

00803

CONSIDERATIONS
SUR LA CREATION DE LA RETENUE
DE REGULARISATION ET DE LA CENTRALE
HYDROELECTRIQUE SUR LE FLEUVE SENEGAL
DANS LA REGION DE GOUINA (MALI)

Chef du groupe des experts soviétiques

(KOUZNETSOV N. N.)

1 9 6 3

S o m m a i r e :

	Pages
INTRODUCTION	5
CHAPITRE I	<u>La revue des documents disponibles</u> 9
	Topographie 9
	Hydrologie 11
	Géologie 12
	Etudes et rapports 13
CHAPITRE II	<u>Le milieu naturel</u> 16
	Description physico-géographique . 16
	Caractéristiques géologique et géomorphologique du Haut-Bassin du Sénégal 19
	Description géotechnique des sites d'aménagement hydrau- liques 24
	Hydrologie du fleuve Sénégal 26
CHAPITRE III	<u>L'économie de l'ouest du Mali</u> 32
	Données générales 32
	Etat actuel de l'économie 33
	Minéraux 36
	Perspectives de développement de la région 37
	<i>Marché</i> Départ de l'énergie 41
CHAPITRE IV	<u>Les éléments principaux de l'amé- nagement du fleuve Sénégal</u> 43
	Navigation 43
	Irrigation 57
	Utilisation d'énergie hydraulique. 63
	Dessalage de l'embouchure du fleuve 91
	Lutte contre les inondations 92

CHAPITRE V	<u>La régularisation du débit du fleuve Sénégal</u>	
	Principes généraux	95
	Régime énergétique de la régularisation du débit	98
	Les besoins des cultures de décrue	104
	Considérations sur le rôle des barrages-réservoirs sur les affluents	109
CHAPITRE VI	<u>L'aménagement de Gouina</u>	
	Données générales	112
	Ouvrages hydrotechniques	114
	Exécution des travaux	123
CHAPITRE VII	<u>La retenue de l'aménagement de Gouina</u>	
	Données générales	127
	Mesures générales à entreprendre et les dépenses se rapportant à la retenue elle-même	129
	Exploitation de la zone de la retenue	134
CHAPITRE VIII	<u>Les considérations sur le coût et l'efficacité de l'aménagement de Gouina</u>	
	Prix unitaires	136
	Valeur approximative de l'aménagement	137
	Considération sur l'efficacité de l'aménagement	139

CHAPITRE IX Le programme des travaux de
recherches et d'études

	Aspects du projet	147
	Travaux de recherches et d'études.	152
Conclusions	156
Annexes	Tableaux NN I-5	166
	Répertoire des documents utilisés.	173
	Croquis NN I-25 /fascicules/	

INTRODUCTION

Le présent rapport a été rédigé par ^{un} le groupe des spécialistes Soviétiques envoyé en mission dans la République du Mali conformément à l'accord intervenu à ce sujet avec le Gouvernement de l'URSS.

Cette mission avait pour but d'envisager les problèmes liés à l'aménagement du site de Gouina sur le fleuve Sénégal, de déterminer les caractéristiques éventuelles de cet aménagement et de son usine hydroélectrique, d'élaborer un programme des études à entreprendre, liées à l'élaboration du "Schéma ~~de~~ d'utilisation complexe des ressources ^{en} eau du fleuve Sénégal".

Comme le fleuve Sénégal en aval coule sur le territoire des Républiques du Sénégal et de la Mauritanie, en envisageant les problèmes de la mise en valeur du fleuve dans les limites de la République du Mali, ~~ont été prises en considération~~ les conséquences éventuelles ^{des modifications du} régime du fleuve sur les territoires de ces ~~deux~~ pays. ^{autels}
Mise en considération

La mission des spécialistes Soviétiques a utilisé les rapports qui ont été mis à sa disposition par le Ministère des Travaux Publics et ses Services, par le "Bureau Minière ^{du Mali}" par "Energie du Mali" et autres, ^{signatures} ainsi que les renseignements obtenus auprès des Représentants de l'Administration du cercle de Kayes.

Ces rapports englobent les études concernant la mise en valeur du fleuve Sénégal pour l'amélioration de l'agriculture et de la navigation établies et exécutées jadis par diverses missions d'experts.

On peut citer en particulier plusieurs études de la M.A.S. (Mission d'Aménagement du Fleuve Sénégal), qui se trouvent archivées à St.Louis du Sénégal et quelques renseignements de la Mission d'études (février 1955) de MM. A.COYNE et J.BELLIER, Ingénieurs conseils. En outre, la mission s'est rendue sur les lieux et a survolé à basse altitude les sites des ouvrages éventuels sur le fleuve Sénégal ainsi que les vallées des rivières Bakoy et Bafing. Elle a de plus visité la ville de Bafoulabé et une portion du chemin de fer Dakar-Niger située dans la zone de la retenue projetée. Cette visite sur place a eu lieu du 15 au 20 Décembre 1962.

Sur la base de ces renseignements le groupe des spécialistes Soviétiques a effectué les études et les calculs nécessaires dont les résultats sont exposés dans ce rapport.

Compte tenu soit du manque d'études de base, soit des inexactitudes des documents disponibles, il faut ^{préciser que} ~~viser~~ ^{soit} les résultats de ces calculs ~~comme~~ ^{qu'ils peuvent} approximatifs et ~~peuvent~~ être modifiés dans l'avenir.

La mission a travaillé à Bamako pendant la période du 10 Novembre 1962 au 20 février 1963 (sauf la période indiquée plus haut de la visite sur les lieux).

Cette mission était composée des spécialistes suivants:

- | | |
|-----------------|--|
| 1. N.KOUZNETSOV | - Chef de la mission,
Ingénieur énergétique |
| 2. V.JAROSH | - Adjoint au chef de la mission,
Ingénieur hydraulicien |
| 3. G.SOUKCHANOV | - Ingénieur du Génie Civil |
| 4. P.STELMAKCH | - Ingénieur-hydrologue |

5. M.CHOUTY - Ingénieur hydraulicien, chargé des questions de la Navigation et de l'irrigation
6. I.FIODOROV - Ingénieur, chargé des questions de la planification générale technique et économique dans la zone de retenue
7. R.TIZDEL - Ingénieur géologue
8. B.OUMANSKY - Ingénieur électricien
9. V.LINIOUTCHEV - Ingénieur-civil, chargé des aménagements hydromécaniques

Les traductions ont été assurées par:

R.BOBROV - Ingénieur hydraulicien et
 Mlle L.KALACHNIKOVA - Interprète, qui ont notamment traduit les documents disponibles du Français en Russe et le présent rapport du Russe en Français.

La rédaction générale de ce rapport a été assurée par les Ingénieurs N.KOUZNETSOV et V.JAROCHE.

La mission exprime toute sa gratitude pour les facilités qui ont été accordées pour l'accomplissement de son travail.

Ses remerciements vont particulièrement à:

- M.Mamadou Aw, Ministre du Ministère des Travaux Publics;
- M.Salif N'Diaye, Directeur du cabinet du Ministère des Travaux Publics;
- M.Lamine Keita, Directeur du Service de l'Hydraulique du Ministère des Travaux Publics;
- M.Ousmane Guindo, Chef de section de l'hydrologie du Service de l'Hydraulique.

- M. Robert N'Daou^{Général}, Directeur du Bureau Minier.
- M. Mourtada Diallo, Directeur général de "l'Energie du Mali".

La mission adresse enfin ses remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation du programme de travail à Bamako, à Kayes, à Bafoulabé ainsi que M. W. Kachinsky, Expert technique de l'ONU dans la République du Mali.

REVUE DES DOCUMENTS DISPONIBLES

Topographie

La documentation topographique quant au fleuve Sénégal de Bafoulabé à Kayes et celle concernant ses affluents principaux - Falémé, Bafing et Bakoy a été obtenue du Service Topographique et du Service de l'Hydraulique du Ministère des Travaux Publics du Mali.

Ces documents sont les suivants:

- L'ensemble des cartes au 1/200.000 en six feuilles, levés de 1957, dessinées et publiées par l'Annexe de l'IGN pour l'Afrique de l'Ouest à Dakar, et qui couvrent la zone comprise entre Bafoulabé et Bakel.

La mission n'a pas eu à sa disposition des cartes des régions en aval de Bakel.

- L'ensemble des cartes au 1/50.000 en 15 coupures - levés de 1957, dessinées et publiées par l'IGN - Institut Géographique National à Paris. Ces cartes couvrent la zone étudiée de la cuvette du fleuve Sénégal à l'exception de la région des sites de Gouïna et de Galougo, et du haut bassin du fleuve Bafing.

- L'ensemble des cartes au 1/10.000 (37 feuilles en tirage ozalide, levés de 1950), couvrant la zone de la retenue du barrage de Gouïna, dessinées et publiées par la

Compagnie aérienne de photographie (C.A.P.).

- L'ensemble de 7 feuilles au I/10.000 couvrant la région des sites de Gouïna et de Galougo, en tirage ozalide exécutées en 1928 - exécuteur inconnu.

- L'ensemble des plans de 4 feuilles au I/1.000 concernant la zone en aval de la chute de Gouïna, levés de 1928, en tirage ozalide, exécuté en 1954 par l'Union Hydro-électrique Africaine (U.H.E.A).

- Deux profils en long du fleuve Sénégal:

- a) l'un de Saint-Louis à Bafoulabé (Km I.055), échelles: planimétrique - I/1.000.000; altimétrique I/200; établi par M A S en 1958.
- b) Un autre de Saint-Louis à Kayes aux I/500.000e (pour les longueurs) et I/100 (pour les hauteurs) dressé au sondeur à ultra-sons en 1953 et exécuté par la MAS.

Il n'y a pas sur ces profils en long de cotes des plans d'eau entre Kayes à Bafoulabé.

Les cartes aux I/200.000e et I/50.000e ont été établies en courbes de niveau, les altitudes étant définies par rapport au réseau de nivellement de précision de l'IGN.

Sur les cartes au I/10.000e, levés de CAP les cotes ont l'écart de +5,59 m en comparaison avec celles de IGN. Nous n'avons pas de données pour juger suivant quel système ont été établis les cotes des profils en long indiquées ci-dessus. ~~De~~ l'avis du Service Topographique du Ministère des Travaux Publics ils ont été rédigés en système Iarre (système des altitudes du chemin de fer Dakar-Niger), qui s'écartent du système d'altitude d'IGN de +2,57 m et de celui de CAP de -3,02 m.

00803

Hydrologie

Les documents de base sur l'hydrologie et la météorologie ont été obtenus au Service de l'Hydraulique du Ministère des Travaux Publics de la République du Mali et des autres sources. En ce qui concerne le Haut-Sénégal ces documents ne présentent que les données fragmentaires, qui ne donnent pas une idée complète de son régime hydrologique. La Vallée du Sénégal (de Bakel à Saint-Louis) a été représentée d'une manière plus détaillée.

Les caractéristiques hydrologiques des affluents les plus importants du fleuve Sénégal n'ont pas été trouvées. Les relevés limnimétriques sur les affluents n'ont pas été obtenus. Il n'existe que la carte des isohyètes moyennes annuelles dans le bassin du Sénégal.

Sur la base des renseignements dont la mission a disposé seules pourraient être faites des suggestions générales concernant la caractéristique hydrologique des affluents du fleuve Sénégal. Il manque des caractéristiques de ~~la~~ probabilité de débit et de volume de la crue naturelle du Sénégal qui sont nécessaires pour examiner des possibilités de ~~la~~ régularisation interannuelle.

du Service de l'Hydraulique du Mali n'est pas à sa disposition. Une partie considérable des données hydrologiques et des résultats de leur traitement et des études générales. Probablement ces documents se trouvent à Dakar et en France. Au Service de l'Hydraulique on ne trouve que les Annuaire hydrologiques de la France d'Outre-Mer pour les années 1953 et 1957. Dans ces Annuaire on peut trouver des données hydrologiques relatives à Bakel et à Galougo sur le fleuve Sénégal et à Kidira sur le fleuve Falémé. En considération
renouveau compte

de l'insuffisance générale des données de base, ces Annuaire présentent une grande importance. Les données sur les taux d'évaporation ont été trouvées dans les sources indiquées dans l'annexe.

Les plus importants des documents mis à la disposition de la missions sont:

- les tableaux des débits moyens mensuels et annuels du fleuve Sénégal à Bakel de Mai 1913 à ~~19~~ Avril 1962, c'est-à-dire durant 49 ans;

- la courbe de la probabilité du dépassement des débits à la pointe de crue à Bakel et les courbes de tarage d'amont et d'aval dans les sites des aménagements éventuels. ~~Seulement~~ ^{replex} grâce à ces données, et en utilisant la méthode d'analogie, il nous a été possible, sur la base des calculs correspondants, d'établir ^{la} des caractéristiques principales de régularisation et du potentiel hydroélectrique des aménagements du Haut Sénégal.

Il faut noter cependant que la mission ne peut pas estimer le degré de ~~la~~ précision des données hydrologiques indiquées ci-dessus.

Les courbes de tarage ont été basées ^{sur} ~~sur~~ les débits mesurés sur seulement 60% de ^{variations} l'amplitude des niveaux d'eau au dessus des plus basses ~~eaux~~.

La mission n'a pas eu à sa disposition de données pour l'extrapolation de ces courbes ^{par} ~~sur la base du~~ calcul hydraulique.

Géologie

Les rapports géologiques sur le Haut Bassin du fleuve Sénégal, que la mission a pu étudier, lui ont été aimablement remis au Bureau Minier du Ministère des Travaux Publics du Mali. En outre, quelques renseignements ^{ont été} ~~étaient~~ tirés des documents de la MAS et des ouvrages publiés par certains auteurs.

Ces rapports présentent assez nettement la géologie du bassin tout entier, mais ils ne renferment pas de données concrètes sur les conditions géologiques des emplacements éventuels des aménagements sur les fleuves Sénégal, Bakoy et Bafing; sur les caractéristiques physico-techniques et de résistance des roches, sur le degré d'étanchéité des ~~dépôts~~ ^{formations en} sur place. Il manque presque entièrement des données caractérisant la composition, l'épaisseur et les qualités, des formations friables quaternaires-alluviales ^{de} éluviales, colluvions et ~~autres~~, qui peuvent être utilisés comme ~~des~~ matériaux de constructions locaux ou qui doivent être enlevés du soubassement de l'ouvrage.

~~Aussi bien~~ ^{Ainsi}, la plupart de conclusions et de suggestions de ce rapport ont-elles été composées ^{à partir} ~~sur la base~~ des considérations générales, d'un survol aérien à basse altitude et d'une visite rapide des terrains indiqués ci-dessus.

Il n'a pas encore été établi de schéma stratigraphique ~~général~~ ^{des} ~~des~~ formations sur le territoire du Mali, bien que les dernières levés et les ouvrages des géologues MM. B. GUERIN-DESJARDINS, I. SISSOKO et M. ZIMMERMANN aient éclairci les problèmes sous beaucoup de rapports.

Il y a peu de données concrètes sur la tectonique cassante du Haut Bassin du fleuve Sénégal, qui représentent une grande importance pour les ~~des~~ projets ^{des} ouvrages hydro-techniques.

Il est tout à fait évident qu'il faudra entreprendre un minimum de recherches et de prospections avant de continuer n'importe quelles études liées aux ~~des~~ projets ^{des} ouvrages hydro-techniques dans la région.

Etudes et rapports

Jusqu'au présent l'étude sur l'utilisation complexe

des ressources d'eau du fleuve Sénégal n'a pas été faite. On a commencé à étudier les ressources du fleuve et à relever les possibilités de leur utilisation à la fin des ~~20~~ années 20.

En 1935 la Mission d'Aménagement du fleuve Sénégal (MAS) a été créée avec ~~le~~ siège à Saint-Louis. Elle a été chargée des études des divers aménagements du fleuve et de la Vallée ^{conformément aux} ~~en conformité avec~~ les problèmes qui se posaient dans l'ancien Cadre fédéral de l'ex A.O.F.

Ces études étaient limitées par des objectifs de modification de la crue naturelle pour des besoins de l'agriculture et principalement pour l'amélioration de cultures traditionnelles dans leur forme archaïque, c'est-à-dire de culture de décrue et seulement dans la Vallée du fleuve (en aval de Bakel) où les populations riveraines souffrent de la sécheresse périodique et de l'inondation pendant des années des crues fortes.

De même, on traitait mais d'une manière pas détaillée les problèmes d'amélioration de la navigabilité du fleuve Sénégal de l'embouchure à Kayes pendant toute l'année, du ravitaillement en eau douce de la ville Saint-Louis et du dessalage du Delta.

Les divers projets concernant ces problèmes pris isolés ont été établis à des moments divers et n'ont pas été coordonnées. Ils avaient dans la plupart des cas des buts d'importance locale, qui n'envisageaient pas l'utilisation complexe des ressources d'eau du fleuve et ne prévoyaient pas les résultats économiques les plus efficaces.

Pour résoudre une partie des problèmes du fleuve, outre MAS, d'autres services, des missions et des experts techniques, en particulier MM. COYNE et BELLIER, Ingénieurs-conseils, ont été consultés. Mais leurs études souffrent les mêmes défauts.

Il est à noter, que les études exécutées jusqu'à présent sont approximatives et incomplètes. Cela s'explique d'une part par l'insuffisance et l'incertitude des données de base sur le milieu physique du bassin et d'autre part par l'indétermination des conceptions économiques préside à ces études.

A l'heure actuelle la situation politique dans cette région de l'Afrique a complètement changé à cause de la naissance sur le territoire du bassin du fleuve Sénégal des Etats indépendants: le Mali, le Sénégal, la Mauritanie et la Guinée.

Ces Etats indépendants se fixent des objectifs économiques tout à fait nouveaux pour l'exécution desquelles les études faites avant les années 1958-1960 sont inadmissibles.

C'est pourquoi ces études sont à réviser, en utilisant pour cela dans une certaine mesure seulement les données sur le milieu physique de la région jusqu'à ce que les nouvelles études dont la nécessité se sent à l'heure actuelle ne soient exécutées. Le témoignage à cela est la Note exécutée par M.W. KACHINSKY, expert de l'assistance technique d'O.N.U. au Mali, les études d'une mission des experts de l'O.N.U. sur l'aménagement du bassin du fleuve Sénégal du novembre 1962 au janvier 1963 et enfin le présent rapport de la mission des spécialistes de l'URSS, rédigé à la demande du Gouvernement de la République du Mali.

Le repertoire des études et d'autres documents antérieurs est présenté dans l'Annexe à ce rapport. Les opinions sur les études les plus importantes exécutées sont données dans ses chapitres correspondants, comme par exemple dans le chapitre 5 "Les éléments principaux de l'aménagement du fleuve Sénégal".

LE MILIEU NATUREL

Déscriptions physico-géographique

Les caractères physiques permettent de délimiter au sein du bassin du Sénégal trois zones typiques:

- le "Haute Bassin", qui est formé par le cours supérieur et moyen du fleuve Sénégal et ses affluents principaux en amont de Bakel;
- la "Vallée" à qui a donné naissance le cours inférieur du fleuve en aval de Bakel, et
- le "Delta", qui prolonge la "Vallée", et qui est très semblable à la dernière, mais doué d'une puissante originalité.

La plupart du "Haut Bassin" appartient à la partie sud-ouest du Mali.

Le fleuve Sénégal est formé, par la jonction à Bafoulabé, de deux rivières, le Bafing et le Bakoy. Le Bafing prend sa source dans le massif du Fouta-Djalon; il draine les parties les plus arrosées du bassin et peut être considéré comme la branche principale du fleuve. Le Bakoy est plus septentrional. Son bassin versant qui comprend celui du Baoulé, affluent sur rive droite, est beaucoup plus

étendu que celui du Bafing, mais il est moins bien arrosé et son apport est plus réduit. Le Sénégal reçoit ensuite sur sa rive droite la Kolombiné, au débit très faible et sur sa rive gauche, la Falémé, dernier affluent important.

Dans leur cours supérieur et moyen, le fleuve et ses affluents descendent des 1500 à 1800 m d'altitude de leurs sources à 20 m environ en se frayant un chemin au milieu des fragments suspendus de pénéplaines et des groupes plus arrondies des granites.

Le bassin du Sénégal est entièrement balayé par le front intertropical, ce qui entraîne l'existence d'une saison sèche et d'une saison humide. Les vents sont, pratiquement, partout, les alizés nordiques au coeur de l'hiver, l'harmattan d'Est chaud et sec-au printemps, la mousson en été - automne. Les températures fraîches en hiver, sont très élevées par vent d'Est avec écarts importants entre le jour et la nuit, mais s'abaissent considérablement sous les pluies.

Les données des températures moyennes mensuelles sur la base des températures minima et maxima de différentes stations caractérisées du bassin du Sénégal et de la ville de Bamako sont consignées dans le tableau suivant:

Station :	K A Y E S		B A M A K O		M A M O U		SAINT-LOUIS	
Mois	Tx ^x	Tn ^{xx}	Tx	Tn	Tx	Tn	Tx	Tn
I	35,2	16,7	33,3	17,2	31,5	14,5	28,5	15,0
II	38,2	18,8	36,0	19,4	32,2	16,4	28,4	16,0
III	40,9	22,0	38,5	21,3	33,7	18,8	27,4	16,9
IV	44,0	25,0	59,6	24,8	32,3	19,9	25,4	17,3

V	43,4	27,6	38,2	25,4	30,0	20,3	25,5	18,9
VI	40,0	25,9	34,6	23,4	27,8	19,3	28,9	22,7
VII	34,6	23,9	30,9	22,2	26,0	19,2	30,8	24,6
VIII	32,0	22,8	29,8	21,7	25,3	22,4	31,4	24,5
IX	32,5	22,9	31,2	21,8	26,6	18,6	31,9	29,9
X	34,1	23,3	33,3	22,0	27,9	18,8	31,4	24,1
XI	36,9	20,2	34,4	19,4	29,0	18,0	30,0	20,7
XII	33,8	17,8	32,7	17,6	30,0	15,2	29,2	17,4
Moyenne annuel- le	37,1	22,2	34,4	21,4	29,4	18,5	29,1	20,3
Moyenne	29,8		27,9		23,7		24,5	

x/ Tx: Moyenne diurne
xx/ Tn: Moyenne nocturne

Les relevés des précipitations ont été effectués par différentes stations météorologiques, montrés sur le dessin No.6. La valeur moyenne annuelle des précipitations dans le bassin du Sénégal varie considérablement de 2.000 mm au Sud du bassin jusqu'à 200 mm à sa limite septentrionale. A Bafoulabé elle est égale à 1000 mm et à Kayes - 800 mm. Il pleut en averse avec les interruptions de 10-15 jours. L'humidité relative d'après les observations à Kayes est caractérisée par les valeurs suivantes:

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Annuelle
Humidité %	22	19	17	19	30	55	72	79	79	69	43	28	44

La végétation de la région du Haut Bassin se rapporte aux zones soudanienne au sud, et sahélien au nord. La végétation de la zone soudanienne passe progressivement d'une forêt claire à une savane plus ou moins boisée.

Le domaine sahelien est caractérisé par des espèces ligneuses peu nombreuses, rabougries et le plus souvent épineuses; à la saison des pluies de nombreuses plantes parsèment le sol mais sans former un tapis continu.

Caractéristiques géologique et géomorphologique du Haut-Bassin du Sénégal

Le Haut-Bassin du fleuve Sénégal, dans les limites de la République du Mali, est situé sur la pente douce Sud d'un vaste synclinal du socle précambrien de la plateforme Africaine, remplie des dépôts sédimentaires postprécambriens, connue sous le nom de "Bassin primaire de Taoudéni".

L'ancien socle est formé de roches métamorphisées déchirées par des intrusions de granites, fortement disloquées et plissées. La surface du socle, d'abord accidentée et montagneuse, a été ensuite dénudée, nivelée et recouverte, avec une discordance angulaire, d'épaisses séries gréseuses horizontales infracambriennes. Les affleurements de l'ancien socle, dans le Haut-Bassin, sont répandus au Sud-Ouest du pays, dans le bassin de la Falémé, ainsi que vers le Nord de Kayes /vaste boutonnière de granite dissimulée parmi les dépôts sédimentaires/.

L'infracambrien est représenté généralement par des grès silicieux et feldspathiques légèrement micasés et métamorphisés, de couleurs diverses /blancs, jaune, rose, gris, verdâtre, etc./, légèrement calcaire par endroits, avec lentilles et bancs de dolomites, jaspes et schistes argileux intercalés. L'épaisseur de ces formations non touchées par l'érosion atteint 1000 mètres.

Au-dessus, avec une discordance stratigraphique, on trouve la série schisteuse de cambrien. Elle est séparée de l'infracambrien par la tillite, largement répandue sur le territoire de l'Afrique Occidentale et qui peut être considérée comme une couche-repère (et qui sert d'horizon bien marqué). Il s'agit d'un conglomérat où le ciment argileux est très abondant, d'un gris-vert typique; les éléments sont sans aucun classement, dispersés, assez roulés, très polygéniques. La série, d'une épaisseur tournant autour de 40 m, se comporte face à l'érosion comme une formation peu résistante, facilement ravinée et correspondant à un relief mou.

Aux niveaux supérieurs, se succédant d'une manière assez régulière, on voit:

- des dolomites, formant des corniches surplombées,
- jaspes et schistes jaspés rouges et violets,
- schistes ardoisiers durs,
- grès,
- calcaires.

Ces formations sont déchirées par des venues doléritiques qui recoupent ou recouvrent indifféremment les séries sédimentaires. On distingue d'immenses coulées doléritiques épanchées au Nord et au Nord-Est des fleuves Sénégal et Bakoye, des sills, particulièrement abondants dans les schistes, et des dykes, qui apparaissent principalement dans les grès massifs.

pas d'indices de transgressions post paléozoïques dans le bassin du Haut-Sénégal.

Une érosion intense a attaqué de façon continue les parties élevées du Haut-Bassin, ce qui a conduit finalement aux formes aplanies du relief actuel. Le déblayages plus intensif des roches tendres et, dans une certaine mesure, la tectonique cassante, ont provoqué l'édification de grands plateaux gréseux et de buttes perchées, découpées par des falaises verticales d'une hauteur de quelques centaines de mètres, remblayées elles-mêmes à leur pied par des puissants éboulis.

L'abaissement au Tertiaire de la "Vallée" et le soulèvement général du bassin du fleuve Sénégal ont stimulé le rajeunissement de l'ancien réseau hydrographique. Au Quaternaire les grandes rivières se sont enfoncées, creusant les anciennes alluvions et le seuil rocheux. Aussi les lits des fleuves Bafing, Bakoy et Sénégal (dans son cours inférieur) ont-ils des profils en escaliers ou les rapides et les chûtes, avec de forts courants alternent avec des biefs à courants d'eau faibles.

En frayant leurs lits, ces rivières se précipitent dans les diaclases en les rongant, les élargissant, sans tenir compte de leur direction. Le lit présente des coudes brusques, parfois à angle aigu, et des variations de profils en travers extraordinaires.

On passe d'endroits bien étalés de 300 m de large, à des gorges de 20 m seulement. C'est ainsi que les coudes des rivières ont généralement les mêmes directions que les diaclases, c'est-à-dire en gros NO et NE.

Au dessus des séries rocheuses on voit s'allonger les terrains meubles (dépôts éoliens, lacustres, alluvionnaires et des colluvions) ainsi que des latérites. Ces dernières recouvrent des espaces étendus composés plus souvent d'un

substratum volcanique (granites et dolérites) ou schisteux. L'épaisseur de la couverture latéritique dépasse parfois plusieurs dizaines de mètres. Elle se compose d'argile latérisée et d'une cuirasse ferrugineuse. Chargée fortement d'alumine, elle se transforme en bauxite.

Des accumulations fluviales, d'une granulométrie fine pour la plupart, parfois argileuses, s'allongent aux bords des rivières en formant des dépôts entrecoupés. Cette formation, qui peut atteindre des volumes considérables, plus de 10 m de hauteur par endroit, sur plus de 100 m de largeur, masque les berges anciennes que les rivières ont taillées dans la basse terrasse et le bedrock. Elles ont pour origine deux systèmes de transport combinés (latéral et longitudinal) des produits d'altération des roches. C'est ce qu'on appelle le "Remblai".

Des lambeaux de l'ancienne basse-terrasse, constitués par du sable, du gravier et des galets bien arrondis sont difficiles à reconnaître parce qu'ils n'ont pas d'épaisseur, sont sporadiques, de faible étendue, et non cimentés.

Les dépôts de gravier récent tapissent par endroits les lits mineurs actuels des rivières. L'importance de ces dépôts augmente sur les abords immédiats et sur les affleurements des roches. Ils sont surtout importants dans les classes granulométriques des sables grossiers et du gravier poligénique, ou l'analyse pétrographique montre un mélange de roches à prédominance gréseuse (grès divers). La proportion de ces dépôts est très faibles.

Les eaux de la nappe phréatique circulent dans les formations friables et les roches. Elles sont surtout importantes dans les grès diaclasés et, plus rarement, dans la zone d'altération des roches éruptives et dans la cuirasse latéritique. La profondeur de la nappe est particulièrement grande (environ 20 m). Mais dans les dépôts flu -

viaux, la nappe se tient tout près de la surface du sol et correspond au niveau des eaux superficielles.

Description géologique des sites d'aménagement hydrauliques

Les sites possibles le long des fleuves Sénégal (Galougo, Gouïna, Félou), Bakoye (Billi), et Bafing (Bangaja-Massakongoto), sont localisés dans les régions composées des séries sédimentaires gréseuses infracambriennes et cambriennes subhorizontales. Ce sont des grès anciens, microgranulés, avec un ciment silicieux, ou plus rarement argileux ou calcaire, massifs, présentant parfois une stratification entrecroisée, à strates fines. Ils se débitent en bancs puissants de 1 à 8 m. Exceptionnellement, on rencontre aussi des grès à plaquettes. Les séries gréseuses admettent d'importantes passées schisteuses d'une constitution forte, argileuse ou jaspoïde.

Ces formations, du fait de leur origine continentale ou lagunaire, sont assez hétérogènes dans le sens vertical et horizontal. Cette hétérogénéité se manifeste essentiellement par des changements de la composition pétrographique, surtout celle du ciment, et par des variations structurales. La solidité et la résistance à l'érosion des bancs et strates divers sont assez variées.

La masse gréseuse est parcourue par un système orthogonal de diaclases qui la découpe en blocs d'une surface de dizaines et parfois de centaines de m².

Le relief actuel en marches d'escalier avec des surfaces tabulaires découpées par des falaises verticales est dû à une cohérence forte des grès, à leur stratification horizontale et à leur fissuration verticale.

D'une manière générale et sans entrer dans les détails des conditions géotechniques, on peut conclure que ces

grès sont durs et que quel que soit l'ordre de grandeur des contraintes admises pour les barrages projetés on peut d'ores et déjà répondre du bon comportement des fondations. Les conditions géologiques et géotechniques sont telles qu'on peut édifier là des barrages des types le plus variés, répondant aux aspects topographiques locaux (à l'exclusion de barrages en terre).

La présence des diaclases, plus ou moins ouvertes, ainsi que de failles, peut conférer au grès une perméabilité importante à une profondeur considérable. Un masque d'étanchéité doit donc être établi à la base des barrages, d'une profondeur équivalente à la hauteur de la retenue. Évidemment, ce masque doit être prolongé dans les berges sur une longueur d'au moins une retenue et demie. Il n'est pas exclu que les paramètres de ce masque puissent être diminués après études adéquates. Il est évident qu'il faut éviter de placer les barrages directement sur les failles.

Les falaises abruptes sont chargées à la base par des éboulis dont les hauteurs peuvent atteindre 15-20 m. Parmi ces éboulis on peut apercevoir des blocs dont le volume dépasse plusieurs dizaines de m³, Sur les côtés des sites, à pente douce, l'épaisseur des alluvions et éboulis, ainsi que des roches altérées, ne dépasse pas probablement 5 à 6 m. Dans le thalweg, les mêmes formations ont 2 à 3 m.

Les éléments imperméables des barrages à enrochements peuvent être construits en utilisant les remblais d'alluvions que l'on retrouve pratiquement à moins de 5 km du chantier. Ce sont des sables à granulométrie fine, plus ou moins argileux et limoneux, avec un coefficient de perméabilité de 00005 cm/s. Les réserves de ces sables sont limitées; des lors, le volume des éléments imperméables des barrages doit être calculé très serré. Ces derniers doivent être construits par compactage mécanique. Il n'y a pas à proximité d'autre matériaux utilisables à cette fin.

On ne trouve pratiquement pas d'alluvions qui puissent être utilisées pour le béton. Au contraire, les grès peuvent fournir tous les matériaux pierreux voulu pour le béton et pour les enrochements.

Hydrologie du fleuve Sénégal

Le fleuve Sénégal est formé par la jonction du Bafing et du Bakoy à 1055 Km de Saint-Louis, qui se trouve près de l'embouchure du fleuve.

Le bassin versant du Sénégal couvre une superficie de 335.000 km² qui est distribuée entre les affluents d'une manière suivante:

- bassin du Bakoy-Baoulé	60.000 km ²
- " Bafing	39.000 "
- " Falémé	28.000 "
- " Kolombiné	48.000 "
- " Karakoro	37.000 "
- " Gorgol	19.000 "
- " Ferlo	37.000 " (aucun débit)

Le fleuve Sénégal peut être divisé en trois grandes parties très caractéristiques. La partie supérieure du fleuve, de la jonction du Bafing et du Bakoy jusqu'à Bakel; la partie moyenne, qui s'étend de Bakel à Dagana; et le delta - de Dagana à l'embouchure.

Le caractère des pentes de ces parties se voit sur le profil en long du fleuve Sénégal (voir dessin No.2).

Les observations hydrologiques selon les données de l'annuaire hydrologique 1957, ont été effectuées par les stations principales suivantes:

et de ses affluents, sauf celles concernant le site de Bakel. Ces dernières sont présentées dans le tableau des débits moyens mensuels et annuels de Mai 1913 à Avril 1962, c'est-à-dire pour 49 ans. Le débit moyen interannuel à Bakel pour la période indiquée est égal à $785 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le coefficient de variation de l'écoulement annuel (Cv) à Bakel, calculé selon la série présentée dans le tableau indiqué est = 0,34 et le coefficient de corrélation entre les apports des années voisines = 0,23.

L'annuaire hydrologique de l'année 1957 donne la valeur du débit moyen à Bakel de 1931 à 1957 égale à $807 \text{ m}^3/\text{s}$ et celui à Galougo pendant les périodes de 1926 à 1928 - de 1936 à 1943 et de 1950 à 1957, c'est-à-dire pour 19 ans de l'ordre $666 \text{ m}^3/\text{s}$.

En comparant d'une part des débits moyens mensuels et annuels pris pour les périodes de 1931 à 1957, de 1926 à 1928, de 1936 à 1943 ainsi que de 1956 à 1957 et d'autre part ceux pendant toute la période de 1913 à 1961; on voit clairement que les débits de $807 \text{ m}^3/\text{s}$ à Bakel et ceux $666 \text{ m}^3/\text{s}$ à Galougo sont proches de la norme. C'est pourquoi ils ont été pris comme les débits de calcul de base pour les sites correspondants.

La distribution intra-annuelle de l'écoulement à Bakel est consignée sur le tableau ci-dessous et sur l'hydrographie pour l'année 1957 (voir dessin No. 12). Celle-ci est caractérisée par une grande stabilité suivant des années. L'inégalité intra-annuelle de l'écoulement est un peu plus grande à Bakel en comparaison de Galougo, ce qui apparait de la confrontation des débits moyens mensuels à Bakel et ceux à Galougo, qui sont indiqués sur le tableau suivant:

La distribution intra-annuelle moyenne de l'écoulement du fleuve Sénégal à Bakel et à Galougo.

MOIS	A BAKEL POUR 31 ANS		A GALOUGO POUR 19 ANS	
	Débit moyen MENSUEL m ³ /s	Distribution de l'apport en % de ce- lui-ci annu- el	Débit moyen mensuel m ³ /s	Distribution de l'apport en % de celui- ci annuel
I	149	1,5	131	1,6
II	86	0,9	78	1,0
III	41	0,4	42	0,5
IV	10	0,1	20	0,2
V	3,6	0,0	13,6	0,1
VI	68	0,7	94	1,2
VII	598	6,2	524	6,6
VIII	2521	26,2	2089	26,3
IX	3438	35,7	2570	32,4
X	1865	19,3	1557	19,6
XI	607	6,3	591	7,4
XII	261	2,7	245	3,1
AN.	807	100	666	100

La période de crue à Bakel ainsi qu'à Galougo tombe sur les mois d'Août jusqu'à Octobre.

La diminution des débits commence en Octobre et continue jusqu'à la fin du mois de Mai. Dans certaines années le fleuve presque se dessèche. Les 94% de l'écoulement à Bakel et les 93% approximativement à Galougo, passent en période de Juillet à Novembre. C'est le Bafing qui donne la

partie la plus importante de l'apport du fleuve Sénégal; celle de Bakoy est plus modeste.

La rivière du Falémé ne donne qu'environ 20% des débits du fleuve Sénégal à Bakel.

Les affluents de la rive droite Kolombiné et Karakoro n'influent presque pas sur l'apport du Sénégal qui est déjà formé à Bakel. Les affluents en aval de Bakel ne couvrent pas les pertes d'eau du lit du Sénégal dans son cours moyen et dans le delta. Il n'était pas possible à cause de l'insuffisance des données de constater quelle partie de l'apport du fleuve Sénégal donne chacun de ses affluents. Les courbes de tarrage construites pour les sites principaux ainsi que pour ceux des ouvrages ont été tracées sur les dessins No.s 7-8-9-10.

Les données sur les débits maxima pour la période de longue durée des observations sur le fleuve Sénégal n'ont pas été obtenues. Pour établir les débits maxima aux sites de Galougo et de Gouïna on a utilisé la courbe de probabilité du dépassement des débits maxima au site de Bakel, trouvée dans les documents de MAS. Cette courbe a été extrapolée pour les valeurs d'extrêmes des débits maxima (voir dessin No.II); de ce fait on a obtenu les débits exceptionnels. En définitive, le débit avec la fréquence de dépassement 0,1% a été calculé égal à $9.000 \text{ m}^3/\text{s}$ et compte tenu de la correction de garanti égal à $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Les débits avec la fréquence de dépassement 0,5%, 1% et 5% sont égaux respectivement à $8.150 - 7.750$ et $6.600 \text{ m}^3/\text{s}$. La comparaison des débits maxima pour la suite des années à Bakel et à Galougo montre que dans certaines années les débits à Bakel surpassent ceux à Galougo et dans d'autres années vice-versa. Par exemple, en 1958 le débit maximum à Galougo était de l'ordre $7.300 \text{ m}^3/\text{s}$ et à Bakel de $7.000 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui est tout à fait vraisemblable étant donné la transformation de

la crue sur la distance de Galougo à Bakel. Le degré de la transformation de la crue dépend de la partie de pics de l'hydrographie.

Compte tenu de tout ce qu'on a dit plus haut ainsi que vu le manque des données suffisantes sur les débits maxima à Galougo, Gouina et Félou les valeurs à tenir en compte à Galougo ont été déterminées selon la courbe de probabilité du dépassement des débits exécutés pour Bakel.

La mission soviétique n'avait pas à sa disposition des données chiffrées sur l'apport en solides du fleuve Sénégal. Selon certains auteurs il n'est pas grand ce qui est prouvé indirectement par l'absence de l'attention suffisante portée à ce phénomène au cours des observations hydrologiques d'autrefois.

L'utilisation des ressources en eau du fleuve Sénégal nécessite pour la régularisation de l'apport un volume relativement considérable, vu le caractère du débit du fleuve.

L'ECONOMIE DE L'OUEST DU MALI

Données générales

Le territoire, qui sera influencé par le barrage-réservoir du Gouïna et sa centrale hydroélectrique, ainsi que par des aménagements éventuels en aval du site de Gouïna, embrasse pratiquement la région économique de Kayes, comprenant les cercles de Kayes, de Bajoulabé, de Niore, de Yélimané, de Kéniéba, et de Kita^{x/}.

Cette région, qui couvre la partie Occidentale du Mali, est limitée au Nord par la zone semi-désertique de la Mauritanie et au Sud par la zone forestière et montagneuse voisine de la frontière Guinéenne.

La superficie de ce territoire est de 147.000 km². La population de la zone considérée s'élève à 63.200 personnes. La densité de la population est 43 habitants au km²; qui est un peu plus forte que la densité moyenne pour le pays (3,5 hab/km²), mais beaucoup plus faible que les densités de la plupart des régions habitées du Mali.

x/ Le cercle de Kita est inclu dans la Zone de l'influence d'aménagement de Gouïna sous conditions, car la partie de ce cercle la plus développée et la plus peuplée tend vers Bamako et se trouve en dehors du bassin du fleuve Sénégal.

La ville de Kayes est le chef-lieu de cette zone. Parmi les villes du Mali, Kayes, avec sa population de 21.000 habitants, occupe la seconde place. Elle est suivie par Nioro qui compte 7.500 personnes. D'autres localités ont une population inférieure à 5.000 habitants. La population est représentée par diverses ethnies et se groupe le long des rives du fleuve Sénégal et d'autres rivières.

Etat actuel de l'économie

La partie dominante de la population rurale s'occupe de l'agriculture, dont les formes sont assez primitives. La quantité de produits agricoles commercialisés est négligeable.

Au Nord de la région on exerce ainsi l'élevage. On cultive le mil, le sorgo, le maïs, l'arachide. Pratiquement tout le volume de cette production, sauf celui de l'arachide, est auto-consommé. L'agriculture est exercée sans utilisation des engrais et sans l'irrigation. C'est pourquoi on ne récolte qu'une fois dans l'année et les rendements sont extrêmement faibles.

Quelques données chiffrées sur la quantité de la production agricole sont exposées ci-dessous.

Il n'y a pas actuellement d'établissements industriels dans la région intéressée, sauf quelques petits ateliers de réparations du type semi-artisanal, l'atelier du chemin de fer à Kayes et des usines de l'industrie alimentaire très modestes et peu nombreuses.

C'est l'usine hydroélectrique de Felou sur le fleuve Sénégal avec sa puissance installée de 550 kW qui constitue la source unique d'énergie électrique de cette région, dont le chef-lieu est alimenté par la ligne de transmission de 30 kV.

Au Sud du pays on pratique par endroit l'orpillage artisanal. De l'Est à l'Ouest la région est traversée par le chemin de fer Dakar-Niger, qui est seul dans le Pays. Cette voie ferrée dont la largeur est de 1 m, relie la capitale du pays - Bamako et le port fluvial Koulikoro sur le Niger avec le port maritime Dakar. Actuellement, ce chemin de fer n'est utilisé que pour le transport local dans les limites du Mali. Pendant le premier trimestre de 1962 on a transporté au total 1033 tonnes de marchandises.

Le fleuve Sénégal dans l'état naturel pourrait être navigable pendant quelques mois de crue de Kayes jusqu'à St.-Louis. Mais à l'heure actuelle cette possibilité n'est pas utilisée.

Le réseau routier dans la région est peu développé. Il consiste en routes non goudronnées et en pistes dont la majeure partie est impraticable pendant la saison d'hivernage.

Pour caractériser la région étudiée et relever son rôle en cadre du Mali, nous exposons ci-dessous le tableau des caractéristiques principales d'économie concernant cette région et le pays entier pour l'année 1961.

Caractéristiques	Unité	Total pour le pays	Pour la région de Kayes	
			Quantité	%
Superficie	km ²	1204	147	12
Population	Mille hab.	4200	632	15
Terrains cultivés	Mille ha	1785	282	16
Production totale de l'agriculture /mil, riz, sorgo, arachide, maïs/	Mille de tonnes	1386	243	17

I	2	3	4	5
Y compris: mil et sorgho Chaptel	Mille de tonnes	900	155	14
/y compris: bovins, ovins, bêtes de trait/	mille de têtes	11047	895	8
Production de l'éner- gie électrique kWh	Millions de kWh	15,88	1,0	6
Puissance installée des centrales élec- triques	kW	9150	480	5

Malheureusement, il nous manque d'autres caractéristiques essentielles, telles que les données sur la longueur du réseau de communications, la valeur de la production totale de l'agriculture, de l'industrie, de l'artisanat etc.

Il ne faut pas oublier qu'une part considérable de la production agricole et des surfaces cultivées portées dans le tableau plus haut, se rapporte au cercle de Kita qui ne fait la partie de la région influencée par l'aménagement de Gouïna qu'avec certaines réserves.

Les données statistiques montrent que la Zone étudiée est moins développée que d'autres zones du Pays notamment celles de Bamako, de Ségou, de Sikasso et de Mopti.

Dans la région de Kayes on envisage dans le cadre du Plan quinquennal du Mali /1961-1965/ quelques mesures, ayant pour but l'accroissement de la productivité de l'agriculture et l'amélioration du réseau routier, ainsi que la construction d'un abattoir frigorifique à Kayes.

La réalisation des dispositifs du plan élèvera la partie commercialisée des produits agricoles et permettra

d'avancer vers l'étape suivante du développement économique de cette région.

Il existe des conditions favorables pour ce développement, car la zone examinée possède diverses ressources naturelles, notamment des richesses du sous-sol dont les larges prospections sont en cours, et la houille blanche.

Minéraux:

Ci-dessous ne sont envisagés que les minéraux dont l'exploitation peut être liée à l'utilisation de l'énergie de la centrale de Gouina. A cet égard n'est considérée ici que la région située à l'ouest de Nioro-Kita jusqu'à la frontière.

En tout premier lieu il faut mentionner les gisements considérables de bauxites. Les gisements bien étudiés sont ceux de la Compagnie Pechiney, et ont une importance industrielle. Les ressources de ces gisements ne nous ont pas été indiqués. Quant à celles des autres gisements de bauxite, mis en évidence par les recherches géologiques, ils n'ont pas été encore suffisamment prospectés. On peut noter parmi eux des couches de bauxites situés au Sud de Kayes aux environs de Faléa. Les réserves jusqu'ici cubées, seraient selon le Bureau Minier du Mali de près de 885 millions de tonnes contenant en moyenne de Al_2O_3 - 41% et 4% de SiO_2 . Les bauxites en générale se trouvent sur les hauts plateaux en formes de couvertures latérisées d'une épaisseur d'une dizaine de mètres provenant des produits de l'alteration des roches éruptives.

Trois régions ont été prospectés pour des gisements de fer. Ce sont Nioro, Bafoulabé et Kita. Ces gisements peuvent être de plusieurs types génétiques: sédimentaires, magmatiques ou latériques. Dans la plupart de cas ils sont

liés aux grès et aux contacts des dolérites avec les grès et les grès calcaires. Les taux du fer dans les hématites de la région de Bafoulabé est de 45 à 50% et du SiO_2 -20%.

Les calcaires utilisables pour la fabrication du ciment portland ont été prospectés du Nord de Bafoulabé en 1961-62. Leurs ressources /A + B + C/ représentent 10,6 millions de tonnes.

Perspective du développement de la région

L'élévation rapide du niveau de vie de la population et l'institution des structures économiques nouvelles et variées assurant l'indépendance économique du pays sont les objectifs principaux de l'économie du Mali pour l'avenir, selon le Premier Plan Quinquennal de la République.

La réalisation de cet objectif exige, avant tout, le développement rapide de l'agriculture et de l'élevage et la création de l'industrie de transformation des produits agricoles. En même temps, la création de l'industrie légère sera commencée, essentiellement pour le compte de telles installations qui délivreront le Pays de l'importation des principaux articles de large consommation.

Par la suite on commencera à créer l'industrie lourde ayant pour but de fonder l'infrastructure nécessaire pour le développement progressif de l'industrie légère et d'assurer l'indépendance économique encore plus large du Pays.

En conformité avec cette perspective et compte tenu des ressources naturelles disponibles, on peut envisager au stade ultime du développement de la région examinée la naissance d'un ensemble industriel important dont la base énergétique sera constituée par la centrale hydroélectrique de Goufina au stade du progrès ultime. Il nous paraît que la composition de cet ensemble de l'industrie pourrait être la suivante:

Consommateurs	Energie consommée en millions de KWh	Nombre d'heures de l'utilisation de la puissance maximum	Puissance maximum d'une heure, en milliers de KW	Productivité annuelle
Usine électrométallurgique d'aluminium	1.240	8.000	160,0	75 mille de tonnes
Installation de traitement d'alumine	38	7.600	5,0	170 "
Usine métallurgique	150	7.000	22,0	50 "
Usine d'enrichissement de minerai de fer	17	6.900	2,5	100 "
Cimenterie	10	7.150	1,4	100 "
Usine des engrais azotés	165	7.300	22,0	50 "
Industrie textile	12	4.000	3,0	40 millions de m
Installations frigorifiques	15	4.000	4,0	75 mille de tonnes
Conserveries	1	4.000	0,25	50 "
Tanneries et les usines d'allumettes	0,5	4.000	0,12	-
Consommation domestiques	40,0	4.000	10,0	-
Stations de pompage pour l'irrigation	57,0	3.500	16,0	25 mille de ha
Électrification de la voie ferrée de Kayes à Bamako	55,0	5.500	10,0	550 km
Pertes d'énergie dans le réseau	200	5.000	38,0	-
TOTAL	2.000	7.600	270,0	

Ce répertoire des consommateurs de l'énergie électrique n'est pas définitif ou seul possible. Dans l'avenir on peut prévoir certains changements quant à la composition des consommateurs tant à leurs productivités. On peut par exemple, supposer que certaines parties de l'énergie pourrait être exportée par la région orientale de la République du Sénégal pour alimenter l'industrie minière et des stations de pompage pour l'irrigation. C'est pourquoi le répertoire cité doit être estimé comme approximatif et aura besoin de précision.

Cette composition des consommateurs éventuels serait conforme au stade ultime du développement de l'aménagement de Gouina, c'est-à-dire à l'époque, quand il ne sera plus nécessaire d'assurer la submersion des terres dites "oualos" pour les cultures de décrue en aval du barrage et quand l'énergie du fleuve sera utilisée dans le degré le plus élevé. Ce stade ultime du progrès de l'aménagement de Gouina se rapporte à la période 1975-1980. C'est pour cette époque que nous estimions ci-haut la consommation de l'énergie par l'industrie textile ou les besoins domestiques en utilisant des taux espérés de l'augmentation de la productivité, pris pour chaque période quinquennale.

Dans la première étape de l'exploitation de l'aménagement de Gouina quand il sera nécessaire de restituer au fleuve sous forme d'une onde de crue artificielle une partie importante des apports de la crue naturelle /environ de 6 km³ de l'eau sont exigés par les cultures de décrue/, la puissance garantie n'atteindra que 167.000 kW, assurée par 4 groupes de six qui fonctionneront au stade ultime d'exploitation.

Cette puissance sera suffisante, pour satisfaire les demandes soit de l'industrie d'aluminium et de quelques petits consommateurs soit de l'ensemble des consommateurs

plus importants cités dans le tableau ci-dessus, et de l'installation de traitement d'alumine, dont la production en ce cas sera exportée.

Il nous paraît que l'ensemble des consommateurs cités, même au stade ultime du progrès de la centrale de Gouïna, constituera un système énergétique pratiquement isolé. C'est pourquoi on peut supposer que les caractéristiques d'énergie de Gouïna seront déterminées complètement par le régime de la consommation de l'énergie dans ce système local.

Une de ces caractéristiques ayant l'importance principale, est la puissance installée de l'usine hydroélectrique. Ce paramètre peut être établi selon la proportion entre la puissance moyenne mensuelle et celle maximum, compte tenu d'une réserve de puissance nécessaire, qui en ce cas peut être détenue en un groupe de 57.000 kW installé à la centrale de Gouïna.

Dans les conditions locales l'irrégularité de la consommation d'énergie annuelle et mensuelle est très faible on peut la négliger en première approximation. La valeur d'une réserve de charge pour ce système énergétique est petite et constituera 5-6 mille KW.

Nous avons admis avec ces approximations, que la puissance installée de l'usine hydroélectrique de Gouïna ayant la retenue normale à la cote - 130 m est: $270 + 57 + 6 = 333$ mille KW ou arrondi à 340.000 KW. Cette valeur correspond à la proportion entre la puissance installée et celle de garantie égal à 1,4.

Une telle petite proportion est explicable par la composition des consommateurs à la première étape du développement du système et par un rôle dominant de l'industrie d'aluminium qui exige beaucoup d'énergie

Il faudra plus tard examiner le problème de l'augmentation éventuelle de la puissance installée sur la

centrale de Gouïna jusqu'à 460 mille kW par l'addition de deux groupes supplémentaires. Cette augmentation de la puissance de la centrale pourrait être justifiée dans l'avenir quand la puissance garantie s'élèvera grâce à la régularisation des apports du Bafing et du Bakoy et qu'en même temps les conditions d'utilisation de l'énergie saisonnière seront favorables. En particulier cette énergie saisonnière pourrait être exportée vers les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie pour compenser la diminution ou même la disparition de la productivité de la centrale de Bakel causée par le manque de la chute pendant les périodes de crue.

Départ de l'énergie

La composition indiquée des consommateurs d'énergie et leur situation /voir le plan NI/ déterminent l'option des caractéristiques électriques principales du départ de l'énergie: le voltage supérieur, le nombre de ligne de transport de l'énergie etc.

C'est l'installation d'électrolyse de l'usine d'aluminium qui est le facteur déterminant pour le choix de la tension supérieure à l'usine hydroélectrique. Selon les calculs cette tension supérieure, la plus rationnelle sera de 110 kW même si l'usine d'aluminium est située à la distance d'un km de la centrale. Un autre facteur qui pourrait influencer sur le choix du voltage supérieur, c'est la nécessité de transmettre une partie de l'énergie disponible au système énergétique futur de Bamako. Cependant une telle transmission ne nous semble pas convenir, car tout d'abord il n'y aura pas d'énergie disponible à l'usine de Gouïna, la distance entre ces deux systèmes est considérable, et dans le bassin du Niger il y a des possibilités pour des aménagements hydroélectriques propres.

On peut supposer que des centrales thermiques assez importantes à pétrole ou aux produits pétroliers prendront naissance dans le bassin du Niger, si l'existence des réserves suffisantes de pétrole à l'Est du Pays devait être confirmée par les prospections et si le transport du pétrole sur le fleuve Niger s'avère économique.

Cette conclusion de ne pas transmettre l'énergie de Goufina au bassin du Niger paraît d'autant plus fondée, que la centrale de Goufina au stade initial devra fournir des lâchures importantes pour assurer les cultures de décrue, et c'est pourquoi sa productivité sera alors réduite.

Le voltage envisagé /110 KV/ satisfèrerait également la demande pour l'électrification éventuelle du chemin de fer Dakar-Niger, dans sa partie de Kayes à Bamako, si on l'alimente de chaque côté.

La somme de ces considérations permet de fixer au stade présent du problème la tension supérieure de départ de la puissance à 110 KV. A la centrale de Goufina il faut prévoir aussi une autre tension notamment de 35 KV, pour satisfaire les charges locales de la région. La puissance et la production de l'énergie maxima de la centrale de Goufina se présente donc selon les charges adoptées de la manière suivante:

- Environ 6 lignes de 110 KV - 190 mille KW /et 1470 millions de KWh/.

- Environ 7 lignes de 35 KV - 80 mille KW et 530 millions de KWh.

LES ELEMENTS PRINCIPAUX DE L'AMENAGEMENT DU FLEUVE
SENEGAL

Navigation

A. - Etat actuel

La pente moyenne de la partie navigable du fleuve Sénégal de Kayes jusqu'à l'embouchure est de 0,00003; celle du cours supérieur du fleuve de Kayes à Bakel, le plus difficile pour navigation est de 0,00008. La pente du tronçon inférieur du seuil Mafou jusqu'à l'embouchure n'atteint qu'à 0,000005. Cette partie peut être rendue navigable pendant toute l'année sans grands travaux d'approfondissement du lit mineur.

La largeur de la partie navigable du fleuve est de 250 à 300 m et celle du chenal de 80 m; la vitesse du courant sur le cours supérieur est de l'ordre de 3 à 5 km/h et celle sur le cours inférieur est proche de zéro.

Ce qu'il y a de particulier pour le fleuve c'est que son lit est formé par une succession de mouilles séparées par des seuils sablonneux ou rocheux dont la plupart affleurent à l'étiage. La navigation sur certains tronçons du fleuve est rendue compliquée tant par les profondeurs insuffisantes qu'à cause de nombreuses boucles, certaines ayant un très faible rayon de courbure; descendant jusqu'

à 250 m. Les seuils les plus difficiles pour la navigation sont les suivants: Diouldé et Nguiguilane en amont de Kaédi et Diabé en aval de ce dernier.

Pendant toutes les saisons de l'année, Kayes constitue la limite amont de la navigation. En amont de Kayes les pentes du fleuve augmentent brusquement et surgissent les chutes et les rapides. Pour les passer, il faudrait construire des écluses jusqu'à Bafoulabé avec la différence totale du niveau d'environ 70 m.

Le principal défaut du fleuve Sénégal dans son état actuel du point de vue du transport fluvial est la courte durée de la période de navigation. Ce fait a pour effet d'augmenter sensiblement les prix des transports et a été la cause essentielle de la cessation de la navigation sur le fleuve.

Durée de la navigation

Partie du fleuve	Longueur en km	Profondeur d'eau assurée, m	
		3,0	1,0
Kayes-Matam	301	2 mois	5 mois
Matam-Kaédi	91	3 mois	6 mois
Kaédi-Podor	263	3 mois	7 mois
Podor-Saint-Louis	269	toute l'année	Toute l'année
Kayes-Saint-Louis	924	2 mois	5 mois

Le trafic des marchandises était autrefois assuré par des bateaux au tirant d'eau pas plus que 3 m et du tonnage d'environ 400-500 tonnes, ainsi que par de

grandes pirogues du tonnage d'environ 40 tonnes.

Le nombre des bateaux et des chalands en service atteignait 10 à 12 et le tonnage transporté était de 50.000 tonnes, dont plus de 75% étaient transportés entre Dakar et d'autres escales situés dans la partie inférieure du fleuve, c'est-à-dire sur le territoire des Républiques du Sénégal et de la Mauritanie.

A cause de l'inaccessibilité du port St. -Louis pour les bateaux de mer modernes tout le transbordement des marchandises de ces navires sur les bateaux fluviaux était fait à Dakar. Le trafic de cabotage entre Dakar et St.-Louis sur une distance de 130 km, élevait considérablement le prix du transport.

Le chemin de fer Dakar-Niger à voie métrique via Kayes et Bamako a été construit entre 1881-1924. Par suite des conditions défavorables de la navigation sur le fleuve Sénégal, presque tous les frêts ont fini par être confiés au chemin de fer et la navigation a cessé sur le cours supérieur. A l'heure actuelle la République du Mali n'a pas à sa disposition de bateaux sur le fleuve et il n'est resté que quelques magasins, ayant une surface totale de près de 2.000 m², situés à Kayes et un plan incliné en béton pour le déchargement. Autrefois ce chemin de fer a été reconstruit et sa capacité du trafic de marchandises dans les deux directions dépasse 2,5 million de tonnes tandis que le trafic de marchandises pour l'année 1970 selon le plan du Mali sera de 1,5 million de tonnes dont 0,9 million de tonnes pour les exportations et 0,6 million de tonnes pour les importations.

En 1959 le tonnage transporté par le chemin de fer, constituait 300.000 tonnes, comprenant 270.000 tonnes d'exportations et d'importations de la République du Mali; l'exportation d'arachide entrant pour 45%, du riz pour 15%, du bétail pour 10%.

Lorsque en 1960 le chemin de fer Dakar-Bamako a été coupé et à cause de l'impossibilité d'utiliser la voie fluviale du Sénégal, de grands transports se sont effectués par les voies routières entre la République du Mali et les ports de mer des pays voisins au sud, dans la direction: vers la station de Kankan /en Guinée/ suivant la route Bamako-Ségouri, 361 km de longueur; vers la station Bobo-Dialosso /en Haute-Volta/, suivant la route Bamako-Bougouni-Sikasso, 539 km de longueur. A cause du mauvais état des routes et du relief montagneux, le prix du transport d'une tonne de marchandise est exceptionnellement élevé /en moyenne de 10 à 12 mille francs la tonne/.

Naturellement dans cette situation la question de la restauration de la voie d'eau du fleuve Sénégal s'est présentée de nouveau.

B. Moyens du rétablissement du transport fluvial

L'amélioration de l'efficacité du transport fluvial sur le Sénégal est liée avant tout à la solution du problème de la navigabilité pendant toute l'année. Etant donnée l'absence d'un port de mer à l'embouchure /St.-Louis n'est que le port de cabotage/ et de peu de probabilité qu'il serait construit dans un proche avenir, le transbordement des bateaux de mer sur les bateaux fluviaux se fera à Dakar, avec le cabotage de ce dernier port jusqu'à St.-Louis.

Le tirant d'eau très élevé des bateaux de mer fait impossible leur passage direct en amont du fleuve, sans un transbordement à St.-Louis.

Les spécialistes des transports de M.A.S. avait estimé que le type du bateau caboteur convenant le mieux aux conditions sur le Sénégal est celui ayant les caractéristiques suivantes:

longueur hors tout	- 61 m
largeur	- 10 m
tirant d'eau en pleine charge	- 3 m
tonnage	- 700 t

Apparemment il faudrait s'orienter sur le tirant d'eau de 3 m pour établir les dispositifs, le volume des travaux et des investissements de capitaux nécessaires pour le rétablissement des transports fluviaux. Les études de MAS ne donnent la description que de ceux des seuils qui limitent la navigation sur la partie du fleuve à l'aval de Bakel. Malheureusement, il n'y a pas de données sur les seuils du tronçon entre Bakel et Kayes et surtout sur celui entre Ambidedi et Kayes.

Pratiquement on peut concevoir deux voies possibles pour l'amélioration de la navigabilité en tout temps:

- création des barrages-réservoirs du Haut-Bassin avec une réserve utile suffisante pour assurer en aval les profondeurs d'eau nécessaires pendant l'étiage; dans ce cas le fleuve ne sera pas barré dans sa partie navigable;

- création d'un système des barrages-écluses à basse chute entre Kayes et le seuil de Mafou. En même temps, sur certains tronçons du fleuve, il pourra être utile d'exécuter des travaux d'approfondissement par dragages.

Evidemment il ne peut être question d'assurer les profondeurs d'eau nécessaires par les dragages seuls, car pendant la période de l'étiage le débit du fleuve non régularisé se diminue jusqu'à une valeur négligeable.

C. Le fleuve Sénégal non barré dans sa partie navigable

Au stade initial de l'étude du problème on a proposé la création du barrage de régulation près de Bakel.

Pour passer les seuils les plus difficiles en aval de Bakel il faudrait maintenir pendant l'étiage des débits régulés de 200-300 m³/s qui assureront les profondeurs d'eaux suivantes sur ces tronçons délicats:

Seuils	: Position du niveau d'eau à l'étiage à l'état naturel du fleuve	: Profondeurs d'eau à la régularisation du débit	
		: 200 m ³ /s	: 300 m ³ /s
Dioulde-Diabe	I,26 au-dessous de la crête du seuil	3,10	3,75
N'Guiguilonne	I,06 au-dessus du seuil	3,30	3,85
Ouaounde	I,22 au-dessous de la crête du seuil	3,10	3,65

Pour assurer ces débits la réserve utile de ce réservoir doit être de l'ordre de 4 km³ à la cote de la retenue normale de 30 m, ce qui permettra d'inonder tous les seuils jusqu'à Kayes.

Pourtant le destockage de la retenue en augmentant les profondeurs d'eau pour navigation en aval de Bakel fera affleurer les seuils du tronçon le plus difficile entre Bakel et Kayes. Ainsi la construction du barrage à Bakel /pour la navigation/ peut apporter la solution du problème de la navigation seulement pour la partie du fleuve en aval de Bakel et n'assurera pas la navigabilité jusqu'à Kayes qui est d'une importance pour la République du Mali.

De plus, cela exigera l'abaissement de la cote de retenue normale du barrage de 2 à 3 m à cause des submersions considérables près de Kayes. En définitive, le volume utile du réservoir diminuera jusqu'à 1,7 km³ et les lâ-

chures de la retenue garanties ne seront que de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ ce qui dépréciera complètement cet aménagement. Ainsi, c'est la construction du barrage-réservoir de Gouïna, à destination complexe avec les lâchures garanties de $270 \text{ m}^3/\text{s}$ au stade initial et de $420 \text{ m}^3/\text{s}$ au stade ultime, que l'on peut envisager comme une solution radicale. De ce fait, l'on aura des profondeurs d'eau nécessaires pour la navigation pas moins de 3 à 3,5 m partout, à l'exception d'une partie du fleuve entre Ambidedi et Kayes. La mission n'avait pas à sa disposition de données précises sur ce tronçon du fleuve, mais on peut supposer que le volume des travaux de dragage ne sera trop important. On verra plus loin quelle efficacité économique pourra avoir un tel aménagement.

La création du barrage-réservoir du Haut-Sénégal qui aurait le seul but d'assurer les lâchures exigées par le transport fluvial ne peut être justifié du point de vue économique. Pour obtenir la même réserve utile $/4 \text{ km}^3/$ il faudrait avoir la cote de la retenue normale égale à 115 m, c'est-à-dire seulement de 15 m plus basse que celle qui est nécessaire pour atteindre les objectifs de l'ensemble de l'aménagement. D'autre part avec l'emplacement du barrage au site de Gouïna, l'économie du volume de l'enrochement serait seulement de 40%. L'économie réelle des dépenses sera encore plus réduite parce que la partie des dépenses concernant l'organisation du chantier ainsi que des travaux les plus onéreux pour assurer le passage des crues pendant la période de la construction du barrage, resteront les mêmes. C'est pourquoi, on peut penser que la création du barrage-réservoir seulement pour assurer la navigabilité ne donnera pas la diminution sensible des dépenses, tandis qu'empirerait en même temps, les conditions d'alimentation en eau des cultures de décrue dans les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie à

cause de l'écêtement des crues pendant des années de crues moyennes et faibles.

Sans barrage-réservoir de Goufina on ne pourrait résoudre que partiellement le problème des transports fluviaux à l'aide des mesures suivantes:

- le dragage systématique sur certains seuils, pourrait prolonger d'au plus 2 mois la durée de la période de navigation pour les bateaux ayant le tirant d'eau moins de 3 m.

Une étude spéciale devra préciser le volume des travaux à exécuter, la durée de la navigabilité, aussi que le tirant d'eau optimum pour ces conditions.

- les lâchures du réservoir du barrage qui serait créer sur la rivière de Kolombiné et dont le volume total d'environ 400 millions de m³ serait obtenu par une élévation du niveau du lac Magui. Le destockage de ce lac-réservoir devrait commencer au cours du mois de janvier, c'est-à-dire lors de l'abaissement brusque des plans d'eau du fleuve Sénégal.

Cependant, un tel destockage tardif aggraverait les conditions des cultures de décrue, pratiquées aux abords du lac Magui. Cela conduirait à une diminution des rendements de ces terres de 25 à 30%. Par contre, la durée de la navigation pourrait être prolongée par ces mesures de 1 à 1,5 mois pour les bateaux du tirant d'eau de 3 m. /pour ceux-ci du tirant d'eau moindre, la prolongation de la navigabilité serait plus marquée/.

La réponse à la question: s'il serait raisonnable de subordonner les intérêts agricoles à ceux de la navigation, devra être donnée dans une étude spécialement consacrée au problème.

- La création de la retenue de Manantali sur le Bafing pourrait contribuer assez efficacement à prolonger la période navigable pour les caboteurs de 3 m. de tirant

d'eau /ou même assurer les conditions de navigation pendant toute l'année pour la batellerie de tirant d'eau plus modeste/. Le débit garanti en aval de l'aménagement de Manantali sous régime de l'exploitation énergétique, serait de $130 \text{ m}^3/\text{sec}$.

- La création d'une réserve d'eau sur la Falémé, spécialement pour restituer au fleuve les débits exigés par la navigation, ne pourra pas assurer les profondeurs nécessaires sur le tronçon du Sénégal à l'amont du confluent de cette rivière. En aval du confluent les conditions de la navigation s'amélioreront, toutefois, la Mission n'a pas à sa disposition les données nécessaires pour tirer des conclusions plus précises.

L'analyse ci-dessus montre que le problème d'organisation de la navigation sur le fleuve Sénégal non barré pendant toute l'année doit être résolu ensemble avec celui d'irrigation, les problèmes énergétiques et d'autres. Si tel sera le cas, la solution des problèmes de la navigation pour la République du Mali, ainsi que pour les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie apparaîtra comme assurée.

D. - Système des barrages-écluses sur le fleuve Sénégal

La MAS dans son rapport de 1955 recommande la création de deux barrages réservoirs pour assurer l'irrigation dans la partie inférieure de la vallée du fleuve Sénégal, notamment le barrage No. 1 à Dagana avec la retenue normale à la côte 3,5 m et le barrage No. 2 à Saldé avec la retenue normale à la côte 10,5 m.

Sur le tronçon du fleuve de la longueur environ 750 Km atteint de l'embouchure jusqu'au seuil Baguinky la profondeur d'eau suffisante sera assurée par création de

ces deux barrages. Cette partie du fleuve peut être utilisée pour la navigation directe par des écluses envisagées auraient les dimensions de 75 m x 13 m. La création de ces deux aménagements hydrauliques résoudreait la question des transports fluviaux seulement dans les limites des territoires des Républiques du Sénégal et de la Mauritanie.

On avait calculé à l'époque que le trafic sur ce tronçon serait d'environ 200 mille tonnes par an, et que la navigation pendant toute l'année permettrait d'abaisser le coût du trafic sur 30%. Etant donné que l'aménagement de Dagana influencera la partie du fleuve pratiquement navigable dans les conditions naturelles, les dépenses de la construction de l'écluse doivent être imputées sur l'irrigation.

Le barrage No.2 se trouvant dans le remous crée en aval par le barrage de Dagana, et suivant le profil en long de cette partie du fleuve provoquera certaine submersion des terrains voisins. Il serait sans doute possible de le déplacer vers l'amont dans la région du seuil Dgéoul, en conservant la même cote de la retenue normale ou bien en l'élèvera jusqu'à 11,5 m. Au surplus le Mali est intéressé aussi par la navigation sur le tronçon du fleuve de Badinky jusqu'à Kayes d'une longueur de 230 Km. Pour y arriver, il serait nécessaire de construire encore un barrage-réservoir avec écluse et dont la cote de la retenue normale ne serait pas inférieure à 25 mètres. La capacité utile de la retenue doit être égale à 0,5 Km³ pour assurer l'éclusage et pour compenser les pertes d'eau dues à l'évaporation.

La longueur de la crête du barrage située près du seuil Badinky sera de quelques Km; les dépenses importantes devront inévitablement être envisagées pour compenser les dégâts causés par la submersion des terres. Par

suite, il va sans doute falloir abaisser la cote de la retenue normale de 25 mètres jusqu'à 20 mètres et déplacer le port de transbordement de Kayes à Ambidédi où il faudra construire les quais et les magasins.

Ainsi, pour rendre navigable une partie du fleuve Sénégal de l'embouchure jusqu'à Kayes à l'aide des écluses, il n'y aurait besoin que de deux plans d'eau. Les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie, intéressées à une voie navigable de l'embouchure jusqu'à Badinky n'auront besoin que de la construction de l'écluse qui ferait partie de l'aménagement No.2. La République du Mali est intéressée à la construction de l'écluse indiquée plus haut et à la création de l'aménagement au seuil de Badinky dans la région de Bakel.

Il est évident qu'une telle solution du problème de transport entraînerait des investissements de l'ordre de quelques milliards de francs à la charge surtout de la République du Mali. Tenant compte des possibles perspectives des prix comparés des transports, les dépenses telles qu'indiquent ne pourraient être justifiées que si la comparaison avec le prix du transport automobile fait voir un avantage et à condition que le trafic fluvial soit d'environ 1-2 millions de tonnes.

Apparemment, dans l'avenir plus éloigné il faudra réaliser l'aménagement des écluses sur le fleuve même en présence du barrage-réservoir dans sa partie supérieure, parce que les quantités d'eau nécessaires pour besoins d'irrigation dans la partie inférieure de la vallée s'augmenteront.

A l'ultime stade du développement, il serait utilisés les apports totaux du fleuve car les besoins des fonds fonciers existant dépassent sensiblement les possibilités du potentiel d'irrigation du fleuve Sénégal. Il faudra

alors compenser l' abaissement des niveaux d'eau dans le fleuve par la construction de deux ou trois barrages /avec écluses/ dans trois sites dont il a été parlé plus haut.

E. - Rentabilité de la navigation

Sur la base de ce qui avait été dit plus haut, l'on arrive à la conclusion que la solution radicale et la plus rationnelle du problème des transports sur le fleuve Sénégal est la construction du barrage-réservoir à destination complexe à Gouïna.

Cela permettra à la République du Mali d'avoir encore une sortie vers la mer - ce qui est très important pour les liaisons avec l'extérieur.

Des chargements pondereuses qui peuvent subir le transbordement mécanisé et qui n'exigent pas un transport rapide peuvent être dirigés sur le fleuve au départ de Kayes vers la mer.

Cependant l'organisation de la navigation sur le fleuve Sénégal posera quelques problèmes qui entraîneront des dépenses et demanderont du temps. Avant tout, il faudra acheter ou fréter la batellerie correspondante, préparer le personnel, résoudre le problème du transbordement des bateaux fluviaux sur ceux maritimes et vice-versa, assurer les réparations de la batellerie etc...

A l'heure actuelle, avant l'élaboration du projet d'aménagement du fleuve, on ne peut formuler que des considérations générales sur la rentabilité de l'organisation de tels transports pour les importations et les exportations de la République du Mali.

La masse principale des marchandises sera transportée des régions intérieures du pays à Kayes par le chemin de fer où aura lieu le transbordement sur les bateaux fluviaux.

Ceci exigera l'organisation des transports mixtes /chemin de fer - fleuve/ ce qui évidemment sera moins avantageux du point de vue des délais du transport en comparaison avec le transport direct ferroviaire.

On peut supposer que la répartition des chargements entre la voie ferrée et le fleuve aurait lieu à Kayes. Les chargements pondereux dont le transbordement sera relativement bon marché, ainsi que ceux qui n'exigeront pas la transportation immédiate seront dirigés par le fleuve. On peut espérer obtenir de la sorte une certaine économie de transport dont la valeur ne peut être estimée à l'heure actuelle.

Les avantages les plus marqués de ces transports mixtes apparaîtront surtout par rapport aux coûts des transports routiers existants actuellement vers les ports maritimes Conakry et Abidjan. L'économie espérée sera d'environ 2.500 frs pour tonne.

Dans le tableau ci-dessous sont indiqués le prix du transport d'une tonne des marchandises de la région de Bamako selon les tarifs moyens existants basés sur le volume du trafic limité ainsi que sur le niveau technique de l'exploitation assez bas.

Moyen de transport	Point à destination	Prix du transport en Frs pour tonne
Transports directs pour le chemin de fer	Dakar	8.500
Transports mixtes, y compris:	Saint-Louis	9.500
- par le chemin de fer de Bamako à Kayes		3.700
- transbordement à Kayes		600
- par le fleuve de Kayes à Saint-Louis		5.200
Transports par les routes	Conakry, Abidjan	12.000

9.500

la production agricole augmentent grâce aux conditions stables de l'irrigation et grâce au passage aux formes progressives et modernes de l'arrosage.

Par suite l'intérêt économique des Républiques du Sénégal et de la Mauritanie à la navigation sur le fleuve Sénégal pendant toute l'année est tout à fait évident.

I R R I G A T I O N

La hauteur annuelle des précipitations dans le bassin du fleuve Sénégal diminue graduellement des 2.000 mm sur les pentes de Fouta-Djalou aux 200 mm dans la partie basse du bassin.

La flore suit fidèlement ces variations du climat et l'on trouve dans le bassin un changement des zones de la végétation qui reflète exactement l'évolution de la hauteur annuelle des précipitations en passant de la forêt dense jusqu'à la flore d'une savane claire et d'un demi-désert.

Aussi les formes de l'agriculture dans la vallée du Sénégal elles-mêmes sont-elles influencées par ces phénomènes climatiques. On peut voir le passage graduel de la culture sous pluie /dite de diéri/ à la culture de décrue sur les terrains inondés par le fleuve /dites selon la langue vernaculaire les Oualos/. Dans la partie malienne du bassin du Sénégal est développée la culture sous pluie, mais dans la partie sénégalaise et de mauritanie c'est la culture de décrue qui prédomine.

Actuellement l'irrigation normale n'existe pas dans le bassin du Sénégal, sauf sur les casiers de superficie limitée de Richard-Toll.

Plus en aval, on peut envisager de placer une autre prise d'eau près des villages Keruane et Marena, ce qui en utilisant le bief amont de Félou assurera l'irrigation de la surface cultivée entre le fleuve Sénégal et la rivière Kolombiné et dont l'ordre de grandeur est de 10 à 12 mille ha. La hauteur de refoulement de l'eau atteint 20-25 m.

La fertilité des sols dans la vallée de la rivière Kolombiné est bien connue. En première approximation, on peut envisager d'utiliser pour l'irrigation mécanique dans la partie moyenne les eaux propres de la rivière, et dans la partie inférieure celles du Sénégal.

Cette question devra être analysée dans une étude spéciale.

Dans les bassins du Bafing et du Bakoy on pourrait irriguer des terres d'une surface totale d'environ 7.000 ha à l'aide des systèmes d'écoulement libre, si les barrages étaient construits: sur le Bafing - à l'extrémité amont du tronçon de rapides, et sur le Bakoy - près du village de Bily.

La superficie totale de la zone du destockage couvre environ 118 mille de ha. Pourtant, la surface utilisable pour les cultures de décrue selon les conditions de l'humidification de terres et de la durée d'exondation variera annuellement en fonction de l'importance des crues.

Pendant les années des crues fortes, la zone de la retenue qui pourra être utilisée pour les cultures de décrue se situera dans l'intervalle des cotes 130 à 122 m, mais pendant les années des crues faibles cette zone cultivable se déplacera dans l'intervalle de 125 à 110 m.

La surface de la zone utilisable, dont la durée d'exondation est de 5 à 7 mois, serait en moyenne de 30 mille ha.

Le graphique annexe croquis N 3 donne une idée générale de la durée d'exondation dans la zone du destockage pour les années des crues fortes.

Les besoins de la population en produits alimentaires sont plus grands que la productivité des terrains cultivés, même dans les années de prospérité. C'est pourquoi les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie sont obligées de recourir à l'importation des céréales en quantités considérables.

Nous citons les données de la MAS sur l'importations des produits alimentaires /Vallée du Sénégal, 1960 - p.85/.

A n n é e s	: 1954	: 1956	: 1958	: 1959	: 1960
Importations /toutes céréales, farines exclues/	67,6	153,6	187,6	260,0 ^{x)}	xx)
Riz importé commercialisé, milliers de tonnes	55,0	13,0	183,0	140,0	115,0

x) Pendant 10 mois

xx) Prévision pratiquement certaine (à 1.000 tonnes près).

La République du Mali était au cours des années passées l'un des exporteurs de ces céréales, ainsi, par exemple, en 1959 le Mali exportait 20 mille tonnes de mil et 5 mille tonnes de riz.

La croissance du déficit céréalier est liée à l'irrégularité des crues du fleuve Sénégal et aux méthodes ancestrales de cultures.

Les rendements moyens sur les champs des cultures de décrue sont très faibles. Pour les terres dont les sols sont les plus favorables, ces rendements du mil ne dépassent actuellement 500-700 kg/ha de grain sec.

Cette faiblesse est due non seulement au fait que les cuvettes de Oualo ne sont inondées qu'une fois par année, mais aussi à celui que la culture de décrue se pratique à contre-saison. Le grain doit germer en Novembre-Décembre à la saison froide, la plante mûrit et fructifie en Mars-Avril, en pleine chaleur et sous le souffle sec et ardent de l'harmattan.

Des essais en station de mil de décrue remplacé dans la période normale Juin-Octobre ont donné des rendements triples. Les rendements sont extrêmement sensibles à la date des semis. Quelques semaines de retards de décrue /par exemple, leur déplacement du I5.X au I5.XII/ fait tomber la récolte du mil de moitié jusqu'à 250 kg/ha.

Les délais obligés de la végétation des plantes limitent la composition des cultures. Le coton et le riz ne jouent pratiquement aucun rôle dans l'économie de la vallée du Sénégal. Les essais de ces cultures sur les terres inondées une fois dans l'année avant les semailles, ont échoué.

Au contraire, les résultats favorables ont été obtenus dans les rizières expérimentales irriguées de Richard-Toll, où le rendement des récoltes atteignent 5 tonnes à l'hectare.

L'activité passée de la MAS qui avait été chargée de l'étude des problèmes techniques d'aménagement du Sénégal et qui devait proposer les solutions, se limitait dans le domaine hydroagricole principalement à quelques améliorations du système traditionnel des cultures de décrue. MAS s'intéressait surtout à la partie inférieure du bassin. Elle n'envisageait que l'évolution lente des formes et des méthodes de l'agriculture existante.

La solution du problème de l'augmentation du rendement et de la fixité de ce dernier sur les terres Oualos était cherchée dans l'élévation des niveaux des crues faib-

les à l'aide de quelques barrages de chutes basses. L'on a proposé pour la réalisation de cette idée de construire deux barrages: l'un près du village Dagana, en amont de la delta du fleuve, et l'autre près du Saldé à 475 Km de l'embouchure du fleuve.

Le barrage de Dagana aurait la cote de la retenue normale + 3,5 m. Le remous, crée par le barrage pendant le passage même d'une crue faible devait s'étendre à la moitié de la partie aval de la Vallée. Le barrage de Dagana, en maintenant pendant 15 jours les plans d'eau maxima, permettrait d'augmenter la surface inondée de la manière suivante:

	les superficies cultivables, milliers d'ha		
	avant la construction du barrage	après la construction du barrage	Gain
Crue faible type 1944	44	85	41
Crue moyenne type 1953	66	120	54
Crue forte type 1950	80	120	40

Le réservoir de Dagana permettrait de remplir annuellement le lac de Guiers sur la rive gauche du fleuve, ce qui ouvrirait les perspectives à l'élargissement du système d'irrigation sur 15.000 ha, supplémentaires des casiers de Richard-Toll.

Le barrage de Dagana devrait cesser la pénétration de l'eau de mer dans la Vallée du Sénégal.

Au surplus, ce réservoir d'eau pourrait être utilisé à l'avenir pour la mise en valeur les terres irrigables de la Delta du Sénégal, où se trouvent environ 35.000 ha des terres ressemblant à celles de Richard Toll, plus encore quelques 15.000 ha de sols non salins.

Au total, l'augmentation de la production agricole espérée après la construction du barrage Dagana sur les terres de culture de décrue est estimée en 45.000 tonnes de mil, dont 15.000 tonnes dûs à l'introduction des progrès dans les méthodes de culture, qui ne sont pas liées au régime d'eau.

De la sorte, le barrage de Dagana ne serait qu'un aménagement purement hydroagricole qui ne résoudreait que les problèmes locaux dans la partie aval de la Vallée et le Delta.

Ce barrage créerait obstacle à la navigation sur le tronçon du fleuve qui est navigable à l'état naturel. C'est pourquoi l'aménagement de Dagana devrait inclure une écluse.

En ce qui concerne le barrage No.2 /de Saldé/, nous n'avons trouvé dans les documents de la MAS ni les indications sur sa destination, ni les dimensions des ouvrages principaux, ni leur coût. On peut craindre que l'apport du Sénégal les années de la crue faible serait insuffisant pour remplir outre le bief de Dagana, également la seconde réserve, celle de Saldé.

Seules les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie pourraient tirer profit du barrage de Dagana, et encore seulement dans le cas de l'absence d'autre solution de portée générale qui mettrait en valeur toutes les ressources hydrauliques du bassin du Sénégal.

Il y a, pourtant, une solution au problème d'irrigation qui comprend non seulement quelques tronçons du fleuve particuliers mais le cours d'eau tout entier. Cette solution consiste en création d'un barrage-réservoir en amont

du fleuve, qui peut provoquer une onde de crue artificielle, dont la forme et la durée seraient des plus favorables.

Selon des calculs faits par la mission de MM A.Goyne et J.Bellier, cette onde, favorable pour les cultures de décrue devrait durer environ 4 semaines, ayant les débits au site de Bakel de 3.400 à 2.800 m³/s. Un tel effet pourrait être assuré par une réserve d'eau de 6 km³, stockée dans la retenue de Gouïna. Le régime du vidange de cette réserve devrait être fixé en tenant compte de l'apport de la Falémé, dont le volume au mois de septembre d'une année déficitaire constitue de 0,7 km³ et à la même période de l'année de crue moyenne de 1,7 km³. La réserve en cause est suffisante pour garantir la crue artificielle moyenne /la plus favorable/ pendant 16 ans sur 24 et c'est seulement pendant 4 années que la crue régularisée sera inférieure à la moyenne de 30 à 60%. Un tel degré de la régularisation des crues peut être estimé comme assez bon.

On peut voir, que l'aménagement de Gouïna de destination complexe avec sa capacité utile de 13,5 km³ assurera complètement les lâchures exigées par les cultures de décrue. Grâce au fait, que les crues artificielles provoquées par le barrage sont dirigeables, on peut espérer au rendement considérable obtenu pour le compte du resaisonnement du cycle de la végétation aux délais plus favorables pour l'agriculture.

Le passage au système de l'irrigation normale dans la Vallée du Sénégal, qui permettra d'utiliser l'eau pendant les époques optima pour les cultures, donnera les effets encore plus grands.

Un tel passage sera possible du à la présence d'aménagement de Gouïna, qui peut assurer la restitution au fleuve d'un débit de garantie minimum égal à 270 m³/s dans les cas de la nécessité de provoquer les crues artificielles pour les cultures de décrue ou même le débit garanti

de 420 m³/s après l'élimination de telles lâchures.

La présence même d'une telle régularité des débits au fleuve sera un stimulant pour le passage au système de l'irrigation dirigée. La quantité d'eau nécessaire pour irriguer une surface de 120.000 ha, qui sont cultivées actuellement, avec le taux d'arrosage moyen de 15.000 m³/ha et l'efficacité de 50%, s'abaissera jusqu'à 3,5 km³,

Si la hauteur de refoulement moyenne doit être de 4 m, il faudrait fournir pour le pompage une énergie de 50 millions de kWh par an.

L'estimation générale des perspectives du développement de l'irrigation dans le bassin du Sénégal.

La présence de la barrage-réservoir de destination complexe assurera la régularisation de l'apport du fleuve jusqu'au degré assez important: le débit régularisé minimum avec la fréquence de dépassement de 95% sera 420 m³/s tant que le débit moyen inter-annuelle du fleuve à l'état naturel est de 666 m³/s. Un tel degré de la régularisation permettrait appliquer largement les méthodes modernes d'irrigation. La capacité d'arrosage du fleuve Sénégal à ce stade du développement serait d'environ 500.000 ha.

Le fonds commun des terres irrigables dans la vallée du Bas-Sénégal est d'environ 300.000 ha, c'est-à-dire de 2,5 plus grand que celui cultivé à l'heure actuelle.

Nous avons déjà noté qu'au Mali le fonds foncier propre à être utilisé dûs à son relief dans le bassin du fleuve Sénégal est de l'ordre de 200.000 ha. Presque toutes les surfaces à irriguer dans la partie malienne du bassin exigeraient du pompage, c'est qui serait lié avec les dépenses supplémentaires considérables.

C'est pourquoi la création d'un système d'irrigation dans la partie malienne du bassin du Sénégal est un objectif dont l'urgence de la réalisation n'apparaît pas encore.

A l'heure actuelle de grands capitaux ont été investis dans le système d'irrigation réalisé dans le bassin du moyen Niger. Il existe la possibilité dans l'avenir proche de mettre en valeur dans cette région environ 1 million d'ha de terres, irrigables, dont l'arrosage est assuré par les ouvrages de commande et de prise d'eau déjà existant /le barrage de Markala/. Les dépenses pour cette réalisation seront relativement modestes.

Concentrés dans deux superficies importantes ces terres irrigables du bassin du Niger (groupes de Sahel et celui de Massina) pourront être mise en valeur sur la base des grandes entreprises mécanisées.

Simultanément avec le développement de l'irrigation dirigée dans le bassin du Niger, il faudrait attirer l'attention sur le problème de l'utilisation des terres fertiles dans la vallée de la Kolombiné.

Mais c'est sur les territoires des Républiques du Sénégal et de la Mauritanie que l'irrigation jouera son rôle dominant grâce aux possibilités qu'offrirait le barrage-réservoir du Haut-Sénégal.

On ne peut pas envisager la succession des opérations de la mise en oeuvre des dispositifs hydroagricoles sans tenir compte des intérêts de tous les consommateurs de l'eau, ainsi que sans assurer la liaison de ces dispositifs avec le plan général de l'utilisation des ressources hydrauliques du fleuve.

En conclusion il est nécessaire d'aborder les questions de l'accroissement des surfaces des terrains d'épandage qui est à la base de l'irrigation bien organisée. La transition à l'agriculture d'irrigation ne pourrait avoir lieu qu'à la condition de la mécanisation des procédés agricoles, qui exigent beaucoup de travail. Il faudra préparer la population à utiliser des nouveaux procédés des cultures agricoles.

La question de la main d'oeuvre dans l'agriculture est indissolublement liée à la perspective de l'extention des terres irriguées. L'essor général de l'économie de la République du Mali et l'accroissement de ses industries rendra le problème de l'équilibre de la main-d'oeuvre dans l'industrie et dans l'agriculture assez délicat.

La République doit former des cadres des spécialistes qualifiés dans le domaine de l'agriculture d'irrigation, organiser des centres expérimentaux agricoles, fonder des écoles spéciales d'agriculture, développer la propagande des méthodes avancées des cultures. Il faut augmenter le rendement du travail dans les champs, premièrement par la mécanisation des labours. Ce sont les questions de grande importance qui débordent le cadre de ce rapport.

UTILISATION DE L'ENERGIE HYDRAULIQUE

A. Les caractéristiques générales des ressources énergétiques

Les ressources en énergie de la République du Mali prospectées à ce jour ne sont pas larges. Le charbon manque dans le pays et les probabilités d'en trouver sont réduites selon les données géologiques dont on dispose.

Le pétrole n'est pas encore extrait au Mali, mais il y a des raisons de penser, qu'à l'Est du pays les gisements exploitables de pétrole et de gaz pourront être découverts. Pour le moment on ne dispose pas encore des données chiffrées sur les ressources en pétrole, ni sur les conditions de son exploitation ou du transport vers les centres de consommation. L'exploitation de ces gisements sera rendue difficile par l'absence presque totale de l'eau, des routes et des populations dans les régions en cause. Pour ces raisons

la mise en valeur des ressources en houille blanche acquiert une grande importance. Ces ressources de l'énergie sont concentrées dans les bassins du Niger et du Sénégal dans la partie Sud-Ouest du pays, qui est la plus peuplée et assez développée.

Le tableau ci-dessous donne l'estimation préliminaire de la partie de ces ressources, dont l'utilisation est possible de point de vue de l'intérêt pratique /selon les données de 1962, du "Service de l'Hydraulique"/.

Fleuve	Affluent du	Nombre des installations prévues	Puissance installée en milliers de KW	Production de l'énergie en millions de KWh
Niger	-	6	105	580
Bani	Niger	2	37	158
Sénégal	-	2	750	4.500
Bafing	Sénégal	2	120	840
Bakoy	"	4	210	1.210
Baoulé	Bakoy	3	77	440
Falémé	Sénégal	1	12	43
T o t a l :		20	1.311	7.771

La part du bassin du Sénégal dans le volume des ressources énergétiques utilisables du Mali, qui sont estimées globalement en 8 milliards de KWh, constitue plus de 90%.

Le rôle relativement modeste du bassin du Niger du point de vue de ses ressources en énergie trouve l'explication dans la faiblesse de la pente longitudinale du fleuve comme dans la structure morphologique de sa vallée.

Le fleuve Sénégal est non seulement la plus vaste source potentielle de l'énergie à la République du Mali, mais probablement la source la plus efficace. Cela est dû au fait que son énergie pourra être utilisée à l'aide d'un nombre limité des centrales hydroélectriques.

Selon les calculs approximatifs, qui ont été faits dans le cadre de la présente étude, les ressources potentielles de l'énergie hydraulique du fleuve Sénégal sont de 5,5 milliards de KWh.

Environ 80% de ceux-ci, c'est-à-dire 4 milliards de KWh sont concentrées sur le territoire du Mali, dont la plus grande part comme on le verra plus bas, est exploitable. La mise en valeur des ressources en houille blanche de la partie du fleuve Sénégal, située sur le territoire de la République du Sénégal et de la Mauritanie, est rendue compliquée par la faiblesse de la pente longitudinale du fleuve et par la structure de la vallée, dont la largeur est considérable et dont les rives sont basses.

Le rôle potentiel des confluent du fleuve Sénégal, du Bafing et du Bakoy du point de vue de leurs ressources en énergie, est assez important.

Les parties amont de ces rivières se trouvent sur le territoire guinéen.

Dans le présent chapitre sont examinées les possibilités de la mise en valeur des ressources énergétiques du cours supérieur du Sénégal entre Bafoulabé et Bakel. L'utilisation de l'énergie du Bafing et du Bakoy n'est élaborée qu'en traits généraux.

B. Les considérations sur les variantes possibles de la mise en valeur du Haut-Sénégal

Les études précédentes concernant le bassin du fleuve Sénégal ont été limités généralement par les considérations

tendant à l'amélioration des cultures de décrue.

Le problème de la navigabilité du fleuve pendant toute l'année a été étudié beaucoup plus superficiellement.

Quant à l'utilisation de la houille blanche, celle-ci n'a été jamais examinée par MAS.

Dans la présente étude, les considérations sur l'ensemble des problèmes du fleuve sont formulées en termes généraux; par contre la question de la mise en valeur des ressources énergétiques est traitée peu plus en détail. Ce problème particulier devra être étudié plus à fond au stade suivant de l'avant-projet qui comprend l'élaboration du rapport: "Le schéma de l'utilisation intégrée des ressources hydrauliques du fleuve Sénégal". Dans le cadre de l'étude à faire une attention particulière devra être prêtée au problème de la création du barrage-réservoir sur le Haut-Sénégal. Les seuls sites du Haut-Sénégal, favorables pour être barrés par un barrage-~~retenue~~ de hauteur importante sont celui en amont de la chute de Gouïna et celui près de village de Galougo, situé à une distance de 25 km de Gouïna.

La dénivellation naturelle du fleuve sur cette distance est de 6-7 m. Le site de Galougo est le plus étroit des deux. Le barrage, en créant la charge d'eau d'ordre de 55-60 m, aura la longueur de la crête de 1.200 à 1.400 m.

Le site situé juste à l'amont de la chute de Gouïna est plus large que celui de Galougo: il atteint 2.100-2.200 m pour la même cote de la retenue normale. Mais ce site ouvre la possibilité de mettre en valeur 15 m supplémentaires de dénivellation naturelle de la chute.

La capacité totale de retenue du barrage situé au site de Gouïna ayant la cote du bief amont maximum de 130 m /R.N./, est d'environ de 10% plus grande que celle du site de Galougo. L'idée de créer le barrage réservoir au site de Gouïna a été formulée il y a plus de 30 ans. Celui de

Galougo a été proposé par la Mission des MM A.COYNE et J.BELLIER en 1955 après la visite des lieux faite par leur Ingénieur.

Chacun de ces sites a ses avantages et en même temps ses défauts:

- le barrage au site de Gouïna définit la division en trois paliers du Haut-Sénégal pour la production de l'énergie électrique;

- ce site offre la possibilité pour la dérivation du fleuve sans difficultés pendant la période de la construction du barrage;

- Il est possible d'exécuter les travaux au lit mineur du fleuve en quelques étapes. La hauteur des batardaux dans ce cas peut rester relativement modeste;

- mais, le volume du barrage au site de Gouïna est beaucoup plus grand que celui de Galougo /voir, le croquis No. I8/.

Le choix du site optimum ne peut être fait que sur la base de la comparaison de deux variantes selon leurs caractéristiques techniques et économiques après une étude et une reconnaissance détaillée sur place. Le barrage au site de Galougo, dont la longueur de crête est de l'ordre de 1.300 m, conduit à la division du tronçon utilisable du fleuve en quatre paliers:

- Le palier supérieur est celui de Galougo. Il est suivi en aval par le palier de Gouïna, dit "petit" palier dont la hauteur de chute utilisable est de 21-22 m y compris 6 ou 7 m de dénivellation du fleuve entre le site du barrage de Galougo et la chute du Gouïna et de 15 m due à la différence de niveaux sur la chute de Gouïna elle-même.

De la sorte, la hauteur de la chute totale utilisable sur ces deux paliers est la même qu'au palier unique de la variante avec un grand barrage au site de Gouïna, mais la productivité énergétique serait un peu plus basse.

Le palier de Gouïna dit "petit" peut être envisagé soit comme la centrale avec la dérivation courte à l'aide d'un canal d'écoulement libre, qui "by-passe" la chute d'eau, soit comme un barrage-usine, dont tous les ouvrages seraient situés en aval de la chute d'eau en formant le front uni.

La largeur du lit mineur du fleuve à ce site aval est d'ordre de 400 m.

En aval de la chute de Gouïna, la pente longitudinale du fleuve ne dépasse pas 0,00015; le lit mineur est large, les rives sont basses. Il n'y a plus de site convenant à un barrage sur le tronçon du fleuve jusqu'aux chutes de Félou.

La dénivellation naturelle du rapide de Félou est de 14 m. Si l'on ajoute celle-ci à la dénivellation du fleuve sur la partie du cours entre Gouïna et Félou, la hauteur de chute totale du tronçon en cause serait de 26 m.

Cette hauteur de chute pourrait être utilisée avec l'efficacité seulement dans le cas de la présence d'un grand barrage-reservoir du palier supérieur. C'est-à-dire, le palier Félou doit être envisagé comme un palier énergétique supplémentaire.

On peut examiner aussi deux variantes de l'implantation des ouvrages: celle de la centrale de dérivation avec le canal d'amenée "by-passant" des chutes sur la rive droite ou sur la rive gauche, et celle avec le barrage-usine en aval des chutes de Félou.

Quelle que soit la variante choisie, la cote de la retenue normale due aux conditions de relief ne devrait pas dépasser 51 m, ce qui mènera à la perte de la hauteur de chute utilisable de l'ordre de 5 à 6 m.

En aval des chutes de Félou, le plan d'eau pendant la période d'étage est proche de 30 m. La hauteur de chute

dûe à la pente du fleuve de Félou jusqu'à Kayes n'est que de 3 m.

Pour un palier aval suivant le site le plus favorable grâce à son étroitesse se trouve au voisinage de Bakel à 29 km en aval de l'embouchure de la rivière Falémé, c'est-à-dire en dehors du territoire de la République du Mali.

La cote de la retenue normale du palier de Bakel ne devrait pas dépasser 27 à 28 m, pour éliminer le risque des inondations importantes à Kayes, au village d'Ambidédi et dans d'autres localités.

Cette exigence conduirait à la rupture de la jonction des biefs et à la perte de 3 m de la hauteur de chute. Cette dernière utilisable pour la centrale de Bakel serait donc environ 6 m.

De la sorte, la mise en valeur du cours supérieur du fleuve Sénégal pour la houille blanche soit en trois soit en quatre paliers, serait liée avec deux ruptures de niveau à la jonction des biefs: l'une de 6 m se trouverait entre les paliers de Gouina et de Félou; l'autre de 3 m entre ceux de Félou et de Bakel.

La rupture supérieure pourrait être éliminée ou du moins réduite après l'étude plus approfondie. Il faudrait examiner la possibilité de la création d'un petit palier intermédiaire avec la charge d'eau de 6 à 7 m ou, peut-être, de surélever la retenue normale du bief de Félou.

On peut penser que du point de vue d'économie purement énergétique l'utilité d'un tel palier supplémentaire est douteuse. Toutefois, combiné avec la prise d'eau pour l'irrigation il pourrait être justifiée.

L'élimination de la rupture de niveau entre les biefs de Félou et de Bakel ne serait apparemment pas possible

Les caractéristiques des niveaux des variantes examinées de la mise en valeur du Haut-Sénégal sont les suivantes:

Nom de l'aménagement	Emplacement du site de barrage	Cote de la retenue normale, m	Cote d'eau en aval du barrage, m	de l'usine, m	Chute disponible brute en m
I. VARIANTE DE TROIS PALIERS					
<u>République du Mali:</u>					
1. Centrale de Gouïna	I30 à 200 m en amont de la chute de Gouïna	I30	69,3	56,6	73,4
2. " de Félou	I20 à I50 en amont de la chute de Félou	5I	44	30	2I,0
<u>République du Sénégal et de la Mauritanie</u>					
3. Centrale de Bakel	Près du village Bakel	27	I8,4	I8,4	8,6
II. VARIANTE DE QUATRE PALIERS					
<u>République du Mali:</u>					
1. Centrale de Galougo	2,1 km en aval de la gare Galougo	I30	78,3	78,3	5I,7
2. " de Gouïna-petite	I00 à I80 m en amont de la chute de Gouïna	78	69,3	56,6	2I,4
a/ de dérivation					
b/ du barrage-usine	I,3 km en aval de la chute de Gouïna	78	56	56	22
3. Centrale de Félou	I20 à I50 m en amont de la chute de Félou	5I	44	30	2I
<u>Républiques du Sénégal et de la Mauritanie</u>					
4. Centrale de Bakel	Près du village Bakel	27	I8,4	I8,4	8,6

En aval de Bakel le fleuve Sénégal ne présente pratiquement aucun intérêt du point de vue de la production de l'énergie électrique.

Dans les rapports de la M A S on trouve les indications sur l'utilité de la construction du barrage près de Salde, dit "barrage No.2", dont la destination serait l'amélioration des cultures de décrue dans la partie amont de la Vallée du Sénégal. A côté de ce barrage, dont l'intérêt devrait être prouvé, pourrait être construite une usine hydroélectrique de puissance installée de l'ordre de 12 à 15 mille KW. Pendant la crue cette centrale perdrait sa charge d'eau et ne fonctionnerait pas. Apparemment une telle installation n'aurait pas d'intérêt pratique.

C. Description brève des centrales hydroélectriques sur le fleuve Sénégal

I. L'aménagement de Galougo

A 2100 m à l'aval de la gare du chemin de fer Galougo, la Vallée du fleuve est sensiblement plus étroite qu'à Gouïna. C'est à cet endroit qu'il a été proposé de situer le barrage et l'usine de Galougo. On se trouve ici dans les mêmes formations gréseuses et schisteuses qu'à Gouïna. Sur les deux rives abruptes ces roches affleurent. Par contre, sur les plateaux des rives elles sont recouvertes de terrains meubles, vraisemblablement de faible épaisseur. Le lit mineur du fleuve a une largeur de 200 m et sa profondeur est d'environ 20 à 30 m. En amont, la vallée du fleuve s'élargit brusquement jusqu'à 1200 m et sur les deux rives on peut observer l'apparition des terrasses d'une hauteur de 20 à 30 m. Les pentes des talus des deux rives sont à fortes, l'ordre de 1:1 à 1:1,5.

Dans ces conditions géologiques on peut édifier des barrages en béton et en enrochements. Nous avons examiné la variante du barrage en enrochements avec le noyau d'étanchéité vertical. Cette digue pourrait être construite au delà des batardaux. Un chenal de dérivation provisoire, dont la largeur serait d'environ 100 m et la profondeur de 20 à 25 m, devra être creusé sur la rive droite. Les déblais rocheux extraits du chenal pourraient être posés dans la digue sur la même rive.

L'ouvrage d'évacuation des crues en béton se situera dans le chenal. Cet ouvrage devrait être construit en quelques étapes successives. Pendant la période de la construction, il serait nécessaire d'assurer le passage à travers l'ouvrage des débits de crues très importants: jusqu'à 6.600 m^3 par seconde.

L'aménagement de Galougo par son importance doit être classé selon la classification adoptée à l'URSS comme un ouvrage de 2e classe.

Cela suppose que son ensemble des ouvrages d'évacuation des crues doit assurer le passage éventuel d'une crue catastrophique dont le débit dans les conditions naturelles serait de $10.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

La fréquence d'une crue aussi exceptionnelle serait d'une fois tous les 1.000 ans (la probabilité - 0,1%).

La retenue offrirait la possibilité de transformer ce débit en $7.600 \text{ m}^3/\text{s}$, dont le passage sera assuré par les ouvrages suivants: le déversoir - $4.000 \text{ m}^3/\text{sec}$.; l'évacuateur de fond $3.400 \text{ m}^3/\text{sec}$.; l'usine - $200 \text{ m}^3/\text{sec}$.

On pourrait faire bénéficier l'évacuateur de fond pour donner en aval les lachures exigées par les cultures de décrue pendant la période du plan d'eau bas dans la retenue.

La capacité d'évacuation de l'usine adoptée dans les calculs est très modeste ($200 \text{ m}^3/\text{sec}$.), car pendant la pé-

riode initiale de l'exploitation de la centrale une partie seulement des groupes seraient mis en service.

Pour diriger l'eau dans le chenal de dérivation provisoire il faudra construire un batardeau de 30 m de hauteur, qui ferait plus tard partie du corps de la digue. Pendant l'étape initiale de l'exécution des travaux, on pose la fondation de l'ouvrage d'évacuation en béton au fond du chenal. Au stade suivant on construit cet ouvrage, qui est couronné par le déversoir. Pendant la période de la construction les ouvertures de fond assurent le passage des débits du fleuve dérivé. Après le passage de la dernière crue elles seront fermées partiellement et reconstruites. Leurs nombres (14) et leurs dimensions (4,0 m x 2,5 m) assurent le passage des débits, exigés par l'irrigation et les cultures de décrue.

Le barrage en enrochements, qui ferme le reste du profil en travers du site, est du même type, qui est envisagé pour le site de Goufina. La charge d'eau créée par ce barrage serait inférieure à celle-ci de Goufina de 6,5 m, mais la hauteur totale de la digue due à la plus grande profondeur du lit est presque la même qu'au site de Goufina.

Le succès de la construction de cet aménagement dépendra de la qualité des sables locaux qui seront employés dans le noyau du barrage en enrochements.

Selon les calculs approximatifs, le volume total de ce barrage serait de 4,3 millions de m³ y compris le volume du noyau, de 0,55 millions de m³.

L'usine devrait être située sur la rive gauche, car sur cette rive se trouvent la voie ferrée et la route et que se placerait l'ensemble des installations du chantier.

La prise d'eau et les conduites forcées seraient des mêmes types que ceux envisagés pour le site de Goufina.

2. L'aménagement de Gouïna, dit "Petit"

a) La variante avec l'usine placée à côté du barrage

Le lit mineur du Sénégal au site situé à la distance de 1,3 km en aval du seuil de Gouïna, est serré entre deux massifs rocheux aux falaises escarpées.

La largeur du site au fond du lit ne dépasse pas 180 à 200 m. Le plateau de la rive droite se trouve à l'altitude de 95 à 100 m, celui de la rive gauche n'atteint que 80 m, c'est qui détermine la cote de la retenue normale de 78 m au maximum. Cette cote de la retenue normale fera une bonne jonction avec le bief aval de l'aménagement de Galougo, dont le plan d'eau aurait la cote de 76 m.

Le site indiqué présente des conditions très favorables à la construction d'un barrage en béton avec l'usine hydro-électrique à son côté, en créant ensemble le front de la charge d'eau.

Pendant la période de l'exécution des travaux il faudrait batarder le site par fractions, c'est qui occasionnerait certaines difficultés, compte tenu de l'étroitesse du front d'eau. Peut être, serait-il nécessaire de permettre l'inondation temporaire de la fouille en envisageant les mesures en conséquence dans le programme d'exécution des travaux.

Le défaut de ce site consiste dans la fissuration extrême des roches gréseuses, c'est qui exigera un déblayage important et des travaux de cimentation d'un volume considérable à la base du barrage.

Il faut s'attendre aussi à ce que la profondeur du fleuve au site serait importante.

La charge d'eau et les débits turbinés sont les mêmes dans cette variante de l'aménagement que pour la variante avec la dérivation courte, by-passant du seuil de Gouïna.

Ce fait permet d'admettre les mêmes caractéristiques principales de l'usine hydraulique pour ces deux variantes.

b) La variante de dérivation avec le canal court

Cette variante peut être appelée "la variante de dérivation" sous certaines réserves, car la longueur des ouvrages d'amenée, by-passant le seuil de Gouïna est modeste.

Sur la rive gauche le barrage fermerait la large terrasse du lit majeur à l'amont de la chute de Gouïna. La longueur du barrage à la crête est de 1.250 m. La charge d'eau crée par ce barrage n'est que 9 m. La hauteur totale de la section la plus profonde est de 14 à 15 m. La capacité de l'évacuateur de crue situé au lit mineur du fleuve doit être calculée pour le passage de 7.600 m³/sec.

L'usine hydroélectrique se situerait en aval du seuil sur la rive gauche.

L'évacuateur de crue est flanqué sur chaque côté par les parties du barrage en enrochements avec un noyau incliné en argile courte (ou le sable à granulométrie fine).

Le canal de fuite à l'aval de l'usine, ayant la longueur de 250 m et la profondeur de 6 à 7 m, permettra d'accroître la charge d'eau utilisés par des turbines encore sur 3,5 m.

3. L'aménagement de Gouïna dit "Avec un grand Barrage"

Les caractéristiques générales du site et de l'aménagement, ainsi que la description des ouvrages de celui-ci sont exposées dans un chapitre spécial de la présente étude.

4. L'aménagement de Félou

En 1928 fut construite au site de Félou une petite centrale hydroélectrique du type de dérivation ouverte et

sans un barrage. Sa puissance installée n'est que de 550 kW, le débit calculé est de $5 \text{ m}^3/\text{sec}$. et la charge d'eau est d'environ 14 m. La longueur du canal d'aménée est de 800 m.

Pendant la période du passage des crues fortes la charge d'eau diminue jusqu'à une valeur négligeable par suite de la montée du plan d'eau dans le bief aval. Mais pendant la saison d'étiage la centrale s'arrête aussi à cause de la faiblesse du débit.

Une centrale hydroélectrique nouvelle, ayant la puissance assez importante, pourrait être construite au même site mais elle exigerait la construction d'une prise d'eau avec un barrage.

On adopte que la cote de la retenue normale du bief de Félou selon les conditions du relief ne serait élevée que jusqu'à 51 m, c'est qui correspondrait à la montée du niveau d'étiage 6 m pendant la crue naturelle.

Nous avons envisagé la variante de l'aménagement de Félou du type de dérivation. Le canal d'aménée serait tracé sur la rive gauche. Sa partie aval et le bassin de mise en charge exigeraient des endiguements considérables.

Le creusement du canal d'aménée sur la rive droite serait compliqué par des difficultés non moindres, car la partie proche à l'extrémité aval du canal d'aménée, les conduites et l'usine se situeraient sur les parois d'une haute falaise.

Le débit maximum pour le calcul de l'évacuation de crue est pris égal à $7.600 \text{ m}^3/\text{sec}$. Ce débit pourrait être évacué avec la hauteur de la nappe diversée de 8 m, c'est qui donnerait le débit spécifique sur la crête du versoir de l'ordre de $40 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$ linéaire. Le front total d'évacuation d'eau exigé serait d'environ 200 m.

Au stade suivant de l'étude la variante de l'implantation du barrage-usine de Félou au site situé d'environ 2 km en aval du seuil, devrait être examinée. Dans ce cas, la longueur de la crête du barrage se réduirait à 400 m, la charge d'eau sur le barrage augmenterait d'environ 14 m. La hauteur totale du barrage, compte tenu la grande profondeur du fleuve, serait, de 35 m environ.

La visite rapide des rives gauche et droite au voisinage du site a montré que la cuvette du fleuve est formée par des grès silicieux précambriens assez durs mais affectés de diaclases verticales, qui coupent les roches en deux directions principales: de Nord-Ouest et de Nord-Est.

Sur la rive gauche on voit bien une zone de broyage qui s'allonge sur environ 200 m parallèlement à la berge et qui a une largeur de 100 m. Les rives du fleuve sont chargées d'éboulis qui contiennent parfois des blocs de grès de 10 m³ de volume.

Dans les zones d'appui du barrage il est nécessaire de faire des dérochements d'un volume considérable de 20 à 25 m de pénétration dans les grès fissurés. A la base du barrage devra être exécuté un volume appréciable de travaux de cimentation pour établir un voile d'étanchéité.

Avec une cote de retenue normale de 51, et celle du bief aval de 30 m, l'usine hydroélectrique de Félou utiliserait la chute brute presque égale à la chute de l'aménagement de Goulna, dit "petit".

C'est pourquoi on peut admettre les caractéristiques chiffrées de la centrale de Goulna "petite" également pour la centrale hydraulique de Félou.

5. L'aménagement de Bakel

La construction de l'aménagement de Bakel avec la cote de la retenue normale de 27 m pourrait être justifiée

ensuite de la création d'un barrage-reservoir sur le Haut-Sénégal. La destination de cet aménagement serait purement énergétique. Il pourrait intéresser les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie, dont les ressources énergétiques sont limitées. La centrale hydroélectrique de Bakel assurerait la production de l'énergie en qualité de 150 millions de KWh. Sa puissance installée serait de 30 mille KW.

Mais, pendant le passage des crues fortes le plan d'eau en aval du barrage s'élèverait et la centrale risquerait d'être hors de service. C'est pourquoi il faut prévoir la nécessité de compenser sa puissance perdue. On pourra probablement, réaliser cette compensation, en installant un groupe supplémentaire à la centrale de Gouina.

Le site du barrage à Bakel se trouverait au point où la vallée du fleuve Sénégal est la plus étroite dans la région. La longueur de la crête du barrage pour la retenue normale, fixée à la cote 27 m ne dépasserait pas 680 m. Cette "gorge" se situe sur les affleurements de quartzites solides mais diaclasés. La construction d'un barrage dans ces conditions exigerait l'exécution d'un dérochement important sur les appuis et un voile de cimentation profond à la base du barrage.

Ultérieurement il conviendrait de prêter attention à la reconnaissance géologique plus détaillée de la région du site et à l'étude hydrologique du fleuve.

Ci-après on trouvera les caractéristiques principales et les indices énergétiques des centrales hydroélectriques sur le fleuve Sénégal.

Centrale hydroélectrique	Débit de cal- cul en m ³ /s	Chute brute, en m	Puis- sance in- stallée en mil- le de KW	Productivité de l'énergie en mil- liards de KWh	Garan- tie	Moyenne inter- annuelle
<u>La République du Mali:</u>						
de Galougo	650	52	230	1,35		1,60
de Gouina "petite"	600	22	100	0,61		0,70
de Gouina "grande"	650	74	340	2,00		2,50
de Félou (combinée avec celle de Ga- lougo)	650	21	100	0,55		0,65
"-" (combinée avec celle de Goui- na "grande")	700	21	110	0,58		0,70
Au total dans la partie du Mali	-	-	450	2,58		3,20
<u>Les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie:</u>						
de Bakel	900	5,6	30	0,13		0,15
Total à la cascade	-	-	480	2,71		3,35

D. Les considérations préliminaires sur l'utilisation
énergétiques des confluent du Sénégal

I. La rivière Bafing

La tâche principale, de laquelle dépend l'efficacité de la mise en valeur des ressources du Bafing comme pour le

fleuve Sénégal est de trouver un site, dont les conditions sont favorables à la création d'un barrage-réservoir.

La vallée du Bafing est généralement large. C'est seulement au voisinage du village Manantali que la vallée se rétrécit jusqu'à avoir la largeur de 1.500 m au fond du lit.

Grâce à la forme en U du profil en travers de la vallée, la largeur de celle-ci à la côte, située 100 m plus haut, reste pratiquement la même.

Selon les calculs, faits par Mr.V.IVANOV, Ingénieur Hydraulicien de Bulgarie, le volume d'eau total accumulé dans la retenue, crée par un barrage de 46 m de hauteur, serait de 4 km^3 , dont 3 km^3 constitueraient la réserve utile.

L'apport annuel moyen dans le site du barrage examiné est de 6 km^3 ; la puissance installée de la centrale serait de 60 mille KW et la production de l'énergie électrique de 420 millions de KWh.

La région de l'emplacement du barrage se trouve à une distance de 60 km de la voie ferrée, dans une zone peu peuplée. Probablement l'on pourrait trouver au voisinage du site les carrières de pierre convenant aux enrochements. Le volume du barrage en enrochements serait de 3,5 millions de m^3 . Mais ce qui constituerait le problème principal serait de trouver pas loin du site de bons matériaux pour le noyau d'étanchéité. Juste à l'aval de ce site du barrage, la rivière Bafing entre dans la zone des rapides. La dénivellation naturelle sur le tronçon de la rivière de 9 km de longueur atteint 25 m, dont 7 m pour la zone du remous de l'eau du bief amont de Goufina (avec la retenue de ce barrage fixée à la côte 130 m).

Si l'on devait construire un barrage avec une charge d'eau de 10 à 12 m à l'extrémité amont du tronçon de rapides l'on pourrait établir un canal d'irrigation d'écoulement libre sur la basse rive droite de la rivière. Ce canal des-

servirait une surface de terre irrigables de 4 à 5 mille ha, situées dans la zone de la grande boucle du Sénégal entre les villages Madina Goungou et Bakouroufata.

La retenue de Manantali améliorerait aussi le régime d'exploitation de l'aménagement de Goufna.

2. La rivière Bakoy

Sur cette rivière l'on envisage de bâtir un barrage de 45 m de hauteur, situé à une distance de 20 km de la gare de Kiélikebafata. La retenue, créée par ce barrage, accumulerait 3 km³ de l'eau, dont la réserve utile serait de 2,2 km³. L'écoulement annuel moyen de la rivière est de 3 km³. La longueur de la crête du barrage proposé serait de 700 m, c'est qui donnerait un volume d'enrochements dans le corps du barrage relativement modeste - 1,7 millions de m³.

Comme précédemment le problème principal serait de trouver des carrières de matériaux convenant au noyau et ceux pour les enrochements.

A côté de ce barrage-réservoir on pourrait prévoir l'emplacement d'une usine hydraulique avec une puissance installée de 50 mille KW et la production annuelle d'environ 250 millions de KWh. Cette centrale serait utile à la couverture des besoins en énergie de la ville de Bamako, dont la distance de l'aménagement ne dépasserait pas 200 km, ainsi que pour l'électrification du chemin de fer.

En aval de cet aménagement peut être proposée une cascade de trois barrages-usines. Il serait raisonnable d'envisager pour le palier inférieur de cette cascade une solution en forme de l'aménagement de dérivation. C'est qui permettrait d'utiliser la dénivellation naturelle de la rivière assez importante (22 m sur le tronçon de 10 km).

Ce serait également raisonnable, d'implanter le barrage de ce palier au voisinage de l'embouchure de l'affluent

du Bakoy - la rivière Baoulé. Cette question devrait être examinée au stade ultérieur de l'étude.

On peut de même envisager d'utiliser le canal de dérivation pour les objectifs de l'irrigation. La retenue normale correspondante serait de 167 m; la cote de la crête du barrage - 170 m; la longueur de la crête atteindrait 2.250 m et la hauteur maximum du barrage serait de 20 m.

Le canal de dérivation serait tracé sur la rive gauche dont le relief est très calme. La zone, limitée d'un côté par le canal et de l'autre par la rivière, couvre la surface de 2 à 2,5 mille d'ha de la savane ordinaire. Cette zone pourrait être arrosée soit par le système des canaux - distributeurs partants du canal de dérivation, soit par un autre canal adducteur, tracé parallèlement au premier.

Le canal de dérivation, dont la longueur serait de 12 km, pourrait alimenter en eau deux centrales hydroélectriques de la puissance installée de 25 mille de KW chacune. La chute sur les turbines de chaque centrale serait de 17 m. La production de l'énergie annuelle réunie serait de 300 millions de kWh.

Les caractéristiques données plus haut sont attribuées au cas de la régularisation des débits de la rivière par un barrage-réservoir situé en amont déjà cité.

E. Les conditions d'exécutions des travaux

I. Les voies d'accès

Le chemin de fer Dakar-Niger tracé le long du fleuve Sénégal sur sa rive gauche ne s'éloigne du fleuve que de 10 km au maximum. La possibilité d'utiliser cette voie ferrée pour le transport des chargements importants vers des chantiers ne poserait pas de problème, compte tenue la capacité de transport de la voie ferrée.

A l'aval de chaque site des aménagements projetés sur la même rive gauche l'on peut trouver les terrains convenant selon les conditions du relief et les surfaces pour y placer des installations du chantier.

Il y a pas pratiquement la route automobile le long du Sénégal, à l'exception un court tronçon de 15 km entre Kayes et la région de la chute de Félou. La construction d'une telle route le long du Sénégal ayant en vue seulement les besoins des chantiers des barrages n'est pas justifiée. Apparemment, il ne serait pas non plus nécessaire de construire des tronçons de la voie ferrée d'accès de la voie principale vers les chantiers, sauf pour le site Gouïna, à travers lequel on tracerait le passage de la ligne nouvelle du chemin de fer contournant la zone de la retenue, si l'on adopte la variante de la dérivation rive droite. Dans ce cas, il serait raisonnable de créer le tronçon d'accès, dont la longueur est de 12 km pendant la période des travaux préparatoires.

Tous les chantiers ne seront reliés à la voie du chemin de fer que par des routes d'accès.

La voie ferrée existante s'approche au site de Galougo à la distance de moins de 1 km. Pendant la période de la construction de cet aménagement, la partie existante de la voie devrait être laissée pour servir comme un embranchement vers le chantier.

2. Alimentation en énergie électrique des Chantiers

A l'heure actuelle il n'existe qu'une seule centrale électrique dans la partie occidentale du Mali, notamment celle de Félou. Cette usine hydroélectrique, ayant la puissance installée de 550 kW seulement et étant située à une distance de 70 km de la chute de Gouïna, ne peut être en-

visagée comme source d'énergie électrique utilisable pour les besoins d'un grand chantier du barrage, dont la demande serait d'au moins 5 mille KW. Ce chiffre est avancé dans la supposition, que tous les engins de construction importants travailleraient sans faire appel à l'électricité et utiliseraient des carburants liquides.

Etant donné qu'il ne serait pas indiqué d'élargir l'usine de Félou, car celle-ci est hors de service lors des périodes de crues fortes comme à l'étiage, la seule solution commode serait de construire à proximité du chantier une installation électrique provisoire, équipée avec des groupes diésel, dont la puissance totale serait celle citée plus haute.

Les matériaux de construction locaux

La République du Mali ne produit pas de bois de construction. Ce fait entrainera des difficultés lors de l'exécution des travaux et engendrera la nécessité d'utiliser, en limitant les besoins en bois, les constructions spéciales:

- des éléments en béton et en béton armé préfabriqués;
- des grands blocs et dalles en béton utilisés à la place des coffrages, etc.

La vallée du Sénégal n'est pas riche en matériaux de construction locaux. Il y manque le gravier, le gravillon, les sables et les matériaux plus fins utilisables pour la construction des éléments d'étanchéité du barrage en enrochements.

On obtiendra probablement, les agrégats du béton nécessaires par le concassage des grès, dont la résistance mécanique est très élevée. On pourra, sans doute, obtenir de ces grès les graviers et les enrochements de bonne qualité.

A l'avenir, il serait nécessaire de prospector soigneusement les carrières des agrégats le long de la cuvette du Sénégal jusqu'à Ambidédi. Le transport des agrégats par chemin de fer, dont la capacité de transport n'est pas épuisée, pourrait être plus efficace de point de vue de l'économie des moyens que le concassage des grès, même au cas des distances importantes et de la nécessité du lavage des agrégats.

Il faudra prospector aussi pour les matériaux d'étanchéité car les alluvions du type de sable fin, probablement, disponibles au voisinage du site de Gouïna, montrent le coefficient de la perméabilité très élevée (d'ordre de 0,5 m par jour). L'utilisation de ces matériaux pour le noyau du barrage en enrochements exigera leur traitement spécial (la bituminisation, l'injection d'argile colloïdale etc. ...), c'est qui occasionnera les dépenses supplémentaires importantes.

Dessalage de l'embouchure du fleuve

Actuellement l'eau de mer se repand vers l'amont sur le cours du fleuve Sénégal au moins à 200 km de la côte. Ce phénomène se développe par suite de la faible pente de la surface d'eau libre et de grandes profondeurs du cours inférieur du fleuve. La plus grande pénétration de l'eau de mer a lieu pendant les hautes marées qui atteignent 1,5 à 2,0 m, les plus faibles débits du fleuve, qui tombent parfois jusqu'à zéro.

Il en résulte que les délais de l'utilisation d'eau pour l'irrigation dans le delta sont limités par les périodes des crues, quand les débits importants du fleuve ne permettent pas à l'eau de mer de se repandre vers l'amont.

Les localités situées le long du fleuve Sénégal, aussi que la ville de Saint-Louis, éprouvent de grands difficultés dans l'alimentation en eau douce.

Le barrage-réservoir de Gouïna permettra d'obtenir des débits minima garantis du fleuve égaux à $270 \text{ m}^3/\text{s}$, au premier stade de l'exploitation du barrage et $420 \text{ m}^3/\text{s}$ par la suite. Ces débits sont insuffisants pour mettre définitivement fin à la pénétration d'eau de mer dans le delta. Cependant, selon les calculs approximatifs, la zone de la pénétration de l'eau de l'océan diminuera de 50-60 km au moins.

Ainsi, la construction du barrage de Gouïna fera sentir ses effets positifs dans le dessalage du delta et dont il conviendrait de tenir compte lors dans les jugements sur l'efficacité du barrage.

Lutte contre les inondations

Les années de grandes crues sont marquées par submersion de vastes territoires dans la vallée du fleuve Sénégal, surtout dans son cours inférieur.

En 1953 les eaux ont envahi plus de 500 mille hectares de terres en comparaison aux 370 mille hectares inondés pendant les crues moyennes.

Dans les limites du territoire du Mali, les plus grands désastres ont eu lieu aux environs de Kayes. Toutefois, les documents étudiés ne permettent pas d'établir le montant des dégâts provoqués par les inondations, en unités pécuniaires ^{et} indices d'autre nature dans les limites du Mali, ainsi qu'au Sénégal ou en Mauritanie.

Les questions relatives à l'amortissement des crues fortes ont été insuffisamment étudiées par M.A.S.

Le rapport de la Mission de M.M. A.COYNE et J.BEL-LIER indique que pour atteindre ce but, il faut disposer dans la retenue du Haut-Bassin d'un volume supplémentaire, de 2 km³. En outre il est indiqué également que les charges supplémentaires dues à ce volume seront compensées sans aucune doute par les effets, de la diminution des inondations.

Selon les calculs, c'est la retenue de Gouïna qui doit assurer les meilleurs résultats, ce qu'on peut voir du tableau joint:

La fréquence de dépassement %	Le débit maximum dans les conditions naturelles à Gouïna et à Bakel m ³ /sec	Les débits maxima transformés m ³ /sec		
		à Gouïna	à Bakel	à Dagana
0,1	10.000	7.600	8.800	-
0,5	8.150	6.400	7.300	-
1,0	7.750	6.100	6.900	5.500
5,0	6.600	5.200	5.900	4.600
10,0	6.000	4.700	5.300	4.100
25,0	5.000	4.000	4.500	3.100

Comme on peut voir, les débits bas peuvent être transformés en débits moyens mensuels de la fréquence de dépassement conforme.

Au site de Bakel l'influence de la transformation des crues maxima sera moins importante qu'à celui de Gouïna, à cause de l'apport lateral. On a pris la dimension probable de l'écêtement de débits maxima transformés à Dagana differeront pratiquement peu des débits maxima dans les conditions naturelles.

Les données du tableau ci-dessus témoignent du fait que la retenue de Gouina influera considérablement sur la diminution des désastres dus aux inondations sur les territoires du Mali et surtout du Sénégal et de la Mauritanie.

Les résultats économiques dus à la diminution de ces désastres devront être précisés au cours des études prochaines et, certainement, doivent être pris en considération lors de la détermination de l'efficacité de l'aménagement.

Les calculs de la balance d'eau indiquent que le volume de la crue de 2 km^3 peut être absorbé par le prisme de réserve au dessus de la cote 130 m.

La courte durée du pic de la crue, qui ne dépasse pas 10 jours permet de diminuer pour cette période le surélévement de la crête de l'ouvrage au dessus du plan d'eau maximum de 4,0 à 2,5 m. Selon ce schéma de la transformation de la crue, il n'exigera pas des investissements supplémentaires dans l'aménagement.

Les propositions de la M.A.S. concernant l'endiguement du lit du fleuve Sénégal de Bakel jusqu'à l'embouchure n'assurent pas de défense sûre contre l'inondation et ne présentent pas intérêt, car cet endiguement exige un grand volume de travaux qui doivent être exécutés sur une longueur de 1.500 km et un système compliqué d'installations spéciales.

Il est vrai que la destination essentielle de ces digues de protection était de simplifier le système d'amenée de l'eau sur les terrains arrosés, parce qu'elles assurent le passage des crues avec des niveaux élevés.

LA REGULARISATION DU DEBIT DU FLEUVE SENEGAL

Principes généraux

Le fleuve Sénégal ainsi que ses affluents s'assèchent pratiquement chaque année du mois de mars au mois de mai inclusivement. Du janvier au février les débits du Sénégal tombent jusqu'à 10-25% des débits moyens. Dans de telles conditions, l'utilisation systématique et suffisamment complète des ressources d'eau sans régularisation du débit n'est pratiquement pas possible.

Dans le milieu naturel, ce sont les sites de Gouïna et de Galougo qui conviennent le mieux à l'emplacement d'un haut barrage-réservoir.

Dans ces sites les débits sont pratiquement les mêmes et le barrage-réservoir construit en amont de ceux-ci contrôlerait 82% des apports du fleuve Sénégal passant à Bakel, c'est-à-dire qu'il permettrait de réaliser à condition qu'il ait un volume suffisant la régularisation amplement suffisante du débit du fleuve Sénégal.

La réalisation de la régularisation annuelle du débit au site de Gouïna avec la probabilité de l'assurance à 95% exigera la capacité utile du réservoir égale à $5,3 \text{ km}^3$.

Dans les calculs de la régularisation ont été prises en considération les pertes dues à l'évaporation sur la surface de la retenue dont la superficie atteint des dimensions importantes. Ont été utilisées les données des observations faites au bassin d'évaporation de Félou. Selon ses observations l'importance de l'évaporation est égale à 2.400 mm par an.

Pour déterminer l'évaporation de la surface de la retenue le coefficient de la réduction introduit a été de 0,8. Le taux de l'évaporation de la surface de la retenue de Gouïna serait donc de 1.900 mm par an. Celle de la surface submergé est d'environ 700 mm par an. L'évaporation complémentaire serait donc de 1.900 mm moins 700 mm = 1.200 mm par an. Cette valeur a été prise comme celle moyenne de l'évaporation complémentaire.

La valeur moyenne des pertes pour l'évaporation complémentaire qui était celle de la surface de la retenue correspondante au volume de remplissage à 80% du réservoir. Pour calculer les pertes dues à l'évaporation, la surface du fleuve n'étant pas exclue, c'est qui donne une certaine marge dans les calculs pour tenir compte des pertes non évaluées.

Le groupe des experts n'avait pas à sa disposition les courbes des volumes et des surfaces de la retenue de Gouïna exécutées par la "MAS" d'après les levés de CAP au 1/10.000 et n'avait pas non plus la possibilité de reprendre par lui-même ce travail, c'est pourquoi la courbe des volumes a été construite suivant les trois points indiqués dans le rapport de MM. COYNE et BELLIER.

C'est sur cette base qu'a été définie la courbe des surfaces de la retenue. Les experts ont admis la surface de la retenue de Galougo comme étant égale à la surface de la retenue de Gouïna diminuée de la surface entre les sites

de Galougo et de Gouïna. Les courbes des volumes et des surfaces des retenues admises sont indiquées sur le croquis No.13.

Les pertes dues aux infiltrations dans les ouvrages des aménagements ont été estimées à $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Le volume d'eau pour les besoins de l'irrigation, provenant du bief amont n'a pas été pris en considération à cause de sa valeur sans doute minime de son chiffre. Comme base hydrologique pour les calculs de la balance d'eau et d'énergie ont été prises les données sur les débits moyens mensuels et annuels du fleuve Sénégal à Bakel pour la période de 1913 à 1961 estimées pour le site de Galougo ainsi que les courbes des débits aux sites des ouvrages. L'écoulement à Galougo et à Gouïna est le même.

Le coefficient de la variation de l'écoulement annuel a été évalué comme étant égal à $C_v = 0,34$, le coefficient d'assymétrie C_s a été pris égal à $2 C_v$. Celui de corrélation entre les écoulements consécutifs a été pris égal à $r = 0,23$.

Etant donné que l'usine hydro-électrique de Gouïna sera pratiquement l'unique grande centrale dans le système énergétique de la région et qu'elle aura un important consommateur, le coefficient de charge garantie a été admis suffisamment élevé à savoir 95%.

Dans la variante du projet qui prévoit les lâchures périodiques des eaux de la retenue de Gouïna pour satisfaire les demandes des cultures de décrue dans la vallée du Bas-Sénégal le coefficient des volumes des lâchures assurées à cause de leur importance a été également admis égal à 95%.

Le volume annuel de la retenue dans le cas de régularisation annuelle, et la composante annuelle dans le cas de régularisation interannuelle, ont été déduits de l'ana-

lyse du volume annuel nécessaire correspondant aux débits garantis de la régularisation interannuelle.

Dans la variante du régime de la régularisation comprenant la création des crues artificielles dans la Vallée du Sénégal, la capacité de la retenue annuelle a été considérée compte tenu de la régularisation compensée du débit à Bakel au mois de Septembre. Les lâchures de la retenue de Gouïna complètent ainsi les débits du fleuve Félé-mé jusqu'au chiffre du débit moyen mensuel égal à $3.100 \text{ m}^3/\text{s}$.

La grandeur de la composante multi-annuelle de la capacité du réservoir en fonction du débit garanti a été déterminée pour $r = 0$ selon le graphique de M. J. PLECHKOV^{x)} (le taux d'assurance de 95%) et pour $r = 0,3$ selon le graphique de M. GOUGLY. Pour la valeur $r = 0,23$ la courbe a été obtenue au moyen de l'interpolation.

Les courbes de la capacité utile en fonction du débit garanti pour le régime de la régulation énergétique et celui du volume comprenant les lâchures sont représentées sur le croquis No. I4.

Régime énergétique de la régularisation du débit

Pour le choix de la cote de la retenue normale (R.N.) et celle du volume mort on a fait des calculs de la puissance garantie de l'usine hydraulique de Gouïna, et celle de Félou étant donné le barrage-réservoir à Gouïna avec la cote de la R.N. égale à 115-135 m aux différents volumes morts pour chaque cote de la R.N. Les calculs analogues

x) Voir M. J. PLECHKOV "Régularisation de l'écoulement du fleuve". 1961. Moscou

ont été exécutés pour l'usine hydraulique de Galougo, de Goufna, dit "petite", et de Félou étant donné le barrage-réservoir à Galougo pour de différentes cotes de la R.N. de ce dernier.

La R.N. de l'usine hydraulique de Félou a été prévue pour la cote 51 m. Le destockage dans les conditions de la régularisation journalière peut faire descendu le niveau à la cote 50,8 m.

Dans la variante comprenant réservoir de régularisation à Galougo la retenue normale de l'usine hydraulique de Goufna, dite "petite", était considérée à la cote 78 m avec le destockage possible de 0,2 à 0,4 m à la régularisation journalière.

Les variantes considérées de la R.N. compte tenu les valeurs choisies du niveau du volume mort repondent aux caractéristiques indiquées du tableau suivant:

Variante de l'emplacement du barrage-réservoir au site de Goufna					Variante de l'emplacement du barrage-réservoir au site de Galougo						
Cote de la rete-nue normal en m.	Puissance garantie des centrales, en milliers de KW				Débit garanti net en m ³ /s	Puissance garantie des centrales, en milliers de KW				Débit garanti net en m ³ /s	
	Cote du volume mort de la rete-nue	de Goufna	de Félou	Cas-cades centrales hydrauliques		Cote du volume mort m	de Galougo	de Goufna dit "petite"	de Félou		Cas-cades centrales hydroélectriques
I40	-	-	-	-	-	I22	213	82	73	368	467
I35	II5	268	72	340	455	II8	I83	78	69	330	442
I30	II0	232	66	298	416	II3	I55	70	63	288	400
I25	I05	I86	58	244	363	I08	II8	61	54	233	347
I20	I00	I52	52	204	324	I03	90	51	46	I87	286
II5	95	I02	39	I41	239	98	50	35	32	II7	I96

La puissance garantie des usines hydro-électriques de Goufina et de Galougo comme celle-ci totale des cascades continues a s'accroître d'une manière considérable à mesure que la cote de la retenue normale s'élève. En ce qui concerne le débit garanti, sa croissance se ralentit avec l'élévation de la cote de la retenue normale.

Pour la R.N. 130 m, le débit garanti de la centrale de Goufina serait de $416 \text{ m}^3/\text{s}$, et pour celle de Galougo de $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Avec l'élévation de la cote de la retenue normale le débit garanti atteint son maximum, puis diminue à cause de la croissance des pertes dues à l'élévation supplémentaire. La Mission n'a eu à sa disposition les données nécessaires pour avoir une idée de la cote de la retenue normale à laquelle le débit garanti net atteindrait sa valeur maximum. L'ordre de grandeur de cette dernière peut être dans les $500-520 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ainsi le degré de la régulation à la cote normale de 130 m avec le débit garanti net de $416 \text{ m}^3/\text{s}$ serait d'environ 80 % de la valeur maximum possible à condition que le volume du réservoir soit très important. L'utilisation des ressources en eau des affluents du fleuve Sénégal (en amont de Goufina) assurera inévitablement une meilleure régulation du débit du fleuve Sénégal et le volume utile de la retenue de Goufina pourra être plus grand que réellement nécessaire. A cause des plus grandes pertes dues à l'évaporation le débit garanti diminuera en même temps que la cote de la retenue normale s'élèvera. C'est pourquoi la tendance à un haut degré de la régulation du débit par les barrages-réservoirs de Goufina ou de Galougo ne serait pas justifiée du point de vue des perspectives de l'utilisation des ressources hydrauliques.

En outre, pour toutes les valeurs des cotes de la retenue normale considérées ont été déterminés les volu-

mes du barrage en enrochements - considéré comme ouvrage principal de l'aménagement, de même que les volumes spécifiques correspondants pour ~~1~~ MW de la puissance garantie.

La valeur minima de ces derniers s'est trouvée entre les cotes I30 et I35 m.

Bien que la cote de la retenue normale de I30 m indiquée dans les ouvrages consacrés à l'aménagement de Gouina ait été prise sans argumentation suffisante elle se présente comme proche à la cote optimum à la lumière de tout ce qui a été dit plus haut.

Les caractéristiques de la balance hydraulique et énergétique des centrales hydro-électriques dans les deux variantes du barrage-réservoir à la cote de la retenue normale I30 m sont indiquées au tableau suivant:

DESIGNATION DES CARACTERISTIQUES	Unité de me- su- re	Barrage-réservoir à Gouina			Barrage-réservoir à Galougo				
		Cent- rale de Goui- na	Cent- rale de Fé- lou	Cas- cade des cent- rales	Cent- rale de Ga- lou- go	Cent- rale de Goui- na dit "pe- tit"	Cent- rale de Fé- lou	Cas- cade des cent- rales hyd- ro- elec- tri- ques	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	
• Débit moyen	m ³ /s	666	666		666	666	666		
• Volume de l'écoulement annuel	km ³		21,0		21,0				
• Coefficient de variation l'écoulement annuel			0,34		0,34				
• Coefficient de l'assymétrie de l'écoulement annuel			0,68		0,68				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Retenue normale	m	130	51	-		130	78	51	-
6. Cote du volume mort	"	110				113			
7. Volume total de la retenue	km ³	16,5				15,3			
8. Volume mort	"	3,0				3,1			
9. Volume utile	"	13,5				12,2			
10. Coefficient de la capacité		0,64				0,58			
11. Débit garanti brut	M ³ /s	467				450			
12. Coefficient de la régulation		0,70				0,68			
13. Pertes d'eau dues à l'évaporation supplémentaire	m ³ /s	47				46			
14. Débit garanti à la navigation	"	420				404			
15. Pertes dues aux infiltrations	"	4				4			
16. Débit garanti turbine	"	416	416			400	400	400	
17. Chute moyenne nette de l'usine hydro-électrique:									
a) Fonctionnant isolement	m	69,0	-	-		48,5			
b) Fonctionnant en cascade	-	68,5	18,5	-		48,0	20,6	18,5	
18. Chute minimum pour la puissance nominale	m	62	18	-		42,	20	18	
19. Puissance garantie:	mille								
a) travail isolé	de kW	232	-	-		155	-	-	-
b) travail en cascade	-	230	66	296		153	70	63	286

	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0. Production garantie annuel de l'énergie:									
	milliards de KWh								
a) en fonctionnement isolé		2,03	-	-		1,35	-	-	-
b) " en cascade	-	2,00	0,58	2,58		1,34	0,61	0,55	2,50
1. Puissance installée									
	mille de KW								
		340	110	450		230	100	100	430
2. Débit turbiné à la chute minimum à prendre en compte (I8)									
	m ³ /s								
		650	700	-		650	600	650	-
3. Production moyenne annuelle de l'énergie dans les limites de la puissance installée									
	Milliards de kWh								
		2,50	0,70	3,20		1,60	0,70	0,65	2,95
4. Débits maxima dans les conditions naturelles:									
probabilité du dépassement = 0,1%		m ³ /s 10.000				10.000			
" " = 0,5%		" 8.150				8.150			
" " = 5 %		" 6.600				6.600			
5. Débits maxima transformés par le barrage-réservoir:									
a) probabilité du dépassement = 0,1%		m ³ /s 7.600				7.800			
b) niveau correspondant de la retenue		m 131,4				131,6			
probabilité du dépassement = 0,5%		m ³ /s 6.400				6.500			
niveau correspondant de la retenue		m 130,0				130,2			

En considération de la puissance et de la production de l'énergie prévues l'aménagement de Goufna est rangé dans l'ordre de solidité des aménagements dans la deuxième classe, selon la classification adoptée en URSS. Le volume important de la retenue constitue en cas de la destruction du barrage un danger de la submersion des points habités et des ouvrages situés sur le cours inférieur du fleuve. Il faudrait examiner le problème d'élévation de la classe de solidité de l'aménagement de Goufna au cours de l'étude à entreprendre.

Le débit à prendre en compte pour les conditions de l'exploitation exceptionnelles avec la probabilité du dépassement de 0,1% et la correction garantie est prévue égale à 10.000 m³/s.

Le débit dans les conditions normales d'exploitation a été admis avec la probabilité du dépassement de 0,5%.

Comme le modèle pour les crues à considérer a été admise la crue de 1957 prise pour la plus défavorable parmi celles dont les hydrographies ont été trouvées dans les documents à la disposition de la mission.

L'Hydrographie de la crue de 1957 et celles schématisées des crues à considérer ont été portées sur le croquis No 12.

Régularisation du débit assurant les besoins des cultures de décrues

Au stade initial de l'exploitation de la retenue de Goufna avant la mise en oeuvre de l'irrigation normale dans la vallée du fleuve Sénégal des lâchures spéciales du réservoir de Goufna devront être réalisées.

Pendant les années des crues fortes n'auront lieu que les lâchures des apports d'eau superflus.

Dans ces années il ne sera pas nécessaire de verser des débits spéciaux pour les cultures de décrue ou bien leur volume pourra être diminué en conséquence.

Selon les données de 1913 à 1961 la fréquence les débits moyens mensuels assurés au mois de Septembre à Bakel où ils sont en règle générale, les plus importants dans l'année, ainsi que les débits à Galougo établis par l'analogie avec ceux-ci à Bakel, sont représentés sur le tableau ci-après:

DEBITS ASSURES : à %	I.	5	10	25	50	75	90	95
Débits moyens mensuels en Septembre, à Bakel	7100	5950	5400	4500	3370	2400	1700	1400
" à Galougo,	5800	4900	4450	3700	2800	1950	1400	1150
" à Kidira (Falémé)	1300	1150	1050	800	570	450	300	250

En calculant le volume des lâchures nous estimons le débit de la Falémé par la différence des débits mesurés à Bakel et à Galougo en négligeant les débits de la Kolombiné et de Karakoro à cause de leurs valeurs insignifiantes.

Ainsi que montre l'étude les documents disponibles qui ont une précision suffisante pour les considérations préliminaires, on peut accepter les débits moyens mensuels à Bakel comme les débits de la durée environ un demi-mois pour une longueur allant de Bakel jusqu'à l'embouchure. Une telle durée est estimée suffisante pour saturer les sols du lit majeur au degré nécessaire pour les cultures de décrue.

En tenant compte de ce fait on a comparé les courbes de débits caractéristiques maxima mensuels et celles des

hauteurs d'eau du fleuve Sénégal dans son état naturel et régularisé en aval de Bakel.

Les conditions de la régularisation sont considérées en deux variantes: celle de la régularisation énergétique optimum et celle de la régularisation avec les lâchures pour les cultures de décrue dans le lit majeur du fleuve Sénégal en aval de Bakel.

Ainsi pour le régime de la régularisation avec les lâchures du réservoir de Gouïna on a admis que la valeur régularisée des lâchures serait assurée à 95%. Pour cela il a été supposé que les débits du fleuve Sénégal à Bakel et à Gouïna et celui de la rivière Falemé à Kidira étaient pleinement synchronés.

Il convient à noter que le débit à Bakel égale à $3100 \text{ m}^3/\text{s}$ se compose du débit de la rivière Falemé et des lâchures du réservoir de Gouïna.

Ce débit est équivalent au débit assuré dans les états naturelles du fleuve à 57%. En tenant compte des conditions de la transformation des lâchures le long du fleuve en aval de Bakel, les lâchures du réservoir seront effectuées de manière à obtenir à Bakel, pendant la première semaine du mois de Septembre le débit égal à $3400 \text{ m}^3/\text{s}$, pendant la deuxième semaine celui de $3200 \text{ m}^3/\text{s}$, au cours de la troisième celui de $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ et durant la quatrième celui de $2800 \text{ m}^3/\text{s}$. Ainsi, le débit moyen mensuel sera $3100 \text{ m}^3/\text{s}$ environ.

En partant des calculs approximatifs ont été obtenus les débits mensuels moyens régularisés à Bakel et à Gouïna en Septembre qui sont les plus importants dans l'année. Ces débits assurés à des taux différents sont portés sur le dessin No.15; ceux-ci des débits à Bakel et à Dagana ainsi que les niveaux correspondant sont consignés sur le tableau ci-dessous:

Variante de la régularisation	Lieux	Valeurs	Débits assurés à %							
			2	5	10	25	50	75	90	95
sans régularisation	Gouïna	Débits en m^3/s	5500	4900	4450	3700	2800	1950	1400	1150
	Bakel	Débits en m^3/s	6750	6000	5350	4500	3400	2400	1750	1400
		Niveaux m	23,7	23,7	23,2	22,35	21,0	19,5	18,1	17,3
	Dagana	Niveaux m	5,40	5,15	4,95	4,60	4,05	3,35	2,60	2,50
régularisation énergétique	Gouïna	Débits en m^3/s	5500	4900	3950	1300	420	420	420	420
	Bakel	Débits en m^3/s	6750	6000	5000	2150	1050	880	750	700
		Niveaux m	23,7	23,5	22,8	19,0	16,5	16,0	15,6	15,4
	Dagana	Niveaux m	5,40	5,15	4,80	3,10	1,55	1,30	1,10	1,00
régularisation avec les lâchures pour les cultures de décrue	Gouïna	Débits en m^3/s	5500	4900	3950	2250	2500	2650	2720	2850
	Bakel	Débits en m^3/s	6750	6000	5000	3100	3100	3100	3100	3100
		Niveaux m	23,7	23,5	22,8	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
	Dagana	Niveaux m	5,40	5,15	4,80	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90

La variante avec la régularisation énergétique optimum occasionne les interruptions de la submersion du lit majeur du fleuve Sénégal en aval de Bakel plus fréquentes que celles dans les conditions naturelles.

La variante avec les lâchures d'arrosage assure les cultures de décrue plus régulière que celles obtenues dans

des conditions naturelles, mais son efficacité énergétique est diminuée. Le débit garanti régularisé de l'aménagement de Gouïna s'abaisse jusqu'à $268 \text{ m}^3/\text{s}$, au lieu de $416 \text{ m}^3/\text{s}$ dans la variante de la régularisation énergétique, et la puissance de garantie tombe jusqu'à 149 mille de KW par rapport à celle de 232 mille de KW à la régularisation énergétique seule.

La production annuelle garantie de l'énergie baisse de 2,0 milliards de KWh jusqu'à 1,3 milliards de KWh et celle annuelle moyenne de 2,5 milliards de KWh à 1,6 milliards de KWh.

Après la construction d'une centrale hydro-électrique à Félou le préjudice pour la balance énergétique dû à la régularisation avec les lâchures pour les cultures de décrue s'accroîtra encore davantage. La puissance garantie de la cascade des centrales s'abaisse jusqu'à 190 mille de KW par rapport à 296 mille de KW donc le régime de la régularisation énergétique seule.

Dans la variante de l'emplacement du barrage-réservoir au site de Galougo la diminution de l'efficacité énergétique et des débits pour assurer la navigation dans la régularisation avec les lâchures sera plus considérable.

Dans ce cas le débit garanti régularisé de l'usine hydro-électrique sera de $245 \text{ m}^3/\text{s}$.

La puissance garantie de l'usine hydro-électrique de Galougo sera de 95 mille de KW contre 155 mille de KW du régime seulement énergétique de la régularisation.

En ce cas, pour alimenter l'ensemble de l'industrie d'aluminium il sera nécessaire de construire supplémentairement la centrale hydroélectrique de Gouïna, dit "petite", et celle de Felou. La puissance garantie totale de ces trois installations sera d'environ 170 mille KW.

Considérations sur le rôle des barrages réservoirs sur les affluents

I. Barrage - réservoir sur la rivière Bafing

A l'heure actuelle l'usine hydroélectrique Manantali près du village Soukoutali est envisagé comme le haut palier sur le Bafing avec une retenue considérable destinée à assurer la régularisation du débit interannuelle pour toutes les usines hydroélectriques situées au cours inférieur du Bafing. On suppose qu'à la cote de la retenue normale égale à 200 m, le volume total de la retenue sera égal à $6,33 \text{ km}^3$ et la surface de celle-ci - 358 km^2 .

Le débit moyen au site de Manantali est estimé être de l'ordre de $190 \text{ m}^3/\text{s}$. La regularisation interannuelle de l'écoulement en % peut être admise la même que celle au site de Galougo sur le fleuve Sénégal et le coefficient de variation égal à 0,34. Le niveau d'eau au bief aval au débit moyen serait égal à 163 m.

D'après la variation de la puissance garantie de l'usine hydroélectrique Manantali la cote du plan de destockage optimum est admise égale à 134 m. Dans ce cas, le volume utile égal à $4,33 \text{ km}^3$ permet d'effectuer la régularisation interannuelle du débit.

Le débit garanti avec la fréquence du dépassement moyenne de 95% pendant toute la période du destockage total du volume utile de la retenue est de l'ordre $130 \text{ m}^3/\text{s}$ et la puissance garantie est égale à 31 mille de KW. La puissance installée ainsi peut être admise égale à 60 mille KW. La production de l'énergie électrique sera égale à 270 millions KWh et compte tenu l'énergie saisonnière, d'environ de 310-320 million KWh.

En aval de l'usine hydroélectrique Manantali sur la rivière de Bafing on prévoit la création de l'aménagement

de Massakoucoto avec un volume utile moins important, qui pratiquement n'influera pas sur la régulation supplémentaire du débit de la rivière de Bafing.

La retenue de l'usine hydroélectrique de Manantali, à condition qu'on l'a construit avant de l'aménagement de Gouïna permet d'avoir le débit minimum de la fréquence du dépassement 95% au site de Kayes de l'ordre de 100 à 130 m³/s.

La retenue de Manantali augmentera le débit garanti au site de Gouïna de 420 jusqu'à 430 m³/s, et sa puissance garantie élèvera de 232 mille de KW jusqu'à 262 mille de KW c'est-à-dire en 30 mille de KW, à la cote de R.N. égale à 130 m et du niveau mort de la retenue égal à 110 m.

2. Retenues sur le Bakoy

Le calcul approximatif montre que les retenues à créer sur les rivières de Bakoy, de Baoulé et de Badinne-co selon le schéma préliminaire existant, avec le volume utile total égal à 7 km³ environ ne provoquent pas d'accroissement du débit garanti net et la puissance garantie de l'usine hydroélectrique de Gouïna.

Etant donné la retenue de Manantali avec la mise en service des retenues indiquées ci-dessus, la puissance garantie de Gouïna reste égale à 260-265 mille de KW environ et le débit garanti net - égal à 470-480 m³/s.

Dans ce cas l'effet de la régulation du débit et de la puissance de Gouïna par le volume supplémentaire des retenues du bassin de Bakoy s'amortit par croisement des pertes dues à l'évaporation de la surface de ces dernières.

3. Retenue sur la rivière Falémé

La norme du débit de la rivière de Falémé à Kidira peut être admise égale à 141 m³/s, qui est la différence

entre le débit $807 \text{ m}^3/\text{s}$ du fleuve Sénégal à Bakel et celui $666 \text{ m}^3/\text{s}$ à Galougo. On suppose que les débits des rivières Kolombiné et Karakoro se dépensent pour couvrir les pertes dans le lit du fleuve Sénégal entre Galougo et Bakel.

Le caractère de la régulation interannuelle du débit est admis suivant les données de l'Annuaire hydrologique pour l'année 1957, et le coefficient de la variation du débit annuel égal à 0.34.

L'apport de la rivière Falémé est insuffisant pour assurer au cours du mois de Septembre le débit de $3.100 \text{ m}^3/\text{s}$ à Bakel qui est nécessaire aux besoins de la culture de décrue au débit de $420 \text{ m}^3/\text{s}$ à Gouïna.

Le volume utile de 3 m^3 environ de la retenue sur la rivière Falémé dans son cours inférieur ne peut garantir que $1050 \text{ m}^3/\text{s}$ des lâchures au mois de Septembre. Pour obtenir à Bakel le débit $3100 \text{ m}^3/\text{s}$ il exigera les lâchures égales à $2050 \text{ m}^3/\text{s}$ de la retenue de Gouïna.

Si le débit de l'aménagement de Gouïna est égal à $420 \text{ m}^3/\text{s}$, celui à Bakel sera égal à $1470 \text{ m}^3/\text{s}$, dont la fréquence du dépassement est 94% dans les conditions du fleuve sans régulation.

L'accroissement du volume utile de la retenue de la rivière Falémé au delà de 3 km^3 ne provoquera pas d'augmentation considérable des débits régularisés.

Donc, la retenue sur la Falémé ne pourra pas exercer une influence considérable sur la formation des lâchures pour satisfaire les besoins des cultures de décrue du cours inférieur (et dans le delta) du fleuve Sénégal. Par conséquence cet aménagement ne pourra pas améliorer considérablement la productibilité de l'énergie de la centrale hydroélectrique de Gouïna pendant la première stade de son exploitation.

L'AMENAGEMENT DE GOUINA

Données générales

L'aménagement hydroélectrique de Gouina est situé près de la chute de ce nom à une distance de 81 Km en amont de Kayes. Dans la région du site de l'aménagement, il n'y a pas de localités importantes, sauf quelques petits villages distants de 7 à 12 km.

En amont de la chute de Gouina le fleuve Sénégal coule dans la direction Nord-Ouest et sa rive droite est plus abrupte. Immédiatement près de la chute le fleuve change peu à peu sa direction et coule vers l'Ouest. A 800 m environ en aval de la chute il change brusquement deux fois sa direction vers le Nord, puis après 1,5 km, coule de nouveau vers l'Ouest.

A deux km en aval du village Foucara le fleuve Sénégal a une largeur de 150 m à l'étiage. Au fur et à mesure que le fleuve s'approche de la chute la largeur augmente graduellement et près de la chute elle atteint 500 m environ. A 1,5 km à l'aval de la chute le lit du fleuve se rétrécit jusqu'à 150 m, puis s'élargit brusquement jusqu'à 700 m. A cet endroit que le fleuve se divise en plusieurs cours d'eau et forme de petites îles.

Le régime hydrologique du fleuve dans la région de la chute de Gouina a été étudié de 1936 jusqu'à 1957,

aves des interruptions à l'aide de deux limnigraphes, l'un à 2,1 km en amont de la chute, l'autre à 2,5 km en aval de celle-ci, de trois stations de jaugeages situées en aval de la chute et de l'axe hydrométrique à 3,3 km en avant de la chute. Depuis 1957 les débits n'ont plus été mesurés; les limnigraphes ne fonctionnent pas bien que l'équipement n'ait pas été démonté.

Une seule station de jaugeage fonctionne la N2, à 450 m en aval de la chute.

Le fleuve Sénégal près de la chute de Gouina est caractérisé par les débits d'eau suivants et les cotes des hauteurs d'eau correspondantes selon le système C A P.

DENOMINATION	DEBIT m ³ /S	Cotes des hauteurs d'eau	
		site à 130 m en amont de la chute	site à 450 m en aval de la chute
Maxima connus	pas de renseignements		
Moyenne interannuelle	666	70,50	56,75
Minimum connu	0	--	--
Débit calculé pendant la construction /probabilité du dépassement 5%/	6.600	74,00	61,75
Débit calculé avec la probabilité du dépassement 0,5 %	8.150	74,55	62,55
Le même après l'écrê- tement de la crue par la retenue	6.400	73,90	61,65
Débit calculé avec la probabilité du dépassement 0,1%	10.000	75,20	63,40
Le même compte tenu l'écrêtement de la crue par la retenue	7.600	74,35	62,30

Les conditions géologiques et géotechniques de l'aménagement ont été peu étudiées. Il existe des cartes géologiques à l'échelles de 1:2.000.000 et de 1:500.000 la dernière assez désuète et quelques sondages peu profonds jusqu'à la surface des grès, ont été exécutées sur la rive gauche du site.

Le site de l'aménagement se situe dans des roches de l'infracambrien dures quartziteuses, plongeant légèrement tout à la fois de l'aval vers l'amont et de la rive gauche vers la rive droite / l'angle de pendage environ 5°/.

Sur la rive droite ainsi que sur la rive gauche au milieu des grès formant des bancs puissants de 1 à 5 mètres, on voit des schistes argileux, très durs, d'une épaisseur de 10 à 11 mètres, situés à des cotes de 93 à 104 mètres d'altitude.

Les roches sont parcourues par le système vertical de diaclases qui peut leur conférer une perméabilité importante, s'amortissant en profondeur.

Sur les deux rives, les roches sont surmontées par des dépôts meubles dont l'épaisseur, ainsi que celle des roches altérées est à peu près de 5-6 mètres.

La couche des alluvions dans le lit du fleuve ne dépasse pas 2 à 3 m.

En aval de la chute de Gouïna s'allongent en dépôts entrecoupés des accumulations des sables fins et argileux. On peut les utiliser pour la construction du noyau du barrage. Les réserves de ces sables sont très limitées.

Ouvrages hydrotechniques

L'aménagement de Gouïna doit être constitué des ouvrages suivants:

- barrage - poids qui crée la chute de 60 m environ;

- évacuateur de crue;
- vidange de fond; pour les lâchures d'eau au cours de la construction et pour les lâchures spéciales au bief aval à l'exploitation normale;
- ouvrages d'amenée d'eau de l'usine hydroélectrique;
- l'usine hydroélectrique avec le bâtiment de service;
- canal de dérivation;
- postes extérieurs /P.E./ de 35 et de 110 KV;
- autoroute et voie ferrée sur la crête du barrage.

Les emplacements des ouvrages sont représentés sur le dessin No. 16.

Pour le choix des types des ouvrages et leur arrangement on a pris en considération tant les particularités topographiques et géologiques locales que les conditions des transports et de la construction.

L'évacuateur de crue serait situé sur la rive droite qui convient mieux pour cela à cause de relief.

Les roches dures provenant de ces travaux dont le volume serait de 2.650 mille m³ peuvent être utilisées pour les prismes extérieurs du barrage en enrochement.

D'autres ouvrages en béton seraient situés sur la rive gauche où se trouve le chemin de fer et où il existe des surfaces convenant à l'emplacement des cités ouvrières provisoires pour le personnel.

Pour l'ensemble industriel du chantier le site convenable se trouve entre le pied du parement aval du barrage et la rive droite du canal de dérivation de l'Usine Hydroélectrique. Sa surface totale est de plus de 20 hectares, cet emplacement se trouve juste au centre de tous les ouvrages principaux. L'usine de préparation du béton, située sur cet emplacement ne sera éloignée au plus que de 500 m de la plupart des objectifs en béton. Pour les Cités ouvrières provisoires et celles du personnel d'exploitation, on peut utiliser les étendues situées entre les côtes

68-80 et 100-120 m, touchant à l'Ouest d'un côté au canal de dérivation de l'usine Hydroélectrique et de l'autre à l'emplacement des postes extérieures.

L'emplacement de l'Usine Hydroélectrique elle-même a été déterminé tant par la hauteur du déstockage de la retenue et par l'emplacement de la prise d'eau que par la longueur limitée des conduites de turbine.

Dans le but de la réduction de la longueur du canal de dérivation et de l'amélioration de l'accès pour le chemin de fer, la crête du barrage doit être en la forme de courbe.

A l'avenir, après l'exécution des levés aux grands échelles, l'arrangement des ouvrages énergétiques et de la jonction du barrage de la rive gauche devra être précisé mieux.

Le canal de dérivation est tracé suivant l'axe de la dépression du terrain, ce que diminue le volume des travaux. Les déblais rocheux du canal de dérivation, de la fouille de l'usine Hydroélectrique et celle pour les conduites percées peuvent être utilisés pour la construction du barrage, lui-même.

L'axe du barrage est éloignée du bord de la chute de 131 à 200 m. Son déplacement vers le bief amont n'est pas souhaitable parce que cela amenera à l'augmentation du volume des travaux affectant l'évacuation de crue, les ouvrages énergétiques et les batardeaux de la première tour.

Ses conditions géologiques et topographiques du cite de Goufna permettent y construire le barrage de n'importe quel type. Dans les présentes études a été considéré un barrage en enrochement avec le noyau d'étanchéité central, qui convient mieux au milieu naturel local et exige la quantité minimum des matériaux onéreux et déficitaires.

Ce barrage peut être construit par les ouvriers les moins qualifiés et peut être d'un long service et exigera

des dépenses d'exploitations peu considérables ce qui serait son avantage essentiel.

Il n'y a sur place ni gravier, ni sable utilisables pour le béton de bonne qualité. Il faudra préparer le béton en concassant des grès et le sable qui devra être amené des endroits très éloignés parce que la probabilité de l'obtenir en utilisant des grès, nous semble douteuse. Etant donné toutes ces circonstances on peut dire que le béton sera très onéreux et l'avantage du barrage en enrochement en comparaison du barrage en béton est évident.

Ainsi, la possibilité de la construction du barrage en terre est exclue à cause du manque de carrières convenables de sables et de terres argileuses dans la région avoisinante de même qu'il n'est pas possible de construire le barrage en enrochement avec le noyau incliné en terre.

Compte tenu des réserves restreintes du sable à grain fin, a été envisagé un noyau du barrage du profil ramassé avec le gradient égal à environ 3. Un gradient si considérable exige certaines mesures augmentant la résistance du noyau de la construction à la suffosion.

Ces mesures seront les suivants:

- l'empregnation des sables par l'émulsion de bitume pendant le compactage;

- La création de deux côtés du noyau des zones intermédiaires suffisamment puissantes composées de trois couches des filtres inversés ;

- l'enlèvement de dessous le noyau et des zones intermédiaires des déblais des roches décomposées et fissurées puis le recouvrement de leur surface par une couche de gunite;

la création d'un écran double d'étanchéité.

L'efficacité de chacun de ces dispositifs doit être vérifiée minutieusement et confirmée par les recherches de laboratoire et sur place.

La profondeur du masque d'étanchéité a été admise égale à 0,8 de la charge sur le barrage pour la section donnée. Après les travaux d'investigation géologique du site, il sera sans doute possible de la réduire.

La galerie d'inspection devra être creusée dans les roches saines peu fissurées et sur pas moins d'un mètre.

La longueur de la crête du barrage a été fixée à 8 m sur les conditions du travail et pour faire passer le chemin de fer et la route.

Compte tenu de l'importance et du rôle du barrage pour la République du Mali ainsi que les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie, l'élévation de la crête du barrage au-dessus de la côte de retenue catastrophique est admise égale à 2,5 m; et au-dessus de celle de la retenue normale égale à 4 m.

L'inclinaison des parements du barrage est fixée avec les marges suivantes: pour celui de l'amont, elle serait égale à 1:1,55 et pour celui de l'aval, - égale à 1:1,70. Avec ces pentes et la hauteur maximum du barrage égale à 67 m, la largeur de son pied atteint 225 m.

La longueur de la crête serait de 2.050 m. Après l'obtention des données sur la forme et les dimensions des blocs, des roches dans les déblais et carrières des abattoirs à ce qui nécessitera des abatages explosifs d'essai, l'inclinaison des pentes pourra être davantage précisée.

Derrière l'appui du barrage, sur la rive droite à la côte de 120 m, sera situé l'évacuateur de crue. Il se présente comme un déversoir au seuil large équipé de 5 vannes à segments de 10,5 m de hauteur et avec la largeur de travées de 24 m.

Les vannes sont prévues avec des treuils électriques individuels avec une commande à distance installée sur les abutements.

L'évacuateur de crue est disposé dans le chenal rocheux de 30 m de profondeur ayant 136 m de largeur au fond.

Il peut restituer environ $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$ à la côte de la retenue normale de 130 m; compte tenu du débit passé à travers quatre turbines, le lâcher total serait de $6.400 \text{ m}^3/\text{s}$ c'est-à-dire que la crue passée aurait le coefficient de la fréquence du dépassement de 0,5%.

Les crues de la fréquence du dépassement 0,1 % exigeront l'évacuation vers le bief aval de $7.600 \text{ m}^3/\text{s}$, dont $400 \text{ m}^3/\text{s}$ passeront par les turbines et $7.200 \text{ m}^3/\text{s}$ par dessus de l'évacuateur de crue.

De ce fait, la côte de la retenue sera forcée sur 1,5 m c'est-à-dire jusqu'à la côte de 131,5 m.

A l'extrémité de l'évacuateur de crue est prévu un tramplin en saut de ski destiné à projeter la lance d'eau très à l'aval, pour défendre la falaise de l'érosion. De même, ont été prévues 22 vidanges de fond. Leur capacité est égale à $2.700 \text{ m}^3/\text{s}$ ce qui, avec le débit $400 \text{ m}^3/\text{s}$, passé par les turbines, donne la valeur de calcul des lâchures pour les besoins de l'irrigation en bief aval. Elle seront garanties à partir de la côte 116,0 du bief amont.

Les vidanges de fond se présentent en tuyaux métalliques placés par deux dans onze galeries et destinés à faire passer les débits pendant la période de construction du barrage.

Chacune des vidanges se terminent par deux vannes - une-principale et une - de secours.

Pour la vanne principale le diamètre prévu est celui de 2,5 m, la vanne de secours aurait la fermeture sphérique. Pour la suite, il faudra envisager le remplacement de la vanne sphérique par celle de papillon.

Le réaménagement de la galerie pour les lâchures pendant la période de construction en vidange de fond devrait être effectué pendant la période d'étiage de l'année qui précède l'année du remplissage de la retenue.

Le débit calculé de la période de construction, égal à 6.600 m³/s, pourrait être passé à travers II galeries, ayant chacune la section de 10 en 8 m, à la côte du bief amont égale à 78,5m avec la profondeur d'eau en galeries de l'ordre de 7 m à 7,5 m.

En partant de ces données la côte du batardeau amont du deuxième tour est fixée égale à 80 m / voir le Croquis No. 21/.

Les galeries de 230 m de longueur sont situées immédiatement près de la rive gauche, dans la partie la plus profonde du lit mineur. Cela permet de résoudre le plus facilement le problème de faire passer les débits pendant la période de la construction et d'organiser des travaux de la construction de la partie du barrage qui se trouve dans le lit en deux étapes, c'est-à-dire derrière les batardeaux des sections.

Les canaux d'amenée de l'aménagement seront situés sur la rive gauche à distance de 950 m de la limite du cours du fleuve à l'étiage. La prise d'eau a six orifices avec les grilles d'arrêt et les vannes montantes à action rapide.

La commande de ces vannes sera effectuée par des engins hydrauliques de levage, placés sur la crête du barrage à la cote de 134m où est situé la grue à portique qui desservira la prise d'eau et sera adopté pour débarrasser la grille d'arrêt des matières qui pourraient les obstruer. Les seuils des orifices d'admission seront installés à la cote 99 m c'est-à-dire à 16 m plus basse que celle du niveau minimum de la retenue. La hauteur des orifices étant de 7 m, la formation des tourbillons et

l'aspiration de l'air dans les tuyaux seraient évitées.

Pour créer les conditions favorables à l'accès de l'eau vers la prise d'eau, la pente de la rive devra être déblayée.

Les conduites forcées des turbines qui partent de la prise d'eau seront posées dans la galerie en béton armé à six embouchures sur 50 premiers mètres puis à l'air libre.

Les conduites ont 5,0 m de diamètre et 238 m de longueur. Cette longueur est en maximum à cause de l'élévation de la pression dans la conduite lors de la diminution de la charge.

Les conduites se terminent près de l'abutement aval qui prolonge la partie immergée de l'usine.

A l'usine Hydroélectrique sont prévus six groupes verticaux. Ces groupes se composent des turbines Francis et d'alternateurs, sur le même arbre, de 66.700 KVA de puissance chacun avec un coefficient de puissance égal à 0,85.

Dans les conditions où se trouve l'usine Hydroélectrique de Gouïna avec la variation des chutes de 73 à 50 m peuvent être placés des turbines Kaplan.

Cependant cela exigera l'approfondissement supplémentaire de la partie immergée de l'usine et l'augmentation du diamètre de la roue motrice. L'installation des turbines Kaplan avait pu être justifiée si l'on voulait mettre un nombre réduit des groupes plus puissants. Mais cela est impossible à cause des conditions défavorables du transport de l'équipement et de la nécessité n'avoir une certaine réserve de puissance.

Les groupes de turbines Francis adoptés assureront une efficacité moyenne élevée de l'usine hydroélectrique et les assureront une puissance totale de 340 mille KW avec une chute supérieur à 61 m.

La roue motrice d'une turbine aurait le diamètre de 3,5 m son poids serait d'environ 30 tonnes. Le nombre de tours seconde serait de 150.

L'usine Hydroélectrique aura une longueur d'environ 125 m. Elle sera divisée en trois sections par trois joints de dilatation.

Dans chacune de deux sections seront installés 3 groupes de turbines; dans la troisième section sera le palier de montage et la poste de commande. Pour le montage et la réparation de l'équipement dans la salle des machines sont prévus deux ponts roulants de 150 tonnes de capacité chacun.

Dans le massif de l'abutement aval entre les conduites forcées sont prévus des locaux ^{dans} lesquels sera placé l'équipement du système de commande de distribution d'eau et du refroidissement des générateurs et des transformateurs.

L'équipement électrique de la puissance génératrice sera placé dans le local ^{la} à cote de la salle des machines et longé l'usine au dessus de l'abutement aval des conduites forcées.

Sur le toit en tôle de ce local seront placés les transformateurs principaux monophasés qui fonctionnent couplés avec les alternateurs.

La liaison entre les barres de 35 et 110 KW est effectuée par un groupe de transformateurs monophasés installés sur terre-plein du poste extérieur.

Les transformateurs triphasés seraient plus économiques mais leurs poids égal à 85 t dépasse de beaucoup la limite de charge du chemin de fer existant. Les transformateurs fonctionneront au refroidissement par eau et seront protégés du soleil par les auvents et par une cloison verticale. Les départs des transformateurs seront aériens.

Le Schéma principal des connexions électriques est donné sur le croquis No. 25.

Etant donné que cette usine Hydroélectrique sera un complexe autonome et fonctionnera pendant un temps considérable sans liaison avec d'autres centrales, le schéma de connexion devra avant tout assurer la sécurité du ravitaillement en énergie électrique.

Le schéma proposé exclue les pertes de longue durée de la puissance de l'usine dépassant celle d'un groupe.

Une partie de l'équipement telle que: installations pour manutention des huiles, compresseurs, pompes etc. est placée au dessous du palier de montage.

Pour faire monter et descendre les vannes de secours des tuyaux d'aspiration est prévue une crue à portique placée sur les abutements du bief aval de l'usine Hydroélectrique.

Le terre-plein des postes de départ~~x~~ extérieurs de 110 et 35 KV se trouve à une distance de 50 m de l'usine. Il a la dimension de 70 m x 70 m et est situé à la côte 93 m c'est-à-dire à 30 m au-dessus de la côte du plancher de la salle des machines. Du poste distributeur extérieur de 110 KV il est possible de faire passer 6 lignes de transmission électrique ; de celui de 35 KV - 7 lignes. Le canal de dérivation de l'usine Hydroélectrique été percé dans la roche /voir le croquis No.19/. Il a les caractéristiques suivantes

longueur - 1.000 m;

pente du fond- 0,00025;

largeur du fond - 60 m atteignant

90 m sur le tronçon curviligne;

inclinaison du talus - 3 : 2 au dessous ^{de} la cote 63,5 m et 2 : 1 au dessus de celle-ci.

Sur la rive gauche du canal est tracé une route d'accès vers l'usine Hydroelétrique.

La voie ferrée et la route seront placées sur la crête du barrage en enrochement et sur un pont spécial à travers

le canal d'aménagé de l'évacuateur de crue.

Les rayons des courbes prévus sont de 300 m.

La construction de la voie ferrée présentera quelques difficultés sur les tronçons d'accès surtout sur la rive droite plus abrupte.

La création de l'aménagement de Goufna exigera l'exécution des travaux suivants :

- déblais - 7280 mille de m^3 y compris 830 mille m^3 en terre meuble et le resté sont 6450 mille m^3 en déblais rocheux et d'éboulis ;
- mettre en place et passer 3.270 mille m^3 , les terres sableunneuses, des drainages des filtres inversés dans le corps du barrage et du batardeau;
- enrocher 8.100 mille m^3 dans le corps du barrage et du batardeau;
- mettre en place 300.000 m^3 de béton et de béton armé;
- fabriquer, transporter et monter plus de 30 mille tonnes d'équipement, de construction métalliques et d'installations
- forer 55 mille mètres linéaires de trous inclinés pour les injections de ciment.

La répartition de ces volumes des travaux d'après leurs caractères et ouvrages principaux de l'aménagement est donnée dans l'annexe.

Execution des travaux

Les travaux indiqués ci-dessus peuvent être exécutés dans un délais de 5-6 ans sans tenir compte de celui de deux ans indispensable pour les travaux de préparations: construction des voies d'accès, de la cité ouvrière, de l'ensemble industriel du chantier etc.

Le transport des matériaux et du matériel sur le chantier serait le mieux réalisé par chemin de fer Dakar-

Niger jusqu'à la gare Bourouky, se trouvant à 12,5 km du site ou jusqu'à Tamba Koumba Fara qui est à 8 km. Puis par la route qui sera spécialement construite à telle fin. Il y aurait certes la possibilité aussi de construire une voie ferrée d'accès arrivant jusqu'au chantier.

Cette solution serait plus économique parce qu'elle évitera les transbordements et cette voie pourra constituer un tronçon du chemin de fer Dakar-Niger, en cas de sa construction sur la crête du barrage.

Les gabarits existants sur le chemin de fer : largeur 2,95 m, hauteur 3,75 m et le poids maximum 30 t, permettent de transporter tout l'équipement sauf les transformateurs triphasés. Cependant, il est possible de les transporter avec beaucoup de précaution sur les charriots multiroues.

Pour la construction des ouvrages principaux le calendrier suivant peut être recommandé.

Au cours de la première année de la construction l'on peut faire des excavations des formations meubles et rocheuses pour le pied du barrage sur la rive gauche, pour la fouille de la prise d'eau, pour les conduites de turbines, pour l'usine Hydroélectrique et le canal de dérivation.

En premier lieu, il faut exécuter les travaux des fouilles pour l'usine Hydroélectrique et pour la tranchée des conduites, parce que leur achèvement conditionne le commencement des travaux du bétonnage de la partie immergée de l'usine Hydroélectrique et du montage des conduites.

Au fur et à mesure d'obtention des déblais rocheux on enrochera des batardeaux qui doivent être faits en premier lieu.

L'enrochement sera effectué de la rive gauche et commencé à l'étiage / c'est-à-dire au mois de Janvier-Février/.

Le batardeau longitudinal se continue jusqu'au bord

de la chute ce qui permet de ne pas élever le batardeau transversal en aval. Sous la protection des batardeaux de la première étape seront construites les parois de séparation des galeries pour faire passer les débits pendant la construction, ainsi que l'ouverture au-dessus d'elles destinée à la circulation des voitures depuis la rive gauche jusqu'au batardeau.

Le débit de cette année sera passé à travers le passage entre le batardeau longitudinal et la rive droite. Vers l'étiage de la deuxième année la construction des galeries indiquées ci-dessus doivent être terminée et le batardeau transversal - démonté. En Janvier-Février à l'époque de faibles débits, il faudra barrer le passage de la rive droite et mettre en place l'écran sablonneux du batardeau transversal de la deuxième étape / voir le croquis No.21/. Les débits seront alors passés par les galeries.

La construction du batardeau de la deuxième étape créera une liaison solide entre les rives gauche et droite.

Les travaux sur le barrage dans le lit mineur et sur son appui auront alors commencé. On transportera l'équipement destiné à excaver l'emplacement pour l'évacuateur de crue .

Sur la rive gauche les travaux du déblais en roche continuent et les travaux du bétonnage de la prise d'eau commencent.

Au fur et à mesure que les travaux de la galerie de cimentation se terminent, on fait le noyau, les zones transitoires et des prismes extérieurs du barrage. On commencera à mettre sur place le béton à l'usine Hydro-électrique vers le milieu de la 4ème année de construction quand les travaux de fouilles rocheuses et de la tranchée des conduites seront terminés.

Après avoir fait passer la crue de la 5ème année, au

commencement du mois de janvier, les galeries sont reconstruites l'une après l'autre en vidanges de fond. Ces travaux seront terminés au commencement de la crue de la 6ème année de la construction.

Vers cette époque le barrage devra être érigé jusqu'à la cote 130 m et une ou deux turbines devront être montées. Les travaux sur l'évacuateur de crue, la prise d'eau et le canal de dérivation seraient aussi terminés.

La retenue peut être remplie par la crue de la 6ème année de la construction jusqu'à la cote 122-127 m.

Le premier groupe sera mis en marche à la cote 110 m du bief amont.

Ce schéma du passage des débits pendant la période de construction est assez simple et sûr.

Les délais de la construction de l'aménagement /5-6 ans/ ne paraissent pas douteux non plus.

LA RETENUE DE L'AMÉNAGEMENT DE GOUINA

Données générales

La zone de la retenue est située dans une vaste vallée au confluent de Bakoy et de Bafing / voir croquis N 4/.

La surface de la retenue fixée à la cote de R.N.130 m est de 1410 km². L'étendue de la retenue: sur le Bakoy - 140 km, y compris sur le Sénégal - 56 km, sur le Bafing - 166 km, le Sénégal 56 km. L'étendue générale du contour de la retenue est de 1500-2000 km. La surface de la retenue au plan du niveau mort de 110 m est de 232 km². La plus grande profondeur de la retenue dans les vallées de Bafing et de Bakoy est de 35-40 m. La plus grande largeur est d'environ 30 km. La retenue est étroite, sa largeur en amont du barrage de Gouina sur le Sénégal, et sur une étendue de 38 km est de 2 à 5 km, puis plus près du confluent des rivières Bafing et Bakoy la vallée s'élargit considérablement. La zone de la retenue est peu cultivée. Les localités habitées sont situées généralement le long de la rivière.

Un centre administratif Bafoulabé au point de la confluence de Bakoy et de Bafing est situé dans la zone de l'inondation ainsi que la gare Mahina. Le tronçon de 110 km

du chemin de fer Bamako-Kayes, la route Kayes-Bafoulabé et d'autres routes secondaires seraient également submergés. Les grands crues de la retenue interrompraient presque complètement les communications par la route de Kayes avec les localités de la région de Bafoulabé. Plus de 10 mille hectares de terres cultivables seront également submergés.

Le reste de la surface / 130 mille hectares / est occupé par la savane, les forêts et les rivières. Les gîtes minéraux ne sont pas connus dans la zone de la retenue.

On trouvera ci-dessous les indices de l'inondation, un asterisque /x/ indique les données approximatives:

Dénomination des indices	Unité	Total
1	2	3
La surface de l'inondation y compris	hec	141000
- la surface de la zone du déstockage	"	118000
- terres agricoles	"	10000 ^x
- savane et forêts	"	100000 ^x
- autres terres	"	31000 ^x
Localités rurales	1	43
Concessions séparées	1	3400
Villes et petits centres urbains	1	2
Concessions isolées dans celles-ci	1	1000
Population recensée		16000
y compris:		
- dans les centres urbains		3300
- dans les localités rurales		12700
Les immeubles d'état, constructions industrielles, administratives, sociales et municipales à un étage		30 ^x

1	2	3
Idem à deux étages		9 ^x
Les maisons d'habitation dans		
Les centres urbains	1	1000
Les maisons d'habitation dans les localités rurales		3400
Parcours du chemin de fer /Bamako-Kayes/	km	110
Route Bafoulabé- Wolof ^{Mahina}	"	2
Route Kayes-Bafoulabé	"	40
Ligne du chemin de fer de liaison Bafoulabé- Wolof ^{Mahina}	"	6

Mesures générales à entreprendre et des dépenses se rapportant à la retenue elle-même

Les principales mesures à entreprendre sont suivantes:

- la déviation du chemin de fer;
- le déplacement de 45 localités habitées
- le nettoyage du lit de la retenue.

La déviation du chemin de fer est une sujétion la plus onéreuse et compliquée des ses mesures.

Elle constituerait les 78% de toutes les dépenses liées avec la création de la retenue. On pourra reconstruire 9 km de la voie sur les 110 km, surélever la voie sur autres 8 à 10 km, remplacer les rails et les traverses, déplacer les bâtiments de service. Pour ce qui est du reste, il faudra démonter et construire une voie de déviation sur 123 km de longueur sur la rive droite du Sénégal.

La variante de la rive gauche allongé le tracé de 51 km Le choix du tracé sera l'un des objets des travaux ultérieurs et il faudra lui ~~prêter~~ ^{prêter} une attention particulière. C'est la variante de la rive droite qui a été prise comme une base des calculs ci-après. L'une et l'autre variante

sont tracés sur le dessin N 4.

Le relief du tracé contournant la retenue est compliqué, surtout près du passage du barrage. La longueur de ce dernier tronçon est de 16 km. Le déplacement des populations des zones à submerger est la seconde tâche importante de l'oeuvre. Toutes les localités à déplacer appartiennent administrativement au cercle de Bafoulabé et en constituent une partie considérable.

Le déplacement de Bafoulabé et de la gare de Mahina, liés économiquement ainsi que d'autres localités habitées entraîne la nécessité de la révision des limites du cercle.

Les rives de la retenue seront de grande utilité pour la population rurale à déplacer et pour celle de la ville. L'évacuation devra tenir compte de ce facteur. Cependant, il y aura aussi des difficultés dues à la sinuosité du contour de la fleuve; à certains endroits il n'y aura pas de terres agricoles; les liaisons entre les localités et Bafoulabé seront entravées. Pour placer la nouvelle ville de Bafoulabé on pourra utiliser la cité provisoire qui sera née pour personnel de la construction près du barrage de Gouina.

L'occupation principale de la population de région est l'agriculture. C'est pourquoi il conviendra de chercher des terres appropriées pour la compensation des pertes des surfaces cultivables.

Etant donné l'inexistence de la propriété privée des terres, la compensation pour perte des surfaces cultivables devra prendre les formes d'aide à la population pour une rapide reconstruction de son économie rurale sur les nouveaux peuplement.

Un déstockage considérable de la retenue libérerait de la submersion plus de 100 mille hectares. Environ de 30 mille hectares de ces terres pourront être utilisés pour l'agriculture pendant 5 à 7 mois par an /voir croquis N 3/

La technique agricole de ces cultures de decrue est connue de beaucoup des cultivateurs de la region qui la pratiquent sur les rives du Sénégal et sans doute ne présentera pas de difficultés non plus. Toutefois on ne peut pas compter pour la compensation des surfaces cultivables seulement sur la zone de destockage, car cette zone ne s'établira pas du premier coup et la durée de son utilisation ne sera au plus que de 7 mois.

L'existence des terres agricoles tout en tenant compte d'autres circonstances, citées ci-dessus, déterminera la succession des évacuations et des transferts des bâtiments. Les maisons d'habitation dans les localités submergées sont du même type traditionnel; cases rondes en pise ou de quatre murs et dont la surface est de 15 à 30 m².

Leur tranfert est impossible et n'a pas de sens. Il faudra les constuire à neuf. A Bafoulabé et à Mahina il existe des bâtiments en briques cuites, assez confortables, à un et à deux étages: magasins, écoles, hôpitaux, poste, gare. Eux aussi sont intransportables et doivent être érigés à nouveau.

Ce qui coûtera également cher^{ce} sont le nettoyage de la zone de la retenue de bois et des herbes et le nettoyage sanitaire.

Au point de vu des exigeances de l'hygiène et pour l'utilisation de la retenue pour la pisciculture et le transport, toute la surface doit être nettoyée, la savanne doit être brûlée et forêt abatue, son bois emporté;

Ci-dessous est donné un tableau des volumes approximatifs des travaux dans la zone de la retenue, reportés à 1975

Denomination des Travaux	Unité	Volume des travaux
1	2	3

Rectification du chemin de fer

- le nouveau tracé

km

123

1	2	3
- démontage de la voie existante	km	101
- reconstruction du tronçon inondé	"	9
- déplacement des localités habitées	l	45
- Le déménagement des familles, 5 personnes dans chacune	l	4400
Dont:		
- en localités rurales	"	3400
- en ville	"	1000
- évacuation de la population, en tout	pers.	22000
- nombre des familles, en tout	l	4400
Dont: en localités rurale	"	3400
en ville	"	1000
Transport des biens de la population sur la distance de 50 km à raison de 0,5 t. pour une famille	t	2200
Aménagement des agglomérations rurales déménagées	localité	43
Aménagement de la région nouvelle pour les villes de Bafoulabé et Mahina /Urbanisme/	ville	1
Construction à nouveau des bâtiments publics pour Bafoulabé et Mahina déplacés	bâtim	39
Construction de la route bitumée dans la nouvelle ville de Bafoulabé	km	2
Construction des routes secondaires pour de nouvelles localités	"	40
Construction de la ligne de chemin de fer de liaison pour Bafoulabé	"	6
Restauration des terres cultivées pour la population déménagée	hect.	15000

1	2	3
Aménagement des appontements pour la communication des transport sur la retenue entre les agglomérations	nombre des appontements	10
Enlèvement des peuplements forestiers dans la zone de la retenue	hect.	100000
Nettoyage sanitaire		
- dans les agglomérations rurales	nombre d'agglomérations	43
- en ville	"	2

L'évaluation des mesures citées dans le tableau ci-après est faite d'après les indices des prix moyens pour chaque mode des travaux.

La Mission n'avait pas à sa disposition ceux-ci pour les conditions de la construction dans la République de Mali. Elle a procédé par l'étude des analogies, pour certaines espèces des travaux sur la base des renseignements trouvés dans différents services et bureaux et contenus dans des projets.

Cependant ceux-ci sont contradictoires et certains ont dû être corrigés en grande partie. Les prix unitaires adoptés sont donnés dans les tableaux 3,4,5 de l'annexe.

Le coût de la construction du chemin de fer à voie métrique a été de sa réalisation évalué à 3,5 millions de francs pour 1 km. Le prix du démontage de la voie et de sa surélévation de 8 à 10 km, serait de 22 millions de francs pour un km. Le démontage du tronçon à supprimer coûterait 0,8 millions de francs pour un km.

Les prix unitaires de la construction des maisons d'habitation en agglomération rurales et en ville sont pris comme une moyenne pour les bâtiments de type. La mission a utilisé à cet effet les données du Ministère

des travaux Publics se rapportant au prix de la construction de 1 m² de bâtiments de type divers et les renseignements obtenus auprès des chefs des bureaux à Kayes et à Bafoulabé.

Les autres prix sont approximatifs.

Le tableau suivant donne les frais totaux de l'aménagement de la zone de la retenue.

Dénomination des travaux	Cônt en millions de francs
Déviatation du chemin de fer	3621
Déménagement des agglomérations	483
Nettoyage des forêts de la savane et sanitaire de la zone de la retenue	500
Total	4604
Aleas et imprévus - 20%	920
Total arrondi à	5500

Exploitation de la zone de la retenue

Le fleuve Sénégal dans la zone de la retenue projetée n'a pas d'importance au point de vue de la pisciculture. La poisson migrant n'existe pas. La retenue ne dresse pas par conséquent d'obstacles pour le développement de la pêche. Au contraire plutôt, elle favorisera la pisciculture. C'est pourquoi les frais du développement de la pêche dans la retenue ne devrait être imputés sur les coûts de construction de l'usine hydroélectrique. Il faut souligner cependant certaines difficultés que rencontrera la pisciculture dans la zone de la retenue, liées avec les déstockages de 20 m d'amplitude.

La zone du déstockage de la retenue dont la surface est environ 30.000 hectares sera exondée pendant 5 à 7 mois; elle comprendra:

11.000 hectares libérés pendant 7 mois de fevrier à août
5.000 hectares, pendant 6 mois, de mars à août,
10.000 hectares, pendant 5 mois, d'avril à août.

Une partie de cette surface sont des terres inutilles à l'agriculture, mais une partie peut être utilisée effectivement pour les cultures irriguées dont la période de la végétation est de 5 à 6 mois.

Les terres exondées seront mouillées pendant la periode où la température de l'air est plus haute et les précipitations ont pris fin / mars, avril, mai/

La deuxième moitié de la période de la croissance des plantes se rapporte à la saison d'hivernage, donc où les conditions de la végétation sont meilleures. C'est pourquoi l'exploitation de la zone du déstockage pour l'agriculture apparait raisonnable.

. Dans le projet du plan de déménagement de la population on devrait prévoir son installation de manière qu'elle puisse utiliser la zone du déstockage pour l'agriculture de décrue en supplément des cultures sous pluie. Le fleuve Sénégal n'est pas navigable à l'amont de Kayes.

L'économie de cette partie du bassin du Sénégal n'exige pas du reste le gabotage sur le fleuve. Evidemment la retenue sera utilisée pour les communications entre les agglomérations placés sur ses rives.

LES CONSIDERATIONS SUR LE COUT ET L'EFFICACITE DE L'AMENAGEMENT DE GOUINA.

Prix unitaires

Le calcul de la valeur probable de l'aménagement de Gouina, rencontre des difficultés considérables dues à l'absence au Mali des chantiers, du volume des travaux de remblaiement et de bétonnage aussi importants que ceux qui devront être sur le chantier de Gouina. C'est pourquoi on manque des prix locaux moyens vérifiés dans la pratique.

Les prix unitaires, aimablement communiqués à la Mission par la SONETRA ainsi que les prix dans les projets français /1960/ et américains /1961/ de l'aménagement de Sotuba sur le fleuve Niger, d'une puissance de 5.000 KW, correspondent aux volumes des travaux peu importants. Il est impossible de les utiliser, sans craire d'arriver aux résultats exagérés. Il faut admettre que ce sont les prix cités dans l'avant-projet de Gouina établi par la Mission de M.M. Coyne et Bellier en 1956, qui sont les plus réels qui tiennent compte de l'importance des travaux dont il s'agit. Ce sont ces prix que nous avons adopté comme base de nos calculs, avec correction et additions nécessaires. Ils seront indiqués dans le devis estimatif préliminaire. Les prix selon Coyne et Bellier sont soulignés. Tous les autres sont approximatifs et correspondent aux prix des travaux plus ou moins ressemblants à d'autres aménagements réalisés dans des conditions plus ou moins pareilles à celles de Gouina.

Selon Coyne et Bellier, les prix du béton ordinaire et du béton armé varient de 8.000 à 12.000 francs. Dans les présents calculs / annexe / les limites de ces prix sont plus serrées et sont égales à 9.000-12.000 francs, a cause de l'utilisation des constructions plus compliquées et plus armées. L'avant-projet de Coyne et Bellier ne contient pas les prix du béton préfabriqué; il a été obtenu suivant les correlations existantes relatives des prix des travaux similaires.

Valeur approximative de l'aménagement:

Le calcul de la valeur approximative de l'aménagement est donné dans le devis estimatif des annexes ci-joint. La valeur totale se compose d'éléments suivants:

- les ouvrages évalués et équipement de l'aménagement -
30 Milliards de francs;

- addition de 10% due à l'insuffisance des
nomenclatures et des charges - 30 Milliards francs; cités
provisoires et celles pour le personnel d'exploitation -
36 Milliards francs;

- aléas et frais d'études et de reconnaissance -
25% - 8,9 Milliards de francs;

- dépenses de l'aménagement de la zone de la retenue
y compris la déviation du chemin de fer - 5,5 Milliards de
francs

au total - 50 Milliards francs

Pour l'appréciation des aspects économiques de ce calcul, il faut soustraire du total indiqué les sommes remboursées, qui peuvent être évaluées approximativement à 5% ou à 2,5 Milliards de francs, ainsi que les charges qui doivent être imputées à d'autres départements et organismes. Par exemple - les cités pour le personnel

d'exploitation doivent être remises à la fin de la réalisation de l'aménagement aux organisations municipales; les écoles - au Ministère de l'Education; les hôpitaux - au Ministère de la Santé; le tronçon d'accès du chemin de fer et les routes - au Ministère des Travaux Publics. Au total cela fera une somme environ 2,5 Milliards de francs.

Ainsi, les investissements qui doivent être attribués à l'aménagement de Gouina représenteront environ 45 Milliards de francs.

Les charges annuelles d'exploitation sont évalués à 1,5% des investissements, ce qui fait à peu près 680 millions francs. Ces chiffres se rapprochent de ceux des aménagements semblables, connus dans le monde.

Ci-dessus il y a déjà été indiqué que dans la première étape de l'exploitation, avec les lâchures indispensables pour les cultures de décrue il sera utile d'installer 4 groupes d'alternateurs au lieu de 6. En ce cas, les investissements diminueront du coût de ces deux groupes et de l'équipement électrotechnique et seront au total d'environ 43 milliards de francs. Les charges annuelles d'exploitation ne dépasseront pas alors 650 millions de francs.

Il convient de tenir compte que le coût indiqué de l'aménagement de Gouina est assez approximatif et devra être précisé selon les conditions concrètes et les prix à l'époque de la réalisation du projet.

Les charges annuelles d'exploitation que nous avons cité ne comprennent pas les intérêts des capitaux investis parce que les conditions et la source du financement de l'aménagement de Gouina sont présentement inconnues. Si les conditions du financement devaient les prévoir, ces intérêts devront être inclus dans les dépenses annuelles d'exploitation et les valeurs du prix de revient de

l'énergie électrique, ci-joint s'augmenteront en conséquence

Considérations sur l'efficacité de l'aménagement

Même dans les conditions de la connaissance actuellement insuffisante du problème d'utilisation des ressources hydrauliques du fleuve Sénégal, pris en entier, on peut affirmer que la construction du barrage de Goufina ou de Galougo, offrirait des vastes perspectives au développement économique de la République du Mali, ainsi que des Etats du Sénégal et de la Mauritanie.

Mais la réalisation de l'aménagement devra faire face à de grandes difficultés techniques et pratiques, que les Etats doivent prendre en considération. Ces difficultés proviennent du développement économique faible de ces pays, de l'insuffisance de leurs infrastructures et des ressources financières et du manque de la main d'oeuvre comme d'autres conséquences du passé colonial de ces pays.

Avec la réalisation du barrage Goufina, la République du Mali aura une voie fluviale sûre et profonde jusqu'à l'océan. Pour assurer la rentabilité de cette voie, il sera indispensable d'augmenter le trafic des marchandises ainsi que de créer une batellerie nécessaire et résoudre le problème du transbordement sur les bateaux de mer.

Cette voie fluviale assurera une partie du trafic et concurremment avec le chemin de fer Dakar-Niger et le trafic routier deviendra dans l'avenir un élément essentiel des liaisons du pays avec l'extérieur.

L'usine du barrage sera la plus grande centrale électrique du Mali. La production de l'énergie électrique, régulière et bon marché servira de base pour la création et le développement de l'industrie, pour l'électrification de l'agriculture et des transports

ferroviaires. Au bout du compte, cela amènera à l'élévation du niveau de vie et au développement culturel de la population. En même temps, l'industrialisation du pays, exigera des investissements des capitaux considérables et prise de mesures importantes concernant tout le pays. Il faudra, par exemple, bien répartir le main-d'oeuvre entre l'industrie et l'agriculture.

Les formes extensives actuelles de l'agriculture ne permettront pas de libérer pour l'industrie la main-d'oeuvre en quantité indispensable. Pour satisfaire les demandes de l'industrie en main d'oeuvre, le rendement du travail dans le domaine agricole devra être augmenté grâce à la mise en application des moyens plus progressifs dans l'agriculture.

Ainsi l'aménagement de Gouïna assurera une influence positive sur la croissance de la productivité agricole qui resultera de l'utilisation des terres humides dans la zone de déstockage de la retenue et de l'assimilation de nouvelles surfaces cultivées sur la base de l'irrigation par pompage.


Le Sénégal et la Mauritanie bénéficieront aussi avec effet immédiat dans le domaine agricole, de la construction du barrage de Gouïna.

Les récoltes augmentées et stables seront assurées même dans les conditions actuelles des cultures de décrue. En même temps, cela n'exigera pas d'investissements supplémentaires.

Au total la République du Sénégal pourra fortement réduire et plus tard complètement éviter les importations annuelles des céréales dont la valeur constitue actuellement une charge importante pour le pays.

La menace des inondations sera diminuée et la

secheresse sera complètement liquidée. D'ailleurs, les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie auront en amont de Kayedi une voie fluviale profonde qui permettra d'effectuer pendant toute l'année le transport des marchandises dans les limites de ces pays, de même que vers le Mali. La création du barrage de Gouïna permettra d'entreprendre la réorganisation radicale de l'agriculture par l'application des modes d'arrosage plus progressifs. Dans l'avenir on peut s'attendre à l'augmentation de la production agricole de 2 à 3 fois.

Evidemment, l'accomplissement de ces possibilités exigera de grands investissements ainsi que le changement des formes traditionnelles de la cultivation de terre grâce à la mise en application des nouvelles cultures de haut rendement etc. Ce sera un processus long, qui touchera à la structure économique de tout le pays. Il est certain que la construction l'aménagement de Gouïna doit être liée aux plans généraux du développement des Républiques du Mali, du Sénégal et de la Mauritanie, et au contraire ces plans doivent être corrigés en conformité aux possibilités offertes par la réalisation de ce projet. 

Il suit de là que l'aménagement de Gouïna peut jouer un rôle positif et très important dans le développement des Républiques du Mali, du Sénégal et de la Mauritanie.

On ne peut pas actuellement exprimer par des chiffres quelconques les effets de la réalisation de ce projet, mais sans doute ils seront considérables.

Il convient cependant de noter, encore une fois, que les dépenses totales qu'entraînera la construction de l'aménagement de Gouïna et l'obtention des effets, qui pourraient être atteints dans tous les domaines des

économies nationales des pays riverains, sont à l'heure actuelle sans commune mesure avec les possibilités économiques des Républiques du Mali , du Sénégal et de la Mauritanie;

Les budgets publics de ces Pays ne peuvent faire face pour le moment aux dépenses qui pourraient être comptés par centaines de milliards de francs.

Indirectement, les indices énergétiques et économiques de la centrale peuvent être utilisés pour juger de l'effet qu'apportera l'aménagement de Goufina, en cas où tous les 100% ou seulement 50% des investissements totaux seront portés au compte de la centrale. Ces indices sont suivants:

I N D I C E S	Unité de mesure	La partie des charges attribuée à la centrale	
		100%	50%

Sans lâchure pour les cultures de décrue

Investissements attribués à 1 KW de la puissance installée	fr/KW	136.000	68.000
Investissements attribués à 1 KWh de la production garantie	fr/KWh	22,5	11,2
Idem, en tennant compte de la production saisonnière	fr/KWh	18,0	9,0

I N D I C E S	Unité de mesure	La partie des charges attribuée a la centrale	
		100%	50%
Prix de revient de 1 KWh de la production garantie franco- usine	fr/KWh	0,34	0,17
Idem, en tenant compte de la production saisonnière "	"	0,27	0,14
<u>Avec lâchure pour les cultures de décrue</u>			
Investissements attribués à 1 KW de la puissance installée	fr/KW	187.000	93.000
Investissements attribués à 1 KWh de la production garantie	fr/KWh	33,0	16,5
Idem, en tenant compte de la production saisonnière	"	27,0	13,5
Prix de revient de 1 KWh de la production garantie franco-usine	"	0,50	0,25
Idem, en tenant compte de production saisonnière	"	0,41	0,20

En comparaison avec certains autres aménagements

hydroélectriques dans le monde, les indices de la centrale de Goufina sont assez satisfaisants. Prenant en considération la modicité des ressources énergétiques du Mali et le prix de revient actuel de l'électricité au pays égal à 16 fr. le KWh, on peut estimer les indices de la centrale de Goufina comme encore plus avantageux. L'aménagement de Sotuba sur le fleuve Niger de 5.000 KW de puissance, avec le barrage destiné aux besoins de l'irrigation est caractérisé par les indices suivants: le prix de 1 KW de puissance installé - 500 mille francs, et le prix de revient de 1 KWh - 0,8 fr/kWh compte tenu la production saisonnière.

Il faut rappeler encore une fois que le calcul de la valeur de l'aménagement de Goufina est assez approximatif. C'est pourquoi les caractéristiques énergétiques et économiques de cette installation sont aussi approximatives et doivent ultérieurement être précisées.

Ces indices des pris de revient, comme on l'a déjà noté plus haut, sont déterminés sans tenir compte de taux d'intérêts du capital mobilisé. Si le financement du projet exige de tels frais financiers, les chiffres des prix de revient indiqués au tableau ci-dessus devront être multipliés par 2 ou 3 pour les taux d'intérêt correspondant à 1,5 et 3%.

Il serait malaisé de répartir en ce moment les charges liées à la réalisation de l'aménagement de Goufina, entre les Républiques du Mali, du Sénégal et de la Mauritanie; ce ne sera possible qu'après qu'on aura pu apprécier les effets économiques au bénéfice de chacun de ces Etats.

La première approximation d'une telle répartition des charges pourra être envisagée dans le cadre du rapport

à faire: "Le schéma de l'utilisation intégrée des
ressources hydrauliques du fleuve Sénégal."

LE PROGRAMME DES TRAVAUX DE RECHERCHES ET D'ETUDES

"Un schema de l'utilisation intégrée de l'ensemble des ressources d'eau du Sénégal" doit normalement précéder l'élaboration du projet d'aménagement ou d'autres mesures d'amélioration sur le Sénégal.

Cet ouvrage doit mettre en évidence les possibilités techniques et l'utilité économique des aménagements séparés et de la réalisation d'autres mesures proposées. Les objets de la construction qui s'imposent en premier sont ainsi choisis et l'on trace aussi l'ordre de réalisation des autres.

Les travaux de reconnaissance, de recherche et d'étude qui formeront le "Schéma" doivent englober tout le bassin du Sénégal. Les études doivent être faites du fleuve, des confluent: du Bafing et du Bakoy, ainsi que des affluents principaux: de la Falémé et de la Colombiné.

Le "Schema" doit tenir compte des intérêts de tout les Etats du bassin du Sénégal, - les Républiques du Mali, du Sénégal, de la Mauritanie et de la Guinée.

Les problèmes suivants de l'utilisation intégrée des ressources hydrauliques doivent être élaborés dans ce Schema:

- l'énergie

- le transport fluvial
- l'irrigation
- la lutte contre l'inondation
- L'alimentation en eau
- le dessalage de l'embouchure du fleuve

Les solutions proposées doivent être coordonnées par tous les Etats riverains tenant compte de leurs intérêts en utilisation des ressources d'eau du Sénégal.

Aspects du projet.

Au cours de l'élaboration du "Schéma de l'utilisation intégrée de l'ensemble des ressources d'eau du Sénégal" les problèmes suivants doivent être examinés avec une attention particulière.

Energie

- Examen de la composition d'un ensemble industriel alimenté par l'énergie de l'usine hydroélectrique de Gouina conformément aux perspectives du développement de l'économie nationale de la République du Mali.

- Etude sur l'utilisation de l'énergie de Gouina pour l'agriculture et pour les besoins domestiques.

- Examen des problèmes de l'électrification du chemin de fer Bamako-Kayes et de la connexion entre l'usine de Gouina et le système énergétique de Bamako.

- Plan de l'électrification de la République du Mali pour la période de 15 - 20 ans à venir et possibilité du transport de l'énergie de l'usine de Gouina vers les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie.

- Importance économique de la mise en valeur des ressources d'eau pour les Républiques du Mali, du Sénégal et de la Mauritanie séparément.

- Répartition des dépenses des capitaux et des charges annuelles de l'usine de Goufna entre les Républiques du Mali, du Sénégal et de la Mauritanie.

Transport fluvial

- Etude des tronçons du fleuve Sénégal entre Kayes et Ambidédi et entre Ambidédi et Bakel difficiles pour la navigation et examen de la relation entre les profondeurs d'eau sur les seuils et le débit d'eau dans le fleuve.

- Recherche de la solution du problème du transbordement des bateaux fluviaux sur les bateaux maritimes, de l'organisation du port à Saint-Louis et du cabotage des bateaux fluviaux entre Saint-Louis et Dakar.

- Examen de l'opportunité de l'aménagement du tronçon Kayes-Ambidédi pour la navigation et de l'organisation en liaison avec ce problème du transbordement des marchandises du chemin de fer sur le fleuve à Ambidédi.

- Examen et étude des variantes possibles du transport sur le Sénégal, sur le tronçon de Kayes à l'embouchure du fleuve.

- Examen du trafic en perspective via Kayes et de la répartition des marchandises, celles transportées par le chemin de fer et celles du transport fluvial sur le Sénégal.

- Détermination des gabarits optima des bateaux pour la navigation sur le Sénégal.

- Etude de l'efficacité économique du transport fluvial dans la République du Mali, du Sénégal et la Mauritanie assuré par l'aménagement de Gouïna.

Irrigation

- Recensement des terres dans la vallée du fleuve et ses affluents sur la base des cartes au 1/50.000.

- Etude des problèmes de la mise en valeur des terres dans la zone du déstockage de la retenue de Gouïna et d'autres réservoirs.

- Etude des volumes des lâchures d'eau nécessaires aux cultures de décrue telles qu'actuellement pratiquent dans les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie, compte tenu des crues de la Falémé.

- Détermination de l'effet économique dans le domaine de l'agriculture de la République du Sénégal et de la Mauritanie de l'exploitation de l'aménagement de Gouïna dans ses première et deuxième étapes.

- Elaboration des voies de la transition du système traditionnel de l'agriculture sur les terres "oualos" dans la République du Sénégal et de la Mauritanie au système de l'irrigation régulière pendant toute l'année et évaluation des frais que cela entraînerait.

- Examen de l'utilité économique du défrichement des

terres sur les rives du Sénégal dans la région de Kayes.

- Evaluation des changements de la spécialisation de l'agriculture sur les terres transférées des cultures de décrue à l'irrigation régulière pendant toute l'année.

Problème de la lutte contre les inondations et le dessalage d'eau dans l'embouchure du Sénégal .

- Détermination de la diminution possible de la zone de pénétration de l'eau de mer dans l'embouchure du Sénégal après la construction de l'aménagement de Gouïna et étude de l'efficacité économique de ce fait.

- Détermination des préjudices causés par les inondations sur le Sénégal aux Républiques du Mali, du Sénégal et de la Mauritanie avant et après la construction de l'aménagement de régularisation de Gouïna.

Alimentation en eau

- Planification par régions de l'ensemble industriel de la zone de Kayes et d'autres, élaboration de l'alimentation en eau de ces régions et la dérivation des eaux usées.

- Examen des problèmes de l'alimentation en eau d'autres localités dans le bassin du Sénégal et Saint-Louis, notamment.

Pisciculture

- Etude des conditions actuelles de la pêche et des

dispositifs de son développement dans les retenues en projet.

- Etude de l'influence de la régularisation du débit par la retenue du Haut-Bassin sur les conditions de vie des poissons.

- Effets économiques de l'organisation de la pisciculture dans le fleuve Sénégal.

Zone de la retenue de l'aménagement de Gouïna.

- Choix de la variante du tracé de la déviation du chemin de fer Dakar-Niger.

- Détermination des emplacements des nouvelles localités en liaison avec la construction de l'ensemble industriel, le déplacement de la ville de Bafoulabé et établissement des nouvelles limites administratives.

Utilisation de l'énergie hydraulique.

- Examen de la question de l'opportunité de remplacer l'aménagement de Gouïna par celui de Galougo, et par l'usine hydroélectrique de Gouïna dite "petite".

- Choix de l'emplacement de l'usine hydroélectrique de Gouïna, dite "petite", en amont ou en aval de la chute d'eau.

- Choix de l'emplacement du barrage de l'usine hydroélectrique du Felou, en amont ou en aval des seuils et les limites admissibles de la cote de la

retenue normal de cette installation.

- Etude de l'utilité de l'usine hydroélectrique de Bakel et détermination de la cote de la retenue normale.

- Etude de la possibilité de l'utilisation de l'énergie saisonnière des centrales de la cascade; étude des moyens d'assurer la compensation de la réduction de la puissance disponible des usines hydroélectriques de Félou et de Bakel pendant les crues.

Travaux de recherches et d'études

- Pour composer le "Schéma de l'utilisation intégrée de l'ensemble des ressources d'eau du Sénégal" il est nécessaire d'avoir à la disposition les matériaux suivants, résultats des travaux sur le terrain et des travaux de bureaux des données.

Topographie

- Les cartes à l'échelle 1/50.000 pour tout le bassin du fleuve Sénégal.

- Les plans des emplacements de Goufina et de Galougo à l'échelle 1/10.000; les plans existants peuvent être employés à condition de l'extention des levés jusqu'aux cotes 180-200 m.

- Pour la région des seuils de Felou: lever à l'échelle 1/10.000, 1 km en amont et 2,5 km en aval

des seuils. La hauteur de la cote de la zone à lever est de 60-65 m.

- Les levés à l'échelle 1/10.000: entre Dingouira et Logo, situés sur le Sénégal en aval de la chute d'eau de Goufina; sur le Bafing-près de Manantali et entre Madina, Goungou et Bandaya; sur le Bakoy - dans la zone des seuils de Billy.

- Le profil en long du fleuve Sénégal et de ses affluents, le Bafing et le Bakoy avec les cotes du fond du lit mineur, des rives et de la coupe journalière des niveaux d'eau.

- Les coupes en travers du lit du fleuve au 1/5.000 pour les régions des sites des aménagements et pour les seuils entre Kayes et Bakel.

Hydrologie

- Continuer les observations sur les stations hydrométriques et de jaugeage en vigueur dans le bassin du Sénégal et reprendre des observations sur les stations fermées.

- Continuer de rassembler et de traiter tous les renseignements météorologiques et hydrauliques pour le bassin du Sénégal des années dernières.

- Tracer les courbes des niveaux en liaison avec les débits pour toutes les stations hydrométriques et de jaugeage où elles n'existent pas et vérifier et préciser les courbes déjà tracées.

- Soumettre à l'analyse critique des résultats d'exploitation des anciennes observations hydrologiques du point de vue de la balance d'écoulement.

- Composer les tableaux des débits annuels moyens et mensuels moyens pour les stations hydrologiques de durée des observations de plus de 10-15 ans; déterminer les normes et le coefficient de la variation du débit annuel.

- Effectuer la vérification des relations mutuelles de ses valeurs pour les différentes stations, les utilisant par analogie avec les écoulements dans les stations de longue durée des observations. De même, doit être utilisée la méthode d'interpolation géographique par l'établissement des cartes des coefficients d'écoulement et des modules de l'écoulement moyen.

- La norme et le coefficient de la variation du débit annuel pour les sites des observations récentes seront établis par l'analogie avec les sites des longues observations sur les débits et les précipitations.

- Continuer les observations sur les précipitations dans toutes les stations météo. Il conviendrait de mesurer en outre les vitesses et les directions du vent, la température et l'humidité de l'air.

- Installer trois bassins d'évaporation dans les régions des plus grandes retenues en projet: Bafoulabe; Dibia sur le Bafing et sur le Baoulé, dans la région de Siramakan.

Ces relevés sont suffisants pour se représenter, en grand, la géologie du Bassin dans le cadre du schéma.

Toutefois, aux sites des aménagements dans les régions de Gouïna, de Galougé et de Felou il faut procéder aux levés géologiques plus détaillés au 1/10.000 accompagnés des prospections géophysiques /sismiques, électriques/, des forages / 3-4 trous de 50 à 60 m de profondeur/ à chaque endroit et de recherche des carrières des formations qu'on peut utiliser pour le béton et pour les éléments imperméables des barrages. Pour mieux étudier les diaclases, les forages doivent être inclinés et composer des injections expérimentales de l'eau sous pression.

En même temps que ces travaux sur le terrain devront être effectuées des études au laboratoire sur les roches et les alluvions. Il faut étudier la construction pétrographique et la nature physique et technique des roches, la granulométrie, perméabilité et les caractéristiques physiques et mécaniques des alluvions.

Les études citées ci-dessus, doivent permettre de mieux comprendre le mode de fissuration des roches, d'établir les zones de cassures, de fixer l'épaisseur des terrains meubles et des éboulis, d'éclaircir la nature de l'altération des roches, leur perméabilité et enfin de définir de façon plus précise le degré de la solidité des roches.

C O N C L U S I O N S

1. Le fleuve Sénégal est le seconde fleuve selon son importance de la République du Mali. C'est dans son bassin que sont concentrées les 90% des ressources globales de l'énergie hydraulique du pays.

L'apport du fleuve Sénégal est suffisant pour assurer l'arrosage des étendues de terre considérables et la navigation.

Cependant, le regime hydrologique du fleuve Sénégal souffre de l'irrégularité extrêmement marquée. Dans la région de Kayes, le débit maximum peut atteindre 10.000 m³/s tandis que celui d'étiage s'abaisse jusqu'à zéro.

C'est pourquoi pour utiliser plus rationnellement les ressouces d'eau du Sénégal il est indispensable de régulariser les apports pour égaliser les débits.

Un grand barrage-reservoir sur le cours supérieur du fleuve est capable de contrôler la part importante de l'écoulement, de régulariser ses débits.

2. Le barrage de la retenue nécessaire ne peut être situé qu'en amont de la chute de Gouïna sur les lieux mêmes ou bien à une distance de 25 km de ceux-ci près de la gare de Galougo.

La retenue qui serait crée par ces barrages serait capable de contrôler 80% environ de l'apport annuel total du fleuve Sénégal. Dans le présent rapport, à la différence de beaucoup d'autres rapports consacrés à l'aménagement de Gouïna sur le fleuve Sénégal, le barrage est considéré comme un ouvrage à destination complexe.

L'aménagement de Gouïna permettra de résoudre, les problèmes suivants de la balance hydraulique et

énergétique qui intéresse la République du Mali:

- assurer la navigation sur le fleuve Sénégal, de Kayes à l'embouchure pendant toute l'année;
- utiliser l'eau du fleuve Sénégal pour les besoins de l'irrigation pendant toute l'année;
- obtenir de l'énergie électrique en quantité importante et relativement bon marché.

L'aménagement de Gouïna ouvrira la voie pour appliquer plus complètement les ressources en eau du fleuve.

3. Le barrage de Gouïna est placé sur le tronçon du fleuve Sénégal qui est caractérisé par les pentes longitudinales les plus fortes / de Bafoulabé à Kayes/. C'est sur cette partie du fleuve que les ressources d'énergie sont concentrées. Elles peuvent être mise en valeur en deux étapes: l'usine hydroélectrique de Gouïna, à la puissance de 340 mille KW et celle de Félou, à la puissance de 110 mille KW, ou bien en trois étapes: l'usine hydroélectrique de Galougo- puissance 230 mille KW, celle de Gouïna - 110 mille KW, celle de Félou - 110 mille KW.

A L'heure actuelle il est très difficile de décider laquelle de ces variantes soit la meilleure; pour cela il faut faire l'étude supplémentaire plus approfondie sur place et les projets des ouvrages.

4. En aval du fleuve Sénégal en dehors des limites de la République du Mali, peut être construite l'usine hydroélectrique à Bakel, avec la puissance installée 30 mille KW. Ce sont les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie dont les ressources énergétiques sont insuffisants qui peuvent s'y intéresser.

En amont de l'aménagement de Gouïna sur les rivières

Bafing et Bakoy quelques aménagements moins importants peuvent être créés. Les sites préliminaires de leurs emplacements ont été tracés par le Service de l'Hydraulique. Pourtant leur importance est modeste et ils ne peuvent que partiellement résoudre des problèmes de la navigation, de l'irrigation et de l'énergetique.

5. L'aménagement de Gouina à la cote de la retenue normale la plus probable de 130 m et à celle de la retenue minimale de 110 m créera la retenue avec le volume total de $16,5 \text{ km}^3$ et la réserve utile de $13,5 \text{ km}^3$, la hauteur du barrage étant égale à 67 m. Cette réserve permettra d'avoir le débit garanti au bief aval égal à $420 \text{ m}^3/\text{s}$ environ ce qui assurera les profondeurs d'eau de plus de 3 m de l'embouchure à Bakel, et d'environ de 3 m de Bakel à Ambidédi, et les mêmes profondeurs d'eau sur le tronçon Ambidédi - Kayes mais probablement après l'exécution de certains travaux de dragage. Ainsi la République du Mali recevra-t-elle une issue permanente vers l'océan.

Pour déterminer l'efficacité des transports mixtes / chemin de fer - fleuve / dans le sens Bamako - Kayes; Kayes St.-Louis ou Dakar il sera nécessaire d'exécuter les études spéciales. Cependant, on peut supposer que le transport mixte des forts chargements et le transport par fleuve des marchandises du commerce local seraient moins onéreux que le transport direct par chemin de fer: de Bamako à Kayes et à Dakar.

Sans l'aménagement de Gouina, les profondeurs d'eau nécessaires peuvent être obtenues par la construction de trois barrages - écluses aux sites de Dagana, Saldé et Bakel, c'est-à-dire hors des limites de la République du Mali. Cependant la valeur économique de ces constructions est bien douteuse.

Les profondeurs d'eau moins considérables peuvent être obtenues pour la navigation pendant toute l'année grâce à l'aménagement à réaliser sur le Bafing ce qui assurera le débit au bief aval égal à $130 \text{ m}^3/\text{s}$, au lieu de $420 \text{ m}^3/\text{s}$ assuré par Gouïna.

De même, on peut prolonger les délais de la navigabilité, en ce moment égaux à 2 ou 3 mois c'est à dire pendant la crue, encore d'un ou de deux mois grâce à la création du barrage-réservoir sur le lac Magui, mais en revanche, cette solution provoquera des dégâts pour l'agriculture dans la région de ce lac et dans la partie inférieure de la rivière Kolombiné. Comme la régularisation du débit du fleuve Sénégal pourrait être exécutée seulement dans la perspective kintaine, d'autres voies devraient être trouvées pour les transports d'importations et d'exportations de la République du Mali pour le temps proche.

6. L'aménagement de Gouïna qui assure aussi la possibilité d'irriguer pendant toute l'année les terres dans la région de Kayes dont la superficie totale est de 200 mille hectares environ, dont la plupart ne sont pas cultivés actuellement. L'eau peut être amenée du bief aval par plusieurs stations de pompage.

Pour les cultures de décrue, il y aura la possibilité d'utiliser une part des terres dans la zone du déstockage de la retenue, dont la surface totale serait d'environ 40 mille hectares. Le volume total d'eau nécessaire aux irrigations dans les limites du territoire du Mali est évalué dans les perspectives lointaines à 4 km^3 , avec l'écoulement total à Kayes de l'ordre de 21 km^3 .

La mise en valeur de 200 mille hectares dans la région de Kayes entraînerait une dépense spécifique plus

considérable que celle des terres, de l'"Office du Niger."

C'est pourquoi elle ne peut pas être considérée comme objectif de la perspective proche. Probablement, la mise en valeur des terres de la vallée Kolombiné sera moins onéreuse que celles du Sénégal.

7. L'usine hydroélectrique de Gouïna aura la puissance installée de l'ordre de 340 mille KW et avec la production de l'énergie annuelle assurée de 2,0 milliards de KWh. Au stade ultérieur, après la construction des centrales en amont de Gouïna la question de l'accroissement de la puissance de celle-ci jusqu'à 460 mille KW ainsi que de la possibilité d'utiliser l'énergie saisonnière pourra être considérée. Sur la base de l'énergie hydroélectrique de Gouïna et des ressources naturelles révélées pourra être créé tout un ensemble industriel. Selon l'avis des Services du Mali ce sont des usines d'aluminium et d'alumine qui seront les plus importantes de ce complexe. Il est possible de créer l'industrie des engrais azotés, celle de textiles et une cimenterie: on peut développer aussi l'irrigation par pompage; la question de l'électrification du chemin de fer Dakar-Niger peut être résolue, enfin, une partie de cette énergie peut être transmise dans les régions orientales des Républiques du Sénégal et de la Mauritanie.

L'usine hydroélectrique de Gouïna sera la plus importante dans la République du Mali et c'est pourquoi la question de l'utilisation rationnelle de son énergie doit être considérée minutieusement; Il faudra choisir un ensemble des consommateurs qui pourra assurer dans le plus haut degré le développement de l'économie de tout le pays. La transmission de l'énergie hydroélectrique

de Goufna vers la région de Bamako ne peut être rationnelle à l'heure actuelle, vu la distance considérable du transport et la possibilité de fournir à cette région l'énergie électrique par d'autres sources notamment, par des usines hydroélectriques sur le Haut Niger et, sur le Bakoy, dont la construction pourra être exigée avant l'aménagement de Goufna. Dans l'avenir proche le développement de l'énergie de la République du Mali devra être effectué en général à la base de la construction des centrales électriques de la puissance moyenne près des consommateurs principaux de l'énergie électrique.

8. Les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie, elles aussi peuvent être intéressées à l'aménagement de Goufna parce que le changement du régime du fleuve en aval de l'aménagement influera favorablement leur économie.

Elles obtiendront:

- les conditions stables pour les cultures de décrue du lit majeur et la transition au système de l'irrigation normale pendant toute l'année à l'avenir;
- la navigation pendant toute l'année sur le tronçon du fleuve en amont du seuil Mafou;
- la diminution des dégâts dus à l'inondation lors des crues fortes;
- la réduction de la zone de la pénétration de l'eau de mer dans la partie inférieure du fleuve / dans le delta/.

9. Au premier stade de l'exploitation de l'aménagement de Goufna, il faudra assurer des lâches considérables pour les cultures de décrue des oualos sur le territoire des Républiques du Sénégal et de la Mauritanie. Il sera

nécessaire de verser environ 6 km^3 d'eau par an. Une partie de l'eau seulement passera par les turbines, ce qui amènera à la diminution de la production d'énergie électrique de garantie jusqu'à 1,5 milliard de KWh et la puissance installée à ce stade du développement de Goufina sera environ 230 mille KW. Cet abaissement temporaire de la productivité de l'usine peut être bien coordonné avec l'accroissement graduel des demandes de l'économie du Mali en énergie électrique.

Le débit régularisé minimum sera égal à $270 \text{ m}^3/\text{s}$ avec lequel les profondeurs d'eau nécessaires assurées pour navigation seront de l'ordre de 3 m.

Toutefois il faudra abandonner au plus tôt ces lâchures forcées du stade initial de l'exploitation et passer à égalisation complète de l'écoulement du fleuve. La République du Mali s'y est intéressée au premier chef pour obtenir la quantité importante de l'énergie électrique de même que les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie pour produire une plus grande quantité des produits agricoles sur la base de l'irrigation normale.

10. L'aménagement de Goufina exigera l'exécution des travaux dont les volumes principaux sont suivants:

- déblai en terrain meuble et dur	-	7.300 mille dm^3
- enrochements	-	8.100 " "
- remblais tout venant et zoné	-	3.300 " "
- béton ordinaire et armé	-	300 " "
- équipement hydromécanique, électrique et appareils de levages	-	7.700 tonnes
- ossatures métalliques et vannes	-	8.500 "
- forage et cimentation	-	55 km linéaires

- déviation du tronçon du chemin
de fer Kayes - Bamako - 123 km
- déplacement de 22 mille d'hommes

Le délais approximatif de la réalisation du projet est de 5 à 6 ans sans tenir compte de stade préparatif des études.

Le coût total approximatif de cet aménagement est estimé en 45 milliard de francs maliens. Au stade ultérieur de l'étude le chiffre devra être revu suivant les données de la situation économique et les prix concrets au moment de la construction de l'aménagement.

11. A l'heure actuelle, le rendement économique de l'aménagement de Goufina ne peut être caractérisée par des indices concrets. Ces derniers ne peuvent être précisés qu'après les études détaillées à entreprendre.

Cependant, il est tout à fait évident que l'importance de l'aménagement de Goufina pour la République du Mali, ainsi que pour les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie, est considérable. Cet aménagement influencera considérablement et progressivement sur leur économie.

En même temps, la construction de l'aménagement de Goufina comportera plusieurs difficultés, avant tout financières et matérielles. Des difficultés surgiront aussi pour résoudre des problèmes de navigation, d'irrigation et de la création de la base industrielle.

Indirectement, on pourra évaluer l'efficacité de l'aménagement de Goufina selon les indices économiques de son usine hydroélectrique suivant que l'on suppose que les dépenses entraînées par la production de l'énergie constitueront 100% ou 50% de la valeur totale des dépenses pour cet aménagement et que l'énergie de l'usine hydroélectrique sera complètement utilisé.

Les indices auront les valeurs suivantes:

I N D I C E	: Unité : de la : mesure	: Part des dépenses pour : l'énergetique	100 %	: 50%
Investissement pour un KW de la puissance installée	franc/KW		132.000	66.000
Prix de revient d'un KWh de la production garantie sur les barres de l'usine hydro- électriques	francs/KWh		0,34	0,17
Idem, compte tenu de la production saisonnière	"		0,27	0,14

Ces indices doivent être estimés comme bien satisfaisants pour les conditions de la République du Mali dont les ressources énergétiques sont limitées.

Actuellement le prix de revient moyen de tout le pays est égal à 16 fr/KWh. L'usine hydroélectrique de Sotuba représentera 500000 fr/KW d'investissement pour 1 KW de la puissance installée et le prix de revient du KWh compte tenu de la production saisonnière sera égal à 0,8 francs.

12. Pour élaborer un projet de la mise en valeur des ressources hydrauliques du fleuve Sénégal et pour déterminer comment ses ressources pourront satisfaire les demandes actuelles et prévisibles des Républiques du Mali, du Sénégal, de la Mauritanie et du Guinée il

est indispensable d'exécuter une étude spéciale qui serait un: " Schéma de l'utilisation intégrée des ressources hydrauliques du fleuve Sénégal."

Cette étude à entreprendre doit tracer la somme de tous les dispositifs y compris des aménagements qui permettront d'utiliser le plus efficacement les ressources en eau du fleuve Sénégal. En outre, il faudra choisir l'objet de la construction la plus immédiate.

En vertu des voies vagues du développement de l'économie des pays qui s'intéressent à utilisation des ressources hydrauliques du fleuve Sénégal, il est impossible de reconnaître que l'élaboration de ce "Schéma" est l'objectif urgent des années proches. Outre cela, ce "Schéma" ne peut être élaboré qu'à l'accord et avec la participation de tous les Etats intéressés.

Tableau No.2

Dévis estimatif /approximatif/
de l'aménagement Gouina /R.N. 130 m/

Dénomination des travaux:	Mesureur :	Quantité :	Prix unitaire en frs :	Coût des travaux en millions de frs :
1	2	3	4	5
Enlèvement de la couche de sol supérieure	mille M ³	210	200	42
Deblais des terres	"	620	300	186
Deblais des roches	"	6.300	1.000	6.300
Le même avec pompage et au-dessous du niveau d'eau	"	110	1.500	165
Planage de la fouille dans les terrains rocheux /marteaux-piqueurs et marteaux-perforateurs/	"	40	2.500	100
Remblais ordinaires, pris de la carrière	"	70	1.000	70
Remblais des éléments d'étanchéité	"	1.300	1.400	1.820
Remblais classés	"	1.900	2.000	3.800
Enrochements ordinaires, pris des fouilles d'ouvrage	"	7.200	600	4.356
Ceux-ci, pris des carrières	"	350	1.600	560
Enrochements classés	"	390	2.000	780

1	2	3	4	5
Enrochements ordinaires dans l'eau courante /pris de fouilles/	"	100	700	70
Béton ordinaire et béton armé en éléments prefabriqués	"	50	20.000	1.000
Idem en constructions massives	"	96	9.000	864
Idem en éléments minces monolites	"	124	11.000	1.364
Idem dans la partie immergée de l'usine	"	30	12.000	360
Armatures	tonnes	13.800	100.000	1.380
Gunite sans grille à couche de 5 cm	mille m ³	100	1.000	100
Cémentation des roches par des forages d'injection inclinés /au débit moyen de ciment de 100 kgs pour 1 mètre lineaire	km li- neaire	55	12.000	660
Bâtiments de service et la partis émergée de l'usine	M ³	3.700	10.000	37
Turbines servo-moteurs hydrauliques avec tout et vantellerie	t	2.500	550.000	1.375
Alternateurs et l'équipement auxiliaire	"	3.060	680.000	2.080

1	2	3	4	5
Transformateur et autre équipement électrotechnique de l'usine et du poste extérieur	mille de kw	340	1.750	595
Vannes /secteurs et plates/ condu- ites forcées	t	6.860	220.000	1.510
Grilles et autres constructions métalliques	"	1.650	160.000	264
Appareils de levage: ponts-roulants, portiques, treuils	"	560	330.000	185
TOTAL arrondi: aléas et imprévus %		10	-	3.000
TOTAL pour les ouvrages principaux				33.000
Cité provisoire et celle pour le personnel d'exploitation		évaluation approxima- tive		2.600
T O T A L :				35.600
Somme à valoir pour les travaux et les frais imprévus, les frais d'étude, de reconnaissance, de recherches, d'inspection technique etc. /environ de 25%/				8.900
T O T A L :				44.500
Frais sur la zone de la retenue	voir calcul spécial			5.500
COUT TOTAL de l'aména- gement				50.000

Tableau No.3Dévis estimatif / approximatif /
pour la déviation du chemin de fer.

No.	Denomination des travaux	Unité:	Volume des travaux	Prix unitaire: en millions frs	Coût total en million frs
1.	Démontage de la voie ferrée existante	km	101	0,8	81,0
2.	Reconstruction du tronçon de la voie ferrée inondée	"	9	22,0	198,0
3.	Construction du nouveau trace dans les conditions compliquées	"	16	35,0	560,0
4.	Construction du nouveau tracé dans les conditions moyennes	"	107	26,0	2782,0
T O T A L:					3621,0

Tableau No.4

Devis estimatif / approximatif / pour
le déménagement des agglomérations de la zone
de la retenue .

No.:	Dénomination: des travaux :	Unité :	Volume des travaux :	Prix uni - taire en : mille de frs	Coût en million frs
1.	Déménagement de la population de la zone de la retenue				
	- reconstruc- tion des habitats d'après le nombre de familles dans les régions rurales	Habi- tats	3400	20	68,0
	- le même dans les villes	"	1000		
	dont: pisés	"	950	30	28,5
	en brique	"	50	1500	75,0
2.	Evacuation de la population /à raison de 1800 frs pour une famille/	fa- milles	4400	1,8	7,9
3.	Transport des biens de la population sur la distance de 50 km /à raison de 250 frs pour une famille/	"	4400	0,25	1,1

No.	1	2	3	4	5
4.	Construction à nouveau des bâtiments publics en briques sans étages	bâti- ments	30	2000	60,0
5.	Construction à nouveau des bâtiments publics en briques à l'un étage	"	9	3000	27,0
6.	Construction de l'autoroute dans le nouvel emplacement de Bafoulabé	km	2	4000	8,0
7.	Reconstruction de la ligne de communication urbaine	"	6,0	800	4,80
8.	Construction de la route secondaire au lieu de celle inondée	"	40,0	1000	40,0
9.	Aménagement de nouvelles agglomérations dans les régions ruraux	agglomé- ration	45	50	2,25
10.	Urbanisme	"	1	10000	10,0
11.	Restauration des terres cultivables pour la population démenagée	ha	15000	10	150,0
12.	Aménagement des appontements pour la communication de transport entre les agglomerations	apponte- ment	10	10	0,1

T O T A L

482,65

Tableau No.5

Devis estimatif / approximatif / pour la
liquidation des forêts et le nettoyage sanitaire de la
la zone de la retenue

No.:	Dénomination des travaux	Unité	Volume des travaux	Prix unitaire en mille frs	Coût des travaux en millions frs
1.	Liquidation des forêts dans la zone de la retenue	ha	100.000	5	500,0
2.	Nettoyage sanitaire des lieux d'encrassement dans les agglomérations de la zone de la retenue	vil- lage			
	en village	"	43	500	0,02
	en villes	villes	2	5.000	0,01
T O T A L					500,0

REPERTOIRE DE LA DOCUMENTATION UTILISEE

1. M.A.S. Dossier concernant le Lac de Maguy - 1928-1934
2. M.A.S. Note sur les études générales à entreprendre en vue de l'aménagement des Vallées du Sénégal et du Niger inférieur - Par E. BELIME 1934.
3. M.A.S. Proposition pour l'amélioration de la navigabilité du fleuve Sénégal et aménagement de la Vallée et utilisation de ses forces hydrauliques - Par RAOU 1936.
4. M.A.S. Régularisation et aménagement du fleuve Sénégal - 1949.
5. M.A.S. Etude préliminaire fournissant des données de base pour la détermination des caractéristiques et des effets du barrage réservoir de Gouina - U.H.E.A. 1949.
6. M.A.S. Rapport sur le régime du fleuve Sénégal pendant la grande crue de 1950 - Par Giraud 1950/
7. M.A.S. Dossier concernant le bassin de Gouina - 1950-1952.
8. M.A.S. Note sur l'étude des caractéristiques de la batterie sur le fleuve Sénégal et leur relation avec dimensions des écluses à construire. Par VERANTONIS - 1953.
9. M.A.S. Aménagement de la Vallée du fleuve Sénégal. Résumé de la doctrine général - 1953.

11. M.A.S. Note sur le calcul sommaire des endiguements nécessaires pour la canalisation du fleuve Sénégal entre Bakel et Saint-Louis, pour la mise à l'abri des crues de 7000 m³/s de la Vallée - Par YERANTONIS 1953.
12. Office de la Recherche Scientifique et technique Outre-Mer Annuaire Hydraulique - Année 1953
13. M.A.S. Note sur la fréquence des crues du fleuve Sénégal - Par ALVAREZ - 1954.
14. M.A.S. Rapport sur les possibilités d'aménagement du pont Faidherbe en barrage mobile - Par VASSIVIERE - 1954.
15. M.A.S. Observations morphodynamiques aux chutes de Félou - Par TRICART - 1954.
16. M.A.S. Note préliminaire sur les systèmes d'érosion dans le bassin du Sénégal - Par TRICART - 1954.
17. M.A.S. Note sur les lectures limnigraphiques sur le fleuve Sénégal et ses affluents. Par MAURICE 1954.
18. M.A.S. Nouvelles propositions pour l'aménagement du fleuve Sénégal. Rapport général de la M.A.S. - 1955.
19. M.A.S. Aménagement de la Vallée du fleuve Sénégal - Mission du 6 au Février 1955 - Par BOUSIL.
20. M.A.S. Rapport sur le balisage du fleuve Sénégal - Par MAURICE - 1955.

21. M.A.S. Rapport sur la crue du fleuve Sénégal - Par MAURICE 1955
22. M.A.S. Rapports présentés au Comité de Travaux Publics du Ministère de la F.O.M. le 13-1-1955.
23. M.A.S. Note sur l'aménagement du fleuve Sénégal - 1955.
24. M.A.S. Barrages du Haut Sénégal - Rapport général - Par A.COYNE et I. BELLIER - 1956.
25. M.A.S. Répertoire des échelles limnimétriques et des limnigraphes instables sur le fleuve Sénégal et ses affluents. Par MAURICE - 1956.
26. M.A.S. Rapport sur l'activité de la subdivision du fleuve Sénégal de la M.A.S. en 1953-55 et 56. Par MAURICE - 1957. X
27. M.A.S. Répertoires de la documentation et des archives à la Direction de la M.A.S. à Saint-Louis - 1957.
28. M.A.S. Note complémentaire au sujet des rattachements des lectures des échelles de crue de fleuve Sénégal au nivellement I.G.N. - Par MARTIN - 1957.
29. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer-Annuaire hydrologique de la France d'Outre Mer - 1957.
30. M.A.S. Profil en long du fleuve Sénégal de Saint-Louis à Bafoulabé. 1958.
31. M.A.S. Crue 1958 du fleuve Sénégal - 1959.
32. M.A.S. Monographie hydrologique du Sénégal. Avertissement Débit d'étiage et politique internationale. Note sur les mesures de débits d'étiage du Sénégal - 1960.

33. M.A.S. Situation actuelle des Transports dans la vallée du fleuve Sénégal - Par BEZON - 1960.
34. Société Africaine d'Electricité. Aménagement de Sotuba. Avant-projet sommaire 1960.
35. M.A.S. La vallée du Sénégal - Tome de présentation. Par CHERET - 1960.
36. M.A.S. Subdivision hydraulique complexe. Fleuve Sénégal - Faouéye-Las de Guilers, ses possibilités hydrauliques Tomes I et II - Par Ousmane Fall - 1961.
37. Service de l'Hydraulique - Ministère des Travaux Publics du Mali. Journaux des hauteurs et débits du fleuve Sénégal. Félou Gouïna, Galougo - 1956-1961. 1962
38. Ministère des Transports et Télécommunications du Mali. Contribution à l'étude des transports au Mali. Recherches et solutions des principaux problèmes. Tomes I et II - 1962.
39. Ministère du Plan et de l'Economie Rural du Mali. Données économiques - 1962.
40. Direction de l'Hydraulique - Ministère des Travaux Publics du Mali. Plan général des possibilités d'aménagement hydro-électrique de la République du Mali - 1962.
41. Ministère du Plan et de l'Economie Rural du Mali. Rapport sur le plan quinquennal de développement économique et social de la République du Mali - 1962.

42. Ministère du Plan et de l'économie Rural du Mali. Bulletin statistique mensuel - 1962.
43. Carte géologique de Reconnaissance à l'échelle du 500.000. Notice explicative sur la feuille Kayes-Ouest. /N° ND-29-NO-0-60/
Redigée par L.BAUD
DAKAR - 1950.
44. Carte géologique de Reconnaissance à l'échelle du 500.000e. Notice explicative sur la feuille Kayes-Est
/ N° ND-29-NO-E-61/
Redigée par L.BAUD.
DAKAR - 1950
45. Carte géologique de Reconnaissance à l'échelle du 500.000e
Notice explicative sur la feuille Kita-Est
Redigée par L.BAUD, R.Goloubinov.
DAKAR - 1950.
46. Carte géologique de Reconnaissance à l'échelle du 500.000e
Notice explicative sur la feuille Kita-Ouest
/D-29-S-W - feuille Kita /
Redigée par BAUD, WICKLES, GOLOUBINOV, MOLLY
PARIS - 1946.
47. Carte géologique de l'Afrique Occidentale à l'échelle du 2.000.000e
48. R. FURON - Géologie de l'Afrique
Deuxième édition -
PARIS 1960.

49. R.FURON - Les ressources minérales de l'Afrique
PARIS 1944
50. M.CHERET-La Vallée du Sénégal -
Terres et Eaux. Hydraulique et
Equipement Rurale.
Spécial Afrique Noire - N° 38 -1962.
51. M.A.S. - La Vallée du Sénégal -
Tome de présentation XI-XII - 1960.
52. R.DARS, P.SOUGY, F.TESSIER - Nouvelle
stratigraphie des
séries paléozoïques
de la région de Kayes-
1957.
53. R.DARS, P.SOUGY - La stratigraphie du Cambro-
Ordovicien de l'Ouest Africaine
et ses relations.
54. C.BENSE - Rapport de fin de campagne 1957-58.
Observations et problèmes géologiques de
la région de Kayes, Soudan et de l'Assabe
Mauritanie - 1958.
55. B.GUERIN-DESJARDINS, I.SISSOKO - Reconnaissance
géologique dans
l'Ouest du Mali
1962.
56. M.ZIMMERMANN - Nouvelle Subdivision des séries
antgotlandiennes de l'Afrique
Occidentale 1960.
57. M.RADIER - Contribution à l'étude géologique du
Soudan oriental. /A.O.F/. Le
precambrien saharien au sud de l'Adrar
des Iforas - DAKAR 1959.

58. Service de Hydraulique de l'A.O.F. - Mission hydrogéologique au Soudan 1957.
59. I.MARCHESSEAU - Compte-rendu provisoire de fin de mission "Prospection Diamant Kita" 1961.
60. C.BLANC - Mission Ouest-Soudan. Rapport de fin de mission 1960.
61. C.BLANC - Mission granites-Kayes. Rapport de fin de campagne 1959-1960. DAKAR 1960.
62. BEURNOT I. Mission granites - Kayes. Etude géologique et petrographique de la "Boutonnière granitique de Kayes" - 1960.
63. NICKLES M.- Etude de grandes lignes géologiques des Bassins de la Falémé et de la Gambie.
64. P.MICHEL et P.EDOUARD - Géologie. Monographie hydrologique du Sénégal - M.A.S. 1960.
65. M.GAUTHIER - Régularisation et aménagement du fleuve Sénégal Rapport géologique 1949.
66. M.A.S. - I.TRICART - Observations morphodynamiques aux chutes de Félou. 1954.
67. I.TRICART - Note préliminaire sur les systèmes d'érosion dans le bassin du Sénégal - M.A.S.
68. G.NESTERENKO - Note sur l'aménagement du Fleuve Sénégal.