03453

NATIONS UNIES

ETUDE DE PREINVESTISSEMENT POUR LA REGULARISATION DU FLEUVE SENEGAL

PROJET D'UN SYSTEME DE CONTROLE DES DEBITS DANS LE BASSIN DU HAUT-SENEGAL

VOLUME 3 A

HYDROLOGIE

TEXTE ET ANNEXES

SENEGAL-CONSULT
SUISSE

SOCIETE GENERALE POUR L'INDUSTRIE, Genève
ELECTRO-WATT INGENIEURS-CONSEILS S. A., Zurich
MOTOR-COLUMBUS INGENIEURS-CONSEILS S.A., Baden
ZINDER INTERNATIONAL LTD., New York

1970

V O L U M E 3

S O M M A I R E

	Pages No
1. INTRODUCTION	1 - 1
2. LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL	2 - 1
2.1 Situation	2 - 1
2.2 Morphologie générale	2 - 2
2.3 Système fluvial	2 - 2
2.4 Profil en long du fleuve Sénégal	2 - 5
3. CLIMATOLOGIE	3 - 1
3.1 Stations et équipement climatologiques	3 - 1
3.2 Station climatologique de Bafoulabé	3 - 2
3.3 Température de l'air	3 - 2
3.4 Vents	3 - 3
3.5 Humidité	3 - 4
3.6 Précipitations	3 - 4
3.6.1 Pluviométrie annuelle moyenne	3 - 5
3.6.2 Irrégularités interannuelles	3 - 5
3.6.3 Variations saisonnières	3 - 5
3.6.4 Précipitations aux sites des barrages projetés	3 - 6
3.7 Evaporation	3 - 6
3.7.1 Compilation des valeurs mesurées et calculées	3 - 6
3.7.2 Evaluation de l'évaporation aux sites des barrages	3 - 8
3.8 Climats régionaux et végétation	3 -10
3.8.1 La région foutanienne	3 -10
3.8.2 La région soudanienne	3 -11
3.8.3 La région sahélienne	3 -12
4. HYDROLOGIE	4 - 1
4.1 Réseau hydrométrique	4 - 1
4.2 Lecture d'échelles et jaugeages	4 - 2
4.2.1 Compte rendu sur les observations existantes	4 - 2
4.2.2 Lectures et débits utilisés	4 - 5
4.2.3 Jaugeages effectués par Sénégal-Consult	4 - 6
4.2.4 Courbes de tarage et barèmes de traduction	4 - 7

4.3 Evaluation des débits 4 - 9
4.3.1 Evaluation des débits à partir des lectures 4 - 9
4.3.2 Evaluation des débits mensuels à l'aide de corrélations 4 -10
4.3.2.1 Période d'investigation et station de base 4 -10
4.3.2.2 Méthode appliquée pour l'évaluation des débits 4 -10
4.3.2.3 Corrélations définitives 4 -11
4.3.2.4 Débits aux sites des barrages projetés 4 -12

4.4 Bilan hydrologique
4.4.1 Bilan des débits
4.4.1.1 Kayes - Kidira - Bakel 4 -13
4.4.1.2 Kayes - Ségala 4 -16
4.4.1.3 Dibia - Oualia - Galougo 4 -17
4.4.1.4 Siramakana - Toukoto - Oualia 4 -17
4.4.2 Bilan des écoulements 4 -18

4.5 Débits exceptionnels 4 -19
4.5.1 Généralités 4 -19
4.5.2 Années humides et sèches 4 -20
4.5.3 Etiages 4 -23
4.5.4 Crues 4 -23
4.5.4.1 Considérations sur la propagation des crues 4 -23
4.5.4.2 Crues observées 4 -25
4.5.4.3 Pointes de crues 4 -26
4.5.4.4 Hydrogrammes des crues exceptionnelles 4 -29

4.6 Prévision des crues et des apports 4 -30
4.6.1 Prévision des crues 4--30
4.6.2 Prévision des apports 4 -31

4.7 Périodicité 4 -31
4.8 Recommandations concernant le service hydrologique 4 -33

5. DEBITS SOLIDES 5 - 1

5.1 Généralités 5 - 1

5.2 Mesure des débits solides en suspension 5 - 2
5.2.1 Méthode de mesure 5 - 2
5.2.1.1 Mesures à la turbidisonde 5 - 3
5.2.1.2 Mesures à la bouteille 5 - 3
5.2.2 Mesures effectuées jusqu'à ce jour 5 - 4
5.2.3 Mesures entreprises par Sénégal-Consult 5 - 5
5.2.4 Résultats 5 - 5
5.2.4.1 Mesures à la bouteille 5 - 5
5.2.4.2 Turbisonde 5 - 6

5.3 Caractéristiques des sédiments 5 - 7
5.3.1 Sédiments en suspension 5 - 7
5.3.1.1 Granulométrie 5 - 7
5.3.1.2 Composition minérale 5 - 8
5.3.2 Sédiments transportés par charriage de fond 5 - 8
5.3.2.1 Granulométrie 5 - 8
5.3.2.2 Pétrographie et morphologie 5 - 9

5.4 Débits solides 5 -14
5.4.1 Débits solides en suspension 5 -13
5.4.1.1 Kayes 5 -13
5.4.1.2 Autres stations 5 -15
5.4.2 Charriage de fond 5 -15

5.5 Colmatage des réservoirs 5 -17
5.5.1 Colmatage par des matériaux en suspension 5 -17
5.5.2 Colmatage par des matériaux de charriage de fond 5 -18

5.6 Conséquences morphologiques dans les lits du fleuve en aval des barrages 5 -19
5.6.1 Etat actuel 5 -19
5.6.2 Conséquences en aval des barrages 5 -20
5.6.2.1 Erosion en profondeur 5 -20
5.6.2.2 Erosion latérale 5 -20

6. PROPRIETES DE L'EAU 6 - 1

7. CONSIDERATIONS SUR LES CONSEQUENCES POUVANT RESULTER DE L'AMENAGEMENT DU FLEUVE 7 - 1

SOMMAIRE DES ANNEXES

3.01 Carte Générale
3.02 Bassin du fleuve Sénégal:Carte générale détaillée
3.03 Courbes hypsométriques du Haut-Bassin
3.04 Bassin du fleuve Sénégal:Carte pluviométrique
3.05 Profil en long et caractéristiques du Bafing et du Bakoye
3.06 Profil en long et caractéristiques de la Falémé et du Sénégal
3.07 Haut-Bassin, Réseau climatologique
3.08 Evaporation et insolation à Bafoulabé 1968-69
3.09 Température, humidité et précipitation à Bafoulabé 1968-69
3.10 Fréquences, directions et vitesses du vent à Bafoulabé
3.11 Températures moyennes dans le bassin du Sénégal
3.12 Evaporation aux stations sélectionnées (appareil Piche)
3.13 Evaporation moyenne annuelle aux stations sélectionnées
3.14 Haut-Bassin: Réseau hydrométrique
3.15 Haut-Bassin, valeur de débit disponibles période 1903-69
3.16 Haut-Bassin, lectures disponibles d'hauteurs d'eau 1953-69
3.17 Courbe de tarage Kalé
3.18 Courbe de tarage Siramakana
3.19 Courbe de tarage Toukoto
3.20 Courbe de tarage Oualia
3.21 Courbe de tarage Dakka-Saidou
3.22 Courbe de tarage Soukoutali
3.23 Courbe de tarage Dibia
3.24 Courbe de tarage Galougo
3.25 Courbe de tarage Kayes
3.26 Courbe de tarage Ségala
3.27 Courbe de tarage Fadougou
3.28 Courbe de tarage Gourbassi
3.29 Courbe de tarage Kidira
3.30 Courbe de tarage Kabate
3.31 Caractéristiques hydrauliques à Bakel 1951
3.32 Caractéristiques hydrauliques à Bakel 1968
3.33 Caractéristiques hydrauliques à Bakel 1969
3.34 Courbes de tarage à Bakel années 1951, 1968, 1969
3.35 Extrapolation de la Courbe de tarage de la station de jaugeage à Kayes
3.36 Corrélations entre les débits moyens mensuels à Galougo et Dakka-Saidou
3.37 Coefficients de corrélation
3.38 Caractéristiques hydrologiques du bassin du fleuve Sénégal
3.39 Dakka-Saidou:hydrogramme d'une crue millenaire
3.40 Soukoutali:hydrogramme d'une crue millenaire

3.41 Galougo:hydrogramme d'une crue millenaire
3.42 Gourbassi:hydrogramme d'une crue millenaire
3.43 Bakel:hydrogramme d'une crue centenaire
3.44 Comparaison des crues 1957
3.45 Comparaison des crues 1958
3.46 Comparaison des crues 1961
3.47 Comparaison des crues 1964
3.48 Comparaison des crues 1965
3.49 Comparaison des crues 1967
3.50 Modules annuels du fleuve Sénégal à Bakel (1903-1968)
3.51 Comparaison de la périodicité des rivières: Nil, Niger et Sénégal
3.52 Périodicité des fleuves Sénégal et Niger
3.53 Corrélation entre les modules de cinq années du Niger et du Sénégal
3.54 Corrélation entre les modules de cinq années du Sénégal et du Nil
3.55 Granulométrie des matériaux de charriage
3.56 Analyse du matériel en suspension par diffraction electronique
3.57 Relation entre des concentrations mesurées à la bouteille
3.58 Apports solides en suspension à Kayes, année 1968
3.59 Apports solides en suspension à Kayes, année 1969
3.60 Sections à la station de jaugeage à Kayes
3.61 Analyse des propriétés de l'eau
3.62 Prévision des crues à Bakel

1. INTRODUCTION

Le Sénégal, qui compte parmi les grands fleuves d'Afrique, prend sa source dans le vieux massif du Fouta-Djalon en Afrique Occidentale, dans une zone de précipitations relativement primilégiée, et décrit ensuite une vaste courbe vers le Nord pour s'infléchir ensuite vers l'Ouest. Il traverse les Etats de la Guinée, du Mali, du Sénégal et de la Mauritanie pour venir se jeter dans l'Océan Atlantique, à St-Louis, à la lisière sud du Sahara, après un parcours de 1'800 km (annexe 3.1). Sa caractéristique principale réside dans le régime d'écoulement très irrégulier de ses eaux, que ce soit au cours d'une seule et même année ou pendant une période de plusieurs années. Le rapport entre le module annuel le plus grand (1241 m3/s) et le plus petit (270 m3/s) est de 4:1. Le module annuel moyen à Bakel est de 771 m3/s, la pointe de la crue centenaire de 10'700 m3/s. Le module mensuel moyen au mois de septembre atteint 3'423 m3/s, celui de mai 10 m3/s.

Le bassin hydrographique du Sénégal couvre une surface de 290'000 km2 environ que l'on peut diviser en deux zones: une zone d'alimentation et une zone de consommation. La zone d'alimentation comprend tout le territoire du "Haut-Bassin", en amont de Bakel (200'000 km2 environ), tandis que la zone de consommation se compose essentiellement de la vallée fluviale proprement dite, la "Vallée", de 20 km de large et 700 km de long environ, et des territoires voisins semi désertiques situés entre Bakel et St-Louis (annexe 3.1). Dans la zone d'alimentation, 20% des précipitations environ s'écoulent. L'eau se rassemble dans les principaux affluents du Sénégal, à savoir, le Bafing, le Bakoye, la Baoulé et la Falémé. En aval de Bakel, les quelques affluents dont le plus important est le Gorgol ne suffisent plus à compenser la grande évaporation qui se produit à la surface du fleuve. Le module interannuel s'élève à 771 m3/s à Bakel, alors qu'il n'est encore que de 690 m3/s à Dagana. L'ensemble de l'écoulement est concentré sur les mois de juillet à octobre. A partir de la fin octobre, par suite de la faible importance des nappes phréatiques, le débit diminue très vite et atteint sa valeur minimum au mois de mai, souvent proche de zéro. Le niveau d'eau à St-Louis est alors plus bas que le niveau de la mer, ce qui entraîne la pénétration de l'eau salée jusqu'à 200 km en amont, limitant de ce fait l'exploitation agricole des sols voisins du fleuve. Par contre, pendant la saison des pluies en aval de Bakel, le fleuve sort de son "lit mineur" large en moyenne de 400 m pour inonder de ses flots vivifiants la totalité du "lit majeur" qui atteint par endroits 25km de large. La culture des champs suit de très près le retrait des eaux, qui commence à partir de mi - septembre.

Sur la terre arrosée, on sème le mil qui est récolté quelques mois plus tard, dès qu'il a atteint sa maturation. Le cultivateur est actuellement entièrement à la merci du régime du fleuve, la période de crue se trouvant à une période comprise entre la date du retrait des hautes eaux et la date d'arrivée du "harmattan", vent chaud en provenance du Sahara et soufflant avec violence. Si la crue alimentée par des averses tombées dans le Haut-Bassin intervient trop tard, la maturation est mise en question par l'arrivée de l'harmattan. Dans le cas où la crue est trop faible, le niveau est insuffisant pour submerger la totalité des terres cultivables et, de ce fait, seule des surfaces proportionnellement limitées peuvent être mises en culture.

La régularisation du fleuve apparaît ainsi comme un moyen susceptible d'améliorer les conditions de crue dans la vallée et de remplacer la culture traditionnelle de décrue par une culture par irrigation.

Le présent rapport décrit les études faites par Sénégal-Consult pour recueillir et exploiter les données hydrologiques en vue de leur utilisation dans les calculs de régularisation et de dimensionnement des ouvrages envisagés.