

A265

105

11180

NUM

MISSION D'ETUDES ET D'AMENAGEMENT
____ DU NIGER ____

ETUDES DES POSSIBILITES D'AMELIORATION
DE LA NAVIGATION SUR LE NIGER

Octobre 1957

= PREMIERE PARTIE =

ETUDES DES CONDITIONS ACTUELLES
DE
NAVIGATION

—CONFIGURATION GENERALE DU FLEUVE—

Le Niger prend sa source en Guinée sur le versant Nord du massif montagneux du Fouta-Djalon , à quelques centaines de kilomètres de la mer. Son orientation générale est d'abord Nord-Est jusqu'à Tombouctou , puis Est jusqu'aux environs de Gao où il prend définitivement la direction Sud-Est. Il se jette dans le golfe du Benin à Port-Harcourt après avoir parcouru environ 4.000 kilomètres dont 2.870 en territoire français.

Tout au long de ce parcours le fleuve change considérablement d'aspect du fait de la pente, de la climatologie et des terrains traversés.

C'est dans le haut bassin , zone à forte pluviométrie que le Niger reçoit ses principaux affluents en dehors du Bani. Citons notamment le Tinkisso sur la rive gauche, le Mafou, le Niandan , le Milo , le Fié et le Sankarani sur la rive droite.

Le cours du Niger est coupé de rapides entre Bamako et Koulikoro sur 50 Kms.

A partir des environs de Ségou et jusqu'à Tombouctou , le Niger pénètre dans une vaste cuvette sédimentaire où il coule sur ses propres alluvions (delta intérieur). Sa pente est très faible. Le fleuve a, par ses dépôts exhaussé son propre lit par rapport à l'arrière pays. D'importants débordements se produisent en hautes eaux et alimentent de vastes zones d'inondation et des lacs. Le plus important de ces prélevements est effectué à Diafarabé par le Diaka qui rejoint le Niger à la traversée du lac Débo.

A Mopti, le Niger reçoit son principal affluent , le Bani , formé de la réunion du Bafing, du Baoulé, de la Bagoé et du Banifing

A la sortie du lac Débo, le Niger se sépare en plusieurs bras, Issa-Ber, Bara-Issa, et Kolikoli. Ces bras sont reliés par de nombreux marigots d'interconnexion. D'autre part, un certain nombre de marigots dérivent une partie des eaux vers des cuvettes lacustres situées sur la rive droite et sur la rive gauche.

A partir de Tombouctou et jusqu'à la rentrée en Nigéria, le fleuve reprend un cours unique. Les pertes par évaporation et infiltration à la traversée du delta intérieur ont été très importantes. En fait on ne retrouve plus à Diré que la moitié du volume annuel écoulé à Koulikoro, et à Douna (Bani).

En aval d'Ansongo, le fleuve est coupé par des rapides à Labezengza, à son entrée dans le territoire du Niger.

- LE REGIME DU NIGER A KOULIKORO -

A partir de Koulikoro le Niger ne reçoit pas d'affluent notable, à part le Bani à Mopti. C'est ce qui fait l'importance de cette station au point de vue hydrologique. On trouvera en annexe une carte du réseau hydrographique en amont de Koulikoro, indiquant les bassins versants des affluents principaux. Ces affluents sont le Tinkisso sur la rive gauche, le Niandan, le Milo et le Sankarani sur la rive droite.

Koulikoro est le point d'aboutissement du chemin de fer Dakar-Niger ainsi que le point de départ du bief navigable Nord (Koulikoro-Ansongo). De ce fait les relevés à l'échelle de crue ont été effectués très régulièrement et nous disposons actuellement de 50 années d'observations.

On trouvera en annexe un certain nombre de courbes de crues correspondant à des années caractéristiques. Ces courbes montrent une crue annuelle unique commençant en Juin. Le maximum des courbes de crues est atteint aux environs du 1er Octobre et il est suivi de longues courbes de tarissement.

L'allure de ces variations résulte directement du régime des pluies de la partie tropicale du bassin versant (région forêt exclue): saison des pluies commençant en Avril-Mai avec maximum en Août et début d'une longue saison sèche commençant vers Novembre.

Ce régime est assez régulier, surtout en ce qui concerne les dates. Ceci tient à la grande superficie du bassin versant et au régime des pluies commandé par l'arrivée régulière de la mousson.

. / .

Nous donnons ci-dessous quelques renseignements en ce qui concerne les débits. Ces renseignements portent sur une année exceptionnellement sèche (1913), une année exceptionnellement humide (1924) et l'année moyenne théorique.

ANNÉES	1913	Moyenne théorique	1924
Débit maximum à Koulikoro	4.500 M ³ /Sec.	6.000 M ³ /Sec	10.500 M ³ /Sec.
Volume total écoulé en milliards de M ³	26	48	76

Les courbes des débits d'étiage ne dépendent pas uniquement du volume de la crue précédente. En effet, dans la zone forestière les premières pluies commencent en Mars et produisent des débits non négligeables sur le Niandan, le Milo et même le Haut-Niger. Les courbes des débits d'étiage résultent donc de la superposition à la courbe de tarissement normal des débits correspondant à l'extrême début de la prochaine saison des pluies dans la partie méridionale du bassin versant. C'est d'ailleurs ce deuxième facteur qui est prépondérant. On constate donc à partir de Mars-Avril un aplatissement de la courbe de tarissement.

L'étiage minimum se produit fin Avril début Mai; Les débits correspondants peuvent varier dans des proportions importantes, de 25 à 150 M³/Sec.

-HYDROGRAPHIE DU TRONCON KOULIKORO-SEGOU-

Un lever hydrographique du tronçon Koulikoro-Ségou a été exécuté en 1954-1956 par la Mission d'Etudes et d'Aménagement du Niger. Ce travail représente une longueur de 180 Km de fleuve. Le lever a été exécuté au sondeur ultra-son à l'échelle de 1/10.000. L'édition définitive en couleurs en a été confiée à l'Institut Géographique National et sera terminée avant fin 1957.

On trouvera en annexe la feuille N°8 correspondant aux seuils de Sassila Kamani. Cette carte donne une assez bonne idée de la configuration du fleuve. Aux hautes eaux la largeur du lit majeur est de l'ordre de 1200 m. Aux basses et moyennes eaux des bancs de sable se découvrent et le lit mineur senréd et à une largeur de 200 à 600 m.

Les sondes sont réduites au zéro de l'échelle de Koulikoro (étiage théorique). On distingue dans le lit mineur des zones de profondeur relativement élevées (mouillés) séparées par des hauts fonds (seuils). Les seuils ont une longueur de quelques centaines de mètres et correspondent en général au passage d'une mouille d'une rive à l'autre. Tel est le cas du seuil de Sassila. Mais le seuil de Kamani, situé entre deux nouilles rive droite fait exception.

Ce sont les seuils qui constituent aux basses eaux les obstacles à la navigation. Il en existe plusieurs dizaines, plus ou moins marqués, entre Koulikoro et Ségou.

On peut dire en gros que la cote du maximum de la crue à Koulikoro varie entre 5 et 8m suivant les années. L'étiage minimum varie lui aussi entre les cotes 0 et 1m de l'échelle.

.//.

./.

La crue annuelle modifie de façon notable la configuration des fonds en particulier au droit des seuils. Au moment de la crue il y a des transports de sable importants dans tout le lit majeur. C'est à ce moment que les seuils se forment et s'exhaussent. Aux basses eaux les transports de sable généralisés cessent mais il y a une érosion très importante sur les seuils. Ceux-ci peuvent donc changer considérablement d'aspect d'une année à l'autre. Ils sont d'autant plus importants que la crue et par conséquent les transports de sable ont été fortes. Ils sont écrêtés par une érosion intense pendant les basses eaux.

A l'étiage la profondeur sur certains seuils peut être très faible et descendre jusqu'à 20 cm. Les vitesses du courant au droit des seuils sont importantes alors qu'elles sont très faible dans les mouilles. De ce fait la ligne d'eau prend une allure irrégulière en forme de marches d'escalier la pente étant forte sur les seuils et très faible dans les mouilles.

Les phénomènes d'entraînement de sable sur les seuils sont très visibles. L'écrêtement des seuils au cours d'une période de basses eaux qui en résulte est très notable. Un profil en long exécuté dans l'axe du chenal à la fin de l'étiage 1957 a montré que presque tous les seuils avaient été écrêtés en dessous de l'étiage conventionnel.

Les considérations ci-dessus expliquent que l'on trouve sur les cartes que certains seuils barrent complètement le passage pour les bas étiages. Ceci correspond au fait que les leviers ont été exécutés en période de moyennes eaux à la décrue. L'érosion sur les seuils est à ce moment là à peine commencée. D'autre part nous avons indiqué qu'il y a au minimum de la crue une modification de la ligne d'eau qui facilite le passage des seuils.

- EFFET DES TRAVAUX DE L'OFFICE DU NIGER SUR LA NAVIGATION

Le cours du Niger est coupé à 40 Km en aval de Ségou par le barrage mobile de Sansanding (Markala). Le rôle de cet ouvrage est de maintenir le plan d'eau en permanence à une cote suffisante pour les irrigations de l'Office du Niger. Les bouchures mobiles sont donc effacées en période de hautes eaux et relevées à l'étiage. A cette période de l'année le remous du barrage remonte jusqu'en amont de Ségou.

Le passage de la navigation au droit du barrage est assuré par un canal de navigation et une écluse situés sur la rive droite du fleuve.

Sur la rive gauche se trouvent le canal adducteur et les deux grands canaux d'irrigation du Macina et du Sahel. Chacun d'eux représente une voie navigable en permanence de plus de 60 Km de long.

Le premier longe la rive gauche du fleuve à faible distance et est prolongé par la rivière de Boky Wéré endiguée et le distributeur de Kokry. Il transporte, en plus du débit nécessaire aux irrigations, un débit supplémentaire qui est rendu au fleuve par le déversoir de Kolongotomo.

Le deuxième se dirige vers le Nord et sera prolongé au fur et à mesure de l'extension des cultures de coton irrigué.

L'effet du barrage est extrêmement favorable pour la navigation dans la partie amont, le tronçon Ségou-Markala étant navigable en permanence grâce au relevage du niveau des eaux.

./.

L'ensemble des trois tronçons de voies navigables constitué à partir de Markala par le Niger jusqu'en amont de Ségou, le canal du Macina et le canal du Sahel, constitue donc l'amorce d'un réseau qui dessert toute l'année la région mise en valeur par l'Office.

Par contre la partie qui se trouve en aval du barrage est défavorisée en période de basses eaux par les prélevements de l'Office qui diminuent les débits de façon très notable. Une partie des débits prélevés est restituée au déversoir de Kolongotomé.

Pour ce tronçon une solution intéressante au problème de la navigation serait d'utiliser après avoir effectué les améliorations nécessaires la voie navigable formée par le canal de Macina le marigot de Boky-Wéré et le distributeur de Kokry.

- LA NAVIGATION -

=====

BIEFS NAVIGABLES ET PRINCIPALES ESCALES -

Du fait de l'existence de rapides entre Bamako et Koulikoro, le cours du fleuve est divisé en deux biefs navigables : bief Sud de Kankan à Bamako et bief Nord de Koulikoro à Ansongo. Les deux biefs ne peuvent communiquer entre eux que pendant une courte période aux hautes eaux.

C'est le bief Nord qui est de loin le plus important au point de vue longueur et au point de vue trafic. Koulikoro est à la fois le terminus du Dakar-Niger et le point de départ des transports du bief Nord.

Nous indiquons ci-dessous les principales escales du fleuve ainsi que les kilométrages entre deux escales consécutives:

<u>BIEF SUD</u>		
	KANKAN	360 Km
	BAMAKO	68 Km (rapides)
	KOULIKORO	182 Km
	SEGOU	40 Km
	MARKALA	250 Km
	MOPTI	398 Km
	KABARA	410 Km
	GAO	90 Km
	ANSONGO	

Au-delà d'Ansongo la navigation est interrompue par des rapides à Labezzenga. Il est néanmoins possible en période de hautes eaux de faire passer des convois dans le bief Niamey-Gaya.

VOLUME DU TRAFIC FLUVIAL -

o/o

.//.

Nous indiquons ci-dessous le volume des transports sur les différents tronçons du bief Nord(Koulakoro-Ansongo) tel qu'il ressort de l'étude faite récemment par le Laboratoire de l'Institut de Géographie de Strasbourg

Koulakoro-Ségou (Office du Niger)	60 à 65.000 T
Ségou-Mopti	25.000 T
Mopti-Ansongo	20.000 T

Sur le bief Sud Bamako-Kouroussa le tonnage transporté est de 3 à 5.000 Tonnes par an.

Il est intéressant de comparer ces chiffres au volume transporté par le Chemin de fer Dakar-Niger:

Chemin de Fer Dakar-Niger	Sénégal-Soudan 120 à 130.000 T
	Soudan-Sénégal 70 à 80.000 T
	TOTAL.. 190 à 210.000 T

Indiquons d'autre part, que les Messageries Africaines transportent environ 30.000 passagers par an sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres.

TARIFS PRATIQUES ~

L'essentiel du trafic est effectué par les Messageries Africaines. Il est intéressant de comparer les prix pratiqués par cette Société avec ceux des transports par fer et par route.

En fait les tarifs pratiqués sont très variables, notamment en fonction des conditions de transport et des catégories de marchandises. Ils varient dans les limites ci-dessous:

.//.

./.

1,90 Fr à 7,50 Fr la T.K. par le fleuve (Messageries Africaine)
2,14 Fr à 8 Fr la T.K. par le rail (Dakar-Niger)
2 Fr à 17,75 Fr par la route

Bien entendu certains des prix pratiqués par les transporteurs routiers sont absolument erratiques et dépourvus de signification économique.Ils correspondent à des conditions d'exploitations anormales: vente de véhicules à crédit,non amortissement du matériel , frêt de retour, camions en surcharge.

Pour pouvoir comparer valablement les différents moyens de transport il convient de pondérer les différentes catégories de marchandises par les quantités transportées.On trouve ainsi les prix moyens suivants:

3 Fr	la tonne kilométrique pour le fleuve
5 Fr	" " " le rail
10 Fr	" " " la route

On voit que la voie fluviale ,malgré les mauvaises conditions d'exploitation actuelles (navigation saisonnière) est nettement la plus économique.

Il est certain qu'une augmentation de la durée des périodes de navigation,permettrait d'abaisser sensiblement les tarifs pratiqués.Le volume des transports effectués serait augmenté et mieux réparti alors que les frais généraux de la société resteraient sensiblement les mêmes.Dans le cas où la navigation deviendrait possible toute l'année les conséquences économiques seraient très importantes.

./.

./.

Pourachever de donner une idée de la valeur du transport effectué par les Messageries Africaines, indiquons que le tonnage kilométrique annuel est de 30 à 35 Millions de T.K.

CONDITIONS DE NAVIGATION -

1°- ARMEMENT DE LA FLOTTE

En dehors du trafic par pirogues indigènes les seuls usagers du fleuve sont les Messageries Africaines, la Compagnie Française d'Afrique Occidentale et l'Office du Niger. L'essentiel du trafic actuel est assuré par les Messageries Africaines.

La flotte des messageries comprend:

-chalands de 160 T tirant d'eau pleine charge 1,55m-& vide 0,20 m
" 85 T " " " 0,80m " 0,20 m
" 60 T " " " 0,80m " 0,15 m

(Les chalands de 160 T sont de loin les plus nombreux)

-Remorqueurs 200 CV Diésel calant 1,10m et tractant 625 T en 5 chalands
" 100 CV " 0,70m " 220 -240 T
" 100 CV Vapeur 0,70 -0,75 m 160 -180 T

2°- PERIODES DE NAVIGATION

Du fait du décalage de la crue entre les différentes escales du Niger les périodes de navigation sont différentes pour les différents tronçons. On peut en avoir une idée en prenant les périodes pendant lesquelles les Messageries Africaines appliquent les tarifs de hautes eaux:

Koulikoro-Mopti	Ier Juillet	- 15 Décembre
Mopti-Ansongo	Ier Août	- 15 Mars
Mopti-Bénéni (San)	Ier Août	- 15 Décembre

./.

./. .

Bénéni-Pankourou	16 Août	- 31 Octobre
Ansongo-Niamey	16 Août	- 31 Mars
Bamako-Kouroussa -Kankan	16 Juillet	- 15 Novembre

Le décalage de ces périodes les unes par rapport aux autres s'explique à la fois par la durée de propagation de la crue et par l'effet régulateur des débordements considérables qui se produisent entre Diafarabé et Kabara. Au moment de la baisse des eaux, les eaux d'inondation retournent au Niger dont elles enrichissent considérablement l'étiage.

En fait les périodes de navigation sont variables chaque année avec les crues. Pratiquement la navigation se prolonge au-delà des périodes indiquées ci-dessous mais dans de très mauvaises conditions de rentabilité.

Entre Koulikoro et Ségou par exemple, la navigation peut se poursuivre jusqu'à fin Février début Mars, mais les chalands sont alors à peine chargés au tiers et le passage est extrêmement difficile sur certains seuils.

3°- LIMITES DE NAVIGABILITE -

Les crues étant variables d'une année à l'autre il est intéressant de fixer comme limites de navigabilité non pas des dates mais des cotes aux différentes échelles de crue.

Il est nécessaire tout d'abord de définir un certain nombre de convois types. On trouvera en annexe les courbes d'enfoncement des chalands des Messageries Africaines. A partir de ces courbes on peut définir les types de navigation ci-dessous:

./. .

./. .

Navigation lourde: Remorqueurs 200 CV avec chalands de 160 T à pleine charge. Au dessus de 1m,55

Navigation semi-lourde: Remorqueurs 200 CV avec chalands de 160 T chargés à 105-110 T. Entre 1m,10 et 1m,55

Navigation légère: Remorqueurs de 100 CV avec chalands de 160 T chargés à 65-70 T. Entre 0,75m et 1,20m

Les tirants d'eau disponibles nécessaires pour les différents types de navigation sont donc les suivants:

Navigation lourde	1m,65	(10 cm pied pilote)
Navigation semi-lourde	1m,20	(10 cm " ")
Navigation légère	0m,80	(5 cm " ")

La détermination des limites de navigabilité aux échelles de crues peut se faire à partir de ces données pour les différents tronçons. La méthode utilisée consiste à observer les convois qui talonnent en fin et en début de crue. Une étude de ce genre est faite dans le rapport de M. AUVRAY

Pour le tronçon le plus fréquenté (Koulikoro-Ségou) on peut admettre que la limite de navigation légère est à la cote de 1m,40 de l'échelle de Koulikoro. Ceci correspond sensiblement à un débit 350 M3/Sec.

Il est alors facile de trouver les autres limites de navigation pour le tronçon:

Navigation lourde (1m,65)	limite à l'échelle	2m,25
Navigation semi-lourde (1m,20)"	"	1m,80
Navigation légère (0m,80)	"	1m,40

./. .

./. .

On trouvera en annexe les courbes des étiages du Niger à Koulikoro pour les différentes probabilités de crues. En coupant ces courbes par les limites indiquées ci-dessus ,on peut obtenir les périodes des différents types de navigation pour les différentes crues.

On constate par exemple qu'en année moyenne (fréquence 50%) la navigation légère est interrompue du 20 Janvier au 15 Juin soit pendant près de 5 mois.

En fait ,l'étude ci-dessus est à préciser au cours de la prochaine campagne de mesures qui comprendra notamment des sondages effectués tout le long du chenal entre Koulikoro et Ségou. En effet les seuils peuvent se modifier d'une année à l'autre et même au cours d'une même crue.Bien que les changements ainsi introduits dans les conditions de navigation ne soient pas très importants ,il serait souhaitable de pouvoir en tenir compte.

— DEUXIEME PARTIE —

POSSIBILITES D'AMELIORATION
DE LA
NAVIGATION

-AMELIORATION DES CONDITIONS DE NAVIGATION-

-DIFFERENTES SOLUTIONS ENVISAGEES-

Dans le présent chapitre nous examinerons plus particulièrement le cas du tronçon Koulikoro-Ségou qui est à la fois le plus important au point de vue trafic et le mieux connu. Les résultats obtenus peuvent être appliqués ou adaptés au cas le plus général de l'ensemble du Niger navigable.

Les conditions naturelles de navigation peuvent être améliorées de façon définitive ou de façon temporaire. Dans le premier cas les travaux nécessaires sont exécutés une fois pour toutes, dans le second cas les travaux sont à recommencer chaque année.

Une analyse excellente du premier type de solution est donnée dans le rapport NEDEC0. Ce rapport présente quelques erreurs de français ce qui est d'ailleurs sans importance. Nous en donnons ci-dessous un extrait:

"Trois possibilités se présentent pour l'amélioration de la navigation d'une section de rivière comme décrite:

- a) Modification de la situation en plan et de la forme du lit mineur (aménagement à courant libre par régularisation ou mieux encore par normalisation).
- b) Modification de la ligne d'eau (canalisation).
- c) Modification des débits (régularisation des débits d'étiage et de crue).

Nous partageons l'avis de M. Aubert que le système mentionné sous a) ne pourra être appliqué à la section de rivière Koulikoro-Ségou.

./.

Régularisation d'un lit mineur n'est possible que lorsque la largeur de ce lit est en proportion raisonnable avec la largeur totale du lit majeur où le transport de sable s'effectue. Pour la rivière en question la largeur du chenal à régulariser n'est probablement que la dixième partie de la largeur du lit majeur, alors qu le débit d'étiage n'est que quelques pourcents du débit de crue. La fixation d'un tel petit chenal dans un lit de sable très grand et très mobile serait vouée à l'échec. A part ceci les frais de construction de tels travaux seraient très élevés, parce qu'un des côtés du chenal devrait être fixé sur presque toute sa longueur. Il serait en outre nécessaire de construire beaucoup de digues de raccordement vers les rives hautes du lit majeur, afin d'éviter un déplacement ou une bifurcation du lit mineur par les débits de crue. La construction de travaux de régularisation seulement là où se trouvent les mauvais seuils n'a presque pas de sens. En effet, ces seuils ne sont pas liés à un endroit déterminé, de sorte qu'après la régularisation d'un tel seuil il se trouverait probablement l'année prochaine en aval de la section régularisée, peut-être même dans une forme encore plus défavorable.

Régularisation étant considérée comme inexécutable, il n'est pas nécessaire du tout de penser à normalisation.

Nous partageons également l'avis de M. Aubert que canalisation de la section K-S est possible. Cependant il est à remarquer que canalisation d'une section de rivière non régularisée et à lit complexe provoque la détérioration du chenal d'étiage et cause une situation des seuils encore plus défavorable. Le niveau de retenue devra être donc assez élevé; par conséquent deux barrages ne suffiraient probablement pas. Pour une telle canalisation l'évaporation de la grande surface de retenue pourra devenir tellement

./. .

grande ,que dans le mois de mai,lors des débits d'étiage ,l'eau nécessaire pour les besoins de l'irrigation et pour le Niger en aval de Sansanding ne serait plus disponible.Il serait même peut-être nécessaire de prendre des dispositions pour remédier aux pertes d'eau intolérables au barrage de Sansanding ,à cause desquelles le niveau de retenue ne serait plus maintenu.C'est aussi pour ces raisons que la canalisation est peu intéressante.

Vu ce qui précède il est à recommander d'appliquer, aux rivières comme celle décrite, le troisième système si la situation s'y prête.Ceci est encore plus vrai quand ,sauf des besoins de navigation ,des besoins d'irrigation et peut-être des besoins d'énergie joueront un rôle.

Il est encore à remarquer que cette solution entraîne dans beaucoup de cas une diminution du débit limite pour une profondeur de navigation déterminée si le sommet de la crue est découpé par l'accumulation; dans ce cas notamment ,la crue ne sera plus capable de former dans cette forte mesure des seuils dans les traverses.

Vu que,selon les rapports cités,un emplacement approprié a été trouvé pour le barrage et le réservoir dans la rivière Nian-dan ,et que les frais d'une telle solution ne sont pas plus élevés que pour les autres méthodes,il est indiqué de rechercher la solution définitive dans ce sens".

Nous insistons simplement sur les avantages que présente une régularisation*des débits par l'effet d'un barrage de retenue amont par rapport aux autres solutions définitives ou aux solutions temporaires que nous examinerons plus bas.Tout d'abord l'amélioration obtenue n'est pas limitée à la seule section

./. .

. / .

envisagée; dans la mesure où l'augmentation des débits d'étiage n'est pas entièrement absorbée par l'Office du Niger, l'amélioration obtenue se ferait sentir jusqu'à Mopti. D'autre part, ainsi que l'indique NEDECO une augmentation des débits d'étiage peut présenter un grand intérêt pour les irrigations (Office du Niger notamment) ainsi que pour la production d'énergie hydroélectrique (augmentation de la puissance garantie).

Les solutions provisoires consistent en un creusement d'un chenal à la traversée des seuils sableux. Il existe deux méthodes possibles. Dans la méthode directe le sable est éliminé par dragage. Dans la méthode indirecte le courant est concentré à la décrue dans le lit mineur par des ouvrages provisoires ce qui permet la création d'un chenal par érosion accrue. Les ouvrages peuvent être des panneaux mobiles, des digues de sable.... judicieusement disposés. Les panneaux ont l'avantage de pouvoir être réutilisés sur plusieurs seuils.

Les deux méthodes présentent beaucoup d'analogie. Dans les deux cas la crue qui suit l'étiage détruira en grande partie ou en totalité le chenal et il sera nécessaire de recommencer chaque année les travaux. Dans les deux cas il faut exécuter les travaux dans une période assez courte de la décrue, comprise entre la date où les transports de sable généralisés s'arrêtent et celle où le passage sur les seuils n'est plus possible. Enfin, le volume de matériaux à éliminer est le même pour les deux méthodes.

L'étude de la méthode indirecte est évidemment plus délicate que l'étude de la solution dragages. Une fois ces études faites le choix entre les deux solutions serait à faire en tenant compte de questions de commodité d'exécution et de prix de revient.

. / .

./.

En conclusion nous retenons deux solutions possibles pour l'amélioration des conditions de navigation. La solution définitive (barrage de retenue amont) correspondrait à un investissement fait une fois pour toutes. La solution provisoire (dragage ou auto-dragage du chenal par guidage du courant) correspondrait à des frais de travaux annuels. Alors que des travaux annuels sur place n'auraient d'effet que sur une section déterminée, l'effet d'un barrage de retenue se ferait sentir sur tout le fleuve au moins jusqu'à Mopti. De plus, la rentabilité d'un tel ouvrage serait fortement augmentée par son effet sur les irrigations et par l'amélioration des possibilités de production d'énergie hydroélectrique par augmentation des débits.

Pour pouvoir juger de l'opportunité d'adopter l'une ou l'autre de ces solutions une étude plus détaillée est évidemment nécessaire.

~~-AMELIORATION DES CONDITIONS DE NAVIGATION - AUGMENTATION DES~~

~~DEBITS PAR L'ACTION D'UN BARRAGE RESERVOIR -~~

Des recherches ont été faites à partir de 1942 par l'Office du Niger en vue de la construction sur le haut bassin du Niger d'un barrage réservoir destiné à améliorer les débits d'étiage.

Un site extrêmement favorable fut trouvé sur un affluent du Niger, le Niandan. Le volume d'eau qui pourrait être emmagasiné par le barrage du Niandan est de plus de 5 milliards de mètres cubes.

En 1947 les études du barrage du Niandan ont été reprises par la Direction Générale des Travaux Publics en liaison avec l'Electricité de France. Ces études ont abouti à la présentation d'un projet d'exécution complet de l'ouvrage.

L'ouvrage est estimé actuellement à 7.700.000.000 de Rs C.P.A soit environ 1,50 Fr par mètre cube d'eau retenue.

La construction du barrage du Niandan permettrait de résoudre définitivement le problème de la navigation sur le Niger à partir de Koulikoro et au moins jusqu'à Mopti. Cette solution présente l'inconvénient d'exiger d'un seul coup un investissement très élevé.

Il serait intéressant d'étudier l'influence que pourrait avoir sur la navigation la construction de barrages réservoir moins importants.

./. .

./.

On trouvera en annexe les courbes indiquant les débits à Koulikoro en périodes de basses eaux pour les fréquences: 50% \pm 25% et \pm 10%.

En utilisant ces courbes on peut pour les différentes fréquences tracer les courbes indiquant le volume des apports supplémentaires nécessaires à Koulikoro pour maintenir le débit au-dessus d'une valeur donnée.

En utilisant la courbe de correspondance hauteur débit à Koulikoro, on peut transformer ces courbes et obtenir des courbes indiquant les apports supplémentaires nécessaires à Koulikoro pour maintenir une certaine hauteur minimum à l'échelle de crue.

L'examen des courbes obtenues permet de faire les observations suivantes:

I°)- Les volumes nécessaires pour assurer en permanence la navigation sont très importants. On est en effet obligé de calculer les apports supplémentaires en tenant compte des conditions les plus défavorables, c'est à dire de la courbe de probabilité =10%.

Si l'on veut par exemple assurer en permanence la navigation légère (débit limite 350 M3/Sec. on trouve les volumes nécessaires suivants:

FREQUENCES	- 10%	- 25%	50%	+ 25%	+ 10%
apports nécessaires en millions de M3	4.100	3.450	2.550	2.100	1.530

./.

Il faut donc fournir à Koulikoro un volume supplémentaire de 4.100.000.000 M3. Ce volume sera dans la plupart des cas surabondant, c'est-à-dire que les possibilités réelles seront en général supérieures à la limite de navigation légère. Pour l'année de fréquence +10% par exemple la navigation lourde sera possible pratiquement constamment.

Il n'en reste pas moins qu'il est difficile d'investir d'un seul coup des crédits aussi importants que ceux nécessaires à la construction d'un barrage comme celui du Niandan.

2°- Il est intéressant d'examiner l'influence que pourrait avoir sur les débits et leurs hauteurs à Koulikoro un apport supplémentaire en basses eaux et ceci pour différentes valeurs. On peut obtenir ces renseignements en coupant les différentes courbes par des horizontales correspondant à des apports de 500 millions, 1 milliard, 2, 3, 4 et 5 milliards de mètres cubes. On trouve ainsi les résultats suivants:

=====
Débit minimum maintenu à Koulikoro pour différentes valeurs des apports supplémentaires

apports supplémentaires en milliards de M3	0	0,5	1	2	3	4	5
Probabilité M3							
- 10%	32	100	146	220	285	345	400
- 25%	36	112	164	250	320	385	
50%	60	155	210	305	385		
+ 25%	90	185	242	340			
+ 10%	120	225	290	390			

Hauteur minimum maintenue à l'échelle de Koulikoro pour différentes valeurs des apports supplémentaires

apports supplémentaires	0	0,5	1	2	3	4	5
Probabilité							
-10%	0,09	0,58	0,80	1,06	1,25	1,29	1,52
-25%	0,14	0,65	0,88	1,15	1,34	1,48	
50%	0,35	0,85	1,03	1,30	1,48		
+25%	0,52	0,95	1,13	1,37			
+10%	0,68	1,08	1,26	1,50			

-00000-

Différence entre la cote minimum obtenue et la cote de l'étage naturel à Koulikoro pour différentes valeurs des apports supplémentaires.

apports supplémentaires	0	0,5	1	2	3	4	5
Probabilité							
-10%	0	0,49	0,71	0,97	1,16	1,30	1,43
-25%	0	0,51	0,74	1,01	1,20	1,34	
50%	0	0,50	0,68	0,95	1,13		
+25%	0	0,43	0,61	0,85			
+10%	0	0,40	0,58	0,82			

./.

On constate que quelles que soient les courbes de fréquences obtenues un apport supplémentaire de 500 millions de mètres cubes permet de gagner une hauteur d'environ 45 cm à l'échelle de Koulikoro. Pour doubler ce gain il faut quadrupler les apports supplémentaires (2 milliards de mètres cubes), pour le tripler il faut multiplier les apports par huit (4 milliards de mètres cubes).

Les courbes donnant les apports nécessaires en fonction des hauteurs à maintenir à Koulikoro sont en effet fortement incurvées. Ceci correspond à la forme de la courbe hauteur débit à Koulikoro elle aussi fortement incurvée ou si l'on veut du fait que, pour les cotes élevées la plus grande partie des débits supplémentaires se perd sur une grande largeur de seuil sans profit pour la navigation.

En résumé il se trouve que, vers les faibles volumes d'apports supplémentaires (500 millions à 1 milliard de mètres cubes) les améliorations de tirant d'eau obtenues sont beaucoup plus importantes relativement que vers les volumes importants. C'est à dire que les courbes volume hauteur présentent une zone de meilleure rentabilité extrêmement nette pour les volumes faibles et les hauteurs faibles.

Par conséquent nous pouvons dire que, s'il est évidemment souhaitable de pouvoir construire un ouvrage de retenue important comme le Niandan, la construction d'un ouvrage plus modeste, donnant par exemple un volume utilisable de 1 milliard de mètres cubes, serait extrêmement utile.

-AMELIORATION DES CONDITIONS DE NAVIGATION - SOLUTIONS TELEGRAPHIQUES
 (DRAGAGES OU PANNEAUX MOBILES)

Quelle que soit la solution adoptée ,il est très intéressant tout d'abord d'évaluer les volumes de matériaux à éliminer pour obtenir un chenal navigable sur les seuils.

D'une façon plus précise nous devons établir la courbe indiquant le volume de dragages nécessaires entre Koulikoro et Ségou pour permettre le passage d'un convoi déterminé pour les différentes cotes de l'échelle de Koulikoro.

Cette courbe est donnée en annexe. Elle a été établie d'après le lever hydrographique exécuté par la M.E.A.N. et correspond au cas de la navigation légère (chenal de 0,80 X 30 m). On peut dresser à partir de cette courbe le tableau ci-dessous:

hauteur à l'échelle en mètres	dragages en milliers de M ³	gain de tirant d'eau obtenu
I,40	0,2	0
I,30	1,7	0,10
I,20	4	0,20
I,10	7	0,30
I	13	0,40
0,90	22	0,50
0,80	35	0,60
0,70	60	0,70
0,60	97	0,80
0,50	157	0,90
0,40	241	1,00
0,30	350	1,10
0,20	483	1,20
0,10	640	1,30
0,00	816	1,40

./.

On fait ici une constatation essentielle. La courbe obtenue présente une zone de très forte rentabilité vers les fortes hauteurs. Cela correspond au fait que les différents seuils apparaissent les uns après les autres et d'abord sur une faible longueur. On peut donc obtenir une amélioration très importante de tirants d'eau en écrétant quelques seuils. Par contre pour les faibles hauteurs de l'échelle de Koulikoro, le volume à draguer devient rapidement prohibitif, les dragages s'étendant alors sur de grandes longueurs et avec une profondeur notable.

Il est indispensable de faire ici un certain nombre de réserves. Ces évaluations ont été faites en utilisant le lever hydrographique au 1/10.000 fait par la Mission d'Etudes et d'Aménagement du Niger entre Koulikoro et Ségou. Cette méthode introduit inévitablement un certain nombre de causes d'erreur que nous indiquons ci-dessous.

I°)- L'étiage conventionnel des cartes a été déterminé en tenant compte des cotes des échelles de Koulikoro et Tamani à l'époque des leviers. La méthode adoptée suppose que les lignes d'eau sont sensiblement parallèles pour les différents débits.

Le fait que les courbes hauteur-débit des échelles de Koulikoro et Tamani soient sensiblement les mêmes confirme déjà la valabilité de cette hypothèse. Des mesures de ligne d'eau faites au dernier étiage en une vingtaine de points ont donné une ligne d'eau très sensiblement parallèle à la ligne des zéros conventionnels des cartes.

Il ne semble donc pas qu'il y ait d'erreur importante introduite par la méthode de détermination des zéros.

.//.

2°)- Les mêmes mesures de ligne d'eau effectuées en période d'étiage nous ont montré que l'on trouve, à l'échelon local, un défaut de parallélisme des lignes d'eau, les eaux baissant plus vite dans les mouilles que sur les seuils à la décrue. On obtient ainsi une ligne d'eau qui, pour les faibles débits, présente une structure en marches d'escalier. Les pentes sont alors très faibles dans les mouilles et très accentuées sur les seuils.

Ce facteur, qui n'est probablement pas négligeable, ne peut qu'être favorable puisqu'il correspond à une augmentation du tirant d'eau disponible au droit des seuils.

3°)- L'importance des seuils en basses eaux dépend de l'importance de la crue précédente. En forte crue les transports de sable sont plus importants et il est par conséquent probable que les seuils se retrouvent plus importants à la décrue.

Ce facteur serait donc également favorable puisque le lever hydrographique qui sert de base à l'étude a été exécuté pendant les années 1954-1955 et 1956 c'est à dire après des crues nettement au dessus de la moyenne.

4°)- Au cours d'une même crue les seuils peuvent se modifier de façon importante. A partir d'un certain moment de la décrue les transports de sable généralisés cessent et les seuils sont soumis à une érosion qui les abaisse notablement. Par conséquent les seuils seront plus ou moins importants sur les cartes suivant que le lever a été exécuté tôt ou tard dans la saison.

.//.

. / .

Ce facteur interviendrait plutôt de façon défavorable puisque le lever hydrographique a été exécuté pendant les périodes de basses eaux.

Dans l'ensemble les causes d'erreurs ci-dessus seraient plutôt de nature à diminuer le volume des dragages nécessaires. Des études précises sont évidemment nécessaires pour préciser cette question mais on peut d'ores et déjà affirmer que les rectifications qui interviendront ne modifieront pas l'allure de la courbe donnant les volumes à draguer.

Ceci est extrêmement important. Il est à peu près certain que l'on peut, en draguant un volume de matériaux de l'ordre de 100.000 M³ sur l'ensemble du tronçon Koulikoro-Ségou, abaisser la limite de la navigation légère de 1,40 m aux environs de 0,60 m c'est à dire de façon importante.

On peut donc penser dès maintenant que la solution dragages permettrait des améliorations très importantes des conditions de navigation à relativement peu de frais. Il importe simplement de se maintenir dans la zone de meilleure rentabilité de la courbe qui correspond à peu près à la cote 0,50 m à l'échelle de Koulikoro.

Notons toutefois que des dragages ne pourraient s'effectuer que pendant une partie assez courte de la décrue, de l'ordre de 2 à 3 mois probablement. Ceci est évidemment un facteur défavorable au point de vue prix de revient.

A noter également que les dragages seraient à effectuer par couches minces (20 à 40 cm en général) ce qui représente une difficulté d'exécution supplémentaire.

-AMELIORATION DES CONDITIONS DE NAVIGATION-

ETUDE D'UNE SOLUTION MIXTE

Nous avons examiné jusqu'ici séparément deux solutions au problème de la navigation : solution définitive (barrage de retenue amont) et solution provisoire (dragage local).

Aucune de ces solutions ne paraît pleinement satisfaisante isolément. Il faut en effet pour maintenir en permanence la navigation légère consentir des dépenses très importantes dans les deux cas: solution définitive construction d'un ouvrage de retenue de 4 milliards de mètres cubes; solution provisoire: dragages annuels pouvant aller jusqu'à 800.000 mètres cubes de matériaux. Des dépenses moins importantes, par exemple le dragage de 100.000 mètres cubes de matériaux chaque année où la construction d'un barrage de retenue de 1 milliard de mètres cubes ne pourraient donner que des prolongations des périodes de navigation faibles comme on peut le voir en examinant les courbes des débits d'étiage.

Par contre il serait intéressant de combiner les deux méthodes. Nous avons vu en effet que l'une et l'autre de ces méthodes présentaient une zone de très bonne rentabilité. On peut, par exemple, en draguant 100.000 mètres cubes de matériaux abaisser les limites de navigation de 80 cm (de 1,40 m à 0,60 m pour la navigation légère et de la même différence pour les autres types de navigation). Nous avons vu également que l'on pouvait par la construction des retenues de 500.000.000 ou 1.000.000.000. de mètres cubes augmenter la cote minimum de l'échelle de Koulikoro d'environ 45 ou 65 cm respectivement. 100.000 mètres cubes de dragages permettant d'abaisser la limite de navigation légère à la cote

./.

0,60 de l'échelle de Koulikoro, combinés avec la construction d'un ouvrage de retenue peu important relativement permettent donc de régler la question.

Le maintien en permanence de la navigation légère est donc possible moyennant la construction d'un ouvrage de retenue de 500 millions de mètres cubes seulement et quelques travaux de dragages annuels. En fait il y aurait intérêt à pouvoir disposer d'un volume un peu plus important soit 1 milliard de mètres cubes par exemple. Nous examinerons ci-dessous ce qui se passe dans ces deux cas.

L'ouvrage de retenue construit, on a intérêt à l'utiliser chaque année au maximum. Si l'on se fixe comme objectif le maintien de la navigation légère (tirant d'eau disponible de 0,80 cm) les quantités à draguer varieront donc chaque année suivant les étiages. Si l'on désigne par H la cote du palier maintenu à Koulikoro pour l'effet de la retenue et par V le volume des dragages nécessaires on trouve le tableau suivant:

Volume de la retenue en milliards de m^3	0,5		1	
	H	V	H	V
- 10%	0,58	100.000	0,80	36.000
- 25%	0,65	75.000	0,88	24.000
50%	0,85	30.000	1,03	12.000
+ 25%	0,95	17.000	1,13	6.000
+ 10%	1,08	9.000	1,26	2.000

./.

./.

On voit que les volumes à draguer sont très faibles en général. On peut estimer le prix du mètre cube dragué à environ 100 francs c'est à dire que la dépense annuelle maximum à consentir serait de 10 millions de francs seulement. Le dragage annuel maximum à prévoir soit 100.000 M³ peut être exécuté par une drague de capacité moyenne du genre de celle que possède déjà l'Office du Niger. A noter que de telles dragues sont facilement démontables et peuvent être amenées à pied d'œuvre sans difficulté par voie ferrée.

En fait le maintien de la navigation légère n'étant qu'un objectif minimum, il y a intérêt à draguer chaque année de façon à obtenir le tirant d'eau le plus élevé possible. Prenons le cas par exemple d'une retenue de 1 milliard de mètres cubes (et supposons que l'on drague chaque année un volume de 100.000 M³ de matériaux. Le dragage abaisse les limites de navigation légère semi-lourde et lourde (tirants d'eau de 0,80m, 1,20 m , et 1,65 m) à 0,60m , 1,00m , et 1,45m à l'échelle de Koulikoro. Les tirants d'eau minimum disponibles suivant les différents types de crues sont indiqués ci-dessous

Probabilité de crues -10% -25% 50% +25% +10%

Tirant d'eau disponible

en mètres: 1,00 1,08 1,22 1,35 1,46

On trouvera en annexe les courbes indiquant pour les différents types de crues ,dans le cas envisagé d'apports supplémentaires de 1 milliard de mètres cubes et de 100.000 M³ de dragages annuels, les dates limites des différents types de navigation (lourde, semi-lourde et légère) ainsi que les cotes minimum maintenues à Koulikoro.

./.

./.

On constate que ,quelle que soit la crue la navigation
légère est maintenue en permanence.

-CONSIDERATIONS GENERALES-ETUDES DEJA EFFECTUEES-

Nous avons examiné ci-dessus les possibilités de rendre la navigation permanente sur un tronçon déterminé du fleuve (Koulikoro-Ségou) et nous avons ainsi dégagé deux méthodes applicables. Il est possible d'une part d'améliorer les débits d'étiage à l'aide d'un barrage réservoir et d'autre part de creuser un chenal à la traversée des seuils sableux.

Aucune de ces deux méthodes ne présente de difficultés techniques particulières. Le choix de la solution à appliquer est donc à faire principalement d'après des considérations d'ordre économique.

Compte tenu de ce point de vue nous pensons que la meilleure solution consisterait à utiliser à la fois les deux méthodes de façon à profiter de la zone d'efficacité maximum de chacune d'elles. On pourrait ainsi, après construction d'un barrage de retenue de 1 milliard de mètres cubes par exemple permettre une navigation permanente sur le tronçon Koulikoro-Ségou moyennant des dépenses annuelles de travaux locaux relativement modiques.

Pour permettre d'apprécier l'intérêt d'une telle solution rappelons que le barrage du Nianian pour 5 milliards de mètres cubes est évalué à 8 milliards de francs C.F.A. alors qu'un barrage de 1 milliard de mètres cubes au même emplacement ne coûterait que 3 milliards de francs.

La Mission d'Etudes et d'Aménagement du Niger devra par conséquent étudier en détail ces deux méthodes. Avant de donner le programme d'études envisagé nous rappellerons ci-dessous quelles sont les études déjà effectuées concernant les problèmes

./. .

de la navigation. Il n'est évidemment possible de citer que les principales:

-Projet de barrage du Niandan:

Un projet complet de cet ouvrage a été établi par l'Electricité de France et le bureau d'Etudes André Coyne. La retenue utilisable serait de 5 milliards de mètres cubes soit 1/10 du volume de la crue à Koulikoro en année moyenne. L'ouvrage est estimé actuellement à près de 8 milliards de francs.

-Etude d'un petit Niandan: (retenue 1 Milliard de mètres cubes).

Une étude sommaire a été effectuée par la S.O.G.E.T.I.M. au même emplacement pour une retenue de 1 Milliard de mètres cubes utilisables. L'estimation se monte à environ 3 Milliards de francs.

-Rapport de M. l'Inspecteur Général AUBERT concernant les possibilités d'amélioration de la navigation (1951).

-Etudes des conditions de navigation faite par M. Auvray (détermination des débits limites à Koulikoro pour les différents types de navigation).

-Etude de la navigation sur le Niger effectuée par le Laboratoire de l'Institut de Géographie de Strasbourg

-Etablissement du photoplan au 1/10.000 du fleuve et de ses berges entre Toukoro et Ké-Macina.

-Lever hydrographique au 1/10.000 du fleuve entre Koulikoro et Ségou (remous de barrage de Markala).

-Hydrologie:

Pose et nivellation des échelles de crue. Lectures d'échelles et mesures de débits.

./. .

./. .

Monographie hydrologique du cours supérieur du Niger (E.D.F. 1949). Une monographie hydrologique de l'ensemble du bassin du Niger vient d'être confiée à l'ORSTOM.

Ajoutons que nous avons procédé en Février et Mars 1957 à une large consultation de spécialistes. Les sociétés suivantes ont été consultées: Netherland Consultants Company (NEDECO)-Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques (SOGREAH) et Laboratoire National d'Hydraulique du Chatou. Ces sociétés ont envoyé à Bamako des représentants qui ont pu consulter toute notre documentation et effectuer un survol avion de la section Bamako-Koulikoro-Ségou, ainsi qu'une tournée de reconnaissance des seuils en étiage. Chacune des sociétés consultées a rédigé ensuite un rapport ainsi que des propositions techniques et financières.

L'offre retenue a été celle du Laboratoire du Chatou. Cette offre comprend d'une part, une étude sur modèle réduit et d'autre part le détachement d'un Ingénieur spécialisé pour participer à la campagne de mesures et d'essais à effectuer par la M.E.A.N.

- TROISIEME PARTIE -

PROGRAMME DES ETUDES NECESSAIRES

- PROGRAMME D'ETUDES ENVISAGE -

=====

Notre programme d'études présente deux aspects: recherche du meilleur site de barrage réservoir d'une part, étude des possibilités d'amélioration locales d'autre part.

- ETUDE D'UN BARRAGE RESERVOIR

On peut considérer que cette étude est déjà très avancée puis qu'un projet complet a déjà été étudié (Niandan). En fait, il est intéressant maintenant de reprendre cette étude dans la perspective d'une retenue utilisable de l'ordre de 1 Milliard de mètres cubes.

L'étude faite par la S.O.G.E.T.I.M. en reprenant le site du Niandan nous permet de chiffrer pour le moment à 3 milliards de francs un barrage de 1 milliard de mètres cubes utilisables.

Mais il n'est pas prouvé que le site du Niandan soit le meilleur pour une retenue de 1 Milliard de mètres cubes. L'évaluation ci-dessus peut donc être considérée comme un maximum et il y a certainement intérêt à rechercher d'autres possibilités.

Le Service de l'Hydraulique à Dakar a l'intention de confier à l'Electricité de France la prospection systématique des sites de barrage sur cartes et sur photos aériennes. Les sites qui paraîtront intéressants seront ensuite reconnus sur place.

D'ores et déjà la N.E.A.N. effectue une première reconnaissance sur le Tinkisso, où il existe un emplacement intéressant (pente locale de 4 cm par kilomètre seulement).

- ETUDE DES POSSIBILITE D'AMELIORATION LOCALES

Il s'agit d'étudier les possibilités de constituer un chenal sur les seuils par des dragages ou l'action de panneaux mobiles. Nous prévoyons une étude sur modèle réduit en laboratoire ainsi qu'une campagne de mesures et d'essais en vraie grandeur sur place.

- Etude sur modèle réduit

Une étude sur modèle réduit a été commandée au Laboratoire du Chatou par le Chef du Territoire du Soudan.

Le modèle représentera un tronçon caractéristique de 6Km du Niger, depuis la mouille rive gauche en amont de Sassiila jusqu'à la mouille rive droite en aval de Kamani (tronçon Koulikoro-Ségou).

Le modèle réduit sera à fonds mobile avec distorsion. Le matériau du fonds sera constitué par du plexiglas de densité I, I8

La superficie totale du modèle sera de 500 M2.

Les échelles adoptées sont les suivantes:

- Longueur en plan.....I/150
- Hauteurs.....I/50
- Temps de charriage.....I/I00
- Vitesses.....I/7
- Débits.....I/53.00
- Dimension des grains du matériau du fonds.....I/2
- Densité du matériau du fonds pesé : sous l'eauI/I0

./.

./.

Avant d'aller plus loin, nous rappellerons brièvement le principe des études sur modèle réduit. Il s'agit de reproduire à une échelle réduite et aussi fidèlement que possible les phénomènes observés dans la nature. On peut choisir les échelles des longueurs et des hauteurs et de la densité des matériaux. A ce moment là les autres échelles sont déterminées. Dans le cas qui nous occupe par exemple, l'échelle des temps de chargement est de 1/100, c'est à dire que l'on pourrait en 6 mois d'essais représenter cinquante crues annuelles.

Le fonctionnement du modèle après étalonnage permet donc d'étudier rapidement des phénomènes assez lents dans la nature. Les questions suivantes seront notamment étudiées:

- Evolution naturelle des seuils au cours des cycles de crues annuels.
- Etude du dragage. Epoque favorable à l'exécution des travaux. Meilleure orientation et conditions de maintien du chenal.
- Etude de la correction par panneaux mobiles.
- Influence d'une régularisation des débits sur le maintien du chenal.

MESURES SUR PLACE-

La Mission d'Aménagement du Niger exécutera avec la participation du Laboratoire du Chatou toute une série de mesures sur place. Certaines de ces mesures sont déjà commencées.

a) -Sondages

Des sondages périodiques seront exécutés au sondeur ultrasons sur un certain nombre de seuils et en particulier dans la zone reproduite sur modèle réduit. Cette opération est déjà commen-

./.

./.

cée et doit-être poursuivie jusqu'au prochain étiage. Les leviers sont exécutés en principe tous les mois au même endroit et permettront ainsi d'observer l'évolution des seuils sableux au cours de la crue. Simultanément ils permettront d'étalonner le modèle réduit.

A la décrue, une série de sondages dans l'axe du chenal pour l'ensemble du tronçon Koulikoro-Ségou seront exécutés périodiquement. Ceci permettra de trouver exactement la courbe des dragages nécessaires en fonction des tirants d'eau désirés et d'étudier les variations de cette courbe au cours de la décrue et de l'étiage.

b)- Mesures de ligne d'eau

Des mesures de pentes locales et de vitesses de courant seront exécutées sur un certain nombre de seuils.

c)- Débit solide

Il n'est pas prévu de mesures directes de débit solide; par contre il serait très utile de déterminer les zones de chargement en fonction des débits (eaux moyennes et basses eaux) en liaison avec des mesures de vitesses de fonds et de pentes locales.

Enfin la mesure du déplacement des bancs pourra être faite indirectement par traceurs radioactifs. (observation de matériaux "marqués" par un isotope radioactif).

ESSAIS EN VRAIE GRANDEUR -

Nous prévoyons des essais de dragage et de mise en place d'écrans mobiles sur les seuils.

./.

o/.

a)- Dragages

Des dragages pourront être exécutés sur un certain nombre de seuils si l'Office du Niger peut fournir sa drague à l'époque favorable.

Il ne s'agit bien entendu que d'essais mais nous pourrons en tirer de précieux renseignements sur le mode d'exécution des travaux ,les rendements et prix de revient ,les conditions de maintien du chenal.

Une adaptation des techniques habituelles s'impose puisque les dragages seront à exécuter par couches très minces (20 à 40 cm en général).

b)- Ecrans mobiles

Il serait très intéressant de procéder à un essai de la technique des écrans mobiles qui est peu connue en France.Un seuil pourrait être aménagé de cette façon à titre d'essai.

Nous pourrions tirer de cette expérience de nombreux renseignements quant aux conditions d'exécution ,au prix de revient et à l'efficacité de cette méthode.

- CONCLUSION -

=====

L'objet de la présente étude était de montrer qu'il est possible d'aménager la voie fluviale moyennant des frais d'investissement et d'entretien en rapport avec son importance économique.

Un tel aménagement est parfaitement réalisable du point de vue technique. Il est possible en effet de remplacer la solution retenue initialement (barrage du Niandan évalué à 8 milliards de francs) par une solution mixte qui combinerait l'effet d'un barrage de moyenne importance (1 Milliard de mètres cubes) avec des travaux locaux d'entretien.

Le coût d'un ouvrage de 1 Milliard de mètres cubes est estimé à 3 Milliards de francs. Ce chiffre constitue très probablement une limite supérieure, des emplacements plus favorables que le site du Niandan étant à rechercher. Les dépenses d'entretien à consentir annuellement seraient faibles (environ 10 Millions pour le tronçon le plus fréquenté de Koulikoro-Ségou).

Il serait parfaitement normal de consentir des dépenses d'investissement et d'entretien de cet ordre pour la voie fluviale qui n'a fait jusqu'ici l'objet d'aucun aménagement important.

A titre de comparaison, nous donnons ci-dessous quelques chiffres extraits du Plan de Transport du Soudan (1956) et concernant le tonnage kilométrique annuel correspondant aux différents moyens de transports:

./.

./.

- Voies ferrées	96 Millions de T.K.
- Routes du Soudan	50 "
- Voie fluviale	35 "
- aéronautique	4,8 "

On constate que le volume des transports sur le fleuve, compte non tenu du transport par pirogues, n'est pas loin d'atteindre le volume des transports routiers et ceci malgré les mauvaises conditions d'exploitation actuelles (navigation saisonnière).

Le même Plan de Transport évalue à 3.150 Millions de francs le volume des investissements routiers effectués sur le 2^e Plan quadriennal FIDES et le programme Fonds Routier à la date de fin 1958. Il prévoit d'autre part pour la période de 1958-1962 les investissements routiers suivants:

- Axes routiers	1.450 Millions
- Bretelles routières	1.410 "

Il faut ajouter à ces investissements (environ 6 Milliard au total) les dépenses annuelles d'entretien du réseau routier, qui sont de 180 Millions de francs pour les routes fédérales et de 60 Millions de francs pour les routes d'intérêt général (Budget Local).

Le programme d'aménagement que nous proposons pour la voie fluviale représente des investissements et surtout des crédits d'entretien beaucoup moins importants.

De telles dépenses paraissent très justifiées même si l'on ne considère que l'importance actuelle du trafic fluvial.

./.

./.

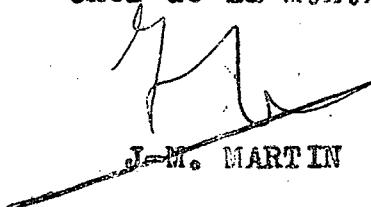
En fait ce trafic ne manquerait pas de se développer considérablement au cas où la navigation sur le fleuve deviendrait permanente.

Rappelons que le très faible prix de revient des transports par la voie fluviale fait de celle-ci un mode de communication bien préférable à la voie ferrée et surtout à la route chaque fois que cela est possible.

L'aménagement de la voie fluviale s'intégrerait d'autre part très harmonieusement dans le Plan de Transport du Soudan où elle viendrait en complément des grands axes de communication Koulikoro-Bamako-Sénégal, Bamako-Côte d'Ivoire et Mopti -San-Haute Volta.

Bamako, le 1er Octobre 1957

L'Ingénieur Principal des T.P.-F.O.M.
Chef de la M.E.A.N.



J.-M. MARTIN