

Sénégal River Basin Projet

Rapport de mission de P.J. Dieleman,
conseiller en drainage

Juillet 1970

Radto
N. G. A. J. e
Podsta
V. + J. J. e
01072

1. Schéma

- Juin 21 - 22 : Bucarest - Dakar - St.Louis
- Juin 22 - Juillet 1 : St.Louis-projet
- Juillet 1 : St.Louis - Dakar
- Juillet 2 : Dakar - Rome
- Juillet 3 : Rome - debriefing au Siège
- Juillet 4 : Rome - Pays Bas.

2. Introduction

Les points les plus importantes du programma étaient:

- examination et vérification des conditions et du programme d'expérimentation à Boundoum Ouest (Delta).
- reconnaissance des problèmes de drainage et de salinité dans la vallée du fleuve Sénégal.

Dans ce qui suit on trouve un bref rapport sur ces deux sujets. Le rapport a été discuté avec M. Juton, directeur p.i. et l'équipe sur place, qui sont d'accord avec les recommandations faites.

La visite à la vallée du fleuve Sénégal a été faite dans la compagnie des MM. de Raad et Mutsaars. Le consultant tient beaucoup à exprimer son appréciation pour tous leurs efforts de lui renseigner aussi bien que possible dans une période de quelques jours seulement.

M. Mutsaars a rédigé le chapitre trois du rapport sur la vallée: caractéristiques géomorphologiques et pédologiques de la vallée.

I CASIER EXPÉRIMENTAL DE BOUNDOUN OUEST

Environ 70 ha de casiers expérimentaux seront prêts dans quelques semaines.

L'expérimentation servira :

- à étudier les possibilités et les méthodes de dessalement du sol, à la fois par lessivage des sels solubles en excès, et par réduction du pourcentage de sodium échangeable.
- à étudier les critères du drainage profond sous l'angle du maintien d'un équilibre favorable eau - sels.

- à définir les caractéristiques du système de drainage permettant de satisfaire ces critères dans le secteur de BOUNDOUM OUEST.
- à donner des bases pour l'extrapolation des résultats aux secteurs où le profil des sols est hydrologiquement semblable à celui de BOUNDOUM OUEST.

Les discussions avec les experts du Projet, en particulier avec M. de Raad ainsi que les impressions laissées par une visite sur le casier expérimental, peuvent être résumées tel que ci-après.

1^e) La SAED apporte actuellement beaucoup de soins à la préparation des casiers. L'intérêt personnel manifesté pour les essais par le Directeur de la SAED, M. BERGER - et ses collaborateurs - constitue un excellent point de départ pour une bonne coopération et un programme efficace d'observations.

2^e) On s'attend à ce que le dessalement sur les planches comportant des écartements de 100 m et 200 m sera assez lent. La plus grande partie du lessivage de la couche supérieure 20 - 40 cm se fera probablement lors de la première application d'eau, c'est-à-dire pendant l'humidification des couches de sol situées au-dessus du niveau de la nappe (les 2 m supérieurs). Le processus de saturation du profil entraînera une percolation de quelque 200 mm d'eau à travers les 30 cm supérieurs, ayant pour résultat une réduction de la salure à un taux qui permettrait la culture du riz.

Dans ce cas, toutefois, le riz devrait être semé sous l'eau : si on laisse le sol à sec, le sel reviendra très vite à la surface du sol.

La question du semis sous l'eau a été discutée avec des spécialistes rizicoles de la région. Les détails du programme de semis seront mis au point entre les spécialistes et M. de RAAD.

Il faut bien noter que l'étude de la levée du riz doit être lancée à titre d'expérimentation. Le comportement physique de la couche supérieure constituée par de l'argile gonflante est mal connu; et c'est justement cette couche qui peut présenter de sérieux problèmes dont on ne peut rien dire pour l'instant.

3^e) Les possibilités de culture du riz justifient un planage soigné des planches. M. BERGER a donné son accord pour un complément de planage, qui devra être exécuté avant le début de la saison des pluies.

Un meilleur planage contribuera à uniformiser le dessalement, et facilitera donc l'estimation des résultats.

4^e) La submersion continue peut, sur quelques planches, entraîner une disparité dans l'infiltration de l'eau: les infiltrations seront sans doute plus fortes en bordure des drains qu'au milieu des planches. En conséquence, il est suggéré de prévoir des points de prélèvement supplémentaires aussi près que possible des drains. Les détails ont été discutés avec MM. de RAAD et MUTSAARS.

5e) Le lessivage des sels entraînera également un lessivage de l'azote. Un supplément d'engrais peut donc s'avérer nécessaire pour obtenir de bons rendements. Référence est faite aux expériences de dessalement et de cultures poursuivies en IRAK, et décrites dans la publication no. 11 de "International Institute for Land Reclamation and Improvement" - Wageningen - 1963.

6e) Le programme général d'observations sur le drainage et la salure, préparé par MM. de RAAD et MUTSAARS, paraît valable. Ce programme devra toutefois s'adapter aux premiers résultats d'observation. Les deux experts garderont la liberté d'apporter toutes modifications ou compléments au programme d'observations s'ils le jugent nécessaires.

Ces compléments peuvent intéresser les domaines ci-après :

- effets des labours sur les taux de lessivage
- application de doses de gypses plus fortes
- effets spécifique du taux de saturation du sodium sur les rendements en riz
- effet du sous-solage sur les taux de lessivage.

7e) Afin d'obtenir une répartition plus uniforme de l'eau sur les planches, il est recommandé de creuser un petit fossé d'irrigation dans le milieu des grandes planches, parallèlement aux drains. Pour les petites planches, un petit fossé de distribution, creusé en tête des planches, permettra de limiter l'érosion près de l'ouvrage d'entrée.

8e) Les talus du drain principal et de quelques drains secondaires paraissent trop raides pour assurer un fonctionnement satisfaisant. Un recalibrage est recommandé. Si ce travail ne peut être fait avant la saison des pluies, il faudra prévoir un entretien sérieux.

II. TOURNEE DANS LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL

(26 - 28 Juin 1970)

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS GENERALES

Les secteurs visités ne semblent pas nécessiter un drainage des eaux du sol. Puisque, d'après ce qu'on m'a dit, les conditions de milieu sol/eau observées peuvent être considérées comme représentatives de la plus grande partie de la Vallée. Le problème du drainage, s'il se présente sera mineur. On peut penser que le problème principal sera celui présenté par la stabilité médiane de la couche superficielle qui freinera l'infiltration de l'eau dans le sol.

Le niveau de la nappe est bas (profondeur supérieure à 3 m) en fin de saison sèche, en raison, en partie, du drainage naturel vers le lit du fleuve par le sous-sol sableux (voir schéma). Le sous-sol peut être considéré comme un aquifère semi-captif (ou semi-phréatique). On peut supposer que le niveau de la nappe monte dans les couches de sol à texture plus fine pendant la période de crue. La vitesse et l'importance de cette remontée dépendent en grande partie de la perméabilité verticale de ces couches.

Les échanges qu'on suppose faciles entre le lit du fleuve et la nappe entraîneront un changement considérable du régime actuel de la nappe lorsque le niveau du plan d'eau dans le fleuve sera relevé par les barrages de reprise.

Un programme réduit d'expérimentation est proposé en vue d'arriver à une première vérification des conclusions ci-dessus. Il doit être mis en oeuvre dans les deux semaines à venir, et intéresse essentiellement la période prochaine de crue et de décrue.

De plus, il serait très souhaitable de rechercher toute information complémentaire par une coopération efficace avec les autres projets UNDP et les programmes FED et IRAT dans la région.

1. - BUT DE LA TOURNEE

La tournée avait pour objectif l'établissement d'un programme de recherches destiné à donner un aperçu qualitatif rapide des problèmes de drainage et de salinité.

Y ont participé :

MM P.J. DIELEMAN	consultant en drainage
M. MUTSAARS	pédologue
S.J. de RAAD	expert associé en drainage et dessalement.

2. - PROGRAMME, REGIONS VISITEES

26 Juin : en voiture de Saint-Louis à Guédé (220 km à l'amont de Saint-Louis). Visite de quelques cuvettes dans les environs de Guédé.

27 Juin : par avion de Guédé à Matam (230 km à l'amont de Guédé), en voiture de Matam à Kanel, puis de Kanel à Kaédi (80 km à l'aval de Matam), Examen des sols de quelques cuvettes et de levées dans la région.

28 Juin : en voiture de Kaédi à Saint-Louis. Visite de la vallée du Gorgol.

3. - CARACTERISTIQUES GEOMORPHOLOGIQUES ET PEDOLOGIQUES DE LA VALLEE

La pédogénèse des sols alluviaux de la Vallée est caractérisée par une hydromorphie plus ou moins accentuée selon l'unité géomorphologique dont ils font partie.

Sur ce plan, on distingue principalement :

- les cuvettes de décantation, qui constituent une unité très homogène et dont les sols varient très peu entre eux.
- les levées (petites et hautes), deltas de rupture de levée et glacis de raccordement de bordure de vallée, groupe d'unités géomorphologiques dont les sols diffèrent entre eux par leur degré d'hydromorphie.

En superficie, les cuvettes occupent grosso-modo 50% de la vallée. les 50 autres étant couverts par l'autre groupement d'unités précité.

Considérant l'homogénéité des sols de cuvettes, on peut en dégager les caractéristiques générales qui sont celles des vertisols, à savoir : pourcentage élevé d'argile (40%) en majeure partie gonflante, fentes de retrait importantes et profondes en saison sèche, structure du sol en surface prismatique très grossière, dans le profil de nombreuses faces de glissements, et enfin, plus ou moins remanié par la culture, un micro gilgaï.

Ces sols sont soumis chaque année à l'influence de la crue du fleuve et inondés pendant plusieurs mois. Cela étant, leur caractère hydromorphe n'apparaît pas dans le profil car masqué par la couleur brune de la matrice. En revanche, leur forte rétention en eau permet chaque année au moment de la décrue, une culture de sorgho (SORGHUM VULGARE).

Hormis cette unité géomorphologique de cuvette très homogène, les autres unités à savoir, en gros, les hautes levées formées par les bourrelets de berges du Sénégal et des principaux marigots, les petites levées et bordures de cuvettes situées à une cote plus basse que les premières, et enfin les deltas de rupture de levée, partiellement assimilables aux hautes levées et partiellement aux petites levées, sont constituées par des sols qui varient entre eux principalement par leur hydromorphie et leur texture.

Les hautes levées se caractérisent par une texture sablo-limoneuse à limoneuse, une hydromorphie pas très accentuée; comparées à celles-ci, les petites levées sont de texture plus fine avec une hydromorphie plus prononcée et fréquemment la présence d'un mince horizon humifère. A celles-ci peuvent être associés les sols qui constituent la partie basse des deltas de rupture de levée. Les parties hautes se rattachent aux sols des hautes levées. Ces formations se différencient par une végétation caractéristique.

Pour mémoire, on citera les levées actuelles et subactuelles, formations rencontrées dans les méandres du fleuve, qui, dans le cadre de l'aménagement général du fleuve Sénégal, ne sont pas prises en compte.

Le schéma joint en annexe donne un aperçu général de la succession des formations géomorphologiques qu'on rencontre dans la région de Podor avec leurs caractéristiques pédologiques, topographiques et hydrologiques.

4. - DISCUSSION ET VALEUR DES OBSERVATIONS

4.1 Infiltration

Dans la plupart des endroits visités on observe une stabilité faible de la couche superficielle du sol. La détérioration de cette structure par l'apport d'eau (pluie, irrigation, inondation) a été observée presque partout dans les cuvettes et souvent sur les levées.

Les sols de cuvettes, de plus, sont souvent du type gonflant (montmorillonite). Le phénomène "gilgai" a été souvent remarqué. On peut donc penser que les taux d'infiltration de ces sols, bien qu'assez forts au départ compte tenu des fentes de retrait, diminueront rapidement vers des valeurs si faibles que l'humidification continue du sol deviendra difficile.

On a remarqué dans plusieurs champs que presque toutes les racines des plantes semées dans les cuvettes immédiatement après le retrait de l'eau (Nov - Déc) se trouvent dans les 15 à 20 cm supérieurs, ce qui indique une humidité insuffisante à plus grande profondeur. De plus, quelques cuvettes basses sont encore noyées maintenant, c'est-à-dire en fin de saison sèche. Le niveau phréatique a cependant été trouvé à quelques mètres en-dessous de la surface du sol. Entre le niveau de surface et le niveau phréatique, on a constaté que la teneur en eau était nettement inférieure à la capacité de rétention. On en déduit que l'infiltration doit être très faible.

Enfin, une pluie très forte, tombée environ 4 semaines plus tôt, avait provoqué une fermeture nettement visible des sols argilo-sableux des levées. Il s'ensuit que l'eau inonde rapidement les terres, et donc qu'un drainage de surface est nécessaire.

4.2 Percolation

Du fait d'une infiltration limitée, les couches plus profondes ne doivent pas constituer des obstacles tels à l'écoulement qu'il s'y crée facilement des nappes perchées. Ceci s'applique aussi bien aux sols des levées qu'aux sols des cuvettes. En d'autres termes, une fois que l'eau est entrée dans le sol, elle coulera vers le bas sans trop de difficulté.

4.3 Drainage

L'eau qui percole vers le bas atteindra donc les couches sableuses sous-jacentes. Notre impression est que les niveaux actuels de la nappe dans les couches sableuses sont, en fait, des niveaux phréatiques qui présentent une pente vers le fleuve.

Si cela s'avère exact, on peut donc en tirer la conclusion qu'il existe un drainage naturel adéquat quand le niveau de l'eau dans le fleuve est suffisamment bas. Cette conclusion s'appuie en partie sur les niveaux de la nappe observés, lesquels, dans les régions visitées, sont plus bas qu'ils ne le seraient sous le simple effet de l'évaporation.

En conséquence, pour les sols de levée, le drainage sera en général suffisant toute l'année. Le régime de l'eau dans les sols des cuvettes et des autres dépressions ne peut être prévue maintenant. S'il existe un drainage suffisant pendant les périodes de basses eaux du fleuve, on peut s'attendre à un apport par infiltration pendant les hautes eaux. Le niveau de la nappe montera dans les couches argileuses, et, au stade de l'équilibre, atteindra par endroits la surface du sol.

4.4 Répercussions de la régularisation du régime du fleuve

La régularisation du régime - et la construction de barrage de reprise - aura pour résultat de maintenir, à l'étiage, des niveaux plus hauts que les niveaux actuels.

Si les échanges entre fleuve et nappe s'avèrent réels, il y aura répercussion importante de la régularisation du régime et des niveaux du fleuve sur le régime de la nappe. Le drainage naturel peut être freiné par endroits (cuvettes); et les apports d'infiltration devront peut-être être évacués par pompage.

5. PROGRAMME DE CONTROLE

Le programme ci-après est suggéré en vue de vérifier les observations, et les conclusions qui en ont été tirées :

5.1 Observations sur les relations entre niveaux fleuve et niveaux nappe au moyen de piézomètre. Ces observations permettront le calcul de la transmissivité des couches sableuses.

a) 1 ligne de piézomètres à guédé (chantier) comprenant:

- une série de 3-4 piézomètres dans le champ de riz de la mission agricole chinoise (Taïwan) (1 à 4 m de profondeur dans l'aquifère sableux; 1 à 2 m de profondeur, dans le sol argileux; 1 à 1 m de profondeur).
- 1 piézomètre dans l'aquifère sableux, à proximité du Doué. Ce piézomètre et la série ci-dessus, devraient être en ligne droite, perpendiculairement au Doué.
- 1 piézomètre au milieu environ de cette ligne, le filtre étant dans l'aquifère sableux.

Epoque d'installation : avant la crue prochaine, c'est-à-dire dans les 2 semaines à venir.

Fréquence d'observation: une fois par jour, si possible, mais au moins une fois par semaine. Le directeur de la mission chinoise a bien voulu charger l'un des membres de la mission des dites observations.

Période des observations : du début de la crue à la fin de la décrue. La fréquence des observations pourra être ramenée à une par semaines ou à une tous les 15 jours pendant la décrue.

b) 1 ligne de piézomètres près de Matam

Les piézomètres seront installés et observés comme en a) ci-dessus; les profondeurs devront être ajustées aux profils des sols.

Le choix du site tiendra compte surtout des possibilités d'observations régulières par un technicien habitant dans le voisinage.

c) 1 ligne de piézomètres dans le secteur Gorgol

Les piézomètres seront installés et observés comme en a) ci-dessus, avec la même idée directrice. Les observations pourront être faites par l'équipe FED de Kaédi.

d) 3 piézomètres, avec filtres dans la couche supérieure argileuse, près de Semé, en complément de la série des piézomètres profonds demandés par M.Karpoff. Détails à mettre au point plus tard avec M.Karpoff.

5.2 Observations sur la perméabilité des couches argileuses supérieures, et des couches à texture plus légère, quand la nappe a atteint des niveaux suffisamment hauts.

Mesure des taux d'infiltration de la couche superficielle, dans les cuvettes et sur les levées.

Mesure de la salinité des sols dans quelques cuvettes sur les 50 cm supérieurs seulement), de la salinité des eaux de la nappe, et de la salinité des eaux dans les mares permanentes (vindous).

Observation des niveaux de l'eau dans les puits de village, quand cela est possible.

5.3 Collecter des renseignements auprès de ORSTOM, BRGM, sociétés de forages, etc. relatifs aux niveaux de l'eau dans les puits, aux profils de sol, etc.

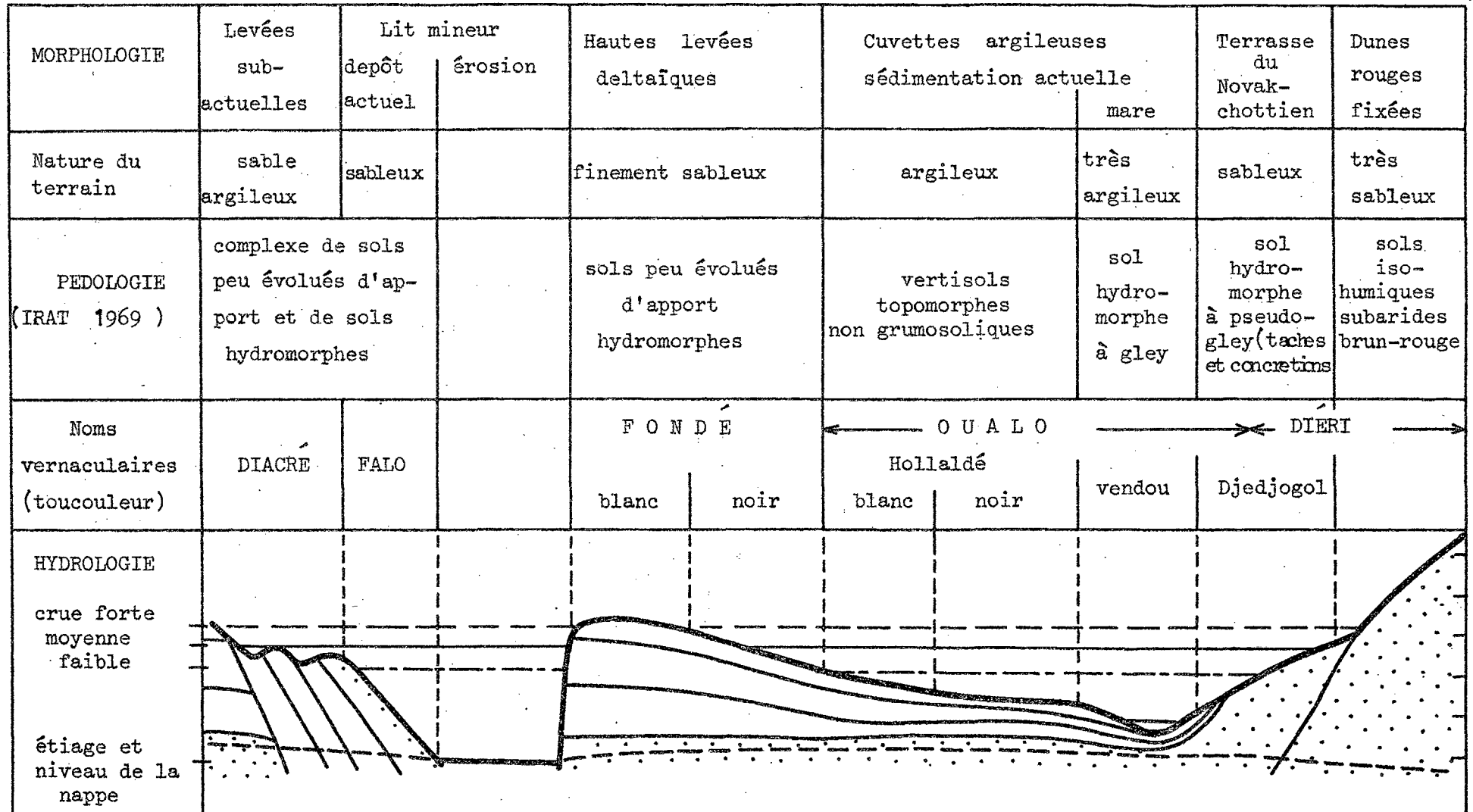
N.B. La nature et les objectifs des recherches proposées ont été discutés en détail avec MM. de RAAD et MUTSAARS, qui devront peut-être adapter les détails du programme suivant les conditions rencontrées.

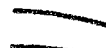


Fig. 2

COUPE SCHEMATIQUE DE LA BASSE VALLEE DU SÉNÉGAL

dans la région de Podor

par P. Michel



 Levées
  Cuvette
  Dépôts sableux

Le débit a été mesuré en différents points et si l'on ajuste légèrement les valeurs observées de la profondeur, on obtiendra des profondeurs du fleuve pour des débits de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ en amont de la bifurcation du marigot de Doué et de $250 \text{ m}^3/\text{s}$ en aval. Selon les renseignements communiqués par la Mission d'aménagement du Sénégal, à Saint-Louis, en aval de cette bifurcation le Sénégal et le marigot de Doué se partagent grossièrement le débit total d'étiage. La figure 1 est un graphique des profondeurs ainsi obtenues en fonction de la distance de Saint-Louis; on observera que ces profondeurs varient progressivement, sauf dans le cas des seuils de Demet, de Diouldé Diabé, de Tamboukane et de Dia Kandapé.

ESTIMATION PRELIMINAIRE DES PROFONDEURS D'EAU DISPONIBLES POUR LA NAVIGATION

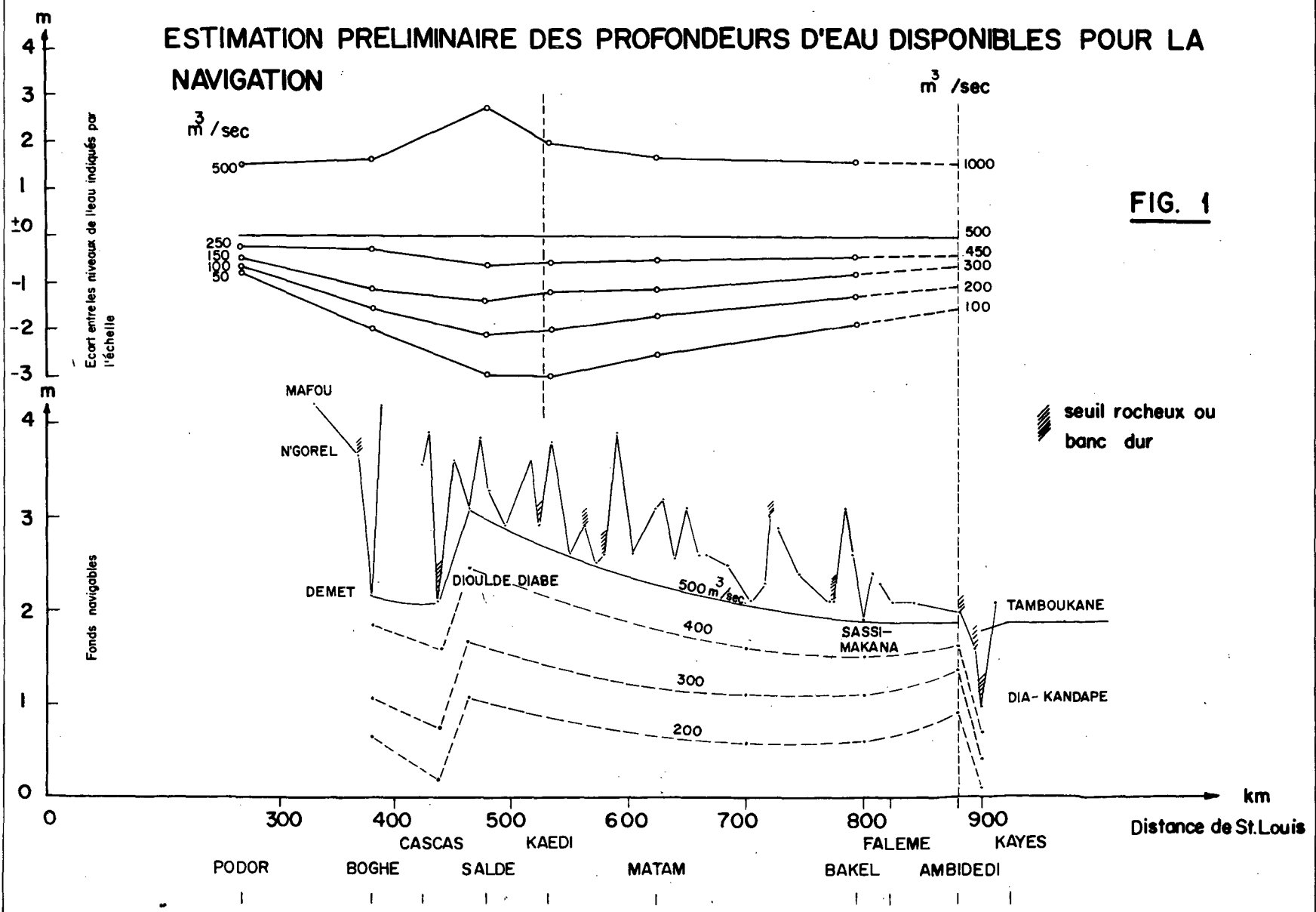


FIG. 1

Les trois derniers seuils sont rocheux. La profondeur relativement faible du seuil de Demet peut s'expliquer par une largeur plus grande du fleuve en cet endroit.

La relation entre les niveaux de l'eau et les profondeurs d'eau disponibles pour la navigation n'ayant pas été observée sur le Sénégal, il a été nécessaire d'admettre, pour établir une estimation approchée de la navigabilité, a) qu'il n'y avait pas de retard entre la formation du niveau de l'eau et celle de la profondeur associée; b) que les profondeurs d'eau varient linéairement avec les hauteurs d'eau c) que, pour un même niveau de l'eau, la profondeur d'eau pendant les périodes de crue est égale à la profondeur d'eau pendant les périodes de décrue.

Dans la partie supérieure de la figure 1, on a porté en fonction de la distance de Saint-Louis, les différences entre les niveaux de l'eau pendant les périodes de décrue correspondant à des débits de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ d'une part et de 1.000, 300, 200 et $100 \text{ m}^3/\text{s}$ d'autre part, à Bakel, Matam et Kaôdi. En admettant que près de la moitié du débit total passe par le marigot de Doué, on a tracé un graphique semblable pour des débits de 250, 500, 150, 100 et $50 \text{ m}^3/\text{s}$ à Saldé, Boghé et Podor. En soustrayant de la profondeur du fleuve pour un débit de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ la différence entre le niveau de l'eau correspondant à un débit de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ et le niveau correspondant au débit de $300 \text{ m}^3/\text{s}$, on a pu obtenir une estimation de la profondeur du fleuve pour un débit de $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Il convient de noter que, bien qu'il ne s'agisse ici que d'une estimation, la valeur obtenue pour Diouldé Diabé n'est guère éloignée de la réalité, puisque, selon les renseignements disponibles (15, 16), le lit du fleuve est constitué par de la roche. On a suivi une méthode semblable pour obtenir une estimation des profondeurs d'eau pour un débit de $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

On peut voir aisément sur la figure que les différences entre les niveaux du fleuve correspondant aux différents débits atteignent un maximum à Saldé. Ceci pourrait s'expliquer par l'effet de remous dont la cause est le seuil rocheux de Diouldé Diabé, mais cette hypothèse reste à vérifier.

Afin de déterminer la navigabilité, il est nécessaire d'établir à ce stade une relation entre les profondeurs d'eau disponibles pour la navigation et le nombre de jours par an pendant lesquels ces profondeurs d'eau se produisent. On admet qu'un débit de 500 m³/s, par exemple, à Bakel provoquera, en aval, un débit de la même valeur ou, en d'autres termes, que le nombre de jours pendant lesquels les débits sont supérieurs à une certaine valeur est le même sur toute la longueur du fleuve. Il va de soi que l'on fait la même hypothèse pour les autres valeurs du débit.

Le graphique montre que le fond limite se situe au seuil de Diouldé Diabé. Il n'existe pas de courbe d'étalonnage pour cette station et on a dû utiliser la courbe établie pour Saldé. D'après cette courbe, pour un même niveau de l'eau, les débits varient pendant les périodes de crue et de décrue de la manière suivante :

<u>Hauteur d'eau sur échelle</u>	<u>Saldé</u> <u>Débit crue</u>	<u>Débit décrue</u>
440 cm	330 m ³ /s	250 m ³ /s
300	225	200
325	175	150
270	130	125
230	100	100
135	50	50

L'étude statistique des niveaux de l'eau et les débits ne peut être faite qu'en se fondant sur les indications de l'échelle à Bakel puisque c'est la seule station où il existe des archives de mesures couvrant une période suffisamment longue.

En vertu des hypothèses précédentes, on peut conclure que les débits suivants, enregistrés à Bakel pendant les périodes de crue et de décrue, provoqueront des profondeurs d'eau égales au seuil de Diouldé Diabé.

Bakel

Débits crue	Débits décrue
600 m ³ /s	500 m ³ /s
450	400
350	300
260	250
200	200
100	100

De 1923 à 1961, on a relevé le nombre de jours pendant lesquels le débit à Bakel a dépassé 600 m³/s en période de crue et 500 m³/s en période de décrue. On a fait de même pour les autres combinaisons de débits. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 2.

Tableau 2

Nombre de jours par année pendant lesquels le débit à Bakel a été supérieur aux valeurs indiquées. (1923 à 1961)

m ³ /sec	100/100	200/200	260/250	380/300	450/400	600/500
1923	222	182	163	153	147	134
24	202	200	190	186	173	160
25	240	194	180	156	135	120
26	201	181	170	164	134	128
27	230	186	185	173	157	146
28	227	197	179	159	135	122
29	210	185	174	163	153	145
1930	221	183	168	145	135	125
1	268	190	172	165	132	122
2	231	173	157	137	129	121
3	209	176	155	147	136	125
4	186	146	130	122	112	104
5	221	183	171	158	147	141
6	245	191	176	160	148	129
7	194	159	145	138	127	120
8	198	168	158	152	138	123
9	189	151	142	134	119	99
1940	194	149	126	113	103	95
1	163	128	121	112	97	87
2	172	134	125	121	110	75
3	188	162	149	132	109	98
4	178	143	117	99	92	83
5	190	144	127	125	118	112
6	192	165	141	134	125	116
7	165	142	136	132	111	96
8	197	161	152	146	135	127
9	161	127	123	114	104	142
1950	216	172	163	155	144	133
1	247	185	175	166	153	142
2	212	174	162	150	139	122
3	231	177	163	152	137	122
4	265	217	205	174	160	151
5	256	212	195	171	146	130
6	228	186	162	152	130	121
7	252	208	196	167	153	146
8	273	218	201	183	162	145
9	233	179	156	147	134	120
1960	222	177	157	143	132	121
1	222	177	165	148	135	112

Nombre de jours
par année

NOMBRE DE JOURS PAR ANNEE PENDANT LES - QUELS LE DEBIT A BAKEL A ETE SUPERIEUR AUX VALEURS INDIQUEES

FIG. 2

200

150

100

50

- | <u>crue:</u> | <u>décrue:</u> |
|--|----------------|
| $200 < Q > 200 \text{ m}^3/\text{sec}$ | |
| $350 < Q > 300$ | " |
| $450 < Q > 400$ | " |
| $600 < Q > 500$ | " |
| $1000 < Q > 1000$ | " |

Q = débit à Bakel

Années

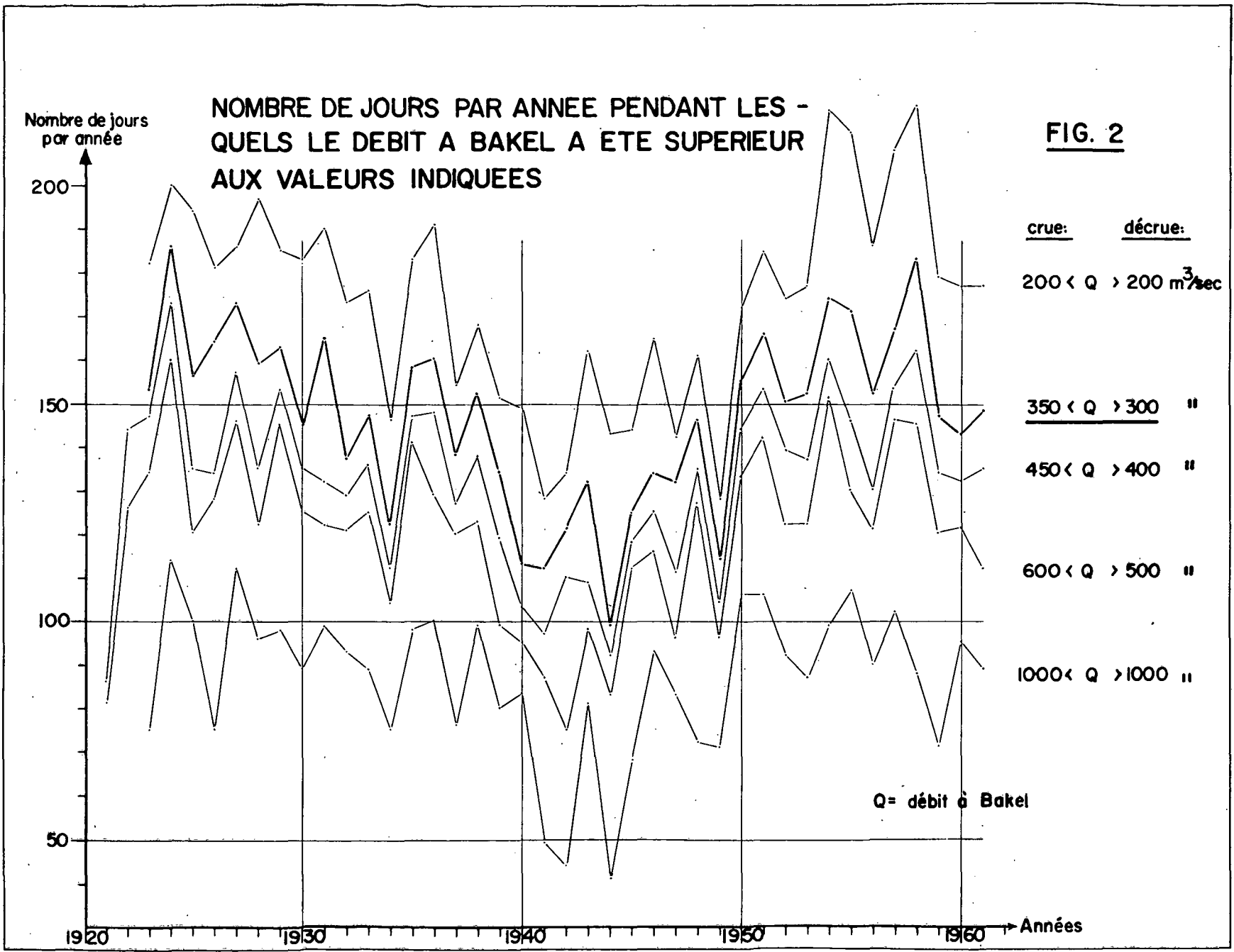
1920

1930

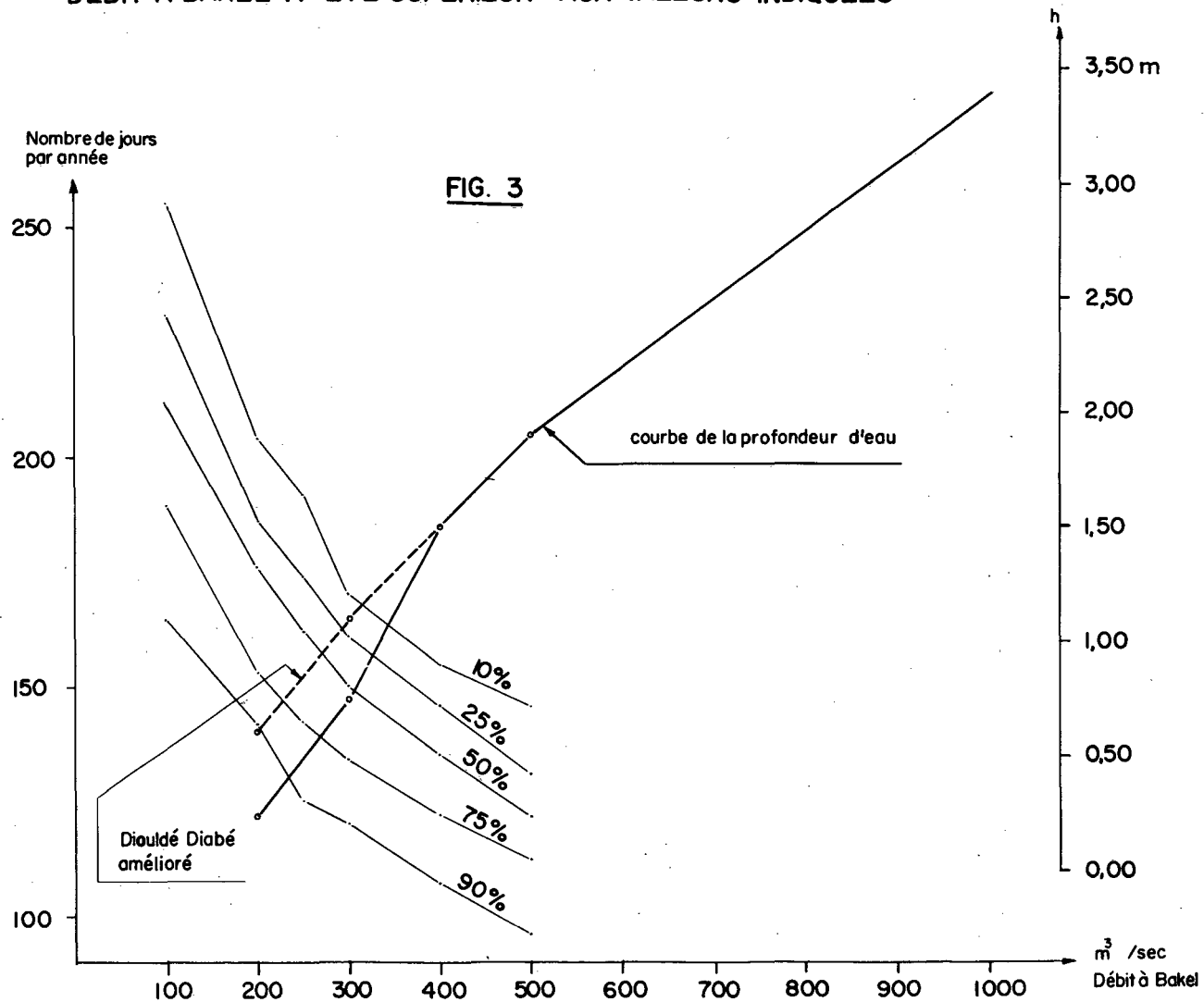
1940

1950

1960



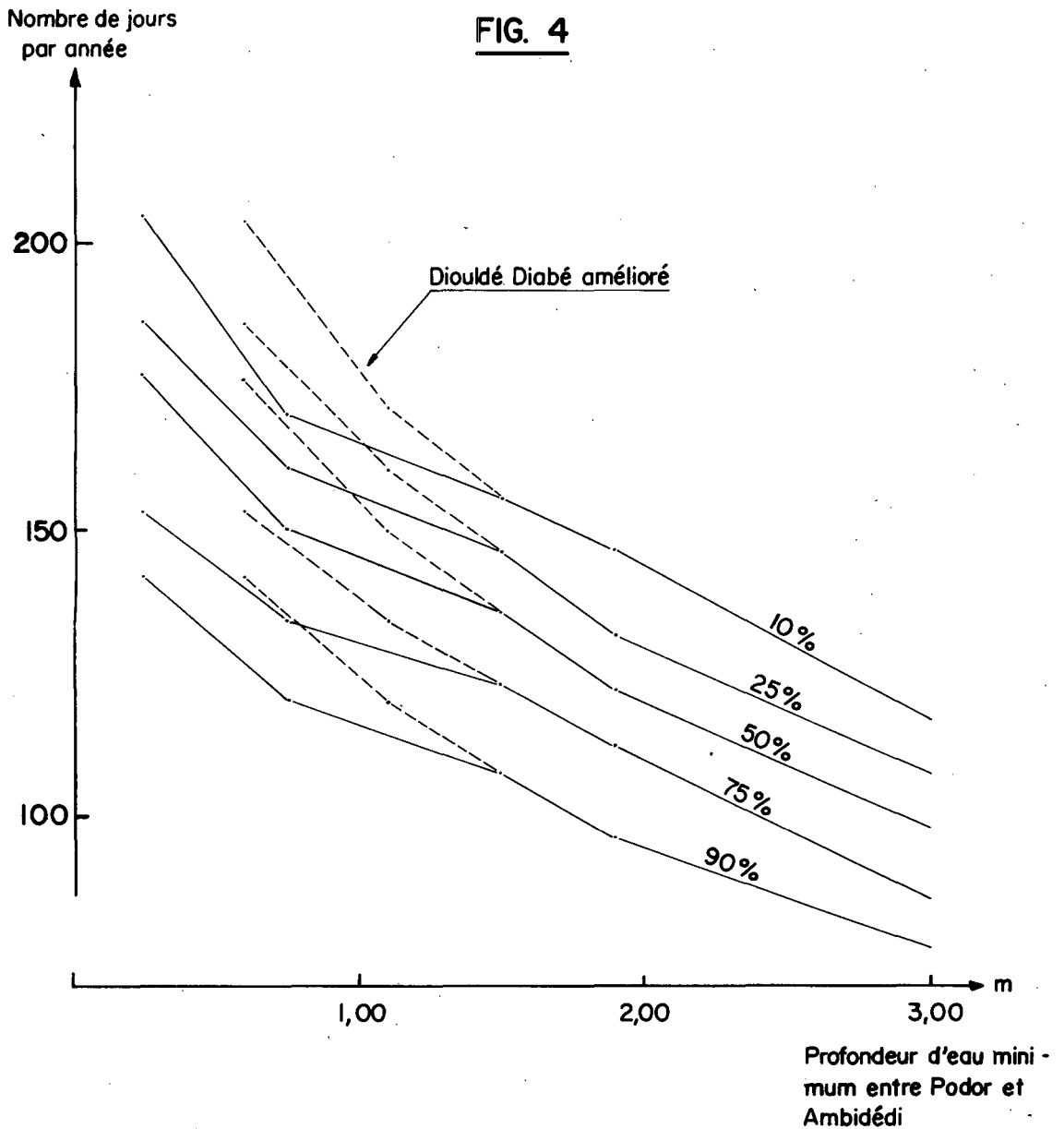
FREQUENCES DU NOMBRE DE JOURS PAR ANNEE PENDANT LESQUELS LE DEBIT A BAKEL A ETE SUPERIEUR AUX VALEURS INDIQUEES



h = profondeur d'eau disponible pour la navigation entre Podor et Ambidédi

1187/4

FREQUENCES ESTIMEES DU NOMBRE DE JOURS PAR ANNEE
PENDANT LESQUELS LA PROFONDEUR D'EAU MINIMUM
ENTRE PODOR ET AMBIDEDI A ETE SUPERIEURE AUX
VALEURS INDIQUEES



ESTIMATION DU NOMBRE DE JOURS OU LA PROFONDEUR
D'EAU MINIMUM ENTRE PODOR ET AMBIDEDI A ETE
SUPERIEURE AUX VALEURS INDIQUEES PENDANT 50%
DES ANNEES D'OBSERVATION

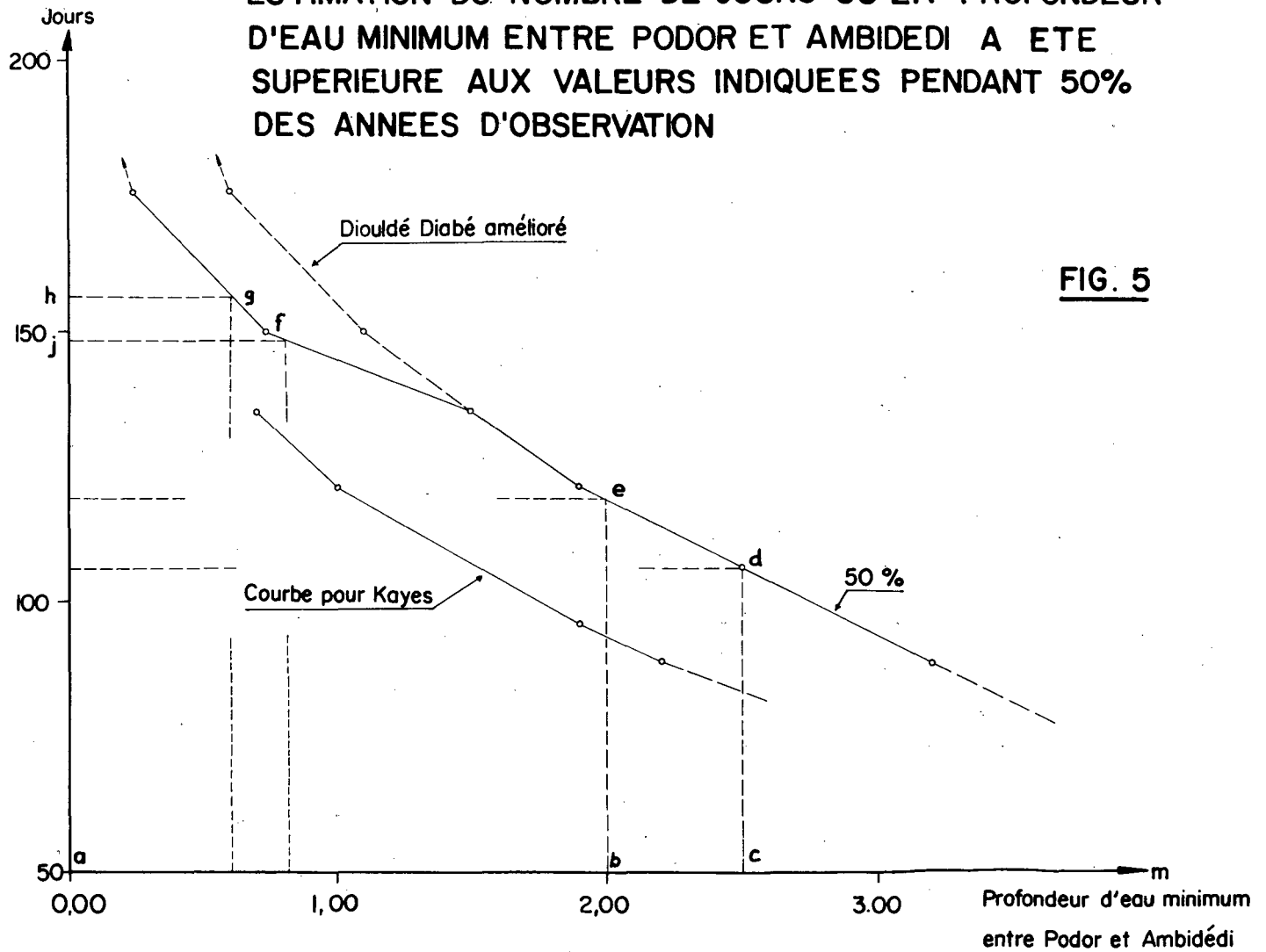


FIG. 5

Dans la figure 3 on a indiqué les fréquences des jours pendant lesquels les débits à Bakel étaient supérieurs à ces valeurs (500, 400 m³/s, etc.). Par exemple, pour 50 % des années, les débits ont été supérieurs à 450 m³/s en période de crue et à 400 m³/s en période de décrue pendant 135 jours. A partir de la figure 1 on a obtenu la relation entre le débit à Bakel et la profondeur d'eau disponible; cette relation est aussi représentée dans la figure 3. Les courbes de fréquence de la profondeur d'eau sont obtenues en combinant les familles de courbes de fréquence des débits et la relation entre le débit et la profondeur d'eau. Ces courbes de fréquence de la profondeur d'eau ont été tracées dans la figure 4.

La navigabilité d'un fleuve peut être représentée par le produit de la profondeur disponible pour la navigation et du nombre de jours d'existence de ces profondeurs d'eau. Dans ce genre de calcul, la profondeur d'eau ne peut évidemment pas dépasser le tirant d'eau maximum des chalands utilisés. La courbe de 50 % a été représentée sur la figure 5. A l'examen de cette figure, on constate que s'il fallait choisir entre un chaland ayant un tirant d'eau maximum de 2,50 m et un tirant d'eau léger de 0,80 m d'une part, et un chaland d'un tirant d'eau maximum de 2 m et d'un tirant d'eau léger de 0,60 m, la préférence reviendrait au premier, puisque le produit du nombre de jours par le nombre de mètres qui peuvent être faits avec ce chaland au cours d'une année moyenne est supérieur au produit obtenu dans le cas du deuxième chaland. L'aire de la surface acdfj est de 332 et celle de la surface abegh est de 286 jours x mètres.

Cependant, on ne possède pas encore suffisamment de données pour pouvoir choisir dès maintenant les caractéristiques des chalands et des pousseurs et celles de la composition des convois poussés. Sur la figure 3 on peut voir que le nombre de jours d'une année au cours desquels les débits se trouvent dans l'intervalle 200-100m est assez important. La valeur de la profondeur d'eau disponible déterminée pour un

débit de $200 \text{ m}^3/\text{s}$, n'étant qu'une première approximation, il n'est certes pas possible d'évaluer par la même méthode la profondeur d'eau disponible pour un débit de $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Le seul moyen d'obtenir ce renseignement est de faire la mesure correspondante.

2. Vitesses de courant

Les vitesses de courant sont médiocres, elles atteignent en général 2 à 3 noeuds pendant l'hivernage et sont encore plus petites pendant la saison sèche. Cependant, il n'existe pas de données précises sur la vitesse du courant sur les seuils rocheux, comme celui de Diouldé Diabé, lorsque les débits sont de 300 à $400 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. Largeur du chenal de navigation

Les largeurs du lit mineur, tirées de la carte topographique à échelle 1: 50.000, sont indiquées dans le tableau 3. La largeur du chenal de navigation pendant les périodes d'étiage n'a pas été mesurée systématiquement mais du fait que le "Keurmeur" peut atteindre Boghé lorsque le débit à Bakel est de $300 \text{ m}^3/\text{s}$, on ne pense pas que la largeur du chenal doive limiter la navigation en aval de Kayes.

1/ Le "Keurmeur" bateau des Messageries Maritimes du Sénégal a les caractéristiques suivantes : Longueur - 36,00 m; largeur - 6,00 m; tirant d'eau lège - 0,80 m; tirant d'eau chargé - 1,30 m; port en lourd - 140 t.

Tableau 3

Largeur du fleuve selon la carte à 1: 50.000

Tronçon du fleuve	Largeur
Kayes - Matam	300 - 600 m
Matam - Salde	250 - 500 m
Salde - Podor	150 - 250 m
Doué	100 - 150 m
Podor - Dagana	200 - 350 m
Dagana - Rosso	250 - 350 m
En aval de Rosso	500 - 600 m

4. Rayon des coudes

On trouvera dans le tableau 4 les valeurs des rayons des coudes du fleuve mesurés sur la carte IGN à l'échelle 1: 50.000. Plusieurs coudes ont un rayon de 250 à 300 m. La question de la manoeuvrabilité des convois poussés qui seront utilisés sur ce fleuve requiert une attention particulière, mais on ne s'attend pas à ce qu'elle donne lieu à de grandes difficultés. Néanmoins, l'étude proposée au chapitre IV devrait comprendre la détermination des rayons de coudes disponibles pendant les périodes de moindre débit.

Tableau 4

Rayons des coudes du fleuve

<u>km</u>	<u>Rayon</u>	<u>Ville ou village</u>
170	750 m	Dagana
179	2000	Gae
195	1750	Goure Boukar Si

Tableau 4 (suite)

Rayons des coudes du fleuve

<u>km</u>	<u>Rayon</u>	<u>Ville ou village</u>
207	1750	Madina
217	1000	
230	750	Ile de Laménay
240	1000	Abou Dia
249	300	Doue
250	400	
274	300	Diatat
283	400	Douaye
294	350	Guode Ouro
304	300	Korkadie
306	300	
308	250	Ali Guelel
320	400	
321	350	Lahel
329	400	Belane
337	450	Clo Ologo (Coude Alibirun)
353	400	N'Dioro
388	250	Boki
398	300	Walalde
410	300	Ouro Samba (coude de Timri)
440	700	Fonde Eliman
447	450	Tiou Balel
450	300	Sourai

Tableau 4 (suite)

Rayons des coudes du fleuve

<u>km</u>	<u>Rayon</u>	<u>Ville ou village</u>
457	300	Oualla
462	300	
482	500	
505	750	Sintiou Amadi Maran
533	550	Kaëdi
550	500	
610	600	Koundel Reo
615	550	Give
622	550	Matam
645	500	Dolol
673	400	Ornolde
684	300	Gouriki N'Diorem
755	450	Damba Kané

Il n'existe pas de coudes à forte courbure en amont du km 755.

5 Les seuils et les barrages

Il existe le long du fleuve plusieurs seuils et barrages réputés difficiles pour la navigation.

a) Les barrages entre Ambidedi et Kayes

Les résultats des calculs indiqués au paragraphe précédent ne donnent qu'une évaluation préliminaire de la navigabilité du Sénégal en aval de Kayes. Cependant, on a pu constater qu'en aval d'Ambidedi la navigabilité du fleuve est nettement supérieure à celle du tronçon Ambidedi-Kayes. Cette constatation concorde avec les observations de Fromaget (15) : "Les barrages de Tamboukane (km 896-898) et Diacandape (km 889-904) traversent entièrement le fleuve, comme ceux d'Ambidedi

(km 881-888). Ils sont à peu près plats. La différence entre le niveau des plus hautes et celui des plus basses roches n'est guère que de 30 cm. Ils sont sillonnés de nombreux canaux par lesquels s'écoule le fleuve aux basses eaux et où passent aussi les petits chalands et pirogues qui transportent pendant deux mois environ les marchandises et les passagers en transit".

D'après la figure 5 dans le cas d'un tirant d'eau de 1 à 2 mètres, la durée de la période de navigation est de 25 jours plus courte à Kayes qu'à Ambidedi.

Un quai et une gare de triage pour le chemin de fer existent déjà à Ambidedi à peu de distance en aval du seuil. Il suffira de quelques travaux guère importants pour faire d'Ambidedi une station de transit du trafic rail-fleuve.

b) Le seuil de Kabou (km 840-845)

Selon Fromaget (15) le barrage de sable de Kabou situé entre le km 840 et le km 845 constitue la partie la moins profonde de tout le fleuve. Mais un très grand nombre de corrections fondées sur les observations de 1955, ont été indiquées dans l'exemplaire de son ouvrage qui a été consulté. Ces corrections montrent que la configuration des bancs de sable voisins de Kabou s'est modifiée complètement, ce qui a eu pour résultat une augmentation de la profondeur d'eau, cette dernière étant de 2,10 m pour un débit de 500 m³/s selon les observations de la mission U.H.E.A.

c) Le barrage de Diouldé-Diabé (km 436)

Fromaget écrit que "le barrage de Diouldé-Diabé est, pour tous les navires, le terme absolu de la navigation pendant la saison sèche; à cette époque les chalands seuls peuvent le franchir; le fond y est rocheux et les courants violents". Sur le plan tracé par la mission U.H.E.A., il existe deux endroits où la profondeur est de 2,10 m pour un débit de ⁵⁰⁰~~250~~ m³/s : le barrage lui-même (km 435,5) et le km 437,5, où le chenal est sableux. La partie la moins profonde du barrage rocheux semble ne pas s'étendre au-delà de 150 m.

d) Le seuil de Demet (km 381)

Fromaget n'en parle pas comme d'un seuil particulièrement difficile. Le plan établi par la mission U.H.E.A. n'indique qu'une seule ligne de sondage (au centre du fleuve) et l'on ne peut être sûr que le chenal le plus profond ait été observé. La profondeur minimum sondée à proximité par la mission U.H.E.A. était de 2,15 m pour un débit de ³⁰⁰250 m³/s. Immédiatement en aval de la partie peu profonde, il existe un embranchement qui peut provoquer des alluvionnements pendant certaines parties du cycle du fleuve.

e) Le seuil de Gorel (km 365)

Ce seuil s'étend sur une longueur de 1,5 km environ et consiste de rognons de latérite et de calcaire ainsi que de quelques zones compactes (argiles banco). On a mesuré une profondeur d'eau de 3,65 m pour un débit de 500 m³/s (16). On se propose d'éliminer aux explosifs une partie de la roche du chenal afin d'améliorer le passage pour le "Keurmeur" pendant les périodes d'étiage. La Direction des travaux publics de la République Islamique de Mauritanie estime que le coût des opérations aux explosifs, atteindra 8 millions de francs CFA.

L'aménagement du chenal se fera à la cote - 1,00 IGN. Un examen minutieux du plan du seuil (17) révèle qu'il présente déjà sur toute sa longueur un chenal d'une largeur suffisante, atteignant - 0,90 m; l'élimination proposée de certaines roches aurait pour seul résultat l'augmentation du rayon du chenal de navigation pour des longueurs comprises entre 750 et 1100 m. En aval de Gorel, il existe plusieurs tronçons où le rayon du chenal de navigation est beaucoup plus réduit (voir tableau 4) et, même dans le cas où il serait souhaitable d'approfondir de 10 cm le chenal jusqu'à 1,00 I.G.N., il ne serait pas nécessaire de faire sauter toute la roche indiquée sur le plan; seules quelques plaques devront être éliminées car le rayon du nouveau chenal peut être beaucoup plus faible que prévu. On peut voir sur le plan qu'il existe même un chenal de 15 m de largeur à la cote - 1,00 I.G.N.

Dans le rapport où figure le plan considéré, l'approfondissement du chenal jusqu'à la cote - 1,00 IGN est justifié par le fait qu'après cette amélioration, le "Keurmour" des Messageries du Sénégal pourrait passer ce seuil toute l'année. Ainsi qu'il a déjà été signalé auparavant le "Keurmeur" possède les caractéristiques suivantes : longueur - 36 m, largeur - 6,00 m, tirant d'eau lège - 0,80m, tirant d'eau charge - 1,30 m port en lourd -140 t. Cela veut dire qu'une charge de 40 t représente un tirant d'eau de 94 cm et dès lors on ne comprend pas comment l'approfondissement du chenal à - 1,00 IGN permettrait un plus grand tirant d'eau.

La mesure des niveaux de l'eau à Boghé montre que ces niveaux ne descendent jamais au-dessous du zéro I.G.N.; en conséquence, on devrait pouvoir disposer toute l'année d'une profondeur d'eau minimum de 90 cm. La démarcation du chenal par un certain nombre de bouées serait une amélioration suffisante.

f) Le seuil de Mafou (km 331)

Le sondage de 1961 indique que ce seuil se trouve au-dessous de - 5,00 IGN. D'après le rapport U.H.E.A. de 1950 (16) le fond navigable serait de 4,20 m pour un débit de 250 m³/s. Il semble que ce seuil ne réponde pas à la mauvaise réputation qu'il avait du temps de Fromaget (15), qui en a dit : "Ce barrage forme la limite de la navigation des gros navires fluviaux". Selon cet auteur "le piétage sur le seuil de Mafou est de 1,30 m environ à la fin de la saison sèche". Il est clair que les navires fluviaux de conception moderne, adaptés aux conditions du fleuve Sénégal, ne devraient pas avoir de difficultés à passer ce seuil.

CHAPITRE II

Amélioration de la navigabilité entre Saint-Louis et Kayes

Il semble que, moyennant quelques travaux d'importance mineure, le Sénégal puisse être navigable toute l'année sur ce tronçon (Saint-Louis-Cascas).

D'autre part, la principale cause qui empêche le Sénégal d'être navigable entre Cascas et Kayes pendant une certaine période de l'année est le simple fait que les débits y sont alors trop faibles.

Les études, proposées plus loin au titre 4 devraient aboutir à la détermination de l'état actuel de la navigabilité entre Podor et Kayes ainsi que l'augmentation de la profondeur d'eau disponible pour la navigation que l'on pourrait obtenir en aménageant certains seuils.

1. Dragage et régularisation du lit

Dans leur majorité ainsi qu'on vient de le voir, les seuils du Sénégal sont formés de sable. Ce genre de seuils est un phénomène ordinaire pour un fleuve à alluvions. En principe, le dragage d'un certain nombre de seuils pourrait augmenter leur profondeur disponible mais il convient de tenir compte du fait que ce dragage devra être répété tous les ans, les seuils étant reconstitués pendant les périodes de crues. Pour qu'il soit de quelque utilité, le dragage devra être effectué au début de la période d'étiage et, cela, assez rapidement afin d'assurer des profondeurs satisfaisantes pendant une période suffisamment longue avant que les débits ne s'épuisent au point de rendre toute navigation impossible. En conséquence, il pourra être nécessaire de draguer plusieurs seuils simultanément. On peut dire, à titre de conclusion, que le dragage n'offre qu'une solution restreinte, probablement très onéreuse.

La largeur du fleuve n'étant jamais très grande (voir tableau 3 du chapitre I), il convient d'envisager sérieusement la méthode classique de régularisation du lit à l'aide d'épis. La régularisation du lit empêche l'érosion des borges, concentre

le courant dans un chenal délimité et augmente les profondeurs. Cependant, l'effet optimum n'est obtenu qu'après la régularisation des débits.

L'érosion des berges est assez importante, elle a pour résultat l'élargissement du cours d'eau, l'alluvionnement de son lit et par conséquent, une réduction de la profondeur d'eau. Michel (22) cite plusieurs exemples où l'érosion des rives a avancé de 1 m ou plus par année au cours des cinquante dernières années. Sous l'effet de cette érosion, plusieurs bâtiments officiels ont complètement disparu à Ma'tam. De nombreuses agglomérations, établies sur la rive du fleuve, utilisent la rive concave pour diverses cultures pendant la période de décrue et, de ce fait, ce terrain a été démuné de toute la végétation naturelle qui le protégeait de l'érosion. Chaque année, ces terrains sont travaillés et pendant la crue suivante, les eaux emportent sans difficulté le sol dénudé par la récolte. La reforestation systématique est l'un des moyens de ralentir l'érosion des berges. La forêt peut être exploitée rationnellement et ainsi le terrain ne restera pas improductif.

La méthode, conçue en URSS pour approfondir le chenal d'un fleuve alluvial à l'aide de panneaux défectoires placés au fond du fleuve ou fixés à des cadres flottants, vient d'être l'objet d'une étude sur modèle. A l'heure actuelle, cette méthode est appliquée à titre expérimental sur le Niger au Mali et lorsque les résultats en seront connus, on pourra peut-être envisager son application pour certains des seuils du Sénégal.

Il est évident qu'aucune des méthodes mentionnées ci-dessus n'aboutira à une navigabilité pendant toute l'année du fleuve en amont de Cascas, puisqu'à la fin de la saison sèche le débit y est réduit à quelques mètres cubes par seconde seulement. La seule méthode qui puisse assurer une navigabilité pendant toute l'année est celle de la régularisation des débits à l'aide de réservoirs d'emmagasinage ou celle de la canalisation du fleuve.

2. Canalisation

Les profondeurs d'eau disponibles pour la navigation de certains fleuves, en Europe, par exemple, ont été augmentées pendant la période des basses eaux à l'aide de barrages mobiles. Les bateaux passent ces barrages à l'aide d'une écluse.

Il convient d'envisager les possibilités d'appliquer cette méthode pour rendre le Sénégal navigable pendant toute l'année en amont de Cascas. La différence totale d'altitude à surmonter entre Cascas et Ambidébi est d'environ 20 m sur une distance de 460 km. Il faudra évidemment tenir compte des pertes d'eau dues à l'évaporation, aux fuites et au passage des bateaux par les écluses. Une certaine retenue sera probablement nécessaire pour remplacer ces pertes.

La création de barrages de dérivation, dits "barrages digues", comme ceux qui ont été proposés dans quelques projets d'aménagement hydro-agricole, rendra nécessaire la construction d'écluses. L'effet que ces barrages auront sur la navigabilité dépendra de leurs caractéristiques et de leur mode d'opération. Dans tous les cas, la construction d'un tel barrage à Dagana avec l'écluse associée, à Dagana seulement, comme cela a été proposé dans le rapport de la Commission consultative des études pour l'aménagement du fleuve Sénégal de janvier 1957 (23), n'aura pas d'effet défavorable sur la navigabilité puisque la cote d'eau en aval de ce barrage ne descendra jamais beaucoup au-dessous de la cote zéro IGN.

Il est vraisemblable que l'application du principe des barrages digues pour l'amélioration de la navigabilité exigera un nombre de barrages plus grand qu'il n'en faut pour les besoins de l'agriculture. Il sera nécessaire de procéder à des études détaillées pour établir le nombre de barrages digues indispensables pour obtenir une certaine amélioration de la navigabilité.

La combinaison des barrages d'accumulation dans le haut fleuve et des barrages de dérivation avec écluses, si cela est nécessaire pour le développement agricole, permettrait, sans doute, d'obtenir une navigabilité pendant toute l'année.

Pour la construction des écluses il faut prendre en considération le fait que le lit du fleuve sera soumis à une érosion immédiatement en aval du barrage.

3. Régularisation des débits

Sur le Sénégal, en amont de Kayes, et sur la Falémé, on trouve plusieurs points intéressants pour la construction de barrages de retenue. Pour la navigation à proximité d'Ambidédi, seuls les réservoirs sur le Sénégal présentent de l'intérêt car le tronçon entre Ambidédi et le confluent de la Falémé doit avoir le même débit que le tronçon entre le confluent et le km 700 pour une même profondeur d'eau.

A côté des besoins de la navigabilité, ceux de la production d'électricité dans la partie supérieure du bassin et de l'agriculture dans la région de la vallée et du delta poseront naturellement des conditions particulières en ce qui concerne le programme d'emmagasinage et d'écoulement d'un réservoir ou d'une série de réservoirs.

Il serait nécessaire de préparer des combinaisons d'hydrogrammes des besoins en eau de ces diverses utilisations en tenant compte du fait que les débits à la sortie de la centrale hydro-électrique peuvent servir à la navigation et que les besoins de la navigation en débit décroissent dans la direction aval, ce qui permettrait d'utiliser une partie du courant pour l'agriculture.

A l'étape suivante, on appliquera cet hydrogramme de sortie sur la courbe des débits cumulés (on dispose de relevés journaliers de débits à Bakel, couvrant une période de 50 ans). Une fois fixée la dimension des retenues, on peut déterminer la fréquence des défaillances du programme de répartition des eaux à la sortie des réservoirs. On peut jouer sur le débit minimum à maintenir toute l'année ainsi que sur les hypothèses concernant la capacité à retenir pour les réservoirs.

Lorsqu'on aura décidé quel risque de défaillance peut être toléré, on pourra déterminer la capacité optimale des réservoirs.

Avant l'exécution d'une telle étude, qui tient compte de tous les besoins possibles des différentes utilisations de l'eau, on ne peut pas savoir dans quelle mesure la régularisation du débit augmentera la profondeur d'eau disponible pour la navigation. Il convient de rappeler ici qu'à Bakel, le module a varié entre 313 et 1305 m³/s pendant les 50 années de relevés. Comme dans le cas des autres fleuves africains, Niger, Bénoué et Nil par exemple, les années de forte hydraulicité et celles de faible hydraulicité se suivent par groupes. Il en résulte qu'une régularisation interannuelle, si elle se révélait nécessaire, exigerait l'existence de grands réservoirs.

Une fois établie la régularisation des débits, la construction d'ouvrages permanents pour la régularisation du lit du fleuve, permettrait d'augmenter encore plus la profondeur d'eau minimum. Pour ces travaux, on pourrait utiliser du bois, par exemple, pour la construction des assemblages de fascine, etc. Le MORELIA SENEGALENSIS que l'on trouve dans les forêts marécageuses le long du Niger en Nigeria entre le 7^e et le 10^e degré de latitude, convient particulièrement bien à cette sorte de travaux. Il est probable qu'il ne sera pas difficile de le cultiver de façon systématique dans la plaine d'inondation du Sénégal afin de pouvoir disposer de grandes quantités de bois au moment où ces travaux d'aménagement deviendront nécessaires.

Il convient également d'envisager les possibilités d'étendre la période de navigabilité à l'aide de réservoirs de faible capacité. Le nombre de jours de décrue où le débit à Bakel diminue de 300 à 100 m³/s a varié entre 40 et 80 pendant la période des relevés. Cela signifie que l'existence d'un réservoir de 700.106 m³

de retenue, destiné uniquement à la navigation, permettrait probablement d'accroître la période de navigabilité de 40 à 80 jours par année. (On a supposé, dans cet exemple, que la navigation n'est plus possible dès que le débit devient inférieur à $300 \text{ m}^3/\text{s}$). Cependant, il est probable que le coût de ces réservoirs devra être justifié entièrement par des considérations de navigabilité car, vraisemblablement, on ne pourra pas les utiliser simultanément à d'autres fins.

4. Etudes à réaliser

a) Etude de la navigabilité

L'évaluation préliminaire de la navigabilité étant fondée sur un nombre limité d'observations et sur des hypothèses qui simplifient les relations entre les débits et la hauteur des fonds du fleuve, d'autres études de la navigabilité sont nécessaires. Il serait particulièrement intéressant d'étudier la navigabilité du fleuve pendant les périodes d'étiage, car le nombre de jours où les débits à Bakel se trouvent entre 300 et $100 \text{ m}^3/\text{s}$, pendant une année moyenne, est assez élevé si on le compare au nombre de jours où les débits dépassent $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Ces nombres sont de 50 et 150 jours respectivement.

En plus de la détermination de la navigabilité actuelle du fleuve et des marigots les plus importants entre Saint-Louis et Bakel, ces études devraient rassembler les données indispensables pour la mise au point des travaux d'aménagement des tronçons qui réduisent la navigabilité en aval d'Ambidédi.

Les études proposées sont également indispensables pour que l'on puisse déterminer les possibilités de navigation qui résulteraient de la régularisation du débit à l'aide de réservoirs.

Il convient de prendre pour base, pour les possibilités de navigation, une largeur du chenal d'au moins 25 m à l'exception de certains tronçons courts.

fixes pourrait ne plus suffire et qu'il faudra avoir recours aux bouées de dimension moyenne pour marquer le chenal de navigation avec une précision plus grande. Ces bouées présentent en outre l'avantage de pouvoir être déplacées facilement lorsque l'alignement du chenal change. Il conviendrait de charger un service spécial de l'ajustement régulier de la démarcation du chenal. Les résultats fournis par l'étude proposée dans un autre paragraphe devraient permettre d'évaluer le nombre des barrages et des seuils dont le passage doit être indiqué par des bouées et en conséquence, de déterminer la main-d'oeuvre et l'équipement du service de signalisation.

Actuellement, la navigation se poursuit pendant la nuit lorsque le ciel n'est pas trop couvert. Plusieurs feux fixes ont été installés le long du fleuve mais il est nécessaire de disposer d'un certain nombre de bouées lumineuses dans la partie basse du delta.

Afin de permettre la navigation de nuit pendant les périodes d'étiage et par temps nuageux, il conviendrait d'équiper les balises et les bouées de réflecteurs "Scotchlite" et les pousseurs de projecteurs suffisamment puissants. La combinaison "Scotchlite" - projecteur a donné de très bons résultats sur le Mississipi aux Etats-Unis, sur le Congo et sur le Niger en Nigeria. Cependant, il va sans dire que l'application de la couleur noire, telle qu'elle est pratiquée actuellement dans le système de balisage, ne sera plus autorisée et qu'il faudra choisir une autre couleur. On suggère de tenir compte de l'expérience acquise sur les fleuves africains mentionnés ci-dessus lors de l'élaboration du nouveau système d'aide à la navigation de nuit.

6. Code des voies navigables

Le code utilisé actuellement est celui de la navigation en haute mer mais, lorsque la navigation fluviale augmentera, on aura besoin d'un code de navigation adapté au fleuve. Un tel code devra être adopté par les Gouvernements du Mali, de la Mauritanie

Chapitre III

Les moyens de navigation et leur modernisation

1. Les moyens actuels

a) Le parc fluvial des Messageries du Sénégal

Les caractéristiques des bateaux utilisés par les Messageries du Sénégal sont groupées dans le tableau 7. Le parc actuel n'est pas bien adapté à la navigation fluviale : les tirants d'eau légers sont assez grands et les rapports entre le tirant d'eau chargé et la portée en lourd sont défavorables.

Les rapports entre la puissance de propulsion et la capacité de transport des bateaux sont élevés étant donné l'importance de la vitesse du courant et la faible pente du fleuve.

b) Pirogues

Les pirogues portées par le Sénégal sont faites sur place en bois, avec assez d'ingéniosité suivant les traditions. Le moyen de propulsion est la voile à livarde ou la cordelle. Ces pirogues transportent de 10 à 40 t de marchandises, mais il est entendu que ces poids sont transportés avec une hauteur de franc-bord de 5 à 20 cm. Une pirogue dont on dit qu'elle peut transporter 40 t coûte 280.000 francs CFA. Le tirant d'eau de cette pirogue est de 1,60 m. L'examen d'un certain nombre de pirogues a permis de constater en diverses occasions que le tirant d'eau des pirogues transportant de 20 à 25 t varie entre 1,20 et 1,70 m.

De tels tirants d'eau sont naturellement acceptables en aval de Podor mais ils réduisent les possibilités d'utilisation de ces pirogues pendant une partie assez considérable de l'année en amont de cette agglomération.

c) Vedettes et chaloupes

On croit savoir que les vedettes et les chaloupes qui sont utilisées pour les services réguliers de transport entre Podor, Kaedi, Matam et Bakel sont à fond galbé ou légèrement, quillé.

Tableau 7

Recensement du parc fluvial de Saint-Louis 1961

Noms	Puissance	Catégorie	Jauge nette ou brute	Port en lourd	Longueur hors tout	Largeur au maître couple	Tirant d'eau	
							lège	chargé
Bou-el-Hogdad	2 x 250 CV	Navire à passagers, 400 passagers à pont	463,00 T (N)	350 t	51,00 m	10,80 m	1,80 m	2,25 m
Keur Mour	2 x 140 CV	Cargo	165,00 T (N)	140 t	36,00 m	6,00 m	0,80 m	1,30 m
Soulac		LTC transformé 140 passagers à pont	163,00 T (N)	600 t	53,00 m	11,00 m	1,00 m	2,15 m
Boufflers	180 CV	Remorqueur	40,20 T (B)		18,00 m	4,75 m	1,32 m	1,46 m
Diacura		Chaland	124,55 T (N)	200 t	37,30 m	5,70 m	0,24 m	1,22 m
Sabran		"	119,54 T (B)	60 t	26,00 m	5,00 m	0,40 m	0,75 m
Fayako		"	47,36 T (N)	80 t	30,00 m	4,00 m	0,35 m	1,10 m
Diculalel		"	15,00 T (N)	20 t	18,00 m	2,10 m	0,20 m	0,60 m
Djilor		"	44,00 T (N)	65 t	23,00 m	5,00 m	0,30 m	0,90 m
Sakar		"	44,55 T (N)	65 t	23,00 m	5,00 m	0,30 m	0,90 m

Il en résulte que leur tirant d'eau est supérieur à celui des bateaux à fond plat ce qui réduit les possibilités de leur utilisation comme dans le cas des pirogues mentionnées ci-dessus.

2. Modernisation du parc fluvial

Selon le directeur des Messageries du Sénégal - compagnie qui dispose du monopole du transport à moteur organisé sur le fleuve - le transport fait face actuellement à une demande insuffisante; en d'autres termes, le parc fluvial n'est pas utilisé dans une pleine mesure, même pendant l'hivernage.

Cependant, il est certain que si l'augmentation de la demande de transport exigeait une augmentation de l'effectif du parc fluvial, il conviendrait d'appliquer le principe du poussage et non d'utiliser des automoteurs ou le système du remorquage. Pour la mise au point du pousseur et des chalands, il faudra utiliser toute l'expérience acquise sur les autres fleuves africains peu profonds tels que le Niger, dans la République du Mali et en Nigeria, et le Nil au Soudan. L'absence actuelle de données sur la navigabilité du fleuve pendant les périodes d'étiage et l'incertitude des prévisions du tonnage qui sera transporté à l'avenir entre des stations fluviales inconnues ne permettent pas, naturellement, de donner un avis définitif sur les types d'unités à utiliser sur le Sénégal.

Toutefois, on peut formuler quelques remarques.

a) transport à grande distance

Il convient d'attendre les résultats de nouvelles études de la navigabilité avant de déterminer définitivement les caractéristiques des bateaux qui seraient utilisés pour le trafic à grande distance entre Saint-Louis et Ambidédi.

Les chalands devraient avoir un tirant d'eau léger très faible. On pourrait ainsi les utiliser avec une charge raisonnable même pendant les périodes de bas niveau du

fleuve. Les parois de la cale devraient être suffisamment hautes pour pouvoir utiliser pleinement la grande profondeur d'eau de 2 m dont on dispose pendant 120 jours par année, en moyenne, (voir fig. 5 du chapitre III). Par conséquent il conviendrait d'envisager sérieusement l'utilisation de l'aluminium pour ces chalands.

Ces caractéristiques dépendront également des catégories de marchandises à transporter par eau : produits ordinaires, produits pétroliers, minerais, etc. Pour le transport des hydrocarbures, on pourrait utiliser des réservoirs en matière plastique dont les dimensions seraient adaptées à celles du chaland. L'encombrement à vide de ces réservoirs est faible.

Le rapport entre la puissance de propulsion du pousseur et le tonnage transporté par un convoi poussé devrait être de l'ordre de 0,25 à 0,5 CV/t.

Il existe déjà à Saint-Louis des installations de réparation aux chantiers navals de la Direction des travaux publics et au chantier des Messageries du Sénégal. Lorsqu'il y aura un trafic fluvial régulier à Ambidédi, il faudra construire dans ce port un slipway et un atelier.

b) transport entre Saint-Louis, Rosso et Boghé et Kaédi

Les bâtiments actuels ne conviennent pas entièrement au trafic de Boghé pendant les périodes des basses eaux, il convient de rappeler ici qu'en aval de Boghé on dispose d'une profondeur d'eau de 90 cm pendant toute l'année. Le tirant d'eau léger du "Keur Mour" est de 0,80 m et son tirant d'eau chargé (140 t) de 1,30 m. L'augmentation du fond navigable jusqu'à 1 m, au seuil de N'Gorel sera sans grand effet sur la capacité de transport de ce bateau. Par conséquent, il convient d'envisager sérieusement la construction d'une nouvelle unité de navigation pour la circulation future entre Rosso et Boghé et Kaédi. Cette unité pourrait consister, par exemple, d'un pousseur et de deux chalands. Le tirant d'eau léger d'un chaland moderne pourrait être de 20 cm et son port en lourd de 50 t avec un tirant d'eau de 70 cm. Le pousseur

devrait être aussi à faible tirant d'eau et on pourrait étudier les possibilités d'utiliser l'aluminium pour sa superstructure. Dans le cas des faibles tirants d'eau on peut envisager pour le pousseur la propulsion à aubes ou à réaction hydraulique.

La vitesse d'un tel convoi poussé peut atteindre 15 km/h par eau calme.

c) le transport dans le delta

Dans le delta, le transport local entre Saint-Louis et les chantiers de l'Organisation autonome du delta et la rizerie de Richard Toll est effectué maintenant à l'aide des pirogues traditionnelles. Les taux de fret sont assez élevés (paragraphe 1 du chapitre II).

La production agricole augmente, il en est de même pour les besoins en engrais et en matériaux de construction et, par conséquent, pour les besoins en transport.

Il faudrait examiner les possibilités d'utilisation des petits bateaux de rivière de bois, modernes, que l'on peut construire sur place, et en particulier des deux types suivants d'unités fluviales.

Premièrement, l'automoteur d'un tonnage de 30 à 40 t. Cette unité pourrait être utilisée soit pour le transport des marchandises, soit pour celui des passagers, soit pour les deux. Sa vitesse peut être d'environ 10 km/h.

Deuxièmement, le convoi poussé avec, par exemple, un pousseur en bois et deux ou trois barges en bois de 10 t. Cette combinaison convient particulièrement bien pour le transport de quantités peu importantes de marchandises à des distances de 100 à 200 km. Des barges à fond plat de 10 t, ou un peu plus, pourraient être utilisées avec succès en combinaison avec un "overtoom",^{1/} comme cela est décrit dans le chapitre V.

La Niger Marine and Engineering Company, Makurdi, Nigeria, entreprise qui a été créée par la Northern Region Development Corporation of the Government of

^{1/} Voir annexe I

Northern Nigeria, a acquis une grande expérience dans la conception et dans la construction de bateaux en bois destinés à être utilisés sur le Niger et le Benoué. Il est recommandé d'établir les contacts qui permettront d'appliquer au cas du fleuve Sénégal l'expérience acquise en Nigeria.

d) autres transports d'importance locale

Les vedettes et les chaloupes, utilisées actuellement entre Podor et Bakel, sont à fond galbé ou légèrement quillé. Par conséquent, pour une même capacité de charge et de passagers, leur tirant d'eau est supérieur à celui d'un bateau à fond plat et la période de l'année pendant laquelle elles peuvent être utilisées est plus courte que dans le cas de ces derniers.

On pourrait envisager, pour ces transports, des automoteurs d'une capacité de 15 à 20 t, construits en bois, de même que des bateaux semblables à ceux qui ont été mentionnés dans le paragraphe précédent. Ce genre d'unités pourrait aussi convenir à la navigation sur les marigots où il n'existe pas actuellement de service régulier.

CHAPITRE IV

Le port de Saint-Louis

1. Description générale du problème

Le port actuel de Saint-Louis se trouve sur la côte Est de l'île de Saint-Louis. Dans cette région, le Sénégal coule parallèlement à la côte et il est séparé de l'océan par la Langue de Barbarie qui s'étend au Sud de Saint-Louis sur une longueur de 24 km. La largeur de cette langue varie entre 200 et 500 m. Les profondeurs du Sénégal sur le tronçon qui débute au Nord de Saint-Louis et s'achève à l'embouchure, ainsi que les profondeurs de l'océan au large de la Langue de Barbarie, sont indiquées sur la carte 5851 (8) du Service hydrographique de la Marine française.

Le port lui-même consiste en un quai de 450 m et en un certain nombre de dépôts. Il est utilisé surtout par les Messageries du Sénégal. Les unités qui quittent le port dans la direction Sud doivent passer le pont Faidherbe qui est un pont tournant^{a/}.

La profondeur d'eau du fleuve entre Saint-Louis et l'embouchure est partout supérieure à 6 m^{b/}, mais à l'embouchure elle varie entre 2,50 et 3,50 m suivant la saison. La passe est très instable et le débouché en mer au fleuve s'est déplacé 26 fois au cours de la période 1850-1960 (12). Les découpements ne sont jamais dus aux crues du fleuve, ils sont toujours le fait de la mer et se produisent au cours des périodes de très forte houle (décembre-avril) (2).

a/ La température augmentant au cours de l'après-midi produit une dilatation trop importante et le passage n'est ouvert que pendant les premières heures de la journée.

b/ Il semble, cependant, que le long du quai, la profondeur ait diminué au cours des dernières années par suite de l'accumulation des débris jetés du quai dans le fleuve.

Pendant certains jours de la période décembre-avril, le brisement des larges houles à l'embouchure du fleuve empêche le passage des bateaux. Les observations journalières des pilotes de la Capitainerie du port de Saint-Louis indiquent qu'au cours des quelques dernières années, la barre n'est pas passable pendant 30 jours au maximum par an.

Plusieurs projets d'études en vue de l'amélioration du port de Saint-Louis et des projets pour la construction d'un nouveau port ont été conçus jusqu'ici (1), (4) et (20). Chaque fois, on avait indiqué qu'il était désirable que le port actuel de Saint-Louis puisse être atteint par les bateaux de mer. Ainsi, le but visé par l'aménagement a toujours été une liaison entre la mer et le port de Saint-Louis. Le fait que des bâtiments de 5 m de tirant d'eau pourraient ainsi atteindre Kayes pendant une courte période de l'année en est une des raisons, souvent invoquée.

Pourtant, cette idée se heurte à plusieurs objections sérieuses.

En premier lieu, les bâtiments de mer ne sont pas bien adaptés au trafic fluvial du point de vue technique. Pour un même tirant d'eau, les bateaux fluviaux modernes offrent un port en lourd supérieur à celui des bâtiments de mer. Le coût par tonne kilomètre est plus faible dans le cas des unités fluviales que dans celui des bateaux de mer.

En second lieu, la période pendant laquelle les bateaux de mer de moindres dimensions peuvent atteindre Matam ou Kayes est assez courte en réalité, elle ne dépasse généralement pas deux mois par année alors qu'elle est beaucoup plus longue dans le cas des bateaux fluviaux. Le but visé par le développement d'un port à Saint-Louis ne peut être la possibilité de navigation jusqu'à Kayes à la période pendant laquelle cette ville est accessible aux bateaux de mer. Par conséquent, on doit prévoir, dans tous les cas, un parc fluvial qui sera naturellement utilisé pendant la période de crue également.

Troisièmement, il faut également tenir compte du fait que la réalisation d'un projet de régularisation du courant du fleuve, soit comme conséquence de l'aménagement hydro-électrique, soit en vue de l'extension de la période de navigabilité, aura pour résultat une diminution de la hauteur de crue qui affectera la navigation jusqu'à Kayes.

Finalement, on doit considérer l'évolution future. Il se pourrait qu'après la régularisation du courant du fleuve, un barrage mobile soit construit dans la partie située le plus en aval du fleuve afin de réduire la salinité dans le delta. Le trafic des bateaux de mer exigerait alors la construction d'une écluse.

De ces considérations, on peut conclure qu'il serait logique d'envisager la construction du port indépendamment du régime du fleuve. Les seuls facteurs à considérer dans ce cas sont la distance entre le port de mer et le port fluvial, qui doit être aussi petite que possible afin de réduire les dépenses de transit et, deuxièmement le fait qu'au port, la courbe de profondeur de 10 m par exemple doit se trouver le plus près possible de la côte afin de réduire les frais de construction du port. La carte hydrographique 5851 de la Marine française montre que la distance entre la côte et la courbe de profondeur de 10 m atteint un minimum à Saint-Louis et augmente vers le Nord et vers le Sud. Il va de soi qu'il est indispensable de procéder à un nouveau levé afin de déterminer s'il y a eu de grands changements depuis celui de 1934.

La construction d'un port à Saint-Louis est avantageuse également du fait qu'il y existe déjà un port fluvial avec quelques dépôts et un quai de 450 m. Il existe également des installations pour les réparations et l'entretien des unités de navigation au chantier naval de la Direction des travaux publics du Sénégal. On peut disposer également des bâtiments indispensables pour loger l'administration du port. Il sera facile probablement d'étendre le port fluvial en récupérant les parties basses du fleuve situées immédiatement au Nord de l'île de Saint-Louis.

A l'Est, cette partie basse aborde directement le tronçon plus profond du fleuve.

On a déjà effectué quelques études préliminaires d'un port au voisinage de Saint-Louis (1). Il ressort de ces études que, malgré l'existence d'un certain nombre de données techniques, il serait nécessaire de procéder à d'autres observations pour obtenir les renseignements indispensables à une étude sur modèle qui donne de bons résultats. En égard à la nature de la côte et à l'action des houles, il ne fait pas de doute qu'une étude sur modèle serait extrêmement utile pour une conception efficace des ouvrages. Selon le rapport Sogreah-Sogetha (1), la campagne de mesure (levé, observations des houles, etc.) durerait une année, les études sur modèle 18 mois et l'avant-projet pourrait être terminé 40 mois après la signature de la convention entre le bureau d'études et le client. Dans la partie cinq du rapport M.A.S. "Port de Saint-Louis", de septembre 1959 (4), les dépenses totales sont définies de la manière suivante :

- Travaux, mesures et études exécutés sur place ou en France : (ce qui inclut l'avant-projet) :	81.600.000 francs CFA
- Dépenses locales directes de l'administration :	<u>38.400.000 francs CFA</u>
Total :	120.000.000 francs CFA

En 1961, les importations du Mali ont été constituées par 90.000 t de marchandises de caractère général et 50.000 t de produits pétroliers. Les exportations ont porté sur 50.000 t environ.

Le tonnage transporté actuellement par les Messageries du Sénégal atteint environ 20.000 t en remontant le fleuve et environ 5.000 t à la descente. Pour établir un pronostic de l'évolution possible du transport sur le Sénégal, il faut attendre une étude détaillée qui tienne compte, entre autres, des effets de la régularisation des débits. De toutes façons, le tonnage qui passera par le port de Saint-Louis sera assez réduit au cours des premières années et ne dépassera pas probablement 100.000 t de marchandises et 50.000 t de produits pétroliers. Il conviendrait donc d'envisager sérieusement la construction d'un wharf au lieu de celle des ouvrages de protection, habituellement associés à un port de mer. Ce projet est assez séduisant par les avantages suivants :

- La construction d'un wharf demande des études et des préparatifs moins longs; l'étude sur modèle n'est pas nécessaire dans ce cas.
- Le temps nécessaire à la construction du wharf proprement dite est beaucoup moins long que celui de la construction des ouvrages de protection.
- La construction d'un wharf est moins coûteuse.
- Une fois assuré un développement suffisant du trafic, on pourra procéder à la construction des ouvrages de protection à partir du wharf, transformant celui-ci en un port où l'on pourra continuer à l'utiliser ainsi que ses installations.

Pour la manutention des hydrocarbures, il faudrait prévoir un **pipeline** reliant le navire amarré sur coffres aux réservoirs à hydrocarbures, situés à terre.

Les études d'un wharf à Saint-Louis pourraient s'appuyer naturellement sur celles qui ont été faites pour le wharf de Nouakchott situé à 240 km de Saint-Louis, en un point où la côte est parallèle à la côte de Saint-Louis. L'étude de ce wharf a coûté

4.500.000 francs CFA (6). On a évalué à 20 mois le temps qui sera nécessaire à la construction de ce wharf et à 300.000.000 francs CFA les dépenses de construction. Toutefois, le coût d'un wharf à Saint-Louis sera quelque peu supérieur étant donné a) que le wharf sera plus long puisque les lignes de contour de 5 m et de 10 m y sont plus éloignées de la côte, b) que sa capacité sera supérieure et c) qu'il faudra construire une voie de communication entre le wharf et le port fluvial déjà existant.

2. Les données existantes

a) les houles

Le rapport Sogreah-Sogetha (1) donne les indications suivantes sur la houle à Nouakchott :

"Il n'existe pas de données continues et quantitatives sur les caractéristiques des houles au large de Saint-Louis. Toutefois, l'étude de l'évacuation des minerais de cuivre d'Akjoujt contient les résultats d'observations de houle portant sur une durée de 1 an. Ces résultats amènent les commentaires suivants :

La direction de la houle est extrêmement constante surtout pendant la saison sèche d'octobre à juin où la direction Nord-Ouest prédomine très largement avec quelques observations de direction Nord. En hivernage, la direction de la houle conserve également une prédominance Nord-Ouest mais quelques houles proviennent de l'Ouest et du Sud-Ouest pendant 10 à 15 % du temps.

Les caractéristiques sont variables suivant les saisons. Pendant les mois de décembre, janvier, février, mars et avril, les houles longues sont fréquentes avec des périodes moyennes comprises entre 11 et 15 secondes. De même, à cette époque l'amplitude de la houle est en général plus forte que pendant le reste de l'année; les valeurs moyennes sont comprises entre 1,0 et 1,60 m pendant cette période, contre 0,80 m et 1,20 m le reste de l'année par fonds de 10,00 m.

Les valeurs extrêmes observées ont été de 17-18 secondes pour la période et 3-3,15 m pour l'amplitude en janvier 1955. Dans 50 % des cas la période est inférieure à 9 s et l'amplitude inférieure à 1,20 m. Enfin, dans 97 % des cas, l'amplitude est inférieure à 2 m.

Les observations précédentes, effectuées au large de Nouakchott, donnent une indication sur les caractéristiques des houles probables dans la région saint-louisienne. Il est toutefois possible que les houles d'Ouest à Sud-Ouest se présentent plus fréquemment en face de Saint-Louis durant la saison d'hivernage."

b) La marée

Le service hydrographique de la Marine (13) donne les renseignements suivants sur les marées :

Dakar : Amplitude moyenne en vive-eau : 1,30 m. Corrections pour pleines mers en Saint-Louis : heures v.e. : 40 minutes, hauteurs v.e. 0,0 m.

Le M.A.S. a récemment installé à Saint-Louis un marégraphe à la cote de mer et dispose de grands nombres de relevés de marées sur le Sénégal. Le rapport Sogreah-Sogheta (1) signale que les mesures de vitesse et de débits, exécutées en juin 1901, indiquent un volume de marée de l'ordre de 15 à 20 millions de mètres cubes.

c) Les courants

Dans le fleuve, près de Saint-Louis, les vitesses sont très faibles pendant la saison sèche : 20 à 30 cm/s alors que les vitesses maximales sont de 50 à 75 cm/s (1). Selon le même rapport, les vitesses varient pendant la crue entre 75 et 110 cm/s, mais il semble que des vitesses maximales de 180 cm/s aient été observées.

Au large, il existe un courant littoral de direction Nord-Sud en saison sèche qui s'annule et, même, change de sens en période d'hivernage.

Les Instructions nautiques (14) notent que la barre est praticable toute l'année sauf en moyenne 80 jours par an; époque favorable : avril et décembre. Le passage de barre mauvaise à barre praticable, et vice-versa, est parfois très rapide. Par contre, des observations plus récentes, effectuées au cours de plusieurs années par la Capitainerie du port de Saint-Louis montreraient que ce nombre ne dépasse pas 30 jours.

d) Les vents

Les résultantes des vents ont été calculées par J.P. Nicolas et publiées dans le rapport du professeur A. Guilcher (2). Le rapport Sogreah-Sogetha contient également quelques données sur les vents et indique, notamment, que les observations périodiques toutes les 6 heures ne font pas apparaître de valeurs supérieures à 15 m/s. Toutefois, le jour de la dernière coupure (26 mars 1959), on a noté à 10 h.40 un vent de 17 m/s de direction Nord. En moyenne, les vents les plus forts s'observent en novembre et en décembre et les plus faibles d'avril à juin.

e) Le transport des sables

L'intensité du transport littoral n'est pas connue. A Saint-Louis la côte suit une direction Nord-Sud. On peut supposer que le transport littoral diminue vers le Sud, étant donné que l'orientation de la côte change progressivement au Nord-Est/Sud-Ouest. Pendant l'hivernage, l'action des vagues est bien plus faible que pendant la saison sèche et l'une des raisons qui expliquent l'accroissement de hauteur de la barre pendant cette saison pourrait être la quantité de solides apportée par le fleuve pendant la période de crue. Pendant la saison sèche, la quantité de solides transportée par le fleuve devient négligeable et l'action accrue des vagues détruit les dépôts de la saison humide.

A. Guilcher indique dans son rapport (2) que la largeur de la langue dans l'axe du pont Servatius est passée de 295 m en 1856 à 170 m en 1926. D'autre part, selon le rapport Sogreah-Sogetha : "il est parfois fait mention d'un recul progressif du rivage au large de Saint-Louis. Nous n'avons pas trouvé de documents cartographiques montrant avec certitude une telle évolution." Il serait utile d'étudier cette question en détail afin de prendre des mesures dans le temps. (Si une telle érosion de la côte se produit réellement, on pourra probablement s'y opposer à l'avenir au moyen d'ouvrages simples de protection qui ne seront pas trop coûteux. Il sera peut-être possible de combiner les ouvrages nécessaires à la protection de la côte avec ceux qui sont proposés par A. Guilcher, ce qui rendrait plus facile l'échouement des pirogues de pêche lorsque les vagues sont grandes, comme c'est le cas pendant la saison sèche. Cependant, il serait nécessaire d'effectuer une étude sur modèle pour ce dernier type de constructions.)

3. Etudes à réaliser

a) Etudes à réaliser pour un wharf à Saint-Louis

On ne s'attend pas à voir des différences suffisamment grandes entre les caractéristiques des houles à Nouakchott et à Saint-Louis pour que les observations de la houle qui ont été faites à Nouakchott pendant toute une année ne puissent pas être utilisées lors de l'étude d'un wharf pour Saint-Louis. On pourrait demander au Service hydrographique de la marine de faire à nouveau un levé normal de la mer au large de Saint-Louis et un levé détaillé le long de la côte, sur 3 km de largeur, le long de la Langue de Barbarie.

La marée doit être observée à Saint-Louis pendant quelques mois, mais le M.A.S. vient d'installer un marégraphe.

Après avoir déterminé l'emplacement du wharf, on devrait étudier la voie de communication avec le port fluvial. On aura besoin de levés topographiques. On doit

déterminer la meilleure solution pour le passage du Marigot de N'Diogo, par pont ou par digue, et procéder à des levés hydrographiques de ce marigot. Ces études ne devraient pas s'étendre au-delà d'une année.

Les études mentionnées ci-dessus pourraient être entreprises par des organismes de l'Etat déjà existants ou par un bureau d'étude. Le plan même du wharf serait fait par un bureau d'étude.

b) Etudes à réaliser pour les ouvrages de protection à Saint-Louis

Pour ce qui est des études préliminaires à l'élaboration d'un plan du port à Saint-Louis, on se référera au rapport Sogreah-Sogetha (1).

CHAPITRE V

RESUME DES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La navigabilité du fleuve Sénégal

Aucune étude complète de la navigabilité n'a été effectuée jusqu'ici mais on est parvenu à une estimation préliminaire de la navigabilité en se fondant sur certains renseignements déjà connus. Des données plus nombreuses seront nécessaires pour que l'on puisse établir la navigabilité avec une précision suffisante. En particulier, il faut un plus grand nombre d'observations des profondeurs d'eau au cours des périodes de faible débit.

Les vitesses de courant sont généralement d'importance moyenne, mais l'on ne connaît pas les vitesses aux seuils rocheux pendant les périodes des basses eaux.

En général, la largeur du chenal de navigation est suffisant. Les rayons des coudes ne sont jamais inférieurs à 250 m pendant les périodes des eaux hautes et moyennes mais on ne connaît pas ces rayons pendant l'étiage.

En aval d'Ambidedi, la navigabilité du fleuve est de beaucoup supérieure à celle du tronçon Ambidedi-Kayes. On recommande d'utiliser pour terminus du transport fluvial non pas Kayes mais Ambidedi où il existe déjà un quai et une gare de triage pour le chemin de fer.

On recommande d'examiner à nouveau la question des ouvrages proposés pour le seuil de Gorel, étant donné que les effets de ces ouvrages sur la navigabilité seront négligeables.

Amélioration de la navigabilité entre Saint-Louis et Kayes

La raison principale pour laquelle le fleuve n'est pas navigable toute l'année en aval de Cascas est la faiblesse des débits pendant une certaine partie de l'année.

Le dragage est une solution qui ne donnerait que des résultats limités et qui serait très coûteuse.

La manière la plus efficace d'améliorer la navigabilité consiste à régulariser les débits au moyen de réservoirs. L'augmentation du débit minimum jusqu'à 300 m³/s et l'aménagement de certains seuils résulteraient probablement en une profondeur d'eau disponible pour la navigation minimum de 1 m en aval d'Ambidedi.

Il est probable que la canalisation du fleuve au moyen de barrages - digues munies d'écluses, considérée comme un moyen de rendre le fleuve navigable pendant toute l'année, exigerait également l'emménagement d'une certaine quantité d'eau pour remplacer les pertes dues à l'évaporation, aux fuites et au passage des bateaux par les écluses.

L'utilisation de réservoirs de retenue d'une faible capacité en vue d'étendre la période de navigation devra probablement être justifiée entièrement par les intérêts économiques de la navigation car il est peu vraisemblable que ces réservoirs puissent servir à d'autres fins en même temps.

L'érosion des berges devrait être arrêtée ou freinée dès maintenant. On recommande d'encourager la culture du Morelia Senegalensis, cette essence convenant à la construction des ouvrages de régularisation du lit du fleuve.

Tant que l'on aura pas fait une étude qui porte sur les besoins de toutes les utilisations possibles de l'eau dans le bassin, compte tenu des débits relevés à Bakel au cours des cinquante dernières années et compte tenu des possibilités physiques d'emménagement de l'eau au moyen de réservoirs, on ne pourra pas connaître la profondeur d'eau navigable qu'il sera techniquement possible d'obtenir après la régularisation des débits. Il conviendra évidemment de tenir compte aussi des considérations d'ordre économique.

L'évaluation préliminaire de la navigabilité, établie dans ce rapport, est basée sur un nombre restreint d'observations et sur des hypothèses qui simplifient les relations entre les débits et les profondeurs d'eau; il est par conséquent nécessaire de procéder à des études plus complètes de la navigabilité.

Ces études sont décrites dans le chapitre IV; leur durée serait de dix-huit mois; leur coût ne dépasserait pas US \$ 150.000.

L'étude de la régularisation des débits est également indispensable. Le coût d'une telle étude dépendra du nombre des programmes de relâchement de la retenue intervenant dans le traitement des données sur les débits et par conséquent du temps-machine employé aux calculs électroniques. Etant donné qu'il conviendrait d'envisager l'utilisation du débit du fleuve pour diverses fins, l'estimation du coût dépasse la portée de ce rapport.

Les moyens de navigation et leur modernisation

Le parc fluvial actuel des Messageries du Sénégal n'est pas convenablement adapté à la navigation fluviale : les tirants d'eau lège sont assez grands et les rapports entre le tirant d'eau chargé et le port en lourd sont défavorables. De même, les rapports entre la puissance de propulsion et la capacité de transport sont assez grands pour certaines unités, étant donné les valeurs que prend la vitesse du courant et la faible pente du fleuve.

Il conviendrait d'adopter le système du poussage au lieu du système de remorquage, utilisé actuellement.

Il faudrait utiliser pleinement l'expérience acquise avec le système de poussage sur les autres fleuves peu profonds d'Afrique tels que le Niger au Mali et en Nigeria et le Nil au Soudan.

Les tirants d'eau des pirogues traditionnelles, des vedettes et des chaloupes utilisés sur le fleuve sont grands par rapport à la capacité de transport de ces unités. De ce fait, en amont de Podor, les possibilités d'utilisation de ces constructions sont réduites pendant une partie considérable de l'année.

On recommande de construire de petits convois poussés en bois pour les besoins du transport dans le delta et sur le fleuve, entre Podor et Bakel.

Le port de Saint-Louis

On recommande d'envisager la construction d'un port ou d'un wharf à Saint-Louis, indépendamment du régime du fleuve Sénégal.

Pour les diverses raisons qui sont exposées dans la première partie du chapitre IV, on recommande d'envisager, comme première étape du développement d'un port à Saint-Louis, la construction d'un wharf et non la construction des ouvrages de protection qui sont habituellement associés à un port de mer. Lorsqu'un développement suffisant du trafic sera atteint, des ouvrages de protection pourront être construits autour du wharf, formant ainsi un port où le wharf initial et ses installations pourront continuer d'être utilisés.

ANNEXE I

Le rôle du transport par eau dans la moyenne Vallée et dans le Delta

Les plans de l'organisation du transport dans la Vallée et dans le Delta du Sénégal doivent être établis avec soin; on trouvera ci-dessous quelques remarques intéressant cette question.

En général, les prix du transport par eau sont nettement inférieurs à ceux du transport par route ou par rail. Il en est de même dans le cas du fleuve Sénégal, comme permet d'en conclure l'examen des coûts du transport par tonne-kilomètre exposé dans le rapport de la C.I.N.A.M. (9). Dans certains cas, l'écart entre les prix des différents types de transport peut atteindre des proportions telles que plusieurs pays ont décidé de construire de nouveaux canaux jugeant qu'ils constituaient la voie la plus efficace de pénétration. A l'heure actuelle, de nouvelles voies navigables artificielles sont en construction en Europe occidentale et en U.R.S.S.

Le développement de l'agriculture dans la vallée augmentera la production des récoltes vendables. Le prix élevé du transport vers les centres de consommation ou vers les ports d'exportation réduit en effet les prix qui peuvent être payés à l'agriculteur et par conséquent le revenu de ce dernier. L'existence d'une voie navigable constitue donc un avantage important et la principale artère dont il faut tenir compte dans l'établissement des plans du système de transport dans la Vallée et dans le Delta doit être, par conséquent, la voie navigable. La régularisation des débits à des fins autres que la navigation aura naturellement un effet très favorable sur le développement ultérieur des moyens de transport bon marché dans la vallée.

En aval de Boghé, le Sénégal est actuellement navigable pendant toute l'année pour les auto-moteurs et les convois poussés ayant un tirant d'eau de moins de 90 cm.

Après l'achèvement du wharf de Nouakchott, il faudra établir un service régulier entre Rosso et Boghé, utilisant les moyens modernes de transport fluvial ayant un tirant d'eau peu élevé. Les études mentionnées au chapitre IV permettront de juger de la possibilité d'allonger jusqu'à Cascas, sans avoir recours à des travaux importants, le tronçon qui est navigable pendant toute l'année. En aval de Podor, les profondeurs d'eau permettent des tirants d'eau plus grands et entre Saint-Louis et Rosso la profondeur d'eau minimum est supérieure à 3 m. Il est donc évident qu'entre Saint-Louis et Rosso le transport par eau est le moins cher et que le trafic de marchandises doit s'effectuer suivant cette voie.

La construction de routes parallèles à la vallée du fleuve et de routes connectant les premières avec les agglomérations de la vallée doit être étudiée dans le cadre d'un développement planifié du système de transport, tenant compte des caractéristiques économiques et des coûts de tous les moyens de transport - air, rail, route, eau.

Le système des marigots doit être utilisé au maximum. On a constaté, par exemple, que le marigot de Doué, était navigable toute l'année jusqu'à proximité de Diaga Tioubalo (face au km 410 du fleuve Sénégal). Toutefois, il n'y a pas de service régulier actuellement. L'aménagement du marigot de Gayo et le rattachement de ce dernier au marigot de Doué, qui assureraient une voie d'eau permanente entre Podor et Guedé, devraient être étudiés avec attention en tant que possibilité de communication entre Ndiayene et Podor, puisque la construction d'une route entre ces deux villes entraînera certainement des frais considérables. Pour assurer le service régulier entre Podor et Guédé on pourrait utiliser des bateaux rapides convenablement adaptés.

Lors de la construction de canaux d'irrigation ou de l'aménagement des marigots pour les besoins de l'irrigation, il serait nécessaire de tenir pleinement compte des

possibilités de communication par voie d'eau. On peut mentionner ici comme exemple les canaux d'irrigation de l'Inde et les canaux de drainage des Pays-Bas, utilisés pour la navigation. Ce principe pourrait trouver une application, par exemple, dans le cas du marigot du Tialongueil (dit marigot de Damel), en aval de Matam.

La construction de barrages sur les marigots, dans le but de régulariser la hauteur d'eau de ces derniers, ne sera pas nécessairement contraire aux intérêts de la navigation. La construction d'un "overtoom"^{a)} permet de résoudre, très efficacement et à peu de frais, le problème du passage de ces barrages par les unités fluviales. Il convient d'envisager, dès maintenant, l'application de cette technique dans le Delta du Sénégal dont le réseau de voies navigables est très riche et où les besoins du transport fluvial augmentent avec le développement de la région, notamment avec l'accroissement de la production du riz.

Les Bacs

Le long du Sénégal et du marigot de Doué, on trouve des bacs aux points suivants: Rosso, Guina, Podor, Kaedi, Matam et Bakel.

On pense qu'il serait facile de perfectionner la méthode utilisée actuellement pour traverser le fleuve et qu'il conviendrait d'étudier cette question.

a) L'"overtoom" est une combinaison de deux slips successifs permettant de faire passer une digue à un matériel flottant.

ANNEXE II

LA NAVIGABILITE DE LA FALEME

Yerantonis, (20) signale que, pendant les hautes eaux, du 1er août à fin septembre, soit pendant deux mois, des pirogues et des bateaux, calant moins de 2 m, peuvent remonter la basse Falémé jusqu'à Kidira.

Le même rapport dit à ce sujet : "L'étude de la navigabilité de la Falémé a fait l'objet d'abord en mars 1957 d'une étude basée sur des levées hydrographiques datant de 1932-35 effectuées par une mission topographique de la M.E.F.S. Cette étude a montré que l'aménagement de la Falémé en voie navigable n'est possible que sur son cours inférieur c'est-à-dire jusqu'au P.K. 180 de la confluence avec le Sénégal, aux environs de la région de Sambouciré (aux abords de la cote 40.00 du lit de la rivière). Le coût de cet aménagement serait de l'ordre de 4 milliards, prix du 1er trimestre 1957 ... et nécessiterait en réalité l'établissement de trois barrages, munis d'écluses pour la navigation. Il importe de noter que cet aménagement nécessiterait en réalité l'établissement d'un barrage-réservoir (2-3 milliards) pour l'alimentation de la canalisation Falémé-Sénégal, dans le cas d'un trafic intense (minier par exemple) qui relierait le Haut Bassin de la Falémé à un port maritime à Saint-Louis, ainsi que pour parer à l'insuffisance du débit d'étiage de la voie navigable, surtout en certaines années."

Il est évident qu'au cas où il serait désirable d'aménager la rivière Falémé en voie navigable, il faudrait procéder à des études étendues et détaillées.

ANNEXE III

NOTE SUR LES TRANSPORTS DANS LE BASSIN DU SENEGAL EN AVANT DE KAYES

L'aménagement du fleuve Sénégal en une voie navigable devrait faire partie intégrante d'un projet plus vaste de développement des transports dans cette région. Il est donc utile de donner une brève description des principales voies de transport proches du fleuve.

1. Les ports maritimes et leur liaison avec l'arrière-pays

Quatre ports de mer existent déjà sur la côte et un wharf est en voie de construction à Nouakchott.

Tableau 1.

Ports de mer situés à faible distance du fleuve Sénégal

Port	Distance par la mer entre les ports	Tonnage annuel
Port-Etienne		Exportation de minerais surtout
Wharf de Nouakchott	350 km.	Tonnage prévu : Divers : 50.000 t, 30.000 t d'hydrocarbures
Saint-Louis	235 km.	Moins de 3.000 t
Dakar	200 km.	Divers : 1.780.000 t (1961), hydrocarbures : 2.266.000 t
Kaolack	150 km.	Importation : 47.000 t (1959) Exportation : 140.000 t

Ces ports sont reliés à l'arrière-pays par les principales voies suivantes :

Port-Etienne : Une voie ferrée qui aboutit aux districts miniers du Nord.
Il existe, en outre, un projet de route vers la région sud-est de la République Islamique de Mauritanie, à partir d'Atar.

Wharf de Nouakchott : La route d'Akjoujt; la route de Rosso sur le Sénégal. Entre Rosso et Boghé, le Sénégal est navigable toute l'année; entre Boghé, Kaédi et Kayes il n'est navigable qu'une partie de l'année seulement. Entre Boghé et Kaédi, une route praticable pendant la saison sèche. La partie sud-est de la Mauritanie est reliée à Kaédi par des routes praticables en toute saison.

Saint-Louis : Le Sénégal est navigable pendant toute l'année de Saint-Louis à Rosso, Podor et Boghé et seulement pendant une partie de l'année entre Saint-Louis et Kaédi, Matam, Bakel et Kayes. Une voie ferrée de 500 km relie Kayes à Bamako. Il existe une route praticable en toute saison jusqu'à N'Dioum et une route praticable en saison sèche seulement, le long du Sénégal, entre N'Dioum et Bakel. D'autre part, il existe une voie ferrée aboutissant à Dakar et à Linguère; jusqu'à Rosso une route; une route entre Linguère et Matam. La distance, par le fleuve, entre Saint-Louis et Kayes est de 924 km.

Dakar Relié par voie ferrée à Saint-Louis et à Linguère. Une autre voie ferrée établit la liaison avec Bamako via Tambacounda et Kayes. La distance entre Dakar et Kayes, par le rail, est de 737 km. La route de Saint-Louis, en macadam goudronné, est parallèle à la voie ferrée.

Kaolack Ce dernier est relié par voie ferrée à Bamako via Tambacounda et Kayes. La longueur de la voie ferrée entre Kaolack et Kayes est de 562 km.

2. Le transport par voie ferrée

a) Chemin de fer Dakar Saint-Louis

Les phosphates de Taiba et de Lam-Lam sont évacués directement par voie ferrée ce qui assure un volume de trafic important qui doit atteindre et dépasser, au cours des années à venir, 100.000 tonnes par an. Les problèmes que pose l'acheminement des phosphates vers Dakar, font l'objet d'une étude spéciale (9). Le tableau suivant donne un aperçu des tonnages transportés par chemin de fer entre Dakar et Saint-Louis en 1959, selon les données du rapport de la C.I.N.A.M. (9) :

Tableau 2

Transport par chemin de fer entre Dakar et Saint-Louis en 1959

Tronçon	Saint-Louis - Dakar	Dakar - Saint-Louis
	<u>tonnes</u>	<u>tonnes</u>
Saint-Louis - Louga	11.000	82.000
Louga - Lam Lam	30.000	100.000
Lam Lam - Thiès	100.000	100.000
Thiès - Dakar	300.000	270.000

b) Chemin de fer Dakar-Kayes

Le rapport C.I.N.A.M. (9) indique 158.000 t à la montée et 86.000 t à la descente pour le trafic par chemin de fer entre le Mali et le Sénégal avant la fermeture de la frontière. On trouvera ci-dessous la liste des principales gares sénégalaises avec l'importance du trafic de l'ex-Soudan (Mali).

Tableau 3

Liste des principales gares sénégalaises avec l'importance
du trafic soudanais (1959)

Gare	Expéditions	Arrivages	Ensemble
	<u>tonnes</u>	<u>tonnes</u>	<u>tonnes</u>
Dakar	93.200	45.720	138.320
Rufisque	26.310	966	27.276
Thiès	3.042	2.538	5.580
Saint-Louis	1.500	1.120	2.620
Kaolack	33.312	34.464	67.776
Tambacounda	924	4.290	5.214

On constatera l'importance du port de Kaolack pour le trafic dans les deux sens avec le Mali.

3. Le transport par le fleuve

a) Le transport effectué par les Messageries du Sénégal

Le tableau donne la liste, selon Fromaget, des escales touchées par les Messageries du Sénégal et les distances qui les séparent par le fleuve de Saint-Louis.

Tableau 4

Les escales du fleuve Sénégal

Escale	Distance de Saint-Louis	Territoire
Rosso	132	Mauritanie
Dagana	169	Sénégal
Podor	267	Sénégal
Boghé	380	Mauritanie
Cascas	424	Sénégal
Saldé	481	Sénégal
Maédi	532	Mauritanie
Matam	623	Sénégal
Bakel	795	Sénégal
(embouchement de la Falémé)	823	
Ambidedi	880	Mali
Kayes	924	Mali

Les statistiques du transport fluvial ont été fournies par les Messageries du Sénégal et figurent dans les tableaux 5 et 6.

On notera que le tonnage transporté est beaucoup plus important dans la direction amont que dans la direction aval : 20.654 tonnes et 4.664 tonnes respectivement en 1961. Le tonnage transporté en direction aval est constitué en partie par des emballages vides. En 1961, près de la moitié du tonnage descendant le fleuve a été transportée entre les escales.

Tableau 5

Tonnages transportés par les Messageries du Sénégal entre Saint-Louis et les escales du fleuve Sénégal^{*/}Le transport à la montée (tonnes)

Année	Rosso	Richard Toll	Dagana	Podor	Boghé	C.Saldes	Kaédi	Matam	Bakel	Kayes	Totaux
1955	3383	1171	630	1975	1498	33	1233	824	-	-	9 746
1956	6428	1110	696	2370	1993	43	1521	894	-	-	14 916
1957	5730	632	852	2509	1961	72	1842	762	-	-	14 362
1958	3163	740	1499	2695	2383	55	2016	1129	-	-	13 680
1959	6651	649	587	3445	3986	155	1467	1220	-	-	18 161
1960	5964	446	897	3088	5501	103	2800	2221	-	-	20 960
1961	3762	216	752	2751	7667	136	3110	876	783	601	20 654

Le transport à la descente (tonnes)

Année	Kayes	Bakel	Matam	Kaédi	C.Saldes	Boghé	Podor	Dagana	Richard Toll	Rosso	Entre Escales	Totaux
1955	-	-	303	690	5	195	865	88	971	157	1142	4 515
1956	-	-	210	565	4	275	491	73	975	244	1597	4 434
1957	-	-	181	715	1	304	841	46	1 306	125	1771	5 292
1958	-	-	141	483	3	138	629	86	1 871	68	1830	5 249
1959	-	-	89	224	14	210	364	39	973	168	1987	4 067
1960	-	-	81	96	1	320	256	49	394	58	2638	3 893
1961	537	27	102	131	1	470	534	43	208	67	2542	4 664

*/ Renseignements communiqués par les Messageries du Sénégal, Saint-Louis

Tableau 6

Nature des marchandises transportées par les Messageries du Sénégal^{*/}

Nature des marchandises transportées à la montée (tonnes)

Année	Sucre	Riz	Mat. cons.	Essence	Pet. G.O.	Farine	Div. et Mil	Total
1955	1979	733	1815	1231	656	-	3332	9746
1956	2729	935	3351	3023	519	-	4349	14916
1957	2896	370	2961	2105	624	664	4740	14362
1958	3893	797	2781	899	361	620	4529	13680
1959	4652	1521	3371	555	473	991	6597	18161
1960	5900	2078	3778	563	200	1565	6796	20960
1961	6071	1290	4393	1023	406	1521	5935	20654

Nature des marchandises transportées à la descente (tonnes)

Année	Gommes	Mil	Arachides	Riz R. Toll	Sel	Bois	Divers	Total
1955	1082	748	47	1368	-	-	1169	4417
1956	699	470	58	779	47	400	1981	4454
1957	955	773	-	2542	-	-	1022	5292
1958	777	761	10	2357	-	-	1334	5249
1959	433	60	-	2135	-	-	1390	4067
1960	223	24	-	2093	-	-	1548	3088
1961	1066	260	-	2068	-	-	1270	4664

^{*/} Renseignements communiqués par les Messageries du Sénégal, Saint-Louis.

On peut voir également sur ce tableau que le tonnage transporté en 1961 à Rosso constituait près de 18 % du tonnage total. 37 % du tonnage total avait pour destination Boghé et 15 % Kaédi. Par conséquent, le tonnage remontant de Saint-Louis vers les escales de la Mauritanie constituait 70 % du total. Il est probable que dès son achèvement, le wharf de Nouakchott canaliserà une partie importante des importations de la Mauritanie et que le trafic de Saint-Louis vers Rosso ainsi que vers Boghé et Kaédi en diminuera d'autant. Le trafic Saint-Louis-Boghé, Kaédi sera alors remplacé dans une certaine mesure par le trafic Rosso-Boghé, Kaédi.

b) Le transport par pirogues

L'importance du transport par pirogues n'a pas fait l'objet d'une étude statistique complète.

Yvonne Brigaud (21) indique quelque 250 pirogues de 20 t en moyenne. Selon cet auteur, les pirogues transportent près de 5.000 t vers Saint-Louis et de 8.000 à 10.000 t vers les escales du fleuve.

D'après Yerantonies (20), le Sénégal porterait 450 pirogues de 10 à 40 t. Si chacune de ces pirogues ne faisait qu'un seul voyage par année, le tonnage transporté serait d'environ 9.000 t. Etant donné l'importance de ce chiffre, il serait intéressant d'organiser une enquête détaillée sur le transport par pirogues. Cependant, on admet que le transport par pirogues ne présente souvent qu'une importance locale, les marchandises transportées se limitent parfois au sable de construction et au bois de charbon ou au bois à brûler.

On trouvera dans le tableau 7 les chiffres correspondant au transport par pirogues, communiqués par les Etablissements Peyrissac de Saint-Louis.

c) Autres transports fluviaux

Certains renseignements recueillis à Matam témoignent de la nécessité d'un service régulier de transport fluvial, en plus du service des Messageries du Sénégal. Quatre vedettes d'une capacité de 3 à 5 t pouvant transporter, en outre, 22 à 25 passagers effectuent chacune un service régulier hebdomadaire entre Matam et Podor. L'une d'elles est utilisée pour le transport du courrier. Il existe aussi un service régulier entre Matam et Bakel, effectué par une vedette équipée d'une remorque de 6 t. Une chaloupe à moteur de 10 t, pouvant prendre 30 passagers, relie tous les deux jours Kaédi à Matam.

On n'a pas obtenu de statistiques sur ces services réguliers et il n'est pas certain qu'il n'en existe pas d'autres. L'établissement de statistiques relatives à ces services de transport fluvial est à recommander.

Tableau 7

Transport de ciment par pirogue pendant la période
du 1er novembre 1961 au 31 octobre 1962 d'après les renseignements
communiqués par les Etablissements Peyrissac de Saint-Louis

Mois	Rosso	Dagana	Podor	Total
Novembre 1961	100	-	-	100
Décembre -	-	20	-	20
Janvier 1962	50	-	-	50
Février -	60	-	-	60
Mars -	120	20	20	160
Avril -	140	-	-	140
Mai -	-	-	-	-
Juin -	37	20	30	87
Juillet -	38	35	25	98
Août -	97	-	20	117
Septembre -	95	20	30	145
Octobre -	87	19	26	132
Total (tonnes)	824	134	151	1.109

d) Le transport des passagers

D'après le tableau inclu dans le rapport de M. Le Bourgeois, des 2.834 passagers transportés en direction amont de Saint-Louis par les Messageries du Sénégal en 1961, 1.647 se sont arrêtés à Podor ou à Boghé. En direction aval, ces chiffres atteignent 5.553 et 3.463,5 respectivement. Pendant une partie importante de l'année les bateaux des Messageries du Sénégal ne dépassent pas ces escales et il semble que les passagers poursuivent leur voyage vers les agglomérations situées plus haut en utilisant les services indiqués au paragraphe précédent.

4. Le transport par la route

Dans le rapport C.I.N.A.M. (9) on trouve les chiffres suivants pour le transport routier dans la région de la République du Sénégal qui fait l'objet de cette étude.

Tableau 8

Transport par route, 1959

Trajet	Tonnage
Louga - Saint-Louis	15.000
Saint-Louis - Louga	8.500
Linguère - Matam	5.000
Matam - Linguère	500
Tambacounda - Bakel	3.000
Bakel - Tambacounda	-

Le transport routier entre Saint-Louis et Rosso n'a pas été pris en considération étant donné qu'il risque d'être profondément différent après l'achèvement du wharf de Nouakchott.

5. Comparaison de l'importance des divers moyens de transport a partir de Saint-Louis et dans la Vallée du fleuve

a) Saint-Louis

Les chiffres indiqués ci-dessous permettent de constater que sur le trajet Saint-Louis - Louga le transport est plus important par le rail que par la route.

Tableau 9

1959 (tonnes)

Trajet	Route	Rail
Louga - Saint-Louis	15.000	80.000
Saint-Louis - Louga	8.500	11.000

b) Vallée du fleuve

Le tableau qui suit montre que, dans la partie orientale de la vallée, le transport par route est plus important que le transport fluvial.

Tableau 10
1959 (tonnes)

	Au départ	A l'arrivée
Bakel, par le fleuve	-	-
Bakel, par la route	-	3.000
Matam, par le fleuve	89	1.220
Matam, par la route	500	5.000

On remarquera à nouveau que le transport vers la vallée est nettement supérieur au transport en provenance de la vallée.

6. Cabotage

Entre Dakar et les escales du fleuve, le cabotage n'est guère important; il est effectué uniquement par la S.N.I.E. (Société navale d'Import et d'Export).

Le tableau 11 groupe certaines des valeurs indiquées par Bozon (3).

Tableau 11

Le cabotage en 1959

Vers l'amont	tonnes	Vers l'aval	tonnes
Dakar - Kayes	371	Kayes - Dakar	279
Rosso	46	Richard Toll - Ziguinchor (riz)	2.159
Podor	-		
Kaédi	687		
Boghé	-	Richard Toll - Dakar	258
Matam	709		
Bakel	286		
Total	2.099		2.888

Brigaud (12) signale que la S.N.I.E. n'a effectué que quatre voyages Dakar - Richard Toll pendant l'hivernage de 1960 avec un tonnage de 2.480 t en direction aval et un tonnage nul en direction amont.

L'importance du cabotage était bien plus grande au cours des années antérieures, comme le montre le tableau suivant:

Tableau 12

Le trafic maritime de Saint-Louis (tonnes)

	Entrée	Sortie	Total
1936	26.000	8.000	34.000
1937	30.000	9.000	39.000
1938	24.000	8.000	32.000
1939	30.000	10.000	40.000
1959	0	2.480	2.480

On croit savoir que le cabotage n'est plus autorisé de Dakar à Saint-Louis.

7. Importations et exportations de la République du Mali

La République du Mali étant tout particulièrement intéressée par l'aménagement du fleuve Sénégal en une voie navigable, on a indiqué ci-dessous des renseignements complémentaires sur les importations et les exportations actuelles de ce pays. Les indications rassemblées dans divers travaux (10, 11) montrent que le tonnage d'importations du Mali a atteint près de 140.000 tonnes en 1961. Les principales marchandises transportées sont groupées dans les tableaux 13 et 14.

Tableau 13

Les importations de la République du Mali en 1961

	(kg)
Légumes, fruits produits comestibles	19.318.330 a)
Farine de froment	3.046.747
Sucre raffiné	12.842.337
Vin de consommation courante	1.171.450
Autres boissons	1.702.886 b)
Sel	8.136.936
Liants et ciments	9.544.911 c)
Produits pétroliers	50.000.000
Prod. div. ind. parachimiques	1.179.233
Bois et objets en bois	1.242.060
Tissus de coton	2.438.837 d)
Métaux communs	5.208.430
Camions et camionnettes	1.136.529
Produits chimiques	1.442.263
Autres produits	30.000.000

a) Fruits provenant de la Guinée et de la Côte d'Ivoire

b) Surtout en provenance de la Côte d'Ivoire

c) Le Gouvernement du Mali projette la création d'une industrie du ciment.

d) Le Gouvernement du Mali projette la création d'une industrie textile.

Les chiffres concernant les exportations du Mali, en 1961, sont donnés dans le tableau suivant:

Tableau 14
Exportations de la République du Mali en 1961

	(kg)
Arachides	48.709.735
Kapok	91.671
Gommes	797.920
Amandes de karité	5.760
Beurre de karité	100.396
Laine	125.188
Cire d'abeilles	22.645
Poissons secs et fumés	543.821
Peaux	581.777
Coton égrené	1.736.481
Coton graines	1.459.553
Divers	25.427
	54.200.374

On constatera la différence importante entre le tonnage d'importation et le tonnage d'exportation du Mali. L'exploitation des ressources minières du Mali conduirait évidemment à une augmentation du tonnage d'exportation et permettrait ainsi de réduire les frais de transport par tonne.

ANNEXE IV

QUELQUES DONNEES RELATIVES AUX PRIX DU TRANSPORT

Les renseignements publiés jusqu'à présent ne permettent pas une analyse complète des prix du transport. Néanmoins, il est intéressant de comparer certains des taux de fret.

1. Transport par le fleuve

a) Messageries du Sénégal

Le tableau ci-dessous donne les tarifs appliqués par les Messageries du Sénégal de Saint-Louis pour le transport des marchandises en direction amont :

Tableau 1

Tarifs des Messageries du Sénégal (francs CFA)
par tonne km

Distance	Catégories		
	I	II	III
1 - 200 km	8,625	6,90	6,037
201 - 600 km	5,175	3,45	2,58
601 - 800 km	4,312	2,187	1,725

Catégorie I : explosifs, essence, produits dangereux

Catégorie II : sucre en pain, coquillages, sables, divers

Catégorie III : autre sucre; riz, maïs, orge, blé, semoule, matériaux de construction, ciment, chaux, briques, toile, bois de construction, fer, sacs vides.

Pour le transport en direction aval, il n'y a plus qu'une seule catégorie : un tiers du tarif en remontée.

La compagnie se charge de la manutention : 300 francs par tonne.

L'application de ces tarifs conduirait aux taux de fret suivants pour le transport à partir de Saint Louis :

Tableau 2

Taux de fret des Messageries du Sénégal (catégorie III)

Ports fluviaux	Distance	Taux de fret par tonne pour la catégorie III
Saint-Louis - Rosso	132 km	795 frs CFA
Saint-Louis - Podor	257 km	1.380 " "
Saint-Louis - Boghé	380 km	1.672 " "
Saint-Louis - Kaédi	532 km	2.060 " "
Saint-Louis - Matam	623 km	2.279 " "
Saint-Louis - Kayes	924 km	2.729 " "

Les Messageries du Sénégal reçoivent une subvention de 10 millions de francs CFA par année pour l'exploitation du "Bou El Mogdad". Le Gouvernement du Sénégal contribue pour 60 % de cette somme et le Gouvernement de la Mauritanie pour 40 %. Le "Bou El Mogdad" a un port en lourd de 350 tonnes et une capacité de 400 passagers.

b) Autres transports fluviaux

Les Etablissements Ch. Peyrissac sont soumis au tarif suivant pour le transport du ciment par pirogues :

Tableau 3

Les tarifs pour le transport du ciment par pirogue

Trajet	Prix du transport par tonne	Distance	par tonne/km
Saint-Louis - Rosso	550 francs CFA	132 km	4,16 francs CFA
Saint-Louis - Dagana	700 " "	169 km	4,14 " "
Saint-Louis - Podor	1000 " "	267 km	3,74 " "

L'O.A.D. (Organisation Autonome du Delta) estime à 1000 francs/CFA par tonne le prix du transport du riz de Saint-Louis à la rizerie de Rosso.

L'entreprise qui assure un service de transport régulier entre Matam et Bakel avec une vedette à remorqueur de 6 t demande 7 francs CFA par kilogramme de marchandise transportée, c'est-à-dire 40 francs CFA par tonne/km.

2. Cabotage

Selon Bozon (3), la S.N.I.E. applique les tarifs suivants pour le cabotage direct de Dakar aux diverses escales du fleuve :

Tableau 4

Tarifs de la S.N.I.E. (francs CFA)

Escale	Tarif ^{*/} S.N.I.E.	Charges annexes	Coût total rendu magasin
Saint-Louis			3000 francs CFA
Rosso	2187	1070	3257
Podor	2635	1070	3705
Boghé	2845	1070	3915
Kaédi	3145	1070	4215
Matam	3293	1070	4363
Kayes	3925	1070	4995

*/ Y compris le coût du pilotage pour l'entrée de l'embouchure du fleuve Sénégal, soit 160 francs CFA par tonne du poids des marchandises sur manifeste.

3. Rail

Pour ce qui est des transports par chemin de fer, on a obtenu les chiffres suivants :

Tableau 5

Quelques tarifs appliqués pour le transport par
voie ferrée de Dakar (francs CFA)

Trajet	Tarif chemin de fer	Charges annexes	Coût total rendu magasin
Dakar - Saint-Louis	1975	845	2820 francs CFA
Dakar - Kayes	5528	940	6468 " "

Comme dans le cas du cabotage, le Gouvernement du Soudan versait généralement une "ristourne" pour les transports à grande distance. Le montant de cette "ristourne" serait égal à 34 % de 5528 francs CFA, soit 1880 francs CFA. De plus, il apparaît que le chemin de fer reçoit une subvention annuelle du Gouvernement sénégalais.

4. Route

On trouvera, dans le tableau 6, quelques valeurs du tarif appliqué au transport par route, indiqué par Bozon (3).

Tableau 6

Quelques tarifs du transport par route (fr CFA)

Route	Route	Rail-Route
Dakar - Saint-Louis	3.300 francs CFA	
Dakar - Saint-Louis - Rosso		4.845
		2.400 *
Dakar - Linguère - Matam		6.470

* Tarif de coordination rail-route.

5. Les prix du transport entre les ports du littoral et Kayes

La circulation entre les ports maritimes et Kayes peut s'effectuer de quatre manières : cabotage, chemin de fer et fleuve combinés, voie ferrée directe et fleuve seul si l'on construit un port ou un wharf à Saint-Louis.

L'analyse suivante des tarifs est fondée sur les renseignements contenus dans le rapport C.I.N.A.M. (9) et dans le rapport de Bozon (3). Les calculs intéressent les prix des opérations jusqu'au moment où les marchandises sont chargées dans les wagons de chemin de fer, à Kayes. La pratique de la "ristourne" adoptée par le Gouvernement soudanais pour les transports à grande distance ne s'applique pas dans ce cas.

Cabotage :

Le prix du cabotage à partir des entrepôts de Dakar se répartit comme suit :

Camionnage Dakar	470 francs CFA
Taxe de port à Dakar	125 francs CFA
Tarif S.N.I.E. Dakar-Kayes	3.925 francs CFA
Débarquement à Kayes	225 francs CFA
	<hr/>
	4.745 francs CFA
Chargement en wagons à Kayes	200 francs CFA
	<hr/>
	4.945 francs CFA

Il est rappelé qu'entre Dakar et Kayes, les caboteurs ne peuvent circuler que pendant deux mois environ par année.

Chemin de fer et fleuve combinés

Le prix du transport sur cette route se compose de la manière suivante :

Camionnage Dakar	470 francs CFA
Tarif du chemin de fer Dakar-St-Louis, chargement et déchargement compris	1.975 francs CFA
Camionnage Saint-Louis	375 francs CFA
Embarquement Saint-Louis	225 francs CFA
Tarif des Messageries du Sénégal, Saint-Louis - Kayes	2.729 francs CFA
Débarquement à Kayes	225 francs CFA
Chargement au wagon à Kayes	200 francs CFA
	<hr/>
Total	6.199 francs CFA

De Dakar, par chemin de fer direct

Camionnage Dakar	470 francs CFA
Tarif chemin de fer Dakar-Kayes, chargement compris	5.528 francs CFA
	<hr/>
Total	5.998 francs CFA

De Saint-Louis à Kayes par le fleuve

Embarquement à Saint-Louis	225 francs CFA
Tarif des Messageries du Sénégal	2.729 francs CFA
Débarquement à Kayes	225 francs CFA
Chargement en wagons à Kayes	200 francs CFA
	<hr/>
Total	3.379 francs CFA

En se basant sur les tarifs appliqués, on pourrait conclure que les prix du transport entre Dakar et Kayes sur les deux routes possibles - chemin de fer direct et chemin de fer et fleuve combinés via Saint-Louis - sont presque égaux.

En comparant les tarifs de transport pour les trajets Dakar-Kayes et Saint-Louis-Kayes, on aboutirait à une deuxième conclusion, à savoir qu'il existe une grande marge pour la taxe de port et le coût de manutention associés à la construction d'un wharf à Saint-Louis. Il est intéressant de signaler que la S.E.D.E.S. estime à 1.100 francs CFA par tonne le coût de la manutention du wharf de Nouakchott. Toutefois, en raison des circonstances indiquées au chapitre IV, il convient de s'attendre à ce que le coût de la construction d'un wharf à Saint-Louis soit quelque peu supérieur à celui de Nouakchott.

Il convient de rappeler ici que les calculs de ce chapitre portent sur des tarifs qui ne représentent pas entièrement les coûts réels du transport, étant donné que ce dernier reçoit diverses subventions. Il serait intéressant de faire une étude des tarifs existants, en vue d'établir les coûts réels du transport, et de permettre une programmation qui s'appuie sur une connaissance complète de ces coûts. De même, il conviendrait de faire une estimation du coût réel de la manutention et des montants de la taxe de port qu'il faudra prévoir si un port ou un wharf venait à être construit à Saint-Louis.

BIBLIOGRAPHIE

1. Sogreah, Sogetha : Expertise relative aux études d'aménagement du Sénégal Première partie; études du fleuve Sénégal. Annexe; aménagement de l'embouchure du Sénégal.
2. A. Guilcher : Rapport sur une mission d'étude de la langue de Barbarie et l'embouchure du Sénégal, M.A.S. mars 1954.
3. Bozon : Situation actuelle des transports dans la vallée du fleuve Sénégal, M.A.S. Bulletin 118, avril 1960.
4. M.A.S. : Port de Saint-Louis. Septembre 1959.
5. M.A.S. : Courbes d'étalonnage pour Bakel, Matam, Kaedi, Salde, Boghé et Podor.
6. B.C.E.O.M. : Construction d'un wharf à Nouakchott; dossier de projet. Bureau central d'études pour l'équipement d'outre-mer, mai 1961.
7. S.E.D.E.S. : Wharf de Nouakchott. Société d'études pour le développement économique et social, avril 1961.
8. ABORDS DE SAINT-LOUIS. Carte 5851 du Service hydrographique de la Marine, 1937 : Mouillage de Saint-Louis après la levée de 1934 Corr. 1959 - 4146.
9. C.I.N.A.M. : Les flux de transport dans la République du Sénégal Tome I et III. Compagnie d'études industrielles et d'aménagement du territoire, 1960.
10. Annuaire statistique 1961. Chambre de Commerce de Bamako, République du Mali.
11. Eléments de Bilan économique, 1961. Chambre de Commerce de Bamako. République du Mali.
12. Félix Brigaud : Hydrographie du Sénégal, Centre I.F.A.N. Saint-Louis, 1961.
13. Service hydrographique de la Marine; Annuaire des marées pour l'an 1962, tome II, ports d'outre-mer.
14. Service hydrographique de la Marine : Instructions nautiques, série C (IV), Afrique, côte Ouest, (1er volume), 1959.
15. M. E. Fromaget : Instructions nautiques du fleuve Sénégal. Gouvernement général de l'Afrique occidentale française, Colonie du Sénégal, Direction de travaux publics. Bordeaux, 1908.
16. Compte rendu des activités de la mission U.H.E.A. et de l'état d'avancement des études au 30 juillet 1952.
Sondages des 46 seuils situés entre Kayes et Mafou pour débits variant de 440 à 540 m³/sec. (km 916 - km 483) et 246 à 250 m³/sec. (km 482 - km 331). Mission U.H.E.A., novembre 1950.

17. Plan de seuil de Gorel. Sondage par Marsac - Itier, échelle 1 : 1.000 B.C.E.O.M., mars 1961.
18. Plan de seuil de Kope. Sondage par Marsac - Itier, échelle 1 : 1.000 B.C.E.O.M., mars 1951.
19. Plan de seuil de Mafou. Sondage par Marsac - Itier, échelle 1 : 1.000 B.C.E.O.M., mars 1961.
20. G. Yerantonies : Rapport sur les possibilités d'aménagement des forces hydrauliques et de la navigation fluvio-maritime dans le bassin fluvial du Sénégal. M.A.S., juin 1959.
21. Yvonne Brigaud : Saint-Louis, Chambre de Commerce de Saint-Louis, 1957.
22. P. Michel : Rapport préliminaire sur la géomorphologie de la vallée alluviale du Sénégal et de Bordure, M.A.S., bulletin III, décembre 1957.
23. Gouvernement général de l'A.O.F., Direction générale des travaux publics, Service de l'hydraulique. Commission consultative des études pour l'aménagement du fleuve Sénégal réunion du 5 janvier 1957, rapport à la Commission.