

08650

ANNEXE N°1

POSSIBILITES D'AMENAGEMENT DES SEUILS
DU FLEUVE SENEgal

=====

La présence de nombreux seuils entre PODOR et KAYES, gêne considérablement la navigation de moyennes et basses eaux du fleuve Sénegal, obligeant à interrompre le trafic pour des tirants d'eau supérieurs au mètre, pendant près de huit mois de l'année.

Cette question préoccupera la M.A.S. dès sa constitution en 1936, mais ce n'est qu'en 1950 que l'Union Hydroélectrique Africaine (U.H.E.A.), chargée par la M.A.S. des études du fleuve, de 1949 à 1952, qu'un travail sérieux a pu être accompli, dont nous allons donner ci-après un aperçu et essayer d'en dégager, sur le plan pratique, quelques renseignements utiles.

L'U.H.E.A. effectua du 20 novembre au 14 décembre 1950, période pendant laquelle le débit du fleuve oscille autour de 500 m³/sec, une reconnaissance des seuils susceptibles de gêner la navigation en basses eaux, sur une longueur de 694 Km, allant de KAYES au seuil de MAFOU, à 64 Km en amont de PODOR.

Ce travail consista en la détermination de la hauteur d'eau au-dessus des seuils, pour un débit de 500 m³/ seconde.

Six jaugeages de contrôle exécutés pendant cette période, à des emplacements différents, ont permis de connaître le débit passant sur chaque seuil au moment du jaugeage.

Ces mesures de débit ont été effectuées aux emplacements ci-après :

- BOUGOUROU	P.K. 915,400	Débit 452 m ³ /sec
- BAKEL	" 798,800	" 480 "
- OUAOUNDE	" 715,800	" 458 "
- N'GUIGUILONE	" 575,800	" 458 "
- DIOULDE-DIABE	" 435,500	" 248 "
- MAFOU	" 331,350	" 246 "

.../

et ont permis de déterminer pour un débit de 500 m³/sec, les hauteurs d'eau au-dessus des seuils.

On peut remarquer toutefois que l'extrapolation de la ligne d'eau, pour le débit de 500 m³/s, enaval du Seuil de N'Guiguihone, jusqu'à Mafou, appelle quelques réserves, et nous ignorons si et dans quelle mesure U.H.E.A. a tenu compte des courbes de tarage depuis PODOR, pour la détermination de cette ligne d'eau...

Pour la mesure des profondeurs on s'est servi d'une perche graduée, dont les résultats, compte tenu des incidences inhérentes à ce genre de travail: clapotis, vents, peuvent être considérés comme exacts à ± 5 cm.

Les profils en long des seuils ont été faits suivant le chenal navigable, délimité par les signaux placés sur les rives. Le chenal a été contrôlé par place et quelques profils en travers ont été également relevés.

C'est ainsi que les 48 seuils qui présentent réellement une gêne pour la navigation ont été relevés et ont fait l'objet d'une description précise accompagnée de planches et d'un profil en long, réunissant ainsi tous les renseignements désirables.

Nous donnons ci-après le commentaire des renseignements sur chacun de ces seuils, d'après U.H.E.A., ainsi qu'un tableau résumant leurs diverses caractéristiques.

I - DESCRIPTION DES SEUILS (d'après le Compte-Rendu de U.H.E.A.)

- Seuil n°1 - Seuil de MAFOU - Ce seuil est sableux et a environ 150m de long, la hauteur minimum enregistrée est de 4,10m pour 500 m³/sec.
- Jaugeage de Mafou: Le 12/12/50, le débit sur le seuil de Mafou était de 246 m³/sec. La vitesse moyenne du courant 0,442 m/sec. Le niveau de l'eau était à 5,95 m en dessous du repère Rive gauche (arbre marqué d'une croix blanche).
- Echelle de Podor - Le 13/12/50 la hauteur d'eau à l'échelle de Podor était de 1,38 m.
- Seuil n°2 - Seuil de M'BAROBE - Il a 1Km300 de longueur, le fond est sableux avec quelques cailloux en aval du seuil. Sa hauteur d'eau minimum enregistrée est de 3m70 pour 500 m³/sec. Le chenal est assez étroit.

.../

- Seuil n°3 - Seuil de Demette - Ce seuil a 1 Km.500 de longueur à partir du village de Demette. Le chenal est sableux et la hauteur d'eau minimum enregistrée est de 2m15 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°4 - Seuil de Boki - Ce coude est particulier, un banc sableux borde les deux rives, le chenal est profond sauf en deux endroits sur 10 m. en amont et en aval de la boucle. En amont on a une hauteur d'eau de 4m60 et en aval de 4m20 pour 500 m³/sec. Le chenal est assez étroit, il faut bien suivre le milieu du fleuve.
- Seuil n°5 - Seuil de Cascas - Ce seuil a 1 Km.500, il est sableux et s'étend tout le long du village. Sa profondeur minimum enregistrée est de 3m.55 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°6 - Seuil de Dounguel - C'est un seuil sableux de 300 m. de long avec une hauteur d'eau minimum de 3m.90 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°7 - Seuil de Diouldé-Diabé - Il y a un petit seuil à fond sableux de 300m. de long en face de Toudi Elima à l'amont du seuil de Diouldé-Diabé, la hauteur minimum de l'eau est de 3m.90 pour 500 m³/sec. Le seuil de Diouldé Diabé a 4 Km. de long avec en amont une partie à fond sableux. Sa hauteur d'eau minimum enregistrée est de 2m10 pour 500 m³/sec.
 - Jaugeage de Diouldé-Diabé - Le jaugeage a été fait en face d'une borne repère à 10m. à l'aval du changement de rive droite, en amont de la tour aval du seuil. Le débit était le 10/12/50 de 248 m³/sec. Le niveau de l'eau a 5m.95 en dessous de la borne repère. L'échelle amont de Diouldé-Diabé indiquait une hauteur d'eau de 2m.65 et celle aval de 3m56 le même jour.
- Seuil n°8 - Seuil d'Abdallah Mectar - C'est un seuil de 1 Km.. à l'aval du village d'Abdallah Mectar, la hauteur d'eau minimum enregistrée est de 3m,30 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°9 - Seuil de Oualla - C'est un seuil sableux de 800 m. de long en amont du village de Oualla, la hauteur d'eau minimum enregistrée est de 3m,60 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°10 - Seuil Diaranguel - Il a 2 Km de long. Il s'étend de l'amont du village à l'aval du marigot de Guiroghi. Il est sableux et a une hauteur d'eau minimum de 3m,10 pour 500 m³/sec.

- Seuil n°11 - Seuil de Saldé Tébékout - Il y a à Saldé Tébékout 2 petits seuils de 200 m. de long environ. L'un en face de Saldé Tébékout avec un minimum d'eau de 3m,85, l'autre au changement de la rive à l'aval du village avec 3m,90 minimum de hauteur d'eau. Ces seuils sont sableux. L'échelle de Saldé Tébékout mesurait 3m,10 le 9 Décembre 1950.
- Seuil n°12 - Seuil de Vendigne - C'est un seuil de 150m sableux, la profondeur minimum enregistrée est de 3m,40 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°13 - Seuil de Daoualel - Seuil de 3 Km.500 sableux sur toute sa longueur sauf en face des rochers de Daoualel où il y a quelques fonds rocheux, sa hauteur d'eau minimum est de 2m,90 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°14 - Seuil de N'Diafancl - C'est un seuil sableux d'un kilomètre de longueur avec une hauteur d'eau minimum de 3m,60 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°15 - Seuil de Kerr - Ce seuil a 1 km de longueur. Il se divise en 3 parties: la première à l'amont des rochers de Kerr est sableuse; la seconde en face des rochers de Kerr mi-sableuse, mi-rocheuse; la troisième à l'aval des rochers se compose de sable et de gravier. Sa hauteur d'eau minimum enregistrée est de 2m,90 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°16 - Seuil d'Orenata - Il fait 400 m. de long entre deux changements de rive. Il est sableux avec une hauteur d'eau minimum de 3m,80. Après ce seuil on trouve l'embouchure du Gorgol, l'échelle du marigot indiquait le 8/12/50 : 2m,95. Celle de Kaédi à 2 Km. en aval: 2m80.
- Seuil n°17 - Seuils entre Guiray et Dial - Sur 12 Km, il y a 4 seuils se succédant, ils sont sableux.
 - 1°- en aval de Guiray, le minimum de profondeur est 2m,60.
 - 2°- en amont du marigot, la profondeur minimum est 3m,70.
 - 3°- entre le marigot de Ouhoum et le marigot d'Oreno-la, la profondeur minimum enregistrée est de 3m10 et se trouve en face du village de Gaoul.
 - 4°- en aval du village de Djonto, la profondeur est de 3,10 pour 500 m³/sec.

- Seuil n°18 - Seuil de Djéoul - Long de 3 Km. il s'étend tout le long d'une boucle du Sénégal. Il est sableux sur 1 Km en amont de la 1ère balise, puis rocheux. Sa profondeur minimum dans le chenal est de 2m,90 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°19 - Seuil de N'Guiguilone - Il s'étend sur 4 kilomètres de long, les profondeurs sont très variables, le chenal est sableux, la profondeur minimum observée est de 2m,50 pour 500 m³/sec.
 - Jaugeage de N'Guiguilone - Débit 460 m³/sec. vitesse moyenne du courant 0,400 m/s, le profil de jaugeage est à 200m, en aval du repère astronomique situé à la fin du village de N'Guiguilone, sa cote de l'eau le jour du jaugeage est à 6m,03 en dessous de la partie supérieure de la plaque scellée dans la borne astronomique.
- Seuil n°20 - Rochers de N'Guiguilone - Entre les 2 tours balise on a des fonds rocheux de plus de 4m50 avec des pointes de roches à 2m,60 et 3m,10, la hauteur minimum pour 500 m³/sec est de 2m,60.
- Seuil n°21 - Seuil d'Oddourou - C'est un seuil sableux de 2 Km de long en amont du village d'Oddourou, le minimum observé est de 3m,80 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°22 - Seuil de Koundélé - Il va du gué de Benké Km.606 aux îles de Koundélé rive gauche. Il a environ 3 Km de seuil sableux dont le minimum observé est de 2m,90 pour 500 m³/sec. A la balise de Koundélé sur 50m. dans le chenal, on a des fonds sur rochers à 4m. où 4m,50, le chenal est assez étroit, de la balise à la rive droite les fonds de rochers sont de 2 à 3 m.
- Seuil n°23 - Seuil de Matam - L'échelle de Matam était à 3m,24 le 6/12/50. De la sortie de Matam jusqu'au tournant aval, nous avons sur 300m. environ, un chenal sableux et peu profond, 3m,10 minimum pour 500 m³/sec.
- Seuil n°24 - Seuil de Djandjouli - C'est un petit seuil de 300 m. entre 2 changements de rive, le fond est sableux, le minimum enregistré est de 3m,20 pour 500m³/sec.
- Seuil n°25 - Seuils de Tchampen et d'Eladj-Omar - Il a une longueur de plus de 5 Km depuis l'amont du village de Tchampen jusqu'à l'aval des changements de rive du bâfrage d'Eladj-Omar. Il est sableux sur toute la longueur, les hauteurs d'eau les plus réduites sont à l'amont 2m,65 minimum pour 500 m³/sec.

- Seuil n°26 - Seuil d'Odobéré - C'est un seuil sableux de 1 Km de long, le minimum observé est de 3m,10 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°27 - Seuil de Gannon - Il a 1 km,500 de long environ, c'est un seuil sableux avec un minimum de profondeur de 2m,60 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°28 - Seuil de Barnatia - Il y a 2 seuils de 600 m. espacés de 2 km. où le fond est à plus de 4m,50. Le seuil est à 3,90 minimum pour 500 m³/sec. Le seuil aval 2m,60. Le fond du chenal est sableux.
- Seuil n°29 - Seuil de Gouriki N'Dioum - Il a 3 km de long, le chenal est sableux. Le marigot contournant l'île de Gouriki sur la rive droite est à sec pour le débit de 500 m³/sec. le banc de sable venant de la rive gauche jusqu'à l'île, émerge en partie sur une bande de 200 m. le long de la rive gauche. Pour le débit de 500 m³/sec. la profondeur minimum est de 2m,50 dans la partie amont du seuil.
- Seuil n°30 - Seuils de Goumal Badnky Barkedji - Ces trois seuils se succèdent sur 4 km environ de longueur. Les profondeurs minima pour le débit de 500 m³/sec: sont de 2m,10 pour Goumal. 3m,10 pour Barkedji et 3m,70 pour Badnky. Le chenal est sableux sur toute la longueur.
- Seuil n°31 - Seuil de Ouaoundé - Il a 1 km,500 de long environ. Il est bordé en amont sur la rive droite par un banc de sable, en partie immergé pour un débit de 500 m³/sec. En aval, le banc de sable est plus important et déplace le chenal vers la rive droite. Il a 300 m de large. Sa profondeur dans le chenal, entre les deux changements de rives est de 2m,30 minimum pour 500 m³/sec. les fonds sont sableux.
- Seuil n°32 - Seuil de Guellé - Le seuil est sableux avec par place, la présence de banco dur sur 1 km,200 environ. Près des rochers de Guellé le chenal est étroit, les profondeurs sont supérieures à 4m,60. Le minimum enregistré sur le seuil est de 3m,70 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°33 - Seuil de Gourel dara - C'est un seuil sableux de 1 km de long. Il est dirigé obliquement entre les rives. Sa profondeur enregistrée pour 500 m³/sec est de 3 m.

- Seuil n°34 - Seuil de Verma - De Verma à Adoubéré sur 5 km, 500 environ, nous avons relevé un chenal sableux. Les fonds sont assez irréguliers, le minimum enregistré est de 2m,40 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°35 - Seuil de Moudéri - Il a 4 km de long, le fond est sableux. Il est d'une profondeur assez régulière de 2m,10; le fleuve étant très large sur toute la longueur. Le minimum enregistré est 2m,10 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°36 - Seuil de Diavouara - Il s'étend sur 2 km à l'aval du village de Diavouara, le fond du chenal est sableux jusqu'au niveau de la tour balise, sur les rochers de Diavouara, où se trouve le seuil. Un fond de rocher a été relevé en face de la balise à 4 m. de profondeur, la profondeur minimum enregistrée est de 2m,10 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°37 - Seuil de Guildé - Il s'étend sur 2 km à l'aval du village de Tuabo à l'amont des rochers de Guildé où se trouve une tour balise. Sa profondeur minimum enregistrée est de 3m,10 pour 500 m³/sec. Le fond du chenal est sableux.
- Seuil n°38 - Seuil de Bakel - Situé à 1 km, 500 à l'aval de Bakel, sur une longueur de 3 km. Sa hauteur minimum enregistrée est de 2m,60 pour 500 m³/sec. Le fond du chenal est sableux sur toute la longueur.
- Seuil n°39 - Seuil de Sossi Makana - C'est un seuil de 3 km de long à fond sableux. Sa profondeur minimum pour 500 m³ est de 1m,90.
 - Station de jaugeage de Bakel - Le jaugeage effectué le 29 Novembre 1950 au km 798.700 environ a donné les résultats suivants: Débit 480 m³, vitesse moyenne du courant 0,515.
- Seuil n°40 - Seuil de Golni - Le seuil s'étend à 3 km en amont et en aval du village de Golni, il est sableux dans le chenal sur toute sa longueur (6 km) le minimum enregistré est de 2m,40 pour 500 m³/sec.
- Seuil n°41 - Seuil de Yaféra - Le seuil a 2 km de long. Le fond du chenal est sableux, la profondeur minimum enregistrée pour 500 m³/sec. est de 2m,30.

- Seuil n°42 - Seuil de Gontioubé - Le seuil est sableux, il a 2 km de longueur environ, la profondeur minimum enregistrée est 2m,10 pour 500 m³/sec. La tour balise est bâtie sur un rocher, mais nous n'avons pas rencontré de pointes rocheuses dans le chenal.
- Seuil n°43 - Seuil de Kabou - Le seuil de Kabou est sableux, le fond minimum enregistré est de 2m,10 pour 500 m³/sec. De Kabou à Ségala, le chenal est étroit et sinuux, il faut bien suivre le balisage sur 5 km environ. Un peu en amont de la tour balise de Ségala, il y a quelques pointes rocheuses à 3 m de profondeur.
- Seuil n°44 - Seuil d'Ambidédi - Le seuil d'Ambidédi est divisé en deux parties:
 - 1°- le seuil amont, long de 3 km est à fond rocheux avec une profondeur minimum de 2m,50. En aval un large banc de sable réserre le chenal qui est plus profond près de la rive gauche, les fonds sont rocheux.
 - 2°- le seuil aval séparé du premier sur une longueur de 1 km,5 est à fond sableux, les profondeurs sont supérieures à 4m50. Ce seuil a 1 km de long environ, le fond est rocheux, le minimum de profondeur est 2 m pour 500m³/sec, il se termine sur les 300 derniers mètres par des fonds sableux allant de 2m,80 à 4m,30 jusqu'en face la gare. L'échelle lue le 24 Novembre indiquait 0m,97.
- Seuil n°45 - Seuil de Tamboukané - Il a les mêmes caractéristiques que le seuil de Diakandapé, il a 2 km de long, mais le chenal est plus profond, 1m,60 pour 500m³/sec, l'échelle d'étiage à l'aval du seuil indique 1m,48 le 23/11/50.
- Seuil n°46 - Seuil de Dia Kandapé - Sa longueur est de 4 km. Le fond est rocheux, le minimum enregistré est 1 m. pour 500 m³/sec. c'est le seul point qui soit sableux sur toute la longueur du seuil. Des affleurements de roches calcaires sont visibles sur les berges. L'échelle d'étiage à l'amont du seuil indique 1m,37 le 23/11/50.
- Seuil n°47 - Seuil d'Ortogotel - Le seuil proprement dit est au km 912,300, il a 250m environ de longueur. Sa profondeur minimum est de 3m,30 pour 500 m³/sec. Le fond est rocheux. En amont sur 3 km,500, les fonds sont sableux et peu profonds 2m,50 en moyenne, avec un minimum à la tour balise de 2m,10.
- Station de jaugeage de Bougourou: Km 915,400, débit 452 m³/sec., vitesse moyenne du courant 0,437 m/sec.

- TABLEAU DES DIVERSES CARACTÉRISTIQUES DES SEUILS DU BIEF NAVIGABLE DU SÉNÉGAL.-

X
X

En dehors de cette étude de U.H.E.A., la M.A.S. a procédé aux études et travaux suivants:

- La remise à jour de l'ouvrage du Commandant G. PROMAGET: "Instructions nautiques du Fleuve Sénégal" - publié en 1908. Cette remise à jour fut patiemment et minutieusement exécutée par Mr BOUSSINOT, chef de la Brigade de Balisage de la Subdivision du Fleuve de la M.A.S. Texte et planches sont prêts depuis 2-3 ans, mais faute de crédits l'impression n'a pas encore pu avoir lieu.
- Des profils morphologiques ont été établis par Mr P. MICHEL, Géomorphologue de la M.A.S., actuellement au Service Géologique et de la Prospection Minière, avec le concours de la Section Topographique de la M.A.S.

Ces profils morphologiques intéressent trois zones critiques types du fleuve, du point de vue de déplacement de néandres et d'érosion de berges et ont été établies aux endroits suivants: à Lamenayo, en aval de PODOR, à Schiouré à l'amont de BOGHE et à Ouaoundé, à l'extrémité amont du Collengal de MATAM.

Là encore, faute de crédits, on n'a pas pu faire de relevés pendant cette dernière campagne de saison sèche, dont les résultats eurent été fort instructifs à la suite de la dernière grande crue de l'hivernage 1958...

- L'étude de la navigabilité de la FALEME a fait l'objet, d'abord en mars 1957 d'une étude basée sur de levés hydrographiques datant de 1932-35 effectués par une mission topographique de la M.E.F.S.

Cette étude a montré que l'aménagement de la FALEME en voie navigable n'est possible que sur son cours inférieur, c'est à dire jusqu'au P.K. 180,000 de la confluence avec le Sénégal, aux environs de la région de SAMBOUCIRY (aux abords de la cote 40,00 du lit de la rivière).

Le coût de cet aménagement serait de l'ordre de 4 milliards (prix du 1er trimestre 1957...) et nécessiterait l'établissement de trois barrages, munis d'écluses pour la navigation.

.../

Il importe de noter que cet aménagement nécessiterait en réalité l'établissement d'un barrage-réservoir (2-3 Milliards...), pour l'alimentation de la canalisation Falémé-Sénégal, dans le cas d'un trafic intense (minier par exemple) qui relierait le Haut Bassin de la Falémé à un port maritime à SAINT-LOUIS, ainsi que pour parer à l'insuffisance du débit d'étiage de la voie navigable, surtout en certaines années.

Plus récemment encore, la Subdivision du Fleuve en coopération avec la Section Topographique de la M.A.S. ont effectué le lever hydrographique de la Falémé par sondage Ultra-sons et préparation topographique terrestre et avec l'aide de la couverture aérienne du Service Géographique d'Afrique Occidentale. La restitution et l'interprétation de ce travail, qui comprend le bief de la Falémé compris entre son embouchure et la région de KEOUROU - P.K. 169,700 est en cours. Mais d'ores et déjà, il ne semble pas qu'il ait apporté d'éléments nouveaux susceptibles d'espérer un prolongement quelconque des possibilités de navigation telles qu'elles ont été dégagées lors de l'étude de 1957... Ce travail constituera néanmoins un document de base valable, pour un avant-projet éventuel.

RAPPEL DES PRINCIPES D'AMÉNAGEMENT D'UNE VOIE NAVIGABLE.-

L'étude complète et rationnelle d'une voie navigable est une question à la fois complexe et délicate à entreprendre... L'aménagement d'un chenal navigable, surtout pour un fleuve à fond mobile, comme c'est le cas du Sénégal, demande une étude préalable qui peut s'avérer assez longue et coûteuse.

L'aménagement peut se faire soit à courant libre, par des travaux appropriés sans modification du débit naturel par un réservoir régulateur en amont du bief navigable, soit par augmentation du débit d'étiage, qui, en donnant de tirants d'eau plus forts permet de franchir les seuils qui représentent les hauts fonds du chenal. Cette augmentation de débit nécessite, évidemment, l'accumulation et la régularisation des appports en eau du B.V. dans un ou plusieurs barrages-réservoirs dans le haut bassin du fleuve.

Il semble a priori, qu'un aménagement du bief navigable du Sénégal à courant libre soit possible, avec un coût d'investissement inférieur à celui nécessaire à un aménagement à débit régularisé, à condition que cet aménagement soit orienté uniquement du seul point de vue de la navigation, abstraction faite des autres aspects de l'aménagement intégral du Bassin Versant du Sénégal... Dans le cas d'une étude d'ensemble du problème de l'aménagement du Bassin, les conditions pourraient changer...

Dans un aménagement à courant libre, en dehors des seuils proprement dits, constituant des obstacles majeurs et irréductibles autrement que pour une intervention directe, d'autres facteurs entrent en jeu: le rayon de courbure des coudes de néandres et les ruptures de pente du profil en long du lit.

Pour le cas du Sénégal et notamment son bief navigable de l'embouchure à KAYES, on ne peut pas prétendre que ces deux facteurs soient trop défavorables: les ruptures de pente sont progressives et les coudes, sauf deux, malgré leur nombre impressionnant, ont en général un rayon de courbure compatible avec les nécessités de la batellerie courante et même, dans une certaine mesure, la navigation en convois. Les deux boucles gênantes sont le coude de BOKI, au P.K. 388, avec un rayon de courbure de l'ordre de 275 m et celui d'ORODOL, au P.K. 683,600 avec un rayon de courbure de 400 mètres environ.

Nous avons essayé de chiffrer le coût d'un aménagement à courant libre, nous plaçant uniquement du point de vue de la navigation. En voici les résultats :

Coût de l'aménagement à courant libre des seuils du Sénégal.

- Il existe 42 seuils environ, de nature sablonneuse ou assimilée (quelques parties gravillonneuses et même quelques parties rocheuses, mais ne gênant pas le chenal...).

Pour un profil en travers de chenal d'une trentaine de mètres de largeur au plafond et des talus de 2 pour base et 1 de hauteur, avec un tirant d'eau de 2,75 m (tirant du "BOU-EL-MOGDAD", en pleine charge, 2,50 m) et avec une section de profil à draguer, allant de 20 à 90%, nous avons trouvé un ordre de grandeur du volume des dragages de :

4.300.000 mètres cubes.

En comptant un prix unitaire du mètre cube des dragages de 500 F, ceci représente une dépense de :

4.300.000 x 500 = 2 milliards, 150 millions de Francs.

- Des seuils rocheux il en existe 6 environ. Avec la même largeur au plafond que précédemment mais avec une section légèrement inférieure à déroter, allant de 20 à 30%, on aurait un ordre de grandeur du volume de dérofrage de :

350.000 mètres cubes.

En comptant un prix unitaire au mètre cube de déroctage dans l'eau, avec enlèvement des déblais hors du lit du fleuve, de 2.500 F, on aurait une dépense de :

$$350.000 \times 2.500 = \underline{\underline{875.000.000 de Francs.}}$$

En comptant en plus une somme à valoir, pour études, imprévus et divers, de 15% environ, on aurait une dépense, en chiffres arrondis, de :

$$\underline{\underline{3 Milliards,480 millions de Francs.}}$$

Il y aurait toutefois une remarque à faire, toujours dans l'hypothèse d'un aménagement uniquement du point de vue navigation. Des nouvelles conceptions d'aménagement à courant libre, dont nous parlons plus loin (Cf p. 14 et suivantes), permettraient d'abaisser le coût des dragages des seuils sableux, au dixième environ de celui des drâgages classiques, par drague à godets ou suceuses... Dans ce cas là, il y aurait lieu de compter le coût de l'étude d'un tel aménagement, qui se chiffrerait à un prix relativement élevé, mais qui laisserait tout de même un bilan très largement bénéficiaire!..

Dans ces conditions nous aurions :

- Aménagement de seuils rocheux :	875.000.000 F
- Autodragage de suils sableux :	215.000.000 F
- Frais d'études et mise en place des dispositifs d'autodragage :	90.000.000 F
Total:	1.180.000.000 F
- Somme à valoir pour imprévus et divers, 20% en sus	236.000.000 F
<u><u>TOTAL ARRONDI A :</u></u>	<u><u>1.420.000.000 F</u></u>

ETABLISSEMENT D'UN PROGRAMME D'ETUDES.-

Le problème posé consiste à examiner parmi les solutions qui se présentent, laquelle ou lesquelles sont rapidement et économiquement applicables pour assurer la navigation de basses eaux, à courant libre, avec efficacité et sécurité d'exploitation.

Dans tout aménagement de ce genre, à action directe sur le lit du fleuve, on peut distinguer trois types principaux de solutions :

- 1° - Dragage permanent des chenaux,
- 2° - Calibrage fixe, limité aux passages difficiles,
- 3° - Etablissement d'ouvrages temporaires assurant un dégagement correct des seuils après passage de chaque crue.

Pour examiner en détail ces solutions avant de faire un choix, il faut procéder à une étude systématique du chenal de navigation par :

- une étude *in situ*, comportant toute une foule d'observations et de levés de toutes sortes: hydrologiques, hydrographiques, topographiques, etc...
- une étude théorique, basée sur l'hydraulique des cours d'eau à fond mobile, appuyée par des études de laboratoire: modèle réduit et études géotechniques.

Ce n'est qu'à la fin de ces études et recherches que l'on puisse faire un choix pour l'adoption de la solution la plus rationnelle et la plus économique et passer à l'établissement des projets.

Avant de faire l'énumération des opérations d'un programme d'études et essayer de chiffrer le coût de sa réalisation, disons quelques mots sur le curage artificiel (les dragages) et l'auto-curage (nouveau procédé, par panneau - guides de courants).

- Les dragages: On peut augmenter la durée de navigation jusqu'à une certaine période après la fin de la crue, compatible avec la rentabilité de l'aménagement eu égard au volume de trafic à assurer...

Mais le chenal ainsi créé pourrait être, vraisemblablement peu stable et risquerait de se combler, partiellement ou totalement, par la crue suivante, tout au moins pour certains seuils dont les dimensions de chenal sont sans rapport avec celles du lit majeur: largeur et tirants d'eau en période de crue, pour que celui-ci puisse créer un courant préférentiel permettant son entretien.

- l'auto-curage: ce procédé consiste à utiliser la force du courant lui-même lors de la crue, en le "guidant" par des dispositifs appropriés, et l'obligeant à creuser le chenal à l'endroit voulu. Ce procédé connu sous le nom de "Méthode de la Circulation Transversale", due aux Ingénieurs Russes, POTAPON et PYCHKINE a été utilisé et adapté aux conditions du Niger, sur le bief entre KOULLI-KORO et SEGOU, par le Laboratoire National d'Hydraulique de CHATOU, en collaboration avec les Ingénieurs du 2ème Arrondissement des Travaux Publics (Hydraulique), de la République Soudanaise.

La mise en oeuvre de ce procédé se fait au moyen de panneaux fixés au fond du lit ou flottants, qui dirigent les filets liquides du courant dans le sens voulu, afin d'obtenir l'effet escompté.

D'après les résultats obtenus jusqu'à présent, il semble que l'on puisse obtenir un prix de revient de "dragage" du chenal, correspondant au dixième environ du prix obtenu par les procédés classiques (utilisation de dragages), comme il a déjà été signalé plus haut.

PROGRAMME ET COUT DES ETUDES PROPOSEES:

Il faut admettre qu'un minimum de deux campagnes d'observations seront nécessaires afin d'obtenir des éléments indispensables à une étude valable.

L'obtention de ces éléments comportera les études et moyens suivants :

I - MESURES ET OBSERVATIONS SUR PLACE :

1 - Etude hydrologique :

Il serait nécessaire de procéder à des nombreuses mesures sur place afin d'étudier et de préciser les conditions d'écoulement sur chaque seuil, en fonction des diverses hauteurs d'eau, depuis l'étiage absolu jusqu'en pleine crue, en continuant pendant la décrue pour fermer le cycle des observations. Et ceci, pendant au moins deux campagnes...

Il faudrait préciser notamment les aspects du régime hydrologique qui a été négligé jusqu'à présent au sein de la M.A.S., faute de crédits suffisants, et concernant plus particulièrement :

- la courbe de tarissement,

- les débits d'étiage,
- le débit solide.

D'une façon générale, les mesures et observations porteraient sur les points suivants :

- Tirants d'eau,
- Courants (direction et vitesses)
- Lignes d'eau (valeurs de la pente, localisation des ruptures de pente à diverses hauteurs d'eau, dont des tirants...)
- Débits solides, avec prélèvement et analyses complètes, pour déceler la part du débit solide amont, et les suspensions dues à la turbulence locale au dépens des fonds à la section considérée ainsi que la délimitation des zones de charriage.
- Des jaugeages du débit d'étiages et les restitutions des berges.
- Etablissement des courbes de tarissement.

2 - Etude géotechnique:

- Etude poussée de la granulométrie des matériaux du lit, les bancs de sable et les matériaux en suspension.

Dans l'étude du déplacement des bancs de sable, on pourrait utiliser les traceurs radioactifs, dont les techniques d'utilisation sont actuellement pratiquement au point.

- L'observation de l'évolution morphologique des berges et des méandres, par des profils en travers et la photographie aérienne.

3 - Etude topographique et photographies aériennes.

- Etablissement des plans photogrammétriques, avec étude nérrophotographiques et stéréoscopiques pour 2 campagnes.
- Rattachement des plans et profils au système de nivellation I.G.N.

II - ETUDE THEORIQUE, APPUYEE SUR MODELE REDUIT :

Cette dernière étude pourrait se limiter uniquement sur certains seuils dont le mécanisme de formation paraîtrait plus complexe, ainsi qu'à l'étude et l'établissement des dispositifs d'auto-curage, par panneaux orientables, selon la méthode russe, reprise et adaptée par le Laboratoire National d'Hydraulique de CHATOU.

Elle nécessiterait l'envoi d'une mission de spécialistes sur les lieux, pour la mise en place du dispositif d'études et la conduite de ces études. De même, la coordination des études sur place et les essais sur modèle réduit.

La synthèse des éléments obtenus aussi bien *in situ* qu'en Laboratoire permettrait de faire le choix de la solution adéquate pour l'aménagement définitif des seuils.

III - COUT DES ETUDES :

1 - Etude hydrologique (pour deux campagnes)

Avec intervention de deux brigades complètes, comportant:

- Personnel terrain et bureau	45,0 Millions
- Matériel mobile	
- Installations fixes	
- Moyens de transport terrestre et fluvial	
- Matériel scientifique et équipement divers	
- Liaisons T.S.F.	
- Accessoires divers	
- Fonctionnement (carburants, ingrédients, pièces détachées, etc...)	

2 - Etude géotechnique: (pour deux campagnes) 2,5 Millions

3 - Etude topographique et photographies aériennes (pour deux campagnes) 9,5 Millions

4 - Etude de Laboratoire (Modèle Réduit), étude et réalisation des dispositifs d'auto-dragage

33,0 Millions

COUT TOTAL DES ETUDES

90 Millions

=====

.../

CONCLUSIONS.-

L'étude que nous venons de parcourir sur l'aménagement des seuils qui gênent la navigation de basses et moyennes eaux du fleuve Sénégal, constitue en elle-même une indication utile donnant un ordre de grandeur de cet aménagement à courant libre, indépendamment de tout autre équipement pouvant avoir des incidences sur la navigation du fleuve.

Il se pourrait aussi que la solution la plus rationnelle et la plus économique de la question des seuils soit dans l'établissement de barrages successifs qui les "noieraient", sans aucune intervention directe sur eux, à condition que les barrages en question servent d'autres objectifs, notamment des buts agricoles... De toutes façons, une étude sérieuse et complète s'impose.

Comme nous l'avons dit dans le corps de notre rapport, seule une étude d'ensemble du Bassin du Sénégal donnera une solution rationnelle, dans chacun des aspects particuliers de son aménagement!

G.Y.