

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

Double 01229

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 III
Travaux d'Aménagement de la Voie Navigable

PAR
K. I. BEZIUKOV
INGÉNIEUR-HYDROLOGUE

Traduit du Russe par
A. FELMAN
ET
V. TALUKINE

Saint-Louis,
Mars 1971

S O M M A I R E

=====

	<u>Page</u>
<u>Chapitre I</u> - Travaux d'approfondissement du lit du Fleuve.	1
<u>Chapitre II</u> - Travaux de rectification.	22
<u>Chapitre III</u> - Service de balisage. (frais de fonctionnement)	31
<u>Chapitre IV</u> - Etudes et recherches.	34
<u>Chapitre V</u> - Information sur l'état de la voie navigable et conditions de navigation.	39
<u>Chapitre VI</u> - Organisation et exploitation de la voie d'eau.	43
<u>Chapitre VII</u> - Investissements globaux et frais d'exploitation.	50
<u>Chapitre VIII</u> - Recommandations sur les recherches et les réalisations pratiques ultérieures.	54
<u>Bibliographie.</u>	

=====

=

Chapitre I

TRAVAUX D'APPROFONDISSEMENT du LIT du FLEUVE

1. Principes d'organisation des travaux d'approfondissement du lit.

Sur l'ensemble des travaux possibles sur la voie navigable d'un fleuve en état naturel, les travaux d'approfondissement du lit représentent l'un des procédés les plus efficaces pour augmenter et maintenir les fonds. Différents systèmes peuvent être appliqués selon l'importance du fleuve en tant que voie de transport, le volume des travaux d'approfondissement du lit et le nombre de dragues disponibles.

Ces systèmes sont :

- L'amélioration totale des passages difficiles ;
- L'approfondissement d'exploitation ;
- L'approfondissement par une mission spéciale de dragage pour un tronçon déterminé.

Dans les conditions du fleuve Sénégal, il serait préférable de choisir le système d'approfondissement d'exploitation qui conviendrait parfaitement pour la première étape de son aménagement.

La principale caractéristique de ce système consiste à permettre au régime naturel du fleuve d'atteindre les fonds navigables sur les seuils sans lui apporter de changements importants. L'expérience de plusieurs années de réalisation de travaux sur des voies navigables a démontré une grande efficacité de la combinaison des travaux d'approfondissement avec la construction d'ouvrages de rectification. Cette combinaison permet d'atteindre la stabilité et le maintien des fonds sur les passes navigables. Ce système tient compte également des rendements limités des dragues et des engins disponibles.

L'une des tâches principales de ce système consiste à permettre l'accroissement successif des fonds transitaires tout en stabilisant le chenal et en diminuant le volume annuel des sols à enlever sur les seuils de manière à ce que les fonds fixés pour la navigation ne changent pas. L'organisation des travaux d'approfondissement pour l'exploitation se fait en deux périodes :

- une période préalable ;
- une période de restauration.

La période préalable commence à la baisse des hautes eaux de la crue à partir du moment où le niveau permet d'amorcer les travaux d'approfondissement sur les seuils au moyen des engins

.../...

Les années caractéristiques suivantes ont été choisies :

.../...

DUREE DES HAUTEURS D'EAU POUR PLUSIEURS ANNEES

A LA STATION DE BAKEL

FIG:11

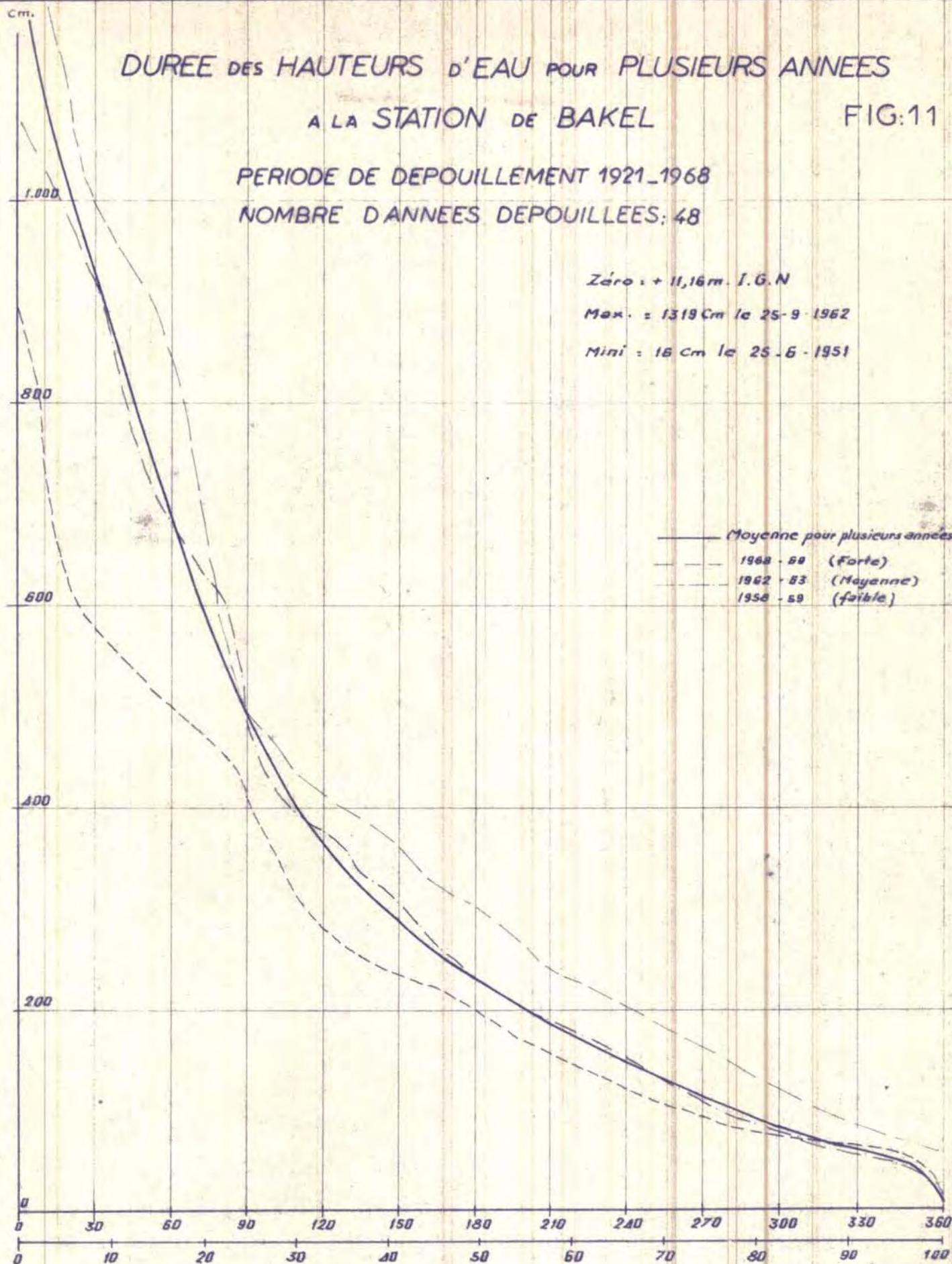
PERIODE DE DEPOUILLEMENT 1921-1968

NOMBRE D'ANNEES DEPOUILLEES: 48

Zéro : + 11,16m. I.G.N

Max. : 1319cm le 25-9-1962

Mini : 16 cm le 25-6-1951



- Année de crue moyenne : 1962 - 1963
- Année de crue forte : 1958 - 1959
- Année de crue faible : 1968 - 1969.

Compte tenu des caractéristiques hydrologiques et du niveau de développement de la navigation, le niveau de référence pour le fleuve Sénégal peut être choisi dans les limites de 80 à 90 % de probabilité. Cependant avec une telle probabilité la navigation sur les secteurs amont n'est pas possible à cause des profondeurs insuffisantes. Les niveaux de 80 % de probabilité correspondent aux débits de 25 à 30 m³/s environ, en d'autres termes, ce sont des niveaux de l'étiage profond. Pour assurer la navigation jusqu'à AMBIDEDI avec des tirants minima de 1 m, le débit doit être de 150 m³/s environ. Ce débit correspond aux niveaux ayant la probabilité de 55 % environ. Le choix du niveau de référence se base sur le débit de 150 m³/s à BAKEL. Avec ce débit, les tirants de 1 m environ sont assurés sur les seuils du fleuve Sénégal dans son état naturel.

Les niveaux de référence sur les postes limnimétriques du fleuve Sénégal sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1.

NIVEAUX de REFERENCE sur les POSTES LIMNIMETRIQUES

Stations	Distance de St-LOUIS (PK)	Cote 0 des graphiques I.G.N en m.	Niveaux de référence	
			au dessus de 0 du graphique	cotes I.G.N en m.
SAINT-LOUIS	0	- 0,45	- 0,45	- 0,45
BOGHE	379	- 0,57	1,88	1,31
KABDI	533	3,85	1,59	5,44
MATAM	623	6,32	1,52	7,84
BAKEL	794	11,16	2,05	13,21
AMBIDEDI	880	17,67	0,90	18,57
KAYES	924	20,16	1,52	21,68

La décision prise pour le choix du niveau de référence est tout à fait valable pour la première étape d'aménagement du fleuve, compte tenu des études insuffisantes du fleuve et de l'état de son aménagement pour le transport. Il convient aussi de noter que les méthodes de justification de niveau de référence pour les fleuves de la zone tropicale, s'alimentant à partir des eaux de pluie, représentent un problème complexe et demandent par conséquent des études plus poussées.

3. Documentation technique pour la préparation des travaux d'approfondissement.

La documentation technique nécessaire pour la préparation des travaux d'approfondissement comprend différents renseignements de caractère descriptif (instructions nautiques, cartes nautiques, atlas des cartes topographiques), des observations sur plusieurs années des niveaux et des débits, des levés topographiques des seuils et des passages difficiles, des renseignements sur la région du fleuve et sur certains de ses secteurs (vitesses et direction des courants, renseignements sur l'ensablement et les pentes, caractéristiques des sols), ainsi que des renseignements sur les travaux accomplis précédemment.

Sont utilisés aussi les graphiques suivants :

a) Graphiques des mouvements des niveaux à la descente des crues $H = f(t)$

b) Graphiques des tirants sur les seuils en fonction des niveaux $T = f(H)$

c) Graphiques de variation des tirants sur les seuils en fonction des variations des niveaux d'eau $\Delta T = f(\Delta H)$

d) Graphiques des variations des tirants à maintenir en fonction des variations des niveaux $T_n = f(H)$

e) Graphiques des variations des cotes des fonds sur les seuils en fonction des variations des niveaux $Z = f(H)$

Pour l'élaboration des présentes recommandations il est également utilisé les documents suivants :

- Carte nautique par le Capitaine FROMAGET, 1908.
- Cartes topographiques à l'échelle 1/200.000, I.G.N., 1958-1969.
- Cartes du bassin du fleuve Sénégal à l'échelle 1/20.000 de la B.A.S, etc...

Les renseignements essentiels sur l'hydrologie du fleuve ont été tirés des données contenues dans le rapport de M. V.V IVANOV (Biblio. N° 41) et du rapport de M. ROCHE (Biblio. N° 32)

Il a été utilisé aussi :

- Les levés des seuils effectués par le BCEOM en 1966 (Biblio. N° 14).
- Les levés des seuils effectués par l'équipe du Projet en 1970.

Il convient toutefois de souligner l'insuffisance des renseignements sur le régime du lit sur les seuils, les vitesses et les directions du courant, les pentes, l'ensablement, les caractéristiques des sols et leurs répartitions.

Le graphique de variations des niveaux à la descente de crue de l'année à crue moyenne (1958-1959) du poste limnimétrique de BAKEL a été conventionnellement considéré comme le graphique de référence.

Les fonctions des tirants sur les seuils résultant des études de seuils effectuées en 1968-1969 ont été tirées du rapport de H. V.V IVANOV.

4. Gabarits projetés des passes navigables.

Les gabarits des passes navigables sur les seuils sont déterminés à partir des gabarits des convois et des bateaux de référence.

Les bateaux de référence recommandés pour le fleuve Sénégal ont les gabarits suivants :

a) Bateau de navigation mixte :

Longueur 70 m environ
Largeur jusqu'à 11 m
Tirant d'eau maximum..... de 1,2 à 1,4 m.

b) Bateau fluvial de marchandises :

Longueur jusqu'à 65 m.
Largeur jusqu'à 10 m.
Tirant d'eau maximum de 1,2 à 1,3 m.

Compte tenu des gabarits sus-indiqués, il a été adopté les gabarits suivants pour le bateau de référence :

Longueur 60 m.
Largeur 10 m.
Tirant d'eau 1,3 m.

Gabarits des passes navigables

a) Compte tenu des gabarits du bateau de référence adopté la largeur minimum de la passe navigable pour la circulation à sens unique peut être fixée à 20 m.

b) Le rayon de la courbure du chenal doit se situer de préférence dans les limites de 3 à 4 fois la longueur du bateau de référence. Dans le cas présent, le rayon minimum des courbes peut être fixé à 250 m.

c) Tirants de référence : pour parvenir à la détermination des possibilités réelles de la réalisation des travaux d'approfondissement qui dépend avant tout du volume de ces derniers,

trois variantes de tirants calculées à partir du niveau de référence ont été envisagées (0,8 m - 1,0 m - 1,2 m).

La détermination des gabarits de référence des passes navigables tient compte des augmentations successives des tirants sur les seuils et de l'amélioration de la navigabilité conformément aux étapes de développement du trafic. Au fur et à mesure de l'accroissement des volumes du trafic, les moyens de financement des travaux sur la voie navigable peuvent devenir plus importants et par conséquent les gabarits des passes navigables peuvent être augmentés.

5. Volume des travaux de dragage sur les seuils du fleuve Sénégal (voir Tableau 2.).

Les tirants sur les seuils du fleuve Sénégal, calculés à partir du niveau de référence (études des seuils effectuées en 1968-1969), sont représentés graphiquement sur la Fig. 12.

Les levés des seuils effectués de Juillet à Octobre 1970 par le Projet ont servi de base pour les calculs du volume des travaux de dragage sur les seuils sableux du fleuve Sénégal. Il est également utilisé les levés des seuils effectués par le BCEOM en 1966 (voir Annexe au Tome III, Plans des Seuils).

Les volumes des déblais profilés pour les 13 seuils en vue d'assurer les tirants à partir du niveau de référence (avec le débit de 150 m³/s à BAKEL) compte tenu de la non-régularité de dragage, sont les suivants :

- Pour le tirant de 0,8 m 25.000 m³.
- Pour le tirant de 1,0 m 55.000 m³.
- Pour le tirant de 1,2 m 100.000 m³. (y compris les déblais pour les seuils de MAFCU et KCPB en vue d'un tirant de 1,5 m).

Les 13 seuils ont des tirants d'environ 1,50 m à partir du niveau de référence.

Selon les études effectuées en 1968-1969, les tirants sur les seuils mentionnés au Tableau 3 sont inférieurs à 1,5 m. Pour ce groupe de seuils, il a été estimé approximativement que le volume des travaux est équivalent à celui calculé du groupe de seuils précédents. Cette méthode de procéder se justifie d'une part par la similitude des caractéristiques de ces seuils et d'autre part par le fait qu'il n'est indiqué actuellement qu'un ordre de grandeur du volume des travaux de dragage.

Ainsi, les volumes totaux pour les 26 seuils sont les suivants :

- Pour le tirant de 0,8 m 50.000 m³.
- Pour le tirant de 1,0 m 100.000 m³.
- Pour le tirant de 1,2 m 200.000 m³.

Tableau 2.

VOLUME des TRAVAUX de DRAGAGE sur les SEUILS SABLEUX du FLEUVE
SENEGAL CALCULES à PARTIR des LEVES.

Noms des Seuils	Limites du seuil PK - PK	Niveaux de réfé- rence en m I.G.N	Volume des travaux pour les tirants.			Notes
			0,8 m m3	1,0 m m3	1,2 m m3	
MAFCU	329-330	0,60	-	-	1.040) pour le ti- rant de 1,5) + 0,1 m IGM
KOPE	337-338	0,85	-	-	2.100	
DEBET	381-382	1,32	1.950	5.530	10.450	
DJANJOULI	632-633	7,85	110	2.250	4.200	
THIMPEN	642-644	8,07	450	2.100	4.050	
GANON	663-665	8,80	2.730	4.800	8.000	
GCURIKI	685-687	9,25	1.375	3.290	7.600	
GCUMAL	696-697	9,84	1.200	3.535	6.100	
OUACUNDE	715-717	10,05	-	2.450	4.480	
GCUREL-DARA	729-730	10,70	345	520	1.190	
BOUDERI	769-770	11,90	-	300	1.800	
GUILDE	782-785	12,95	-	-	160	
KABOU	838-845	16,40	1.065	3.470	7.430	
Total			9.225	28.245	58.600	
Réserve pour la non-régularité de réalisation des passes navigables			15.000	26.000	40.000	
<u>TOTAL</u> (arrondi)			25.000	55.000	100.000	

.../...

Tableau 3.

SEUILS d'un TIRANT INFÉRIEUR à 1,5 m

Noms des seuils	Limites du seuil PK - PK	Niveau de référence en m I.G.N.	Tirants à partir du niveau de référence en m I.G.N.
CAS-CAS	423-425	2,10	1,20
DIARINGUEL	463-464	3,53	1,40
N'BAGNE	489-492	4,10	1,35
N'GUIGUILONE	575-580	6,60	1,35
KOUNDEL	603-604	7,40	1,50
DIAMBEL DIABE	620-622	7,70	1,40
MATAN	623-625	7,80	1,50
ELHADJ OUMAR	637-640	7,96	1,35
ODOBERE	652-654	8,60	1,35
VERMA	745-748	11,45	1,40
GOLMI	808-810	14,00	1,40
DIKOKORI	849-854	16,85	1,50
SOMONE	869-874	18,00	1,50

Il est à prévoir également que pendant la navigation il sera nécessaire de restaurer les passes navigables sur certains seuils. Selon l'expérience acquise pour des travaux sur des seuils sableux, les volumes des travaux réitératifs peuvent s'élever à 30 % des volumes initiaux (appréciation très approximative, vu le manque de renseignements).

Tableau 4.

VOLUMES des TRAVAUX de DRAGAGE sur les SEUILS SABLEUX

Tirants en mètre	0,8	1,0	1,5
Volumes en milliers de m ³ (chiffres arrondis)	65,0	140,0	260,0

6. Choix du type d'engins de dragage - Composition du convoi de dragage.

Le choix du type d'engins de dragage est déterminé par les facteurs principaux suivants :

- La nature du sol ;
- la profondeur de dragage ;
- le volume des travaux et période de leur exécution ;
- la longueur du secteur du fleuve à desservir ;
- le nombre de seuils ;
- le volume des travaux sur certains seuils.

Parmi les engins existants, la drague aspiratrice s'avère la plus efficace et la plus économique pour les travaux sur les seuils sableux.

Pour les conditions du fleuve Sénégal, il est recommandé un type de drague dont les déplacements se font en long, soit en travers de la passe à creuser.

Il est souhaitable que la drague soit pourvue d'un foisonneur pour le travail sur les sols cohérents (argileux etc...).

a) Détermination du rendement technique de la drague aspiratrice.

La période la plus convenable et la plus rationnelle pour les travaux d'approfondissement des seuils du fleuve Sénégal est déterminée par les variations des niveaux d'eau pendant l'année et le caractère de la crue. Elle peut se situer approximativement entre les dates suivantes :

- à partir du 1er Octobre dans le secteur amont du fleuve (région de BAKEL).
- entre le 1er Mars et le 1er Avril dans la région de BCGHE.

La durée des travaux serait de cinq à six mois, dont trois mois pour les travaux préalables et deux mois ou plus pour les travaux de restauration.

Compte tenu de la durée et du volume des travaux, le rendement technique en tonnes sera déterminé par la formule :

$$Qt = \frac{W}{T \times 24 \times Kt \times Kr}$$

où :

- W = volume des travaux en m³ ;
- T = période de travail en jours ;
- Kt = coefficient de temps d'utilisation de la drague ;
- Kr = coefficient d'utilisation du rendement de la drague

Les 180.000 m³ du volume global des travaux de dragage peuvent être reportés à la période préalable.

Ainsi, la valeur de W est de 180.000 m³ ;

La durée de la période de travail = T = 3 mois = 90 jours ;

La valeur des coefficients de référence est :

$$K_t \sim 0,60$$

$$K_r \sim 0,70$$

ce qui donne un coefficient d'exploitation de la drague de :

$$K_e = K_t \times K_r \text{ soit } \sim 0,40$$

Le rendement technique de la drague serait alors de :

$$Q_t = \frac{180.000}{90 \times 24 \times 0,40} = 200 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (chiffre arrondi)}$$

La profondeur maximum du tuyau d'aspiration est de 7 à 8 m et le tirant d'eau maximum de la drague est de 1 m.

b) Caractéristiques techniques de la drague aspiratrice pour le fleuve Sénégal.

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. Rendement technique | 300 à 250 m ³ /h |
| 2. Profondeur de dragage | 8 m |
| 3. Tirant d'eau maximum de la drague | 1 m |
| 4. Distance de refoulement | 1.000 m au moins. |

c) Composition du convoi de dragage.

Le convoi de dragage devra comprendre :

- La drague aspiratrice ;
- les bateaux assurant son fonctionnement ;
- les commodités pour le personnel.

La composition détaillée d'un convoi de dragage est le suivant :

1. La drague aspiratrice (avec un tuyau de refoulement flottant) ;
2. un bateau déplaceur d'ancres équipé de moteur d'une puissance de 100 à 120 CV ;
3. un bateau-citerne ayant une capacité de charge de 100 à 150 t. ;
4. un remorqueur d'une puissance de 300 à 400 CV ;
5. une vedette à moteur de 40 CV environ ;
6. une maison flottante pouvant abriter 25 personnes ;
7. un canot type "Zodiak" à moteur hors bord de 20 CV ;
8. des canots à rames (4 canots).

.../...

Le remorqueur pourrait être exclu de l'équipement dans le cas où la drague serait automotrice et permettrait de loger le personnel à son bord. Cependant l'expérience prouve qu'il est préférable de le prévoir, ne serait-ce que pour le remorquage des bateaux auxiliaires (bateau-citerne etc...). En outre, les dragues fluviales ayant un rendement de 200 à 300 m³/h sont souvent dépourvues de logement pour le personnel.

d) Coût d'acquisition des bateaux du convoi de dragage.
(En milliers de F.CFA).

1. Une drague aspiratrice avec tuyau de refoulement de 1.000 m (frais de transport compris)*	36.000
2. Bateau déplaceur d'ancre à moteur de 100 CV	5.000
3. Bateau-citerne de 150 t.	6.000
4. Remorqueur de 300 CV	15.000
5. Maison flottante pour 25 personnes	6.000
6. Vedette à moteur de 40 CV	4.000
7. Canot type "Zodiak" moteur hors bord 20 CV	600
8. Canots à rames (4 canots)	1.200
Total	73.800

soit 75.000.000 de francs CFA environ.

7. Personnel du convoi de dragage

Le convoi de dragage est dirigé par un chef de convoi ayant une formation spéciale et de l'expérience en travaux d'approfondissement des seuils. Le reste du personnel est recruté suivant les spécialités et les fonctions à remplir exposées au Tableau 5.

Une certaine catégorie de travailleurs, en particulier les matelots, peut être recrutée uniquement pendant la période d'exécution des travaux.

Le personnel des convois doit être complété de manière qu'il soit possible d'assurer un fonctionnement continu de la drague (24 h sur 24).

* Le coût de la drague est estimé selon les données fournies par la firme AMCO (il s'agit du type PD-10 B) y compris les frais de transport.

Tableau 5.

PERSONNEL du CONVOI de DRAGAGE.

Postes	Nbre per-son-nes.	Salaires mensuel par agent F.CFA	Nbre mois de travail	Montants mensuels milliers F.CFA	Montants annuels milliers F.CFA
<u>Drague aspiratrice (avec tuyau de refoulement :</u>					
! Chef de convoi	! 1	! 90.000	! 12	! 90	! 1.080
! Mécanicien électricien	! 1	! 80.000	! 12	! 80	! 960
! Maître dragueur	! 1	! 80.000	! 12	! 80	! 960
! Maître dragueur adjoint	! 2	! 60.000	! 12	! 120	! 1.440
! Matelot en chef	! 3	! 15.000	! 12	! 45	! 540
! Matelot	! 6	! 12.000	! 6	! 72	! 432
<u>Bateau déplaceur d'ancres</u>					
! Pilote mécanicien	! 3	! 25.000	! 6	! 75	! 450
<u>Remorqueur</u>					
! Capitaine	! 1	! 40.000	! 12	! 40	! 480
! Mécanicien	! 1	! 40.000	! 12	! 40	! 480
! Matelot	! 1	! 15.000	! 6	! 15	! 90
<u>Bateau-citerne</u>					
! Pilote	! 1	! 15.000	! 6	! 15	! 90
<u>Vedette</u>					
! Pilote mécanicien	! 1	! 20.000	! 6	! 20	! 120
<u>Maison flottante</u>					
! Pilote	! 1	! 15.000	! 6	! 15	! 90
! Matelot	! 1	! 8.000	! 6	! 8	! 48
<u>Total</u>	24	-	-	715	7.260
Charges sociales 10%				71,5	726
<u>TOTAL</u>				786,5	7.986

8. Frais d'exploitation et coût d'aspiration de 1 m³ de sol.

La répartition des frais d'exploitation annuels du convoi de dragage est fournie au Tableau 6.

Tableau 6.

FRAIS ANNUELS d'EXPLOITATION du CONVOI de DRAGAGE.

Désignation des dépenses	Dépenses en Francs CFA.
Salaire (arrondi)	8.000.000
Carburants	6.000.000
Lubrifiants	500.000
Amortissement (4 % par an)	2.500.000
Réparations courantes	1.000.000
Relâche (sans salaire)	500.000
Outillage	500.000
TOTAL	19.000.000
	=====

Coût d'aspiration d'1 m³ de sable :

Si le volume des sols à extraire est de 260.000 m³, le coût du m³ sera :

$$\frac{19.000.000}{260.000} = 73 \text{ F.CFA/m}^3 \text{ environ.}$$

9. Travaux d'enlèvement des sols rocheux et pierreux

Ces travaux font partie également des travaux d'approfondissement du lit. Sur les secteurs du lit où les affleurements rocheux limitent les fonds, l'approfondissement s'effectue par la création de passes navigables au moyen d'explosions ou par perforation. Par la suite on procède à l'enlèvement des roches et des pierres par des dragues à godets. Les godets de ces dragues doivent avoir une grande rigidité. Selon les cas possibles d'être rencontrés, il peut également être utilisé des bonnes preneuses.

Les conditions d'exécution des travaux sur le fleuve Sénégal sont très favorables, car bien souvent les travaux peuvent être effectués presque à sec.

Cela s'explique par le fait que la quasi totalité des seuils rocheux se situe dans la partie amont du fleuve où le lit est presque à sec pendant la saison sèche.

.../...

Tableau 7.

SEUILS ROCHEUX.

Nom du seuil	Limites PK-PK	Niveaux de référé- rence en m. I.G.N	Profon- deur à partir du niveau de ref. en m.	Notes
N'GOREL	362-364	0,95	0,85	Tirant du niveau de référence + 0,10 m I.G.N
DICULDE DIABE	435-438	2,70	1,20	
ABDALLAH MOCTAR	453-456	3,24	3,00	
KERR	522-523	4,80	-	Les tirants sont donnés
ORENATA	536-538	5,40	2,25	selon les études de 1968-1969
GAOUL	544-547	5,85	1,30	
GUIRAY	553-555	6,25	1,95	
DJECUL	561-562	6,55	1,90	
AMBIDEDI	881-888	18,64	0,24	
TAMBOUKANE	896-898	19,11	0,34	
DIAKANDAPE	899-903	19,54	0,35	
ORTOGOTEL	913-916	20,86	0,50	

Les volumes des travaux d'enlèvement des sols rocheux sur les seuils du fleuve Sénégal sont calculés à partir des documents des levés effectués par le Projet en 1970 et des levés effectués par le BCEOM en 1966.

Les gabarits des passes navigables sur les seuils rocheux sont les suivants :

a) En aval de BCGHE

Seuil de N'GOREL (PK 362-364)

- Largeur = 20 m.
- Profondeur = 1,5 m à partir du niveau à la cote + 0,10 m IGN.

b) En amont de BCGHE

Les gabarits retenus pour les seuils en amont de BCGHE où la navigation est encore saisonnière seront moins importants que ceux du seuil de N'GOREL qui constitue l'unique seuil rocheux limitant l'accès à BCGHE et situé dans un secteur où la navigation est possible pendant toute l'année.

Tableau 8.

VOLUME des TRAVAUX de DEROCTAGE et d'ENLEVEMENT des DEBLAIS.

Nom du seuil	Limites PK-PK	Volume des travaux de déroctage pour la profondeur			Volume des travaux d'en- lèvement des déblais
		0,8 m	1,0 m	1,2 m	
N'GOREL	362-364	-	-	2.400	-
DICULDE-DIABE	435-438	1.170	2.390	3.900	1.000
KERR	522-523	2.240	3.690	5.160	800
GAOUL	544-547	1.000	1.500	2.500	1.000
AMBIDEDI	881-888	-	-	1.200	4.500
TAMBOUKANE	896-898	-	720	3.825	2.500
DIAKANDAPE	899-903	-	3.600	8.340	4.500
CRTOGOTEL	912-916	650	1.350	2.460	3.000
<u>TOTAL</u>		<u>5.060</u>	<u>13.250</u>	<u>29.785</u>	<u>17.300</u>

En ce qui concerne les seuils rocheux du secteur AMBIDEDI KAYES les volumes des travaux seraient les suivants :

- Travaux de déroctage selon la profondeur de :

0,8 m = 650 m³

1,0 m = 5.670 m³

1,2 m = 15.825 m³

- Travaux d'enlèvement des déblais :

= 14.500 m³

Les travaux devront être effectués en saison sèche lorsque les seuils rocheux sont dénudés.

Dans les limites de la passe navigable à exécuter, les roches seront dynamitées soit par la pose directe des explosifs dans des endroits prévus à cet effet, soit par introduction des explosifs dans des puits forés. Les roches dynamitées seront chargées dans des camions à benne basculante par des grues à benne preneuse d'une capacité de 5 t. au moins.

Les déblais pourront être utilisés pour la construction des batardeaux sur d'autres bras ou des épis.

Coût des travaux de déroctage et d'enlèvement des déblais.

Le coût du dynamitage, de l'enlèvement et du transport à 500 m d'1 m³ de déblai serait de 10.000 F.CFA environ.

L'enlèvement des cailloux dans le lit du fleuve et leur transport à une distance de 500 m s'élèveraient à 2.000 F.CFA/m³.

Ainsi les coûts des travaux de déroctage et d'enlèvement des déblais selon les différentes profondeurs seraient :

a) - Déroctage :

- pour la profondeur de 0,8 m = 50.600.000 F.CFA
- pour la profondeur de 1,0 m = 132.500.000 F.CFA
- pour la profondeur de 1,2 m = 297.850.000 F.CFA

Ces coûts comprennent celui relatif au seuil de N'GOKEL creusé jusqu'à la profondeur de 1,5 m pour 24.000.000 F.CFA.

b) - Enlèvement des déblais : 34.600.000 F.CFA.

Le coût du dynamitage et de l'enlèvement des déblais pour le tronçon compris entre AMBIDEDI et KAYES est consigné au Tableau 9.

Tableau 9.

COÛT des TRAVAUX de DEROCTAGE et d'ENLEVEMENT en F.CFA et SELON LA PROFONDEUR sur le SECTEUR AMBIDEDI/KAYES.

Profondeurs	Déroctage	Enlèvement
0,8 m	6.500.000	29.000.000
1,0 m	56.700.000	29.000.000
1,2 m	158.250.000	29.000.000

Le volume et le coût des travaux de déblais pour toutes les variantes de différentes profondeurs sur ce tronçon ne changent pas.

10. Recommandation sur la technologie d'exécution des travaux d'approfondissement.

L'une des questions les plus difficiles à résoudre de la technologie des travaux d'approfondissement sur les seuils du fleuve Sénégal est celle du refoulement et du stockage du sol enlevé. Cette tâche est rendue compliquée par les formes spécifiques du lit qui sont caractérisées par l'absence, dans de nombreux cas, des bas-fonds bien dessinés au voisinage des seuils.

L'emplacement judicieux des dépôts du sol enlevé est extrêmement important : les dépôts des sols peuvent contribuer soit au maintien des fonds dans le chenal, soit au contraire, aggraver l'état des seuils s'ils sont déposés dans des endroits mal choisis.

Le choix des endroits de refoulement (stockage) des dépôts devra répondre aux critères suivants :

a) Lorsqu'il existe des bas-fonds sur le secteur du seuil, le refoulement des sols devra se faire du banc amont vers l'aval en formant une digue longitudinale qui devra avoir une hauteur suffisante pour isoler, à l'étiage, le bas-fond aval des alluvions apportées par le courant.

b) La hauteur du dépôt du sol devra être la même que celle observée sur les bancs des rives stables avec les chenaux suffisants.

c) Le refoulement des sols sur les bancs amont convient mieux pour la navigation. Ceci s'explique par le fait que si l'on refoulait les sols sur les bancs aval, la passe navigable en se déplaçant pourrait être bouchée.

d) Le dépôt des sols à proximité des bancs doit se faire de façon qu'il n'y ait pas de courbes entre eux qui pourraient éventuellement être à l'origine des bras morts pendant les hautes eaux.

e) Les dépôts des sols sur le banc amont ayant une hauteur suffisante contribueront à stabiliser la passe navigable.

Le choix de l'endroit et de l'axe des passes navigables (tracé des passes navigables) constitue aussi une question très importante dans les travaux d'approfondissement des seuils.

Une bonne implantation des passes combinée avec un refoulement judicieux des sols peuvent aboutir à de bons résultats permettant de créer des passes navigables stables et commodes pour le passage des bateaux.

Les passes navigables doivent avoir des gabarits déterminés (profondeur, largeur, rayon de courbure). Elles doivent permettre une circulation aisée des bateaux. En outre leur emplacement doit être conçu de manière à ce qu'elles concourent à la stabilisation des fonds.

L'emplacement et la direction des passes navigables devront être choisis en tenant compte des processus de creusement du lit. Ainsi les seuils se trouvant sur le lit en formation sont généralement plus stables. Pour apprécier le processus de creusement du lit, il convient d'observer ses déformations selon les périodes et les variations de niveaux. Ainsi, le tracé des passes

navigables doit être basé sur l'analyse minutieuse des déformations du lit observées durant chaque saison et pendant plusieurs années.

11. Travaux d'approfondissement du lit sur le tronçon AMBIDEDI-KAYES.

Description du problème : La réalisation des travaux d'approfondissement de la voie navigable sur le tronçon AMBIDEDI-KAYES, pour obtenir une même durée de navigation à AMBIDEDI et à KAYES, revêt une importance particulière.

L'emplacement du port principal en République du Mali à AMBIDEDI ou à KAYES dépend dans une large mesure de l'importance des investissements nécessaires pour accroître les tirants d'eau sur ce tronçon.

La différence des durées de navigation entre KAYES et AMBIDEDI avec des tirants minima de 1 m est estimée à 20 jours environ.

Dans la mesure où les investissements pour la rectification de ce tronçon seront économiquement justifiés, le développement du port de KAYES sera incontestablement rationnel.

Tableau 10.

VOLUME des TRAVAUX et des INVESTISSEMENTS à ENGAGER pour la RECTIFICATION du TRONÇON AMBIDEDI/KAYES.

Pour un tirant de 1 m

Nom du seuil (rocheux)	Limites du seuil PK-PK	Longueur r.	Niveau de référence	Déroctage		Enlèvement des déblais	
				Volume m ³	Coût millions F.CFA	Volume m ³	Coût millions F.CFA
AMBIDEDI	881-888	9	18,64	-	-	4.500	9,0
TAMBOUKANE	896-898	3	19,11	720	7,2	2.500	5,0
DIAKANDAPE	899-903	5	19,54	3.600	36,0	4.500	9,0
ORTOGOTEL	912-916	5	20,86	1.350	13,5	3.000	6,0
	<u>Total</u>	22		5.670	56,7	14.500	29,0

Il ressort de ce tableau que les investissements pour la réalisation des travaux sur le secteur AMBIDEDI-KAYES, en vue d'assurer des tirants de 1 m, s'élèvent à 90.000.000 F.CFA environ.

La diminution de la différence entre les tirants des tronçons aval de 0,7 à 0,8 m jusqu'à 0,2 m élimine pratiquement la différence entre les durées de navigation jusqu'à KAYES et jusqu'à AMBIDEDI.

En période de décrue, avec une baisse des niveaux de 2 à 3 cm par jour, la hausse des tirants de 20 cm jusqu'à AMBIDEDI n'assure que pendant 7 à 10 jours de plus des fonds supérieurs à 1 m.

Cette différence entre les durées de navigation jusqu'à KAYES et jusqu'à AMBIDEDI n'a pratiquement aucune importance.

Enfin, la perspective de régularisation du débit du fleuve à 300 m³/s milite favorablement pour le développement du port du Mali à KAYES, car dans ce cas, il ne se posera plus le problème de la différence de durée de navigation entre KAYES et AMBIDEDI.

-

Chapitre II

TRAVAUX de RECTIFICATION

1. Notions préliminaires

Les travaux de rectification consistent en la construction d'ouvrages spéciaux dans le lit du fleuve, dont l'objectif est de changer le régime naturel du cours du fleuve afin d'améliorer les fonds du chenal navigable et ses gabarits vus en plan. Ces travaux comprennent :

- des épis ;
- des endiguements ;
- des digues de dérivation ;
- le renforcement des rives.

Selon leur conception et leur usage, les ouvrages de rectification sont destinés à :

- faire déplacer des dépôts transitoires au-delà des gabarits du chenal ;
- affouiller le lit du chenal par l'augmentation des vitesses du courant et le changement de sa direction ;
- éviter d'éliminer les déformations néfastes du lit du chenal qui peuvent provoquer son ensablement ;
- éviter l'affouillement des rives du fleuve.

Les ouvrages de rectification sont de types différents : ceux qui fonctionnent pendant la crue ou l'étiage, et ceux qui sont submersibles ou insubmersibles. Dans la plupart des cas on construit des ouvrages fonctionnant pendant l'étiage ; ces derniers provoquent le changement du cours d'eau dans le but d'affouiller les seuils créés par les dépôts pendant la crue.

Les ouvrages de rectification peuvent être construits à partir :

- d'enrochement ;
- de terre ;
- de pilots ;
- de branches mortes.

L'action des ouvrages de rectification conduit à la création de nouveaux contours du lit du fleuve. Le nouveau lit d'étiage limité par les ouvrages, appelé tracé rectifié, a une largeur, au niveau d'eau de référence, dénommée largeur rectifiée, dont la dimension est très importante dans la projection des ouvrages de rectification.

L'aménagement des conditions de navigation des fleuves à l'état libre est caractérisé par le maintien des pentes moyennes du plan d'eau sur de grands tronçons du fleuve tout en procédant en même temps à leur nouvelle répartition à l'intérieur de chaque tronçon. La construction des ouvrages de rectification amène par conséquent à une répartition des pentes qui est justement nécessaire pour atteindre l'objectif recherché : augmentation des fonds du chenal et amélioration de ses contours en plan.

Lors du stade initial du fonctionnement des ouvrages, le changement de la valeur des pentes se fait voir de façon très nette, mais au fur et à mesure du creusement du lit, la valeur changée s'approche de celle initiale.

La largeur du tracé rectifié, Tr , dépend directement de la largeur du tracé naturel, Tn , par la relation :

$$Tr = x \cdot Tn$$

La tâche qui se pose pendant les calculs de la largeur du tracé est de déterminer la valeur du coefficient x .

La grande diversité des tronçons du lit du fleuve et des seuils entraîne une multiplication du nombre de schémas d'emplacement des ouvrages de rectification. Pourtant il existe des règles générales pour la résolution de ce problème. En particulier l'emplacement des ouvrages doit être choisi de façon à permettre d'atteindre l'effet voulu par un nombre réduit d'ouvrages. L'expérience de nombreuses années de construction d'ouvrages de rectification montre que l'emplacement le plus convenable est obtenu dans le cas où l'ouvrage est construit sur le banc de rive amont. L'implantation de l'ouvrage sur le banc de rive aval est rationnel dans le cas où le banc a des cotes basses et lorsqu'un débit considérable y passe pendant la crue.

Certaines exigences doivent être satisfaites lors du calcul de la courbure du tracé rectifié : création de courbures convenables du chenal permettant le passage commode des bateaux d'une part et stabilisation des formes du lit à l'étiage d'autre part. La deuxième exigence est la plus difficile à réaliser.

La mise en place d'un épis représente l'ouvrage le plus efficace pour maintenir en bon ordre le chenal navigable.

Certains avantages tirés des épis font que depuis quelques années ce type d'ouvrage remplace les digues longitudinales.

Il convient de souligner que même si les ouvrages de rectification (travaux de rectification) permettent d'atteindre les résultats voulus en améliorant, par leur action, les conditions de navigation sur les tronçons difficiles, l'expérience montre que l'effet le plus avantageux est obtenu par la combinaison des travaux de dragage et des ouvrages de rectification des passes navigables.

2. Détermination de la conception des ouvrages de rectification.

Les ouvrages de rectification sont construits à partir d'enrochement, de terre, de pilots, de branches mortes et de matelas de branches mortes. Le choix des matériaux de construction est souvent déterminé par leur présence à proximité du chantier. Dans le cas du fleuve Sénégal les matériaux de construction rencontrés sont le plus souvent : les rochers, les sols à renforcer ou non selon les possibilités de résistance qu'ils peuvent opposer à leur percement par le courant.

Le choix des matériaux nécessaires dépend de la conception des ouvrages à réaliser. L'étude de la rationalité de la construction d'ouvrages de rectification sur le fleuve Sénégal et des investissements approximatifs nécessaires à cet effet, conduit à penser que l'utilisation des enrochements serait plus judicieuse. (V.Fig.13). En effet :

a) Dans la plupart des tronçons où la navigation est limitée par la présence des seuils, il existe des endroits où affleurent des rochers rendant possible l'organisation de leur extraction ;

b) L'utilisation des rochers comme matériaux de construction offre la possibilité de procéder à une mécanisation presque complète des travaux (de l'extraction à la pose des rochers dans le corps de l'ouvrage).

Selon les estimations faites, le coût de revient d'1 m³ de rochers, extrait d'une carrière avec le transport par bateaux sur une distance moyenne de 20 km, serait de l'ordre de 5.000 F.CFA.

3. Schéma directeur des travaux de rectification d'un tronçon du fleuve difficile pour la navigation.

A titre d'exemple on prend le schéma de construction des ouvrages de rectification sur le tronçon du seuil de KABOU. Selon les indices morphologiques et génétiques, ce tronçon peut être considéré comme ayant un lit peu sinueux avec des atterrissements riverains sableux en mouvement. Les indices énumérés donnent à penser que nous avons affaire à un seuil complexe.

Le processus de changement du lit sur de pareils tronçons est caractérisé par le mouvement vers l'aval des atterrissements riverains.

Les dispositions à prendre pour l'aménagement de tels tronçons comprennent essentiellement des travaux de dragage du chenal navigable sur les seuils et la fixation des bancs de rive.

Etant donné qu'il n'y a pas d'études détaillées du régime du lit du tronçon du seuil de KABOU, comme d'ailleurs de tout le fleuve, le schéma proposé se base sur les renseignements généraux recueillis sur ce tronçon.

A cet effet, il est utilisé le levé planimétrique effectué en Septembre-Octobre 1970 et certains résultats des études des seuils faites en 1968-1969. (V. Fig. 14).

La largeur du chenal navigable à sens unique est fixée à 20 m, le rayon de sinuosité est évalué à 250 m au moins.

La largeur du tracé rectifié est choisie selon le procédé morphométrique qui se base sur la corrélation entre la largeur et les fonds du lit d'après le niveau d'eau de référence. Cette corrélation est représentée par le graphique de la fonction (V. Fig. 15):

$$T_n = f(h_{\max})$$

où :

$$T_n = \text{largeur du lit}$$

$$h_{\max} = \text{profondeur maximum du tronçon.}$$

Le tronçon du seuil de KABOU est caractérisé par une divergence manifeste des axes des courants de crue et d'étiage.

La difficulté pour améliorer les conditions de navigation sur ce tronçon réside dans la direction forcée du courant dans les limites du tracé à rectifier. Ce problème peut être résolu à l'aide d'un système transversal des ouvrages de rectification.

L'aménagement des tronçons difficiles aux fins de la navigation se fait sur la base des calculs tenant compte des débits correspondants aux niveaux d'eaux précalculés.

La cote de la crête de l'épi est déterminée suivant le niveau d'eau égal au débit appelé "débit formant le lit du fleuve". A ce niveau là les ouvrages sont submergés.

Le débit formant le lit est le produit maximum du débit en solides, UT, par la fréquence de sa répétition, P.

Dans le cas présent, ce débit est évalué à 320 m³/s et par conséquent les crêtes des épis devraient dépasser de 0,50 m environ le niveau de référence.

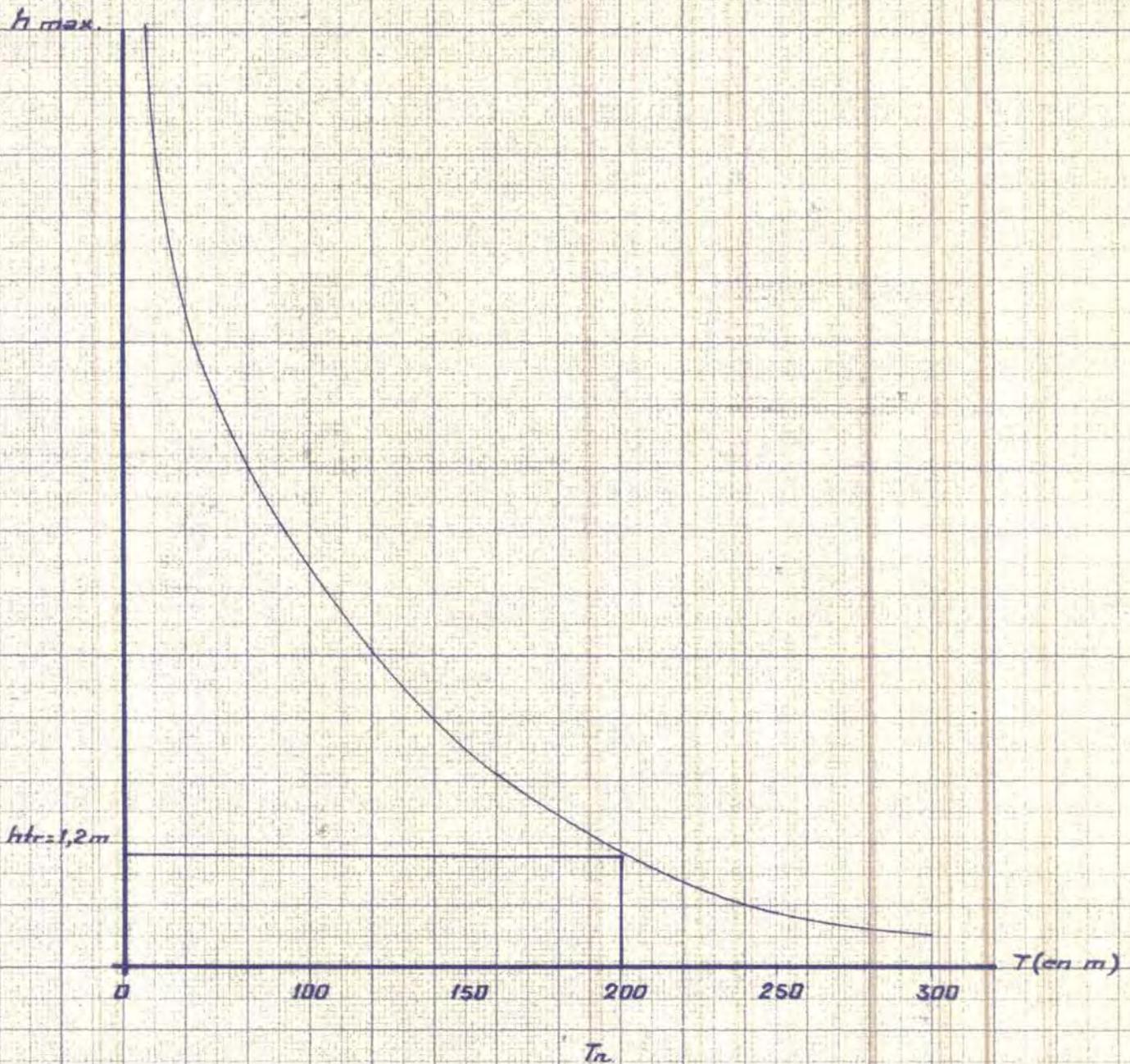
4. Volume et coûts des travaux de rectification.

Les travaux de rectification sur le fleuve ont pour but d'augmenter la stabilité des passes navigables et de maintenir des fonds nécessaires dans les endroits difficiles.

.../...

FIG:15

GRAPHIQUE DE LA FONCTION $T_h = f(h_{max})$



Parmi les seuils en aval de l'escale de BOGHE on a choisi les seuils de KOPE (PK 337-338) et de N'GOREL (PK 362-364) pour y organiser les travaux de rectification. Ces travaux doivent assurer des fonds de 1,5 m pour un débit de 150 m³/s.

En amont de BOGHE les mêmes travaux devront être entrepris sur les seuils de CAS-CAS (PK 423-425) et de KABOU (PK 838-845) les plus complexes du point de vue du maintien des fonds.

Le tronçon AMBIDEDI-KAYES est aussi choisi comme devant être rectifié dans son ensemble. La construction des ouvrages de rectification sur ce tronçon a pour but d'augmenter les fonds afin de réduire la différence de durée de navigation entre KAYES et AMBIDEDI. A cet effet, sont effectués les travaux susmentionnés qui permettront d'obtenir une nouvelle répartition des pentes du lit et un affaiblissement du courant.

Le volume approximatif de l'enrochement pour les épis est déterminé selon la longueur du tronçon du seuil en question.

Pour la détermination de l'unité de volume des travaux sur un tronçon de 1 km, nous adopterons comme référence le volume des travaux à effectuer sur le seuil de KABOU. Le volume de l'enrochement pour les ouvrages sur ce seuil est de 12.000 m³ environ et la longueur du secteur du seuil est de 8 km environ. Le volume d'enrochement sur 1 km est de :

$$M = \frac{U}{Z} = \frac{12.000}{8} = 1.500 \text{ m}^3/\text{km}$$

Tableau 11.

VOLUME des OUVRAGES de RECTIFICATION

Nom du seuil ou du rapide	Limites du seuil PK-PK	Longueur du seuil en km	Volume ouvrages milliers m ³
<u>I - SEUILS</u>			
KOPE	337-338	2	3,0
N'GOREL	362-364	3	4,5
CAS-CAS	423-425	3	4,5
KABOU	838-845	8	12,0
		16	24,0
<u>II - RAPIDES</u>			
AMBIDEDI	881-888	8	12,0
TAMBOUKANE	896-898	3	4,5
DIAKANDAPE	899-903	5	7,5
ORTOGOTEL	912-916	5	7,5
		21	31,5
<u>TOTAL</u>		37	55,5

Si le coût approximatif de 1 m³ d'enrochement est estimé à 5.000 F.CFA, celui des ouvrages envisagés est indiqué au Tableau 12.

Tableau 12.

COÛT des OUVRAGES de RECTIFICATION

Nom du seuil ou du rapide	Limites PK-PK	Volume ouvrages milliers m ³	Coût en milliers F.CFA
I - SEUILS			
KOPE	337-338	3,0	15.000
N'GREL	362-364	4,5	22.500
CAS-CAS	423-425	4,5	22.500
KABOU	838-845	12,0	60.000
		24,0	120.000
II - RAPIDES			
AMBIDEDI	881-888	12,0	60.000
TAMBOUKANE	896-898	4,5	22.500
DIAKANDAPE	899-903	7,5	37.500
ORTOGOTEL	912-916	7,5	37.500
		31,5	157.500
TOTAL		55,5	277.500

-

Chapitre III

SERVICE de BALISAGE - FRAIS de FONCTIONNEMENT.

Les unités de base dans la structure d'organisation pour le fonctionnement du balisage sur le fleuve sont constituées par des brigades. La section 3 du Chapitre III, page 15 du Rapport " Balisage - Organisation du Service de balisage" Tome II, recommande l'organisation de 6 brigades pour l'entretien du balisage lumineux ou 3 brigades pour l'entretien du balisage non-lumineux. Le nombre de bases de balisage correspond au nombre de brigades.

En outre au cours de la 2ème étape de construction du balisage, pendant laquelle le volume des travaux de dragage sera accru, il est recommandé d'établir 3 brigades additionnelles pour le nettoyage du lit.

Tableau 13.

NOMBRE de BRIGADES et leurs BASES SUIVANT l'ETAPE de CONSTRUCTION du BALISAGE.

Emplacement de la base.	Etape I		Etape II	
	Balisage non-lumineux ou réfléchissant		Balisage lumineux	
	Brigades de balisage.	Brigades de nettoyage du lit.	Brigades de balisage	Brigades de nettoyage du lit.
SAINT-LOUIS	1	1 *	1	1 *
BOGHE	-	-	1	-
KAEDI	1	-	1	1
MATAM	-	-	1	-
BAKEL	-	-	1	1
KAYES	1	-	1	-
<u>Total</u>	3	1	6	3

* Une brigade de nettoyage basée actuellement à DAGANA pourra y être maintenue.

Tableau 14.

FRAIS ANNUELS de FONCTIONNEMENT d'UNE BRIGADE de BALISAGE.

Désignation du poste	Quantité	Salaire mensuel F.CFA	Montant mensuel F.CFA	Nbre mois hommes	Montant annuel milliers F.CFA
Chef de brigade	1	40.000	40.000	12	480,0
Mécanicien	1	35.000	35.000	12	420,0
Matelot en chef	1	15.000	15.000	12	180,0
Matelot ouvrier	2	12.000	24.000	6	144,0
Electricien	1	15.000	15.000	12	180,0
	6		129.000		1.404,0
Charges sociales 10%			12.900		140,4
<u>TOTAL</u>			141.900		1.544,4

Tableau 15.

FRAIS ANNUELS de FONCTIONNEMENT d'UNE BRIGADE de NETTOYAGE du LIT.

Chef de brigade	1	40.000	40.000	12	480,0
Ouvrier en chef	1	15.000	15.000	12	180,0
Manoeuvres	5	12.000	60.000	8	480,0
Capitaine de vedette	1	35.000	35.000	12	420,0
Mécanicien	1	30.000	30.000	12	360,0
Matelots	3	12.000	36.000	8	288,0
	12		216.000		2.208,0
Charges sociales 10%			21.600		220,8
<u>TOTAL</u>			237.600		2.428,8

Tableau 16.

FRAIS TOTAUX ANNUELS de FONCTIONNEMENT des BRIGADES et d'ENTRETIEN GENERAL.

Désignation des dépenses	Etape I		Etape II	
	en milliers F.CFA		en milliers F.CFA	
	brigades balisage (3)	brigade nettoyage (1)	brigades balisage (6)	brigades nettoyage (3)
Frais de fonctionnement	4.633,2	2.428,8	9.266,4	7.286,4
Entretien de la flotte et autres équipements	3.000,0	600,0	6.000,0	1.800,0
Autres dépenses	600,0	200,0	1.800,0	600,0
Entretien des bases	16.000,0	1.000,0	18.000,0	3.000,0
<u>TOTAUX</u>	<u>24.233,2</u>	<u>4.228,8</u>	<u>35.066,4</u>	<u>12.686,4</u>
soit :	28.462.000 F.CFA		47.752.800 F.CFA	

=

Chapitre IV

ETUDES et RECHERCHES

1. Etudes et recherches sur les voies d'eau intérieures.

Le niveau actuel des études et recherches sur le fleuve Sénégal pouvant permettre de dégager les dispositions à prendre pour améliorer ses qualités navigables n'est pas suffisant. Leur principal défaut réside surtout en leur caractère épisodique.

De nombreuses missions travaillant dans le bassin du fleuve publient des documents disparates quoique riches en renseignements et informations.

Les études et recherches sur les voies d'eau intérieures sont effectuées dans le but :

- de déterminer le régime de la voie d'eau ;
- de tirer des renseignements nécessaires pour les travaux d'aménagement ;
- de dégager l'utilité de ces travaux ;
- d'élaborer différents manuels de référence (instructions nautiques, cartes nautiques, règlements de navigation, guides).

L'équipe de recherches sur le terrain doit exécuter :

- a) - Les levés complets du lit du fleuve et de certains seuils ;
- b) - les travaux hydrométriques : détermination de l'importance des débits, des vitesses et des directions du courant, des mouvements et des dépôts (en suspension et de fond) ;
- c) - le nivellement des rives et le rattachement des niveaux d'eau au canevas des repères pendant l'exécution des travaux, ainsi que la détermination de la valeur de l'inclinaison du plan d'eau (longitudinale et transversale) ;
- d) - les prospections des sols ;
- e) - la reconstruction et l'entretien des signaux du canevas permanent d'altimétrie et de planimétrie ;
- f) - le dépouillement des données acquises ;
- g) - la projection des travaux permanent de dragage des passes navigables tout en participant à la projection du schéma d'aménagement radical des tronçons du fleuve difficiles pour la navigation ;
- h) - les travaux projetés d'approfondissement du lit ;

- i) - les observations sur les déformations du lit du fleuve et sur le fonctionnement des ouvrages de rectification ;
- j) - la préparation des documents pour la correction et l'édition des règlements nautiques (instructions et cartes nautiques, guides routiers ..).

Les levés du lit du fleuve se répartissent en levés complets et levés partiels de certains seuils et tronçons. Les levés complets sont habituellement entrepris lors de l'établissement des cartes nautiques. Les levés partiels sont effectués pour permettre l'étude du régime des tronçons et des seuils limitant la navigation, pour l'établissement du programme des travaux sur le fleuve et pour l'évaluation de leur efficacité.

Les levés des seuils doivent constamment être mis à jour et se répartissent en levés préalables, levés réitératifs et levés de contrôle.

Les levés préalables sont entrepris lors des études initiales des seuils afin de révéler les déformations du lit survenant pendant la crue et de déterminer la nécessité des travaux d'approfondissement du lit et leur volume. Ces levés peuvent être poursuivis aussi bien pendant la crue qu'à la décrue.

Le levé préalable des seuils devra couvrir non seulement le seuil mais aussi les tronçons contigus amont et aval sur une distance égale à 2 ou 3 fois la largeur du lit. Dans le cas où plusieurs seuils se succèdent et s'influencent mutuellement, il devra être procédé au levé complet de tout le groupe de seuils.

Lors de l'exécution des levés préalables il est absolument nécessaire d'organiser des observations sur la vitesse et la direction du courant au moyen de flotteurs.

La projection du schéma d'amélioration radicale des conditions de navigation doit être précédée des levés de tous les faux bras, des files, des tronçons de terres submersibles et d'autres secteurs du fleuve qui influencent le régime du cours d'eau du tronçon à aménager.

Les levés réitératifs (de vérification) des seuils sont entrepris lorsqu'il s'est écoulé plus de 5 jours entre la fin des levés préalables et le commencement du travail de dragage. Dans ce cas les levés réitératifs pourront couvrir uniquement les seuils ou même les passes navigables à creuser. Ainsi ces levés doivent permettre la mise au point de la situation de la passe et la détermination du volume de sol à enlever.

Les levés de contrôle sont entrepris après les travaux d'approfondissement du lit du fleuve pour préciser leurs résultats et permettre d'estimer les travaux ultérieurs. Ces levés devront être effectués bien après les travaux, lorsque les déformations du lit se seront stabilisées, afin de pouvoir apprécier avec plus de précision leur importance.

Les travaux hydrométriques comprennent généralement les observations au moyen de flotteurs sur les directions et les vitesses du courant pour tous les niveaux d'eau. Les observations hydrométriques se font lors de l'établissement du schéma d'amélioration radicale de certains tronçons. A cet effet il est utilisé des turbidimètres, des moulinets et d'autres instruments hydrométriques.

Les prospections géologiques des sols ont pour but de déterminer leurs limites, leur répartition et leurs propriétés avant de procéder aux travaux d'approfondissement du lit. Elles se font au moyen de différentes sondes.

Des prospections plus détaillées sont nécessaires au moment de la préparation des mesures à prendre pour l'amélioration radicale des tronçons difficiles du fleuve.

2. Personnel de l'équipe de recherches sur le terrain - Investissements et frais de fonctionnement.

Le nombre d'équipes chargées d'effectuer les recherches sur un fleuve navigable est déterminé en fonction :

- de la longueur du fleuve ;
- du nombre de tronçons difficiles pour la navigation (seuils et chutes) ;
- du degré d'aménagement du fleuve pour la navigation ;
- du volume des travaux déjà effectués ;
- de la méthode utilisée dans les recherches ;
- de l'équipement sur place.

Dans le but d'amorcer des recherches systématiques sur le fleuve et compte tenu de son niveau actuel d'aménagement, il est recommandé l'organisation d'une équipe permanente qui sera chargée d'effectuer les travaux de recherches. (V. Tableau 17.)

Tableau 17.

PERSONNEL et COUT de l'EQUIPE PERMANENTE de RECHERCHE sur le FLEUVE

Désignation du poste	Nbre	Salaire mensuel p. agent.	Coûts mensuels F.CFL.	Hommes mois	Coûts annuels F.CFL.
Chef d'équipe	1	60.000	60.000	12	720.000
Technicien en chef	1	40.000	40.000	12	480.000
Techniciens	2	30.000	60.000	12	720.000
Dessinateur	1	20.000	20.000	12	240.000
Cuvrier en chef	1	15.000	15.000	9	135.000
Couvriers	5	12.000	60.000	9	540.000
Mécanicien	1	20.000	20.000	12	240.000
<u>Total</u>	<u>12</u>		<u>275.000</u>		<u>3.075.000</u>

Les travaux de recherches sur le fleuve peuvent se faire pendant près de 9 mois sans compter la période des hautes eaux de l'hivernage. Les ouvriers ne seront recrutés que pendant les 9 mois de travail sur le terrain. Le reste du temps sera utilisé pour le dépouillement des données acquises pendant la campagne, la préparation des campagnes ultérieures et le repos du personnel.

Pour ses déplacements l'équipe doit utiliser ; des vedettes, des canots, une maison flottante et d'autres équipements dont l'importance est indiquée aux Tableaux 18 et 19.

Tableau 18.

MOYENS de TRANSPORT

Désignation	Nbre	Coût total F.CFA
Vedette avec echo-sondeur (90 CV)	1	5.000.000
Canot "Zodiac" avec moteur hors-bord	1	600.000
Canots à rames	2	300.000
Maison flottante pour 15 à 20 personnes	1	2.500.000
Outillage de sauvetage, de cuisine, trousse de premier secours etc....		500.000
Camion	1	1.200.000
Land-Rover	1	960.000
Tentes pour 4 personnes	4	400.000
Emetteur-récepteur	1	960.000
		<u>12.420.000</u>
		=====
<u>TOTAL</u>		
soit près de 12.500.000 F.CFA		

.../...

Tableau 19.

EQUIPEMENT et OUTILLAGE.

Désignation	Nbre	Coût F.CFA	Total en F.CFA
Théodolites	2	245.000	490.000
Sextants	2	30.000	60.000
Goniomètres	2	10.000	20.000
Turbidisondes	5	10.000	50.000
Planchettes avec lunettes	2	80.000	160.000
Moulinet	1	230.000	230.000
Jumelles	3	10.000	30.000
Chronomètres	2	30.000	60.000
Niveaux	2	225.000	450.000
Talky-walky	4	50.000	200.000
Echo-sondeur	1	450.000	450.000
Ruban	3	12.000	36.000
Sondes	5	15.000	75.000
Outillage, pelles, haches, échelle, pavillons de signalisation, per- ches graduées, lignes de sonde, flotteurs etc...			200.000
<u>TOTAL</u>			<u>2.511.000</u>
soit environ 2.500.000 F.CFA			=====

 =

Chapitre V

INFORMATIONS SUR L'ETAT DE LA VOIE NAVIGABLE ET CONDITIONS DE NAVIGATION.

1. Notions générales

L'exécution des travaux sur la voie navigable, les déformations du lit et d'autres facteurs hydrométéorologiques provoquent des changements permanents du lit du fleuve. Mais ces changements ne peuvent être contenus dans les instructions nautiques et autres règlements car ils sont édités bien avant et pour une période relativement longue. Ainsi l'organisation d'un service d'informations au sein de la direction de navigation s'avère nécessaire. Le but de ce service sera de fournir aux navigateurs les informations relatives aux changements survenus sur la voie navigable et aux conditions de navigation. Cette information est complétée par des renseignements donnés par le service hydrométéorologique du pays qui dessert les autres modes de transport et les différentes branches d'industries qui en ont besoin (agriculture, pêche etc...).

2. Informations du service d'exploitation.

La société d'exploitation du fleuve devra fournir les informations suivantes :

- a) l'état et les changements courants du balisage ;
- b) les dimensions du chenal (fonds, largeur du talweg) ;
- c) les niveaux d'eau ;
- d) les autres facteurs importants pour assurer la sécurité de la navigation.

Les renseignements sur la largeur et les fonds du talweg sont indiqués au moyen de signaux spéciaux montés sur des mâts de signalisation placés sur la rive. En outre, des bulletins d'avis journaliers devront être établis d'après les renseignements fournis par le service de balisage faisant état de la situation sur les secteurs nécessaires et d'autres renseignements obtenus auprès des offices locaux d'hydrométéorologie.

Le bulletin d'information pourrait être rédigé comme indiqué page suivante.

3. Informations du service hydrométéorologique

Le service hydrométéo en publiant ses informations doit communiquer aux navigateurs les renseignements concernant la situation hydrométéorologique et ses changements, les pronostics de temps et autres.

O. E. R. S.
 DIRECTION de NAVIGATION
 sur le FLEUVE SENEGAL

N°

Date : 197.



BULLETIN d'INFORMATION

1. Etat des niveaux d'eau à 8 h du matin.

Postes d' observation	Niveau d'eau		Changement pour 24 h.		Pronostics du niveau au-des sus du niveau de référence	
	au-dessus du 0 du poste	au-dessus du niveau de référ.	Baisse -	Montée +	Niveau	date

2. Dimensions du chenal navigable.

Limite du tronçon du fleuve	Dimensions réelles du chenal				Pronostics des fonds	
	Date	seuil limitant la navi- gation	Fonds en cm	largeur en m	Fonds en cm	Date

3. Pronostics météo :

4. Autres renseignements :

Chef du Bureau d'études et recherches

Dispatcher :

.../...

En outre, cette information doit contenir les renseignements suivants :

- a) les niveaux d'eau relevés aux principaux postes d'observation et leurs changements journaliers ;
- b) la hauteur de la vague dans la zone côtière et sur les lacs (indication de la hauteur maximum du jour passé) ;
- c) la pluviométrie pour le jour passé ;
- d) la direction et la vitesse du vent ;
- e) les conditions de visibilité.

4. Organisation du service d'information.

Il est recommandé que le service d'information soit annexé au "Bureau d'études et de recherches" de la Direction de Navigation sur le fleuve Sénégal.

La réception des renseignements et la préparation du "Bulletin" se fera par un dispatcher responsable pour l'information.

Le dispatcher doit avoir la formation d'enseignement secondaire et des connaissances sur les principaux problèmes d'hydrologie fluviale.

Au stade initial du fonctionnement du service d'information, le Bulletin peut paraître 2 à 3 fois par semaine. Mais dès qu'il s'avèrera que les navigateurs ont besoin d'informations journalières, ce Bulletin devra être publié chaque jour.

Pour la collecte des renseignements à partir des postes d'observations, la Direction de la Navigation devra utiliser non seulement le réseau téléphonique existant, mais en outre elle devra posséder son propre émetteur-récepteur pour pouvoir établir des liaisons permanentes avec les bases terrestres.

Le service hydrométéorologique du pays doit collecter et communiquer les pronostics sur l'ampleur de la crue. En outre, des postes provisoires d'observation devront être créés sur chaque seuil dès les premières hausses des niveaux d'eau, de la crue jusqu'à l'étiage. Ces dispositions permettront au service d'exploitation du fleuve d'obtenir des renseignements supplémentaires.

Coût approximatif pour l'organisation du service d'information.

Les frais nécessaires au fonctionnement du service d'information comportent :

.../...

- Le salaire du personnel ;
- les dépenses de télécommunications ;
- les dépenses d'imprimerie et de fournitures.

a) Salaires :

- Dispatcher (technicien) = 40.000 F.CFA par mois
pour 12 mois 480.000 FCFA

b) Frais annuels de télécommunications . 360.000 FCFA

c) Frais de fournitures et de travaux
d'imprimerie 360.000 FCFA

Total 1.200.000 FCFA
=====

-

Chapitre VI

ORGANISATION et EXPLOITATION de la VCIE d'EAU.

1. Principes généraux.

Le service d'exploitation de la voie d'eau est l'organe technique qui a pour mission l'amélioration et l'entretien de la voie d'eau ; il doit disposer d'un ensemble de moyens matériels et techniques adéquats.

En règle générale les voies d'eau du pays relèvent des établissements d'Etat (Ministère) ; et les voies d'eau isolées sont du ressort des Directions Territoriales (direction de la voie)

Les travaux d'amélioration et d'entretien communément effectués par les Directions des voies d'eau sont :

- l'approfondissement du lit ;
- les rectifications ;
- le nettoyage du lit ;
- l'équipement et l'entretien du balisage ;
- l'information des Cies de Navigation sur les conditions de navigation ;
- la préparation de l'édition des guides de pilotage.

Pour effectuer les travaux d'exploitation et d'amélioration de la navigabilité de la voie d'eau, les Directions disposent des moyens techniques suivants :

- des engins d'approfondissement et de nettoyage du lit ;
- de bateaux baliseurs ;
- d'équipes de recherches sur le terrain.

La composition et l'importance de la flotte technique et auxiliaire dépendent du volume des travaux à effectuer ; et le volume des travaux (entretien de la voie et des fonds nécessaires) est déterminé par des calculs économiques compte tenu des transports de marchandises.

2. Structure d'exploitation du fleuve Sénégal.

Le chapitre III du Tome II des "Recommandations" contient certaines propositions sur la structure de l'organisation d'exploitation du fleuve Sénégal pour la navigation. Le présent sous-chapitre traite de ce problème, non seulement du point de vue de l'entretien du balisage, mais dans son ensemble. Outre les suggestions contenues dans le Tome II, le présent Tome donne des recommandations sur la composition du personnel et les frais d'exploitation nécessaires pour l'entretien de la voie d'eau.

Le caractère international de l'utilisation du fleuve pour la navigation rend judicieux la création de la Direction de la Navigation (Direction d'exploitation de la voie d'eau pour la navigation) qui relèverait du Secrétariat Général à l'Aménagement du Bassin du Fleuve Sénégal de l'O.E.R.S.

/de

A notre avis il ne serait pas rationnel d'avoir une direction unique devant s'occuper à la fois de l'exploitation du fleuve comme voie de transport et/l'amélioration et/l'entretien de la voie d'eau pour la navigation. Le regroupement de ces deux activités dans une même direction pourrait porter préjudice à l'une quelconque d'entre elles.

Cette recommandation est essentiellement motivée par les facteurs suivants :

- les activités des deux organismes sont différentes ;
- elles ont des sources de financement différentes ;
- les difficultés de la période de démarrage sont plus faciles à surmonter dans le cas de la séparation des deux administrations.

La Direction de la Navigation pourrait être financée au moyen de crédits mis à sa disposition par les Etats Membres de l'O.E.R.S.

La Compagnie de Navigation, étant une entreprise **commerciale de transport**, doit assurer son fonctionnement au moyen des bénéfices réalisables.

La Direction de Navigation peut être subdivisée en services principaux suivants :

- le service administratif ;
- le service d'exploitation ;
- le bureau d'études et de recherches.

La Direction de la Navigation est administrée par un Directeur responsable de toutes ces activités et qui contrôle directement les activités du service administratif s'occupant :

- de la planification et du contrôle financier ;
- du recrutement et du licenciement du personnel ;
- de la mise à la disposition des différents services de moyens matériels et techniques de travail ;
- de l'exploitation des moyens de transport ;
- de l'exploitation des moyens de transmission et autres opérations

.../...

Le Directeur est secondé par un Adjoint qui est en même temps l'Ingénieur en Chef assurant la Direction technique et qui dirige directement le service d'entretien et le Bureau d'études et de recherches.

Le service administratif devra disposer de cadres compétents pour assurer le bon fonctionnement du service, il est responsable :

- des bâtiments;
- de l'équipement (meubles, machines à écrire, à calculer, à tirer, etc) ;
- des moyens de transmission ;
- des véhicules etc.....

Le service d'entretien est l'un des services les plus importants de la Direction. Il est chargé d'organiser et de diriger techniquement tous les travaux sur la voie d'eau :

- entretien du balisage ;
- approfondissement et nettoyage du lit ;
- construction des ouvrages de rectification.

Certains travaux peuvent être groupés. C'est ainsi que les travaux de balisage peuvent comprendre le nettoyage et le drainage du lit.

Les travaux d'approfondissement et de rectification peuvent être menés sous la direction d'un Ingénieur civil (Ingénieur en voie navigable).

Le Bureau d'études et de recherches, outre les informations sur l'état de la voie navigable qu'il diffuse, devra s'occuper des activités suivantes :

- organisation et réalisation des études et des recherches concernant la mise au point des dispositions à prendre pour l'amélioration de la navigabilité ;
- surveillance du fonctionnement des postes limnimétriques provisoires ;
- liaison avec d'autres organisations homologues selon les besoins.

En temps que service technique il devra mettre au point les méthodes perfectionnées pour la réalisation des travaux. Il devra être mis à sa disposition tous les matériels techniques nécessaires aux travaux d'études et de recherches. Il s'occupera des archives techniques.

Le schéma de la Direction de la Navigation est présenté dans l'organigramme ci-après :

ORGANIGRAMME du SCHEMA de la "DIRECTION de la NAVIGATION"

ORGANISATION des ETATS RIVERAINS du SENEGAL - O.E.R.S -

SECRETARIAT GENERAL à l'AMENAGEMENT du BASSIN du FLEUVE SENEGAL



DIRECTION de la NAVIGATION



BUREAU d'ETUDES et
de RECHERCHES

SERVICE d'EXPLOITATION

SERVICE ADMINISTRATIF

Etudes et recherches, élaboration des dispositions à prendre pour l'amélioration de la navigabilité, installation des postes limnimétriques provisoires, archives techniques, information sur les conditions de la navigation...

Balisage, nettoyage du lit et traînage, approfondissement du lit et travaux de rectification...

Planification et comptabilité, personnel, fournitures, moyens de transmission, véhicules..

=

3. Investissements pour la construction du bâtiment administratif de la Direction de la Navigation et son équipement.

La création de la Direction de la Navigation nécessitera la mise à sa disposition des biens meubles et immeubles ci-après :

- Bâtiment administratif ;
- meubles et équipements ;
- magasins ;
- véhicules ;
- vedette etc...

L'énumération de ces biens et leur coût approximatif sont indiqués au tableau 20.

Tableau 20.

COÛT APPROXIMATIF des BÂTIMENT et EQUIPEMENT pour la DIRECTION de la NAVIGATION.

Désignation des dépenses	Quantité	Coût F.CFA
Construction du bâtiment administratif de la Direction de la Navigation	1	25.000.000
Equipement du bâtiment (meubles, climatiseurs, etc....)		10.000.000
Poste émetteur-récepteur	1	5.000.000
Véhicules :		
a) de ville	3	6.000.000
b) camions	2	5.000.000
Machines à tirer et calculatrices		2.000.000
Construction et équipement du garage		9.000.000
		<u>62.000.000</u>
Acquisition de la vedette de service		6.000.000
Divers		2.000.000
		<u>70.000.000</u>

Le montant des investissements à engager s'élèverait à 85.000.000 F.CFA, si l'on tient compte des taxes qui frappent le matériel importé.

Tableau 21.

FRAIS ANNUELS de la DIRECTION de la NAVIGATION.

N°	Désignation des fonctions	Nbre	Salaire mensuel F.CFA	Salaire annuel F.CFA
1	2	3	4	5
1	Directeur.	1	200.000	2.400.000
2	Directeur Adjoint, Ingénieur en chef.	1	200.000	2.400.000
<u>I - SERVICE ADMINISTRATIF</u>				
1	Chef de service.	1	100.000	1.200.000
2	Comptable en chef.	1	80.000	960.000
3	Chef du personnel.	1	60.000	720.000
4	Spécialiste en réparation poste émetteur-récepteur.	1	50.000	600.000
5	Opérateur émetteur-récepteur.	1	30.000	360.000
6	Mécanicien chef du garage.	1	40.000	480.000
7	Secrétaire.	1	60.000	720.000
8	Dactylographe.	1	30.000	360.000
9	Chauffeurs.	5	20.000	1.200.000
10	Ouvriers qualifiés.	2	20.000	480.000
11	Manoeuvres.	3	15.000	540.000
12	Capitaine.	1	40.000	480.000
13	Mécanicien (bateau).	1	40.000	480.000
14	Matelot.	1	20.000	240.000
				13.620.000
Charges sociales 10 %				1.362.000
<u>Total.....</u>				14.982.000
<u>II - SERVICE d'EXPLCITATION</u>				
1	Chef de service (Ingénieur).	1	120.000	1.440.000
2	Adjoint technique.	1	80.000	960.000
3	Ingénieur travaux approfondis.	1	100.000	1.200.000
4	Techniciens.	3	60.000	2.160.000
5	Secrétaire dactylo.	1	40.000	480.000
				6.240.000
Charges sociales 10 %				624.000
<u>Total</u>				6.864.000

Tableau 21. (suite)

1	2	3	4	5
	III - BUREAU d'ETUDES et de RECHERCHES.			
1	Chef (Ingénieur hydrologue).	1	120.000	1.440.000
2	Technicien géomètre.	1	70.000	840.000
3	Techniciens.	3	40.000	1.440.000
4	Dispatcher d'information.	1	50.000	600.000
5	Archiviste.	1	40.000	480.000
6	Dessinateurs.	2	20.000	480.000
				<u>5.280.000</u>
	Charges sociales 10 %			<u>528.000</u>
	<u>Total</u>			<u>5.808.000</u>
	Lecteurs des échelles des postes limnimétriques sur les seuils (6 mois par an).	55	6.000	1.980.000
	Charges sociales 10 %			<u>198.000</u>
	<u>Total</u>			<u>2.178.000</u>
	<u>FRAIS ANNUELS de la Direction</u> ...			<u>27.654.000</u>
	+ salaires des lecteurs			<u>29.832.000</u>
				<u>====</u>

Autres frais :

- déplacements	5.000.000
- Poste, télégraphe	500.000
- entretien du poste émetteur-récepteur.	100.000
- fournitures de bureau	600.000
- Electricité	500.000
- Entretien véhicules (y compris les réparations courantes)	2.500.000
- Réparation des bâtiments	600.000
- Amortissement	3.000.000
- Carburants, lubrifiant pour la vedette	1.500.000
- Frais divers	<u>1.000.000</u>
	<u>15.300.000</u>

Récapitulation des frais de fonctionnement de la Direction :

- Salaires	30.000.000
- Autres frais	<u>15.000.000</u>
	<u>TOTAL</u>
	<u>45.000.000</u>
	<u>=====</u>

=

Chapitre VII

INVESTISSEMENTS GLOBAUX et FRAIS d'EXPLOITATION.

1. Investissements globaux.

Les investissements à engager pour l'amélioration de la navigabilité du fleuve Sénégal serviront à la réalisation des travaux suivants :

- reconstruction du balisage ;
- approfondissement du lit ;
- construction des ouvrages de rectification ;
- études, recherches et informations ;
- frais de construction de la base d'appui pour la Direction de la Navigation. (voir tableau 22.)

La somme globale des investissements, prévoyant d'importants volumes de travaux sur la voie en vue de l'accroissement du trafic de marchandises, s'élèverait à un montant de : 1.032,5 millions de F.CFA (programme maximum). Si l'on tient compte des taxes pour l'importation de certains équipements, l'investissement global atteindrait la somme de 1.200 millions de F.CFA.

L'efficacité économique des transports de marchandises par la voie fluviale a été mise en évidence par les études économiques effectuées par le Projet REG-86.

Cette efficacité justifie la réalisation des recommandations avancées, mais compte tenu du rythme de développement des transports par la voie fluviale, il ne serait pas rationnel d'entreprendre en une fois l'ensemble des travaux. Les investissements pourront être effectués par étapes correspondant à l'accroissement du trafic fluvial.

La réalisation du programme minimum, nécessitant un investissement de l'ordre de 241,5 millions de F.CFA (soit 300 millions environ T.T.C), permettra pour la première étape l'exécution des travaux suivants :

a) Construction du balisage réfléchissant sur tout le tronçon navigable du fleuve ;

b) acquisition de la flotte nécessaire pour un convoi de dragage dont l'exploitation permettra d'accroître les fonds sur les seuils jusqu'à 1,2 m (avec un débit de 150 m³/s) sur le tronçon s'étendant de l'embouchure à AMBIDEDI et d'augmenter la durée de navigation, pour les bateaux ayant des tirants d'eau allant jusqu'à 1 m, de 15 à 20 jours (à condition que les seuils sur le chenal soient balisés à l'aide de signaux flottants);

c) construction des ouvrages de rectification sur les seuils de KOPE et de N'GOREL en vue d'assurer des fonds stables de 1,5 m pendant toute l'année ;

d) réalisation des gros travaux de déroquetage sur le seuil de N'GOREL ;

e) acquisition de vedettes, d'équipements et d'instruments nécessaires pour une équipe de recherches ;

f) renouvellement des bateaux de service utilisés actuellement pour l'entretien du balisage (M.A.S).

Le détail de l'estimation des travaux prévus dans les programmes minimum et maximum est indiqué au tableau 22.

Tableau 22.

ESTIMATION du COUT MINIMUM et MAXIMUM des TRAVAUX d'AMELIORATION

Désignation des travaux	Total (y compris les variantes de balisage) million F.CFA	Programme minimum million F.CFA	Programme maximum million F.CFA
<u>Construction du balisage.</u>			
<u>I Etape :</u>			
a) non éclairé	55,0	-	-
b) réfléchissant	70,0	70,0	-
<u>II Etape :</u>			
balisage éclairé	240,0	-	240,0
<u>Travaux d'approfondissement</u>			
1) dragage (acquisition de la flotte)	75,0	75,0	75,0
2) déroquetage	300,0	24,0	300,0
3) enlèvement des cailloux	35,0	-	35,0
<u>Travaux de rectification</u>	277,5	37,5	277,5
<u>Etudes et recherches</u>	15,0	15,0	15,0
<u>Construction de la base d'appui pour la Direction de la Navigation</u>	90,0	20,0	90,0
<u>Total</u>		<u>241,5</u>	<u>1.032,5</u>
<u>Total T.T.C</u>		<u>300,0</u>	<u>1.200,5</u>
avec balisage non éclairé...	847,5		
" balisage réfléchissant.	862,5		
" balisage éclairé	1.032,5		

2. Frais d'exploitation.

Les frais d'exploitation dus à l'entretien de la voie d'eau lors de la première étape augmentent essentiellement à cause de la majoration des frais d'exploitation et d'entretien pour le balisage (voir Tableau 23.).

Tableau 23.

ESTIMATION des COÛTS MINIMUM et MAXIMUM des FRAIS de FONCTIONNEMENT.

Désignation des frais	Minimum en million de F.CFA	Maximum en million de F.CFA
Direction de la Navigation	45,0	45,0
Entretien du balisage	17,6	47,8
Entretien du convoi de dragage	19,0	19,0
Entretien de l'équipe de recherches	10,0	10,0
Autres (imprévus)	5,0	10,0
<u>Total</u>	96,6	131,8

3. Sources et modalités de financement des frais d'exploitation de la voie d'eau.

Pour dégager les sources de financement des frais d'exploitation de la voie d'eau, nous partirons des principes suivants :

- du fait de l'utilisation internationale du fleuve Sénégal, le financement de ces frais, c'est à dire de l'activité de la Direction de la Navigation, doit être assuré par les apports des pays membres de l'O.E.R.S;

- la part contributive de chaque Etat aux charges annuelles de la Direction de la Navigation peut être déterminée proportionnellement au volume du trafic assuré pour chaque pays;

- il peut être choisi soit le volume du trafic attendu pour l'année à venir, soit celui qui ressort du bilan de l'année écoulée.

Les budgets des Etats peuvent être la source de financement des frais d'exploitation de la voie d'eau. Les sommes consenties par les Etats seront couvertes par les profits virés, à chacun d'eux, par la Compagnie Commerciale de Navigation et

alimentés par les tarifs de transport des marchandises. Ces tarifs devront tenir compte des dépenses d'entretien de la voie fluviale.

Les profits virés dans les budgets des pays de l'O.E.R.S seront proportionnels au volume des transports de marchandises effectués pour chacun d'eux.

Les modalités de financement de la Direction de la Navigation peuvent être les suivantes :

- préalablement, à la veille de la nouvelle année financière, la Direction de la Navigation présente au Secrétariat Général à l'Aménagement du Bassin du Fleuve Sénégal le devis annuel pour l'entretien des voies d'eau ;

Le Secrétariat Général de l'O.E.R.S détermine, selon les demandes de transport de marchandises communiquées préalablement par les Etats, les parts de financement pour chaque pays membre de l'Organisation ;

- les Etats membres de l'O.E.R.S devront alors verser avant le commencement de chaque trimestre de l'année en cours au compte bancaire de la Direction leurs quotes-parts selon un accord déjà arrêté (parts égales à chaque trimestre ou tout autre répartition).

Pour illustrer les modalités de financement proposées, prenons un exemple partant du trafic éventuel attendu dans le proche avenir et des frais d'exploitation annuels lors de la première étape d'aménagement du fleuve.

Le volume du trafic de marchandises en tonnes pour chaque pays est le suivant :

- République du MALI	105.000 t = 48,2 %
- République de MAURITANIE	39.900 t = 18,4 %
- République du SENEGAL	<u>72.800 t = 33,4 %</u>
	217.700 t = 100 %

Le financement annuel pour l'exploitation des voies d'eau en première étape sera alors réparti entre les pays de la façon suivante :

	% de volume global du trafic	Frais annuels millions <u>F.CFA</u>
- République du MALI	48,2	46,5
- République de MAURITANIE	18,4	17,8
- République du SENEGAL	<u>33,4</u>	<u>32,3</u>
	100 %	96,6

Chapitre VIII

RECOMMANDATIONS sur les RECHERCHES et les REALISATIONS PRATIQUES ULTERIEURES.

La situation actuelle est telle qu'il s'avère nécessaire d'entreprendre certaines réalisations pratiques pour améliorer la navigabilité du fleuve Sénégal et amorcer la relance de la navigation fluviale.

Ces réalisations reposeront sur les études et recherches déjà accomplies.

Cependant, il est aussi nécessaire de poursuivre ces études et recherches pour pouvoir mieux cerner certaines questions.

Les études accomplies sont suffisantes pour entreprendre la réalisation de certaines recommandations :

- l'exploitation expérimentale des bateaux prévue par le plan d'opérations du Projet REG-86 ;
- la réalisation des travaux sur la voie d'eau.

Il convient toutefois de souligner que la réalisation des travaux sur la voie d'eau devra se faire simultanément avec l'organisation des transports de marchandises sur le fleuve.

Dans l'avenir, les travaux peuvent être menés dans deux directions principales :

- 1) continuation des études et des recherches commencées.
- 2) réalisations pratiques de certains travaux.

1. Etudes et recherches.

Les études qu'il convient de poursuivre sont :

- a) l'étude du régime de l'embouchure du fleuve Sénégal par la création d'une station à l'embouchure ;
- b) exécution du levé complet du lit du fleuve pour l'établissement des plans à 1/5.000 et 1/10.000. Ces plans permettront l'établissement des projets des travaux sur la voie navigable et l'édition du Tome II de la carte nautique couvrant le secteur BOGHE/KAYES ;
- c) études en laboratoire sur les modèles physiques de 2 à 3 seuils complexes avec observations préalables sur le lit de ces seuils ;
- d) élaboration de méthodes d'exécution des travaux et justifications du niveau de référence pour les travaux sur la voie navigable ;

e) études du marigot de DOUE et de l'affluent FALBME en vue de leur utilisation comme voie de transport.

2. Réalisations pratiques.

L'organisation des travaux pratiques et leurs objectifs doivent correspondre au programme prévu pour l'avenir sur la voie navigable.

Les travaux suivants sont recommandés :

a) Dragage expérimental et par la suite dragage sur une base permanente des seuils du fleuve ;

b) déroquetage sur le seuil de N'GOREL ;

c) construction des ouvrages de rectification sur le seuil de KOFB ;

d) construction du balisage réfléchissant sur le secteur allant de l'embouchure à BOGHE.

=

BIBLIOGRAPHIE

=====

1. Bureau hydrographique International - Manuel des signes conventionnels et glossaire des termes nautiques et abréviations - Publication spéciale N° 22 MONACO, MONTE-CARLO 1936.
2. Bureau hydrographique International - Systèmes de balisage maritime - Publication spéciale N° 38 - MONACO 1956.
3. Commission du DANUBE - Système de balisage uniforme sur le DANUBE - BUDAPEST 1962.
4. FROMAGET M.E - Instructions nautiques du fleuve Sénégal - 1908.
5. Editions de la navigation-du RHIN - Croquis de navigation et guide de pilotage du RHIN de RHEINFELDEN à la mer ; STRASBOURG 1967.
6. Nations Unies - Système uniforme de balisage et de signaux de rive pour les voies fluviales en ASIE et en EXTREME-ORIENT.
7. Bureau hydrographique International - Répertoire des résolutions techniques 1919-1965 - MONACO 1966.
8. Service hydrographique de la Marine - Code International des signaux - PARIS N° 10 - 1969.
9. Service hydrographique de la Marine - Instructions nautiques N° 315, série C IV - PARIS 1959.
10. Bulletin de l'A.I.S.N N° 42 - 1969 - Les couleurs des signaux et quelques indications sur les formes des marques de jour.
11. Institut Géographique National (I.G.N) - Tableau des signes conventionnels - PARIS, 1964.
12. M. M. MAURICE - Rapport sur le balisage du fleuve Sénégal - Bulletin de la M.A.S N° 67, 1955.
13. M. Salif N'DIAYE - Rapport sur le balisage et l'annonce des crues sur le fleuve Sénégal, 1969.
14. B.C.E.O.M - Etudes hydrographiques des seuils du fleuve Sénégal, 1966.
15. B.C.E.O.M - Organisation d'un service de balisage et d'annonce des crues du fleuve Sénégal, 1970.

BIBLIOGRAPHIE (suite 1)

=====

16. Ministère de l'Équipement - Bouées en complexe verre résine,
et du Logement de la République du Sénégal 1970.
17. Ministère de l'Équipement - Feux de proximité, 1970.
et du Logement de la République du Sénégal
18. Direction du Service des phares et balises - Bouées lumineuses à fond plat de
5 m³, 1970.
19. Direction du Service des phares et balises - Catalogue, Tome 0 et Tome 2, 1963.
20. Direction du Service des phares et balises - Signaux de la voie navigable, 1970.
21. I.G.N - Cartes topographiques du bassin du
fleuve Sénégal à l'échelle 1/50.000,
1957-1968.
22. I.G.N - Cartes topographiques du bassin du
fleuve Sénégal à l'échelle 1/200.000,
1957-1968.
23. I.G.N - Photos aériennes du fleuve Sénégal
de SAINT-LOUIS à KAYES, échelle
1/15.000, Mission 1960.
24. I.G.N - Photos aériennes de l'embouchure du
fleuve Sénégal, échelle 1/15.000
pour les années 1949, 1958, 1960,
1963, 1968.
25. I.G.N - Répertoire des emplacements et alti-
tudes des repères de nivellement à
l'échelle 1/200.000 de SAINT-LOUIS
à KAYES, 1968.
26. SENEGAL CONSULT - Photos aériennes du fleuve Sénégal
de BAKEL à KAYES, échelle 1/20.000,
Avril 1968.
27. S.E.D.E.S. - Carte 5851 du Service hydrographique
de la Marine, 1937 : mouillage de
SAINT-LOUIS après la levée de 1934,
Corr. 1967 - 1472.
28. B.C.E.O.M. - Etudes hydrographiques des seuils
du fleuve Sénégal, 1966.

BIBLIOGRAPHIE (suite 2)

=====

29. B.C.E.O.M. - Plans des seuils de GOREL, KOPE et MAFOU - Echelle 1/1.000, 1961.
30. M.A.S. - Cartographie de la vallée et profil en travers du fleuve Sénégal de RICHARD-TOLL à BAFULABB, échelle 1/20.000, levés 1935-1940.
31. M.A.S. - Répertoire général des Archives et de la Documentation concernant le fleuve Sénégal et sa vallée.
32. Mission des Nations Unies pour l'étude du bassin du fleuve Sénégal - Rapport hydrologique par Marcel ROCHE, 1964.
33. MM. C. ROCHETTE et P. TOUCHEBOEUF - Aperçu hydrologique du fleuve Sénégal, 1964.
34. M. G. ROCHETTE - Monographie hydrologique du fleuve Sénégal, ORSTOM 1964 - 1968.
35. M. F. BRIGAUD - Etudes sénégalaises N° 9 - Connaissance du Sénégal, fascicule 2, hydrographie, Centre I.F.A.N - SAINT-LOUIS, 1961.
36. M. JACCON G. - Hydrologie du bassin du Sénégal à l'amont de BAKEL. Etudes des crues de 1965, 1966, 1967. BAMAKO, 1968.
37. M. J. TRICARD - Notice explicative de la carte géomorphologique du delta du Sénégal, B.R.G.M., 1951.
38. M. X. LE BOURGEOIS - Les installations portuaires des différentes escales situées le long du fleuve Sénégal de SAINT-LOUIS à KAYES, 1962.
39. MM. V. POMERANTSEV et V. IVANOV - Appréciation préliminaire des conditions de navigation et des frais de transport de marchandises sur le fleuve Sénégal, après son aménagement, 1969.
40. M. V. POMERANTSEV - Rapport technico-économique sur le développement des transports sur le fleuve Sénégal, 1969.

.../...

BIBLIOGRAPHIE (suite 3)

=====

41. M. V. IVANOV - Rapport sur les études hydrologiques du fleuve Sénégal, 1969.
42. M. A. J. TCHEKRENEV - Voies navigables, partie I, 1953.
43. M. J. GROLEE - Premières propositions relatives à l'utilisation d'un débit régularisé minimal de 300 m³/s à BAKEL, SAINT-LOUIS, 1968.
44. SENEGAL CONSULT - Rapport intérimaire, étude de préinvestissement pour la régularisation du fleuve Sénégal, vol. I et II, 1968.
45. M. M. LAVRENCIC - Note d'étude sur la régularisation à 300 m³/s et ses conséquences, BALAKO 1968.
46. M. G. DEKKER - Rapport sur la navigabilité et les problèmes connexes, 1962.
47. Service hydrographique de la Marine - Annuaire des marées, 1968 - 1969.
48. MM. A. GUILCHER et J. NICOLAS - Observations sur la Langue de BARBANIE et les bras du Sénégal aux environs de SAINT-LOUIS, 1954.
49. M.A.S. - Aménagement de l'embouchure du Sénégal - Port de SAINT-LOUIS, 1959.
50. M. A. GUILCHER - La Langue de BARBANIE et l'embouchure du Sénégal, 1954.
51. S.O.G.R.E.A.H. - Aménagement de l'embouchure du Sénégal, 1959.

=====

=====

-



PROFIL EN LONG DU FLEUVE SENEGAL

ECHELLE 1 : 1.000.000

NIVEAUX DE REFERENCE ET PROFONDEURS DES SEUILS D'APRES LES ETUDES DE LA MISSION 1968-69

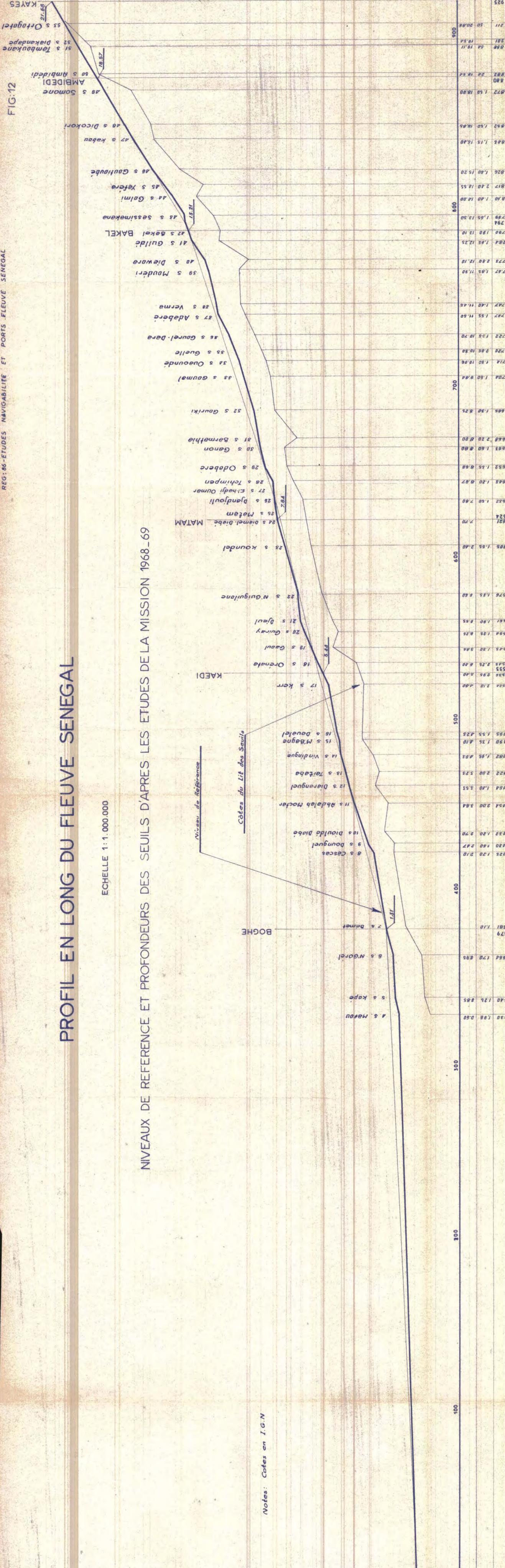
SAINT-LOUIS

Notes: Cotes en I.G.N

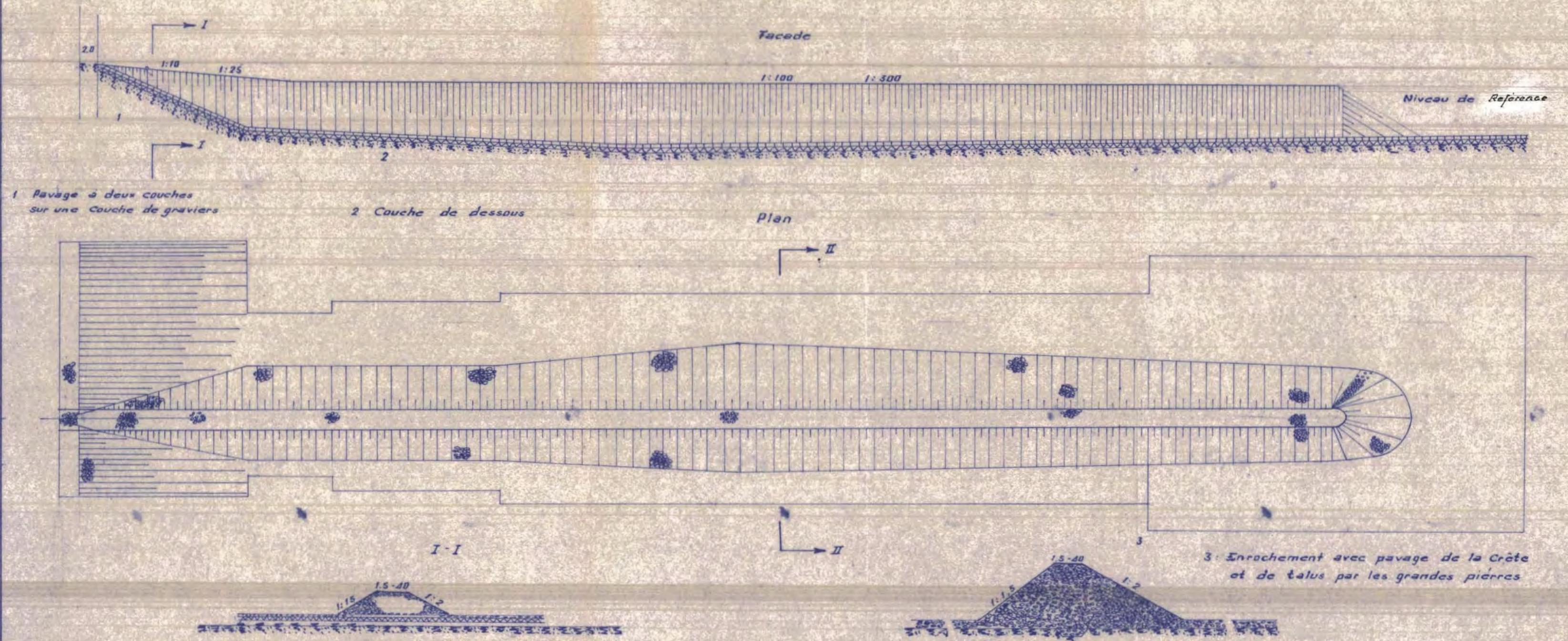
-0.45

ST-LOUIS

LES COTES DU NIVEAU DE REFERENCE
LES PROFONDEURS DU NIVEAU DE REFERENCE
P. KILOMETRIQUE



ÉPI EN ENROCHEMENTS



EMPLACEMENT DES OUVRAGES DE RECTIFICATION (EPIS) SUR LE TRONÇON DU SEUIL DE KABOU (Schéma)

ECHELLE 1:10.000

