

**10706**  
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. 2.6: Rapport de Synthèse Général



**GROUPEMENT D'INGENIEURS-CONSEILS**

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

Dorsch-Consult  
Munich, R.F.A.

Electrowatt  
Zurich, Suisse

Table des matières

	<u>Page</u>
1. <u>Introduction</u>	1 - 1
2. <u>Objectifs et réalisation des études</u>	2 - 1
2.1 Avant-propos	2 - 1
2.2 Objectifs des études	2 - 2
2.3 Contenu des études	2 - 3
2.3.1 Première phase des études	2 - 3
2.3.2 Deuxième phase des études	2 - 4
3. <u>Données de base du projet</u>	3 - 1
3.1 Prévision du volume de transport	3 - 1
3.1.1 Données socio-économiques	3 - 1
3.1.2 Données de transports	3 - 4
3.1.3 Volume et capacité des transports fluviaux	3 - 5
3.2 Données de base techniques	3 - 8
3.2.1 Topographie et bathymétrie	3 - 8
3.2.2 Hydrologie	3 - 10
3.2.3 Nature des sols	3 - 13
3.3 Eléments du projet	3 - 14
3.3.1 Moyens de transport	3 - 14
3.3.2 Dimensions du chenal navigable	3 - 16
3.3.3 Débits de référence	3 - 17
3.3.4 Aides pour l'élaboration du projet	3 - 18

	<u>Page</u>
4. <u>Projets d'aménagement du chenal navigable</u>	4 - 1
4.1 Généralités	4 - 1
4.2 Avant-projets	4 - 2
4.2.1 Variantes étudiées	4 - 2
4.2.2 Ampleur des travaux	4 - 3
4.2.3 Coûts des travaux	4 - 5
4.2.4 Aménagement du bras du Doué	4 - 6
4.3 Projet définitif	4 - 6
4.3.1 Bases du projet définitif	4 - 6
4.3.2 Volume des travaux	4 - 6
4.3.3 Calendrier des travaux d'aménagement	4 - 10
4.4 Balisage du chenal navigable	4 - 12
4.5 Dossiers d'appel d'offres	4 - 13
4.5.1 Répartition et contenu des dossiers pour les travaux d'aménagement	4 - 13
4.5.2 Division en lots des travaux d'aménagement	4 - 14
4.5.3 Répartition et contenu des dossiers d'appel d'offres pour la fourniture du balisage	4 - 16
4.5.4 Division en lots de la fourniture du balisage	4 - 16
5. <u>Direction de la Voie Navigable</u>	5 - 1
5.1 Généralités	5 - 1
5.1.1 Tâches de la Direction de la Voie Navigable	5 - 1
5.1.2 Organisation et siège de la Direction	5 - 1
5.1.3 Budget de la Direction	5 - 4

	<u>Page</u>
5.2 Personnel et formation du personnel	5 - 5
5.2.1 Effectif du personnel	5 - 5
5.2.2 Formation du personnel	5 - 6
5.3 Equipement de la Direction de la Voie Navigable	5 - 7
5.3.1 Bâtiments	5 - 7
5.3.2 Equipement lourd	5 - 7
5.3.3 Installations de télécommunication	5 - 9
5.4 Planning sommaire pour la création de la Direction	5 - 9
5.5 Dossiers d'appel d'offres pour les équipements lourds de la Direction de la Voie Navigable	5 - 11
6. <u>Compagnie Inter-Etats de Navigation</u>	6 - 1
6.1 Généralités	6 - 1
6.1.1 Tâches de la Compagnie	6 - 1
6.1.2 Organisation et siège de la Compagnie	6 - 1
6.2 Personnel et formation du personnel	6 - 3
6.2.1 Personnel	6 - 3
6.2.2 Formation du personnel	6 - 4
6.3 Flotte de transport	6 - 4
6.3.1 Avant-propos	6 - 4
6.3.2 Structure de la flotte	6 - 4
6.3.3 Flotte de transport au début de la navigation	6 - 5
6.4 Autre équipement de la Compagnie	6 - 6
6.4.1 Bâtiments	6 - 6
6.4.2 Engins et véhicules	6 - 6
6.4.3 Installations de télécommunication	6 - 7

	<u>Page</u>
6.5 Calendrier pour la création de la Compagnie	6 - 7
6.6 Dossiers d'appel d'offres pour l'équipement	6 - 7
<b>7. Investissements</b>	<b>7 - 1</b>
7.1 Avant-propos	7 - 1
7.2 Investissements pour les travaux d'aménagement	7 - 1
7.3 Investissements pour le balisage	7 - 2
7.4 Investissements pour la Direction de la Voie Navigable	7 - 2
7.5 Investissements pour la Compagnie Inter-Etats de Navigation	7 - 3
7.5.1 Flotte de transport	7 - 3
7.5.2 Bâtiments et équipements	7 - 4
7.5.3 Total des investissements pour la Compagnie Inter-Etats de Navigation	7 - 5
7.6 Total des investissements initiaux pour la navigabilité du fleuve	7 - 5
<b>8. Coûts de transport</b>	<b>8 - 1</b>
8.1 Prix de revient nets	8 - 1
8.2 Frais généraux de la Compagnie	8 - 4
8.3 Coûts de l'aménagement du chenal navigable	8 - 4
8.4 Coûts de la Direction	8 - 5
8.5 Récapitulation des coûts de transport	8 - 5
<b>9. Evaluation économique du projet</b>	<b>9 - 1</b>
9.1 Avant-propos	9 - 1

	<u>Page</u>
9.2 Données de base	9 - 2
9.3 Analyse des coûts et bénéfices	9 - 3
9.3.1 Coûts du projet	9 - 3
9.3.2 Frais d'entretien et d'exploitation	9 - 3
9.3.3 Bénéfices du projet	9 - 4
9.4 Rentabilité du projet	9 - 6
9.4.1 Taux de rentabilité interne pour l'aménagement du chenal navigable pour la régularisation définitive	9 - 6
9.4.2 Analyse de sensibilité	9 - 7
9.4.3 Taux de rentabilité interne pour l'aménagement de la voie navigable pour la phase transitoire de la ré- gularisation	9 - 8
9.5 Incidences des transports de marchandises en vrac	9 - 10

## 1.

Introduction

L'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS) a chargé le Groupement d'Ingénieurs-Conseils Lackner - Dorsch - Electrowatt de l'élaboration des études pour l'aménagement du fleuve Sénégal entre St-Louis et Kayes pour la navigation. Ces études comprennent:

- l'étude générale du trafic,
- l'étude technique pour l'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation, y compris les études des sols et les travaux topographique, bathymétrique et hydrologique,
- les études pour la création des organismes responsables de l'entretien de la voie navigable et du transport fluvial,
- les études financière et économique concernant le prix de revient et les coûts de transport par voie fluviale et l'évaluation économique du projet,
- les dossiers d'appel d'offres.

Les études ont été réalisées en deux phases:

Au cours de la première phase, toutes les données de base ont été élaborées, les avant-projets pour différentes variantes ont été étudiés et les études relatives à la Direction de la Voie Navigable et à la Compagnie de Navigation ont été établies.

Au cours de la deuxième phase, après la décision de l'OMVS basée sur les résultats des études de la première phase, le projet définitif et les dossiers d'appel d'offres pour les travaux d'aménagement, le balisage, la flotte de transport et l'équipement lourd pour l'entretien du chenal navigable ont été élaborés.

Le présent Rapport de Synthèse Général a pour but de récapituler les résultats des deux phases des études et d'exposer l'importance et le contenu des dossiers d'appel d'offres.

2. Objectifs et réalisation des études2.1 Avant-propos

La progression vers le sud de la zone du Sahel porte atteinte aux conditions de vie de la population dans le bassin du fleuve Sénégal et au développement de l'économie. Les états riverains, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal ont par conséquent décidé une action commune et ont fondé l'"Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal" (OMVS). Les objectifs les plus importants de cette organisation pour les décennies à venir sont les suivants:

- Garantir et accroître les revenus des habitants du bassin du fleuve et des zones avoisinantes, c'est-à-dire les revenus d'environ 1/4 de la population des trois Etats-membres.
- Assurer et améliorer autant que possible l'équilibre de l'écosystème dans le bassin et dans la région sahélienne.
- Rendre les économies des trois Etats-membres moins vulnérables aux conditions climatiques et aux facteurs extérieurs.
- Accélérer le développement économique des Etats-membres par la promotion intensive de la coopération régionale.

Ces objectifs peuvent seulement être atteints si surtout l'infrastructure de la région est améliorée et si l'eau disponible dans le bassin du fleuve Sénégal est utilisée d'une façon économique. L'OMVS a fixé à moyen terme les objectifs suivants:

- La régularisation des débits du fleuve Sénégal par la construction du barrage de Manantali, rendant possible
  - . l'utilisation de l'énergie disponible
  - . l'agriculture irriguée et
  - . la navigation pendant toute l'année.
- La construction du barrage de Diama
  - . empêchant la remontée de l'eau salée dans le cours inférieur pour les faibles débits du fleuve et
  - . créant un réservoir d'eau douce pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable.
- L'amélioration des conditions de transport dans le bassin du fleuve Sénégal par l'aménagement du fleuve pour la navigation entre St-Louis et Kayes.

L'OMVS a chargé le Groupement d'Ingénieurs-Conseils Lackner - Dorsch - Electrowatt de l'élaboration des "études d'exécution du projet d'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation" entre St-Louis et Kayes.

## 2.2 Objectifs des études

Les objectifs des études d'exécution du projet d'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation sont les suivants:

- la réalisation d'une voie d'eau exploitable pendant toute l'année, y compris son balisage
- la mise en place et l'organisation d'une Direction responsable de l'entretien de la voie navigable et de son amélioration ultérieure
- la mise en place et l'organisation d'une Compagnie pour le transport fluvial.

Dans les différentes études mentionnées à l'article 2.3,

- les moyens techniques, financiers et d'organisation pour réaliser ces objectifs,
- les coûts de transport à escompter et
- la rentabilité du projet

ont été examinés.

## 2.3 Contenu des études

### 2.3.1 Première phase des études

Dans la première phase, les données de base ont été rassemblées et les travaux et les études suivants ont été exécutés et élaborés:

- Etude générale du trafic (Mission A. 1.8).
- Etude et recherche des prix unitaires (Mission A. 1.7).
- Détermination des bases techniques (topographie, bathymétrie, géologie et hydrologie) (Missions A.1.1, A.1.2, A.1.3, B.1 et B.2).
- Elaboration des avant-projets et définition des travaux d'aménagement nécessaires, y compris le balisage de la voie navigable (Missions A.1.4, A.1.5, A.1.6, A.1.12 et B.3).
- Etude pour la mise en place et l'organisation d'une Direction pour l'entretien de la voie navigable et le contrôle de la navigation (Mission A.1.14).
- Etude pour la mise en place et l'organisation d'une Compagnie responsable du transport fluvial, y compris la détermination du prix de revient des transports (Mission A.1.11).

- Evaluation économique du projet (Mission A.1.15).
- Elaboration d'un rapport général résumant toutes les prestations fournies au cours de la première phase des études.

#### 2.3.2 Deuxième phase des études

Les résultats de la première phase des études ont été discutés avec l'OMVS et la Commission d'experts.

En considération des résultats de la première phase des études et étant donné que la durée de la phase transitoire n'est pas encore à évaluer, l'OMVS a décidé de faire élaborer le projet de l'aménagement du chenal navigable pour une profondeur d'eau de référence de 1,90 m au cours de la phase transitoire.

Après la vérification des rapports et des plans du projet définitif par l'OMVS, les dossiers complets de l'appel d'offres ont été établis.

Les prestations de la deuxième phase comprennent:

- les études complémentaires à celles de la première phase en tant que base du projet définitif (Mission A.2.1).
- l'élaboration du projet définitif, accompagné de plans, d'une estimation des masses et des coûts et d'un programme général des travaux (Missions A.2.2, A.2.3, A.2.4).
- les documents d'appel d'offres pour les travaux d'aménagement (Mission A.2.5).
- les documents d'appel d'offres pour le balisage (Mission A.2.7).

- les documents d'appel d'offres pour les bateaux et l'équipement lourd de la Compagnie Inter-Etats et de la Direction de la Voie Navigable.
- le présent rapport de synthèse général du projet définitif (Mission A.2.6).

3. Données de base du projet3.1 Prévision du volume de transport3.1.1 Données socio-économiques

Les caractéristiques socio-économiques de la zone d'influence du fleuve Sénegal à escompter ont été estimées pour les horizons 1983, 1990, 2000 et 2025 en ce qui concerne:

- la population,
- l'économie,
- l'agriculture,
- le secteur minier et
- l'industrie de transformation.

Etant donné que la navigation sur le fleuve Sénegal est d'une importance essentielle pour le désenclavement du Mali, les caractéristiques susmentionnées ont été étudiées également pour les régions du Mali hors de la zone d'influence directe du fleuve. Une part importante des échanges commerciaux avec le Sénegal et une grande part du trafic de transit actuellement réalisé via Dakar ou Abidjan pourront profiter de la voie fluviale après son aménagement.

La population totale de la région étudiée s'élève à 2,1 millions d'habitants actuellement. Les taux de croissance admis et l'accroissement de la population sont indiqués au tableau 3.1.1a). Le tableau 3.1.1b) donne des informations relatives au produit intérieur brut par habitant (P.I.B.) et à la consommation privée par habitant.

Tableau 3.1.1 a) : 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	

Tableau 3.1.1 b) : Produit intérieur brut et consommation privée

Pays	Base des prix	Année	P.I.B. en FCFA	Consommation privée		
				Valeur en FCFA	Taux d'accroissement en %	
Mali	1975	1975/76	20 357	14 657	4,0	3,9
Mauritanie	1973	1976	58 910	31 983	3,2	3,1
Sénégal <sup>1)</sup>	1974	1974	39 613	27 488	3,7	3,5

Les taux de croissance de la consommation privée sont basés sur le développement prévu de l'agriculture et des industries y afférentes ainsi que sur l'exploitation minière qui entraînera d'importantes impulsions.

<sup>1)</sup> Région du fleuve

Le développement de la production agricole et de l'élevage du bétail a été calculé pour différentes cadences d'aménagement des périmètres irrigués. Le volume de transport résultant de la production et consommation des produits agricoles et de viande dans la zone d'influence a été calculé sur la base d'un aménagement de 5 000 ha/an.

L'accroissement de la production agricole entraînera l'implantation et le développement d'une industrie de transformation dans la zone d'influence, contribuant ainsi à l'évolution des transports sur le fleuve. Le volume de transport de biens industriels importés est cependant supérieur à celui de la production locale. Il s'agit en particulier:

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

Les gisements miniers suivants qui pourront éventuellement être exploités dans l'avenir, sont situés dans la partie mauritanienne de la "Vallée", dans le Sénégal oriental et dans l'ouest et le sud-ouest du Mali:

- du cuivre en Mauritanie près de Diaguilli,
- du phosphate en Mauritanie à Kaédi et Civé,
- du minerai de fer dans la région de la Falémé au Sénégal,
- du minerai de fer au Mali dans les régions du Bafing - Bakoye, Djidian - Kenieba, Diamou - Bafoulabé ainsi que de Nioro,
- de la bauxite au Mali à Baléa, Bamako-Ouest et Kenieba-Sud.

A défaut d'indications relatives au transport des matières premières à partir des gisements jusqu'à la côte, l'étude a considéré le transport fluvial des marchandises en vrac suivantes en tant que variante par rapport aux autres itinéraires de transport:

- phosphate de Kaédi, 800 000 t/an,
- bauxite du Mali, manutention à Kayes:  
1,2 million de t/an,
- minerai de fer du Mali, manutention à Kayes:  
10 millions de t/an de minerai ou 5 millions de t/an de pellets.

### 3.1.2 Données de transport

Le développement du transport fluvial après l'aménagement du fleuve Sénégal sera influencé par les coûts de transport des systèmes concurrents rail et route ainsi que par les coûts de manutention, d'entreposage etc..

La répartition modale du trafic dans la zone d'influence entre le fleuve et la route est basée sur les coûts suivants (valables en 1977):

	<u>Route</u>	<u>Fleuve</u>
- transport:	FCFA/tkm	22,0 9,7
- chargement et déchargement, éclusage et taxes portuaires:	FCFA/t	1 200 2 600

L'hypothèse d'un coût du transport fluvial de 9,7 FCFA/tkm est très désavantageuse, comme les études détaillées élaborées ultérieurement l'ont montré. Les coûts effectifs du transport fluvial de marchandises diverses se situeront entre 4,6 et 6,6 FCFA/tkm suivant le volume à transporter. Cette différence est évidemment en faveur de la navigation mais ne modifiera la répartition modale que de manière négligeable.

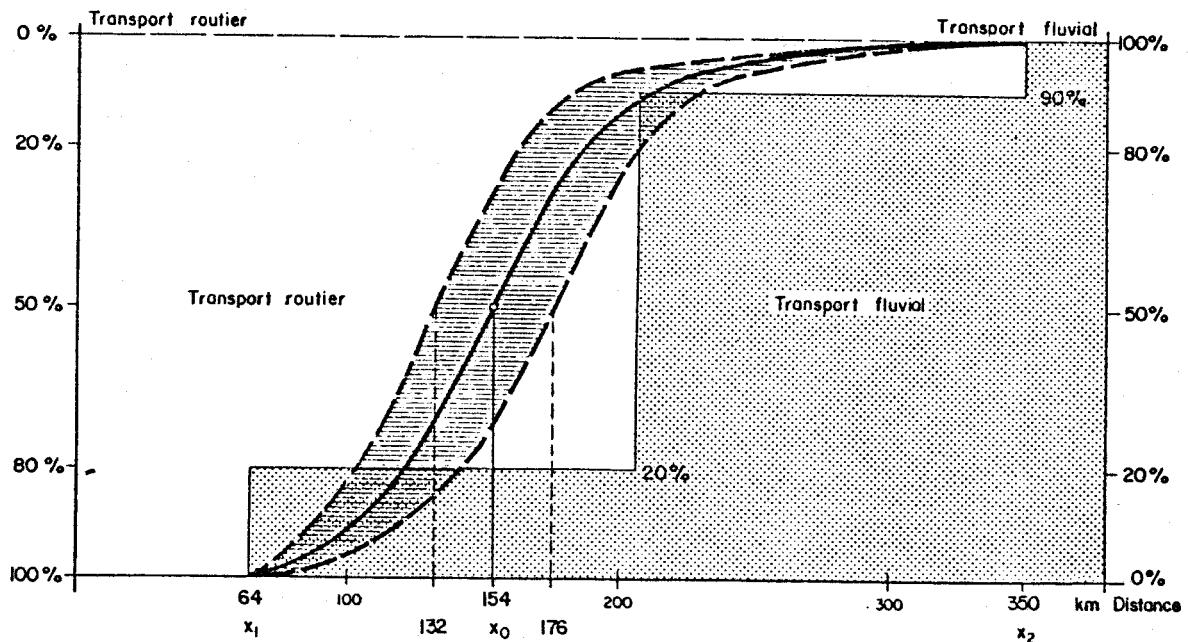


Figure 3.1.2: Répartition modale route/fleuve

### 3.1.3

#### Volume et capacité des transports fluviaux

Le volume futur des transports a été déterminé sur la base des surplus et déficits possibles de la production agricole et industrielle des différentes régions, des besoins en matériaux de construction et en carburants ainsi que de la production minière.

L'analyse des volumes de marchandises à transporter fait ressortir que le transport fluvial à escompter dépendra largement:

- des importations et exportations du Mali et
- des exportations des matières premières.

La détermination des coûts de transport et l'évaluation économique du projet ont été basées sur les variantes suivantes:

- Cas 1: développement normal du transport de marchandises solides et liquides, sans produits miniers.
- Cas 2: Volume du cas 1 et en plus les transports des phosphates de la région de Kaédi et de la bauxite du Haut Bassin.
- Cas 3: Volume du cas 2 et en plus le transport du minerai de fer du Mali, avec les deux sous-variantes:
  - . 3a: transport de pellets
  - . 3b: transport de minerai.

Les volumes de transport résultant de ces variantes et les capacités de transport correspondantes sont indiqués au tableau 3.1.3.

Tableau 3.1.3: Volumes et capacités de transport

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

3.2 Données de base techniques3.2.1 Topographie et bathymétrie

Les documents topographiques disponibles ont été insuffisants pour l'élaboration de l'étude et du projet. En conséquence des travaux topographiques et bathymétriques ont été effectués pour le fleuve Sénégal entre la confluence du Doué (PK 244) et Kayes (PK 948) et pour le Doué sur une longueur d'environ 230 km.

Des photos aériennes à l'échelle 1:40 000 prises en mai 1977 lors de faibles débits ont formé la base des plans établis. Les secteurs critiques du fleuve exigeant des photos plus détaillées à l'échelle 1:5 000 ont été choisis d'après les photos à l'échelle 1:40 000.

Un cheminement le long des berges avec des stations distantes de 2 km en moyenne a servi de base pour les levés topographiques et bathymétriques. Les altitudes des points de la polygonale ont été déterminées par niveling en se basant sur les bornes IGN<sup>1)</sup> existantes.

Le lit mineur du fleuve a été défini en planimétrie et altimétrie pendant la crue de l'année 1977. Le fond a été relevé à l'écho-sondeur et la position des points de repère par mesure électronique des distances jusqu'aux bornes du cheminement.

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

---

<sup>1)</sup> IGN = Institut Géographique National

Les résultats des levés photogrammétriques et bathymétriques ont été réunis dans un modèle digital de terrain. Par interpolation des points définis, les profils en travers du lit mineur ont été dessinés automatiquement. En reliant les points les plus bas du fond, le talweg a été obtenu, auquel le kilométrage et les profils en travers sont rattachés.

Ce kilométrage du fleuve par rapport au talweg diffère de celui utilisé par Ivanov, comme le montre le tableau 3.2.1.

Tableau 3.2.1: Comparaison des kilométrages

Localité		PK selon Ivanov	PK selon LDE <sup>1)</sup>
Sénégal	Kayes	925	948
	Ambidédi	882	905
	Embouchure de la Falémé	824	846
	Bakel	795	816
	Matam	623	637
	Kaédi	532	542
	Embranchement du Doué	480	489
	Saldé	474	481
	Boghé	380	382
	Podor	268	266
Doué	Confluence en aval du Doué	244	244
	Embranchement du Doué	-	228
	Ngoui	-	216
	Guédé	-	60
	Confluence en aval du Doué	-	0

<sup>1)</sup> LDE = Groupement Lackner - Dorsch - Electrowatt

3.2.2 Hydrologie

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.

Les limnigrammes sont caractérisés par une montée rapide de la crue en 2 à 3 mois, et une descente plus lente sur 7 à 8 mois. La figure 3.2.2 donne les limnigrammes à différentes échelles pour l'année hydrologique 1958/59.

Sur la base des lectures d'échelle depuis 1903, on a constaté les caractéristiques suivantes à Bakel (PK 816) :

- Débit annuel moyen:  $750 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit d'étiage: environ  $10 \text{ m}^3/\text{s}$
- Volume d'eau annuel moyen:  $23,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3$
- Crue moyenne:  $5\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$
- Crue maximale (1906):  $9\ 400 \text{ m}^3/\text{s}$ .

A la fin de l'étiage, le débit est tellement faible que l'eau salée de la mer remonte jusqu'à 220 km dans le cours inférieur du fleuve et la marée se fait encore sentir à 440 km en amont de St-Louis.

Les échelles principales et leurs anciennes et nouvelles cotes du zéro sont données au tableau 3.2.2.

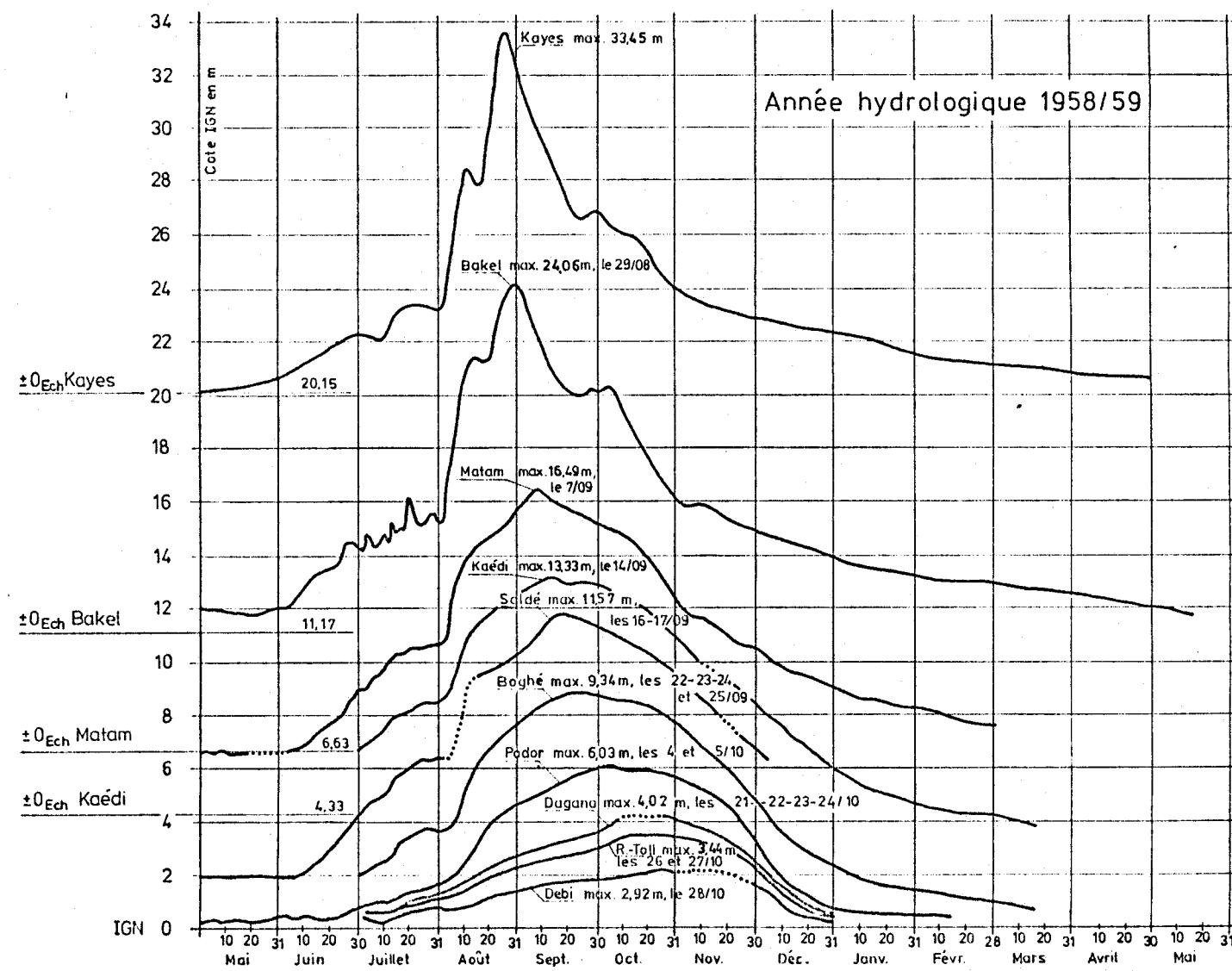


Fig. 3.2.2: Hauteurs d'eau le long du fleuve Sénégal

Tableau 3.2.2: Echelles limnimétriques du fleuve Sénegal

Emplacement	PK	Zéro de l'échelle selon LDE	Ancien zéro de l'échelle <sup>1)</sup>
		m IGN	m IGN
Sénégal	Podor	266	-0,44
	Boghé	382	-0,64
	Dioudé Diabé	441	-0,49
	Saldé	481	1,38
	Kaédi	543	4,33
	Matam	638	6,63
	Bakel	817	11,17
	Ambidédi	905	17,67
	Kayes	948	-
Doué	Guédé	60	-0,61
	Ngoui	215	-0,64

Le barrage de Manantali régularisera les débits du Bafing, l'affluent le plus important du fleuve Sénegal. Deux cas de régularisation sont d'une importance particulière pour la navigation

- le cas n° 7 de l'étude de Manantali, le cas définitif de la régularisation et
- le cas PT1 de l'étude de Manantali déterminant pour la phase transitoire dans laquelle une crue artificielle annuelle sera assurée pour l'agriculture encore traditionnelle.

<sup>1)</sup> Ivanov: Rapport sur les études hydrologiques du fleuve Sénegal et 12 annexes (St-Louis, 1969)  
 C. Rochette: Monographie hydrologique du bassin du fleuve Sénegal (Paris 1974)

Les débits de référence du projet pour les deux cas et pour les principaux endroits du fleuve sont donnés à l'article 3.3.3.

En période de basses eaux, la pente moyenne de la ligne d'eau entre St-Louis et Kayes est de 2,1 cm/km. A l'exception d'irrégularités locales, la pente diminue plus on se rapproche de l'embouchure et varie fortement selon le débit. Les valeurs maximales de 7,0 cm/km sont atteintes au début de la crue.

Les vitesses d'écoulement moyennes de 0,16 à 0,54 m/s ont été mesurées pour des débits entre 80 et 550 m<sup>3</sup>/s. Pendant la crue, la vitesse peut atteindre 1,0 à 1,4 m/s.

La hauteur annuelle d'évaporation varie entre 2 500 et 3 500 mm sur le tronçon Kayes - Diama. Selon la largeur du plan d'eau, les pertes par évaporation sont comprises entre 2 et 5 m<sup>3</sup>/s par 100 km de longueur du fleuve<sup>1)</sup>.

Le transport de matières solides a lieu essentiellement dans le cours moyen du fleuve. Les matériaux éboulés des berges sont transportés et se déposent à l'intérieur des prochaines courbes, formant ainsi des bancs de sable.

Après l'achèvement du barrage de Diama les vitesses d'écoulement dans la zone d'influence diminueront de sorte qu'il faut s'attendre à une augmentation des alluvionnements surtout dans le secteur supérieur du bassin de la retenue.

### 3.2.3 Nature des sols

Le sol des berges est composé en grande partie de silts et d'argiles avec relativement peu de sable fin et moyen. Le

---

<sup>1)</sup> C. Rochette: Monographie hydrologique du bassin du fleuve Sénégala (Paris, 1974).

plus souvent le sol n'est pas ou peu plastique. Les alluvions du lit du fleuve se composent de sable à grains moyens arrondis très uniformes.

Des sondages par battage dans le secteur des seuils ont été effectués pour déterminer le niveau de l'horizon rocheux. Entre Podor et Ambidédi, seules des roches isolées ont été rencontrées, particulièrement dans les secteurs des seuils de Dioudé Diabé et de Diawara. A plusieurs endroits par contre des roches ont été trouvées dans le secteur des berges et en dehors du futur chenal navigable. Entre Ambidédi et Kayes, des barrières rocheuses traversent le lit du fleuve sur de longs tronçons.

Les seuils rocheux en aval de Diawara sont des calcaires dolomitiques et du grès avec différentes additions. En amont de Diawara on rencontre des quartzites, des grès-quartzites et des grès-schisteux du socle précambrien.

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 d'éboulis et de sable.

### 3.3 Eléments du projet

#### 3.3.1 Moyens de transport

Les dimensions des bateaux appropriés à la mise en service sur le fleuve Sénégal, ont été définies compte tenu des caractéristiques du fleuve, ainsi que des expériences faites sur d'autres fleuves navigables. Un système de convois



poussés a été choisi pour pouvoir adapter à la longue facilement la capacité de transport au besoin croissant.

Les dimensions des barges sont:

- Longueur hors tout:  $l_{ht} = 55,0 \text{ m}$
- Largeur aux couples:  $b_c = 11,4 \text{ m}$
- Enfoncement constructif<sup>1)</sup>:  $t_{ec} = 2,0 \text{ m.}$

La hauteur latérale sera de 2,60 m pour des barges destinées à la circulation uniquement intérieure et de 3,20 m pour des barges fluvio-maritimes, qui pourront circuler également dans la zone côtière avec une houle moyenne.

Les barges peuvent naviguer soit comme barges sans entraînement en convois, soit équipées de deux hélices-gouvernails de 295 kW (400 ch) chacune comme barges automotrices (M1). Ces dernières peuvent aussi être utilisées comme bateaux de propulsion pour des convois M2 ou M3 (1 barge automotrice et 1 ou 2 barge(s) à une rangée).

La figure 3.3.1 montre les types de convois utilisables.

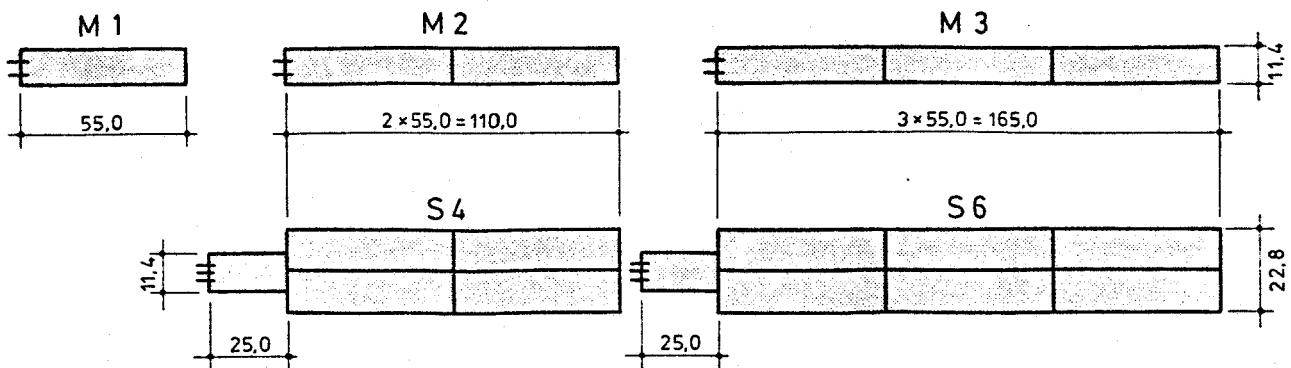


Fig. 3.3.1: Types de convois

1) Enfoncement constructif = Enfoncement du bateau au-dessous de la ligne constructive de flottaison. Ligne constructive de flottaison = pour le projet, plan horizontal sur lequel toutes les dimensions du bateau sont rapportées.

Les convois à deux rangées, les types S4 et S6, exigent des pousseurs spéciaux. Leur mise en service n'est pas rentable actuellement, en raison des investissements importants pour les pousseurs d'une part et des travaux d'aménagement supplémentaires d'autre part.

La capacité des convois M1, M2 et M3 en fonction de l'enfoncement est indiquée au tableau 3.3.1.

Tableau 3.3.1: Capacité des cales des convois

Type	Capacité des cales en t pour un enfoncement de		
	1,0 m	1,5 m	2,0 m
M 1	230	520	820
M 2	530	1 110	1 710
M 3	830	1 700	2 600

### 3.3.2 Dimensions du chenal navigable

La profondeur de référence du chenal navigable doit être au moins de 40 cm supérieure à l'enfoncement afin de rendre la circulation facile et sûre. Pour pouvoir garantir la profondeur de référence, les tolérances inévitables résultant de la topographie et bathymétrie, du calcul hydraulique du niveau d'eau et des modifications du fond, doivent être prises en considération par des suppléments.

La majoration totale portée sur la profondeur de référence sera:

- de 30 cm pour les tronçons du fleuve à fond sableux et
- de 45 cm pour les tronçons du fleuve à fond rocheux.

La largeur du fond du chenal navigable a été choisie de façon que deux convois M3 puissent se croiser à n'importe quel endroit du fleuve. Dans les droites et dans les courbes d'un rayon d'au moins 1 000 m, la largeur normale du fond sera de  $B_{f,n} = 55$  m.

Dans les courbes plus étroites, des largeurs du fond plus grandes sont requises, allant jusqu'à 90 m pour un rayon de 250 m.

### 3.3.3 Débits de référence

Pour l'élaboration des avant-projets et du projet définitif, les mois avec les plus faibles débits régularisés ont été considérés, c'est-à-dire pour le cas 7 le mois d'avril et pour la phase transitoire le mois de juin. Le tableau 3.3.3 indique ces débits de référence, les débits des crues millénale et centennale après la régularisation ainsi que les plus hautes eaux navigables (P.H.E.N.).

Tableau 3.3.3: Débits et niveaux d'eau après la régularisation<sup>1)</sup>

PK		Débits de référence		Crue		P.H.E.N. en m IGN
		Cas 7 en m <sup>3</sup> /s	PT 1 en m <sup>3</sup> /s	Centennale en m <sup>3</sup> /s	Millénale en m <sup>3</sup> /s	
Kayes	948	302	208	7 000	8 300	29,5
Bakel	816	299	227	8 300	9 900	22,1
Matam	637	259	203	6 500	7 700	15,5
Kaédi	542	238	192	-	-	12,6
Saldé <sup>2)</sup>	481	116	105	-	-	11,0
Boghé <sup>2)</sup>	382	100	97	-	-	8,1
Podor <sup>2)</sup>	266	88	89	-	-	5,4
Dagana	169	139	135	3 200	3 800	3,4
St-Louis	0	116	119	-	-	-

### 3.3.4 Aides pour l'élaboration du projet

#### 3.3.4.1 Modèle mathématique

Les niveaux d'eau pour des débits régularisés après l'aménagement de la voie navigable, ont été calculés à l'aide du modèle mathématique. Les données de base introduites dans le modèle sont les suivantes:

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

<sup>1)</sup> Groupement d'Ingénieurs-Conseils Manantali:  
Etude d'exécution du barrage et de l'usine hydro-électrique de Manantali (février 1977)

<sup>2)</sup> La réduction des débits à ces endroits est due au dédoublement du fleuve formant le bras du Doué et le bras du Sénégal.

Les coefficients de vitesse ont été déterminés sur la base des mesures des pentes des lignes d'eau et des débits de la mission A.1.1, et des courbes d'étalonnage existantes.

Dix cas de calcul ont été étudiés, en variant les paramètres:

- débit
- profondeur d'eau du chenal navigable et
- cote de retenue du barrage de Diama.

### 3.3.4.2 Modèles hydrauliques

L'embranchement du Doué (PK 489), les barrières rocheuses de Diawara (PK 793) et le seuil rocheux de Tambounkané (PK 920 à 923) ont été étudiés à l'aide des modèles hydrauliques à l'échelle 1:100 / 1:25 avec le débit du cas 7 de la régularisation.

Le modèle pour l'embranchement du Doué devrait éclaircir, dans quelle mesure le débit et la profondeur d'eau dans le bras du Sénégal pourraient être augmentés en rétrécissant le bras du Doué dans le secteur de son embranchement par des ouvrages de correction. Des essais ont montré qu'une augmentation efficace du débit ne peut être réalisée par des ouvrages de correction, si une navigation facile et sûre devra être maintenue entre les bras du Sénégal et du Doué.

Les barrières rocheuses de Diawara doivent être partiellement supprimées pour garantir une circulation sûre et facile. A l'aide du modèle on a constaté que les conditions de navigation sont considérablement améliorées par la suppression des obstacles. Par contre la construction de digues n'apporte aucun avantage notable.

Au moyen du modèle du seuil rocheux de Tambounkané, on a étudié dans quelle mesure la profondeur d'eau peut être augmentée ultérieurement par la construction d'ouvrages de correction. Les essais ont montré qu'une telle augmentation est en principe possible, cependant les épis augmenteront en plus les vitesses déjà relativement rapides sur ce tronçon.

#### 4. Projets d'aménagement du chenal navigable

##### 4.1 Généralités

Les projets d'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation prévoient la réalisation d'un chenal navigable par des dragages et des travaux de dérochement. Des ouvrages de correction ne sont projetés qu'aux endroits particulièrement critiques, afin de réduire les dragages d'entretien.

Le fleuve conservera son état naturel avec tous ses avantages et désavantages même après son aménagement. En conséquence, le lit du fleuve demeurera instable et subira des modifications dont l'ampleur dépendra de la crue et de la manière et de l'étendue de l'approfondissement du lit du fleuve.

Les dragages et travaux de dérochement en aval d'Ambidédi devront être exécutés par des dragues flottantes pour réduire les coûts d'aménagement.

Les barrières rocheuses entre Ambidédi et Kayes devront par contre être supprimées par des engins de terrassement au cours de l'étiage. Cette exécution présente les avantages suivants par rapport aux travaux sous l'eau:

- Réduction des coûts d'aménagement grâce à l'utilisation d'un matériel plus simple
- Diminution du hors-profil
- Excavation facile des matériaux déroctés et meilleure réutilisation de ceux-ci pour la construction des ouvrages de correction.

4.2 Avant-projets4.2.1 Variantes étudiées

Les divers avant-projets pour l'aménagement du chenal navigable ont été élaborés pour trouver la solution la plus avantageuse.

Pour le débit de référence du cas définitif de régularisation (cas 7) et sur la base d'une retenue de Diama de + 1,50 m IGN, les avant-projets ont été élaborés pour les profondeurs de référence de 1,40 m, 1,90 m et 2,40 m correspondant aux enfoncements de 1,0 m, 1,5 m et 2,0 m. En outre les travaux complémentaires pour les profondeurs de référence de 1,4 m et 1,9 m ont été déterminés pour le cas où le barrage de Diama ne serait pas réalisé.

La profondeur de référence de 1,90 m a été également étudiée pour le débit de référence de la phase transitoire de régularisation avec une retenue du barrage de Diama de 1,50 m IGN.

L'influence des modifications des débits et de la retenue de Diama sur les niveaux d'eau et sur les profondeurs disponibles pour l'état définitif de régularisation a été appréciée dans trois calculs supplémentaires, comme suit:

- Débit du mois de janvier du cas 7 s'écoulant dans le lit aménagé pour une profondeur de référence de 1,90 m.
- Débit de référence de la phase transitoire s'écoulant dans le lit aménagé comme ci-dessus.
- Augmentation de la profondeur par élévation de la retenue de Diama à 2,5 m IGN.

4.2.2 Ampleur des travaux

Les volumes d'excavation (sols meubles et rocheux) ont été calculés pour les avant-projets étudiés à l'aide du modèle mathématique et par des calculs manuels complémentaires en utilisant les profils en travers. Le nombre de seuils à aménager et les volumes d'excavation sans tolérances de dragage pour les différentes variantes étudiées ressortent du tableau 4.2.2.

Des ouvrages de correction sont d'abord prévus seulement aux neuf seuils où des travaux d'entretien spécialement importants sont à escompter. Selon l'avant-projet, les quantités de matériaux suivantes sont requises pour ces ouvrages:

- Pierres concassées:       $455\ 000\ m^3$
- Nappes filtrantes:         $380\ 000\ m^2$

Tableau 4.2.2: Volume de dragage et de dérochement

Profondeur de référence	Débit de référence 1)	Hauteur de retenue de Diamma	Tronçon St-Louis - Ambidédi			Tronçon Ambidédi - Kayes		
			Nbre de seuils	Volumes d'excavation		Nbre de seuils	Volumes d'excavation	
				Sols meubles	Roches		Sols meubles	Roches
m	-	m IGN	-	$m^3$	$m^3$	-	$m^3$	$m^3$
1,4	Cas 7	-	23	473 000	54 000	3	31 000	212 000
1,9	Cas 7	-	45	1 472 000	86 000	5	58 000	542 000
1,4	Cas 7	+ 1,5	21	362 000	52 000	3	31 000	212 000
1,9	Cas 7	+ 1,5	41	1 167 000	83 000	5	58 000	542 000
1,9	PT 1	+ 1,5	59	2 706 000	114 000	7	167 000	1 143 000
2,4	Cas 7	+ 1,5	61	4 437 000	155 000	7	188 000	1 250 000

1) Cas 7: Régularisation définitive par le barrage de Manantali

PT 1 : Phase transitoire de la régularisation

4.2.3 Coûts des travaux

Les prix unitaires pour les travaux de dragage et de dérochement dépendent du volume d'excavation et du matériel mis en service et varient par conséquent selon les variantes.

Les investissements en fonction des profondeurs à aménager et des débits de référence sont indiqués au tableau 4.2.3 sur la base d'une retenue du barrage de Diama de + 1,50 m IGN. Ces chiffres tiennent également compte des coûts de l'installation et du dégagement des chantiers, des travaux imprévus et de la surveillance des travaux.

Tableau 4.2.3: Coûts des travaux en millions de FCFA  
(Niveau des prix: 1977)

Profondeur de référence	1,4 m	1,9 m	1,9 m	2,4 m
Débit de référence	Cas 7	Cas 7	PT 1	Cas 7
St-Louis - Ambidédi	Dragage	2 303	4 568	8 297
	Dérochement	150	200	250
	Ouvrages	4 650	4 650	4 650
	Total	7 103	9 418	13 197
Ambidédi - Kayes	Dragage	197	232	503
	Dérochement	2 450	5 200	9 700
	Total	2 647	5 432	10 203
Total des coûts		9 750	14 850	23 400
				28 550

#### 4.2.4 Aménagement du bras du Doué

Le lit mineur du bras du Doué est plus étroit et plus sinueux que celui du bras du Sénégal et exigerait des coûts d'aménagement et d'entretien plus élevés que le bras du Sénégal. En conséquence et pour des raisons de la rentabilité, l'aménagement du bras du Doué pour la circulation des bateaux et convois prévus pour le fleuve Sénégal, est exclu pour le moment.

### 4.3 Projet définitif

#### 4.3.1 Bases du projet définitif

Les coûts pour l'aménagement et l'entretien du chenal navigable augmentent en fonction de la profondeur plus importante à aménager, tandis que les prix de revient pour le transport diminuent. Les études de la première phase ont montré qu'en considération des deux catégories de coûts, le minimum est obtenu par l'aménagement d'une profondeur de référence de 1,9 m. C'est pourquoi l'OMVS avait décidé de baser l'élaboration du projet définitif sur cette profondeur de référence et avait défini le débit de la phase transitoire comme débit de référence, étant donné qu'actuellement il n'est pas encore prévisible à quel moment la phase définitive de régularisation (cas 7) relèvera la phase transitoire.

#### 4.3.2 Volume des travaux

Le volume des travaux à exécuter pour le projet définitif est indiqué aux tableaux suivants.

Le tableau 4.3.2 a) comprend les volumes d'excavation en aval d'Ambidédi et le tableau 4.3.2 b) ceux en amont. Le tableau 4.3.2 c) indique les ouvrages de correction et besoins en matériaux y relatifs.

Tableau 4.3.2 a): Volume d'excavation en aval d'Ambidédi

N°	Seuil	Début	Fin	Longueur	Volume d'excavation				
					PK	PK	km	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1	Boghé	378,4	381,5	3,1	23 000	-			
2	Démèt	382,0	384,5	2,5	65 000	-			
3	Boki	391,0	392,0	1,0	7 000	-			
4	Woki	408,0	408,8	0,8	7 000	-			
5	Siouré	412,7	416,2	3,5	2 000	-			
6	Toundé Killa	420,8	421,6	0,8	3 000	-			
7	Kaskas	426,3	429,1	2,8	28 000	-			
8	Doungel	433,0	434,2	1,2	8 000	-			
9	Dioudé Diabé	436,0	445,0	9,0	144 000	15 000			
10	Bito	447,8	448,8	1,0	8 000	-			
11	Thioubalel	450,0 454,8	451,5 456,0	2,7	46 000	-			
12	Abdallah	458,5	463,0	4,5	26 000	-			
13	Diâranguel	466,0	470,5	4,5	46 000	-			
14	Taitaba	472,0	476,0	4,0	95 000	-			
15	Saldé	480,8	483,0	2,2	23 000	-			
16	Vending	485,6 487,8	486,3 490,3	3,2	39 000	-			
17	M'Bagne	495,8	496,6	0,8	4 000	-			
18	Dâwalel	502,5	504,5	2,0	32 000	2 000			
19	Daébe	528,6	529,6	1,0	8 000	-			
20	Kerr	533,0	533,6	0,6	9 000	2 000			
21	Kaédi	536,0	541,0	5,0	39 000	-			
22	Orenata	544,0	548,5	4,5	23 000	-			
23	Gâwol	555,5	559,8	4,3	43 000	-			
24	Guiraye	562,5	565,0	2,5	26 000	-			
25	Djowol	571,0	572,4	1,4	2 000	-			
26	Dôndou	577,4	578,2	0,8	4 000	-			
	Report	-	-	69,7	810 000	19 000			

Tableau 4.3.2 a): Volumes d'excavation en aval d'Ambidédi (suite)

N°	Seuil	Début	Fin	Lon- gueur	Volume d'exca- vation				
					PK	PK	km	m³	m³
	Report:	-	-	69,7	810 000	19 000			
27	N'Guidjilone	584,0	586,5	2,5	44 000	-			
28	Oudourou	603,5	605,0	1,5	12 000	-			
29	Koundél	613,8	617,5	3,7	15 000	-			
30	Matam	635,7	636,2	0,5	2 000	-			
31	Diandjoli	644,8	646,0	1,2	1 000	-			
32	El Hadj Oumar	651,5	655,0	3,5	31 000	-			
33	Thiénping	655,5	658,0	2,5	52 000	-			
34	Odobéré	665,0	666,6	1,6	55 000	-			
35	N'Gano	674,4 676,4	675,2 677,6	2,0	45 000	-			
36	Barmatia	681,7	682,0	0,3	6 000	-			
37	Gouriki	700,1 704,0	701,3 705,0	2,2	31 000	-			
38	Goumal	718,8	720,2	1,4	22 000	-			
39	Waoundé	728,0	731,8	3,8	30 000	-			
40	Guelle	735,4	741,5	6,1	40 000	-			
41	Gourel Dara	746,6	747,6	1,0	34 000	-			
42	Adabéré	760,0	763,0	3,0	21 000	-			
43	Yerma	765,7	767,3	1,6	25 000	-			
44	Moudéri	779,0 785,5	779,6 790,2	5,3	70 000	-			
45	Diawara	792,6	799,0	6,4	76 000	47 000			
46	Guilde	801,3	808,0	6,7	95 000	-			
47	Tuabo	809,9	813,2	3,3	39 000	-			
48	Bakel	814,4	815,4	1,0	21 000	-			
49	Sassimakana	819,5	823,0	3,5	87 000	-			
50	Koungani	825,5	828,8	3,3	145 000	1 000			
51	Golmi	830,3	836,0	5,7	58 000	2 000			
52	Yaféra	839,4	841,2	1,8	27 000	-			
53	Goutioubé	845,8	850,8	5,0	181 000	3 000			
54	Ségala	857,0	859,0	2,0	15 000	-			
55	Khabou	860,4	870,2	9,8	316 000	15 000			
56	Digokori	876,0	881,0	5,0	82 000	5 000			
57	Goussela	882,3	890,6	8,3	110 000	-			
58	Somone	891,8	900,0	8,2	92 000	-			
Somme totale		-	-	183,4	2 640 000	92 000			

Tableau 4.3.2 b) Volumes d'excavation en amont d'Ambidédi

N°	Seuil	Début	Fin	Longueur	Déroche- ment	Dragage de sol meuble
-	-	PK	PK	km	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1	Ambidédi	905,3	912,0	6,7	180 000	-
2	Moussala	912,0	915,0	3,0	123 000	22 000
3	Ganyi	915,0	918,5	3,5	67 000	16 000
4	Tambounkané	920,3	922,8	2,5	149 000	-
5	Dakandapé	923,0	928,4	5,4	393 000	-
6	Samé	930,0	933,4	3,4	13 000	-
7	Ortogorel	938,2	946,6	8,4	175 000	21 000
Total		-	-	32,9	1 100 000	59 000

Tableau 4.3.2 c) : Ouvrages de correction

N°	Seuil	Début	Fin	Types d'ouvrage	Empierre- ments	Nappes filtrantes
-	-	PK	PK	1)	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>
1	Dioudé Diabé	439,7	442,0	E, D, P	37 200	18 500
2	N'Guidjilone	584,2	586,6	E, D	20 200	3 600
3	Koundél	613,7	614,2	D, P	7 900	3 700
4	Goumal	715,5	720,4	E, D, P	62 000	83 800
5	Koungani	825,3	828,7	E, D, P	42 200	26 100
6	Goutioubé	845,3	850,4	E, D, P	94 900	70 500
7	Khabou	862,4	871,8	E, D, P	168 900	92 500
8	Digokori	875,0	882,0	E, D, P	91 700	55 900
9	Somone	893,0	898,9	E, D, P	90 000	55 400
Total		-	-	-	615 000	410 000

1) E = Epis      D = Digues      P = Panneaux de surface

4.3.3 Calendrier des travaux d'aménagement

Le calendrier du déroulement des travaux a été élaboré pour les quatre lots suivants: (voir la fig. 4.3.3)

- Lot 1: Travaux de dérochement et excavation du sol en amont du PK 905
- Lot 2: Dragages en aval du PK 905
- Lot 3: Dragages d'entretien
- Lot 4: Ouvrages de correction.

L'objectif de ce planning est, en considération des aspects économiques, de permettre le plus vite possible la navigation entre St-Louis et Kayes pendant toute l'année.

Le calendrier est essentiellement déterminé par la date de la mise en service du barrage de Manantali. Les travaux de dérochement entre Ambidédi et Kayes devront être achevés avant cette date; par contre, les dragages et la construction des ouvrages de correction ne pourront débuter avant qu'une profondeur d'eau suffisante soit mise à disposition pendant toute l'année pour le transport des matériaux.

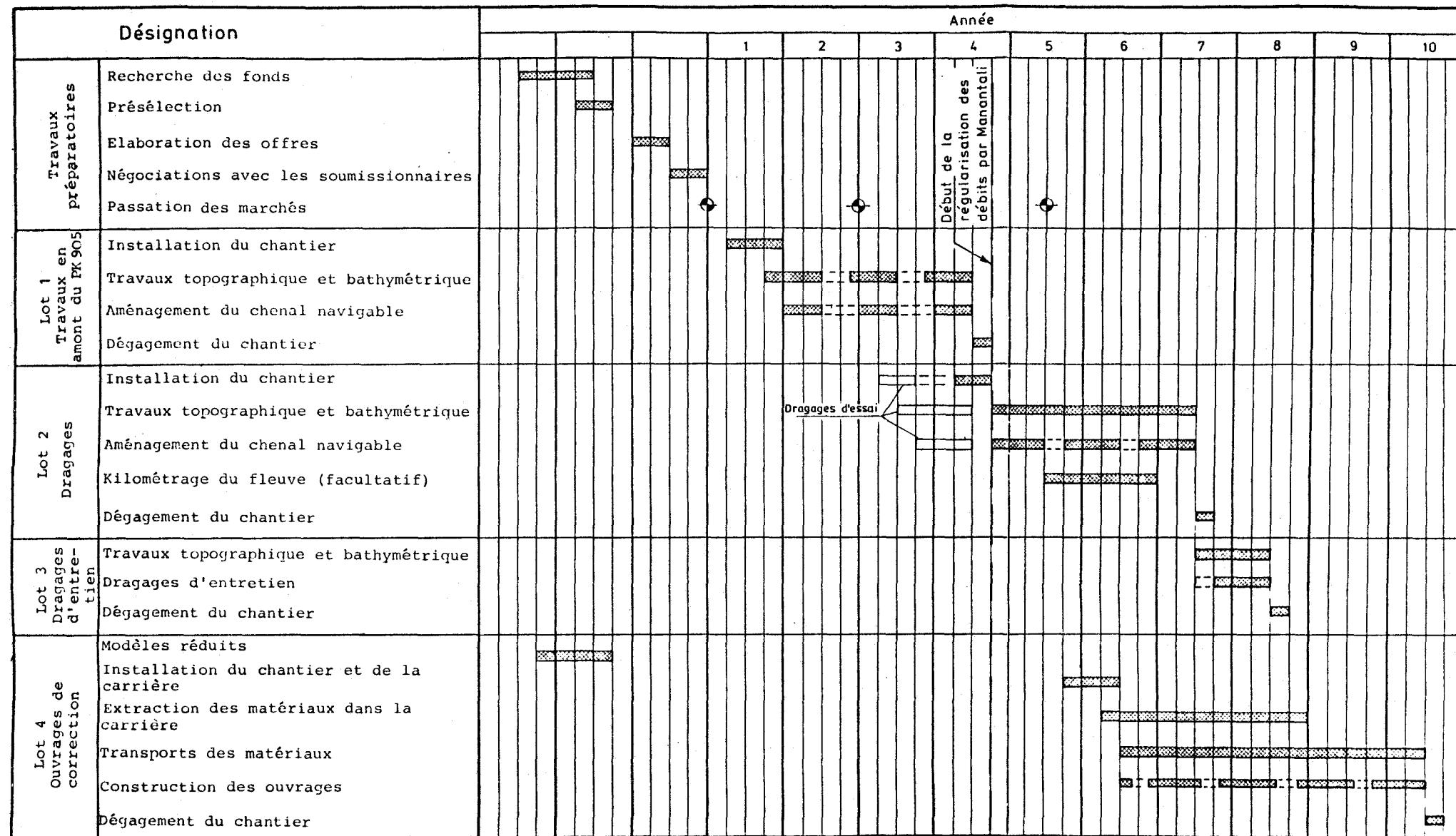


Fig.4.3.3: Planning sommaire des travaux d'aménagement

## 4.4

Balisage du chenal navigable

La signalisation choisie pour le fleuve Sénégal correspond au "Système de signalisation international pour les voies navigables intérieures européennes", édité par la "Commission Economique pour l'Europe - ECE - Genève 1957/1972". Ce système peut être utilisé pour la navigation diurne aussi bien que nocturne, si les bateaux sont équipés de projecteurs ou, le cas échéant, de radar.

Les signaux prévus qui permettent aux pilotes de reconnaître le chenal navigable et de l'utiliser avec seulement de faibles déviations latérales sont constitués des éléments suivants:

- des bouées composées de corps flottants en tôle d'acier et de voyants, ancrées au bord du chenal navigable et appropriées à son marquage exact.
- des balises et couples de balises (poteaux avec des panneaux de signalisation en acier) installés sur les rives du lit mineur, si la largeur du chenal est suffisamment grande,
- des bornes kilométriques distantes de 1 km pour faciliter l'orientation le long du fleuve, construites comme les balises ou en béton.

L'appel d'offres pour le balisage prévoit la fourniture des bouées et des balises et le transport jusqu'au dépôt de la Direction de la Voie Navigable à Kaédi. La quantité des fournitures comprendra environ 700 bouées et 400 balises, et sera suffisante pour le balisage du chenal navigable y compris une réserve pour environ deux ans.

Les signaux de balisage seront mis en place par la Direction de la Voie Navigable, équipée de bateaux-baliseurs pour ces travaux et pour l'entretien ultérieur du balisage. Le nombre de signaux à installer ne peut être déterminé que lors de leur mise en place, étant donné que:

- les modifications du tracé du chenal navigable entraîneront des corrections du balisage et que
- le type et la position convenables des signaux ne pourront être déterminés que sur les lieux.

La travée tournante du pont Faidherbe sera signalée par des panneaux de balisage simples. La signalisation de l'écluse de Diama par des feux est comprise dans l'équipement électromécanique de celle-ci.

#### 4.5 Dossiers d'appel d'offres

##### 4.5.1 Répartition et contenu des dossiers pour les travaux d'aménagement

L'appel d'offres est subdivisé, en se référant aux projets antérieurs de l'OMVS, de la façon suivante:

- Tome 1: Règlement Particulier de l'Appel d'Offres:

Ce tome comprend les règlements administratifs, les indications pour les soumissionnaires et les modèles pour les déclarations du soumissionnaire et pour les garanties.

- Tome 2: Cahier des Clauses Administratives:

La base des clauses administratives sont les "Conditions Applicables aux Marchés de Travaux de Génie Civil" de la Fédération Internationale

des Ingénieurs-Conseils (F.I.D.I.C.), édition de 1977. Dans la mesure où ceci est nécessaire pour les travaux à exécuter, ces Clauses Administratives Générales sont complétées par les Clauses Administratives Particulières.

- Tome 3: Cahier des Clauses Techniques Particulières:

Ces dispositions comprennent toutes les indications et explications requises pour la réalisation technique des travaux.

- Tome 4: Devis Descriptif.

- Tome 5: Devis Estimatif, Cadres des Bordereaux des Prix Unitaires et Sous-Détails des Prix:

Le devis estimatif contient des listes, dans lesquelles le soumissionnaire indiquera ses prix séparés en quotes-parts payables en devises et en monnaie locale.

#### 4.5.2 Division en lots des travaux d'aménagement

L'appel d'offres est, en fonction des caractéristiques et de l'ordre chronologique des travaux, divisé en lots:

- Lot 1: Travaux de dérochement et excavation du sol en amont du PK 905

Les travaux entre les PK 905 et PK 948 à exécuter essentiellement à sec et indépendamment des dragages en aval du PK 905.

- Lot 2: Dragages

Les dragages en aval du PK 905 à exécuter dès que les débits régularisés seront mis à disposition par le barrage de Manantali pendant toute l'année et les dragages d'essai précédents, au cas où le soumissionnaire considère l'exécution de ceux-ci comme nécessaire.

- Lot 3: Dragages d'entretien (prestation éventuelle)

Les dragages d'entretien ne seront confiés à l'entrepreneur que si la Direction de la Voie Navigable n'est pas encore en mesure d'exécuter elle-même ces travaux. Les lots suivants pourront être adjugés facultativement:

- . Lot 3 a): Mise à disposition du personnel-cadre par l'entrepreneur
- . Lot 3 b): Mise à disposition du matériel et de l'équipage par l'entrepreneur.

- Lot 4: Ouvrages de correction

Ce lot comprend:

- . l'ouverture d'une carrière
- . le transport des matériaux aux lieux de la mise en place et
- . la construction des ouvrages.

Les travaux de dérochement (lot 1), les travaux de dragage (lot 2 et éventuellement lot 3) et les ouvrages de correction (lot 4) pourront être adjugés séparément à différents entrepreneurs.

4.5.3 Répartition et contenu des dossiers d'appel d'offres pour la fourniture du balisage

L'appel d'offres est subdivisé de la façon suivante:

- Le Règlement Particulier de l'Appel d'Offres,
- Le Cahier des Clauses Administratives,
- Le Cahier des Clauses Techniques Particulières,
- Le Devis Estimatif,
- Le Bordereau des Prix,
- Les plans.

4.5.4 Division en lots de la fourniture du balisage

La fourniture du balisage est subdivisée en lots comme suit:

- Lot 1: Bouées et voyants
- Lot 2: Chaînes d'ancrage et accessoires pour les bouées
- Lot 3: Crapauds d'ancrage pour les bouées
- Lot 4: Balises.

Les plaques kilométriques sont incluses dans les travaux d'aménagement.

5. Direction de la Voie Navigable5.1 Généralités5.1.1 Tâches de la Direction de la Voie Navigable

Le bon déroulement de la navigation sur le fleuve Sénégéal exige une administration d'une grande capacité et organisée de façon fonctionnelle. A cet effet, une Direction de la Voie Navigable sera créée ayant pour tâches:

- d'entretenir la voie navigable et de l'aménager ultérieurement,
- de prendre des dispositions favorisant la sécurité de la navigation,
- d'inspecter la navigation,
- de sauvegarder les intérêts de l'OMVS en ce qui concerne la voie navigable.

En raison du caractère souverain de ses fonctions, la Direction devrait avoir le statut d'une administration publique.

5.1.2 Organisation et siège de la Direction

La Direction se compose

- du Service Intérieur, dont la structure et les compétences sont indiquées dans la figure 5.1.2.a) et
- du Service Extérieur conformément à la figure 5.1.2.b).

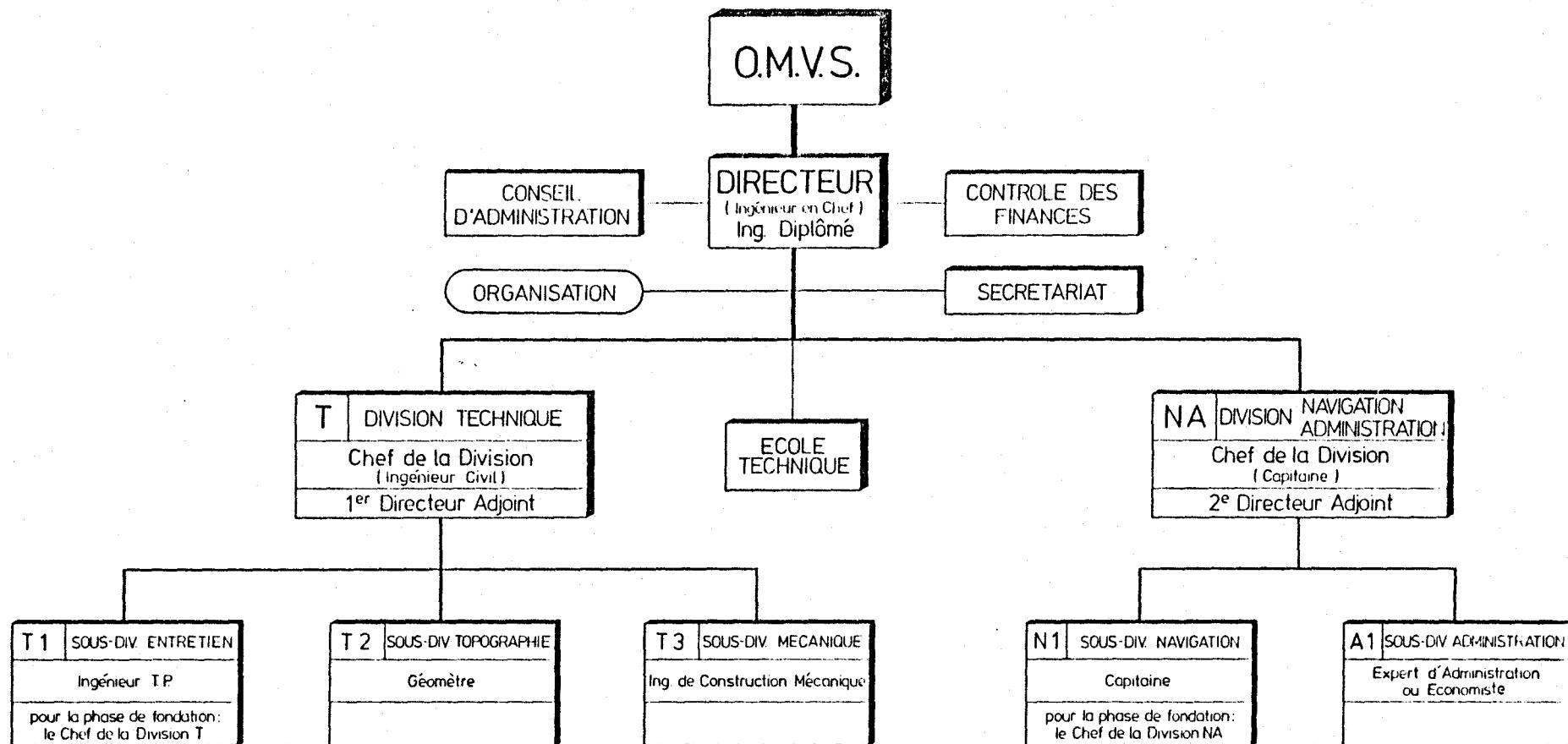


Figure 5.1.2 a) : Organigramme du Service Intérieur

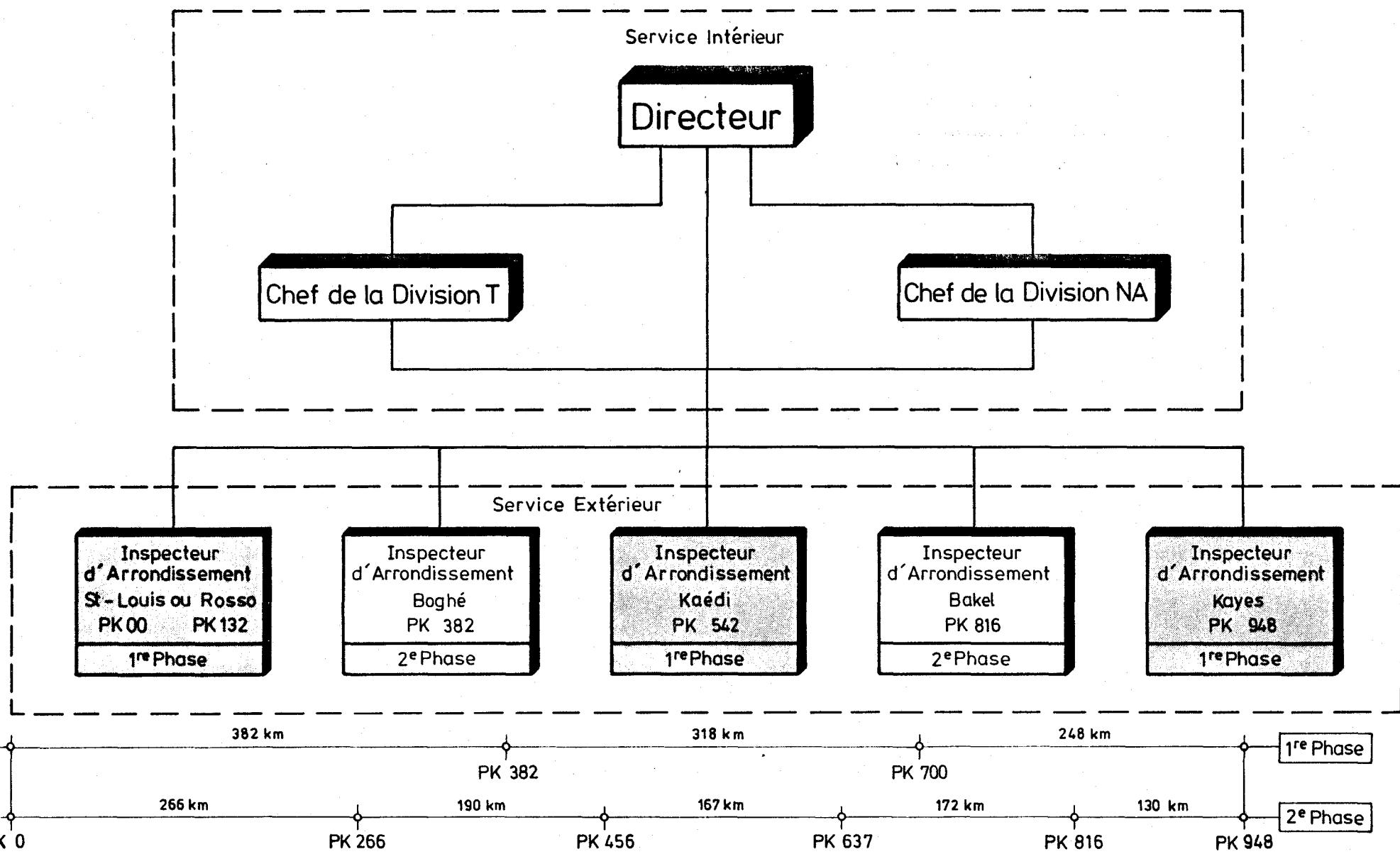


Fig. 5.1.2 b): Organigramme du Service Extérieur

Une méthodologie en vue d'un choix objectif du siège de la Direction a été développée dans la Mission 1.1.14 d'après laquelle les villes de St-Louis, Kaédi et Rosso répondraient le mieux aux exigences posées. Finalement le Conseil des Ministres des Etats-Membres de l'OMVS a choisi Kaédi comme siège de la Direction.

Le Service Extérieur est subdivisé en Arrondissements responsables chacun d'un tronçon du fleuve et ayant pour tâches:

- le contrôle et l'entretien de la voie navigable et de son balisage,
- l'exécution de travaux hydrologiques,
- l'inspection et l'information de la navigation et
- le contrôle des installations des tiers.

Trois Arrondissements sont prévus pour la première phase à:

- St-Louis ou Rosso
- Kaédi
- Kayes

et cinq pour la deuxième phase, c'est-à-dire en plus à:

- Boghé et
- Bakel.

#### 5.1.3 Budget de la Direction

La Direction servira les intérêts publics et son activité ne cherchera pas à réaliser des bénéfices. Elle devra donc disposer des moyens financiers nécessaires pour remplir ses tâches.

Les dépenses seront couvertes par les recettes suivantes:

- Recettes provenant des prestations directes de service aux tiers
- Recettes provenant des taxes de navigation
- Subventions des Etats-membres qui diminueront dans la mesure où les autres recettes augmenteront et
- Recettes diverses.

## 5.2 Personnel et formation du personnel

### 5.2.1 Effectif du personnel

Le Service Intérieur sera, pour la phase initiale, conçu de sorte

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

Conformément à l'accroissement des tâches, une augmentation progressive du personnel sera possible.

Tableau 5.2.1: Personnel

Désignation	Cadre	Spécialiste	Auxiliaire	Total
Direction générale	3	2	1	6
Division technique	6	53	41	100
Division Navigation et Administration	3	11	5	19
Arrondissements et écluse	3	33	29	65
Total du personnel de la phase initiale	15	99	76	190

5.2.2 Formation du personnel

Le personnel administratif expérimenté peut être recruté pour la plupart dans les Etats de l'OMVS.

La formation spécialisée des cadres devra se faire dans une Administration européenne des voies navigables réputée, en raison de l'absence d'une Administration comparable dans les Etats de l'OMVS. Les spécialistes devraient en principe être formés dans les Etats de l'OMVS ou dans les Etats voisins, disposant de centres de formation appropriés. En plus, quelques spécialistes devraient être formés sur les chantiers navals chargés de la construction de l'équipement lourd et dans les entreprises exécutant les travaux d'aménagement.

La formation sera complétée par des cours de perfectionnement au centre de formation prévu à cet effet et qui relèvera de la Direction. Ce centre devrait, par des stages appropriés, permettre à de bons manoeuvres de recevoir une formation de spécialistes.

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

Au cours des premières années après la création de la Direction, des experts étrangers peuvent être engagés comme:

- Conseillers dans certains domaines
- Responsables de l'entretien des équipements
- Personnel enseignant.

5.3 Equipement de la Direction de la Voie Navigable5.3.1 Bâtiments

Les avant-projets relatifs aux bâtiments ont été élaborés sur la base des directives et des programmes mis au point dans le cadre de la Mission A.1.14. Les besoins minimaux en superficies bâties et en terrains au bord du fleuve sont établis au tableau 5.3.1.

Tableau 5.3.1: Besoins en surfaces bâties et en terrains

Désignation	Surface bâtie minimale en m <sup>2</sup>	Besoin minimal en terrain en m <sup>2</sup>
Direction	735	
Atelier Central	2 020	30 000
Arrondissements (1re phase)	700	20 000
Arrondissements (2me phase)	700	20 000
Dépôts intermédiaires de balisage	225	15 000

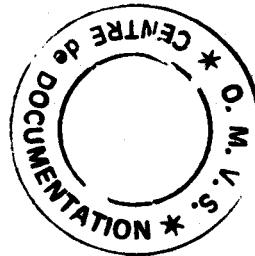
5.3.2 Equipement lourd

La Direction de la Voie Navigable doit disposer de bateaux, d'engins flottants, de véhicules et d'ateliers de réparation pour pouvoir remplir les tâches décrites à l'article 5.1.1. La flotte de dragage relèvera directement de la Di-

rection. La composition définitive de cette flotte et les types d'engins appropriés pourront seulement être déterminés quand les résultats des expériences acquises au cours des travaux d'aménagement seront exploités. Des engins utilisés pour ces travaux pourront éventuellement être pris en charge par la Direction.

La flotte de dragage comprendra probablement:

- 1 drague suceuse à désagrégateur,
- 1 refouleur-suceur,
- 4 chalands,
- 3 remorqueurs-pousseurs,
- conduites de refoulement flottantes et terrestres,
- 1 bateau avec une drague à benne prenante
- 1 chaland à pont,
- 1 bateau sondeur,
- 1 ravitailleur,
- 1 chaland-citerne,
- 1 bateau d'habitation,
- 1 bulldozer et
- 1 chargeuse sur pneus.



Chaque Arrondissement sera équipé de:

- 1 baliseur,
- 1 chaland à pont et
- 1 bateau de contrôle.

Pour l'entretien des engins et des 18 véhicules prévus pour la première phase et pour la réparation des bouées et des balises, la Direction disposera de:

- 1 atelier central au siège de la Direction et
- de petits ateliers dans chacun des Arrondissements.

## 5.3.3

Installations de télécommunication

Les tâches de la Direction de la Voie Navigable, particulièrement l'entretien du chenal navigable et le contrôle de la circulation sur le fleuve, exigeront des installations de télécommunication de grande sécurité de fonctionnement et de maniement facile.

En détail, il faut prévoir:

- Le raccordement de toutes les stations fixes (Direction, Atelier central, Arrondissements, Dépôts) aux réseaux téléphoniques publics des trois pays.
- Le réseau radio-téléphonique, auquel toutes les stations fixes et mobiles sur terre et sur le fleuve sont raccordées.
- Un réseau téléphonique interne de la Direction reliant les Arrondissements entre eux et au bâtiment administratif, si nécessaire. Les services travaillant sur le fleuve et les utilisateurs de la voie navigable pourront éventuellement être raccordés à ce réseau.

## 5.4

Planning sommaire pour la création de la Direction

Le planning sommaire rapporté aux travaux d'aménagement pour les dispositions en personnel, y compris la formation des cadres, et pour l'équipement de la Direction de la Voie Navigable est représenté sur la figure 5.4. Le calendrier de la création de la Compagnie de Navigation ressort également de ce planning.

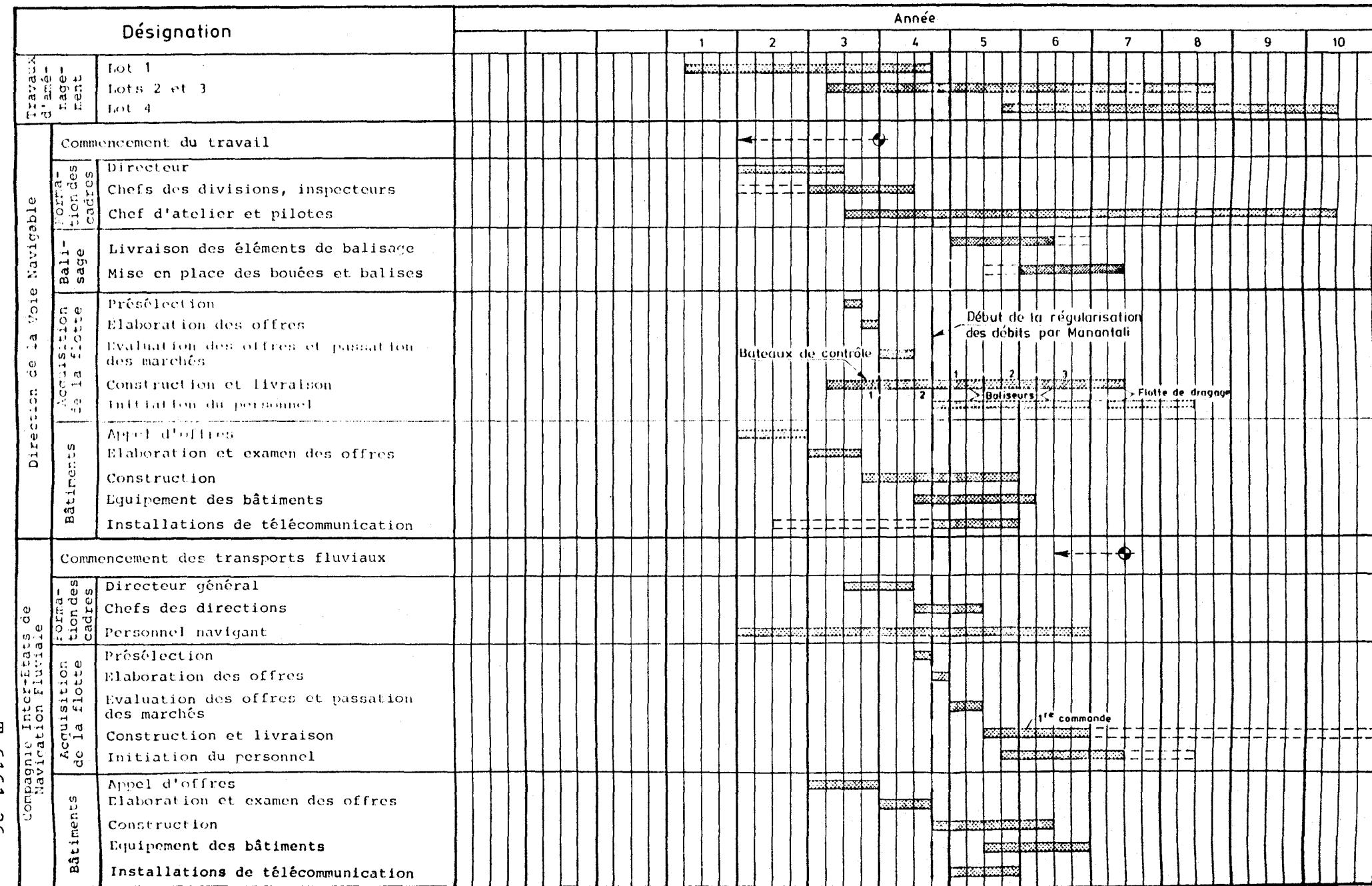


Fig. 5.4: Planning sommaire de la création de la Direction et de la Compagnie

La Direction doit engager tout le personnel nécessaire et acquérir tout le matériel requis à temps avant le début de la navigation régulière.

Les principes à respecter lors de la sélection et la formation du personnel sont expliqués en détail dans la Mission A.1.14. L'embauche du personnel adéquat en temps voulu est décisif pour la réussite du projet et il faut souligner à nouveau l'importance de cette question.

5.5 Dossiers d'appel d'offres pour les équipements lourds de la Direction de la Voie Navigable

Les documents d'appel d'offres comprennent:

- Le Règlement Particulier d'Appel d'Offres (RPAO)
- Le Cahier des Clauses Administratives (CCA)
- La Prescription Générale de Construction (PGC)
- La Prescription Particulière de Construction (PPC)
- Le Devis Estimatif
- Les plans généraux de projet.

6. Compagnie Inter-Etats de Navigation6.1 Généralités6.1.1 Tâches de la Compagnie

Une "Compagnie Inter-Etats de Navigation" devra être créée pour la réalisation du transport fluvial. Cet organisme aura les tâches suivantes:

- l'acquisition de la flotte appropriée au transport,
- l'organisation de la navigation commerciale,
- la réalisation d'un trafic fluvial rentable.

6.1.2 Organisation et siège de la Compagnie

La forme juridique la mieux appropriée de cette société sera une "Société Mixte" permettant une gestion rentable tout en tenant compte des contraintes d'ordre politique et de développement.

L'organisation de la direction centrale de la Compagnie est représentée sur la figure 6.1.2.

Selon la méthodologie indiquée dans la Mission A.1.11 relative au choix objectif du siège de la direction de la Compagnie et d'après les critères d'évaluation choisis, Kayes ou St-Louis seraient les villes les plus appropriées. Le Conseil des Ministres de l'OMVS a choisi Rosso comme siège de la direction.

Pour que la Compagnie puisse remplir ses tâches, des succursales sont à créer dans les escales le long du fleuve et des agences dans les capitales des Etats-membres .

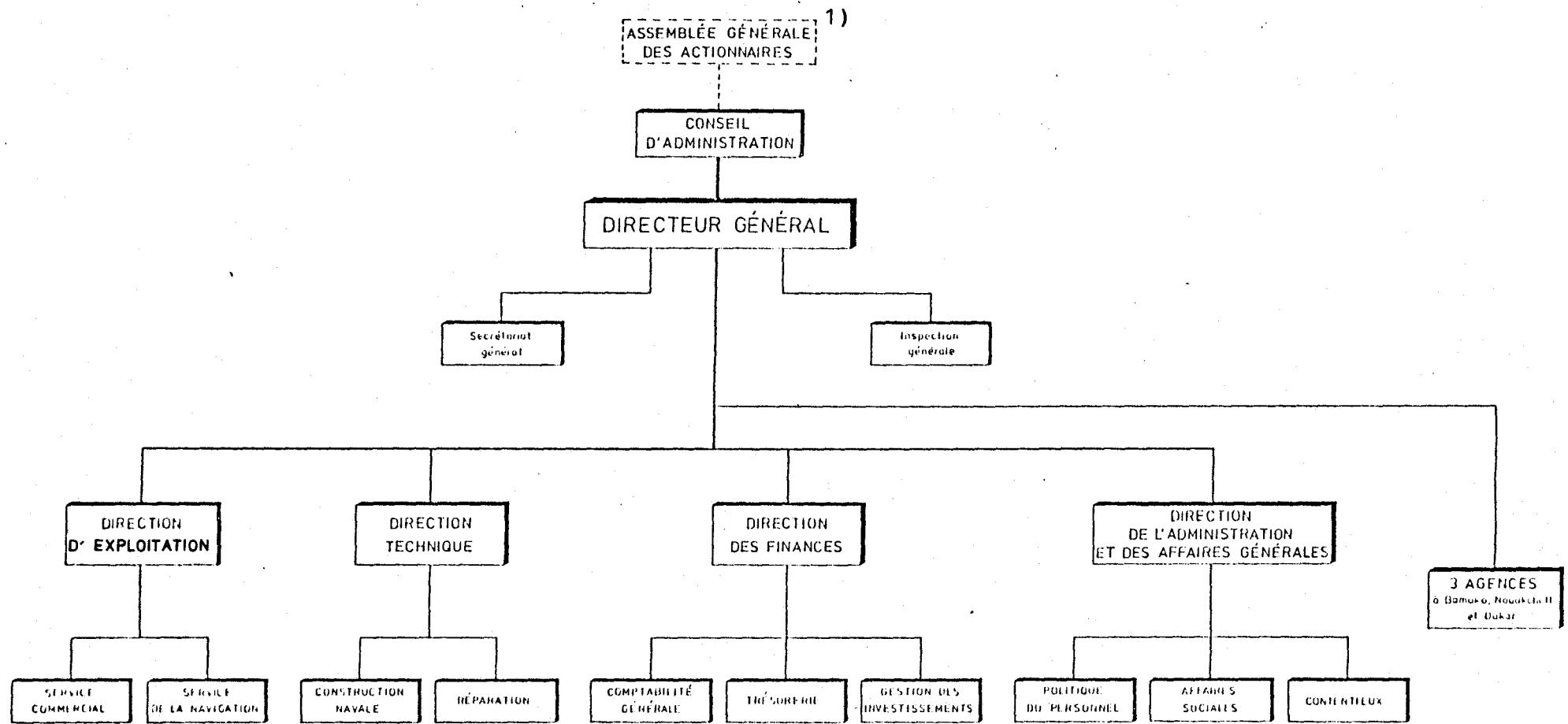


Fig. 6.1.2: Organigramme de la Direction de la Compagnie

1) Remarque:  
Dans le cas d'une société anonyme

La Compagnie devrait disposer de son propre "service de dépannage" exécutant les travaux d'entretien courants et les réparations de la flotte. Ce service aura besoin d'un atelier central à Kaédi et d'une vedette-atelier.

## 6.2 Personnel et formation du personnel

### 6.2.1 Personnel

Au cours de la phase initiale, le nombre de collaborateurs de l'administration centrale sera réduit au minimum. Une augmentation des effectifs conformément à l'accroissement du trafic est possible sans difficultés. L'effectif requis, sans personnel navigant, est indiqué au tableau 6.2.1.

Tableau 6.2.1: Personnel au cours de la phase initiale

Service	Cadres	Spécialistes	Auxiliaires	Total
Direction	3	20	4	27
Agences	3	3	-	6
Succursales	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.

## 6.2.2

Formation du personnel

Le personnel administratif peut être recruté dans les Etats-membres. La formation complémentaire de ce personnel ne sera nécessaire que pour les affaires spécifiques de la navigation. Les cadres de l'organisation de l'entreprise et du dispatching devront se perfectionner dans des entreprises européennes de navigation.

La formation du personnel navigant s'étendra sur plusieurs années et devra en conséquence débuter le plus rapidement possible. Etant donné que le nombre de pilotes expérimentés disponibles dans les Etats-membres est très faible, le personnel navigant doit être formé dans les compagnies de navigation au Mali et au Nigeria. La formation complémentaire en Europe dans des compagnies de navigation intérieure et sur des chantiers navals est indispensable pour apprendre les nouvelles techniques, notamment la navigation avec pousseurs.

## 6.3

Flotte de transport

## 6.3.1

Avant-propos

Les bateaux et les types de convois appropriés à la mise en service sur le fleuve Sénegal ont été décrits à l'article 3.3.1.

## 6.3.2

Structure de la flotte

La structure de la flotte correspondant au volume de marchandises pronostiqué est indiquée au tableau 6.3.2 et tient compte

- de la capacité de chargement pour un enfoncement admissible des bateaux de
  - . 2,0 m pendant 4 mois par an pendant la crue et
  - . 1,5 m pendant 8 mois par an,
- d'un service de 12 heures jusqu'en 1990 et ensuite de l'introduction successive d'un service de 24 heures,
- d'une répartition irrégulière du volume de transport au cours de l'année.

Tableau 6.3.2: Structure de la flotte

Année	Nombre d'unités pour le transport de										Heures de service par jour
	March. diverses			Hydro-carbures			Phosphate	Bauxite	Minerai <sup>1)</sup> de fer		
	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	Transition de 12 h à 24 h	
1995	8	16	7	3	6	1	7	16	65/130		
2000	8	20	10	3	6	2	-	16	65/130	24 h	

<sup>1)</sup> 5,0 millions de t de pellets / 10,0 millions de t de minerai de fer

### 6.3.3 Flotte de transport au début de la navigation

Après le démarrage de la navigation, les transports sur la voie navigable ne se développeront que par étapes au cours des premières années. Le volume de transport dépendra sur-

tout des demandes, de la prospection de la Compagnie et de la fiabilité des transports. Pour éviter une utilisation insuffisante de la capacité de la flotte au cours de la phase initiale et, par conséquent, de mauvais investissements, seuls 25 % du nombre des bateaux déterminé par calcul pour le transport des marchandises diverses et des hydrocarbures, seront d'abord commandés, c'est-à-dire:

- 6 barges automotrices (marchandises diverses)
- 3 barges poussées (marchandises diverses)
- 3 barges-citernes automotrices.

#### 6.4 Autre équipement de la Compagnie

##### 6.4.1 Bâtiments

Les avant-projets avec les directives et programmes relatifs aux bâtiments de la Compagnie ont été établis dans la Mission A.1.11.

Les surfaces bâties requises seront:

- Siège de la direction: 1 000 à 1 400 m<sup>2</sup>
- Agences: 550 à 900 m<sup>2</sup>.

##### 6.4.2 Engins et véhicules

Un atelier de réparation des bateaux sera construit à Kaédi et une vedette-atelier sera acquise, complètement équipée pour l'entretien et les petites réparations des bateaux.

Pour la phase initiale, 19 véhicules sont nécessaires.

## 6.4.3

Installations de télécommunication

Le rendement de la Compagnie de navigation dépendra en grande partie des moyens de communication. Des installations d'une grande sécurité de fonctionnement sont par conséquent une des conditions préalables les plus importantes. La Compagnie sera équipée des systèmes de communication suivants:

- Réseau téléphonique: L'administration centrale, l'atelier de réparation, les succursales et les agences seront raccordés aux réseaux téléphoniques publics. La Compagnie disposera de même de lignes de transmission frontalière.
- Réseau télex: La Compagnie sera raccordée aux réseaux télex existants ou en projet.
- Service radio-téléphonique: Les liaisons radio-téléphoniques entre la Compagnie et ses bateaux seront assurées par un service mobile radio-téléphonique exploité dans le cadre et sous la compétence de la Direction de la Voie Navigable.

## 6.5

Calendrier pour la création de la Compagnie

Le planning sommaire pour l'acquisition de la flotte et de l'équipement, et pour la formation du personnel, ressort également de la figure 5.4. Les indications concernant la formation du personnel de l'article 5.4 sont valables par analogie.

## 6.6

Dossiers d'appel d'offres pour l'équipement

Les documents d'appel d'offres correspondront à ceux pour les équipements lourds de la Direction de la Voie Navigable.

7. Investissements7.1 Avant-propos

Les investissements indiqués dans le présent article sont basés sur les coûts de base et les prix unitaires valables au mois de décembre 1979. Tous les prix s'entendent sans droits de douane, impôts, taxes etc..

7.2 Investissements pour les travaux d'aménagement

Les coûts à escompter pour les travaux d'aménagement sont indiqués ci-après.

Lot 1: Travaux de dérochement:	10 617 M. FCFA
Lot 2: Dragages:	9 888 M. FCFA
Lot 4: Ouvrages de correction	<u>7 706 M. FCFA</u>
- Total intermédiaire (lots 1, 2 et 4)	28 211 M. FCFA
- Coûts de la surveillance des travaux (env. 5 % des coûts nets)	1 415 M. FCFA
- Imprévus (env. 7 % des coûts nets)	<u>1 874 M. FCFA</u>
Total des coûts d'aménagement	31 500 M. FCFA
	=====

Les dragages d'entretien, y compris les imprévus et la surveillance des travaux, nécessiteront les investissements suivants:

- Lot 3 a): env. 620 millions de FCFA
- Lot 3 b): env. 2 150 millions de FCFA.

Dans le cas où le chenal navigable ne serait pas aménagé pour le débit de référence de la phase transitoire mais pour celui de la régularisation définitive, des économies d'environ 8 300 millions de FCFA pourraient être obtenues.

Sur la base des taux de change valables à la fin de l'année 1979, env. 65 % des investissements seront payables en devises (DM) et 35 % en monnaie locale.

## 7.3

Investissements pour le balisage

La livraison des signaux de balisage désignés à l'article 4.4 nécessitera les coûts indiqués ci-après. Les coûts pour le transport aux lieux de la mise en place et pour la mise en place par la Direction de la Voie Navigable figurent à part.

- Bouées avec accessoires et crapauds d'ancre	131 M. FCFA
- Balises	<u>59 M. FCFA</u>
- Total intermédiaire	190 M. FCFA
- Coûts de la surveillance et de la réception de la livraison (env. 5 %)	10 M. FCFA
- Imprévus (env. 7 %)	<u>13 M. FCFA</u>
- Total des coûts de livraison	213 M. FCFA
- Transport et mise en place	<u>37 M. FCFA</u>
- Coûts totaux	250 M. FCFA =====

## 7.4

Investissements pour la Direction de la Voie Navigable

L'équipement de la Direction de la Voie Navigable énuméré à l'article 5.3 exigera les investissements suivants:

- Flotte de dragage	2 510 M. FCFA
- Equipement lourd des Arrondissements	1 113 M. FCFA
- Véhicules	56 M. FCFA
- Equipements des ateliers	136 M. FCFA
- Bâtiments et équipements	800 M. FCFA
- Installations de télécommunication	<u>175 M. FCFA</u>
- Somme intermédiaire	4 790 M. FCFA
- Ingénierie et surveillance (env. 7 %)	<u>360 M. FCFA</u>
- Somme totale	5 150 M. FCFA
	=====

7.5      Investissements pour la Compagnie Inter-Etats de Navigation

7.5.1    Flotte de transport

Pour les bateaux à marchandises diverses et à hydrocarbures conformément à l'article 6.3.2, les investissements suivants s'ensuivraient pour le premier horizon de la planification:

- 25 barges automotrices à 265 M. FCFA	=	6 625 M. FCFA
- 12 barges	à 140 M. FCFA	= 1 680 M. FCFA
- 10 barges-citernes		
automotrices	à 290 M. FCFA	= 2 900 M. FCFA
- 2 barges-citernes	à 165 M. FCFA	= 330 M. FCFA
- Pièces de rechange (env. 5 %)		<u>575 M. FCFA</u>
Somme totale		12 110 M. FCFA
		=====

La flotte réduite conformément à l'article 6.3.3 nécessitera les investissements initiaux suivants:

- 6 barges automotrices à 265 M. FCFA =	1 590 M. FCFA
- 3 barges à 140 M. FCFA =	420 M. FCFA
- 3 barges-citernes automotrices à 290 M. FCFA =	870 M. FCFA
- Pièces de rechange (env. 5 %) =	<u>150 M. FCFA</u>
Somme totale	3 030 M. FCFA
	=====

Pour le transport de phosphates, il faudrait compter en plus:

- 7 barges automotrices à 265 M. FCFA =	1 855 M. FCFA
- 18 barges à 140 M. FCFA =	2 520 M. FCFA
- Pièces de rechange (env. 5 %) =	<u>220 M. FCFA</u>
Somme totale	4 595 M. FCFA
	=====

#### 7.5.2 Bâtiments et équipements

Les coûts d'investissement estimés pour les bâtiments et l'équipement de la Compagnie conformément à l'article 6.4 s'élèvent à:

- Bâtiments et équipements des bureaux	457 M. FCFA
- Equipement de l'atelier	190 M. FCFA
- Véhicules	57 M. FCFA
- Installation de télécommunication	<u>66 M. FCFA</u>
Somme totale	770 M. FCFA

7.5.3 Total des investissements pour la Compagnie Inter-Etats de Navigation

- Flotte de transport sans transport des phosphates	3 030 à 12 110 M. FCFA
- Bâtiments et équipements	<u>770</u> M. FCFA
- Somme intermédiaire	3 800 à 12 880 M. FCFA
- Ingénierie et surveillance	<u>200 à 620</u> M. FCFA
Somme totale	4 000 à 13 500 M. FCFA
	=====

7.6 Total des investissements initiaux pour la navigabilité du fleuve

- Aménagement de la voie navigable (1,90 m pour la phase transitoire)	31 500 M. FCFA
- Balisage	250 M. FCFA
- Direction de la Voie Navigable	5 150 M. FCFA
- Compagnie Inter-Etats de Navigation	<u>4 000 à 13 500</u> M. FCFA
Total	40 900 à 50 400 M. FCFA
	=====

8. Coûts de transport8.1 Prix de revient nets

Les prix de revient nets de la Compagnie pour les différents transports ont été déterminés dans la Mission A.1.11, en se basant sur le niveau de prix choisi pour la première phase des études (mois de décembre 1977).

Les prix de revient nets ont été recalculés pour le présent rapport en prenant comme base:

- le niveau de prix du mois de décembre 1979 (niveau de prix pour la deuxième phase),
- les coûts d'aménagement selon le projet d'exécution et les enfoncements correspondants,
- le taux d'intérêt moyen des capitaux de 8,0 %,
- les types de convois M1, M2 et M3,
- une durée de service par jour: d'abord 12 heures et ultérieurement 24 heures,
- les coûts des carburants hors taxes,
- les investissements pour les bateaux uniquement fluviaux,
- les capacités de transport indiquées au tableau 8.1 a),
- un besoin en carburants de 110 kg par heure de service.

Le besoin en carburants de 140 kg/h, déterminé au cours de la première phase des études, était basé sur l'hypothèse défavorable que sur tout le tronçon du fleuve la profondeur d'eau dans le chenal navigable était en moyenne seulement de 50 cm plus grande que l'enfoncement des bateaux et qu'en conséquence les moteurs devraient tourner toujours à pleine puissance.

Etant donné que les coûts des carburants constituent à peu près 50 % des frais d'exploitation, un calcul plus exact a été effectué. A cet effet on a pris en considération que:

- la profondeur d'eau est plus grande en dehors des seuils et qu'avec la même quantité de carburants, la vitesse des bateaux sera augmentée,
- pendant les trajets à vide, la puissance pourra être réduite et
- pendant les arrêts considérés, le besoin en carburants sera sensiblement plus faible.

Ainsi le besoin en carburants se réduit de 140 kg/h à 110 kg/h, c'est-à-dire d'environ 20 %. Les frais d'exploitation totaux diminuent par conséquent jusqu'à environ 90 % (Niveau de prix 1979).

Tableau 8.1 a): Capacité de transport en millions de tkm

Catégorie	1983	1985	1990	2000	2025
Marchandises diverses	241,3	291,9 <sup>1)</sup>	473,6	1 265,2	4 364,4
Hydrocarbures	89,2	106,8 <sup>1)</sup>	167,1	364,4	1 439,8
Phosphates <sup>2)</sup>	425,6	425,6	425,6	425,6	-
Minérais de fer	-	9 250,0	9 250,0	9 250,0	9 250,0
Minérais de fer (pellets)	-	4 625,0	4 625,0	4 625,0	4 625,0
Bauxite	-	1 110,0	1 110,0	1 110,0	1 110,0

<sup>1)</sup> Calculé par interpolation

<sup>2)</sup> Transports jusqu'à l'année 1999

Les prix de revient nets pour les types de convois prévus et pour les enfoncements de 1,5 et 2,0 m sont réunis dans le tableau 8.1 b). Ces valeurs ne tiennent pas compte des:

- frais généraux de la Compagnie,
- taxes de la navigation et
- taxes sur les carburants.

Tableau 8.1 b): Prix de revient nets en FCFA/tkm

Type de convoi	Durée de service	M 1		M 2		M 3	
		1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	2,0
Marchandises diverses	12 h	8,82	6,50	5,94	4,51	5,31	4,02
	24 h	6,41	4,59	4,10	3,04	3,55	2,62
Hydrocarbures	12 h	9,93	6,59	6,22	4,27	5,48	3,72
	24 h	7,52	4,98	4,45	3,05	3,77	2,55
Minérais et bauxite de Kayes à St. Louis	24 h	-	-	-	-	2,64	1,75
Phosphate de Kaédi à St.Louis	24 h	-	-	-	-	2,92	2,00

A partir des prix de revient nets du tableau 8.1 b), les prix de revient de la Compagnie sans les frais généraux peuvent être calculés, en tenant compte:

- de la structure choisie de la flotte, relevée dans le tableau 6.3.2 et
- de l'enfoncement de 1,5 m pendant 8 mois de l'année et de 2,0 m pendant les 4 mois de la crue.

Les prix de revient du transport des différentes catégories de marchandises sont les suivants:

- marchandises diverses: 4,535 FCFA/tkm
- hydrocarbures: 5,336 FCFA/tkm
- phosphates: 2,610 FCFA/tkm
- minéraux et bauxite: 2,340 FCFA/tkm.

#### 8.2 Frais généraux de la Compagnie

Les frais généraux de la Compagnie peuvent être exprimés approximativement par les pourcentages indiqués au tableau 8.2, en se référant aux investissements pour les bateaux.

Tableau 8.2: Frais généraux en pourcentage

Transport	Durée de service	
	12 h	24 h
Marchandises diverses	1,5	2,0
Hydrocarbures	0,75	1,0
Marchandises en vrac	-	0,5

Les quotes-parts pour les frais généraux y compris les amortissements pour les bâtiments et les équipements de la Compagnie, figurent au tableau 8.5.

#### 8.3 Coûts de l'aménagement du chenal navigable

La quote-part des coûts de transport résultant des coûts de l'aménagement de 31 500 M. FCFA, pour les différents

cas de transports selon l'article 3.1.3 est la suivante:

- Cas 1: 2,057 FCFA/tkm
- Cas 2: 1,133 FCFA/tkm
- Cas 3: 0,487 FCFA/tkm.

## 8.4

#### Coûts de la Direction

La quote-part des coûts de transport résultant des investissements pour la Direction de la Voie Navigable et des coûts d'exploitation de celle-ci, y compris les investissements pour le balisage de la voie navigable, est la suivante:

- Cas 1: 1,250 FCFA/tkm
- Cas 2: 0,690 FCFA/tkm
- Cas 3: 0,300 FCFA/tkm.

## 8.5

#### Récapitulation des coûts de transport

Les coûts de transport sont composés des éléments suivants:

- les prix de revient du transport
- les frais généraux de la Compagnie
- les coûts de l'aménagement du chenal navigable
- les frais de l'entretien de la voie navigable  
(dépenses de la Direction).

Ces coûts sont réunis au tableau 8.5 pour les différentes catégories de marchandises et les cas de transport selon l'article 3.1.3.

L'évaluation des coûts a été basée sur l'hypothèse de travail que la somme des dépenses annuelles doit équilibrer celle des recettes jusqu'à la fin de la période analysée, c'est-à-dire jusqu'en 2025. Pour la détermination des tarifs de transport, les majorations pour risques et bénéfices doivent être prises en considération.

Tableau 8.5: Coûts de transport en FCFA/tkm

Catégorie de marchandises	Type de coût	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Marchandises diverses	Prix de revient	4,535	4,535	4,535
	Frais généraux	0,542	0,364	0,339
	Aménagement	2,057	1,133	0,487
	Direction	1,250	0,690	0,300
	Total	8,384	6,722	5,661
Hydrocarbures	Prix de revient	5,336	5,336	5,336
	Frais généraux	0,253	0,216	0,190
	Aménagement	2,057	1,133	0,487
	Direction	1,250	0,690	0,300
	Total	8,896	7,375	6,313
Phosphate	Prix de revient	-	2,610	2,610
	Frais généraux	-	0,104	0,078
	Aménagement	-	1,133	0,487
	Direction	-	0,690	0,300
	Total	-	4,537	3,475
Bauxite	Prix de revient	-	2,340	2,340
	Frais généraux	-	0,093	0,067
	Aménagement	-	1,133	0,487
	Direction	-	0,690	0,300
	Total	-	4,256	3,194
Minerais de fer	Prix de revient	-	-	2,340
	Frais généraux	-	-	0,064
	Aménagement	-	-	0,487
	Direction	-	-	0,300
	Total	-	-	3,191

9. Evaluation économique du projet9.1 Avant-propos

L'étude de l'évaluation économique a eu pour but d'analyser la rentabilité de l'aménagement du fleuve Sénégal ainsi que celle 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:

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

Tous les calculs de l'évaluation économique ont été basés sur les prix valables au mois de décembre 1977. Une actualisation n'est pas nécessaire, étant donné qu'il ne s'agit que d'une comparaison des coûts.

Les calculs ont pour base un aménagement du fleuve avec une profondeur de référence de 1,90 m pour la régularisation définitive (cas 7) par Manantali. La modification du projet, c'est-à-dire l'introduction de la phase transitoire PT 1 comme base de la régularisation, a été prise en considération par un calcul supplémentaire.

9.2 Données de base

L'évaluation économique du projet a pour base:

- Les cas de transport indiqués à l'article 3.1.3, cependant avec une subdivision du cas 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 de bauxite.
- Les capacités de transport indiquées au tableau 9.2 compte tenu des différentes distances de transport par voie terrestre ou par voie fluviale pour les mêmes volumes de transport.
- Les investissements pour la navigabilité du fleuve, les ports et les participations de la navigation à la construction du barrage de Manantali.
- Les frais d'entretien, d'exploitation et d'administration de la voie navigable.

Tableau 9.2: Capacités de transport en  $10^6$  tkm/an

Catégorie	Avec navigation <sup>1)</sup>				Sans navigation			
	1983	1990	2000	2025	1983	1990	2000	2025
Marchandises diverses	325,4	666,5	1798,4	6327,3	259,6	546,0	1437,9	5283,6
Hydrocarbures	111,8	219,9	501,3	2037,0	78,3	165,7	402,1	1695,9
Phosphate de 1985 à 1999	425,6	425,6	-	-	380,0	380,0	-	-
Bauxite	-	1536,0	1536,0	-	-	1136,0	1136,0	1136,0
Minerai de fer (5 M.t)	-	6125,0	6125,0	6125,0	-	4458,3	4458,3	4458,3
Minerai de fer (10 M.t)	-	12250,0	12250,0	12250,0	-	8916,6	8916,6	8916,6

<sup>1)</sup> Les capacités comprennent toutes les distances de transport, c'est-à-dire voie fluviale, rails et routes.

9.3 Analyse des coûts et bénéfices9.3.1 Coûts du projet

Les investissements initiaux et de remplacement ont été établis pour les différents cas de transport et "avec" et aussi "sans" la quote-part des coûts pour le barrage de Manantali. Les investissements relatifs aux ports ont dû être estimés par le Groupement LDE, en absence d'indications disponibles à ce sujet.

En ce qui concerne le port de St-Louis, seuls les investissements estimés pour le chenal d'accès et les ouvrages de protection ont été pris en considération. Les installations requises pour la manutention de marchandises passant par ce port seraient également nécessaires à Dakar ou à Nouakchott si la voie navigable n'était pas aménagée.

Le total des investissements pour la navigation s'élève à:

- 173,6 milliards de FCFA pour le cas 1 et
- 177,8 milliards de FCFA pour le cas 2 a.

9.3.2 Frais d'entretien et d'exploitation

Les frais d'entretien et d'exploitation de la voie navigable et du transport fluvial ont été étudiés en détail dans le cadre des Missions correspondantes.

La comparaison des frais d'exploitation indiqués au tableau 9.3.2 montre que le transport fluvial de marchandises diverses, d'hydrocarbures et de phosphates, est le transport le moins cher. Ceci est également valable si l'on tient

compte des distances plus longues du transport fluvial et des coûts de manutention supplémentaires.

Tableau 9.3.2: Frais d'exploitation des systèmes de transport

Catégorie de marchandises	Transport par			Manutention fleuve/terre FCFA/t
	fleuve <sup>1)</sup>	route	rail	
	FCFA/tkm	FCFA/tkm	FCFA/tkm	
Marchandises diverses	2,01 à 3,22	15,9 à 31,0	12,0	1000 à 1200
Hydrocarbures	2,51 à 4,38	21,2 à 41,4	12,0	100 à 120
Phosphate	1,57		-	150
Bauxite	1,45	21,2 à 41,4	1,69 à 1,90	
Minerai de fer	1,42			100

Par contre, les frais d'exploitation du transport fluvial de bauxite et de minerai de fer du Mali vers la côte sont plus élevés que pour un transport par chemin de fer en considérant la distance de transport respective (tableau 9.2) et les coûts de manutention.

### 9.3.3 Bénéfices du projet

Les bénéfices directs du projet résultent des coûts de transport moins élevés en utilisant la voie fluviale par rapport aux autres systèmes de transport.

<sup>1)</sup> Les frais d'exploitation du transport fluvial pourront être réduits d'environ 10 %, compte tenu de la consommation en carburant réduite conformément à l'article 8.1.

Les bénéfices indirects résultent

- de la répercussion positive du projet sur le produit national et la balance des paiements
- de la création d'emplois
- de la promotion du développement économique de la zone d'influence du projet et
- du désenclavement du Mali.

Les bénéfices directs par les économies s'élèvent pour le cas 1 à:

- 3,9 milliards de FCFA pour l'année 1985,  
jusqu'à
- 70,2 milliards de FCFA en 2025.

Si les phosphates sont transportés sur le fleuve (cas 2 a). des bénéfices supplémentaires de l'ordre d'environ 8 milliards de FCFA/an peuvent être attendus.

Les bénéfices indirects quantifiables, qui résultent d'une navigation sur le fleuve Sénégal, sont réunis au tableau 9.3.3. Les pertes en devises indiquées pour le premier horizon de l'étude sont dues aux investissements initiaux.

Tableau 9.3.3: Bénéfices indirects quantifiables

Désignation	Cas de trans- port	Unité	Année	
			1985	2025
Valeur ajoutée	1	$10^9$ FCFA	5,8	77,0
	2a	$10^9$ FCFA	7,5	77,0
Economies (+) et pertes (-) en devises	1	$10^9$ FCFA	-5,7	+12,5
	2a	$10^9$ FCFA	-1,9	+12,5
Création d'emplois	1	Nbre	7 400	31 000
	2a	Nbre	7 600	31 000
Population concernée par le pro- jet	1	Nbre	22 800	93 200
	2a	Nbre	23 500	93 200

Les bénéfices indirects non quantifiables seront:

- des économies de gas-oil résultant d'une consommation plus faible des bateaux par rapport aux autres moyens de transport,
- une diminution du coût de la vie par la réduction des coûts des produits importés,
- une influence favorable sur l'agriculture, particulièrement sur celle du Mali,
- une influence favorable sur l'industrialisation,
- des incidences positives sur le développement du tourisme dans la Vallée et dans les régions avoisinantes.

#### 9.4 Rentabilité du projet

##### 9.4.1 Taux de rentabilité interne pour l'aménagement de la voie navigable pour la régularisation définitive

Le calcul du taux de l'intérêt interne de la rentabilité permet une évaluation économique du projet. L'intérêt interne de la rentabilité est défini par le taux d'intérêt pour l'application duquel la valeur actualisée des investissements pour le projet est égale aux bénéfices actualisés du projet.

Sur la base des investissements et des bénéfices conformément à l'article 9.3 et selon la participation des investissements pour le barrage de Manantali aux coûts d'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation, les taux d'intérêt internes indiqués au tableau 9.4.1 en résultent.

Tableau 9.4.1: Taux d'intérêt interne de rentabilité

Coûts du barrage de Manantali	Cas de transport	
	1	2a
0 %	14,6 %	19,2 %
2,2 %	14,5 %	19,0 %
13,7 %	13,8 %	17,8 %

Si l'on considère un coût des capitaux de 8 à 12 % pour les pays de l'OMVS comme approprié, le projet de la navigabilité se montre rentable.

#### 9.4.2 Analyse de sensibilité

Les calculs de rentabilité ont été basés sur une série d'hypothèses qui présentent un certain degré d'incertitudes. Par conséquent, les principaux paramètres ont été variés dans le cadre d'une analyse de sensibilité de la façon suivante:

- Les volumes de transport ont été variés en tenant compte d'un doublement de la capacité du chemin de fer Dakar - Niger de 240 000 t/an pris comme base de l'étude de transport, et d'un prélèvement correspondant sur le volume de transport fluvial.
- Les investissements et les bénéfices ont été variés de  $\pm 20\%$  respectivement. Les incidences des modifications des investissements sont d'un intérêt particulier parce que les investissements portuaires ont dû être estimés.

Le tableau 9.4.2 indique les taux d'intérêt internes pour les cas de transport 1 et 2a, pour différents volumes de transport ferroviaire et pour:

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

Tableau 9.4.2: Sensibilité du taux d'intérêt interne

Volume de transport ferroviaire en 1 000 t par an	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	11, 3 %	14,6 %	18,4 %	16,5 %	19,2 %	23,1 %
300	11,1 %	14,2 %	17,9 %	16,2 %	18,8 %	22,6 %
360	10,8 %	13,9 %	17,3 %	15,9 %	18,5 %	22,1 %
420	10,6 %	13,5 %	16,9 %	15,5 %	18,1 %	21,7 %
480	10,4 %	13,2 %	16,4 %	15,2 %	17,7 %	21,2 %

#### 9.4.3 Taux de rentabilité interne pour l'aménagement du chenal navigable pour la phase transitoire de la régularisation

Les incidences sur la rentabilité du projet de l'aménagement du chenal navigable pour la phase transitoire ont été étudiées dans un supplément à la Mission A.1.15. Cette variante tient compte en ce qui concerne les investissements de:

- l'augmentation des coûts d'aménagement du chenal navigable,
- l'augmentation des coûts d'investissement de la Direction et en même temps
- la réduction des investissements pour la flotte en raison d'un choix de bateaux plus simples.

Le total des investissements sera alors de 177,7 milliards de FCFA pour le cas 1 et de 181,7 milliards de FCFA pour le cas 2a.

Les frais d'exploitation du transport fluvial, compte tenu du coût élevé de l'entretien de la voie navigable d'une part et des frais d'exploitation réduits de la Compagnie d'autre part, sont les suivants<sup>1)</sup>:

- Marchandises diverses: 1,74 à 3,15 FCFA/tkm
- Hydrocarbures: 2,47 à 4,31 FCFA/tkm
- Phosphates: 1,53 FCFA/tkm
- Bauxite: 1,41 FCFA/tkm
- Minérais de fer: 1,39 FCFA/tkm.

L'augmentation des investissements entraîne une diminution de la rentabilité du projet cependant encore supérieure aux coûts d'opportunité des capitaux. Le tableau 9.4.3 montre la rentabilité du projet pour les cas de transport 1 et 2a. Les résultats de l'analyse de sensibilité sont également indiqués pour les cas d'analyse conformément à l'article 9.4.2 et sur la base d'une capacité du chemin de fer de 240 000 t/an.

Tableau 9.4.3: Taux d'intérêt interne pour la phase transitoire (en %)

Cas de transport 1			Cas de transport 2a		
Cas le plus défavorable	Cas normal	Cas le plus favorable	Cas le plus défavorable	Cas normal	Cas le plus favorable
10,5	13,6	17,2	15,0	17,4	20,9

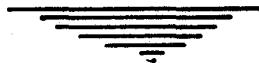
<sup>1)</sup> Voir remarque relative au tableau 9.3.2.

9.5

Incidences des transports de marchandises en vrac

A condition qu'un chemin de fer à minerais soit construit pour le transport des minéraux sénégalais de la région de la Falémé, il devrait être plus économique de transporter également les minéraux et la bauxite en provenance du Mali par cette voie. Si pourtant le chemin de fer à minerais ne devait pas être construit, le transport de minéraux et de bauxite en provenance du Mali serait réalisé sur le fleuve Sénégal. La rentabilité de la voie navigable s'en améliorerait considérablement.

Bremen, août 1981



Légende / L

F  
 +++++  
 G  
 Bi  
 R  
 Bi  
 R  
 R  
 Lc  
 Lc  
 Vi  
 E  
 R  
 V  
 G  
 P  
 A  
 Ir  
 Ir  
 A  
 N  
 E  
 F  
 F  
 E  
 F  
 E  
 L

11°                    10°

Tamchakett

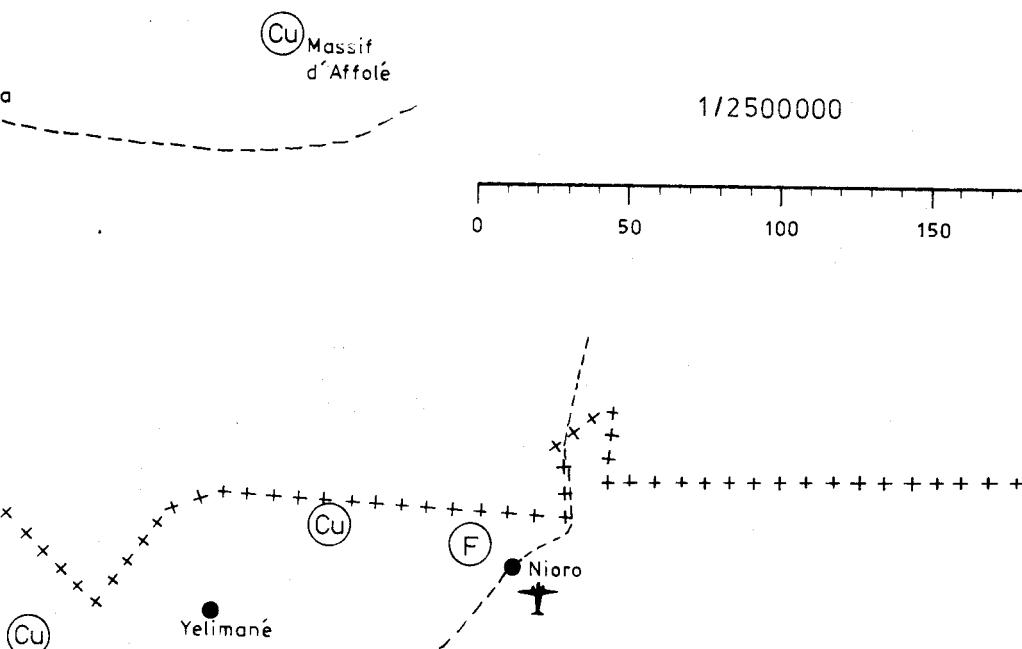
Plan général du Fleuve Sénégal  
Übersichtsplan des Senegal-Flusses  
Layout Plan of Senegal River

1/2500000

0            50            100            150            200 km

16°

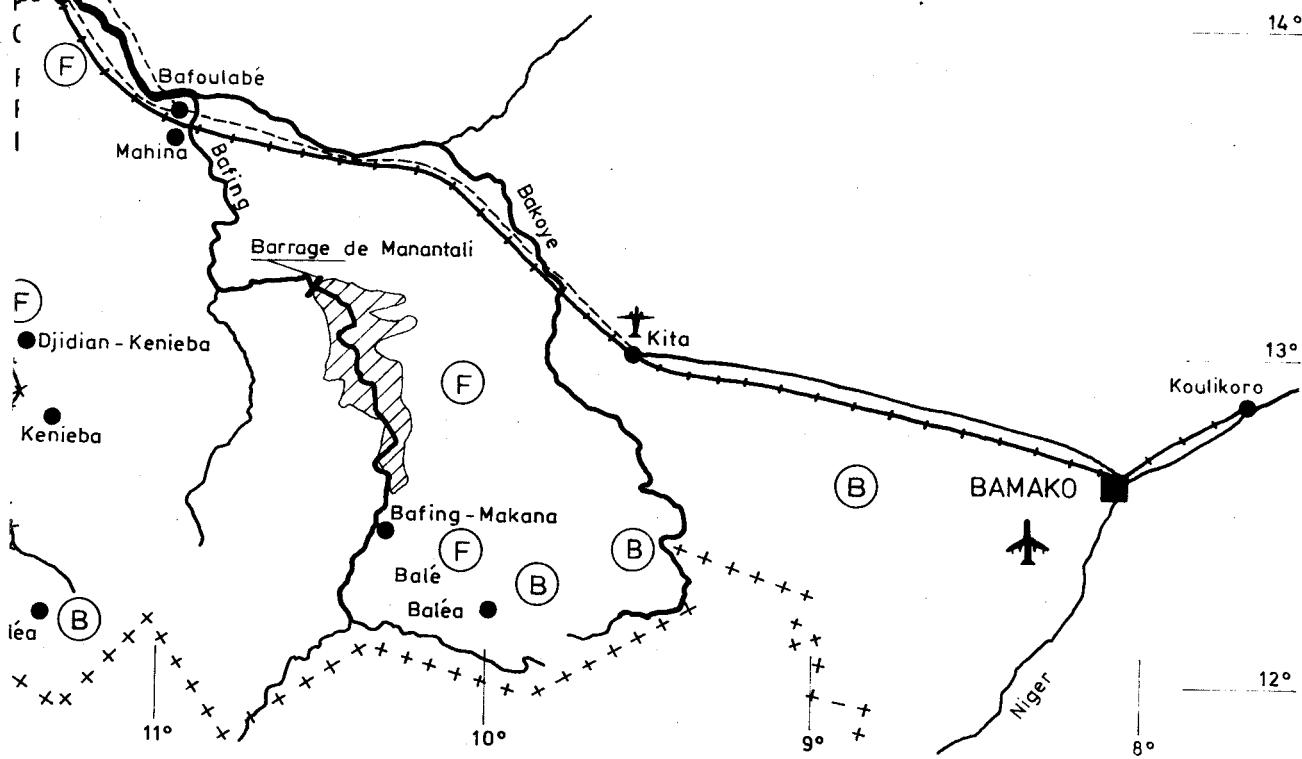
## Gisements



15°

**MALI**

14°



13°

12°

T 6161