux sur la consolidation de la Langue de Barbarie et la stabilisation de l'embouchure par la plantation de filass. Ces travaux ont donné des résultats positifs. Durant ces dernières années, on ne note pas de travaux importants sur l'étude de l'embouchure à l'exception des levés aériens effectués par IGN de 1949 à 1968.

Le tronçon de l'embouchure, à l'exception de la barre, est favorable à la navigation. Les fonds du chenal dépassent 5 à 6 m ; la largeur du lit atteint 500 à 600 m. Les vitesses du courant sont généralement faibles et ce n'est qu'en période des crues et aux moments des marées basses qu'elles sont proches de 1 m/s.

Les fonds du chenal d'entrée sont fonction non seulement de la période de l'année mais aussi des phases de la marée, ils varient de 2 à 4 m (voir tableaux 16, 17, et 18).

Fonds minima et maxima sur le chenal d'entrée
selon les mois, en m.

Tableau 16.

Fonds	Mois											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Minima	2,7	2,6	2,2	2,0	2,5	2,5	2,4	2,1	2,2	1,9	2,4	2,2
Maxima	4,5	4,9	4,6	5,0	4,7	5,0	4,9	5,0	5,0	4,5	4,5	4,4

Probabilité des fonds sur le chenal d'entrée
selon les mois (en m).

Tableau 17.

Mois	Probabilité			
	95 %	90 %	75 %	50 %
Janvier	2,90	3,00	3,15	3,30
Février	2,90	3,00	3,15	3,30
Mars	2,90	3,10	3,20	3,35
Avril	2,60	2,75	3,05	3,40
Mai	2,70	2,80	3,20	3,40
Juin	2,70	2,85	3,75	3,40
Juillet	2,75	2,90	3,10	3,40
Août	2,55	2,65	2,90	3,40
Septembre	2,45	2,65	2,75	3,00
Octobre	2,50	2,65	2,80	3,10
Novembre	2,65	2,75	2,90	3,10
Décembre	2,65	2,80	3,05	3,25

Probabilité annuelle des fonds sur
le chenal d'entrée, en m.

Tableau 18.

Fonds en m	4,95	4,50	3,60	3,30	3,00	2,75	2,60	2,45
Probabilité %	1	5	25	50	75	90	95	99

Les fonds maxima sont observés aux mois de Juin et de Juillet ; ils diminuent jusqu'à 2 m en Septembre. Le graphique de probabilité des fonds sur la barre est représenté sur la figure 9.

La période la plus favorable pour le passage de la barre par les bateaux est comprise entre les mois d'Avril et Décembre suivant le régime des vents et de la houle. De Décembre à Avril, dans la plupart des cas, les bateaux ne peuvent pas franchir la barre à cause de l'insuffisance des fonds et de la forte houle. Les bateaux ayant des tirants d'eau allant jusqu'à 80 cm peuvent naviguer pendant toute l'année en amont de Saint-Louis jusqu'à Boghé (PK 379). Ce tronçon comporte 6 seuils dont les trois plus importants sont Mafou (329 - 330 km), Kopé (337 - 338 km) et N'Gorel (362 - 364 km) qui présentent des fonds limitant la navigation lors de l'étiage. Au cours des différentes années les fonds minima ont toujours été observés sur l'un de ces trois seuils.

L'influence de la marée se fait sentir jusqu'à Podor (PK 265). Les fonds minima y sont de 3 à 3,5 m et la profondeur des bas-fonds atteint parfois 10 à 12 m. En étiage le lit du fleuve est bien dessiné, les rives ont une hauteur de 2 à 3 m dans la partie aval du tronçon et de 5 à 6 m dans sa partie amont. Le fleuve a des largeurs variant de 250 à 600 m jusqu'au PK 244. On compte sur ce tronçon trois coudes du lit avec des rayons de courbure de l'ordre de 300 m et moins.

En amont du PK 244 le fleuve est divisé en deux bras à peu près égaux :

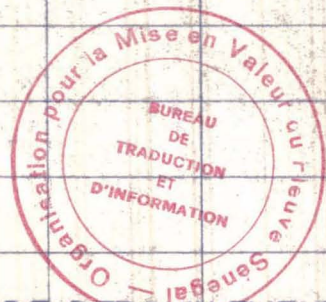
- bras droit principal
- bras gauche dénommé fleuve Doué.

La diminution de la largeur du bras principal sur ce tronçon (elle est de 150 à 200 m) ne gêne pas la navigabilité.

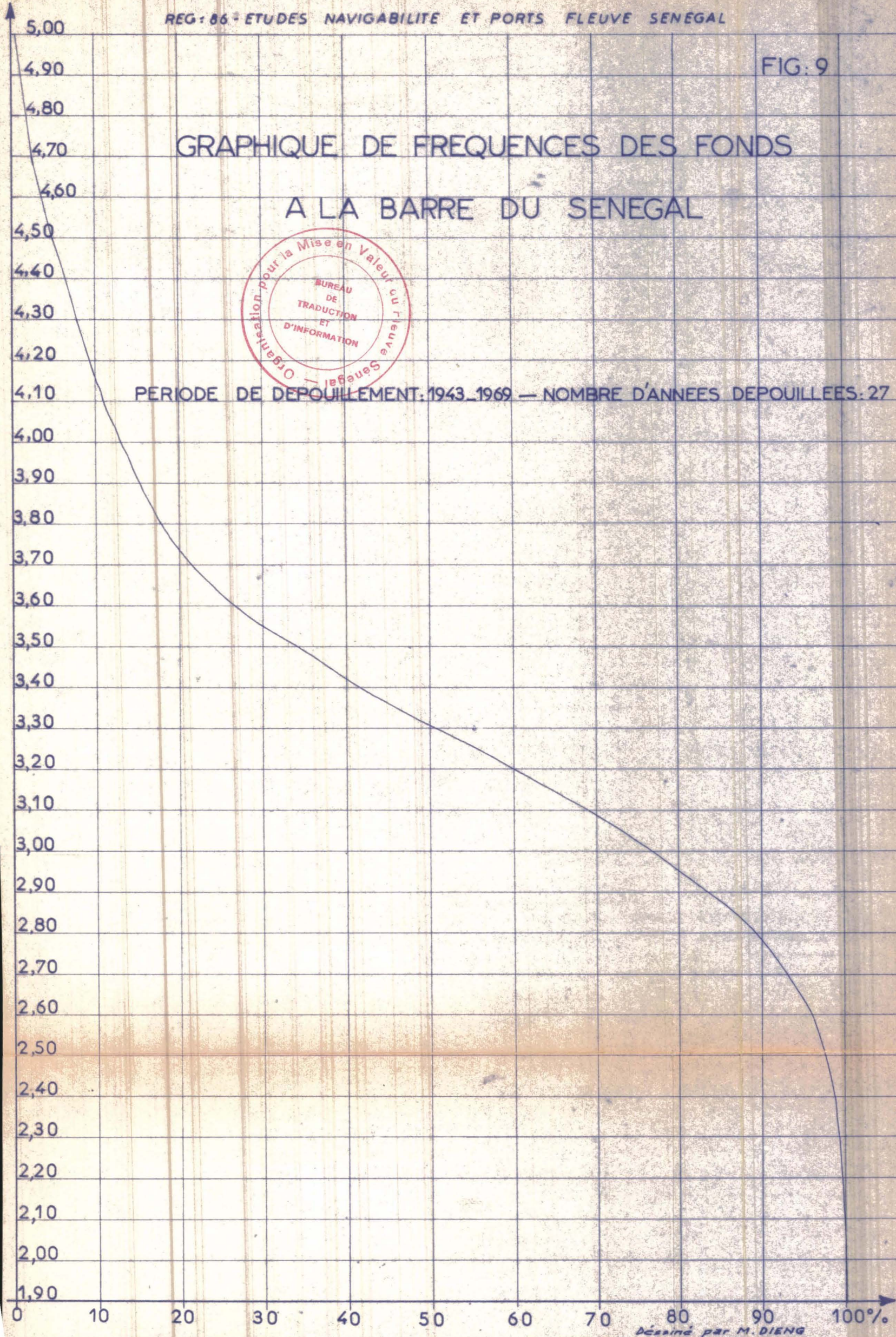
Tronçon "Boghé (PK 379) - Kayes (PK 925)"

La quasi totalité des seuils 47 sur 53 se trouve sur ce tronçon. Le lit du fleuve en amont de Boghé jusqu'à l'extrémité amont du bras Doué (PK 483) reste relativement peu large, de l'ordre de 150 à 200 m. On y compte 8 seuils dont deux rocheux : Diouldé-Diabé (PK 434 - 438) et Kerr (PK 523 - 526). Le seuil de Diouldé-Diabé est le plus dangereux pour les bateaux. Le seuil de Kerr est formé par des affleurements rocheux venant de la rive droite jusqu'au milieu du fleuve. Le chenal passe le long du banc de la rive gauche.

GRAPHIQUE DE FREQUENCES DES FONDS A LA BARRE DU SENEGAL



PERIODE DE DEPOUILLEMENT: 1943-1969 — NOMBRE D'ANNEES DEPOUILLEES: 27



En amont du confluent du Doué avec le Sénégal, le lit principal redevient plus large (250 à 600 m).

A partir du PK 388 jusqu'au PK 463 on rencontre 6 coudes dont les rayons sont de 300 m et parfois inférieurs à 300 m.

En amont de PK 463, jusqu'à Kayes, il n'existe plus de coudes ayant des rayons inférieurs à 500 m.

Les affleurements rocheux sur le seuil de Djéoul (PK 561 - 562) constituent un certain danger pour les bateaux. Les seuils à fonds minima sont les suivants :

- Thimpen (PK 642 - 664)
- Gouridi (PK 685 - 687)
- Goumal (PK 695 - 697)
- Ouaoundé (PK 715 - 717)
- **Moudéri** (PK 769 - 770)

Il convient de noter que selon les années les fonds sont limités par des seuils différents.

En amont de la Falémé se situent les deux seuils les plus compliqués :

- Goutioubé (PK 823 - 827)
- Kabou (PK 838 - 845).

Certains explorateurs pensent que, sur tout le tronçon du fleuve, le seuil de Kabou est le plus compliqué. A notre avis, cette appréciation n'est pas exacte. Elle découle probablement de l'insuffisance des études sur les seuils en particulier. Le seuil de Kabou est en réalité une succession de seuils simples.

Le tronçon Ambidédi (PK 880) - Kayes (PK 925) est considéré comme le plus difficile pour la navigation. Sur ce tronçon existent des seuils formés par des affleurements rocheux et des cailloux au-dessus. Ce sont les seuils :

- d'Ambidédi (PK 881 - ~~880~~) - 7 km
- de Tamboukané (PK 896 - 898) 2 km
- de Diakandapé (PK 899 - 903) - 4 km
- d'Ortogotel (PK 912 - 916). 4 km

Le lit du fleuve sur ce tronçon est assez large (300 à 600 m).

La durée de la navigation pour les bateaux ayant un tirant d'eau inférieur à 1 m est la suivante :

- de Boghé à Matam	-- 180 jours
- de Matam à Bakel	170 jours
- de Bakel à Ambidédi	140 jours
- d'Ambidédi à Kayes	120 jours.

En appréciant les conditions de la navigabilité du fleuve Sénégal, il convient de noter que le développement de la navigation devrait être lié aux perspectives de la mise en valeur du bras Doué. Cette mise en valeur rendrait disponible près de 240 km de voie d'eau. Certains renseignements indiquent que lors de la période des pluies, des bateaux remontent le Doué jusqu'à 170 km environ. L'inclusion de la partie aval de la Falémé (150 - 200 km environ) dans le système des voies navigables mérite également d'être étudiée.

Les fonds du fleuve par secteur en fonction des débits sont caractérisés par les graphiques $T = f(Q)$ (figure 10).

Le balisage sur le fleuve Sénégal a été construit par la Mission du Capitaine Fromaget de 1906 à 1908. Ce balisage existe actuellement et n'a jamais subi de sérieuses modifications ni dans sa composition ni dans son principe. Ces dernières années, ce balisage est maintenu grâce à certains travaux d'un volume insuffisant effectués par la MAS. Il en résulte qu'une partie des signaux a disparu, une autre a perdu sa signification initiale à cause du déplacement du chenal. Le balisage est composé de 400 signaux exclusivement côtiers. En principe le balisage actuel crée certaines facilités pour la navigation des bateaux en période de niveaux relativement hauts ; mais il est pratiquement inutile pour la navigation de nuit.

L'absence presque totale des signaux flottants ne permet pas l'utilisation complète des fonds naturels du chenal au moment des basses eaux, ce qui diminue, par conséquent, la durée de la période navigable.

L'aspect extérieur des signaux diffère fondamentalement de celui des signaux mondialement adoptés pour la navigation sur les voies d'eau intérieures.

Il convient de rappeler que des propositions sur la reconstruction du balisage sur le fleuve Sénégal ont été faites dans le Tome II des "Recommandations pour l'Amélioration des conditions de navigation sur le fleuve Sénégal" (novembre 1970).

2 - UTILISATION DU FLEUVE SENEGAL COMME VOIE DE TRANSPORT

Le volume annuel du trafic marchandises sur le fleuve Sénégal, peu important, a atteint un maximum de 25 400 tonnes en 1964.

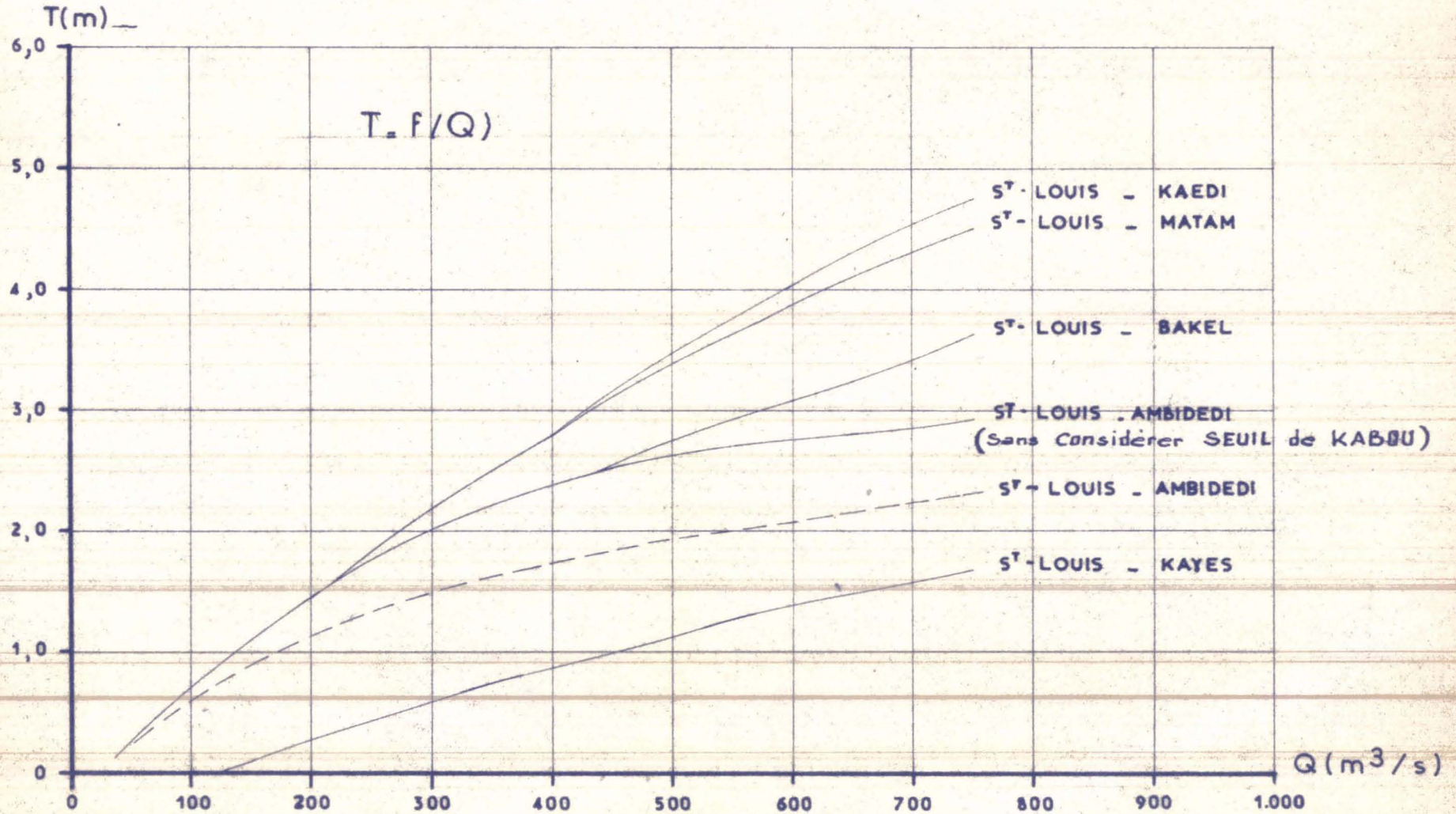
Le tableau 19 indique l'importance du trafic marchandises de 1953 à 1967.

FLEUVE SENEGAL

MISSION 1968-69

FIG:10

TIRANTS D'EAU EN FONCTION DES DEBITS PAR SECTEURS



Trafic marchandises pour la période
1953 - 1967.

Tableau 19.

Années	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Volume de trafic en milliers de tonnes.	14,0	15,0	14,0	18,7	19,5	18,5	21,8	24,0	25,3	21,7	20,8	25,4	20,7	23,5	20,2

Le trafic sur le fleuve est assuré par :

- la Cie des "Messageries du Sénégal"
- la flotte de la République du Mali
- la flotte de la Société Mauritanienne de la Navigation Fluviale
- les petits bateaux (pirogues privées)
- l'Armateur, M. Alézar.

Les caractéristiques des bateaux assurant le transport sur le fleuve Sénégal sont indiquées dans le tableau 20.

Caractéristiques des bateaux.

Tableau 20.

13 colon

N°	Bateaux	Puissance en C.V.	Capacité Passagers	Capacité de charge en t.	Dimensions		Tirant d'eau en charge en m.	Creux en m
					Longueur	Largeur		
1	<u>Flotte de la Cie "Messageries du Sénégal".</u>							
1	Bou El Mogdad	500	400	350	51,0	10,0	2,25	1,8
2	Kerre Mour <i>Fall</i>	240	-	150	36,0	6,0	1,40	0,6
3	Cargo automoteur	80	-	130	36,0	5,0	1,20	-
4	Cargo automoteur	80	-	75	30,0	4,0	0,80	-
5	Péniche "Diouara"	-	-	200	36,0	5,0	1,60	-
6	Barge avec moteur	-	-	50	23,0	5,0	0,90	-

S. G. J. M.

.../...

Tableau 20 (suite)

2 - Flotte de la Société Mauritanienne de Navigation.									
(Chalandes automoteurs)									
7	Aïoun El Atrouss	80	-	130	35,0	3,8	1,30		
8	Aleg	150	-	150	35,0	4,3	1,50		
9	Kiffa	80	-	80	28,0	3,0	1,20		
3 - Flotte de la République du MALI.									
10	Remorqueur	100	-	-	25,0	4,4	0,60		
11	12 Barges sans moteur	-	-	60	26,0	6,5	0,50		
4 - Flotte de Monsieur ALEZARD.									
12	Chaland	100	-	100	30,0	4,5	1,35		
13	"	100	-	50	20,0	3,2	1,25		

Outre la flotte énumérée, il est utilisé 150 pirogues de capacité de charge allant jusqu'à 20 tonnes.

La capacité de charge des bateaux existants n'est pas pleinement utilisée. La Flotte de la "Cie des Messageries du Sénégal" a une capacité annuelle de charge de 30 à 40 mille tonnes environ.

Ports et escales du fleuve Sénégal.

Il existe sur le fleuve Sénégal des ports et escales permettant de transborder des marchandises.

Le plus important est le port de Saint-Louis, situé sur le tronçon de l'embouchure du fleuve. L'importance de ce port est surtout dû à sa position géographique qui lui permet d'assurer la liaison entre les transports maritimes et fluviaux. Cette liaison a une influence décisive sur le développement du trafic sur le fleuve.

En amont du port de Saint-Louis, il existe 10 escales importantes indiquées au tableau 21.

604 96 65

.../...

Escales et facilités portuaires en amont
de St-Louis

Tableau 21.

N°	Nom de l'escale	Distance de SAINT-LOUIS en km	Territoire	Facilités
1	ROSSO	130	Mauritanie	Quai et magasin
2	RICHARD-TOLL	142	Sénégal	Quai
3	DAGANA	167	Sénégal	Pas d'ouvrages
4	PODOR	265	Sénégal	Quai
5	BOGHE	379	Mauritanie	Pas d'ouvrages
6	KAEDI	533	Mauritanie	Terre-plein, magasin et quai.
7	MATAM	624	Sénégal	Quai
8	BAKEL	794	Sénégal	Pas d'ouvrages
9	AMBIDEDI	880	Mali	Quai
10	KAYES	924	Mali	2 magasins,

Des renseignements plus complets sont contenus dans le Rapport sur les études des ports et escales du fleuve Sénégal. A. MEGLITSKY, juillet 1970 - Projet REG. 86.

3 - ORGANISATION ET AMENAGEMENT DE LA VOIE NAVIGABLE -

De nos jours la seule organisation qui s'occupe de l'aménagement du fleuve Sénégal est la Mission d'Aménagement du Sénégal dont le siège est à Saint-Louis. Les activités de la MAS couvre le tronçon du fleuve compris entre l'embouchure et le confluent de la Falémé.

Le secteur du Fleuve situé en amont du confluent de la Falémé qui se trouve sur le territoire de la République du Mali devrait être entretenu par la Compagnie de Navigation de ce pays. Mais il est constaté que durant ces dernières années aucun travail n'a pratiquement été réalisé sur la voie d'eau de ce tronçon.

Les travaux d'entretien effectués sur le tronçon en aval du confluent de la Falémé par la MAS sont aussi insuffisants. Ils consistent essentiellement en la réparation des signaux du balisage (peinture) et en l'enlèvement des arbres et des souches tombés dans le fleuve.

La MAS créée en 1955 a pour mission d'effectuer les recherches dans le Bassin du fleuve Sénégal. Devenu organisme inter-états pour les Républiques Islamique de Mauritanie et du Sénégal, après leur accession à l'indépendance, elle ne relève plus que de la République du Sénégal depuis 1969.

L'Organisation de la MAS comporte :

- La Direction de l'Administration générale ;
- Le bureau d'études, de recherches et d'archives ;
- La subdivision du fleuve (balisage et annonce des crues).

Le personnel de la Direction et du service administratif compte 18 agents dont 3 Ingénieurs. Le bureau d'études, recherches et archives, dispose de 6 personnes y compris le personnel de l'ancienne section topographique.

Le budget annuel global de ces deux subdivisions y compris les frais d'équipement et d'entretien des véhicules est de 19,2 millions de francs CFA.

La subdivision du fleuve groupe 36 personnes y compris le personnel de la brigade de balisage et 13 lecteurs des postes limnimétriques.

Le budget annuel de la subdivision du fleuve est de 12,7 millions de francs CFA.

Les moyens techniques mis à la disposition de la MAS sont actuellement réduits et se composent de :

- 1 baliseur à moteur (à changer)
- 1 chaland en bois
- 1 vedette à moteur de 8 CV et 2 canots pneumatiques.

Le service d'annonce des crues, si l'on en juge par le travail qu'il effectue est essentiellement un service d'information sur les mouvements de la crue. Son activité principale réside en l'édition du bulletin quotidien sur les niveaux d'eau relevés sur les postes limnimétriques à Saint-Louis, Rosso, Dagana, Boghé, Kaédi, Matam et Bakel. Les renseignements sur les mouvements de la crue en amont de Bakel et dans le Haut-Bassin ne sont pas reçus par la MAS ces dernières années. L'édition du bulletin couvre la période allant du début à la fin de la crue.

L'insuffisance de ses bases techniques et de son personnel qualifié, la faiblesse de ses moyens matériels et techniques font que la MAS ne peut pas actuellement assurer correctement l'exécution de l'ensemble du volume des travaux qui devraient être effectués sur la voie navigable.

* *

*

.../...

CHAPITRE III

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DU TRAFIC SUR LE FLEUVE SENEGAL.
ET OBJECTIFS D'AMENAGEMENT DE LA VOIE D'EAU -

1 - JUSTIFICATIONS DE L'EXECUTION DES TRAVAUX SUR LA VOIE D'EAU -

Les études et calculs économiques effectués par le Projet ("Rapport Technico-économique sur le développement des Transports sur le fleuve Sénégal" par V.N. POMERANTSEV en octobre 1969) montrent l'importance du fleuve Sénégal comme voie de transport.

Dans un proche avenir et si certaines dispositions sont prises, le trafic sur le fleuve peut atteindre 200 mille tonnes de marchandises par an. En deuxième phase il pourra atteindre 350 mille tonnes par an soit 14 fois le trafic annuel actuel.

Le trafic probable attendu sur le fleuve Sénégal est indiqué dans le tableau 22.

Trafic éventuel sur le fleuve Sénégal

Tableau 22.

Pays	Trafic éventuel en milliers de tonnes.	
	1ère phase	2ème phase
1 - République du MALI	105,0	195,0
2 - République du SENEGAL	72,8	124,0
3 - République Islamique de MAURITANIE	39,9	54,2
TOTAL	217,7	373,2

Les transports par la voie d'eau sont avantageux. L'économie réalisable sur les frais de transports lors de la première étape pourrait être de l'ordre de 850 millions de francs CFA, et pendant la deuxième étape, elle atteindrait 1360 millions de francs CFA.

Cependant la réalisation des transports fluviaux d'un tel volume est étroitement liée à l'amélioration des qualités navigables de la voie d'eau. L'état actuel du balisage ne correspond pas aux conditions normales de navigation. Le balisage actuel présente les défauts principaux suivants :

- absence de balisage flottant ;
- absence de signaux lumineux excluant ainsi la navigation de nuit.

Il en découle que les bateaux s'immobilisent souvent lors du parcours.

La sécurité de la navigation n'est pas bien assurée du fait de l'absence du balisage flottant qui devrait indiquer les talweg sur les seuils. La période de navigation s'en trouve abrégée.

La navigation possible pendant toute l'année sur le tronçon embouchure-Boghé est toutefois limitée par les fonds sur un ou deux seuils qui ne permettent le passage pendant la saison sèche qu'aux bateaux ayant un tirant d'eau inférieur à 80 cm. Cependant des travaux d'un volume relativement peu important sur ces seuils (N'Gorel et Kopé) pourraient assurer des fonds de l'ordre de 1,5 m pendant 12 mois. Une telle profondeur rendrait possible l'exploitation des bateaux avec une capacité de charge de près de 300 tonnes pendant toute l'année.

Une situation analogue se rencontre également sur le tronçon Boghé-Kayes où se trouvent la plupart des seuils. Cet état pourrait être atténué si l'on entreprenait des travaux de dragage de faible envergure mettant en oeuvre une seule drague. Ainsi les fonds sur les seuils limitants la navigation jusqu'à Ambidédi pourraient être égalisés et approfondis de 20 à 30 cm, ce qui permettrait d'augmenter la durée de la navigation sur ce tronçon.

Sur le tronçon Ambidédi-Kayes qui paraît plus difficile, il existe quatre rapides sur le lit à fond rocheux.

Les volumes et les coûts des travaux de rectification et de nettoyage du lit (traités dans le Tome III des Recommandations) cadrent bien avec les économies annuelles réalisables sur les transports fluviaux. Ils pourraient être réalisés dans un délai de 2 à 3 ans.

2 - VARIANTES DES FONDS NAVIGABLES -

Les critères de base déterminant le choix et l'utilisation des variantes des fonds sont basés sur les caractéristiques morphométriques du lit.

Le Tome III des présentes recommandations présente trois variantes des travaux sur la voie d'eau assurant des fonds de 0,8 m 1,0 m et 1,2 m. La première profondeur 0,8 m est proche des fonds naturels minima de transit. Les deux autres (1,0 et 1,2 m) sont proposées dans l'optique de réduire le plus possible le volume des travaux de dragage. D'autre part, il est tenu compte du fait que plusieurs seuils ne présentent pas de passage bien dessiné des fonds minima (sur les seuils) vers les bas-fonds.

Sur le tronçon "embouchure-Boghé", il a été choisi la profondeur transitaire de 1,5 m. Cette profondeur réalisée sur les seuils de Mafou, Kopé et N'Gorel à partir de la cote + 0,10 m IGN permettra aux bateaux ayant un tirant d'eau de 1,3 m de naviguer jusqu'à Boghé pendant toute l'année.

* *
*

.../...

CHAPITRE IV

CHOIX DE LA METHODE D'AMELIORATION DE LA NAVIGATION DU
FLEUVE SENEGAL -

1 - PROBLEME DU CHOIX DE LA METHODE

Les conclusions des études économiques sur le développement des transports des Etats Riverains du fleuve Sénégal, montrent l'importance du fleuve Sénégal comme voie de transport dans leur développement économique. Les économies annuelles réalisables pour chacun des Pays Riverains du Fleuve, tirées du Rapport de Mr. POMERANTSEV intitulé "Rapport Technico-économique sur le développement des Transports sur le fleuve Sénégal" pourraient être importantes et sont fournies dans le tableau 24.

Economie réalisable sur les transports fluviaux
en 1ère et 2ème phase

Tableau 24.

N°	Noms des Pays	Volume trafic en milliers de tonnes		Economie annuelle totale en milliard F.CFA.	
		1ère phase	2ème phase	1ère phase	2ème phase
1	République du MALI	105,0	195,0	443,4	768,0
2	République du SENEGAL	72,8	124,0	283,1	420,0
3	République Islamique de MAURITANIE	39,9	54,2	130,2	169,0
	Total	217,7	373,2	856,7	1 357,0

Cette économie est réalisable dans les conditions actuelles de navigation sur le fleuve Sénégal. L'amélioration de ces conditions peut engendrer un accroissement notable de ces économies. Aussi, peut-on les considérer comme certainement garanties.

L'importance du fleuve Sénégal comme voie de transport devrait s'accroître avec le développement de l'économie des Etats Riverains. Dans l'avenir, lorsque les richesses de ces pays seront exploitées et en particulier les gisements de cuivre dans la région de Bakel et les minéraux dans le bassin du fleuve Falémé etc, le transport fluvial ne pourra être concurrencé par aucun mode de transport.

Un des facteurs déterminant l'utilité du développement des transports fluviaux sur le fleuve Sénégal réside en sa qualité d'offrir la possibilité d'organiser la navigation pendant toute l'année. Pour apprécier pleinement ce facteur il suffit de rappeler que dans les pays économiquement développés de l'Europe et de l'Amérique, les transports par voies d'eau intérieures sont efficacement utilisés parallèlement à d'autres modes de transport bien que la période de navigation n'y dure que de 6 à 7 mois. Parmi les effets de cette interruption, nous pouvons citer :

- la rupture du rythme du processus de transport ;
- l'arrêt pour une longue période des mouvements des marchandises ;
- l'obligation pour la clientèle de recourir à d'autres modes de transport ;
- la difficulté d'emploi des cadres ;
- la mise hors circuit pendant un certain temps d'immenses quantités de moyens de transport précieux.

Tous ces inconvénients que connaissent la majorité des pays utilisant ce mode de transport, sont presque complètement exclus pour le fleuve Sénégal.

Il est incontestable qu'avec la réalisation de certains travaux sur la voie navigable, la période de navigation sur le tronçon amont de Boghé pourra augmenter considérablement. En outre la régularisation du débit du Fleuve dont le principe a déjà été retenu, combiné avec l'exécution des travaux d'approfondissement du lit et la construction d'ouvrages de rectification (épis) permettront d'assurer la navigation pendant toute l'année de l'embouchure jusqu'à KAYES.

2 - METHODES D'AMELIORATION DE LA NAVIGABILITE DES FLEUVES EN ETAT NATUREL -

L'amélioration de la navigabilité d'un fleuve en état naturel peut être atteinte par :

- l'éclusage,
- la régularisation du débit,
- la réalisation de certains travaux sur la voie navigable.

Eclusage.

L'éclusage consiste à diviser un fleuve en biefs par la construction de barrages et la création de chutes d'eau sur la partie amont du fleuve. La hausse de niveaux d'eau ainsi obtenue permet d'accroître les fonds et de rendre possible la navigation des bateaux ayant des tirants d'eau plus importants. L'éclusage d'un fleuve est lié à la construction des barrages et des ouvrages destinés à faire passer les bateaux (écluses, différents éleveurs de bateaux pour leur passage d'un bief à l'autre situés à des niveaux différents).

La construction des écluses nécessite d'importants moyens financiers et humains. Le plus souvent l'éclusage fait partie d'un ensemble de travaux d'aménagement d'un fleuve (production d'énergie hydroélectrique, alimentation en eau, irrigation etc.) Dans ce cas, une partie de dépenses pour la construction d'un complexe hydraulique est supportée par d'autres branches de l'économie.

La construction d'écluse dans le seul but des transports est une entreprise relativement rare.

Régularisation du débit.

L'importance du débit d'un bassin fluvial varie non seulement selon les périodes de l'année mais aussi selon les années. Les débits d'un fleuve en état naturel varient dans de larges limites. Pour le fleuve Sénégal les débits en période de crues, atteignent quelques milliers de m³/s alors qu'ils se réduisent à quelques m³/s pendant l'étiage. C'est ainsi que les fonds du chenal varient entre 10 m et même plus à quelques 30 à 50 cm. Un tel régime rend la navigation presque impraticable en période d'étiage.

La régularisation du débit du fleuve, outre les autres possibilités qu'elle offre pour l'agriculture et la production d'énergie hydroélectrique, est une méthode très efficace pour l'amélioration de la navigabilité. On régularise le débit d'un fleuve par la création de réservoirs d'eau spéciaux qui sont remplis en période des crues et qui sont vides pendant la saison sèche. L'importance et le régime des lachages d'eau du réservoir sont déterminés par le but de la régularisation.

Selon le changement du régime naturel, la régularisation peut être saisonnière, annuelle et multiannuelle. Cette dernière est la plus complète, les pointes des crues étant écrêtées pendant une période de plusieurs années ; elle est cependant la plus coûteuse car la capacité du réservoir d'eau doit être considérable.

Travaux sur la voie navigable.

Les travaux sur la voie navigable comprennent :

- le balisage ;
- les dragages ;
- le drainage ;
- le dynamitage ;
- le nettoyage du lit ;
- la rectification du chenal.

Le balisage représente la première disposition devant être obligatoirement entreprise lors de l'aménagement du fleuve pour la navigation. En combinaison avec d'autres travaux sur la voie navigable, le balisage crée des conditions de navigation sûres. Le balisage est composé de signaux côtiers et flottants indiquant la direction et les limites du chenal, les limites des plans d'eau des rades, les obstacles et ouvrages dangereux pour la navigation.

Travaux de dragage.

Les travaux de dragage (ou approfondissement du lit) consistent à approfondir le chenal navigable à l'aide d'engins spéciaux (dragues à chaîne ou à cuiller). Ces engins sont destinés à enlever le sol du lit du fleuve et à le déposer sous l'eau ou sur la rive.

Travaux de rectification.

Les travaux de rectification consistent en la réalisation dans le lit du fleuve, d'ouvrages spéciaux permettant de changer le régime de l'écoulement et d'accroître les fonds.

Les ouvrages de rectification peuvent être d'usage à long ou à court terme, selon leur conception et le but à atteindre.

Travaux de drainage.

Les travaux de drainage permettent de vérifier la propreté du chenal, de détecter les obstacles constituant un danger pour les bateaux, de déterminer et de contrôler les fonds.

Ces travaux sont effectués à l'aide de dispositifs flottants spéciaux appelés "traînes".

Travaux de nettoyage du lit.

Les travaux de nettoyage du lit d'un fleuve permettent d'extraire des eaux et des rives les obstacles (arbres, souches, pierres, bateaux coulés etc...) pouvant gêner la navigation.

Pour les travaux de nettoyage du lit, il est habituellement utilisé des traînes flottantes ayant une capacité de levage de 5 à 10 t. munies de dispositifs de prise spéciaux (chaines, graders, corbeilles etc.) Souvent les équipes de nettoyage du lit disposent de scaphandriers à équipement lourd ou léger.

Dynamitage.

Pour enlever les obstacles gisant sur le lit du chenal, (surtout dans le cas des lits pierreux), il est fait recours au dynamitage. Le dynamitage détruit les pierres, les roches, causant ainsi l'approfondissement des fonds. Dans certains cas, pour enlever des bateaux coulés et autres obstacles, on procède à un dynamitage préalable.

3 - CHOIX DE METHODE -

Le choix de méthode d'amélioration de la navigabilité du fleuve Sénégal est une question primordiale car il conditionne pour une bonne période l'organisation des travaux sur la voie navigable, étroitement liée au développement de la navigation.

Comme il a été déjà dit, ces méthodes sont :

- l'éclusage
- la régularisation de l'écoulement
- la réalisation de l'ensemble des travaux sur la voie navigable.

En se référant au profil en long du fleuve, le schéma général de l'éclusage du fleuve devra comprendre quatre complexes hydrauliques. L'évaluation approximative des dépenses nécessaires pour la réalisation d'un complexe se chiffrerait à 10 milliards de francs CFA soit 40 milliards pour les quatre Etats.

En admettant que l'économie moyenne annuelle réalisable sur les transports par la voie fluviale, soit 1,4 milliards F. CFA pour un trafic de 350 000 tonnes (voir page 65 du "Rapport Technico-économique sur le développement des transports sur le fleuve Sénégal" par V.N. POMERANTSEV) les investissements seraient compensés au moins sur une période de 30 ans.

Non seulement cette méthode s'avère onéreuse, mais en outre les pays membres de l'OERS se sont actuellement prononcés en faveur de la régularisation du débit du fleuve par la construction d'un barrage à MANANTALI.

Régularisation du débit.

Idem
La régularisation du fleuve Sénégal aux seules fins de la navigation est aussi aberrante que l'éclusage. Compte/du coût élevé de la construction des ouvrages régulateurs, cette méthode d'amélioration de la navigation ne peut être adoptée. La régularisation ne peut être envisagée que sur le plan de l'aménagement intégré du bassin devant aboutir à des effets multiples (production d'énergie hydro-électrique, aménagements hydro-agricoles, navigation etc...). Dans ce sens, un grand travail d'études et de recherches devant entraîner des décisions optimales a été effectué et se poursuit.

Il convient de rappeler comme il a été déjà dit, que le Conseil des Ministres de l'OERS, réuni à Dakar du 26 au 30 Janvier 1970 a décidé par sa résolution n° 13/70/-CM-SG-D que "La première étape de développement intégré du bassin du fleuve Sénégal est basée sur une régularisation des débits à 300 m³/s."

L'appréciation approximative de l'influence d'une telle régularisation des débits sur la navigabilité sera faite plus tard. Mais nous pensons qu'une régularisation qui porterait uniquement sur l'amélioration de la navigabilité serait une erreur de jugement. C'est pourquoi la décision déjà prise concerne non seulement la navigation mais aussi la production d'énergie électrique et l'irrigation.

Ainsi, la seule méthode d'amélioration des conditions de navigation sur le fleuve Sénégal est la réalisation de l'ensemble des travaux sur la voie navigable. Un des avantages de cette méthode qui la différencie de l'éclusage et de la régularisation réside dans le fait que la réalisation des travaux sur la voie navigable ne nécessite pas de gros investissements en une fois. Le volume des travaux sur la voie d'eau augmenterait au fur et à mesure du développement du trafic ; et les dépenses seraient alors justifiées par l'accroissement des économies réalisables sur les transports fluviaux.