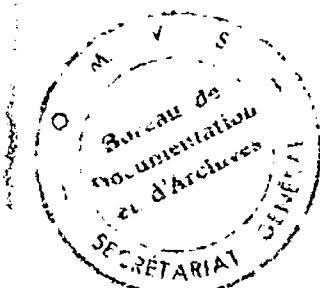


06483

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



ETUDE D'EXECUTION DU BARRAGE ET DE L'USINE
HYDROELECTRIQUE DE MANANTALI

RAPPORT FINAL

Actualisation des données de base

Annexe 3: navigabilité - mission A1.3

GROUPEMENT MANANTALI

Ingenieurs Conseils

IRRI

DORTMUND

AL S.H

Tractionel STUCKY

BRUXELLES

Bely

SONED

DAKAR

06483

ORGANISATION POUR LA MISE
EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

O.M.V.S.

ETUDE D'EXECUTION DU BARRAGE ET DE L'USINE
HYDROELECTRIQUE DE MANANTALI

RAPPORT FINAL

Actualisation des données de base
Annexe 3 : navigabilité - mission A.1.3.

GROUPEMENT MANANTALI

Ingénieurs Conseils

RRI

DORTMUND

Tractionel STUCKY

BRUXELLES

SONED

DAKAR

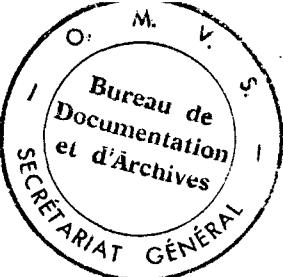
ETUDE D'EXECUTION DU BARRAGE ET DE L'USINE
HYDROELECTRIQUE DE MANANTALI

Mission A.1.3. - NAVIGABILITE

RAPPORT FINAL

Octobre 1977

RESUME ET CONCLUSIONS



1. Ce rapport a été présenté au client par le Groupement Manantali comme rapport intérimaire en février 1977 suivant les articles 4.4. et 4.7. des Termes de Référence. Les conclusions du rapport intérimaire ont été intégrées dans l'analyse économique préliminaire qui a été remise mi-avril 1977. La présente version incorpore les commentaires formulés au sujet du rapport préliminaire.
2. Le but de ce rapport est donc de déterminer plus en détail le volume et le coût des travaux d'aménagement des seuils et du fleuve pour certains cas de régularisation et pour différents tirants d'eau. De plus, il vise à estimer le coût du transport fluvial en vue d'en déterminer ultérieurement la rentabilité propre. En y incluant les frais de fonctionnement et d'entretien, une comparaison des coûts des différents cas pour l'an 2025 confirme le choix du cas n° 7 qui a été déjà envisagé dans le rapport intérimaire.
3. Le premier chapitre qui résume les études de navigation antérieures, montre que les conclusions de ces études, quant à certains seuils, sont contradictoires. Le Groupement Manantali a donc décidé de procéder à la vérification de certaines caractéristiques de ces seuils par lui-même.
Les résultats de la mission du Groupement, qui s'est déroulée en décembre 1976, sont donnés au chapitre 2.
4. Le chapitre 3 commence par déterminer les débits résiduels, tronçon par tronçon, tout le long du fleuve, en aval de KAYES, après que l'irrigation ait prélevé l'eau dont elle a besoin. Ces débits résiduels donnent, pour chaque cas de régularisation, des tirants d'eau résiduels sur chaque seuil.
Pour les seuils où les tirants d'eau résiduels sont inférieurs au tirant requis par la navigation, on a déterminé les volumes de dragage et de dérochement et leurs coûts.
5. Une première constatation est que le tronçon AMBIDEDI-KAYES (± 42 km) devra être aménagé quel que soit le cas de régularisation et le tirant d'eau choisi pour les bateaux. Une seconde constatation est que certaines solutions qui comprennent des aménagements de seuils importants, ne sont pas acceptables techniquement parce qu'elles modifieraient sans doute trop profondément le profil et le régime du fleuve.

6. Le chapitre 3 conclut en montrant que, du point de vue de la navigation, le cas de régularisation n°. 7 (255.000 ha irrigués, 800 GWh, 100 m³/2 spécifiquement attribués à la navigation, niveau de retenue max. à 213 m) serait le plus avantageux, entraînant un coût des aménagements d'environ 1.725 millions de F.CFA pour un tirant de navigation de 1,80 m. Pour un tirant d'eau de 2,20 m, la même régularisation demanderait des aménagements estimés à 6.190 millions de F.CFA, soit un coût 3,5 fois plus élevé que celui exigé par le tirant à 1,80 m. On recommande donc de prévoir un tirant d'eau aussi petit que possible, car il en résulte, comme conséquence directe, un nombre de seuils à aménager plus faible et des coûts pour les ouvrages de régularisation du fleuve moins élevés et, ce qui importe beaucoup des frais d'entretien du fleuve largement réduits.
7. Dans le chapitre 4 on a fait une estimation de l'évolution du transport sur le Sénégal jusqu'à l'an 2025 pour le cas de 2 hypothèses, l'une prévoyant un développement assez poussé, l'autre prévoyant un développement plus modéré. Pour satisfaire en 2025 une demande annuelle de transport de marchandises diverses et de pétrole d'environ 5,2 (2,5)⁺ milliards de tonnes-km (soit l'équivalent de 8,6 (4,1)⁺ millions de tonnes/an sur les 925 km de parcours), il faudrait, pour un tirant de 1,80 m, une flotte de 470 (220)⁺ barge à marchandises diverses, 51 (24)⁺ barge pétrolières, 54 (25)⁺ pousseurs de convoi, et 8 pousseurs de port. Cette flotte représente un investissement de 49,6 (23,4)⁺ milliards de F.CFA (prix 1977) et des frais de fonctionnement annuels de 15,5 (7,4)⁺ milliards de F.CFA, y compris l'amortissement de la flotte et les frais administratifs.

Un transport de mineraux de 5 millions de tonnes par an de Kayes à St. Louis demanderait de plus 230 barge minéralières, 29 pousseurs de convoi et 5 pousseurs de port, soit un investissement supplémentaire de 21,8 milliards de F.CFA et des coûts de fonctionnement additionnels de 7,4 milliards de F.CFA par an.

⁺ Les valeurs entre parenthèses correspondent au développement modéré.

8. Pour les 4 cas d'aménagement des seuils considérés par la suite, c.à.d. 5, 7, 7a, 7b et les flottes correspondantes, on a calculé les coûts d'investissement globaux en 2025 et les coûts d'exploitation annuels globaux en 2025, dont voici les résultats.

Cas d'aménagement	cas 5	cas 7	cas 7a	cas 7b
Coûts d'investissement globaux en 2025 (en 10^9 F.CFA)	89,948 ⁺ 64,208	85,366 59,201	85,494 62,436	88,723 66,316
Coûts d'exploitation annuels globaux en 2025 (en 10^9 F.CFA)	22,650 15,684	21,852 14,789	21,434 15,179	21,884 16,099

⁺ Le 2ème nombre de chaque couple correspond au développement modéré.

En considérant que le développement modéré sera le plus probable, ces résultats nous ont permis de choisir le cas 7 comme étant le plus économique. C'est donc aussi pour ce cas 7 qu'on a déterminé au paragraphe 4.9 l'évolution de la flotte jusqu'à 2025 et les calendriers des coûts correspondants.

9. Les coûts de transports par voie fluviale pour les capacités définies pour 2025 et pour la flotte donnée au para. 7 sont:

Coûts de transports en FCFA/tkm	sans minerai		avec minerai	
	développement poussé	développement modéré	développement poussé	développement modéré
marchandises	3,543	3,993	3,373	3,488
pétrole	3,223	3,723	3,053	3,218
minerai	-	-	2,013	2,088

Ces coûts comprennent les coûts de la flotte, les charges financières et administratives de l'organisme responsable de la navigation, ainsi que les aménagements et infrastructures fluviales requises pour assurer la navigation.

TABLE DES MATIERES

PREMIERE PARTIE : TEXTE ET TABLEAUX

	<u>Page</u>
1. Etude de la documentation existante	
1.1. Etude de l'Union Hydroélectrique Africaine UGEA de 1950	1
1.2. Rapport de la mission hydrographique du BCEOM d'octobre 1966 et rapport sur les études hydrologiques de 1968 - 1969 (rapport Ivanov)	1
1.3. Etude de Beziukov 1970	2
2. Mission d'observation sur le terrain	
2.1. Définition des travaux de la mission	5
2.2. Résultats	6
2.3. Autres observations de la Mission	9
3. L'aménagement des seuils du fleuve SENEgal	
3.1. Considérations préalables	11
3.2. Les débits résiduels	14
3.3. Tirants d'eau sur les seuils et nombre de seuils à traiter	17
3.4. Les coûts d'aménagement des seuils	40
3.5. Coûts d'investissement de l'infrastructure fluviale	43
4. La navigation future entre SAINT LOUIS et KAYES	
4.1. Introduction	46
4.2. La situation actuelle de la navigation sur le SENEgal dans la région étudiée (ST. LOUIS - KAYES)	46
4.3. Prévision de la demande de capacité de transport pour la période de 1985 à 2025-26	47
4.3.1. Volume de transport à la montée	47
4.3.2. Volume de transport à la descente	50
4.4. Détermination du système de transport sur le SENEgal	53
4.4.1. Description des types de bateau	57
4.4.2. Transport de marchandises diverses	58
4.4.3. Transport pétrolier	60

	<u>Page</u>
4.4.4. Transport minéralier	60
4.4.5. Domaine du port	60
4.5. Planning d'utilisation et dimensionnement de la flotte pour le transport en l'an 2025/26	61
4.5.1. Profondeur d'enfoncement	61
4.5.2. Passes navigables	64
4.5.3. Capacité de chargement des types de barges re- commandés	64
4.5.4. Disponibilité des bateaux dans l'année	67
4.5.5. Nombre de bateaux requis	68
4.6. Détermination des coûts d'investissement et des coûts annuels totaux de la flotte	71
4.6.1 Coûts d'investissement de la flotte	71
4.6.2. Coût de fonctionnement annuel de la flotte	75
4.6.3. Frais administratifs de l'organisation de Navigation	76
4.7. Estimation des coûts de transports unitaires	77
4.8. Choix proposé	81
4.9. Evolution de la navigation sur le fleuve SENEgal de 1985/86 à 2025/26	83
4.10. Manque à gagner de la navigation provoqué par une période de sécheresse	96

DEUXIEME PARTIE : FIGURES

- 1 - Comparaison des résultats des études UHEA, IVANOV et ORSTOM
- 2 - Tirants d'eau en fonction des débits par secteurs
- 3 - Vérification des profils en travers typiques sur des seuils importants - ORTOGOTEL, DIANKANDAPE
- 4 - Vérification des profils en travers typiques sur des seuils importants - TAMBOURKANE, AMBIDEDI
- 5 - Vérification des profils en travers typiques sur des seuils importants DIOULDE-DIABE, KABOU
- 6 - Vérification du profil en long typique sur le seuil de KOUNDEL
- 7 - Mesure de débit à DIOULDE-DIABE, BAKEL et OUAUNDE
- 8 - Courbes granulométriques
- 9 - Tirants d'eau sur les seuils correspondant aux débits résiduels pendant le mois le plus chargé : cas 1,2 et 3
- 10 - Tirants d'eau sur les seuils correspondant aux débits résiduels pendant le mois le plus chargé : cas 5, 6 et 7
- 11 - Tirants d'eau sur les seuils correspondant aux débits résiduels pendant le mois le plus chargé : cas 4, 5 et 8
- 12 - Nombre de seuils à traiter
- 13 - Variation des volumes à draguer par rapport aux débits additionnels à DIAMA
- 14 - Variation des volumes à dérocher en fonction des débits additionnels à DIAMA
- 15 - Coûts d'aménagements des seuils en fonction du débit supplémentaire à DIAMA et du tirant d'eau
- 16 - Coûts d'aménagements des seuils en fonction des tirants d'eau et du nombre de seuils

P R E M I E R E P A R T I E

TEXTE ET TABLEAUX

1. ETUDE DE LA DOCUMENTATION EXISTANTE

1.1. Etude de l'Union Hydroélectrique Africaine UHEA de 1950

Dans l'étude UHEA, on a examiné 46 seuils. Les plans de situation des seuils indiquent les profondeurs de l'eau le long du thalweg et le kilométrage. Des bancs sableux et rocheux ainsi que les rivages sont représentés de façon qualitative. L'échelle de ces plans est de 1/15.000.

L'étude contient un profil en long du cours d'eau entier de ST. LOUIS à KAYES ainsi que de la dérivation "DOUE". Elle contient également une estimation d'hauteur de la surface de l'eau pour un débit de 500 m³/s.

On a utilisé ces données pour représenter le profil en long à une échelle adéquate en indiquant également la ligne d'eau pour un débit de 500 m³/s. Ceci montre que le régime total du fleuve est déterminé par quelques seuils seulement. En amont, plusieurs seuils se trouvent ainsi dans la zone de retenue des seuils déterminants. La ligne d'eau du cours d'eau inférieur permet de déterminer la zone d'influence de la marée. En effet, cette zone est limitée par le point où les deux lignes d'eau possibles pour $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ commencent à se superposer (voir figure 1).

1.2. Rapport de la mission hydrographie du BCEOM d'octobre 1966 et rapport sur les études hydrologiques de 1968 - 1969 (rapport Ivanov)

Les résultats du Rapport Ivanov ont été indiqués sur la figure 1. Le profil en long contient les niveaux des seuils du fleuve et les hauteurs d'eau pour les débits de 200, 300 et 400 m³/s.

Une comparaison des résultats met en évidence des contradictions entre les résultats de l'étude UHEA et l'étude IVANOV. Dans certains tronçons du fleuve, les fonds des seuils ont été abaissés par l'érosion et l'effet de retenue de certains seuils a disparu.

Un des buts de la mission d'observation sur le terrain était de vérifier les profondeurs d'eau sur certains seuils en relation avec le débit du fleuve qui a été mesuré ou lu à l'échelle la plus proche en amont ou en aval.

1.3. Etude de Beziukov 1970

Dans l'étude de Beziukov les résultats de l'étude Ivanov ont été dépouillés et les tirants d'eau en fonction des débits par secteurs du fleuve ont été représentés (fig. 2). Les seuils commencent au km 320 et s'étendent jusqu'à KAYES au km 924. Les seuils les plus dangereux et à tirants d'eau minimaux sont les suivants :

- Douldé - Diabé	km 437
- Kerr	km 524
- Tchimpén	km 640
- Gouriki	km 685
- Gourmal	km 696
- Ouaoundé	km 714
- Moudéri	km 766
- Goutioubé	km 825
- Kabou	km 843
- Ambidedi	km 883
- Tamboukané	km 898
- Diakandapé	km 901
- d'Ortogoté	km 911.

Les tirants d'eau sur la fig. 2 montrent déjà, qu'avec un tirant d'eau de 1,80 m (enfoncement des bateaux de 1,50 m), la navigation n'est possible qu'avec un débit du fleuve de plus de 800 m³/s à cause du tronçon AMBIDEDI-KAYES.

D'autre part, abstraction faite du seuil de KABOU, la navigation avec un tirant d'eau de 2 m est possible de ST. LOUIS à AMBIDEDI, moyennant un débit de 300 m³/s.

On peut donc en conclure que quelle que soit la hauteur du barrage de MANANTALI, il faudra aménager le tronçon KAYES-AMBIDEDI et le seuil de KABOU, puisqu'à partir de MANANTALI on ne peut régulariser que l'apport du BAFING dont le débit annuel moyen s'élève à quelque 365 m³/s. Toutes les solutions de navigation impliquent donc un aménagement minimum des seuils, surtout si l'on veut rendre le tronçon AMBIDEDI-KAYES navigable.

Pour 13 seuils et pour un tirant de 1,5 m à partir du niveau de référence qui correspond à un débit de 150 m³/s, les volumes de dragage calculés dans le tome III du rapport Beziukov sont les suivants : (largeur des passes égale à 20 m)

- pour un tirant de 0,8 m : 25.000 m³
- pour un tirant de 1,0 m : 55.000 m³
- pour un tirant de 1,2 m : 100.000 m³.

Pour 26 seuils ces valeurs ont été doublées. Selon l'expérience, 30 % ont été additionnés pour tenir compte des valeurs des travaux réitératifs. Dans ce cas Beziukov arrive aux valeurs suivantes :

- pour un tirant de 0,8 m : 65.000 m³
- pour un tirant de 1,0 m : 140.000 m³
- pour un tirant de 1,2 m : 260.000 m³.

L'acquisition des bateaux du convoi de dragage est estimée par Beziukov à 75 mill. F.CFA et les frais annuels d'exploitation du convoi de dragage sont de 20 mill. F.CFA. Pour une durée des travaux de 3 ans on arrive donc, dans le cas d'un tirant d'eau de 1,20 m et de 26 seuils à traiter, à un prix de dragage pour 1 m³ de :

$$\frac{75 \text{ mill.} + (3 \times 20)}{260.000} = 520 \text{ F.CFA / m}^3.$$

Ce prix contient 100 % des coûts d'acquisition des bateaux du convoi de dragage. Une valeur résiduelle de 35 % pour les dragueuses abaisserait ce prix à 420 F.CFA/m³.

Pour les seuils rocheux, les travaux de déroctage et d'enlèvement des déblais sont les suivants (largeur des passes 20 m) :

- pour un tirant de 0,8 m : 5.060 m³
- pour un tirant de 1,0 m : 13.250 m³
- pour un tirant de 1,2 m : 29.785 m³.

En cas d'un prix de 10.000 F.CFA/m³ pour le déroctage d'un transport sur 500 m, les coûts correspondants sont :

- pour 0,8 m : 50,6 millions F.CFA
- pour 1,0 m : 132,5 millions F.CFA
- pour 1,2 m : 297,8 millions F.CFA.

Pour l'enlèvement des déblais, Beziukov a calculé un prix de 2.000 F.CFA/m³ en cas d'un transport sur 500 m :

$$17.300 \text{ m}^3 \times 2.000 = 34,6 \text{ millions F.CFA.}$$

Pour le tronçon AMBIDEDI - KAYES, les valeurs correspondantes sont :

- pour 0,8 m : 6,5 millions F.CFA
- pour 1,0 m : 56,7 millions F.CFA
- pour 1,2 m : 158,2 millions F.CFA

et l'enlèvement des déblais est estimé à 29 millions de F.CFA.

Il est à noter que la longueur d'aménagement entre AMBIDEDI et KAYES est d'environ 22 km, c'est-à-dire 50 % de la distance entre les deux endroits.

D'après Beziukov, on peut utiliser pour la construction des ouvrages de rectification des enrochements, de la terre, des pilotes et des branches mortes. Comme chiffre de base on a estimé un volume des ouvrages à réaliser de 1.500 m³/km ce qui donne, pour une longueur à traiter de 37 km, un volume de 55.500 m³.

En cas d'un prix unitaire de 5.000 F.CFA par m^3 d'enrochement, Beziukov arrive à un prix pour la rectification de 277,5 millions de F.CFA.

Les chiffres mentionnés ci-dessus sont pris en considération pour l'estimation des coûts d'aménagement des seuils et sont mis au niveau actuel.

2. MISSION D'OBSERVATION SUR LE TERRAIN

2.1. Définition des travaux de la mission

Les différentes missions dont les résultats sont résumés ci-dessus indiquent des différences marquantes de niveau pour le fond du fleuve au niveau de certains seuils. La vérification précise de ces niveaux ne pouvait être entreprise dans le cadre du dimensionnement de la hauteur de retenue de MANANTALI. Elle devra se faire dans le cadre du projet d' "Amélioration de la navigabilité du fleuve Sénégal ". Toutefois, pour estimer la navigabilité sur certains de ces seuils, il a été nécessaire de mesurer les profondeurs d'eau dans les profils en long et en travers en liaison avec des mesures de débit, ou avec des lectures d'échelles limnimétriques. Ces mesures ont pu être comparées aux mesures antérieures et on a pu ainsi en déduire l'évolution et l'état actuel des seuils.

Les profondeurs ont été mesurées par échosondage aux endroits suivants:

km 911 - Ortogotel	profils en travers
km 901 - Diakandape	profils en travers
km 898 - Tamboukane	profils en travers
km 883 - Ambidédi	profils en travers
km 843 - Kabou	profils en travers
km 604 - Koundel	profils en long
km 437 - Diouldé-Diabé	profils en travers.

Les mesures de débit ont été effectuées en trois endroits, soit à:

km 800 - Bakel
km 714 - Oaoundé
km 435 - Diouldé-Diabé

Les pentes de la surface d'eau ont été mesurées:

au km 846 - Kabou (amont)
au km 800 - Bakel (amont)
au km 714 - Oaoundé (aval et amont)

Des échantillons du fond mobile ont été prises à:

Kabou (km 846)
Bakel (km 800)
Oaoundé (km 714) et
Diouldé-Diabé (km 435).

2.2 Résultats

Les figures 3,4,5 et 6 montrent les résultats de la mission du Groupement Manantali. Les profondeurs minimales sont représentées au tableau 1.

Lors du tour d'observation effectué par la mission du Groupement Manantali sur le fleuve Sénegal, on a pu constater sur plusieurs exemples l'état actuel des seuils et en conclure si, au cours des dernières années, le tirant d'eau dans l'axe de la voie navigable a augmenté ou diminué, compte tenu du débit mesuré.

Ces observations faites sur une série limitée de seuils montre des différences de profondeur du même ordre de grandeur que celles constatées pour des mesures antérieures, indépendantes. C'est pour cette raison qu'on peut se baser, pour l'estimation des volumes à draguer et à dérocher, sur les mesures beaucoup plus détaillées effectuées par Ivanov.

TABLEAU 1 - RESULTATS D'ECHOSONDAGE - COMPARAISON AVEC D'AUTRES

ETUDES

Nom du seuil	Profondeur min. (m) pour environ 300 m ³ /s.		
	UHEA	IVANOV	MISSION
Ortogotel	2,10	1,10	1,55
Diakandopé	1,00	0,60	0,60
Tamboukané	1,00	1,00	0,90
Ambidédi	2,20	1,40	2,00
Kabou	1,30	1,50	1,20
Koundel	1,90	2,50	1,60
Diouldé-Diabé	1,60	2,40	2,50 ⁺

(⁺ Q = 180 m³/s)

Les résultats de mesure des débits à BAKEL, OAOUNDE et DIOULDE-DIABE sont donnés à la fig. 7.

Les résultats concordent bien avec les courbes de tarage qui ont été lues aux échelles. Pour la transformation du débit correspondant à l'endroit de mesure, le temps de propagation du débit a été pris en considérant une vitesse de courant d'environ 40 km/jour.

Il est à noter que le débit à DIOULDE-DIABE est réduit par la déduction du débit de la DOUE qui s'écoule dans ce tronçon parallèlement au fleuve principal à partir de la bifurcation de M'BAGNE.

Les résultats de mesure des pentes de la surface d'eau sont donnés ci-dessous (tableau 2).

TABLEAU 2 - RESULTATS DE MESURE DES PENTES DE LA SURFACE D'EAU

Nom du seuil	Pentes en %					
	UHEA ⁺ (1950)		IVANOV ⁺⁺ (1968-69)		MISSION ⁺⁺ (1976)	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Kabou	0,011	0,083	0,057	0,064	0,098 (1.12.76)	-
Bakel	0,072	0,072	0,070	0,060	0,053 (3.12.76)	-
Oaoundé	0,033	0,060	0,046	0,030	0,016 (5.12.76)	0,054

+ Débit de l'étude de UHEA 500 m³/s

++ Débit des études IVANOV et MISSION 300 m³/s.

On peut tirer les conclusions suivantes :

- D'après IVANOV le seuil de KABOU n'influence plus le régime du fleuve en amont du seuil, parce que la pente amont est devenue plus importante par rapport à la mesure UHEA, ce qui indique que l'effet de retenue a disparu. Le profil en long (fig.1) montre l'abaissement de la crête du seuil. Cette constatation est confirmée par la mission du Groupement, qui a constaté, en effet, que la pente a augmenté en amont du seuil.
- La pente en amont du seuil de BAKEL a été mesurée pour déterminer la valeur K de la formule Manning-Strickler

$$v = K \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (\text{m/s})$$

avec $v_m = 0,43 \text{ m/s}$, $F = 699 \text{ m}^2$, $U = 407 \text{ m}$ on a $R = 1,72 \text{ m}$ et avec
 $J = 0,053 \%$

on obtient :

$$K \sim 41 \text{ m}^{2,5}/\text{s}$$

Cette valeur correspond à un débit d'environ 300 m³/s mesuré à l'aide d'un moulinet le 3.12.1976 (échelle à BAKEL 2.67 m).

- Les mesures de la pente de la surface d'eau à OAOUNDE confirment les résultats de l'étude de UHEA et restent en contradiction avec l'étude d'Ivanov. Il semble que le seuil d'AOOUNDE puisse encore influencer le régime du fleuve en amont.
- Les résultats des échantillons du fond mobile du seuil de KABOU, à quelques kilomètres de BAKEL, d'AOOUNDE et de DIOULDE-DIABE sont donnés dans la fig. 8. La granulométrie du sable s'étend de 0,1 mm à 6 mm dont la moitié du poids est compris entre 0,25 et 0,5 mm. Il est à noter par contre que les berges sont formées de matériaux très fins et argileux.

La mission d'observation s'est déroulée à l'époque où le fleuve avait un débit de 300 m³/s environ. En aval de la bifurcation du fleuve SENEgal et de la DOUE, le débit du fleuve SENEgal était réduit à environ 180 m³/s. Ces débits correspondent à peu près au débit résiduel après régularisation du fleuve SENEgal.

2.3. Autres observations de la Mission

Lors de son voyage sur le fleuve de BAKEL à KAYES, la mission a pu constater que la circulation sur ce tronçon était pratiquement nulle bien que du point de vue débit elle soit parfaitement possible. Comme les bateaux ne peuvent pas circuler pendant l'étiage, l'amortissement des équipements est faible. Il est à remarquer que si le fleuve est régularisé, la ville de KAYES deviendra beaucoup plus facilement accessible par le fleuve que par la route. A KAYES il y avait une pirogue d'une capacité de 50 personnes venue de BAKEL; elle circule aussi longtemps que le débit du fleuve le permet.

L'influence de l'eau de filtration à travers les berges sur le débit régularisé du SENEgal est considérée comme faible, car lors du tour d'observation sur le fleuve, on a pu constater que les berges sont assez imperméables. En effet, elles sont formées de matériaux très fins et, à cause de leur faible coefficient de perméabilité, elles sont exploitées pour l'agriculture après la décrue.

Néanmoins il est possible qu'il y ait une infiltration à travers les couches d'alluvions du lit du fleuve. A cause des données insuffisantes ce problème ne peut pas être traité dans ce rapport et demande des essais et études supplémentaires sur le terrain.

En ce qui concerne la pêche sur ce tronçon du fleuve, elle est actuellement peu pratiquée à cause des ressources limitées pendant les mois d'étiage.

Les tours de balisage sur les roches dans le fleuve se trouvent encore dans un bon état. Le balisage lui-même le long des berges ne correspond parfois plus à l'état actuel du fleuve. En effet, le Zodiac de la mission a touché plusieurs fois le fond de la rivière en suivant les indications du balisage et bien que le débit du fleuve ait été compris entre 250 et 300 m³/s.

Le débit dans le fleuve entre juillet et janvier actuellement n'est pas utilisé pour l'agriculture sauf dans quelques prises d'eau équipées de pompes moteurs qui se trouvent les unes à quelques kilomètres en amont de BAKEL et les autres près de KAYES. L'eau dans le fleuve est très propre et les riverains utilisent l'eau du fleuve pour les besoins domestiques. La mission n'a observé aucune pompe à main, éolienne ou tractée par animaux.

Une description de l'état actuel de la navigation sur le fleuve est donnée de façon plus détaillée dans le chapitre 4 de ce rapport.

3. L'AMENAGEMENT DES SEUILS DU FLEUVE SENEgal

3.1. Considérations préalables

3.1.1. Un des objectifs de la retenue de MANANTALI et de la régularisation du fleuve SENEgal, est d'assurer la navigabilité du fleuve toute l'année durant. Cette navigabilité peut être obtenue en assurant un certain débit minimum et en aménageant un certain nombre de seuils.

Comme indiqué au paragraphe 1.3., les débits de quelque 800m³/sec requis pour assurer la navigabilité sans aucun aménagement des seuils est hors de portée de la retenue de MANANTALI qui ne peut régulariser qu'un apport annuel moyen de 365 m³/s.

Un programme minimum d'aménagement des seuils s'impose donc.

3.1.2. Pour déterminer le volume d'aménagements supplémentaires, au-delà du programme minimum, il est nécessaire de comparer le coût de ces aménagements avec ce coût du rehaussement du barrage qui assurerait un plus grand débit régularisé. Toutefois, certaines considérations techniques imposent des limites au domaine dans lequel des considérations économiques de coût/bénéfice peuvent jouer.

En s'imposant de trouver une solution pour l'aménagement du fleuve, nécessitant un minimum de travaux à effectuer, on veut éviter autant que possible de modifier le régime du fleuve. Il faut remarquer que le régime actuel est soumis à une variation continue.

Cette variation a lieu pendant les périodes de crues, parce qu'on peut admettre que le débit provoquant les modifications du lit soit sensiblement plus élevé que le débit régularisé. Les points essentiels d'un programme minimal d'aménagement du fleuve sont donc les suivants:

- Crédation d'un tirant d'eau suffisant pour le débit régularisé.
- Construction d'épis pour maintenir la ligne d'eau avant et après l'aménagement des seuils.
- Dragages importants après la période des pluies dans le cadre des travaux d'entretien annuels de la voie navigable.

On n'a pas prévu la construction de panneaux de fond, d'écrans verticaux et d'ouvrage de protection des berges parce que le débit solide est négligeable pour le débit régularisé. Les expériences lors des premiers dragages au cours des travaux d'entretien annuels fourniront alors des indications précises pour la construction des ouvrages destinés à réduire les travaux d'entretien comme les écrans verticaux et les ouvrages de protection et de stabilisation des berges.

Le programme d'aménagement du fleuve proposé dans cette étude assure la navigabilité continue au cours de la période d'étiage (c.à d. avec les débits résiduels).

L'élaboration d'un programme d'aménagement et les coûts correspondants, prévoyant la protection contre les crues sur toute la longueur du fleuve, dépasserait de loin le cadre fixé par cette étude.

3.1.3. D'un autre côté, étant donné le type de vallée très évasé du fleuve SÉNEGAL, il faut augmenter les volumes d'eau d'une façon importante pour obtenir une élévation de niveau significativement utile pour la navigation. En première approximation, un aménagement des seuils est généralement moins coûteux qu'un rehaussement de la retenue.

3.1.4. Le rapport de Régularisation a défini 12 cas de retenues de barrage et donc de hauteur maximum de la retenue qui correspondent à différents objectifs économiques. Ces 12 cas sont rappelés dans le tableau ci-après.

NIVEAUX D'EXPLOITATION MAXIMUM SUIVANT LES CAS ENVISAGES ET LE
CRITERE DE DEFICITS

N°		Niveau	max. normal	
		D = 0	D = 10 %	Δ
11	300 m3/s à BAKEL + 900 GWh/an	212	209	3
1	300 m3/s à BAKEL + 800 GWh/an	208	205	3
9	300 m3/s à BAKEL + 600 GWh/an	204	201	3
10	300 m3/s à BAKEL + 400 GWh/an	202	201	1
5	255.000 ha + 0 m3/s navigation + 800 GWh/an	207	204	3
6	255.000 ha + 50 m3/s navigation + 800 GWh/an	208	205	3
7	255.000 ha + 100 m3/s navigation + 800 GWh/an	213	209	4
4	320.000 ha + 0 m3/s navigation + 800 GWh/an	208	205	3
3	376.529 ha + 0 m3/s navigation + 800 GWh/an	213	208	5
2	376.529 ha + 100 m3/s navigation + 800 GWh/an	234	228	6
8	255.000 ha ou 300 m3/s à BAKEL + 800 GWh/an	209	206	3

3.1.5. Comme on peut le voir, certains cas considèrent la navigation comme une fonction résiduelle à laquelle on ne fournit aucun volume d'eau en propre. Ces solutions impliquent un programme d'aménagement des seuils plus important pour un tirant d'eau donné que les solutions qui attribuent un volume spécifique à la navigation.

3.1.6. Ce chapitre vise donc à déterminer, pour les cas de régularisation définis ci-dessus, le nombre de seuils à aménager et l'importance de ces travaux pour différents tirants d'eau. La première étape consiste à définir les débits résiduels dans chaque tronçon du fleuve après que l'agriculture ait pris l'eau requise pour l'irrigation, ces quantités variant selon les cas de régularisation. La seconde étape consiste à définir, pour chacun des débits résiduels, les tirants d'eau sur les seuils. Une fois ces tirants d'eau connus, on peut déterminer, et c'est la troisième étape, le nombre de seuils à traiter pour obtenir tout au long du parcours et toute l'année durant, et pour chacun des cas de régularisation, le tirant d'eau satisfaisant la navigation.

3.2. Les débits résiduels

3.2.1. Pour déterminer la navigabilité sur chaque seuil, il a fallu déterminer le bilan en eau de treize tronçons du fleuve après que l'agriculture ait prélevé l'eau nécessaire à l'irrigation en amont de ces tronçons, et compte tenu de l'évaporation du fleuve. Pour ce faire, l'étude " Agriculture " (Mission A.1.4.) a déterminé les besoins en eau et les surfaces irrigables le long de ces treize tronçons et a exprimé ces surfaces en pourcentage du total des surfaces irrigables, soit 376.529 ha.

Pour établir les besoins de l'irrigation dans les cas où on ne développe qu'une fraction du total irrigable, on a fait l'hypothèse d'un développement proportionnel aux surfaces irrigables dans chacun des tronçons définis.

Les tableaux 3 et 4 tirés du rapport de la Mission A.1.4. - Agriculture, donnent les besoins en eau en l / sec. ha et le rapport Hydrologique (Mission A.1.2.) donnent les mesures des évaporations pour chaque tronçon.

Les tableaux 5 à 12 donnent le détail de ces bilans pour les cas de hauteur de retenue considérés. En aucun cas on a admis un débit négatif à l'embouchure du fleuve.

TABLEAU 3 - VALEURS DES DEMANDES SPECIFIQUES MENSUELLES
POUR L'IRRIGATION LE LONG DU FLEUVE

(1/sec.ha ramenés à BAKEL)

		JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	% *
1	KAYES - BAKEL	0,81	0,91	0,74	0,63	0,48	1,05	1,08	0,92	0,45	0,37	0,58	0,73	2,36
2	MOUDERI - GOURIKADIOM	0,82	0,9	0,73	0,62	0,51	1,04	1,07	0,89	0,45	0,38	0,59	0,73	8,83
3	GOURIKADIOM - TCHIMPEN	0,82	0,89	0,72	0,62	0,53	1,04	1,08	1,04	0,44	0,39	0,6	0,74	7,35
4	TCHIMPEN - KOUNDEL	0,83	0,89	0,72	0,61	0,55	1,05	1,06	0,85	0,44	0,4	0,6	0,74	7,34
5	KOUNDEL - N'GUIGUILONE	0,83	0,88	0,72	0,61	0,57	1,06	1,15	0,91	0,48	0,41	0,6	0,74	3,02
6	N'GUIGUILONE - KERR	0,83	0,88	0,71	0,6	0,58	1,07	1,15	0,9	0,48	0,42	0,61	0,74	5,53
7	KERR - M'BAGNE	0,83	0,87	0,71	0,6	0,6	1,07	1,14	0,88	0,48	0,42	0,61	0,75	6,64
8	M'BAGNE - VINDINGUE	0,84	0,87	0,71	0,60	0,61	1,07	1,14	0,87	0,47	0,42	0,62	0,75	13,50
9	VINDINGUE - DIOULDE-DIABE	0,84	0,86	0,71	0,59	0,62	1,08	1,13	0,86	0,47	0,43	0,62	0,75	3,81
10	DIOULDE-DIABE - DEMET	0,84	0,86	0,71	0,59	0,65	1,08	1,13	0,84	0,47	0,44	0,63	0,75	9,09
11	DEMET - MAFOU	0,85	0,85	0,70	0,58	0,67	1,09	1,11	0,82	0,46	0,44	0,63	0,76	7,90
12	MAFOU - PODOR	0,85	0,84	0,70	0,57	0,69	1,09	1,10	0,80	0,45	0,45	0,64	0,76	6,85
13	PODOR - ST. LOUIS	0,86	0,83	0,68	0,55	0,77	1,11	1,08	0,74	0,45	0,5	0,66	0,77	17,80

(*) pourcentage du total des 376.529 ha de surfaces irriguables dans chaque tronçon.

TABLEAU 4 - VALEURS DE L'EVAPORATION (m³/s ramenés à BAKEL)

		JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
1	MANANTALI - KAYES	4	4	5	6	6	4	4	4	3	4	4	4
2	KAYES - BAKEL	5	5	6	7	7	6	5	4	4	5	4	4
3	BAKEL - MOUDERI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	MOUDERI - GOURIKADIOM	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
5	GOURIKADIOM - TCHIMPEN	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
6	TCHIMPEN - KOUNDEL	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
7	KOUNDEL - N'GUIGUILONE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	N'GUIGUILONE - KERR	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
9	KERR - M'BAGNE	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
10	M'BAGNE - VINDINGUE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	VINDINGUE - DIOULDE-DIABE	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
12	DIOULDE-DIABE - DEMET	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
13	DEMET - MAFOU	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1
14	MAFOU - PODOR	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
15	PODOR - ST. LOUIS	9	10	11	12	12	11	9	6	5	6	7	8

3.2.2. En ce qui concerne les débits pour la navigation, les cas 1 à 8 ont été considérés. Les débits des cas 1 et 8 sont presque identiques et ceux des cas 9, 10, 11 et 12 ne varient pas pour les débits pendant l'étiage. Par conséquence, les cas 2 à 8 ont été étudiés plus profondément. Une répartition des débits résiduels en 13 tronçons était suffisante pour déterminer les débits sur les seuils en interpolant les valeurs données aux tableaux 5 à 12.

3.3. Tirants d'eau sur les seuils et nombre des seuils à traiter

Sur la base des graphiques de Ivanov les tirants d'eau ont été déterminés pour chaque mois. Selon les débits résiduels des tableaux 5 à 12 les tirants d'eau pour tous les seuils ont été indiqués dans les tableaux 13 à 20.

En outre, le nombre des seuils à traiter dépend de la valeur du tirant d'eau choisi pour la navigation. Pour une estimation de l'ordre de grandeur des tirants d'eau, il faut d'abord fixer l'enfoncement minimal d'un bateau standardisé qui pourrait être prévu sur le fleuve SENE GAL. L'enfoncement minimal ne semble pas être économique à moins de 1,50 m étant donné les contraintes de longueur et de largeur imposées par le fleuve et le tonnage minimum acceptable pour les bateaux.

En admettant un espace nécessaire entre la carène et le fond du fleuve d'environ 0,30 m, on obtient comme tirant d'eau minimal une profondeur de 1,80 m. En outre, les tirants d'eau de 2,00 m et de 2,20 m ont été étudiés pour le cas 7, le cas le plus avantageux pour la navigation.

Le nombre des seuils à traiter dépend des tirants d'eau minimum sur les seuils, c'est-à-dire du mois avec le tirant le plus faible puisqu'on veut assurer la navigation pendant toute l'année. Ces tirants d'eau le long du fleuve sont présentés dans les figures 9 à 11.

Ainsi, à partir de la figure 9, on voit immédiatement que tous les seuils qui apparaissent au dessous de la ligne 1,80 m sont à traiter pour le cas de régularisation n° 1 puisqu'ils n'assurent pas un tirant d'eau de 1,80 m avec le débit résiduel.

A l'aide des figures 9 à 11, le nombre et la situation des seuils à traiter ont été étudiés.

Les résultats pour tous les cas sont donnés dans la figure 12.

Le tableau 21 présente les différents cas de régularisation dans l'ordre croissant des nombres de seuils à aménager.

Les tableaux 12a et 12b, 20a et 20b sont relatifs à la phase transitoire pour laquelle on a estimé qu'un maximum de 73.000 ha seraient développés en double cultures (voir Rapport A.1.4. - Agriculture, Deuxième Partie, Annexe 3). Les deux cas envisagés correspondent respectivement à :

PT 1 : retenue à 204 m.

PT 4 : retenue à 210 m. (voir Rapport A.1.5 - Régularisation).

Tabl. 5 DEBITS RESIDUELS LE LONG DU FLEUVE

CAS N° 1 ; S = ± 249.000 ha; Q_{Nav.} = 300 m³/s BAKEL

	KM	JAN.	FEVRI.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	287 5	295 5	301 4	303 4	304 3	283 6	315 6	783 5	1929 3	1073 2	461 3	278 4
DEBIT PALERME	826 825	282 16	290 8	297 3	299 1	301 0	277 21	309 138	778 645	1926 873	1071 365	458 87	274 36
BAKEL	790 A E	298 0 1	298 0 1	300 0 1	301 0 1	298 0 1	447 0 1	1423 0 1	2799 0 1	1536 0 1	545 0 1	310 0 1	
NYAKOPI	766 A E	297 18 3	297 20 3	299 16 4	299 13 4	300 11 4	297 23 3	446 24 3	1422 20 3	2798 10 3	1535 8 3	544 13 3	309 16 3
NYAKOPI	685 A E	276 15 1	274 16 2	279 13 2	282 11 2	285 10 2	271 19 2	419 20 2	1399 19 2	2785 8 1	1524 7 2	528 11 1	290 14 1
DAKAR	640 A E	260 15 1	256 17 1	264 13 2	269 11 2	273 10 2	250 19 2	397 20 2	1378 16 1	2776 7 1	1515 7 1	516 11 1	275 14 1
KOUNDELL	604 A E	244 6 1	238 7 1	249 5 1	256 5 1	261 4 1	229 8 1	375 9 1	1361 7 1	2768 4 1	1507 3 1	504 5 1	260 6 1
NGUIGWILLO	575 A E	237 12 2	230 12 2	243 9 2	250 8 2	256 8 2	220 15 2	365 16 2	1353 13 1	2763 7 1	1503 6 1	498 9 1	253 10 2
KERR	524 A E	223 14 1	216 15 2	232 12 2	240 10 2	246 10 2	203 18 1	347 19 1	1339 15 1	2755 8 1	1496 7 1	488 10 1	241 13 1
N'BAKIE	490 A E	208 29 -	199 30 -	218 24 -	228 20 -	234 21 -	184 37 -	327 39 -	1323 30 -	2746 16 -	1488 14 -	477 21 -	
VINDIGNE	482 A E	179 8 2	169 8 2	194 7 2	208 6 2	213 6 2	147 10 2	288 11 2	1293 8 1	2730 5 1	1474 4 1	456 6 1	201 7 2
DIOULDE-DIABE	437 A E	169 19 2	159 20 2	185 16 2	200 14 2	205 15 2	135 25 2	275 26 2	1284 19 1	2724 11 1	1469 10 1	449 14 1	192 17 2
DENET	382 A E	148 17 2	137 17 2	167 14 3	184 12 3	188 13 3	108 22 3	247 22 1	1264 16 1	2712 9 1	1458 9 1	434 13 1	173 15 1
NAPOU	332 A E	129 15 2	118 15 2	150 12 2	169 10 2	172 12 2	83 19 2	224 14 2	1247 14 1	2702 8 1	1448 8 1	420 11 2	157 13 2
PODOR	268 A E	112 39 9	101 37 10	136 31 11	157 25 12	158 35 11	62 50 9	203 49 11	1232 33 6	2693 20 5	1439 23 6	407 30 7	142 35 8
ST. LOUIS	0	64	54	94	170	111	1	145	1193	2668	1410	370	99

A = Besoin en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

Tabl.: 6

DEBITS RESIDUELS LE LONG DU FLEUVE

CAS N° 2 ; S = 376.529 ha; Q_{Nav.} = 100 m³/s DIANA

	KM	JAN.	FEVRI.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	445 A	462 7	414 8	374 7	389 6	527 4	422 9	714 10	1434 8	763 4	352 3	384 6
DEBIT FALEMÉ	826	438	454	407	368	385	518	412	706	1430	760	347	378
BAGEL	825	16	8	3	1	0	21	138	645	873	365	87	36
MOULDERI	790	454 A	462 0	410 0	369 0	385 0	539 0	550 0	1351 0	2303 0	1125 0	434 0	414 0
GOURIKI	766	453 A	461 27	409 30	368 24	384 21	538 17	549 35	1350 36	2302 30	1124 15	433 20	413 24
TOCHINPIN	685	423 A	428 23	381 25	343 20	363 17	500 15	510 29	1317 29	2284 29	1108 12	410 11	386 20
KOUNDIL	640	399 A	401 23	359 25	324 20	346 17	469 15	478 29	1286 29	2271 23	1095 12	392 11	365 20
N'GUIDJILANE	604	375 A	375 9	337 10	305 8	329 7	438 6	447 12	1262 13	2258 10	1083 5	374 5	344 8
KERR	524	346 A	344 21	311 22	283 18	308 15	401 15	407 27	1231 29	2241 22	1067 12	352 11	318 19
M'BAGNE	490	324 A	320 43	291 44	266 36	291 31	373 54	377 58	1208 44	2228 24	1055 21	336 21	298 38
VINDIGNE	482	281 A	276 12	255 12	235 10	260 8	319 8	319 15	1164 16	2204 12	1034 7	305 8	260 11
DIOULDE-DIABE	437	267 A	262 29	243 24	225 2	250 20	302 22	301 37	1151 29	2196 16	1025 15	298 1	247 22
DEMET	382	236 A	231 25	217 21	203 17	223 20	263 32	262 33	1121 24	2179 14	1009 13	275 19	219 23
MANOU	332	209 A	204 22	193 18	183 15	203 18	228 28	228 28	1096 21	2164 12	995 11	255 12	195 20
PODOR	268	185 A	180 58	173 56	166 46	183 37	198 52	198 74	1074 72	2151 50	982 34	236 6	173 7
ST. LOUIS	0	118	114	116	117	119	113	117	1018	2116	942	185	113

A = Besoin en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

Tabl.: 7

DEBITS RESIDUELS LE LONG DU FLEUVE

CAS N° 3 : S = 376.529 ha; Q_{Nav.} = 0 m³/s DIANA

	KM	JAN.	FEVRI.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	342	361	313	273	287	432	323	773	1786	1106	453	284
	A	7	8	7	6	4	9	10	8	4	3	5	6
DEBIT FALEMÉ	826	337	353	306	267	283	423	313	765	1782	1103	448	278
	E	16	8	3	1	0	21	138	645	873	365	87	36
BAOUAL	790	353	361	309	268	283	444	451	1410	2655	1468	535	314
	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MOUDERI	766	352	360	308	267	282	443	450	1409	2654	1467	534	313
	A	27	30	24	21	17	35	36	30	15	13	20	24
	E	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
GOURIKI	685	322	327	280	242	261	405	411	1376	2636	1451	511	286
	A	23	25	20	17	15	29	30	29	12	11	17	20
	E	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
TSCHIMPEN	640	298	300	258	223	244	374	379	1345	2623	1438	493	265
	A	23	25	20	17	15	29	29	23	12	11	17	20
	E	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
KOUNDEL	604	274	274	236	204	227	343	348	1321	2610	1426	475	244
	A	9	10	8	7	6	12	13	10	5	5	7	8
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N'GUIDJILONE	575	264	263	227	196	220	330	334	1310	2604	1420	467	235
	A	17	18	15	12	12	22	24	19	10	9	13	15
	E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
KERR	524	245	243	210	182	206	306	308	1290	2593	1410	453	218
	A	21	22	18	15	15	27	29	22	12	11	15	19
	E	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
M'BAGNE	490	223	219	190	165	189	278	278	1267	2580	1398	437	198
	A	43	44	36	31	31	54	58	44	24	21	31	38
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VENDIGNE	482	180	175	154	134	158	224	220	1223	2556	1377	406	160
	A	12	12	10	8	8	15	16	12	7	8	6	11
	E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
DIOULDE-DIABE	437	166	161	142	124	148	207	202	1210	2548	1368	399	147
	A	29	29	24	20	22	37	37	29	16	15	22	26
	E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
DEMET	382	135	130	116	102	124	168	163	1180	2531	1352	376	119
	A	25	25	21	17	20	32	33	24	14	13	19	23
	E	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1
MAPOU	332	108	103	92	82	101	133	129	1155	2516	1338	356	95
	A	22	22	18	15	18	28	28	21	12	12	17	20
	E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
PODOR	268	84	79	72	65	81	103	99	1133	2503	1325	337	73
	A	58	56	46	37	52	74	72	50	30	34	44	52
	E	9	10	11	12	12	11	9	6	5	6	7	8
ST. LOUIS	0	17	13	15	16	17	18	18	1077	2463	1285	286	13

A = Besoin en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

Tabl.: 8

DEBITS RESIDUELS LE LONG DU PLEUVE

CAS. N° 4 ; S = 320.000 ha; $Q_{\text{Nav.}} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ DIAMA

	KM	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	295	311	274	247	255	370	314	827	1943	1176	461	278
A	6	7	6	5	4	8	10	10		5	3	4	6
DEBIT FALEME	826	289	304	268	242	251	362	304	817	1938	1173	457	272
	825	16	8	3	1	0	21	138	645	873	365	87	36
BAKEL	790	305	312	271	243	251	383	442	1462	2811	1538	544	308
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MOUDERI	766	304	311	270	242	250	382	441	1461	2810	1537	543	307
A	23	25	21	18	14	29	30	25	13	11	17	21	21
E	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
GOURIKI	685	278	283	245	220	232	350	408	1433	2794	1523	523	283
A	19	21	17	15	12	24	25	24	24	10	9	14	17
E	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
TSCHIMPEN	640	258	260	226	203	218	324	381	1407	2783	1512	508	265
A	20	21	17	14	13	25	25	20	20	10	9	14	17
E	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
KOUNDEL	604	237	238	207	187	203	297	354	1386	2772	1502	493	247
A	8	9	7	6	5	10	11	9	5	4	6	7	7
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N° GUIDJILONE	575	228	228	199	180	197	286	342	1376	2766	1497	486	239
A	15	16	13	11	10	19	20	16	8	7	11	13	13
E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2
KERR	524	211	210	184	167	185	265	320	1359	2757	1489	474	224
A	16	19	15	13	13	23	24	19	10	9	13	16	16
E	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
M'BAGNE	490	194	189	167	152	170	241	295	1339	2746	1479	460	207
A	36	38	31	26	26	46	49	38	20	18	27	32	32
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VENDIGNE	482	158	151	136	126	144	195	246	1301	2726	1461	433	175
A	10	10	7	7	8	13	14	10	6	5	8	9	9
E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2
DIOULDE-DIAZE	437	146	139	127	117	134	180	230	1290	2719	1455	424	164
A	24	25	21	17	19	31	33	24	14	13	18	22	22
E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2
DEMET	382	120	112	104	98	113	147	195	1265	2704	1441	405	140
A	21	21	18	15	17	28	28	21	12	11	16	19	19
E	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
MAPOU	332	97	89	83	80	93	116	106	1243	2691	1429	388	120
A	19	18	15	12	15	24	24	18	10	10	14	17	17
E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
PODOR	268	76	69	66	66	76	90	140	1224	2680	1418	372	101
A	49	47	39	31	44	63	62	42	26	28	38	44	44
E	9	10	11	12	11	9	6	6	5	6	7	8	8
ST. LOUIS	0	18	12	16	23	20	16	69	1176	2649	1384	327	49

A = Besoin en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

Tabl.: 9

DEBITS RESIDUELS LE LONG DU FLEUVE

CAS N° 5 ; S = 255.000 ha; Q_{Nav.} = 0 m³/s DIAMA

	KM	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	270	258	258	247	249	299	312	853	2054	1197	451	278
A		5	5	4	4	3	6	7	6	3	2	3	4
DEBIT FALEME	826	265	253	254	243	246	293	305	847	2051	1195	448	276
	825	16	8	3	1	0	21	138	645	873	365	87	36
BAKEL	790	281	261	257	244	246	314	443	1492	2924	1560	535	312
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MOUDERI	766	280	260	256	243	245	313	442	1491	2923	1559	534	311
A	18	20	16	14	11	11	23	24	20	10	9	13	16
E	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
GOURIKI	685	259	237	236	225	230	287	415	1468	2910	1547	518	292
A	15	17	13	12	10	19	20	20	19	8	7	11	14
E	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
TSCHIMPEN	640	243	218	221	211	218	266	393	1447	2901	1538	506	277
A	16	17	14	11	10	10	20	20	16	8	7	11	14
E	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
KOUNDEL	604	226	200	205	198	206	244	371	1430	2892	1530	494	262
A	6	7	6	5	4	8	9	7	4	3	3	5	6
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N'GUIDJILONE	575	219	192	198	192	201	235	361	1422	2887	1526	488	255
A	12	12	10	8	8	8	15	16	13	7	6	9	10
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
KERR	524	205	178	186	182	191	218	343	1408	2879	1519	478	243
A	14	15	12	10	10	10	18	19	15	8	7	10	13
E	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
M'BAGNE	490	190	161	172	170	179	199	323	1392	2870	1511	467	229
A	29	30	24	21	21	21	37	39	30	16	14	21	26
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VINDIGNE	482	161	131	148	149	158	162	284	1362	2854	1497	446	203
A	8	8	7	6	6	6	10	11	8	5	4	6	7
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
DIOLDE-DIABE	437	151	121	139	141	150	150	271	1353	2848	1492	439	194
A	19	20	16	14	14	15	25	26	19	11	10	15	17
E	2	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	2
DEMET	382	130	99	121	125	133	123	243	1333	2836	1481	423	175
A	17	17	14	12	14	14	22	22	17	9	9	13	15
E	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
MAPOU	332	111	80	104	110	116	98	220	1315	2826	1471	409	159
A	15	15	12	10	10	12	19	19	14	8	8	11	13
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
PODOR	268	94	63	90	98	102	77	199	1300	2817	1462	396	144
A	39	38	31	25	35	50	49	34	20	23	23	30	35
E	9	10	11	12	12	11	9	6	5	6	7	7	8
ST. LOUIS	0	46	15	48	61	55	16	141	1260	2792	1433	359	101

A' = Besoin en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

Tabl.: 10

DEBITS RESIDUELS LE LONG DU PLEUVE

CAS N° 6 ; S = 255.000 ha; Q_{nav.} = 50 m³/s DIAMA

	KM	JAN.	FEVRI.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	290	304	277	254	263	350	312	827	1954	1179	460	277
A	5	5	4	4	3	6	7	6	3	2	3	4	4
DEBIT FALEMÉ	826	285	299	273	250	260	344	305	821	1951	1177	457	273
BAKEL	825	16	8	3	1	0	21	138	645	873	365	87	36
A	790	301	307	276	251	260	365	443	1466	2824	1542	544	309
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOUDERI	766	300	306	275	250	259	364	442	1465	2823	1541	543	308
A	18	20	16	14	11	11	23	24	20	10	9	13	16
E	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
GOURIKI	685	279	283	255	232	244	338	415	1442	2910	1529	527	289
A	15	17	13	12	10	19	20	20	19	8	7	11	14
E	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
TSCHIMPEN	640	263	264	240	218	232	317	393	1421	2801	1520	515	274
A	16	17	14	11	10	20	20	20	16	8	7	11	14
E	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
KOUNDEL	604	246	246	224	205	220	295	371	1404	2792	1512	503	259
A	6	7	6	5	4	8	9	7	7	4	3	5	6
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N'GUIDJILONE	575	239	238	217	199	215	286	361	1396	2787	1508	497	252
A	12	12	10	8	8	8	15	16	13	7	6	9	10
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
KERR	524	225	224	205	189	205	269	343	1382	2779	1501	487	240
A	14	15	12	10	10	10	18	19	15	8	7	10	13
E	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
M'BAGNE	490	210	207	191	177	193	250	323	1366	2770	1493	476	226
A	29	30	24	21	21	37	39	30	30	16	14	21	26
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VINDIGNE	482	181	177	167	156	172	213	234	1336	2754	1479	455	200
A	8	8	7	6	6	10	11	8	8	5	4	6	7
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
DIOLDE-DIAÏE	437	171	167	158	148	164	201	271	1327	2748	1474	448	191
A	19	20	16	14	15	25	26	19	11	10	15	17	12
E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2
DEMET	382	150	145	140	132	147	174	243	1307	2736	1463	432	172
A	17	17	14	12	14	22	22	17	9	9	9	13	15
E	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
MAPOU	332	131	126	123	117	130	149	220	1289	2726	1453	418	156
A	15	15	12	10	12	19	19	14	8	8	8	11	13
E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
PODOR	268	114	109	109	105	116	128	199	1274	2717	1444	405	141
A	39	38	31	25	35	50	49	34	20	23	30	35	8
E	9	10	11	12	12	11	9	6	5	6	7	6	8
ST. LOUIS	0	66	61	67	68	69	67	141	1234	2692	1415	368	98

A = Besoin en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

Tabl.: 11

DEBITS RESIDUELS LE LONG DU FLEUVE

CAS N° 7 ; S = 255.000 ha; Q_{Nav.} = 100 m³/s DIAMA

	KM	JAN.	FEVRI.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	341	355	327	302	312	399	294	774	1787	1103	452	291
A		5	5	4	4	3	6	7	6	3	2	3	4
DEBIT FALEME	826	336	350	323	298	309	393	287	768	1784	1101	449	287
825	16	8	3	1	0	21	138	645	873	365	87	36	
BAKEL	790	352	358	326	299	309	414	425	1413	2657	1466	536	323
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MOUDERI	766	351	357	325	298	308	413	424	1412	2656	1465	535	322
A	18	20	16	14	11	23	24	20	20	10	9	13	16
E	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
GOURIKI	685	330	334	305	280	293	387	397	1389	2643	1453	519	303
A	15	17	13	12	10	19	20	20	19	8	7	11	14
E	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
TSCHIMPEN	640	314	315	290	266	281	366	375	1368	2634	1444	507	288
A	16	17	14	11	10	20	20	20	16	8	7	11	14
E	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
KOUNDEL	604	297	297	274	253	269	344	353	1351	2625	1436	495	273
A	6	7	6	5	4	8	9	7	7	4	3	5	6
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N'GUIDJILONE	575	290	289	267	247	264	335	343	1343	2620	1432	489	266
A	12	12	10	8	8	8	15	16	13	7	6	9	10
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
KERR	524	276	275	255	237	254	318	325	1329	2612	1425	479	254
A	14	15	12	10	10	18	19	15	8	7	7	10	13
E	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
M'BAGNE	490	261	258	241	225	242	299	305	1313	2603	1417	468	240
A	29	30	24	21	21	37	39	30	16	14	21	26	
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VENDIGNE	482	232	228	217	204	221	262	266	1283	2587	1403	447	214
A	8	8	7	6	6	10	11	8	5	4	6	7	
E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2
DIOLDE-DIABE	437	222	218	208	196	213	250	253	1274	2581	1398	440	205
A	19	20	16	14	15	25	26	19	11	10	15	17	
E	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2
DEMET	382	201	196	190	180	196	223	225	1254	2569	1387	424	186
A	17	17	14	12	14	22	22	17	9	9	13	15	
E	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
MAFOU	332	182	177	173	165	179	198	202	1236	2559	1377	410	170
A	15	15	12	10	10	12	19	19	14	8	8	11	13
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
PODOR	268	165	160	159	153	165	177	181	1221	2550	1368	397	155
A	39	38	31	25	35	50	49	34	20	23	30	35	
E	9	10	11	12	12	11	9	6	5	6	7	8	
ST. LOUIS	0	117	112	117	116	118	116	123	1181	2525	1339	360	112

A = Besoin en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

Tabl.: 12

DEBITS RESIDUELS LE LONG DU FLEUVE

CAS N° 8 ; S = 255.000 ha; Q_{nav.} = 300 m³/s BAKEL

	KM	JAN.	FEVRI.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	301 A 5	309 5	316 4	320 4	314 3	299 6	304 7	806 6	1879 3	1152 2	458 3	280 4
DEBIT FALEME	826	296	304	312	316	317	293	297	800	1876	1150	455	276
BAKEL	825	16	8	3	1	0	21	130	645	873	365	87	36
MOUDERI	790	312 A 0 1	312 0 1	315 0 1	317 0 1	317 0 1	314 0 1	435 0 1	1442 0 1	2749 0 1	1515 0 1	542 0 1	312 0 1
COUKIKI	766	311 A 18 3	311 20 3	314 16 4	316 14 4	316 11 4	313 23 3	434 24 3	1441 20 3	2748 10 3	1514 9 3	541 13 3	311 16 3
TCHINPEN	640	274 A 16 1	269 17 1	279 14 2	284 11 2	289 10 2	266 20 2	385 20 2	1397 16 1	2726 8 1	1493 7 1	513 11 1	277 14 1
KOUNDEL	604	257 A 6 1	251 7 1	263 6 1	271 5 1	277 4 1	244 8 1	363 9 1	1380 7 1	2717 4 1	1485 3 1	501 5 1	262 6 1
N'GUIDJILONE	575	250 A 12 2	243 12 2	256 10 2	265 8 2	272 8 2	235 15 2	353 16 2	1372 13 1	2712 7 1	1481 6 1	495 9 1	255 10 2
KERR	524	236 A 14 1	229 15 2	244 12 2	255 10 2	262 10 2	218 18 1	335 19 1	1358 15 1	2704 8 1	1474 7 1	485 10 1	243 13 1
M'BAGNE	490	221 A 29 0	212 30 0	230 24 0	243 21 0	250 21 0	199 37 0	315 39 0	1342 30 0	2695 16 0	1466 14 0	474 21 0	229 26 0
VENDIGNE	482	192 A 8 2	182 8 2	206 7 2	222 6 2	229 6 2	162 10 2	276 11 2	1312 8 1	2679 5 1	1452 4 1	453 6 1	203 7 2
DIOULDE-DIABE	437	182 A 19 2	172 20 2	197 16 2	214 14 2	221 15 2	150 25 2	263 26 2	1303 19 1	2673 11 1	1447 10 1	446 15 1	194 17 2
DEMET	382	161 A 17 2	150 17 2	170 14 3	198 12 3	204 14 3	123 22 3	235 22 1	1283 17 1	2661 9 1	1436 9 1	430 13 1	175 15 1
MAPOU	332	142 A 15 2	131 15 2	162 12 2	183 10 2	187 12 2	98 19 2	212 19 2	1265 14 1	2651 8 1	1426 8 1	416 11 2	159 13 2
PODOR	268	125 A 39 9	114 38 10	148 31 11	171 25 12	173 35 12	77 50 11	191 49 9	1250 34 6	2642 20 5	1417 23 6	403 30 7	144 35 8
ST. LOUIS	0	77	66	106	134	126	16	133	1210	2617	1333	366	101

A = Besoin en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

Tabl.: 12.a DEBITS RESIDUELS LE LONG DU FLEUVE
 PT 1 : $S = 73.000 \text{ ha}$; $Q_{\text{Nav.}} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ PHASE TRANSITOIRE

	KM	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	256	243	241	228	226	208	281	—	x	x	391	271
A	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
DEBIT FALEME	826	255	241	240	227	225	206	279	645	873	365	390	270
825	16	8	3	1	0	0	21	138				87	36
BAKEL	790	271	249	243	228	225	227	417	0	0	0	477	302
A	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
E	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
MOUDERI	766	270	248	242	227	224	226	416	6	3	2	476	301
A	5	6	5	4	3	3	7	7	3	3	3	4	5
E	3	3	4	4	4	4	3	3				3	3
GOURIKI	685	262	239	233	219	217	216	406	6	2	2	469	293
A	4	5	4	3	3	3	6	6	2	1	2	3	4
E	1	2	2	2	2	2	2	2				1	1
TSCHIMPEN	640	257	232	227	214	212	208	398	5	3	2	465	288
A	4	6	4	4	3	3	6	7	1	1	1	4	5
E	1	1	2	2	2	2	2	2				1	1
KOUNDEL	604	252	225	221	208	207	200	389	2	1	1	460	282
A	2	2	2	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2
E	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
N'GUIDJILANE	575	249	222	218	206	205	197	385	4	2	2	458	279
A	3	4	3	2	2	2	4	5	1	1	1	2	3
E	2	2	2	2	2	2	2	2				1	2
KIRR	524	244	216	213	202	201	191	378	4	2	2	455	274
A	4	4	3	3	3	3	5	6	1	1	1	3	4
E	1	2	2	2	2	2	1	1				1	1
M'BAGNE	490	239	210	208	197	196	185	371	9	5	4	451	269
A	8	9	7	6	6	6	11	11	0	0	0	6	7
E	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0
VENDIGNE	482	231	201	201	191	190	174	360	2	1	1	445	262
A	2	2	2	2	2	2	2	3	1	1	1	2	2
E	2	2	2	2	2	2	2	2				1	2
DIOLIDE-DIABE	437	227	197	197	187	186	169	355	6	3	3	442	258
A	6	6	5	4	4	4	7	8	1	1	1	4	5
E	2	2	2	2	2	2	2	2				1	2
DEMET	382	219	189	190	181	180	160	345	5	3	3	437	251
A	5	5	4	3	4	4	6	6	1	1	1	4	4
E	2	2	3	3	3	3	1	1				1	1
MAPOU	332	212	182	183	175	173	151	338	4	2	2	432	246
A	4	4	4	3	3	3	5	6	1	1	1	3	4
E	2	2	2	2	2	2	2	2				2	2
PODOR	268	206	176	177	170	168	144	330	10	6	6	427	240
A	11	11	9	7	10	10	14	14	6	5	6	9	10
E	9	10	11	12	11	12	11	9				7	8
ST. LOUIS	0	186	155	157	151	146	119	307				411	222

A = Besoins en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

* Débits de crue suivant hypothèse de crue artificielle envisagée (voir rapport Régularisation, mission A.1.5.)

Tabl.: 12.b DEBITS RESIDUELS LE LONG DU FLEUVE

PT 4 : $S = 73.000 \text{ ha}$; $Q_{\text{Nav.}} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ PHASE TRANSITOIRE

	KM	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
KAYES	924	283	273	274	266	270	259	333	*	*	*	403	292
A	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
DEBIT FALEMÉ	826	282	271	273	265	269	257	331	645	873	365	407	291
BAKEL	825	16	8	3	1	0	21	138				87	36
A	790	298	279	276	266	269	278	469	0	0	0	494	327
E	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
MOUDERI	766	297	278	275	265	268	277	468	6	3	2	493	326
A	5	6	5	4	4	3	7	7	3	3	3	4	5
E	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
GOURIKI	685	289	269	266	257	261	267	458	6	2	2	486	318
A	4	5	4	3	3	3	6	6	2	2	2	3	4
E	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
TSCHIMPEN	640	284	262	260	252	256	259	450	5	3	2	482	313
A	4	6	4	4	4	3	6	7	1	1	1	4	5
E	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
KOUNDEL	604	279	255	254	246	251	251	441	2	1	1	477	307
A	2	2	2	1	2	1	2	3	1	1	1	1	2
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N° GUIDJILONE	575	276	252	251	244	249	248	437	4	2	2	475	304
A	3	4	3	2	2	2	4	5	1	1	1	2	3
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
KERR	524	271	246	246	240	245	242	430	4	2	2	472	299
A	4	4	3	3	3	3	5	6	1	1	1	3	4
E	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
M'BAGNÉ	490	266	240	241	235	240	236	423	5	4	4	462	294
A	8	9	7	6	6	6	11	11	0	0	0	6	7
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VENDIGNE	482	258	231	234	229	234	225	412	2	1	1	462	287
A	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1	1	2	2
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
DIOLDE-DIABÈ	437	254	227	230	225	230	220	407	6	3	3	459	283
A	6	6	5	4	4	4	7	8	1	1	1	4	5
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
DEMET	382	248	219	223	219	224	211	397	5	3	3	454	276
A	5	5	4	3	4	6	6	6	1	1	1	4	4
E	2	2	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1
MAPOU	332	241	212	216	213	217	202	390	4	2	2	440	271
A	4	4	4	3	3	3	5	6	1	1	1	3	4
E	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
PODOR	268	235	206	210	208	212	195	382	10	6	6	444	265
A	11	11	9	7	10	10	14	14	9	6	6	9	10
E	9	10	11	12	12	12	11	9	6	6	6	7	8
ST. LOUIS	0	215	115	120	169	190	170	359				428	247

A = Besoin en eau pour l'agriculture

E = Evaporation

* Débits de crue suivant hypothèse de crue artificielle envisagée (voir rapport Régularisation, mission A.I.S.)

Tabl.: 13 Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m) / Cas N°: 1

⁺ Les valeurs pour août, sept. et octobre sont des valeurs minimales

Tabl.: 14 Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m)/Cas N°: 2

⁺Les valeurs pour aout, sept. et octobre sont des valeurs minimales

N°	Seuil	KM	NOV.	DEC.	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	CRUE
1	MAFOU	332	2,45	2,25	2,30	2,30	2,25	2,25	2,30	2,35	2,35	4,00 ⁺
2	COPÉ	341	2,40	2,15	2,20	2,20	2,15	2,20	2,20	2,30	2,30	4,00
3	N'GOREL	364	2,40	2,00	2,05	2,05	2,00	1,95	2,05	2,25	2,25	4,00
5	DEMET	382	2,05	1,60	1,65	1,65	1,60	1,40	1,65	2,00	2,00	4,00
6	CASCAS	425	2,30	1,75	1,95	1,95	1,75	1,65	1,95	2,25	2,25	4,00
7	DOUNGUEL	430	2,75	2,15	2,35	2,35	2,15	2,10	2,35	2,65	2,65	4,00
8	DIOULDE-DIABE	437	2,25	2,00	1,85	1,85	2,00	1,75	2,00	2,25	2,25	4,00
9	ABDOULA-MATOR	454	2,80	2,50	2,60	2,60	2,50	2,45	2,50	2,80	2,80	4,00
10	DIARINGUEL	462	2,25	2,00	2,10	2,10	2,00	1,80	2,00	2,25	2,25	4,00
11	TAITABA	472	3,35	2,80	3,00	3,00	2,80	2,70	2,80	3,35	3,35	4,00
13	VINDIGNE	482	2,90	2,60	2,80	2,80	2,60	2,50	2,60	3,00	3,00	4,00
14	M'BAGNE	490	2,65	2,35	2,50	2,50	2,35	2,20	2,35	2,90	2,90	4,00
15	DAOUALEL	495	2,80	2,55	2,75	2,75	2,55	2,30	2,55	3,20	3,20	4,00
16	KERR	524	3,50	3,25	3,45	3,45	3,25	3,00	3,25	3,90	3,90	4,00
18	ORENATA	537	3,80	3,50	3,75	3,75	3,50	3,30	3,45	4,00	4,00	4,00
19	DJEOL	546	3,00	2,75	2,90	2,90	2,75	2,35	2,70	3,30	3,30	3,50
20	N'GUIDJI	554	3,25	3,00	3,25	3,25	3,00	2,85	2,95	3,75	3,75	4,00
21	DJEQUI	561	3,25	3,00	3,25	3,25	3,00	2,85	2,95	3,65	3,65	4,00
22	N'GUIDJILONE	575	2,70	2,45	2,70	2,70	2,45	2,30	2,35	3,00	3,00	3,50
23	KOUNDEL	604	3,25	2,90	3,25	3,25	2,90	2,60	2,75	3,75	3,75	4,00
24	MATAM	622	3,00	2,80	3,00	3,00	2,80	2,55	2,75	3,50	3,50	4,00
25	DJANDJOULI	631	2,50	2,25	2,50	2,50	2,25	2,25	2,25	2,85	2,85	4,00
26	TSCHIMPEN	640	3,00	2,70	3,00	3,00	2,65	2,50	2,60	3,45	3,45	4,00
27	ODOBERE	650	2,90	2,55	2,90	2,90	2,45	2,35	2,50	3,05	3,05	4,00
28	N'GANON	661	2,75	2,55	2,75	2,75	2,50	2,45	2,50	3,25	3,25	4,00
29	BARMATHIA	666	3,70	3,50	3,70	3,70	3,45	3,35	3,40	4,00	4,00	4,00
30	GOURIKI	685	2,40	2,75	2,50	2,50	2,75	2,15	2,20	2,90	2,95	4,00
31	OUAUONDE	714	3,00	2,95	3,20	3,20	2,95	2,75	2,80	3,60	3,70	4,00
32	QUELLE	720	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,70	3,75	4,00	4,00	4,00
33	GOURELDARA	729	3,20	3,00	3,25	3,25	3,00	2,65	2,85	3,50	3,55	4,00
34	ADABERE	742	2,90	2,80	2,95	2,95	2,80	2,60	2,70	3,20	3,25	4,00
35	VERMA	747	2,75	2,60	2,80	2,80	2,60	2,45	2,50	3,10	3,15	4,00
36	MOUDERI	766	3,40	3,35	3,40	3,45	3,30	2,80	3,10	3,55	3,55	4,00
37	DIAOURA	773	3,85	3,80	3,90	3,90	3,80	3,80	3,80	3,90	3,90	4,00
38	GUILDE	784	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,95	3,00	3,00	3,00	4,00
39	BAKEL	795	3,20	3,00	3,25	3,25	3,00	2,90	2,95	4,00	4,00	4,00
40	SASSIMAKARA	800	2,80	2,80	2,80	2,85	2,80	2,75	2,75	3,40	3,40	3,50
41	GOLMI	810	3,00	3,10	3,00	3,00	3,00	3,20	3,15	3,15	3,15	4,00
42	YAFERA	817	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	3,00	3,05	3,50
43	GOUTICUBE	826	2,75	2,65	2,80	2,80	2,65	2,40	2,50	2,90	2,95	3,00
44	KABOU	843	1,70	1,70	1,70	1,75	1,70	1,60	1,65	1,85	1,90	3,00
45	DIKOKORI	852	2,55	2,50	2,60	2,60	2,50	2,50	2,50	2,70	2,70	3,50
46	SOMONE	872	2,55	2,45	2,60	2,65	2,45	2,25	2,35	3,00	3,05	3,00
47	AMBIDEDI	883	1,45	1,40	1,50	1,50	1,40	1,25	1,30	1,75	1,80	3,00
48	TAMBOUKANE	898	1,30	1,25	1,30	1,35	1,25	1,15	1,20	1,55	1,60	2,50
49	DIKANDAPE	901	1,00	0,95	1,00	1,00	0,95	0,80	0,85	1,25	1,35	2,50
50	OGTOGOTEL	911	1,40	1,35	1,45	1,50	1,35	1,25	1,30	1,70	1,75	2,50

Tabl.: 15 Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m) / Cas No. 3

+ Les valeurs pour août, sept. et octobre sont des valeurs minimales

N°	Seuil	KM	NOV.	DEC.	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	CRUE
1	MAFOU	332	2,90	1,75	1,80	1,80	1,75	1,65	1,75	1,95	1,80	4,00+
2	COPE	341	3,00	1,65	1,70	1,70	1,65	1,60	1,60	1,75	1,75	4,00
3	N'GOREL	364	3,00	1,60	1,65	1,65	1,60	1,55	1,60	1,75	1,75	4,00
5	DEMET	382	2,75	1,00	1,15	1,15	1,00	1,10	1,15	1,25	1,25	4,00
6	CASCAS	425	2,90	1,05	1,20	1,05	1,05	1,05	1,00	1,50	1,50	4,00
7	DOUNGUEL	430	3,50	1,25	1,55	1,55	1,25	1,30	1,55	1,85	1,85	4,00
8	DIOLDE-DIABE	437	3,10	1,20	1,30	1,30	1,20	1,00	1,10	1,65	1,65	4,00
9	ABDOULA-MATOR	454	3,75	2,00	2,10	2,10	2,00	1,80	2,00	2,30	2,30	4,00
10	DIARINGUEL	462	2,95	1,45	1,55	1,55	1,45	1,25	1,40	1,75	1,75	4,00
11	TAITABA	472	3,75	2,00	2,05	2,05	2,00	1,75	2,00	2,50	2,50	4,00
13	VINDIGNE	482	3,75	2,00	2,15	2,15	2,00	1,80	2,00	2,45	2,45	4,00
14	M'BAGNE	490	3,35	1,75	1,85	1,85	1,75	1,50	1,70	2,30	2,30	4,00
15	DAOUALEL	495	3,65	1,90	2,10	2,10	1,80	1,65	1,80	2,45	2,45	4,00
16	KERR	524	4,30	2,40	2,55	2,55	2,25	2,25	2,25	3,10	3,10	4,00
18	ORENATA	537	4,00	2,75	3,00	3,00	2,75	2,65	2,75	3,40	3,40	4,00
19	DJEOUT	546	3,50	1,70	2,05	2,05	1,75	1,65	1,70	2,55	2,55	3,50
20	N'GUIDJI	554	4,10	2,50	2,65	2,65	2,50	2,25	2,35	3,05	3,05	4,00
21	DJEOUTI	561	3,85	2,40	2,55	2,55	2,30	2,25	2,30	2,90	2,90	4,00
22	N'GUIDJILONE	575	3,25	2,00	2,10	2,10	1,85	1,70	1,75	2,45	2,45	3,50
23	KOUNDEL	604	4,00	2,10	2,45	2,45	2,10	1,90	2,10	2,80	2,80	4,00
24	MATAM	622	3,75	2,25	2,45	2,45	2,15	1,90	2,05	2,80	2,80	4,00
25	DJANDJOUSSI	631	2,95	2,10	2,20	2,20	2,00	1,75	1,95	2,35	2,35	4,00
26	TSCHIMPEN	640	3,50	2,00	2,25	2,25	1,95	1,75	1,85	2,85	2,85	4,00
27	ODOBERE	650	3,30	2,10	2,25	2,25	2,15	1,80	2,00	2,75	2,75	4,00
28	N'GANON	661	3,30	2,10	2,25	2,25	2,05	1,95	2,00	2,70	2,70	4,00
29	BARMATHIA	666	4,20	3,00	3,30	3,30	2,85	2,70	2,75	3,55	3,55	4,00
30	GORIKI	685	3,00	2,00	2,10	2,10	2,00	1,75	1,80	2,30	2,35	4,00
31	OUAUONDE	714	3,65	2,40	2,75	2,75	2,40	2,25	2,30	3,00	3,00	4,00
32	QUELLE	720	4,00	3,30	3,35	3,35	3,30	3,10	3,15	4,10	4,15	4,00
33	GOURELDARA	729	3,60	2,35	2,45	2,45	2,35	2,00	2,15	3,05	3,10	4,00
34	ADABERE	742	3,25	2,50	2,55	2,55	2,50	2,00	2,15	2,90	2,90	4,00
35	VERMA	747	3,10	2,25	2,30	2,30	2,20	1,75	1,80	2,70	2,75	4,00
36	MOUDERI	766	3,55	2,25	2,60	2,60	2,25	2,15	2,20	3,35	3,35	4,00
37	DIAOURA	773	3,90	3,45	3,80	3,80	3,45	3,00	3,20	3,80	3,80	4,00
38	GUILDE	784	3,00	2,35	2,80	2,80	2,35	2,10	2,20	3,00	3,00	4,00
39	BAKEL	795	4,00	2,80	2,75	2,75	2,80	2,50	2,65	3,25	3,30	4,00
40	SASSIMAKARA	800	3,45	2,50	2,75	2,75	2,50	2,25	2,30	2,90	2,90	3,50
41	GOLMI	810	3,10	3,05	3,20	3,20	3,00	2,75	2,85	3,00	3,00	4,00
42	YAFERA	817	3,00	2,80	2,90	2,90	2,80	2,75	2,80	2,95	2,95	3,50
43	GOUTIOUBE	826	2,95	2,35	2,40	2,40	2,35	2,20	2,25	2,80	2,80	3,00
44	KABOU	843	1,90	1,50	1,65	1,65	1,50	1,30	1,40	1,70	1,70	3,00
45	DIKOKORI	852	2,70	2,25	2,45	2,45	2,15	2,00	2,05	2,60	2,60	3,50
46	SOMONE	872	3,00	2,25	2,30	2,30	2,25	2,10	2,20	2,60	2,65	3,00
47	AMBIDEDI	883	1,75	1,15	1,25	1,25	1,05	1,00	1,00	1,50	1,50	3,00
48	TAMBOUKANE	898	1,55	0,95	1,05	1,10	0,90	0,75	0,80	1,30	1,35	2,50
49	DIAKANDAPE	901	1,25	0,70	0,80	0,80	0,65	0,50	0,60	1,00	1,00	2,50
50	OGTOGOTEL	911	1,70	1,10	1,20	1,25	1,05	0,95	1,00	1,40	1,45	2,50

Tabl.: 16 Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m)/Cas N°: 4

+ Les valeurs pour août, sept. et octobre sont des valeurs minimales

N°	Seuil	KM	NOV.	DEC.	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	CRUE
1	MAFOU	332	3,50	1,75	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,75	2,00	4,00+
2	COPE	341	3,20	1,65	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,65	1,75	4,00
3	N'GOREL	364	3,20	1,70	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,70	1,85	4,00
5	DEMET	382	3,00	1,10	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,15	1,35	4,00
6	CASCAS	425	3,05	1,10	1,00	0,95	0,95	0,90	0,95	1,25	1,60	4,00
7	DOUNGUEL	430	3,75	1,60	1,45	1,30	1,25	1,20	1,30	1,65	2,00	4,00
8	DIOLULDE-DIABE	437	3,25	1,35	1,10	1,10	0,85	1,00	1,10	1,55	1,85	4,00
9	ABDOULA-MATOR	454	3,85	2,20	2,00	2,00	1,75	1,65	2,00	2,15	2,45	4,00
10	DIARINGUEL	462	3,25	1,55	1,35	1,30	1,30	1,15	1,30	1,60	1,85	4,00
11	TAITABA	472	3,85	2,05	1,85	1,80	1,75	1,50	1,80	2,25	2,70	4,00
13	VINDIGNE	482	3,80	2,15	2,00	2,00	1,80	1,65	1,75	2,25	2,60	4,00
14	M'BAGNE	490	3,50	1,75	1,70	1,70	1,50	1,35	1,50	1,95	2,35	4,00
15	DACUALEL	495	3,70	2,00	1,90	1,90	1,65	1,55	1,65	2,25	2,65	4,00
16	KERR	524	4,00	2,45	2,25	2,25	2,25	2,00	2,25	2,70	3,25	4,00
18	ORENATA	537	4,00	2,75	2,70	2,70	2,55	2,45	2,55	3,10	3,50	4,00
19	DJEOL	546	3,65	1,85	1,75	1,75	1,65	1,50	1,65	2,15	2,70	3,50
20	N'GUIDJI	554	4,00	2,50	2,45	2,45	2,25	2,05	2,25	2,75	3,25	4,00
21	DJEQUI	561	3,95	2,45	2,30	2,30	2,20	2,00	2,20	2,75	3,00	4,00
22	N'GUIDJILONE	575	3,30	2,00	1,95	1,95	1,70	1,55	1,70	2,30	2,50	3,50
23	KOUNDEL	604	4,00	2,20	2,10	2,10	2,00	1,80	2,00	2,50	3,00	4,00
24	MATAM	622	3,75	2,25	2,20	2,20	1,85	1,75	1,85	2,50	2,60	4,00
25	DJANDJOULI	631	3,00	2,15	2,00	2,00	1,75	1,65	1,75	2,25	2,35	4,00
26	TSCHIMPEN	640	3,60	2,10	1,90	1,90	1,75	1,55	1,70	2,60	2,85	4,00
27	ODOBERE	650	3,25	2,15	2,15	2,15	1,80	1,65	1,80	2,50	2,85	4,00
28	N'GANON	661	3,25	2,50	2,50	2,50	1,85	1,75	1,80	2,40	2,75	4,00
29	BARMATHIA	666	4,00	2,95	2,80	2,80	2,75	2,50	2,55	3,35	3,70	4,00
30	GOURIKI	685	3,05	1,95	1,95	1,95	1,70	1,65	1,70	2,20	2,35	4,00
31	OUAUGNDE	714	3,70	2,35	2,35	2,35	2,25	2,00	2,10	2,80	3,00	4,00
32	QUELLE	720	4,00	3,25	3,25	3,25	3,15	3,00	3,10	3,70	4,00	4,00
33	GOURELDARA	729	3,65	2,35	2,35	2,35	2,05	1,75	2,00	2,75	3,10	4,00
34	ADABERE	742	3,25	2,45	2,45	2,45	2,00	1,80	1,95	2,65	2,85	4,00
35	VERMA	747	3,25	2,25	2,25	2,25	1,75	1,75	1,75	2,50	2,75	4,00
36	MOUDERI	766	3,55	2,35	2,35	2,35	2,10	2,10	2,10	2,80	3,35	4,00
37	DIAOURA	773	3,90	3,55	3,55	3,55	3,15	2,50	2,60	3,60	3,80	4,00
38	GUILDE	784	3,00	2,45	2,45	2,45	2,10	2,10	2,10	2,95	3,00	4,00
39	BAKEL	795	4,00	2,75	2,75	2,75	2,55	2,30	2,30	2,90	3,25	4,00
40	SASSIMAKARA	800	3,40	2,50	2,50	2,50	2,25	2,10	2,10	2,90	2,90	3,50
41	GOLMI	810	3,10	3,00	3,00	3,00	2,80	2,70	2,75	3,15	3,00	4,00
42	YAFERA	817	3,00	2,80	2,80	2,80	2,75	2,85	2,75	2,90	2,90	3,50
43	GOUTIOUBE	826	2,95	2,30	2,30	2,30	2,20	2,15	2,15	2,50	2,80	3,00
44	KABOU	843	1,90	1,50	1,50	1,50	1,65	1,30	1,30	1,65	1,70	3,00
45	DIKOKORI	852	2,70	2,20	2,20	2,00	2,05	2,00	2,50	2,60	2,55	3,50
46	SOMONE	872	3,05	2,20	2,20	2,25	2,15	2,00	2,40	2,45	2,60	3,00
47	AMBIDEDI	883	1,75	1,05	1,05	1,05	1,00	0,95	0,95	1,30	1,50	3,00
48	TAMBOUKANE	898	1,55	1,10	0,90	0,95	0,80	0,75	0,75	1,20	1,30	2,50
49	DIAKANDAPE	901	1,30	0,90	0,70	0,70	0,55	0,50	0,50	0,85	1,00	2,50
50	OGTOGOTEL	911	1,75	1,00	1,00	1,05	1,00	0,90	0,90	1,25	1,45	2,50

Tabl.: 17 Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m)/ Cas No: 5

+ Les valeurs pour aout, sept. et octobre sont des valeurs minimales

N°	Seuil	KM	NOV.	DEC.	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	CRUE
1	MAFOU	332	3,15	2,00	1,75	1,65	1,75	1,75	1,75	1,75	2,35	4,00 ⁺
2	COPE	341	3,25	1,75	1,65	1,50	1,70	1,70	1,70	1,65	2,25	4,00
3	N'GOREL	364	3,30	1,75	1,65	1,45	1,65	1,65	1,70	1,60	2,20	4,00
5	DEMET	382	3,00	1,30	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,70	4,00
6	CASCAS	425	3,25	1,50	1,10	0,95	1,10	1,10	1,10	1,10	2,00	4,00
7	DOUNGDEL	430	3,75	1,85	1,50	1,25	1,45	1,45	1,55	1,45	2,50	4,00
8	DIOLDE-DIABE	437	3,35	1,65	1,20	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	2,20	4,00
9	ABDOULA-MATOR	454	3,90	2,25	2,00	1,75	1,95	1,95	2,00	2,00	2,75	4,00
10	DIARINGUEL	462	3,25	1,70	1,45	1,25	1,30	1,30	1,45	1,45	2,20	4,00
11	TAITABA	472	3,95	2,45	2,00	1,70	1,85	1,85	2,00	2,00	3,10	4,00
13	VINDIGNE	482	3,90	2,30	2,05	1,75	1,80	1,80	2,05	2,05	2,85	4,00
14	M'BAGNE	490	3,55	1,80	1,70	1,50	1,55	1,55	1,55	1,70	2,50	4,00
15	DAOUALEL	495	3,70	2,15	1,90	1,60	1,75	1,75	1,75	1,90	2,80	4,00
16	KERR	524	4,00	2,55	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,30	3,50	4,00
18	CRENATA	537	4,00	3,00	2,70	2,50	2,50	2,50	2,55	2,80	3,75	4,00
19	DJEOUTI	546	3,65	2,00	1,70	1,55	1,60	1,60	1,60	1,75	2,90	3,50
20	N'GUIDJI	554	4,00	2,50	2,30	2,15	2,20	2,20	2,20	2,45	3,25	4,00
21	DJEOUTI	561	4,00	2,50	2,25	2,15	2,30	2,30	2,30	2,35	3,25	4,00
22	N'GUIDJILONE	575	3,35	2,05	1,75	1,65	1,65	1,65	1,70	1,90	2,70	3,50
23	KOONDEL	604	4,10	2,25	2,10	1,85	1,85	1,85	1,85	2,15	3,25	4,00
24	MATAM	622	3,75	2,30	2,05	1,85	1,85	1,85	1,85	2,15	3,00	4,00
25	DJANDJOUKI	631	3,00	2,15	1,85	1,75	1,75	1,75	1,75	2,15	2,45	4,00
26	TSCHIMPEN	640	3,55	2,15	1,80	1,70	1,70	1,70	1,70	2,00	2,90	4,00
27	ODOBERE	650	3,30	2,15	2,10	1,80	1,80	1,80	1,80	2,05	2,85	4,00
28	N'GANON	661	3,45	2,15	2,00	1,85	1,85	1,85	1,85	2,10	2,75	4,00
29	BARMATEIA	666	4,25	3,20	2,80	2,65	2,65	2,65	2,65	2,95	3,70	4,00
30	GORIKI	685	3,00	2,00	1,80	1,70	1,70	1,70	1,70	2,00	2,45	4,00
31	OUADONDE	714	3,65	2,45	2,25	2,20	2,20	2,20	2,20	2,45	3,15	4,00
32	QUELLE	720	4,00	3,30	3,20	3,10	3,10	3,05	3,10	3,30	4,00	4,00
33	GOURELDARA	729	3,70	2,30	2,10	2,00	2,00	1,75	2,00	2,30	3,20	4,00
34	ADABERE	742	3,25	2,50	2,15	2,00	2,00	1,90	2,00	2,45	2,90	4,00
35	VERMA	747	3,20	2,25	1,90	1,75	1,75	1,75	1,75	2,25	2,80	4,00
36	MOUDERI	766	3,55	2,60	2,30	2,15	2,15	2,15	2,15	2,55	3,45	4,00
37	DIAOURA	773	3,85	3,75	3,60	3,25	3,25	3,05	3,05	3,75	2,80	4,00
38	GUILDE	784	3,00	2,70	2,45	2,20	2,20	2,10	2,10	2,70	3,00	4,00
39	BAKEL	795	4,00	2,85	2,75	2,45	2,45	2,35	2,35	2,85	3,25	4,00
40	SASSIMAKARA	800	3,45	2,50	2,35	2,10	2,10	2,10	2,10	2,50	2,90	3,50
41	GOLMI	810	3,15	3,00	2,85	2,75	2,75	2,65	2,65	3,00	3,00	4,00
42	YAFERA	817	3,00	2,80	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,80	2,90	3,50
43	GOUTICUBE	826	2,90	2,35	2,25	2,15	2,15	2,00	2,00	2,35	2,80	3,00
44	KABOU	843	1,90	1,50	1,45	1,30	1,30	1,30	1,30	1,50	1,70	3,00
45	DIKOKORI	852	2,70	2,20	2,10	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,60	3,50
46	SOMONE	872	3,05	2,25	2,20	2,15	2,15	2,00	2,00	2,25	2,60	3,00
47	AMBIDEDI	883	1,70	1,20	1,00	0,95	0,95	0,90	0,90	1,20	1,50	3,00
48	TAMBOUKANE	898	1,55	0,95	0,80	0,75	0,75	0,75	0,75	0,95	1,30	2,50
49	DLAKANDAPE	901	1,25	0,70	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,70	1,00	2,50
50	OFTOGOTEL	911	1,75	1,10	1,00	0,95	0,95	0,80	0,80	1,10	1,45	2,50

Tabl.: 18 Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m)/ Cas No.: 6

* Les valeurs pour août, sept. et octobre sont des valeurs minimales

N°	Seuil	KM	NOV.	DEC.	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	CRUE
1	MAFOU	332	3,25	2,00	1,85	1,75	1,75	1,75	1,85	1,95	2,35	4,00
2	COPE	341	3,25	1,75	1,70	1,65	1,65	1,65	1,70	1,75	2,25	4,00
3	N' GOREL	364	3,35	1,75	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,75	2,15	4,00
5	DEMET	382	3,20	1,25	1,10	1,10	1,10	1,00	1,10	1,25	1,65	4,00
6	CASCAS	425	3,25	1,50	1,20	1,20	1,20	1,05	1,20	1,50	2,00	4,00
7	DOUNGUEL	430	3,80	1,85	1,70	1,70	1,70	1,50	1,70	1,85	2,45	4,00
8	DIOULDE-DIABE	437	3,50	1,60	1,45	1,45	1,25	1,15	1,30	1,60	2,15	4,00
9	ABDOULA-MATOR	454	4,00	2,25	2,10	2,10	2,05	2,00	2,05	2,25	2,70	4,00
10	DIARINGUEL	462	3,30	1,70	1,50	1,50	1,45	1,40	1,50	1,70	2,15	4,00
11	TAITABA	472	4,10	2,45	2,25	2,25	2,05	1,95	2,15	2,45	3,10	4,00
13	VINDIGNE	482	3,95	2,25	2,20	2,20	2,10	2,00	2,10	2,35	2,90	4,00
14	M'BAGNE	490	3,55	1,90	1,75	1,75	1,70	1,55	1,70	2,00	2,50	4,00
15	DAOUALEL	495	3,75	2,10	2,00	2,00	1,85	1,70	1,85	2,25	2,80	4,00
16	KERR	524	4,00	2,50	2,40	2,40	2,25	2,25	2,25	2,80	3,50	4,00
18	ORENATA	537	4,00	3,00	2,75	2,75	2,70	2,55	2,70	3,25	3,75	4,00
19	DJEOL	546	3,80	2,00	1,85	1,85	1,70	1,65	1,70	2,25	2,90	3,50
20	N'GUIDJI	554	4,00	2,65	2,50	2,50	2,30	2,20	2,30	2,75	3,25	4,00
21	DJECUI	561	4,00	2,50	2,45	2,45	2,30	2,25	2,30	2,70	3,25	4,00
22	N'GUIDJILONE	575	3,40	2,00	2,00	2,00	1,75	1,70	1,75	2,25	2,65	3,50
23	KOINDEL	604	4,25	2,30	2,20	2,20	2,10	1,90	2,10	2,50	2,65	4,00
24	MATAM	622	3,80	2,30	2,20	2,20	2,00	1,90	2,00	2,50	3,00	4,00
25	DJANDJCOLI	631	3,00	2,20	2,05	2,05	1,90	1,80	1,90	2,25	2,50	4,00
26	TSCHIMPEN	640	3,60	2,20	2,15	2,15	1,80	1,70	1,75	2,50	3,00	4,00
27	ODOBERE	650	3,30	2,15	2,10	2,10	2,05	1,75	1,95	2,40	2,80	4,00
28	N'GANON	661	3,35	2,10	2,05	2,05	2,00	1,80	1,85	2,40	2,80	4,00
29	BARMATHIA	666	4,25	3,00	2,80	2,80	2,75	2,60	2,75	3,40	3,75	4,00
30	GORIKI	685	3,00	2,00	1,95	1,95	1,75	1,70	1,70	1,70	2,45	4,00
31	OUAUCONDE	714	3,70	2,40	2,40	2,40	2,25	2,20	2,20	2,75	3,20	4,00
32	QUELLE	720	4,00	3,30	3,30	3,30	3,15	3,10	3,15	3,70	4,00	4,00
33	GOURELDARA	729	3,65	2,35	2,35	2,35	2,10	2,00	2,00	2,50	3,20	4,00
34	ADABERE	742	3,25	2,45	2,45	2,10	2,00	2,00	2,00	2,60	2,90	4,00
35	VERMA	747	3,25	2,25	2,25	2,25	2,15	1,75	1,90	2,50	2,80	4,00
36	MOUDERI	766	3,55	2,55	2,55	2,55	2,25	2,10	2,10	3,00	3,40	4,00
37	DIAOURA	773	3,95	3,75	3,75	3,75	3,40	3,15	3,20	3,80	3,85	4,00
38	GUILDE	784	3,00	2,50	2,50	2,50	2,45	2,20	2,25	2,95	3,00	4,00
39	BAKEL	795	4,00	2,70	2,70	2,70	2,55	2,35	2,40	2,85	3,25	4,00
40	SASSIMAKARA	800	3,40	2,50	2,50	2,50	2,25	2,05	2,10	2,90	2,90	3,50
41	COLMI	810	3,15	3,00	3,00	3,00	2,80	2,70	2,75	3,25	3,00	4,00
42	YAFERA	817	3,00	2,80	2,80	2,80	2,75	2,75	2,75	2,85	2,90	3,50
43	GOUTIOUBE	826	2,95	2,30	2,30	2,30	2,25	2,15	2,20	2,35	2,80	3,00
44	KABOU	843	1,90	1,50	1,45	1,50	1,30	1,30	1,30	1,60	1,70	3,00
45	DIKOKORI	852	2,70	2,20	2,20	2,20	2,05	2,00	2,00	2,50	2,60	3,50
46	SOMONE	872	3,05	2,20	2,15	2,20	2,15	2,00	2,05	2,30	2,60	3,00
47	AMBIDEDI	883	1,75	1,10	1,10	1,10	1,00	0,90	0,95	1,25	1,50	3,00
48	TAMBOUKANE	898	1,60	0,90	0,90	0,90	0,80	0,75	0,75	1,10	1,30	2,50
49	DIAKANDAPE	901	1,25	0,65	0,70	0,70	0,60	0,50	0,50	0,80	1,00	2,50
50	OGCGOTEL	911	1,70	1,05	1,00	1,05	1,00	0,90	0,95	1,25	1,45	2,50

Tabl.: 19 Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m) / Cas No.: 7

⁺ Les valeurs pour août, sept. et octobre sont des valeurs minimales

N°	Seuil	KM	NOV.	DEC.	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	CRUE
1	MAFOU	332	3,20	2,10	2,20	2,15	2,15	2,00	2,15	2,25	2,25	4,00
2	CCPE	341	3,25	1,85	2,00	1,95	1,95	1,75	1,95	2,15	2,15	4,00
3	N'GOREL	364	3,25	1,85	1,90	1,90	1,90	1,80	1,90	2,00	2,00	4,00
5	DEMET	382	3,00	1,35	1,40	1,40	1,35	1,30	1,35	1,60	1,60	4,00
6	CASCAS	425	3,25	1,50	1,60	1,60	1,55	1,55	1,60	1,85	1,85	4,00
7	DOUNGUEL	430	3,75	2,00	2,05	2,05	2,00	1,90	2,05	2,25	2,25	4,00
8	DIOLDE-DIABE	437	3,45	1,60	1,70	1,70	1,60	1,55	1,70	2,00	2,00	4,00
9	ABDOULA-MATOR	454	3,90	2,30	2,45	2,45	2,30	2,25	2,30	2,50	2,50	4,00
10	DIARINGUKL	462	3,30	1,70	1,85	1,75	1,70	1,70	1,75	2,00	2,00	4,00
11	TAITABA	472	4,05	2,75	2,70	2,70	2,75	2,45	2,70	2,85	2,85	4,00
13	VINDIGNE	482	3,90	2,30	2,50	2,50	2,30	2,25	2,50	2,70	2,70	4,00
14	M'BAGNE	490	3,50	2,00	2,10	2,10	2,00	1,85	2,00	2,30	2,35	4,00
15	DAOUALEL	495	3,75	2,25	2,35	2,35	2,25	2,05	2,25	2,60	2,65	4,00
16	KERR	524	4,00	2,55	2,80	2,80	2,55	2,45	2,55	3,20	3,25	4,00
18	ORENATA	537	4,00	3,00	3,25	3,25	3,00	3,00	3,00	3,50	3,50	4,00
19	DJEOL	546	3,75	2,05	2,30	2,30	2,05	1,85	2,05	2,65	2,75	3,50
20	N'GUIDJI	554	4,00	2,70	2,85	2,85	2,70	2,55	2,70	3,00	3,15	4,00
21	DJEQUI	561	3,95	2,50	2,75	2,75	2,50	2,45	2,50	3,00	3,05	4,00
22	N'GUIDJILONE	575	3,40	2,15	2,30	2,30	2,15	2,00	2,15	2,50	2,55	3,50
23	KOUNDEL	604	4,00	2,40	2,50	2,50	2,40	2,20	2,40	2,85	3,00	4,00
24	MATAM	622	3,75	2,45	2,50	2,50	2,45	2,25	2,45	2,75	2,80	4,00
25	DJANDJOUSSI	631	3,00	2,20	2,25	2,25	2,20	2,15	2,20	2,30	2,35	4,00
26	TSCHIMPEN	640	3,55	2,25	2,50	2,50	2,25	2,00	2,25	2,80	2,85	4,00
27	ODOBERE	650	3,30	2,20	2,40	2,40	2,20	2,10	2,15	2,60	2,70	4,00
28	N'GANON	661	3,30	2,20	2,35	2,35	2,20	2,05	2,15	2,60	2,65	4,00
29	BARMATHIA	666	4,00	3,05	3,30	3,30	3,05	2,90	3,00	3,55	3,60	4,00
30	GORIKI	685	3,00	2,00	2,10	2,10	2,00	1,95	2,00	2,75	2,35	4,00
31	OUAUONDE	714	3,65	2,45	2,75	2,75	2,45	2,35	2,45	2,95	3,00	4,00
32	QUELLE	720	4,00	3,35	3,50	3,50	3,35	3,25	3,35	4,00	4,00	4,00
33	GOURELDARA	729	3,55	2,35	2,50	2,50	2,35	2,30	2,30	3,00	3,00	4,00
34	ADABERE	742	3,25	2,50	2,55	2,55	2,50	2,45	2,45	2,80	2,85	4,00
35	VERMA	747	3,20	2,25	2,45	2,45	2,25	2,20	2,25	2,65	2,70	4,00
36	MOUDERI	766	3,55	2,55	2,80	2,80	2,55	2,50	2,55	2,35	2,40	4,00
37	DIACURA	773	3,80	3,75	3,75	3,75	3,75	3,70	3,75	3,80	3,80	4,00
38	GUILDE	784	3,00	2,75	2,90	2,90	2,75	2,50	2,55	3,00	3,00	4,00
39	BAKEL	795	4,00	2,90	2,75	2,75	2,90	2,70	2,75	3,10	3,15	4,00
40	SASSIMAKARA	800	3,40	2,60	2,75	2,75	2,60	2,45	2,50	2,90	2,90	3,50
41	GOLMI	810	3,15	3,05	3,15	3,15	3,05	3,00	3,00	3,05	3,05	4,00
42	YAFERA	817	3,00	2,80	2,85	2,85	2,80	2,80	2,80	2,90	2,90	3,50
43	GOUTIOUBE	826	2,95	2,35	2,40	2,40	2,35	2,30	2,30	2,70	2,75	3,00
44	KABOU	843	1,80	1,50	1,60	1,60	1,50	1,45	1,45	1,70	1,70	3,00
45	DIKOKORI	852	2,70	2,25	2,40	2,40	2,25	2,15	2,20	2,55	2,55	3,50
46	SOMONE	872	3,00	2,25	2,30	2,30	2,25	2,20	2,20	2,50	2,50	3,00
47	AMBIDEDI	883	1,75	1,15	1,25	1,25	1,15	1,00	1,05	1,40	1,45	3,00
48	TAMBOUKANE	898	1,50	0,95	1,00	1,00	0,95	0,85	0,90	1,25	1,25	2,50
49	DIAKANDAPE	901	1,30	0,75	0,80	0,80	0,75	0,60	0,65	0,95	1,00	2,50
50	OGTOGOTEL	911	1,75	1,10	1,20	1,20	1,10	1,00	1,00	1,35	1,35	2,50

Tabl.: 20 Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m) / Cas No.: 8

⁺ Les valeurs pour août, sept. et octobre sont des valeurs minimales

Tabl.: 20a. Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m) / Phase transitoire

+ Les valeurs pour août, sept. et octobre sont des valeurs minimales

N°	Seuil	KM	NOV.	DEC.	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	CRUE
1	MAFOU	332	3,25	2,00	1,80	1,75	1,95	2,10	2,15	1,65	2,35	4,00
2	COPE	341	3,30	1,75	2,20	2,00	2,00	2,00	2,00	1,75	2,85	4,00
3	N' GOREL	364	3,45	2,35	2,05	1,90	1,90	1,90	1,90	1,75	2,85	4,00
5	DEMET	382	3,10	1,65	1,50	1,30	1,30	1,30	1,30	1,20	2,60	4,00
6	CASCAS	425	3,30	2,00	1,75	1,50	1,50	1,50	1,50	1,25	2,75	4,00
7	DOUNGUEL	430	3,75	2,50	2,15	1,90	1,90	1,90	1,90	1,65	3,25	4,00
8	DICULDE-DIABE	437	3,40	2,00	1,80	1,60	1,60	1,55	1,55	1,20	2,55	4,00
9	ABDOULA-MATOR	454	3,90	2,50	2,40	2,25	2,25	2,20	2,20	2,10	3,10	4,00
10	DIARINGUEL	462	3,25	2,00	1,85	1,70	1,70	1,65	1,65	1,50	2,55	4,00
11	TAITABA	472	4,00	2,85	2,70	2,35	2,35	2,30	2,30	2,00	3,60	4,00
13	VINDIGNE	482	3,85	2,65	2,50	2,25	2,25	2,20	2,20	2,05	3,30	4,00
14	M'BAGNE	490	3,35	2,05	1,95	1,70	1,70	1,65	1,65	1,50	2,75	4,00
15	DAOUALEL	495	3,65	2,35	2,15	1,95	1,95	1,85	1,85	1,75	2,30	4,00
16	KERR	524	4,00	2,75	2,50	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	3,75	4,00
18	ORENATA	537	4,00	3,20	2,80	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	4,05	4,00
19	DJEOUT	546	3,50	2,35	2,05	1,75	1,75	1,65	1,65	1,65	3,20	3,50
20	N'GUIDJI	554	4,00	2,75	2,65	2,45	2,45	2,25	2,25	2,25	3,60	4,00
21	DJEOUTI	561	3,80	2,75	2,50	2,35	2,35	2,05	2,05	2,05	3,50	4,00
22	N'GUIDJILONE	575	3,20	2,30	2,50	1,75	1,75	1,70	1,70	1,65	2,80	3,50
23	KOUNDEL	604	3,90	2,45	2,25	2,10	2,10	2,00	2,00	1,80	3,40	4,00
24	MATAM	622	3,60	2,50	2,25	2,00	2,00	1,85	1,85	1,80	3,25	4,00
25	DJANDJOULI	631	2,85	2,20	2,15	1,80	1,80	1,80	1,80	1,75	2,65	4,00
26	TSCHIMPEN	640	3,40	2,20	1,95	1,75	1,70	1,65	1,65	1,65	3,00	4,00
27	ODOBERE	650	3,10	2,25	2,10	2,00	1,95	1,90	1,90	1,90	2,85	4,00
28	N'GANON	661	3,15	2,15	1,85	1,80	1,80	1,75	1,75	1,75	2,75	4,00
29	BARMATHIA	666	3,95	3,20	2,80	2,75	2,75	2,65	2,65	2,60	3,70	4,00
30	GOURIKI	685	2,70	2,00	1,85	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	2,30	4,00
31	OUAUNDE	714	3,45	2,45	2,25	2,20	2,15	2,05	2,05	2,05	3,00	4,00
32	QUELLE	720	4,00	3,30	3,15	3,10	3,05	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00
33	GOURELDARA	729	3,40	2,30	2,25	2,20	2,15	2,10	2,10	2,10	3,10	4,00
34	ADABERE	742	3,05	2,45	2,15	2,10	2,05	2,00	2,00	2,00	2,85	4,00
35	VERMA	747	3,00	2,25	1,95	1,90	1,85	1,80	1,80	1,80	2,70	4,00
36	MOUDERI	766	3,50	2,50	2,20	2,15	2,25	2,25	2,25	2,25	3,30	4,00
37	DIAOURA	773	3,80	3,55	3,20	3,00	2,75	2,60	2,60	2,60	3,80	4,00
38	GUILDE	784	3,00	2,50	2,20	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	3,00	4,00
39	BAKEL	795	3,50	2,70	2,55	2,35	2,25	2,15	2,15	2,15	2,70	4,00
40	SASSIMAKARA	800	3,00	2,45	2,25	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,85	3,50
41	GOLMI	810	3,05	2,95	2,80	2,70	2,65	2,50	2,50	2,50	3,10	4,00
42	YAFERA	817	2,90	2,75	2,75	2,75	2,80	2,75	2,75	2,75	2,95	3,50
43	GOUTIOUBE	826	2,85	2,30	2,20	2,15	2,10	2,00	2,00	2,00	2,70	3,00
44	KABOU	843	1,75	1,45	1,35	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,65	3,00
45	DIKOKORI	852	2,65	2,20	2,00	2,00	2,00	1,80	1,80	1,80	2,55	3,50
46	SOMONE	872	2,75	2,20	2,15	2,00	2,00	1,85	1,85	1,85	2,50	3,00
47	AMBIDEDI	883	1,55	1,05	1,00	0,95	0,90	0,85	0,85	0,85	1,45	3,00
48	TAMBOUKANE	898	1,85	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	1,25	2,50
49	DIAKANDAPE	901	1,05	0,65	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,45	0,95	2,50
50	OGTOGOTEL	911	1,50	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,80	0,80	1,35	2,50

Tabl.: 20b Tirants d'eau minimaux sur les seuils en (m) / Phase transitoire

⁺Les valeurs pour août, sept. et octobre sont des valeurs minimales

N°	Seuil	KM	NOV.	DEC.	JAN.	FEVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	CRUE
1	MAFOU	332	2,30	2,50	2,35	2,30	2,30	2,30	2,30	2,25	3,00	4,00 ⁺
2	COPE	341	3,45	2,50	2,35	2,25	2,25	2,25	2,25	2,20	3,15	4,00
3	N'GOREL	364	3,50	2,45	2,35	2,20	2,20	2,20	2,20	2,00	3,10	4,00 ⁺
5	DEMET	382	3,25	2,00	1,70	1,50	1,50	1,50	1,50	1,45	2,30	4,00
6	CASCAS	425	3,45	2,25	2,00	1,75	1,75	1,75	1,75	1,65	3,00	4,00
7	DOUNGUEL	430	3,85	2,70	2,40	2,20	2,20	2,20	2,20	2,05	3,60	4,00
8	DIOLDE-DIABE	437	3,50	2,15	2,00	1,75	1,75	1,75	1,75	1,70	3,10	4,00
9	ABDOULA-MATOR	454	4,00	2,70	2,50	2,40	2,40	2,40	2,40	2,35	3,75	4,00
10	DIARINGUEL	462	3,35	2,15	1,95	1,85	1,85	1,85	1,85	1,75	2,95	4,00
11	TAITABA	472	4,00	3,15	2,85	2,70	2,70	2,70	2,70	2,50	3,75	4,00
13	VINDIGNE	482	4,00	2,80	2,65	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	3,65	4,00
14	M'BAGNE	490	3,50	2,25	2,05	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	3,10	4,00
15	DACUALEL	495	3,70	2,50	2,30	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	3,50	4,00
16	KERR	524	4,00	3,00	2,75	2,50 ⁺	2,50	2,50	2,50	2,50	4,05	4,00
18	OPENATA	537	4,00	3,35	3,15	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00
19	DJEOL	546	3,70	2,50	2,20	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,35	3,50
20	N'GUIDJI	554	4,00	2,95	2,75	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	3,90	4,00
21	DJEQUI	561	3,90	2,90	2,70	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,70	4,00
22	N'GUIDJILONE	575	3,25	2,30	2,20	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,05	3,50
23	KOUNDEL	604	4,00	2,55	2,40	2,20	2,20	2,15	2,20	2,20	3,65	4,00
24	MATAM	622	3,70	2,55	2,45	2,25	2,25	2,15	2,25	2,25	3,45	4,00
25	DJANDJOULI	631	2,90	2,25	2,20	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,85	4,00
26	TSCHIMPEN	640	3,45	2,25	2,15	1,90	1,90	1,75	1,90	1,90	3,25	4,00
27	ODOBERE	650	3,50	3,30	2,20	2,05	2,05	1,95	2,05	2,05	2,95	4,00
28	N'GANON	661	3,25	2,30	2,15	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,10	4,00
29	BARMATHIA	666	4,05	3,30	3,05	2,85	2,85	2,75	2,85	2,85	3,80	4,00
30	GOURIKI	685	2,80	2,15	2,00	1,85	1,85	1,75	1,75	1,85	2,60	4,00
31	OUAUONDE	714	3,50	2,70	2,40	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	3,35	4,00
32	QUELLE	720	4,00	3,35	3,25	3,20	3,20	3,15	3,15	3,20	4,00	4,00
33	GOURELDARA	729	3,50	2,40	2,35	2,25	2,25	2,20	2,20	2,25	3,35	4,00
34	ADABERE	742	3,15	2,50	2,45	2,25	2,25	2,15	2,15	2,25	3,00	4,00
35	VERMA	747	3,00	2,25	2,25	2,10	2,10	1,90	1,90	2,10	2,95	4,00
36	MOUDERI	766	3,50	2,60	2,50	2,25	2,25	2,20	2,20	2,25	3,50	4,00
37	DIAOURA	773	3,80	3,75	3,75	3,40	3,40	3,15	3,15	3,40	3,80	4,00
38	GUILDE	784	3,00	2,65	2,45	2,40	2,40	2,20	2,20	2,40	3,00	4,00
39	BAKEL	795	3,70	2,80	2,75	2,75	2,60	2,60	2,75	2,60	3,40	4,00
40	SASSIMAKARA	800	3,25	2,65	2,40	2,40	2,10	2,10	2,40	2,10	3,00	3,50
41	GOLMI	810	3,05	3,05	2,90	2,85	2,80	2,75	2,75	2,85	3,00	4,00
42	YAFERA	817	2,95	2,80	2,80	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,90	3,50
43	GOUTICUBE	826	2,90	2,35	2,30	2,25	2,20	2,20	2,20	2,25	2,85	3,00
44	KABOU	843	1,80	1,55	1,45	1,35	1,30	1,25	1,25	1,35	1,75	3,00
45	DIKKOKORI	852	2,65	2,25	2,15	2,10	2,05	2,00	2,00	2,10	2,65	3,50
46	SOMONE	872	2,85	2,25	2,20	2,15	2,15	2,05	2,05	2,15	2,70	3,00
47	AMBIDEDI	883	1,60	1,15	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,55	3,00
48	TAMBOUKANE	898	1,45	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75	0,80	1,30	2,50
49	DIAKANDAPE	901	1,05	0,75	0,60	0,60	0,55	0,50	0,50	0,60	1,00	2,50
50	OGTOGOTEL	911	1,50	1,10	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95	1,50	2,50

TABLEAU 21 - NOMBRE DE SEUILS A TRAITER

Phase finale	Niv. max. (m)	Tirants d'eau (en m)			
		1,80	2,00	2,20	2,60
Cas 2	234	8	10	13	29
Cas 7	213	10	15	23	40
Cas 8	209	15	17	26	40
Cas 1	208	16	23	28	40
Cas 6	208	21	26	35	45
Cas 3	213	22	28	34	40
Cas 5	207	25	30	39	44
Cas 4	208	28	30	40	44
<hr/>					
Phase transitoire ^x					
PT 4	204	9	14	28	
PT 1	210	21	27	38	

* On a supposé que pendant la phase transitoire, un maximum de 73.000 ha seraient développés en double culture.

Cette surface correspond à l'année 1991 dans l'hypothèse de croissance moyenne des périmètres irrigués (voir Rapport A.1.4. - Agriculture, Deuxième partie, Annexe 3).

Ce tableau et les figures 9 à 12 peuvent être interprétés comme suit :

- Les cas 2 et 7 sont les cas les plus avantageux à cause d'un débit supplémentaire pour la navigation de 100 m³/s à DIAMA, mais le cas 2, qui implique un niveau maximum de 234 m à MANANTALI a peu de chance d'être retenu.
- Les cas 8 et 1 sont plus avantageux que le cas 6 bien que le cas 6 fournisse un débit supplémentaire de 50 m³/s à DIAMA pour améliorer les conditions de la navigation.
- Les cas 3, 5 et 4 ne sont pas recommandables à cause d'un traitement des seuils trop fort et qui entraîne des incertitudes et des risques en ce qui concerne la stabilité du régime du fleuve et donc l'entretien de la voie navigable.

Pendant la phase transitoire, le cas avec un niveau maximum d'exploitation du réservoir de 204 m (PT 1) est plus avantageux que les cas avec des niveaux d'exploitation plus élevés (PT 1 210 m). Les débits turbinés dans le PT 4 augmentent les débits pour la navigation le long du fleuve. Le programme d'aménagement peut être intégré facilement dans le programme total si l'on commence pendant la phase transitoire avec un tirant d'eau pour la navigation de 1,80 m et qu'on porte éventuellement cette valeur à 2,00 m à l'approche de la phase finale.

Le nombre des seuils à traiter augmente fortement si l'on porte le tirant d'eau à 2,20 m.

Le volume des marchandises qui seront à transporter dans la phase finale déterminera le nombre des bateaux et leur densité de circulation. Cette contrainte pourrait également influencer le choix du tirant d'eau définitif et sera étudiée dans le chapitre 4 du présent rapport.

3.4. Les coûts d'aménagement des seuils et de construction des épis

3.4.1. Les coûts d'aménagement des seuils sont fonction du type de terrain (sable ou rocher), du volume à draguer (ou à dérocher), des travaux complémentaires de resserrement du lit à effectuer pour maintenir un niveau d'eau et une vitesse du courant aussi constants que possible.

Le présent rapport a pour but de comparer les coûts d'aménagement au coût du barrage; il comprend une estimation générale de ces coûts d'aménagement mais ne donne aucun détail pour chaque seuil. Ces coûts sont basés sur des coûts unitaires de 6.000 F.CFA/m³ de dérochement et de 800 F.CFA/m³ de sable à draguer.

Le tronçon AMBIDEDI-KAYES à aménager de toute façon, représente la fraction la plus importante des travaux de dérochement dans tous les cas. Pour le calcul des coûts de construction des épis, on s'est basé sur les valeurs confirmées par l'expérience en Allemagne et on a tenu compte des distances de transport sur le fleuve Sénégal. Les calculs furent effectués selon le schéma suivant:

Pour le cas 7 et le tirant d'eau de $f = 1,80 \text{ m}$, le rapport indique qu'il y a lieu d'aménager 10 seuils par dragage respectivement dérocage. On admet que par seuil aménagé on a besoin de 7 épis en moyenne et que la section d'un épis est de 7 m^2 . La longueur d'un épis étant de 150 m, on obtient le volume de matériaux à mettre en oeuvre pour

$$\text{un épis} = 1.000 \text{ m}^3;$$

en admettant un poids spécifique de $1,8 \text{ t/m}^3$, on a le poids:

$$\text{poids } P = 1.800 \text{ t.}$$

La largeur de crête étant de 2 m, on peut utiliser des blocs de 30 à 100 kg. En admettant un prix de 6.000 F.CFA par m^3 d'épis mis en oeuvre et une distance de transport moyenne des matériaux de 200 km pour un prix de 15 F.CFA par t km, on obtient le coût total suivant pour la construction des épis dans le cas considéré:

$$\begin{aligned} 7 \times 10 \times 1000 \times 6000 + 1,8 \times 7 \times 10 \times 1000 \times 15 \times 200 &= \\ 420.000.000 + 380.000.000 &= \\ 800 \text{ millions F.CFA} \\ \hline \end{aligned}$$

3.4.2. Le tableau 22 et les figures 13,14 et 16 donnent les estimations du nombre des seuils à traiter et du volume à déblayer, basé sur les plans des seuils de l'étude d'Ivanov et les estimations des coût totaux des aménagements.

On peut y voir que pour un tirant d'eau de 1,80 m, les aménagements les moins coûteux (1.090 millions F.CFA) sont donnés par la retenue à 234 m (cas de régularisation n° 2), les plus coûteux (4.654 millions F.CFA) étant demandés par le cas de régularisation n° 4 (320.000 ha irrigués, 800 GWh, pas de débit réservé pour la navigation).

A première vue le cas de régularisation n° 7 (255.000 ha, 800 GWh et 100 m³ pour la navigation, 213 m), donnant pour 1,80 m de tirant un coût d'aménagement de 1.724 millions de F.CFA, représenté la solution la plus favorable pour la navigation. On recommande de répartir ces travaux sur trois ans, à raison d'un investissement de 700 millions de F.CFA en 1982/83, de 524 millions en 1983/84 et de 500 millions en 1984/85.

3.4.3. De son côté, la figure 15 montre la réduction du coût des aménagements en fonction de la croissance du débit.

On y voit qu'un accroissement de débit de 50 m³/sec, toutes autres choses restant égales d'ailleurs, ne réduit que très faiblement le coût des aménagements.

Par contre, une augmentation du débit réservé à la navigation de 100 m³/ sec permet une réduction des coûts d'aménagement de quelque 65 %.

3.4.4. Les coûts d'entretien annuels ont été estimés à 20 % du coût d'aménagement des seuils. Cette valeur de 20 % semble être élevée, mais à cause de la forte variation du débit et du transport de débit solide pendant l'hivernage qui entraîne la variation annuelle du lit du fleuve il semble être assez justifié.

3.5. Coûts d'investissement de l'infrastructure fluviale

A côté de l'aménagement des passes navigables, c.à d. d'un nombre déterminé de seuils dans le fleuve, une certaine infrastructure s'avère absolument indispensable pour permettre un déroulement normal de la navigation sur le Sénégal. Cette infrastructure comprend notamment le port de St. Louis, le port de Kayes, neuf ports fluviaux, le balisage le long de la voie navigable et les ouvrages sur les seuils, c.à d. en premier lieu les épis (voir para. 3.1.2). Après avoir examiné de façon approfondie les estimations avancées dans les études antérieures d'aménagement fluvial, le Groupement a soit repris les estimations qui lui semblaient correspondre aux besoins réels, soit effectué des estimations basées sur ses propres expériences. Les coûts pour la construction des épis sont donnés au paragraphe 3.4. et pour les ouvrages additionnels en amont et en aval on estime à peu près la même somme que pour les épis de façon que les coûts totaux de l'aménagement du fleuve par seuil correspondent aux coûts de dragage et déroctage par seuil.

On considère donc que les investissements suivants, ajustés aux prix de 1976/77, sont nécessaires:

Port de St. Louis	6.500×10^6 F.CFA
Port de Kayes	1.800×10^6 F.CFA
Neuf ports fluviaux	1.800×10^6 F.CFA
Balisage	400×10^6 F.CFA
Ouvrages sur les seuils (cas 7)	1.724×10^6 F.CFA

L'entretien annuel de ces aménagements est estimé à 5 % des investissements effectués antérieurement.

Compte tenu des différents délais imposés, le Groupement Manantali propose, pour les coûts de l'infrastructure fluviale, le calendrier d'investissement suivant:

(10^6 F.CFA)

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL
Port de St.Louis	1.500	2.000	2.000	1.000	-	-	-	6.500
Port de Kayes	-	-	1.000	800	-	-	-	1.800
Neuf ports fluviaux	-	-	-	400	800	600	-	1.800
Balisage	-	-	-	400	-	-	-	400
Ouvrages sur les seuils (cas 7)	-	-	1.000	724	-	-	-	1.724
Total investissement	1.500	2.000	4.000	3.324	800	600	-	12.224
Entretien 5 %		75	175	375	540	580	610	-
Total coûts annuels	1.500	2.075	4.175	3.700	1.340	1.180	610	-

Les coûts d'investissement du port de St. Louis ne tiennent compte que des aménagements directement liés à la navigation sur le Sénégal.

On estime donc que le total des coûts d'infrastructure fluviale (à l'exclusion des coûts d'aménagement des seuils qui varient suivant les cas de régularisation) s'élève à 12.224 milliards de F.CFA

TABLEAU 22 - COUTS DE DRAGAGE ET DE DEROCTAGE POUR LES CAS ETUDES

CAS-T (m)	Nombre de seuils à traiter	Volumes	Prix unitaires	Coûts		Classement*
		10^3 m^3		10^3 F.CFA	10^6 F.CFA	
		roche		sable		
2 - 1,80	8	143	6,0		858	1
		290	0,8		232	
2 - 2,20	12	560	6,0		3.360	4
		418	0,8		334	
3 - 1,80	22	560	6,0		3.360	5
		960	0,6		576	
4 - 1,80	28	684	6,0		4.104	8
		1.100	0,5		550	
5 - 1,80	25	670	6,0		4.020	7
		986	0,6		592	
5 - 2,20	39	1.140	6,0		6.840	11
		3.290	0,4		1.316	
6 - 1,80	21	654	6,0		3.924	6
		1.145	0,5		572	
6 - 2,20	35	1.095	6,0		6.570	10
		2.850	0,4		1.140	
7 - 1,80	10	250	6,0		1.500	2
		280	0,8		224	
7 - 2,20	23	895	6,0		5.370	9
		1.640	0,5		820	
7 - 2,60	40	1.484	6,0		8.904	12
		3.916	0,4		1.566	
8 - 1,80	15	450	6,0		2.700	3
		645	0,7		451	

(*) classement par ordre de coût des aménagements totaux des seuils

4. LA NAVIGATION FUTURE ENTRE SAINT-LOUIS ET KAYES

4.1. Introduction

Cette partie du rapport de navigation vise à définir le type de flotte qui pourra desservir le fleuve SENEGAL régularisé. Les principaux critères qui doivent être pris en considération sont le volume du trafic, la dimension, le nombre et le type de bateaux, le coût d'acquisition de la flotte et son coût de fonctionnement.

4.2. La situation actuelle de la navigation sur le SENEGAL dans la région étudiée (St. LOUIS - KAYES)

Le tronçon du fleuve navigable entre KAYES et St. LOUIS a une longueur d'environ 925 km. Les experts y ont étudié en décembre 1976 la situation actuelle en ce qui concerne les passes navigables, les ports et quais accessibles, les moyens de transport et la densité du trafic actuel.

La situation existante de l'infrastructure fluviale est résumée dans le tableau suivant, sur base des informations disponibles.

La flotte actuelle est virtuellement inexistante, les quelques bateaux qui parcourent encore le fleuve étant dans un état de vétusté avancée.

Ports et quais d'accostage sur le fleuve de St. LOUIS à KAYES

N°	Ports et quais d'accostage	distance de St.LOUIS en km	Pays	équipements existants
1	St. Louis	0	Sénégal	2 quais de 655 m et 800 m et 1 magasin
2	Richard-Toll	142	"	quai (100 m)
3	Dagana	169	"	pas d'ouvrages
4	Podor	268	"	quai (300 m)
5	Matam	623	"	quai (170 m)
6	Bakel	795	"	pas d'ouvrages
7	Rosso	130	Mauritanie	quai (40m) et 1 magasin
8	Boghé	380	"	pas d'ouvrages
9	Kaédi	532	"	terre-plein, magasin et quai (70 m)
10	Ambidédi	880	Mali	quai à 2 niveaux
11	Kayes	925	"	rampe et 2 magasins

4.3. Prévision de la demande de capacité de transport pour la période de 1985 à 2025 - 26

Les études de transport disponibles à l'OMVS ont servi de base pour cette prévision de la demande de capacité de transport sur le fleuve.

Du grand nombre d'études effectuées, le "Rapport-Technico-Economique sur le Développement des Transports sur le fleuve Sénégale" de V.N.Pomerantsev (octobre 1969) est considéré comme étant le plus réaliste.

Pour estimer les flux de transport, leur type et leur répartition, on a pris ce rapport comme base de la prévision de la demande de capacité de transport sur le SENEGAL de St. LOUIS à KAYES.

Lors du rassemblement des données sur les lieux, on a surtout pris en compte les plans de développement des trois pays riverains du fleuve, c'est-à-dire le SENEGAL, la MAURITANIE et le MALI pour déterminer le volume à transporter prévisible sur le fleuve. En plus on a examiné en détail les transports par chemin de fer entre DAKAR et BAMAKO.

A l'aide des renseignements concernant la demande de transport de minerai sur le fleuve, et en utilisant les résultats des recherches les plus récentes au sujet des possibilités d'un développement agricole dans la région du fleuve, on a établi des estimations aussi现实的 que possible de la capacité de transport nécessaire.

Cette demande de capacité de transport entre St. LOUIS et KAYES au cours de la période de 1985/86 - 2025/26 est synthétisée au tableau no.23.

4.3.1. Volume de transport à la montée

Le trafic à la montée est essentiellement déterminé par les importations du MALI. Dans les études de transport existantes, on s'accorde pour admettre qu'après régularisation du fleuve sur le troçon St.LOUIS-KAYES, environ 30 - 50 % de la totalité des importations du MALI se feront par le fleuve SENEGAL.

Comme base des estimations données dans la suite de cette étude, on a pris les volumes de transport indiqués pour l'année 1976/77 par V.N.Pomerantsev dans son rapport d'octobre 1969 en admettant que 30 % seront transportés sur le fleuve.

Ce sont, pour les importations du MALI, 158.000 tonnes de marchandises diverses et 37.000 tonnes de produits pétroliers, ainsi que pour les régions entre St.LOUIS et BAKEL 77.000 tonnes de marchandises diverses et 10.000 tonnes de produits pétroliers. Ce fera pour l'année 1976/77 pour le transport à la montée 235.000 tonnes de marchandises diverses et 47.000 tonnes de produits pétroliers. En appliquant un taux de croissance semblable à ceux proposés dans la suite d l'étude (6 % - 8 %) on obtient à la montré 398.000 tonnes de marchandises diverses et 92.000 tonnes de produits pétroliers pour 1985/86, indiquées au tableau 23.

Dans leur étude, les chinois ont effectué une estimation qui prévoit un volume à transporter sur le SENEGAL de 1,5 millions de tonnes en 1985 et de 3,0 millions de tonnes en 1995, valeurs considérablement plus élevées que celles prévues dans cette étude du Groupement Manantali. Et pourtant, ces chiffres sont déduits eux aussi des plans de développement des pays de l'OMVS. Seulement, dans cette étude-ci on a effectué un décalage dans le temps en postposant les dates de réalisation de façon à obtenir des valeurs plus réalistes compte tenu de l'état actuel des projets.

A titre de comparaison, on peut citer des cas analogues rencontrés en Afrique, comme p.ex. celui du delta du Niger-Bénoué, dont le volume à transporter est supposé s'accroître de 0,5 millions de tonnes en 1978 à environ 10,0 millions de tonnes en 1985. Dans ce cas, la part du ciment est pourtant extrêmement élevée.

On peut affirmer que les taux de croissance annuels de 4 % à 8 % appliqués dans la suite de l'étude sont plutôt peu élevés, compte tenu du fait que dans d'autres pays africains on constate actuellement des taux de croissance de 15 % et même beaucoup plus.

Les marchandises diverses se composent essentiellement d'aliments, engrais, matériaux de construction, machines agricoles, matières premières, équipements industriels ainsi que de produits d'approvisionnement généraux. Pour ce genre de chargement on admet empiriquement un coefficient de remplissage de 1,7 (relation volume-poids).

Il convient de noter qu'en admettant les 30 % mentionnés ci-dessus, on n'a pas encore tenu compte de l'effet stimulant sur les transports fluviaux que provoque le coût bon marché de la tonne kilométrique sur le fleuve.

Pour l'appréciation de la production agricole et de la partie de cette production à transporter sur le fleuve, on a utilisé les estimations de production du rapport agricole (Mission A.1.4.-Agriculture).

On a considéré les données du développement moyen en tenant compte du fait que la production du MALI est principalement destinée à la consommation locale. Pour les produits intervenant dans le transport fluvial c'est-à-dire riz, sorghum, maïs, niébé, blé et millet, le coefficient de remplissage est de 1,7 également.

Les chargements pour les installations portuaires entre St.LOUIS et KAYES se composent avant tout de produits d'équipements pour le développement de l'industrie légère comme les raffineries de sucre, les industries d'exploitation du papier, de la viande et des légumes ainsi que pour l'agriculture.

En plus, aussi bien l'agriculture que l'industrie devront être approvisionnées en produits pétroliers (ports principaux Podor et Rosso). A condition que la navigation puisse être assurée à partir de 1984/85 pendant toute l'année grâce à la mise en service des barrages de DIAMA et de MANANTALI, on a admis un accroissement continu de la demande de capacité de transport à partir de 1985/86.

Jusqu'à cette époque, l'excès proportionnel de la demande de capacité de transport sera irrégulier et s'accommodera de la mise en service progressive de la flotte.

Pour l'estimation des transports en l'an 1985/86 de 398.000 tonnes par an de chargement divers et de 92.000 tonnes par an de produits pétroliers en vrac (essence,gas-oil,fuel-oil,etc.) on s'est basé également sur l'accroissement progressif des importations du MALI, de la MAURITANIE et du SENEGAL.

Comme, en ce moment une estimation de l'évolution des transports au-delà de 1985/86 et jusque 2025/26 n'est guère possible de façon précise, on a considéré dans ce rapport deux variantes possibles de cette évolution:

- la première variante admet un développement relativement favorable.
- la deuxième variante admet des taux de croissance diminués de 2 % vis-à-vis de la première.

Les taux de croissance annuels de la demande de capacité de transport à la montée utilisés dans cette étude sont donc les suivants:

		1 ^e variante	2 ^e variante
- marchandises diverses	jusqu'en 1995:	7 %	5 %
	à partir de 1995:	6 %	4 %
- produits pétroliers	jusqu'en 1995:	8 %	6 %
	à partir de 1995:	6 %	4 %

Si dans la suite de l'étude on trouve des couples de valeurs, la première correspond au développement plus poussé, la seconde au développement plus modéré. Pour le transport des marchandises diverses, on a déterminé une distance moyenne de 702 km tandis que pour les produits pétroliers on a pris 638 km.

Le tableau 23 donne un résumé de la demande de capacité de transport à la montée.

4.3.2. Volume de transport à la descente

L'évolution du volume de transport à la descente sera essentiellement déterminée par l'accroissement de l'agriculture dans la région du fleuve et par le développement de l'industrie minière. Parmi les produits de l'agriculture seront surtout intéressants pour le transport fluvial, les arachides, le millet, le sorghum et autres céréales.

Les exportations possibles de minerais à partir de 1985 sont traitées de façon très différente dans les études existantes. De même les renseignements obtenus sur les lieux ne permettent pas d'éclaircir ce problème parce que la demande sur le marché mondial concernant ces minerais n'a pas été étudiée à fond jusqu'ici.

Le MALI et le SENEGAL voulant cependant réaliser ces exportations de minerai de fer et d'alumine, on a envisagé une hypothèse pour cette demande de capacité qui s'élèverait à 5 millions de tonnes par an à partir de 1995.

Comme pour le trafic à la montée, l'excès proportionnel de demande de capacité sera irrégulier au cours des premières années. En 1985/86, le volume à transporter en descente aura atteint les 153.000 tonnes par an.

Pour les raisons indiquées ci-avant au paragraphe 4.3.1., on admet pour la période de 1985/86 à 2025/26 les taux de croissance annuels suivants pour le transport de marchandises diverses à la descente:

	1 ^e variante	2 ^e variante	distance moyenne (km)
- jusqu'en 1995 :	7 %	5 %	644
- de 1995 à 2010 :	10 %	8 %	544
- à partir de 2010:	6 %	4 %	450

Pour le transport du minerai on considère un volume constant sur toute la longueur du fleuve (925 km). Le tableau 23 donne un résumé de la demande de capacité du transport à la descente et de la capacité nécessaire.

Une estimation du rapport entre importations et exportations ne peut se baser que sur les données actuelles et on peut supposer une évolution favorable de ce rapport dans l'avenir. Pour le moment, rien ne pourrait justifier la prévision d'un rapport équilibré du point de vue quantités transportées. La balance des paiements pourrait cependant être nettement améliorée, voire même équilibrée, à condition que les matières importées, travaillées et transformées dans les pays en question, soient de nouveau exportées après avoir multiplié leur valeur de la façon.

A titre d'exemple, on donne ci-après les rapports des importations et des exportations en tonnes du MALI sur la ligne de chemin de fer Dakar-Niger pour la période de 1966 à 1975:

<u>Année</u>	<u>rapport importations / exportations</u>
1966	6,0
1967	5,96
1968	3,33
1969	3,29
1970	2,16
1971	1,62
1972	2,74
1973	5,05
1974	8,44
1975	2,30

Dans cette étude-ci et en se basant sur les taux de croissance annuels admis ci-dessous, on aura l'évolution suivante (sans tenir compte de l'exploitation du mineraï).

<u>Année</u>	<u>rapport importations / exportations</u>
1985	3,20
2025	1,85

Dans ce cas, on assiste donc à une évolution favorable de l'économie nationale.

Pour l'année 2025, on a pu calculer que les produits de masse et divers (sans mineraï ni pétrole) à transporter sur le fleuve atteindront un chiffre de 7,5 (3,5)⁺ millions de tonnes. Cette valeur peut sembler très élevée. Il faut cependant se rendre compte qu'outre les deux ports extrêmes, plusieurs petits ports fluviaux intermédiaires contribuent de façon non négligeable à ce volume. A titre de comparaison, on peut remarquer que les estimations dans d'autres études sont même nettement plus élevées. On ne peut cependant pas, à l'heure actuelle, fournir des prévisions détaillées au sujet de l'évolution des transbordements dans ces

⁺ le nombre entre parenthèses correspond au développement modéré.

ports intermédiaires, parce que leur importance dépend essentiellement du développement de l'agriculture dans les trois pays, développement qui est analysé dans une étude à part. En principe, on peut dire qu'en ce qui concerne la navigabilité du fleuve SENE GAL comme alternative à la route et au chemin de fer, on doit partir d'un volume de transport minimum.

Le Groupement Manantali est d'avis que ce volume devrait être d'au moins un million de tonnes par an. En-dessous de ce tonnage, on ne pourrait plus parler d'alternative à la route et au chemin de fer.

A titre de comparaison, l'ensemble du transport de marchandises sur le Rhin s'élevait en 1875 à 3,2 millions de tonnes et en 1900 à 21,9 millions de tonnes. On peut donc très bien s'imaginer que, pour un développement économique modéré dans les pays de l'OMVS, et en incluant du minerai et du pétrole, on transporte sur le SENE GAL en 2025 environ 40 % du volume transporté sur le Rhin en 1900.

4.4. Détermination du système de transport sur le SENE GAL

Pour les raisons suivantes, on recommande une navigation par poussage sur le fleuve SENE GAL:

- les dimensions de la voie navigable: le tirant d'eau est limité sur les 50 seuils pendant la période sèche qui dure 8 mois avec un rayon de courbure minimum de 250 m et une largeur de 60 m pour les passes navigables sur les seuils,
- entraves à la navigation: écluse de DIAMA environ 190 x 25 m, le pont à St. LOUIS,
- le type de marchandises à transporter: les chargements nécessitent des temps de transbordement élevés et des temps de navigation proprement dite peu importants, il y a donc avantage à séparer les pousseurs des barges qui peuvent demeurer immobiles plus longtemps,
- moyens de réparation (les coûts de construction et d'entretien de radoub seront moins élevés à cause des faibles dimensions à prévoir),

- distances à parcourir: du fait que la partie motrice plus coûteuse est séparée des parties contenant le chargement, un rendement beaucoup plus élevé est possible à cause des faibles temps de circulation; leur rendement exprimé en chargement transporté est 2 à 4 fois supérieur à celui d'un automoteur ou convoi remorqué.

TABLEAU 23 - DEMANDE DE TRANSPORT SUR LE FLEUVE ENTRE ST. LOUIS ET KAYES (ESTIMATION)

(Suite du tableau voir page suivante)

		En montant			En descente			Total		
		divers	pétrol	mineraï	divers	pétrol	mineraï	divers	pétrol	mineraï
Année	Unité									
1985/86	Poids (en 1000 t)	398	92	-	153	-	-	551	92	
	Vol.transporté (en 10 ⁶ tkm)	280	59	-	99	-	-	379	59	
1990/91	Poids (en 1000 t)	558 508	135 123	-	215 195	-	-	773 703	135 123	
	Vol.transporté (en 10 ⁶ tkm)	392 357	86 78	-	138 126	-	-	530 483	86 78	
1995/96	Poids (en 1000 t)	783 648	199 165	-	301 249	-	? 5.000	1.084 897	199 165	? 5.000
	Vol.transporté (en 10 ⁶ tkm)	550 455	127 105	-	194 160	-	? 4.625	744 615	127 105	? 4.625
2000/01	Poids (en 1000 t)	1.048 789	266 200	-	485 366	-	? 5.000	1.533 1.155	266 200	? 5.000
	Vol.transporté (en 10 ⁶ tkm)	736 554	170 128	-	264 199	-	? 4.625	1.000 753	170 128	? 4.625
2005/06	Poids (en 1000 t)	1.402 960	356 244	-	781 538	-	? 5.000	2.183 1.498	356 244	? 5.000
	Vol.transporté (en 10 ⁶ tkm)	984 674	227 156	-	425 293	-	? 4.625	1.409 967	227 156	? 4.625

TABLEAU 23 - Demande de transport sur le Fleuve entre St. Louis et Kayes (Estimation)

		En montant			En descente			Total				
		Année	Unité	divers	pétrole	mineraï	divers	pétrole	mineraï	divers	pétrole	mineraï
2010/11	Poids (en 1000 t)	1.876 1.168	476 297	- -	476 297	- -	1.257 791	- -	? 5.000	3.133 1.959	476 297	? 5.000
	Vol.transporté (en 10 ⁶ tkm)	1.317 820	304 189	- -	304 189	- -	684 430	- -	? 4.625	2.001 1.250	304 189	? 4.625
2015/16	Poids (en 1000 t)	2.510 1.421	637 361	- -	637 361	- -	1.682 962	- -	? 5.000	4.192 2.383	637 361	? 5.000
	Vol.transporté (en 10 ⁶ tkm)	1.762 998	406 230	- -	406 230	- -	757 439	- -	? 4.625	2.519 1.431	406 230	? 4.625
2020/21	Poids (en 1000 t)	3.359 1.725	852 439	- -	852 439	- -	2.251 1.171	- -	? 5.000	5.610 2.899	852 439	? 5.000
	Vol.transporté (en 10 ⁶ tkm)	2.358 1.213	544 280	- -	544 280	- -	1.019 527	- -	? 4.625	3.370 1.740	544 280	? 4.625
2025/26	Poids (en 1000 t)	4.494 2.103	1.140 534	- -	1.140 534	- -	3.012 1.425	- -	? 5.000	7.506 3.528	1.140 534	? 5.000
	Vol.transporté (en 10 ⁶ tkm)	3.155 1.476	727 341	- -	727 341	- -	1.355 641	- -	? 4.625	4.510 2.117	727 341	? 4.625

Au vu des problèmes de transport qui se posent en l'an 2025(environ 8,6 (4,1)⁺ millions de tonnes par an de transport de marchandises diverses et pétrole, dont environ 1,1 (0,5)⁺ millions de tonnes par an de produits pétroliers en vrac et environ 5 millions de tonnes par an de mineraï et d'alumine seront à transporter) et au vu de l'exploitation économique de chaque unité, les convois poussés sont la solution la mieux adaptée. Il est également à noter que la solution par poussage se recommande aussi en l'absence de transport minéralier.

En admettant une durée de vie de 15 ans pour les bateaux, les premiers achats de la flotte en 1985/86 sont conditionnés par le volume à transporter d'environ 1,3 (1,1)⁺ millions de tonnes en 1995/96, qui exige des capacités économiques des bateaux.

La durée de vie de 15 ans qu'on adopte dans cette étude se justifie de la façon suivante:

- le corps du bateau ainsi que les organes de propulsion sont mis à plus rude épreuve à cause des conditions de navigabilité médiocres (contacts avec le fond plus fréquents).
- le climat fait que les bateaux sont attaqués plus rapidement par la rouille.
- le personnel qualifié manquant d'expérience, l'entretien ne sera guère parfait.

Vu les conditions locales, il n'est pas recommandable d'adopter des durées de vie supérieures à 15 ans. Dans d'autres pays africains, un peu plus humide tout de même que le SENEGAL, on admet en moyenne une durée de vie de 10 ans.

Ainsi, au cours des investigations suivantes, on se limite à déterminer quel type de bateau correspond le mieux aux exigences de la navigation par poussage.

Les trois types de transports différents exigent la mise en circulation de trois types de barges qui répond aux besoins spécifiques des différents chargements.

⁺la valeur entre parenthèses correspond à l'hypothèse d'un développement modéré.

Un type unique de pousseur de parcours qui peut être utilisé dans n'importe quel genre de transport garantit une flexibilité maximale lors de l'exploitation de la flotte.

En ce qui concerne les barges, on conseille également d'utiliser des unités de dimensions identiques pour les trois types de transport pour que l'interchangeabilité des barges au sein d'un convoi soit assurée.

4.4.1. Description des types de bateau

Les dimensions et la puissance des pousseurs de parcours seront déterminées par la capacité respective des barges et par la vitesse d'avancement qu'on veut atteindre. Au cause des vitesses de courant du SENEgal (2 km/h) on recommande d'adopter des pousseurs d'une puissance motrice identique à celle qui serait nécessaire pour faire avancer un convoi de 4 barges à 16 km/h dans un canal sans courant. La propulsion par deux hélices assure une meilleure maniabilité du convoi.

Eu égard aux rayons de courbure minimaux du fleuve (250 m) et à la largeur de la passe qui y doit être élargie de 60 m à 90 m si on n'accepte pas de temps d'attente pour un nombre limité de courbures prononcées, on propose d'adopter des convois de 130 x 25 m. Ceci donne pour chaque barge et compte tenu des conditions de tirant d'eau, les dimensions de base de 50 x 11 m ou 48 x 11 m .

Quatre barges sont groupées pour former un convoi.

Les caractéristiques de base des moyens de transport prévus son données dans le tableau 24.

A titre de comparaison, on peut remarquer que des bateaux de dimensions identiques sont exploités actuellement sur les fleuves d'autres pays africains, comme par exemple sur le NIL au SOUDAN et en EGYpte, sur le KONGO et le UBANGUI entre BRAZZAVILLE et BANGUI, sur le NIGER et le BENUE au NIGERIA.

Des unités plus petites (38 x 7 x 2 m) circulent sur un affluent SAIGA, dont les conditions de navigation sont moins bonnes que celles du KONGO et du BANGUI, et sont utilisées spécialement pour le transport du bois.

Les unités de grandes dimensions présentent les avantages suivants en Afrique:

- meilleures possibilités de remplissage
- des marchandises encombrantes peuvent être transportées encore à faible tirant d'eau
- un nombre réduit d'unités (pour un volume à transporter constant) exige des capacités d'entretien plus réduites.

Dans la suite on donnera la description des différents types de barges selon leur mode d'exploitation.

4.4.2. Transport de marchandises diverses

Pour les barges proposées pour le transport de marchandises diverses, on conseille d'envisager un coefficient de 1,7 pour le volume de chargement par rapport au poids utile.

Pour différents tirants d'eau, on conseille alternativement le type I et le type II.

Les barges de type II sont exploitées en combinaison avec un pousseur de parcours de type II qui diffère du pousseur de type I uniquement par une puissance motrice plus faible.

Les deux types de barges ont deux compartiments spacieux et bien accessibles qui permettent un empilement bien disposé et bien protégé ainsi qu'un transbordement rapide.

La couverture de la zone de chargement permet le transport de faibles charges sur le pont. Elles sont équipées de cabines pour deux bâteliers.

D'autres renseignements de base sont indiqués dans le tableau 24.

TABLEAU 24 - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES MOYENS DE TRANSPORT PREVUS

No.	Moyen de transport	Abréviation du type	Dimensions en m			Capacité de chargement				puissance motrice (CV)	équipage (homme)		
			longueur	largeur	hauteur (côté)	charge utile à l'étiage		volume de chargement	coefficient d'utilisation (%)				
						(t)	(m)						
1	pousseur de parcours I	SB I	28	9	2		1,20			2 x 750	15		
2	pousseur de parcours II	SB II	28	9	2		1,10			2 x 450	15		
3	pousseur de port	HSB	12	4	2		1,00			1 x 200	9		
4	barge (marchandises) I	FL I	50	11	3,80	1.050	2,50	1.860	100	-	2		
5	barge (marchandises) II	FL II	48	11	3,00	790	2,00	1.375	100	-	2		
6	barge pétrolière I	TL I	50	11	2,50	1.000	2,40	1.100	100	-	2		
7	barge pétrolière II	TL II	48	11	2,50	860	2,20	1.045	100	-	2		
8	barge minéralière I	EL I	50	11	3,10	1.220	2,80	1.230	100	-	2		
9	barge minéralière II	EL II	48	11	2,50	915	2,20	1.045	100	-	2		

4.4.3. Transport pétrolier

Pour le transport de produits pétroliers en vrac, on propose alternativement, en fonction du tirant d'eau, des barges pétrolières de type I et de type II exploitées en combinaison avec un pousseur de type I ou de type II respectivement. Ces barges pétrolières spéciales sont équipées de 6 à 8 citernes individuelles. Une pompe d'une capacité de 100 t par heure est installée sur le pont.

Les barges sont équipées de cabines pour deux bâteliers.

D'autres renseignements de base sont indiqués au tableau 24.

4.4.4. Transport minéralier

Pour le transport en vrac de produits en grande masse comme le minerai de fer, l'alumine, le charbon, etc. et pour les produits lourds avec un coefficient d'encombrement de 1 : 1,0 (volume chargé par rapport au poids), on propose des barges minéralières. Les parois intérieures des compartiments de chargement sont recouvertes de plaques en acier pour permettre un transbordement par benne prenante. Les barges sont munies de cabines pour deux bâteliers. Ici encore on propose alternativement, en fonction du tirant d'eau, des barges minéralières de type I et de type II exploitées en combinaison avec un pousseur de type I ou de type II respectivement.

D'autres renseignements de base sont indiqués au tableau 24.

4.4.5. Domaine du port

Pour manœuvrer les barges dans le domaine du port (chargement, déchargement et composition des convois) on recommande d'utiliser des pousseurs de port. Ceux-ci remplacent dans le domaine du port le pousseur de parcours, ils reprennent et remettent le convoi complet dans la rivière.

Une force motrice de 200 CV est suffisante. Ils sont munis de cabines pour neuf bâteliers.

D'autres renseignements de base sont indiqués dans le tableau 24.

4.5. Planning d'utilisation et dimensionnement de la flotte pour le transport en l'an 2025/26

En se basant sur l'estimation de la demande de capacité de transport (voir tableau 23), on a déterminé les moyens de transport nécessaires. L'utilisation de la flotte a été représentée séparément pour les trois types de transport au cours de la période considérée pour mettre en évidence les différentes influences et pour permettre de suivre leur évolution.

Pour le planning d'utilisation de la flotte on a tenu compte des conditions suivantes :

4.5.1. Profondeur d'enfoncement

Les tableaux suivants montrent quelles sont les variations, au cours de l'année, des enfoncements maximum possibles pour un aménagement standard des seuils à une profondeur de 1,80 m.

En effet, étant donné les variations de débit au-dessus du débit minimum garanti dans chaque cas de régularisation, on peut admettre un enfoncement (donc un chargement) supérieur à l'enfoncement minimum de 1,50 m durant les mois de crue.

Comme on le voit, et en faisant l'hypothèse que des bateaux conçus pour un enfoncement minimum de 1,50 m ne pourraient pas s'enfoncer à plus de deux mètres, l'enfoncement annuel moyen gravite autour de 1,70 m pour tous les cas de régularisation. Quelle que soit donc le cas de régularisation, la capacité de chargement moyen ne varie que de $\pm 1,5\%$ suivant le cas considéré pour une profondeur donnée des seuils.

Mois	Enfoncement maximum possible pour les bateaux (mètres)						
	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6	Cas 7	Cas 8
Janvier	1,55	1,55	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Février	1,55	1,55	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Mars	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Avril	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Mai	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Juin	1,75	1,65	1,65	1,50	1,50	1,75	1,50
Juillet	1,80	1,65	1,85	1,95	1,90	1,70	1,70
Août	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Septembre	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Octobre	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Novembre	1,55	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Décembre	1,50	1,50	1,55	1,70	1,65	1,50	1,50
Moyenne annuelle	1,68	1,70	1,71	1,72	1,71	1,70	1,68

Pour les différents cas de régularisation, il n'y a donc que le volume à draguer qui varie du fait de l'aménagement des seuils à une profondeur de 1,80 m.

En vue de mieux représenter les solutions alternatives pour l'amélioration de la navigation, on a calculé pour le cas 7 (volume à draguer minimum) les valeurs minima suivantes dans le cas d'un aménagement des seuils à 2,20 m ou 2,60 m respectivement:

Mois	Enfoncement possible des bateaux en mètres	
	Cas 7a Aménagement des seuils à 2,20 m	Cas 7b Aménagement des seuils à 2,60 m
Janvier	1,90	2,35
Février	1,90	2,35
Mars	1,90	2,30
Avril	1,90	2,30
Mai	1,90	2,30
Juin	2,00	2,30
Juillet	2,00	2,35
Août	> 3,00	> 3,00
Septembre	> 3,00	> 3,00
Octobre	> 3,00	> 3,00
Novembre	2,30	2,70
Décembre	1,90	2,30
<hr/>		
Moyenne annuelle	2,23	2,52

4.5.2. Passes navigables

Les passes navigables seront praticables pendant toute l'année sur une largeur de 60 m et grâce à un système de balisage approprié, la navigation sera possible nuit et jour sur tout le trajet.

4.5.3. Capacité de chargement des types de barges recommandés

On a déterminé et représenté dans les tableaux 25 et 26 la charge utile (en tonnes) pour les unités à utiliser en se basant sur les enfoncements possibles indiqués au paragraphe 4.5.1..

Pour déterminer la capacité nécessaire des moyens de transport on a admis que pour être économique, le coefficient d'utilisation des différentes barges ne sera jamais inférieur à 60 % même pendant la période d'étiage (8 mois en moyenne).

Pour les cas 5 et 7, les barges de type II s'imposent, parce que ceux du type I ont un coefficient d'utilisation inférieur à 60 % pendant les mois d'étiage. Pour le cas 7 a, les barges de marchandises diverses du type II restent encore plus avantageuses. En ce qui concerne le cas 7 b les barges de type I s'imposent parce que pour cette profondeur, le type II est trop petit. En ce qui concerne le transport pétrolier et minéralier, on a renoncé à une comparaison plus poussée entre types de bateaux parce que d'un côté le transport pétrolier n'est pas assez important pour influencer considérablement l'ensemble et de l'autre côté le transport de minerai est encore assez douteux et sera traité plus en détail dans une étude à part.

TABLEAU 25 - Détermination de la capacité pour les barges de marchandises FL II

No.	Mois	2) 376.629 ha pour 100 m ³ /s à Diamma			3) 376.529 ha pour 0 m ³ /s à Diamma			4) 320.000 ha pour 0 m ³ /s à Diamma			5) 255.300 ha pour 0 m ³ /s à Diamma			6) 255.000 ha pour 50 m ³ /s à Diamma			7) 255.000 ha pour 100 m ³ /s à Diamma			8) 255.000 ha pour 300 m ³ /s à Bakel					
		enf. pos. (m)	cap. (t)	coef. utili- sat. (%)	enf. pos. (m)	cap. (t)	coef. utili- sat. (%)	enf. pos. (m)	cap. (t)	coef. utili- sat. (%)	enf. pos. (m)	cap. (t)	coef. utili- sat. (%)	enf. pos. (m)	cap. (t)	coef. utili- sat. (%)	enf. pos. (m)	cap. (t)	coef. utili- sat. (%)	enf. pos. (m)	cap. (t)	coef. utili- sat. (%)			
1	Janvier	1,55	560	70,8	1,55	560	70,8	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68
2	Février	1,55	560	70,8	1,55	560	70,8	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68
3	Mars	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68
4	Avril	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68
5	Mai	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68
6	Juin	1,75	665	84,2	1,65	615	77,8	1,65	615	77,8	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68
7	Juillet	1,80	690	87,3	1,65	615	77,8	1,85	715	90,5	1,95	765	96,8	1,90	740	93,7	1,70	640	81	1,70	640	81	1,70	640	81
8	Août	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100
9	Septembre	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100
10	Octobre	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100
11	Novembre	1,55	560	70,8	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100	2,00	790	100
12	Décembre	1,50	535	68	1,50	535	68	1,55	560	70,8	1,70	640	81	1,65	615	78	1,50	535	68	1,50	535	68	1,50	535	68
13	Moyenne annuelle	1,68	629	80	1,70	638	81	1,71	644	81	1,72	648	82	1,71	644	81	1,70	638	81	1,68	629	80			

enf.pos. = enfoncement possible

cap. = capacité

coef.utilis. = coefficient utilisation

TABLEAU 26 - Détermination de la capacité pour les moyens de transport prévus (en fonction des tirants d'eau obtenus sur le tronçon St. Louis - Kayes) (Suite du tableau voir page suivante)

No.	Mois	Cas 5-255.000 ha-q=0 m ³ /s à Diamma - aménagement des seuils à 1,80 m								Cas 7-255.000 ha-q=100 m ³ /s à Diamma - aménagement des seuils à 1,80 m							
		enf. pos.	FL II		TL II		EL II		enf. pos.	FL II		TL II		EL II			
			m	cap.	coef. ut.	t	cap.	coef. ut.	t	m	cap.	coef. ut.	t	cap.	coef. ut.	t	cap.
1	Janvier	1,50	535	68	515	60	550	60	1,50	535	68	515	60	550	60	550	60
2	Février	1,50	535	68	515	60	550	60	1,50	535	68	515	60	550	60	550	60
3	Mars	1,50	535	68	515	60	550	60	1,50	535	68	515	60	550	60	550	60
4	Avril	1,50	535	68	515	60	550	60	1,50	535	68	515	60	550	60	550	60
5	Mai	1,50	535	68	515	60	550	60	1,50	535	68	515	60	550	60	550	60
6	Juin	1,50	535	68	515	60	550	60	1,50	535	68	515	60	550	60	550	60
7	Juillet	1,95	765	97	740	86	785	86	1,70	640	81	620	72	655	72		
8	Août	3,00	790	100	860	100	915	100	3,00	790	100	860	100	915	100		
9	Septembre	3,00	790	100	860	100	915	100	3,00	790	100	860	100	915	100		
10	Octobre	3,00	790	100	860	100	915	100	3,00	790	100	860	100	915	100		
11	Novembre	3,00	790	100	860	100	915	100	3,00	790	100	860	100	915	100		
12	Décembre	1,70	640	81	615	72	655	72	1,50	535	68	515	60	550	60		
13	Moyenne annuelle	-	648	82	657	76	700	77	-	638	81	638	74	680	74		

enf.pos. = enfoncement possible

cap. = capacité

coef.ut. = coefficient utilisation

TABLEAU 26 a - Détermination de la capacité pour les moyens de transport prévus (en fonction des tirants d'eau obtenus sur le tronçon St.Louis - Kayes)

No.	Mois	Cas 7a-255.000 ha-q=100 m ³ /s à Diama - aménagement des seuils à 2,20 m										Cas 7b-255.000 ha - q=100 m ³ /s à Diama - aménagement des seuils à 2,60 m									
		enf. pos. m	FL I		FL II		TL I		EL I		enf. pos. m	FL I		TL I		EL I					
			cap. t	coef. ut. %	cap. t	coef. ut. %	cap. t	coef. ut. %	cap. t	coef. ut. %		cap. t	coef. ut. %	cap. t	coef. ut. %	cap. t	coef. ut. %	cap. t	coef. ut. %		
1	Janvier	1,90	720	69	740	94	775	86	770	63	2,35	975	93	975	98	975	98	975	80		
2	Février	1,90	720	69	740	94	775	86	770	63	2,35	975	93	975	98	975	98	975	80		
3	Mars	1,90	720	69	740	94	775	86	770	63	2,30	950	91	950	95	945	77				
4	Avril	1,90	720	69	740	94	775	86	770	63	2,30	950	91	950	95	945	77				
5	Mai	1,90	720	69	740	94	775	86	770	63	2,30	950	91	950	95	945	77				
6	Juin	2,00	770	73	790	100	825	92	820	67	2,30	950	91	950	95	945	77				
7	Juillet	2,00	770	73	790	100	825	92	820	67	2,35	975	93	975	98	975	80				
8	Août	3,00	1050	100	790	100	1000	100	1220	100	3,00	1050	100	1000	100	1220	100				
9	Septembre	3,00	1050	100	790	100	1000	100	1220	100	3,00	1050	100	1000	100	1220	100				
10	Octobre	3,00	1050	100	790	100	1000	100	1220	100	3,00	1050	100	1000	100	1220	100				
11	Novembre	2,30	950	91	790	100	950	95	970	80	2,70	1050	100	1000	100	1165	96				
12	Décembre	1,90	720	69	740	94	775	86	770	63	2,30	950	91	950	95	945	77				
13	Moyenne annuelle	-	830	79	765	97	855	86	908	75	-	990	95	970	97	1040	85				

enf.pos. = enfoncement possible

cap. = capacité

coef.ut. = coefficient utilisation

4.5.4. Disponibilité des bateaux dans l'année

Pour le planning de la disponibilité de la flotte on a admis 7008 heures d'utilisation par an des moyens de transport. Ce chiffre a été calculé comme suit:

Type d'occupation	jours	heures	proportion %
Interruption du fonctionnement du chantier naval	36,50 +)	876	10
Entretien dans le port	18,25	438	5
Temps mort	5,45	131	1,5
Forces majeures (orage, tempête de sable, accident, etc.)	12,80	307	3,5
Total des interruptions	73,00	1752	20,0
Temps d'utilisation	292,00	7008	80,0
Total	365,00	8760	100,0

+) y compris 30 jours pour une révision générale

Des interruptions au cours de la navigation (passages d'écluses et de ponts, petites réparations en-dedans des 24 heures, actions de sauvetage, effet gênant de la végétation et de troncs d'arbres dans le fleuve) sont repris globalement sous le nom de "interruption de la navigation" dans le planning d'utilisation de la flotte pour les différents domaines du trafic.

4.5.5. Nombre de bateaux requis

Le planning d'utilisation de la flotte a été effectué pour les tirants d'eau des cas 5 et 7 simultanément pour tous les cas lors de l'aménagement des seuils à 1,80 m de profondeur, 7a (aménagement des seuils à 2,20 m) et 7b (aménagement des seuils à 2,60 m) en considérant séparément les trois types de transport. Les quantités à transporter par les flottes respectives (en t x km) resteront inchangées dans les différents cas.

L'étude de ces alternatives montre clairement, outre les influences des coûts d'investissement et de transport, ceux des tirants d'eau de la voie navigable sur le nombre de bateaux à proposer.

Pour l'an 2025/26 les unités suivantes seront nécessaires, en se basant sur les tirants d'eau variables et en distinguant selon les trois types de transport:

Type de transport	Pousseurs de parcours				Barges				Pousseur de port 3 cas
	cas 5	cas 7	cas 7a	cas 7b	cas 5	cas 7	cas 7a	cas 7b	
Marchandises div.	47 ⁺ 22	47 22	42 20	35 17	462 217	470 220	420 197	350 164	5
Pétrole	7 3	7 3	6 3	5 3	50 24	51 24	41 19	36 18	3.
Minérais	28	29	22	20	223	230	178	160	5
Total	82 53	83 54	70 45	60 40	735 464	751 474	639 394	546 342	13

⁺ le second nombre de chaque couple correspond au développement modéré.

En raison des caractéristiques de la voie navigable, le volume de la flotte nécessaire est assez important pour le transport envisagé. La densité maximum du trafic admissible sur le SENEKAL en raison des conditions des passes (largeur de 60 m sur les seuils, méandres très prononcés dans certaines parties du fleuve, 47 seuils sur une longueur d'environ 600 km) ne peut pas être tranchée dans le cadre de cette étude et dépendra essentiellement de l'aménagement final de la voie navigable. La situation deviendrait critique s'il y avait dans des courbures un faible rayon et une contrainte pour la largeur et la profondeur de la passe.

Du point de vue des transports, on doit recommander d'aménager les seuils et les courbures à faible rayon jusqu'à une profondeur de 2,20 m, ou même mieux à 2,60 m, pour le volume à transporter. Un tel aménagement aura comme conséquence de réduire de façon considérable le nombre de bateaux nécessaires et de faciliter de cette manière le passage des endroits critiques par les convois. Mais ces considérations d'économie des transports vont à l'encontre des recommandations d'aménagement minimum des seuils pour préserver la stabilité du régime fluvial. Sans préjuger des conclusions de l'"Etude de Navigabilité", qui se basera sur des recherches bien plus détaillées, le présent rapport conclut par la recommandation d'une profondeur d'aménagement des seuils inférieure ou égale à 2,0 m.

A côté de la mise en question de la sécurité pour la navigation, on peut dire qu'il sera difficile de garantir un fonctionnement sans accrocs d'une flotte nombreuse. De toute façon, un système de balisage et de communication très développé ainsi qu'une administration compétente capable d'organiser la navigation seront indispensables.

Sur le parcours St. LOUIS - KAYES on recommande d'installer au moins cinq postes fixes à partir desquels on peut assurer la coordination de l'exploitation de la flotte sur les tronçons partiels;

Le planning d'utilisation de la flotte pour les différents domaines de transport et tronçons est donné au tableau 27 pour les divers tirants d'eau des cas 5, 7a et 7b.

(suite du tableau
TABLEAU 27 - Planning d'utilisation de la flotte pour l'an 2025/26 sur le tronçon St.Louis-Kayes. voir page suivante)

No.	Tronçon	Distance moyenne	Chargement	Volume à trans- porter	Moyen de transport (MT)	Tirant d'eau minimum en fonction des cas adoptés	Durée de navigation	Disponibilité du MT	Nombre d'unités nécessaires							
	Unités	(km)		(1000t)	(10 ⁶ tkm)	(t)	(t)	m	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9=4x(8)	10 (xxx)	11	12	13 (xx)	14 (x)	15	16	
1	St.Louis à la montée	702	marchan- dises	4494	3155	mont. 638	2592	cas 5	296	171	467	15	7008	462FLII+47SBII 217FLII+22SBII + 5 HSB		
	Kayes à la descente	450		2103	1476											
2	St.Louis à la montée	702	marchan- dises	4494	3155	mont. 638	2552	cas 7	290	171	461	15	7008	470FLII+47SBII 220FLII+22SBII + 5HSB		
	Kayes à la descente	450		2103	1476											
3	St.Louis à la montée	702	marchan- dises	4494	3155	FL II	mont. 765 desc. 522	3060 2088	cas 7a	329	171	500	14	7008	420FLII+42SBII 197FLII+20SBII	
	Kayes à la descente	450		2103	1476											
4	St.Louis à la montée	702	marchan- dises	4494	3155	FL I	mont. 990	3960	cas 7b	368	171	539	13	7008	350FLI+35SBI 164FLI+17SBI + 5 HSB	
	Kayes à la des-	450		2103	1476											

TABLEAU 27a - Planning d'utilisation de la flotte pour l'an 2025/26 sur le tronçon St. Louis-Kayes

No.	Tronçon	Distance moyenne	Chargement	VOLUME à trans- porter	Moyen de transport (MT)	Tirant d'eau min- imum en fonction des cas adoptés	Durée de navigation	Disponi- bilité du MT	Nombre d'unités nécessaires
	Unités	(km)		(1000t)	(10 ⁶ tkm)	(t)	(t)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9=4x(8)	10(**)
5	St.Louis à la montée	638	pétrole en vrac	1140 534	727 341	TL II	657	2628	cas 5
6	St.Louis à la montée	638	pétrole en vrac	1140 534	727 341	TL II	638	2552	cas 7
7	St.Louis à la montée	638	pétrole en vrac	1140 534	727 341	TL I	855	3420	cas 7a
8	St.Louis à la montée	638	pétrole en vrac	1140 534	727 341	TL I	970	3880	cas 7b
9	Kayes - St.Louis	925	minerais	5000	4625	EL II	700	2800	cas 5
10	Kayes - St.Louis	925	minerais	5000	4625	EL II	680	2720	cas 7
11	Kayes - St.Louis	925	minerais	5000	4625	EL I	908	3632	cas 7a
12	Kayes - St.Louis	925	minerais	5000	4625	EL I	1040	4160	cas 7b

+) y compris interruption de la navigation

(**) Du point de vue du nombre de bateaux, le cas

(*) Col.13 = Col. 11 + Col.12; 14 = Col. 15 + Col. 13;

Col.16 = Col. 5 + (Col. 8 x Col. 14)

Pour le transport de marchandises on n'a plus considéré l'alternative du cas 7b avec les barge de type II parce qu'on obtient déjà un coefficient de remplissage de 100 % pour l'alternative du cas 7a.

Le nombre de pousseurs de parcours est fonction essentiellement du type de transport considéré. Pour le transport de marchandises diverses, on compte un pousseur pour dix barge tandis que pour les deux autres domaines on compte un pousseur pour huit barge.

4.6. Détermination des coûts d'investissement et des coûts annuels totaux de la flotte

Pour les types de bateaux déterminés au chapitre 4.4 et représentés dans le tableau 24, on a calculé individuellement et représenté dans le tableau 28.1 les coûts d'investissement et les coûts annuels totaux de navigation en détail. Pour faciliter les comparaisons économiques, le tableau 28.2 donne ces valeurs sous forme condensée.

Les coûts obtenus sont basés sur le niveau des prix de 1977 et les calculs sont faits à partir des coûts d'achats de la flotte CIF SENEGAL.

Les frais de l'Organisation responsable de la navigation ne sont pas inclus dans les coûts annuels totaux. Ces frais seront traités séparément parce qu'ils sont essentiellement déterminés par le volume de la flotte.

4.6.1. Coûts d'investissement de la flotte

Pour les différents moyens de transport on s'est basé sur les coûts d'achat unitaires suivants (CIF Sénégal) :

- pousseur de parcours I	231,00 millions F.CFA
- pousseur de parcours II	221,76 millions F.CFA
- pousseur de port	60,06 millions F.CFA
- barge de marchandises type I	78,54 millions F.CFA
- barge de marchandises type II	69,30 millions F.CFA
- barge pétrolière I	92,40 millions F.CFA
- barge minéralière I	73,92 millions F.CFA
- barge pétrolière II	89,63 millions F.CFA
- barge minéralière II	65,60 millions F.CFA

TABLEAU 28.1 - Investissements et coûts de fonctionnement (p.a.) en 10^6 F.CFA pour les différents types de bateaux
(voir notes explicatives au tableau 28.2)

No.	C O U T S (en 10^6 F.CFA)	T y p e s d e b a t e a u x								
		Pousseur I 1500 PS E.15 pers.	Pousseur II 900 PS E.15 pers.	Pousseur de port 200 PS E.9 pers.	Barge I 48x11x3,80m 1050 t pour 2,50 m d'en- foncement	Barge II 48x11x3m 790 t pour 2 m d'en- foncement	Barge pétro- lière I 50x11x2,5 m 1000 t pour 2,40m d'enf.	Barge pétro- lière II 48x11x2,5 m 860 t pour 2,20 m d'enf.	Barge miné- ralière I 50x11x3,1m 1220 t pour 2,80m d'enf.	Barge miné- ralière II 48x11x2,5m 915 t pour 2,20m d'enf.
1	Acquisition (prix d'achat + frêt + assurance)	231,000	221,760	60,060	78,540	69,300	92,400	89,630	73,920	65,600
2	Amortissement et intérêts (15 ans)	22,908	21,991	5,956	7,789	6,872	9,163	8,888	7,330	6,506
3	Coût de carburant	43,105	25,858	4,943	-	-	0,323	0,305	-	-
4	Entretiens et réparations	8,085	7,762	2,125	1,964	1,733	2,772	2,495	1,848	1,663
5	Assurance	2,310	2,218	0,601	0,785	0,693	0,924	0,832	0,739	0,647
6	Salaires	29,568	29,568	15,477	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996
7	Provision	2,158	2,158	1,247	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277
8	Produits auxili- aires et matériel	0,924	0,739	0,370	0,370	0,370	0,462	0,462	0,370	0,370
9	Taxes de radio- communication	1,386	1,386	-	-	-	-	-	-	-
10	Péages (route de transport)	0,231	0,231	-	1,802	1,478	2,125	1,940	2,633	2,310
11	Taxes générales (port)	1,848	1,848	0,462	0,185	0,185	0,231	0,231	0,277	0,277
12	Divers	0,462	0,462	0,462	1,848	1,663	1,848	1,663	1,663	1,478
13	Coût annuel total Pos. 2 - 12	112,985	94,221	31,643	17,010	15,267	20,114	19,089	17,134	15,524

TABLEAU 28.2 - Coûts de fonctionnement (p.a.) de la flotte regroupés par catégories (10^6 FCFA)

NO.	C O U T S (en 10^6 F.CFA)	T y p e s d e b a t e a u x								
		Pousseur I 1500 C.V. équipage: 15 pers.	Pousseur II 900 C.V. équipage: 15 pers..	Pousseur de port 200 C.V. équipage: 9 pers.	Barge I 50x11x3,8 m 1050 tdw pour 2,50 m	Barge II 48x11x3m 790 tdw pour 2 m	Barge pétro- lière I 50x11x2,5 m 1000 tdw pour 2,40 m	Barge pétro- lière II 48x11x2,5 m 860 t pour 2,80 m	Barge miné- ralière I 50x11x3,1 m 1220 t pour 2,80 m	Barge miné- ralière II 48x11x2,50 m 915 t pour 2,20 m
1	Salaires	29,568	29,568	15,477	1,966	1,966	1,966	1,966	1,966	1,966
2	Entretien	8,085	7,762	2,125	1,964	1,733	2,772	2,495	1,848	1,663
3	Charges financières	22,908	21,991	5,956	7,789	6,872	9,163	8,888	7,330	6,506
4	Charges dues à l'exploitation	51,961	34,437	7,623	3,419	3,003	4,343	4,047	4,297	3,881
5	Divers	0,462	0,462	0,462	1,848	1,663	1,848	1,663	1,663	1,478
6	Coûts globaux annuels	112,985	94,221	31,643	17,010	15,267	20,114	19,089	17,134	15,524

⁺ Notes du tableau 28.1.

ligne 2 : voir texte para. 4.6.2.

ligne 3 : heures x CV x consom./h/CV x prix Diesel/1

$$7008 \times 1500 \times 0,153 \times 26.8 = 43,105 \times 10^6 \text{ FCFA pour pousseur I}$$

ligne 4 : 3,5 % pour pousseurs et 2,5 % pour barges du montant de la ligne 1

ligne 5 : 1 % du montant de la ligne 1

ligne 6 : forfait pour 15 personnes, frais généraux et sociaux inclus

ligne 7 : forfait pour 300 jours par an et 15 personnes

ligne 8 à 12 : prix forfaitaires (origine en Deutschmark)

L'acquisition de la flotte recommandée (voir chapitre 4.5., tableau 27: planning d'utilisation de la flotte) en l'an 2025/26 requiert les investissements suivants:

Type de transport	cas 5 en 10^9 F.CFA	cas 7 en 10^9 F.CFA	cas 7a en 10^9 F.CFA	cas 7b en 10^9 F.CFA
Marchandises diverses	42,74 20,22	43,29 20,43	38,72 18,39	35,87 15,60
Pétrole	6,21 3,00	6,30 3,00	5,35 2,63	4,66 2,54
Sous-total	48,95 23,22	49,59 23,43	44,07 21,02	40,53 18,14
Minérais	21,27	21,82	18,54	16,75
Total, y compris Minérais	70,22 44,49	71,41 45,25	62,61 39,56	57,28 34,89

Les coûts d'investissement pour la mise sur pied de l'Organisation responsable de la navigation sont estimés à 138,6 millions de F.CFA sur base d'un staff de 175 personnes.

4.6.2. Coût de fonctionnement annuel de la flotte

Pour les différents moyens de transport on a calculé les coûts annuels totaux suivants, y compris l'amortissement et les charges financières:

	<u>en millions de F.CFA</u>
- pousseur de parcours I	112,985
- pousseur de parcours II	94,221
- pousseur de port	31,643
- barge de détail type I	17,010
- barge de détail type II	16,468
- barge pétrolière I	20,114
- barge minéralière I	17,134
- barge pétrolière II	19,089
- barge minéralière II	15,524

Les coûts détaillés des différents types de bateaux peuvent être tirés du tableau 28. Pour la durée de vie des moyens de transport on a pris 15 ans. Les intérêts ont été calculés en prenant 6,5 % de la moitié du coût d'acquisition.

En se basant sur le planning d'utilisation recommandé, on aura en 2025/26, les coûts annuels totaux suivants pour la flotte:

Types de transport	cas 5 en 10^9 F.CFA	cas 7 en 10^9 F.CFA	cas 7a en 10^9 F.CFA	cas 7b en 10^9 F.CFA
Marchandises diverses	11,63 5,54	11,76 5,59	10,52 5,05	10,06 4,87
Pétrole	1,71 0,84	1,73 0,84	1,60 0,82	1,38 0,80
Minerai	6,29	6,46	5,69	5,15
Total	19,63 12,67	19,95 12,89	17,81 11,56	16,59 10,82

4.6.3. Frais administratif de l'organisation de Navigation

Pour la flotte recommandée de 2025/26 on a admis un nombre du personnel de 175. Cette valeur est basée sur des valeurs empiriques observées chez des sociétés d'armateurs en Afrique de l'Ouest pour des flottes fluviales semblables.

Les frais administratifs annuels de la société d'armateurs sont fixés empiriquement à 15 % du coût annuel total de la flotte.

Pour les alternatives envisagées, on aura les frais administratifs suivants, selon les types de transport.

Types de transport	cas 5 en 10^6 F.CFA	cas 7 en 10^6 F.CFA	cas 7a en 10^6 F.CFA	cas 7b en 10^6 F.CFA
Marchandises	1.744 831	1.763 839	1.578 758	1.509 731
Pétrole	257 126	260 126	240 123	207 120
Minerai	944	960	854	773
Total	2.945 1.901	2.982 1.925	2.672 1.734	2.489 1.623

4.7. Estimation des coûts de transport unitaires

Les coûts de transport de la navigation sur le SENEGAL sont calculés en divisant les coûts annuels totaux pour les moyens de transport (voir chapitre 4.6.) par le produit du volume transporté multiplié par la distance moyenne de transport (voir tableau 27).

On a donc les coûts de transport suivants (en F.CFA par tkm) pour l'an 2025/26 en fonction des différents tirants d'eau et des types de transports.

Types de transports	cas 5 F.CFA/tkm	cas 7 F.CFA/tkm	cas 7a F.CFA/tkm	cas 7b F.CFA/ tkm
Marchandises	2,58 2,62 FL II	2,61 2,64 FL II	2,33 FL II 2,39 FL I	2,23 2,30 FL I
Pétrole	2,35 2,46 TL II	2,38 2,46 TL II	2,20 2,40 TL I	1,90 2,35 TL I
Minerai	1,36 EL II	1,40 EL II	1,23 EL I	1,11 EL I

Les critères nécessaires pour la détermination des coûts de transport sont données de façon détaillée dans le tableau 29 pour tous les types de transport et pour tous les tirants d'eau.

Il faut noter que ces coûts de transports sont uniquement ceux qui couvrent l'acquisition et le fonctionnement de la flotte.

Ils ne comprennent pas l'investissement requis pour aménager la voie navigable ni pour créer l'infrastructure portuaire indispensable. L'évaluation détaillée de ces coûts supplémentaires fera l'objet d'une autre étude de l'OMVS.

TABLEAU 29-Détermination des coûts de transport pour les trois types de transport en 2025 (en fonction des tirants d'eau adoptés sur le tronçon St.Louis-Kayes)
 (Suite du tableau voir page suivante)

	Critères	Transport de marchandises - barge de type I et pousseurs de type I		Transport pétrolier - barges de type I et pousseurs de type I		Transport minéralier - barges de type I et pousseurs de type I	
		Cas 7 a 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma	Cas 7 b 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma	Cas 7 a 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma	Cas 7 b 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma	Cas 7 a 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma	Cas 7 b 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Volume à transporter(en 1000t)	7.506 3.528	7.506 3.528	1.140 534	1.140 534	5.000	5.000
2	Volume transporté (en 10 ⁶ tkm)	4.510 2.117	4.510 2.117	727 341	727 341	4.625	4.625
3	Unités de la flotte	barge	387 181	350 164	41 19	36 18	178
		pousseur de parcours	39 19	35 17	6 3	5 3	22
		pousseur de port	5	5	3	3	5
4	Investissements (en 10 ⁹ F.CFA)	39,70 18,91	35,87 15,60	5,35 2,63	4,66 2,54	18,54	16,75
5	Coûts annuels totaux (en 10 ⁹ F.CFA)	11,14 5,38	10,06 4,87	1,60 0,82	1,38 0,80	5,69	5,15
6	Coûts de transport (en F.CFA p.tkm)	2,47 2,54	2,23 2,30	2,20 2,40	1,90 2,35	1,23	1,11
5/2							

TABLEAU 29 a- Détermination des coûts de transport pour les trois types de transport en 2025 (en fonction des tirants d'eau adoptés sur le tronçon St.Louis-Kayes)

	Critères	Transport de marchandises - barges de type II et pousseurs de type II			Transport pétrolier - barges de type II et pousseurs de type II		Transport minéralier - barges de type II et pousseurs de type II	
		Cas 5 255.000 ha pour 0 m3/s à Diamma	Cas 7 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma	Cas 7a 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma	Cas 5 255.000 ha pour 0 m3/s à Diamma	Cas 7 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma	Cas 5 255.000 ha pour 0 m3/s à Diamma	Cas 7 255.000 ha pour 100m3/s à Diamma
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Volume à transporter (en 100 t)		7.506 3.528	7.506 3.528	7.506 3.528	1.140 534	1.140 534	5.000 5.000
2	Volume transporté (en 10 ⁶ tkm)		4.510 2.117	4.510 2.117	4.510 2.117	727 341	727 341	4.625 4.625
3	Unités de la flotte	barge	462 217	470 220	420 197	50 24	51 24	223 230
		pousseur de parcours	47 22	47 22	42 20	7 3	7 3	28 29
		pousseur de port	5	5	5	3	3	5 5
4	Investissements (en 10 ⁹ F.CFA)		42,74 20,22	43,29 20,43	38,72 18,39	6,21 3,00	6,30 3,00	21,27 21,82
5	Coûts annuels totaux (en 10 ⁹ F.CFA)		11,63 5,54	11,76 5,59	10,52 5,05	1,71 0,84	1,73 0,84	6,29 6,46
6	Coûts de transport (en F.CFA p.tkm)		2,58 2,62	2,61 2,64	2,33 2,39	2,35 2,46	2,38 2,46	1,36 1,40
5 2								

Ces coûts ne comprennent cependant ni les frais administratifs des sociétés d'armateurs, ni les charges financières dues aux investissements et à l'entretien de l'aménagement et de l'infrastructure du fleuve, ni la marge risques et bénéfices spécifiques pour les différents types de transport.

Pour pouvoir comparer les coûts de transport avec ceux d'autres moyens comme le chemin de fer ou la route ainsi qu'avec ceux de la navigation sur les canaux européens, on a ajouté et les frais d'administration et les charges financières dues à l'aménagement et à l'infrastructure, et la marge risques et bénéfices.

Les frais administratifs déterminés au chapitre 4.6.3. sont fixés à 15 % du coût annuel total de la flotte.

Les charges financières dues à l'aménagement et à l'infrastructure sont déterminées de la façon suivante:

- dureté de vie admise:	50 ans	
- taux d'intérêt:	6,5 %	
- investissements:	aménagement et infrastructure (cas 7)	
	$(1,724 + 12,224) \cdot 10^9$	$= 13,948 \cdot 10^9$ F.CFA
- amortissement et intérêts par an:		$0,947 \cdot 10^9$ F.CFA
- entretien annuel:	$(0,344 + 0,610) \cdot 10^9$	$= 0,954 \cdot 10^9$ F.CFA
- charges financières annuelles dues à l'aménagement et à l'infrastructure		$= 1,901 \cdot 10^9$ F.CFA
		=====

Ces charges peuvent être réparties en considérant le volume transporté sur le fleuve (en tkm) selon les deux hypothèses de développement et selon qu'on considère le transport avec ou sans minerai:

- sans minerai en 2025:	$5,237 \cdot 10^9$ tkm
	ou $2,458 \cdot 10^9$ tkm
- avec minerai en 2025:	$9,862 \cdot 10^9$ tkm
	ou $7,083 \cdot 10^9$ tkm

Les coûts supplémentaires par tkm sur le fleuve seront donc

- en 2025, sans minerai:

$$\begin{aligned} \text{a) développement poussé: } & 1,901 \cdot 10^9 : 5,237 \cdot 10^9 \\ & = 0,363 \text{ F.CFA/tkm} \\ \text{b) développement plus modéré: } & 1,901 \cdot 10^9 : 2,458 \cdot 10^9 \\ & = 0,773 \text{ F.CFA/tkm} \end{aligned}$$

- en 2025, avec minerai:

$$\begin{aligned} \text{a) développement poussé: } & 1,901 \cdot 10^9 : 9,862 \cdot 10^9 \\ & = 0,193 \text{ F.CFA/tkm} \\ \text{b) développement plus modéré: } & 1,901 \cdot 10^9 : 7,083 \cdot 10^9 \\ & = 0,268 \text{ F.CFA/tkm} \end{aligned}$$

Pour la marge risques et bénéfices on a admis les taux habituellement réalisés en Europe par la navigation fluviale.

- transport de marchandises	7 %
- transport pétrolier	5 %
- transport minéralier	15 %

En tenant compte des facteurs indiqués ci-dessous, on obtient pour les transports sur le SENEGAL les coûts suivants en F.CFA par tonne kilométrique:

- en 2025, sans minerai:

Types de transport	Cas 5 F.CFA/tkm	Cas 7 F.CFA/tkm	Cas 7a F.CFA/tkm	Cas 7b F.CFA/tkm
Marchandises diverses	3,513 3,973	3,543 3,993	3,203 3,693	3,083 3,583
Pétrole	3,183 3,723	3,223 3,723	3,003 3,653	2,643 3,593

- en 2025, avec minerai:

Types de transport	Cas 5 F.CFA/tkm	Cas 7 F.CFA/tkm	Cas 7a F.CFA/tkm	Cas 7b F.CFA/tkm
Marchandises diverses	3,343 3,468	3,373 3,488	3,033 3,188	2,913 3,078
Pétrole	3,013 3,218	3,053 3,218	2,833 3,148	2,473 3,088
Minerai	1,963 2,038	2,013 2,088	1,793 1,868	1,633 1,708

Les coûts de transport suivants réalisés par des armateurs allemands sur les voies navigables en Europe soulignent que les coûts déterminés ci-avant pour le SENEGAL sont réalistes et se trouvent dans des limites raisonnables du point de vue économique.

- transport de marchandises 6,468 F.CFA par tkm
- transport pétrolier 6,006 F.CFA par tkm
- transport minéralier 4,158 F.CFA par tkm

4.8. Choix proposé

A partir des résultats obtenus ci-avant, on peut effectuer une comparaison économique entre les différents cas d'aménagement des seuils et des flottes correspondantes. En considérant la situation finale en 2025, on distingue d'une part les coûts d'investissement, et d'autre part les coûts d'exploitation annuels, dans les deux cas pour l'aménagement, l'infrastructure et la flotte.

Les coûts d'aménagement et d'infrastructure sont donnés aux chapitres 3.4. et 3.5. Les coûts pour l'infrastructure des cas 5, 7, 7a et 7b ont été calculés sur la base d'une partie constante des investissements pour les infrastructures de 10.500×10^6 F.CFA plus l'équivalent des coûts d'aménagement des seuils pour les cas 5, 7, 7a et 7b.

Les charges financières y relatives ont été calculées en admettant un taux d'intérêt de 6,5 % et une durée de vie de 50 ans. Les coûts de la flotte correspondante, y compris les charges financières, sont donnés aux chapitres 4.6.1. et 4.6.2.

Coûts d'investissement en 2025 (en 10^9 F.CFA)

	Aménagement (1)	Infrastructure (2)	Flotte (3)	Total (4)
Cas 5 t = 1,80 m	4,612	15,112	70,224	89,948
			44,484	64,208
Cas 7 t = 1,80 m	1,724	12,224	71,418	85,366
			45,253	59,201
Cas 7a t = 2,20 m	6,190	16,690	62,614	85,494
			39,556	62,436
Cas 7b t = 2,60 m	10,470	20,970	57,283	88,723
			34,876	66,316

Dans cette comparaison il y a encore lieu de tenir compte de la différence de hauteur du barrage et de la différence de coûts de $4 \cdot 10^9$ F.CFA qui en résulte en faveur du cas 5 vis-à-vis des cas 7, 7a et 7b. Cependant, cette différence de $4 \cdot 10^9$ F.CFA n'a pas d'influence sur le choix du cas le plus économique comme on le verra par la suite.

Coûts d'exploitation annuels en 2025 (en 10^9 F.CFA)

	Aménagement (1)	Infrastructure (2)	Charges financ. de (1)+(2) (3)	Flotte (4)	Total (5)
Cas 5	0,922	0,755	1,341	19,632	22,650
				12,666	15,684
Cas 7	0,344	0,610	0,948	19,950	21,852
				12,887	14,789
Cas 7a	1,238	0,835	1,556	17,805	21,434
				11,550	15,179
Cas 7b	2,094	1,050	2,138	16,602	21,884
				10,817	16,099

Ces résultats permettent d'en tirer les conclusions suivantes:

Au point de vue investissements, c'est le cas 7 (1,80 m de tirant d'eau, 100 m³/s à Diamma) qui est le plus avantageux, c.à.d. qui requiert un investissement minimum. En ce qui concerne les coûts annuels on voit que, pour le développement poussé, c'est le cas 7a (2,20 m de tirant d'eau, 100 m³/s à Diamma), pour le développement plus modéré, c'est le cas 7 (1,80 m di tirant d'eau, 100 m³/s à Diamma) qui occasionne les coûts minima.

En considérant que c'est le développement modeste qui est le plus probable, on retient le cas 7 pour l'aménagement du fleuve. De cette façon, on répond en même temps à la demande d'un programme d'aménagement minimum (1,80 m de tirant d'eau), programme qui minimise les modifications apportées au régime naturel du fleuve, donc aussi les risques d'instabilité du régime qui peuvent en résulter.

4.9. Evolution de la navigation sur le fleuve Sénégal de 1985/86 à 2025/26

L'analyse de ce chapitre 4 ne s'adresse jusqu'à présent qu'à la phase finale en vue de définir le volume de retenue. Pour permettre d'établir un calendrier d'investissement pour la navigation, on fournira ci-après dans les tableaux 30 à 40 l'évolution de la flotte de 1985/86 à 2025/26 en se basant sur le tableau 23 qui indique la progression du volume à transporter sur le Sénégal selon les deux hypothèses faites, c.à d. pour un développement poussé et pour un développement plus modéré. Vu que le transport du minerai sur le Sénégal n'est pas encore assuré, on distinguera également entre transport avec minerai et sans minerai, ce qui a biensûr une influence considérable sur l'importance de la flotte.

Le calendrier des investissements (tabl. 32 et 33) s'établit en multipliant le nombre de bateaux qu'on doit acheter au cours d'une année par le coût de ces bateaux donné à la page (71) de la présente étude. Le nombre de bateaux à acheter au cours d'une année déterminée ressort du tableau 30 en faisant la différence entre le nombre de bateaux indiqué pour l'année en question et le nombre correspondant du couple précédent, Les investissements totaux s'obtiennent en additionnant les investissements primaires et les investissements de remplacement pour une même année.

Les tableaux 34 et 35, donnant le développement des coûts annuels, s'obtiennent en multipliant le nombre de bateaux du tableau 30 par les coûts annuels des différents types de bateaux correspondants ressortant du tableau 28.1.

Le tableau 36 donne un résumé des résultats des tableaux 32, 33, 34 et 35.

Le tableau 37 donne les coûts d'investissement pour l'aménagement des seuils jusqu'à 1985/86, explicités au chapitre 3.4. et au tableau 22, et les coûts d'entretien pour les intervalles de 5 ans considérés, c.à d les 20 % des investissements multipliés par 5.

Le tableau 38 donne les coûts d'investissement pour l'infrastructure fluviale explicités dans le chapitre 3.5. et les coûts d'entretien pour les intervalles de 5 ans, estimés à 5 % par an de la somme des investissements effectués avant l'année considérée.

Dans les tableaux 39 et 40 on a effectué la somme des investissement et des coûts d'exploitation des tableaux 36, 37 et 38 d'abord jusqu'à 1985/86 et ensuite pour les intervalles de 5 ans toujours. Pour les investissements, la somme se fait directement. Pour les coûts d'exploitation de la flotte de 1985/86 à 1990/91 par exemple, on a considéré pour 4 ans les coûts annuels de 1985/86 et pour 1 an, en l'occurrence 1990/91, les coûts annuels de 1990/91. Ensuite on a additionné aux coûts d'exploitation de la flotte les coûts d'entretien pour la période correspondante des tableaux 37 et 38, c.à d. aménagement des seuils et infrastructure.

TABLEAU 30 - Développement de la flotte nécessaire (cas 7)

A N N E E	Transport de marchandises diverses			Transport de produits pétroliers			T o t a l sans transport de minerais		
	barges II	pousseurs II	pousseurs de port	barges II	pousseurs II	pousseurs de port	barges II	pousseurs II	pousseurs de port
1985/86	42 + 42	5 5	5 5	5 5	1 1	3 3	47 47	6 6	8 8
1990/91	59 53	6 6	5 5	6 6	1 1	3 3	65 59	7 7	8 8
1995/96	82 68	9 7	5 5	9 8	2 1	3 3	91 76	11 8	8 8
2000/01	110 83	11 9	5 5	12 9	2 2	3 3	122 92	13 11	8 8
2005/06	147 101	15 10	5 5	16 11	2 2	3 3	163 112	17 12	8 8
2010/11	196 122	20 12	5 5	22 14	3 2	3 3	218 136	23 14	8 8
2015/16	263 149	26 15	5 5	29 17	4 3	3 3	292 166	30 18	8 8
2020/21	351 181	35 18	5 5	39 20	5 3	3 3	390 201	40 21	8 8
2025/26	470 220	47 22	5 5	51 24	7 3	3 3	521 244	54 25	8 8

+ le premier chiffre de chaque couple correspond à un développement poussé,
le second à un développement plus modéré

TABLEAU 31 - Développement de la flotte nécessaire y compris le transport de minerais

A N N E E	Transport de minerais			T o t a l		
	barges	pousseurs	pousseurs de port	barges	pousseurs	pousseurs de port
1985/86				47 47	6 6	8 8
1990/91				65 59	7 7	8 8
1995/96	230 + 230	29 29	5 5	321 306	40 37	13 13
2000/01	230 230	29 29	5 5	352 322	42 40	13 13
2005/06	230 230	29 29	5 5	393 342	46 41	13 13
2010/11	230 230	29 29	5 5	448 366	52 43	13 13
2015/16	230 230	29 29	5 5	522 396	59 47	13 13
2020/21	230 230	29 29	5 5	620 431	69 50	13 13
2025/26	230 230	29 29	5 5	751 474	83 54	13 13

⁺ le premier chiffre de chaque couple correspond à un développement plus poussé, le second à un développement plus modéré

TABLEAU 32 - Calendrier d'investissements de la flotte en millions de F.CFA

ANNEE					Investissements primaires								Investissements de remplacement après 15 ans		Investissements totaux			
	Transp. de marchandises div.				Transp. de produits pétroliers				Total sans minerais									
	1	2	3	Total	1	2	3	Total	1	2	3	Total	I	II				
1985/86	2.911	1.109	300	4.320	448	222	180	850	3.359	1.331	480	5.170				5.170		
	2.911	1.109	300	4.320	448	222	180	850	3.359	1.331	480	5.170				5.170		
1990/91	1.178	222		1.400	90			90	1.268	222		1.490				1.490		
	762	222		984	90			90	852	222		1.074				1.074		
1995/96	901	665		1.566	269	222		491	1.170	887		2.057				2.057		
	1.040	222		1.262	179			179	1.219	222		1.441				1.441		
2000/01	1.940	444		2.384	269			269	2.209	444		2.653	5.170			7.823		
	1.040	444		1.484	90	222		312	1.130	666		1.796	5.170			6.966		
2005/06	2.564	887		3.451	359			359	2.923	887		3.810	1.490			5.300		
	1.247	222		1.469	179			179	1.426	222		1.648	1.074			2.722		
2010/11	3.396	1.109		4.505	538	222		760	3.934	1.331		5.265	2.057			7.322		
	1.455	444		1.899	269			269	1.724	444		2.168	1.441			3.609		
2015/16	4.643	1.331		5.974	627	222		849	5.270	1.553		6.823	2.653	5.170		14.646		
	1.871	665		2.536	269	222		491	2.140	887		3.027	1.796	5.170		9.993		
2020/21	6.098	1.996		8.094	896	222		1.118	6.994	2.218		9.212	3.810	1.490		14.512		
	2.218	665		2.883	269			269	2.487	665		3.152	1.648	1.074		5.874		
2025/26	8.247	2.661		10.908	1.076	444		1.520	9.323	3.105		12.428	5.265	2.057		19.750		
	2.703	887		3.590	359			359	3.062	887		3.949	2.168	1.441		7.558		

+ le premier chiffre de chaque couple correspond à un développement plus poussé,
le second à un développement plus modéré

1 = barges

2 = poussseurs

3 = poussseurs de port

TABLEAU 33 - Calendrier d'investissement de la flotte en millions de F.CFA

ANNEE	Investissements primaires								Investissements de remplacement après 15 ans	Investissements totaux
	Transp. de minerais				Total avec minerais					
	1	2	3	Total	1	2	3	Total	I	II
1985/86					3.359	1.331	480	5.170		5.170
					3.359	1.331	480	5.170		5.170
1990/91					1.268	222		1.490		1.490
					852	222		1.074		1.074
1995/96	15.088	4.657	300	20.045	16.258	5.544	300	22.102		22.102
	15.088	4.657	300	20.045	16,307	4.879	300	21.486		21.486
2000/01					2.209	444		2.653	5.170	7.823
					1.130	666		1.796	5.170	6.966
2005/06					2.923	887		3.810	1.490	5.300
					1.426	222		1.648	1.074	2.722
2010/11					3.934	1.331		5.265	22.102	27.367
					1.724	444		2.168	21.486	23.654
2015/16					5.270	1.553		6.823	2.653	14.646
					2.140	887		3.027	5.170	9.993
2020/21					6.994	2.218		9.212	3.810	14.512
					2.487	665		3.152	1.490	5.874
2025/26					9.323	3.105		12.428	1.074	39.795
					3.062	887		3.949	2.168	27.603

+ le premier chiffre de chaque couple correspond à un développement plus poussé,
le second à un développement plus modéré

1 = barges

2 = pousseurs

3 = pousseurs de port

TABLEAU 34 - Développement des coûts annuels dus à l'extension de la flotte (en millions F. CFA).

ANNEE	Transports totaux y compris minérais					
	salaires	entretien	charges finan- cières	charges dues à l'exploitation	autres	total
1985/86	395 +	149	513	414	85	1.556
	395	149	513	414	85	1.556
1990/91	461	189	660	504	115	1.929
	449	178	619	485	105	1.836
1995/96	2.025	885	3.097	2.651	516	9.174
	1.906	835	2.926	2.502	490	8.659
2000/01	2.146	956	3.360	2.817	569	9.848
	2.027	887	3.104	2.654	518	9.190
2005/06	2.346	1.062	3.738	3.021	639	10.806
	2.096	931	3.267	2.751	551	9.596
2010/11	2.633	1.208	4.260	3.400	733	12.294
	2.203	990	3.482	2.895	592	10.162
2015/16	2.988	1.396	4.936	3.930	859	14.109
	2.381	1.075	3.783	3.126	644	11.009
2020/21	3.479	1.651	5.850	4.579	1.027	16.586
	2.540	1.162	4.095	3.338	704	11.839
2025/26	4.154	1.996	7.082	5.467	1.251	19.950
	2.744	1.270	4.487	3.609	777	12.887

+ le premier chiffre de chaque couple correspond à un développement plus poussé,
le second à un développement plus modéré

TABLEAU 35 - Développement des coûts annuels dus à l'extension de la flotte (en millions F.CFA)

ANNEE	Transports totaux sans minéraux					
	salaires	entretien	charges finan- cières	charges dues à l'exploitation	autres	total
1985/86	395 +	149	513	414	85	1.556
	395	149	513	414	85	1.556
1990/91	461	189	660	504	115	1.929
	449	178	619	485	105	1.836
1995/96	631	267	933	722	160	2.713
	512	217	762	573	134	2.198
2000/01	752	338	1.196	888	213	3.387
	633	269	940	725	162	2.729
2005/06	952	444	1.574	1.092	283	4.345
	702	313	1.103	822	195	3.135
2010/11	1.239	590	2.096	1.531	377	5.833
	809	372	1.318	966	236	3.701
2015/16	1.594	778	2.772	2.001	503	7.648
	987	457	1.619	1.197	288	4.548
2020/21	2.085	1.033	3.686	2.650	671	10.125
	1.146	544	1.931	1.409	348	5.378
2025/26	2.760	1.378	4.918	3.538	895	13.489
	1.350	652	2.323	1.680	421	6.426

+ le premier chiffre de chaque couple correspond à un développement plus poussé,
le second à un développement plus modéré

TABLEAU 36

Flotte (en millions F.CFA)

ANNEE	Investissements totaux		Coûts annuels (avec frais d'administration)	
	y compris minerais	sans minerais	y compris minerais	sans minerais
1985/86	5.170 ⁺ 5.170	5.170 5.170	1.789 1.789	1.789 1.789
1990/91	1.490 1.074	1.490 1.074	2.218 2.111	2.218 2.111
1995/96	22.102 21.486	2.057 1.441	10.550 9.958	3.120 2.528
2000/01	7.823 6.966	7.823 6.966	11.325 10.569	3.895 3.138
2005/06	5.300 2.722	7.300 2.722	12.427 11.035	4.997 3.605
2010/11	27.367 23.654	7.322 3.609	14.138 11.686	6.708 4.256
2015/16	14.646 9.993	14.646 9.993	16.225 12.660	8.795 5.230
2020/21	14.512 5.874	14.512 5.874	19.074 13.615	11.644 6.185
2025/26	39.795 27.603	19.750 7.558	22.943 14.820	15.512 8.499

+

le premier chiffre de chaque couple correspond à un développement plus poussé,
 le second à un développement plus modéré

TABLEAU 37

Coût des aménagements des seuils (en millions F.CFA)

?

Année	Investissement	Entretien ⁺
1985/86	1.724	-
1990/91	-	1.724
1995/96	-	1.724
2000/01	-	1.724
2005/06	-	1.724
2010/11	-	1.724
2015/16	-	1.724
2020/21	-	1.724
2025/26	-	1.724

⁺ 20 % p.a. des investissements

TABLEAU 38

Coût de l'infrastructure fluviale (en millions F.CFA)

Année	Investissement	Entretien
1985/86	7.500	250
1990/91	4.725	2.105
1995/96	-	3.056
2000/01	-	3.056
2005/06	-	3.056
2010/11	-	3.056
2015/16	-	3.056
2020/21	-	3.056
2025/26	-	3.056

TABLEAU 39

Calendrier des coûts de la Navigation sans transport de minerais
(en millions F. CFA)

Année	Investissements	Coûts d'exploitation
1985/86	14.533 ⁺ 14.533	2.039 2.039
1990/91	6.215 5.799	13.203 13.096
1995/96	2.057 1.441	16.772 15.752
2000/01	7.823 6.966	21.155 18.030
2005/06	7.300 2.722	25.357 20.937
2010/11	7.322 3.609	31.476 23.456
2015/16	14.646 9.993	40.407 27.034
2020/21	14.512 5.874	51.604 31.885
2025/26	19.750 7.558	66.868 38.019

⁺ le premier chiffre de chaque couple correspond à un développement plus poussé,
le second à un développement plus modéré

" Investissements" comprend:

1. coût des aménagements des seuils
2. coût de l'infrastructure fluviale
3. coût de la flotte
4. mise sur pied de la société de navigation.
(138,6 . 10⁶ F.CFA)

" Coûts d'exploitation" comprend:

1. l'entretien des seuils
2. l'entretien de l'infrastructure fluviale
3. les coûts d'exploitation de la flotte

D E U X I E M E P A R T I E

FIGURES

FIG. 2 TIRANTS D'EAU EN FONCTION DES DEBITS PAR SECTEURS

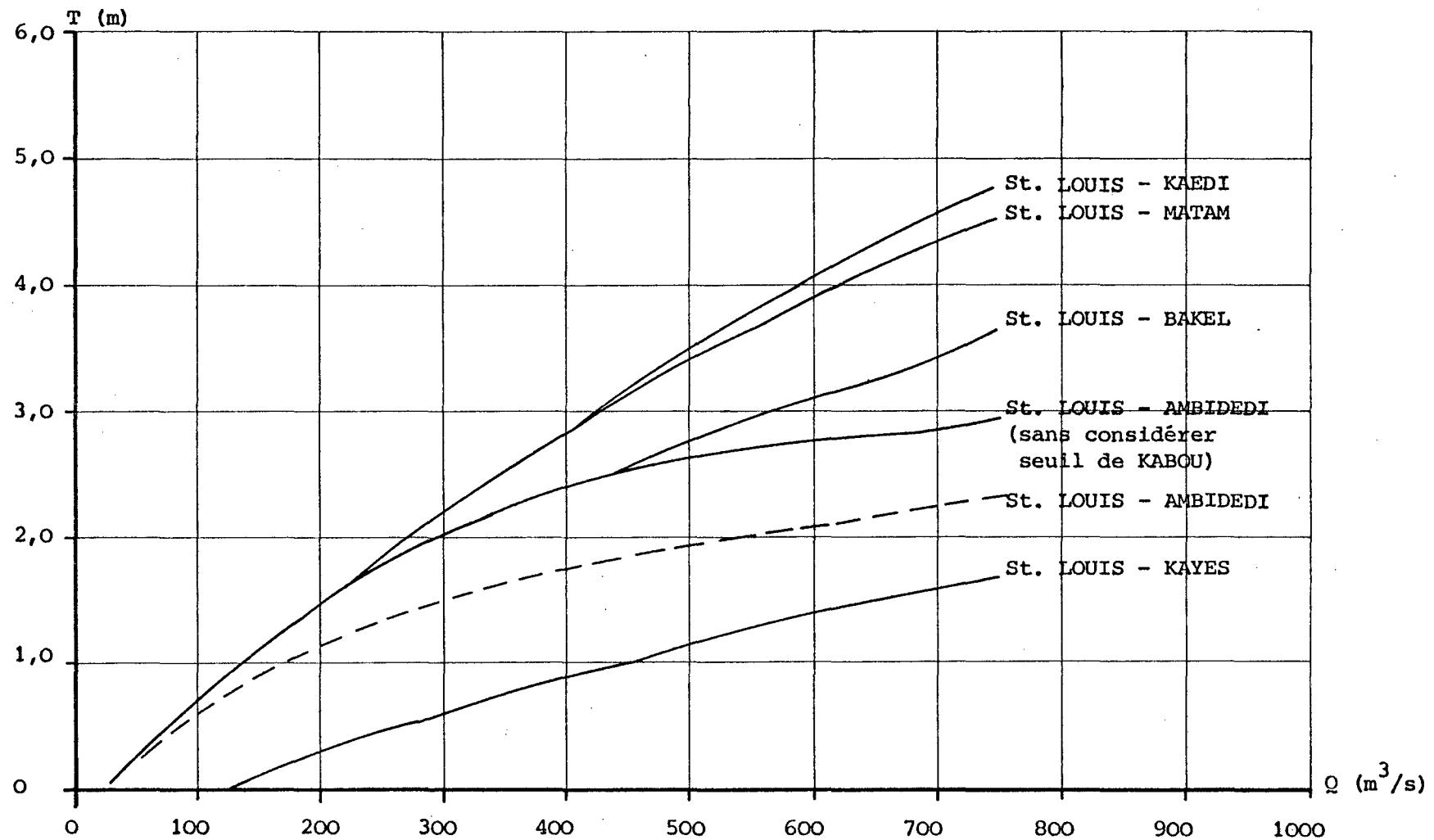
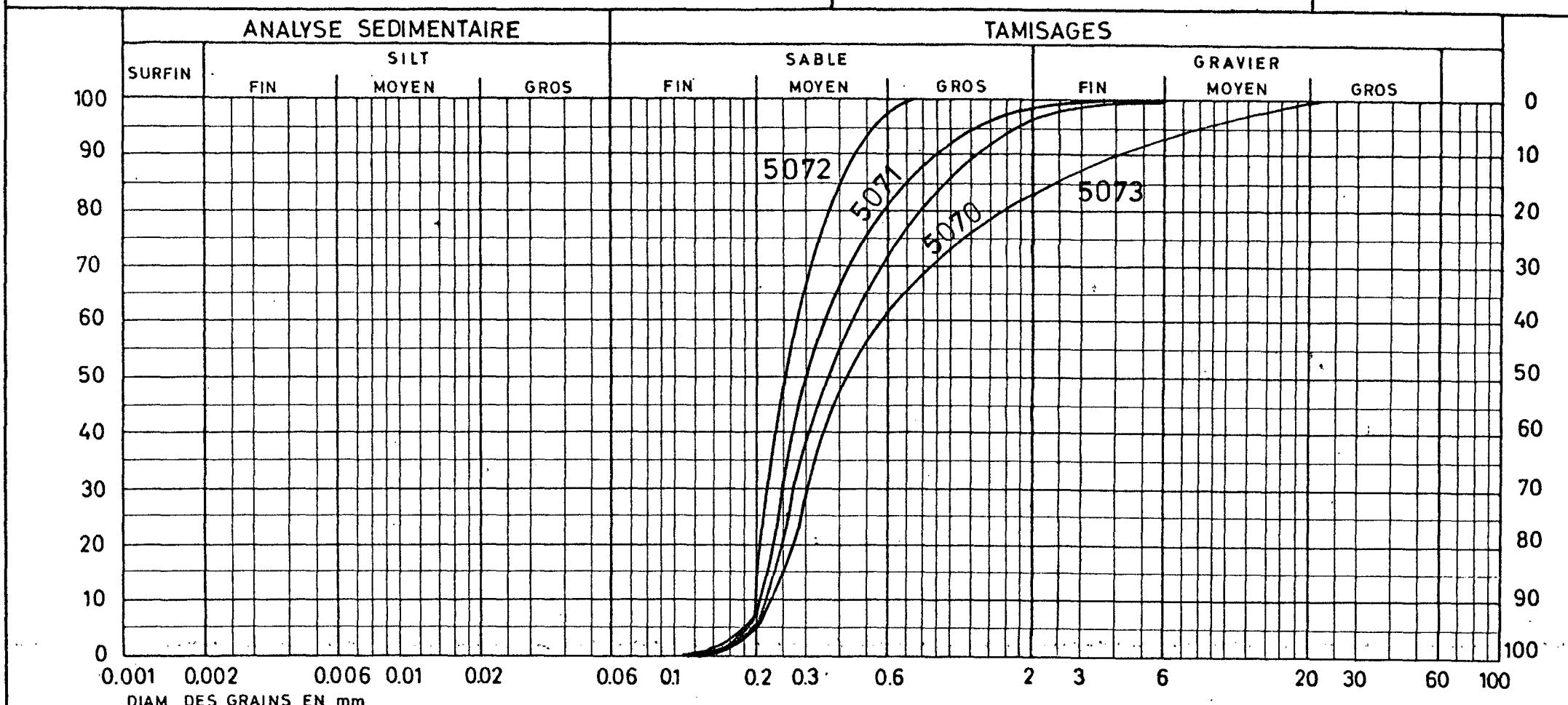


Fig. 8

PROJET MANANTALI

COURBE GRANULOMETRIQUE
AFFAIRE: NavigationDATE:
06-01-1977

N° DE LA COURBE
SECTION
PROFONDEUR
LIEU DE PRELEVEMENT

N° D'ECHANTILLON
DATE DU PRELEVEMENT
NATURE DU PRELEVEMENT
NATURE DE TRAVAIL

5070 - 12 km amont de BAKEL
5071 - KABOU
5072 - DIOULDE - DIABE
5073 - OUAONDE

FIG.9 TIRANTS D'EAU SUR LES SEUILS CORRESPONDANT AUX DEBITS RESIDUELS PENDANT LE MOIS LE PLUS CHARGE

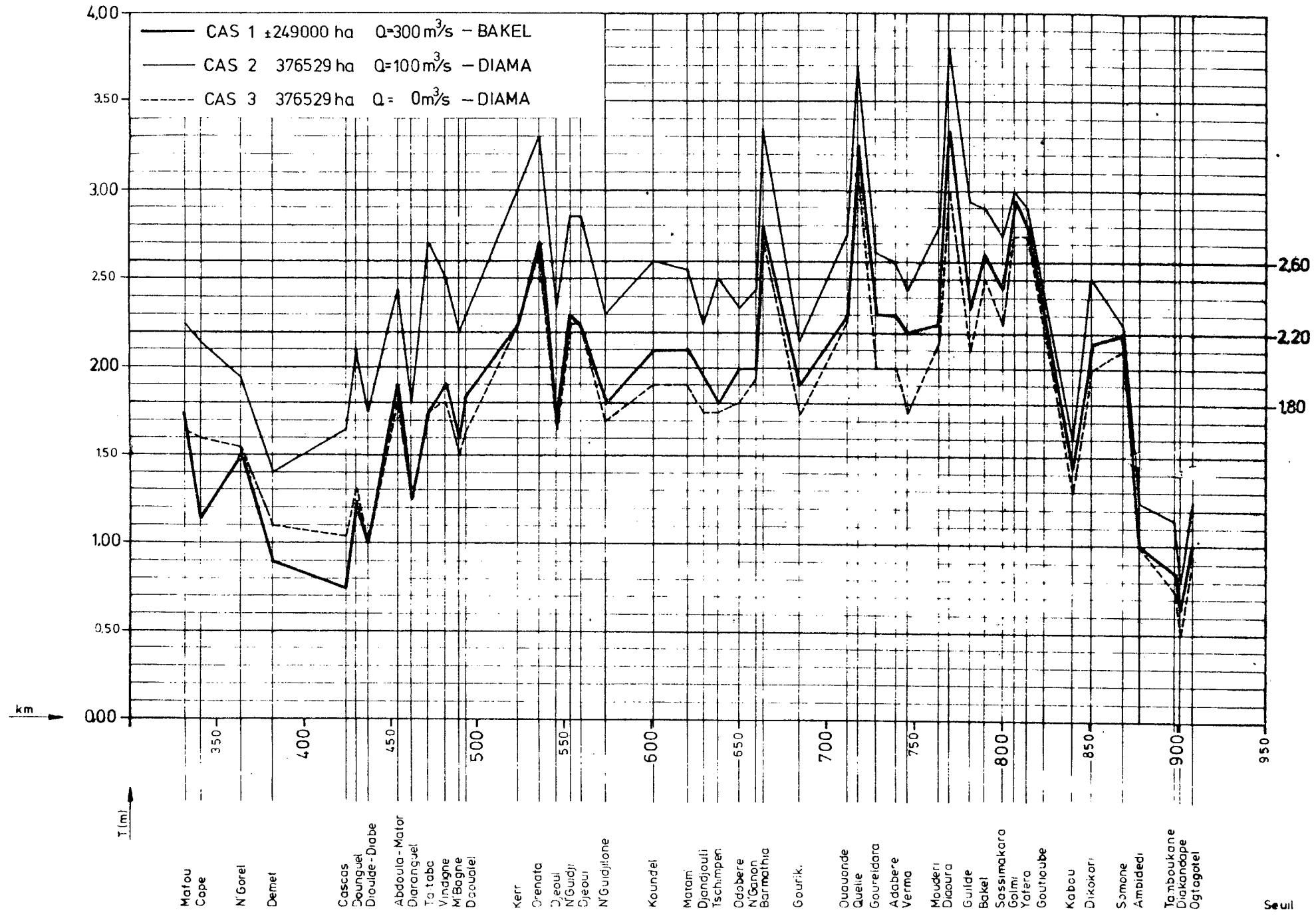


FIG.10 TIRANTS D'EAU SUR LES SEUILS CORRESPONDANT AUX DEBITS RESIDUELS PENDANT LE MOIS LE PLUS CHARGE

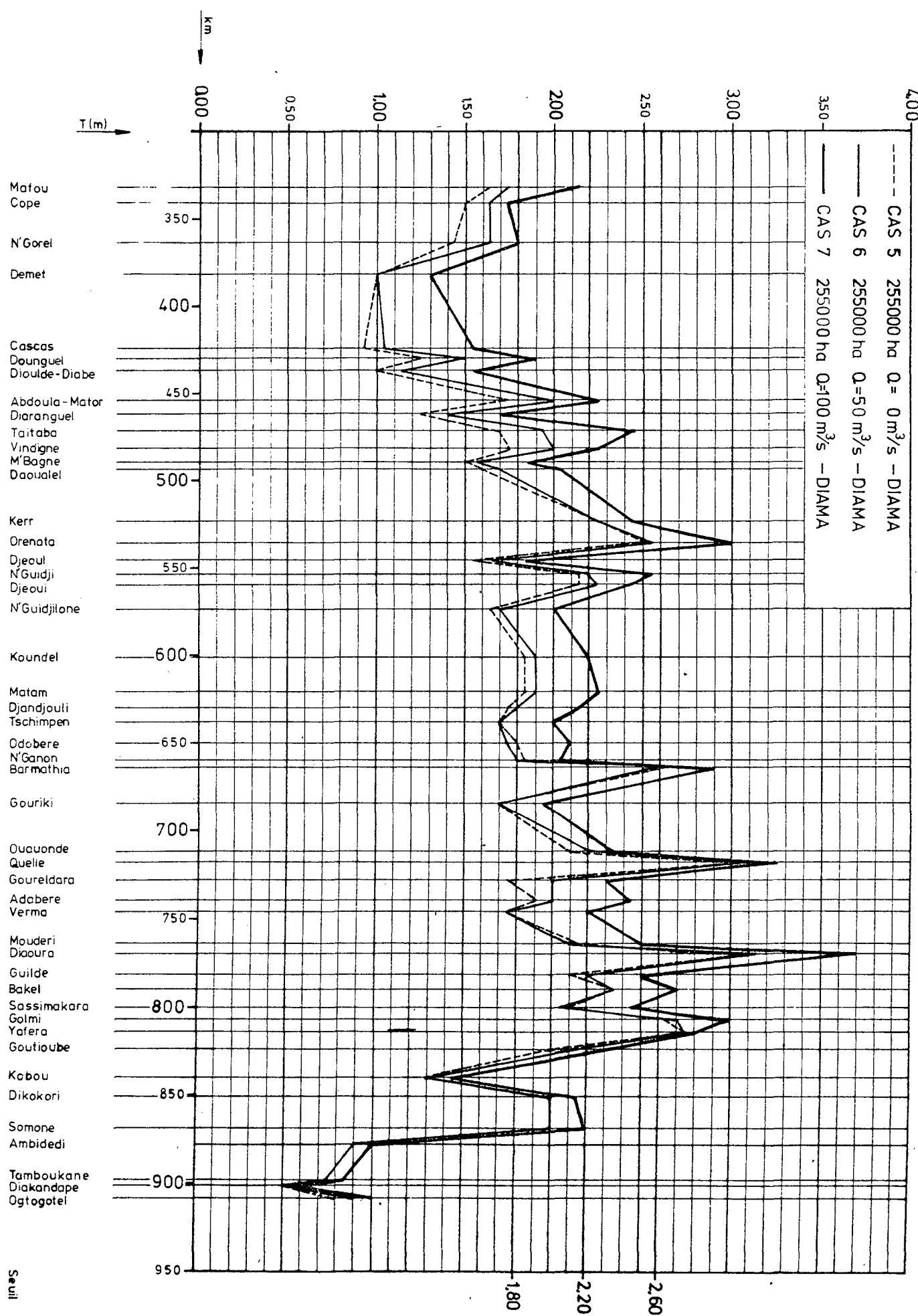


FIG.11 TIRANTS D'EAU SUR LES SEUILS CORRESPONDANT AUX DEBITS RESIDUELS PENDANT LE MOIS LE PLUS CHARGE

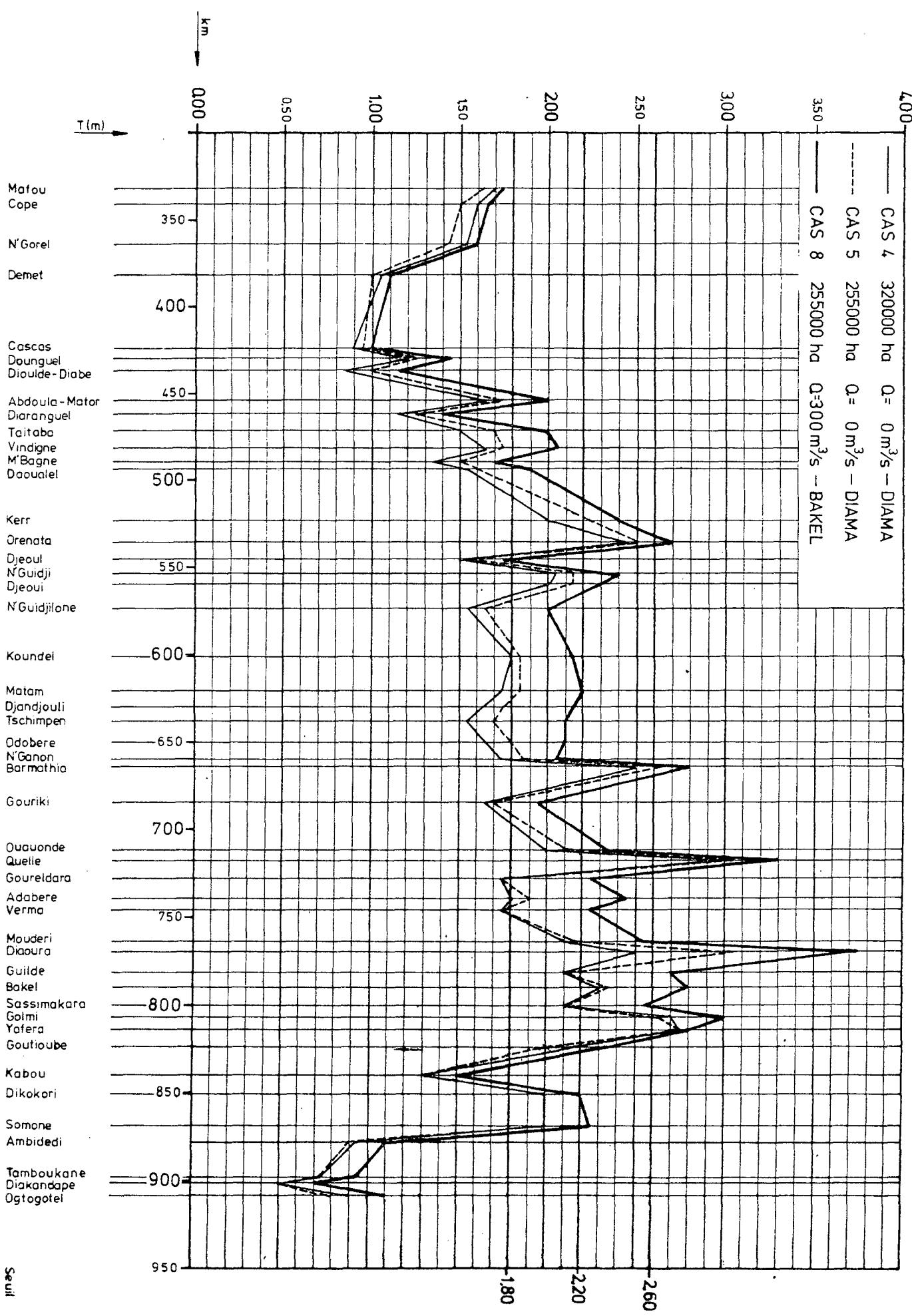


FIG 12 NOMBRE DES SEUILS A TRAITER - cas 1 à 8 phase finale
et PT 1 (210 m), PT 4 (204 m) phase transitoire

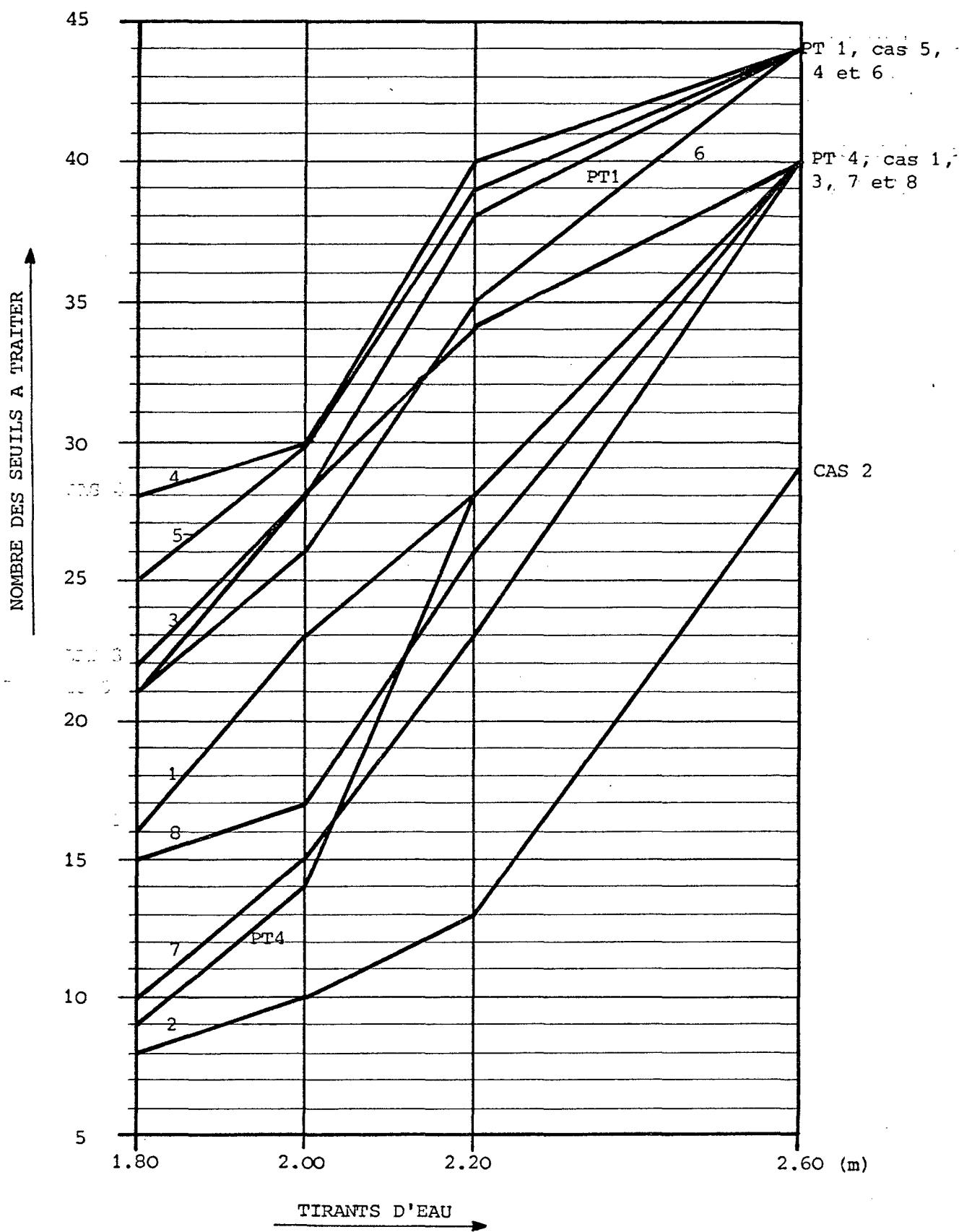


FIG. 13

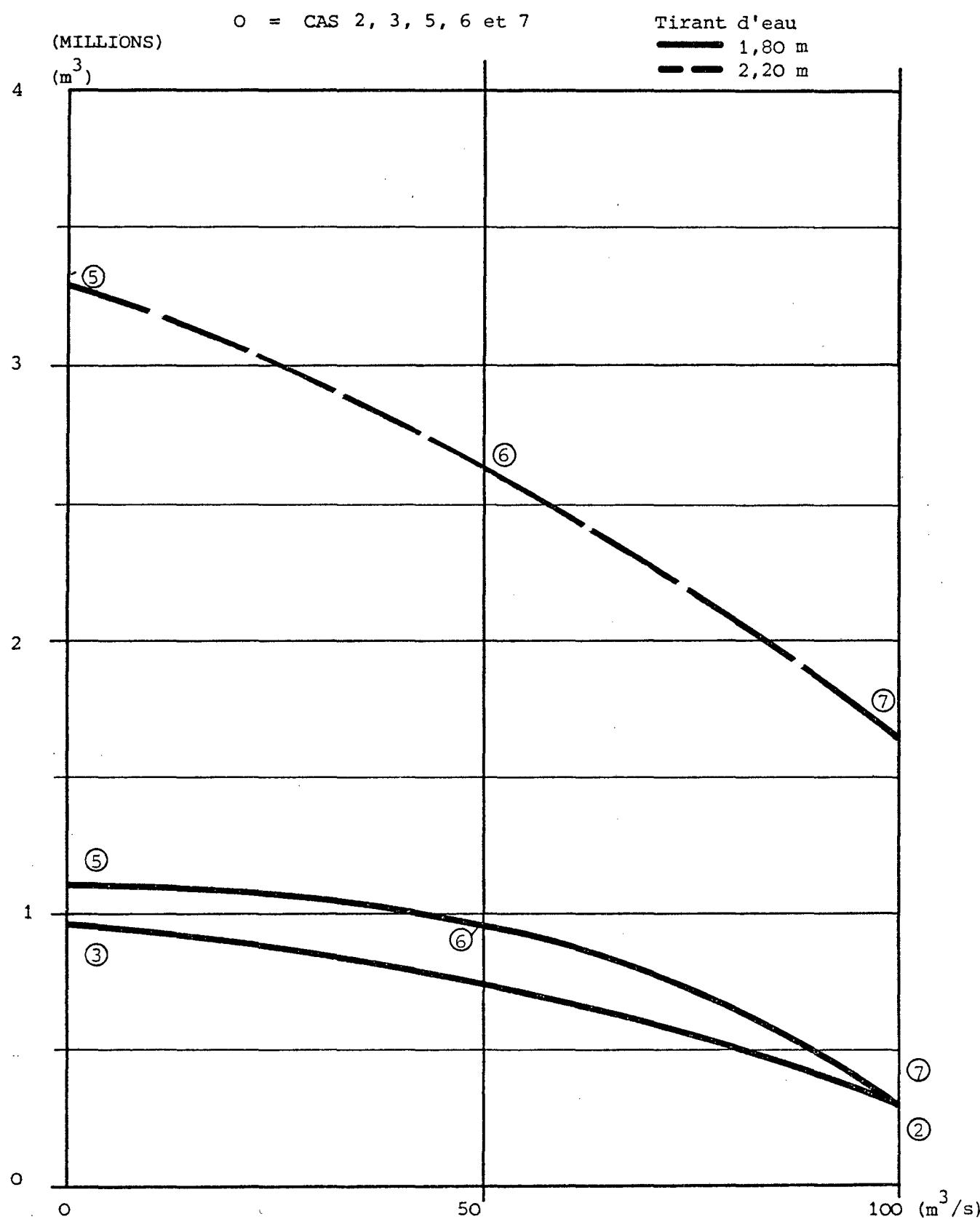
VARIATION DES VOLUMES A DRAGUER EN FONCTION DES DEBITS
ADDITIONNELS A DIAMA

FIG. 14 VARIATION DES VOLUMES A DEROCHER EN FONCTION DES DEBITS ADDITIONNELS A DIAMA

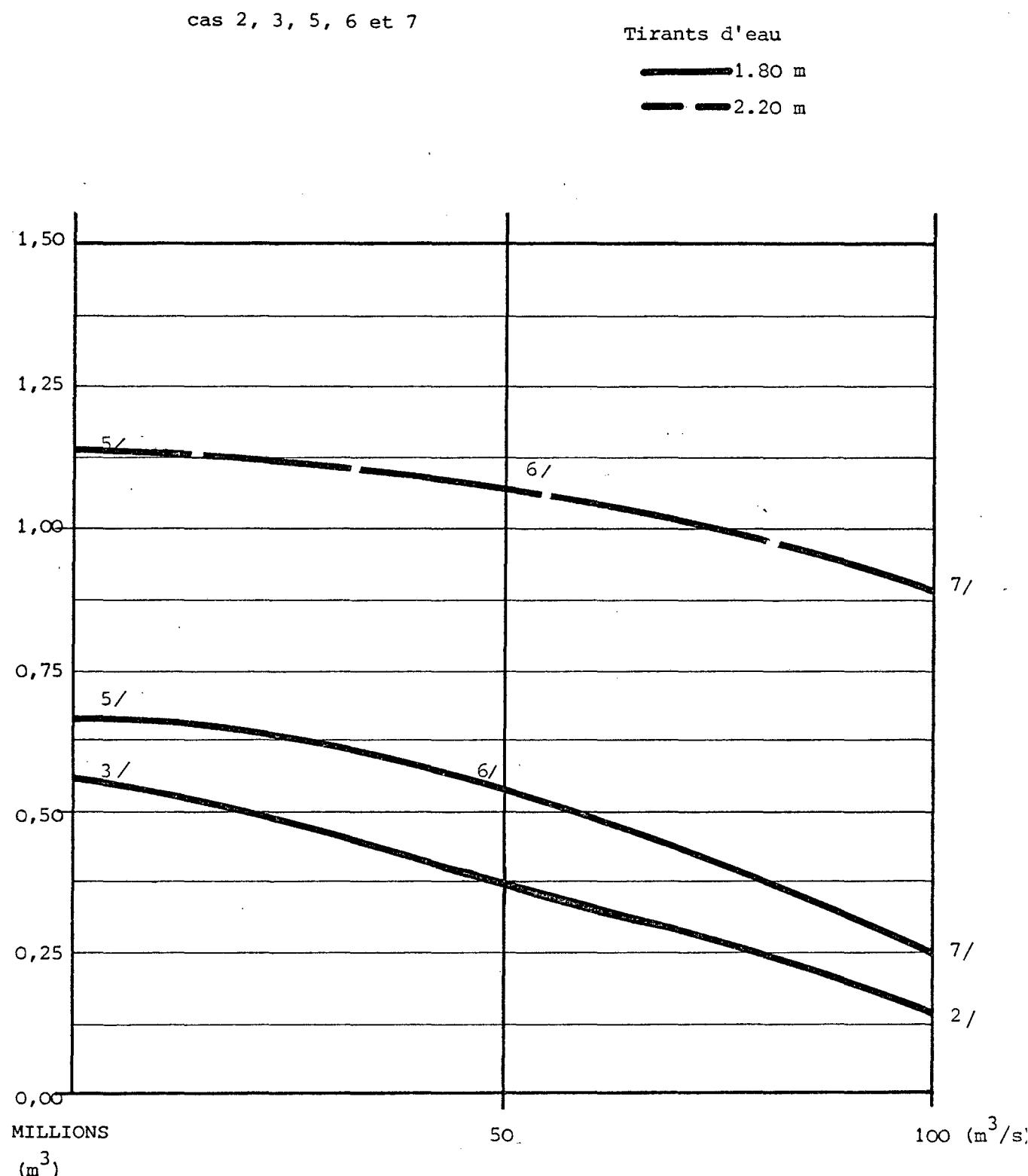


FIG. 15 COUTS D'AMENAGEMENT DES SEUILS EN FONCTION DU DEBIT SUPPLEMENTAIRE
A DIAMA ET DU TIRANT D'EAU

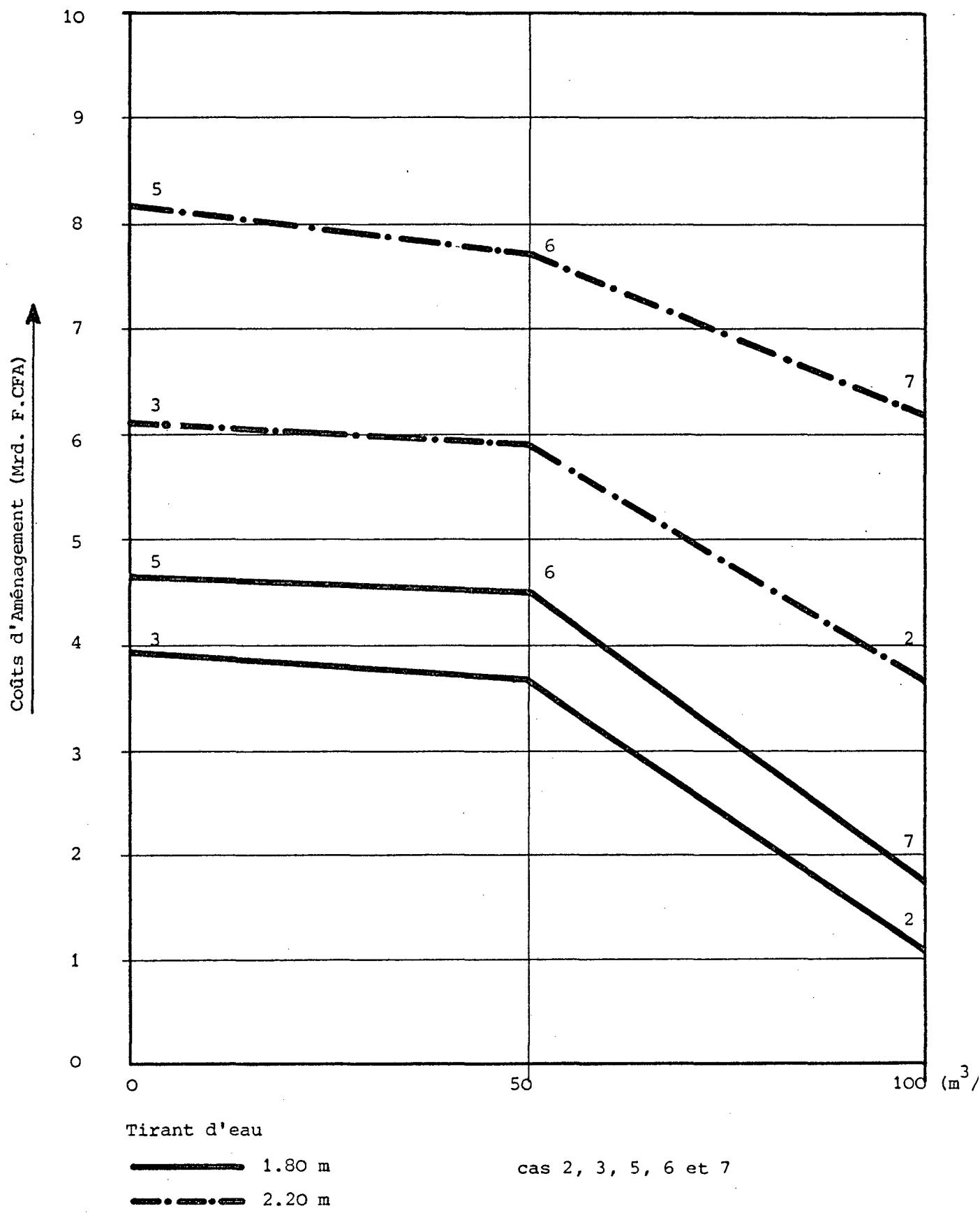
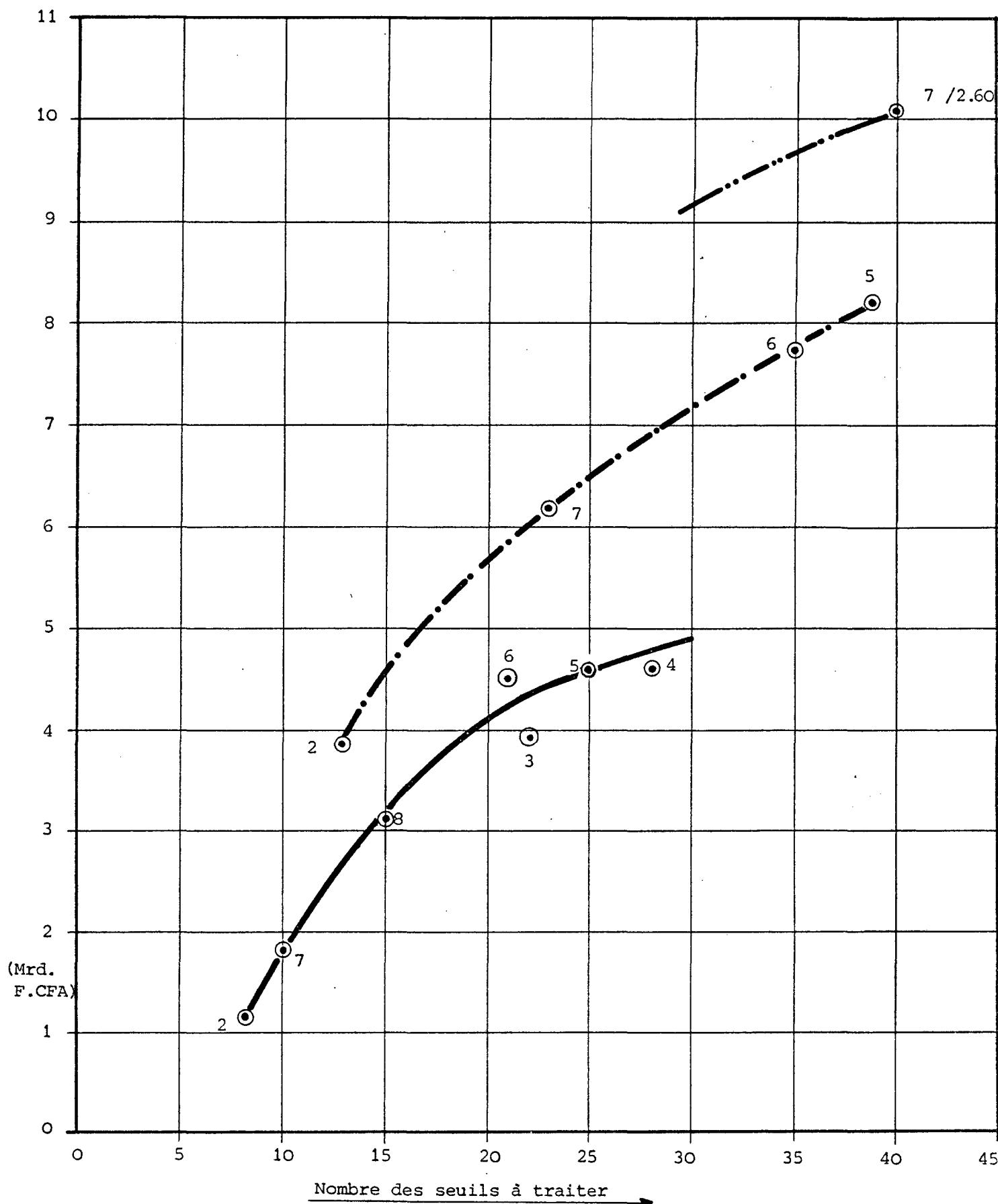


FIG. 16 COUTS D'AMENAGEMENT DES SEUILS EN FONCTION DES TIRANTS D'EAU
ET DU NOMBRE DES SEUILS



Tirant d'eau

— 1,80 m

—·— 2,20 m

—···— 2,60 m

\odot_8 = Numéro du cas étudié