

DID (H) 73.5 10094

**ORGANISATION POUR LA MISE
EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL
O.M.V.S.**

**ETUDES D'EXECUTION DU PROJET
D'AMENAGEMENT DU FLEUVE SENEGAL
POUR LA NAVIGATION**

Mission A. 1.10: Rapport Général

GROUPEMENT D'INGENIEURS-CONSEILS

Prof. Dr. Lackner & Partner
Brême, R.F.A.

Dorsch-Consult
Munich, R.F.A.

Electrowatt
Zurich, Suisse

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. <u>Objectifs des études</u>	1 - 1
2. <u>Description générale du bassin du fleuve Sénégal</u>	2 - 1
2.1 Géographie	2 - 1
2.2 Géologie	2 - 2
2.3 Climat	2 - 3
2.4 Trafic	2 - 3
2.5 Projets de développement	2 - 4
2.6 Navigation sur le fleuve Sénégal	2 - 8
3. <u>Etude générale du trafic</u>	3 - 1
3.1 Données socio-économiques	3 - 1
3.2 Données des transports	3 - 12
3.3 Résultats de l'étude du trafic	3 - 14
4. <u>Etudes techniques et travaux</u>	4 - 1
4.1 Topographie et bathymétrie	4 - 1
4.2 Hydrologie, hydrométrie et morphologie	4 - 7
4.3 Nature du sol	4 - 18
5. <u>Bases de dimensionnement</u>	5 - 1
5.1 Géométrie du chenal navigable	5 - 1
5.2 Débit de référence	5 - 6
5.3 Modèle mathématique	5 - 9
5.4 Modèles hydrauliques	5 - 10
6. <u>Travaux d'aménagement</u>	6 - 1
6.1 Généralités	6 - 1
6.2 Principes pour le choix du tracé du chenal navigable	6 - 3
6.3 Travaux d'aménagement	6 - 4
6.4 Seuils du fleuve Sénégal	6 - 8

	<u>Page</u>	
6.5	Volume de dragage et de dérochement	6 - 22
6.6	Ouvrages de correction	6 - 25
6.7	Influence du débit et des modifications du niveau de retenue à Diama sur la profondeur d'eau disponible	6 - 26
6.8	Balisage	6 - 27
7.	<u>Direction de la Voie Navigable</u>	7 - 1
7.1	Tâche et Organisation	7 - 1
7.2	Siège de la Direction et des Arrondissements	7 - 5
7.3	Personnel et formation du personnel	7 - 6
7.4	Equipements	7 - 11
8.	<u>Compagnie Inter-Etats de Navigation</u>	8 - 1
8.1	Tâche et organisation	8 - 1
8.2	Emplacement du siège de la direction de la "Compagnie Inter-Etats de Navigation"	8 - 4
8.3	Personnel et sa formation	8 - 6
8.4	Flotte de transport	8 - 10
8.5	Equipement	8 - 15
9.	<u>Calendrier de l'exécution du projet</u>	9 - 1
9.1	Généralités	9 - 1
9.2	Calendrier du déroulement des travaux d'aménagement	9 - 2
9.3	Direction de la Voie Navigable	9 - 4
9.4	Compagnie Inter-Etats de Navigation	9 - 5
9.5	Résumé	9 - 5
10.	<u>Estimation des coûts</u>	10 - 1
10.1	Généralités et prix unitaires	10 - 1
10.2	Coûts des travaux	10 - 5
10.3	Direction de la Voie Navigable	10 - 9
10.4	Compagnie Inter-Etats	10 - 11
10.5	Récapitulation des investissements	10 - 20

	<u>Page</u>
11. <u>Evaluation économique</u>	11 - 1
11.1 Données de base	11 - 1
11.2 Analyse des coûts et bénéfices	11 - 3
11.3 Rentabilité du projet	11 - 9
11.4 Analyse de sensibilité	11 - 10
12. <u>Résumé et recommandation</u>	12 - 1
12.1 Profondeur d'aménagement du chenal navigable	12 - 1
12.2 Prix de transport	12 - 2
12.3 Calendrier du déroulement	12 - 3
13. <u>Etudes et publications relatives à l'aménagement du fleuve Sénégal</u>	13 - 1

1. Objectifs des études

La région traversée par le fleuve Sénégal est située en bordure de la zone du Sahel. L'élargissement vers le sud de la zone sahélienne porte atteinte à la fois aux conditions de vie de la population dans le bassin du fleuve Sénégal, et au développement de l'économie régionale. Pour y remédier d'une manière efficace, les états riverains ont décidé une action commune et ont fondé à cet effet l'"Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal" (O.M.V.S.). Cette organisation s'est proposée les buts suivants:

- Amélioration de la situation alimentaire de la population.
- Augmentation du revenu individuel moyen.
- Maîtrise du taux élevé d'émigration de la population active.

En conséquence l'O.M.V.S. s'occupe essentiellement des tâches suivantes:

- Création des structures permettant le développement de l'économie et de l'industrie.
- Suppression de la vulnérabilité de l'économie politique par le climat et des influences extérieures.
- Développement d'une économie commune des états riverains.

Plusieurs études et projets ont déjà été élaborés à cet effet par l'O.M.V.S., par les organismes qui l'ont précédée, et sur l'ordre de celles-ci.

Ceux-ci concernent notamment:

- le développement des infrastructures,

- les mesures dans le secteur primaire telles que le développement de l'agriculture et
- l'exploitation des ressources minières et l'implantation d'industries dans la région du fleuve Sénégal.

L'objectif principal du développement de l'infrastructure est l'utilisation économique du potentiel hydraulique du bassin du fleuve Sénégal. Les buts des différents projets qui ont été et sont élaborés, sont les suivants:

- Régularisation des débits du fleuve Sénégal et utilisation de l'énergie disponible (barrage hydro-électrique de Manantali).
- Création de l'infrastructure pour une agriculture irriguée (barrages de Manantali et de Diama).
- Lutte contre la remontée de l'eau salée dans le fleuve pendant l'étiage (barrage de Diama).
- Utilisation du fleuve Sénégal en tant que voie de communication, par la réalisation d'un chenal navigable et des installations portuaires (projets pour la navigabilité et les ports et escales portuaires).

L'O.M.V.S. a chargé le Groupement Lackner-Dorsch-Electrowatt, Ingénieurs-Conseils, nommé ci-après LDE, d'élaborer les "études d'exécution du projet d'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation" entre St-Louis et Kayes. Ces études couvrent les secteurs suivants:

- Etude générale des transports dans la zone d'influence du fleuve Sénégal, en tenant compte des projets de développement (Mission A.1.8).

- Etude du matériel de transport approprié au volume de transport et aux conditions locales (Mission A.1.9).
- Etude et recherche des prix unitaires (Mission A.1.7).
- Elaboration des bases techniques pour l'établissement du projet d'un chenal navigable à savoir: topographie, bathymétrie, géologie et hydrologie (Missions A.1.1, B.1 et B.2).
- Définition des travaux d'aménagement nécessaires pour un débit de régularisation donné et pour de différentes profondeurs du chenal navigable, y compris le balisage de la voie navigable (Missions A.1.5, A.1.12 et B.3).
- Mise en place et organisation d'une Direction pour l'entretien de la voie navigable et l'inspection de la navigation (Mission A.1.14).
- Mise en place et organisation d'une Compagnie responsable du transport fluvial (Mission A.1.11).
- Evaluation économique du projet (Mission A.1.15).

Les résultats obtenus sont résumés dans le présent rapport qui met un terme à la première phase des études confiées par l'O.M.V.S au Groupement d'Ingénieurs-Conseils.

2. Description générale du bassin du fleuve Sénégal

2.1 Géographie

Le fleuve Sénégal, y compris sa branche mère le Bafing, a une longueur de 1 800 km et est l'un des plus longs fleuves de l'Afrique. Il prend sa source dans le massif du Fouta-Djallon en Guinée à une altitude d'environ 800 m et traverse le nord de la Guinée et l'ouest du Mali avant que son cours inférieur forme la frontière entre la Mauritanie et le Sénégal.

Les principaux affluents du fleuve Sénégal sont:

- le Bafing,
- le Bakoye et
- la Falémé.

Les apports des autres affluents tels que le Kolimbiné, le Karakoro et le Gorgol sont en effet négligeables.

Le bassin versant du fleuve Sénégal est situé entre le 10e et le 17e degré de latitude et le 7e et le 16e méridien ouest et s'étend sur 289 000 km². Il se répartit comme suit entre les états riverains:

- Guinée	31 000 km ²	≅ 11 %
- Mali	155 000 km ²	≅ 54 %
- Mauritanie	75 500 km ²	≅ 26 %
- Sénégal	27 500 km ²	≅ 9 %

Le bassin du fleuve Sénégal se divise en trois zones:

- le "Haut Bassin", comprenant la région en partie montagneuse du cours supérieur du fleuve et s'étendant jusqu'à Bakel,

- la "Vallée", qui s'étend de Bakel à Dagana à travers une plaine alluviale et
- le "Delta", c'est-à-dire la région entre Dagana et l'embouchure dans l'Atlantique à St-Louis.

2.2

Géologie

Un socle précambrien constitué par de très vieux sédiments métamorphiques forme le substratum géologique du "Haut-Bassin". Depuis une intense orogénèse qui s'est produite au paléozoïque, cette zone n'a plus connu de mouvements notables.

La "Vallée" et le "Delta" se sont formés par entailement du lit du fleuve dans le socle continental du tertiaire et quaternaire.

Morphologiquement, et à l'exception des régions montagneuses des sources du Bafing et de la Falémé, le "Haut-Bassin" est caractérisé par un relief peu accentué et de nombreux marigots.

La "Vallée" est une plaine d'inondation, le "Oualo", d'une largeur de 10 à 20 km, où, lors des inondations annuelles, les alluvions se déposent, constituant un sol assez fertile.

Le "Delta" est une large plaine marécageuse traversée par des bras de fleuve peu profonds. En raison de sa faible accentuation, cette zone de l'embouchure est particulièrement soumise aux influences de la mer.

2.3 Climat

Dans la région montagneuse et boisée de la source du fleuve Sénégal, le "climat foutanien" prédomine, avec des précipitations annuelles de 2 000 à 1 500 mm. Entre la frontière Guinée/Mali et Bakel, le Bafing et le Sénégal traversent la zone du "climat soudanien" avec des précipitations comprises entre 1 200 et 600 mm. Au nord de Bakel, on passe au "climat sahélien" semi-aride avec des précipitations comprises entre 700 et 250 mm.

L'hivernage, à savoir la saison des pluies, dure huit mois dans la région de la source et environ trois mois dans le nord.

La moyenne annuelle des températures est de 30° C. Janvier est le mois le plus froid, tandis que le mois le plus chaud se situe, suivant la latitude, entre mars et septembre. A Kayes, les températures maximales et minimales atteignent respectivement 46° C et 12° C.

L'humidité de l'air subit de fortes variations. Elle atteint au sud en moyenne 98 % pendant l'hivernage, alors que la valeur minimale est en moyenne de 10 % à Kayes.

2.4 Trafic

La rive gauche du fleuve Sénégal entre St-Louis et Matam est accessible par une route bitumée, la "Route de Diérré". En prenant le bac de Rosso, on atteint Nouakchott par une route également bitumée. Dans la région le long du fleuve, il n'existe que des pistes, qui ne peuvent le plus souvent pas être utilisés pendant l'hivernage. Pour gagner Bakel par des routes de praticabilité permanente, il faut passer par Tambakounda et Kidira.

Au Mali, dans la région du fleuve Sénégal, on ne trouve que des pistes temporaires, impraticables pendant l'hivernage. Le moyen de transport principal est ici le chemin de fer qui longe le fleuve entre Ambidédi et Kayes et plus en amont.

Les villes de St-Louis, Richard Toll, Podor, Kaédi, Matam, Bakel et Kayes sont en outre reliées aux capitales des états riverains par un service aérien régulier.

Le trafic fluvial sur le fleuve Sénégal est actuellement de moindre importance. A l'exception de quelques péniches automotrices, qui transportent pendant la période des crues des marchandises jusqu'à Kayes, seules des pirogues circulent sur le fleuve.

2.5 Projets de développement

2.5.1 Infrastructure

a) Barrage de Manantali

La construction d'un barrage avec une centrale électrique est prévue sur le Bafing au Mali, à environ 80 km en amont de la confluence de ce fleuve et du Bakoye, ayant les objectifs suivants:

- Régularisation des débits du fleuve Sénégal pour permettre la réalisation d'une agriculture irriguée sur 255 000 ha et la navigation pendant toute l'année en garantissant un débit minimum de $100 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Production annuelle d'énergie électrique de 800 GWh
- Ecrêtement des crues.

En outre, lors de la phase initiale, le barrage permettra de réaliser une crue artificielle, nécessaire à l'agriculture traditionnelle.

b) Barrage d'embouchure de Diama

Un barrage d'embouchure est prévu à environ 26 km en amont de St-Louis. Il a pour objectif:

- d'empêcher la remontée de l'eau salée dans le cours inférieur du fleuve pendant l'étiage et
- de créer un réservoir d'eau douce pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable.

La cote de la retenue du barrage sera de +1,50 m IGN. Une augmentation éventuelle à +2,50 m IGN est cependant prise en considération.

Les crues seront évacuées par sept vannes-secteurs d'une largeur de 20 m. Une écluse de 25 m de large, d'une longueur utile de 200 m, est prévue pour la navigation, permettant le passage de convois de 6 barges sans désaccouplement.

c) Aménagement du fleuve pour la navigation

La navigation sur le fleuve Sénégal entre St-Louis et Kayes n'est actuellement possible que pendant 3 mois par an environ avec une profondeur d'eau de 1,5 m. La présente étude a entre autres pour objectif, la définition, après la régularisation des débits, d'une voie navigable pendant toute l'année.

d) Installations portuaires sur le fleuve Sénégal

Aucune installation portuaire rentable n'existe le long du fleuve Sénégal, et une étude doit être entreprise comprenant les objets suivants:

- Réalisation d'un chenal d'accès à St-Louis
- Création d'un port maritime à St-Louis
- Création d'un port fluvial à Kayes
- Création d'escales portuaires à Rosso, Richard Toll, Dagana, Podor, Boghé, Kaédi, Matam, Bakel et Ambidédi.

2.5.2 Secteur primaire

Les barrages de Manantali et Diama permettront le développement d'une agriculture intensive sous forme de cultures multiples le long du fleuve Sénégal. Ainsi les surfaces cultivables et les rendements ne dépendront plus, comme actuellement, des précipitations et du déroulement de la crue du fleuve.

La mise en valeur progressive d'environ 250 000 ha des 440 000 ha irrigables dans le bassin du fleuve Sénégal est prévue pour les 50 prochaines années.

Les rendements plus élevés de l'agriculture, les moyens d'exploitation nécessaires et la demande croissante de la population font prévoir un besoin en transport, qui pourra être couvert le plus favorablement par la navigation.

2.5.3 Exploitation minière et industrie

De nombreuses ressources minières existent dans la zone d'influence du fleuve Sénégal. Des minerais de fer, de bauxite et de cuivre ont été repérés dans le "Haut Bassin" et des gisements de phosphate ont été explorés dans la "Vallée".

Des possibilités d'exploitation et de traitement des minerais ont déjà été étudiées pour certains gisements. Différentes alternatives des volumes de transport ont été prises en considération pour l'analyse du transport fluvial:

- transport de phosphate de Kaédi à St-Louis à partir de 1985, à raison de 0,8 million de t/an,
- transport de minerai de fer de Kayes à St-Louis à partir de 1990, à raison de 10 millions de t/an ou 5 millions de t/an de pellets,
- transport de bauxite de Kayes à St-Louis à partir de 1990, à raison de 1,2 millions de t/an.

En outre, dans le bassin même du fleuve Sénégal, des industries de transformation de produits agricoles sont prévues.

2.6 Navigation sur le fleuve Sénégal

2.6.1 Historique

Depuis le 17e siècle déjà, le fleuve Sénégal est utilisé comme voie navigable. Depuis le milieu du 19e siècle, des bateaux maritimes le remontèrent jusqu'à Kayes pendant la période des crues. A cette époque, le trafic servait au commerce entre les régions des fleuves Sénégal et Niger et l'Europe. Des produits agricoles, surtout du caoutchouc et du coton, furent exportés et des biens de consommation en provenance d'Europe importés.

Vers l'année 1900, la navigation sur le fleuve Sénégal connut son point culminant, quand de grandes quantités d'arachides provenant de la région entre les fleuves Sénégal et Niger devaient être acheminées vers la côte. Cependant la capacité du fleuve, limitée par les fluctuations du niveau d'eau et l'ensablement du chenal d'accès de St-Louis, était bientôt insuffisante en dépit du balisage de la voie navigable.

La construction de la ligne de chemin de fer Dakar - Kayes - Niger en 1927, fit perdre leur importance aussi bien au trafic sur la voie navigable qu'aux villes situées au bord du fleuve. En outre l'aménagement de la route St-Louis - Matam représenta une concurrence supplémentaire pour la navigation.

2.6.2 Situation actuelle

Le volume de transport actuel sur le fleuve Sénégal n'a que peu d'importance. Depuis l'année 1955, le volume de 25 000 tonnes par an n'a pas été dépassé. Ce volume de marchandises est réparti entre environ 10 bateaux à moteur et un grand nombre de pirogues et canots. Les pe-

tits bateaux sont utilisés pour le transport local de voyageurs et de marchandises, lorsque les pistes qui longent le fleuve, sont impraticables pendant l'hivernage.

Le développement défavorable de la navigation sur le fleuve Sénégal est dû aux facteurs suivants:

- chenal d'accès difficile à St-Louis et
- profondeurs d'eau insuffisantes du fleuve Sénégal en amont de Podor pendant environ 8 mois de l'année.

En outre la navigation est gênée par

- le pont Faidherbe et
- l'absence d'installations portuaires le long du fleuve.

a) L'accès à St-Louis

Les profondeurs d'eau au-dessus de la barre varient selon la saison, les vents et le débit du fleuve, entre 2,0 m et 5,0 m [6].

En raison des conditions d'accès difficiles, la barre n'est plus guère franchie par des bateaux maritimes ou des caboteurs. En conséquence, l'importance du port maritime a beaucoup diminuée durant les dernières décennies.

b) Profondeurs d'eau entre St-Louis et Kayes

La durée de la navigabilité du fleuve dépend essentiellement de l'importance des précipitations dans la région de sa source. Lors des années à forte pluviométrie, la profondeur d'eau du tronçon entre St-Louis et Kayes atteint 2,0 m pendant 105 jours; en revanche, elle ne l'est que pendant 76 jours [1] lors des années sèches.

Le tableau 2.6.2 récapitule les profondeurs d'eau actuellement disponibles sur les différents tronçons du fleuve.

Tableau 2.6.2: Nombre de jours navigables pour différentes profondeurs

Précipitation	faible			moyenne			forte		
	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0
Profondeur en m									
St-Louis - Mafou	365	365	365	365	365	365	365	365	365
Mafou - Boghé	256	186	155	286	219	190	323	254	215
Boghé - Kaédi	176	142	121	206	188	157	242	216	193
Kaédi - Matam	183	155	130	214	194	164	253	220	199
Matam - Bakel	184	146	117	210	184	160	251	216	188
Bakel - Ambidédi	160	123	93	185	157	122	224	183	133
Ambidédi - Kayes	106	92	76	133	114	95	165	130	105

c) Pont Faidherbe

Ce pont-route d'une longueur totale de 506 m est la seule liaison entre les quartiers de la ville de St-Louis situés sur l'île et la Langue de Barbarie. Une travée du pont en treillis est tournante, et une ouverture de 28 m de large est à la disposition de la navigation.

La manoeuvre du pont tournant exige plusieurs heures, étant donné qu'elle est manuelle et qu'une conduite d'eau posée sur le pont, doit être démontée chaque fois. De ce fait, ce pont représente un grand obstacle non seulement pour la navigation mais aussi pour le trafic routier.

d) Escales portuaires le long du fleuve

Les installations portuaires de St-Louis et les escales portuaires de Rosso, Richard Toll et Podor peuvent être utilisées pendant toute l'année par des bateaux d'un enfoncement jusqu'à 1,20 m. Les autres escales portuaires existantes ne sont accessibles que pendant la crue. Des appareils de transbordement n'existent à aucune des escales portuaires.

3. Etude générale du trafic

3.1 Données socio-économiques

3.1.1 Généralités

Le volume de marchandises à transporter sur le fleuve Sénégal, est essentiellement déterminé par les caractéristiques socio-économiques de la zone d'influence. Dans le cadre de la Mission A.1.8, ces perspectives de développement des domaines et secteurs suivants ont été analysées:

- population,
- économie politique,
- agriculture,
- exploitation minière et
- industrie de transformation.

Comme le fleuve Sénégal est d'une importance essentielle pour le désenclavement de la région continentale du Mali, les volumes d'importation et d'exportation ont également été déterminés pour les régions du Mali hors de la zone d'influence du fleuve, c'est-à-dire non adjacentes à ce dernier.

Les horizons suivants ont été pris en considération pour l'évaluation des caractéristiques socio-économiques:

1983, 1990, 2000 et 2025.



3.1.2 Population

La population totale de la région étudiée s'élève à 2,1 millions d'habitants qui se répartissent de la façon suivante entre les différents pays:

- 41 % au Mali
- 30 % en Mauritanie
- 29 % au Sénégal.

Les taux de croissance admis et le développement de la population qui en résulte sont indiqués ci-dessous:

Tableau 3.1.2: Population dans les régions étudiées

Zone d'influence	Taux de croissance en %		Population en millions d'habitants				
	jusqu'en 2000	2000 à 2025	1976/77	1983	1990	2000	2025
Mali	2,2	1,8	0,872	1,005	1,169	1,454	2,271
Mauritanie	2,1	1,8	0,633	0,724	0,837	1,031	1,611
Sénégal	2,5	2,1	0,609	0,727	0,864	1,106	1,859
Total	-	-	2,114	2,456	2,870	3,591	5,741

La zone d'influence présente dans son ensemble, à l'exception de St-Louis et Kayes, un caractère encore rural. Pourtant une croissance de l'urbanisation se fait déjà sentir, qui est due à celle de la population et à l'immigration. On peut admettre que la population urbaine doublera ou même triplera jusqu'à l'année 2025.

3.1.3 Economie politique

En l'absence de données macro-économiques relatives aux régions du Mali et de la Mauritanie situées le long du fleuve, il a été nécessaire de se baser sur les données d'économie nationale relatives à chacun des pays. En revanche, des données relatives à la vallée du fleuve Sénégal sont disponibles et ont pu être utilisées. Les valeurs macro-économiques essentielles relatives au produit intérieur brut per capita (habitant) (P.I.B. p.c.) et à la consommation privée par habitant sont indiquées au tableau 3.1.3 a) ci-après.

Tableau 3.1.3 a) Produit intérieur brut et consommation par habitant en FCFA

Régions du fleuve	Base des prix	Année	P.I.B.	Consommation privée
Mali	1975	1975/76	20 357	14 657
Mauritanie	1973	1976	58 910	32 638
Sénégal	1974	1974	39 613	27 488

Les prévisions de croissance sont basées sur l'hypothèse que le développement prévu pour l'agriculture et les industries y afférentes ainsi que pour l'exploitation de gisements miniers entraînera d'importantes impulsions de croissance pour l'ensemble de l'économie, permettant une croissance constante sur une période prolongée.

Les valeurs relatives à la consommation privée par habitant constituent un facteur important pour les prévisions des biens de consommation. Les valeurs retenues dans le cadre de cette étude sont indiquées au tableau 3.1.3 b) ci-après.

Tableau 3.1.3 b): Taux d'accroissement pour la consommation par habitant

Pays	Taux d'accroissement en %	
	jusqu'en 2000	de 2000 jusqu'en 2025
Mali	4,0	3,9
Mauritanie	3,2	3,1
Sénégal	3,7	3,5

3.1.4 Agriculture

La production agricole actuelle et future de la région étudiée provient des domaines suivants:

- agriculture traditionnelle,
- agriculture irriguée, actuellement en développement,
- élevage traditionnel,
- élevage moderne et
- pêche.

La mise en service des barrages de Diama et de Manantali est indispensable au développement d'une agriculture irriguée à haut rendement, qui de son côté est la condition préalable pour l'élevage efficace et rentable du bétail lequel ne peut être garanti que par des cultures fourragères supplémentaires.

La production agricole a été calculée pour différentes cadences d'aménagement des périmètres irrigués, lesquelles varient entre les valeurs suivantes:

2 000 à 11 000 ha/an jusqu'à l'année 2000

et

100 à 1 100 ha/an pour l'espace du temps de l'année 2000 à 2025.

Pour une cadence d'aménagement moyenne, les volumes de production pour les différents horizons considérés sont donnés au tableau 3.1.4 ci-après.

Les pertes lors du stockage, les déductions pour les semences, etc. ont été déduites.

Tableau 3.1.4: Production et consommation des produits agricoles et de viande

Région	Production en 1000 t								Consommation en 1000 t							
	1983		1990		2000		2025		1983		1990		2000		2025	
	PA ¹⁾	V ²⁾	PA	V	PA	V	PA	V	PA	V	PA	V	PA	V	PA	V
Kayes	47,8	4,3	77,0	6,2	170,0	9,9	286,4	13,5	53,3	6,2	66,0	7,8	89,9	10,3	165,0	22,9
Rosso	14,4	5,4	22,7	7,1	43,5	9,3	191,3	14,0	45,5	9,8	56,7	11,6	74,8	15,8	125,5	34,1
Aleg	14,5	6,3	26,9	8,2	58,1	10,8	214,0	15,5	33,3	7,1	41,3	8,4	54,7	11,6	99,5	25,0
Kaédi	20,7	6,5	41,5	8,8	93,3	12,1	173,6	14,9	33,8	7,3	42,1	8,6	55,6	11,8	100,7	25,4
Sélibaby	15,6	6,6	19,8	8,3	24,3	10,1	28,8	10,5	19,8	4,2	24,6	5,0	32,7	6,9	59,3	14,9
Dagana	47,1	4,6	62,2	5,9	84,5	7,5	124,0	8,4	54,2	6,5	67,9	8,2	91,2	12,6	151,2	39,8
Podor	39,2	5,0	74,3	7,2	101,7	9,3	182,9	11,7	37,9	4,5	47,6	5,7	64,0	8,9	106,3	28,0
Matam	35,1	5,3	80,2	7,5	189,8	12,0	200,2	13,2	45,6	5,5	57,1	6,9	77,0	10,7	127,8	33,6
Bakel	32,3	2,8	37,3	3,5	46,4	4,6	77,4	5,4	23,3	2,8	28,9	3,5	39,0	5,4	88,7	23,4
Total	266,7	46,8	441,9	62,7	811,6	85,6	1478,6	107,1	346,7	53,9	432,2	65,7	578,9	94,0	1024,0	247,1

1) Produits agricoles

2) Viande

Les prévisions relatives à la production de viande sont basées sur l'hypothèse que l'effectif du gros bétail, soit les bovins, ovins et caprins, n'augmentera pas, afin de ne pas perturber l'équilibre écologique. Un accroissement de la production pourra en revanche être obtenu grâce à une amélioration de l'élevage, le bétail pâturant d'abord pour être ensuite engraisé par les fourrages produits. Un accroissement correspondant à celui de la population a en revanche été pris en considération pour le bétail non broutant.

Le tableau 3.1.4 indique également la consommation des différentes régions. Le volume de produits agricoles à transporter correspond ainsi à la différence entre production et consommation. Il convient également de tenir compte dans l'estimation du volume de transport, aussi bien des machines agricoles nécessaires que des engrais, carburants, pesticides, etc. qui seront utilisés dans le secteur agricole. Les valeurs correspondantes sont indiquées à l'art. 3.1.6.

3.1.5 Production minière

Il n'existe actuellement encore aucune activité minière, ni dans la vallée du fleuve elle-même ni dans les régions avoisinantes. Des gisements qui pourront éventuellement être exploités dans l'avenir ont cependant été repérés. Ils sont situés dans les parties sénégalaise et mauritanienne de la "Vallée" ainsi que dans les zones plus éloignées, à savoir dans le Sénégal oriental, dans le sud et le sud-est de la Mauritanie et dans l'ouest et le sud-ouest du Mali. Aucune donnée précise concernant

aussi bien l'importance des gisements que leur exploitabilité, ou relatives aux modes et itinéraires de transport n'est cependant disponible actuellement.

Les ressources minières suivantes doivent être mentionnées:

- minerai de fer au Mali dans les régions de Bafing - Bakoye, Djidiou - Kéniéba, Dianou - Bafoulabé ainsi que Niore,
- bauxite au Mali à Babéa, Bamako-Ouest et Keniéba-Sud,
- cuivre en Mauritanie près de Diaguilli,
- phosphate en Mauritanie à Kaédi et Civé,
- minerai de fer de la région de la Falémé au Sénégal.

L'étude des transports sur le fleuve a considéré en variante les volumes de transport supplémentaires suivants qui s'ajoutent à ceux des marchandises diverses et des hydrocarbures:

- phosphate de Kaédi, 800 000 t/an,
- bauxite du Mali, transbordement à Kayes:
1,2 millions de t d'alumine par an,
- minerai de fer du Mali:
10 millions de t de minerai ou 5 millions de t de pellets par an.

Les minerais de fer du Sénégal seront en revanche transportés par chemin de fer.

5.1.6 Production et consommation de biens industriels

L'industrie de transformation n'est encore que peu développée et se limite à quelques rares entreprises d'industrie agricole. Grâce à l'accroissement de la production agricole, les industries de transformation s'implanteront et se développeront, principalement dans les grandes villes et leur grande périphérie.

La production industrielle locale contribuera ainsi au volume de transport sur le fleuve. Il faut cependant relever que le volume des importations de biens industriels qui ne sont pas produits dans le pays, est très largement supérieur à celui de la production locale. Il s'agit en particulier:

- des hydrocarbures,
- des matériaux de construction,
- des engrais,
- des pesticides et
- du matériel agricole.

La production et la consommation des produits industriels, à l'exception des carburants, sont données par région et pour les quatre horizons considérés dans le tableau 3.1.6.a) ci-après. Le tableau 3.1.6 b) récapitule pour les mêmes régions et horizons les consommations annuelles d'hydrocarbures.

Tableau 3.1.6 a) Production et consommation des produits industriels en 1000 t

Région	Production				Consommation			
	1983	1990	2000	2025	1983	1990	2000	2025
Kayes	291,9	298,7	262,0	303,8	32,4	47,4	109,8	365,1
Rosso	32,0	32,5	33,3	35,3	34,1	39,2	54,7	142,5
Aleg	-	-	-	-	2,8	5,4	12,9	50,8
Kaédi	17,7	43,0	46,8	94,1	4,8	9,7	22,2	68,3
Sélibaby	-	-	-	-	2,6	5,1	8,9	21,8
Dagana	100,9	119,2	124,4	124,4	138,5	180,2	293,3	879,8
Podor	-	-	-	-	7,0	13,6	23,6	69,5
Matam	20,9	36,1	36,7	38,2	8,3	16,2	39,2	95,2
Bakel	-	-	-	-	2,8	4,0	6,8	16,7
Total	463,4	529,5	503,2	595,7	233,3	320,8	571,4	1709,7

Tableau 3.1.6 b) Consommation d'hydrocarbures en 1000 t

Région	1983	1990	2000	2025
Kayes	35,0	45,9	57,7	130,4
Rosso	7,0	11,0	20,8	81,1
Aleg	1,2	2,5	5,8	21,6
Kaédi	4,0	6,8	13,5	42,8
Sélibaby	0,7	1,2	2,3	7,2
Dagana	37,6	58,3	111,9	458,5
Podor	8,2	14,6	28,2	110,9
Matam	9,4	16,6	36,8	132,3
Bakel	2,2	3,6	7,7	30,1
Total	105,3	160,5	284,7	1 014,5

3.1.7 Transport à destination et en provenance du Mali

L'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation profitera au Mali non seulement aux régions voisines du fleuve, mais également aux autres régions du pays. Il est évident qu'une part importante des échanges commerciaux avec le Sénégal et qu'une grande part du trafic de transit via Dakar ou Abidjan emprunteront à l'avenir la voie fluviale.

Les volumes du commerce extérieur, déduction faite de la part du Cercle de Kayes, ont été les suivants en 1975:

- importation 1975: 257 800 t, dont 69 680 t d'hydrocarbures
- exportation 1975/76: 137 000 t.

Le tableau 3.1.7 ci-après récapitule la part des importations et exportations à destination et en provenance du Mali, déduction faite de la part du Cercle de Kayes, susceptible d'être transportée sur le fleuve aux différents horizons considérés.

Tableau 3.1.7: Importations et exportations du Mali, sans les régions riveraines du fleuve Sénégal, en 1 000 t

	1983	1990	2000	2025
<u>Importations</u>				
Marchandises solides	258	395	844	2 858
Marchandises liquides	124	213	460	1 754
Total importation	382	608	1 304	4 612
<u>Exportations</u>	212	352	725	2 455

3.2

Données des transports

Etant donné la situation du trafic dans la région étudiée, décrite à l'art. 2.4, il est hautement souhaitable et même indispensable, pour promouvoir le développement dans la Vallée, de mettre à la disposition des usagers un mode de transport meilleur marché que les transports routier et ferroviaire.

Les tarifs valables actuellement pour les transports routier et ferroviaire sont indiqués ci-dessous:

Tableau 3.2: Tarifs en FCFA/tkm

Moyen de Transport	Mali	Mauretaniien	Senegal
Transport routier Tarif général moyen	13,2	28,0	22,0
Transport ferroviaire Tarif Moyen	7,85	-	8,0

L'évaluation de la part du trafic qui sera assurée à l'avenir par la navigation fait intervenir les différents coûts de transport routier et fluvial, compte tenu des coûts de manutention, transbordement et entreposage, etc..

Les valeurs suivantes ont été retenues:

		Route	Fleuve
- coût de transport	FCFA/tkm	22,0	9,7
- coût de transbordement, d'écluse et taxes portuaires	FCFA/t	1 200	2 600

L'hypothèse faite lors de l'étude relative au coût du transport fluvial, soit 9,7 FCFA/tkm, s'est révélée par la suite très pessimiste. En effet, conformément au tableau 10.4.3 c), le coût du transport fluvial pour les marchandises diverses sera compris entre 5,6 et 8,8 FCFA/tkm, suivant le volume des marchandises à transporter. Cette différence est évidemment en faveur de la navigation, mais sa prise en considération ne modifiera la répartition modale que de manière négligeable.

La répartition modale du trafic dans la zone d'influence du fleuve Sénégal est donnée graphiquement à la figure 3.2.

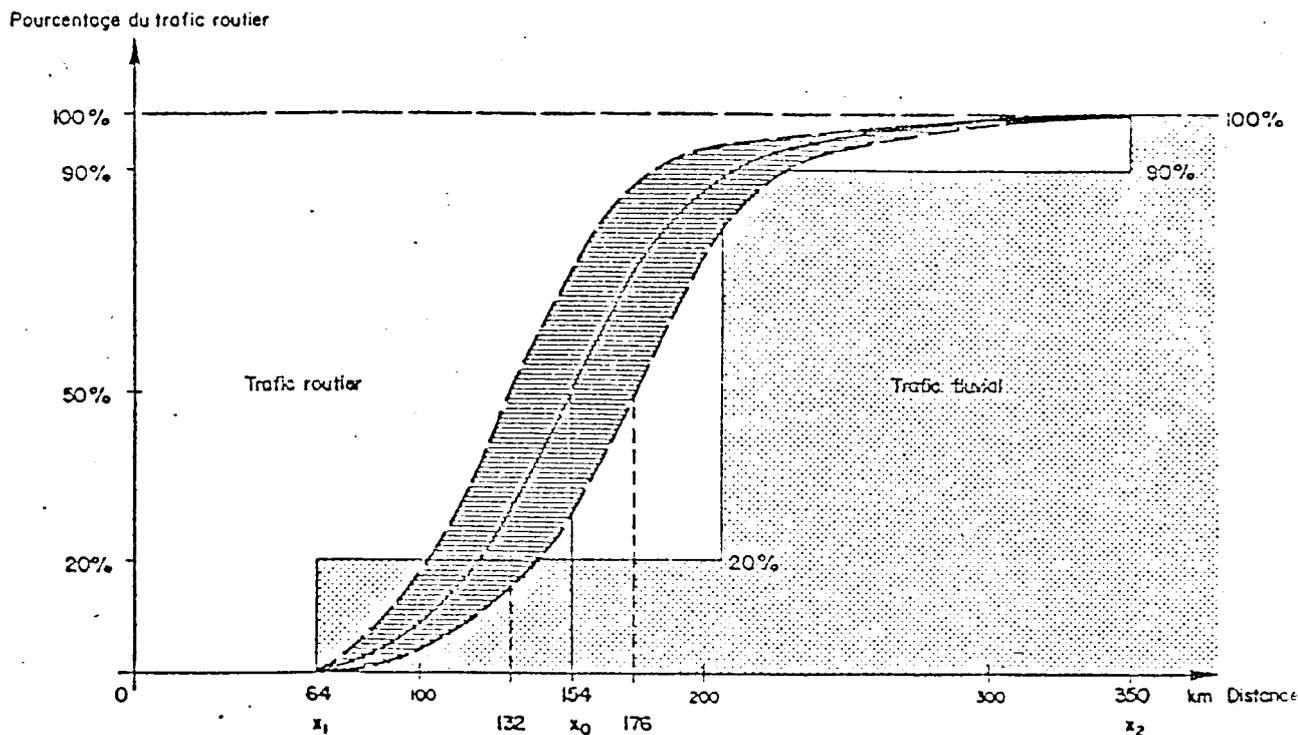


Figure 3.2: Répartition modale du trafic

Pour le Mali, une répartition identique a été adoptée pour le trafic, déduction faite des transports ferroviaires et des transports effectués par la Côte d'Ivoire vers Abidjan.

3.3 Résultats de l'étude du trafic

Les résultats obtenus concernent, d'une part, le volume total des transports à escompter dans les différentes régions, aux différents horizons de planification étudiés, et, d'autre part, l'estimation des volumes de marchandises à transporter sur le fleuve. Le volume futur des transports a été déterminé sur la base des surplus

et déficits possibles de la production agricole et des besoins futurs en carburants et matériaux de construction.

Le tableau 3.3 a) ci-dessous indique le volume de transport escompté pour les différents horizons étudiés.

Tableau 3.3 a) : Volume de transport en 1 000 t

No.	Zone	Marchandises solides Surplus ⊕				Marchandises solides Déficit ⊖				Hydrocarbures Déficit ⊖			
		1983	1990	2000	2025	1983	1990	2000	2025	1985	1990	2000	2025
12/14	Dagana	99,5	116,8	121,8	121,8	146,2	185,8	302,6	935,8	37,6	58,3	111,9	458,5
13	Rosso	5,0	5,5	6,6	64,0	42,6	50,7	65,6	135,6	7,0	11,0	20,8	81,1
10	Podor	3,6	28,2	38,2	76,6	8,8	13,6	23,6	85,8	8,2	14,6	28,2	110,9
11	Boghé/Aleg	0	0	3,4	114,5	22,5	20,1	13,7	60,3	1,2	2,5	5,8	21,6
08	Kaédi	17,7	46,8	85,0	167,0	18,6	13,9	22,2	78,8	4,0	6,8	13,5	42,8
09	Matam	24,0	59,8	151,0	120,6	12,1	16,2	39,2	115,6	9,4	16,6	36,8	132,3
05	Sélibabi	4,0	4,6	3,2	0	8,4	11,2	17,3	56,7	0,7	1,2	2,3	7,2
04	Bakel	9,0	8,4	7,4	0	2,8	4,0	7,6	46,0	2,2	3,6	7,7	30,1
01/02	Kayes	328,0	363,8	440,8	700,7	61,3	68,8	127,9	375,0	38,2	51,4	69,6	175,4
16/19	Mali sans Kayes	173,0	287,0	592,0	2004,0	233,7	364,4	792,0	2682,0	120,8	207,5	448,1	1709,0

Pour la suite de l'étude du transport fluvial, les alternatives suivantes ont été analysées:

- 1er cas: développement normal du transport de marchandises solides et liquides, sans produits miniers
- 2e cas: majoration du volume de transport mentionné ci-dessous par ceux des phosphates de la région de Kaédi et de l'alumine de la région du cours supérieur du fleuve.

- 3e cas: majoration du volume de transport du cas 2 par celui du minerai de fer du Mali, avec les deux variantes suivantes:
 - 3a: transport de pellets
 - 3b: transport de minerai concentré.

Les volumes de transport résultant de ces alternatives et les capacités de transport correspondantes sont indiqués au tableau 3.3. b) ci-après.

L'analyse des volumes de marchandises à transporter fait clairement ressortir qu'à l'avenir, la plus grande partie du transport fluvial dépendra:

- des importations et exportations du Mali et
- des éventuels transports de minerai.

C'est pourquoi l'aménagement du fleuve pour la navigation doit être complété par la réalisation d'une liaison terrestre efficace entre Kayes et Bamako.

Tableau 3.3 b): Poids et capacité de transport

Année	Cas	Unité poids et capacité	A la montée			A la descente			Total		
			marchan- dises diverses	hydro- carbures	minéraux	marchan- dises diverses	hydro- carbures	minéraux	marchan- dises diverses	hydro- carbures	minéraux
1983	1	1000 t	208,9	115,6	-	135,6	-	-	344,5	115,6	-
		10 ⁶ tkm	149,9	89,2	-	91,3	-	-	241,3	89,2	-
	2	1000 t	208,9	115,6	-	135,6	-	-	344,5	115,6	-
		10 ⁶ tkm	149,9	89,2	-	91,3	-	-	241,3	89,2	-
3a	1000 t	208,9	115,6	-	135,6	-	-	344,5	115,6	-	
	10 ⁶ tkm	149,9	89,2	-	91,3	-	-	241,3	89,2	-	
3b	1000 t	208,9	115,6	-	135,6	-	-	344,5	115,6	-	
	10 ⁶ tkm	149,9	89,2	-	91,3	-	-	241,3	89,2	-	
1990	1	1000 t	328,6	212,8	-	294,0	-	-	622,6	212,8	-
		10 ⁶ tkm	257,9	167,1	-	215,7	-	-	473,7	167,1	-
	2	1000 t	328,6	212,8	-	294,0	-	2000,0	622,6	212,8	2000,0
		10 ⁶ tkm	257,9	167,1	-	215,7	-	1535,6	473,7	167,1	1535,6
3a	1000 t	328,6	212,8	-	294,0	-	7000,0	622,6	212,8	7000,0	
	10 ⁶ tkm	257,9	167,1	-	215,7	-	6160,6	473,7	167,1	6160,6	
3b	1000 t	328,6	212,8	-	294,0	-	12000,0	622,6	212,8	12000,0	
	10 ⁶ tkm	257,9	167,1	-	215,7	-	10785,6	473,7	167,1	10785,6	
2000	1	1000 t	814,1	457,8	-	781,9	-	-	1596,0	457,8	-
		10 ⁶ tkm	663,7	364,4	-	601,5	-	-	1265,2	364,4	-
	2	1000 t	814,1	457,8	-	781,9	-	1200,0	1596,0	457,8	1200,0
		10 ⁶ tkm	663,7	364,4	-	601,5	-	1110,0	1265,2	364,4	1110,0
3a	1000 t	814,1	457,8	-	781,9	-	6200,0	1596,0	457,8	6200,0	
	10 ⁶ tkm	663,7	364,4	-	601,5	-	5735,0	1265,2	364,4	5735,0	
3b	1000 t	814,1	457,8	-	781,9	-	11200,0	1596,0	457,8	11200,0	
	10 ⁶ tkm	663,7	364,4	-	601,5	-	10360,0	1265,2	364,4	10360,0	
2025	1	1000 t	2896,8	1799,9	-	2379,3	-	-	5276,1	1799,9	-
		10 ⁶ tkm	2388,9	1439,8	-	1975,5	-	-	4364,4	1439,8	-
	2	1000 t	2896,8	1799,9	-	2379,3	-	1200,0	5276,1	1799,9	1200,0
		10 ⁶ tkm	2388,9	1439,8	-	1975,5	-	1110,0	4364,4	1439,8	1110,0
3a	1000 t	2896,8	1799,9	-	2379,3	-	6200,0	5276,1	1799,9	6200,0	
	10 ⁶ tkm	2388,9	1439,8	-	1975,5	-	5735,0	4364,4	1439,8	5735,0	
3b	1000 t	2896,8	1799,9	-	2379,3	-	11200,0	5276,1	1799,9	11200,0	
	10 ⁶ tkm	2388,9	1439,8	-	1975,5	-	10360,0	4364,4	1439,8	10360,0	

4. Etudes techniques et travaux4.1 Topographie et bathymétrie4.1.1 Données de base

Les plans et dossiers suivants ont été disponibles pour la région du fleuve Sénégal:

- cartes de l'IGN¹⁾ 1:200 000 de tout le cours du fleuve,
- cartes de l'IGN 1:10 000 des différents tronçons,
- levés topographiques et vues aériennes provenant d'études antérieures,
- tableaux pas toujours exacts des points d'altitude et astronomiques.

Ces documents étaient insuffisants pour l'étude et le projet, car ils ont été élaborés en partie il y a 20 ans et notamment les seuils ne sont pas indiqués de façon exacte.

C'est pourquoi des travaux topographiques et bathymétriques ont été effectués pour le tronçon compris entre la confluence aval du Doué et Kayes. Ces travaux comprendraient aussi bien la prise de photos de ce tronçon à l'échelle 1:20 000 que des photos détaillées des seuils du fleuve.

4.1.2 Prise de vues aériennes

Des photos aériennes à l'échelle 1:40 000 et 1:5 000 forment la base des plans établis. La prise de photos aériennes a eu lieu en mai 1977, quand les débits du

¹⁾ Institut Géographique National

fleuve Sénégal étaient pratiquement nuls. Ainsi de larges parties du lit du fleuve ont pu être couvertes par les photos aériennes. Les secteurs exigeant des photos détaillées prises ensuite à l'échelle 1:5 000 ont été choisis sur la base des photos 1:40 000.

4.1.3 Travaux topographiques et bathymétriques

Un cheminement le long des berges avec des stations distantes de 4 km au maximum a servi de base pour tous les levés topographiques. Les distances ont été mesurées électroniquement.

Les altitudes des points de la polygonale ont été déterminées par nivellement trigonométrique. Cependant, un nivellement géométrique de contrôle a dû être réalisé sur le tronçon Saldé - Bakel en raison, d'une part, de l'absence de repères altimétriques précis et, d'autre part, des anomalies gravimétriques constatées sur ce tronçon.

Le lit du fleuve a été défini en planimétrie et altimétrie pendant le passage de la crue de juin à septembre 1977. Le fond a été relevé à l'écho-sondeur et la position des points de repère utilisés à cet effet a été déterminée par mesure électronique des distances jusqu'aux sommets de la polygonale et aux points intermédiaires.

4.1.4 Exploitation des mesures et élaboration des plans

Un modèle digital du lit mineur a été élaboré sur la base des levés photogrammétrique et bathymétrique. En reliant les points les plus bas du fond, on obtient le talweg, auquel les points connus le long du fleuve et les profils en travers ont été rattachés.

Les plans 1:20 000 ont été établis sur la base des photos aériennes redressées et agrandies et des levés bathymétriques. Les plans à l'échelle 1:1 000 et 1:2 000 ont été établis pour les secteurs des seuils choisis sur la base des photos aériennes à l'échelle 1:5 000.

Les profils en travers du lit mineur ont été établis par interpolation entre les points du modèle digital.

4.1.5 Caractéristique du lit du fleuve

Le fleuve Sénégal peut, vu les conditions topographiques et morphologiques, être divisé en différents tronçons à savoir:

- (1) Tronçon d'embouchure en aval de St-Louis
- (2) St-Louis - Leboudou-Doué, PK 0 à 244
- (3) Leboudou-Doué - Vending, PK 244 à 489
- (4) Vending - Matam, PK 489 à 637
- (5) Matam - Bakel, PK 637 à 816
- (6) Bakel - Ambidédi, PK 816 à 905
- (7) Ambidédi - Kayes, PK 905 à 948
- (8) Bras du Doué entre Leboudou-Doué et Vending.

Le tronçon d'embouchure en aval de St-Louis a une longueur d'environ 21 km et est séparé de l'Atlantique par la Langue de Barbarie. Cette langue s'est formée par un transport de sable parallèle à la côte et s'est agrandie constamment vers le sud au cours des années. C'est pourquoi l'embouchure du fleuve Sénégal qui était située autrefois directement devant St-Louis, s'est déplacée

vers le sud. L'embouchure situé à l'extrémité de la Langue de Barbarie, et devant laquelle une barre est située, n'est pas stable et dépend des modifications du courant, de la houle et de l'attaque des vagues.

Les caractéristiques principales des autres tronçons du fleuve sont données au tableaux 4.1.5.

Tableau 4.1.5: Caractéristiques du lit du fleuve

Tronçon	PK	Longueur du tronçon en km	Largeur du lit mineur	Hauteur des berges par rapport au niveau d'eau de référence	Profondeur par rapport au niveau d'eau de référence	Plan du lit mineur	Brève description
St-Louis Leboudou-Doué	0 244	244	200-600 m	en aval 2 à 3 m, en amont 5 à 6 m	2,6 à 15 m	Lit en partie très sinueux avec rayons de courbes = 450 m	De PK 0 à PK 167 de nombreux bras secondaires (delta). En amont du PK 167 des méandres.
Leboudou-Doué Vending	244 489	245	80-200 m; élargissements jusqu'à 300 m	2 à 8 m	0,5 à 10,5 m	Lit en partie très sinueux; 56 courbes de rayons de 1000 m; boucles étroites de rayons de 200 et 250 m	Sur ce tronçon, le fleuve Sénégal a le Doué comme bras secondaire. De nombreux seuils avec passages difficiles par suite de grandes largeurs du lit mineur ou de méandres du lit d'étiage ou de dédoublements du fleuve
Vending Matam	489 637	148	200-500 m; rétrécissements jusqu'à 150 m; élargissements jusqu'à 550 m	5 à 8 m et localement même 10 m	1,2 à 20 m	Lit en partie très allongé, en partie sinueux. 17 courbes de rayons de 1000 m. Le plus petit rayon de 300 m	Par suite du lit mineur allongé, le lit d'étiage forme beaucoup de méandres. De nombreux seuils avec des passages difficiles. Creux lors d'une largeur inférieure à 200 m.
Matam Bakel	637 816	179	200-600 m rétrécissements jusqu'à 150 m; élargissements jusqu'à 700 m	4 à 12 m et localement même 20 m	1,3 à 20 m	Cours du fleuve rectiligne, de 12 à 20 km de long	Par suite du lit mineur très allongé, le lit d'étiage forme des méandres avec de nombreux seuils. Grands coudes avec alluvions de sable sur la rive convexe. Lors de largeurs 450 m généralement profondeur d'eau de = 2,5 m
Bakel Ambidédi	816 905	89	250-750 m en aval et 250 - 550 m en amont de l'embouchure de la Falémé	4 à 13 m	1,1 à 10 m	Lit du fleuve allongé à légèrement sinueux, avec seulement 2 rayons de courbes inférieurs à 1 000 m (800 et 500 m)	Par suite du large lit mineur allongé, des méandres dans le lit d'étiage forment des seuils étendus et plusieurs passages difficiles. La grande largeur du lit du fleuve est due au fond en partie rocheux
Ambidédi Kayes	905 948	43	300-450 m	7 à 12 m	> 0,9 m	Lit du fleuve très rectiligne de petits rayons inférieurs à 1 000 m	Surtout fond du fleuve rocheux. Lors d'une largeur du fleuve autour de 250 m, profondeur d'eau = 2,5 m
Bras du Doué	0 228	228	80-200 m	2 à 14 m	> 0,6 m	Par secteur très sinueux et par secteur très allongé. 70 coudes de rayons inférieurs à 1000 m, dont 3 de R = 200 m	Analogue au tronçon du fleuve Sénégal entre Leboudou-Doué et Vending

4.1.6 Kilométrage du fleuve

Le kilométrage du fleuve par rapport au nouveau talweg déterminé dans le cadre des travaux topographiques (Mission B.1) diffère de celui utilisé par Ivanov, comme le montre le tableau 4.1.6 ci-dessous.

Tableau 4.1.6: Kilométrage selon Ivanov et LDE

Fleuve	Localité	Kilométrage selon Ivanov	Kilométrage selon LDE
Sénégal	Kayes	925 +23	948
	Ambidédi	882 +23	905
	Embouchure de la Falémé	824 + 23	846
	Bakel	795 +21	816
	Matam	623 +14	637
	Kaédi	532 +10	542
	Embranchement du Doué	480 +9	489
	Saldé	474 +7	481
	Dioudé Diabé	437 +3	440
	Boghé	380 +2	382
	Podor	268 +2	266
Leboudou-Doué	244 +0	244	
Doué	Embranchement du Doué	-	228
	Ngoui	-	216
	Madina	-	171
	Guédé	-	60
	Leboudou-Doué	-	0 ¹⁾

1) PK 0 du Doué correspond au PK 244 du fleuve Sénégal.

4.2 Hydrologie, hydrométrie et morphologie

La connaissance des caractéristiques hydrologiques, hydrométriques et morphologiques est essentielle pour l'aménagement d'un fleuve pour la navigation. Les données ont été extraites des nombreux documents existants et ont été complétées par les travaux hydrographiques du Groupement LDE dans le cadre de la Mission A.1.1.

4.2.1 Echelles limnimétriques

Depuis le début de ce siècle, un grand nombre d'échelles limnimétriques ont été installées. Elles servaient soit à la navigation, soit à l'observation du fleuve. Quelques stations étaient équipées de limnigraphes, dont aucun n'est plus en service actuellement.

Le zéro des échelles entre Podor et Kayes a été vérifié dans le cadre de la Mission B.1. Des différences ont été constatées aux échelles situées entre Kaédi et Matam qui avaient été rattachées à des repères de hauteurs incorrectes.

Une liste des échelles existantes et de leurs anciennes et nouvelles cotes du zéro est donnée dans le tableau 4.2.1.

Pour les travaux d'aménagement de la voie navigable et pour l'entretien ultérieur par la Direction, la distance entre les échelles limnimétriques devra être réduite et des échelles supplémentaires doivent être installées au cours de ces travaux. En outre aux endroits particulièrement importants, des limnigraphes sont à prévoir.

Tableau 4.2.1: Echelles limnimétriques du Fleuve Sénégal

Fleuve	Emplacement	PK km	Zéro de l'échelle selon Mission B.1		Ancien zéro de l'échelle selon [13]
			m IGN		m IGN
Sénégal	Podor ¹⁾	266	-0,44		-0,44
	Serpoli	334	-0,77	-18	-0,59
	Boghé ¹⁾	382	-0,64	-7	-0,57
	Dioudé Diabé	441	-0,49	-8	-0,41
	Saldé ¹⁾	481	1,38	+6	1,32
	Kaédi ¹⁾	543	4,33	+48	3,85
	Djowol	573	5,07	+7	5,00
	Airê-Dindi	590	5,53	+102	4,51
	Oudourou	601	5,61	+17	5,44
	Matam ¹⁾	638	6,63	+31	6,32
	Diawara	793	11,08	+01	11,07
	Bakel ¹⁾	817	11,17	+01	11,16
	Koungani	825	13,28	+8	13,20
	Yaféra	835	12,53	-12	12,65
	Goutioubé	848	12,85	-37	13,22
	Ségala	861	15,31	+6	15,25
	Ambidédi	905	17,67	0	17,67
	Bouqourou	939	20,15		-
Kayes ¹⁾	948			20 ^m ,16	
Doué	Guède ¹⁾	60	-0,61		-0,63
	Ngoui ¹⁾	215	-0,64		-0,45

¹⁾ L'échelle est lue.

4.2.2 Courbes d'étalonnage

Depuis l'année 1950, des courbes d'étalonnage ont été établies pour des limnimètres suivants:

Dagana	Dioudé Diabé	Matam
Podor	Saldé	Bakel
Boghé	Kaédi	Kayes

Les jaugeages en étiage sont relativement peu nombreux. Dans le cadre de la Mission A.1.1, le Groupement LDE a donc effectué des jaugeages complémentaires pour des débits compris entre 100 et 400 m³/s dont les résultats ont confirmé les mesures antérieures.

4.2.3 Débits et niveaux d'eau à l'état naturel

En raison des fluctuations extrêmes des débits, le fleuve Sénégal est un fleuve typiquement tropical. La crue annuelle est due presque exclusivement aux précipitations dans les régions montagneuses de la Guinée. Le débit maximal est atteint à Bakel vers la fin du mois d'août et la pointe de la crue se propage vers l'aval à une vitesse de 17 km par jour.

Les limnigrammes sont caractérisés par une montée rapide de la crue, c'est-à-dire en 2 à 3 mois, au début de l'hivernage et une descente plus lente s'étendant sur 7 à 8 mois.

La différence des niveaux d'eau entre crue et étiage diminue vers l'aval du fleuve. La figure 4.2.3 donne les limnigrammes à différentes échelles.

Année hydrologique 1958 / 59

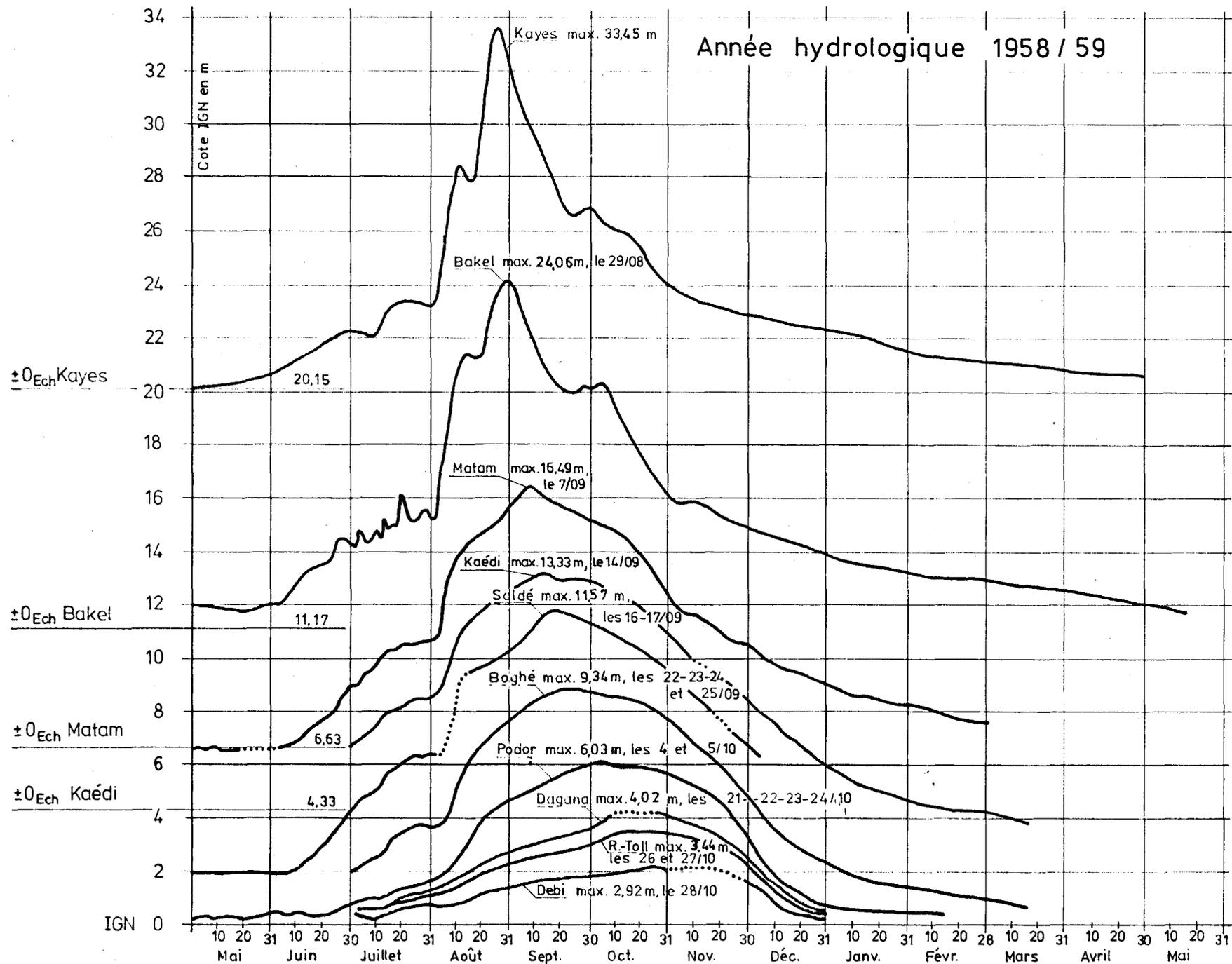


Fig. 4.2.3 : Hauteurs d'eau le long du Fleuve Sénégal

Sur la base des lectures d'échelle effectuées depuis 1903, le fleuve Sénégal a les caractéristiques suivantes:

- Débit annuel moyen: 750 m³/s
- Débit d'étiage: environ 10 m³/s
- Volume d'eau annuel moyen: 23,6 · 10⁹ m³

Pour le limnimètre à Bakel, il faut mentionner:

- Crue moyenne: 5 000 m³/s
- Crue maximale (1906): 9 400 m³/s.

L'analyse statistique des crues observées à Bakel donne les résultats suivants [18]:

- Crue millénaire : 13 000 m³/s
- Crue centennale: 10 000 m³/s
- Crue décennale : 7 200 m³/s.

A la fin de la saison sèche, qui dure environ 8 mois, le débit est tellement faible, que l'eau salée de la mer remonte jusqu'à 220 km dans le cours inférieur du fleuve. L'influence de la marée se fait encore sentir, pendant cette période, à 440 km en amont de St-Louis.

4.2.4 Débits et niveaux d'eau après régularisation

Le barrage de Manantali régularisera les débits du Bafing, l'affluent le plus important du fleuve Sénégal, les apports des autres affluents cependant resteront non régularisés.

L'Etude Manantali a considéré différentes hypothèses de régularisation. Pour l'aménagement du fleuve pour la navigation, le cas N^o 7 est d'une importance particulière.

Les caractéristiques sont les suivantes:

- cote de retenue normale à +208,0 m IGN
- production d'énergie: 800 GWh/an
- débit pour la navigation à Diama: au moins 100 m³/s et
- surface irrigable possible: environ 255 000 ha.

Le tableau 4.2.4 a) donne la modulation des débits mensuels le long du fleuve, qui en résulte.

Tableau 4.2.4 a): Débits résiduels en m³/s le long du fleuve selon le cas 7 du Groupement Manantali

Emplacement	PK	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Kayes	948	341	355	327	302	312	399	294	774	1787	1103	452	291
Bakel	816	352	358	326	299	309	414	425	1413	2657	1466	536	323
Moudéri	788	351	357	325	298	308	413	424	1412	2656	1465	535	322
Gouriki	702	330	334	305	280	293	387	397	1389	2643	1453	519	303
Thiénping	656	314	315	290	266	281	366	375	1368	2634	1444	507	288
Koundé	612	297	297	274	253	269	344	353	1351	2625	1436	495	273
N'Guidjilone	587	290	289	267	247	264	335	343	1343	2620	1432	489	266
Kerr	532	276	275	255	237	254	318	325	1329	2612	1425	479	254
M'Bagne	497	261	258	241	225	242	299	305	1313	2603	1417	468	240
Vending	490	232	228	217	204	221	262	266	1283	2587	1403	447	214
Dioucé-Diabé ¹⁾	440	222	218	208	196	213	250	253	1274	2581	1398	440	205
Démèt ¹⁾	385	201	196	190	180	196	223	225	1254	2569	1387	424	186
Mafou ¹⁾	333	182	177	173	165	179	198	202	1236	2559	1377	410	170
Podor ¹⁾	266	165	160	159	153	165	177	181	1221	2550	1368	397	155
St - Louis	0	117	112	117	116	118	116	123	1181	2525	1339	360	112

¹⁾ Les débits dans ce secteur comprennent ceux des bras Sénégal et Doué.

Les débits indiqués tiennent compte des apports des affluents, des prélèvements pour l'irrigation de 255 000 ha, et des pertes par évaporation et infiltration.

Durant la période transitoire (PT 1) où seule une partie du périmètre sera irriguée, et où l'agriculture traditionnelle aura encore besoin de la crue annuelle, les débits indiqués au tableau 4.2.4 b) ci-dessous, ont été déterminés par le Groupement Manantali.

Tableau 4.2.4 b) : Débits résiduels en m³/s le long du fleuve selon le Groupement Manantali, PT 1

Seuils	PK	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Kayes	948	256	243	241	228	226	203	281	2)	2)	2)	391	271
Bakel	816	271	249	243	228	225	227	417				477	302
Moudéri	788	270	248	242	227	224	226	416				476	301
Gouriki	702	262	239	233	219	217	216	406				469	293
Thiènping	656	257	232	227	214	212	208	398				465	288
Koundél	612	252	225	221	208	207	200	389				460	282
N'Guidjilone	587	249	222	218	206	205	197	385				458	279
Kerr	532	244	216	213	202	201	191	378				456	274
M'Bagne	497	239	210	208	197	196	185	371				451	269
Vending	490	231	201	201	191	190	174	360				445	262
Dioudé-Diabé ¹⁾	440	227	197	197	187	186	169	355				442	258
Démèt ¹⁾	358	219	189	190	181	180	160	345				437	251
Mafoû ¹⁾	333	212	182	183	175	173	151	338				432	246
Podor ¹⁾	266	206	176	177	170	168	144	330				427	240
St-Louis	0	186	155	157	151	146	119	307				411	222

1) Les débits dans ce secteur comprennent ceux des bras Sénégal et Doué

2) Débits de crue suivant l'hypothèse de crue artificielle envisagée (voir Groupement Manantali: Rapport de Régularisation)

Le barrage de Manantali permet de réduire la crue du Ba-fing et par conséquent également celle du fleuve Sénégal. Les crues millénales centennales aux points les plus importants du fleuve sont récapitulées au tableau 4.2.4 c).

Tableau 4.2.4 c): Crues après régularisation selon [24]

Localité	Kayes	Bakel	Matam	Dagana
HQ ₁₀₀ , rég. en m ³ /s	7.000	8.300	6.500	3.200
HQ ₁₀₀₀ , rég. en m ³ /s	8.300	9.900	7.700	3.800

4.2.5 Pente de la ligne d'eau

Le fleuve Sénégal entre St-Louis et Kayes est caractérisé par une pente de la ligne d'eau moyenne relativement faible. En période de basses eaux, elle n'est que de 2,1 cm/km, tandis que la pente du Rhin, en comparaison, est de 30 cm/km.

A l'exception d'irrégularités locales, la pente de la ligne d'eau diminue plus on se rapproche de l'embouchure et varie fortement selon le débit. Les valeurs maximales sont atteintes au début de la crue.

Le tableau 4.2.5 récapitule les pentes de la ligne d'eau sur les différents tronçons.

En aval de Saldé, où la pente est influencée par la marée, la pente correspondant à un écoulement stationnaire ne peut pas être définie.

Tableau 4.2.5: Pente du fleuve Sénégal

Localité	PK	J _{max.} en cm/km	J _{min.} en cm/km	J _{stationnaire} en cm/km
Kayes	948			
Bakel	816	7,0	5,3	6,7
Matam	637	3,4	2,2	2,9
Kaédi	543	3,3	1,7	2,8
Saldé	481	4,0	1,6	3,2
Podor	266	2,6	0,7	-

Dans le cadre de la Mission A.1.1 les pentes ont été mesurées sur plusieurs tronçons pour des écoulements compris entre 100 et 200 m³/s. A certains endroits, surtout dans le secteur des seuils, des valeurs jusqu'à 70 cm/km ont été observées (voir Mission A.1.1, tableau 7.4.4 b)).

4.2.6 Vitesses d'écoulement

En raison des faibles pentes de la ligne d'eau, les vitesses moyennes d'écoulement du fleuve Sénégal sont également relativement faibles.

Lors des travaux de la Mission A.1.1, des vitesses d'écoulement moyennes de 0,16 à 0,54 m/s ont été mesurées pour des débits compris entre 80 et 550 m³/s.

Pendant la crue, la vitesse augmente comme la pente de la ligne d'eau, et elle peut atteindre 1,0 à 1,4 m/s [1] et [25].

Pour le calcul de la vitesse, on a utilisé la formule de Manning-Strickler

$$v = k_s \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad \text{où}$$

v = vitesse moyenne en m/s
 k_s = coefficient de rugosité
 R = rayon hydraulique en m
 J = pente de la ligne d'eau.

Cette formule a été également utilisée pour les calculs dans le modèle mathématique.

La vitesse d'écoulement ne sera que légèrement modifiée par la régularisation et par l'aménagement du fleuve pour la navigation. En revanche, le barrage de Diama la réduira considérablement dans la zone de la retenue.

4.2.7 Influence de la marée

Les fluctuations de niveau dues aux marées à l'embouchure du fleuve sont les suivantes [13]:

1,50 m lors de la marée de vives eaux
0,55 m lors de la marée de morte-eau.

L'influence de la marée sur le niveau d'eau dans le cours du fleuve dépend du débit. Pendant l'étiage, la marée est encore sensible à Dioudé Diabé, au PK 440. Son influence pour un débit de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ n'atteint en revanche que le PK 380, et pour un débit de $200 \text{ m}^3/\text{s}$, le PK 260.

Après la construction du barrage de Diama, les niveaux d'eau du fleuve Sénégal en amont du barrage ne seront plus influencés par la marée.

4.2.8 Evaporation et infiltration

La hauteur annuelle d'évaporation varie entre 2 500 et 3 500 mm sur le tronçon Kayes - Diama. Compte tenu de la largeur du fleuve, les pertes par évaporation sont comprises entre 2 et 5 m³/s par 100 km de longueur du fleuve [13].

Les pertes par infiltration sont en revanche négligeables par rapport aux pertes par évaporation et aux prélèvements.

4.2.9 Transports solides

Les matières solides sont transportées dans le fleuve par charriage sur le fond et en suspension dans l'eau du fleuve.

a) Charriage

L'érosion du cours supérieur, caractéristique des fleuves alluviaux, a été en grande partie arrêtée lorsque l'horizon rocheux du substratum géologique a été atteint.

Un transport par charriage transversal prédomine dans le cours moyen du fleuve. Lors de l'éboulement des berges, les matériaux sont transportés transversalement et se déposent à l'intérieur de la prochaine courbe formant ainsi des bancs de sable.

En aval de la bifurcation du Doué, l'érosion latérale est plus faible, et la formation de bancs de sable est réduite dans ce secteur.

Le barrage de Manantali n'influencera guère le transport de matières solides, car le charriage dans le cours supérieur du fleuve est très faible.

En revanche, le barrage de Diama entraînera une augmentation des alluvionnements en raison des faibles vitesses d'écoulement et de la force d'entraînement diminuée dans le secteur de la retenue, surtout dans sa partie supérieure.

b) Transports solides en suspension

Les transports solides en suspension se produisent surtout pendant la période de crue.

Pour un débit de 800 à 2 500 m³/s à Kayes la concentration des matériaux en suspension varie entre 25 et 250 mg/l [5]. En se basant sur ces quantités, un volume de 2,3 à 2,9 millions de t/an est transporté entre Kayes et Bakel.

Une autre étude [8] basée sur des mesures réalisées en 1971 estime le transport annuel des particules en suspension à environ 900 000 t/an dans le cours inférieur du fleuve.

4.3 Nature du sol

4.3.1 Généralités

Le déroulement des travaux et les travaux d'aménagement et leurs coûts dépendent essentiellement de la nature des sols. Pour l'exécution des travaux, ceux-ci doivent être répartis entre travaux de dragage et travaux de dérochement.

Cette répartition est basée sur les résultats de la Mission B.2, travaux de sondage du sol. Ces travaux ont été effectués pendant la saison sèche de l'année 1977. Grâce à un niveau d'eau extrêmement bas, il a été possible d'atteindre et de sonder à sec presque tous les seuils.

4.3.2 Déroulement des travaux

Les travaux suivants ont été exécutés aux endroits du fleuve désignés comme seuils par Beziukov, ainsi qu'aux emplacements où des alluvionnements ont été repérés sur les photos aériennes prises lors de la Mission A.1.2:

- exécution de puits de reconnaissance dans les bancs de sable et les berges,
- sondages à battage pour définir l'horizon rocheux,
- appréciation visuelle des sols ou des roches.

Les échantillons remaniés ou non, prélevés dans les puits, ont été analysés dans des laboratoires de mécanique des sols à Dakar et à Munich.

En outre, les possibilités d'extraction des matériaux de construction pour des ouvrages de correction dans le lit du fleuve et à proximité, ont été étudiées dans le cadre de la Mission B.2.

4.3.3 Résultats des investigations

a) Horizon rocheux

Les sondages à battage dans le secteur des seuils ont été effectués pour déterminer le niveau de l'horizon rocheux, afin d'évaluer l'importance des travaux de

dérochement à réaliser. La profondeur des sondages a été cependant limitée à 4 à 5 m au-dessous du niveau d'étiage.

Sur le tronçon entre Podor et Ambidédi, seules des roches isolées ont été rencontrées. Les seuils rocheux importants rencontrés dans le secteur de la future voie navigable sont situés près de Dioudé Diabé et de Diawara. A d'autres endroits on a rencontré, à des profondeurs comprises entre 0,5 à 4,5 m au-dessous du niveau d'étiage, des roches ou de durs sols cimentés. A plusieurs endroits des roches ont été trouvées également dans le secteur des berges et en dehors de la future voie navigable. Les caractéristiques des seuils rencontrés sont récapitulées dans les tableaux du chapitre 6 qui suit.

Des barres rocheuses traversant le lit du fleuve à plusieurs endroits ont été rencontrées entre Ambidédi et Kayes. L'horizon rocheux est en partie à la cote du niveau d'étiage.

b) Caractéristiques des sols des berges

Les sols des berges sont composés en grande partie de silts et d'argiles avec relativement peu de sable fin et moyen. Le plus souvent le sol n'est pas ou peu plastique. Les caractéristiques géotechniques principales sont les suivantes:

- Densité humide	= 19,5 kN/m ³
- Poids spécifique des grains	= 2,7 g/cm ³
- Angle de frottement interne	= 33°
- Cohésion	= 0,01 MN/m ² .

c) Alluvions

Les alluvions du lit du fleuve se composent de sable en grains arrondis très uniformes.

Les plus souvent, du sable de moyenne grosseur présentant un degré de non-uniformité de 1,5 à 2,5 a été rencontré. A quelques seuils, les couches supérieures des alluvions sont composées de graviers sableux à très sableux dans lesquels les grains d'un diamètre de 0,6 à 6 mm manquent souvent.

d) Nature des roches

En aval de Diawara les roches formant les seuils sont des calcaires dolomitiques et de grès avec de différentes additions.

En amont de Bakel, dans le socle précambrien, on rencontre des quartzites, du grès-quartzite et des grès-schisteux.

Dans le secteur du seuil de Somone et sur les tronçons rocheux entre Ambidédi et Kayes, il s'agit de conglomérats argilo-calcaires, avec des horizons dolomitiques. La surface est fortement fissurée et les creux sont partiellement remplis de blocs rocheux et de sable.

4.3.4 Matériaux de construction

Les matériaux les plus importants pour la réalisation des ouvrages fluviaux sont des pierres, du ballast et des graviers. Le sable pour la fabrication du béton est en revanche d'une moindre importance.

Les matériaux provenant de l'excavation du chenal navigable sur le tronçon rocheux entre Ambidédi et Kayes peuvent être utilisés pour des ouvrages fluviaux. Si ces matériaux ont des dimensions suffisantes, ils peuvent être utilisés comme couverture des épis, sinon comme matériaux de noyau ou pour la confection de gabions.

En aval d'Ambidédi, peu de matériaux rocheux seront excavés ne présentant un intérêt que pour une ré-utilisation locale.

Les matériaux rocheux extraits du lit du fleuve au cours des travaux d'aménagement sont insuffisants pour la construction d'ouvrages de correction, c'est pourquoi des carrières devront être ouvertes. De telles carrières existent entre Kidira et Bakel, d'où provient du ballast utilisé pour le chemin de fer Dakar - Bamako.

Le sable pour le remplissage de sacs en plastique ou pour la fabrication du béton peut être extrait presque partout dans le lit du fleuve et souvent également sur terre.

5. Bases de dimensionnement

5.1 Géométrie du chenal navigable

La géométrie du chenal navigable dépend essentiellement des types de bateaux à mettre en service et de la densité du trafic. Le matériel de transport approprié a été défini dans le cadre de la Mission A.1.9, sur la base des conditions locales, des marchandises à transporter, et du volume de transport, et de manière qu'il s'adapte facilement au développement du trafic et aux conditions de la voie navigable.

5.1.1 Dimensions du matériel de transport

Les dimensions des barges à mettre en service sur le fleuve Sénégal ont été définies dans le cadre de la Mission A.1.9, compte tenu des caractéristiques naturelles du fleuve, et en particulier des rayons des courbes, ainsi que des expériences faites sur d'autres fleuves navigables. Ces dimensions sont les suivantes:

- Longueur hors tout: $l_{ht} = 55,0$ m
- Largeur aux couples: $b_c = 11,4$ m
- Enfouissement constructif: $t_{e,c} = 2,0$ m.

Ces barges peuvent naviguer soit accouplées en convois, soit comme barges automotrices équipées de deux hélices-gouvernails de 295 kW (400 PS) chacune. Ces dernières peuvent aussi être utilisées comme bateaux de propulsion pour de plus petits convois.

La figure 5.1.1 montre les types de convois utilisables.

Des pousseurs spéciaux sont nécessaires pour la propulsion des convois S4 et S6.

Ceux-ci ont des caractéristiques suivantes:

Longueur hors tout:	l_{ht}	=	25,0 m
Largeur aux couples:	b_c	=	11,4 m
Enfoncement constructif:	$t_{e,c}$	=	1,1 m
Hauteur du point fixe:	h_f	=	8,0 m, au maximum
Puissance de propulsion:	3 x 295 kW = 885 kW = 1 200 PS.		

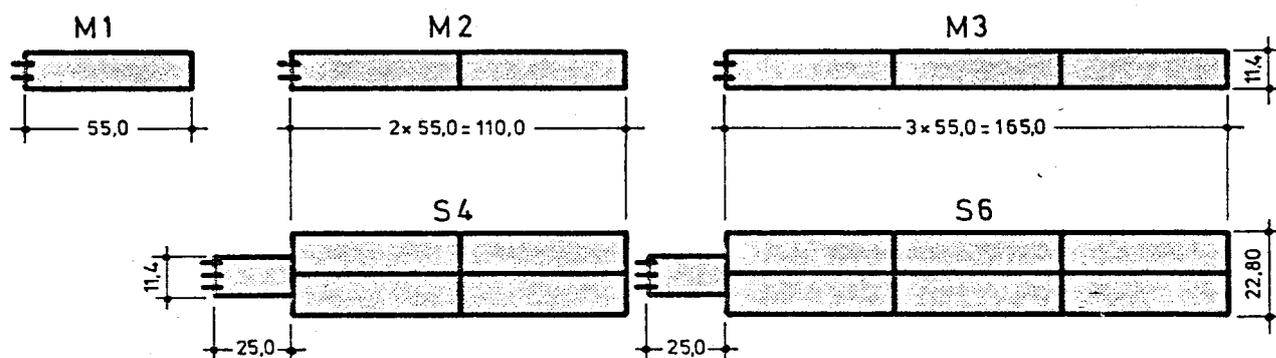


Figure 5.1.1: Types de convois

5.1.2 Profondeur du chenal navigable

La profondeur nécessaire pour la sécurité de la navigation (T_{SN}) d'une voie navigable correspond, conformément à la figure 5.1.2, à la somme des éléments suivants:

- la profondeur de référence ($T_{réf.}$), ou profondeur d'aménagement, c'est-à-dire la profondeur disponible pour la navigation et qui lui est communiquée,
- la majoration hydraulique ($\Delta T_{hydr.}$), qui tient compte de l'exactitude de la relation niveau d'eau - débit du calcul hydraulique,
- la majoration bathymétrique ($\Delta T_{bath.}$), qui tient compte de la précision des mesurages,
- la majoration de sécurité pour la navigation (ΔT_{SN}), qui compense les modifications du fond du fleuve.

En outre, seules des tolérances de dragage positives sont admissibles. Ces hors-profils sont inutilisables pour la navigation, mais influencent en revanche les calculs hydrauliques.

La profondeur de référence ($T_{\text{réf.}}$) correspond à l'enfoncement (T_e), majoré d'une certaine valeur pour le bateau navigant (ΔT_e) dépendant du type de bateau et de convoi, des conditions de la voie navigable et de la valeur du pied du pilote nécessaire ($\Delta T_{\text{pp.}}$).

Compte tenu des expériences récentes faites en Allemagne lors de l'aménagement d'un fleuve, les valeurs indiquées à la figure 5.1.2 ont été prévues pour le fleuve Sénégal.

Les profondeurs caractéristiques pour un enfoncement de 1,50 m sont les suivantes:

- Profondeur de référence:		1,90 m
- Profondeur pour la sécurité de la navigation:	fond sableux:	2,20 m
	fond rocheux:	2,35 m
- Profondeur hydraulique:	fond sableux:	2,35 m
(Valeurs moyennes)	fond rocheux:	2,50 m.

Différentes profondeurs hydrauliques, à savoir 1,5, 2,0, 2,5 et 3,0 m, ont été étudiées dans le modèle mathématique et dans le cadre de l'avant-projet pour définir la relation entre la profondeur du chenal navigable et le coût d'aménagement.

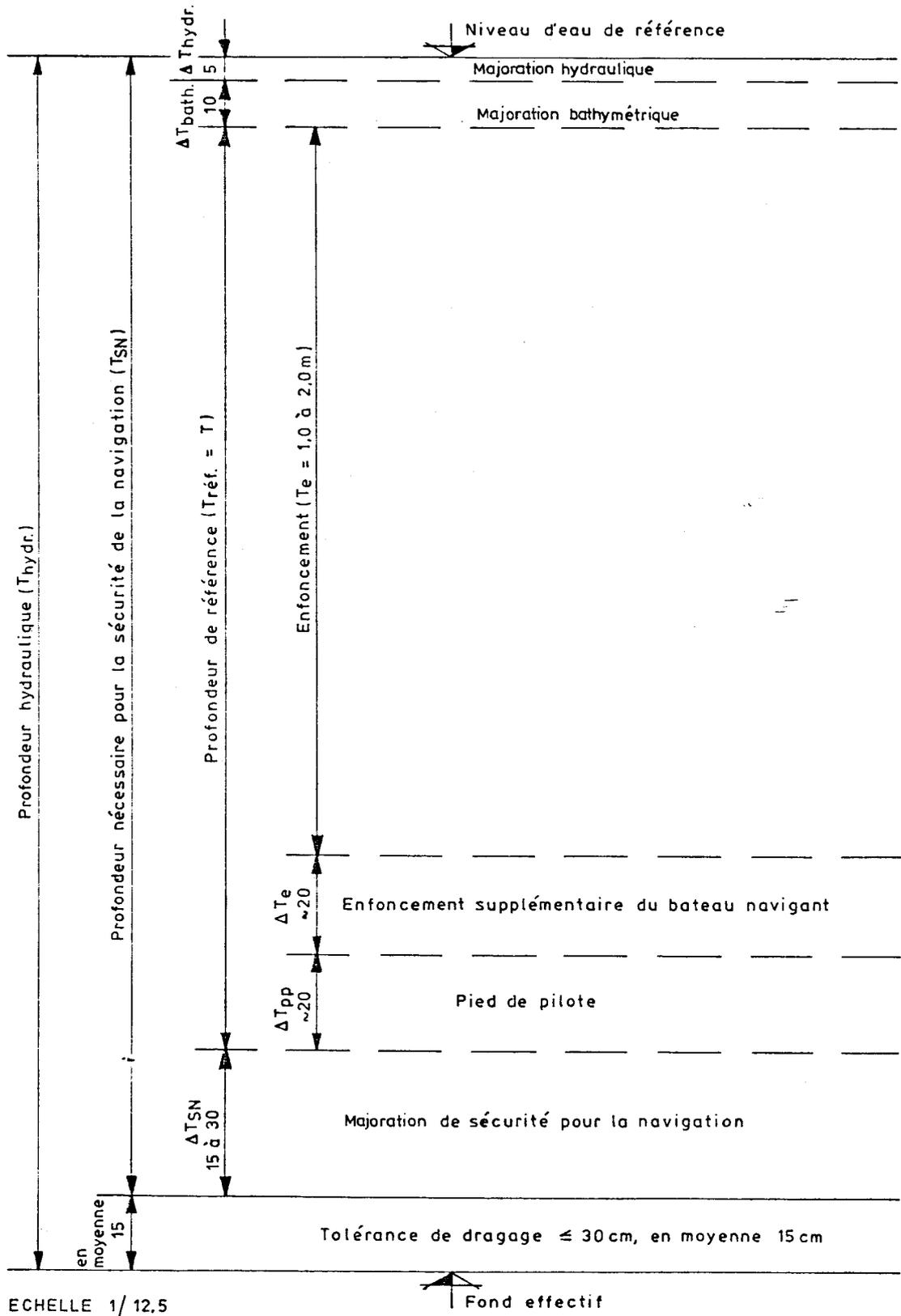


Fig. 5.3. Définition des profondeurs d'un chenal navigable

5.1.3 Largeur du chenal navigable

La largeur du chenal navigable a été choisie de telle sorte que le croisement de deux convois M3 puisse se faire sans élargissement du chenal dans des courbes d'un rayon supérieur ou égal à 1000 m.

Dans ces conditions, la largeur normale du fond ($B_{f,n}$) est de 55 m.

L'élargissement nécessaire dans des courbes de rayon inférieur à 1000 m ressort de la figure 5.1.3.

Toutefois, la possibilité d'un élargissement ultérieur nécessaire pour l'utilisation de convois des types S4 et S6 a été prise en considération lors de l'élaboration de l'avant-projet, ce qui entraîne un élargissement du fond à 82 m pour le convoi S4, respectivement 88 m pour le convoi S6.

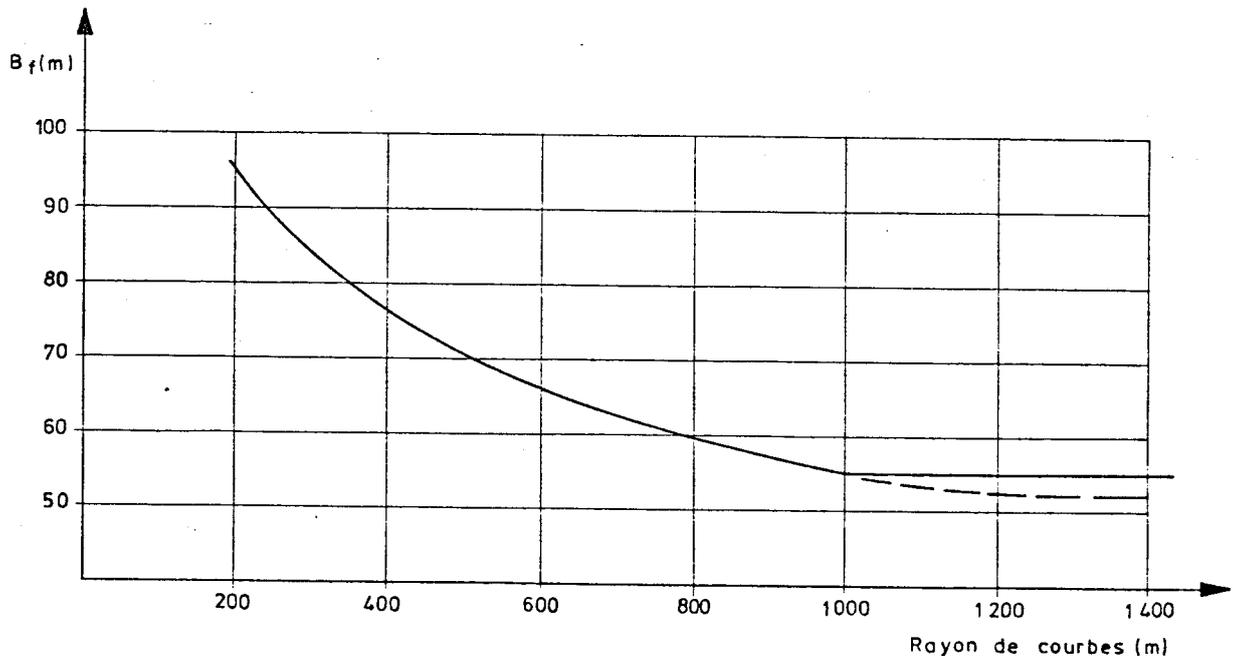


Figure 5.1.3: Largeur du fond du chenal navigable

5.1.4 Tirant d'air et recouvrement

Le tirant d'air sous les superstructures fixes, (ponts, passerelles etc.) au-dessus des plus hautes eaux navigables (PHEN) (art. 5.2) doit être au minimum

- de 12 m en aval de Podor, en vue d'un trafic de caboteurs et
- de 8,5 m en amont de Podor.

Les lignes à haute tension et de télécommunications doivent être installées à une hauteur de 20 m au-dessus du PHEN en aval de Podor et de 15 m en amont.

Des conduites et d'autres ouvrages croisant le fond du lit du fleuve doivent être placés au moins 3 m au-dessous du fond. Dans le secteur des seuils, la position théorique du fond est supposée au moins 3,0 m au-dessous du niveau d'eau de référence. En cas de danger d'affouillement, une plus forte épaisseur de recouvrement ou une couverture de protection en enrochements doivent être exécutées.

5.2 Débit de référence

Les débits de régularisation, qui seront disponibles après la construction du barrage de Manantali, ont été donnés à l'art. 4.2.4. Les débits du mois d'avril (mois avec le plus faible écoulement) du cas 7 ont été pris comme débit de référence¹⁾ pour l'établissement du projet.

Pendant la phase transitoire, les plus faibles débits ont lieu au mois de juin. La réduction des profondeurs

¹⁾ ou débit d'étiage régularisé

d'eau qui en résulte a été étudiée dans le cas de calcul 8 du modèle mathématique (voir article 6.7 ci-après).

Le niveau d'eau de fréquence $F = 50 \%$ atteint lors de la crue avant la régularisation, a été défini comme niveau des plus hautes eaux navigables (PHEN).

Les débits et niveaux d'eau les plus importants, sur lesquels le projet pour l'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation est basé, sont rassemblés au tableau 5.2.

Tableau 5.2: Débits et niveaux d'eau

Localité	PK	RQ en m ³ /s	MQ en m ³ /s	HQ _{rég.} en m ³ /s	HQ _{100,rég.} en m ³ /s	HQ _{1000,rég.} en m ³ /s	PHEN en m IGN
Kayes	948	302	561	1 737	7 000	8 300	29,5
Bakel	816	299	740	2 657	8 300	9 900	22,1
Matam	637	259	698	2 630	6 500	7 700	15,5
Kaédi	542	238	672	2 613	-	-	12,6
Saldé ¹⁾	481	116	629	2 586	-	-	11,0
Boghé ¹⁾	382	100	602	2 568	-	-	8,1
Podor ¹⁾	266	88	570	2 550	-	-	5,4
Dagana	169	139	555	2 541	3 200	3 800	3,4
St-Louis	0	116	528	2 525	-	-	-

1) Ces quantités contiennent le débit des bras Sénégal et Doué

- RQ = Débit de référence, (avril, cas 7)
- MQ = Débit moyen, la moyenne arithmétique des débits des 12 mois d'une année cf. au cas 7.
- HQ_{rég.} = Débit de la crue régularisée, cas 7, mois de septembre.
- HQ_{100,rég.} = Débit de la crue centennale après la régularisation.
- HQ_{1000,rég.} = Débit de la crue millénale après la régularisation.
- PHEN = Les plus hautes eaux navigables.

5.3 Modèle mathématique

Les niveaux d'eau s'établissant après la régularisation et après l'aménagement de la voie navigable, ont été calculés par le modèle mathématique. Les données de base introduites dans le modèle pour ces calculs, sont les suivantes:

- Géométrie du lit du fleuve
- Rugosité du lit
- Courbes d'étalonnage des échelles limnimétriques.

Le coefficient de rugosité a été calculé sur la base des mesures des pentes des lignes d'eau et des débits, réalisées dans le cadre de la Mission A.1.1, ainsi que des courbes d'étalonnage existantes.

Pour les débits de régularisation, les rugosités moyennes indiquées au tableau 5.3 a) ont été définies.

Tableau 5.3. a): Coefficients moyens de rugosité

Emplacement	PK	k_s
Leboudou-Doué	244	49,0
Boghé	381	44,0
Dioudé Diabé	440	42,0
Vending	489	37,0
Matam	637	37,0
Bakel	816	37,0
Ambidédi	905	37,0
Kayes	948	

Dix cas de calcul ont été simulés dans le modèle, dans lesquels les éléments suivants ont été variés:

- débits
- profondeurs d'eau du chenal navigable
- cote de retenue au barrage de Diama.

Le tableau 5.3 b) récapitule les cas de calcul analysés par le modèle mathématique.

Tableau 5.3 b): Cas de calcul du modèle mathématique

Cas	Débit	Cote du fond du chenal navigable	Profondeur du chenal navigable en m	Cote de retenue du barrage de Diama en m IGN
1	Cas 7 du GM ¹⁾ mois d'avril	Etat naturel	-	Sans barrage
2	Cas 7 du GM mois d'avril	Etat naturel	-	1,50
3	Cas 7 du GM mois d'avril	-	1,50	1,50
4	Cas 7 du GM mois d'avril	-	2,00	1,50
5	Cas 7 du GM mois d'avril	-	2,50	1,50
6	Cas 7 du GM mois de janv.	cf. cas 4	à définir	1,50
7	Cas 7 du GM mois de janv.	cf. cas 3	à définir	1,50
8	PT1 du GM mois de juin	cf. cas 4	à définir	1,50
9	Cas 7 du GM mois d'avril	cf. cas 4	à définir	2,50
10	Cas 7 du GM mois d'avril	-	3,00	1,50

1) GM = Groupement Manantali

5.4 Modèles hydrauliques

5.4.1 But des études

Les essais sur modèle hydraulique ont été entrepris pour analyser l'incidence des travaux et ouvrages projetées sur les conditions d'écoulement du fleuve et pour préciser

la position et la forme la plus adéquate des ouvrages, si ceci n'a pas été possible, ou seulement d'une façon sommaire, à l'aide du modèle mathématique.

5.4.2 Exécution et résultats

Trois modèles hydrauliques à l'échelle 1:100 / 1:25 ont été réalisés, représentant les points suivants:

- l'embranchement du Doué (PK 489),
- la barrière rocheuse de Diawara (PK 793) et
- le seuil rocheux de Tamboukané (PK 920 à 923).

Les éléments suivants ont été mesurés:

- vitesse d'écoulement en surface,
- niveaux d'eau,
- directions de l'écoulement.

(1) Embranchement du Doué (PK 489)

Afin de pouvoir réduire les coûts d'aménagement du bras du Sénégal, il a été envisagé de rétrécir le bras du Doué, dans le secteur de l'embranchement, par des ouvrages de correction pour augmenter ainsi le débit et la profondeur d'eau dans le bras du Sénégal.

Des essais ont montré cependant qu'une augmentation efficace du débit ne peut pas être réalisée par des ouvrages de correction, si la circulation facile et sûre des bateaux locaux et des barges automotrices doit être maintenue entre les bras du Sénégal et du Doué. Il serait nécessaire de prévoir un barrage avec écluse, irréalisable pourtant en raison de son coût exagérément élevé.

(2) Barrière rocheuse de Diawara (PK 793)

Pour permettre une circulation facile et sûre, il est nécessaire de rectifier la voie navigable dans la région de Diawara. A cet effet, la presqu'île et l'îlot doivent être partiellement supprimés. La modification de la direction et de la vitesse d'écoulement qui en résulte, a été étudiée dans le modèle. On a pu observer que les conditions de navigation sont considérablement améliorées par la suppression des obstacles. La construction des digues prévue initialement dans l'avant-projet, n'apporte aucun avantage notable, si bien qu'on peut y renoncer.

(3) Seuil rocheux de Tamboukané (PK 920 à PK 923)

Ce seuil est caractéristique pour le secteur rocheux en amont d'Ambidédi. Le large lit du fleuve est dû à la présence du fond rocheux, qui empêche un renfoncement du lit. Lors des faibles débits, l'eau se répartit sur toute la largeur du lit avec une faible profondeur.

Pour des raisons financières, il est prévu d'aménager d'abord ce secteur pour un enfoncement de 1,5 m seulement. Etant donné qu'une augmentation ultérieure de la profondeur d'eau par dérochement est difficile et coûteuse, et qu'elle ne pourra guère être exécutée par l'Administration de la Voie Navigable, on a étudié dans le modèle, comment la profondeur de la voie navigable pourrait être augmentée ultérieurement par des ouvrages de correction. Il s'est montré lors des essais, qu'une telle augmentation est en principe possible. Cependant les épis augmenteraient sur ce secteur également les vitesses déjà relativement rapides à l'état naturel.

5.4.3 Conclusion

Les essais sur modèles hydrauliques sont un complément indispensable de la simulation des écoulements sur modèle mathématique. Ils ont fourni des informations complémentaires précieuses tant hydrauliques que constructives. Les modèles réduits sont ainsi des instruments indispensables pour définir dès le début la bonne solution et éviter des investissements inutiles. C'est pourquoi il est vivement recommandé, de faire étudier ultérieurement sur modèle hydraulique les seuils difficiles de Goutioubé et Khabou.

6. Travaux d'aménagement

6.1 Généralités

Les travaux d'aménagement sont destinés à créer un chenal navigable entre St-Louis et Kayes utilisable pendant toute l'année.

Cet objectif peut être atteint par l'aménagement du lit d'étiage ou la canalisation du fleuve.

Dans le cas présent, la canalisation du fleuve doit être écartée en raison de:

- la circulation relativement faible et
- des coûts de construction très élevés des barrages, écluses, digues, etc. eu égard aux avantages qui en seraient retirés.

Dans ces conditions, la navigabilité du fleuve Sénégal pendant toute l'année ne peut être réalisée de façon économique que par un aménagement du lit d'étiage.

La caractéristique primordiale de tout aménagement fluvial est de conserver le fleuve dans son état naturel et vivant avec tous ses avantages et désavantages. En conséquence, le lit du fleuve demeurera instable et subira des modifications, même après son aménagement. L'ampleur des modifications dépendra des différences entre débits de crue et d'étiage et de la manière et la mesure de correction du lit du fleuve qui auront été prises.

C'est pourquoi les travaux d'aménagement fluvial ne peuvent être comparés à d'autres travaux du génie civil tels que bâtiments, ponts, murs de quai, par exemple, dont l'achèvement coïncide avec la réception finale.

L'aménagement d'un fleuve s'étend sur des années ou même des décennies et ne peut être exécuté que progressivement, en exploitant constamment l'expérience acquise.

Afin d'éviter des conséquences nuisibles pour la suite de l'aménagement, il est nécessaire de réduire au minimum les travaux de correction du fleuve Sénégal à réaliser en première phase. Ceci est d'autant plus important que les modifications du lit du fleuve dans le temps sont mal connues. Une des tâches essentielles de la future Administration de la Voie Navigable consistera donc à observer constamment le fleuve et à exécuter les travaux de correction et d'entretien correspondant aux besoins de la navigation.

L'avant-projet prévoit la réalisation de la voie navigable par le dragage initial d'un chenal et l'entretien de celui-ci par des dragages annuels, en particulier après le passage de la crue.

Des ouvrages de correction ne sont projetés qu'aux endroits particulièrement critiques, afin de réduire les dragages d'entretien. Ces ouvrages seront soumis à des tests en vraie grandeur et permettront d'acquérir des expériences relatives à leur efficacité et résistance.

L'Administration de la Voie Navigable réalisera par la suite d'autres ouvrages, permettant de réduire davantage les dragages d'entretien, et les expériences acquises entre-temps pourront être utilisées.

La nature et l'ampleur des travaux nécessaires, ainsi que les coûts en résultant ont été étudiés dans le cadre de la Mission A.1.5, pour différentes profondeurs du chenal navigable et le débit de référence. Il convient en effet d'optimiser les coûts d'aménagement en considérant les frais de transport. Ces derniers diminuent avec l'augmentation de la profondeur, alors que le coût d'aménagement augmente.

Les travaux complémentaires nécessaires dans le cas où le barrage de Diama ne serait pas réalisé ont été également déterminés.

En outre, l'influence des modifications de débits sur la profondeur d'eau a été étudiée. On a considéré à cet effet les débits du mois de janvier du cas 7 et ceux du mois de juin de la phase transitoire PT 1. Enfin, l'incidence d'une élévation du niveau de la retenue de Diama à +2,5 m IGN a également été analysée.

Le système et le matériel pour la signalisation de la voie navigable ont été définis dans le cadre de la Mission A.1.12. Du point de vue économique, les travaux de balisage sont étroitement liés à ceux d'aménagement, car une signalisation précise de la voie navigable permet d'en réduire la largeur et la profondeur.

6.2 Principes pour le choix du tracé du chenal navigable

Dans les secteurs du fleuve où la profondeur d'eau à l'état naturel correspond, sur une largeur suffisante, à celle choisie, le tracé du chenal navigable est défini de telle façon qu'il puisse être utilisé par le pilote avec le moins de signaux de balisage possible.

Sur les tronçons où des travaux d'aménagement sont nécessaires, les principes suivants sont en plus appliqués:

- le chenal navigable suit autant que possible le talweg naturel pour perturber le moins possible l'équilibre du fleuve.
- les travaux d'aménagement sont limités au strict nécessaire.

- Les talus du lit mineur ne sont si possible pas touchés.
- Une largeur suffisante est conservée entre la berge du lit mineur et le bord du chenal navigable pour pouvoir exécuter, ultérieurement, une protection de la berge sans rétrécissement du chenal navigable.

6.3 Travaux d'aménagement

6.3.1 Dragage

Dans les secteurs où le lit du fleuve est sableux ou silteux, la profondeur d'eau est obtenue et entretenue par dragage. Les talus du chenal navigable seront réalisés avec une pente de 1/5. Les matériaux dragués sont déposés en dehors du lit mineur du fleuve. A titre d'essai, des matériaux dragués seront utilisés pour combler des creux et d'autres lieux appropriés dans le lit du fleuve.

Il est nécessaire de prévoir des dragues à godets au lieu des dragues suceuses, en raison des matériaux pierreux et rocheux qui seront rencontrés.

Les travaux devront débuter lorsque la construction du barrage de Manantali sera suffisamment avancée pour qu'une profondeur d'eau suffisante puisse être garantie pour les travaux de dragage pendant presque toute l'année.

Les tronçons dragués pourront ainsi être utilisés comme voie de circulation pour le transport de matériaux excavés et pour le ravitaillement de la flotte de dragage.

6.3.2 Dérochement

Sur le tronçon St-Louis - Ambidédi, on ne rencontre des roches que localement. C'est pourquoi la flotte de dragage comprend des pontons équipés d'appareils de forage

et d'une drague pour que des roches puissent également être enlevées au cours des travaux de dragage.

Il est prévu de réaliser le chenal navigable dans le tronçon entre Ambidédi et Kayes à sec. Ceci signifie qu'il faut commencer les travaux de construction sur ce tronçon, et qu'ils doivent être terminés avant la mise en exploitation du barrage de Manantali. L'exécution à sec présente les avantages suivants:

- réduction considérable des coûts de construction grâce à un équipement plus simple,
- diminution des hors-profils,
- évacuation plus facile des matériaux excavés et meilleure réutilisation de ceux-ci pour la construction des ouvrages de correction.

Etant donné qu'un dérochement sous l'eau est très coûteux et difficile, un approfondissement ultérieur du chenal navigable ne doit pas être envisagé, d'autant plus que de tels travaux ne peuvent pas être exécutés par la Direction elle-même. Si toutefois un chenal navigable plus profond est un jour nécessaire sur ce tronçon, il sera alors possible de rétrécir la largeur du chenal par des ouvrages.

Il se peut cependant qu'il soit avantageux du point de vue technique et économique d'approfondir le chenal navigable dans les tronçons rocheux dès le début. C'est pourquoi il est recommandé de mettre au concours, en position éventuelle, un approfondissement du chenal, ce qui permettra de déterminer le coût exact d'un tel approfondissement. Il convient de relever qu'une plus grande profondeur dans les secteurs à fond rocheux ne peut pas avoir d'influences défavorables sur les travaux d'entretien.

6.3.3 Ouvrages de correction

Les ouvrages de correction sont destinés:

- à rétrécir la voie navigable et à relever ainsi le niveau d'eau, (épis transversaux et digues longitudinales)
- à améliorer les conditions d'écoulement et/ou (ld)
- à protéger le fond du fleuve et les berges contre les attaques du courant. (panneaux de fond et de surface)

Les ouvrages les plus importants à réaliser dans le fleuve Sénégal sont les suivants:

- épis en travers de l'axe du fleuve et qui en rétrécissent la section,
- ouvrages longitudinaux parallèles à l'axe du fleuve, qui coupent des bras secondaires du fleuve, améliorent les conditions d'écoulement ou rétrécissent également les sections et
- panneaux de fond et de surface qui protègent le fond du fleuve ou les berges contre les attaques du courant.

Les pierres d'un poids de 0,2 à 0,6 kN (20 à 60 kg) sont le matériau le plus important pour la réalisation des ouvrages de correction. Du gravier et des cailloux peuvent également être utilisés pour le noyau des ouvrages.

Si les pierres nécessaires ne peuvent pas être obtenues en quantité et grandeur suffisantes, des matériaux plus fins peuvent être utilisés, s'ils sont remplis dans des gabions ou nattes métalliques. Dans certains cas, des sacs et tuyaux en matière plastique remplis de sable conviennent également.

c) Panneaux de surface

Talus:	1/3
Largeur de la protection du pied:	3 à 5 m
Epaisseur du panneau de surface:	0,4 m
Hauteur du panneau:	0,5 à 1,0 m au-dessus du niveau d'eau de référence.

6.4. Seuils du fleuve Sénégal

Dans cette étude, on a dénommé seuils les endroits où la profondeur d'eau requise n'est pas disponible sur toute la largeur du chenal navigable. Les seuils sont indiqués aux art. 6.4.1 à 6.4.6.

6.4.1 Tronçon St-Louis - Leboudou-Doué

Des levés et calculs pour le tronçon St-Louis - Leboudou-Doué n'ont pas été effectués par le Groupement LDE. L'appréciation des caractéristiques de la voie navigable sur ce tronçon est donc basée sur les données de l'Atlas Nautique et des profils en travers, levés dans le cadre de "l'Evaluation des Effets sur l'Environnement".

Le fait que des caboteurs doivent circuler entre St-Louis et Podor a été également pris en considération.

Le tableau 6.4.1 récapitule les seuils indiqués par l'Atlas Nautique.

Tableau 6.4.1: Seuils entre St-Louis et Leboudou-Doué

N ^o d'ordre	Désignation du seuil (N ^o d'après Ivanov)	PK	Hauteur de la retenue à Diama en m IGN			
			-	-	1,5	1,5
			Profondeur en m			
			2,6	5,0	2,5	5,0
1	Ronq	109,3	-	S	-	-
2	Breune	112,8	-	S	-	-
3	Richard Toll	143,3	-	S	-	-
4	Raié	157,1	-	S	-	-
5	M'Bilor (1)	163 - 164	-	S	-	-
6	<u>Bokhol (3)</u>	186 - 189	-	S	-	S
7	Pendao	230,7	-	S	-	-
8	Leboudou- Doué	243,8	-	S	-	-
Nombre de seuils à aménager			-	8	-	1

S = dragage

Compte tenu de la retenue du barrage de Diama, une profondeur de 5,0 m ou plus existe partout, à l'exception de Bokhol. Les bateaux fluviaux ne rencontreront ainsi pas d'obstacles. L'utilisation de caboteurs exige cependant un approfondissement de la voie navigable près de Bokhol. C'est pourquoi, un levé de ce seuil doit absolument être réalisé, soit au cours de l'exécution des autres travaux, soit par la Direction de la Voie Navigable. Il est recommandé en outre de faire un levé de l'ensemble du tronçon, afin que la Direction dispose des données de base y relatives.

Si les seuils ne gênent pas la navigation fluviale sur ce tronçon, le Pont Faidherbe représente pourtant un obstacle considérable. Des mesures devront être prises dès le début de la navigation régulière pour réduire la durée des manoeuvres. A long terme, le pont devra être remplacé par un autre ouvrage afin d'éliminer les gênes aussi bien à la circulation fluviale que routière.

6.4.2 Tronçon Leboudou-Doué - Vending (PK 244 à 489)

Ce tronçon est caractérisé par le fait qu'une partie (environ 45 %) du débit du fleuve s'écoule dans un bras secondaire, le Doué. De ce fait, le Sénégal est beaucoup plus étroit sur ce tronçon que sur les autres. Actuellement, la largeur nécessaire pour le croisement de deux convois M3 n'est pas disponible à 12 endroits. En outre, ce tronçon est caractérisé par un lit sinueux et la présence de nombreux seuils dûs aux bifurcations du fleuve, aux sur-largeurs ou au fond rocheux.

Au cours de la phase finale, la largeur d'aménagement de ce tronçon devrait être de 70 à 180 m.

Pour une profondeur de 1,9 m, le lit du fleuve doit être approfondi à 15 endroits (voir tableau 6.4.2). A cet effet, environ 490 000 m³ de sable et 20 000 m³ de roche doivent être excavés. Pour une profondeur de 2,4 m, les quantités augmentent à environ 2 000 000 m³ de sable et 66 000 m³ de roche.

Sur ce tronçon, les endroits spécialement critiques sont les suivants:

- le seuil de Dioudé Diabé à cause de sa longueur, de son fond rocheux et de plusieurs passages difficiles,

- les courbes et boucles étroites et mal calculables de
 - . Leboudi
 - . Boki
 - . Siouré
 - . Abdallah
 - . Diâranguel,
- la bifurcation du fleuve à Boghé ainsi que
- l'affouillement à Diamel Vidime et l'éboulement des berges convexes qui en résulte apparemment.

Le secteur inférieur de ce tronçon est encore visiblement influencé par la retenue du barrage de Diama. En amont du PK 450, la différence du niveau d'eau est inférieure à 10 cm et ainsi insignifiante pour les travaux d'aménagement.

Tableau 6.4.2: Seuils entre Leboudou-Doué et Vending

N° d'ordre	Désignation du seuil (N° d'après Ivanov)	PK de ... à	Hauteur de la retenue à Diama de +1,50 m IGN				
			-	-	+1,50	+1,50	+1,50
			Profondeur en m				
			1,4	1,9	1,4	1,9	2,4
1	Mafou (4)	331 - 334	-	-	-	-	-
2	Copé (5)	339 - 348	-	S	-	-	S
3	N'Gorel (6)	364 - 370	S	S	-	-	S
4	Sintiou Dangdé	374 - 376	-	S	-	S	S
5	Boghé	378 - 382	S	S	S	S	S
6	Démèt (7)	382 - 385	S	S	S	S	S
7	Boki	388 - 392	S	S	S	S	S
8	Woki	408 - 410	-	S	-	-	S
9	Siouré	412 - 418	S	S	S	S	S
10	Toundé Killa	418 - 424	-	S	-	S	S
11	Kaskas (8)	426 - 429	S	S	S	S	S
12	Doungel (9)	433 - 439	-	S	-	S	S
13	Dioudé Diabé (10)	439 - 443	SRO	SRO	SRO	SRO	SRO
14	Bito	444 - 449	-	S(R)	-	S(R)	S(R)
15	Thioubalel	451 - 456	-	S	-	S	S
16	Abdallah (11)	458 - 463	-	S	-	-	S
17	Diâranguel (12)	465 - 471	S	S	-	S	S
18	Taitaba (13)	472 - 480	S	S	S	S	S
19	Saldé	480 - 483	-	S	-	S	S
20	Vending (14)	484 - 489	S	S	S	S	S
-	Nombre de seuils à aména- ger	-	10	19	8	15	19

S = Dragage

R = Dérochement

O = Ouvrages de correction

6.4.3 Tronçon Vending - Matam (PK 489 à 637)

Sur ce tronçon, le fleuve Sénégal a un cours essentiellement allongé.

Le lit mineur a une largeur de 200 à 500 m, avec des rétrécissements à 150 m et des surlargeurs jusqu'à 550 m. En raison du tracé rectiligne et des surlargeurs locales, le lit d'étiage forme des méandres dans le lit mineur. Les bifurcations et la tendance du fleuve d'allonger son tracé pour diminuer la pente, sont caractéristiques. Ceci provoque des éboulements des berges concaves, l'élargissement du lit mineur et, par conséquent, la diminution de la profondeur d'eau. Les seuils sont situés généralement aux endroits où la largeur du lit est supérieure à 300 m.

Au cours de la phase finale, la largeur d'aménagement de ce tronçon devrait donc être de 200 à 250 m.

Pour une profondeur de référence de 1,9 m, le lit du fleuve doit être approfondi à 7 endroits (voir tableau 6.4.3). A cet effet, environ 120 000 m³ de sable et 7 000 m³ de roche doivent être excavés. Pour une profondeur de 2,4 m, ces quantités augmentent à 330 000 m³ de sable et 14 000 m³ de roche.

Les endroits suivants sont particulièrement critiques:

- les bifurcations à N'Guidjilone et à Koundél nécessitant des ouvrages de correction, ainsi que
- les seuils partiellement rocheux de Dâwalel et Kerr.

Les travaux d'aménagement à réaliser sur ce tronçon sont les moins importants, comparés aux autres - à l'exception de celui de St-Louis - Leboudou-Doué.

Tableau 6.4.3: Seuils entre Vending et Matam

N° d'ordre	Désignation du seuil (N° d'après Ivanov)	PK de ... à	Profondeur de référence en m		
			1,4	1,9	2,4
21	Vending II	490 - 492	-	S	S
22	M'Bagne (15)	495 - 502	-	S	S
23	Dâwalel (16)	502 - 505	-	S(R)	S(R)
24	Daêbe	528 - 530	-	-	S
25	Kerr (17)	532 - 534	-	S(R)	S(R)
26	Kaédi	535 - 543	-	-	S
27	Orenata (18)	545 - 549	-	-	S
28	Gâwol (19)	556 - 560	-	S	S
29	Guiraye (20)	562 - 565	-	-	S
30	Djowol (21)	568 - 574	-	-	-
31	Dôndou	577 - 579	-	-	S
32	N'Guidjilone (22)	584 - 589	0	SO	SO
33	Oudourou	603 - 606	-	-	S
34	Koundél (23)	613 - 617	0	0	SO
35	Diammél (24)	632 - 634	-	-	-
36	Matam (25)	635 - 637	-	-	-
Nombre de seuils à aménager		-	2	7	13

S = Dragage

R = Dérochement

O = Ouvrages de correction

6.4.4 Tronçon Matam - Bakel (PK 637 à 816)

Les secteurs quasiment rectilignes d'une longueur de 12 à 20 km et d'une largeur de 700 m au maximum, dans lesquels le lit d'étiage forme des méandres, caractérisent ce tronçon. Dans les coudes sans berges stables, de fortes érosions de la rive concave et la formation de grands bancs de sable sur la rive convexe se produisent. Les seuils se rencontrent en général aux endroits où le fleuve est très large, ou si le fond est rocheux.

Au cours de la phase finale, la largeur d'aménagement souhaitée serait de 250 à 300 m.

Pour une profondeur de référence de 1,9 m, 11 seuils au total sont à approfondir. A cet effet, environ 400 000 m³ de sable et 37 000 m³ de roche devront être excavés. Pour une profondeur de 2,4 m, les quantités de sable augmentent à environ 1 780 000 m³.

Les endroits suivants sont particulièrement critiques:

- l'îlot rocheux et la presqu'île à Diawara barrant le fleuve et
- le seuil de Goumal qui présente la plus faible profondeur à cause de la grande largeur du fleuve à cet endroit.

Tableau 6.4.4: Seuils entre Matam et Bakel

N ^o d'ordre	Désignation du seuil (N ^o d'après Ivanov)	PK de ... à	Profondeur de référence en m		
			1,4	1,9	2,4
37	Diandjoli (26)	644 - 646	-	-	S
38	El Hadj Oumar (27)	651 - 655	-	-	S
39	Thienping (28)	655 - 659	-	S	S
40	Odobéré (29)	655 - 657	S	S	S
41	N'Gano (30)	675 - 678	-	S	S
42	Barmatia (31)	681 - 683	-	-	-
43	Gouriki (32)	700 - 704	-	-	S
44	Goumal (33)	718 - 720	S(O)	S(O)	S(O)
45	Waoundé (34)	728 - 732	S	S	S
46	Guelle (35)	757 - 739	-	S	S
47	Gourel Dara (36)	746 - 748	S	S	S
48	Adabéré (37)	760 - 763	-	-	S
49	Yerma (38)	765 - 767	-	-	S
50	Moudéri (39)	786 - 790	-	S	S
51	Diawara (40)	793 - 799	R	SR	SR
52	Guilde (41)	801 - 806	-	SR	SR
53	Tuabo	810 - 813	-	-	S
54	Bakel (42)	814 - 816	S	S	S
Nombre de seuils à aménager		-	6	11	17

S = Dragage

R = Dérochement

O = Ouvrages de correction

6.4.5 Tronçon Bakel - Ambidédi (PK 816 à 905)

Ce tronçon est caractérisé par des seuils étendus dus à un fond rocheux, un cours relativement allongé ou à la grande largeur du lit mineur. Le lit d'étiage forme des méandres qui sont la cause des passages souvent très difficiles. Sur ce tronçon, le fleuve a également la tendance d'augmenter sa longueur et de réduire sa pente. Ceci entraîne, surtout dans les coudes, de fortes érosions de la rive concave et des alluvionnements sur la rive convexe.

Au cours de la phase finale, la largeur d'aménagement devrait être de 200 à 300 m.

Ce tronçon exige les plus importants travaux d'aménagement de tous les tronçons déjà présentés. Pour une profondeur de référence de 1,9 m, 730 000 m³ de sable et 22 000 m³ de roche doivent être dragués à 8 seuils et, pour une profondeur de 2,4 m, le volume à draguer à 11 seuils est de 2 100 000 m³ de sable et de 42 000 m³ de roche.

Les endroits particulièrement critiques se trouvent à:

- Khabou, en raison du fond rocheux, de la grande largeur, des bancs de sable mouvants et de la faible profondeur d'eau,
- Koungani et Digokori, en raison du fond rocheux et de la faible profondeur d'eau et
- Goutioubé et Somone, en raison du tracé défavorable du lit d'étiage (voir tableau 6.4.5).

En plus des dragages à Khabou et Goutioubé, des ouvrages de correction devraient être exécutés pour stabiliser le chenal navigable. A Koungani, Digokori et Somone, des ou-

vrages de régularisation seraient souhaitables. Ils devraient être prévus comme positions éventuelles dans l'appel d'offres.

Tableau 6.4.5: Seuils entre Bakel et Ambidédi

N° d'ordre	Désignation du seuil (N° d'après Ivanov)	PK de ... à ...	Profondeur de référence en m		
			1,4	1,9	2,4
55	Sassimakana (43)	819 - 823	-	S	S
56	Koungani	825 - 829	S(R)O	S(R)O	S(R)O
57	Golmi (44)	830 - 836	-	S(R)	S(R)
58	Yaféra (45)	839 - 844	-	S(R)	S(R)
59	Goutioubé (46)	845 - 851	SO	SO	SO
60	Ségala	856 - 859	-	-	S(R)
61	Khabou (47)	862 - 871	SRO	SRO	SRO
62	Digokori (48)	877 - 880	SRO	SRO	SRO
63	Goussela	884 - 888	-	-	S(R)
64	Toumbakoukané	889 - 891	-	-	S(R)
65	Somone (49)	891 - 897	O	S(R)O	S(R)O
Nombre de seuils à aménager		-	5	8	11

S = Dragage

R = Dérochement

O = Ouvrages fluviaux

6.4.6 Tronçon Ambidédi - Kayes (PK 905 à 948)

Un tracé presque rectiligne aussi bien du lit mineur que du lit d'étiage et un fond rocheux existant presque sur toute la longueur, caractérisent ce tronçon. La largeur du lit mineur est de 300 à 450 m. Une profondeur suffisante lors de l'écoulement du débit de référence sera obtenue en rétrécissant la largeur du lit à environ 150 à 250 m. Etant donné qu'un rétrécissement du lit mineur par des ouvrages de régularisation est plus cher que la réalisation d'un chenal navigable par dragage et dérochement, cette dernière solution a été retenue dans l'avant-projet. Pour une profondeur de référence de 1,9 m, 90 000 m³ de sable et environ 540 000 m³ de roche sont à excaver et, pour une profondeur de 2,4 m, environ 275 000 m³ de sable et 1 250 000 m³ de roche.

Les seuils à aménager sont indiqués au tableau 6.4.6. Les travaux d'aménagement les plus importants seront exécutés à:

- Ambidédi et Moussala
- Tamboukané et Dakandapé, ainsi qu'à
- Ortogorel.

Tableau 6.4.6: Seuils entre Ambidédi et Kayes

N° d'ordre	Désignation du seuil (N° d'après Ivanov)	PK de ... à ...	Profondeur de référence en m		
			1,4	1,9	2,4
66	Ambidédi (50)	905 - 912	-	(S)R	(S)R
67	Moussala	912 - 915	S(R)	SR	SR
68	Ganyi	915 - 918	-	-	SR
69	Tambuonkané (51)	920 - 923	(S)R	(S)R	(S)R
70	Dakandapé (52)	923 - 928	(S)R	(S)R	(S)R
71	Samé	932 - 934	-	-	(S)R
72	Ortogorel (53)	938 - 946	-	SR	SR
Nombre de seuils à aménager		-	3	5	7

S = Dragage

R = Dérochement

6.4.7 Bras du Doué entre Leboudou-Doué et Vending

L'aménagement du bras du Doué pour la circulation des bateaux et convois prévus pour le fleuve Sénégal, est exclu pour le moment pour des raisons de rentabilité, car le lit mineur est encore plus étroit et les rayons des courbes sont encore plus faibles que dans le bras du Sénégal. Les frais d'aménagement ainsi que les frais d'entretien seraient ainsi plus élevés que pour le bras du Sénégal.

Le Doué présentant malgré tout une certaine importance pour le trafic local, la navigation doit y être maintenue. Si des travaux d'aménagement s'avéraient nécessaires ultérieurement, ils pourraient être exécutés par la Direction de la Voie Navigable.

6.5 Volume de dragage et de dérochement

Les volumes des travaux de dragage et de dérochement ont été calculés pour l'avant-projet à l'aide du modèle mathématique et par des calculs complémentaires basés sur les profils en travers.

Les quantités de sable et de roche à excaver sur les différents tronçons sont indiquées au tableau 6.5 pour une retenue normale à Diama de +1,50 m IGN et des profondeurs de référence de:

$$T = 1,4 \text{ m,}$$

$$T = 1,9 \text{ m,}$$

$$T = 2,4 \text{ m.}$$

En plus, les volumes supplémentaires de sable et de roche à excaver ont été déterminés pour des profondeurs de 1,4 m et de 1,9 m, dans le cas où le barrage de Diama ne serait pas construit.

Les fig. 6.5 a) et 6.5 b) indiquent les volumes à draguer et à dérocher en fonction de l'enfoncement et de la profondeur de référence du chenal navigable.

Tableau 6.5: Volumes à draguer et à dérocher, en 1 000 m³

N°	Tronçon	PK	Profondeur de référence/Retenue normale de Diama									
			1,4 m/sans RN		1,9 m/sans RN		1,4 m/RN +1,5 m		1,9 m/RN +1,5 m		2,4 m/RN +1,5 m	
			cas 1a		cas 1b		cas 3		cas 4		cas 5	
			S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
1	Léboudou-Doué - Vending	244- 489	393	9	928	24	206	7	486	21	2 032	66
2	Vending - Matam	489- 637	-	-	121	7	-	-	121	7	828	14
3	Matam - Bakel	637- 816	133	37	401	37	133	37	401	37	1 780	37
4	Bakel - Ambidédi	816- 905	269	12	726	22	269	12	726	22	2 079	42
5	Ambidédi - Kayes	905- 948	52	212	88	542	52	212	88	542	273	1 250
	Total	244- 948	847	270	2 264	632	660	268	1 822	629	6.992	1 409

RN = Retenue normale

S = Sable

R = Roche

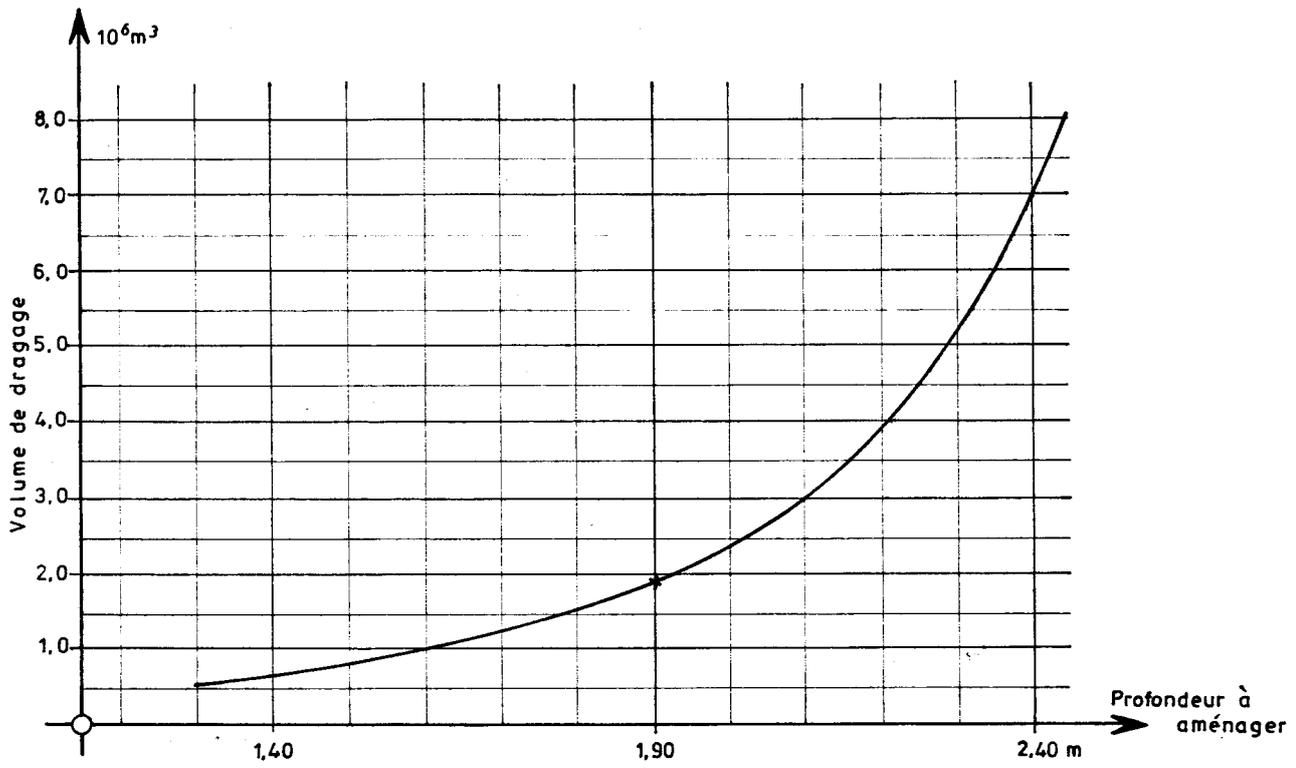


Fig. 6.5a): Volume de dragage

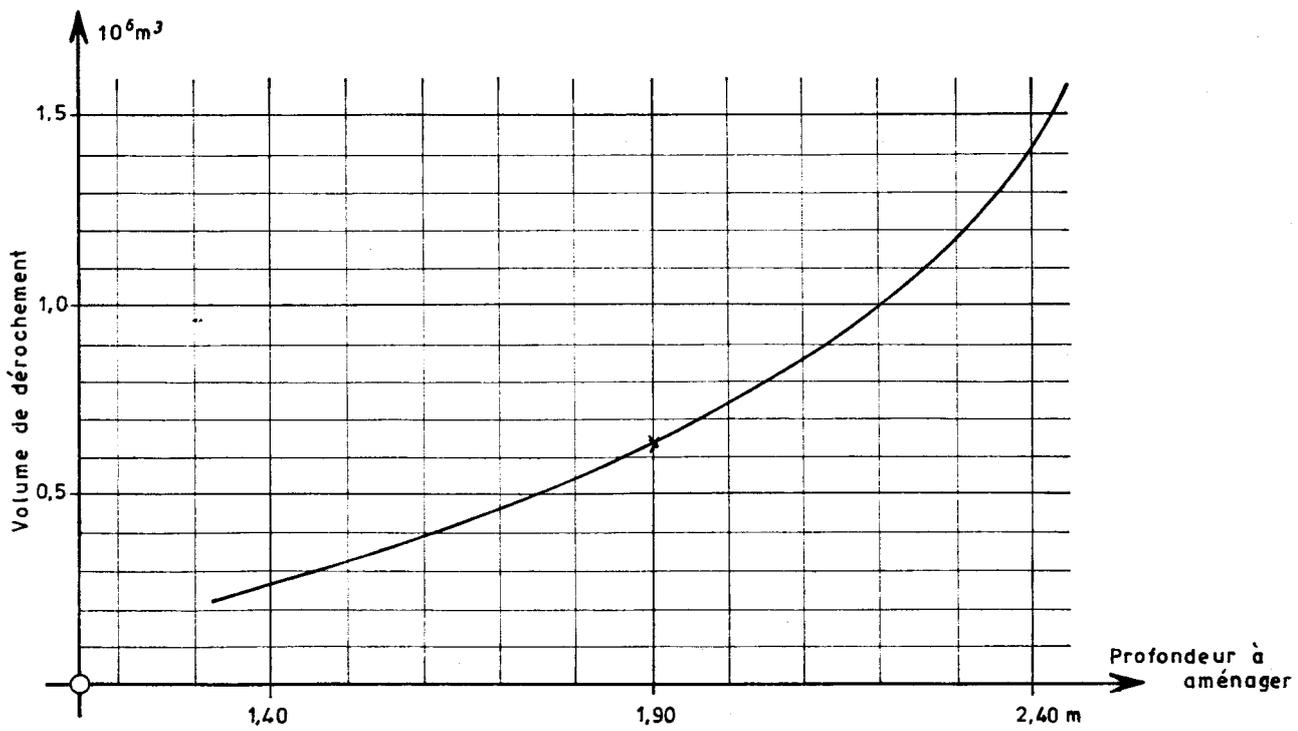


Fig. 6.5b): Volume de dérochement

6.6

Ouvrages de correction

Les ouvrages de correction doivent en premier lieu être exécutés uniquement aux endroits où l'on prévoit des travaux d'entretien particulièrement importants, c'est-à-dire aux seuils suivants:

Dioudé Diabé	PK 439 à 443,
N'Guidjilone	PK 584 à 589,
Koundél	Pk 613 à 617,
Goumal	PK 718 à 720,
Koungani	PK 825 à 829,
Goutioubé	PK 845 à 851,
Khabou	PK 862 à 871,
Digokori	PK 877 à 880 et
Somone	PK 891 à 897.

Les quantités de matériaux et de travaux nécessaires sont indiqués au tableau 6.6.

Tableau 6.6: Volume de matériaux et ampleur des travaux pour les ouvrages de correction

Désignation du seuil	Pierres en 1 000 m ³	Nappes fil-trantes en 1 000 m ²	Travaux de terrassement en 1 000 m ³
Dioudé Diabé	33,8	27,8	6,7
N'Guidjilone	17,9	8,1	0,6
Koundél	4,5	3,3	1,0
Goumal	48,4	58,2	4,0
Koungani	31,0	21,2	1,0
Goutioubé	80,7	74,1	30,3
Khabou	102,6	73,0	3,5
Digokori	71,8	74,3	3,3
Somone	64,3	40,0	1,6
Total	455,0	380,0	52,0

6.7 Influence du débit et des modifications du niveau de retenue à Diama sur la profondeur d'eau disponible

Pour pouvoir évaluer l'incidence des modifications du débit et du niveau de retenue à Diama sur l'utilisation de la voie navigable, les cas suivants ont été étudiés dans le cadre de l'avant-projet.

(1) Débit du mois de janvier conformément au cas 7 (voir tableau 4.2.4 a)),

(2) Débit du mois de juin pendant la phase transitoire, PT 1 (voir tableau 4.2.4 b)),

(3) Niveau de retenue à Diama de +2,5 m IGN.

(1) Lors de l'écoulement du débit du mois de janvier, la profondeur d'un chenal navigable de 2,0 m pour le débit d'avril n'augmente que de 2 à 23 cm, ce qui n'apporte aucun avantage à la navigation. Si l'on désire bénéficier en janvier d'une augmentation de profondeur de 10 cm sur le tronçon entre Leboudou-Doué et Kayes, il serait nécessaire d'approfondir le chenal aux passages de 8 seuils.

(2) Lors de l'écoulement du débit du mois de juin pendant la phase transitoire, PT 1, la profondeur diminue de 20 à 45 cm dans un chenal navigable d'une profondeur de 2,0 m dimensionnée pour le débit de référence. Dans le secteur supérieur entre Matam et Kayes, la réduction de profondeur est supérieure à 40 cm. Si l'on veut garantir une profondeur d'eau d'au moins 1,70 m durant la phase transitoire, il est nécessaire d'approfondir le chenal aux passages de 22 seuils. 37 seuils seraient concernés si l'on recherche une profondeur d'eau de 1,8 m.

(3) L'augmentation du niveau de retenue à Diama à 2,5 m IGN se fait sentir à peu près jusqu'à Vending (PK 489). La profondeur d'un chenal navigable d'une profondeur de référence de 2,0 m en est augmentée de 1,0 m jusqu'à Podor (PK 266) et de 0,8 m jusqu'à Boghé (PK 382).

6.8

Balisage

L'utilisation du chenal navigable aménagé n'est rentable que si les pilotes utilisent la voie profonde sur toute sa largeur. Un balisage est donc nécessaire, permettant aux pilotes de naviguer de façon précise. Le marquage des limites du chenal navigable par (des bouées) est le procédé le mieux approprié. Des balises et des paires de balises suffisent en revanche sur les tronçons où la largeur du chenal navigable est assez grande.

La signalisation devrait correspondre au "Système de signalisation international pour des voies navigables intérieures européennes", édité par la "Commission Economique pour l'Europe - ECE - Genève 1957/1972", car ce système s'est avéré efficace. Il peut être utilisé pour la navigation aussi bien diurne que nocturne. Pour la navigation de nuit, des investissements supplémentaires peu importants pour l'installation de projecteur de bord et des matières réfléchissantes seront nécessaires pendant la première phase. Dès que le trafic nocturne sera important, les bateaux devront être équipés d'appareils radar.

Le nombre de signaux ne peut être déterminé que de façon approximative car l'emplacement définitif du balisage ne peut être choisi qu'au cours de l'exécution des travaux de construction.

Compte tenu des caractéristiques du fleuve Sénégal, on peut compter avec le besoin suivant:

(1) Tronçons normaux:

- Distance moyenne entre bouées: 2 km
- Distance moyenne entre balises sur les rives: 3 km

(2) Seuils critiques:

- par seuil: 3 bouées (340 bouées)
- pour 30 seuils: 2 balises supplémentaires par seuil
- pour 23 seuils: 4 balises supplémentaires par seuil comme lignes directionnelles

(3) Pour les courbes d'un rayon inférieur ou égal à 1 000 m:

- par courbe: 3 bouées.

En tenant compte des besoins spécifiques mentionnés ci-dessus, les besoins totaux seront d'environ 740 bouées et 470 balises.

Pour faciliter le repérage le long du fleuve, il est recommandé de placer des plaques kilométriques à une distance de 1 km, sur une rive d'abord et, plus tard, sur les deux rives. Dans une phase ultérieure, on pourra introduire des bornes intermédiaires distantes de 500 m ou même de 100 m.

7. Direction de la Voie Navigable

7.1 Tâche et Organisation

La Direction de la Voie Navigable aura les tâches suivantes:

- assurer au fleuve Sénégal le caractère d'une voie navigable internationale et garantir la facilité et la sécurité de la navigation,
- réaliser l'amélioration ultérieure de la voie navigable en fonction de l'accroissement du trafic,
- sauvegarder les intérêts souverains des Etats-membres de l'"Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal", O.M.V.S., en ce qui concerne la voie navigable,
- inspecter la navigation sur le fleuve.

La Direction doit donc être organisée de façon fonctionnelle et capable de hauts rendements et doit pouvoir disposer des moyens financiers nécessaires pour remplir ses tâches.

En raison du caractère souverain de ses fonctions, la Direction devrait avoir le statut d'une administration publique. Toutefois et afin de permettre une exploitation rentable, la Direction ne devra pas assumer des tâches ne relevant pas de l'entretien et de l'aménagement de la voie navigable, ou de la facilité et sécurité de la navigation.

La direction sera divisée en deux services, à savoir:

- le Service Intérieur et
- le Service Extérieur.

Le service intérieur de la Direction comprend deux divisions

- la Division Technique et
- la Division Nautique et Administration.

Ces divisions sont elles-mêmes subdivisées en sous-divisions suivant les besoins.

La structure et les compétences du service intérieur sont indiquées dans l'organigramme ci-après.

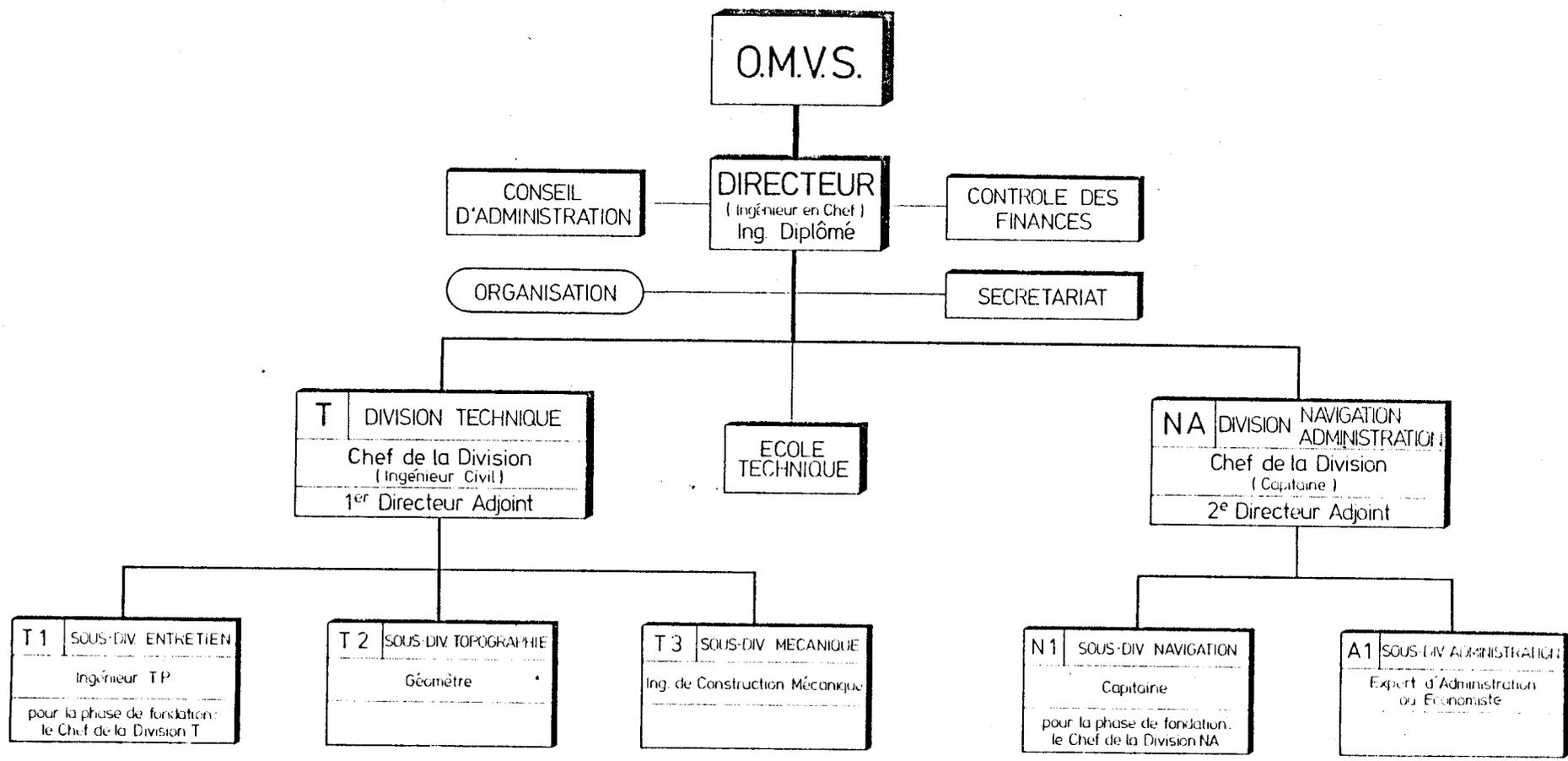
Le service extérieur est subdivisé en Arrondissements responsables chacun d'un certain tronçon du fleuve. Le nombre de l'Arrondissement passera de 3 en première phase à 5 ultérieurement.

Cette augmentation sera nécessaire si dans le cas d'une augmentation du trafic

- davantage de signaux de balisage sont requis et/ou
- les travaux d'entretien et d'amélioration deviennent plus importants.

Les Arrondissements sont responsables des tâches suivantes:

- contrôle et nettoyage de la voie navigable,
- contrôle et entretien des signaux de balisage,
- contrôle des échelles limnimétriques et des lectures des échelles, si ces travaux ne sont pas effectués par les services hydrologiques,
- surveillance de travaux effectués par des entreprises,
- inspection de la navigation,



- Balisage
- Nettoyage
- Dragage
- Construction et Entretien de la V.N. et des Ouvrages
- Entretien des Bâtiments
- Contrôle des Installations de tiers
- Sauvegarde et Sauvetage
- Bureau d'Etudes

- Topographie
- Bathymétrie
- Hydrographie
- Gestion des Immeubles de la Direction
- Environnement et Pêche

- Acquisition et Entretien du Matériel
- Equipement Lourd
- Atelier Central
- Dépôt du Matériel de Balisage
- Prévention d'Accidents
- Jaugeage des Bateaux
- Magasin Central

- Inspection de la Navigation
- Réglementation du Trafic
- Police Fluviale
- Impôts et Taxes
- Permission
- Information
- Statistique
- Exploitation des Ecluses

- Comptabilité
- Finances
- Caisse
- Personnel
- Statistique
- Service Intérieur

ORGANIGRAMME DU SERVICE INTERIEUR

- fourniture d'informations concernant la navigation au siège de l'Arrondissement et surveillance des informations publiées dans les escales portuaires de l'Arrondissement,
- contrôle des installations de tiers,
- coopération aux travaux de la Direction,
- réalisation d'autres tâches prescrites en cas de besoin par la Direction.

Pour ces activités, la Direction a besoin de bases juridiques, qui seront des décrets édictés par les Etats-membres sur proposition de la Direction par l'intermédiaire de l'O.M.V.S. Ces textes réglementaires doivent concerner:

- l'entretien et l'aménagement ultérieur de la voie navigable du fleuve Sénégal,
- le contrôle relatif à l'observation des textes réglementaires, des dispositions et des prescriptions,
- l'ordre, la réglementation et l'inspection de la navigation, y compris le jaugeage de bateaux, l'immatriculation des bateaux, l'établissement de certificats pour les pilotes et les équipages des bateaux, et d'attestations relatives à la construction, l'équipement et l'équipage des bateaux,
- les mesures préventives pour la sécurité et la facilité du trafic, et
- la fixation des impôts et taxes pour la navigation.

La Direction sert ainsi les intérêts publics et son activité ne cherche pas à réaliser des bénéfices.

La Direction couvre les dépenses nécessaires pour accomplir ses tâches par les recettes suivantes:

- recettes provenant des prestations directes de service pour des tiers,
- recettes provenant des taxes de navigation,
- quote-part aux dépenses des Etats-membres et
- recettes diverses.

Les recettes devraient parvenir directement à la Direction en tant qu'administration autonome, afin qu'elle puisse disposer à tout moment des moyens financiers nécessaires à l'accomplissement de ses tâches.

Au cours des années, la quote-part des Etats-membres diminuera dans la mesure où les recettes provenant des taxes de navigation etc. augmenteront.

7.2

Siège de la Direction et des Arrondissements

La décision relative au futur emplacement du siège de la Direction de la Voie Navigable sera prise par les Etats-membres de l'O.M.V.S., le Mali, la Mauritanie et le Sénégal. Pour faciliter cette tâche, une méthodologie a été développée dans le cadre de la Mission A.1.14 pour permettre un choix objectif en tenant compte des critères relatifs à la situation géographique, aux réseaux de communication et à l'infrastructure.

Cet instrument permet la pondération des différents critères et, compte tenu des informations disponibles, a montré que dans l'ordre, les villes de St-Louis, Kaédi et Rosso répondaient aux exigences posées pour le siège de la Direction.

Les emplacements suivants ont été proposés pour les futurs Arrondissements:

- dans le cadre de la 1ère phase
 - St-Louis ou Rosso
 - Kaédi
 - Kayes
- en plus, dans le cadre de la 2e phase
 - Boghé et
 - Bakel.

Les longueurs des secteurs du fleuve dont les différents arrondissements seront responsables, ont été fixées en tenant compte des degrés de difficulté de la voie navigable. Ainsi les secteurs situés en amont du fleuve seront plus courts que ceux en aval.

7.3. Personnel et formation du personnel

7.3.1 Personnel

Un personnel adapté au volume de transport est la condition préalable pour la rentabilité de la Direction. C'est pourquoi le service intérieur sera, au cours de la phase de fondation, conçu de telle sorte

- qu'un cadre assure plusieurs fonctions et
- que le nombre de ses collaborateurs soit réduit autant que possible.

Une augmentation progressive sera possible, en cas de besoin, sans difficulté.

Le tableau 7.3.1 récapitule l'effectif du personnel nécessaire au cours de la 1ère phase.

Tableau 7.3.1: Personnel au cours de la 1ère phase

Désignation	Cadre	Spécialiste	Auxiliaire	Total
Direction générale	3	2	1	6
Division technique	4	10	3	17
Division Navigation et Administration	3	11	5	19
Ateliers	1	18	12	31
Equipages	1	25	26	52
Arrondissements et écluses	3	33	29	65
Personnel au cours de la première phase	15	99	76	190

En outre, il est prévu que 25 à 50 manoeuvres supplémentaires pourront, en cas de besoin, être engagés temporairement.

7.3.2 Formation du personnel

Les qualifications professionnelles doivent avant tout guider le choix du personnel.

Il a été admis que le personnel administratif expérimenté pourra être recruté dans les pays de l'O.M.V.S. En revanche, une formation spécialement conçue en vue de leur activité future est jugée nécessaire pour 13 à 16 cadres, ainsi que pour 20 spécialistes du personnel technique et nautique.

Le mode de recrutement devra permettre en cas de besoin l'affectation du personnel incompetent à d'autres postes que ceux prévus initialement ou même son congédiement.

Le directeur et le directeur du centre de formation doivent posséder en plus d'un bon diplôme d'une école technique d'enseignement supérieur, de bonnes aptitudes pour la conduite des hommes, des talents d'organisateur et des aptitudes pédagogiques.

Lors du recrutement des cadres, il faudra veiller soigneusement à ce que les spécialisations respectives des ingénieurs et techniciens soient complémentaires, et qu'ils disposent, si possible, d'une expérience pratique.

Par suite de l'absence d'une Administration des Voies Navigables dans les Etats de l'O.M.V.S, la formation spécialisée des cadres devra se faire dans une Administration européenne des voies navigables réputée.

Les spécialistes devraient en principe être formés dans les pays de l'O.M.V.S. ou dans les Etats voisins, disposant de centres de formation appropriés.

En plus, quelques spécialistes devraient travailler dans les usines étrangères qui fourniront les bateaux et l'équipement, et lors de la réalisation et surveillance des travaux collaborer avec l'entreprise de construction et l'Ingénieur-Conseil.

La formation sera complétée par des cours de perfectionnement. Ces cours comprennent des stages que tous les spécialistes devront, par groupes professionnels, effectuer de temps en temps.

La création d'un centre de formation devra être prévue pour la formation et le perfectionnement du personnel et son directeur fera partie de la Direction.

Ce centre devrait, par des stages appropriés, permettre à de bons manoeuvres de recevoir une formation de spécialistes. Le centre pourra en outre remplir une des tâches les plus importantes pour le développement des pays de l'O.M.V.S. en inscrivant dans son programme la formation d'apprentis, même si les besoins de la Direction sont satisfaits.

L'engagement d'experts étrangers est prévu au cours de la phase de fondation. Suivant le besoin, ceux-ci peuvent être engagés

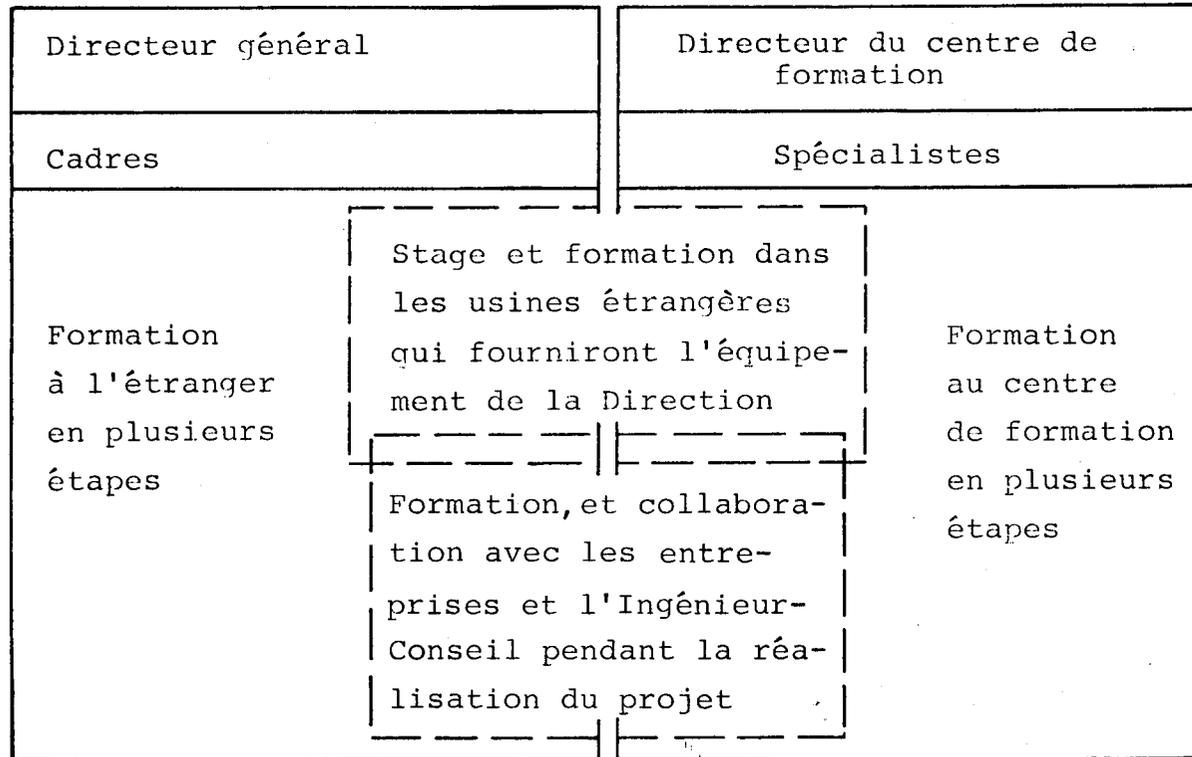
- en tant que conseillers pour certains domaines
- en tant que responsables de l'entretien des équipements et appareils
- en tant que personnel enseignant.

Le graphique suivant donne une vue d'ensemble des lieux de formation, et de la compétence relative à la formation réglementaire des cadres et spécialistes:

Responsable:

Personnel:

Lieux du stage et de la formation:



GRAPHIQUE RELATIF A LA FORMATION DU PERSONNEL TECHNIQUE

7.4 Equipements

7.4.1 Bâtiments

Généralités

Les projets des bâtiments ont été élaborés sur la base des directives et des programmes mis au point dans le cadre de la Mission A.1.14: "Organisation de la Direction de la Voie Navigable".

On a admis que les terrains disponibles présentent des surfaces rectangulaires et planées suffisamment grandes pour répondre aux besoins, et permettant également des extensions ultérieures. La disposition définitive des bâtiments sur le terrain devra être adaptée aux conditions réelles concernant la forme du terrain, son orientation et ses environs. Les possibilités d'accès, et spécialement la disposition de la route d'accès, pourront également avoir une influence sur la répartition des bâtiments et des surfaces libres.

Les aspects suivants ont essentiellement influencé les projets:

- Tous les bâtiments sont situés le long du fleuve. Leur construction s'adaptera à l'usage local et à la topographie du terrain sélectionné.
- Les rez-de-chaussée des bâtiments administratifs et d'habitation sont surélevés au-dessus du terrain existant, conformément à l'usage local, pour assurer une bonne protection contre la poussière, l'eau et la vermine.
- Comme le climat est très chaud, des doubles toitures ventilées ont été prévues pour tous les bâtiments administratifs et d'habitation. Des toitures en saillie ou des brise-soleil assurent en plus une bonne protection des façades.

- Tous les bâtiments ont été conçus sur une trame de 1,20 m avec éléments porteurs tous les 3,60 m ou un multiple de cette distance. Seule la construction du bâtiment administratif fait exception en raison de ses besoins spécifiques.

Bâtiment administratif central

Le bâtiment administratif central est prévu avec rez-de-chaussée sur pilotis et deux étages qui hébergent les pièces de travail. L'architecture en est simple, mais représentative, et l'emplacement prévu au bord de l'eau marque le lien avec le fleuve.

Le projet prévoit une disposition des étages en largeur, avec locaux secondaires au milieu, entre les bureaux. Cette disposition qui réduit la surface des façades, influence la climatisation de façon favorable. En plus, des trajets horizontaux restent courts.

La structure porteuse est conçue sous la forme d'un squelette en béton, avec piliers, dalles pleines et murs de raidissement. Au-dessus de la dalle de toiture, un dispositif de plaques en biais empêche l'insolation directe, permet la circulation d'air, et l'installation ultérieure de collecteurs d'énergie solaire.

Ateliers

Tous les ateliers sont conçus comme bâtiments en longueur avec plusieurs entrées et avec une largeur uniforme de 14,40 m.

L'atelier mécanique central est prévu en construction métallique, avec remplissage en briques de ciment, et complètement isolé à l'extérieur.

Un avant-toit continu sur tout le pourtour du bâtiment protège contre le soleil, et un ruban de lamelles de verre, placé sous l'avant-toit, assure l'aération transversale de la halle.

Les autres ateliers sont conçus de la même manière, sauf en ce qui concerne la structure porteuse, qui est en béton et sur trame carrée de 7,20 m.

Maisons d'habitation, bureaux et centre de formation

A part le logement adjacent au centre de formation, et qui contient également des chambres au premier étage, tous ces bâtiments sont à un seul étage. Les toitures sont doubles, avec ventilation naturelle intermédiaire et grandes saillies pour la protection des façades. Ces dernières sont prévues en murs doubles avec un vide intermédiaire aéré.

Tandis que les campements et les locaux de travail sont disposés dans des bâtiments en longueur, avec aération transversale (climatiseurs individuels dans les bureaux), les pièces des maisons d'habitation sont agencées autour de terrasses recouvertes et aérées.

Liste des bâtiments prévus aux différents endroits

Siège de la Direction - Bâtiment administratif
 - Maison du concierge
 - Maison d'hôtes

Atelier Central - Maison du gardien
 - Maison du magasinier
 - Centre de formation avec salle de séjour et logements

- Atelier mécanique
- Magasin central, ateliers, sanitaires
- Atelier de peinture et dépôt de balises

- Arrondissement
- Maison du gardien
 - Maison de l'inspecteur
 - Bureaux et maison d'hôtes
 - Atelier et magasin

- Dépôts intermédiaires pour balisage
- Maison du gardien avec magasin.

Besoins en superficies

La superficie du terrain requise pour la Direction est résumée ci-dessous.

Tableau 7.4.1: Superficie requise

Désignation Lieu	Terrain requis en m ²	Longueur du terrain côté fleuve en m
Direction, Ateliers et Arrondissement au siège de la Direction	30 000 à 36 000	200 à 250
Arrondissement: - Boghé (phase 2) - Kaédi (phase 1) - Bakel (phase 2) - Kayes (phase 1)	10 000 à 15 000 10 000 à 15 000 10 000 à 15 000 10 000 à 15 000	100 à 150
Dépôts intermédiaires - St-Louis ou Rosso - Podor - Matam	5 000 à 7 000 5 000 à 7 000 5 000 à 7 000	70 à 100
Surface totale de l'Administration	85 000 à 117 000	-

Mobilier et machines de bureau

A part les logements de service, tous les bâtiments seront meublés conformément à leur fonction et équipés avec des machines de bureau.

7.4.2 Equipement lourd

Pour l'exécution des travaux d'entretien, la poursuite de l'aménagement du fleuve Sénégal et l'inspection de la navigation, la Direction doit disposer de bateaux, d'engins flottants, de véhicules et d'ateliers de réparation. Les engins relèvent en partie directement de la Direction et en partie des Arrondissements.

Chaque Arrondissement devra avoir à sa disposition:

- un baliseur équipé d'un chaland à pont et
- un bateau de contrôle.

Les tâches du baliseur sont les suivantes:

- contrôle de la voie navigable et entretien des signaux de balisage
- nettoyage du lit du fleuve et petits travaux fluviaux.

Chaque Arrondissement dispose d'un bateau de contrôle plat pour les multiples fonctions de contrôle et de sondage et l'exécution d'autres tâches, dont ils auront la charge.

La flotte de dragage relève directement de la Direction. La composition définitive de la flotte de dragage et les types des engins ne devront être déterminés qu'au cours des tra-

vaux de construction en tenant compte des expériences acquises. Il est possible qu'une partie des engins utilisés par l'entreprise de construction puisse être reprise par la Direction, ce qui réduirait ainsi les frais d'acquisition.

La flotte de dragage devra comprendre entre autres les matériels suivants:

- une drague suceuse à désagrégateur ou une drague à godets,
- un refouleur-suceur,
- quatre chalands à clapets et utilisable aussi pour le refoulement,
- deux pousseurs pour le transport de chalands et d'autres engins,
- une conduite flottante de 500 m de long environ,
- une conduite terrestre de 600 m de long environ.

Pour compléter la flotte de dragage, les véhicules auxiliaires suivants sont nécessaires:

- un bateau de sondage,
- un ravitailleur,
- un chaland-citerne,
- un bulldozer,
- une chargeuse sur pneus,
- un bateau d'habitation.

Pour l'entretien et la reconstruction d'ouvrages de correction, les engins suivants sont nécessaires:

- une drague à benne preneuse montée sur ponton,
- un chaland de travail (chaland à pont) et
- un pousseur avec installation de remorquage.

Le pousseur peut aussi être utilisé pour le renforcement de la flotte de dragage.

Les 18 véhicules terrestres suivants sont prévus pour la phase initiale:

- 11 limousines
- 5 tout terrain
- 1 camionnette
- 1 unimog avec remorque.

Un atelier bien équipé devra être prévu au siège principal de la Direction pour l'entretien des engins et véhicules et pour la fabrication des bouées et balises, ainsi que des petits ateliers dans les Arrondissements. Les réparations importantes et les révisions générales de l'équipement lourd flottant devraient être effectuées dans un chantier naval.

L'atelier central au siège de la Direction devrait comprendre les sections suivantes:

- Atelier mécanique, usinage de la tôle et serrurerie,
- Atelier de mécanique de précision,
- Atelier électrique,
- Atelier pour le travail du bois,
- Atelier de peinture et
- Magasin central.

En revanche, les ateliers des trois Arrondissements ne seront équipés que pour les travaux mécaniques, l'usinage de la tôle et les travaux de serrurerie.

7.4.3 Télécommunications

Le réseau de télécommunication a été conçu en fonction de la structure de la Direction de la Voie Navigable laquelle comprend essentiellement les éléments suivants:

- Siège centralisé avec atelier
- Trois, et plus tard cinq Arrondissements
- Moyens de transport et de dragage mobiles sur le fleuve.

Ces différents éléments doivent être interconnectés et reliés au réseau téléphonique public, directement pour les postes à terre, par l'intermédiaire de ces derniers pour les postes mobiles.

Réseau de téléphone

Le réseau de télécommunication est constitué d'éléments modulaires standardisés répondant aux normes du CCITT¹⁾ et CCIR²⁾. L'équipement de la Direction est identique à celui de la "Compagnie Inter-Etats". Le réseau est conçu de manière à pouvoir y intégrer par la suite la transmission de données, un système de télécommande ou un dispositif d'alarme et de signalisation.

L'analyse de l'infrastructure des télécommunications existante et en projet a montré que la structuration et la capacité des moyens étaient suffisantes au Mali et au Sénégal pour couvrir les besoins de la Direction. En Mauritanie en revanche, les liaisons téléphoniques devront être d'abord créées par la mise en place de systèmes de faisceaux hertziens dont certains circuits pourront alors être loués par la Direction.

1) CCITT: Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique

2) CCIR : Comité Consultatif International Radio

Des centraux seront mis en place au siège central ainsi que dans chaque Arrondissement. Ils sont reliés entre eux et vers l'extérieur par l'intermédiaire du réseau téléphonique public. Compte tenu de la structure des réseaux existants, il est cependant recommandé d'interconnecter les centraux des Arrondissements situés au Mali et en Mauritanie aux centraux publics sénégalais par des circuits des systèmes de transmission publics existant ou à créer, loués.

Service radio-téléphonique

Les utilisateurs de la voie navigable ont besoin d'un service radio-téléphonique mobile flexible, de haute fiabilité. Ce service doit être assuré soit par les Administrations des Postes et Téléphones soit par la Direction elle-même. Ce service comprendra 5 réseaux permettant les échanges suivants:

- radio communication de correspondance semi-public
- radio communication bateau-bateau
- informations nautiques
- radio communication bateau-autorités portuaires
- radio communication de bord.

La comparaison des systèmes à ondes courtes/moyennes (OC/OM) et le système à haute fréquence VHF a montré que ce dernier présentait des avantages incontestables du point de vue flexibilité, fiabilité et efficacité.

Les coûts d'installation du réseau radio-téléphonique "duplex" VHF ont été estimés, d'une part, dans l'hypothèse qu'il serait exploité par la Direction, les emplacements des pylônes d'antennes et les stations fixes correspondant aux infrastructures soit de la Direction

soit de la Compagnie et, d'autre part, qu'il serait exploité par les OPT¹⁾, l'accès au réseau étant loué par la Direction. L'utilisation des pylônes d'antennes existant du système F.H. Axe Nord du Sénégal a été prévue à cet effet.

La seconde solution s'est relevée la plus intéressante sur le plan de l'investissement total. L'intérêt d'un réseau géré et exploité par les OPT¹⁾ est évident, car il n'est pas destiné à satisfaire uniquement les besoins de la navigation mais également ceux de tous les utilisateurs potentiels dans la région desservie.

Service de télécommunication propre à la Direction

Pour des raisons de sécurité, il serait utile de pouvoir relier les Arrondissements entre eux et avec l'administration centrale indépendamment du réseau des télécommunications public. Les grandes distances imposent des liaisons par radio OM/OC. Toutefois, si le réseau public peut garantir une disponibilité supérieure à 96 % du temps journalier, on pourrait renoncer à cette interconnexion de secours.

¹⁾ Office des Postes et Télécommunications

8. Compagnie Inter-Etats de Navigation

8.1 Tâche et organisation

Le transport sur le fleuve Sénégal doit être assuré par un organisme fondé à cet effet, nommé "Compagnie Inter-Etats de Navigation."

En tant qu'entreprise de transport, cette Compagnie a les tâches suivantes:

- acquisition d'une flotte appropriée pour le transport de marchandises et de passagers sur le fleuve Sénégal, entre St-Louis et Kayes,
- organisation d'une navigation efficace sur le fleuve Sénégal,
- garantie d'une exploitation économique.

La Compagnie doit en outre contribuer à:

- l'accélération de la croissance économique,
 - la stabilisation de l'équilibre économique et
 - l'amélioration de la situation socio-économique
- dans les trois états riverains.

Pour la Compagnie, les formes sociales suivantes peuvent entrer en ligne de compte:

- société mixte comprenant des partenaires privés et publics ou
- société publique.

La préférence devrait être donnée à la société mixte qui permet une gestion rentable tout en tenant compte des contraintes d'ordre politique et de développement.

La Compagnie doit être dotée d'une administration centrale, afin de faciliter l'exécution rapide de ses nombreuses tâches.

Le long de la voie navigable, des escales devront être aménagées à St-Louis et Kayes, ainsi que dans les localités équipées d'appontements. En plus de ces escales, des agences devront être prévues dans les capitales, à savoir Bamako, Dakar et Nouakchott, qui seront essentiellement chargées de la prospection de la clientèle.

Une organisation comprenant les trois niveaux suivants est, sur le plan interne, recommandée pour l'administration centrale:

- Direction générale,
- Direction,
- Service.

L'organigramme ci-après complète ces informations.

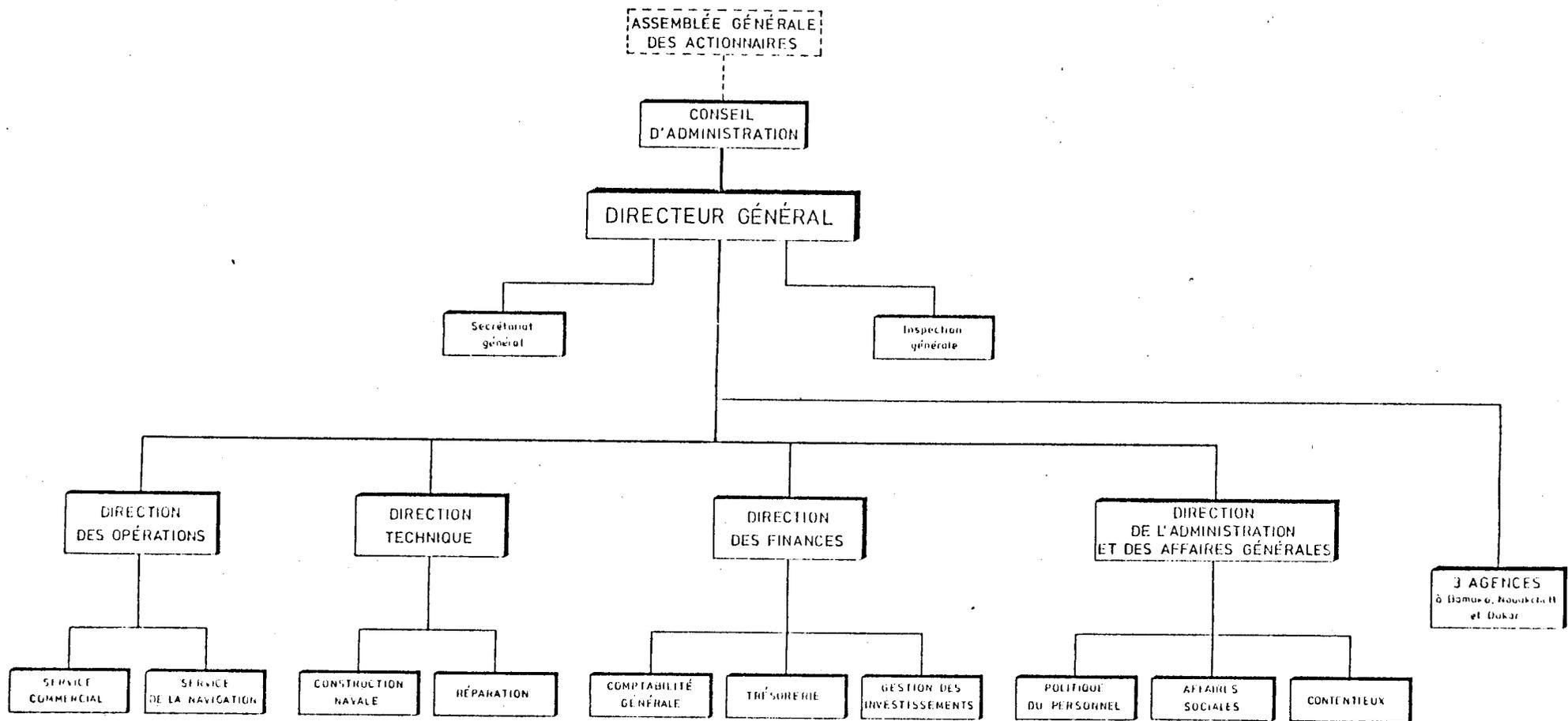


Fig. 8.1: ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION DE LA COMPAGNIE

Cette organisation à trois niveaux de l'administration centrale doit être déjà prise en considération lors de la fondation de la Compagnie. En raison du volume de transport relativement faible au cours de la phase initiale, il sera cependant nécessaire de réunir différentes fonctions aux échelons directions et services.

8.2 Emplacement du siège de la direction de la "Compagnie Inter-Etats de Navigation"

La décision relative au futur emplacement de la direction de la "Compagnie Inter-Etats de Navigation" sera prise par les Etats-membres de l'O.M.V.S. Dans le cadre de la Mission A.1.11, une méthodologie a été élaborée qui permet d'objectiver largement la décision (voir à cet effet art. 7.2 de ce rapport).

Compte tenu des éléments disponibles, et en utilisant le modèle de décision proposé, les emplacements à retenir pour le siège de la direction de la Compagnie sont dans l'ordre Kayes et St-Louis.

Pour les escales, des emplacements suivants sont prévus:

- | | | |
|------------------|---|----------------|
| - St-Louis |) | |
| - Kayes |) | grande escale |
| - Richard Toll |) | |
| - Podor |) | |
| - Kaédi |) | escale moyenne |
| - Matam |) | |
| - Rosso |) | |
| - Boghé |) | |
| - Bakel/Sélibabi |) | petite escale |
| - Ambidédi |) | |

Les petites escales ne devraient être occupées, au cours de la phase initiale, que par un représentant local de la "Compagnie" et être sinon administrées par l'escale voisine.

Vu le manque d'ateliers et de spécialistes le long du fleuve, la Compagnie devrait absolument disposer de ses propres équipes pour des travaux de réparation. Ces équipes seront chargées des petites réparations et des travaux d'entretien courants, et elles constitueront en même temps le "service de dépannage". Ce service disposera d'une vedette-atelier et sera chargé de la réparation des pannes survenues aux bateaux pendant le trajet, et qui ne peuvent pas être éliminées par l'équipage du bateau.

Pendant la phase initiale, l'aménagement à Kaédi d'un atelier central est recommandé. La vedette-atelier devrait y être également stationnée.

Pour la révision générale des moteurs de bateaux, un contrat d'entretien à long terme peut être passé avec un atelier qualifié et expérimenté.

Lors des phases ultérieures, il est recommandé d'équiper un propre atelier chargé de la réparation des moteurs, de manière qu'il puisse effectuer tous les travaux courants.

Selon les besoins, d'autres ateliers pourront être créés ultérieurement à St-Louis, Richard Toll, Podor et Matam.

8.3 Personnel et sa formation8.3.1 Personnel

Un personnel adapté au volume de transport est la condition préalable pour la rentabilité de la direction. Ainsi l'administration centrale sera, au cours de la phase initiale, conçue de telle sorte

- qu'un cadre assure plusieurs fonctions et
- que le nombre de ses collaborateurs soit réduit au minimum.

Une augmentation progressive des effectifs est possible sans difficultés, en cas de besoin.

Pour la phase initiale, l'effectif requis, sans le personnel navigant, est indiqué au tableau 8.3.1.

Tableau 8.3.1: Personnel au cours de la 1ère phase

Service	Cadre	Spécialiste	Auxiliaire	Total
Direction centrale	3	20	4	27
Agences	3	3	-	6
Escales	6	26	6	38
Atelier	-	6	2	8
Total	12	55	12	79

L'équipage d'une barge automotrice comprend 6 hommes pour une durée de service de 12 heures, et 9 hommes pour 24 heures. Le besoin en personnel de la flotte dépend ainsi de la structure de celle-ci et de la durée journalière du service.

8.3.2 Formation du personnel

Le personnel de la Compagnie comprend

- le personnel non navigant de l'administration principale, des ateliers et des escales, ainsi que
- le personnel navigant.

Le personnel non navigant peut être recruté dans les Etats-membres. La durée de formation de ce personnel est relativement brève, car il ne devra acquérir que le complément de connaissance spécifique à la navigation.

La formation du personnel navigant s'étend en revanche sur plusieurs années, dans la mesure où un personnel possédant déjà une longue pratique en matière de navigation ne peut pas être engagé (v. fig. 8.3.2). Etant donné que le nombre de pilotes expérimentés est très variable dans les trois Etats-membres, ceux d'entre eux qui ne disposent jusqu'à présent que d'un nombre insuffisant de pilotes, devront entreprendre le plus rapidement possible une telle formation.

Profession	Activité	Durée en années (minimale)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
Matelot	Durée d'apprentissage	■																			
	Durée de navigation comme matelot			■																	
Pilote-adjoint	Durée de navigation					■															
	Cours de pilotage									■											
Pilote	Durée de navigation comme 2 ^e pilote										■										
	Durée de navigation comme 1 ^{er} pilote												■								
	Cours de pilotage																			■	
Capitaine	Pilotage comme capitaine																			■	

∞
|
∞

Fig. 8.3.2: Programme de formation du personnel nautique

T 6161-10

Le choix du personnel à former devrait tenir compte des conditions suivantes:

- le mode de recrutement devra permettre en cas de besoin l'affectation du personnel incompetent à d'autres postes que ceux prévus initialement ou même son congédiement.
- Les "chefs d'escale" devront, par la suite, travailler de façon indépendante, et pouvoir former et perfectionner leurs collaborateurs.

Les cadres et notamment ceux travaillant dans le domaine de l'organisation de l'entreprise et du dispatching, devront avoir la possibilité de se perfectionner dans des entreprises européennes de navigation, afin de se familiariser avec les systèmes employés dans ces pays.

Le personnel navigant peut être formé dans les centres de formation et les compagnies de navigation existant au Mali et au Nigeria. Une formation de ce personnel en Europe s'avère cependant indispensable pour qu'il apprenne les nouvelles techniques de navigation fluviale et notamment la navigation à l'aide de pousseurs. Cette formation peut avoir lieu dans de grandes compagnies de navigation fluviale européennes et dans des chantiers navals, chargés de la construction des bateaux fluviaux. Les contrats de construction et de livraison de bateaux devront donc déjà inclure une telle convention. Les contrats de livraison devront en outre prévoir la délégation, pour une durée minimale d'un an, de spécialistes étrangers dans les Etats de l'O.M.V.S. en vue de la formation du personnel local.

Le perfectionnement du personnel navigant aura lieu au cours de stages, et sera terminé par un examen et l'obtention du certificat correspondant.

8.4 Flotte de transport8.4.1 Types de bateaux

Le principe de base consiste à concevoir un système de transport qui répond aux exigences suivantes:

- construction simple et robuste,
- poids spécifique minimal et
- emploi polyvalent

permettant d'assurer au système une rentabilité élevée.

Compte tenu des caractéristiques de la voie navigable après l'exécution des travaux d'aménagement, les dimensions des bateaux dont la mise en service est recommandée, sont les suivantes:

- Longueur hors tout : $l_{ht} = 55,00$ m
- Largeur aux couples : $b_c = 11,40$ m
- Enfoncement constructif: $t_{e,c} = 2,00$ m
- Hauteur latérale : $h_l = 3,20$ m

Ces bateaux peuvent circuler soit accouplés en convoi, soit comme barges automotrices équipés de 2 hélices-gouvernails de 295 kW (400 PS) chacune.

Afin de pouvoir adapter facilement les moyens de transport au volume de marchandises, la mise en service de convois poussés est recommandée. Ce système offre la possibilité d'utiliser des barges automotrices ou des convois de 2, 3, 4 ou 6 barges selon le volume de marchandises. Les barges proposées peuvent, avec un équipement supplémentaire correspondant, circuler également sur mer entre St-Louis et les ports voisins. Si cette condition n'est pas applicable à toutes les barges, la hauteur latérale prévue peut être réduite pour celles ne circulant que sur le fleuve.

Les barges automotrices peuvent être utilisées en tant que pousseurs pour les convois M2 et M3. Par contre pour les convois S4 et S6, des pousseurs de 3 x 295 kW (3 x 400 PS) sont nécessaires. Ces pousseurs ont les dimensions suivantes:

- Longueur hors tout : l_{ht} = 25,00 m
- Largeur aux couples : b_c = 11,40 m
- Enfoncement constructif: $t_{e,c}$ = 1,10 m
- Hauteur du point fixe: h_f = 8,00 m

On pourra d'abord renoncer à la mise en service de convois S4 et S6, car leur utilisation n'est pas rentable, à cause du coût d'investissement élevé des pousseurs d'une part, et de celui de l'aménagement de la voie navigable pour ce type de convoi d'autre part.

La capacité de chargement des différents convois envisagés en fonction de l'enfoncement, est indiquée au tableau 8.4.1.

Tableau 8.4.1: Capacité de chargement en t

Type	Enfoncement		
	1,0 m	1,5 m	2,0 m
M1	230	390 520	300 820
M2	530	580 1 110	600 1 710
M3	830	860 1 700	900 2 600

L'utilisation de bateaux du type LASH, SEA-BEE et/ou BACO pour ce transport fluvio-maritime est également possible. La rentabilité de ces bateaux ne sera cependant garantie que si le volume de transport maritime est d'au moins 500 000 t/an. Etant donné que cette condition ne sera pas remplie dans la phase initiale, ce système ne sera tout d'abord pas pris en considéra-

Elle tient en outre compte

- d'une répartition irrégulière du volume de transport au cours de l'année et
- des durées de parcours des bateaux.

En déterminant la structure de la flotte, on a aussi tenu compte du fait que les pilotes auront besoin d'un certain temps pour se familiariser avec des caractéristiques de la voie navigable. C'est pourquoi des barges automotrices devront tout d'abord être mises en service et plus tard seulement, des convois M2 et M3, suivant l'augmentation du volume des transports. Le tableau ci-après récapitule l'évolution de la structure de la flotte.

Année	Nombre de types de bateaux pour le transport de									Heures de service par jour
	March.diverses			Hydrocarbures			Phosphate	Bauxite	Minerai de fer ¹⁾	
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M3	M3	M3	
1985	15	8	2	8	2	0	7	-	-	12 h
1990	8	16	6	3	6	1	7	16	65/130	
1995	8	16	7	3	6	1	7	16	65/130	Transition de 12 h à 24 h
2000	8	20	10	3	6	2	-	16	65/130	24 h

1) 5,0 millions t de pellets ou 10,0 millions t de minerai de fer

Tableau 8.4.3: Structure de la flotte

8.5 Equipement

8.5.1 Bâtiments

Généralités

Les projets des bâtiments ont été élaborés sur la base des directives et des programmes établis dans le cadre de la Mission A.1.11 "Organisation d'une Compagnie Inter-Etats de Navigation".

En outre les termes de l'article 7.4.1 de ce rapport sont aussi valables pour les bâtiments correspondants de la "Compagnie", surtout les paragraphes

- Généralités,
- Bâtiment central de l'administration,
- Ateliers,
- Logements et
- Bureaux.

Liste des bâtiments prévus aux différents endroits

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| Siège de la Compagnie | - Bâtiment administratif |
| | - Maison du concierge |
| | - Maison d'hôtes |
| Escalles | - Maison du chef de l'escale |
| | - Maison d'hôtes |
| | - Bureau |
| | - (Atelier et magasin) |

Besoin en terrain

Les superficies requises pour la Compagnie sont résumées ci-dessous:

Tableau 8.5.1: Superficie requise

Désignation Lieu		Besoin en terrain en m ²	Longueur du terrain côté fleuve en m
Direction		3 000 à 4 500	100 à 150
Grande escale	St-Louis	2 500/3 500	100 à 150
	Kayes	10 000/12 000	
Escale moyenne	Rich.Toll	2 500/3 500	70 à 100
	Podor	2 500/3 500	
	Kaédi	2 500/3 500	
	Matam	2 500/3 500	
Petite escale	Rosso	1 000	50 à 70
	Boghé	1 000	
	Bakel	1 000	
	Ambidédi	1 000	
Surface totale		29 500 à 38 000	—

8.5.2 Engins et véhicules

Un atelier de réparation des bateaux à Kaédi et une vedette-atelier avec tous les appareils et outils nécessaires seront équipés pour l'entretien et les petites réparations des bateaux.

Pour la phase initiale, les véhicules terrestres suivants sont prévus

- 11 limousines
- 7 tout terrain
- 1 camionnette

Mobilier et machines de bureau

A part les logements de service, tous les bâtiments seront meublés conformément à leur fonction et équipés avec des machines de bureau.

8.5.3 Télécommunications

Le réseau de télécommunications a été conçu en fonction de la structure de la Compagnie Inter-Etat qui comprend:

- l'administration centrale
- l'atelier de réparation
- des escales
- des moyens de transport.

La sécurité de fonctionnement des liaisons doit être absolue, la rentabilité de la navigation dépendant en grande partie du réseau téléphonique.

Le réseau est constitué d'éléments modulaires standardisés répondant aux normes du CCITT¹⁾ et CCIR²⁾. Il comprend des réseaux de liaison internes à central domestique et des sélecteurs de ligne reliés au réseau téléphonique public.

L'analyse de l'infrastructure des télécommunications existante et en projet dans la région du fleuve Sénégal a mis en évidence les points suivants:

- Au Mali, la structuration et la capacité des moyens téléphoniques couvrent les besoins de la Compagnie Inter-Etats.

1) CCITT: Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique

2) CCIR: Comité Consultatif International Radio

- En Mauritanie, le réseau téléphonique ne pourra pas satisfaire les besoins de la Compagnie jusqu'en 1990.
- Au Sénégal, les besoins de la Compagnie seront parfaitement couverts dès 1978, grâce à l'installation de l'Axe Nord du réseau téléphonique sénégalais.

Le problème du trafic téléphonique frontalier de part et d'autre du fleuve devra être résolu par la mise en place de systèmes par faisceaux hertziens dont certains circuits seront loués par la Compagnie.

Le réseau de télécommunications de la Compagnie comprendra un central domestique au siège principal, ainsi qu'aux grandes et moyennes escales. En revanche, des sélecteurs de lignes sont prévus aux petites escales portuaires. Les centraux domestiques seront reliés aux réseaux téléphoniques publics et en plus, ceux du Mali et de la Mauritanie seront interconnectés par des circuits des systèmes de transmission publics, loués.

Le réseau est conçu de telle sorte qu'il sera réalisé en 2 phases successives.

Réseau Téléx

Dans une phase ultérieure, il sera nécessaire à la Compagnie de se raccorder au réseau Téléx Public. Ce raccordement ne posera aucun problème, les besoins pouvant être couverts par les réseaux existants ou en projet.

Service radio-téléphonique

Les liaisons radio-téléphoniques entre la Compagnie et les bateaux circulant sur le fleuve seront assurées par un service mobile radio-téléphonique exploité dans le cadre et dans la compétence de la "Direction de la Voie Navigable". Ce service a été brièvement décrit dans l'art. 7.4.3 du présent rapport.

9. Calendrier de l'exécution du projet

9.1 Généralités

Le calendrier de la réalisation du projet d'"Aménagement du Fleuve Sénégal pour la Navigation" doit être coordonné avec celui des autres projets de développement du bassin du fleuve Sénégal. Les différents projets sont en effet étroitement liés et s'influencent mutuellement. En particulier, les relations suivantes sont les plus importantes:

- L'exécution des travaux d'aménagement du fleuve est directement liée à l'avancement de la construction et de la mise en service du barrage de Manantali.
- La demande de capacité de transport conditionnant le développement de la flotte dépend de celui de l'agriculture et de l'industrie, ainsi que de l'exploitation des mines.
- L'aménagement des ports de St-Louis et Kayes et des appontements les plus importants devrait être suffisamment avancé lors du commencement de la navigation pour qu'au moins une manutention portuaire provisoire puisse être effectuée.

D'autre part, les relations suivantes existent entre les divers éléments de l'aménagement du fleuve pour la navigation:

- La Direction de la Voie Navigable doit être opérationnelle au plus tard un an avant l'achèvement des travaux de correction. Les cadres nécessaires doivent ainsi être choisis et formés plusieurs années auparavant.

- La fondation et l'organisation de la Compagnie de la Navigation devraient également être terminées au plus tard un an avant l'achèvement des travaux de correction. Le personnel doit être choisi assez longtemps à l'avance, compte tenu des délais nécessaires pour sa formation.
- Les premiers bateaux de la Compagnie devraient pourtant être à disposition au plus tard au moment de l'achèvement des travaux de correction. Une mise à disposition antérieure serait même souhaitable, étant donné que la Compagnie de la Navigation pourrait alors exécuter certains transports en relation avec les travaux de correction.

9.2 Calendrier du déroulement des travaux d'aménagement

9.2.1 Bases

Pour fixer le calendrier du déroulement des travaux d'aménagement, on est parti de l'hypothèse que le transport régulier sur la voie navigable débutera en 1985. Ceci suppose que le débit requis pour un dragage continu, soit disponible pendant toute l'année grâce au barrage de Manantali, à partir d'octobre 1983. Les retards dans la mise en eau du barrage de Manantali se répercuteront directement sur l'aménagement du fleuve.

9.2.2 Travaux de dérochement

L'exécution des travaux de dérochement entre Ambidédi et Kayes sera réalisée à sec pour des raisons financières. Par conséquent, ces travaux doivent être terminés au

plus tard au début de la crue de 1983. Un laps de temps d'au moins 24 mois doit être réservé pour l'exécution de ces travaux qui doivent être interrompus pendant la période de crue.

9.2.3 Travaux de dragage

Les travaux de dragage ne peuvent être exécutés de façon économique que si un débit d'étiage suffisant est disponible pendant toute l'année. Les travaux peuvent commencer au plus tôt au mois d'octobre 1983 après la crue.

La durée des travaux est fonction de la profondeur à aménager et du nombre de dragues utilisées, et est comprise entre 2 à 5 ans. Dans l'hypothèse d'un aménagement de la voie navigable pour une profondeur de référence de 1,9 m (enfouissement 1,5 m) et de la mise en service de 3 dragues, les travaux de dragage peuvent être terminés en l'espace de deux ans.

9.2.4 Ouvrages de correction

Les coûts des ouvrages de correction dépendent essentiellement des frais de transport des pierres. Comme le transport fluvial est beaucoup plus avantageux que le transport routier, la construction des ouvrages de correction ne devrait commencer qu'après l'aménagement du chenal navigable en aval de Bakel, pour que les pierres en provenance des carrières situées entre Bakel et Kidira puissent être transportées en aval. Un transport uniquement pendant la période de la crue n'est pas rentable, en raison des frais élevés occasionnés par l'immobilisation de la flotte de transport pendant une partie de l'année.

9.3

Direction de la Voie Navigable

L'entrée en fonction de la Direction doit être programmée de telle façon, qu'elle soit en mesure de se charger progressivement de l'entretien de la voie navigable. De plus, en tant qu'organisme de contrôle de la voie navigable, elle doit être opérationnelle, avant que la Compagnie de la Navigation commence à exercer ses fonctions.

Dans cette programmation trois tâches principales doivent être considérées, à savoir:

- la formation du personnel,
- l'acquisition et la mise en service de l'équipement lourd et
- la construction des bâtiments et des ateliers, y compris leurs équipements et installations secondaires.

Le planning général, esquissé ci-après à l'article 9.5, offre la possibilité de prendre en charge une partie de l'équipement lourd utilisé par l'entreprise. Cette reprise du matériel pourra se faire pendant la période prévue pour les travaux d'entretien dans le marché des travaux d'aménagement.

Une des premières tâches de la Direction sera la mise en place du balisage de la voie navigable. En conséquent, les baliseurs doivent commencer leur travail environ 6 mois après le début des travaux de dragage.

A cette date, les inspecteurs et les employés des Arrondissements, les équipages des baliseurs et les topographes doivent avoir terminé leur formation spécialisée. En outre, les bâtiments et réseaux de télécommunication devront également être disponibles.

9.4 Compagnie Inter-Etats de Navigation

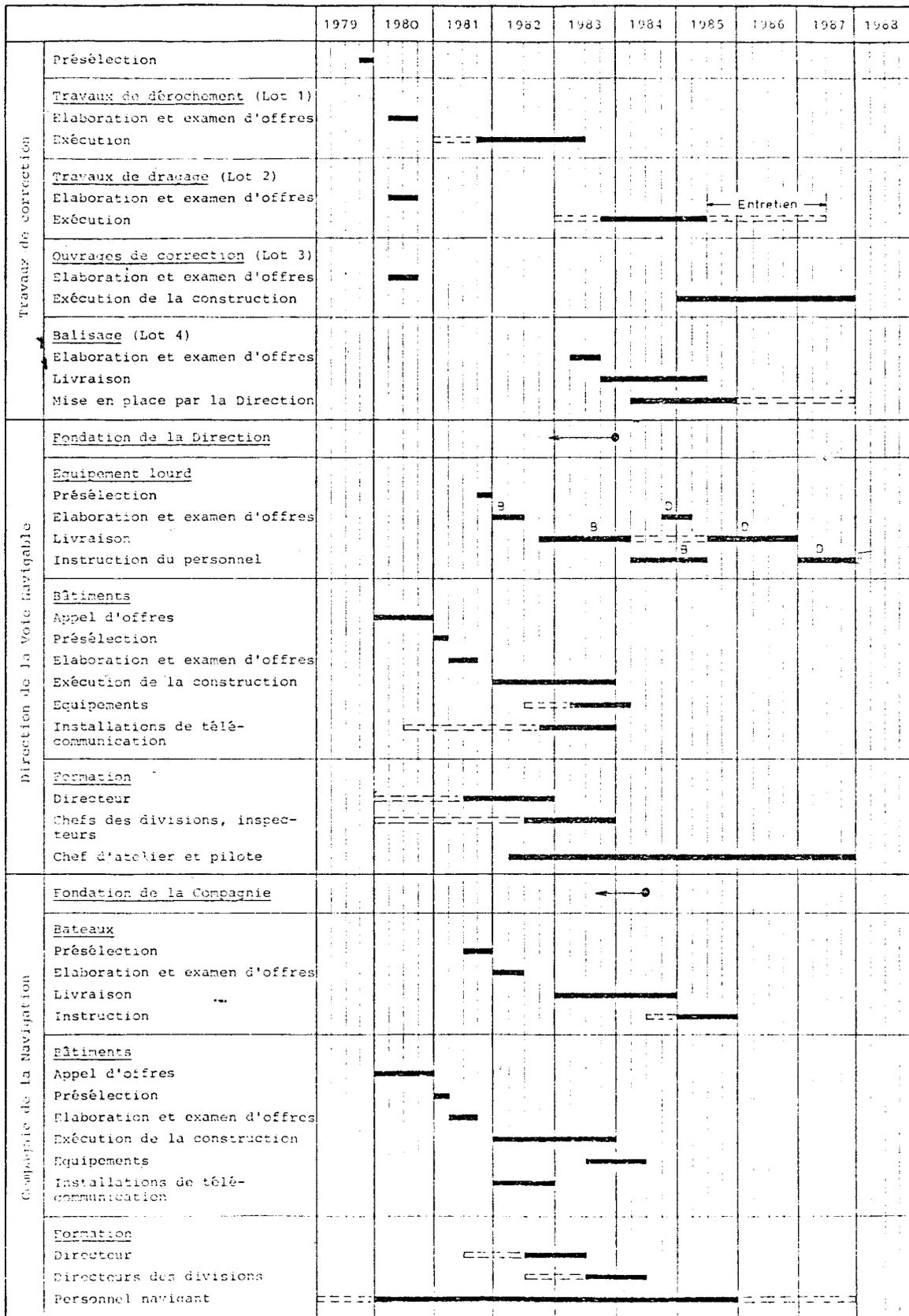
Le calendrier de mise en place de la Compagnie de la Navigation doit s'adapter à celui des travaux de l'aménagement du fleuve pour la navigation, de telle sorte qu'à l'achèvement du dragage du chenal navigable jusqu'à Bakel, le transport puisse commencer. En conséquent, environ six mois avant l'achèvement des travaux de dragage, les premières barges devraient être livrées, et des parcours d'essai sous la direction du personnel du chantier naval devraient commencer.

L'activité de la direction et des escales devrait commencer assez à l'avance pour que la prospection de la future clientèle puisse être entreprise et que le flux ultérieur des marchandises soit organisé. Le calendrier de mise en place de la direction et des escales doit être établi de telle façon que le recrutement du personnel, comme aussi la mise en service des parties les plus importantes des bâtiments, soient terminés au moins 6 mois avant le début des premiers transports.

9.5 Résumé

Dans l'esquisse de planning donnée ci-après, les activités décrites dans les articles qui procèdent, sont représentées graphiquement. Il faut signaler que les délais prévus sont extrêmement courts.

Si les débits nécessaires pour les travaux de dragage ne sont pas disponibles à partir de l'automne 1983, il sera donc nécessaire d'introduire des marges de sécurité supplémentaires pour des événements imprévus dans le nouveau planning.



B = Baliseurs, D = Flotte de dragage

Fig. 9.5 Planning Sommaire

10. Estimation des coûts10.1 Généralités et prix unitaires

L'estimation des coûts est basée sur les conditions économiques de décembre 1977.

Les coûts relatifs

- aux travaux d'aménagement
- à la mise en place de la Direction de la Voie Navigable et
- à celle de la Compagnie Inter-Etats de Navigation

ont été déterminés à partir des prix unitaires élaborés au cours de la Mission A.1.7 d'une part, et des prestations à fournir ainsi que de l'effectif du personnel à recruter d'autre part.

Tous les prix sont indiqués en FCFA et les taux de change suivants ont été utilisés:

$$100 \text{ FCFA} = 200 \text{ FM}^{1)}$$

$$100 \text{ FCFA} = 18,41 \text{ UM}^{1)}$$

$$100 \text{ FCFA} = 1,00 \text{ DM}$$

10.1.1 Prix de base

- a) Rémunération du personnel
(Traitements moyens par mois)

Personnel local:

- | | |
|---|-------------|
| - Auxiliaires, matelots | FCFA 30 000 |
| - Ouvriers spécialisés, mécaniciens, employés | FCFA 47 000 |

1) FM = Franc Malien
UM = Ouguiya

- Contremaîtres, techniciens, pilotes	FCFA	75 000
- Ingénieurs et cadres	FCFA	165 000
Personnel expatrié:		
- Mécaniciens, ouvriers spécialisés	FCFA	700 000
- Ingénieurs	FCFA	2 000 000

b) Matériaux de construction (TTC)¹⁾

- Ciment CPA 315	FCFA	17 000/t
- Agrégat à béton (prix moyen)	FCFA	5 500/m ³
- Fers à béton	FCFA	130 500/t
- Acier profilé et tôle	FCFA	185 000/t
- Essence normale	FCFA	93/l
- Fuel diesel	FCFA	75/l
- Fuel diesel, <u>hors taxes</u>	FCFA	46,4/l

c) Transports dans les états de l'OMVS

- Transports routiers:		
• Routes bitumées	FCFA	27/tkm
• Bonnes pistes	FCFA	34/tkm
• Mauvaises pistes	FCFA	68/tkm
- Transports par rail	FCFA	12 - 20/tkm
- Transports par bateaux	FCFA	≅ 9,5/tkm

10.1.2 Prix unitaires

a) Dragage de sable

Les prix unitaires de dragage dépendent du volume de dragage et du nombre de dragues mises en service. Les prix unitaires suivants ont été établis pour l'évaluation des coûts:

¹⁾ Toutes taxes comprises

- Profondeur à aménager de 1,4 m: FCFA 2 475/m³
- Profondeur à aménager de 1,9 m: FCFA 1 915/m³
- Profondeur à aménager de 2,4 m: FCFA 1 600/m³.

Ces prix unitaires sont également applicables aux travaux de dérochement local qui peuvent être exécutés au cours des dragages, étant donné que les frais d'équipements en plus nécessaires sont déjà compris dans les prix indiqués.

Pour l'installation et le repli du chantier, les coûts suivants ont été admis:

- 664 M. FCFA, pour la mise en service de 2 dragues à godets
- 876 M. FCFA, pour la mise en service de 3 dragues à godets.

Une majoration de 10 % des coûts nets de construction a été prise en considération pour les prestations diverses et imprévues.

b) Dérochement

Les coûts suivants ont été définis pour le dérochement dans le lit du fleuve entre Ambidédi et Kayes:

- pour le déroctage, le chargement et la mise en dépôt
 - Profondeur à aménager de 1,4 m: FCFA 9 050/m³
 - Profondeur à aménager de 1,9 m: FCFA 7 950/m³
 - Profondeur à aménager de 2,4 m: FCFA 7 250/m³.
- Pour l'installation et le repli du chantier:
 - 312 M. FCFA pour une profondeur à aménager de 1,4 m et
 - 445 M. FCFA pour des profondeurs à aménager de 1,9 et 2,4 m.
- Divers et imprévus: environ 10 % des coûts nets de construction.

c) Ouvrages de correction

Les coûts suivants ont été définis pour la fourniture et la mise en place des pierres:

- Extraction et chargement: FCFA 2 725/m³
- Transbordement camion/bateau: FCFA 400/t
- Mise en place: FCFA 400/t.

Les coûts des transports ont été déterminés pour chaque emplacement d'ouvrages et sont indiqués à l'article 10.2.

Les prix unitaires suivants ont également été pris en considération:

- Nappes filtrantes,
fourniture et pose FCFA 600/m²
- Dragages de sable pour le réglage des
talus: FCFA 500/m³
- Installation et repli du chantier:
environ 10 % des coûts de construction nets.
- Divers et imprévus:
environ 10 % des coûts de construction nets.

d) Bâtiments

Les prix unitaires suivants ont été adoptés selon la nature des bâtiments:

- Dépôts, halles, ateliers à équipement
léger: FCFA 20 000 à 30 000/m²
- Ateliers à équipement lourd:
FCFA 30 000 à 50 000/m²
- Bâtiments administratifs et d'habitations
simples: FCFA 40 000 à 60 000/m²
- Villas et bâtiments à plusieurs étages:
FCFA 50 000 à 90 000/m².

e) Flotte

Les investissements suivants doivent être prévus pour des bateaux opérationnels:

- Barge automotrice:	FCFA 210 millions
- Barge:	FCFA 115 millions
- Pousseurs:	FCFA 360 millions
- Bateaux-citerne: Supplément d'env.	FCFA 25 millions

10.2 Coûts des travaux

Les coûts de dragage pour des profondeurs à aménager de 1,4, 1,9 et 2,4 m sont récapitulés par tronçons au tableau 10.2 a).

Les coûts des ouvrages prévus au cours de la première phase pour la régularisation des seuils les plus importants sont indiqués au tableau 10.2 b).

Les coûts de dérochement et les investissements totaux pour les profondeurs à aménager sus-mentionnées sont indiqués au tableau 10.2 c).

L'utilité du barrage de Diama pour l'aménagement de la voie navigable se traduit par une réduction des coûts de 515 millions de FCFA pour une profondeur à aménager de 1,4 m et de 940 millions de FCFA pour 1,9 m.

Tableau 10.2 a) : Coûts pour les travaux de dragage

Profondeur à aménager en m	1,4		1,9			2,4		
	1	2	1	2	3	1	2	3
Prix unitaire en FCFA/m ³	3 869	2 475	2 780	2 085	1 915	2 590	1 810	1 600
Coûts en millions de FCFA pour								
Leboudou-Doué - Vending	637	510	1 351	1 013	931	5 263	3 678	3 251
Vending - Matam	-	-	336	252	232	2 145	1 499	1 325
Matam - Bakel	411	329	1 115	836	768	4 610	3 222	2 848
Bakel - Ambidédi	831	666	2 018	1 514	1 390	5 385	3 763	3 326
Ambidédi - Kayes	161	129	245	183	169	707	494	347
Total	2 040	1 634	5 065	3 798	3 490	18 110	12 656	11 187
L'installation et le repli du chantier	500	664	500	664	876	500	664	876
Sous-total	2 540	2 298	5 565	4 462	4 366	18 610	13 320	12 063
Travaux divers et imprévus	260	202	535	438	434	1 790	1 280	1 137
Coût total des travaux	2 800	2 500	6 100	4 900	4 800	20 400	14 600	13 200

Tableau 10.2 b): Coût des ouvrages de correction (profondeurs à aménager de 1,4 à 2,4 m)

Lieu	PK	Coûts en millions de FCFA						Total
		Pierres	Terrasse- ments	Filtres	Total in- termédiaire	Travaux divers et imprévus	Installation et repli des chantiers	
Dioudé Diabé	441	496,7	3,4	16,7	516,8	51,2	52,0	620
N'Guidjilone	586	213,6	0,3	4,9	218,8	20,2	21,0	260
Koundél	615	51,2	0,5	2,0	53,7	5,3	6,0	65
Goumal	720	454,2	2,0	34,9	491,1	48,9	50,0	590
Koungani	827	241,0	0,5	12,7	254,2	25,8	25,0	305
Goutioubé	850	333,3	15,2	44,5	393,0	38,0	39,0	470
Khabou	865	394,0	1,8	44,0	439,8	42,2	43,0	525
Digokori	879	629,3	1,7	44,6	675,6	67,4	67,0	810
Somone	893	580,3	0,8	24,0	605,1	59,9	60,0	725
Sous-total	-	3 393,6	26,2	228,3	3 648,1	358,9	363,0	4370
Ouverture d'une carrière								280
Total général								4650

Tableau 10.2 c): Récapitulation des coûts des travaux

Travaux	Dragage			Dérochement			Ouvrage	Total par tronçon			Total cumulé		
	1,4	1,9	2,4	1,4	1,9	2,4		1,4	1,9	2,4	1,4	1,9	1,4
Coûts des travaux en millions de FCFA													
St-Louis - Leboudou- Doué	-	↓	-	-	↓	-	-	-	-	-	-	-	-
Leboudou- Doué - Vending	780	1 280	3 836	18	48	131	660	1 458	1 988	4 627	1 458	1 988	4 627
Vending - Matam	-	319	1 563	-	16	27	345	345	680	1 935	1 803	2 668	6 562
Matam - Bakel	503	1 057	3 360	100	85	74	630	1 233	1 772	4 064	3 036	4 440	10 626
Bakel - Ambidédi	1 020	1 912	3 925	32	51	83	3 015	4 067	4 978	7 023	7 103	9 418	17 649
Ambidédi - Kayes	197	232	516	2 450	5 200	10 385	-	2 647	5 432	10 901	9 750	14 850	28 550
St-Louis - Kayes	2 500	4 800	13 200	2 600	5 400	10 700	4 650	9 750	14 850	28 550	-	-	-

18.514

10.3 Direction de la Voie Navigable10.3.1 Investissements

Les investissements pour la Direction de la Voie Navigable sont indiqués au tableau 10.3.1.

Tableau 10.3.1: Investissements pour la Direction
en millions de FCFA

Phase	I (1982 à 1985)	II. (1993 à 1995)
Machines et équipements	2938,0	551,8
Bâtiments et équipements	769,5	186,0
Balisage	186,1	-
Total des investissements	3893,6	737,8

10.3.2 Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation comprennent les postes suivants:

- assurances,
- pièces de rechange et réparations,
- carburants et lubrifiants

et concernent

- les engins flottants,
- les véhicules,
- les ateliers,
- les bâtiments, installations de bureaux, y compris téléphone

ainsi que

- le balisage,
- les matériaux de construction,
- les frais de personnel et
- les frais généraux administratifs.

Les frais d'exploitation pour les différentes années peuvent être fixés aux montants suivants:

1985: environ 575 millions de FCFA
1995: environ 720 millions de FCFA
2010: environ 730 millions de FCFA
2025: environ 750 millions de FCFA.

Pour la formation et des acquisitions qui ont eu lieu avant 1985, il faut attendre à peu près les frais suivants:

1981: 2,5 millions de FCFA
1982: 32,1 millions de FCFA
1983: 69,8 millions de FCFA
1984: 194,5 millions de FCFA.

10.4 Compagnie Inter-Etats10.4.1 Frais générauxa) Frais annuels de l'administration

Sur la base des expériences réalisées dans des compagnies de navigation existantes, les frais généraux peuvent être exprimés par les pourcentages suivants, en se référant aux investissements pour les bateaux:

2,0 (1,5)¹⁾ % pour les transports de marchandises diverses.
 1,0 (0,75) % pour les hydrocarbures.
 0,5 % pour les marchandises en vrac.

Les frais annuels qui en résultent aux différents horizons envisagés, sont les suivants:

Tableau 10.4.1 a): Frais annuels en millions de FCFA

Année	Marchandises diverses	Hydrocarbures	Phosphate	Bauxite	Minerais de fer	Total
1985	100	20	18	-	-	138
1990	143	26	18	38	148	373
2000	252	39	-	38	148	477
2025	882	152	-	38	148	1220

Les dépenses concernant la période précédant 1985 sont récapitulées ci-dessous:

1982: 2,0 millions de FCFA
 1983: 18,3 millions de FCFA
 1984: 63,0 millions de FCFA

1) Les valeurs entre parenthèses correspondent à une exploitation de 12 h/j.

b) Investissement initial pour la direction de la
Compagnie

Pour les investissements de la direction de la Com-
pagnie relatifs aux bâtiments, véhicules et équipe-
ments, un montant d'environ

600 millions de FCFA
=====

doit être pris en considération.

10.4.2 Coûts de la flotte

a) Investissement initial

Jusqu'en 1985, le montant utilisé pour l'acquisition
des bateaux pour le transport des marchandises diver-
ses et des hydrocarbures atteindra

9 250 millions de FCFA.
=====

Un montant supplémentaire est à prendre en considéra-
tion pour le transport de 800 000 t de phosphates.

Il atteindra

3 500 millions de FCFA.
=====

Les investissements nécessaires pour les autres trans-
ports en vrac envisagés sont estimés à

- 7 500 millions de FCFA pour le bauxite
- 29 500 millions de FCFA pour le transport de
5 millions de t de minerai
de fer par an
- 59 000 millions de FCFA pour le transport de 10
millions de t de minerai
de fer par an.

Ces prix de revient nets comprennent les frais définis à l'article 10.4.2 et le service de la dette qui est fonction du montant des investissements, compte tenu de la durée d'utilisation et d'un taux d'intérêt des capitaux de 8 %. En revanche, ils ne comprennent pas les frais généraux de la Compagnie et les taxes de la navigation pour la construction et l'entretien de la voie fluviale.

Tableau 10.4.3 a): Récapitulation des prix de revient¹⁾ en FCFA/tkm pour les différentes catégories de marchandises (taux d'intérêt = 8 %)

Convois de bateaux		M ₁			M ₂			M ₃		
Profondeur en m	Durée de service	1,4	1,9	2,4	1,4	1,9	2,4	1,4	1,9	2,4
Marchandises diverses	12 h	15,09 (18,66)	7,60 (9,19)	5,56 (6,61)	9,23 (10,93)	5,06 (5,88)	3,82 (4,37)	7,89 (9,09)	4,49 (5,09)	3,38 (3,78)
	24 h	11,59 (15,16)	5,69 (7,28)	4,03 (5,06)	6,71 (8,42)	3,59 (4,40)	2,63 (3,17)	5,52 (6,72)	3,07 (3,66)	2,25 (2,64)
Hydrocarbures	12 h	19,45 (24,42)	8,76 (11,96)	5,81 (7,24)	11,14 (13,34)	5,42 (6,48)	3,72 (4,42)	9,27 (10,77)	4,74 (5,49)	3,21 (3,71)
	24 h	15,16 (20,11)	6,83 (9,05)	4,52 (5,97)	8,18 (10,37)	3,99 (5,05)	2,72 (3,43)	6,53 (8,01)	3,34 (4,09)	2,26 (2,76)
Minerais et bauxite transportés de Kayes à St-Louis	24 h	-	-	-	-	-	-	5,06 (6,28)	2,57 (3,16)	1,75 (2,13)
Phosphate transporté de Kaédi à St-Louis	24 h	-	-	-	-	-	-	4,79 (6,01)	2,34 (2,93)	1,54 (1,92)

1) Ces prix de revient nets ne comprennent pas les frais généraux de la Compagnie ni les taxes de la navigation.

2) () Valeurs entre parenthèses = frais de carburants toutes taxes comprises.

Les éléments qui composent les prix de revient, à savoir:

- les coûts d'exécution d'un chenal de 1,9 m de profondeur navigable toute l'année,
- les frais d'entretien de la voie navigable (dépenses de la Direction),
- les frais de transports (prix de revient nets),
- les frais généraux de la "Compagnie"

ont été calculés pour les différentes catégories de marchandises considérées, en tenant compte des hypothèses suivantes:

- structure de la flotte proposée,
- capacité de transport correspondant à un enfoncement de 1,5 m pendant 8 mois et de 2,0 m pendant 4 mois par an,
- les trois cas relatifs aux volumes annuels des transports définis à l'article 3.2.

Ces éléments sont récapitulés dans le tableau 10.4.3. b). Ce tableau n'indique en revanche pas les montants des participations de la navigation aux coûts de construction des barrages de Manantali et Diama.

Un taux d'intérêt uniforme de 8 % a été admis pour l'ensemble des investissements. Le prix du carburant est calculé hors taxe. La prise en considération des taxes sur les carburants entraîne une augmentation des prix de revient d'environ 0,6 à 1,1 FCFA/tkm.

L'évaluation des prix de revient est basée sur l'hypothèse de travail suivante:

- la somme des dépenses annuelle doit équilibrer celle des recettes jusqu'à la fin de la période analysée, c'est-à-dire jusqu'en 2025.

Ceci signifie que la Compagnie ne commencera à être bénéficiaire qu'à partir de l'année 2025.

Une telle hypothèse est cependant difficilement justifiable sur le plan commercial, d'autant plus que les prix de revient ne contiennent aucune majoration pour risques et bénéfices. C'est pourquoi les prix de revient ont été calculés également dans l'hypothèse que l'équilibre des dépenses et des recettes aurait lieu déjà en 1995, respectivement en 2000. Ces valeurs sont récapitulées dans le tableau 10.4.3 c) et comparées à celles du tableau 10.4.3 b). Les prix de revient du tableau 10.4.3. c) pourront servir de base pour la définition ultérieure des tarifs.

Tab. 10.4.3 b): Récapitulation des prix de revient en FCFA/tkm pour une profondeur à aménager de 1,9 m

Catégorie de Marchandises	Coûts relatifs à	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Marchandises diverses	Direction ¹⁾	0,884	0,487	0,210
	Aménagement ²⁾	0,967	0,533	0,229
	Exploitation ³⁾	3,917	3,917	3,917
	Compagnie ⁴⁾	0,392	0,263	0,244
	Total	6,058	5,200	4,600
Hydrocarbures	Direction ¹⁾	0,884	0,487	0,210
	Aménagement ²⁾	0,967	0,533	0,229
	Exploitation ³⁾	4,729	4,729	4,729
	Compagnie ⁴⁾	0,183	0,156	0,137
	Total	6,763	5,905	5,305
Phosphate	Direction ¹⁾	-	0,487	0,210
	Aménagement ²⁾	-	0,533	0,229
	Exploitation ³⁾	-	2,294	2,294
	Compagnie ⁴⁾	-	0,075	0,056
	Total	-	3,389	2,789
Bauxite	Direction ¹⁾	-	0,487	0,210
	Aménagement ²⁾	-	0,533	0,229
	Exploitation ³⁾	-	2,073	2,073
	Compagnie ⁴⁾	-	0,067	0,048
	Total	-	3,160	2,560
Minerais de fer	Direction ¹⁾	-	-	0,210
	Aménagement ²⁾	-	-	0,229
	Exploitation ³⁾	-	-	2,073
	Compagnie ⁴⁾	-	-	0,046
	Total	-	-	2,558

1) Frais de la Direction

2) Coûts pour les travaux de l'aménagement

3) Frais pour l'exploitation des bateaux (prix de revient nets)

4) Frais généraux de la Compagnie

Tab. 10.4.3 c): Récapitulation des prix de revient
en FCFA/tkm pour un taux d'intérêt
de 8 %

Catégorie de marchandises	Année ¹⁾	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Marchandises diverses	1995	11,050	7,738	6,456
	2000	8,813	6,576	5,596
	2025	6,058	5,200	4,600
Hydrocarbures	1995	11,703	8,391	7,109
	2000	9,545	7,308	6,328
	2025	6,763	5,905	5,305
Phosphate	1995	-	4,586	3,304
	2000	-	4,003	3,023
	2025	-	3,389	2,789
Bauxite	1995	-	4,357	3,075
	2000	-	3,774	2,794
	2025	-	3,160	2,560
Minerais de fer	1995	-	-	3,073
	2000	-	-	2,792
	2025	-	-	2,558

¹⁾ C'est l'année où la somme des dépenses annuelles doit équilibrer celle des recettes.

10.5 Récapitulation des investissements

Des moyens financiers doivent être fournis jusqu'en 1985 pour couvrir les investissements suivants:

- Construction d'un chenal navigable de 1,9 m de profondeur	env. 15 000 M. FCFA
- Mise en place de la Direction	env. 4 000 M. FCFA
- Mise en place de la Compagnie	
• Bâtiments, véhicules et équipements	env. 600 M. FCFA
• Matériel de transport pour marchandises diverses et hydrocarbures	9 300 M. FCFA
	<u>env. 10 000 M. FCFA</u>
Total:	29 000 M. FCFA
	=====

En supplément, acquisition de bateaux
pour le transport des phosphates:

3 500 M. FCFA
=====

11. Evaluation économique11.1 Données de base

L'étude d'évaluation économique a pour but d'analyser la rentabilité de l'aménagement du fleuve Sénégal ainsi que du transport fluvial par rapport aux autres systèmes de transport.

En tenant compte des volumes de transport pronostiqués dans le cadre de l'étude du transport, le transport fluvial a été comparé avec d'autres modes de transport en ce qui concerne:

- les marchandises diverses et les hydrocarbures par rapport à un transport routier et ferroviaire,
- les phosphates de Kaédi par rapport à un transport routier,
- les produits miniers du Mali par rapport à un transport par chemin de fer à minerais.

Il faut tenir compte du fait que les tracés du transport ferroviaire et routier d'une part, et par voie navigable d'autre part, ont des longueurs différentes. Les capacités de transport en résultant, lors des mêmes volumes de transport, sont indiquées en t/km au tableau 11.1.

En outre, les données de base ci-après ont été prises en considération pour l'évaluation économique:

- les cas de transport N^o 1 à 3,
- les coûts d'investissements pour l'aménagement du fleuve,
- les frais d'entretien de la voie navigable (dépenses de la Direction),

- les coûts d'acquisitions et les frais d'exploitation de la flotte et
- les frais généraux de la Compagnie de Navigation

Au cours de l'élaboration il s'est avéré utile de diviser encore le cas de transport 2, à savoir:

- le cas 2a, qui comprend le cas 1 et le transport de phosphates, et
- le cas 2b, qui comprend le cas 2a et le transport d'alumine.

Tableau 11.1: Capacités de transport avec/sans aménagement du fleuve en 10⁶ tkm/an

Sorte de marchandises	Avec aménagement				Sans aménagement			
	1983	1990	2000	2025	1983	1990	2000	2025
Marchandises diverses	325,4	666,5	1 798,4	6 327,3	259,6	546,0	1 437,9	5 283,6
Hydrocarbures	111,8	219,9	501,3	2 037,0	78,3	165,7	402,1	1 695,9
Phosphate ¹⁾	425,6	425,6	-	-	380,0	380,0	-	-
Alumine	-	1 536,0	1 536,0	1 536,0	-	1 136,0	1 136,0	1 136,0
Minerai de fer (5 M. t)	-	6 125,0	6 125,0	6 125,0	-	4 458,3	4 458,3	4 458,3
Minerai de fer (10 M. t)	-	12 250,0	12 250,0	12 250,0	-	8 916,6	8 916,6	8 916,6

¹⁾ Début 1985, fin 1999

11.2 Analyse des coûts et bénéfiques11.2.1 Coûts du projet

Tous les coûts d'investissement, à l'exception des coûts pour l'infrastructure des ports et le barrage de Manantali, ont été évalués par le Groupement LDE. Par contre, les investissements relatifs aux ports ont dû être estimés, parce que les résultats du Bureau d'étude canadien chargé de l'étude des ports, ne sont pas encore disponibles.

2,2 % de la totalité des investissements d'environ 75 milliards de FCFA du barrage de Manantali (Cas 7, retenue normale à 208,0 m IGN) ont été imputés au projet de la navigation en tant que coûts proportionnels. Ce pourcentage correspond à la quote-part du débit annuel nécessaire pour garantir une navigation pendant toute l'année.

Les coûts d'investissement initial et de remplacement du projet de navigation ont été étudiés "avec" et aussi "sans" les coûts proportionnels du barrage de Manantali pris en charge par la navigation. Les résultats sont donnés au tableau 11.2.1.

Tableau 11.2.1: Coûts d'investissement en milliards de FCFA

Cas de transport	Coûts proportionnels de Manantali	
	pas compris	compris
1	176,3	179,2
2a	179,3	182,3

Les frais d'entretien et d'exploitation ont été également étudiés par le Groupement LDE dans le cadre des autres Missions. En ce qui concerne les ports, seulement les frais d'exploitation relatifs au projet de la navigation ont été pris en considération.

La comparaison des coûts pour les différents systèmes de transport a été basée sur les prix unitaires suivants:

Transport fluvial (FCFA/tkm) ¹⁾

Marchandises diverses	2,41	à	4,68
Hydrocarbures	2,84	à	5,92
Phosphates			1,57
Alumine			1,45
Minerai de fer			1,42

Transport routier (FCFA/tkm) ²⁾

Marchandises diverses	15,90	à	31,00
Hydrocarbures	21,20	à	41,40
Produits miniers	21,20	à	41,40

1) Y compris un supplément de 20 % pour des marchandises diverses et de 13 % pour les hydrocarbures, pour tenir compte du volume irrégulier de transport au cours de l'année.

2) Un pourcentage de charge des véhicules de 66,67 % pour le transport de marchandises diverses et de 50 % pour le transport de hydrocarbures et de minerais est pris comme base à ce sujet.

Transport ferroviaire (FCFA/tkm)

Marchandises diverses et hydrocarbures	12,00
Produits miniers (par chemin de fer à minerais)	1,69 à 4,26

Transbordement (FCFA/t)

Marchandises diverses	1 000 à 1 200
Hydrocarbures	100 à 120
Phosphates	150
Alumine et minerai de fer	100

La calculation des coûts de transport a montré, que le transport fluvial, même avec les frais de transbordement de marchandises diverses, de hydrocarbures et phosphates, est moins cher que celui du transport routier et ferroviaire.

Par contre, les frais d'exploitation pour le transport fluvial d'alumine et de minerai de fer du Mali sont plus élevés que pour d'autres modes de transport. C'est pourquoi on n'a pas tenu compte du transport fluvial d'alumine et de minerai de fer dans l'évaluation économique.

11.2.2 Bénéfices du projet

Les bénéfices du projet résultent

- des bénéfices directs par des économies des coûts de transport par rapport à d'autres moyens de transport, ainsi que

- des bénéfices indirects par
 - des répercussions positives sur le produit national et la balance des paiements
 - la création d'emplois
 - la stimulation du développement économique et
 - particulièrement pour le Mali, un meilleur raccordement aux ports maritimes et ainsi une amélioration de sa situation isolée.

Bénéfices directs

Les bénéfices attendus par les économies des coûts de transport s'élèvent pour le cas de transport 1 à environ 3,5 millions de FCFA pour l'année 1985, qui augmentent à environ 68,0 millions de FCFA en 2025.

Si les phosphates sont également transportés sur le fleuve, des économies supplémentaires d'environ 8 millions de FCFA en résulteraient. Surtout les recettes minimales au cours des premières années après la mise en oeuvre du projet en seraient augmentées, ce qui aurait en effet décisif sur la rentabilité du projet.

Bénéfices indirects

Des bénéfices indirects pour l'économie nationale des trois Etats-membres résultent de la valeur ajoutée. Pour le cas de transport 1, la valeur ajoutée directe et indirecte sera en 1985 d'environ 6 milliards de FCFA, qui augmentera jusqu'à l'année 2025 à environ 77 milliards de FCFA. La valeur ajoutée du cas 2a sera déjà en 1985

de 7,5 milliards de FCFA. La valeur ajoutée totale monte par rapport au produit intérieur brut (P.I.B.) des trois états, à partir de 1985 de 0,71 % (cas 1) et 0,92 % (cas 2a) à 1,02 % (cas 1) et 1,01 % (cas 2a) en 2025. La contribution à la croissance économique des trois Etats-membres est de 3,0 et 3,62 % ainsi que de 1,42 et 1,41 % pour les années mentionnées ci-dessus.

Des bénéfices indirects supplémentaires résultent des effets positifs sur les balances des paiements des trois Etats-membres, étant donné que les dépenses annuelles en devises seront moins élevées au cas d'une réalisation du projet que sans cette réalisation. Cependant des économies de devises seront seulement sensibles après la période 1986/90, parce que les investissements initiaux élevés sur tous les secteurs du projet entraîneront également des dépenses élevées en devises. Pendant la période de 2000 à 2025 les économies en devises augmenteront à 11,9 milliards de FCFA par an. Si du point de vue macro-économique, les trois économies nationales font des économies en devises, leurs dépenses seront quand même considérables. Par rapport aux importations totales des trois pays de l'OMVS (un taux de croissance entre 3,5 à 5 % a été la base du pronostic), les dépenses en devises atteindront un montant de l'ordre de 1,9 à 3,9 % (cas 1) et 2,0 à 4,3 % (cas 2a).

En plus, le projet créera directement et indirectement de nouveaux emplois et contribuera ainsi à la stabilisation de la population dans la région du fleuve. Le nombre de nouveaux emplois créés en 1985 sera d'environ 7 400 (cas 1) et d'environ 7 600 (cas 2a). Jusqu'à l'année 2025, une augmentation à 30 000 environ est escomptée. Si en plus on prend en considération les personnes qui dépendent du point de vue économique des personnes actives,

on obtient un nombre total de la population concernée par le projet, qui s'élèvera en 1985 à 23 000 personnes environ et en 2025 à 93 000.

Enfin l'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation entraînera des stimulations du développement économique des pays de l'O.M.V.S. qui ne peuvent pourtant pas être quantifiées exactement. Les avantages de la stimulation du développement économique des pays de l'O.M.V.S. font partie de la mise en place d'une nouvelle liaison pour le transport et de l'économie des frais de transport.

Cette économie des frais de transport aura des effets suivants:

- Une diminution du coût de la vie, à savoir:
 - directement par la réduction des coûts des produits alimentaires et des carburants importés et
 - indirectement par une offre de biens et prestations de services à des prix plus favorables.
- Influence favorable sur l'agriculture en ce qui concerne les produits accessoires à l'agriculture comme les produits agricoles. Particulièrement pour l'agriculture dans la vallée du fleuve du Mali, il résultera, à longue échéance, une amélioration de la capacité compétitive et une augmentation des revenus.
- Influence favorable sur l'industrialisation grâce à une réduction des coûts d'investissement et de production.
- Incidences positives sur le développement de l'industrie primaire grâce à l'extraction, au traitement et à la transformation de gisements miniers. Ceci entraînerait une intégration économique plus étroite et la stabilité des économies nationales des pays de l'O.M.V.S., en particulier du Mali.

L'aménagement du fleuve Sénégal stimulera, à longue échéance, le développement du tourisme. Ceci est valable pour la vallée proprement dite ainsi que pour les régions avoisinantes.

11.3 Rentabilité du projet

Le calcul du taux de l'intérêt interne de la rentabilité, c'est-à-dire de la rentabilité du projet, permettra de procéder à une évaluation économique du projet. Selon que les coûts proportionnels du barrage de Manantali sont compris ou non dans les coûts du projet d'aménagement, les taux d'intérêt internes indiqués au tableau 11.3 en résultent.

Tableau 11.3: Taux d'intérêt internes de la rentabilité

Coûts proportionnels de Manantali	Cas de transport	
	1	2a
pas compris	16,6 %	27,8 %
compris	16,2 %	26,3 %

Le tableau 11.3 montre que la rentabilité interne n'est à peine influencée par les investissements du barrage de Manantali.

Si l'on considère le coût des capitaux de 8 à 12 % pour les pays de l'OMVS comme approprié, la réalisation du projet de la navigation peu être recommandée.

11.4 Analyse de sensibilité

L'affirmation, selon laquelle il s'agit d'un projet valant la peine d'être réalisé, dépend toujours d'une série d'hypothèses qui ont dû être faites dans le cadre de l'évaluation économique et qui présentent un certain degré d'incertitude. Les principaux paramètres dont on a tenu compte dans le cadre de l'analyse de sensibilité sont

- les volumes de transport pronostiqués, notamment les répartitions entre rail et fleuve,
- les coûts d'investissement évalués, en particulier les coûts d'aménagement de l'infrastructure portuaire.

En ce qui concerne le premier paramètre, on a supposé, pour déterminer le volume de transport sur le fleuve une restriction de la capacité de la liaison ferroviaire Dakar - Kayes à environ 240 000 t/an. Au cas où

- la capacité du chemin de fer doublera et prélèvera un volume de transport correspondant et
- que les prix unitaires réels du chemin de fer par tkm ne changeront pas,

la rentabilité interne de l'aménagement du fleuve serait réduite comme suit:

- pour le cas 1: de 16,6 à 13,0 %
- pour le cas 2a: de 27,8 à 20,2 %.

Ces résultats montrent qu'un redoublement des transports par chemin de fer a certes une influence considérable sur la rentabilité du projet de la navigation, mais le taux d'intérêt interne souhaité de 8 à 12 % même dans le cas "sans phosphate" est encore dépassé.

Dans le cadre de l'analyse de sensibilité, l'influence des fluctuations des coûts d'investissement et bénéfiques de $\pm 20\%$ sur la rentabilité du projet a été en plus étudiée.

Une étude sur les incidences des modifications des investissements sur la rentabilité interne est dans le cas présent d'un intérêt particulier, parce qu'une partie essentielle des coûts d'investissement, à savoir celle des ports, y compris le port de St-Louis, a dû être estimée. En outre, des réductions ou des augmentations des bénéfiques peuvent se produire en particulier par:

- des changements dans le mode de transport,
- le choix du type de bateau et
- des pronostics de transport modifiés.

Une modification simultanée des volumes de transport, des coûts d'investissement et des bénéfiques dans les proportions exposées ci-dessus, donne le taux d'intérêt interne pour trois cas typiques de l'analyse de sensibilité.

Ils se caractérisent comme suit:

- le cas le moins favorable, par une augmentation des coûts et diminution des bénéfiques de 20% ,
- le cas normal, sans modification des coûts et bénéfiques,
- le cas favorable, par une augmentation des bénéfiques et diminution des coûts de 20% .

Le tableau 11.4 indique les taux d'intérêt internes pour les cas de transport 1 et 2a, pour différents volumes de transport ferroviaire et pour les trois cas de l'analyse de sensibilité.

Tableau 11.4: Taux d'intérêt interne du projet

Volume de transport ferroviaire en 1000 t	Cas de transport 1			Cas de transport 2 a		
	Cas le moins favorable	Cas normal	Cas le plus favorable	Cas le moins favorable	Cas normal	Cas le plus favorable
240	12,6 %	16,6 %	21,7 %	22,4 %	27,8 %	37,2 %
300	12,0 %	15,5 %	19,6 %	21,2 %	25,7 %	32,5 %
360	11,4 %	14,5 %	18,0 %	19,7 %	23,5 %	29,0 %
420	10,9 %	13,7 %	16,6 %	18,4 %	21,7 %	26,3 %
480	10,4 %	13,0 %	15,3 %	17,3 %	20,2 %	24,1 %

Le tableau exprime ce qui suit:

- le taux d'intérêt du projet varie entre 10,4 et 37,2% en tenant compte de toutes les modifications possibles des paramètres étudiés.
- Le volume de transport représente le paramètre le plus important. La rentabilité diminuerait perceptiblement, si la capacité de la voie ferrée Dakar - Niger augmentait et entraînait un transfert des volumes de transport du bateau au rail. D'autre part, le transport des phosphates par bateau contribue à une amélioration considérable de la rentabilité.
- Des variations du montant des investissements et des bénéfices se font moins sentir sur la rentabilité mais pourraient toutefois, dans certaines conditions, avoir une grande importance dans des cas marginaux.

12. Résumé et recommandation

12.1 Profondeur d'aménagement du chenal navigable

De différentes profondeurs d'aménagement pour la navigation sur le fleuve Sénégal ont été étudiés du point de vue technique, financier et économique.

L'aménagement à 1,4 m nécessite un investissement de 10 milliards de FCFA. Cependant, la profondeur d'eau disponible lors de la phase transitoire serait alors limitée à 1,0 m, ce qui ne représente qu'en enfoncement de 0,6 m correspondant à l'enfoncement à lège des bateaux prévus. Dans ces conditions, un aménagement à 1,4 m n'entre a priori pas en ligne de compte.

L'aménagement à 1,9 m nécessite un investissement de 15 milliards de FCFA. Cette profondeur de référence est très intéressante pour la navigation après la régularisation définitive des débits du fleuve, car elle permet la circulation des bateaux pendant 4 mois par an avec l'enfoncement total de 2,0 m, et pendant les 8 mois restants avec un enfoncement de 1,5 m. En revanche durant la phase transitoire, l'enfoncement est alors réduit à 1,1 m pendant 8 mois par an, ce qui renchérit considérablement les frais de transport fluvial.

L'aménagement à 2,4 m est, en dépit d'un investissement initial élevé, d'environ 30 milliards de FCFA, une solution très rentable du point de vue économique, tant pour le stade final que pour la phase transitoire. Toutefois, la réalisation en une seule étape d'une telle profondeur d'aménagement, pose certains problèmes tant techniques que financiers. D'une part, un aménagement à 2,4 m apporte des modifications considérables à l'équilibre actuel du fleuve, dont les incidences sur les frais d'entretien sont difficilement prévisibles. D'autre part, l'obtention des moyens

financiers nécessaires à la réalisation d'une telle profondeur d'aménagement, risque de se heurter à certaines difficultés puisqu'avec la mise en place de la Direction et de la Compagnie, ils représenteront 45 milliards de FCFA.

Compte tenu de l'incertitude relative à la durée de la phase transitoire, il serait judicieux de rechercher une profondeur d'aménagement permettant l'obtention d'un enfoncement de 1,5 m déjà dans la phase transitoire. Une telle profondeur d'aménagement devrait être légèrement supérieure à 2 m pour la phase finale de la régularisation. L'investissement correspondant à sa réalisation sera compris entre 20 et 25 milliards de FCFA.

12.2 Prix de transport

La décomposition des frais de transport, donnée pour une profondeur d'aménagement de 1,9 m au tableau 10.4.3 b), met en évidence l'influence déterminante des coûts d'acquisition et d'exploitation de la flotte. En effet, la part des frais de transport correspondant aussi bien aux frais d'aménagement de la voie navigable qu'à ceux de son entretien, ne représente pour le transport des marchandises diverses que 0,2 à 1,0 FCFA/tkm ou 5 à 15 % du prix de revient total. Il en résulte que même une grande modification de l'un ou l'autre facteur n'influencera que marginalement le prix de revient du transport.

L'analyse des prix de revient du transport des marchandises diverses pour les cas de transport 1 et 3, met d'autre part en évidence, la faible influence d'une mo-

dification même importante du volume à transporter. En effet, la suppression d'un volume de transport annuel en vrac de 7 millions t/an n'entraîne qu'une majoration de 38 % du prix de revient de la tonne kilométrique qui passe de 4,60 à 6,06 FCFA/tkm.

En outre, les coûts de transports de marchandises diverses sont compris entre 4,6 et 5,2 FCFA/tkm dans les cas de transports simultanés de marchandises en vrac. Ces coûts sont donc nettement inférieurs aux tarifs ferroviaires et routiers de 8 à 28 FCFA/tkm. Même sous l'hypothèse, certainement trop favorable, que les tarifs du chemin de fer et du trafic routier couvrent les dépenses, la voie navigable est bien plus rentable que toutes les autres voies de transport.

12.3

Calendrier du déroulement

Le planning général des opérations concernant la voie fluviale a été établi dans l'hypothèse que le barrage de Manantali serait mis en eau en été 1983. Une telle hypothèse ne laisse qu'un laps de temps extrêmement réduit pour l'exécution des travaux de la voie navigable à réaliser avant la mise en eau du barrage. Ces derniers seront en revanche facilités, si cette mise en eau est repoussée jusqu'en 1985. Pourtant, il faut souligner que même dans ce cas, il est indispensable d'éviter toute interruption dans le déroulement des études ultérieures relatives à la navigation, si l'on veut réaliser le projet en temps voulu et aux conditions les plus favorables. C'est pourquoi la décision relative à la profondeur d'aménagement du chenal navigable doit être prise dans les

meilleurs délais, et les démarches relatives au financement des travaux doivent être entreprises immédiatement. Il est en effet souhaitable que l'élaboration du projet et tous les travaux préparatoires soient poursuivis, afin que le démarrage des travaux sur le fleuve puisse avoir lieu en automne 1980 même si le barrage de Manantali ne devait être mis en eau qu'en 1985.

13. Etudes et publications relatives à l'aménagement
du fleuve Sénégal

- [1] IVANOV, V.V.: Rapport sur les études hydrologiques du fleuve Sénégal, St - Louis, juillet 1969
- Annexe 1: Graphiques du régime des seuils
- Annexe 2: Tableaux du dépouillement des observations sur les seuils
- Annexe 3: Tableaux de dépouillement statistique des hauteurs d'eau pour plusieurs années aux stations du fleuve Sénégal
- Annexe 4: Graphiques annuels de durée des hauteurs d'eau aux stations du fleuve Sénégal
- Annexe 5: Tableaux annuels de fréquence et de durée des hauteurs d'eau aux stations de Kayes et d'Ambidédi
- Annexe 6: Tableaux annuels de fréquence et de durée des hauteurs d'eau à la station de Bakel
- Annexe 7: Tableaux annuels de fréquence et de durée des hauteurs d'eau à la station de Matam
- Annexe 8: Tableaux annuels de fréquence et de durée des hauteurs d'eau à la station de Kaédi
- Annexe 9: Tableaux annuels de fréquence et de durée des hauteurs d'eau à la station de Saldé
- Annexe 10: Tableaux annuels de fréquence et de durée des hauteurs d'eau à la station de Boghé
- Annexe 11: Levés topographiques et hydrographiques de l'embouchure et de la Langue de Barbarie au sud de St - Louis

Annexe 12: Levés topographiques et hydrologiques de la Langue de Barbarie et de la Mer au Nord de St-Louis

[2] SERVICE HYDROLOGIQUE

Annuaire hydrologique
Année hydrologique 1968 - 1969
Ministère du Développement Industriel
et des Travaux Publics
Direction de l'Hydraulique et de
l'Energie
Bamako 1969

[3] POMERANTSEV, V.N.

Appréciation préliminaire des
conditions de navigation et des
frais de transport de marchandises
sur le fleuve Sénégal après son
aménagement
St - Louis, février 1969

Rapport technico-économique sur le
développement des transports sur le
fleuve Sénégal
St - Louis, octobre 1969

Annexe au rapport technico-économique
octobre 1970

Rapport sur le développement éventuel
du trafic de passagers sur le fleuve
Sénégal
St - Louis, décembre 1970

[4] MEGLITSKY, A.M.

Rapport sur les études des ports et
escales du fleuve Sénégal
St - Louis, juillet 1970

Annexe au rapport sur les études des
ports et escales du fleuve Sénégal
St - Louis, juillet 1970

Rapport sur les recherches hydrogra-
phiques et topographiques sur les
ports et escales du fleuve Sénégal
entre Rosso et Kayes
St - Louis, novembre 1970

Schéma d'amélioration et de développe-
ment des ports et escales du fleuve
Sénégal
St - Louis, décembre 1970

[5] SENEGAL-CONSULT
SWITZERLAND

Feasibility survey for the regulation of the
Senegal river
Design of a system of water management planning
in the upper Senegal river catchment
Hydrologie
Volume 3A
Text and annexes

Volume 3B
Appendices
New York 1970

[6] BEZIUKOV, K.I.

Système de balisage pour le fleuve Sénégal
novembre 1970

Recommandations pour l'aménagement des conditions
de navigation sur le fleuve

Tome I: Etat actuel du fleuve
Développement des transports et
objectifs de l'aménagement de la voie
d'eau
St - Louis, mars 1971

Tome II: Balisage
Organisation du service de balisage
St - Louis, novembre 1970

Tome III: Travaux d'aménagement de la voie
navigable
St - Louis, mars 1971

Annexe: Plans des seuils du fleuve
Sénégal
St - Louis, mars 1971

- [7] DELAISI, J. Rapport à Monsieur le Secrétaire Général de
l'O.E.R.S. concernant la navigation sur le
fleuve Sénégal
janvier 1971
- [8] SURVEYER, Etude de la navigabilité et des ports du fleuve
NENNINGER ET Sénégal
CHENEVERT INC. Etudes portuaires à St - Louis, Kayes et Ambidédi
Rapport N^o 1 - Travaux préliminaires
 Volume 1 - Rapport principal
 Volume 2 - Annexes
 février 1972
- Rapport N^o 2 - Rapport définitif
 avril 1973
- [9] NAGUIB, D.H. Rapport de fin de Mission
 Projet de code relatif à la navigation et aux
 transports sur le fleuve Sénégal
 St - Louis, février 1972

- [10] NATIONS UNIES Spécifications relatives à un caboteur en acier
à moteur de 150 tonnes de port en lourd
New York, 1974
- Spécifications relatives à un cargo en acier à
moteur de 350 tonnes de port en lourd
- Spécifications relatives à une vedette de rivière
pouvant transporter 60 passagers
- [11] NATIONS UNIES Etude de la navigabilité et des ports du
fleuve Sénégal
Programme des Nations Unies pour le Développement
New York, 1974
- [12] OULD HAMDINOU, A. Hauteurs limnimétriques dans la
Vallée de Bakel à Ronq
1965 - 1974
mai 1974
- [13] ROCHETTE, C. Le bassin du fleuve Sénégal
Monographies hydrologiques
ORSTOM
Paris 1974
- [14] REPUBLIQUE POPU- Compte rendu oral des études du Barrage de
LAIRE DE CHINE Manantali
(Mission chinoise chargée des études vérificatives
du Barrage de Manantali)
novembre 1974
- [15] BEYRARD, N. Programme intégré de développement du bassin du
fleuve Sénégal
Tome VII: Navigation
Tome IX: Mise en oeuvre
1974

- [16] O.M.V.S. Les objectifs et les grandes lignes de la stratégie de développement intégré du bassin du fleuve Sénégal
mai 1974
- [17] O.M.V.S. Etude d'exécution du barrage de Diama, Termes de référence
1975
- [18] O.M.V.S. Hydrologie du fleuve Sénégal de Bakel à St-Louis de 1965 à 1976
avril 1976
- [19] O.M.V.S. Le programme de l'O.M.V.S. Présentation, méthodes et moyens de mise en oeuvre
mai 1976
- [20] O.M.V.S. Aménagement du bassin versant du fleuve Sénégal
octobre 1976
- [21] O.M.V.S. Premiers éléments sur la crue et la décrue 1976 - 1977 du fleuve Sénégal
décembre 1976
- [22] O.M.V.S. Aménagement du bassin versant du fleuve Sénégal

Périmètre d'irrigation en Mauritanie
décembre 1976
- [23] SOGREAH
INGENIEURS-
CONSEILS Etude d'exécution du barrage de Diama
Rapport sur l'exploitation du modèle mathématique
Grenoble, janvier 1977

- [24] GROUPEMENT Etude d'exécution du barrage et de l'usine
MANANTALI hydroélectrique de Manantali
INGENIEURS- Mission A. 1.2 Hydrologie
CONSEILS Mission A. 1.3 Navigabilité
Mission A. 1.5 Régularisation
février 1977
- [25] CONFERENCE FRAN- Aménagement du bassin du fleuve Sénégal
CO-AFRICAINE DES avril 1977
CHEFS D'ETAT ET
DE GOUVERNEMENT
- [26] O.M.V.S. Périmètres d'irrigation sur la rive gauche
du fleuve Sénégal
avril 1977
- [27] SOGREAH Modèle mathématique de la vallée du fleuve
Sénégal
- [28] O.M.V.S. Etude d'exécution des ports et escales du
fleuve Sénégal, termes de référence,
mai 1975
- [29] O.M.V.S. Termes de référence pour l'évaluation des
effets sur l'environnement d'aménagement prévu
dans le bassin du fleuve Sénégal
avril 1977
- [30] Handbuch der Westküste Afrikas von 1937 (Manuel
de la côte de l'Afrique occidentale de 1937)
Edité par Deutsches Hydrographisches Institut,
Hamburg (Institut allemand hydrographique à
Hambourg)
- [31] Comme ci-dessus, édition de 1972

[32] NATIONS UNIES Atlas Nautique du Fleuve Sénégal
 Tome I: Embouchure - Port de Boghé
 Paris 1971

