

10739

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

NUM

# AMENAGEMENT DU FLEUVE SENEGAL POUR LA NAVIGATION

APPEL D' OFFRES  
TRAVAUX D' AMENAGEMENT

Tome 3



Cahier des Clauses Techniques Particulières

GROUPEMENT D'INGENIEURS-CONSEILS

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

Dorsch-Consult  
Munich, R.F.A.

Electrowatt  
Zurich, Suisse

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. <u>Généralités</u>	1 - 1
1.1 Objectif et ampleur des travaux à exécuter	1 - 1
1.1.1 Objectif des travaux	1 - 1
1.1.2 Objet et base de l'appel d'offres	1 - 4
1.1.3 Ampleur des travaux	1 - 4
1.2 Conditions locales	1 - 8
1.2.1 Géographie	1 - 8
1.2.2 Géologie et morphologie	1 - 9
1.2.3 Climat	1 - 9
1.2.4 Vent et vagues dans la région côtière	1 - 18
1.2.5 Communications	1 - 20
1.2.6 Réseau téléphonique	1 - 31
1.3 Hydrologie	1 - 32
1.3.1 Echelles limnimétriques et courbes d'étalonnage	1 - 32
1.3.2 Débits et niveaux d'eau à l'état naturel	1 - 37
1.3.3 Débits et niveaux d'eau à l'état ré- gularisé	1 - 46
1.4 Composition chimique de l'eau du fleuve Sénégal	1 - 50
2. <u>Travaux préparatoires</u>	2 - 1
2.1 Installation des chantiers	2 - 1
2.1.1 Transport du matériel aux chantiers	2 - 1
2.1.2 Communications de radiotéléphonie	2 - 4

	<u>Page</u>
2.1.3 Ampleur de l'installation de chantier	2 - 5
2.1.4 Camp principal et camps intermédiai- aires	2 - 6
2.1.5 Bureaux et logements pour le Maître de l'Ouvrage et l'Ingénieur	2 - 7
2.1.6 Ouverture d'une carrière	2 - 8
2.1.7 Arrêt du travail pendant la crue	2 - 9
2.1.8 Dragages d'entretien	2 - 9
2.2 Travaux topographiques et bathymétriques	2 - 10
2.2.1 Données de base et repères existants	2 - 10
2.2.2 Bornes de nivellement dans le secteur des seuils	2 - 13
2.2.3 Levés des profils	2 - 19
2.2.4 Détermination du tracé	2 - 23
2.2.5 Jaugeage des débits	2 - 24
2.3 Reconnaissances du sol	2 - 26
2.3.1 Documents existants	2 - 26
2.3.2 Sandages	2 - 26
2.4 Construction d'échelles limnimétriques	2 - 28
2.4.1 Généralités	2 - 28
2.4.2 Matériaux de construction	2 - 28
2.4.3 Mise en place des échelles limnimétriques	2 - 29
2.5 Révision du tracé du chenal navigable	2 - 30
2.5.1 Généralités	2 - 30

	<u>Page</u>
2.5.2 Dimensions du chenal navigable	2 - 30
2.5.3 Principes relatifs au tracé du chenal navigable	2 - 32
2.5.4 Représentation graphique du chenal navigable	2 - 33
3. <u>Travaux de dérochement et excavation du sol entre les PK 905 et PK 948</u>	3 - 1
3.1 Avant-propos	3 - 1
3.2 Calendrier du déroulement des travaux	3 - 3
3.3 Travaux préparatoires	3 - 4
3.4 Excavation, transport et mise en place des sols meubles	3 - 4
3.4.1 Excavation	3 - 4
3.4.2 Profondeur à aménager et tolérances	3 - 5
3.4.3 Transport et mise en place	3 - 5
3.5 Travaux de dérochement	3 - 6
3.5.1 Déroctage par moyens mécaniques	3 - 6
3.5.2 Déroctage par explosifs	3 - 6
3.5.3 Talus dans le secteur rocheux	3 - 8
3.5.4 Profondeur à aménager et tolérances	3 - 8
3.5.5 Transport et mise en place	3 - 9
3.6 Contrôle du profil du chenal navigable	3 - 10
3.7 Suppression des autres obstacles	3 - 10

	<u>Page</u>
3.8 Mise en service du matériel	3 - 10
3.9 Mètre et décompte	3 - 11
3.9.1 Excavation	3 - 11
3.9.2 Transport	3 - 12
4. <u>Travaux de dragage en aval du PK 905</u>	4 - 1
4.1 Champ d'application	4 - 1
4.2 Calendrier du déroulement des dragages en aval du PK 905	4 - 1
4.2.1 Déroulement des dragages	4 - 1
4.2.2 Dragages d'entretien	4 - 6
4.3 Nature des sols existants	4 - 9
4.3.1 Généralités	4 - 9
4.3.2 Berges et fond du fleuve à l'excep- tion des sédimentations	4 - 9
4.3.3 Sédimentations	4 - 11
4.3.4 Roche en aval du PK 905	4 - 11
4.4 Exécution des travaux de dragage	4 - 13
4.4.1 Profondeurs des dragages et tolérances	4 - 13
4.4.2 Talus	4 - 14
4.4.3 Travaux de dérochement en aval du PK 905	4 - 15
4.4.4 Remplissage des surprofondeurs	4 - 16
4.4.5 Contrôle de la profondeur du chenal navigable	4 - 16

Page

4.5 Transport et mise en place des matériaux excavés	4 - 17
4.5.1 Sols meubles	4 - 17
4.5.2 Matériaux rocheux	4 - 20
4.6 Barrières rocheuses de Diawara	4 - 21
4.6.1 Généralités	4 - 21
4.6.2 Dérochement et mise en place	4 - 21
4.7 Suppression des obstacles divers	4 - 22
4.8 Mise en service du matériel	4 - 23
4.9 Métré et décompte	4 - 24
4.9.1 Excavation	4 - 24
4.9.2 Transport	4 - 25
5. <u>Ouvrages de correction</u>	5 - 1
5.1 Avant-propos	5 - 1
5.2 Déroulement des travaux	5 - 3
5.3 Réalisation et construction des ouvrages de correction	5 - 4
5.3.1 Implantation et hauteur des ouvrages de correction	5 - 4
5.3.2 Epis	5 - 4
5.3.3 Digue	5 - 5
5.3.4 Panneaux de surface	5 - 6

	<u>Page</u>
5.4 Matériaux de construction	5 - 6
5.4.1 Pierres pour les ouvrages	5 - 6
5.4.2 Filtre en gravier	5 - 7
5.4.3 Sable et gravier comme matériaux du noyau	5 - 8
5.4.4 Filtre en non-tissé	5 - 9
5.4.5 Gabions et nappes en treillis métalliques	5 - 10
5.4.6 Conteneurs en tissu de matière syn- thétique	5 - 11
5.4.7 Epis en treillis métallique	5 - 13
5.5 Extraction des pierres	5 - 14
5.5.1 Matériaux rocheux excavés sur les tronçons rocheux	5 - 14
5.5.2 Ouverture d'une carrière	5 - 16
5.6 Transport des matériaux	5 - 17
5.7 Métré, décompte et tolérances	5 - 20
5.7.1 Matériaux à mettre en place	5 - 20
5.7.2 Transports	5 - 23
6. <u>Plaques kilométriques</u>	6 - 1
6.1 Généralités	6 - 1
6.2 Matériaux	6 - 2
6.2.1 Eléments en acier	6 - 2
6.2.2 Aluminium	6 - 2

	<u>Page</u>
6.2.3 Béton	6 - 3
6.2.4 Protection contre la corrosion et peinture	6 - 4
6.3 Dimensionnement	6 - 5
7. <u>Dégagement du chantier et prise en charge des machines et engins par le Maître de l'Ouvrage</u>	7 - 1
7.1 Dégagement du chantier	7 - 1
7.2 Prise en charge du matériel par le Maître de l'Ouvrage	7 - 1
8. <u>Etudes et publications relatives à l'aménagement du fleuve Sénégal</u>	8 - 1



## 1. Généralités

### 1.1 Objectif et ampleur des travaux à exécuter

#### 1.1.1 Objectif des travaux

La région traversée par le fleuve Sénégal (voir plan T 6161-22-1.1) est située en bordure de la zone du Sahel. La progression vers le sud de cette région sèche porte atteinte aux conditions de vie de la population dans le bassin du fleuve Sénégal et au développement de l'économie. Pour pouvoir y remédier d'une manière efficace, les états riverains, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal ont décidé une action commune et ont fondé à cette fin 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 l'équilibre de l'écosystème dans le bassin et établir autant que possible cet équilibre 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.

La factibilité de ces objectifs a été étudiée dans plusieurs rapports. Sur la base de ces rapports, le programme à moyen terme de l'OMVS a été élaboré, comprenant la réalisation des projets indiqués ci-dessous.

a) Barrage de Manantali

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

- Régularisation des débits du fleuve Sénégal pour permettre la réalisation d'une agriculture irriguée sur 400 000 ha et la navigation pendant toute l'année en garantissant un débit de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  à Bakel pour la phase finale de la régularisation.
- Production annuelle d'énergie électrique de 800 GWh.
- Réduction des pointes de crue.

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

b) Barrage d'embouchure de Diama

Un barrage d'embouchure sera construit à environ 26 km en amont de St-Louis.

Il a pour objectifs principaux:

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

La cote de retenue du barrage sera de +1,50 m IGN. Une augmentation éventuelle à 2,50 m IGN est cependant prise en considération. La crue sera évacuée par l'ouverture des sept vannes-secteurs d'une largeur de 20 m.

Une écluse de 13 m de large, d'une longueur utile de 175 m, est prévue pour la navigation, permettant le passage des convois de 3 barges en ligne sans désaccouplement et des caboteurs.

c) Aménagement du fleuve pour la navigation

La navigation sur le fleuve Sénégal entre St-Louis et Kayes n'est actuellement possible que pendant environ 3 mois par an avec une profondeur d'eau de 1,5 m. Par l'aménagement du fleuve pour la navigation entre St-Louis et Kayes, les conditions de circulation dans le bassin du fleuve doivent être améliorées.

d) Installations portuaires sur le fleuve Sénégal

Etant donné qu'aucune installation portuaire rentable n'existe le long du fleuve Sénégal, les mesures suivantes sont prévues:

- Réalisation d'un chenal d'accès de la mer à St-Louis
- Création d'un port fluvio-maritime à St-Louis
- Création d'un port fluvial à Kayes
- Création ou rénovation des escales portuaires à Rosso, Richard Toll, Dagana, Podor, Boghé, Kaédi, Matam, Bakel-Gouraye et Ambidédi.

### 1.1.2 Objet et base de l'appel d'offres

L'objet de cet appel d'offres est un aménagement du fleuve Sénégal pour permettre une circulation des bateaux entre St-Louis et Kayes pendant toute l'année après la mise à la disposition d'un débit minimal par le barrage de Manantali.

Le présent projet de l'appel d'offres est basé sur l'aménagement du chenal navigable pour la phase transitoire PT1 de l'exploitation du barrage de Manantali garantissant une crue artificielle annuelle (voir le tableau 1.3.3.1 a)). Toutes les indications données dans les Clauses Techniques et sur les Plans se rapportent à ce débit de référence.

Le Maître de l'Ouvrage se réserve cependant le droit de choisir les débits de la phase définitive de régularisation comme débit de référence en conservant la profondeur d'aménagement (voir le tableau 1.3.3.1 b)). L'ampleur estimée des travaux en résultant est indiquée à l'article 7 du tome 5 et figure comme variante dans l'appel d'offres.

### 1.1.3 Ampleur des travaux

La navigabilité du fleuve Sénégal entre St-Louis (PK 0) et Kayes (PK 948) doit être obtenue pour le projet de l'appel d'offres par l'aménagement d'un chenal navigable dans le secteur de 65 seuils dans le lit mineur (voir plan T 6161-22-1-2). A cet effet des dragages de sol meuble et des travaux de dérochement seront à exécuter. En plus de cet approfondissement du chenal navigable, des ouvrages de correction seront à exécuter à quelques seuils pour améliorer les conditions d'écoulement et réduire les dragages d'entretien.

L'appel d'offres a été divisé en plusieurs lots indiqués ci-après, en fonction des caractéristiques et de l'ordre chronologique des travaux à exécuter:

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

Avant la régularisation des débits par le barrage de Manantali, les travaux devront être exécutés lors des débits faibles de l'étiage sur le secteur rocheux entre les PK 905 et PK 948. Environ 1 100 000 m<sup>3</sup> de roches et 59 000 m<sup>3</sup> de sol meuble seront à excaver et à enlever du chenal navigable. Pour l'exécution de ces travaux, environ 30 mois - sans compter la période de l'installation du chantier - sont prévus, y compris les interruptions lors des niveaux d'eau trop élevés.

- Lot 2: Dragages

Les dragages en aval du PK 905 devront être exécutés avec plusieurs engins dès la régularisation des débits pendant toute l'année par le barrage de Manantali.

Au total environ 2 640 000 m<sup>3</sup> de sol meuble et environ 92 000 m<sup>3</sup> de roche sont à excaver. La mise en service des engins doit être choisie de façon que les travaux soient achevés 34 mois après le commencement de la régularisation des débits par le barrage de Manantali.

La fourniture et mise en place le long du fleuve des bornes kilométriques sont comprises dans ce lot en tant que titre facultatif.

Le soumissionnaire restera libre d'exécuter des dragages d'essai avant le début des dragages proprement dits pour acquérir des expériences relatives à la réalisation des

travaux et à la mise en service la plus appropriée des engins. Ces dragages d'essai seront exécutés avant la régularisation des débits sur un tronçon en aval du fleuve et seront projetés dans le temps de façon qu'il y ait assez d'eau pour la flotte de dragage.

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

Les dragages d'entretien devront être réalisés par la Direction de la Voie Navigable à son propre compte.

Etant donné qu'il n'est actuellement pas encore prévisible, dans quelle mesure la Direction sera prête du point de vue du personnel et du matériel, les dragages d'entretien sont également mis au concours de façon facultative. A cet effet il est prévu que l'Entrepreneur détache seulement du personnel pour la formation de l'équipage de la flotte de dragage de la Direction (lot 3a) ou bien qu'il exécute les dragages avec son matériel et avec son équipage (lot 3b).

Les dragages d'entretien devront commencer à la suite des dragages après leur réception.

- Lot 4: Ouvrages de correction

Des épis, digues et panneaux de surface doivent être exécutés le long de neuf seuils. A cet effet environ 615 000 m<sup>3</sup> au total de matériaux rocheux seront à mettre en place. Ils seront à extraire en partie dans le tronçon rocheux en amont du PK 905 et en partie dans une carrière qui devra être ouverte spécialement à cet effet. La construction commencera dès que le transport des

pierres pourra être effectué pendant toute l'année par voie d'eau entre les lieux d'extraction dans le cours supérieur et les endroits de la construction. Les travaux dureront 50 mois environ, y compris les interruptions pendant les crues.

Le Maître de l'Ouvrage se réserve le droit d'adjuger séparément les travaux de dérochement (lot 1), les travaux de dragage (lot 2 et éventuellement lot 3) et les ouvrages de correction (lot 4) à différents Entrepreneurs.

## 1.2 Conditions locales

### 1.2.1 Géographie

Le fleuve Sénégal d'une longueur de 1 800 km est un des plus longs fleuves de l'Afrique. Il prend sa source dans le massif du Fouta-Djallon en Guinée à une altitude d'environ 800 m au-dessus du niveau de la mer. Le fleuve traverse le nord de la Guinée et l'ouest du Mali avant que son cours inférieur forme la frontière entre la Mauritanie et le Sénégal (voir plan T 6161-22-1.1).

Les principaux affluents du fleuve Sénégal sont

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

Les autres affluents tels que le Kolimbiné, le Karakoro et le Gorgol sont sans importance et ne fournissent que des apports négligeables.

Le bassin versant du fleuve Sénégal est situé entre le 10e et le 17e degré de latitude nord et le 7e et le 16e méridien ouest et s'étend sur 289 000 km<sup>2</sup>.

Le bassin du fleuve Sénégal est divisé en trois zones:

- le "Haut Bassin", comprenant la région en partie montagneuse du cours supérieur du fleuve et s'étendant jusqu'à Bakel,
- la "Vallée", qui s'étend de Bakel à Dagana à travers une large plaine alluviale et
- le "Delta", c'est-à-dire la région entre Dagana et l'embouchure du fleuve dans l'Atlantique.



### 1.2.2 Géologie et morphologie

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

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

A l'exception des régions montagneuses des sources du Bafing et de la Falémé, le "Haut-Bassin" est caractérisé par un relief peu accentué et traversé par des marigots<sup>1)</sup>.

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

Le "Delta" est une large plaine marécageuse traversée par des bras de fleuve peu profonds.

### 1.2.3 Climat

Dans la région montagneuse et boisée de la source du fleuve Sénégal, le "climat foutanien" prédomine, avec des précipitations annuelles de 2 000 à 1 500 mm. Entre la frontière Guinée/Mali et Bakel, le Bafing et le Sénégal traversent la zone du "climat soudanien" avec des précipitations comprises entre 1 200 et 650 mm. Au nord de Bakel, on passe

---

<sup>1)</sup> Bras de fleuve qui se perdent dans la terre et servent au cours de l'hivernage à l'assèchement du "Oualo".

dans la zone du "climat sahélien" semi-aride, où les précipitations diminuent de 650 à 250 mm.

L'hivernage dure huit mois dans la région des sources et environ trois mois dans le nord.

Des détails des conditions climatiques des localités les plus importantes, ressortent des passages suivants.

#### 1.2.3.1 Températures

Les températures annuelles moyennes dans le bassin du fleuve Sénégal entre St-Louis et Kayes se situent entre 26° C et 30° C. Le tableau 1.2.3.1 a) indique les températures mensuelles moyennes mesurées dans quelques localités au bord du fleuve.

Les températures maximales sont atteintes à l'intérieur du pays au cours du mois qui précède l'hivernage, c'est-à-dire entre mai et juin, tandis que les températures les plus basses se présentent au cours de la période de décembre à février.

Sur la côte la période la plus chaude coïncide avec l'hivernage. Les fluctuations des températures sont ici beaucoup moins importantes.

Tableau 1.2.3.1 a): Températures moyennes de l'air en ° C

Mois	St-Louis	Podor	Kaédi	Matam	Kayes
Janvier	23	23	24	24	25
Février	24	25	27	26	27
Mars	25	27	29	29	30
Avril	24	29	32	33	33
Mai	24	32	34	35	35
Juin	26	33	34	34	33
Juillet	27	31	31	31	29
Août	28	30	30	30	28
Septembre	29	31	30	30	28
Octobre	28	31	31	32	30
Novembre	26	27	28	28	28
Décembre	24	24	25	25	26
Moyenne annuelle	26	29	30	30	29

Des valeurs extrêmes des températures de l'air sont indiquées au tableau 1.2.3.1 b).

Tableau 1.2.3.1 b): Valeurs extrêmes des températures de l'air

	St-Louis		Matam	
	° C	Date	° C	Date
Température maximale moyenne	30,8	Sept.	42,1	Mai
Température maximale mesurée	45,6	7.3.66	48,0	15.5.69
Température minimale moyenne	16,4	Janv.	13,8	Janv.
Température minimale mesurée	8,6	11.1.65	6,0	16.1.60

### 1.2.3.2 Précipitations

Les hauteurs de précipitation le long du fleuve diminuent sensiblement du sud au nord, c'est-à-dire essentiellement en aval du fleuve. Tandis que dans la région des sources 2 000 mm sont atteints annuellement, au cours inférieur ce ne sont qu'environ 300 mm. De la même manière l'intensité et la régularité des précipitations diminuent.

Les pluies tombent surtout de façon concentrée au cours des tempêtes orageuses pendant la période de juin à octobre. Dans le tableau 1.2.3.2 a), les précipitations mensuelles moyennes des années de 1931 à 1977 sont réunies pour les localités principales au bord du fleuve et les hauteurs maximales des précipitations mensuelles qui se sont présentées entre 1968 et 1977 ([12] et indications de l'ASECNA<sup>1)</sup>).

---

<sup>1)</sup> ASECNA: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne.

Tableau 1.2.3.2 a): Précipitations mensuelles en mm

	St-Louis		Podor		Matam		Bakel		Kayes	
	Moyenne <sup>1)</sup>	Max. <sup>2)</sup>	Moyenne <sup>1)</sup>	Max. <sup>2)</sup>	Moyenne <sup>1)</sup>	Max. <sup>2)</sup>	Moyenne <sup>1)</sup>	Max. <sup>2)</sup>	Moyenne <sup>1)</sup>	Max. <sup>2)</sup>
Janvier	0,8	-	0,6	4,8	0,7	3,5	0,5	2,4	0,4	-
Février	1,5	9,2	1,8	26,0	1,0	22,5	0,3	10,2	0,4	-
Mars	-	0,6	0,8	7,1	0,2	-	0,1	-	0,1	-
Avril	0,1	0,2	0,1	1,4	0,9	3,5	0,3	7,0	1,5	6,0
Mai	0,8	-	2,1	-	3,1	22,5	7,5	33,8	19,2	29,2
Juin	6,3	22,6	13,4	12,0	43,2	37,5	62,2	49,0	93,9	135,0
Juillet	45,7	182,8	59,9	124,7	117,7	199,5	166,0	349,7	171,1	242,5
Août	140,1	236,0	114,9	215,4	179,1	214,0	211,2	273,4	240,0	324,6
Septembre	95,0	123,2	80,6	157,1	114,0	126,5	155,5	234,3	167,3	249,1
Octobre	30,0	68,8	22,5	60,6	23,5	66,5	37,0	131,6	47,3	72,6
Novembre	1,7	6,3	2,0	2,3	1,7	3,0	2,4	6,0	2,8	0,5
Décembre	2,4	9,5	1,7	14,9	1,6	1,0	1,7	1,1	0,3	2,4
Année	324,4	531,0	300,4	431,0	486,7	522,5	644,7	681,5	744,6	797,8
Quote-part des préci- pitations entre juin et octobre	98 %		98 %		98 %		98 %		97 %	

1) 1931 à 1977

2) 1968 à 1977

Au cours des 10 années de 1968 à 1977, les précipitations ont considérablement diminué par rapport à la période de 1931 à 1960. Le tableau 1.2.3.2 b) donne une comparaison des précipitations moyennes annuelles pendant ces périodes.

Cette diminution des hauteurs de précipitation correspond à la progression de la zone sahélienne vers le sud, généralement observée dans cette région.

Tableau 1.2.3.2 b): Comparaison des précipitations annuelles

	Quantité moyenne des précipitations en mm	
	1931 - 1960	1968 - 1977
St-Louis	346,9	235,8
Podor	335,7	206,7
Matam	536,7	320,1
Bakel	712,0	490,6
Kayes	788,5	610,3

#### 1.2.3.3 Vent

Les vents dominants changent avec les saisons. Le harmattan, vent continental de l'est, chaud et très sec qui amène de la poussière du désert, succède à partir du mois de mars aux vents alizés frais et humides qui soufflent du nord le long de la côte et sont des fois perceptibles également à l'intérieur du pays. Le harmattan se rencontre avec les moussons du sud qui dominent à partir du mois de juin dans tout le bassin du fleuve Sénégal.

Tableau 1.2.3.3: Vitesses moyennes du vent (en m/s) et leur fréquence (en %) [4]

Vitesses du vent en m/s	St-Louis	Rosso	Matam	Kayes
< 1	5,9	19,5	55,1	27,8
1 - 4	57,8	28,5	35,7	61,2
4 - 6	28,3	31,9	6,6	8,6
6 - 14	8,0	20,0	2,6	2,4
14 - 21	0	0,1	~ 0	0
> 21	0	0	0	0
Vitesses moyennes	3,74	4,35	1,89	2,57

Des orages ont lieu dans la région du fleuve Sénégal surtout la nuit pendant l'hivernage. Ils sont accompagnés de rafales violentes, en partie tempétueuses - appelées "tornades" - et d'ondées. Les tornades forment des vagues d'une hauteur jusqu'à environ 0,50 m sur le fleuve Sénégal et peuvent porter atteinte à la sécurité de la navigation.

Les fréquences des directions du vent sont représentées dans la fig. 1.2.3.3 a) pour la saison sèche et dans la fig. 1.2.3.3 b) pour l'hivernage [4].

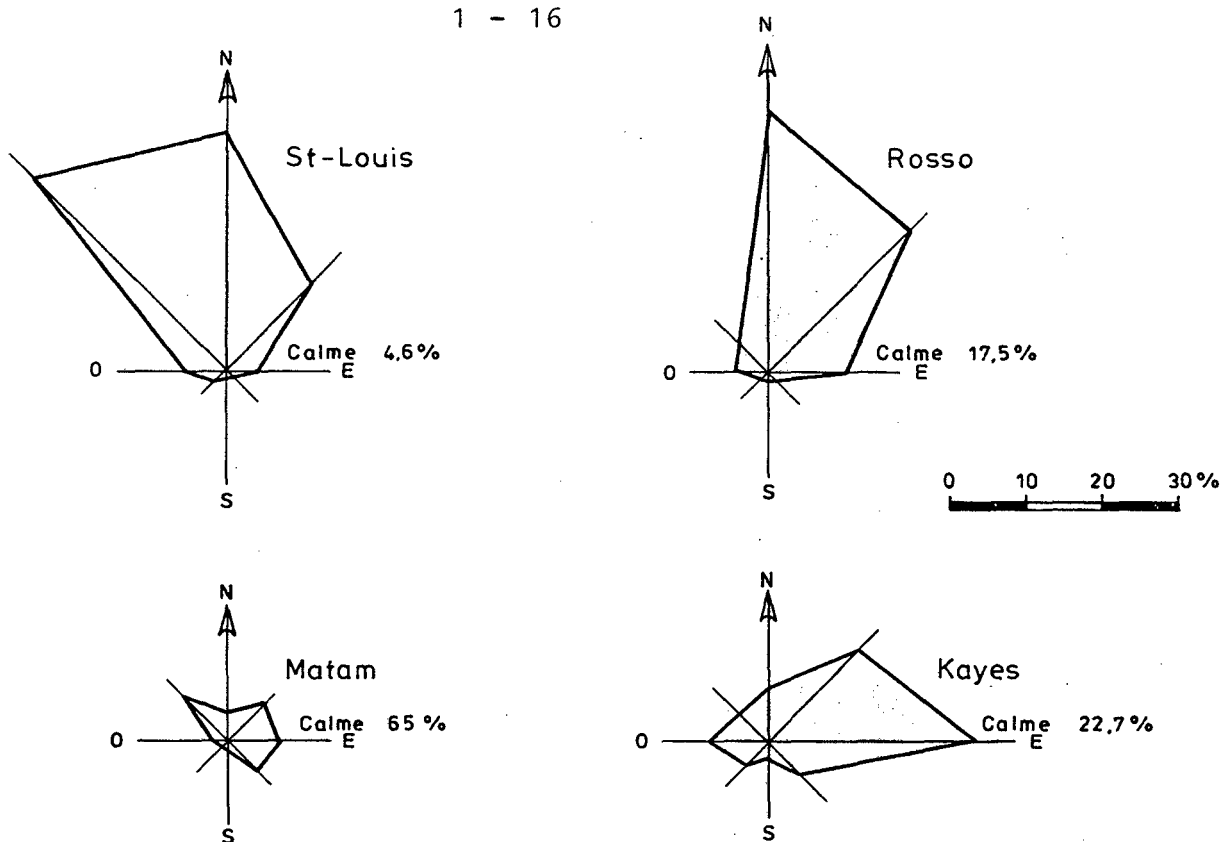


Fig. 1.2.3.3 a): Fréquence des directions du vent (en %) pendant la saison sèche

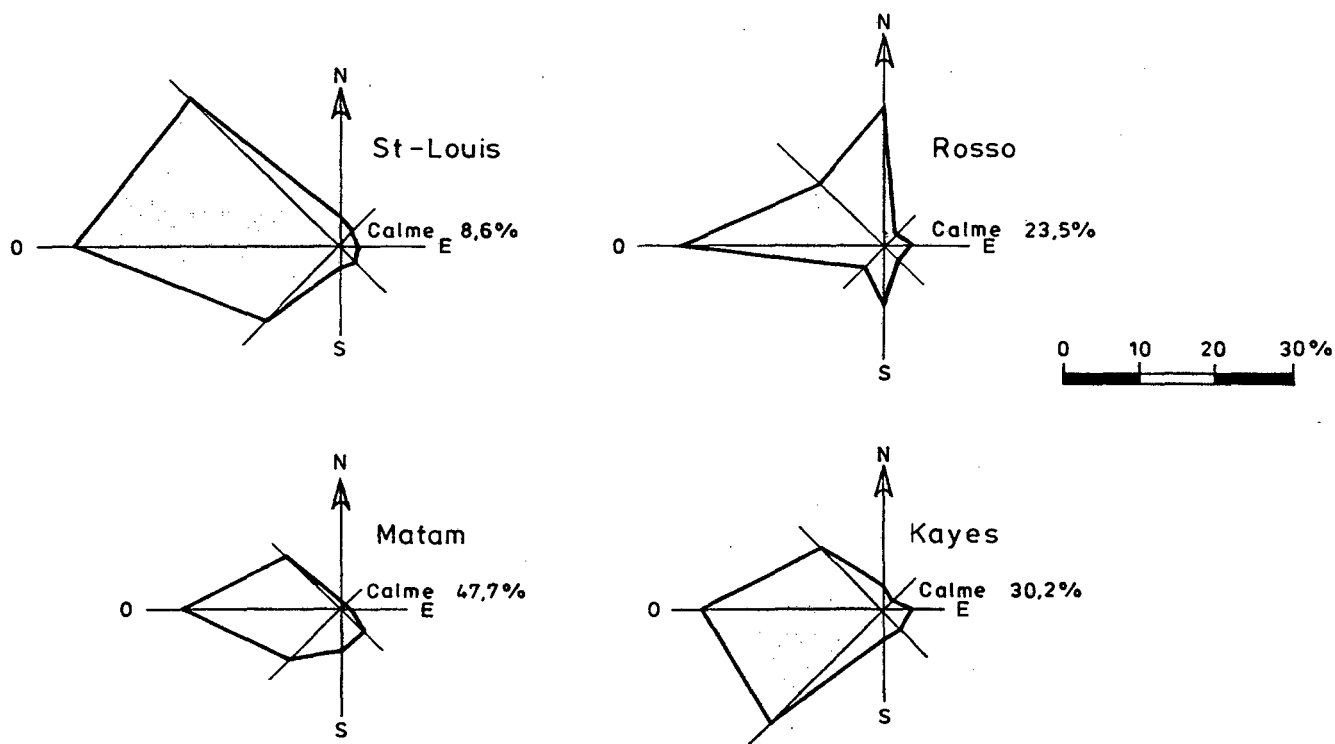


Fig. 1.2.3.3 b): Fréquence des directions du vent (en %) pendant l'hivernage



#### 1.2.3.4 Humidité atmosphérique

L'humidité atmosphérique relative subit de fortes variations au cours des différentes saisons et se situe en moyenne entre 40 % et 50 %. Les valeurs maximales sont atteintes au cours de l'hivernage (août - septembre) et les valeurs minimales pendant la saison sèche (janvier - février).

Dans la fig. 1.2.3.4, les moyennes mensuelles des valeurs extrêmes journalières des années 1973 à 1977 sont représentées. En général les valeurs les plus élevées au cours d'une journée se présentent le matin, tandis que l'humidité atmosphérique la plus faible est atteinte à l'intérieur du pays le soir, sur la côte déjà à midi (indications de l'ASECNA).

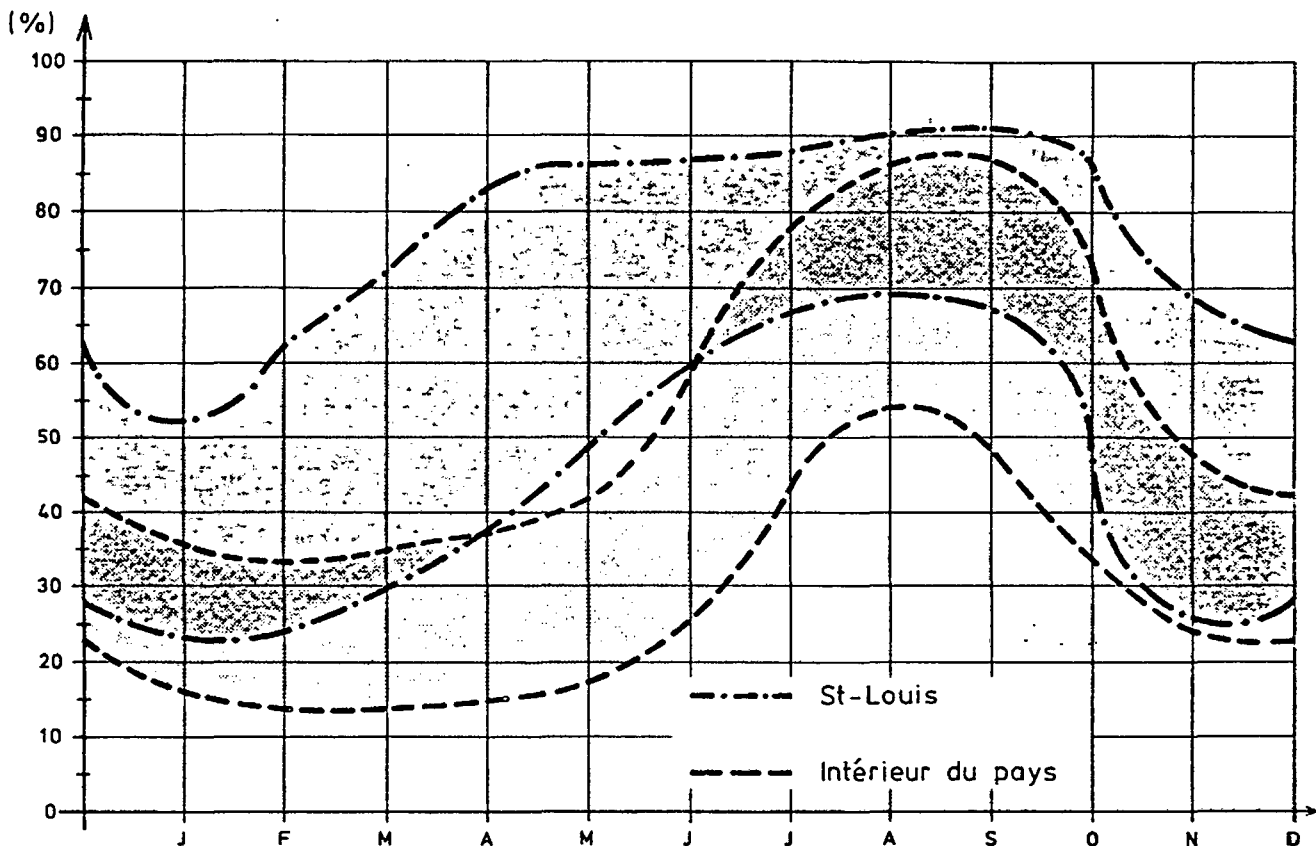


Fig. 1.2.3.4: Humidité atmosphérique relative moyenne

1.2.4 Vent et vagues dans la région côtière [1]1.2.4.1 Vagues

Sur la côte du Cap Blanc au Cap Vert (entre Nouadhibou et Dakar), la houle est l'élément déterminant des vagues par rapport aux vagues dues aux vents à proximité du littoral.

Les tableaux suivants indiquent par extraits les données essentielles relatives au régime des vagues sur l'Atlantique devant la côte du Cap Blanc au Cap Vert (entre le 15e et le 20e degré de latitude nord et à l'est du 20e méridien ouest) [1].

Tableau 1.2.4.1 a) : Fréquence de la houle  
(en % de toutes les observations  
des vagues)

Hauteur des vagues	Nature	Janv.	Mars	Mai	Juin	Août	Oct.	Déc.	Année
0-1,5 m	faible	12,5	13,5	12	12	21	16	14	14,5
1,5-4,0 m	moyenne	11	11	9,5	15	15	10	8	11,5
> 4,0 m	élevée	4	4,5	3,5	3,5	5,5	3	3,5	3,5
Toutes les hauteurs	-	28	29	25	31	42	29	25,5	30

Tableau 1.2.4.1 b) : Amplitudes moyennes des vagues

Mois	Janv.	Mars	Mai	Juin	Juil.	Sept.	Oct.	Déc.	Année
Amplitudes moyennes des vagues [m]	1,00	1,10	1,25	1,05	0,90	0,85	0,85	1,00	1,00

Tableau 1.2.4.1 c) : Fréquence des amplitudes de vagues en %  
de toutes les observations des vagues

Mois	$\leq 0,25$ m	0,25 - 0,75 m	0,75 - 1,5 m	2 et 2,5 m	3 et 3,5 m	$\geq 4$ m
Janvier	8	37	41	12	2,0	~ 0
Mai	6	23	45	22	3	1
Juillet	13	36	38	11	1,5	0,5
Octobre	16	35	39	8	1,5	0,5
Décembre	10	31	45	10	3	1
Année	10,5	31,5	42	13	2,5	0,5

#### 1.2.4.2 Vents dans la région côtière

Sur la côte entre le Cap Blanc et le Cap Vert, le régime des vents est très uniforme. Au-dessus de la mer, le vent alizé souffle le plus souvent des directions nord à nord-est.

Au cours de la plupart des mois, la force moyenne du vent se situe dans cette région côtière autour de 4 Bft<sup>1)</sup> et en automne de 3 Bft. Comparée aux autres régions de l'Afrique de l'Ouest, cette région est particulièrement riche en vents, mais pauvre en tempêtes.

Des tempêtes de la force 8 ou plus ne sont qu'occasionnelles, sans être liées à une saison précise (environ 10 à 15 jours par an).

Même des vents forts - de la force 6 à 7 - n'atteignent une fréquence de 5 % devant le Cap Vert qu'aux mois de janvier et d'octobre et sont le reste de l'année plus rares. Vers le nord ils se produisent beaucoup plus souvent.

<sup>1)</sup> Bft = selon la graduation de Beaufort

Avec des vents très secs qui soufflent du côté terre, surtout à une altitude plus importante, de la poussière du désert est temporairement amenée assez loin au-dessus de l'océan. Avec un tel harmattan, la poussière troublant l'air se dépose progressivement. Des fois la visibilité en est réduite à moins de 1 000 m.

### 1.2.5 Communications

#### 1.2.5.1 Réseau routier

Les communications routières entre les trois capitales Bamako, Dakar et Nouakchott d'un côté et le fleuve Sénégal de l'autre, sont d'une qualité variable. Tandis que les routes de Dakar à St-Louis et de Nouakchott à Rosso sont bitumées, la route de Bamako à Kayes n'est pas praticable pendant toute l'année.

Dans la vallée du fleuve du côté sénégalais, la route entre St-Louis et Ouro-Sogui (à 10 km de Matam) est bitumée et le bitumage de son prolongement jusqu'à Bakel a été commencé en 1979. L'axe Nouakchott - Aleg - Kiffa, du côté mauritanien du fleuve, est bitumé. En outre la route St-Louis - Rosso - Nouakchott est également bitumée et le fleuve est traversé par un bac à voitures à Rosso.

Les communications les plus importantes disponibles fin 1979 ressortent du plan T 6161-22-1.1 et sont indiquées au tableau 1.2.5.1 a).

Tableau 1.2.5.1 a): Routes principales dans la région  
du fleuve

Route	Pays	km	Etat/Praticabilité
Kidira - Kayes - Kita	Mali	435	Difficilement praticable même pendant la saison sèche
Kita - Bamako	Mali	180	Praticable pendant la saison sèche
Nouakchott - Rosso	Maurit.	204	Bitumée
Nouakchott - Boutili-mit - Aleg - Kiffa	Maurit.	604	Bitumée
Rosso - Boghé	Maurit.	215	Non praticable pendant toute l'année
Boghé - Kaédi	Maurit.	110	Praticable pendant toute l'année
Boghé - Aleg	Maurit.	73	Non praticable pendant toute l'année
Kaédi - M'Bout - Kiffa	Maurit.	305	Praticabilité permanente
Dakar - St-Louis	Sénégal	264	Bitumée
St-Louis - Rosso	Sénégal	101	Bitumée
St-Louis - Ouro-Sogui	Sénégal	412	Bitumée
Ouro-Sogui - Matam	Sénégal	10	Praticabilité permanente
Ouro-Sogui - Bakel	Sénégal	150	Bitumée (en construction à partir de 1979)

Les distances pour le transport routier entre les différentes localités dans la vallée du fleuve en tenant compte des déviations nécessaires pour la traversée du fleuve par le bac de Rosso, ressortent du tableau 1.2.5.1 b).

Tableau 1.2.5.1 b): Distances en km pour le transport routier dans la vallée du fleuve

Destination Provenance	St-Louis	Rosso	Rich.Toll	Dagana	Podor	Boghé	Kaédi	Matam	Bakel	Kidira
St-Louis										
Rosso	101									
Richard Toll	110	21								
Dagana	129	40	19							
Podor	213	124	103	84						
Boghé	316	215	236	245	329					
Kaédi	426	325	346	365	419	110				
Matam	422	333	312	293	285	548	658			
Bakel	562	473	452	433	425	688	798	160		
Kidira	625	536	515	496	488	751	861	223	63	
Kayes	730	641	620	601	593	856	966	328	168	105

Entre Dakar et les localités indiquées ci-dessous, les communications favorables suivantes existent:

- Dakar - Podor (praticabilité permanente)  
(via St-Louis - Richard Toll : 477 km (bitumés))
- Dakar - Matam (praticabilité permanente)  
(via St-Louis - Ouro Sogui : 686 km (676 km bitumés))  
(via Diourbél - Dara - Linguère : 535 km (265 km bitumés))
- Dakar - Kidira (praticabilité permanente)  
(via Kaolack - Tambacounda : 642 km (462 km bitumés))
- Dakar - Bakel (praticabilité permanente)  
(via Kaolack - Tambacounda -  
Kidira : 705 km (462 km bitumés))  
(via St-Louis - Ouro Sogui : 826 km (676 km bitumés,  
reste en cours de  
bitumage))
- Dakar - Kayes (non praticable pendant  
toute l'année<sup>1)</sup>)  
(via Kaolack - Tambacounda -  
Kidira : 747 km (462 km bitumés))

A partir de la route St-Louis - Bakel, les localités suivantes sur la rive gauche du fleuve peuvent être atteintes pendant toute l'année: Rosso, Richard Toll, Dagona, Podor et Matam. Les autres localités sur la rive gauche sont raccordées à la route principale par des pistes sablonneuses qui, pendant l'hivernage, ne sont pas praticables et même au cours de la saison sèche souvent seulement avec des véhicules tous-terrains.

<sup>1)</sup> La Falémé ne peut être traversée que lorsque le lit du fleuve est desséché; pendant le reste du temps chargement sur chemin de fer entre Kidira et Kayes.

Du côté mauritanien le fleuve peut être atteint de Nouakchott par les voies de communications favorables suivantes:

Nouakchott - Rosso	: 204 km (bitumés)
Nouakchott - Boghé	(non praticable toute l'année)
via Boutilimit - Aleg:	335 km (262 km bitumés)
via Rosso	: 419 km (204 km bitumés)
Nouakchott - Kaédi	(non praticable toute l'année)
via Boutilimit - Aleg	
- Boghé	: 470 km (262 km bitumés)
via Rosso - Boghé	: 529 km (204 km bitumés)
Nouakchott - Gomaye	(non praticable toute l'année)
via Aleg - Kiffa	
- Sélibabi	: 789 km (604 km bitumés)

#### 1.2.5.2 Réseau ferroviaire

Le réseau ferroviaire (voir plan T 6161-22-1.1) avec un écartement de voie d'un mètre est constitué de deux lignes principales:

- Le trajet Dakar - Thiès - Tambacounda - Kidira - Ambidédi - Kayes - Bamako - Koulikoro, d'une longueur de 1 288 km, dont 643 km se trouvent au Sénégal et 645 km au Mali. En provenance de Dakar, cette ligne atteint le fleuve Sénégal à Ambidédi et suit ce dernier jusqu'à Kayes et plus loin jusqu'à Bafoulabé.



- Le trajet Dakar - Thiès - St-Louis d'une longueur de 263 km.

A Louga, la ligne secondaire qui conduit à Linguère bifurque du trajet Dakar - St-Louis.

Pour le transport de marchandises uniquement, les lignes

- Tivaouane - Taïba
- Guinguinéo-Kaolack - Lyndiane
- Diourbél - M'Backé - Touba

sont en plus en service au Sénégal.

#### 1.2.5.3 Aéroports

Le Mali et le Sénégal ont chacun un aéroport et la Mauritanie deux pour le trafic international (voir plan T 6161-22-1.1). Ce sont:

- Bamako au Mali
- Dakar au Sénégal et
- Nouakchott et Nouâdhibou en Mauritanie.

En plus tous les trois états disposent de plusieurs aérodromes de différentes catégories, exploités par les compagnies aériennes "Air Mali", "Air Mauritanie" et "Air Sénégal".

Dans la vallée du fleuve, les villes suivantes qui possèdent un aérodrome, sont à citer:

- Kayes (piste bitumée) au Mali,

- Sélibabi, Kaédi (avec pistes bitumées), Boghé et Rosso (avec pistes en terre) en Mauritanie,
- St-Louis, Bakel (avec pistes bitumées), Matam, Podor et Richard Toll au Sénégal.

#### 1.2.5.4 Trafic maritime

Pour le présent projet, les ports de Nouakchott, Dakar et St-Louis sont d'un intérêt particulier.

##### a) Installations portuaires de Nouakchott

Les installations portuaires de Nouakchott sont constituées actuellement d'un wharf où environ 400 000 t/an peuvent être transbordées à l'aide de barges de 50 et 100 t et de 6 vedettes-remorqueurs. Le wharf est équipé de grues fixes de 30 t.

En outre, il existe un poste à quai avec une profondeur de 9 m pour l'accostage des navires de 5 000 dwt au maximum.

Du côté terre il y a des grues mobiles de 36 t, 60 000 m<sup>2</sup> de terre-pleins non couverts et 6 000 m<sup>2</sup> de magasin.

Le wharf doit être remplacé par un port avec trois postes à quai, dont deux avec une profondeur d'eau de 9,8 m et un de 10,3 m. Les travaux de construction ont déjà commencé.

b) Port de Dakar

A cause de son excellente situation envers l'Europe, l'Amérique et en Afrique de l'Ouest, le port de Dakar est un des ports les plus importants sur la côte de l'Afrique de l'Ouest. Il dispose d'un plan d'eau de 205 ha, de quais d'une longueur de 8 400 m et de terre-pleins d'une superficie de 99 ha, dont 5 ha couverts. Une grue flottante de 60 t y est disponible pour le transbordement de colis lourds.

La manutention totale (importation et exportation) était en 1976 de 4,7 millions de tonnes. L'extension du port pour la manutention de conteneurs est prévue. A cet effet 700 m de quai et 14 ha de terre-pleins doivent être réalisés.

c) Port de St-Louis

Le port de St-Louis dispose de deux quais d'une longueur de 655 m et de 800 m et d'un magasin. Actuellement le port n'a une certaine importance que pour la circulation fluviale. Au total environ 8 000 t ont été transbordées en 1976.

Pour le trafic maritime, St-Louis est devenu depuis 1965 pratiquement insignifiant. Les causes en sont

- l'accès difficile au port et
- le pont Faidherbe.

- L'accès à St-Louis

Le fleuve Sénégal se jette actuellement dans l'Atlantique au bout de la presqu'île "Langue de Barbarie", environ 23 km au sud de St-Louis. Depuis 1850, la presqu'île s'est agrandie d'environ 20 km vers le sud.

A l'endroit de l'embouchure du fleuve dans l'Atlantique, une barre s'est formée par une combinaison du courant côtier, de la houle et du vent. Cette barre rétrécit la profondeur d'eau et gêne l'entrée au port de St-Louis.

D'après les indications de l'Atlas Nautique [2] et selon Beziukov [3], tome 1, la profondeur d'eau varie entre 2 et 5 m, en fonction de la saison et de la marée. Les plus grandes profondeurs d'eau ont été observées aux mois de juin et juillet; elles se réduisent jusqu'à 2 m au mois de septembre.

En fonction du débit fluvial, de la phase de la marée et du poste d'essai, des vitesses du courant au-dessus de la barre atteignent entre 3,6 et 7,4 km/h, [1] et [2].

La période la plus favorable pour franchir la barre se situe d'après les sources indiquées entre les mois de mai et d'août. De décembre à avril le franchissement de la barre est très difficile à cause de la faible profondeur d'eau, des vagues et des forts vents alizés.

Le trajet de l'embouchure situé derrière la barre au sud de St-Louis a une longueur d'environ 23 km et une largeur de 500 à 600 m. Ce tronçon est selon l'Atlas Nautique bien navigable. Le fond se trouve à environ - 5,5 et -8,0 m IGN<sup>1)</sup>. En considérant les cartes de l'Atlas Nautique, il faut observer que les indications des profondeurs se rapportent à un niveau d'eau de référence, qui se trouve ici à -0,45 m IGN.

---

1) IGN = Institut Géographique National  
Niveau de référence pour les altitudes géodésiques

A cause des conditions difficiles de l'accès démontrées précédemment, la navigation est obligée de faire appel au service de pilotage de la Capitainerie du port de St-Louis.

Au cours des projets de développement du bassin du fleuve Sénégal, la reconstruction d'un port maritime et fluvial à St-Louis et l'aménagement d'un chenal d'accès sont également prévus. La profondeur d'eau dans le chenal d'accès doit être telle qu'un enfoncement de 8,20 m à 8,75 m peut être garanti. Après la réalisation du chenal d'accès, tous les bateaux prévus pour la circulation sur le fleuve Sénégal pourront circuler sans obstacle entre la mer et le fleuve. Il ne faut cependant pas s'attendre que le chenal d'accès soit réalisé avant le début des travaux d'aménagement.

#### - Pont Faidherbe

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

L'ouverture et la fermeture du pont demandent plusieurs heures étant donné que la travée du pont est manoeuvrée manuellement et qu'une conduite d'eau sur le pont doit être démontée. Au cas où la Capitainerie est prévenue suffisamment à l'avance, le temps d'attente peut être réduit.

1.2.5.5 Obstacles dans le lit du fleuve

Jusqu'ici le fleuve Sénégal n'a pas été entretenu; des arbres morts et des souches peuvent être éventuellement rencontrés dans le lit du fleuve.

Au cours des travaux topographique et bathymétrique, les restes d'un vieux mur de quai ont été découverts sous l'eau qui ne sont pas représentés dans l'Atlas Nautique [2] et constituent un danger pour la navigation. L'obstacle se trouve environ à 15 m à l'ouest du mur de quai existant.

1.2.6 Réseau téléphonique

Les liaisons nationales et inter-états indiquées au tableau 1.2.6 existent dans les trois Etats-membres de l'OMVS.

Tableau 1.2.6: Liaisons téléphoniques dans la région du fleuve

Artère	Système	Mode d'exploitation	Pays	Transit
<u>Liaisons Nationales</u>				
Kayes - Bamako	Radio OC	manuel	Mali	-
Kaédi - Nouakchott	Radio OC	manuel	RIM	-
Boghé - Nouakchott	Radio OC	manuel	RIM	-
Boghé - Nouakchott	Câble coaxial	automatique	RIM	-
St-Louis - Dakar	FH	automatique	Sénégal	-
<u>Liaisons Inter-Etats</u>				
Bamako - Nouakchott	Radio OC	manuel	Mali - RIM	Paris
Bamako - Dakar	Radio OC	manuel	Mali - Sén.	-
Kayes - Kidira		manuel	Mali - Sén.	-
Nouakchott - Dakar	Coaxial + FH	manuel	Sén. - RIM	-
Rosso - St-Louis	CP	manuel	Sén. - RIM	-

Abréviations: OC: Ondes courtes  
 FH: Faisceaux hertziens  
 CP: Courant porteur

Le réseau téléphonique est actuellement élargi. Des améliorations et nouvelles lignes sont à cet effet prévues pour les liaisons suivantes dans la région du fleuve:

- Dakar - Bamako: FH dans le cadre du projet PANAFTEL, réalisation jusqu'en 1980,
- Nouakchott - région du fleuve du côté mauritanien et liaison avec le Mali: FH dans le cadre des projets "Sud - Sud-Est" et PANAFTEL, réalisation en plusieurs phases jusqu'en 1990,
- St-Louis - Rosso et des villes au bord du fleuve du côté du Sénégal: FH dans le cadre du projet "Axe Nord", dont la première étape est déjà réalisée.

Des communications téléphoniques existent entre l'Europe et toutes les capitales des états de l'OMVS. Entre Dakar et l'Europe un trafic automatique interurbain est déjà réalisé.

### 1.3 Hydrologie

#### 1.3.1 Echelles limnimétriques et courbes d'étalonnage

Depuis le début de ce siècle, un grand nombre d'échelles limnimétriques ont été installées au bord du fleuve Sénégal. Elles servent soit à l'observation du fleuve, soit à la navigation. Plusieurs stations étaient équipées de limnigraphes dont cependant seulement une partie conserve encore le mât-support. Dans les localités principales au bord du fleuve, les niveaux d'eau sont relevés journallement en partie pendant toute l'année, en partie seulement au cours de la crue.

Le zéro des échelles entre Podor et Kayes a été vérifié dans le cadre de l'étude de l'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation. Des différences importantes ont été constatées à différentes échelles étant donné que les anciens zéros ont été rattachés autrefois à des repères de hauteur incorrects.



Le tableau suivant 1.3.1 a) indique les échelles et leurs niveaux du zéro.

Tableau 1.3.1 a): Echelles au bord du fleuve Sénégal

Emplacement	PK	Zéro de l'échelle en m IGN	Emplacement	PK	Zéro de l'échelle en m IGN
Podor	266	-0,44	Matam	638	6,63
Serpoli	334	-0,77	Diawara	793	11,08
Boghé	382	-0,64	Bakel	817	11,17
Dioudé Diabé	441	-0,49	Koungani	825	13,28
Saldé	481	1,38	Yaféra	835	12,53
Kaédi	543	4,33	Goutioubé	848	12,85
Djowol	573	5,07	Ségala	861	15,31
Airê-Dindi	590	5,53	Ambidédi	905	17,67
Oudourou	601	5,61	Kayes	948	20,16 <sup>1)</sup>

1) selon [4].

Des indications relatives au type, constructeur, à l'année de construction et l'emplacement géographique des échelles dans les localités principales sont contenues dans [4]. Les caractéristiques les plus importantes sont réunies au tableau 1.3.1. b).

Tableau 1.3.1 b): Caractéristiques des échelles limnimétriques

Localité	Année de construction	Constructeur	Type
Podor	1952	MAS	Echelle étagée verticale
Boghé	1955	MAS	Echelle étagée verticale
Dioudé Diabé	1954	MAS	Echelle verticale installée sur la tour du limnigraphe
Saldé	1954	MAS	Echelle étagée verticale
Matam	1954	MAS	Echelle étagée verticale, installée en partie à l'appontement
Bakel	1952	UHEA	Echelle étagée verticale en béton
Ambidédi	1957	MAS	Echelle étagée verticale, installée en partie à l'appontement
Kayes	1951	UHEA	Echelle étagée verticale

MAS ... Mission d'Aménagement du Sénégal

UHEA ... Union Hydro-Electrique Africaine

Depuis l'année 1950, des courbes d'étalonnage pour les échelles limnimétriques suivantes ont été établies:

Dagana

Dioudé Diabé

Matam

Podor

Saldé

Bakel

Boghé

Kaédi

Kayes

Les fig. 1.3.1 a) à e) montrent les courbes d'étalonnage pour les échelles de Boghé, Kaédi, Matam, Bakel et Kayes.

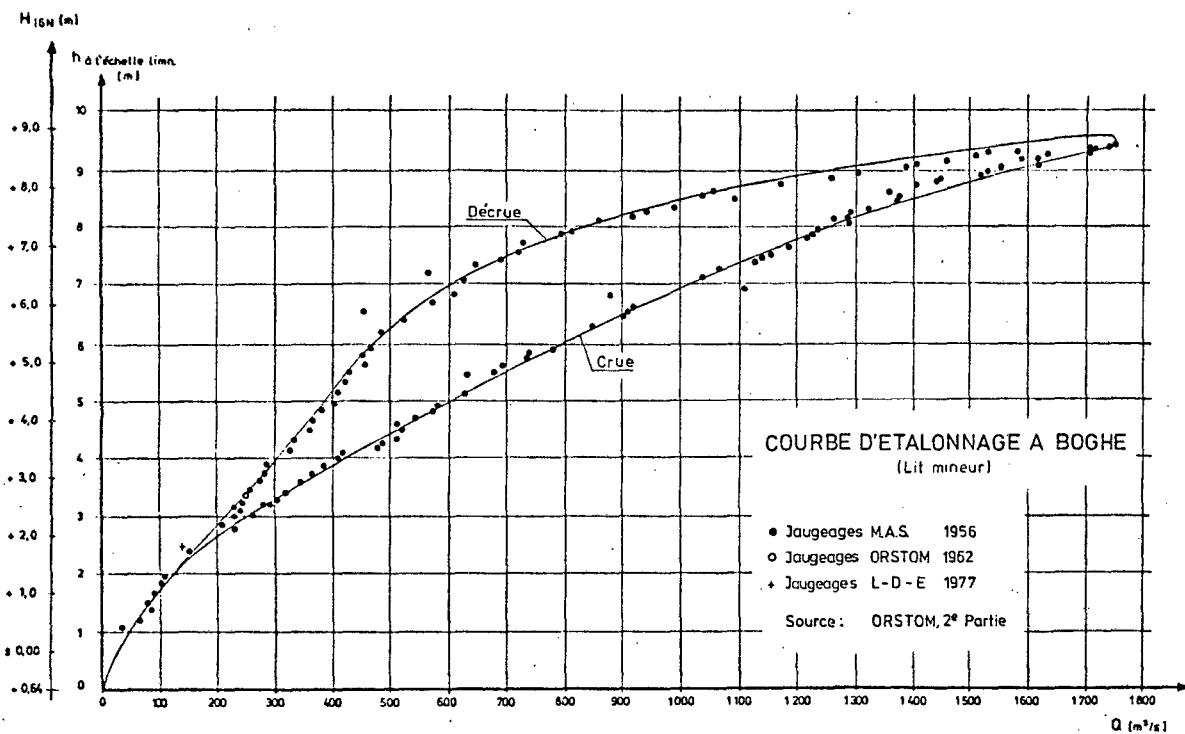


Fig. 1.3.1 a): Courbe d'étalonnage Boghé

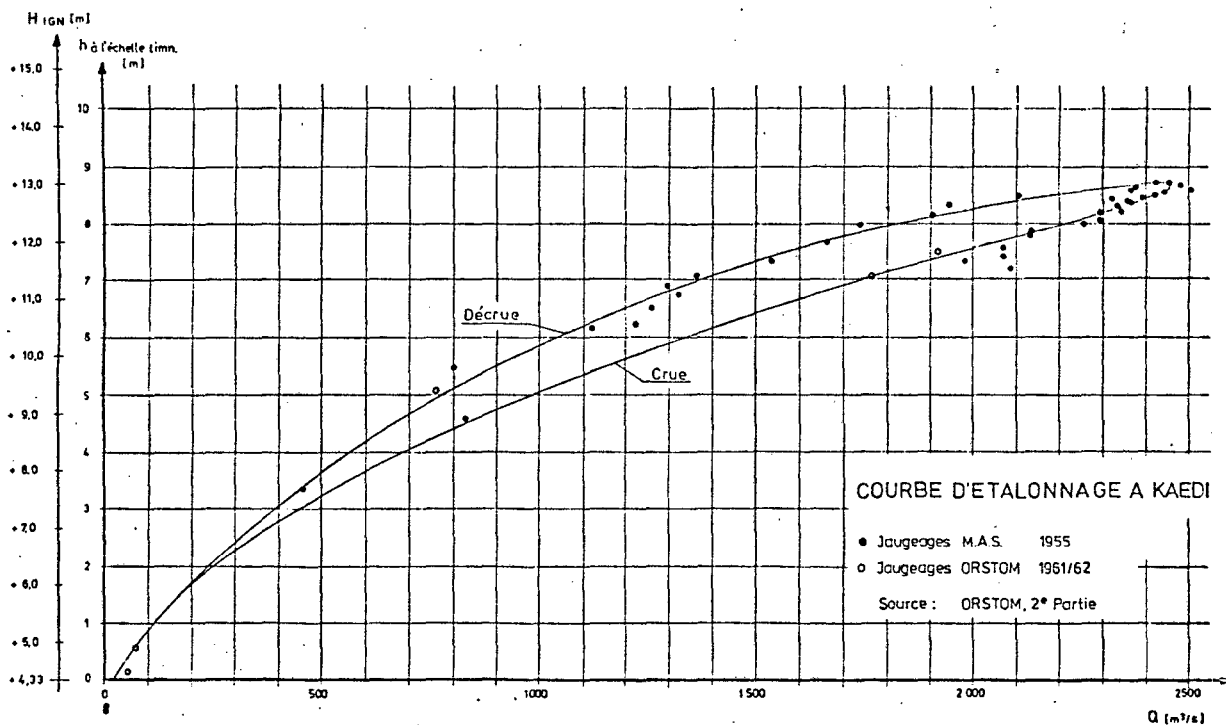
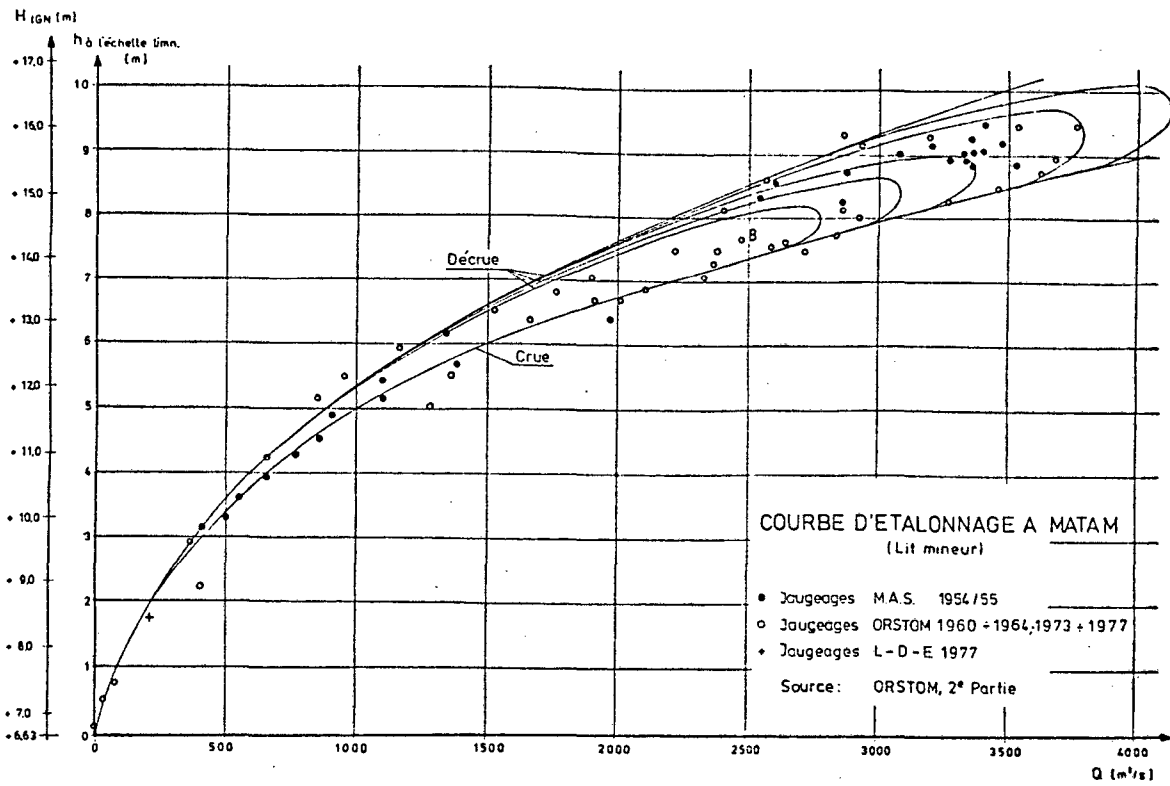
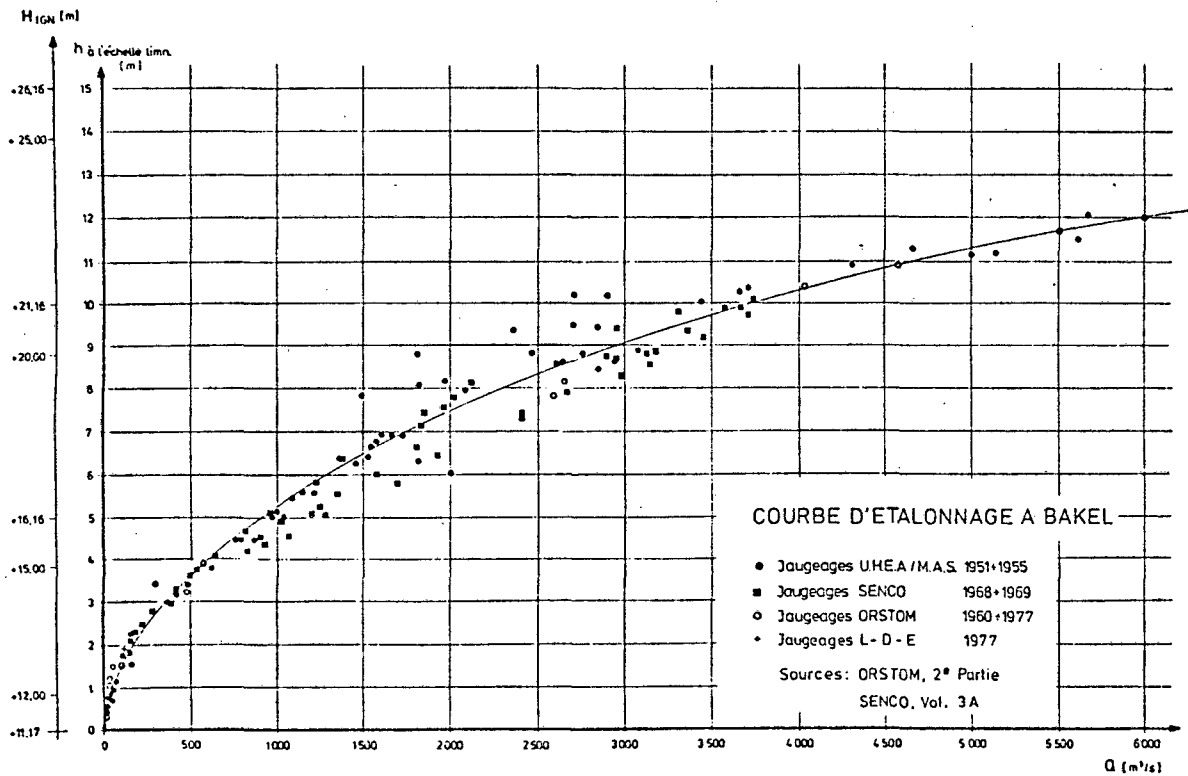


Fig. 1.3.1 b): Courbe d'étalonnage Kaédi

Fig. 1.3.1 c): Courbe d'étalonnage MatamFig. 1.3.1 d): Courbe d'étalonnage Bakel

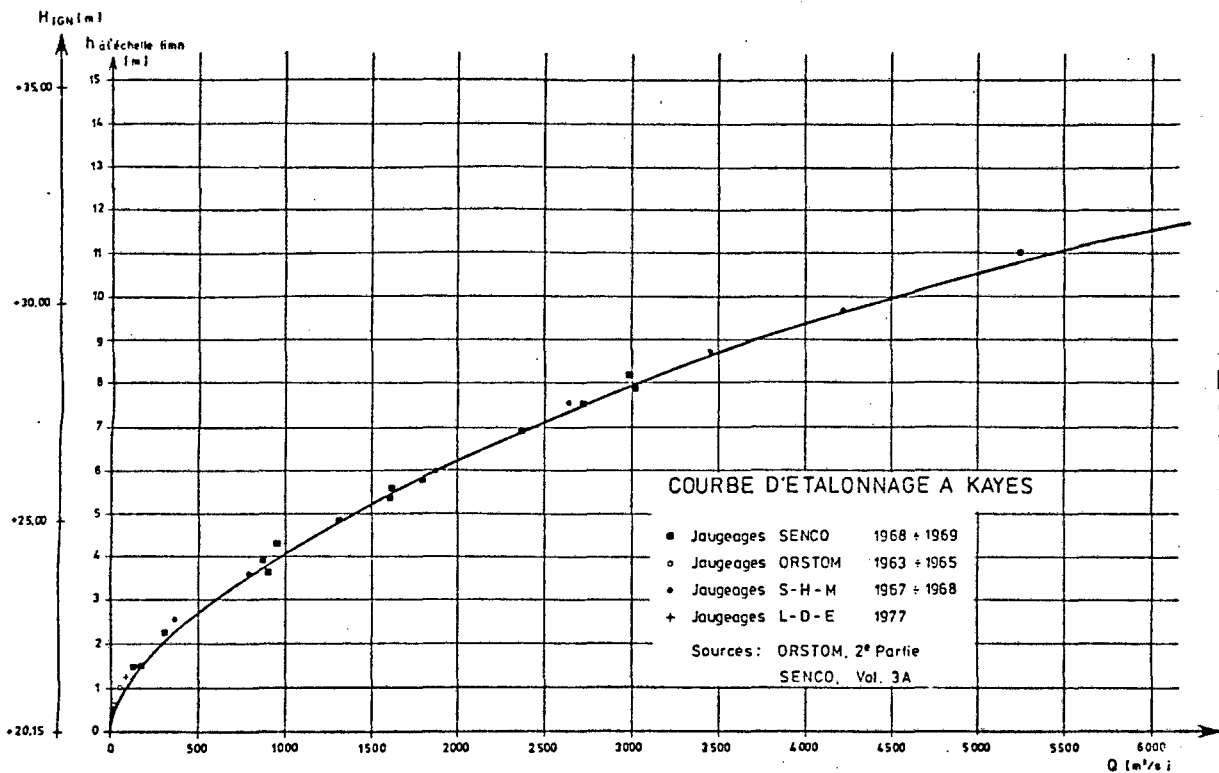


Fig. 1.3.1 e): Courbe d'étalonnage Kayes

### 1.3.2 Débits et niveaux d'eau à l'état naturel

#### 1.3.2.1 Caractéristique générale de l'écoulement

En raison des fluctuations extrêmes des débits, le fleuve Sénégal est un fleuve typiquement tropical. La crue annuelle est presque exclusivement due aux fortes précipitations dans les régions montagneuses de la Guinée.

Les courbes des niveaux sont caractérisées par une montée rapide de la crue, c'est-à-dire en 2 à 3 mois au début de l'hivernage et une descente plus lente s'étendant sur 7 à 8 mois. Une descente du niveau d'eau après un premier gonflement et une remontée jusqu'à la pointe de crue sont caractéristiques pour le cours supérieur du fleuve.

La différence des niveaux d'eau entre la crue et l'étiage diminue vers l'aval du fleuve. La figure 1.3.2.1 a) montre les courbes des niveaux de différentes échelles au cours de l'année hydrologique 1958/1959, qui est caractéristique d'une crue forte.

Sur la base des lectures d'échelle effectuées depuis 1903, les débits suivants s'ensuivent pour Bakel:

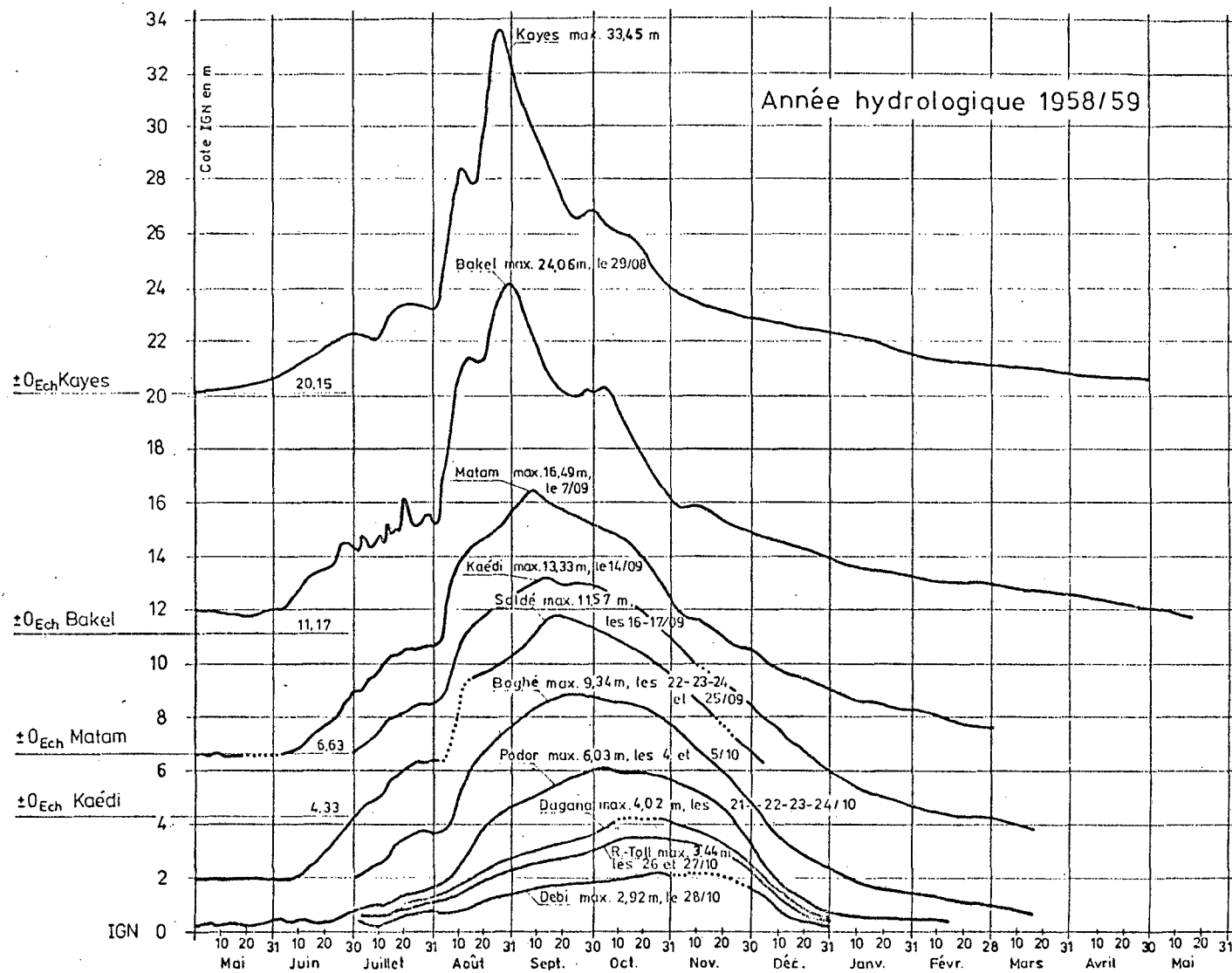
- Débit annuel moyen:  $750 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit d'étiage: environ  $10 \text{ m}^3/\text{s}$
- Volume d'eau annuel moyen:  $23,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

Les débits mensuels moyens relevés aux échelles de Kayes, Bakel, Matam et Dagana sont indiqués sur la figure 1.3.2.1 b).

L'écoulement des crues et l'évolution de l'onde de crue sont décrits en détail à l'article 1.3.2.2.

A la fin de la saison sèche, qui dure environ 8 mois, le débit est tellement faible que l'eau salée de la mer peut remonter jusqu'à 220 km dans le cours inférieur du fleuve. L'influence de la marée se fait encore sentir pendant cette période à 440 km en amont de St-Louis. Après la construction du barrage de Diama cette influence sera supprimée en amont du PK 26.

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

Fig. 1.3.2.1 a): Evolution des ondes de crue

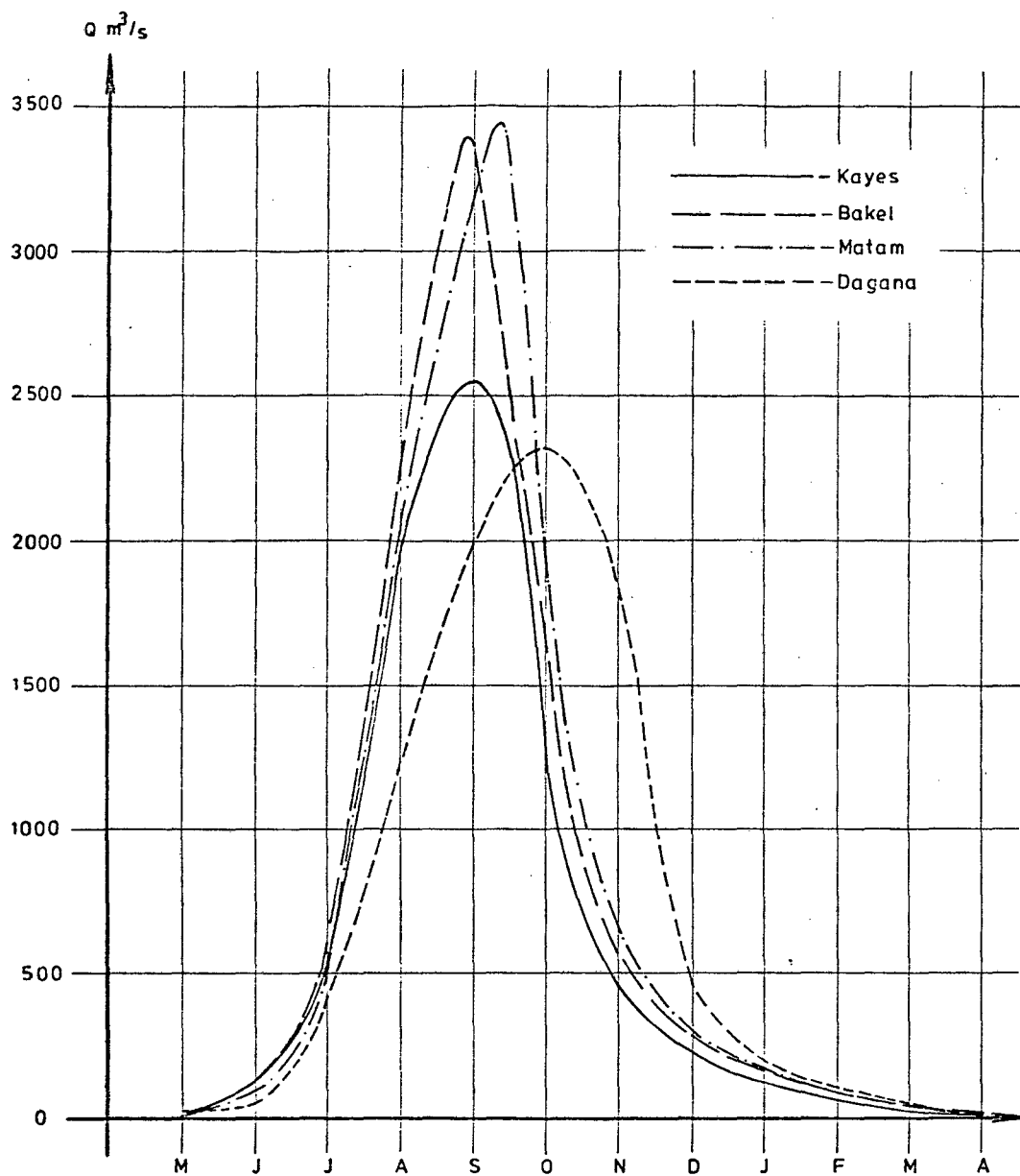


Fig. 1.3.2.1 b): Débits mensuels moyens



La pente de la ligne d'eau diminue - à l'exception des irrégularités locales - en aval du fleuve et varie fortement selon le débit. Les valeurs maximales sont atteintes au début de la crue.

Le tableau 1.3.2.1 récapitule les pentes de la ligne d'eau sur les différents tronçons.

Tableau 1.3.2.1: Pente du fleuve Sénégal

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

En aval de Saldé, la pente est actuellement influencée par la marée, de sorte qu'une pente correspondant à un écoulement stationnaire ne peut pas être indiquée.

En raison des faibles pentes de la ligne d'eau, les vitesses moyennes d'écoulement du fleuve Sénégal sont également relativement faibles. Pour des débits de 80 à 550 m<sup>3</sup>/s, des vitesses moyennes comprises entre 0,16 et 0,54 m/s ont été mesurées.

<sup>1)</sup> Pente pour un débit à peu près constant

Pendant la crue, la vitesse augmente en fonction de la pente de la ligne d'eau. Selon [5], 1,0 à 1,4 m/s sont à attendre pour cette période.

#### 1.3.2.2 Caractéristique de l'onde de crue

La crue annuelle dure de juillet à novembre. La période pendant laquelle elle survient, varie en général de 30 à 45 jours.

Pour l'échelle limnimétrique de Bakel, les dates caractéristiques suivantes sont valables pour le passage de la crue [6]:

- Valeurs moyennes relatives aux années de 1903 à 1976
  - . Début de la crue: 22 juin
  - . Obtention de la pointe de la crue: 10/11 septembre
- Au total les pointes de la crue sont atteintes aux dates suivantes:
  - . 30 % entre le 22 août et le 5 septembre
  - . 50 % entre les 6 et 21 septembre et
  - . 15 % après le 21 septembre.

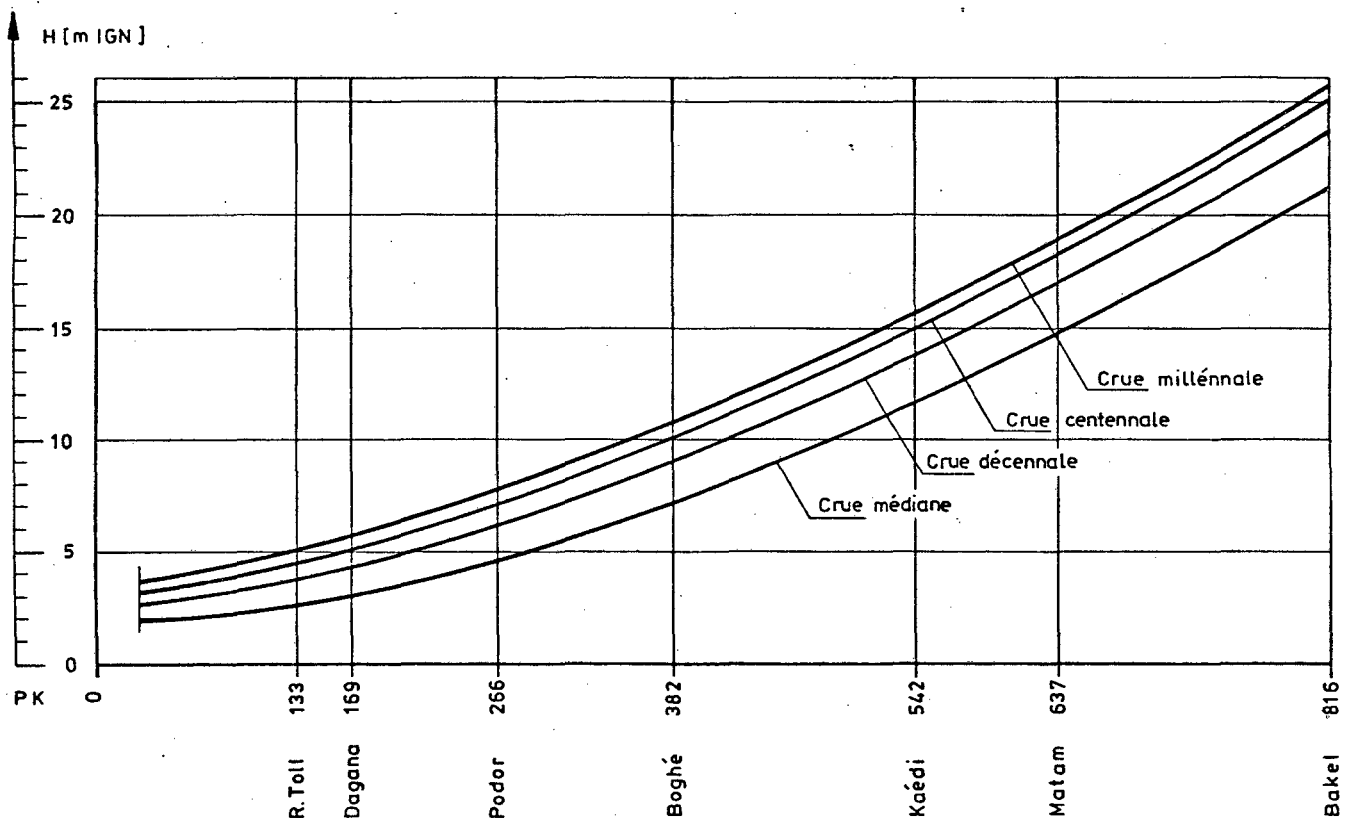
Les dates extrêmes pendant lesquelles la pointe de la crue a été atteinte, ont été le 7 août 1926 et le 15 octobre 1966.

A Bakel au cours d'une année très sèche, le débit maximal est de 1 400 m<sup>3</sup>/s et atteint 10 000 m<sup>3</sup>/s dans une année très humide. La valeur moyenne est de 3 764 m<sup>3</sup>/s. Le tableau 1.3.2.2 a) indique les crues statistiques calculées au moyen des valeurs des années 1903 à 1976 pour l'échelle limnimétrique de Bakel.

Tableau 1.3.2.2 a): Crues statistiques pour Bakel [6]

Crue	Valeur moyenne	Décennale	Centennale	Millén- nale
Fréquence (%)	50	10	1	0,1
Début de la montée	26 juin	22 juin	22 juin	22 juin
Date du débit maximal	9 sept.	9 sept.	9 sept.	9. sept.
Niveau d'eau maximal en m IGN	21,27	23,72	25,15	25,60
Débit maximal en m <sup>3</sup> /s	3 764	7 180	10 100	13 000

Les niveaux d'eau maximaux dans la Vallée et le Delta dépendent des valeurs maximales à Bakel et de l'écoulement de la crue. La figure 1.3.2.2 montre l'évolution des crues statistiques entre St-Louis et Bakel.

Fig. 1.3.2.2: Evolution de la crue entre St-Louis et Bakel [6]

Pour Kayes des calculs relatifs aux crues statistiques ne sont pas disponibles. Les indications relatives à la crue, déterminées selon les relevés des années 1903 à 1969 pour différentes fréquences, ressortent du tableau 1.3.2.2 b) [7].

Tableau 1.3.2.2 b): Fréquence du dépassement des pointes des crues à Kayes

Fréquence (%)	1	5	10	50	90	95	99
Débit ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	6600	5800	5400	4000	2550	2150	1200
Niveau d'eau (m IGN)	32,41	31,76	31,46	29,54	27,41	26,72	24,84

La montée rapide de la crue dans le cours supérieur du fleuve est remarquable. Ainsi à Kayes du 13 au 14 août 1968, une montée de 1,13 m [7] et à Bakel du 23 au 24 août 1971, de 1,24 m [8] ont été constatées. Une montée beaucoup plus rapide du niveau d'eau n'est pas à exclure, étant donné que les indications ci-dessus sont seulement basées sur les lectures des échelles et évaluations quotidiennes au cours d'une période limitée.

#### 1.3.2.3 Débits au cours de la saison sèche

Après la décrue qui dure 4 mois environ, les débits se réduisent jusqu'à une valeur relativement constante. Par l'évaporation, le débit au cours des mois d'avril et de mai peut baisser à moins de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La figure 1.3.2.3 montre avec quels débits pour l'état non régularisé, on peut compter à Bakel pendant la saison sèche [6].

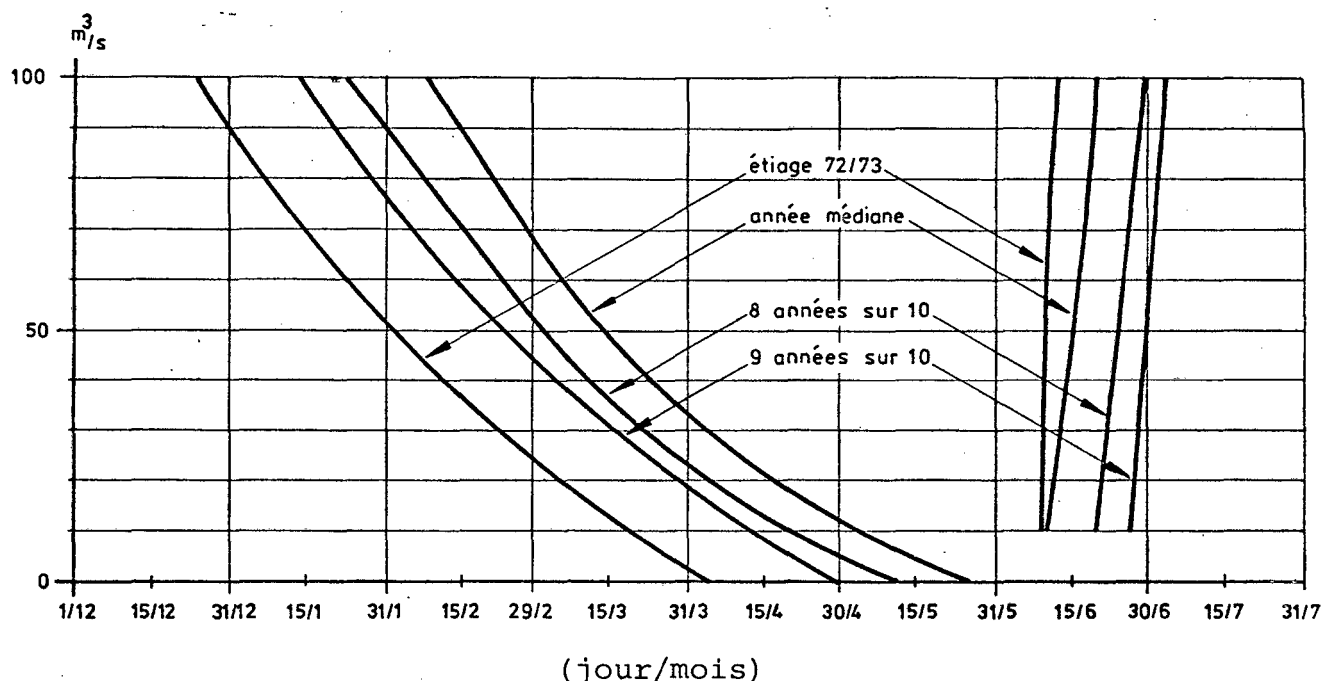


Fig. 1.3.2.3: Débits probables à Bakel pendant la saison sèche

#### 1.3.2.4 Répartition du débit sur les bras du Sénégal et du Doué

La répartition naturelle du débit sur les bras du Sénégal et du Doué peut être déterminée de façon approximative à l'aide des courbes d'étalonnage de Saldé (Sénégal) et de N'Goui (Doué). Dans la figure 1.3.2.4, les courbes d'étalonnage des deux échelles limnimétriques et la somme de ces deux courbes d'étalonnage sont représentées selon les valeurs indiquées dans [4].

Les courbes montrent que le bras du Doué détourne plus d'eau lors de la crue que le bras du Sénégal, tandis qu'à l'étiage c'est le cas contraire.

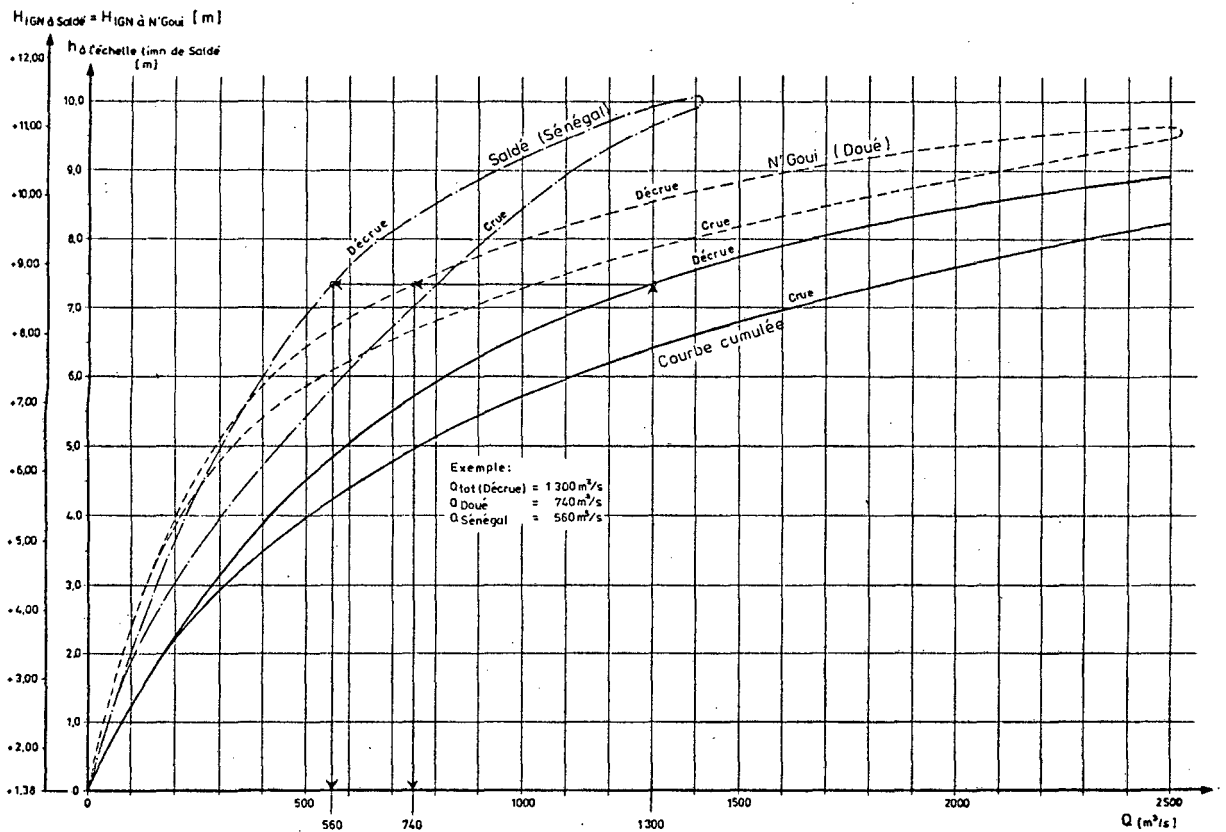


Fig. 1.3.2.4: Courbes d'étalonnage de Saldé et N'Goui (Doué) et courbe cumulée

### 1.3.3 Débits et niveaux d'eau à l'état régularisé

#### 1.3.3.1 Débits de référence (débits régularisés de l'étiage)

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

Pour l'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation, les deux cas suivants sont distingués pour les débits régularisés:

- Au cours de la phase transitoire PT 1, une crue artificielle doit être garantie par le barrage de Manantali pendant un mois de l'année en vue de l'inondation des surfaces cultivables. Au cours des autres mois, un débit régularisé d'au moins  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  sera mis à disposition à Bakel.

- A l'état définitif quand l'agriculture irriguée sera complètement réalisée, on renoncera à la crue artificielle et un débit de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  pendant toute l'année sera garanti à Bakel (cas N° 7 de l'exploitation du barrage de Manantali).

Après déduction des prélèvements pour l'agriculture et des pertes par évaporation, le débit qui doit être garanti pour la navigation, est déterminé dans [9] et indiqué aux tableaux 1.3.3.1 a) et b) pour les deux cas de régularisation et pour des stations importantes du fleuve.

Pour l'élaboration du projet, la profondeur du chenal navigable à réaliser a été calculée dans le modèle mathématique à partir des débits mensuels les plus faibles. Ce sont:

- pour la phase transitoire, les débits du mois de juin et
- pour le cas 7 de la régularisation, les débits du mois d'avril.

Tab. 1.3.3.1 a): Débits résiduels en  $\text{m}^3/\text{s}$  le long du fleuve  
au cours de la phase transitoire PT 1 [9]

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

- 1) Les débits dans ce secteur comprennent ceux des bras du fleuve Sénégal et du Doué. La répartition des débits de référence (mois de juin) - déterminants pour l'aménagement du fleuve pour la navigation - sur les deux bras a été étudiée dans le modèle mathématique et a été retenue comme base du projet.

Ces débits pour le bras du Sénégal s'élèvent à:

103  $\text{m}^3/\text{s}$  à Dioudé Diabé  
 97  $\text{m}^3/\text{s}$  à Démèt  
 93  $\text{m}^3/\text{s}$  à Mafou  
 88  $\text{m}^3/\text{s}$  à Podor.

- 2) Débits de crue suivant l'hypothèse d'une crue artificielle envisagée (voir le Groupement Manantali, Rapport Régularisation [9]).



Tab. 1.3.3.1 b): Débits résiduels en m<sup>3</sup>/s le long du fleuve  
à l'état définitif de régularisation [9]

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

D'après les calculs contenus dans [9], les valeurs indiquées au tableau 1.3.3.1 b) restent inférieures lors des années extrêmement sèches. Si une compensation n'était pas créée par une exploitation adéquate du barrage, il faudrait compter que dans environ 10 % de toutes les années, les débits sont de 50 % inférieurs à ceux indiqués au tableau.

<sup>1)</sup> Les débits dans ce secteur comprennent ceux des bras du fleuve Sénégal et du Doué. Les débits de référence du mois d'avril ont été étudiés dans le modèle mathématique.

Les débits du bras du Sénégal s'élèvent à:

112 m<sup>3</sup>/s à Dioudé Diabé  
 102 m<sup>3</sup>/s à Démèt  
 95 m<sup>3</sup>/s à Mafou  
 88 m<sup>3</sup>/s à Podor.

### 1.3.3.2 Crues à l'état régularisé

Les crues du Bafing sont réduites par le barrage de Manantali à 70 % selon [9]. Les crues statistiques qui en résultent pour Bakel, sont indiquées au tableau 1.3.3.2.

Tableau 1.3.3.2: Crues statistiques pour Bakel après la régularisation

Crue	Centennale	Millénnale
Fréquence (%)	1	0,1
Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	8 300	9 900

### 1.4 Composition chimique de l'eau du fleuve Sénégal

Les caractéristiques physico-chimiques suivantes de l'eau du fleuve Sénégal ont pu être constatées au moyen de plusieurs échantillons d'eau analysés [11]:

Valeur pH 5 à 7,5  
Conductivité 30 à 90 microohm

Concentration en milli-équivalence/litre:

Sulfate	SO <sub>4</sub>	-
Calcium	Ca	0,20 à 0,27
Magnésium	Mg	0,25 à 0,50
Potassium	K	0,03 à 0,05
Sodium	Na	0,03 à 0,05
Gaz carbonique	CO <sub>3</sub>	0,10 à 0,80
Chlore	Cl	0,25 à 0,40

A cause de la faible teneur en calcium, du manque de sulfates et de la teneur en gaz carbonique, l'eau du fleuve Sénégal peut être classée comme peu minérale.

## 2. Travaux préparatoires

### 2.1 Installation des chantiers

#### 2.1.1 Transport du matériel aux chantiers

##### 2.1.1.1 Généralités

Actuellement dans les Etats-membres de l'OMVS, abstraction faite de quelques moyens de transports, il n'existe pas d'engins et de matériel pouvant être utilisés pour l'exécution des travaux. L'Entrepreneur doit par conséquent importer presque tout le matériel et l'expédier au lieu de sa mise en service. L'Entrepreneur peut utiliser le chemin de fer, des transitaires ou des entreprises de transports locales pour les transports par voie de terre. Il doit effectuer en grande partie lui-même les transports par voie fluviale.

##### 2.1.1.2 Ports maritimes

Le matériel et l'équipement requis pour l'exécution des travaux peuvent être importés en passant par les ports maritimes de Dakar et Nouakchott.

Dans quelle mesure le port de St-Louis est approprié comme port d'importation doit être éclairci par les soumissionnaires en commun avec la Capitainerie du port de St-Louis et les sociétés d'armateurs et d'affrêteurs avant la remise de l'offre (voir l'article 1.2.5.4). Le port de St-Louis s'offre particulièrement pour le déchargement de grandes unités lourdes sur rade et qui doivent remonter directement le fleuve.

Au cas où le soumissionnaire aurait l'intention de transporter son matériel par voie fluviale à partir de St-Louis, il devra s'assurer que ses transports peuvent passer par le chantier du barrage de Diama.

Le port de Dakar se trouve tout à fait indiqué pour l'importation du matériel et de l'équipement requis pour les travaux de dérochement entre Ambidédi et Kayes, le matériel pouvant y être chargé directement sur le chemin de fer et être transporté jusqu'à Ambidédi ou Kayes. Dans ce cas également, il y aurait la possibilité de transporter le matériel au cours de la crue par bateaux à partir de St-Louis jusqu'au lieu de la mise en service. Le soumissionnaire, avant la remise de son offre, doit vérifier dans quelle mesure la Compagnie Malienne de Navigation (CMN) et la messagerie Alézard à St-Louis, qui entreprennent actuellement les transports sur le fleuve Sénégal, peuvent mettre des bateaux à disposition pour les transports. Le cas échéant, les bateaux de transport seront mis à disposition par l'Entrepreneur.

Si l'Entrepreneur a l'intention d'importer du matériel et de l'équipement en passant par Dakar ou Nouakchott et de l'amener jusqu'au fleuve par la route, il doit observer, lors de ses dispositions, les gabarits limités, particulièrement en vue de la traversée des agglomérations et il doit éclaircir tous les détails avec les transitaires à Dakar ou Nouakchott.

Eventuellement des transports peuvent être aussi effectués par chemin de fer de Dakar à St-Louis.

### 2.1.1.3 Installations des gares à Ambidédi et Kayes

La gare d'Ambidédi est située à proximité immédiate du fleuve. A Kayes, une voie de raccordement conduit de la gare au bord du fleuve. Les deux gares disposent de plusieurs voies d'évitement et de garage.

Le soumissionnaire doit éclaircir avant la remise de son offre, dans quelle mesure les installations des gares sont suffisantes pour le déchargement et le chargement ultérieur. Si des quais de chargement et d'autres installations de transbordement sont requis en supplément, l'Entrepreneur doit les réaliser dans le cadre des installations de chantier après l'accord du Chemin de Fer du Mali (CFM). Tous les détails doivent être réglés à temps avec le CFM.

### 2.1.1.4 Installations de transbordement au bord du fleuve

Des lieux de transbordement existent actuellement à (voir plan T 6161-22-1.1):

- St-Louis
- Rosso
- Richard Toll
- Dagana
- Podor
- Matam
- Ambidédi et
- Kayes.

Au cours d'une inspection des lieux, le soumissionnaire doit vérifier dans quelle mesure ces installations répondent à ses exigences et s'il doit exécuter des travaux

T 6161-25

T 6161-25

T 6161-25

doivent être amenées dans des puisards. L'huile usée doit être rassemblée et brûlée ou être amenée dans des raffineries en vue d'un traitement ultérieur.

Chacun des chantiers doit être pourvu d'un poste de secours bien équipé. Un infirmier, employé à titre d'activité professionnelle principale, doit être constamment à la disposition pour les premiers soins. Les coûts y relatifs sont à inclure dans les prix unitaires.

L'Entrepreneur doit prendre soin de la clôture et de la surveillance de l'installation de chantier, du matériel et des véhicules. Il doit assurer que son équipement ne peut pas être endommagé. Ceci est surtout important pour les périodes d'arrêt du travail, par exemple au cours de la crue. La protection des bateaux et des engins flottants au cours de l'hivernage est essentielle, étant donné qu'ils risquent d'être détachés par des tornades qui soufflent à cette époque.

#### 2.1.5 Bureaux et logements pour le Maître de l'Ouvrage et l'Ingénieur

A proximité immédiate des bureaux de la direction des travaux de l'Entrepreneur, l'Entrepreneur doit installer des bureaux pour le Maître de l'Ouvrage et l'Ingénieur et les mettre à leur disposition pendant toute la durée des travaux. Si les bureaux de la direction des travaux de l'Entrepreneur sont déplacés le long du fleuve par suite de la progression des travaux, les bureaux du Maître de l'Ouvrage et de l'Ingénieur sont également à déplacer.

Pour le personnel du Maître de l'Ouvrage et de l'Ingénieur, l'Entrepreneur doit en outre installer des logements, une cuisine et une cantine et les mettre à leur disposition pendant toute la période des travaux.

Pour le personnel de la surveillance locale des travaux des lots 2, 3 et 4, l'Entrepreneur doit fournir au moins deux bateaux, les mettre à disposition et les entretenir. Chaque bateau devra être aménagé pour servir d'habitation et de bureau et devra être pourvu d'une cuisine et au moins d'une douche ainsi que de son propre approvisionnement en courant électrique et disposer de climatiseurs. Des détails relatifs à l'équipement des bateaux ressortent du devis descriptif. L'Entrepreneur est responsable du déplacement des bateaux conformément à la progression des travaux et au besoin de l'Ingénieur, de leurs gardiennage et sécurité.

Le soumissionnaire doit remettre avec son offre des plans, prospectus et descriptions des bureaux, logements et bateaux ainsi que de leur équipement, afin que l'Ingénieur puisse vérifier les propositions du soumissionnaire.

#### 2.1.6 Ouverture d'une carrière

Pour la fourniture des matériaux rocheux pour les ouvrages de correction, l'Entrepreneur doit ouvrir une carrière. D'après les informations disponibles, seulement le Haut-Bassin du fleuve en amont du PK 800 entre en ligne de compte. Des détails relatifs à la situation des carrières sont indiqués à l'article 5.5.2.

Une route entre le fleuve et la carrière ou les accès aux routes existantes ainsi que les installations de transbordement nécessaires au bord du fleuve doivent être réalisés

par l'Entrepreneur. Le soumissionnaire doit s'informer dans le cadre d'une inspection des lieux de l'ampleur des travaux. Des propositions relatives à la mise en exploitation des carrières sont déjà à soumettre dans l'offre.

Entre la carrière et les différents chantiers du lot 4 au bord du fleuve, une communication radiotéléphonique fonctionnant parfaitement doit être réalisée et mise à disposition.

Des logements pour deux collaborateurs permanents et un bureau sont à installer dans la carrière et à mettre à disposition pour le Maître de l'Ouvrage et l'Ingénieur; en plus la possibilité de loger deux visiteurs est à prévoir.

#### 2.1.7 Arrêt du travail pendant la crue

Pendant l'arrêt du travail dans le lit du fleuve en raison des niveaux d'eau trop élevés, les engins doivent rester sur le lieu de la dernière mise en service. Tous les véhicules, engins etc., y compris l'installation du Maître de l'Ouvrage et de l'Ingénieur, seront à mettre en sécurité et à garder par l'Entrepreneur pendant l'arrêt.

L'Entrepreneur prendra la décision de retransporter les engins au camp principal en vue d'une remise en état ou pour d'autres raisons. Les transports aller et retour ne seront pas rémunérés spécialement. Des engins et machines ne peuvent être retirés du fleuve Sénégal qu'avec l'autorisation écrite de l'Ingénieur.



### 2.1.8 Dragages d'entretien

Au cas où l'Entrepreneur est chargé du dragage d'entretien, selon le lot 3 b), à la suite des dragages, au moins une drague avec la flotte auxiliaire correspondante doit être mise à disposition. L'installation de chantier doit être maintenue dans la mesure où elle est requise pour le dragage d'entretien.

## 2.2 Travaux topographiques et bathymétriques

### 2.2.1 Données de base et repères existants

#### 2.2.1.1 Généralités

Des repères - essentiellement des bornes de nivellement - ont été abornés le long du fleuve Sénégal par différentes institutions et indiqués dans des relevés. Les relevés des bornes, qui servent comme base pour les travaux topographiques, seront mis à la disposition de l'Entrepreneur par le Maître de l'Ouvrage ou par l'Ingénieur.

Les résultats du "Projet d'établissement des levés terrestres et aérophotogrammétriques du bassin du fleuve Sénégal" sont d'une importance particulière. Ces travaux ont débutés en 1979 et seront achevés au début de l'année 1981. L'article 2.2.1.5 donne de plus amples détails.

#### 2.2.1.2 Cotes de l'IGN

Un nivellement longeant seulement en partie directement le fleuve a été déterminé par l'IGN<sup>1)</sup> entre St-Louis - Podor - Matam - Bakel - Anbidédi - Kayes. Les travaux topographiques de la MAS<sup>2)</sup>, du TP<sup>3)</sup> et du Groupement LDE<sup>4)</sup>, se rapportent à ces cotes IGN, qui sont également déterminantes pour les travaux.

#### 2.2.1.3 Repères de la MAS et du Service TP

A partir des points de l'IGN, à plusieurs endroits des repères d'altitude ont été rapprochés du fleuve et abornés en vue des travaux hydrologiques et d'autres travaux.

L'exactitude de ces bornes de nivellement s'est avérée variable. Si des altitudes doivent être déterminées pour les travaux d'aménagement à partir des repères de la MAS ou du Service TP, celles-ci doivent par conséquent toujours être rattachées pour contrôle à des bornes approuvées par l'Ingénieur.

#### 2.2.1.4 Repères du Groupement LDE

Dans le cadre des études pour l'Aménagement du Fleuve Sénégal pour la Navigation, le long des berges un cheminement a été exécuté et matérialisé par des repères en 1977. Les altitudes des points de la polygonale ont été déterminées en partie de façon trigonométrique, en partie géométrique et rattachées aux cotes IGN du fleuve.

---

1) IGN = Institut Géographique National

2) MAS = Mission de l'Aménagement du Fleuve Sénégal

3) TP = Service des Travaux Publics

4) LDE = Groupement Lackner - Dorsch - Electrowatt

Les points de la polygonale existants à l'origine sont indiqués avec leurs altitudes sur les plans T 6161-22-2.1 à -2.28.

2.2.1.5 Projet d'établissement de levés terrestres et aérophoto-  
grammétriques du bassin du Fleuve Sénégal (1979/80)

Pour la réalisation des projets contenus dans le programme de l'OMVS, particulièrement pour le développement de l'agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal, des travaux topographiques, dont les missions suivantes sont importantes pour la navigabilité, seront exécutés de 1979 à 1981:

- Un nivellement de précision le long du fleuve Sénégal, sur la rive gauche entre Kayes et Kaédi et sur la rive droite entre Kaédi et St-Louis. Des antennes traversant le fleuve sont prévues aux environs des villes. Les repères seront distants en moyenne de 5 km les uns des autres, et les bornes intermédiaires de 1 km.
- Un cheminement géodésique de précision entre Kayes et Rosso; la distance entre les points sera en moyenne de 20 km.
- Aérophotographie et cartographie contenant:
  - . photos aériennes au 1/10 000 et 1/20 000 des secteurs choisis en vue de l'établissement des cartes à l'échelle de 1/10 000
  - . cartes à l'échelle de 1/10 000 des secteurs sus-mentionnés
  - . photos aériennes au 1/50 000 du bassin entier du fleuve pour les travaux de cartographie.

## 2.2.2 Bornes de nivellement dans le secteur des seuils

### 2.2.2.1 Abornement

A chaque seuil il faut installer une borne (type A) et la rattacher à une borne fiable déterminée en accord avec l'Ingénieur.

Toutes les échelles auxiliaires, les profondeurs de dragage ainsi que tous les travaux ultérieurs de contrôle et d'entretien devront se rapporter à cette borne de nivellement.

La figure 2.2.2.1 a) montre la construction de ces bornes.

Les bornes doivent être constituées d'éléments préfabriqués en béton, placés sur une fondation en béton coulé sur place. La position de la borne doit être choisie de sorte que sa stabilité ne soit pas menacée par la crue ou par des éboulements des berges. La position des bornes de nivellement (type A) doit toujours être déterminée en accord avec l'Ingénieur, ce qui ne dégage en rien la responsabilité de l'Entrepreneur en ce qui concerne la stabilité de la borne.

S'il existe des constructions massives appropriées appartenant au secteur public, des repères peuvent y être fixés en tant que bornes de nivellement. Ces repères sont du même type que les repères sur le côté des bornes du type A et doivent être bien ancrés et cimentés.

Lors des nivellements sur des tronçons plus longs, l'Entrepreneur doit mettre en place des bornes intermédiaires (type B) conformément à la figure 2.2.2.1 b), à des intervalles de 4 km au maximum.

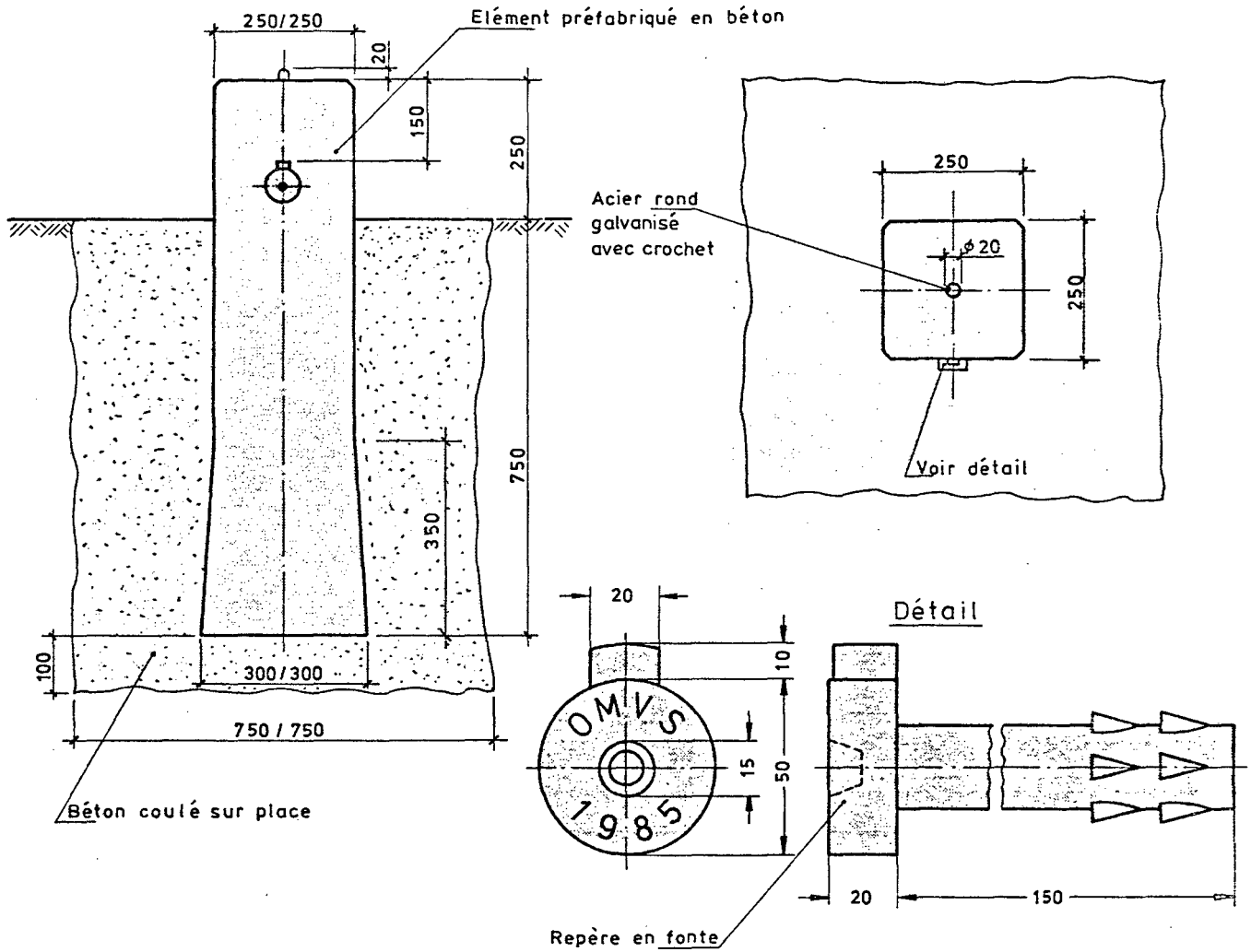


Fig. 2.2.2.1 a): Borne de nivellement, "Type A"

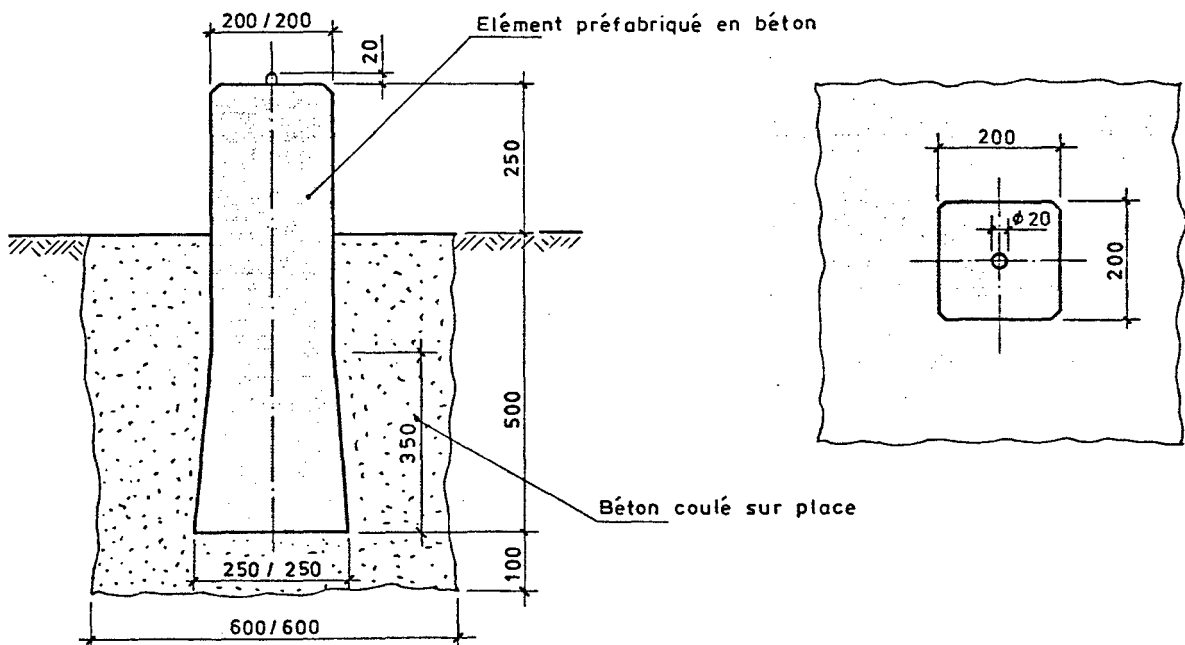


Fig. 2.2.2.1 b): Borne de nivellement, "Type B"

Le soumissionnaire peut proposer, en plus des bornes de nivellement des types A et B mises au concours, d'autres types de bornes, qui devront cependant être approuvées par l'Ingénieur.

Les coûts pour la fourniture et mise en place des bornes de nivellement du type A et des repères sont décomptés à part. Les coûts pour la fourniture et la mise en place des bornes intermédiaires du type B sont à inclure dans les prix unitaires des travaux correspondants du devis descriptif.

Toutes les bornes de nivellement doivent être indiquées dans un relevé; leur situation doit être repérée à partir des ouvrages existants, des points du terrain remarquables et durables etc..

#### 2.2.2.2 Echelles limnimétriques auxiliaires

En vue de l'exécution des travaux de dragage et de dérochement et du contrôle de la profondeur du chenal navigable, des échelles auxiliaires seront mises en place, en complément des échelles déjà existantes et de celles à installer par l'Entrepreneur (voir l'article 2.4).

Les échelles auxiliaires doivent être constituées d'un profilé en acier ou d'un pieu en bois avec une échelle graduée bien fixée qui couvre suffisamment les variations du niveau d'eau. L'échelle doit présenter une graduation colorée centimétrique qui peut être facilement relevée à partir d'une distance de 10 m. En plus les échelles d'un secteur des travaux doivent être marquées clairement et de manière à éviter toute confusion.

Les échelles auxiliaires sont à battre à proximité des berges et à une distance de 2 km au maximum l'une de l'autre. Les emplacements doivent être choisis de façon que les échelles ne soient pas endommagées par les travaux, par la circulation des bateaux ou par des haussières. A proximité immédiate de l'échelle, une borne de nivellement (type B) doit être mise en place en haut de la berge, permettant à tout moment pendant les travaux un contrôle de l'échelle ou au cas d'une démolition de l'échelle, de déterminer rapidement à nouveau sa position. Ces bornes doivent être identiques à celles indiquées à l'art. 2.2.3.

Les niveaux d'eau aux échelles doivent être lus trois fois par jour par l'Entrepreneur. Les résultats seront indiqués sur une liste de laquelle ressortira également l'état des travaux de dragage.

Les échelles auxiliaires seront installées avant les levés des profils d'un seuil et ne doivent être démontées que lorsque la profondeur prévue du chenal navigable est constatée à l'aide du cadre de sondage et confirmée par l'Ingénieur et quand les travaux de dragage aux seuils voisins en amont et en aval sont terminés.

Les coûts pour la fourniture, la mise en place, la lecture et l'enlèvement des échelles limnimétriques auxiliaires ainsi que pour la fourniture et la mise en place des bornes de nivellement sont à inclure dans les coûts du dragage. Des échelles auxiliaires à maintenir dans le fleuve sur l'ordre de l'Ingénieur, seront rémunérées à part.

### 2.2.2.3 Points d'appui sur le tronçon rocheux en amont du PK 905

Dans le secteur des seuils rocheux en amont du PK 905, le niveau d'eau ne peut plus être utilisé comme niveau de référence pour les travaux au cours de la saison sèche à cause de la pente irrégulière. Au lieu des échelles auxiliaires, l'Entrepreneur doit ancrer des bornes provisoires dans le lit du fleuve à proximité des lieux de travail et les rattacher comme les échelles auxiliaires.

Les coûts y relatifs sont à inclure dans les prix unitaires des travaux de dérochement.

### 2.2.2.4 Exécution des nivellements

Les bornes de nivellement, échelles et points auxiliaires etc. doivent être rattachés par nivellement géométrique (nivellement avec l'axe de visée horizontal) à des bornes fixes reconnues par l'Ingénieur. Les nivellements sont à exécuter en boucles (nivellement aller et retour) dont la longueur simple ne doit pas dépasser 4,0 km.

La tolérance dans la fermeture d'une boucle (en mm) ne doit pas dépasser

$$d = \pm 7 \sqrt{s}$$

où s signifie la distance à vol d'oiseau entre les points fixes en km.

En cas de portées de plus de 100 m traversant le fleuve, il faut exécuter des nivellements spéciaux. Le soumissionnaire doit indiquer dans son offre des propositions correspondantes. L'Entrepreneur doit amener l'équipement adapté.



Entre les échelles auxiliaires et les bornes de nivellement d'un seuil conformément à l'article 2.2.2.1, la tolérance de la fermeture d'une boucle ne doit pas être supérieure à

$$d = \pm 5 \sqrt{s}.$$

Les minutes relatives aux nivellements des bornes et échelles, des relevés des niveaux d'eau etc. doivent être effectuées avec une copie. Les copies de tous les relevés seront à remettre chaque jour à l'Ingénieur.

Après l'achèvement des travaux, un relevé des points avec croquis de repérage et toutes les valeurs mesurées seront remis à l'Ingénieur.

#### 2.2.2.5 Détermination de la position des bornes et échelles

L'Entrepreneur procédera à la détermination de la position des bornes et échelles importantes sur la demande de l'Ingénieur. La polygonale le long du fleuve selon l'article 2.2.1.4 ou les points effectués dans le cadre du projet d'établissement de levés terrestres et aérophotogrammétriques du bassin du fleuve Sénégal en 1979/81 (voir article 2.2.1.5) seront pris comme base pour ces travaux.

L'emplacement des bornes est à déterminer de façon polaire à partir des points connus ou, le cas échéant, par triangulation. Les coordonnées du point et sa position par rapport au kilométrage du talweg sont à calculer. Les coordonnées requises des bornes de référence et du talweg seront mises à la disposition de l'Entrepreneur en temps voulu.

Les coûts y relatifs sont rémunérés à l'Entrepreneur séparément.

### 2.2.3 Levés des profils

#### 2.2.3.1 Généralités

Le long des tronçons du fleuve, sur lesquels des travaux de dragages et de dérochement sont à exécuter, et 200 m au-delà des limites du tronçon en amont et en aval, l'Entrepreneur procédera avant le début des travaux et en présence de l'Ingénieur:

- à l'implantation, la détermination et l'abornage d'une ligne de base et
- au levé des profils (profils initiaux).

Ces travaux topographiques serviront d'une part à trouver le tracé le plus favorable dans le lit du fleuve modifié éventuellement entre-temps, et d'autre part comme base pour le calcul des masses. Après la fin des travaux, les profils réalisés seront levés et représentés graphiquement.

Les coûts de tous les travaux topographiques et bathymétriques et la réalisation des plans selon les articles 2.2.3.1 à 2.2.3.4 sont à inclure dans les postes correspondants du devis descriptif pour des travaux de dragage et de dérochement.

#### 2.2.3.2 Implantation des lignes de base

Pour le levé du profil, il faut implanter une ligne de base le long de la berge. Les points de brisure et les points intermédiaires distants de 2,0 km au maximum doivent être matérialisés par des bornes du type B, étant donné que ces points seront requis pour les travaux ultérieurs de la Direction de la Voie Navigable. La ligne de base doit être implantée de façon que la visibilité entre les points soit assurée. A cet effet, des broussailles etc. seront à enlever par l'Entrepreneur. Toutefois, des bâtiments, paillottes, de grands arbres, des cultures etc. ne doivent pas être endommagés.

#### 2.2.3.3 Levé des profils en travers

Les profils en travers doivent être levés perpendiculairement à l'axe du fleuve et en général aussi perpendiculairement à la ligne de base. Un profil sur quatre doit être entièrement levé entre les berges, plus 10 m de chaque côté du bord de celles-ci; les autres le seront sur 75 m en moyenne des deux côtés de l'axe du chenal navigable prévu. Dans le secteur rocheux en amont du PK 905, les profils doivent s'étendre en plus aux aires nécessaires pour la circulation et le travail des engins.

La distance moyenne entre les profils destinés au décompte des travaux, sera dans le secteur des seuils sableux de 50 m, dans les secteurs rocheux elle sera de 25 m. Pour pouvoir discerner les obstacles isolés, une distance inférieure peut être requise selon le cas. La figure 2.2.2.3 montre le principe du levé des profils.

Les profils doivent être levés par écho-sondages. A cet effet l'Entrepreneur doit mettre en service un appareil qui puisse mesurer avec assez d'exactitude des secteurs d'eau peu profonde. L'écho-sondeur sera contrôlé chaque jour par des sondages manuels.

Lors du levé du profil, la position du bateau bathymétrique muni de l'écho-sondeur sera déterminée à des intervalles de 10 m au maximum par intersection avec des théodolites à partir de la rive ou par mesurage de la distance jusqu'à la ligne de base. L'alignement du profil sera contrôlé par goniométrie. La méthode du levé des profils y compris une estimation de l'exactitude doivent être indiquées par le soumissionnaire dans son offre. Chaque changement de la méthode doit être soumis à l'Ingénieur à temps pour approbation.

Les secteurs des profils en travers qui ne peuvent pas être atteints par l'écho-sondeur, doivent être levés par topographie. Les points sont également à relever en distance horizontale tous les 10 m au maximum et à tous les endroits caractéristiques du terrain.

Après l'approfondissement du chenal navigable, les profils en travers pour le décompte des travaux sont à lever de nouveau aux mêmes stations qu'avant les travaux. A cet effet un profil sur quatre est à lever jusqu'aux tracés de rives environ pour le débit de référence de la phase transitoire, sans toutefois avoir une largeur inférieure aux profils intermédiaires qui sont à lever sur une largeur de 50 m de part et d'autre de l'axe du chenal navigable.

En ce qui concerne le contrôle de la profondeur du chenal navigable, il faut se référer à l'article 4.4.5.

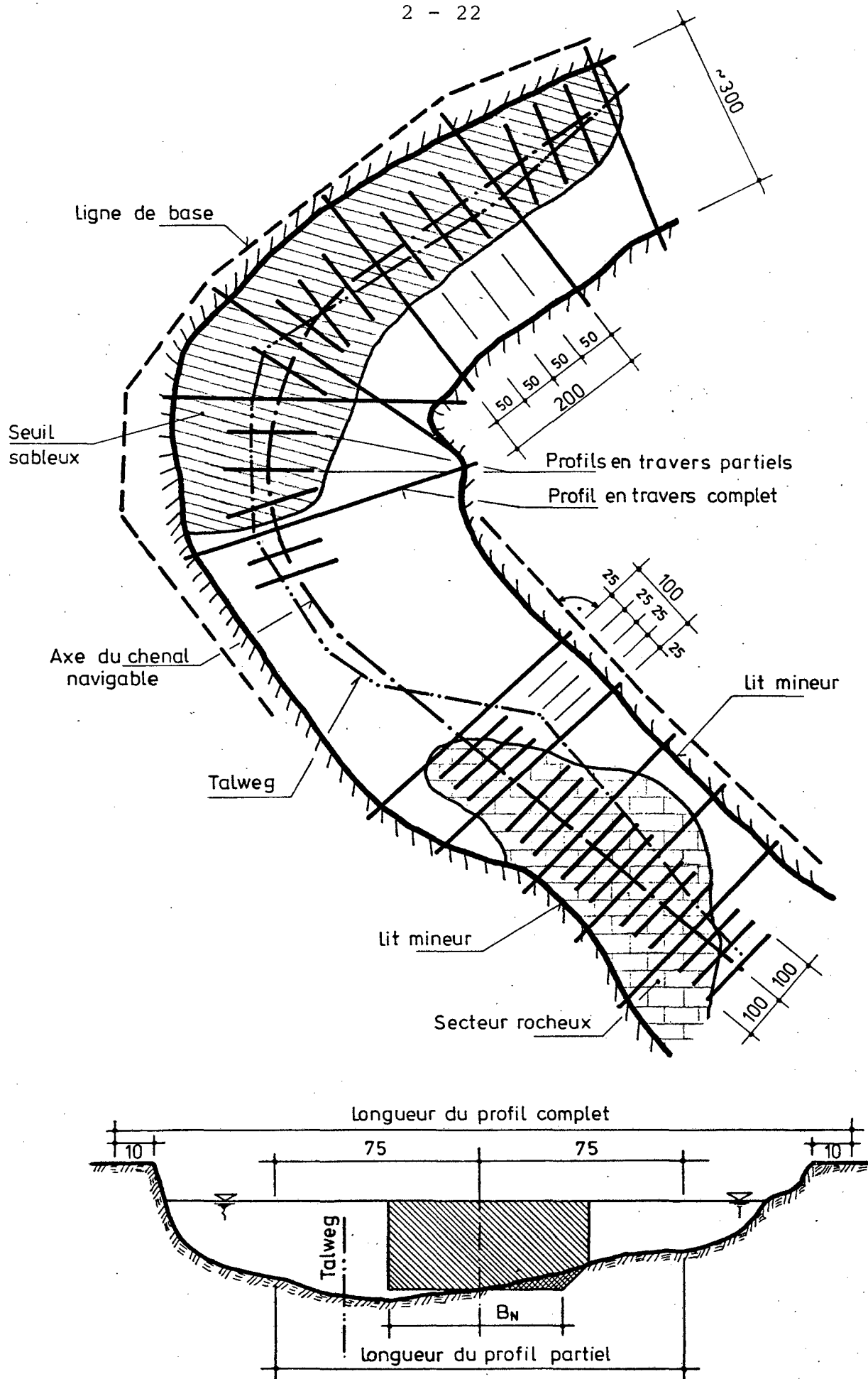


Fig. 2.2.3.3: Levés des profils en travers avant les travaux

#### 2.2.3.4 Représentation graphique

Les lignes de base et les profils en travers qui s'y rapportent sont à indiquer sur le plan à l'échelle de 1/2 000. Les profils en travers doivent être représentés à l'échelle de 1/1 000/100 ou à une échelle plus grande. Sur les plans des profils en travers, il faut dessiner le profil initial, le profil requis et, après les travaux de dragage et de dérochement, le profil réalisé.

#### 2.2.4 Détermination du tracé

Le chenal navigable à réaliser sera rattaché à la ligne de base afin qu'un contrôle ultérieur soit possible. Les calculs et esquisses de situation requis sont à réaliser par l'Entrepreneur et à remettre à l'Ingénieur pour vérification. Après l'achèvement des travaux, l'Entrepreneur doit fournir des plans au 1/2 000 des travaux réalisés pour chaque seuil, indiquant la ligne de base et tous les éléments d'implantation du chenal navigable.

Toutes les implantations, tous les travaux topographiques et bathymétriques et tous les calculs pour la détermination du chenal navigable définitif et de l'emplacement des engins seront exécutés par l'Entrepreneur. Il sera seul responsable de la conformité avec les plans du chenal navigable et la profondeur requise.

La méthode prévue pour l'implantation du chenal navigable et la détermination de l'emplacement des engins est à indiquer dans l'offre. L'Ingénieur se réserve le droit de vérifier les travaux topographiques sur le terrain et les calculs y relatifs de l'Entrepreneur sans en diminuer pour autant la responsabilité de ce dernier.

Les coûts relatifs à ces travaux sont à inclure dans ceux de dragage.

## 2.2.5 Jaugeage des débits

### 2.2.5.1 Installations des endroits de jaugeage

A des endroits du fleuve choisis par l'Ingénieur, l'Entrepreneur doit aborner les emplacements des profils en travers conformément à la figure 2.2.5.1 pour pouvoir effectuer à tout moment des jaugeages du débit. Pour un tel profil, il faut aborner, implanter et lever:

- deux points d'alignement pour le guidage et l'orientation du bateau de jaugeage (borne du type B),
- une borne (type A) en haut de la berge pour mesurer la dénivelée du niveau d'eau,
- une base d'une longueur connue et son angle par rapport à l'alignement du profil, pour déterminer la position du bateau de jaugeage avec des théodolites (borne du type B),
- le profil en travers entre les bords des berges et
- la position du point de jaugeage par rapport au tracé du fleuve.

Les coûts pour ces travaux sont rémunérés à l'Entrepreneur conformément au devis descriptif.

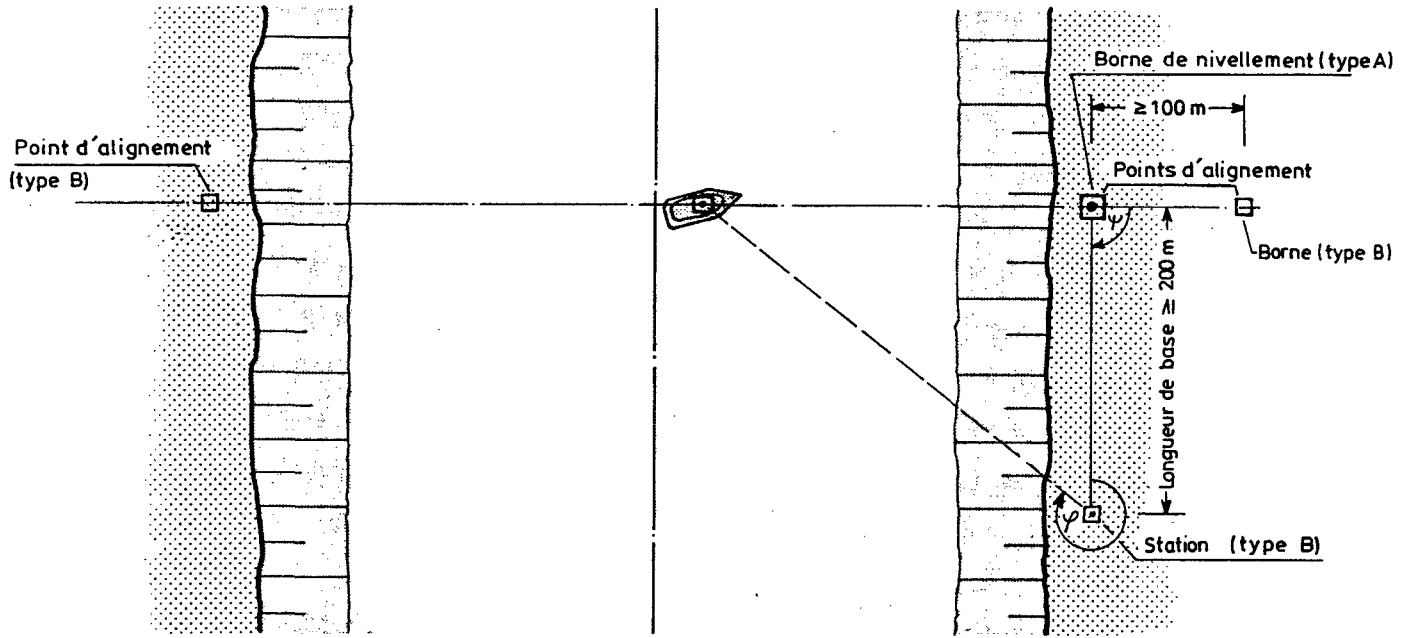


Figure 2.2.5.1: Profil en travers pour des jauges du débit

#### 2.2.5.2 Jaugeage du débit

L'Ingénieur effectuera des jaugeages du débit à différents profils de mesure et pour différents niveaux d'eau. L'Entrepreneur doit mettre à la disposition de l'Ingénieur en cas de besoin le personnel auxiliaire et les moyens de transport requis pour ces travaux. L'équipe effectuant les jaugeages doit se déplacer par voie terrestre ou fluviale également vers des profils qui ne sont pas situés dans les zones de travail de l'Entrepreneur.



## 2.3 Reconnaitssances du sol

### 2.3.1 Documents existants

Dans le cadre des études de l'aménagement du fleuve Sénégal pour la navigation, les matériaux du fond du fleuve ont été examinés au cours de l'étiage de l'année 1977.

Aux endroits reconnaissables comme seuils

- des puits de reconnaissance ont été réalisés dans les bancs de sable et les berges,
- des sondages par battage avec un pénétromètre dynamique léger ont été exécutés pour déterminer l'horizon rocheux et
- les sols meuble et rocheux ont été appréciés visuellement.

Des échantillons choisis ont été examinés dans des laboratoires de mécanique des sols.

Les résultats sont réunis dans l'étude [10], que le Soumissionnaire peut consulter auprès du Maître de l'Ouvrage à Dakar. Les données importantes pour l'exécution des travaux sont indiquées à l'article 4.3.

Les études ont montré qu'en aval du PK 905, les roches se présentent seulement de façon isolée et le plus souvent à des profondeurs qui ne sont pas touchées par le chenal navigable. En amont du PK 905 par contre, des roches apparaissent en bloc et forment des bancs dans le lit du fleuve.

### 2.3.2 Sondages

Avant le début des dragages et à tous les seuils où l'on peut escompter des roches, l'Entrepreneur doit, en pré-

sence de l'Ingénieur, exécuter des sondages jusqu'à 0,5 m au-dessous du fond du chenal navigable prévu, le plus souvent réalisés sur l'eau.

Les sondages seront d'abord exécutés sur des profils distants de 50 m en moyenne et tous les 20 m en moyenne dans le profil. Si de la roche est trouvée dans la zone du chenal navigable prévu, il faudra diminuer les distances de la trame à 25 x 10 m. Les résultats seront aussi indiqués sur les plans des profils en travers et seront déterminants pour le décompte des quantités dérochées.

Les coûts pour l'exécution de ces sondages seront rémunérés séparément. Si l'Entrepreneur souhaite des sondages à des distances plus courtes, les sondages supplémentaires seront à sa charge.

D'après les résultats des sondages, l'Ingénieur examinera dans quelle mesure la roche peut être contournée ou comment les quantités de roches à excaver peuvent être réduites par une modification du tracé du chenal navigable.

Si l'Entrepreneur rencontrait des roches lors du dragage, à des endroits où la roche n'avait pas été constatée lors des recherches préliminaires, la surface de la roche serait à relever par des sondages après l'excavation de la couche la recouvrant ou également avant son excavation. Autrement, les indications ci-dessus sont valables par analogie.

## 2.4 Construction d'échelles limnimétriques

### 2.4.1 Généralités

En vue de l'observation du fleuve et de l'appréciation des incidences des travaux d'aménagement sur les niveaux d'eau, le nombre d'échelles existantes doit être augmenté de sorte que la distance entre deux échelles n'excède pas 40 km. L'Ingénieur choisira les emplacements appropriés aux échelles au cours des travaux de construction et les communiquera à l'Entrepreneur.

Les échelles sont installées en tant qu'échelles étagées au bord du fleuve, à une distance suffisante du chenal navigable. La hauteur des différents étages est généralement de 2,0 m; elle peut être plus grande ou plus petite en cas de berges particulièrement escarpées ou aplaties. Le zéro de l'échelle doit se trouver au moins 1,0 m au-dessous du niveau d'eau de référence de la régularisation définitive.


Aussi bien lors des travaux de dérochement en amont du PK 905 que lors des dragages, l'Entrepreneur doit disposer du matériel nécessaire pour battre, installer et monter les échelles. A cet effet, il faut tenir compte du fait que ces travaux doivent être exécutés également en dehors des secteurs des travaux d'approfondissement.

### 2.4.2 Matériaux de construction

Les échelles graduées doivent être livrées en construction solide en fonte, par pièce d'une longueur d'au moins 1,0 m. La graduation doit être en relief et d'une autre

couleur que le fond. Des chiffres doivent indiquer les mètres et décimètres, subdivisés en intervalles de 2 cm au maximum.

Des échelles graduées en tôle d'acier émaillé de 2 mm d'épaisseur seront offertes en alternative. Afin d'améliorer la résistance au choc, l'espace entre l'échelle graduée et le support doit être rempli au moyen de bois tropical.

Les supports des échelles graduées sont constitués de profilés en acier de dimension minimale:  200 ou IPE 500 coupée en deux, avec une largeur de semelle de 200 mm. La résistance à la traction doit se situer entre 370 et 450 N/mm<sup>2</sup> et l'allongement à la rupture être au moins de 25 %. Avant le battage dans le sol, les supports doivent être sablés jusqu'à 0,75 m en dessous du sol et conservées par une couche de peinture primaire et une double couche de peinture de finition à base de résine d'époxy-goudron, épaisseur totale des couches au moins 150 µm. Tous les endommagements de la peinture causés lors de la mise en place des supports ou du montage des échelles graduées etc., sont à réparer convenablement avec la même composition de peinture qu'auparavant.

Pour le montage des graduations, il faut employer des vis galvanisées à chaud d'un diamètre d'au moins 12 mm. .

#### 2.4.3 Mise en place des échelles limnimétriques

Les échelles seront mises en place lors de faibles niveaux d'eau. La longueur des supports engagée dans le sol meuble doit avoir au moins une fois et demie la longueur dégagée.

Dans les secteurs rocheux, les supports doivent être scellés dans des trous forés ou brisés à l'explosif. La longueur engagée sera indiquée par l'Ingénieur selon les cas.

Lors de la fixation, les graduations doivent être ajustées de façon que les écarts par rapport au zéro de l'échelle ne soient pas plus grands que 5 mm. La détermination du zéro de l'échelle est à exécuter conformément à l'article 2.2.

## 2.5 Révision du tracé du chenal navigable

### 2.5.1 Généralités

A cause des grandes variations des débits, le fond du fleuve est soumis à des modifications qui apparaissent particulièrement dans le secteur des seuils. Sur la base des levés des profils et des plans de situation à l'échelle de 1/2 000, l'Ingénieur vérifiera avant le début des travaux de dragage, si le chenal navigable prévu correspond toujours de façon optimale aux conditions existantes ou s'il faut de corriger.

### 2.5.2 Dimensions du chenal navigable

#### 2.5.2.1 Profondeur

Le fond prévu du chenal navigable se situe au-dessous du niveau d'eau de référence:

- dans le secteur sableux à 2,20 m et
- dans le secteur rocheux à 2,35 m.

Les profondeurs indiquées comprennent toutes les marges de sécurité requises. Pour des raisons hydrauliques, elles ne doivent pas être augmentées sans autorisation expresse de l'Ingénieur.

#### 2.5.2.2 Largeur du chenal navigable

Dans les secteurs rectilignes et dans les courbes d'un rayon égal ou supérieur à 1 000 m, le chenal navigable est à aménager avec une largeur normale du fond de

$$B_{f,n} = 55,0 \text{ m.}$$

Des largeurs plus importantes requises dans des courbes plus étroites ressortent de la figure 2.5.2.2.

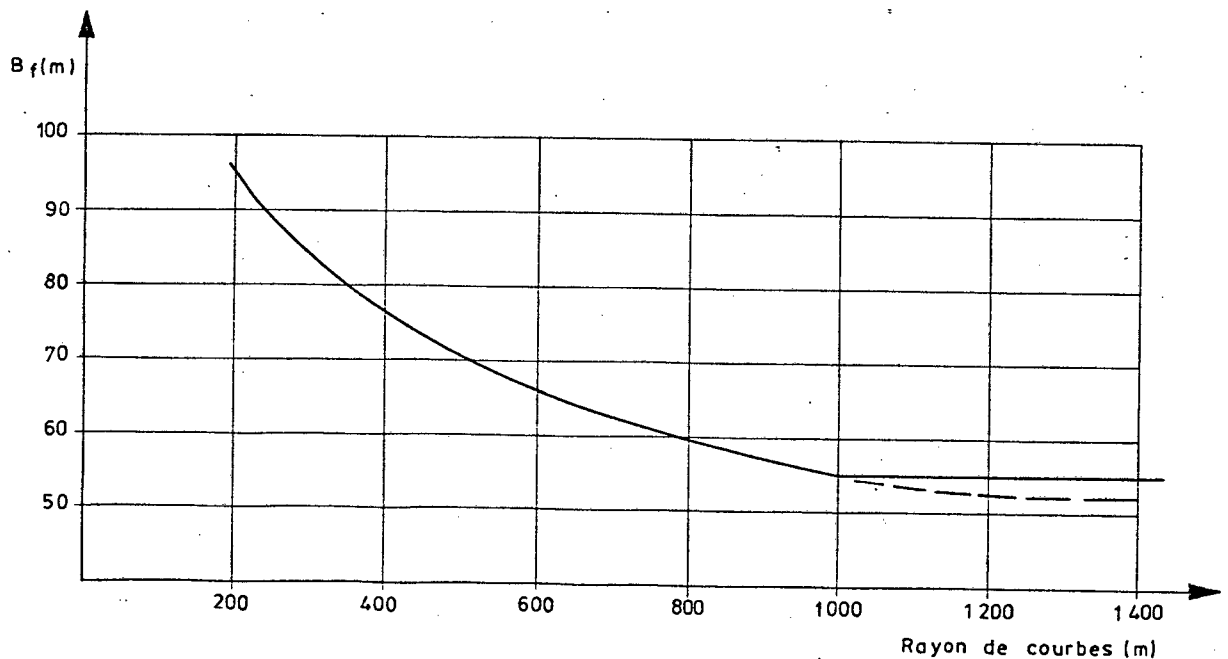


Figure 2.5.2.2: Largeur du fond du chenal navigable

Les élargissements doivent être exécutés sur le côté concave des courbes et avec une longueur de transition correspondant à dix fois l'élargissement.

### 2.5.3 Principes relatifs au tracé du chenal navigable

Dans les secteurs du fleuve dans lesquels le chenal navigable doit être modifié, les principes suivants seront appliqués:

- L'axe du chenal navigable est constitué en plan de lignes droites et d'arcs de cercle sans utilisation de courbes de raccordement. La ligne doit être adaptée essentiellement au talweg naturel pour perturber le moins possible l'équilibre du fleuve. Les exigences nautiques doivent cependant être prises en considération.
- En cas de courbes et contre-courbes successives, un alignement droit d'une longueur d'au moins 200 m doit être réalisé entre elles.
- Les travaux d'aménagement requis sont limités au nécessaire.
- Autant que possible, les berges du lit mineur ne doivent pas être entamées.
- Une largeur suffisante sera laissée entre la rive du lit mineur et le bord du chenal navigable afin que plus tard également une protection de la berge puisse être réalisée sans rétrécissement du chenal navigable.

2.5.4 Représentation graphique du chenal navigable

Le nouveau chenal navigable est porté par l'Ingénieur sur les plans de situation à l'échelle de 1/2 000. L'Entrepreneur doit en tenir compte lors de l'élaboration des plans de situation définitifs et des profils en travers selon l'article 2.2.3.4.



3. Travaux de dérochement et excavation du sol entre les  
PK 905 et PK 948

3.1 Avant-propos

Les exposés de l'article 4 sont aussi valables pour les travaux en amont du PK 905, s'il n'y a pas d'indications expressément contraires dans le présent article 3.

Le fond du fleuve entre les PK 905 et PK 948 est rocheux sur une grande étendue. La roche se présente dans le lit du fleuve en partie nue et en partie recouverte par des couches de sable ou d'éboulis d'une épaisseur variable.

La roche est un conglomérat argileux-calcaire en stratification horizontale, traversée en partie par des bandes de dolomite. La surface est fortement altérée par les intempéries et fissurée ou creusée. A partir d'une profondeur d'environ 1,0 m, il est probable que les couches sont compactes. Des détails supplémentaires ressortent de l'étude [10].

Le tableau 3.1 indique tous les secteurs en amont du PK 905 considérés comme seuils pour une profondeur d'eau de référence de 1,9 m et les débits de la phase transitoire. Les indications concernant l'étendue des seuils et les quantités de sol meuble et de roche sont basées sur les travaux réalisés en 1977. Ces valeurs ne sont qu'indicatives, étant donné que des modifications des couches de recouvrement jusqu'au commencement des travaux et par conséquent des déplacements des limites des seuils et des modifications de la quantité à excaver ne sont pas à exclure.

Tab. 3.1: Seuils en amont du PK 905

N°	Seuil	Début	Fin	Longueur	Dérochement			Dragage de sol meuble	Surface du fond	Epaisseur moyenne <sup>1)</sup>
					$t \leq 0,75 \text{ m}$	$t > 0,75 \text{ m}$	total			
		PK	PK	km	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m
1	Ambidédi	905,3	912,0	6,7	112 000	68 000	180 000	-	348 000	0,50
2	Moussala	912,0	915,0	3,0	31 000	92 000	123 000	22 000	105 000	1,40
3	Ganyi	915,0	918,5	3,5	67 000	-	67 000	16 000	137 000	0,60
4	Tamboukané	920,3	922,8	2,5	12 000	137 000	149 000	-	125 000	1,20
5	Dakandapé	923,0	928,4	5,4	24 000	369 000	393 000	-	286 000	1,35
6	Samé	930,0	933,4	3,4	13 000	-	13 000	-	89 000	0,15
7	Ortogorel	938,2	946,6	8,4	164 000	11 000	175 000	21 000	379 000	0,50
Total		-	-	-	423 000	677 000	1 100 000	59 000	1 469 000	-

1) Exactitude  $\pm 0,05 \text{ m}$

### 3.2 Calendrier du déroulement des travaux

Les travaux de dérochement doivent être exécutés avant la mise en exploitation du barrage de Manantali, au cours de la période où le débit est faible, de façon que les travaux puissent être réalisés essentiellement à sec.

L'Entrepreneur doit cependant s'attendre qu'il y ait de faibles profondeurs d'eau dans les secteurs des travaux. Les travaux commenceront par conséquent utilement au premier seuil situé en aval (PK 905) afin de créer une voie d'écoulement.

Les travaux dans le fleuve doivent être interrompus au cours de la crue et pendant la période de décrue, jusqu'à ce que le niveau d'eau soit de nouveau suffisamment faible. Les frais d'immobilisation de l'installation de chantier et de son entretien pendant la période d'arrêt sont à indiquer dans l'offre. Ces coûts ne seront cependant payés que lorsque le niveau d'eau à l'échelle limnimétrique de Kayes atteint ou dépasse +21,50 m IGN et qu'en conséquence les travaux dans le lit du fleuve doivent être arrêtés.

Le soumissionnaire peut également prévoir de réaliser les travaux lors des niveaux d'eau plus importants afin de réduire les périodes d'arrêt. Dans ce cas le soumissionnaire doit joindre à son offre une note explicative, une liste du matériel et des devis descriptif et estimatif subdivisés conformément à ceux de l'offre principale.

### 3.3 Travaux préparatoires

Avant le début des travaux de dragage et de dérochement, tous les travaux topographiques et bathymétriques requis sont à réaliser, les profils en travers doivent être levés et la surface de la roche doit être déterminée au cas où celle-ci est recouverte. En ce qui concerne l'exécution et le décompte de ces travaux, il faut se conformer aux articles 2.2 et 2.3.

Etant donné que les matériaux excavés seront mis en place ou en dépôt partiellement en dehors du lit mineur, il faut réaliser des rampes d'accès pas trop éloignées les unes des autres dans le secteur des berges.

Dans les zones où sont réalisés principalement des travaux de dérochement, le chenal navigable a été tracé à proximité d'une rive de façon à réduire autant que possible les travaux de nivelage des aires de travail et de circulation.

### 3.4 Excavation, transport et mise en place des sols meubles

#### 3.4.1 Excavation

Les sols meubles recouvrant la roche dans le secteur du chenal navigable doivent être déplacés ou excavés avec des engins de terrassement pouvant opérer à sec ou avec des profondeurs d'eau assez faibles. L'Entrepreneur aura le choix du procédé. Les talus sur les côtés sont à draguer de façon qu'une inclinaison de 1:5 puisse se produire.

#### 3.4.2 Profondeur à aménager et tolérances

Au cas où l'horizon rocheux se situe en dessous du fond à aménager conformément au plan, les indications données à l'article 4.4.1 sont valables pour la profondeur à draguer et pour les tolérances admissibles.

La roche existante jusqu'à 2,35 m en dessous du niveau d'eau de référence devra être supprimée par principe, bien que la profondeur serait atteinte pour un sol meuble. Des modifications y relatives ne sont seulement admises qu'avec l'autorisation écrite de l'Ingénieur.

#### 3.4.3 Transport et mise en place

Le sol meuble doit être mis en place en partie dans le lit mineur et en partie en dehors du lit mineur. La mise en place sans recouvrement dans le lit mineur n'est seulement admise que lorsque les matériaux sont suffisamment gros afin qu'ils ne soient pas déplacés lors de la crue. Du matériau plus fin peut être utilisé pour remblayer les crevasses et fissures ainsi que pour niveler les aires de travail et de circulation, s'il est recouvert par des matériaux suffisamment gros (roche) pour qu'il ne puisse pas être enlevé lors de la crue.

L'Entrepreneur doit soumettre à l'Ingénieur pour approbation des indications relatives aux endroits et méthodes de mise en place des matériaux.

S'il n'est pas suffisamment sûr que les matériaux mis en place dans le lit mineur ne seront pas redéplacés lors de la crue, l'Ingénieur demandera la mise en dépôt en dehors

du lit mineur. Les dépôts seront alors à aplanir et à pourvoir de talus à faibles pentes (environ 1:3). Des emplacements appropriés à la mise en dépôt seront indiqués par l'Ingénieur.

### 3.5 Travaux de dérochement

#### 3.5.1 Déroctage par moyens mécaniques

En considération des indications contenues dans l'étude "Etudes des sols" [10], la couche supérieure de la roche peut être déroctée mécaniquement par rippage ou au marteau dérocteur.

Le soumissionnaire doit examiner lors d'une inspection des lieux au cours de la saison sèche, quelles méthodes de déroctage et quels matériels sont appropriés au déroctage mécanique. La méthode choisie doit être indiquée dans l'offre. L'Entrepreneur doit en outre prendre toutes les dispositions pour qu'en cas de besoin, une autre méthode de déroctage puisse être appliquée si la progression demandée des travaux n'était pas obtenue. L'Entrepreneur est seul responsable du choix convenable de la méthode. Il ne peut pas, par conséquent, présenter de revendications par suite d'un changement du procédé devenu nécessaire.

#### 3.5.2 Déroctage par explosifs

En cas de couches plus épaisses à dérocher, la roche compacte devra être désagrégée. Le procédé approprié pourra être l'explosif. Cependant l'Entrepreneur a le choix de

travailler au marteau dérocteur si la progression souhaitée des travaux reste garantie, mais dans tous les cas il doit mettre à disposition un équipement pour le forage et la destruction par explosifs.

Au cas où une destruction par explosifs est prévue, l'Entrepreneur doit soumettre à l'Ingénieur les programmes avec les indications suivantes:

- date et heure de l'explosion,
- nombre, emplacement, diamètre, profondeur et direction des trous de mine, représentés sur un plan à l'échelle,
- schéma des retardateurs relatifs aux coups, avec qualité et type des retardateurs et des produits de mise à feu,
- qualité et type des explosifs, grandeurs des cartouches et poids de la charge pour chaque trou de mine, distribution de la charge,
- nature et matériaux de bourrage,
- mesures préventives pour des installations existantes,
- mesures en vue de l'information, l'instruction et de la protection des riverains et des voies de communication.

Les règles en matière de sécurité des Etats riverains concernés sont à suivre lors du transport, du dépôt et de l'utilisation des explosifs. L'observation de toutes les réglementations relatives à la manipulation des explosifs doit être garantie par l'Entrepreneur. En outre, l'Entrepreneur est entièrement responsable de tous les dégâts qui résulteraient de l'utilisation des explosifs.

La roche ne doit pas être déroctée sur une grande surface plus en profondeur que nécessaire. Les distances entre les trous de mine, leurs profondeurs et leurs charges sont à choisir de façon que les bords supérieurs des cratères d'éclatement restants soient situés au-dessous du profil prévu.

Les fils détonateurs sont à enlever du fleuve après la destruction par explosifs.

### 3.5.3 Talus dans le secteur rocheux

Les talus latéraux du chenal navigable sont à réaliser avec une inclinaison de 1:1 si la roche est compacte. En cas de pierres susceptibles de tomber dans le chenal navigable, les talus auront une inclinaison de 1:3.

### 3.5.4 Profondeur à aménager et tolérances

Dans le secteur des fonds rocheux, la profondeur prévue du chenal navigable est de 2,35 m au-dessous du niveau d'eau de référence.

En amont du PK 905, le fond peut être dérocté à grande surface de 0,15 m au maximum en plus de la profondeur requise et de 0,30 m au maximum en des points particuliers. Si ces tolérances sont dépassées, l'Ingénieur peut demander le remplissage des surprofondeurs par de gros matériaux sans que l'Entrepreneur puisse présenter des revendications. La tolérance latérale admissible du chenal navigable est de 1,0 m.



### 3.5.5 Transport et mise en place

#### 3.5.5.1 Réalisation des aires de travail et de circulation

Avec les matériaux rocheux excavés, l'Entrepreneur doit réaliser des aires de circulation et de travail dans le lit du fleuve et fixer les rampes d'accès aux rives. Les travaux sont à exécuter de façon que la stabilité des berges et rampes ne soit pas mise en danger pendant la crue. L'Entrepreneur devra demander l'autorisation de l'Ingénieur pour exécuter des travaux surélevant le fond naturel du fleuve sur une grande surface. Des rampes etc. qui rétrécissent le profil du lit du fleuve doivent être supprimées par l'Entrepreneur avant chaque crue.

#### 3.5.5.2 Installation de dépôts à terre

Des matériaux rocheux appropriés à la construction d'épis, de digues etc. et qui ne sont pas requis pour le recouvrement de sol meuble conformément à l'article 3.4.3 et pour la réalisation des aires de travail et de circulation conformément à l'article 3.5.5.1, sont à déposer en dehors du lit mineur en vue de leur réutilisation.

Les dépôts seront établis en forme de pyramides d'une hauteur minimale de 2 m et situés par rapport au fleuve de façon à faciliter le triage, la reprise et le chargement sur les bateaux.

3.6 Contrôle du profil du chenal navigable

En ce qui concerne le contrôle du profil du chenal navigable, les indications données à l'article 4.4.5 sont valables par analogie. Le soumissionnaire doit indiquer dans son offre un procédé approprié permettant le contrôle de la surface du fond sans utiliser le plan d'eau en tant que niveau de référence.

3.7 Suppression des autres obstacles

A ce sujet les indications de l'article 4.7 sont valables.

3.8 Mise en service du matériel

Le premier paragraphe en entier de l'article 4.8 est également valable dans ce cas.

Le soumissionnaire doit prévoir du matériel pour le déroctage, pour l'enlèvement et le transport de la roche et du sol meuble avec une capacité telle qu'un rendement moyen mensuel de 75 000 m<sup>3</sup> puisse être atteint. Les pertes de temps dues aux déplacements du matériel, pannes etc. doivent être prises en considération.

Une liste détaillée du matériel prévu avec indications des profondeurs d'eau maximales admissibles pour leur service est à joindre à l'offre par le soumissionnaire (voir annexe 1/1).

### 3.9 Métre et décompte

#### 3.9.1 Excavation

En ce qui concerne les masses excavées, il faut se conformer à l'article 4.9.1, paragraphes 1 et 2. Le devis descriptif indique les particularités lors de la détermination des épaisseurs rocheuses à excaver.

Un sol excavé sera considéré comme sol meuble dragué si, conformément aux profils de sondage, la couche a au moins 0,50 m d'épaisseur et une superficie d'un seul tenant minimum de 1 000 m<sup>2</sup>. En cas de recouvrements moins importants, le dragage du sol meuble sera imputé à l'excavation de roche.

Si l'horizon rocheux n'est pas attaqué par l'aménagement du chenal navigable, l'excavation totale, même si les quantités sont inférieures à celles indiquées ci-dessus, est décomptée en tant que sol meuble dragué.

Une séparation entre les matériaux à mettre en dépôt et ceux utilisés pour la réalisation des aires de travail et de circulation sera faite sur la base des profils. L'Entrepreneur doit par conséquent déterminer les endroits de prélèvement et l'utilisation des matériaux y excavés, et les indiquer par écrit à l'Ingénieur avant le début des travaux sur les différents tronçons. Des modifications y relatives doivent être présentées à temps à l'Ingénieur pour approbation.

Si exceptionnellement une séparation d'après le métre des profils n'était pas possible, les dépôts seraient séparés des autres et metrés. Pour ce métre un facteur de foisonne-

ment de 0,7 est pris en considération, c'est-à-dire que seulement 70 % des quantités métrées sont décomptés.

### 3.9.2 Transport

Le décompte du transport sera effectué sur la base des masses déterminées selon l'article 3.9.1. La distance entre le milieu de deux profils en travers voisins et le milieu de l'endroit correspondant de mise en place ou de dépôt est considéré comme distance du transport. Les trajets sont toujours mesurés parallèlement et perpendiculairement à l'axe du chenal navigable.

#### 4. Travaux de dragage en aval du PK 905

##### 4.1 Champ d'application

Les indications ci-après concernent les travaux de dragage et l'excavation de la roche isolée entre les PK 0 et PK 905.

Le tableau 4.1 contient une liste des seuils en aval du PK 905 où la profondeur d'eau requise de 1,9 m par rapport au débits de la phase transitoire n'est pas disponible. Les indications concernant les limites des seuils et les volumes de sol meuble et de roche à excaver sont basées sur les études réalisées en 1977; en raison des modifications du fond du fleuve à attendre jusqu'au début des travaux, elles ne sont qu'indicatives (voir aussi l'article 2.5).

##### 4.2 Calendrier du déroulement des dragages en aval du PK 905

###### 4.2.1 Déroulement des dragages

Les dragages en aval du PK 905 débutent dès que le barrage de Manantali fournit les débits régularisés de telle façon qu'à Bakel le débit de référence de la phase transitoire PT 1 soit disponible. En conséquence, dans le secteur dragué du chenal navigable, une profondeur d'eau d'environ 1,90 m sera mise à disposition pour le débit de référence.

Les dragages comprennent la suppression de tous les seuils en aval du PK 905. L'Ingénieur a cependant le droit de demander à l'Entrepreneur, si nécessaire, également des dragages en amont du PK 905.

Tableau 4.1: Seuils en aval du PK 905

N°	Seuil	Début	Fin	Longueur	Volume d'exca- vation		Surface du fond	Épais- seur moyenne 1)	Site de refou- lement	Distance moyenne de transport	Observations
					Sol meuble	Roche					
		PK	PK		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m	PK	km	
1	Boghé	378,4	381,5	3,1	23 000	-	33 000	0,70	378,0	2,0	
2	Démèt	382,0	384,5	2,5	65 000	-	75 000	0,85	378,0	5,3	max. B = 85 m
3	Boki	391,0	392,0	1,0	7 000	-	14 000	0,50	378,0	13,5	max. B = 90 m
4	Woki	408,0	408,8	0,8	7 000	-	23 000	0,30	426,9	18,5	
5	Siouré	412,7	416,2	3,5	2 000	-	4 000	0,50	426,9	12,5	max. B = 90 m
6	Toundé Killa	420,8	421,6	0,8	3 000	-	4 000	0,75	426,9	5,7	
7	Kaskas	426,3	429,1	2,8	28 000	-	64 000	0,45	426,9	0,8	
8	Doungel	433,0	434,2	1,2	8 000	-	16 000	0,50	426,9	6,7	
9	Dioudé Diabé	436,0	445,0	9,0	144 000	15 000	242 000	0,65	438,1	2,4	
10	Bito	447,8	448,8	1,0	8 000	-	15 000	0,55	438,1	10,2	
11	Thioubalel	450,0 454,8	451,5 456,0	2,7	46 000	-	63 000	0,75	450,5	2,6	max. B = 80 m
12	Abdallah	458,5	463,0	4,5	26 000	-	72 000	0,35	450,5	10,3	max. B = 90 m
13	Diâranguel	466,0	470,5	4,5	46 000	-	81 000	0,55	450,5	17,8	max. B = 95 m Entame de la berge
14	Taitaba	472,0	476,0	4,0	95 000	-	124 000	0,75	471,3	2,7	
15	Saldé	480,8	483,0	2,2	23 000	-	41 000	0,55	471,3	10,6	
16	Vending	485,6 487,8	486,3 490,3	3,2	39 000	-	53 000	0,75	471,3	16,2	max. B = 75 m
17	M'Bagne	495,8	496,6	0,8	4 000	-	12 000	0,35	501,8	5,6	
18	Dâwalel	502,5	504,5	2,0	32 000	2 000	61 000	0,55	501,8	1,7	
	Report	-	-	49,6	606 000	17 000	997 000	-	-	-	-

(R)... Eventuellement rocheux

1) Exactitude ± 0,05 m

Tableau 4.1: Seuils en aval du PK 905 (suite)

N°	Seuil	Début	Fin	Long- gueur	Volume d'exca- vation		Surface du fond	Epais- seur moyenne 1)	Site de refou- lement	Distance moyenne de transport	Observations
					Sol meuble	Roche					
		PK	PK	km	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m	PK	km	
	Report	-	-	49,6	606 000	17 000	997 000	-	-	-	-
19	Daébe	528,6	529,6	1,0	8 000	-	31 000	0,25	531,2	2,1	
20	Kerr	533,0	533,6	0,6	9 000	2 000	24 000	0,45	531,2	2,1	Graveleux en partie
21	Kaédi	536,0	541,0	5,0	39 000	-	150 000	0,25	531,2	7,3	
22	Orenata	544,0	548,5	4,5	23 000	-	86 000	0,25	531,2	15,1	
23	Gâwol	555,5	559,8	4,3	43 000	-	115 000	0,35	553,8	3,9	
24	Guiraye	562,5	565,0	2,5	26 000	-	91 000	0,30	553,8	10,0	
25	Djowol	571,0	572,4	1,4	2 000	-	8 000	0,25	568,9	2,8	(R)
26	Dôndou	577,4	578,2	0,8	4 000	-	23 000	0,15	568,9	8,9	
27	N'Guidjilone	584,0	586,5	2,5	44 000	-	94 000	0,45	568,9	16,4	
28	Oudourou	603,5	605,0	1,5	12 000	-	40 000	0,30	609,0	4,8	
29	Koundél	613,8	617,5	3,7	15 000	-	65 000	0,25	609,0	6,7	
30	Matam	635,7	636,2	0,5	2 000	-	10 000	0,20	651,5	15,6	
31	Diandjoli	644,8	646,0	1,2	1 000	-	22 000	0	651,5	6,1	
32	El Hadj Oumar	651,5	655,0	3,5	31 000	-	142 000	0,20	651,5	1,8	
33	Thiênping	655,5	658,0	2,5	52 000	-	109 000	0,50	651,5	5,3	
34	Odobéré	665,0	666,6	1,6	55 000	-	74 000	0,75	651,5	14,3	
35	N'Gano	674,4 676,4	675,2 677,6	2,0	45 000	-	88 000	0,50	676,1	1,1	
	Report	-	-	88,7	1 017 000	19 000	2 169 000	-	-	-	-

Tableau 4.1: Seuils en aval du PK 905 (suite)

N°	Seuil	Début	Fin	Longueur	Volume d'exca- vation		Surface du fond	Epais- seur moyenne 1)	Site de refou- lement	Distance moyenne de transport	Observations
					Sol meuble	Roche					
		PK	PK	km	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m	PK	km	
	Report	-	-	88,7	1017 000	19 000	2 169 000	-	-	-	-
36	Barmatia	681,7	682,0	0,3	6 000	-	9 000	0,65	676,1	5,8	
37	Gouriki	700,1 704,0	701,3 705,0	2,2	31 000	-	94 000	0,35	697,0	5,6	
38	Goumal	718,8	720,2	1,4	22 000	-	57 000	0,40	697,0	22,5	
39	Waoundé	728,0	731,8	3,8	30 000	-	65 000	0,45	727,2	2,7	
40	Guelle	735,4	741,5	6,1	40 000	-	113 000	0,35	727,2	11,3	(R)
41	Gourel Dara	746,6	747,6	1,0	34 000	-	32 000	1,05	727,2	19,9	
42	Adabéré	760,0	763,0	3,0	21 000	-	139 000	0,15	759,3	2,2	
43	Yerma	765,7	767,3	1,6	25 000	-	70 000	0,35	759,3	7,2	
44	Moudéri	779,0 785,5	779,6 790,2	5,3	70 000	-	253 000	0,30	783,6	4,3	
45	Diawara	792,6	799,0	6,4	76 000	47 000	231 000	0,55	783,6	12,2	Barrière rocheuse max. B = 85 m
46	Guilde	801,3	808,0	6,7	95 000	-	186 000	0,50	795,7	9,0	(R)
47	Tuabo	809,9	813,2	3,3	39 000	-	115 000	0,35	810,8	0,8	
48	Bakel	814,4	815,4	1,0	21 000	-	34 000	0,60	810,8	4,1	
49	Sassimakana	819,5	823,0	3,5	87 000	-	152 000	0,55	810,8	10,5	
	Report	-	-	134,3	1614 000	66 000	3 719 000	-	-	-	-



Tableau 4.1: Seuils en aval du PK 905 (suite et fin)

N°	Seuil	Début	Fin	Longueur	Volume d'exca- vation		Surface de fond	Epais- seur moyenne 1)	Site de refou- lement	Distance moyenne de transport	Observations
					Sol meuble	Roche					
		PK	PK	km	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m	PK	km	
	Report	-	-	134,3	1614 000	66 000	3 719 000	-	-	-	-
50	Koungani	825,5	828,8	3,3	145 000	1 000	172 000	0,85	825,5	1,7	
51	Golmi	830,3	836,0	5,7	58 000	2 000	122 000	0,50	825,5	7,7	
52	Yaféra	839,4	841,2	1,8	27 000	-	82 000	0,35	839,2	1,1	(R)
53	Goutioubé	845,8	850,8	5,0	181 000	3 000	238 000	0,75	839,2	9,1	Embouchure de la Falémé
54	Ségala	857,0	859,0	2,0	15 000	-	50 000	0,30	839,2	18,8	(R)
55	Khabou	860,4	870,2	9,8	316 000	15 000	438 000	0,75	862,4	2,9	Fond en partie rocheux
56	Digokori	876,0	881,0	5,0	82 000	5 000	188 000	0,45	875,3	3,2	
57	Goussela	882,3	890,6	8,3	110 000	-	279 000	0,40	883,3	3,2	
58	Somone	891,8	900,0	8,2	92 000	-	210 000	0,45	883,3	12,6	(R)
	Somme totale	-	-	183,4	2 640 000	92 000	5 498 000	-	-	-	-

L'Entrepreneur restera libre d'exécuter des dragages d'essai avant le début des dragages proprement dits et avant la régularisation des débits par le barrage de Manantali, afin de se familiariser avec les conditions locales et d'acquérir les expériences en ce qui concerne la logistique, la mise en service la plus appropriée du matériel etc. pour les dragages proprement dits. Ces dragages d'essai doivent être exécutés sur un tronçon en aval du fleuve où les profondeurs d'eau sont disponibles assez longtemps.

L'Entrepreneur ne pourra pas revendiquer de coûts supplémentaires si, en raison des dragages d'essai, d'autres engins ou d'autres méthodes que prévus à l'origine doivent être mis en service pour les dragages proprement dits.

Dans le cas où le soumissionnaire prévoit des dragages d'essai, il doit indiquer et déclarer déjà dans son offre les délais, les secteurs de dragage et le matériel prévu.

#### 4.2.2 Dragages d'entretien (prestation éventuelle)

##### 4.2.2.1 Généralités

L'entretien du chenal navigable après les dragages devra être à la charge de la Direction de la Voie Navigable. Etant donné qu'il n'est pas encore prévisible si la Direction de la Voie Navigable sera alors en mesure du point de vue de l'équipement et du personnel de se charger de ces tâches, les lots suivants sont à soumettre:

- Lot 3 a) : Mise à disposition du personnel-cadre par l'Entrepreneur

L'Entrepreneur met à disposition pendant une année du personnel-cadre pour l'instruction du personnel de la Direction de la Voie Navigable en utilisant le matériel de cette dernière.

- Lot 3 b) : Mise à disposition du matériel et de l'équipage par l'Entrepreneur

Les dragages d'entretien seront réalisés pendant un an avec le matériel et l'équipage de l'Entrepreneur, le carburant étant livré par celui-ci. La quantité à draguer est estimée à 300 000 m<sup>3</sup> environ.

Le Maître de l'Ouvrage décide en temps voulu de l'adjudication de ces lots.

4.2.2.2 Mise à disposition du personnel de l'Entrepreneur pour les dragages d'entretien (lot 3 a))

La composition des cadres qui seront nécessaires à l'assistance de la Direction de la Voie Navigable est donnée dans le devis descriptif. L'Entrepreneur doit mettre à disposition du personnel qui a déjà acquis une expérience suffisante lors des dragages.

Les taux mensuels doivent comprendre tous les coûts de personnels et coûts accessoires pour les heures supplémentaires et heures de nuit, les frais de séparation et les frais généraux. Les billets d'avion seront remboursés sur justification, c'est-à-dire pour chaque personne demandée et

employée, un voyage entre le siège central de l'Entrepreneur et Dakar, Nouakchott ou Bamako. Le transport entre ces villes et le lieu de travail au bord du fleuve sera pris en charge par la Direction de la Voie Navigable qui assurera les logements.

#### 4.2.2.3 Entretien du chenal navigable par l'Entrepreneur (lot 3 b))

Les endroits où seront réalisés des dragages d'entretien seront indiqués à l'Entrepreneur par la Direction de la Voie Navigable. Tous les travaux de mesurage nécessaires seront réalisés par l'Entrepreneur conformément à l'article 2.2. Après les dragages les nouveaux profils seront levés. Les coûts pour ces travaux doivent être compris dans les coûts de dragage.

##### Dragages de sol meuble

Toutes les conditions décrites à l'article 4.4 seront variables pour la réalisation des dragages d'entretien dans un sol sableux.

##### Dérochement

D'après les prévisions actuelles, de la roche ne sera pas à supprimer au cours des dragages d'entretien.

Les dragages d'entretien d'après le lot 3 b) seront rémunérés d'après le temps passé. La quantité draguée sera payée en supplément.

### 4.3 Nature des sols existants

#### 4.3.1 Généralités

Les résultats des reconnaissances du sol dans le secteur des seuils les plus importants sont réunis dans l'étude [10] (voir à ce sujet également l'article 2.3). Le soumissionnaire doit s'informer par une inspection des lieux - pour des raisons pratiques au cours de la saison sèche - de la nature des sols existants pour pouvoir apprécier correctement la capacité et le rendement des dragues pour ses calculs.

Les types du sol et espèces de roche les plus importants à escompter en aval du PK 905, sont réunis dans les articles suivants.

#### 4.3.2 Berges et fond du fleuve à l'exception des sédimentations

Le sol des berges est constitué essentiellement par du silt et de l'argile avec des adjonctions de sable fin et moyen relativement faibles. La figure 4.3.2 a) montre les secteurs des courbes granulométriques. La classification des sols cohérents est représentée dans le diagramme de plasticité selon Casagrande (voir figure 4.3.2 b)), d'après lequel le sol des berges n'est le plus souvent pas plastique ou peu plastique.

Les valeurs caractéristiques les plus importantes du sol sont les suivantes:

- Poids spécifique à l'état humide =  $19,5 \text{ kN/m}^3$
- Poids spécifique des constituants solides =  $2,7 \text{ g/cm}^3$
- Angle de frottement intérieur =  $33^\circ$
- Cohésion =  $0,01 \text{ MN/m}^2$ .

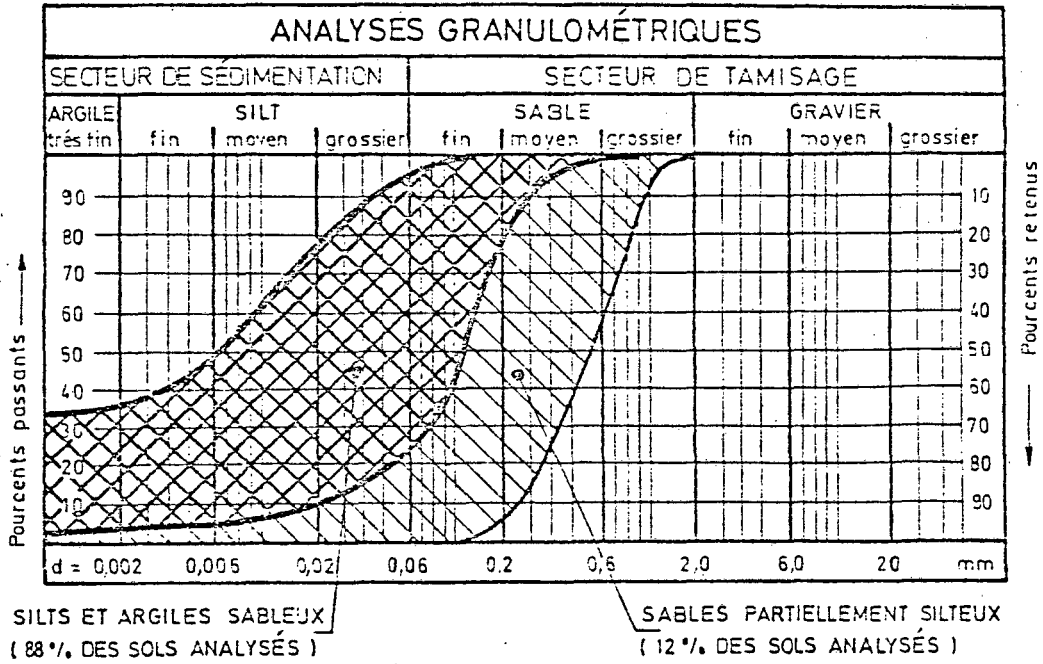


Fig. 4.3.2 a) : Répartition granulométrique du sol des berges

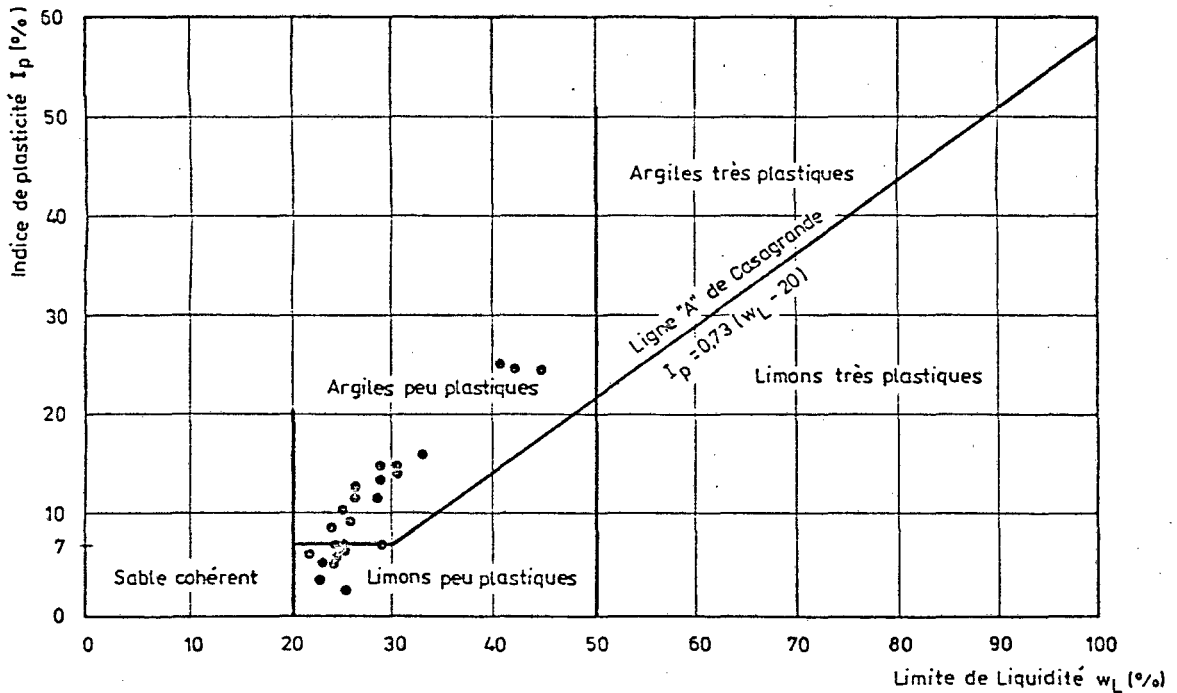


Fig. 4.3.2 b) : Plasticité du sol des berges

#### 4.3.3 Sédimentations

Les sédimentations sur le fond du fleuve se distinguent peu entre elles en ce qui concerne la répartition granulométrique. On rencontre le plus souvent du sable moyen avec un coefficient d'uniformité de 1,5 à 2,5<sup>1)</sup>. La figure 4.3.3 a) montre les secteurs des courbes granulométriques de ces sables fluviaux.

Les couches supérieures de quelques sédimentations sont composées de graviers sableux à très sableux. Le groupe granulométrique 0,6 mm à 6 mm manque le plus souvent dans ces sédimentations ou est d'une importance négligeable (voir figure 4.3.3. b)).

Le poids spécifique des constituants solides est le plus souvent de 2,65 g/cm<sup>3</sup>, aussi bien pour le sable que pour le gravier.

Une modification des caractéristiques du sol le long du fleuve selon une certaine régularité n'a pas pu être constatée lors des reconnaissances du sol.

#### 4.3.4 Roche en aval du PK 905

Lors des reconnaissances du sol, de la roche a été rencontrée à plusieurs endroits. On en trouve au bord du fleuve et pendant l'étiage en partie également dans le fond du fleuve. A quelques seuils, la roche est recouverte d'une couche de sable plus ou moins épaisse.

1)

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Diamètre du grain qui n'est pas atteint par 60 % de l'échantillon par rapport à celui qui n'est pas atteint pas 10 %.

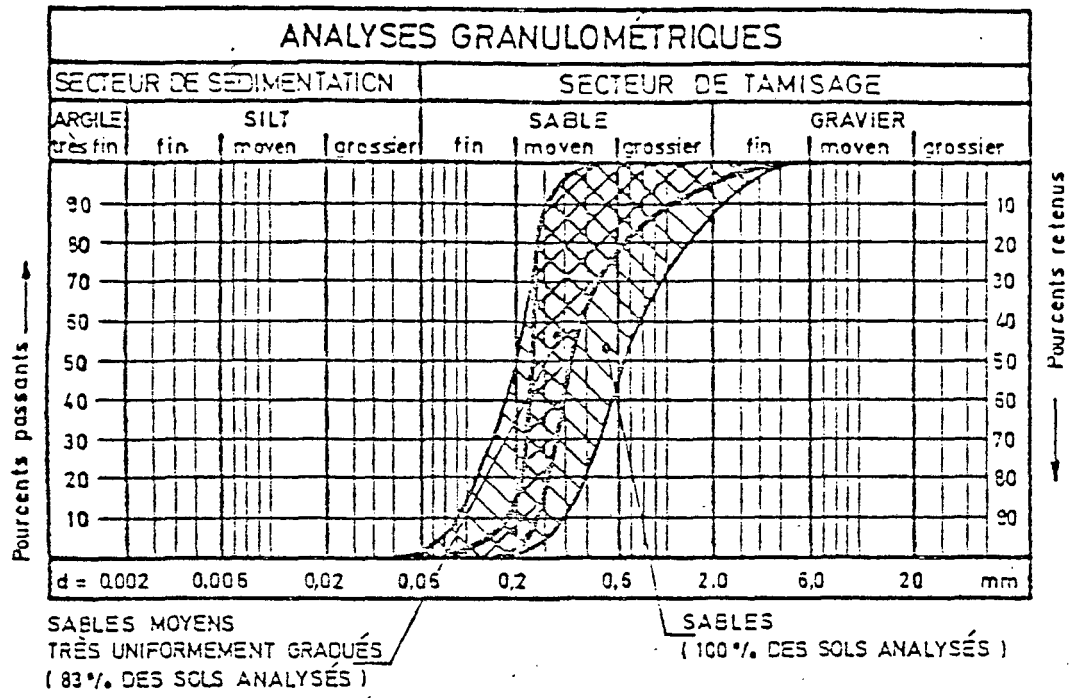


Fig. 4.3.3 a) : Répartition granulométrique des  
sédimentations sablonneuses

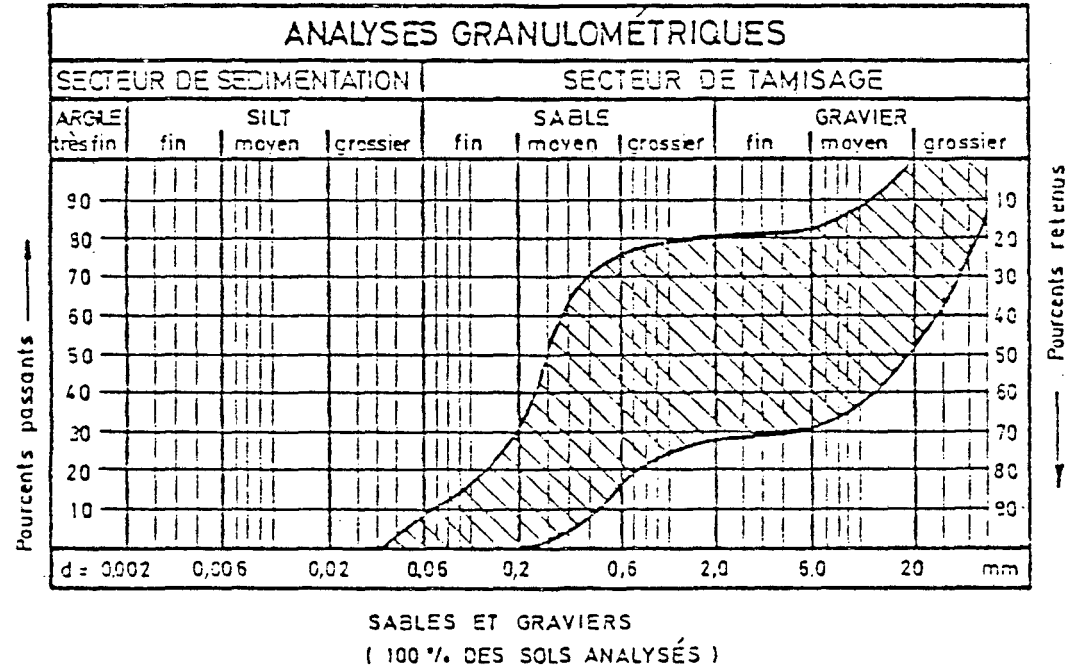


Fig. 4.3.3 b) : Répartition granulométrique des  
sédimentations graveleuses



Des renseignements complémentaires au sujet de la présence de roche dans le fond du fleuve sont données dans la publication [3].

Les espèces de roche les plus importantes d'après [10] sont:

- Pierre calcaire cristalline et roche de dolomite avec différentes inclusions et adjonctions (Dioudé Diabé, Dâwalel, Kerr),
- Grès ferreux avec poches d'argile et couches de quartzite (Djowol),
- Grès schisteux avec adjonctions de mica et bandes de quartz (barrières rocheuses de Diawara, voir également l'article 4.6),
- Quartzite avec bandes de quartz et adjonctions de feldspath et d'argile (Guilde, Koungani, Golmi, Digokori) et
- Conglomérats argileux-calcaires, traversés par des bandes de dolomite (Somone).

#### 4.4 Exécution des travaux de dragage

##### 4.4.1 Profondeurs des dragages et tolérances

Le fond à aménager se situe, conformément aux plans, à 2,20 m au-dessous du niveau d'eau de référence pour des sols meubles. Dans la mesure où des indications spéciales ne sont pas données dans l'appel d'offres pour les différents tronçons, la roche doit être supprimée jusqu'à une profondeur de 2,35 m au-dessous du niveau de référence.

Le fond dragué peut être exécuté horizontalement en gradins de 0,10 en 0,10 m en profil longitudinal. Les pro-

files longitudinaux des seuils levés en 1977 (plans T 6161-22-2.29 à 2.37) indiquent la hauteur du fond de dragage et les hauteurs d'eau de référence de la phase transitoire PT 1. En plus l'Entrepreneur recevra avant le début des travaux une liste des hauteurs d'eau de référence indiquées à des intervalles de 1 km environ entre le PK 224 et le PK 948. Des valeurs intermédiaires peuvent être interpolées linéairement.

Pour les repérages et la mise en place du matériel au cours des travaux, les échelles auxiliaires installées par l'Entrepreneur selon l'article 2.2.2.2 serviront de base.

Pour des raisons hydrauliques, le fond à aménager ne doit pas être dragué plus de 0,30 m en dessous du fond requis (tolérance positive). Si cette cote est dépassée, l'Ingénieur peut demander le remplissage des surprofondeurs.

Par principe seules les masses à excaver pour la réalisation de la profondeur prévue (sans tolérances) sont à la base du décompte.

Si à quelques endroits des seuils le fond existant se trouve tout au plus à 20 cm au-dessus du fond à réaliser selon les plans, l'Ingénieur peut en cas d'exception admettre une tolérance négative.

#### 4.4.2 Talus

Les talus du chenal navigable auront selon les plans une inclinaison de 1:5. L'épaisseur et les terrassements en gradins des différentes attaques de la drague doivent être choisis de façon que cette inclinaison puisse être obtenue.

Les tolérances de dragage sur chaque côté ne doivent pas dépasser 3,0 m. Dans ce cas également, le profil prévu sans tolérance positive est considéré lors du décompte. Si la tolérance positive admissible est dépassée, l'Ingénieur peut demander à l'Entrepreneur de réaliser la largeur requise par des mesures appropriées sans que l'Entrepreneur soit rémunéré pour ces travaux.

#### 4.4.3 Travaux de dérochement en aval du PK 905

Des sols qui ne peuvent pas être excavés par la drague à godets sans déroctage mécanique ou par explosifs préalable, sont classifiés dans le cas présent comme roche. Ce sont par conséquent de la roche compacte et des sols fortement cimentés. Le sol cohérent à proximité des rives, qui à l'état sec est également très dur, ne fait cependant pas partie des sols rocheux.

En ce qui concerne la détermination de la surface rocheuse, voir l'article 2.3.

Avant de dérocter et d'excaver la roche, le sol meuble la recouvrant doit être supprimé si cela est utile.

Pour les travaux de dérochement, le profil prévu sera également à la base du décompte. Les coûts du déroctage par explosifs ou d'un déroctage plus profond sont à inclure dans les prix unitaires.

#### 4.4.4 Remplissage des surprofondeurs

Si l'Ingénieur demande le remplissage des surprofondeurs inadmissibles selon les articles 4.4.1 et 4.4.2, l'Entrepreneur doit soumettre à l'Ingénieur des propositions relatives aux matériaux du remplissage, à la constitution des couches et la méthode de mise en place.

Le matériau doit être approprié à une mise en place dans l'eau et avoir une composition granulométrique qui garantit que, même lors du passage de la crue, il ne sera pas emporté. La mise en place de nappes filtrantes ou de gabions métalliques dans le chenal navigable ne sera en aucun cas admise. L'Ingénieur examinera les propositions de l'Entrepreneur sans que la responsabilité de l'Entrepreneur en soit diminuée.

#### 4.4.5 Contrôle de la profondeur du chenal navigable

La profondeur requise du chenal navigable doit être contrôlée par l'Entrepreneur en présence de l'Ingénieur au moyen d'un cadre de sondage après l'achèvement des travaux de dragage d'un seuil.

Ce contrôle s'étend sur les secteurs à draguer qui sont prolongés en aval et en amont de 200 m chaque fois.

Pour les réceptions, l'Entrepreneur doit mettre à disposition un bateau de jaugeage sur lequel un cadre de sondage est monté. Ce cadre doit être approprié aux profondeurs d'eau requises et réglable avec des échelons tous les 5 cm. En plus le bateau de jaugeage doit être équipé de façon que sa position lors des sondages soit à tout moment déter-

minable. A cet effet des dispositifs à terre peuvent également être prévus.

S'il s'avère lors du contrôle que la profondeur requise n'est pas obtenue, l'Entrepreneur doit parachever les endroits correspondants et ensuite effectuer un nouveau contrôle au moyen du cadre de sondage.

Les coûts de ces réceptions et contrôles sont à inclure dans les coûts des dragages.

#### 4.5 Transport et mise en place des matériaux excavés

##### 4.5.1 Sols meubles

##### 4.5.1.1 Situation des sites de refoulement

Pour les différents secteurs de dragage, des sites de refoulement sont indiqués dans les dossiers d'appel d'offres (tableau 4.1 et plans T 6161-22-1.4 et -2.1 à -2.28). Les sites de refoulement ont été choisis de façon que les matériaux excavés puissent être généralement transportés en aval du fleuve et que les trajets ne soient pas plus longs que 20 km. Les sites de refoulement sont installés dans des dépressions du terrain afin de diminuer les travaux de préparation.

Le soumissionnaire doit vérifier lors de l'inspection des lieux, si les sites de refoulement sont appropriés à ses méthodes et à son matériel. Le soumissionnaire peut proposer d'autres sites de refoulement dans son offre. Dans ce cas, une annexe à l'offre doit indiquer la situation, la hauteur, la surface etc.. En plus le soumissionnaire doit

indiquer, dans un devis descriptif particulier à élaborer de la même manière que celui de l'appel d'offres, toutes les prestations et tous les coûts résultant de la modification de l'emplacement des sites de refoulement sur la base des seuils et des quantités à draguer données dans le tableau 4.1.

L'Ingénieur se réserve de son côté le droit de changer la situation des sites de refoulement par rapport à celle indiquée dans l'appel d'offres.

#### 4.5.1.2 Préparation et remplissage des sites de refoulement

Le terrain pour les sites de refoulement est mis gratuitement à la disposition de l'Entrepreneur.

Avant le début du refoulement hydraulique, l'Entrepreneur doit préparer le site de refoulement. Dans la mesure où la forme actuelle du terrain ne le rend pas superflu, l'Entrepreneur doit limiter les sites de refoulement par des endiguements. Pour le reflux de l'eau de refoulement, des fossés de drainage doivent être réalisés et en même temps il faut prendre les mesures nécessaires pour que le sol ne soit pas refoulé de nouveau dans le fleuve Sénégal.

Les sites de refoulement peuvent être remplis jusqu'à une hauteur qui se trouve à 1,0 m au-dessous du point le plus bas du bord supérieur des berges existant dans ce secteur. L'Entrepreneur a la faculté de surélever les secteurs bas des berges par des remblais, à condition d'en être auparavant autorisé par l'Ingénieur. En outre, il faut s'assurer que les matériaux refoulés ne seront pas retransportés dans le lit mineur lors de la crue. En cas de doute, l'En-

trepreneur doit justifier le choix du site de refoulement par des nivellements, levés de profils etc..

Par des mesures appropriées, les agglomérations, voies de circulation et surfaces agricoles doivent surtout être protégées. Si dans des cas particuliers des préjudices ne peuvent pas être évités, l'Entrepreneur doit en accord avec l'Ingénieur réaliser toutes les mesures nécessaires afin de les minimiser. A la fin du refoulement, toutes les installations de tiers seront à remettre en état, dans la mesure où ceci est demandé par l'Ingénieur.

#### 4.5.1.3 Installation de transport et de refoulement

L'Entrepreneur doit calculer la capacité des installations de transport et de refoulement de façon que la progression des travaux de dragage ne soit pas gênée. Le nombre de dragues, les distances maximales de transport et le rendement obtenu par les dragues sont déterminants. Les dragues auront un degré d'efficacité plus grand dans les seuils lorsque l'épaisseur d'attaque sera plus élevée; ceci nécessitera des capacités plus grandes pour le matériel de transport et le refouleur.

Les conduites de refoulement aussi bien flottantes que terrestres doivent être disponibles en longueur suffisante pour pouvoir atteindre tous les sites de refoulement. En plus des réserves doivent être à disposition pour éviter des interruptions du travail lors d'un changement du site de refoulement.

Des dragues suceuses-refouleuses, chalands, remorqueurs et la conduite flottante doivent être placés et signalés

sur le fleuve de façon à ne pas mettre en danger la navigation de jour et de nuit. Il faut également observer les habitudes de la navigation des pirogues.

Les conduites de refoulement à terre sont à poser de façon que des tiers ne soient pas gênés, particulièrement dans la zone des agglomérations et voies de circulation.

#### 4.5.1.4 Déversement

Dans des cas particuliers l'Ingénieur peut demander le déversement des matériaux dragués dans des affouillements. L'Entrepreneur doit garantir que les matériaux sont mis en place aux endroits prévus en fonction des matériaux dragués, de la vitesse du courant, la profondeur d'eau etc..

#### 4.5.2 Matériaux rocheux

Les matériaux rocheux excavés en aval du PK 905 devront être, selon les possibilités, déversés dans le secteur des affouillements. Si les matériaux sont appropriés à la construction des ouvrages de correction et existent en quantité suffisante ou s'ils ne sont pas appropriés à un déversement dans le lit mineur, l'Ingénieur pourra demander la mise en dépôt ou le déversement en dehors du lit du fleuve. Les dépôts seront installés conformément à l'article 3.5.5.2.

L'Ingénieur décidera de leur utilisation dans chaque cas individuel après examen visuel et appréciation des matériaux.



L'installation d'un appontement provisoire pour le chargement des pierres des bateaux sur des camions sera rémunérée séparément, si l'Ingénieur ordonne une telle installation.

Les matériaux rocheux qui sont mélangés avec des matériaux fins ne seront déversés que si l'enlèvement des matériaux fins par la crue est empêché ou s'ils sont recouverts par de gros matériaux.

#### 4.6 Barrières rocheuses de Diawara

##### 4.6.1 Généralités

Les roches à Diawara (PK 793) doivent en partie être supprimées pour pouvoir garantir une circulation sûre des bateaux. Afin d'éviter des travaux de dérochement lors d'un agrandissement ultérieur du chenal navigable à cet endroit, les roches sont à excaver jusqu'à +8,0 m IGN sur une largeur de 85 m (voir plan T 6161-22-2.38).

Une description du matériau existant ainsi que de la stratification et fissuration ressort de l'étude [10].

##### 4.6.2 Dérochement et mise en place

La roche de la barrière de Diawara est à dérocter à l'explosif ou par un autre procédé approprié et à charger dans les chalands ou à mettre en place directement à côté de l'endroit d'excavation.

Au cas où le matériau est approprié à la construction des ouvrages de correction et apparaît en quantité suffisante, l'Ingénieur pourra donner l'ordre d'une mise en dépôt à terre.

La décision définitive relative à l'utilisation et la mise en place des matériaux excavés sera prise par l'Ingénieur après l'inspection des matériaux sur le chantier.

Pour la mise en place des matériaux à côté de l'endroit de l'excavation dans le lit du fleuve, les talus doivent avoir au moins une inclinaison de 1:3 et un éboulement des matériaux dans le chenal navigable doit être absolument exclu. En aucun cas le profil en travers ne doit être rétréci défavorablement du point de vue hydraulique. A la demande de l'Ingénieur, l'Entrepreneur doit, dans le secteur où des matériaux rocheux doivent être mis en place, lever des profils en travers avant et après la mise en place. Les coûts y relatifs seront comptés dans les postes correspondants de la mise en place.

#### 4.7 Suppression des obstacles divers

Si lors des levés des profils ou du dragage l'Entrepreneur rencontre des obstacles comme des bateaux échoués, ouvrages, arbres morts, souches etc., qui ne peuvent pas être enlevés par la drague à godets, il doit les marquer par des bouées, déterminer leur position et en informer immédiatement l'Ingénieur. L'Ingénieur décidera des démarches ultérieures à entreprendre. Si des obstacles doivent être supprimés, ce travail sera décompté d'après le temps passé.

L'Entrepreneur doit prendre toutes les dispositions requises pour éviter dès le début que du matériel accessoire ou des outils ne se perdent. Toutes les ancrs jetées doivent être marquées par une bouée qui est fixée par un câble assez solide ou une amarre correspondante directement à l'ancre, afin que, si une ancre est perdue, celle-ci puisse être retrouvée rapidement.

Les obstacles qui sont tombés dans le fleuve par la faute de l'Entrepreneur doivent être immédiatement enlevés. Si ceci n'est pas possible immédiatement, l'endroit doit être repéré et marqué de façon sûre jusqu'à l'enlèvement définitif de l'obstacle. L'Ingénieur en sera informé aussitôt. Tous les coûts résultant du marquage et de l'enlèvement de ces obstacles sont à la charge de l'Entrepreneur.

#### 4.8 Mise en service du matériel

La mise en service du matériel est à choisir par l'Entrepreneur de sorte qu'un déroulement sans difficultés des travaux soit garanti à tout moment. Le rendement des grands engins ne doit en aucun cas être influencé défavorablement par des travaux préliminaires requis, comme levés des por-fils, sondages etc. ou par des travaux complémentaires comme suppression de la roche et des obstacles.

Les engins pour l'extraction, le transport et le refoulement de sol meuble sont à dimensionner et leur nombre sera choisi de façon à atteindre un rendement moyen de 100 000 m<sup>3</sup> par mois. Les pertes de temps dues à l'entretien des engins, aux pannes etc. sont également à prendre en compte.

Etant donné que les matériaux excavés seront en partie également déversés, l'Entrepreneur doit mettre en service un ou deux chalands équipés de clapets de déversement.

Un relevé détaillé du matériel doit être joint à l'offre par le soumissionnaire (voir annexe 2). Entre autres, la profondeur d'eau la plus faible et la plus grande pour l'utilisation des différents engins doit également ressortir de ce relevé.

#### 4.9 Métré et décompte

##### 4.9.1 Excavation

Le calcul des masses sera basé sur les profils en travers (profils initiaux) levés par l'Entrepreneur et vérifiés et approuvés par l'Ingénieur avant les travaux de dragage et de dérochement, et sur les profils prévus indiqués aux plans, sans tolérances, mais en tenant compte de l'inclinaison demandée des talus. Si l'Ingénieur admet exceptionnellement des tolérances négatives, elles seront déduites du profil prévu. La surface entre le profil initial et le profil requis doit être déterminée par l'Entrepreneur à l'aide d'un procédé vérifiable.

Le volume de dragage sera calculé à partir des surfaces des profils et de la distance mesurée dans l'axe du chenal navigable en appliquant la formule donnant le volume du tronc de pyramide.

Pour le décompte des quantités de roches, le procédé précédant est aussi applicable. La superficie de la roche est déterminée par sondages.

L'Ingénieur se réserve le droit d'effectuer le métré des dépôts et des chalands en vue d'une comparaison. L'Entrepreneur doit par conséquent fournir les courbes d'éta-lonnage pour ses chalands. Les résultats de ces métrés ne seront cependant pas pris comme base pour le décompte.

#### 4.9.2 Transport

Le décompte du transport est basé sur les quantités déterminées d'après l'article 4.9.1 et la distance des transports déterminée par le centre d'un seuil et le lieu du refouleur. Lors de la détermination du centre d'un seuil, des interruptions d'une longueur maximale de 500 m ne seront pas décomptées; si le lieu du refouleur est situé dans la région d'un seuil le séparant en deux zones, les distances de transport entre les milieux des deux zones et le lieu du refouleur seront décomptées (à cet effet voir figure 4.9.2). Dans tous les cas les indications des PK sur les plans 1/20 000 sont valables pour la détermination des stations.

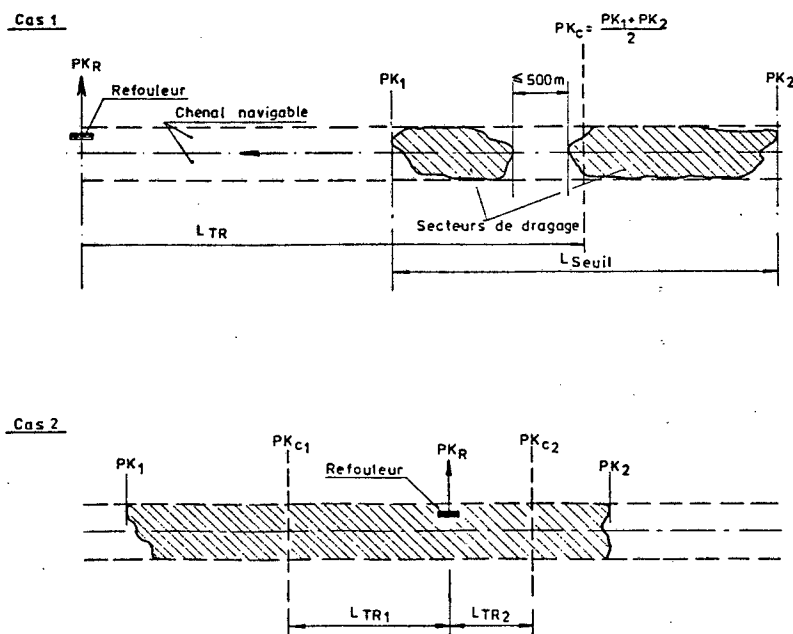


Fig. 4.9.2: Distances de transport des matériaux dragués

Si le matériau est déversé, le centre de l'endroit du déversement est déterminant comme point d'arrivée pour le transport.

Pour le transport des matériaux rocheux jusqu'au lieu de dépôt à terre, la position de l'installation de transbordement est valable comme point d'arrivée pour le transport par voie d'eau. La distance de transport à terre est décomptée entre l'installation de transbordement et le milieu du dépôt.

Si des matériaux rocheux à un endroit d'extraction sont aussi bien déversés que mis en dépôt et qu'une séparation par mètre à l'endroit d'extraction n'est pas possible, les dépôts seront exceptionnellement mesurés. Un facteur de foisonnement de 0,7 sera pris en compte, c'est-à-dire que seulement 70 % de la quantité mesurée sera appliquée pour le décompte.

## 5. Ouvrages de correction

### 5.1 Avant-propos

Des seuils étendus et difficiles où des dragages d'entretien particulièrement importants sont à escompter, doivent être aménagés en plus par des ouvrages de correction, pour réduire ainsi ces dragages. En outre ces secteurs permettront d'acquérir des expériences relatives au régime du fleuve aménagé par des ouvrages de correction. Celles-ci seront à la base des travaux d'aménagement ultérieurs.

Les seuils à aménager avec des ouvrages de correction et l'ampleur approximative des travaux sont décrits dans le tableau 5.1.

Les ouvrages de correction doivent être construits en pierres. Comme alternative, des ouvrages seront à offrir avec un noyau en matériau fin.

Le soumissionnaire peut offrir sous forme de propositions spéciales d'autres types de construction, comme des gabions métalliques, sacs et récipients en matière plastique remplis de sable, etc.. Des descriptions, spécifications, déterminations des masses et procédés de fabrication relatifs à ces types de construction et aux matériaux prévus doivent faire partie de l'offre. La description des prestations et fournitures et les coûts sont à subdiviser de la même manière que dans l'offre principale.

Tableau 5.1: Travaux et matériaux pour les ouvrages de correction

N°	Seuil	Début	Fin	Types d'ouvra- ges	Préparation du fond	Treillis filtre	Empierrements			
							1 - 10 kg	10 - 40 kg	10 - 30 kg	Total
		PK	PK	1)	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1	Dioudé Diabé	439,7	442,0	E, D, P	34 200	18 500	5 300	29 200	2 700	37 200
2	N'Guidjilone	584,2	586,6	E, D	14 500	3 600	4 500	15 700	-	20 200
3	Koundél	613,7	614,2	D, P	7 500	3 700	1 200	5 900	800	7 900
4	Goumal	715,5	720,4	E, D, P	84 400	83 800	5 800	36 200	20 000	62 000
5	Koungani	825,3	828,7	E, D, P	53 600	26 100	9 500	23 200	9 500	42 200
6	Goutioubé	845,3	850,4	E, D, P	94 900	70 500	14 200	66 700	14 000	94 900
7	Khabou	862,4	871,8	E, D, P	187 600	92 500	33 000	116 700	19 200	168 900
8	Digokori	875,0	882,0	E, D, P	104 500	55 900	17 100	63 900	10 700	91 700
9	Somone	893,0	898,9	E, D, P	98 800	55 400	15 400	62 500	12 100	90 000
Total		-	-	-	680 000	410 000	106 000	420 000	89 000	615 000

- 1) E = Epi  
D = Digue  
P = Panneau de surface



## 5.2

Déroulement des travaux

Les coûts des ouvrages de construction seront influencés essentiellement par les coûts de transport. C'est pourquoi dans le présent appel d'offres on est parti du fait que les matériaux sont transportés par bateau et que le transport commencera seulement quand le fleuve permettra la circulation des bateaux pendant toute l'année ou presque en aval de l'installation prévue de transbordement des matériaux rocheux environ au PK 800. Par conséquent la construction des ouvrages de correction ne pourra débiter qu'après l'exécution des dragages jusqu'au PK 800 environ.

Les ouvrages de correction sont à réaliser, d'après le déroulement prévu de la construction, essentiellement dans l'eau. Cependant au cours des premières années après la mise en exploitation du barrage de Manantali, il n'est pas exclu que les débits soient plus importants que les débits de référence indiqués dans le tableau 1.3.3.1 a) en raison des prélèvements encore faibles pour l'agriculture.

Dans la mesure où un soumissionnaire a l'intention de réaliser les ouvrages de correction dans une période antérieure pour pouvoir exécuter les travaux essentiellement à sec, il doit remettre avec l'offre principale une offre secondaire correspondante. Cette offre secondaire doit être subdivisée de la même manière que l'offre principale. En outre une description détaillée du déroulement prévu des travaux traitant des problèmes de transport, doit être ajoutée à l'offre.

### 5.3 Réalisation et construction des ouvrages de correction

#### 5.3.1 Implantation et hauteur des ouvrages de correction

L'emplacement et la hauteur des crêtes des ouvrages de correction ressortent des plans T 6161-22-3.0 à -3.23. Des modifications peuvent être requises par suite d'un déplacement de l'axe du chenal navigable, etc.. Dans ce cas les plans de l'appel d'offres seront actualisés par l'Ingénieur avant le début des travaux.

L'Entrepreneur doit implanter les axes des épis et digues et lever le profil en long dans l'axe par nivellement ou sondages tous les 10 m généralement.

En cas de panneaux de surface, il faut lever les profils de la berge tous les 10 m en moyenne. Les points levés doivent toucher tous les points de brisure du terrain et ne seront pas distants de plus de 5 m les uns des autres.

Ces levés topographiques et bathymétriques sont la base pour la détermination ultérieure des masses.

Toutes les hauteurs des ouvrages sont rapportées aux cotes IGN. En conséquence l'Entrepreneur doit mettre en place les bornes de nivellement et échelles auxiliaires requises avant le début de la construction.

#### 5.3.2 Epis

Pour la position des épis en plan, les bases suivantes du projet sont à considérer et sont aussi à respecter pour les variantes offertes par les soumissionnaires:

- Les axes des épis doivent être perpendiculaires à l'axe du fleuve ou être disposés avec un angle d'au moins  $80^{\circ}$  contre l'axe du courant.
- Les axes de deux épis se faisant face doivent se couper dans l'axe du fleuve.
- Les têtes de deux épis se faisant face doivent délimiter la largeur aménagée qui est déterminante pour l'écoulement des débits de référence de l'aménagement définitif.
- La distance entre les épis doit être à peu près égale à 1,5 fois la longueur des épis, cependant elle ne doit pas dépasser la largeur aménagée. Si les épis ne servent qu'à protéger les rives, leur distance peut être augmentée jusqu'à 4,75 fois leur longueur.

Le plan T 6161-22-4.1 détermine la conception constructive des épis. Les dimensions et inclinaisons les plus importantes sont indiquées sur ce plan.

### 5.3.3 Digues

Les ouvrages de correction sont considérés comme ouvrages parallèles ou directeurs si l'axe longitudinal de l'ouvrage forme un angle inférieur à  $45^{\circ}$  avec l'axe du fleuve. Tous les autres ouvrages seront réalisés en tant qu'épis.

La conception constructive des digues, les inclinaisons et toutes les dimensions principales ressortent également du plan T 6161-22-4.1. La tête des digues est à exécuter comme la tête des épis.

#### 5.3.4 Panneaux de surface

Les panneaux de surface doivent être réalisés pour protéger les berges pour une hauteur d'eau des débits réguliers. Une protection des rives pour des niveaux d'eau plus élevés n'est pas d'abord envisagée.

Les panneaux de surface seront réalisés jusqu'à 1,0 m au-dessus du niveau d'eau de référence du cas définitif de la régularisation et relié à la berge par une berme de 1,0 m de largeur. L'inclinaison des panneaux de surface est en général de 1:3.

La protection du pied du panneau de surface est d'une importance particulière. Elle est composée d'un remblai en pierres concassées d'une épaisseur d'au moins 1,0 m et d'une largeur de 4 m pour tous les types de construction.

Les berges sont, selon leur inclinaison naturelle, déblayées ou remblayées avec du sable pour obtenir l'inclinaison requise.

La conception constructive et les dimensions principales du panneau de surface ressortent du plan T 6161-22-4.1.

#### 5.4 Matériaux de construction

##### 5.4.1 Pierres pour les ouvrages

Les pierres doivent être dures et résistantes à l'eau, sans signes de décomposition. Elles doivent avoir une structure régulière et cohérente et être à arêtes vives exemptes de fissures, crevasses et inclusions nuisibles. Des matériaux minces, plats ou ronds ne doivent pas être utilisés.

Caractéristiques des pierres:

Poids spécifique (pierre sèche): au moins  $2,5 \text{ t/m}^3$

Résistance à la compression: au moins  $120 \text{ MN/m}^2$  ( $1200 \text{ kg/cm}^2$ )

Pour tous les  $50\,000 \text{ m}^3$  de matériaux installés et pour chaque nouvel endroit d'extraction, l'Entrepreneur doit justifier l'aptitude des matériaux par des certificats d'un laboratoire d'essais reconnu.

Épis et digues

Les pierres des épis et digues ont un poids de 10 à 40 kg. Seuls 10 % des pierres inférieures à 10 kg seront admis. Des pierres de plus de 40 kg sont inadmissibles. La composition du matériau doit comprendre toutes les grosseurs des pierres entre les limites mentionnées ci-dessus, les pierres entre 20 et 30 kg devant être prépondérantes.

Panneaux de surface

Les pierres des panneaux de surface doivent être de 10 à 30 kg au maximum; 10 % des pierres peuvent avoir un poids inférieur à 10 kg. Des pierres plus lourdes que 30 kg ne seront pas admises. Les pierres de 15 à 25 kg doivent être prépondérantes.

Seules des pierres qui correspondent aux qualités mentionnées, seront réceptionnées.

5.4.2 Filtre en gravier

Entre les remblais en enrochements et les matériaux fins du lit, une couche filtrante composée de gravier mixte doit être installée quand le sol fin n'est pas recouvert d'une

nappe filtrante conformément à l'article 5.4.4. Le gravier-filtre doit remplir les conditions suivantes:

$$\frac{d_{50} \text{ filtre}}{d_{50} \text{ lit}} < 40$$

$$5 < \frac{d_{15} \text{ filtre}}{d_{15} \text{ lit}} < 40$$

$$\frac{d_{15} \text{ filtre}}{d_{85} \text{ lit}} \leq 5$$

La couche filtrante doit avoir une épaisseur d'au moins 50 cm pour une mise en place sous l'eau et d'au moins 30 cm pour une mise en place à sec.

#### 5.4.3 Sable et gravier comme matériaux du noyau

L'Ingénieur n'acceptera en tant qu'alternative des épis et des ouvrages parallèles avec un noyau en sable ou gravier que si l'Entrepreneur garantit une exécution conforme aux prescriptions. La granulométrie du matériau de remplissage doit permettre un remblai compact. Le matériau de remplissage ne doit pas comprendre plus de 10 % d'éléments fins (silt et argile).

Le noyau doit être recouvert d'une nappe filtrante pour sa protection contre une érosion fluviale. Des indications de l'article 5.4.4 sont valables pour la nappe filtrante et sa pose. Les indications des articles 5.4.1 sont applicables pour la couche extérieure en empierrements qui doit avoir une épaisseur d'au moins 0,50 m.

#### 5.4.4 Filtre en non-tissé

Des nappes filtrantes en non-tissé en polyester consolidé par aiguilletage sont utilisées comme couche filtrante pour des panneaux de surface, des épis et digues et pour des ouvrages avec des noyaux de sable ou gravier.

Pour des surfaces horizontales ou inclinées jusqu'à 1:5, il faut utiliser une nappe filtrante en non-tissé de la spécification suivante:

- Poids par unité de surface:  $350 \text{ g/m}^2$
- Epaisseur: 3,3 mm
- Résistance à la déchirure: 1,0 kN/5 cm de largeur de bande
- Elongation à la rupture: 65 %.

Pour des surfaces d'une inclinaison supérieure à 1:5, des nappes filtrantes de la même spécification doivent être utilisées, cependant pourvues d'une couche à griffes qui empêche un glissement sur un sol fin.

Le filtre devra dépasser les empièvements selon les plans d'un mètre de chaque côté pour la protection du fond des épis et aussi pour la sous-couche des panneaux de surface.

Le recouvrement minimal de deux nappes doit être

- de 1,0 m lors d'une mise en place dans l'eau d'une profondeur de plus de 0,25 m et
- de 0,5 m lors d'une installation dans l'eau moins profonde ou à sec.

Au lieu du recouvrement, il est permis d'assembler les nappes avec un recouvrement de 20 cm, par des coutures. A cet effet les indications du fabricant doivent être observées.

La nappe filtrante sera recouverte par une couche d'au moins 15 cm de gravier et de pierre jusqu'à 10 kg au maximum avant l'empierrement de façon à ne pas percer la nappe.

#### 5.4.5 Gabions et nappes en treillis métalliques

Si des ouvrages de correction constitués par des gabions en treillis métalliques sont offerts par le soumissionnaire, les conditions suivantes sont au moins à remplir:

- treillis métallique deux fois galvanisé à chaud,
- épaisseur du fil d'au moins 3,0 mm,
- treillis métalliques à bords renforcés,
- largeur des mailles conforme au matériau rocheux disponible.

Les épaisseurs ou hauteurs des gabions en treillis métalliques ne doivent pas dépasser

0,40 m en cas de nappe pour panneaux de surface et pour sous-couches

1,00 m en cas de gabions pour corps d'épis et de digue.

Les gabions doivent être divisés en compartiments dont la plus grande longueur latérale ne doit pas dépasser 0,6 m. Après le remplissage, les nappes et gabions sont à fermer par des couvercles en grillages de fils de fer et lier avec du fil métallique de 3,0 mm de diamètre sur tout le périmètre.



### Épis et Diques

Des nappes en treillis métalliques d'une épaisseur de 0,4 m sont à prévoir sur le sol existant nivelé ou sur un remblai en tant que sous-couche pour les gabions en treillis métalliques. On peut seulement renoncer à une sous-couche filtrante, si les matériaux remplissant les nappes en treillis métalliques ont une composition granulométrique telle, qu'une érosion fluviale du sol soit évitée. Il faut également prendre des dispositions particulières au bord des ouvrages, afin d'exclure toute érosion fluviale.

Les gabions en treillis métalliques sont alors à mettre en appareil sur les nappes en treillis métalliques. Les gabions qui se trouvent sur le côté extérieur de l'ouvrage doivent être remplis par de grosses pierres. Il faut prévoir dans tous les cas un empierrement conforme au plan T.6161-22-4.1 pour la protection de l'enracinement des épis et digues.

### Panneaux de surface

En cas de panneaux de surface avec nappes en treillis métalliques, les surfaces de ceux-ci ne doivent pas présenter de coins saillants et de joints horizontaux continus. L'inclinaison doit être de 1:3. La protection du pied doit toujours être constituée par un empierrement sur une couche filtrante conformément au plan T 6161-22-4.1.

#### 5.4.6 Conteneurs en tissu de matière synthétique

Des matériaux fins peuvent être utilisés pour les ouvrages de correction seulement pour remplir des conteneurs, tuyaux flexibles ou sacs en tissu en matière synthétique.

Les conteneurs doivent consister en matériau entièrement synthétique (fils plats en polyéthylène) et avoir une bonne résistance aux rayons ultraviolets. Les caractéristiques mécaniques seront appropriées à la grandeur des conteneurs et doivent présenter une grande résistance aux endommagements. Les valeurs minimales suivantes doivent être garanties à la longue:

- Poids par unité de surface:  $250 \text{ g/m}^2$
- Résistance à la déchirure:  $2,0 \text{ kN/5 cm}$  de largeur de bande.

Les sacs et conteneurs remplis doivent avoir un poids sec minimum de 50 kg. Si plusieurs sacs sont entassés pour former des épis etc., ils doivent être déposés en appareil sur un fond en forme d'auge pour éviter les déplacements. De plus les sacs et conteneurs doivent être façonnés de façon qu'ils aient dans la mesure du possible une forme parallélépipédique lorsqu'ils sont remplis.

Les tuyaux flexibles et conteneurs doivent être déposés entre deux rangées de pieux et remplis de sable. Le diamètre des tuyaux flexibles remplis de sable ne doit pas être inférieur à 1,5 m. Les pieux doivent être en bois tropical dur résistant à des variations de niveaux d'eau et avoir un diamètre d'au moins 15 cm. La longueur du pieu engagé dans le sol doit être au moins égale à une fois et demie la longueur du pieu dégagé et plus grande que 1,75 m. Les têtes des pieux sont à lier entre elles par des fils métalliques tordus galvanisés à chaud d'un diamètre d'au moins 3 mm.

Les têtes des épis et digues constituées par des conteneurs en matière synthétique remplis de sable, doivent toujours être protégées sur une longueur d'au moins 5 m

par un empierrement de 50 cm d'épaisseur. Une couche protectrice est à installer entre les conteneurs et le recouvrement en pierres, de manière qu'un endommagement des conteneurs par les pierres soit évité. Les inclinaisons des talus de la tête de l'épi sont à exécuter de la même manière que celles des épis en pierres.

Le soumissionnaire reste libre d'offrir des variantes pour le mode de construction. Dans ce cas il devra fournir avec sa variante un devis descriptif détaillé et un devis estimatif subdivisés comme les documents de l'appel d'offres par analogie. L'Entrepreneur devra réaliser des ouvrages de correction à titre d'essai immédiatement après la passation du marché afin de pouvoir vérifier in situ la qualification du mode de construction adopté. L'emplacement et l'importance des constructions d'essai seront fixés ensemble avec l'Ingénieur. La décision définitive relative à l'utilisation de tissus en matière synthétique sera prise selon les expériences acquises par les ouvrages d'essai, au plus tard six mois avant le début prévu dans le planning de réalisation des ouvrages de correction.

#### 5.4.7 Epis en treillis métallique

Si les épis sont moins importants, par exemple ceux qui se trouvent dans l'eau très peu profonde (profondeur d'eau maximale de 0,75 m par rapport au débit de référence de la régularisation définitive), ils pourront être construits en treillis métallique.

Le treillis métallique est à cet effet tendu verticalement entre des pieux en bois tropical dur qui sont battus tous les 2 m et à une profondeur d'au moins 1,50 m. Le diamètre

minimal des pieux est de 15 cm. Le treillis doit être constitué par du fil métallique deux fois galvanisé à chaud d'un diamètre d'au moins 3 mm avec une largeur maximale des mailles de 4 cm. Toutes les parties de fixation doivent également être deux fois galvanisées à chaud.

## 5.5 Extraction des pierres

### 5.5.1 Matériaux rocheux excavés sur les tronçons rocheux

Les matériaux rocheux excavés au cours des travaux de dérochement en amont d'Ambidédi, seront déposés au bord du fleuve dans la mesure où ils sont appropriés aux ouvrages de correction. Ces matériaux seront à trier et à transporter par l'Entrepreneur des dépôts aux lieux de mise en place.

Les indications déclarant l'aptitude des matériaux dérochés sur le tronçon Ambidédi - Kayes pour l'utilisation dans les ouvrages de correction, ne sont pas possibles actuellement. Les données suivantes et les quantités ressortant du devis estimatif sont basées sur l'hypothèse de travail suivante:

- la moitié des matériaux rocheux requis pour les ouvrages de correction, c'est-à-dire 300 000 m<sup>3</sup> sera extraite dans le secteur rocheux en amont du PK 905
- l'autre moitié pourra être extraite dans une carrière.

Les matériaux du secteur rocheux devront être triés sur les lieux de dépôt dont la situation est indiquée dans le tableau 5.6.

Si on constate ultérieurement que l'hypothèse ci-dessus n'est pas vérifiée et que la quantité des pierres prises des dépôts est inférieure ou supérieure aux quantités indiquées ci-dessus, l'Entrepreneur ne pourra présenter de revendications.

Le Maître de l'Ouvrage décidera avant le début des travaux de ce lot sous l'aspect économique, les quantités qui seront prises des dépôts du secteur rocheux et celles qui seront extraites de la carrière.

Les matériaux des dépôts sont à trier comme suit:

- pierres de 10 à 40 kg conformément à l'article 5.4.1 pour épis, digues, protections de pied
- pierres de 10 à 30 kg conformément à l'article 5.4.1 pour les panneaux de surface dans le secteur des berges
- matériaux fins jusqu'à 10 kg conformément à l'article 5.4.4 pour les couches protectrices des nappes filtrantes.

L'Entrepreneur doit exécuter les chemins d'accès-et installations de transbordement provisoires requis pour le transport des matériaux, s'il ne peut pas utiliser des installations existantes. L'Entrepreneur sera rémunéré spécialement pour les installations et le démontage ultérieur des appontements.

L'exposé ci-dessus est aussi valable, le cas échéant, pour les matériaux rocheux extraits à Diawara (voir aussi l'article 4.6).

### 5.5.2 Ouverture d'une carrière

L'Entrepreneur doit ouvrir une carrière pour l'extraction d'une partie ou de la totalité des matériaux rocheux et des graviers-filtres requis pour les ouvrages de correction. Plus tard cette carrière servira à la Direction de la Voie Navigable d'emprunt pour l'extraction de pierres.

Pour l'exploitation les gisements rocheux suivants qui sont appropriés du point de vue de leur situation par rapport aux endroits de la mise en place, de leur caractéristique minéralogique et de la quantité disponible seront pris en considération (voir plan T 6161-22-1.5):

- Quartzite affleurant au sud et sud-ouest de Bakel près de la route de Kidira. En utilisant les routes existantes, seules de courtes routes d'accès à la carrière et à l'appontement au fleuve seront à construire.
- Granit sur le côté mauritanien environ à la hauteur du PK 800 du fleuve. La distance de transport au fleuve est d'environ 5 km, aucune route existante ne pouvant être utilisée.

Cet appel d'offres a pris pour base une exploitation du gisement de quartzite sur le côté sénégalais, étant donné l'infrastructure existante. Le soumissionnaire devra, dans le cadre d'une visite des lieux, se renseigner sur les possibilités les meilleures pour ouvrir une carrière, éventuellement plusieurs carrières.

Le soumissionnaire doit indiquer dans son offre ses intentions et les justifier.

Les gisements rocheux seront mis gratuitement à la disposition de l'Entrepreneur qui doit cependant préserver l'existence éventuelle des entreprises privées y établies.

En ce qui concerne l'installation de chantier à prévoir dans les carrières, voir l'article 2.1.6.

Le plan du tracé prévu par l'Entrepreneur pour la route qui mène de la carrière au fleuve doit être remis à temps à l'Ingénieur pour approbation. En cas de l'utilisation des routes existantes, l'Entrepreneur devra pendant la durée des transports les entretenir et réparer les dégâts immédiatement. Aux endroits de carrefours et de traversée de village, des postes pour la sécurité du trafic seront prévus le cas échéant suivant les indications de l'Ingénieur.

L'installation de transbordement à créer au bord du fleuve doit être dimensionnée et déterminée de façon qu'elle puisse être utilisée plus tard par la Direction de la Voie Navigable. Pour cette raison l'Ingénieur examinera la proposition de l'Entrepreneur aussi bien du point de vue de l'exploitation que du point de vue statique-constructif et l'approuvera.

Pour les travaux aux explosifs, les indications de l'article 3.5.2 sont valables par analogie.

## 5.6 Transport des matériaux

L'Entrepreneur est seul responsable des transports des matériaux de construction du lieu de l'extraction à l'endroit de l'utilisation. Il doit par conséquent fournir

ou louer le matériel requis (voir à ce sujet l'article 2.1.1.2). A ce propos il faut mentionner que pour les transports par voie d'eau, éventuellement la Compagnie Inter-Etats qui doit être créée dans le cadre du projet de navigation, peut être également sollicitée.

Le tableau 5.6 comprend un relevé des capacités de transport probables pour les pierres y compris le lieu de prélèvement des matériaux. Ces données sont basées sur l'hypothèse de travail selon l'article 5.5.1.



Tableau 5.6: Lieux d'emprunt et transports fluviaux des matériaux rocheux

N <sup>o</sup>	Seuil	Début	Fin	Volume de matériaux rocheux	Lieu d'emprunt	Station de transbordement	Transport fluvial	Capacité de transport fluvial
		PK	PK	m <sup>3</sup>	PK	PK	km	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> .km
1	Dioudé Diabé	439,7	442,0	37 200	Carrière	816	375,2	14,0
2	N'Guidjilone	584,2	586,6	20 200	Carrière	816	230,6	4,7
3	Koundél	613,7	614,2	7 900	Carrière	816	202,1	1,6
4	Goumal	715,5	720,4	62 000	Carrière	816	98,1	6,1
5	Koungani	825,3	828,7	22 200 20 000	Carrière - " -	816 1)	11,0 1)	0,2 1)
6	Goutioubé	845,3	850,4	94 900	Carrière	816	31,9	3,0
7	Khabou	862,4	871,8	50 600	Carrière	816	51,1	2,6
				18 700	906,5	910	42,9	0,8
				65 500	911,7	910	42,9	2,8
				34 100	921,8	925	57,9	2,0
8	Digokori	875,0	882,0	11 500	921,8	925	46,5	0,5
				68 400	924,4	925	46,5	3,2
				11 800	926,6	925	46,5	0,5
9	Somone	893,0	898,9	40 300	926,6	925	29,1	1,2
				31 400	940,4	942	46,1	1,4
				18 300	944,4	942	46,1	0,8
Total		-	-	615 000	-	-	-	45,4

1) Transport par voie terrestre

## 5.7 Métré, décompte et tolérances

### 5.7.1 Matériaux à mettre en place

#### 5.7.1.1 Pierres de remblai, filtres en gravier et matériaux des noyaux

Les quantités de pierres, gravier-filtre et matériaux des noyaux pour les ouvrages de correction seront déterminées d'après le volume mis en place, calculé à partir des profils requis conformément aux plans. Les profils en travers levés conformément à l'article 5.3.1 constituent la base pour la détermination des masses.

Des tolérances du profil requis jusqu'à  $\pm 15$  cm en hauteur et en plan seront admises mais elles ne seront pas prises en considération pour le décompte. Mais si des tolérances essentiellement négatives se présentent (dimensions de l'ouvrage inférieures à celles prévues au plan), les quantités manquantes seront déduites.

#### 5.7.1.2 Gabions et nappes en treillis métalliques

La fourniture, l'installation et le remplissage des gabions et nappes en treillis métalliques seront rémunérés selon le volume. Le volume de chaque ouvrage est déterminé par le nombre de gabions et nappes conforme aux plans et par leurs dimensions. Les hauteurs et largeurs supplémentaires par rapport à la dimension prévue, dues à la taille des gabions ou nappes, seront prises en considération jusqu'à 0,2 m au maximum. Les masses dépassant cette hauteur seront à la charge de l'Entrepreneur.

Par ailleurs les indications de l'article 5.7.1.1 relatives aux tolérances sont valables par analogie.

Les coûts pour la fourniture des matériaux des gabions franco lieu de l'utilisation, la mise en place et tous les matériaux auxiliaires etc. sont à inclure dans les prix unitaires. Le matériau de remplissage et les empierrements pour la tête et la racine seront comptés conformément à l'article 5.7.1.1 et 5.7.2.

#### 5.7.1.3 Sacs et conteneurs en matière synthétique remplis de sable

Des conteneurs en matière synthétique d'un volume jusqu'à  $0,1 \text{ m}^3$  par unité seront décomptés comme les empierrements à partir des profils requis des ouvrages.

Des conteneurs d'un volume supérieur à  $0,1 \text{ m}^3$  par unité sont calculés selon la mesure de volume comme des gabions en treillis métalliques conformément à l'article 5.7.1.2.

Les coûts pour la préparation du fond, la livraison des matériaux franco lieu de l'utilisation et la mise en place des sacs, conteneurs, pour le sable et pour tous les matériaux auxiliaires sont à inclure dans les prix unitaires.

En ce qui concerne les tolérances, l'article 5.7.1.1 est valable par analogie.

#### 5.7.1.4 Tuyaux flexibles en matière synthétique remplis de sable

Des tuyaux en tissus synthétique remplis de sable sont décomptés d'après leur longueur en fonction de la hauteur de l'ouvrage. Les coûts pour toute la préparation du fond, la livraison franco lieu de l'utilisation et la mise en place des tuyaux flexibles en matière synthétique, pour les pieux d'appui, le sable de remplissage etc. sont à inclure dans les prix unitaires. Pour le remblai en pierres concassées devant la tête de l'épi, l'article 5.7.1.1 est valable.

#### 5.7.1.5 Nappes filtrantes

Les nappes filtrantes seront décomptées d'après la surface.

Un dépassement de 1,0 m sur tous les côtés de la surface de base conformément aux plans des remblais en pierres ou en gravier, sera rémunéré.

Pour les panneaux de surface, la longueur développée du profil du remblai en pierres majorée de 2,0 m pour tenir compte des dépassements en haut et en bas sera prise comme base pour le décompte.

Des coupes, recouvrements, coutures etc. ne seront pas considérés et ne seront pas rémunérés spécialement.

#### 5.7.1.6 Filtre en gravier

Pour les couches filtrantes en gravier, le volume conformément aux plans sera rémunéré.

## 5.7.2 Transports

### 5.7.2.1 Transport mixte routier-fluvial

Les coûts pour le transport des matériaux rocheux des dépôts ou de la carrière aux endroits de la mise en place seront subdivisés de la manière suivante:

- Transport routier du dépôt ou de la carrière au lieu de transbordement, y compris l'entreposage éventuel au lieu de transbordement et le chargement sur les bateaux et
- Transport fluvial du lieu de transbordement à l'endroit de mise en place.

Le coût pour le déchargement des bateaux sur les lieux de la mise en place sera compris dans les prix unitaires de la mise en place.

#### Volume de transport

La quantité transportée à décompter sera le volume des ouvrages déterminé conformément à l'article 5.7.1.

#### Distance de transport

Pour les distances de transport, on admet pour le

- transport routier: Le soumissionnaire doit déjà indiquer dans son offre la distance de transport de la carrière au lieu de transbordement. Celle-ci sera déterminante pour le décompte. Si l'Ingénieur ne peut pas approuver, pour des raisons quelconques, l'emplacement du lieu de transbordement proposé par le soumis-

sionnaire, et que la distance de transport devient plus longue ou plus courte par le nouvel emplacement, la différence en découlant sera prise en considération pour le décompte.

La distance de transport des matériaux rocheux déposés sera la distance entre le centre du dépôt et le lieu de transbordement. Les dépôts, dont les limites extrêmes sont distantes de plus de 100 m, seront subdivisés en secteurs de 100 m de longueur. Il faudra se référer au devis descriptif pour de plus amples détails.

- transport fluvial: La distance entre les lieux de transbordement et l'endroit de mise en place selon le kilométrage du fleuve. Le centre d'un seuil à aménager par des ouvrages de correction sera fixé à cet effet comme endroit de la mise en place.

Ce procédé de décompte sera utilisé de même si les matériaux rocheux sont transportés jusqu'aux différents seuils directement par voie de terre.

#### 5.7.2.2 Transport routier

Si le soumissionnaire veut réaliser les ouvrages de correction en entier ou en partie déjà avant la régularisation des débits par le barrage de Manantali et qu'il prévoit un transport routier à cet effet, il doit indiquer dans

son offre les longueurs et les prix de transport. En cas de passation de la commande, ces prix deviendront fermes. Le point de référence pour les différents seuils est dans ce cas également le centre d'un seuil à aménager par des ouvrages.

#### 5.7.2.3 Transports divers

Pour les matériaux de construction dont le transport n'est pas considéré à part, le soumissionnaire doit inclure les coûts de transport dans les prix unitaires des postes correspondants du devis descriptif.

## 6. Plaques kilométriques

### 6.1 Généralités

Des plaques kilométriques doivent le cas échéant être mises en place pour une meilleure orientation sur le fleuve. Elles sont à installer à des endroits retenus en commun accord avec l'Ingénieur afin qu'elles soient bien reconnaissables par des pilotes. L'emplacement des plaques par rapport au talweg est à déterminer à l'aide des plans à l'échelle 1/20 000, sauf si la détermination exacte de l'emplacement conformément à l'article 2.2.2.5 est demandée.

Suivant les conditions de terrain, de visibilité et les prix offerts, les plaques seront fabriquées en métal (plaques en acier ou aluminium) ou en béton.

Les plaques métalliques sont à fixer sur des pieux en tubes d'acier d'une hauteur d'environ 3,0 m au-dessus du sol (voir plan T 6161-22-6.1). Etant donné la nature du sol existant, les poteaux peuvent en grande partie être placés sans fondation dans des trous forés. Pour un sol non-cohérent ou rocheux, il faudra prévoir par contre des fondations en béton.

Les plaques en béton sont à installer sans poteau sur la berge à une distance d'environ 4 à 6 m du bord (voir plan T 6161-22-6.1).

La grandeur des plaques et les dimensions des chiffres ressortent du plan T 6161-22-6.1.



## 6.2 Matériaux

### 6.2.1 Eléments en acier

Pour les plaques, il faut utiliser des tôles d'acier ayant les caractéristiques suivantes:

- Résistance à la traction de 280 à 400 N/mm<sup>2</sup> (2 800 à 4 000 kg/cm<sup>2</sup>),
- Limite d'élasticité 270 N/mm<sup>2</sup> (2 700 kg/cm<sup>2</sup>)
- Allongement à la rupture d'au moins 27 %.

Tous les autres éléments en acier, comme tubes d'acier, petit matériel etc. doivent remplir les conditions suivantes:

- Résistance à la traction de 350 à 450 N/mm<sup>2</sup> (3 500 à 4 500 kg/cm<sup>2</sup>),
- Limite d'élasticité 240 N/mm<sup>2</sup> (2 400 kg/cm<sup>2</sup>)
- Allongement à la rupture de 25 %.

Pour le montage des plaques, il faut utiliser des vis galvanisées à chaud d'un diamètre d'au moins 12 mm. Tous les assemblages vissés sont à bloquer par des mesures appropriées afin qu'ils ne puissent pas être desserrés par des personnes non autorisées.

### 6.2.2 Aluminium

Si les plaques sont fabriquées en tôles d'aluminium, elles doivent être au point de vue de la qualité, résistantes aux intempéries et à l'eau et correspondre aux conditions environnantes.

L'alliage choisi est déjà à indiquer dans l'offre avec les propriétés mécaniques.

### 6.2.3 Béton

Le béton des fondations sera dosé à raison de 275 kg de ciment CPA 325 par m<sup>3</sup> de béton fini. Pour les bornes kilométriques en béton armé le béton sera dosé à 350 kg de ciment CPA 325 par m<sup>3</sup> de béton fini.

Les agrégats sont à choisir de façon qu'on obtienne une courbe de tamisage continue, le grain maximal étant d'au moins 8 mm; le pourcentage des grains fins (diamètre de 0 à 0,25 mm) ne dépassera pas 20 %; le cas échéant les agrégats seront lavés.

La qualité du béton doit être vérifiée chaque fois par une série de trois cubes d'essai 20/20/20 cm. Des essais de qualification sont à effectuer

- avant le début des travaux,
- lors d'une modification des agrégats,
- lors d'une modification du dosage et
- lors de chaque livraison de ciment.

Des contrôles de qualité sont à effectuer

- au moins une fois par semaine de travail ou
- au moins par 25 m<sup>3</sup> de béton.

Les cubes d'essai sont à soumettre à un essai de compression après 28 jours.

La résistance minimale à la compression de chaque série doit atteindre:

- béton de fondation  $15 \text{ N/mm}^2$  ( $150 \text{ kg/cm}^2$ )
- plaque en béton armé  $25 \text{ N/mm}^2$  ( $250 \text{ kg/cm}^2$ ).

#### 6.2.4 Protection contre la corrosion et peinture

Les spécifications des peintures protectrices et de couleurs prévues avec les références et directives de traitement doivent être remises par le soumissionnaire avec son offre.

Toutes les peintures doivent bien adhérer, bien couvrir et être durables dans les conditions locales. Les modes d'emploi des fournisseurs de peinture seront à observer. Toutes les peintures seront appliquées sur des surfaces sèches, propres et dégraissées.

La première couche de base sera appliquée au pinceau immédiatement après le dérouillage ou le dégraissage de la surface d'application. Les couches suivantes pourront être appliquées au pinceau ou au pistolet. Les couches de peinture doivent se différencier entre elles par la couleur. Les coins et les rebords saillants seront à repeindre après la première couche de base.

Les peintures sont, selon la surface d'application, à appliquer comme suit:

##### a) Eléments en acier non galvanisés à chaud

- dérouillage jusqu'au métal nu
- deux couches de peintures primaires
- deux couches de peintures couvrantes (dernière couche grise)

Epaisseur totale des couches  $200 \mu\text{m}$ .

La face des plaques recevra en plus une à deux peinture(s) de couleur blanche où les chiffres et bords seront marqués en noir. Si sur la face l'épaisseur totale de 200  $\mu$ m est atteinte avec une seule couche de peinture couvrante, la deuxième couche de peinture couvrante pourra être supprimée.

b) Eléments en acier galvanisés à chaud

Dans la mesure où des peintures sont nécessaires:

- un dégraissage de la surface d'application
- une couche adhérente et réactive du métal
- une couche primaire
- une couche de peinture couvrante
- des peintures blanches pour la face et noires pour les chiffres et bords.

c) Eléments en aluminium

Dans la mesure où des peintures sont nécessaires, conformément à b) par analogie.

d) Plaques en béton

2 couches de peintures blanches bien couvrantes pour la face et noires pour les chiffres et les bords.

### 6.3 Dimensionnement

Les poteaux en tube d'acier auront un diamètre extérieur de 114,3 mm et au moins 3,6 mm d'épaisseur. Les plaques d'assises et similaires seront dimensionnées pour la résistance des poteaux.

Pour le dimensionnement et pour le calcul de la résistance, les plaques en béton doivent résister à une charge de 200 kg/m au bord supérieur de la plaque, agissant de façon horizontale et verticale, mais pas en même temps.

Les poteaux portant les plaques en acier seront dimensionnés pour résister à une charge horizontale de 250 kg par poteau à 2 m au-dessus du sol.

7. Dégagement du chantier et prise en charge des machines et engins par le Maître de l'Ouvrage

7.1 Dégagement du chantier

Après l'achèvement des travaux de dragage et de construction, l'Entrepreneur doit nettoyer toutes les installations ainsi que le terrain sur lequel il a circulé ou qu'il a utilisé et le remettre en état en accord avec l'Ingénieur. Tous les hangars, toutes les clôtures et les autres installations de chantier sont à démolir et le gravois, les déchets et restes des matériaux de construction sont à supprimer et/ou à aplanir d'après l'indication de l'Ingénieur. Toutes les fosses doivent être remblayées avec des matériaux appropriés et le terrain sera à niveler.

Si le Maître de l'Ouvrage veut conserver certaines installations de chantier après l'achèvement des travaux, l'Entrepreneur devra les laisser à disposition. Le prix des installations prises en charge sera fixé par les parties contractantes en temps voulu.

7.2 Prise en charge du matériel par le Maître de l'Ouvrage

Le Maître de l'Ouvrage a l'intention de prendre en charge une partie du matériel après l'achèvement des travaux. Pour cette raison le soumissionnaire doit indiquer dans les relevés du matériel la valeur probable du matériel après la fin des travaux. A cet effet, il faut considérer que les coûts pour la réexpédition de toute l'installation de chantier sont compris dans les prix de dégagement des chantiers et seront payés. Le prix du matériel pris en charge est par conséquent à réduire du coût de transport.

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

- [1] Handbuch der Westküste Afrikas, Ausgabe 1973 (Manuel de la côte de l'Afrique occidentale, édition 1973). Edité par le Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg (Institut hydrographique allemand, Hambourg)
  
- [2] NATIONS UNIES Atlas Nautique du Fleuve Sénégal  
Tome I: Embouchure - Port de Boghé,  
Paris 1971
  
- [3] BEZIUKOV, K.I. Système de balisage pour le fleuve Sénégal,  
novembre 1970
  
- Recommandations pour l'aménagement des  
conditions de navigation sur le fleuve
  
- Tome I: Etat actuel du fleuve  
Développement des transports et  
objectifs de l'aménagement de la  
voie d'eau,  
St-Louis, mars 1971
  
- Tome II: Balisage  
Organisation du service de balisage,  
St-Louis, novembre 1970
  
- Tome III: Travaux d'aménagement de la voie  
navigable,  
St-Louis, mars 1971
  
- Annexe: Plans des seuils du fleuve  
Sénégal,  
St-Louis, mars 1971

- [ 4 ] ROCHETTE, C.            Le bassin du fleuve Sénégal  
Monographies hydrologiques  
ORSTOM  
Paris 1974
  
- [ 5 ] IVANOV, V.V.:        Rapport sur les études hydrologiques  
du fleuve Sénégal, St-Louis,  
juillet 1969, avec 12 annexes
  
- [ 6 ] OMVS                    Hydrologie du fleuve Sénégal de Bakel  
à St-Louis de 1965 à 1976,  
avril 1976
  
- [ 7 ] SERVICE  
HYDROLOGIQUE            Annuaire hydrologique  
Année hydrologique 1968 - 1969  
Ministère du Développement Industriel  
et des Travaux Publics  
Direction de l'Hydraulique et de  
l'Energie,  
Bamako 1969
  
- [ 8 ] OULD HAMDINOU, A.    Hauteurs limnimétriques dans la Vallée  
de Bakel à Rong  
1965 - 1974,  
mai 1974
  
- [ 9 ] GROUPEMENT  
MANANTALI  
INGENIEURS-  
CONSEILS                Etude d'exécution du barrage et de l'usine  
hydroélectrique de Manantali  
Mission A. 1.2 Hydrologie  
Mission A. 1.3 Navigabilité  
Mission A. 1.5 Régularisation  
février 1977
  
- [ 10 ] GROUPEMENT  
LACKNER-DORSCH  
-ELECTROWATT            Etudes d'exécution du projet d'Aménagement  
du Fleuve Sénégal pour la Navigation  
Mission B 2: Etudes des Sols, Tome I



[11] OMVS

Aménagement du bassin versant du fleuve  
Sénégal,  
octobre 1976

[12] COMITE INTER-

AFRICAIN D'ETUDES  
HYDRAULIQUES

République Sénégal:

Précipitations journalières de l'origine  
des stations à 1965

