

**ORGANISATION POUR  
LA MISE EN VALEUR  
DU FLEUVE GAMBIE**

**MINISTERE DES RELATIONS EXTERIEURES  
COOPERATION ET DEVELOPPEMENT  
FONDS D'AIDE ET DE COOPERATION**

**EVALUATION DES DONNEES HYDROLOGIQUES  
ET METEOROLOGIQUES DISPONIBLES SUR LE  
BASSIN DU FLEUVE GAMBIE**

**J. C. OLIVRY**

**Rapport préliminaire**



**Fevrier 1983**

rganisation pour  
a Mise en Valeur  
J Fleuve Gambie

Ministère des Relations Extérieures  
Coopération et Développement  
Fonds d'Aide et de Coopération

EVALUATION DES DONNEES HYDROLOGIQUES  
ET METEOROLOGIQUES DISPONIBLES SUR LE BASSIN  
DU FLEUVE GAMBIE  
(Collecte, qualité, travaux d'interprétation)

J.C. OLIVRY

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique  
Outre-Mer

Février 1983.

**EVALUATION DES DONNEES HYDROLOGIQUES ET METEOROLOGIQUES  
DISPONIBLES SUR LE BASSIN DU FLEUVE GAMBIE  
(Collecte, qualité, Travaux d'Interprétation)**

-----

**AVANT-PROPOS**

**INTRODUCTION**

**GENERALITES**

**1ère Partie**

**COLLECTE DES DONNEES DE BASE**

**1.1 RESEAUX D'OBSERVATIONS ET DE MESURES**

**111 LES RESEAUX PLUVIOMETRIQUES ET CLIMATOLOGIQUES**

- 1111 GUINEE
- 1112 SENEGAL
- 1113 GAMBIE

**112 LES RESEAUX HYDROMETRIQUES ET MAREGRAPHIQUES**

- 1121 GUINEE
- 1122 SENEGAL
- 1123 GAMBIE

**113 AUTRES RESEAUX**

**1.2 ORGANISATION DE LA COLLECTE DES DONNEES, LEUR PUBLICATION**

- 121 CAS DE LA GUINEE
- 122 CAS DU SENEGAL
- 123 CAS DE LA GAMBIE

**2e Partie**

**CRITIQUE DES TRAVAUX D'INTERPRETATION**

**2.1 ETUDES DU BIEF MARITIME DE LA GAMBIE**

**2.2 ETUDES HYDROLOGIQUES GENERALES SUR LE BASSIN CONTINENTAL DE LA GAMBIE**

**2.3 ETUDES SUR LA PARTIE GUINEENNE DU BASSIN DE LA GAMBIE**

- 231 LES PRECIPITATIONS
- 232 EVAPOTRANSPIRATION ET DEFICIT D'ECOULEMENT
- 233 LES DEBITS
- 234 DETERMINATION DES CRUES DE FREQUENCE RARE

**2.4 TRANSPORTS SOLIDES - ESTIMATION DE L'EROSION**

**2.5 CARACTERE DEFICITAIRE DE LA PERIODE DE REFERENCE DES TRAVAUX D'INTERPRETATION**

**CONCLUSIONS**

**ANNEXES**

- Annexe 1 Projets
- Annexe 2 Personnes contactées
- Annexe 3 Bibliographie

## A V A N T - P R O P O S

oo=oo=oo

L'aménagement du fleuve Gambie a fait l'objet d'un plan d'action identifiant, à l'issue de 5 années de travaux effectués sous l'égide et la direction du PNUD (Programme des Nations-Unis pour le Développement), les actions et projets à court-terme nécessaires pour atteindre les objectifs fixés par une stratégie nationale de développement au Sénégal, en Gambie et en Guinée.

Cette stratégie s'adresse à trois secteurs primaires de développement : l'agriculture, l'élevage et les forêts et à tout ce qui peut concourir à un appui efficace à ces trois secteurs, en particulier la maîtrise de l'eau.

La mise en oeuvre de cette stratégie est confiée à l'O.M.V.G (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Gambie) sous la direction des pays membres.

Pour la Gambie et le Sénégal, l'élaboration de nombreux projets est déjà ancienne ; elle est surtout l'aboutissement de la Mission Multi-donateurs de 1977. Signalons aussi que des études hydrologiques ont été faites au début des années 70 sous l'égide des Nations-Unies (ORSTOM et HOWARD HUMPHREYS) pour la Commission Sénégalienne qui a précédé la naissance de l'O.M.V.G.

Mais pour la Guinée qui a rejoint ses partenaires du Sénégal et de la Gambie le 1er janvier 1981 au sein de l'OMVG, les travaux de la Mission sont plus récents et doivent être complétés. L'OMVG se propose en particulier de poursuivre l'étude préliminaire d'aménagements hydrauliques potentiels faite dans un autre contexte par POLYTECHNA dans le bassin de la Gambie en République Populaire Révolutionnaire de Guinée.

C'est dans ce cadre que les Services chargés de la Coopération et du Développement au sein du Ministère des Relations Extérieures ont apporté l'appui du Fonds d'Aide et de Coopération (F.A.C) à l'OMVG pour une mission d'évaluation. Il a été notamment prévu de confier à un hydrologue de l'ORSTOM l'expertise des réseaux hydrométriques et des résultats existant en matière d'hydrologie sur le bassin du fleuve Gambie avec pour tâche de faire apparaître les principaux résultats disponibles ainsi que les compléments qui lui paraîtraient nécessaires dans la mise en oeuvre du programme OMVG.

La mission s'est déroulée en novembre et en décembre, avec en particulier deux tournées sur le terrain : en Guinée, et en Sénégal.

Ce sont donc les résultats de cette expertise que l'on trouvera dans cette note d'évaluation. Ce travail a été possible grâce au dévouement, à la bonne volonté et au sympathique accueil des personnes rencontrées et en particulier de Monsieur Mamour GAYE, Directeur Technique de l'OMVG et de Monsieur Toumany BARO, Responsable de l'Hydrologie en Guinée qui ne nous a pas mesuré son concours tant à Conakry que sur le terrain. Que Monsieur Edi A. NJE, Directeur des Ressources en Eau en Gambie que nous n'avons pu rencontrer à Banjul, soit aussi remercié pour l'accueil réservé en janvier à mes collaborateurs<sup>(1)</sup>.

---

(1) : On trouvera en annexe une liste des personnes contactées.

## INTRODUCTION

Le but de la mission a été défini ci-dessus. Dans le cadre des travaux qui nous ont été confiés, le présent rapport de Mission peut être divisé en trois parties :

- la première partie traitera de l'aspect Collecte des Données de base tant sur le plan Réseau que sur le plan organisation ;
- la seconde partie est une évaluation des divers travaux d'interprétation. C'est, on le verra, la partie la plus critique ;
- la troisième partie en conclusions propose quelques mesures que l'OMVG pourrait prendre dans le domaine hydrométéorologique.

Nous n'avons pas voulu dans les généralités qui suivent rentrer dans le détail de la description du bassin de la Gambie ; celle-ci a été brossée à grands traits ; le lecteur de ce rapport peu familiarisé avec la région trouvera dans la bibliographie les références d'ouvrages plus complets.

On verra que ce rapport ne constitue pas une simple analyse critique puisqu'il contient quelques résultats originaux. Généralement ces déterminations n'ont été faites que dans le but de mieux cerner la validité des travaux d'interprétation étudiés ou leur qualité. Dans certains cas ces déterminations sont allées plus loin et constituent déjà l'ébauche d'une réactualisation de travaux hydrologiques.

Il est normal que dans l'aménagement d'un bassin comme celui de la Gambie, de conception aussi récente tant dans l'esprit de l'OMVG que dans les projets présentés par les pays membres, il y ait lacunes dans l'information, organisation plus ou moins efficace dans la collecte des données, estimations plus ou moins erronées dans les rapports hydrologiques. Le mettre en évidence ne ressort pas d'une volonté de critique sévère mais de la nécessité qu'il y a d'être éventuellement prudent vis-à-vis de telles ou telles estimations, de la nécessité qu'il y a à développer un effort dans la quête d'informations hydrométéorologiques.

Bien entendu, le présent rapport ne reflète qu'opinions et points de vue personnels de son auteur.

## GENERALITES

Le bassin de la Gambie couvre une superficie de près de 77 100 km<sup>2</sup>, entre 11,5° 1/2 et 15° de latitude nord et 11° et 16° 1/2 de longitude ouest. Il intéresse les territoires de la Guinée, du Sénégal et de la Gambie et en partage incertain avec le Rio Corubal, 20 à 30 km<sup>2</sup> du territoire de Guinée Bissau. Il se divise en deux zones distinctes : le bassin continental et le bassin de l'estuaire, respectivement à l'est et à l'ouest de Gouloumbo, dernière station où l'écoulement des apports en eau douce est mesuré, dernier poste aussi où l'amplitude de l'onde de marée est encore sensible.

Sur une longueur totale de 1 180 km, le fleuve Gambie présente un cours inférieur de 540 km influencé par la marée et un cours supérieur en Guinée de 200 km seulement ; il prend sa source à environ 1 150 m d'altitude dans le Fouta Djallon, près de Labe. Son cours initialement sud-nord s'oriente de Mako à Gouloumbo vers le nord-ouest puis plein ouest jusqu'à la mer à la latitude de 13°30.

Trois zones principales de relief peuvent être distinguées :

- celle de la partie maritime à laquelle s'ajoute la partie continentale des régions de Nioro-du-Rip à Tambacounda et en aval de Simenti, extrêmement plate et de basse altitude formée de terrains tertiaires et en particulier du Continental terminal qui constitue la partie sud du bassin sédimentaire sénégal-mauritanien ;
- celle de la partie centrale au sud et à l'est de Simenti de relief vallonné entre 100 et 250 m sur le socle précambrien pénéplanisé puis au sud jusqu'à 600 m avec les premiers contreforts du Fouta (collines Bassari) ;
- celle du haut-bassin au relief très marqué par le massif du Fouta Djallon et ses contreforts dépassant en moyenne 600 m et culminant près de Mali en Guinée à 1 538 m et dont le substratum précambrien et primaire est essentiellement constitué de grès quartzeux ordoviciens et schistes gothlandiens.

Le bassin de la Gambie est soumis au climat tropical avec une longue saison sèche de novembre à mai et une courte saison des pluies de juin à octobre, alternance de saisons due, on le sait, au déplacement des masses d'air sèches et humides de part et d'autre du F.I.T (domaine de l'Harmattan, domaine de la mousson) qui suit les mouvements apparents du soleil en latitude. Caractéristiques de la saison des pluies et hauteurs de précipitations permettent de classer l'essentiel du bassin de la Gambie dans la zone soudano-guinéenne. Au nord, une partie du bassin appartient à la zone sahélienne ; au sud, dans le Fouta Djalon, on a une variante climatique d'altitude guinéo-foutanienne.

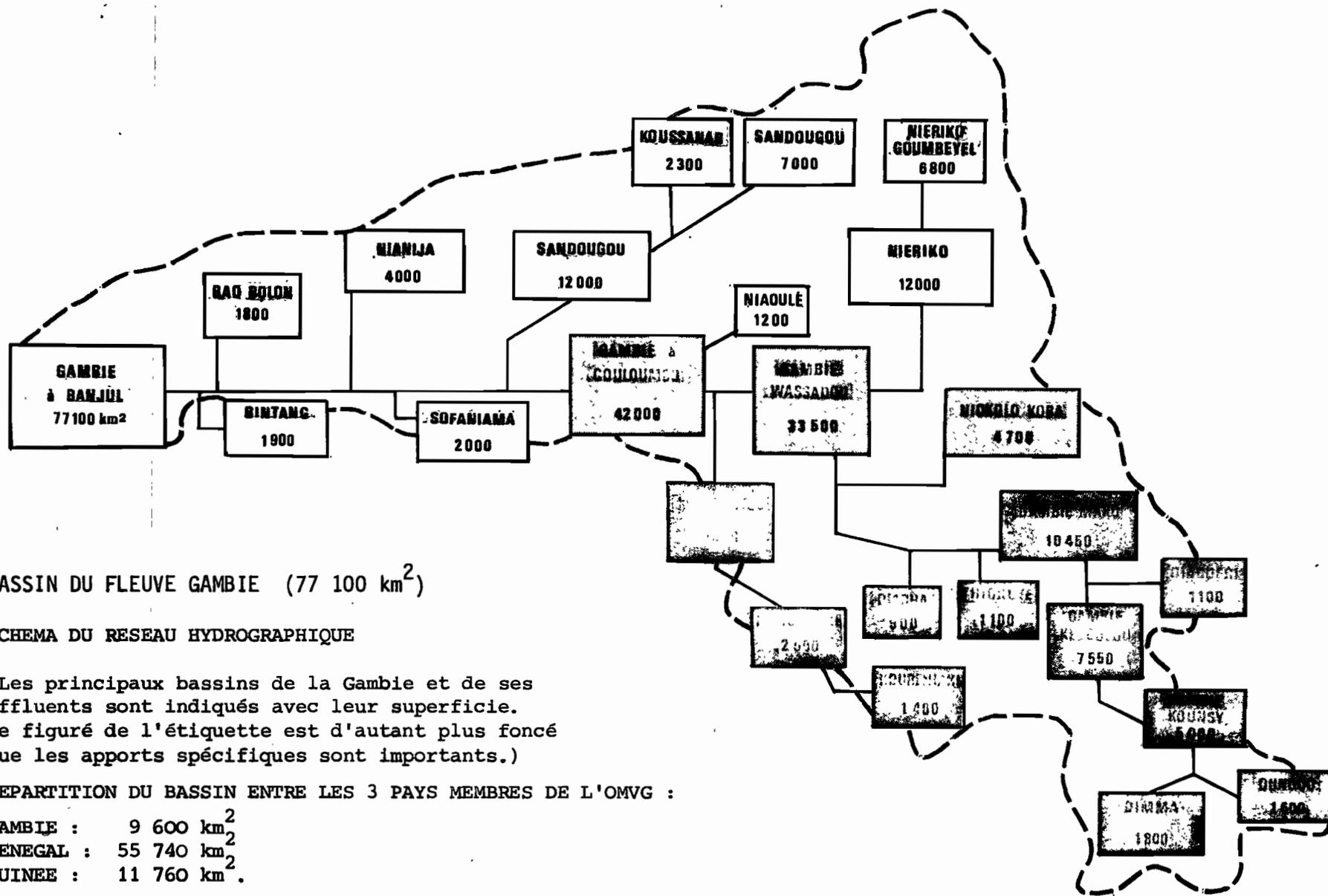
Le bassin de la Gambie est situé dans la bande d'isohyètes 1 700 mm - 700 mm. La partie maritime est sous l'isohyète 1 000 mm. Au nord de cette isohyète (parallèle 13°30'), les apports au fleuve sont très faibles et pratiquement négligeables dans le bilan hydrologique général, que ce soient ceux qui rejoignent la partie maritime comme ceux de la Sandougou ou du Bao Bolon ou ceux reçus par la Gambie en amont de Gouloumbo comme ceux du Niériko ou du Niaoulé.

Ainsi la partie active du réseau hydrographique sur le plan des apports ne couvre vraiment qu'une superficie maximale de 30 000 km<sup>2</sup> sur un bassin versant continental de 42 000 km<sup>2</sup> à Gouloumbo. Sur les débits mesurés à Gouloumbo, la moitié environ provient des apports mesurés à Kédougou (7 550 km<sup>2</sup>) et 20 % des autres affluents issus de Guinée. 70 % de l'écoulement est donc issu du haut-bassin pour un bassin versant de moins de 15 000 km<sup>2</sup>(1). C'est dire l'importance du Fouta-Djalon qui constitue avec ses prolongements en Haute-Guinée le véritable château d'eau d'Afrique de l'Ouest.

Le régime hydrologique du fleuve Gambie se résume à une courte saison de hautes-eaux sans grands profits pour le bassin continental (essentiellement des cultures pluviales) et sans autre incidence pour la partie maritime que de repousser le front salin vers Banjul. Le développement agricole de ces régions passe par la maîtrise de l'eau et la réalisation de grands projets hydrauliques. Les projets d'irrigation à grande échelle portent sur des terres situées le long du fleuve et de ses affluents en vue de double récolte (riz principalement). Les potentialités sont de 80 000 ha en Gambie, 60 000 ha au Sénégal ; les projets retenus en Guinée permettraient l'irrigation de 15 000 ha.

---

(1) : Dont environ 12 000 km<sup>2</sup> en Guinée.



BASSIN DU FLEUVE GAMBIE (77 100 km<sup>2</sup>)

SCHEMA DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

(Les principaux bassins de la Gambie et de ses affluents sont indiqués avec leur superficie. Le figuré de l'étiquette est d'autant plus foncé que les apports spécifiques sont importants.)

REPARTITION DU BASSIN ENTRE LES 3 PAYS MEMBRES DE L'OMVG :

- GAMBIE : 9 600 km<sup>2</sup>
- SENEGAL : 55 740 km<sup>2</sup>
- GUINEE : 11 760 km<sup>2</sup>.

Fig. 1

Les projets principaux, complémentaires ou non, sont les suivants :

1°/ Barrage anti-sel

Situé à Farafenni, au passage de la Transgambienne, à 134 km de Banjul, il permettrait de contrôler le mouvement de l'eau salée dans le fleuve, de stocker de l'eau douce utilisable pendant la saison sèche pour l'agriculture, et de faciliter le trafic automobile. L'eau retenue suffirait à la double culture en riz de 24 000 ha.

2°/ Barrage du Niokolo-Koba

Ce petit projet, avec une réserve utile de 180 millions de m<sup>3</sup>, permettrait d'irriguer 12 000 ha au Sénégal.

3°/ Barrage de Kekreti

Une première variante est complémentaire du barrage anti-sel de Balingho. Le projet aurait une fonction hydro-agricole et une fonction hydro-électrique. La retenue vive qui s'étendrait jusqu'à la frontière guinéenne (cote maxi 80 m) serait de 4,9 milliards de m<sup>3</sup> dont 1,1 disponible pour l'irrigation de 73 000 ha (on prévoit 29 000 ha pour l'an 2000).

La deuxième variante est identique dans sa réalisation, mais suppose qu'en plus de l'irrigation de 29 000 ha au Sénégal et de la production de 360 million de kWh, il faudrait irriguer 24 000 ha en Gambie et fournir un débit suffisant pour maintenir la salinité en dessous de 1,5 ‰ à l'amont du km 170, soit à la limite des sols utilisables pour l'irrigation.

4°/ Barrage de Sambagalou

La retenue s'étendrait en Guinée. Le débit garanti serait de 95 m<sup>3</sup>/s pour une production électrique de 690 millions de kWh, 29 000 ha irrigués au Sénégal et 46 m<sup>3</sup>/s disponibles en plus pour la Gambie (irrigation ou contrôle de la salinité). D'éventuelles potentialités de la vallée de la Gambie en Guinée font qu'aujourd'hui ce projet est abandonné.

Des études finales de factibilité sont en cours pour le Projet Kekreti et Barrage Anti-sel.

En Guinée, parmi les projets présentés par POLYTECHNA, le Service National de l'Hydraulique a retenu 3 grands projets :

1°/ Barrage de Kouya

Celui-ci est installé sur la Gambie en amont de son confluent avec la Litti (BV de 3 800 km<sup>2</sup>). On prévoit un barrage en terre de 101 m de hauteur maximum et de 1 600 m de longueur en crête pour une retenue de 4,3 milliards de m<sup>3</sup> dont 2 milliards utile, un débit garanti de 55,6 m<sup>3</sup>/s pour une production annuelle de 334 millions de KWh et une irrigation de la vallée en aval (3 000 ha ?).

2°/ Barrage de Kankakoure

Sur la Litti (BV de 1 030 km<sup>2</sup>), ce barrage, complémentaire du précédent, pourrait stocker 130 millions de m<sup>3</sup>. Avec des retenues amont, le débit garanti serait de l'ordre de 12,9 m<sup>3</sup>/s avec une production moyenne annuelle de 93,6 millions de KWh.

Ces deux barrages remplacent le projet de Madina Kouta qui présente l'inconvénient de noyer de bonnes terres de fonds de vallée.

3°/ Barrage de Kogou Foulbe

Sur le bassin de la Koulountou situé sur la Koureniaki (BV 1 400 km<sup>2</sup>), le barrage en terre (hauteur max 37,5 m, longueur en crête 1 000 m) devrait retenir 450 millions de m<sup>3</sup> dont 360 utile, dont une partie pour l'hydro-électricité (débit garanti 9 m<sup>3</sup>/s, production de 19,2 millions KWh) et une autre pour l'irrigation (75-10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) pourraient être retenus pour irriguer 4 000 ha de la région de Koundara (les 12 000 ha estimés pour la région dépendent pour la majeure partie du bassin de la Koliba).

## 1ère Partie

### COLLECTE DES DONNEES DE BASE

La mission devait préciser sous quelle forme et dans quelles conditions est effectuée la collecte des données de base hydrométéorologiques dans les trois pays. Cela supposait une description des différents réseaux de mesure ou d'observation mis en place, de la densité des postes et des travaux effectués.

L'organisation de la collecte a été rapidement examinée à travers l'organigramme sommaire des Divisions des Ministères Techniques dont dépendent les services responsables de cette collecte. Qualité des mesures, publication des données ont constitué d'autres éléments d'appréciation en fonction de l'information recueillie.

Une partie de cette information résulte directement de constats faits sur le terrain au cours de tournées effectuées entre le 21 novembre et le 4 décembre en Guinée, au Sénégal et en Gambie. Une autre partie a été obtenue grâce à la collaboration des services concernés par la consultation d'archives, de publications et des entretiens avec les responsables des services du 17 au 20 novembre 1982 à Conakry, en décembre 1982 à Dakar mais seulement en janvier 1983 à Banjul.

## 1.1 RESEAUX D'OBSERVATIONS ET DE MESURES

### 111 LES RESEAUX PLUVIOMETRIQUES ET CLIMATOLOGIQUES

Le bassin du Fleuve Gambie dispose d'un réseau de postes pluviométriques d'une très inégale densité en grande partie liée aux conditions d'accessibilité des différentes régions, à leur développement et à l'importance de leur peuplement.

Ainsi la densité la plus forte est relevée dans la partie aval du bassin en République de Gambie alors que le Haut-bassin en Guinée a la densité la plus faible, la partie sénégalaise du bassin ayant une densité intermédiaire, elle-même variable d'une zone à une autre.

Le réseau de stations climatologiques est très limité. Parmi les paramètres mesurés dans ces stations, ceux qui se rapportent à l'évaporation ou qui en permettent l'estimation compteront davantage pour l'hydrométéorologie.

Un rapide tour d'horizon de ces réseaux dans les trois pays membres de l'OMVG, sans être exhaustif, permet de fixer les idées quant aux données existantes et aux priorités qui s'imposent.

L'examen de la carte de ce réseau parle de lui-même.

Le tableau 1 récapitule les principaux postes pluviométriques que l'on a retenu ici sans s'éloigner trop loin à l'extérieur des limites du bassin versant de la Gambie.

Tableau 1

STATIONS PLUVIOMETRIQUES SUR LE BASSIN DE LA GAMBIE

Station	Coordonnées			Observations
	lat. N	long. W	alt. m	
<b>1°/ GUINEE</b>				
Labe	11°19	12°18	1025	1923 à 1982 1982 non fiché
Mali	12°08	12°12	1464	1951 à 1970 + 1972 suite non fichée
Tougue	11°26	11°40	868	1923, 24, 26 et 31 et 1932 - 1981
Pita	11°04	12°24	965	1923 à 1981 manque 1958 et 1965
Youkounkoun	12°32	13°07	67	1950 - 1960 et 1961 non fiché
Koundara	12°35	13°22	90	1961, 1963, 1964 et 1970, 71, 73, 74, 76, 77 et 79 à 81
Sareboïdo	12°25	13°31	82	1960 à 1976 mais complet pour 1961-1969 et 1974
Tianguel-Bory	11°38	12°31	669	1960 - 1981 très incomplet
<b>2°/ SENEGAL</b>				
Kédougou	12°34	12°13	178	depuis 1918, série complète depuis 1922, sauf de 1958 à 1962
Fongolimbi	12°25	12°01	396	depuis 1963 quelques lacunes
Saraya	12°47	11°47	186	1948 quelques lacunes
Oussoukala	12°43	12°23	93	depuis 1963 lacunes en 66, 67, 68
Salemata	12°38	12°50		depuis 1973
Niokolo-Koba	13°03	12°45		1972
Badi	13°08	13°06		1973
Dialacoto	13°19	13°18	50	1920 beaucoup de lacunes
Missirah	13°33	13°31	45	1963 incomplet
Vélingara	13°09	14°06	38	1932 années incomplètes en 1933, 58, 59, 60, 61
Tambacounda	13°46	13°41	49	1919 années incomplètes en 1919, 20, 21, 26 et 27
Kotiari-Naoudé	13°53	13°27	27	1963 beaucoup de lacunes
Bala	14°01	13°10	61	1962 manque 62, 63, 65, 66, 72
Goudiry	14°11	12°43	59	1940 bonne station
Koussanar	13°52	14°05	17	1962
Koumpentoum	13°59	14°33	18	1939 lacunes en 1949, 58, 59, 60, 61
Koungheul	13°58	14°50	11	1931 bonne station
Maka-Coulibantan	13°40	14°18	18	1930 beaucoup de lacunes
Nioro-du-Rip	13°44	15°47	18	1931 années incomplètes 1951, 52, 59, 60, 61
Malème-Hoddar	14°05	15°18	41	1963 lacunes
Kidira	14°28	12°13	35	1918
Bakel	14°54	12°27	20	1918

Tableau 1 (suite)

Station	Coordonnées			Observations
	lat. N	long. W	alt. m	
3°/ GAMBIE				
Yundum Airport	13°21	16°38	26	depuis 1945 (OMM)
Banjul Halfdie	13°27	16°34	2	ouverte en 1943 et depuis 1886 avec Banjul Marina (OMM)
Jibanack MFC	13°13	16°11	9	depuis 1971
Kerewan Meteo	13°30	16°05	15	depuis 1979 (OMM)
Jali MFC	13°21	15°58	7	depuis 1974
Jenoi Meteo	13°29	15°34	15	de 1946 à 1952, 1962, 1966 (OMM) et depuis 1974
Kaur Hydro	13°43	15°21	6	de 1950 à 1954 et depuis 76
Sapu Meteo	13°33	14°54	-	de 1956 à 1962 (OMM) et depuis 1974
Georgetown	13°32	14°46	1	de 1908 à 1933 (OMM) et depuis 1946
Naude MFC	13°28	14°27	1	depuis 1971 -
Basse Meteo	13°19	14°13	4	de 1942 à 1967 (OMM) et depuis 1972
Fatoto	13°24	13°54	2	en 1971, de 1974 à 1976 et depuis 1978

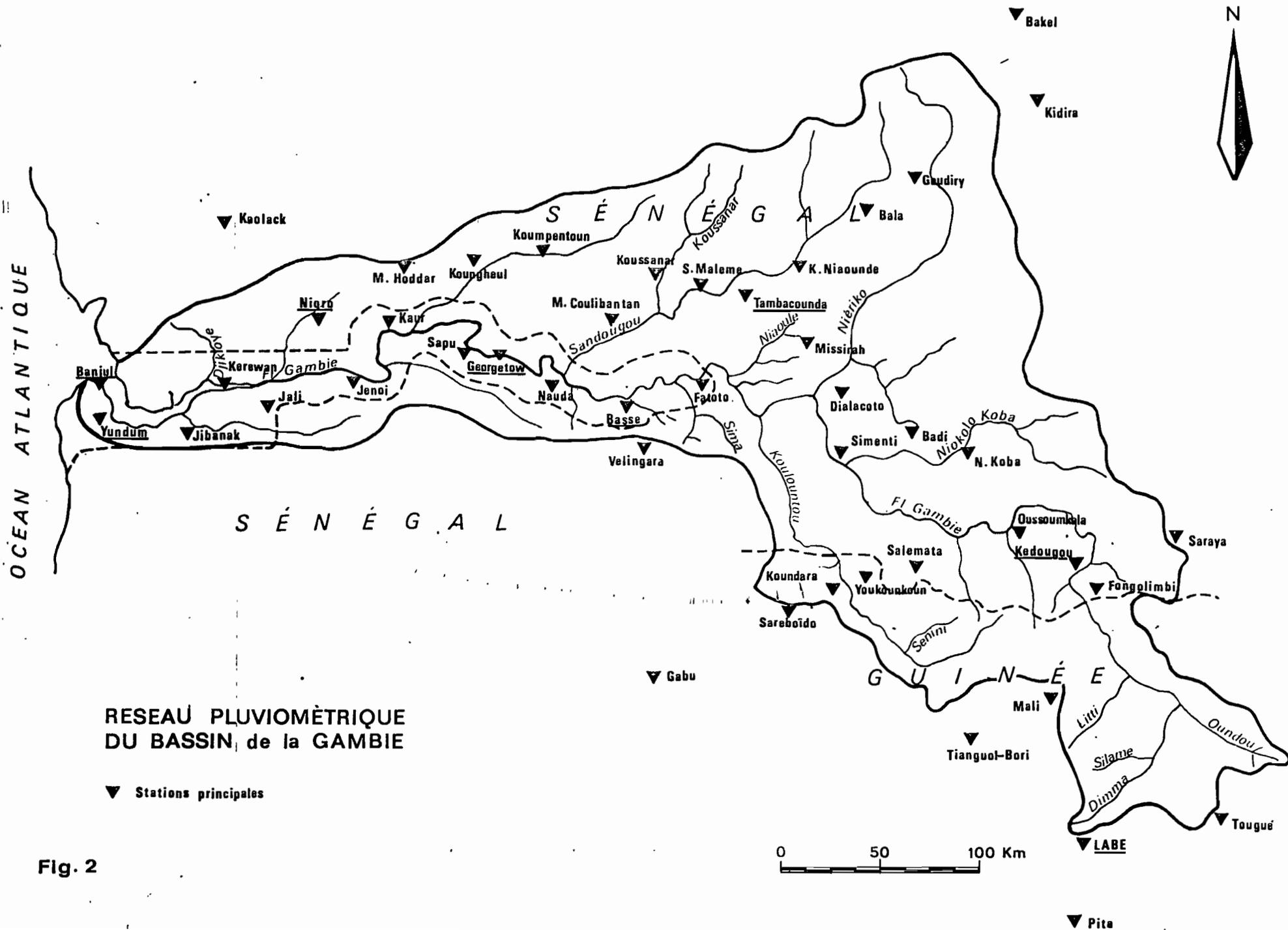


Fig. 2

## 1111 GUINEE

En Guinée, le réseau pluviométrique concernant le haut-bassin de la Gambie est pratiquement inexistant.

A l'exclusion des stations de Youkounkoun, Koundara et Sarebofdo sur la Koulountou, à l'ouest, les autres postes pluviométriques ne sont pas implantés sur le bassin versant de la Gambie. Au mieux, comme Labe, Mali et Tougue, ils se situent à proximité des limites du bassin.

L'implantation de nouvelles Fermes Agro-Pastorales d'Arrondissement (F.A.P.A) concourt au développement de ce réseau. Il y aurait une dizaine de postes dans la région de Koundara ; il reste à organiser la collecte des observations et en premier lieu à faire l'inventaire de ces postes au niveau du Service National de la Météorologie.

Sur les huit postes mentionnés dans le tableau 1, seules les stations de Labe, Tougue, Pita et Koundara produisent encore des relevés pluviométriques archivés à Conakry.

L'adhésion de la Guinée à l'OMVG et des financements extérieurs (PNUD) ont permis l'amorce en 1982 d'un développement du réseau tant sur le plan de la pluviométrie que de la météorologie. Alors que Labe est la seule station climatologique ancienne de la région et que Koundara recueille des données météorologiques depuis 1977, le Service national de la Météorologie dispose aujourd'hui des équipements installés pour une station à Balaki qui reste à mettre en route et des équipements -à compléter- pour une autre station qui reste à déterminer. Enfin il y a un projet de station à Koubia.

Les données de Labe à plus de 1 000 m d'altitude ne sont représentatives que des régions similaires du Fouta Djallon ; les observations de Koundara ne caractériseront vraiment que la vallée de la Koulountou.

Le réseau reste donc très largement insuffisant sur le bassin de la Gambie proprement dite tant sur les plans météorologiques que pluviométriques.

1112 SENEGAL

Au Sénégal, le réseau pluviométrique permanent concernant essentiellement la partie continentale du bassin de la Gambie comprend 22 stations de la Météorologie Nationale dont le tableau donne les caractéristiques. Seuls 15 postes pluviométriques sénégalais intéressent le bassin versant de la Gambie contrôlé à Gouloumbo.

Lors des études hydrologiques du début des années 70 (Projet PNUD REG 60) le réseau a compris jusqu'à 50 postes pluviométriques, dont 15 gérés par l'ASECNA, 5 par l'IRAT, 18 par la CFDT et 12 directement par le Projet. De fait, les renseignements publiés à cette époque ne se rapportent jamais à plus de 41 postes, ce qui aurait été largement suffisant si la maillage avait été régulier. Malheureusement, la station de Simenti n'ayant jamais fonctionné, l'ensemble de la région couverte par l'actuel Parc du Niokolo-Koba n'est pas connu sur le plan des précipitations ; si cela n'a pas trop d'importance au plan du bilan hydrologique annuel, il n'en est pas de même sur un pas de temps plus court, les apports météoriques intermédiaires pouvant avoir une forte influence sur la forme des hydrogrammes observés à l'aval du Parc. Ce problème subsiste aujourd'hui ; le Parc étant fermé pendant la saison des pluies, il n'est pas possible sans enregistreurs de longue durée ou stations de transmission automatique d'augmenter la densité du réseau dans cette région.

A l'heure actuelle, l'ISRA a repris le réseau utilisé dans le Projet REG 60 anciennement géré par l'IRAT. De même la SODEFITEX suit la majeure partie des anciens postes de la CFDT. Nous reviendrons plus loin sur la qualité des mesures effectuées dans ces postes. Il faut signaler que le nombre de stations peut faire illusion sur la densité globale du réseau. Dans le détail, certains postes sont assez proches car implantés dans des zones d'extension limitée où de meilleures possibilités de développement agricole existaient. Ailleurs, ils deviennent rares ; outre la région du Parc N.K., les marges orientales du bassin de la Gambie sont assez mal couvertes par le réseau pluviométrique.

La Climatologie est connue par les stations synoptiques de Kédougou et Tambacounda, les stations climatologiques de l'ISRA à Nioro-du-Rip et Sinthiou-Malème, et Missira Gonasse pour l'évaporation sur bac.

1113 GAMBIE

En Gambie, 64 stations pluviométriques sont répertoriées de Wouli Farm à l'extrême ouest à Gunjur sur la côte atlantique. La moitié des postes pluviométriques concerne des établissements agricoles et en particulier les Centres de Polyculture (Mixed Farming Center) répartis dans tout le pays mais dont l'implantation ne date généralement que du début des années 70. Sept stations principales ont été retenues par l'OMM. Ce sont des stations synoptiques où sont aussi relevés les paramètres météorologiques classiques.

Actuellement, quarante postes sont suivis sur le territoire gambien. Douze postes ont été sélectionnés ici (tableau 1) ; il permettent de faire une estimation suffisamment précise des apports météoriques reçus par la partie aval du bassin de la Gambie dans le cadre d'un bilan hydrologique annuel.

Depuis 1976, le Department of Water Resources a, semble-t-il, réussi à homogénéiser le réseau de pluviomètres en recommandant en particulier l'installation à 1 m au-dessus du sol des surfaces réceptrices. Les résultats obtenus méritent d'être soulignés car sur les 21 postes qu'a connus la période coloniale, 6 seulement étaient encore opérationnels au début des années 60. Sur les 7 stations climatologiques-synoptiques déjà évoquées, quatre stations (Yundum Airport, Jenof, Georgetown, Basse) étaient en service en 1970. Le Projet PNUD REG 60, en installant des stations de mesure de l'évaporation sur bac en 1972, a permis l'extension des mesures aux stations de Banjul et Kerewan qui sont devenues stations synoptiques. Une autre station d'évaporation existait à Kaur.

## 112 LES RESEAUX HYDROMETRIQUES ET MAREGRAPHIQUES

Ce type de réseau se distingue des précédents car il est susceptible d'apporter une information à deux niveaux. Le premier niveau d'information concerne l'observation directe des hauteurs d'eau du cours d'eau, ou de son bief maritime, valeurs qui indiquent déjà les grandes lignes des variations saisonnières de son régime ou la propagation de l'onde de marée, données qui peuvent servir à la navigation, à déterminer les zones d'inondation, etc. Le second niveau d'information consiste dans une valorisation des données "hauteurs d'eau" qui sont traduites en débits. Cela implique une opération complémentaire qui est l'étalonnage des stations de mesure. L'établissement des courbes de tarage, permettant la transformation des hauteurs en débits, est obtenu par de multiples jaugeages qui constituent l'essentiel des travaux de terrain des hydrologues ; de même les hydrologues pourront mesurer les volumes transitant avec le flot et le jusant à une station soumise à l'influence de la marée. L'information "Débits" constitue bien entendu la donnée essentielle d'études hydrologiques. Les réseaux hydrométriques impliquent donc, outre le suivi des observations, l'intervention régulière des hydrologues sur le cours d'eau.

Les réseaux des trois pays sont très différents tant sur le plan de la qualité et de la densité que sur le plan de la nature des résultats. Ainsi, il y a peu de rapports entre la connaissance de l'onde de marée à Georgetown et la détermination des volumes écoulés à Gouloumbo ; il n'y a pas de commune mesure entre l'intérêt que présente une station comme la Gambie à Kounsy et celui de la Koussanar à Koussanar qui coulera quelques jours par an.

Le tableau 2 donne l'ensemble des stations des réseaux nationaux intéressant le bassin de la Gambie.

## 1121 GUINEE

C'est seulement en 1967 que fut créée une brigade hydrologique chargée de la remise en fonction d'anciennes stations hydrométriques qui avaient été abandonnées, et de regrouper l'information relative à quelques

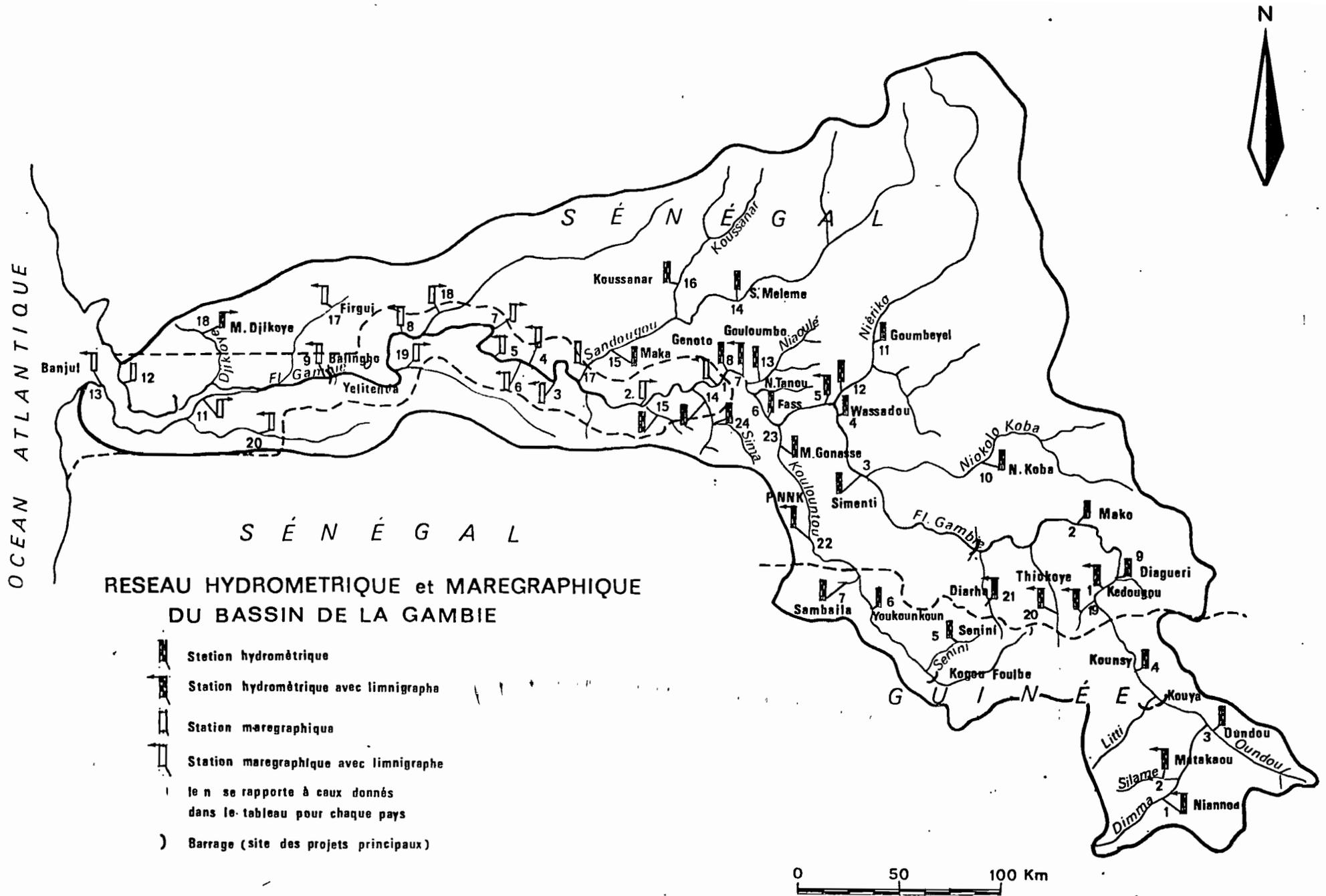


Fig. 3

Tableau 2

STATIONS HYDROLOGIQUES DU BASSIN DE LA GAMBIE

Station	Coordonnées		Superf. BV km <sup>2</sup>	mise en serv.	Observations	Rattach. zéro Echelle
	Lat.	Long.				
<b>A - Haut-bassin : GUINEE</b>						
1. Dimma à Niannou (Gambie)	11°40	11°57	775	1975	réfection d'échelle en 1980 - 9 jaugeages effectués - Limni depuis 82	
2. Silame à Matakaou	11°42	11°57	380	1975	16 jaugeages - Limnigraphe depuis 82	
3. Oundou au Bac	11°46	11°34	1 415	1975	2 jaugeages - Echelles	
4. Gambie à Kounsy	12°06	12°00	5 015	1976	pas de jaugeages, échelles	
5. Senini au Pt Senini	12°23	12°58	395	1981	4 jaugeages	
6. Koulountou au Pont de Youkounkoun	12°28	13°10	2 540	1978	9 échelles, 6 jaugeages	
7. Ousson à Sambaïlo	12°40	13°20	Source	1978		
<b>B - SENEGAL</b>						I.G.N.
1. Gambie à Kédougou	12°33	12°11	7 550	1970	+ limnigraphe depuis 1975	102.26
2. " à Mako	12°52	12°21	10 450	1970		74.73
3. " à Simenti	13°02	13°18	20 500	1970		10.14
4. " à Wassadou-Amont	13°21	13°22	21 200	1970		5.10
5. " à Wassadou-Aval	13°21	13°23	33 500	1973	+ limnigraphe	4.40
6. " à Fass	13°17	13°39	41 800	1972	échelle basses-eaux contrôle de Gouloumbo	- 0.76
7. " à Gouloumbo	13°28	13°44	42 000	1970	en 1953, 1ère installation relevés non connus - limnigraphe	- 0.57
8. " à Genoto	13°33	13°49	42 300	1970	pas d'étalonnage - Contrôle de Gouloumbo	-
en R.D.						
9. Diaguéri au Pont (Saraya)	12°38	12°05	1 010	1974		93.95
10. Niokolo-Koba au Pont	13°04	12°44	3 000	1970	quelques lacunes	48.25
11. Niériko à Goumbeyel	13°41	13°10	6 800	1977	étalonnage en cours	(8.18)
12. Niériko au Pont	13°22	13°22	11 900	1969	remous de Wassadou	6.35
13. Niaoulé à Niaoulé-Tanou	13°29	13°41	1 230	1972	station étalonnée	9.68
au Nord						
14. Sandougou à Sinthiou-Malème	13°49	13°54	6 900	1973	relevés irréguliers	6.06
15. Sandougou à Maka	13°40	14°18	11 000	1971	remous de la Gambie	4.23
16. Koussanar à Koussanar	13°52	14°05	2 300	1973	rare écoulements	9.52
17. Grand Bao Bolon à Firgui	13°41	15°41	1 650	1977	défluent de la Gambie - limnigraphe	- 0.98
18. Djikoye à Madina-Djikoye	13°37	16°17	300	1976	limnigraphe	(9.18)

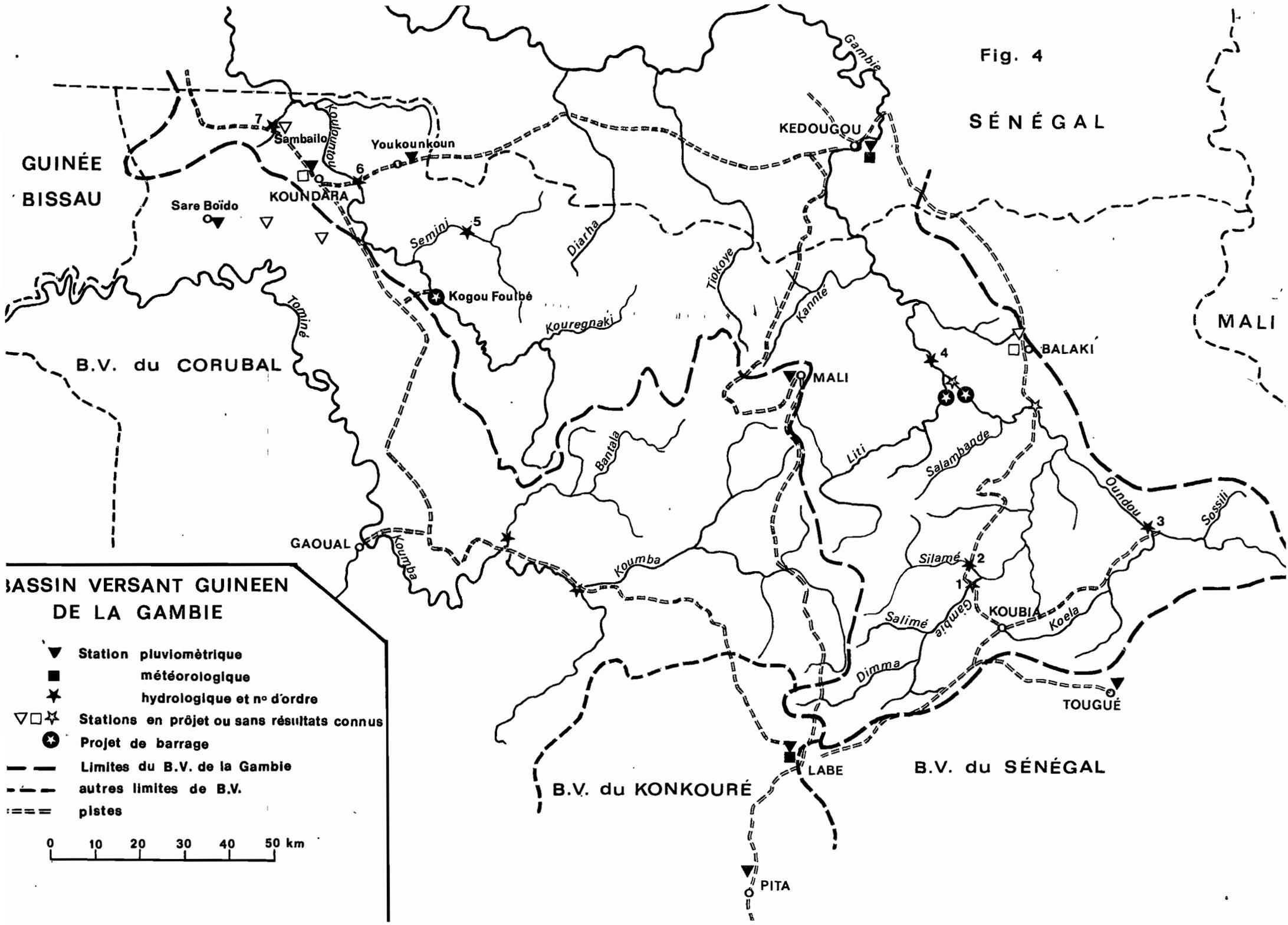
Tableau 2 (suite)

Station	Coordonnées		Superf. BV km <sup>2</sup>	mise en serv.	Observations	Rattach. zéro Echelle
	Lat.	Long				
en R.G.						
19. Sili au Pont Routier	12°32	12°16	90	1972	limnigraphe depuis 1977	112.51
20. Thiokoye au Pont Routier	12°34	12°32	950	1971	limnigraphe depuis 1974	56.51
21. Diarha " " "	12°36	12°37	760	1972	limnigraphe	47.46
22. Koulountou au Gué du P.N.N.K.	12°47	12°29	5 350	1972	limnigraphe à pression	12.79
23. Koulountou à Missira- Gonasse	13°12	13°37	6 200	1970	influencée par remous Gambie	1.85
24. Sima à Santhia-Coundara	13°15	13°55	495	1973	étalonnée	15.48
<b>C - GAMBIE</b>						
Stations de <u>Marégraphie</u>						
1. Gambie à Fatoto	13°24	13°54		1977	OTT X	- 1.34
2. " à Basse	13°19	14°13		70-77	OTT X	+ 0.90
3. " à Bansang	13°26	14°40		1977	OTT X	- 0.80
4. " à Barajahally	13°34	14°57		1977	OTT R16	- 0.710
5. " à Patchar I, II et III	13°32	14°52		1977	2 OTT R16 + 1 échelle	-
6. " à Georgetown	13°33	14°46		70-77	OTT X	- 0.32
7. " à Kuntaur	13°40	14°53		70-77	OTT X	- 0.98
8. " à Kaur	13°42	15°20		70-77	OTT X	+ 0.36
9. " à Balingho	13°30	15°36		70-77	OTT X	- 1.10
10. " à Tendaba	13°26	15°48		1978	OTT X	- 1.42
11. " à Kemoto	13°26	16°05		1970	OTT R16	
12. " à Barra (RD estu- aire)				1970	Pont quai accès au bac	-
13. " à Banjul	13°27	16°35		70-78	Wharf administratif, dou- blé par marégraphe Marine gambienne plus ancien	- 1.27
14. Sima Bolon à Suduwoi BG.	13°22	13°59		1973	échelles - Jaugeages	7.16
15. Prufu à Chanoi Bac	13°19	14°11		1973	échelles - Jaugeages	-
16. Prufu Bolon à Damfa Kunda	13°20	14°11		1976	échelles	-
17. Sandougou à Sami Tenda	13°30	14°28		1977	OTT R16	- 0.002
18. Nianija Bolon à Charman Bac	13°42	15°10		1977	OTT X	- 0.83
19. Sofaniama à Pakaliba Bac	13°30	15°14		1977	OTT X	- 0.16
20. Bintang Bolon à Brumen Bridge	13°15	15°50		1973	OTT R16	- 0.80

I.G.N. : Nivellement de l'Institut Géographique National (Sénégal et Guinée).

G.L.D. : Nivellement du Gambia Level Datum 1982 (Gambie).

Fig. 4



GUINÉE  
BISSAU

SÉNÉGAL

MALI

B.V. du CORUBAL

**BASSIN VERSANT GUINEEN  
DE LA GAMBIE**

- ▼ Station pluviométrique
- météorologique
- ★ hydrologique et n° d'ordre
- ▽ □ ☆ Stations en projet ou sans résultats connus
- ⊙ Projet de barrage
- Limites du B.V. de la Gambie
- - - autres limites de B.V.
- ⋯ pistes

0 10 20 30 40 50 km

B.V. du KONKOURÉ

B.V. du SÉNÉGAL

KEDOUGOU

Sambailou

Youkounkoun

KOUNDARA

Sare Boïdo

Seminj

Kogou Foulbé

Kouregnaki

BALAKI

MALI

GAOUAL

Koumba

Liti

Salambande

Oundou

Sossij

Silamé

KOUBIA

Koela

TOUGUÉ

Dimma

LABE

PITA

stations nouvelles installées par des bureaux d'études (Motor-Colombus par exemple). Le projet REG/80 chargé de l'étude du Haut-Bafing dans le cadre de l'Organisation des Etats Riverains du Sénégal (O.E.R.S) permettait en 1970 un développement du réseau de Moyenne Guinée à partir de la base de Labe ; le service hydrométrique remettait alors aussi en service, ou créait, la plupart des stations actuelles du bassin de la Koliba et du Konkoure mais aucune station n'était alors installée sur le bassin de la Gambie.

En 1975, le Service hydrologique installait les échelles limnimétriques des stations de la Dimma (ou haute Gambie) à Niannou, de la Silame à Matakaou et de l'Oundou au bac de Gada-Oundou, stations accessibles à partir de Koubia. En 1976, est créée la station de Kounsy sur la Gambie, à l'aval de son confluent avec la Litti ; la station est très difficile d'accès.

En 1978, les équipements se reportent à l'ouest avec l'installation de la station de la Koulountou au pont de la route de Youkounkoun (6 mai 1978) et accessoirement de celle de l'Ousson à Sambaflo, source issue du plateau Badiar étudiée pour l'alimentation en eau de Koundara.

L'adhésion de la Guinée à l'O.M.V.G relance l'intérêt des hydrologues pour le bassin de la Gambie ; il y a réinstallation d'échelles sur la Dimma à Niannou (1/6/80), création de la station de la Senini au Pont de Guingan, affluent de R.D. de la Koulountou en 1981 ; il reste en projet, avec l'appui de l'OMVG, l'ouverture de 2 stations sur la Gambie, l'une au passage de la piste Salambandé-Balaki, l'autre avant le confluent avec la Litti au site de barrage de Kouya ; d'autres stations seraient projetées côté Koulountou, sur la Kouregnaki à Boussoura en particulier.

Les stations sont constituées d'échelles limnimétriques fixées sur fers UPN enfoncés dans le sol ou scellés ; les plaques émaillées ne se suivent pas toujours (ce qui nécessite la plus grande attention lors de l'exploitation des originaux de lectures de hauteurs d'eau), ainsi pour la Dimma à Niannou on a la succession suivante : 0-1, 6-8, 8-10, 0-1. Il est alors important de préciser la notion de 0 échelle par rapport aux bornes repères hydrologiques qui ne sont pas rattachées au nivellement général.

Tableau 3

Liste des jaugeages effectués  
aux stations guinéennes du Bassin de la GAMBIE

DIMMA à NIANNOU

N°	Date	H cm	Q m <sup>3</sup> /s	N°	Date	H cm	Q m <sup>3</sup> /s
1	01.09.80	195	56.3	6	27.02.82	57	0.745
2	31.05.80	48	0.333	7	03.05.82	31	0.080
3	27.09.80	118	24.9	8	13.06.82	160	4.25(x)
4	27.12.81	74	3.22	9	26.06.82	173	5.35(x)
5	29.12.81	74	3.37				

SILAME à MATAKAOU

1	78	224	32.17	9	01.09.80	240	35.02
2	78	56	0.320	10	22.09.80	130	14.11
3	78	100	2.63(o)	11	27.09.80	118	8.36
4	78	36	0.108	12	27.12.81	76	0.299
5	78	179	22.70	13	29.12.81	76	1.239
6	78	178	11.56(o)	14	27.02.82	59	0.272
7	78	133	7.13(o)	15	26.06.82	119	7.546
8	25.10.79	117	10.82	16	26.07.82	97	6.358

OUNDOU au BAC

1	28.12.81	935	2.80	2	01.03.82	923	0.94
---	----------	-----	------	---	----------	-----	------

SENINI au Pont SENINI

1	25.12.81	64	0.114	3	05.08.82	77	0.871
2	06.01.82	60	0.109	4	12.08.82	96	2.866

KOULOUNTOU au Pont de YOUKOUNKOUN

1	20.01.79	422	2.71	4	06.08.82	454.5	9.72
2	26.12.81	418	2.51	5	10.08.82	464	12.80
3	06.01.82	407	1.38	6	22.08.82	486	20.01

OUSSON à SAMBAÏLO

1	27.12.81	77	0.124	4	11.08.82	87	0.403
2	29.03.82	65	0.004	5	21.08.82	86	0.293
3	03.08.82	81	0.147	6	26.08.82	82	0.253

(x) : Valeur erronée à multiplier probablement par 10.

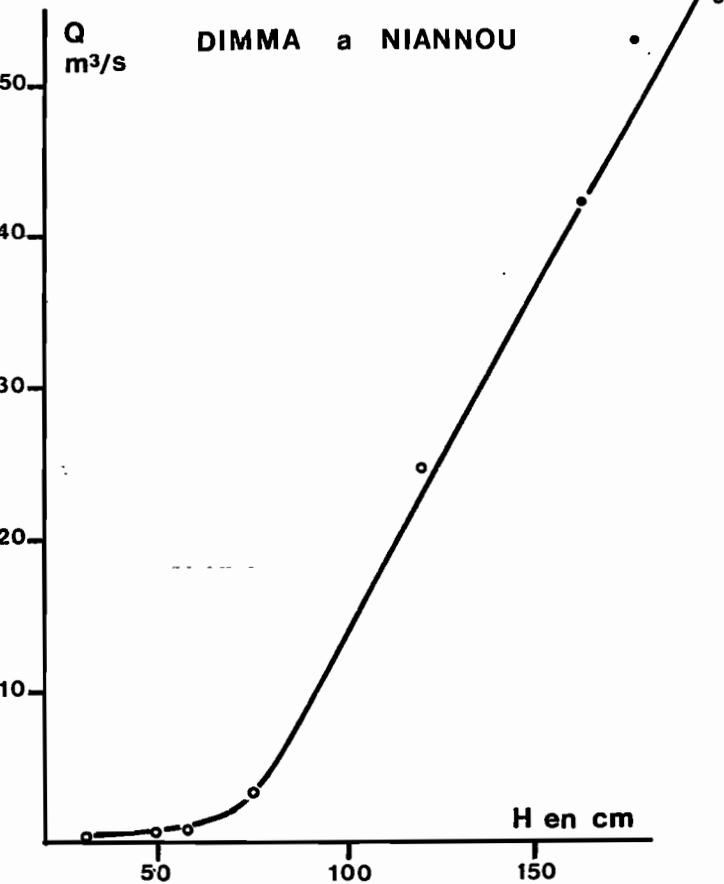
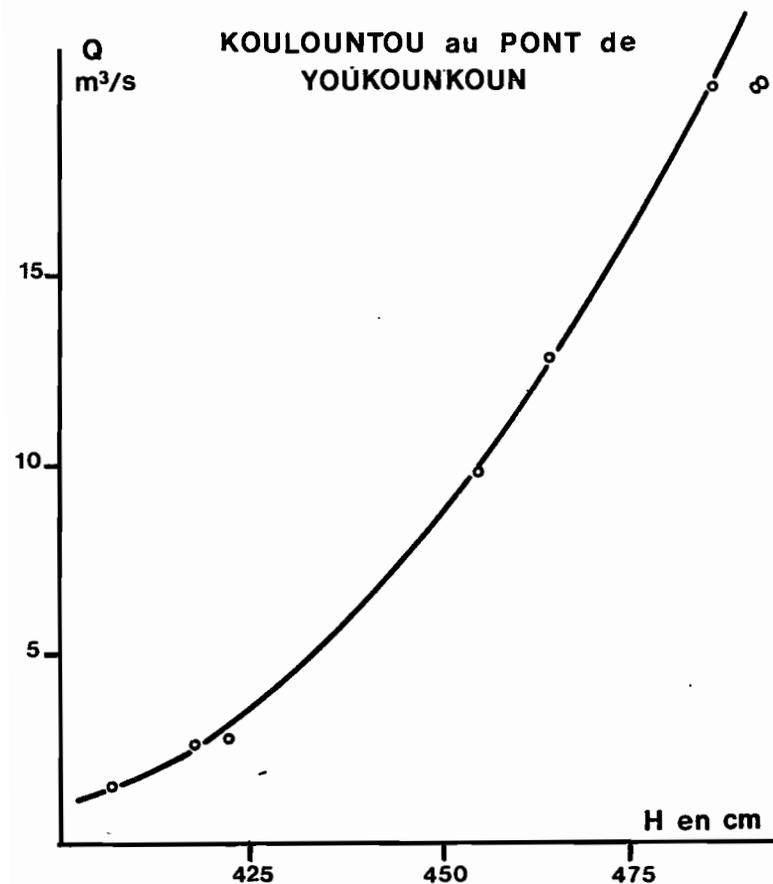
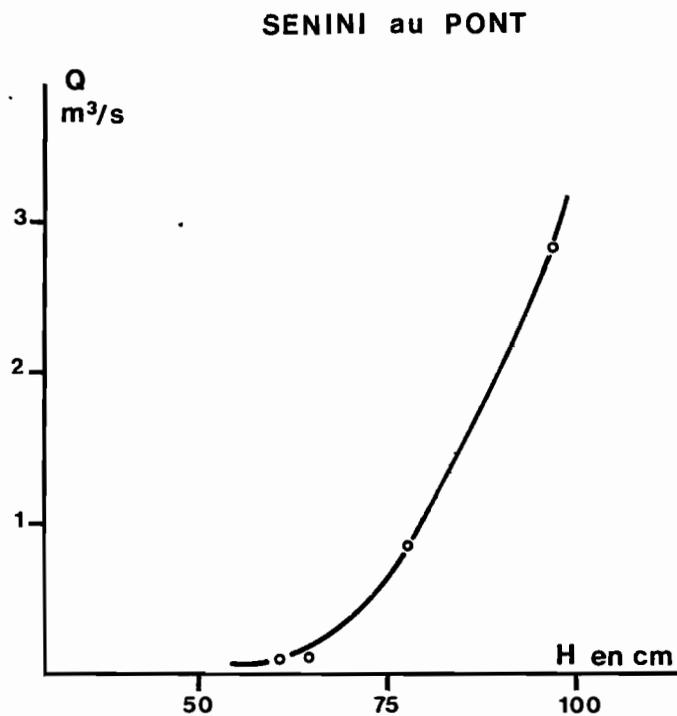
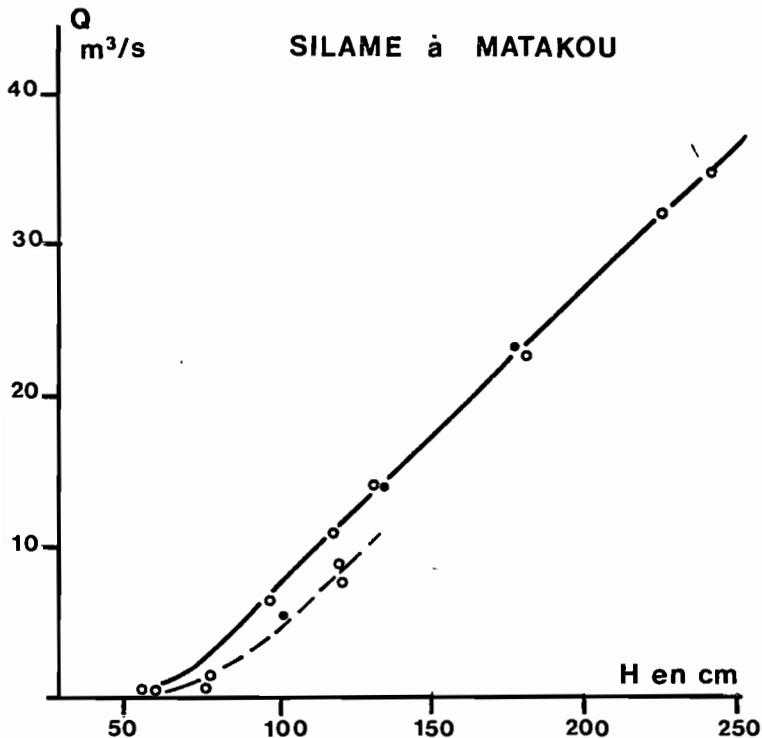
(o) : " " " " " par 2.

# ETALONNAGE PROVISOIRE DE QUELQUES STATIONS DU BASSIN DE LA GAMBIE EN GUINÉE

Fig. 5

○ Jaugeage

● Valeur corrigée



Des limnigraphes à flotteur type OTT X à rotation mensuelle sont installés sur les stations de la Dimma à Niannou et de la Silame à Matakaou.

Sur le plan des campagnes de jaugeages, les brigades créées dans le cadre O.M.V.G sont trop nouvelles pour avoir pu vraiment définir l'étalonnage des stations ; de plus des problèmes d'accessibilité des stations se posent. Sur les cours d'eau les plus importants sont posés -ou vont l'être- des câbles fixes qui permettent des jaugeages en bateau sans le problème du passage de câble qui peut être périlleux lors des crues.

Le tableau 3 donne la liste des mesures réalisées à ce jour.

La figure 5 propose l'amorce de courbes d'étalonnage de quatre stations. Dans la liste qui est donnée, on notera de probables erreurs au niveau du dépouillement des mesures et l'absence de toute mesure à la station principale de la Gambie à Kounsy.

En conclusion, le réseau hydrométrique de la Gambie en Guinée en est resté à un stade très embryonnaire ; malgré la multiplication de jaugeages depuis l'entrée de la Guinée dans l'OMVG, l'étalonnage des stations reste pour l'essentiel limité aux basses et moyennes-eaux ou est encore inexistant.

## 1122 SENEGAL

A l'exception de la station de Gouloumbo dont la création remonte à 1953, l'ensemble des stations du fleuve Gambie a été créé en 1970 lors de l'étude du Préprojet Gambie (Nations-Unies), en particulier par la Brigade Ecole de Tambacounda gérée par le Service Hydrologique de l'ORSTOM. Les stations de Fass et de Wassadou-Aval ont été installées en 72 et 73.

Dans ce cadre ou lors des études qui ont suivi (Projet REG 60), pour lesquelles la Société HOWARD et HUMPHREYS a confié à l'ORSTOM l'étude hydrologique de la partie continentale du bassin de la Gambie, douze autres stations ont été implantées sur les affluents de la Gambie.

Enfin quatre autres stations venaient compléter ce réseau sénégalais du bassin de la Gambie lors de la mise en oeuvre par l'ORSTOM du réseau hydrométrique national de 1974 à 1978.

Ainsi sur les soixante douze stations que comporte ce réseau national, vingt quatre permettent de suivre l'hydrométrie sur le bassin de la Gambie. Certaines stations ne jouent qu'un rôle secondaire, soit qu'elles contrôlent une station aval ou amont pour laquelle on dispose déjà de renseignements plus facilement exploitables, soit qu'elles concernent un problème hydrologique ponctuel peu important au niveau du bassin de la Gambie. Sur le fleuve Gambie les stations de Fass et de Genoto sont des stations de contrôle de la station de Gouloumbo. Les rivières du Niaoule et de Koussanar n'apportent que quelques crues épisodiques négligeables dans le bilan des apports de la Gambie sinon pour les zones riveraines de ces cours d'eau. Le Bao Bolon à Firgui n'est qu'un défluent soumis aux marées qui remontent la Gambie. Le Djikoye à Madina Djikoye n'a d'intérêt local que dans la pérennité de son écoulement pendant la saison sèche.

Toutes les stations sont équipées d'échelles fixées sur fers UPN enfoncés dans le sol et scellés ou sur piles de pont. Ce sont des plaques émaillées à graduation centimétrique portant indication du mètre et décimètres.

L'équipement limnigraphique concerne sur la Gambie les stations de Kédougou, Wassadou-Aval, Gouloumbo ; aucune station de cours d'eau de rive droite ne dispose d'un limnigraphe à l'exclusion des deux stations les plus à l'aval sur le grand Bao Bolon et la Djikoye ; en rive gauche, les stations de la Sili, de la Thiokoye et de la Diarha sont comme les précédentes équipées de limnigraphes à rotation mensuelle avec réduction au 1/10 de type OTT X. Sur la Koulountou au gué du Parc du Niokolo-Koba (P.N.N.K.), le limnigraphe utilisé est un limnigraphe à pression NEYRPIC de longue durée qui permet de couvrir toute la période de hautes-eaux.

Dès l'origine de leur création, ces stations ont pour la plupart fait l'objet de campagnes de jaugeages complètes qui ont abouti à un étalonnage précis de la section de mesures permettant l'exploitation des données limnimétriques.

Généralement on se trouve en présence de relations hauteurs débits univoques stables dans le temps ; seule la partie "Basses-Eaux" de la relation a dû dans certains cas être réactualisée par suite de modifications mineures du lit. Il serait trop long de reprendre ici l'étalonnage de toutes les stations ; seuls seront évoqués plus loin les jaugeages et tarages des stations de Kedougou, Gouloumbo et de la Koulountou au gué du P.N.N.K. On a indiqué seulement pour les autres stations le nombre de jaugeages réalisés. De 1972 à 1982, 111 jaugeages ont été faits à Mako sur la Gambie entre 0 et 970 m<sup>3</sup>/s (courbe de tarage univoque et stable). A Simenti, il y a eu 60 jaugeages de 1970 à 1979 entre 8 l/s et 1 140 m<sup>3</sup>/s (tarage univoque et stable). Sur la Gambie à Wassadou-Amont, 163 jaugeages ont été réalisés entre 0,182 et 1 077 m<sup>3</sup>/s de 1970 à 1981 (tarage actualisé pour les basses-eaux, inchangé au-dessus de H = 0,90). A Wassadou-Aval, 51 mesures ont été faites de 1973 à 1977. A Fass, 34 jaugeages entre 1,87 et 34,5 m<sup>3</sup>/s précisent les apports de la période de basses-eaux de Gouloumbo où la marée se fait sentir.

Sur les affluents, le tarage est aussi généralement bien connu ; 61 jaugeages entre 1974 et 1982 ont été effectués sur la Diaguéri ; 58 mesures ont été faites sur le Niokolo-Koba entre 1972 et 1982 ; 36 mesures au pont routier du Niériko de 1969 à 1981 ont montré trop de dispersion en raison du remous dû au confluent avec la Gambie pour permettre le tarage de la station. La station de Goumbeyel sur le Niériko n'est toujours pas étalonnée, 6 mesures seulement étaient faites en 1981, 1 en 1982.

Entre 1972 et 1980, 33 mesures permettent un étalonnage partiel du Niaoulé à Niaoulé-Tanou ; sur la Sandougou à Sinthiou-Malème, il y a eu 29 jaugeages entre 1973 et 1981 ne dépassant pas 8,68 m<sup>3</sup>/s pour un bassin de 6 900 km<sup>2</sup> pour lequel on peut certaines années ne pas observer le moindre écoulement. A Maka, l'influence de la marée et des hautes-eaux de la Gambie ne permettent pas l'étalonnage de la Sandougou. Pas d'étalonnage à Koussanar, sur le grand Bao Bolon ; 22 jaugeages ont été effectués sur la Djikoye à Medina Djikoye.

En rive gauche, on retrouve d'abord les affluents drainant les contreforts du Fouta-Djalon. Sur la petite rivière Sili, entre 1974 et 1982, 95 mesures ont été faites ; la courbe des basses-eaux doit

être régulièrement réactualisée. Pour la Thiokoye, 106 jaugeages effectués entre 1972 et 1982 avec un maximum à  $155 \text{ m}^3/\text{s}$  assurent un bon étalonnage de la station du pont routier. La Diarha au pont routier est bien connue également par 85 jaugeages effectués de 1972 à 1981 (maximum  $108 \text{ m}^3/\text{s}$ ). La Koulountou à Missirah-Gonasse fait le bilan des apports de ce cours d'eau à la Gambie, mais les remous provoqués par la confluence n'ont pas permis de valoriser les 116 mesures réalisées entre 1970 et 1982. Il s'agit avec la Thiokoye et la Diarha des apports principaux reçus par la Gambie. Plus en aval, la Sima à Sinthiou-Coundara est étalonnée par 46 jaugeages.

Pour la Gambie à Kédougou (BV de  $7\,550 \text{ km}^2$ ), de 1970 à 1982 il y a eu 184 jaugeages réalisés (cf. tableau 4 : 181 numérotés + 3 n° bis). Les quatre jaugeages les plus forts en débit ne concernent que des vitesses superficielles du courant ; le jaugeage complet le plus fort est de  $733 \text{ m}^3/\text{s}$ . La courbe de tarage est de bonne qualité. Dans la figure 6 on a distingué les mesures antérieures au projet REG 60 de celles qui ont été exécutées depuis le début de 1973. On note que la relation hauteurs-débits n'a pas évolué depuis le début des mesures, ce qui est la garantie d'une bonne exploitation des observations.

Pour la Gambie à Gouloumbo, la station-clef du bassin continental de la Gambie (BV de  $42\,000 \text{ km}^2$ ), 108 jaugeages ont été effectués de 1972 à 1982 ; depuis 1975 nous n'avons eu connaissance que de quatre mesures (cf. tableau 5). Ces mesures permettent à partir de 2 m à l'échelle d'établir la relation hauteurs-débits jusqu'à  $1\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit 11,50 m à l'échelle. En-dessous de 2 m, l'influence de la marée entraîne une dispersion des points de mesure et les débits ne sont connus que par référence à ceux mesurés en amont (Fass).

L'affluent le plus important mesuré au gué du Parc National du Niokolo-Koba n'a été jaugé que 34 fois ; c'est peu par rapport aux autres stations mais c'est déjà beaucoup compte tenu des conditions d'accès de la station et cela a tout de même permis une bonne précision dans l'établissement de la courbe de tarage (cf. tableau 6 et courbe de tarage de la Koulountou au gué du Parc National du Niokolo-Koba).

Tableau 4

LA GAMBIE A KROUGOU

N°	Date	H cm	Q m <sup>3</sup> /s	N°	Date	H cm	Q m <sup>3</sup> /s
1	21.03.70	96	5.02	52	11.07.73	150	27.2
2	17.04.70	84	1.52	53	23.07.73	175-178	46.7
3	21.04.70	84	1.55	54	25.07.73	214-217	85.2
4	09.06.70	95	5.00	55	29.07.73	462-432	432
5	20.01.71	115	12.60	56	31.07.73	368-372	305
6	17.02.71	102	6.28	57	03.08.73	470-474	474
7	20.03.71	90	2.49	58	08.08.73	341-345	262
8	17.04.71	86	1.62	59	12.08.73	555	612
9	05.05.71	92	3.13	60	21.08.73	373-370	312
10	10.06.71	101	5.62	61	24.08.73	495-489	509
11	23.02.72	90	2.63	62	01.09.73	406-399	362
12	25.03.72	80	0.51	63	10.09.73	525-518	561
13	15.04.72	74	0.00	64	25.09.73	274-273	156
14	06.06.72	100	(5.54)	65	29.09.73	243-247	123
15	30.06.72	146	27.0	66	03.10.73	238-240	117
16	11.07.72	260	139	67	06.10.73	260-258	138
17	13.07.72	210	85	68	20.10.73	202	70.0
18	25.07.72	185	54	69	26.10.73	190	60.0
19	30.07.72	294	188	70	02.11.73	173	46.3
20	01.08.72	335	246	71	08.11.73	161	36.2
21	09.08.72	308	207	72	17.11.73	157	33.7
22	13.08.72	301	196	73	23.11.73	144	26.3
23	14.08.72	357	280	74	30.11.73	135	21.0
24	16.08.72	443	422	75	15.12.73	123	14.7
25	17.08.72	420	386	76	09.01.74	110	9.82
26	18.08.72	598	685	77	21.01.74	106	8.16
27	19.08.72	525-513	550	78	14.02.74	95	4.23
28	23.08.72	540-528	584	79	14.03.74	85	1.37
29	29.08.72	390	336	80	17.04.74	74	0.043
30	07.09.72	319	224	81	17.06.74	127	14.3
31	08.09.72	347	267	82	19.06.74	119	14.0
32	09.09.72	374	310	83	24.06.74	107	7.65
33	26.09.72	279	166	84	29.06.74	112	12.5
34	02.10.72	244	120	85	03.07.74	145-143	26.0
35	09.10.72	227	98	86	04.07.74	160	40.5
36	26.10.72	220	90	87	06.07.74	155-157	35.3
37	31.10.72	201	68	88	10.07.74	224	92.1
38	02.11.72	193	61	89	13.07.74	217-216	91.0
39	11.11.72	170	43.5	90	17.07.74	282-275	167
40	01.12.72	159	35.6	91	20.07.74	319-317	232
40 b	14.12.72	135	23.0	92	24.07.74	285-284	196
41	26.12.72	128	18.0	93	27.07.74	267-268	153
42	06.01.73	122	16.4	94	06.08.74	475-470	537
43	22.01.73	111	10.0	95	10.08.74	349-355	270
44	29.01.73	107	7.70	96	14.08.74	470-525	550
45	05.02.73	104	7.56	97	17.08.74	441-448	422
46	07.03.73	91	2.63	98	31.08.74	532-525	553
47	31.03.73	82	0.703	99	08.09.74	479-480	486
48	30.04.73	71	0.00	100	12.09.74	403-405	364
49	02.07.73	118	13.1	101	14.09.74	470-490	484
50	04.07.73	135	21.0	102	18.09.74	430-429	402
51	09.07.73	183	50.0	103	21.09.74	410	368

Tableau 4

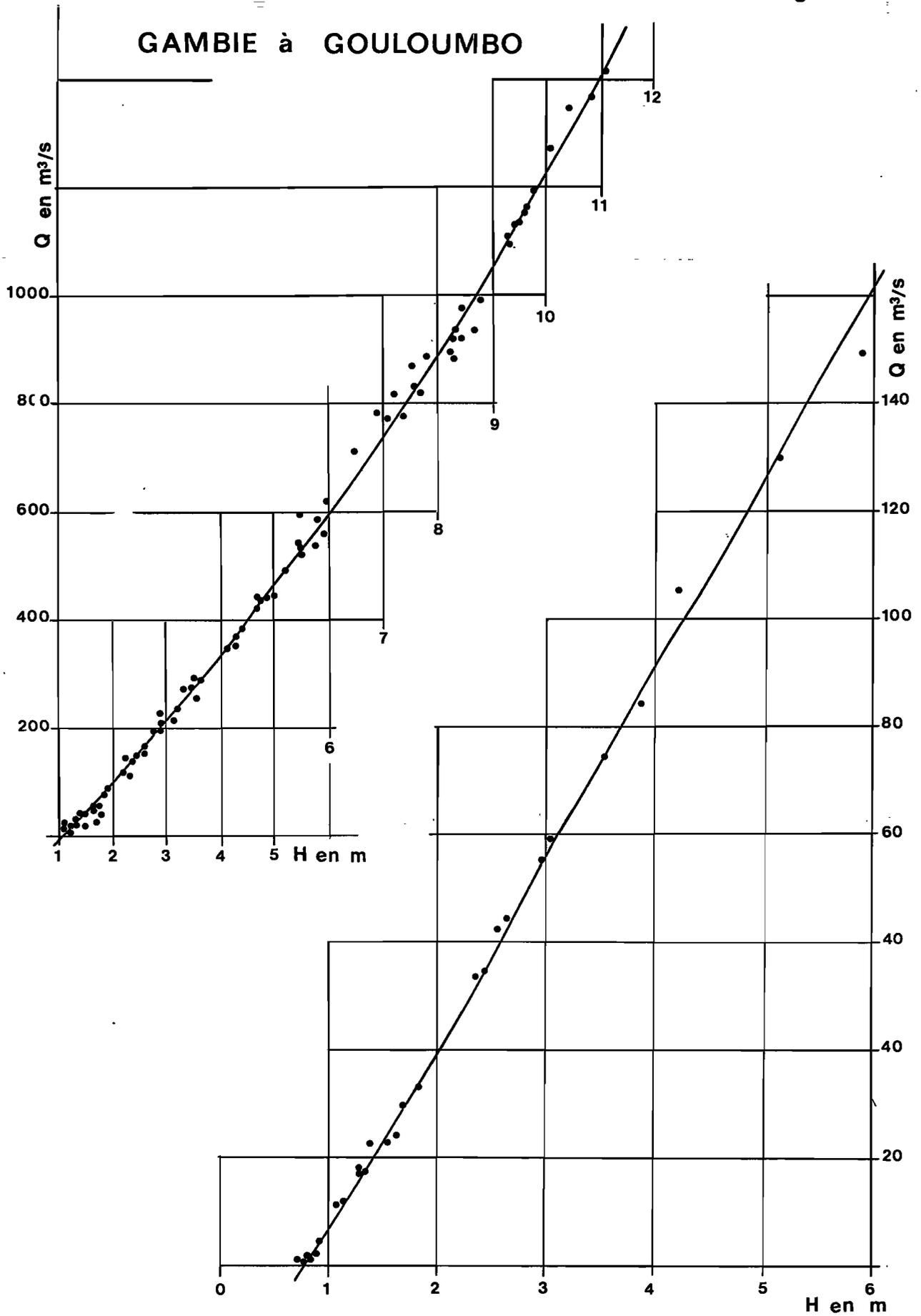
LA GAMBIE A KEDOUGOU

(suite)

N°	Date	H cm	Q m <sup>3</sup> /s	N°	Date	H cm	Q m <sup>3</sup> /s
104	25.09.74	341-337	266	142	28.03.79	86	1.28
105	05.10.74	632-635	753	143	27.04.79	76	(0.122)
106	09.10.74	325-323	234	144	12.08.79	236-235	113
107	12.10.74	315-313	228	145	12.09.79	235	114
108	16.10.74	280	177	146	15.10.79	222	99
109	22.10.74	240	118	147	14.11.79	166	45.7
110	30.10.74	210	108	148	06.12.79	133	22.1
111	09.11.74	193	60.5	149	06.01.80	112	11.7
112	09.01.75	110	9.82	150	05.02.80	96	4.06
113	23.01.75	106	8.16	151	09.03.80	86	1.37
114	14.02.75	95	4.20	152	16.03.80	82	0.650
115	19.03.75	90	2.14	153	12.04.80	72	0.025
116	02.04.75	84	0.946	154	10.07.80	365	295
117	16.08.75	251	118	155	08.09.80	563	589
117b	28.08.75	413-414	369	156	12.10.80	222-220	65
118	19.09.75	686-693	818*	157	09.11.80	163	38
118b	19.09.75	693-698	846*	158	14.12.80	121	14.5
119	19.09.75	700-705	820*	159	09.01.81	107	(9.7)
120	19.09.75	707- ?	854*	160	11.02.81	96	3.78
121	21.08.76	397	338	161	03.03.81	86	1.21
122	20.09.76	313-312	197	162	04.03.81	86	1.40
123	20.01.77	123	11.1	163	20.04.81	73	0.051
124	28.02.77	100	5.26	164	20.06.81	101	6.58
125	11.05.77	81	0.466	165	16.07.81	130-129	20.5
126	21.07.77	119-116	12.4	166	24.08.81	539-534	584
127	31.08.77	235	113	167	24.08.81	534-530	555
128	11.09.77	510	517	168	29.08.81	352-345	250
129	22.12.77	116	10.2	169	01.09.81	445-440	407
130	25.01.78	100	5.4	170	01.11.81	183	50.3
131	02.03.78	86	1.34	171	21.12.81	183	50.3
132	17.07.78	176	51.2	172	12.02.82	96	3.90
133	01.08.78	245	118	173	26.02.82	90	2.00 OR
134	17.08.78	296	185	174	01.04.82	75	0.195
135	25.08.78	532	553	175	08.07.82	147-143	27.4
136	11.09.78	334-333	247	176	13.08.82	240	115
137	18.09.78	608-634	733	177	09.09.82	350-349	250
138	20.11.78	179	54.3	178	11.09.82	397-391	326
139	14.12.78	144	24.1	179	09.10.82	311-312	211
140	17.01.79	118	12.6	180	16.10.82	270-269	151 OR.
141	17.02.79	100	5.20	181	13.11.82	171	41.1

\* : A partir des vitesses superficielles.

Fig. 6



KOULOUNTOU au Gué du Parc du NIOKOLO KOKA

Tableau 5

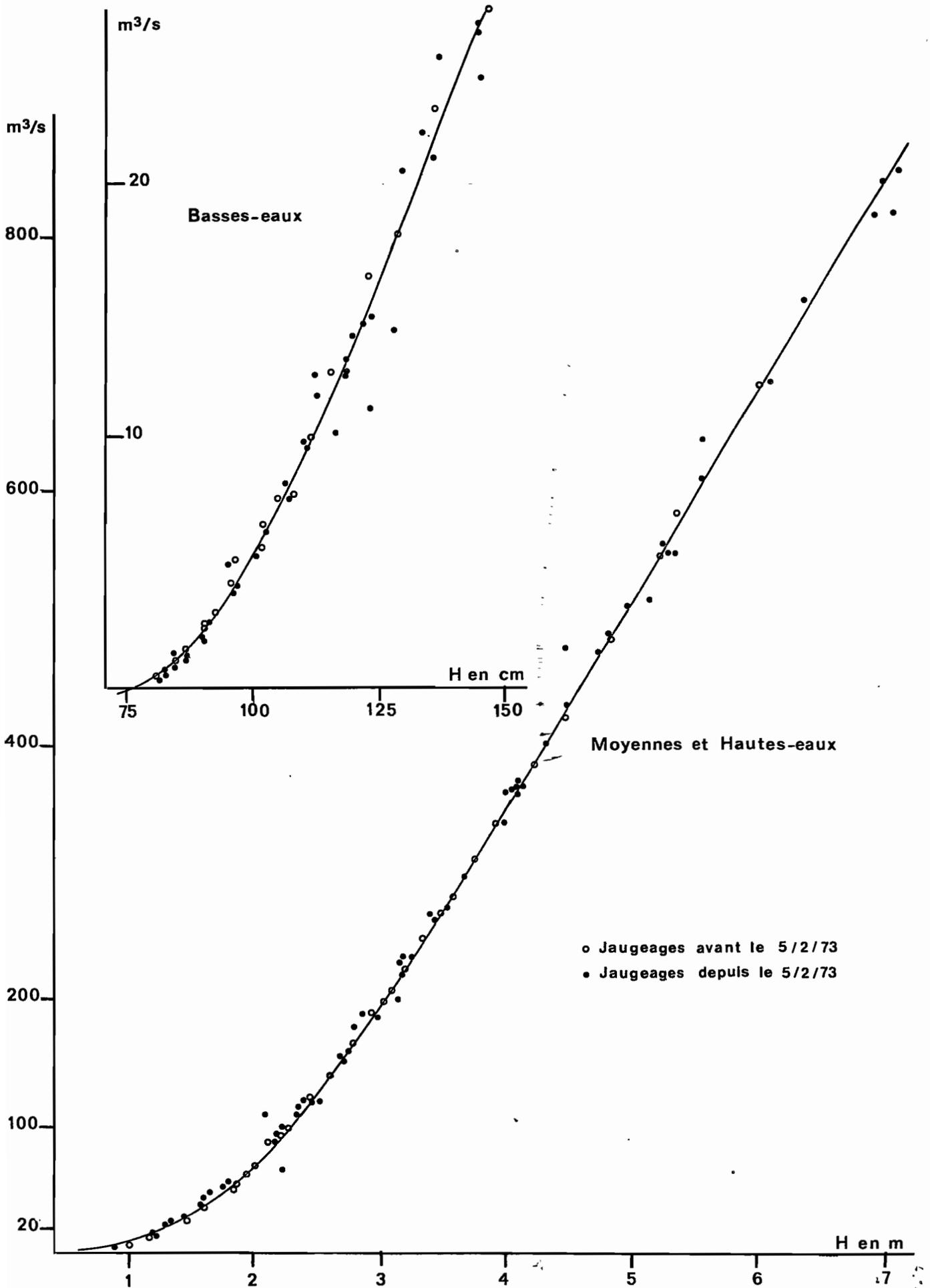
LA GAMBIE A GOULUMBO

N°	Date	H cm	Q m <sup>3</sup> /s	N°	Date	H cm	Q m <sup>3</sup> /s
1	04.07.72	181	40.0	54	29.07.73	222-225	145
2	06.07.72	170	24.4	55	31.07.73	380-392	421
3	11.07.72	189	77.8	56	03.08.73	545	543
4	17.07.72	261	152	57	08.08.73	645-643	711
5	01.08.72	302	222	58	13.08.73	593-597	600
6	02.08.72	336	269	59	15.08.73	721-725	815
7	05.08.72	388	326	60	18.08.73	819-821	891
8	10.08.72	427	366	61	21.08.73	844-843	975
9	14.08.72	400	336	62	23.08.73	830-829	931
10	19.08.72	551	595	63	28.08.73	825-822	915
11	22.08.72	689	782	64	31.08.73	771-768	820
12	23.08.72	600	593	65	02.09.73	737-738	777
13	31.08.72	548	520	66	04.09.73	757-758	827
14	04.09.72	442	383	67	07.09.73	754-758	865
15	07.09.72	488	441	68	12.09.73	933	1092
16	11.09.72	470	421	69	18.09.73	833-827	882
17	14.09.72	469	421	70	24.09.73	594-592	557
18	20.09.72	595	618	71	27.09.73	503-502	442
19	22.09.72	582	584	72	30.09.73	413-411	345
20	23.09.72	551	534	73	06.10.73	316	213
21	25.09.72	484	441	74	12.10.73	325-323	236
22	27.09.72	426	350	75	18.10.73	288	196
23	02.10.72	355	290	76	25.10.73	246	143
24	03.10.72	347	273	77	31.10.73	220	118
25	09.10.72	298	213	78	09.11.73	196-195	86.6
26	10.10.72	293	206	79	21.06.74	163-162	52.8
27	14.10.72	278	192	80	13.07.74	289-294	229.0
28	20.10.72	279	194	81	22.07.74	473-476	437
29	27.10.72	294	210	82	30.07.74	525-524	490
30	03.11.72	238	137	83	05.08.74	469	440
31	28.11.72	176	57.7	84	10.08.74	694-698	798
32	09.12.72	163	47.2	85	17.08.74	705-709	770
33	14.12.72	149	40.9	86	21.08.74	875-879	990
34	18.12.72	142	42.5	87	27.08.74	975-977	1192
35	21.12.72	152	19.8	88	31.08.74	998	1220
36	28.12.72	136	19.3	89	06.09.74	962-961	1150
37	28.12.72	136	29.6	90	11.09.74	941-944	1128
38	04.01.73	129	24.6	91	19.09.74	968	1158
39	04.01.73	129	21.9	92	03.10.74	929	1104
40	08.01.73	133	19.9	93	12.10.74	867-866	929
41	08.01.73	133	23.5	94	22.10.74	578-574	534
42	11.01.73	125	17.8	95	20.11.74	232	109
43	11.01.73	125	20.0	96	21.07.75	266	165
44	18.01.73	113	24.6	97	28.08.75	363-366	288
45	18.01.73	113	21.1	98	10.09.75	948-950	1134
46	25.01.73	122	6.6	99	23.09.75	1008-1009	1271
47	30.01.73	107	17.7	100	25.09.75	1041-1044	1344
48	30.01.73	106	17.2	101	29.09.75	1082-1083	1366
49	02.02.73	108	13.6	102	01.10.75	1094-1095	1396
50	02.02.73	107	14.9	103	03.10.75	1105-1106	1410
51	06.02.73	122	0	104	17.10.75	701-699	694
52	15.02.73	112	14.2	105	09.08.78	778-783	888
53	24.07.73	168-172	52.8	106	10.09.78	780.5	885
				107	31.08.80	843	915
				108	17.10.82	356-355	258

Tableau 6

LA KOULOUNTOU AU GUE DU P.N.N.K.

N°	Date	H cm	Q m <sup>3</sup> /s
1	27.06.72	81	0.764
2	03.08.72	254	62.3
3	11.08.72	243	54.4
4	26.01.74	85	0.242
5	29.06.74	91	2.16
6	16.07.74	131	18.2
7	22.07.74	300-303	79.1
8	28.07.74	511-509	150
9	23.11.74	139	22.4
10	28.11.74	130	17.0
11	05.03.75	81	0.317
12	20.03.75	75	0.064
13	24.06.75	75	0.070
14	13.08.75	388-386	104.5
15	14.08.75	353-351	94.6
16	12.11.75	164	24.1
17	11.12.75	116	11.8
18	21.01.76	92	2.7
19	16.08.76	299-296	75.2
20	11.09.76	233	53.4
21	04.10.76	588	169.0
22	29.07.76	195-204	43.0
23	31.08.76	264	64.0
24	19.11.76	157	23.0
25	18.10.76	134	17.2
26	04.08.77	182	33.0
27	22.07.78	125	15.12
28	08.03.79	75	0.484
29	03.07.79	92	4.99
30	11.02.80	83	1.75
31	01.07.80	73	1.03
32	14.11.80	109	11.4
33	04.08.81	171	29.4
34	12.01.82	86	1.50



En conclusion de cet aperçu des mesures hydrologiques faites par l'ORSTOM et la D.E.H sur le bassin sénégalais de la Gambie, on notera que les mesures de hautes-eaux ont été plus rares au cours des dernières années ; l'hydraulicité plus faible des cours d'eau est peut-être une raison... ce n'est pas la seule, et il n'est pas superflu de souligner que confirmer un tarage acquis, c'est bien, mais étendre la relation hauteurs-débits vers des hauteurs plus rarement atteintes, c'est encore mieux.

## 1123 GAMBIE

Sur un réseau total qui a compté 27 stations, 20 appartiennent au bassin du fleuve Gambie. Il y a l'ensemble des 13 stations qui s'échelonnent sur environ 500 km entre Fatoto et Banjul. Elles sont équipées d'échelles limnimétriques placées le plus souvent sur des wharfs ou quais. A l'exception de la station de Barra en face de Banjul, et d'ailleurs abandonnée, toutes les stations de la Gambie sont dotées de limnigraphes qui permettent d'enregistrer tout le cycle de marée. Ces limnigraphes sont en partie de type OTT R 16 à bande déroulante qui datent de 1970 lors des équipements du Préprojet Gambie, pour le reste, des limnigraphes à tambour du type OTT X. Sept de ces stations ont été installées en 1970 ; pour celle de Banjul, on disposait avant 1970 du marégraphe de la Banjul Porth Authority. Depuis 1977, les autres stations ont été mises en place et les premières restaurées.

Le reste du réseau concerne de petits affluents de la Gambie mesurés dans leur partie navigable comme le Sofaniama Bolon, le Bintang Bolon et le Niani Bolon ou plus en amont mais toujours sous influence de la marée comme la Sandougou à Sami Tenda, ou le Prufu Bolon à Damfa Kunda. Deux stations, hors influence maritime, le Sima Bolon à Suduwol et le Prufu à Chamoi, sont suivies depuis 1973. De 1976 à 1981, les hydrologues ont réalisé en moyenne une trentaine de jaugeages par station (ainsi qu'aux 3 autres stations côtières hors du bassin de la Gambie).

Nous signalerons pour mémoire les "mesures de débit" faites sur la Gambie en 1973 et 1974 pendant tout un cycle de marée à Fatoto, Basse, Diabugu et Bansang qui n'apportent pas grand chose à vrai dire sur la connaissance des apports en eau douce dans le bief soumis à l'action de la marée.

113 AUTRES RESEAUX

Ceux-ci pourraient concerner la qualité des eaux, les transports solides en suspension, la salinité dans un bief soumis à l'influence de la marée et le niveau piézométrique des nappes. En fait ils n'ont pas de réelle existence.

La qualité des eaux est mesurée à Gouloumbo et à Kédougou avec pH, conductivité cations et anions majeurs, silice et fer. Les transports solides en suspension ont également été mesurés à ces stations ; ils sont de nouveau suivis à Gouloumbo depuis 1980. La salinité, qui a fait l'objet d'études dans le bief soumis à marée de la Gambie, est toujours suivie aux stations de Banjul, Tendaba, Balingho et Kaur, mais les derniers prélèvements datent de janvier 1982 ; parallèlement à ces mesures gambiennes, il y a aussi pour ces prélèvements et ceux des autres cours d'eau du pays analyses chimiques classiques.

Pour ce qui est du suivi des nappes souterraines, nous ne disposons d'aucun renseignement. Des mesures sont faites mais rarement réunies sous une forme d'exploitation de réseau. (On soulignera toutefois l'existence du nouveau fichier d'Inventaire des Ressources en Eau Souterraines du Ministère sénégalais de l'Hydraulique.)

## 1.2 ORGANISATION DE LA COLLECTE DES DONNEES, LEUR PUBLICATION

La collecte des données dépend de Services spécialisés et des moyens mis à la disposition de ceux-ci tant sur le plan des matériels que sur le plan des personnels. La structure de ces services est propre à chaque pays, l'O.M.V.G apportant éventuellement son soutien pour ce qui est du bassin de la Gambie.

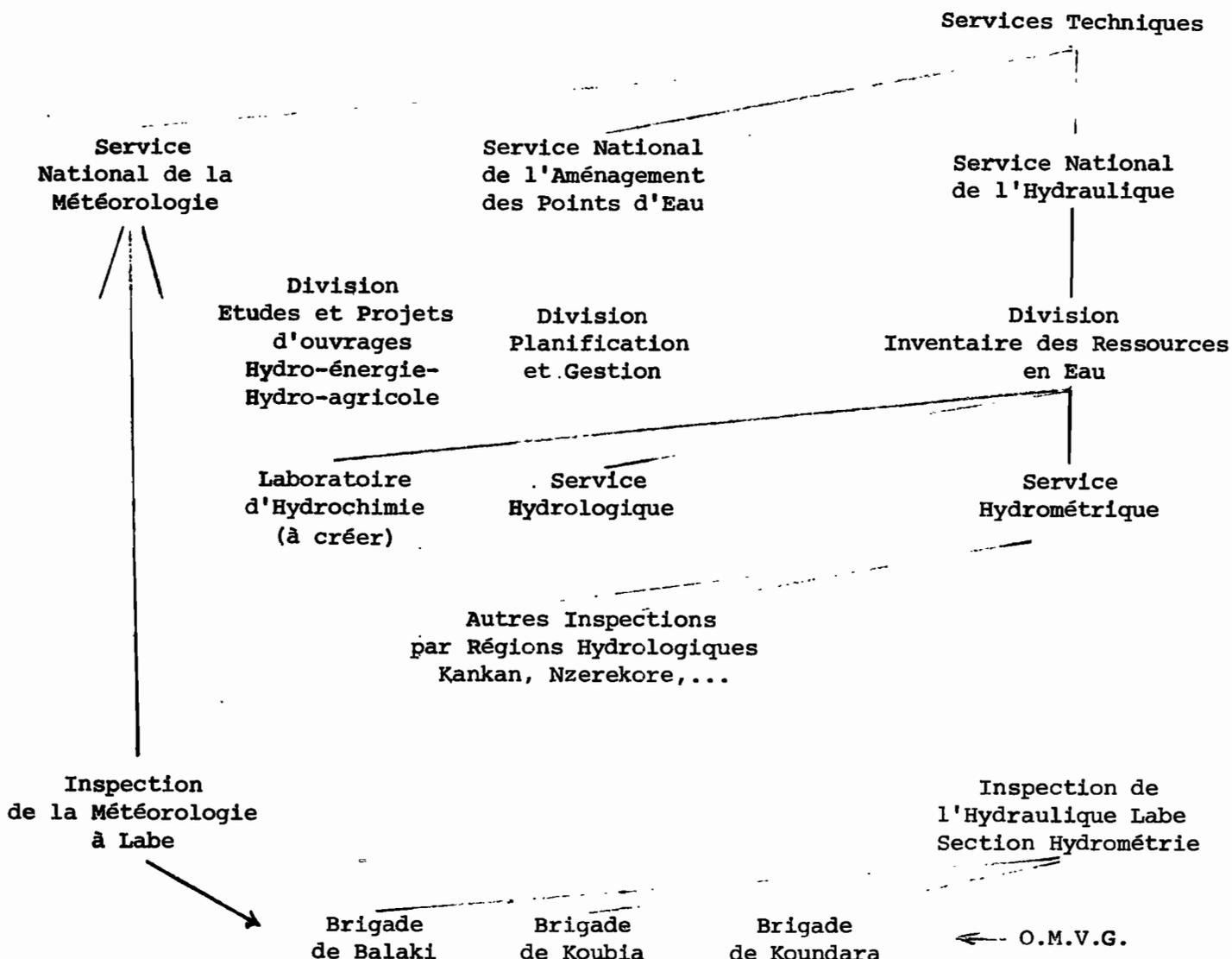
### 121 CAS DE LA GUINEE

En République Populaire Révolutionnaire de Guinée, le "Service" hydrologique a d'abord fonctionné au sein de la Direction de l'Energie (1967) ; il dépendait d'un Service Hydraulique qui fut rattaché au Secrétariat d'Etat à l'Industrie, aux Mines et à l'Energie. En 1974, les Services de l'Hydrologie et de l'Hydraulique sont rattachés au Ministère des grands Aménagements et des eaux et forêts (Domaine du développement rural) ; cette vocation d'aménagement rural se confirme : la Direction générale de l'Hydraulique dépend plus tard du Ministère de l'Agriculture, Eaux et Forêts et F.A.P.A ; en 1981 au sein du Ministère des FAPA et Coopératives Agricoles, la Direction de l'Hydraulique devient Service National de l'Hydraulique, de même que la Direction générale de la Météorologie devient Service National de la Météorologie dépendant aussi du Ministre des FAPA.

L'organigramme ci-après résume l'articulation des structures dont dépend la collecte des données hydrométéorologiques. L'appui récent de l'OMVG a permis la mise en place en 1982 de brigades en principe hydro-météorologiques ; de fait si des équipements sur crédits Nations-Unies sont parvenus aux Services Hydrologique et Météorologique, des délais de livraison font qu'ils étaient encore partiels et l'hydraulique guinéenne a complété provisoirement l'équipement de ces brigades sur ses stocks existants ; ces brigades sont devenues exclusivement hydrologiques et étant les seules dotées de véhicules, les brigades météorologiques ne sont pas opérationnelles. Il y a donc là un problème à résoudre, en grande partie dû à l'organisation verticale et à une stricte division des tâches.

# MINISTRE DES FERMES AGRO-PASTORALES D'ARRONDISSEMENT

## ET DES COOPERATIVES AGRICOLES



A noter aussi que la brigade de Balaki, qu'on avait envisagé de fixer à Salambante plus accessible dans un premier temps, n'a pas son autonomie de transport et n'est pas opérationnelle. Il y a toute une mise au point nécessaire bien compréhensible dans cette phase du démarrage des mesures sur le bassin guinéen de la Gambie. Nous y reviendrons.

Les résultats d'hydrométrie et d'hydrologie sont publiés dans des Annuaire hydrologiques depuis 1967. A partir de l'annuaire 1972, ils sont réalisés avec la collaboration du Centre National d'Informatique

et de Gestion (C.N.I.G) du Ministère du plan et de la statistique (avec l'aide du PNUD). Trois annuaires (1972, 1973, 1974) constitués pour l'essentiel de sorties d'imprimantes (listings) ont été réalisés en 1981 et 1982. Ils comprennent pour chaque station, son identification, son historique, la liste des jaugeages, l'ajustement numérique de la courbe de jaugeage par tronçon de parabole, les hauteurs journalières moyennes et les débits moyens journaliers avec indication des valeurs caractéristiques. Aucun de ces annuaires ne concerne le bassin de la Gambie puisque les stations n'existaient pas encore. Il y a lieu de craindre que la confection des annuaires suivants réalisée par un service tout à fait distinct de l'Hydraulique ne subisse de longs retards, les priorités n'étant pas ressenties de la même manière au CNIG. Il serait dommage, par ailleurs, de ne pas valoriser plus tôt des résultats ne serait-ce par exemple que pour contrôler la validité d'étalonnages retenus au vu des volumes écoulés et du bilan du bassin.

Les relevés météorologiques et pluviométriques ne sont pas publiés sous forme d'annuaires. Les fiches peuvent être consultées au Siège du Service National Météorologique.

Des délais fort longs apparaissent souvent dans la transmission des données entre capitales de C.G.R. (Labe pour la moyenne-Guinée) et Conakry.

On a indiqué ci-après les périodes de relevés hydrométriques qui nous ont été communiqués à Conakry sur le bassin de la Gambie (x pour mois complet, P pour mois partiel).

On voit que depuis l'ouverture des stations il y a eu plus de lacunes que d'observations. Indépendamment de la qualité des relevés quand ils sont faits, l'échantillon est pratiquement inexploitable. Ainsi, sur le plan "observateurs" et appareils enregistreurs de ce réseau guinéen de la Gambie, beaucoup reste à faire ; il en est de même pour l'organi-

Tableau 7

Station	Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1. Dimma à Niannou	1975			X	X	P							
	1976				X	X	X	X	X	X	X		
	1977						X	X	X	X	X	X	X
	1978	X											
	1979					X	X	X	X	P	X	X	X
1980	X		X			X	X	X	X				
2. Silame à Matakaou	1975			P									
	1978	X					P	X	X	X	X	X	
	1979					P	P	X	X	X	X	X	X
	1980	X	X	X									
3. Oundou au Bac	1975			P	X	X	X	X					
	1977	X	X	X	X		X						
	1978			P	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4. Gambie à Kounsy	1977	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	1980						X	X	X	X	X	X	X
	1981	X	X										
5. Senini				néant									
6. Koulountou	1979	X	X	X	X		X						

sation des brigades de terrain <sup>(1)</sup>.

(1) : La station de la Koulountou, confiée à un observateur de Youkourkoun à 12 km en rive droite, n'a pu être suivie depuis au moins la crue 1982, sans que le moindre contrôle ne soit fait par la brigade de Koundara à 12 km en rive gauche. A notre passage, fin novembre, les premiers décimètres de chaque élément étaient enfouis dans la terre, une épaisse végétation recouvrait le tout. Précisons que ce constat est spécifique à Koundara ; il faut souligner que les autres stations visitées étaient en bon état, échelles et voies d'accès bien entretenues (BV du Korkoure, de la Koliba).

## 122 CAS DU SENEGAL

Si certains services ont géré des réseaux hydrométriques particuliers -tel la M.A.S celui du fleuve Sénégal par exemple- c'est seulement en 1974 qu'est apparue la nécessité de créer au sein des services de l'Hydraulique un service hydrologique ayant en charge de Réseau Hydrométrique National. Par Convention entre le Fonds d'Aide de la Coopération française et le Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, il a été confié à l'ORSTOM le soin de mettre en oeuvre un Réseau Hydrométrique National par restauration, entretien ou création de stations, d'en assurer l'exploitation, d'intégrer les cadres techniques, existants ou formés dans le cadre d'AGRHYMET à Niamey, à la gestion du Service. En 1978, cette convention a abouti normalement à la création du Service Hydrologique National devenu opérationnel. Il fait partie intégrante alors du Ministère de l'Equipement. En juin 1981, un Ministère de l'Hydraulique est créé ; il est distinct de l'ancien Ministère de l'Equipement qui garde sous sa tutelle la Direction de la Météorologie Nationale. Pour ce qui est de cette dernière c'est la Division Agro-Climatologie qui couvre la collecte et la diffusion des informations météorologiques relatives au bassin de la Gambie.

Le Ministère de l'Hydraulique s'organise en 4 Directions : la Direction de l'Hydraulique Urbaine et Rurale, la Direction de l'Equipement Rural, la Direction de l'Assainissement et la Direction des Etudes Hydrauliques. Cette dernière comprend :

- une Division Programmation,
- une Division Hydrogéologie,
- une Division Hydrologie laquelle coordonne les activités des 3 brigades principales de Saint-Louis Ziguinchor et Tambacounda.

La brigade de Tambacounda, directement issue de la brigade-école du début des années 70 et des études du Projet Gambie confiées à l'ORSTOM, passe, au sein de la D.E.H, pour avoir un fonctionnement exemplaire ; cela tient bien sûr aux mérites de ses agents mais aussi aux moyens que la brigade a obtenu des Nations-Unies au travers de l'O.M.V.G.

Son fonctionnement est de type horizontal ; mesures, collectes des données, dépouillements, traduction hauteurs-débits, présentation des résultats sont organisés sur place ; il arrive même que l'information hydrologique tarde à remonter à la D.E.H Dakar ; l'avantage du système "horizontal" réside dans la plus grande souplesse d'intervention mais implique un large esprit d'initiative de la part des responsables locaux ; le principal inconvénient est l'absence d'un contrôle continu qui peut à la longue, avec la routine, entraîner un ralentissement progressif des activités de la brigade <sup>(1)</sup>.

Les données limnimétriques et les débits (lorsque le tarage de la station a été fait) sont publiés dans des annuaires portant sur l'année hydrologique de mai à avril avec historique de la station, valeurs de débits caractéristiques et figures des hydrogrammes. Ces annuaires sont publiés depuis l'année 74-75, les quatre premiers par l'ORSTOM et depuis par la D.E.H, le dernier annuaire sorti est de 1980-81. Les données antérieures sont en archives ou publiées à l'occasion d'études régionales ; c'est le cas du rapport Gambie de 1974.

Pour ce qui est des données météorologiques, il faut d'abord signaler que le fichier informatisé des données de l'ASECNA regroupant les pays associés d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique Centrale a actuellement 4 ans de retard et que ses publications propres au Sénégal ont été abandonnées à la Direction de la Météorologie Nationale qui n'a pas conservé ce type de publications. Actuellement la Météorologie Nationale publie un "bulletin décadaire" et un "suivi d'hivernage" pour les précipitations. Un annuaire 1982 des précipitations est en préparation avec la saisie des données 82 ; on prévoit progressivement de publier les annuaires antérieurs pour faire le lien avec les précédentes publications ASECNA. On peut regretter, en attendant ces publications, que des entraves administratives aient été créées à la Météorologie Nationale qui ne permettent plus un accès facile et rapide aux informations.

D'une manière générale, tant pour les mesures hydrologiques que climatologiques, les réseaux fonctionnent de façon satisfaisante. Les lacunes dans les relevés sont peu nombreuses ; elles surviennent

---

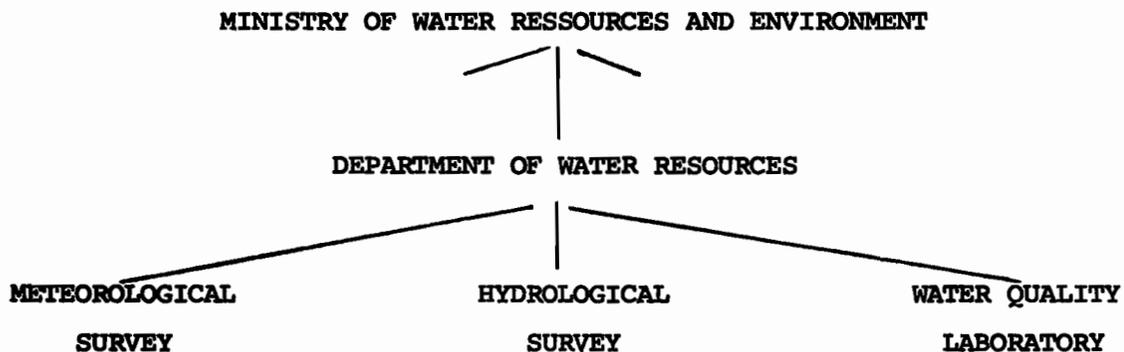
(1) : *C'est peut-être ce qui explique par exemple que les réfections de stations comme le Thiokoye tardent ; de même pour Gouloumbo où les éléments d'échelles inférieurs à 5 m sont détruits et ceux de 7 à 11 m sont à remettre en place (ce sont les cotes du limnigraphe calées de temps à autre par nivellement qui permettent l'exploitation de la station) ; nous n'avons jamais pu rencontrer l'observateur.*

le plus souvent lors de la période de rodage qui suit la création de la station. On notera pour les postes pluviométriques agricoles (SODEFITEX) que certains sont équipés de pluviomètres à lecture directe, cadeaux de Sociétés d'engrais type "Potasses d'Alsace" dont la précision n'égale pas celle de pluviomètres type Association ou SPIEA à lecture directe.

### 123 CAS DE LA GAMBIE

Aujourd'hui, Hydrologie et Météorologie dépendent du même département au sein du Ministère des Ressources en eau et de l'Environnement ; en 1979 le Département des Services Hydrométéorologiques était rattaché au Ministère de l'Agriculture et des Ressources Naturelles.

On a l'organisation suivante :



Pour ce qui est des postes pluviométriques et climatologiques, les relevés sont effectués pour partie par les agents météorologues du service cité plus haut, mais aussi par divers agents des centres agricoles, de dispensaires ou d'écoles. Les données sont traitées sur un ordinateur PDP 11/34 et stockées sur disquettes. Chaque année est publié "Report of annual rainfall" (de 1978 à 1981 compris).

En hydrométrie, aucune publication régulière n'existe encore. Un annuaire de marégraphie est en préparation. Sa confection par ordinateur semble poser encore problème. De fait, cela n'est pas trop grave car la marée est maintenant bien connue dans le bief maritime de la Gambie et de nombreuses études d'interprétation ont déjà été faites. Pour les petits

cours d'eau dont on veut mesurer les apports en eau douce, il conviendrait de poursuivre les mesures de débit et pour ce de renouveler le matériel hydrologique devenu vétuste (canot pneumatique).

A noter enfin sur la Gambie même de nombreuses lacunes dans les observations de marégraphie dues à des pannes de limnigraphes ou à un mauvais entretien de la station.

2ème Partie

CRITIQUE DES TRAVAUX D'INTERPRETATION

Comme on l'a dit, les mesures hydrométéorologiques exécutées sur le bassin de la Gambie sont, à l'exception de celle des précipitations, très récentes puisque ce n'est qu'en 1969 que l'on a commencé à penser "hydrologie" à propos de la Gambie. Celle-ci avait été négligée car elle évoquait davantage dans sa partie inférieure un bras de mer pratique comme voie de transport et les faibles densités de population du Sénégal oriental ne semblaient pas nécessiter une mise en valeur des terres alluviales et suggérer l'utilisation des débits du fleuve.

Progressivement donc, des mesures ont été réalisées -on a vu qu'elles étaient encore embryonnaires en Guinée- mais toutes ces mesures ont été faites dans une période d'hydraulicité très déficitaire, de précipitations réduites sur des saisons des pluies écourtées. Dans l'interprétation des mesures, cela n'a pas été oublié mais sans que la recherche de conditions médianes, ou moyennes soit vraiment tentée du fait que le traitement de valeurs expérimentales obtenues sur la période sèche aboutit à une garantie de sécurité dans l'estimation du remplissage des retenues.

Sur l'ensemble des ouvrages consultés, trois ont paru plus importants du fait de l'apport nouveau et original qu'ils contiennent. Il s'agit des travaux du Bureau d'Etudes anglais H. HUMPHREYS sur le bief maritime de la Gambie, des travaux de l'ORSTOM sur la partie sénégalaise du bassin continental et enfin plus récemment des travaux de POLYTECHNA sur le haut-bassin en Guinée.

Signalons aussi le danger qu'il y aurait à adopter certains chiffres donnés dans quelques rapports sans références à leur obtention. Ainsi on a vu certaines estimations d'un premier rapport devenir la base d'interpolations dans un second rapport, puis être considérées dans un rapport suivant comme des données acquises, vérifiées, des faits d'observation.

C'est pour cela que la multiplicité des publications, des intervenants, implique qu'une analyse critique poussée soit faite sur les données de base hydro-météorologiques relatives à la Gambie.

Comme cela a été dit, une liste bibliographique relative au sujet traité ici est donnée en annexe.

## 2.1 ETUDES DU BIEF MARITIME DE LA GAMBIE

Ces études ont porté sur l'hydrographie de la Gambie et des principaux Bolons navigables, sur l'évolution de la salinité sur un profil longitudinal (et vertical) et dans le temps, sur la qualité des eaux, sur la propagation de l'onde de marée (hauteurs moyennes, amplitudes, temps de propagation), sur les volumes "en excursion" au flot et au jusant, sur les problèmes de transports solides (déplacement des bancs de sable), sur les modifications apportées par le barrage anti-sel.

En ce qui concerne l'hydrographie, le tome 5 de l'étude d'HOWARD HUMPHREYS and SONS (16)\* donne tous les renseignements nécessaires dans une série de planches où les cotes sont régulièrement indiquées. Les passages périlleux pour la navigation y sont étudiés dans le détail ; de plus ils continuent d'être suivis lorsqu'il y a risque d'évolution (bancs de sable). Il n'y a pas lieu ici de procéder à une étude critique de ces travaux et des solutions proposées pour améliorer la navigation.

Pour ce qui est de la salinité, l'étude déjà citée est relativement complète de septembre 1972 à juillet 1974 ; c'est la première du genre en Gambie ; elle a suivi celles effectuées par ROCHETTE sur le fleuve Sénégal et BRUNET-MORET en Casamance (33).

La limite saline pour laquelle les palétuviers ne subsistent plus est de 1 p.p.m. (ou 1 g/l). Les prélèvements régulièrement effectués le long du fleuve montrent que l'intrusion saline à la fin de la saison des pluies entraîne une remontée de la limite 1 ‰ de 15 km par mois entre septembre et mai puis vers juin de 20 km/mois, ce jusqu'à l'île Bird au km 247 de Banjul. L'augmentation de concentration est de 0,4 ‰/km en septembre ; elle n'est plus que de 0,17 ‰/km en mai. En août, l'arrivée des apports en eau douce fait reculer la limite saline de 150 km à l'aval en 5 semaines ; à ce moment on observe d'ailleurs un coin salé qui disparaît par mélange en saison sèche.

Des mesures du 26 janvier 1982 (exploitées ici pour la circonstance) montrent la même évolution que celle observée en janvier 1973 ou 1974 (0,855 g/l au km 174, 5 g/l au km 133 et 8,7 g/l au km 104).

---

\* : Les numéros indiqués entre parenthèses se rapportent à la Bibliographie Annexe 3.

Ces travaux aboutissent à estimer l'intrusion saline maximale prévisible suivant le débit d'apports en eau douce en régime constant, élément déterminant des projets d'aménagement en absence de barrage anti-sel à Balingho-Farafenni. Ci-après indications de l'intrusion saline (pour 1,5 ‰) en distances de Banjul pour différents débits.

Q m <sup>3</sup> /s	20	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150
D km	195	180	170	160	152	148	143	139	135	125	115

Comme on admet que les terres alluvionnaires en aval du km 180 sont impropres à la culture à cause de la toxicité du sulfate, un débit de 25 à 30 m<sup>3</sup>/s suffirait à maintenir l'intrusion saline à ce niveau et à gagner les terres en amont.

Un modèle mathématique de salinité dans l'estuaire a été fait.

L'étude de l'onde de marée a été faite dans le rapport H. HUMPHREYS dans le but d'apporter des corrections de cotes aux salinités suivant la méthode des déplacements dus à la marée. On sait qu'entre Banjul et Gouloumbo on a pratiquement deux cycles complets de marée. Lors de sa propagation dans un bief maritime, une onde de marée s'amortit ; dans certaines conditions, elle peut se réfléchir et des effets de résonance peuvent conduire à une augmentation d'amplitude<sup>(1)</sup> ; les études de simulation permettent de voir l'incidence du barrage de Balingho sur l'onde de marée (10). Des études en cours, effectuées sous notre contrôle, donnent une idée des variations d'amplitude sur un cycle mensuel :  $\Delta H$  varie de 1,68 m à 0,48 à Banjul, de 1,17 à 0,71 m à Balingho, de 1,14 à 0,61 m à Kaur, de 0,89 à 0,64 m à Bansang, de 0,41 à 0,29 m à Fatoto.

Sur le mois d'avril 1982, le temps moyen de propagation du maximum de marée haute est de 19h 26 entre Banjul et Fatoto, soit pour 478 km une vitesse de 24,6 km/H ; entre Banjul et Balingho 130 km pour 4h 34, soit 28,5 km/H ; Balingho-Kaur : 70 km, 3h 38 soit 19,7 km/H ; Kaur-Bansang : 116 km, 3h 48, 30,6 km/H ; Bansang-Fatoto : 162 km, 7h 02, 23,1 km/H. Il semble que l'on puisse retenir une vitesse globale de 25 km/H pour le maximum de marée haute. Pour le minimum de marée basse, la courbe de H. HUMPHREYS donne une vitesse globale de 23,5 km/H.

(1) : C'est par exemple ce qui arrive dans l'estuaire du Rio Geba en Guinée Bissau, estuaire protégé du large par l'archipel des Bijagos où l'amplitude des marées peut atteindre 4 m à Bissau.

Une étude plus poussée des marées semi-diurnes, mensuelles et annuelles mériterait d'être faite d'autant que le matériel existe. On pourra se référer aux analyses récentes faites sur l'onde de marée en Casamance (OLIVRY, GALLAIRE...).

Les problèmes de qualité des eaux ne présentent qu'un intérêt secondaire pour le projet de barrage anti-sel ; mais des analyses sont faites assez régulièrement et la consultation des résultats permettra le moment venu au projeteur de prendre les dispositions nécessaires (anti-corrosion par exemple). Les derniers résultats dont nous avons eu connaissance, de janvier 1982 montrent un pH généralement compris entre 7,2 et 7,7, sauf en se rapprochant de l'embouchure où le pH dépasse 8 (8,4 à 65 km de l'embouchure).

L'étude des volumes qui transitent à une station donnée tant au flot (marée montante) qu'au jusant (marée descendante) a été suivie avec une particulière attention par les ingénieurs de H. HUMPHREYS et de la "Hydraulics Research Station" de Wallingford (U.K.) qui y ont investi beaucoup de leur temps et beaucoup de matériel. Le but recherché était d'obtenir le débit d'eau douce du cours d'eau amont par différence des volumes entrant et sortant pendant tout un cycle de marée. En fait la densité et la rapidité d'exécution des points de mesure est rarement suffisante pour aboutir à des résultats suffisamment précis pour déterminer un débit de basses-eaux. Rien n'indique, et les résultats montrent le contraire <sup>(1)</sup>, que la différence des volumes entrants et sortants sur 2 cycles consécutifs de marée (26h) correspond uniquement au débit naturel du bassin amont ; les phases de stockage ou de déstockage de volumes entrants au flot en fonction de l'évolution des ondes de marée ne peuvent s'équilibrer que sur une période plus importante et il faudrait faire alors des mesures continues sur plusieurs jours, voire une semaine pour espérer avoir une estimation précise du débit d'eau douce. On conviendra que l'intérêt de ce type d'étude n'apparaît pas de manière évidente ici puisque la station amont de Gouloumbo ou Fass donne déjà une estimation de ce débit. Par contre la connaissance en différents sites des volumes "en excursion" au cours d'un cycle de marée peut être intéressante.

---

(1) : Cf. tableau 403, Tome 1 Rapport H. HUMPHREYS, juillet 1974.

Pour ce qui est des transports solides en suspension et des modifications susceptibles d'être apportées à l'estuaire par le barrage anti-sel, des études ont été faites récemment par le Danish Hydraulic Institute (10). Ces études sont basées sur une simulation modélisée des effets du barrage sur les transports de sédiments. Pour le débouché de l'estuaire, on a utilisé le modèle hydrodynamique S21.11 à deux dimensions du C.H.C. (1) (maille de 900 x 900 m pour le grand estuaire et de 300 x 300 pour la région même du port de Banjul) en combinaison avec le modèle hydrodynamique unidimensionnel S11 utilisé pour le bief maritime lui-même. On craignait que la création du barrage de Yélitenda (= Balingho ou Farafenni) en bloquant le transport des sédiments n'entraîne un creusement du niveau du port de Banjul qui n'aurait plus été compensé par les apports. Les auteurs montrent qu'il n'y aura pas de modification sensible au fonctionnement de l'estuaire. On notera cependant une surestimation évidente des suspensions ( $1,1 \cdot 10^6$  tonnes/an) de la Gambie à Banjul uniquement basée sur le rapport des superficies des BV et les mesures ORSTOM de 1974 à Gouloumbo.

---

(1) : Le C.H.C. (Computational Hydraulics Center), avec la SOGREAH (France) et the Institute of Hydrology (U.K.), a créé le S.H.E. (Système Hydrologique Européen).

## 2.2 ETUDES HYDROLOGIQUES GENERALES SUR LE BASSIN CONTINENTAL DE LA GAMBIE

La première synthèse a été faite en 1974 pour le Projet REG. 60 des Nations-Unies par l'ORSTOM pour le compte de la Société H. HUMPHREYS ; les résultats ont été publiés à l'ORSTOM et repris dans le Rapport terminal (tomes 3 et 4) des Etudes Hydrologiques et Topographiques du bassin du Fleuve Gambie.

Il y a peu à dire sur des résultats portant sur un si petit nombre d'années d'observations qui n'apparaisse justement dans les conclusions de ce rapport, à savoir qu'à l'exception de la station de Gouloumbo pour laquelle on possédait quelques relevés anciens, il n'est pas possible d'établir de corrélations sérieuses entre les "jeunes" stations de la Gambie et celles de la Falémé voisine et que les résultats présentés pour le bilan, les débits caractéristiques devront être revus lorsque des données en nombre plus important auront été recueillies.

Ceci dit, les résultats obtenus ont quand même le mérite de donner dès 1974 un aperçu du régime d'un fleuve mal connu jusqu'alors, même s'ils n'ont qu'une valeur relative du fait de la sécheresse ressentie à cette époque dans les régions sahélo-soudaniennes.

Les principales valeurs moyennes (70-73) et autres estimations sont rappelées ci-après.

On notera que les affluents intermédiaires surtout sur le Continental Terminal n'amènent que 3 % des apports à Gouloumbo pour une superficie drainée d'1/3 du bassin total contrôlé à Gouloumbo.

En année médiane, le volume des apports étant à Gouloumbo de  $9\,460.10^6 \text{ m}^3$ , soit une lame écoulée de 226 mm, pour une pluviométrie moyenne interannuelle estimée à 1 150 mm, le déficit d'écoulement serait de 924 mm et le coefficient d'écoulement de 19,6 % .

**Tableau 8**

	S km <sup>2</sup>	Valeurs moyennes sur 1970-73				Estimation fréquentielle					
		Module		Volume		Modules			Maximum de crue		
		m <sup>3</sup> /s	l/s.km <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	% total	décen. sec	méd.	décen. humide	méd.	déc.	cent.
Gambie à Kédougou	7 550	80.5	10.7	2 540	50 %	50-75	100-150	150-225	1300	1550-1950	1800-2400
Mako	10 500	92.3	8.8	2 910	58 %	70-100	125-175	180-250	1400	1700-2100	2000-2600
Simenti	20 500	128	6.2	4 040	80 %						
Wassadou-amont	21 200	129	6.1	4 070	<u>81</u> %	140	240	345	1450	1750-2150	2100-2700
Gouloumbo	42 000	160	3.8	5 050	100 %	162	300	438	1480	2040	2500
Thiokoye	950	7.55	7.9	238	5 %		10-15				
Diarha	760	6.42	8.4	202	4 %		8-12				
Koulountou à Missira G.	6 200	24.6	4.0	776	<u>16</u> %	20-30	40-55	55-75			
Niokolo-Koba	3 000	7.07	2.3	223	4.5%		8-14				

Avec la période 1975-80 (5 années) on a pour quelques stations les résultats suivants :

**Tableau 9**

Station	Module 75-80	Module (n années)	Maximum absolu
Gambie à Kédougou	75.0	80.5 (10)	1 110
" à Mako	86.7	93.1 (10)	1 429
" à Simenti	118	131 (10)	1 369
" à Wassadou-Amont	121	133 (10)	1 182
" à Gouloumbo	162	172 (10)	1 432
Niokolo-Koba (3 000 km <sup>2</sup> )	6.99	7.94 (10)	127
Niaoulé (1 230 km <sup>2</sup> )	0.164	0.295 (10)	11.7
Thiokoye (950 km <sup>2</sup> )	8.99	9.30 ( 9)	255
Diarha (760 km <sup>2</sup> )	6.35	7.41 ( 8)	163

La période 75-80 apparaît globalement comme plus déficitaire que l'ensemble de la décennie 70-80. On notera que les modules annoncés dans le rapport initial sont voisins -ou inférieurs- des valeurs calculées sur 10 ans (celles-ci restant de toute manière largement déficitaires).

On relèvera toutefois dans l'étude initiale, la valorisation intéressante faite sur les relevés anciens de Gouloumbo (effectués sur une échelle des plus sommaires puisqu'il s'agissait entre 1953 et 1970 de graduations peintes tous les 25 cm sur une pile du pont). Quinze années ont été reconstituées en complétant les mois sans relevés par une estimation de leur poids en % par rapport à l'année : les mois de juillet, août, septembre, octobre représenteraient 85 % de l'écoulement total et avec novembre 95 % . Mais cela n'a qu'une signification moyenne et exclut les hivernages tardifs sur octobre... lesquels expliquent les corrélations assez peu satisfaisantes avec les modules de la Falémé à Kidira en particulier ( $r = 0,739$ ).

Nous avons repris le problème ici avec les données complémentaires acquises depuis 1974. Les pourcentages indiqués plus haut n'ont pratiquement pas varié (83 % pour Jt, A, S, O et 95 % pour Jt, A, S, O, N). On a mis en régression l'ensemble des modules de Gouloumbo et ceux de la Falémé à Kidira et étudié la distribution mensuelle des années correspondant à des points de forte dispersion. Une régression des débits mensuels de saison des pluies a été faite sur les observations effectives (et non plus les estimations de Gouloumbo sur des mois très incomplets) et les mois d'évidentes anomalies à Gouloumbo ont été corrigés d'après la courbe moyenne et les modules recalculés en conséquence (six l'ont été en baisse, deux en hausse). Les résultats sont indiqués dans le tableau...

On obtient une bonne relation entre les débits moyens annuels de Gouloumbo ( $42\ 000\ \text{km}^2$ ) et ceux de Kidira sur la Falémé ( $28\ 900\ \text{km}^2$ ) :

$$Q_{\text{Gouloumbo}} = 1,224 Q_{\text{Kidira}} + 53,6 \text{ en m}^3/\text{s}.$$

Le coefficient de corrélation est  $r = 0,954$ , valeur qui indique une relation satisfaisante.

Ceci conduirait aux nouvelles estimations des modules de la Gambie à Gouloumbo :

module moyen	:	292 m <sup>3</sup> /s
module décennal humide	:	394 m <sup>3</sup> /s
module décennal sec	:	191 m <sup>3</sup> /s

qui montrent une variabilité moins grande ;  $K_3$  rapport des modules décennaux passerait à 2,06 au lieu de 2,7 dans le rapport initial.

Notre propos n'est pas de refaire ici une étude de la Gambie. On aura cependant montré tout l'intérêt qu'il y aurait à reprendre une synthèse hydrologique du fleuve Gambie... si l'exploration rapide qui vient d'être faite n'apporte pas grand changement au bilan (lame écoulée : 219 mm,  $K_e$  : 19 %) il n'en est pas de même pour les valeurs de fréquence rare qui peuvent, suivant le cas, signifier qu'il y aura défaillance au niveau du remplissage des retenues.

Ajoutons qu'une récente étude du Niokolo-Koba portant sur les dix dernières années a déterminé une lame écoulée moyenne de 79 mm pour 1 040 mm de précipitation moyenne, ce qui donne un déficit d'écoulement de 961 mm, voisin donc de celui donné en année moyenne pour le bassin de la Gambie à Gouloumbo alors que la décennie considérée est particulièrement déficitaire.

Nous avons dit plus haut l'intérêt de reprendre dès maintenant dans le détail une étude hydrologique complète sur le bassin de la Gambie ; celle-ci devra comprendre aussi un volet climatologique réactualisé avec notamment les mesures d'évaporation sur bac aux stations synoptiques et une étude comparative des mesures effectuées sur bac en d'autres stations d'Afrique de l'Ouest depuis 20 ou 30 ans.

Mais il ne semble pas que de tels travaux puissent remettre globalement en question les estimations qui sont à la base des projets retenus. Par contre ces travaux apporteront une précision complémentaire susceptible d'améliorer dans le détail ces projets.

Tableau 10

GAMBIE A GOULOUMBO

Débits moyens mensuels et annuels en m<sup>3</sup>/s

Année	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Module
1953-54			360	684	1100	700	280						270
54-55			271	773	1610	1080							370
55-56			355	1350	1600	1100	200						395
56-57			285	852	1540	1290	300						380
57-58													
58-59			300	926	1460	1190	350						370
59-60			280	716	1480	810							320
60-61			250	395	745	542							190
61-62					1240	1870	1000						375
62-63			325	869	1550	520							320
63-64													
64-65			400	1040	1670	1100	350						397
65-66			300	777	1550	1650	250						397
66-67			250	430	968	1780	280						326
67-68			150	634	1200	1520	924	100					390
68-69				350	926	350	150						155
69-70				661	1030	995							280
70-71	3.00	20.0	122	926	874	226	71.0	27.0	13.0	7.50	5.00	2.50	192
71-72	15.7	27.4	105	587	707	320	88.3	32.4	9.50	6.50	3.70	16.6	161
72-73	2.50	35.4	136	446	449	207	90.9	35.6	15.5	7.84	4.22	2.45	120
73-74	5.40	36.0	79.0	755	797	205	78.0	28.0	13.0	7.50	5.00	2.50	168
74-75	2.20	18.8	264	832	1142	757	160	60.4	21.1	12.7	7.80	5.90	275
75-76	3.73	6.25	138	313	1098	831	144	50.9	22.6	12.7	8.39	3.69	219
76-77	2.03	3.05	172	414	418	428	205	55.8	20.9	12.8	5.99	2.83	146
77-78	2.32	4.42	18.4	137	490	303	75.9	19.4	11.0	4.41	2.05	1.14	89.2
78-79	4.05	14.6	139	619	875	845	267	89.9	27.3	12.2	5.04	2.05	243
79-80	1.25	1.30	77.7	292	426	377	136	41.1	15.8	7.44	3.46	1.65	117
80-81	1.07	4.25	120	599	782	212	74.7	23.2	9.50	5.12	2.86	1.36	153
81-82	1.07	1.97	52.4	468	679	239	87.8	30.8	10.5	4.61	2.36	1.23	132
MOYE.	3.69	14.5	206	648	1052	794	253	45.7	15.8	8.44	4.66	3.66	254

Les valeurs en italiques sont estimées.

## 2.3 ETUDES SUR LA PARTIE GUINEENNE DU BASSIN DE LA GAMBIE

Dans le Plan d'Aménagement Hydraulique de la Moyenne Guinée, la société tchécoslovaque POLYTECHNA consacre dans son dossier final le volume n° II à l'Hydrologie et à la Météorologie et le volume Vc à l'inventaire des aménagements hydrauliques. Bien qu'une petite partie seulement de l'étude se rapporte au bassin de la Gambie, il a paru intéressant de passer en revue les méthodes utilisées ainsi que les résultats hydrométéorologiques qui en résultent et qui servent de référence aux projets d'aménagements hydrauliques.

Avant de passer à l'analyse de ces travaux, il faut souligner l'énorme travail qui a été fourni par les ingénieurs de POLYTECHNA afin d'exploiter les quelques maigres renseignements qui étaient disponibles et de justifier les évaluations qui ont été faites, d'extrapolations en extrapolations. La critique majeure de ce travail tient dans la disproportion qu'il y a entre la pauvreté des données de base et la qualité des méthodes d'analyse employées, et dans des références limitées pour ce qui est des travaux d'hydrologie africaine. La structure même du rapport ne nous a pas permis d'éviter que notre examen ne déborde du bassin de la Gambie.

### 231 LES PRECIPITATIONS

On a vu combien le réseau pluviométrique guinéen était pauvre sur le haut-bassin de la Gambie. Un premier examen des données annuelles a permis aux ingénieurs de POLYTECHNA de mettre en évidence des anomalies à Sannou, valeurs trop élevées de 1965 à 1972 par rapport à Labe et Tougue, et à Pita, valeurs trop faibles de 1970 à 1975 par rapport à Labe et Dalaba.

Pour contrôler l'homogénéité des hauteurs annuelles de précipitations on a, dans un second temps, eu recours à la méthode de comparaison des totaux cumulés annuels (double cumul) et fait une analyse graphique (double-mass curve) de la liaison, ou de ses éventuelles altérations, entre le poste pluviométrique contrôlé et un facteur régional qui a été choisi ici comme étant la moyenne cumulée de tous les autres totaux pluvio-

métriques de la région (qui aurait pu être aussi une station synoptique de référence ou un vecteur régional). On retrouve bien dans l'analyse graphique qui est faite les anomalies de Sannou et Pita.

L'homogénéité des séries de précipitations étant vérifiée, les auteurs ont complété les totaux pluviométriques mensuels manquants pour reconstitution (ou correction) d'une série homogénéisée de 50 ans (1928-1977) pour toute la région par la méthode du "rapport normal". Pour reconstituer un mois manquant, on fait appel aux observations de stations voisines en attribuant aux relevés mensuels des coefficients qui sont les rapports de la Précipitation moyenne annuelle de la station à compléter sur les précipitations interannuelles des stations voisines et en faisant la moyenne arithmétique suivant le nombre de stations utilisées. L'inconvénient de la méthode tient dans le calcul de ce rapport. Dans l'application qui est faite, où l'on reconstitue parfois plus de quarante années sur la période choisie de 50 ans, les moyennes annuelles de la station à compléter et des stations voisines (dont certaines elles-mêmes reconstituées...) n'ont évidemment pas le même poids. Une autre formule aurait consisté à dresser les polygones de la méthode de Thiessen pour la station concernée et les stations voisines afin d'attribuer à chacune un poids fonction de leur emprise respective sur le polygone de la station à compléter. Pour de grandes variations de relief, la méthode est aussi imparfaite. L'extension des données (ou reconstitution de relevés manquants) se fait plus généralement à la suite de régression de poste à poste dont le coefficient de corrélation indique une liaison étroite et on sait estimer le gain d'une telle extension. Il est fonction du nombre d'années communes aux postes étudiés et du coefficient de corrélation ; ainsi l'extension d'une station B connue pendant 20 ans par rapport à une station A suivie pendant 75 ans (dont les 20 de B) et liée à B avec un coefficient  $r = 0,875$  n'a suivant la formule de R. VERON qu'un poids statistique de 44 ans et non de 75.

Dans ces conditions, on ne voit pas bien l'intérêt de procéder à une reconstitution des données sur cinquante ans pour des stations de très courte durée d'observation. Ainsi pour les postes se rapportant de près ou de loin au bassin de la Gambie comme Sareboïdo, Tianguel Bori, Sannou (qui n'a pas été corrigé pour les années trop fortes), le gain

est tout à fait illusoire. On peut regretter que le poste de Mali n'apparaisse pas dans l'étude. Quoi qu'il en soit, la carte isohyète interannuelle présentée n'a pas grande signification. Si on tient compte des données acquises en Guinée Bissau (Bafata 1470 mm, Gabu 1 435 mm) (23), de celles de Kédougou et que l'on s'appuie sur les résultats de Labe et Tougue, on aboutit à un dessin des isohyètes quelques peu différents avec en particulier des hauteurs de précipitations plus faibles sur les régions qui concernent le bassin de la Gambie.

Il faut préciser que les travaux d'interprétation de l'étude de POLYTECHNA font référence à une 2ème carte de courbes isohyètes établie pour la période 1970-1977. Pour la partie nord de la carte, le dessin des isohyètes ne paraît pas très satisfaisant ; on est en particulier surpris par l'appendice vers le nord de l'isohyète 1 300 mm vers Balaki alors qu'aucun poste n'existe dans la région ; de plus on ne tient pas compte de la moyenne 1970-77 à l'ouest en Guinée Bissau (Bafata 1 400 mm), au nord au Sénégal (Kédougou 1 150 mm). La carte donnée surestime donc sur le bassin de la Gambie la lame précipitée.

L'étude des variations dans le temps des séries pluviométriques les plus longues (moyennes mobiles septenales) montre bien pour Youkounkoun et Labe la succession de séquences sèches et humides comparables d'une station à l'autre. Nous avons par ailleurs indiqué ces variations actualisées sous une autre forme pour Labe.

L'analyse des précipitations journalières a été faite sur les hauteurs maximales de pluies dans l'année mesurées sur 1, 2, 3 et 5 jours. Si on compare ce type d'analyse pour les averses de 24 h à la méthode qui consiste à prendre en considération l'échantillon complet de précipitations journalières (distribution de l'échantillon ajustée à une loi de PEARSON III tronquée), on note que l'étude faite ici sous-estime les averses de diverses récurrences. En ne prenant que le maximum annuel, on néglige de fortes valeurs qui peuvent dépasser les maximums annuels d'autres années ; ceci conduit à attribuer une fréquence plus faible à une hauteur de pluie donnée.

On sait qu'une hauteur de précipitation de 24 h, de fréquence donnée diminue avec l'altitude et la hauteur de précipitations annuelles. Les résultats de Labe devront être corrigés en conséquence lorsqu'on voudra les appliquer à l'estimation de crues sur petits bassins de la Gambie.

## 232 EVAPOTRANSPIRATION ET DEFICIT D'ECOULEMENT

Il est généralement possible d'assimiler le déficit d'écoulement interannuel d'un bassin (De) à l'évapotranspiration réelle moyenne subie par ce bassin ETR. Afin de contrôler les observations hydrologiques et les bilans qui en découlent, un examen des déficits d'écoulement a montré des résultats inexploitablement pour de nombreuses stations (De de l'ordre de 200 à 300 mm ou même moins). Par suite, une recherche de l'évapotranspiration potentielle (ETP) a été faite (calculée par la formule de Barney-Criddle). Les résultats annoncés parlent d'ETP = 410 mm pour Mali, 555 mm pour Labe, 505 mm pour Dalaba sans qu'il soit précisé s'il s'agit de l'ETP annuelle (ce qui serait, en dépit de l'altitude, trop faible, on n'est pas en Europe Centrale) ou s'il s'agit seulement des mois où la demande en évaporation est satisfaite par les précipitations (ce qui nierait l'existence de stocks et ne suffirait plus à expliquer les déficits d'écoulement mesurés au pont de Telimele pour le Konkoure, à Kédougou pour la Gambie, de l'ordre de 1 000 mm). Il y a là une ambiguïté qui devra être levée.

Wundt, Coutagne et Parde ont construit un abaque qui donne le déficit d'écoulement en fonction de la hauteur de précipitations et de la température (valeurs annuelles moyennes). Pour la région de Labe on aurait avec 20° et 1 700 mm un déficit d'écoulement légèrement supérieur à 1 000 mm... Des mesures régionales confirment que le déficit interannuel de ces régions doit se situer entre 900 et 1 100 mm. La variabilité du paramètre De est généralement inférieure à celle de la lame écoulée et il convient donc d'être circonspect dans la région étudiée avec des déficits annuels inférieurs à 700 mm.

Une étude sommaire de l'évaporation sur les retenues aboutit à des valeurs de l'ordre de 1 500 mm/an qu'il conviendra de repréciser plus nettement (cette évaporation est certainement plus élevée sur les retenues du bassin de la Gambie).

## 233 LES DEBITS

Pour ce qui concerne la Gambie, la seule information disponible est celle qui est mesurée à Kédougou au Sénégal depuis 1970. La recherche effectuée consiste à estimer le débit spécifique en différentes parties du bassin à partir du débit spécifique mesuré à Kédougou pour la période 1970-77 et de relations plus ou moins bien établies pour les autres bassins limitrophes. Parmi celles-ci on citera : l'estimation d'un déficit d'écoulement mis en regard de la lame précipitée sur le bassin (lue sur carte isohyète), la variation du débit spécifique par rapport à la superficie du bassin (qui varient inversement).

On a déjà dit ce qu'il y avait d'imparfait dans l'estimation de déficits d'écoulement, que l'on se réfère à des observations de plus ou moins bonne qualité ou à des ajustements concernant le déficit d'écoulement pour des stations hydrologiques peu fiables (ou aux coefficients d'écoulement en 2e approximation).

Il faut ajouter que les relevés produits pour la période 1970-77 erronés ou incomplets ont été reconstitués par analogie. Le processus étant répété de nombreuses fois on peut aboutir à des résultats très éloignés de la vérité. Quelle confiance accorder aux valeurs reconstituées à la suite de six "phases analogiques" successives ? (de la Tanto à Lougambe à la Tourine à Gaoual et à la Kakrina à Kondonbonfon par exemple). C'est pourtant l'ensemble de ces valeurs qui a permis le calcul de moyennes qui transformées en débits spécifiques sont mis en régression semi-logarithmique en fonction des superficies des bassins versants. Des relations ont ainsi été établies pour chaque grand bassin hydrographique...

Mais pour ce qui concerne la Gambie, la valeur de Kédougou est évidemment "un peu seule" pour définir une relation, et on a fait appel aux modules spécifiques de la Kokoulo à Diawla et de la Kioma à Téliko. Le premier module ( $37,8 \text{ l/s.km}^2$  pour  $397 \text{ km}^2$  mais  $31,7 \text{ l/s.km}^2$  corrigé<sup>(1)</sup>) indiquerait une limite supérieure pour la partie occidentale du bassin de la Gambie près de Labe ; le second près de Tougue permet une estimation inférieure pour les parties orientales (Oundou).

---

(1) : *C'est là qu'on fait intervenir un  $D_e = 500 \text{ mm}$  quand on admet qu'il soit de  $950 \text{ mm}$  sur la rivière voisine.*

Deux branches de droite (en diagramme semi-logarithmique), se croisant sur la valeur de Kédougou auraient pu être tracées et être à l'origine des déterminations effectuées ; les modules spécifiques auraient été déterminés dans cette gamme de valeurs mais suivant la tendance d'appartenance des bassins à l'une ou l'autre des composantes. Mais les auteurs, conscients des difficultés de détermination, ont voulu tenir compte des "régimes pluviométriques très différents" et "dans de tels cas, les débits aux points importants du réseau hydrographique doivent être déduits à partir des précipitations déterminées à l'aide de la carte des isohyètes..." et d'un déficit d'écoulement déterminé comme on l'a signalé plus haut.

La démarche reste malheureusement assez confuse... et on semble avoir renoncé à expliciter dans le détail une détermination type.

On arrive cependant aux résultats suivants pour la période 1970-77.

Tableau 11

Cours d'eau	Lieu	S du bassin km <sup>2</sup>	Débit spécifique l/s.km <sup>2</sup>	Module annuel m <sup>3</sup> /s
Gambie	en amont de l'Oundou	1 905	18.4	35.1
Oundou	confluent Gambie	1 646	17.3	28.5
Gambie	en aval Oundou	3 551	17.9	63.6
Gambie	en amont de Litti	3 868	16.8	65.0
Litti	confluent Gambie	1 084	16.0	17.3
Gambie	en aval Litti	4 952	16.6	82.3
Gambie	frontière Sénégal	7 333	11.4	83.6
<u>Gambie</u>	<u>Kédougou</u>	<u>7 550</u>	<u>10.9</u>	<u>82.4</u>

On a souligné les valeurs observées

Ainsi la Gambie n'aurait gagné que 100 l/s sur son module en gagnant 2 600 km<sup>2</sup> de bassin versant..!

On a indiqué ci-après les modules calculés au site des différentes retenues inventoriées sur le bassin de la Gambie sur la base des estimations précédentes.

Tableau 12

Cours d'eau	Site de la Retenue	S km <sup>2</sup>	Module spécifique l/s.km <sup>2</sup>	Module m <sup>3</sup> /s (1)	Volume total de la Retenue 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Dimma	Tiouri	243	28.7	7.0	106.6
Dimma	Derilere	362	28.0	10.1-10.4	145.4
Gambie	Kinsi	415	36.5	11.0-11.4	168
Gambie	Badala	1 250	20.6	25.8-27.8	702
Gambie	Talata	1 520	19.4	29.5-31.6	381
Gambie	Digan	1 700	19.2	32.6-33.5	85
Oundou	Koukokome	1 420	17.2	24.4-26.1	755
Oundou	Kandiala	1 600	16.6	26.6-28.0	260
<u>Gambie</u>	<u>Kouya</u>	<u>3 800</u>	<u>17.0</u>	<u>64.6</u>	<u>4 274</u>
Litti	Kouli	136	22.0	3.0	127
Litti	Nomognama	560	17.7	9.9	171
<u>Litti</u>	<u>Kankakoure</u>	<u>1 030</u>	<u>15.9</u>	<u>16.4-16.6</u>	<u>130</u>
Gambie	Madina Kouta	6 730	13.5	90.9-87.5	2 440
<u>Koureniaki</u>	<u>Kogou Foulbe</u>	<u>1 404</u>	<u>8.0</u>	<u>11.2</u>	<u>450</u>

(1) : *La seconde valeur ressort du tableau récapitulatif donné dans le volume Vc du projet de Dossier Final, qui a pu donc être modifiée entre mai et octobre 1981.*

On notera l'anomalie par rapport à Kédougou des débits indiqués à Madina Kouta, la nécessité de 2 années de remplissage utilisant la totalité des apports pour approvisionner la retenue de Kouya, son volume utile étant à peine en dessous de la totalité des apports annuels. Pour le barrage de Kogou Foulbé, les estimations du débit spécifique de 8 l/s.km<sup>2</sup> sont peut-être un peu pessimistes.

## 234 DETERMINATION DES CRUES DE FREQUENCE RARE

Sans vouloir reprendre l'ensemble des démonstrations faites -et qui n'intéressent en définitive, pour ce qui est de la Gambie, que trois sites de barrages non retenus par les autorités (Madina Kouta, Tiouri et Kouli)-, il faut signaler la tentative faite pour utiliser un modèle hydropluviométrique des plus simples pour reconstituer un échan-

tillon de débits journalier comparable en durée à celui des pluies journalières de la station de Labe.

Cette tentative, faite à partir du modèle C.L.S (Constrained Linear System) d'abord pour les débits de la Kokoulo à Diawla, n'a pas abouti ; elle n'a pas mieux réussi pour la Kioma à Téliko. Le modèle n'a donc pu être utilisé... faute d'un "calage" en fonction des données observées.

L'approche faite ne présente plus de caractère régional ; elle est basée sur les hydrogrammes de crues de Koukoutamba pour lesquels des déterminations de la crue millénale ont été faites par ENERGO-PROJECT 1976. Sur la base de divers coefficients variant notamment avec la superficie des bassins et la récurrence choisie, on a obtenu les résultats suivants.

Tableau 13

	S km <sup>2</sup>	Crue vicennale m <sup>3</sup> /s l/s.km <sup>2</sup>	Crue cinquantennale m <sup>3</sup> /s l/s.km <sup>2</sup>	Crue millénale m <sup>3</sup> /s l/s.km <sup>2</sup>
Dimma à Tiouri	243	320	370	550
		1 320	1 520	2 260
Litti à Kouli	136	230	270	410
		1 690	2 000	3 000
Gambie à Madina Kouta	6 730	1 680	2 130	3 000
		250	316	446

Les résultats de Madina Kouta sont à rapprocher de ceux proposés pour Kédougou ; les estimations respectives semblent cohérentes. On peut également rapprocher des bassins plus modestes la valeur obtenue sur la Daléma (affluent Falémé) : BV de 645 km<sup>2</sup>, Crue décennale 830 m<sup>3</sup>/s.

Les résultats donnés pour les bassins de moins de 100 km<sup>2</sup> pour la crue décennale suivant la méthode RODIER-AUVRAY paraissent

constituer une bonne approche des crues de moyenne-Guinée<sup>(1)</sup>. Ainsi les débits de crue spécifiques des bassins pour lesquels de petits barrages peuvent être envisagés sont :

	S km <sup>2</sup>	P <sub>10mm</sub>	Q <sub>10</sub> l/s.km <sup>2</sup>
Koundara	31.6	105	1 800
Koubia	9.2	110	4 000
Mali	7.2	108	4 600

---

(1) : Les valeurs indiquées pour Q<sub>10</sub> et Q<sub>100</sub> en m<sup>3</sup>/s.km<sup>2</sup> dans le tableau 24 du rapport étudié ne sont pas des débits spécifiques ; ce sont des m<sup>3</sup>/s.

## 2.4 TRANSPORTS SOLIDES - ESTIMATION DE L'EROSION

Cette érosion concerne les trois pays. Sur la Gambie, l'estimation citée ne correspond pas à des réalités concrètes ; elle a été déduite de celle de Gouloumbo par un simple rapport des superficies des bassins. Elle reste de toute manière très secondaire sur le plan de l'évolution de l'estuaire comme le montre l'étude sur modèle du Danish Hydraulics Institute.

Pour le Sénégal, on a un bilan des sorties à Gouloumbo où les mesures de suspension ont été faites. Ces mesures intègrent bien entendu l'érosion du haut-bassin en Guinée. Or, on peut lire dans "Aménagement du bassin du Fleuve Gambie - Plan d'Action Juin 1982" du PNUD :

"L'érosion et la dégradation des sols sont un phénomène répandu et très grave dans certains endroits constituant des menaces tant pour l'état actuel que pour le développement futur du bassin de la Gambie non seulement de la partie guinéenne mais de toute son étendue... Les sols continuent à se dégrader. Cette dégradation est aggravée par les feux de brousse, le surpâturage à partir d'une importante population animale, le déboisement et les cycles de jachère raccourcis... La dégradation des terres dans le Fouta Djallon, où le fleuve Gambie prend sa source ainsi que plusieurs de ses principaux affluents, a déjà réduit le débit du fleuve".

Ces propos alarmants, s'ils témoignent d'une volonté de mise en garde contre les fléaux qui entraînent la dégradation des sols, qui s'attaquent aux forêts sèches d'écologie vulnérable, sont quelque peu exagérés, même si l'on ne dira jamais assez combien la pratique des feux de brousse est préjudiciable aux régions d'équilibre fragile. Les débits du fleuve ont diminué car on traverse une période de sécheresse ; le surpâturage existe par endroits mais la dégradation des sols n'est visible que lorsque convergent vers un point d'eau les parcours des animaux...

De plus, le bilan des transports en suspension du bassin de la Gambie dément qu'il y ait aujourd'hui un grave problème d'érosion dans la région.

Une mise au point nette paraît nécessaire sur les estimations de l'Erosion, tant s'opposent les valeurs qui ont été retenues côté sénégalais (projet REG 60) et celles proposées par la mission d'études de POLYTECHNA pour la Moyenne-Guinée. Opposition entre des mesures réellement effectuées dans la région et l'interprétation d'une littérature proche d'un inventaire des records en matière d'érosion.

Il s'agira ici de l'estimation des seuls Transports en Suspension ; les auteurs s'accordent en effet pour estimer que les transports par charriage n'interviennent dans le bilan global de l'Erosion que pour moins de 10 % de la charge des Suspensions dans la région étudiée.

Le rapport POLYTECHNA fait référence à quatre mesures effectuées en 1967, fin septembre et début décembre, sur deux petits bassins versants du Fouta Djallon d'une quarantaine de km<sup>2</sup> : la Koumba à Sopari et la Tanto à Lougambe près de Mali dans une zone qui touche de près le Bassin de la Gambie<sup>(1)</sup>. Les concentrations en matériaux en suspension ont atteint 143 g/m<sup>3</sup> (les autres valeurs correspondent à une turbidité quasi nulle caractéristique des ruisseaux du Fouta Djallon en dehors des épisodes de crue de la saison des pluies) ; POLYTECHNA juge les résultats douteux du seul fait qu'en prenant la concentration maximale indiquée et en l'appliquant au volume annuel écoulé, la dégradation spécifique obtenue (113 T/km<sup>2</sup>/an) leur paraît encore très largement sous-estimée. Son analyse de la bibliographie existante va également dans ce sens : 70 T/km<sup>2</sup>/an sur le Bafing à Boureya constituerait une valeur moins crédible que celle de 2 000 T/km<sup>2</sup>/an estimée par KAWALEC à Kindia ; on récuse aussi les 16 T/km<sup>2</sup>/an proposées par ENERGOPROJEKT de Belgrade pour l'aménagement de Koukoutamba sur le Bafing, et les mesures de ROCHE et CHARTIER dans les Timbis portant sur une dégradation spécifique de 20 T/km<sup>2</sup>/an.

Le recours à des formules de type empirique telle la formule de FOURNIER ne conduit pas à des résultats très convaincants<sup>(2)</sup> ... Mais ce qui est particulièrement inquiétant dans l'analyse faite, c'est que par référence aux érosions mesurées en Afrique du Nord (oueds d'Algé-

---

(1) : *A première vue, ces bassins n'ont pas paru subir une intense érosion.*

(2) : *Le choix de coefficients de correction de la résistance à l'érosion de 0,1 à 0,2 pour les terrains durs (grès, cuirasses) et couverts de végétation amène à une D.S. Fournier de l'ordre de 175-350 T/km<sup>2</sup>/an.*

rie ou du Maroc) ou en Chine... les auteurs en viennent à doubler la limite supérieure de concentration donnée par J. RODIER pour l'Afrique intertropicale afin de se rapprocher des fortes valeurs du Maghreb. Mais comme on ne réussit pas à dépasser  $755 \text{ T/km}^2/\text{an}$ <sup>(1)</sup> pour un module spécifique de  $35 \text{ l/s.km}^2$  très excessif lui-même, on repart en Chine, aux Indes et en Italie pour finalement retenir qu'en Moyenne-Guinée "la dégradation spécifique ne dépasserait pas le seuil de 1 000 à 1 500  $\text{T/km}^2/\text{an}$ , cette 2ème valeur étant applicable aux bassins de superficie inférieure à  $2\,500 \text{ km}^2$ "...

Cette démarche sur laquelle nous nous sommes attardés montre une méconnaissance complète des problèmes d'érosion en Afrique intertropicale et traduit la recherche d'un excessif coefficient de sécurité pouvant conduire à renoncer à certains projets par suite de l'envasement prévu de la retenue ou du coût de dispositifs de chasse. On ne peut évidemment comparer le substratum, à dominance gréseuse, précambrien et primaire du Fouta Djallon, avec ses bowe (à cuirasses latéritiques), aux régions sédimentaires d'Afrique du Nord, d'Italie ou d'ailleurs comprenant en particulier de nombreux horizons marneux ou argileux très vulnérables à l'érosion, ou à la vallée du fleuve jaune en Chine et au loess si facilement érodable.

Ce problème de l'estimation de l'érosion sur le bassin de la Gambie -et d'ailleurs aussi pour le reste de la Moyenne-Guinée- doit être complètement revu. Il s'agit de prendre en considération des mesures qui ont été faites soit sur le bassin lui-même, soit dans des bassins voisins, soit dans des régions de paysages comparables.

L'étude SENEGAL-CONSULT (34), d'ailleurs citée par POLYTECHNA, publiée en 1970 donne pour le Sénégal à Kayes une charge solide en suspension de  $1,37.10^6$  tonnes en 1968 et  $1,77.10^6$  tonnes en 1969, soit environ  $2.10^6$  tonnes en année moyenne de matières minérales en suspension (auxquelles il faut rajouter  $0,3.10^6$  tonnes de matières organiques), ce qui, tous comptes faits, aboutit à une dégradation spécifique de 13 à 15  $\text{T/km}^2/\text{an}$ . Ceci confirme aussi les mesures faites plus en amont

---

(1) : En fait le calcul donne  $662 \text{ T/km}^2/\text{an}$ .

à Boureya sur le Bafing guinéen (BV 14 750 km<sup>2</sup> ; dégradation spécifique de 61 à 75 T/km<sup>2</sup>/an). Les concentrations en suspensions oscillent à Kayes autour de 100 g/m<sup>3</sup> pendant la saison des pluies avec des pointes pouvant atteindre 300 g/m<sup>3</sup>. A Kidira sur la Falémé dans cette même étude on a relevé des pointes pouvant dépasser 400 g/m<sup>3</sup>.

L'étude de l'ORSTOM sur les transports solides en suspension à Kédougou et Gouloumbo (18) donne des résultats encore plus probants, d'abord parce que l'on est sur la Gambie, ensuite parce que l'on connaît exactement les méthodes employées, que l'on retrouve à travers de multiples travaux de l'ORSTOM en Afrique francophone. Ainsi pour 1974, J. LERIQUE donne une dégradation spécifique de 26,7 T/km<sup>2</sup>/an pour Kédougou (7 550 km<sup>2</sup>), soit une concentration moyenne sur l'année de 58 g/m<sup>3</sup>. La charge totale de suspensions ayant transité à Kédougou est d'environ 200 000 Tonnes. Le maximum de concentration (atteint le 16/7/74) est de 298 g/m<sup>3</sup>. Ces valeurs mesurées à Kédougou concernent un bassin quasi totalement guinéen.

A Gouloumbo en 1974, les concentrations ont été assez soutenues de la mi-juillet à la fin septembre avec plus de 50 g/m<sup>3</sup> et jusqu'à 240 g/m<sup>3</sup>. Les apports turbides des affluents guinéens Thiokoye et Diarha, et sans doute Koulountou, renforcent le débit solide d'octobre 74 ; les concentrations moyennes augmentent un peu par rapport à Kédougou : 77,5 g/m<sup>3</sup> pour 1974 ; la charge totale des suspensions atteint 660 000 Tonnes, soit 3,3 fois plus qu'à Kédougou pour un volume écoulé seulement 2,4 fois supérieur. La dégradation spécifique de 1974 n'est plus que de 15,7 t/km<sup>2</sup>/an, mais le fonctionnement hydrologique limité d'affluents tels le Niérikou au N.E. du bassin fausse la réalité de mesures qui pour le bassin au sud de Gouloumbo devraient porter sur une érosion spécifique plus proche de 25 t/km<sup>2</sup>/an<sup>(1)</sup>.

Ces valeurs sont assez représentatives compte tenu de l'hydraulicité moyenne de la Gambie au cours de l'année 74-75.

En 1982, des prélèvements effectués par les géologues de l'ORSTOM ont indiqué des concentrations tout à fait comparables à ce que l'on connaissait déjà avec des maximums de l'ordre de 200 g/m<sup>3</sup> pour Gouloumbo et de 400 g/m<sup>3</sup> pour la Falémé à Kidira.

Enfin, dans des régions à végétation, relief, régime des précipitations et substratum comparables (tels les contreforts du Plateau

(1) : Si toutes les suspensions mesurées à Gouloumbo venaient des 12 000 km<sup>2</sup> guinéens, la dégradation spécifique y serait de 90 T/km<sup>2</sup>/an.

de l'Adamaoua au Cameroun, la R.C.A., le nord du Togo et du Bénin...) on en reste à des dégradations spécifiques du même ordre (de 15 à 70 t/km<sup>2</sup>/an).

La mise en cultures d'une bonne partie des bassins versants modifie, bien sûr, considérablement les paramètres de l'érosion. C'est ce qui a été observé par ROCHE et CHARTIER (31) sur les bassins des Timbis en Guinée entre 1958 et 1962 où l'érosion a été multipliée par 4 (80 t/km<sup>2</sup>/an) à la suite du développement des espaces cultivés. Dans des régions très cultivées comme le pays Bamiléké au Cameroun, la dégradation spécifique a été estimée sur 4 000 km<sup>2</sup> environ à 600 T/km<sup>2</sup>/an ; des sols épais rouges sur basaltes ou avec apports de cendres et lapillis sont particulièrement vulnérables à l'érosion.

Au Nord-Cameroun dans les Monts Mandara, sans grande protection végétale et avec une forte densité de cultures sur les versants des reliefs, l'érosion spécifique est de 280 T/km<sup>2</sup>/an à Mokolo, 330 T/km<sup>2</sup>/an au débouché dans la plaine.

Pour le bassin de la Gambie, il semble bien que ces valeurs constituent des limites supérieures... d'abord parce que ses régions ne se prêtent pas à une mise en cultures aussi importante que celle qui existe dans les exemples précédents, ensuite parce que les sols comprennent une bonne part de zones cuirassées peu sensibles à l'érosion, et que la protection végétale existante est meilleure qu'au Nord-Cameroun par exemple. Il n'en reste pas moins que, si l'on ne court aucun risque du côté colmatage des grandes retenues, la connaissance de l'érosion mérite d'être approfondie dans le cadre de petits aménagements impliquant une mise en valeur agricole de forte densité sur de petits bassins versants.

En conclusion, nous estimons que, sur le bassin de la Gambie, la dégradation spécifique est peu importante dans des conditions naturelles : généralement inférieure à 50 T/km<sup>2</sup>/an, mais pouvant atteindre 100 T/km<sup>2</sup>/an pour des petits bassins à relief marqué.

## 2.5 CARACTERE DEFICITAIRE DE LA PERIODE DE REFERENCE DES TRAVAUX D'INTERPRETATION

Les données de base recueillies sur le bassin de la Gambie concernent dans leur ensemble la période de sécheresse vécue par les régions soudano-sahéliennes depuis une quinzaine d'années.

Chiffrer des déficits hydrologiques ou pluviométriques de régions voisines mieux connues n'implique pas que les mêmes pourcentages s'appliquent au bassin de la Gambie et que l'on puisse déterminer les valeurs interannuelles de ses différents paramètres. C'est cependant une indication.

A titre d'exemple, on a considéré les relevés pluviométriques annuels de Banjul et Labe. Tableaux et graphiques des variations sont donnés ci-après (1).

A Banjul, la moyenne interannuelle (97 ans) est de 1 146 mm ; sur les quinze dernières années (1968-1982) la moyenne n'est que de 850 mm, soit 26 % de déficit. De 1979 à 1982 cette moyenne tombe à 724 mm, soit un déficit de 37 %, supérieur à celui de la période 1972-1975 qui avec 795 mm de moyenne n'est que de 31 % . Le classement des plus faibles hauteurs de précipitations annuelles montre que la valeur la plus faible a été observée en 1981 ; 1977 occupe le 2ème rang et 1972 le 3e rang ; si 1913 est en 4e position, les 5 et 6ème places sont occupées par 1980 et 1973. C'est dire l'importance de la séquence sèche actuelle et de ces dernières années pour la station de Banjul.

Encore une précision : sur la période 70-77 qui est celle étudiée en Guinée le déficit est de 25,5 % . Pour cette même période, il n'est plus que de 11,3 % à Labe, alors qu'il est de 10 % sur les 14 dernières années (1 511 mm pour une moyenne sur 49 ans de 1 684 mm).

Un autre exemple intéressant est celui du bassin du fleuve Sénégal dont les débits sont contrôlés à la station de Bakel. Nous indiquons les valeurs des modules de ces 15 dernières années ainsi que les écarts à la moyenne.

---

(1) : *Outre les valeurs observées, ces graphiques indiquent les moyennes mobiles pondérées (dans lesquelles on attribue un poids dégressif aux relevés des années antérieures pour chaque année considérée) et la courbe lissée sur ces variations montrant les différentes séquences sèches ou humides.*

Tableau 14

Année	Module m <sup>3</sup> /s	Ecart %	Année	Module m <sup>3</sup> /s	Ecart %	Année	Module m <sup>3</sup> /s	Ecart %
1968-69	397	- 45.1	1973-74	361	- 50.1	1978-79	523	- 23.7
1969-70	764	+ 5.7	1974-75	760	+ 5.1	1979-80	301	- 58.4
1970-71	542	- 25	1975-76	602	- 16.7	1980-81	402	- 44.4
1971-72	598	- 17.3	1976-77	470	- 35	1981-82	423	- 41.5
1972-73	263	- 63.6	1977-78	324	- 55.2	1982-83	308	- 57.4

La moyenne sur 80 ans étant de 723,1 m<sup>3</sup>/s et l'écart-type de 259,1 m<sup>3</sup>/s, il est intéressant de noter la moyenne obtenue sur ces quinze dernières années. Avec 469,2 m<sup>3</sup>/s, c'est 35,1 % de moins que la normale ; l'écart-type tombe à 159,3 m<sup>3</sup>/s.

Le fait mérite d'être souligné pour la prudence qu'il convient de montrer vis-à-vis de séries hydrologiques courtes, ce qui est par exemple le cas des données du fleuve Gambie. Il ne suffit pas de savoir que l'on est en période sèche pour savoir appliquer la correction appropriée aux moyennes obtenues.

Toujours est-il, en ce qui concerne le Sénégal, qu'un tel déficit, de plus de 1/3 de la normale, est considérable lorsqu'il correspond à la moyenne de 15 années consécutives.

Sur la série, seules 2 années, 1969 et 1974, ont été légèrement excédentaires (de l'ordre de 5 %) ; par contre 5 années ont eu un déficit de plus de 50 % (1972, 1973, 1977, 1979 et 1982). La période 1970-77 présente un déficit de 32 % .

Pour la Gambie à Gouloumbo, on a vu que si la moyenne des 27 modules observés ou reconstitués était de 254 m<sup>3</sup>/s, il y avait de bonnes raisons d'estimer le module interannuel à 292 m<sup>3</sup>/s environ. La moyenne des 14 dernières années est de 175 m<sup>3</sup>/s, soit un déficit de -40 % qui passe à -41,3 % pour la période 1970-77 prise en considération dans l'étude de Guinée (171 m<sup>3</sup>/s).

Tableau 15

PLUVIOMETRIE ANNUELLE A BANJUL

République de Gambie

Année	P (mm)						
1886	1375.4	1911	714.6	1935	1223.0	1959	1076.2
1887	1370.3	1912	863.3	1936	1699.1	1960	1166.0
1888	992.8	1913	601.4	1937	999.4	1961	827.2
1889	814.3	1914	1242.2	1938	1192.4	1962	982.3
1890	1531.8	1915	1210.0	1939	1071.0	1963	946.2
1891	1356.6	1916	965.6	1940	1300.9	1964	1242.0
1892	1298.7	1917	957.0	1941	655.7	1965	1240.6
1893	1978.6	1918	1372.3	1942	1195.9	1966	1280.4
1894	1419.0	1919	996.2	1943	1375.6	1967	1601.7
1895	1698.1	1920	870.9	1944	1157.5	1968	667.7
1896	1299.8	1921	892.0	1945	857.4	1969	1232.5
1897	1194.4	1922	1161.0	1946	1015.2	1970	847.0
1898	1235.5	1923	1664.3	1947	1236.8	1971	1118.4
1899	1425.9	1924	1434.0	1948	1248.6	1972	561.8
1900	1101.9	1925	1119.9	1949	921.8	1973	639.9
1901	1150.9	1926	890.3	1950	1497.0	1974	906.8
1902	747.3	1927	1538.5	1951	1276.8	1975	1068.9
1903	1451.1	1928	1447.5	1952	1180.9	1976	1148.9
1904	965.6	1929	1328.4	1953	1105.2	1977	542.7
1905	1678.1	1930	1215.5	1954	1268.5	1978	1121.2
1906	1634.0	1931	786.1	1955	1299.4	1979	868.1
1907	863.6	1932	1373.5	1956	1289.3	1980	626.7
1908	1105.8	1933	1389.3	1957	965.7	1981	524.0
1909	1437.4	1934	1140.7	1958	1628.8	1982	879.3
1910	1117.5						

Fig. 8

PRECIPITATIONS ANNUELLES A BANJUL (Gambie)

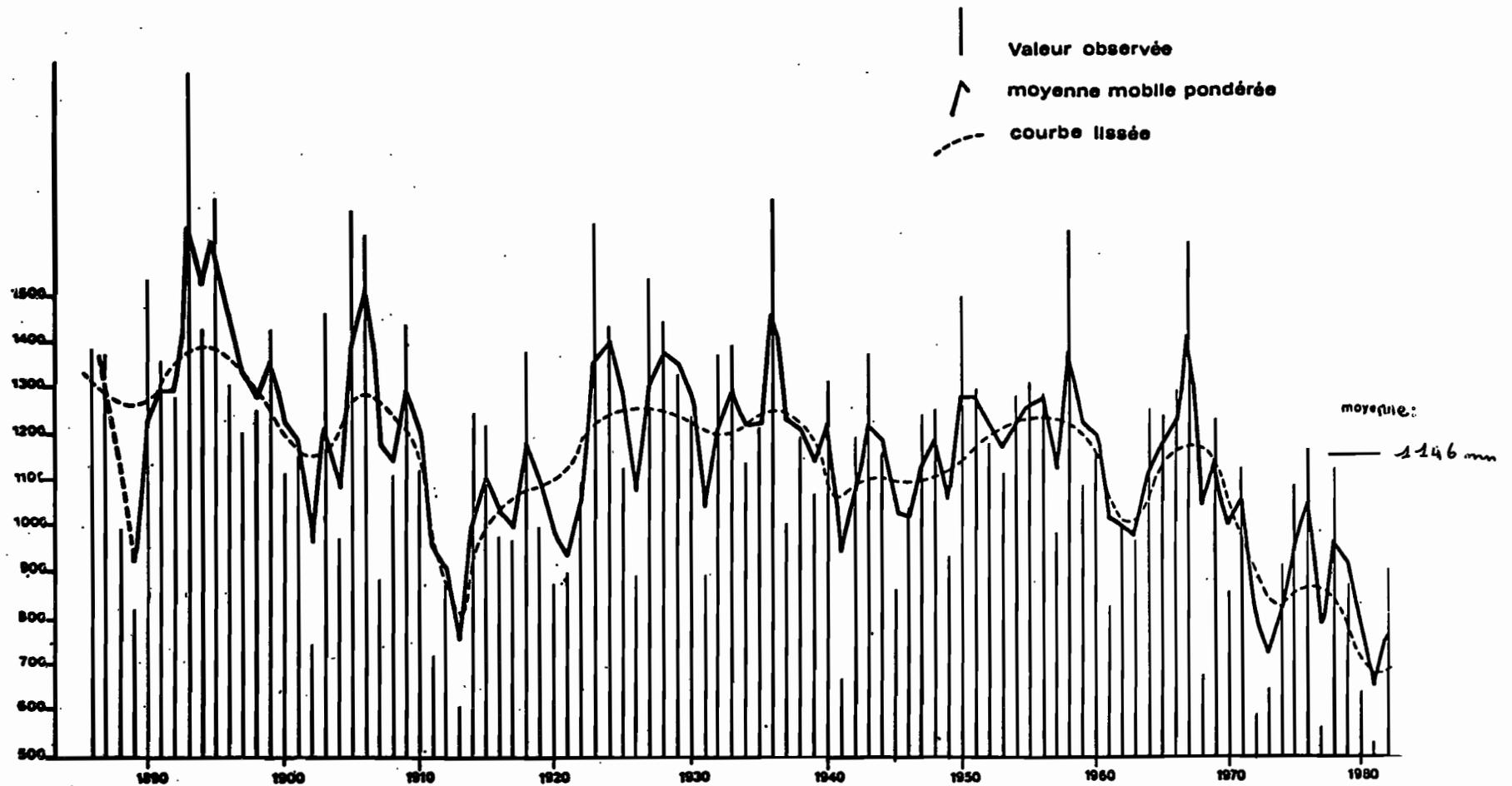


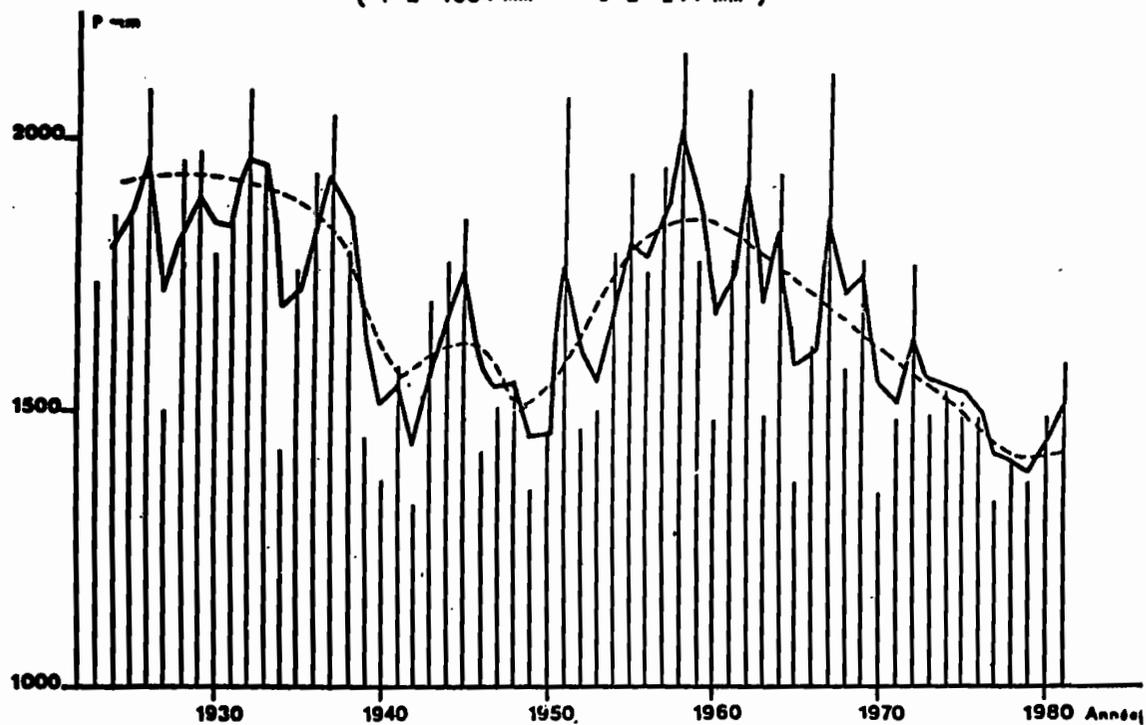
Tableau 16

Station LABE

Année	P annuelle						
1923	1 741	1938	1 797	1953	1 500	1968	1 579
1924	1 853	1939	1 445	1954	1 785	1969	1 777
1925	1 867	1940	1 365	1955	1 934	1970	1 346
1926	2 083	1941	1 581	1956	1 755	1971	1 476
1927	1 492	1942	1 322	1957	1 943	1972	1 770
1928	1 956	1943	1 703	1958	2 159	1973	1 488
1929	1 975	1944	1 773	1959	1 774	1974	1 537
1930	1 791	1945	1 851	1960	1 484	1975	1 512
1931	1 839	1946	1 422	1961	1 775	1976	1 487
1932	2 087	1947	1 507	1962	2 091	1977	1 332
1933	1 938	1948	1 556	1963	1 490	1978	1 404
1934	1 424	1949	1 354	1964	1 938	1979	1 365
1935	1 756	1950	1 462	1965	1 361	1980	1 487
1936	1 939	1951	2 077	1966	1 617	1981	1 592
1937	2 039	1952	1 463	1967	2 118		

Fig. 9 LABE (Guinée Conakry)  
Hauteurs des précipitations annuelles et moyennes mobiles pondérées (59 ans)

(  $\bar{P} = 1684 \text{ mm}$      $s = 244 \text{ mm}$  )



## CONCLUSIONS

L'identification des projets est déjà ancienne pour la Gambie et le Sénégal ; de nombreuses études ont déjà été faites y compris dans le domaine de l'hydrométéorologie. Pour le bassin guinéen de la Gambie, l'identification des grands projets coïncide avec l'adhésion de la Guinée à l'OMVG ; des études importantes restent à entreprendre. On ne sera donc pas étonné, au terme de cette évaluation des données hydrométéorologiques, de dégager au niveau de la Guinée un certain nombre de priorités dans les travaux de l'OMVG.

En territoire gambien, il ne semble pas qu'il se pose de graves problèmes dans le domaine de l'hydrométéorologie en relation avec les aménagements du bassin du fleuve Gambie ; les données acquises et la poursuite des observations, les travaux effectués sont de nature à répondre aux nécessités posées par les grands projets tel le barrage anti-sel de Yelitenda.

En territoire sénégalais, la possibilité d'améliorer la densité du réseau pluviométrique dans la partie est du bassin et sur le Parc National du Niokolo-Koba peut être envisagée ; cela présenterait l'intérêt de préciser les relations hydropluviométriques des affluents orientaux du fleuve Gambie. Sur le plan du régime hydrologique du fleuve, une mise à jour des travaux ORSTOM du Projet REG 60 s'impose ; il n'est pas permis de laisser à tous et à chacun le soin d'actualiser les résultats donnés suivant son goût. On aura bientôt dix années de mesures complémentaires ; celles-ci concernent toujours la période de sécheresse mais les observations effectuées doivent permettre de peaufiner des corrélations avec les données hydrométéorologiques de régions voisines connues sur une longue période.

La mise à jour d'une telle monographie devrait pouvoir constituer une priorité d'autant qu'elle ne suppose pratiquement rien d'autre que des travaux de dépouillement, travaux calcul et des travaux d'analyse et de mise en forme. Ceci pour dire que le coût de la réalisation devrait être modéré.

En territoire guinéen, les travaux à prévoir sur le bassin de la Gambie sont de deux natures. Ils concernent autant la collecte des données que le traitement et l'interprétation des mesures.

La collecte des données précède tout travail d'interprétation et doit donc retenir une attention toute particulière dans la programmation d'une action en Guinée. Elle implique la mise en place ou la conformation d'un Réseau de mesures. C'est bien ce qui a été compris par les responsables guinéens et ceux de l'OMVG. Un réseau est déjà en place ; il doit devenir opérationnel et être amélioré en hydrologie ; en météorologie (réseau pluviométrique en particulier), il reste pratiquement tout à créer. Dans ce type d'opération, on ne doit pas dissocier les activités de collecte ; les brigades doivent être réellement hydrométéorologiques : à chaque station hydrométrique doit être installé un poste pluviométrique, au siège de chaque brigade doit être prévu une station météorologique (et à défaut une station pluviométrique et évaporométrique). L'efficacité des brigades dépend pour beaucoup du rythme de travail imposé et d'une programmation d'activités soutenues évitant le sous-emploi.

Les délais toujours longs d'une mise au point de grands projets de barrages et des aménagements qui en découlent sont donc compatibles avec la collecte d'un échantillon de données hydrométéorologiques suffisant. Mais les défaillances en matériel ou en personnel doivent être évitées. Tout doit être mis en oeuvre pour que les observations soient faites sans lacunes et que les mesures soient exécutées régulièrement. Une assistance en matériel a déjà été fournie par le PNUD dans le cadre de l'OMVG ; elle devrait être complétée et une assistance en personnel pourrait être prévue à partir du siège de l'OMVG pendant les campagnes de saison des pluies. Les grandes lignes de telles propositions sont données en annexe I. Dans un 2ème temps, l'interprétation des mesures permettrait de préciser tant le régime hydrologique dans le haut-bassin de la Gambie que des aspects particuliers tels le régime des transports en suspension et l'érosion réelle subie par le bassin. De tels travaux gagneraient à être traités conjointement avec les autres données recueillies sur le bassin continental de la Gambie.

On devra en particulier bien garder à l'esprit que l'utilisation de modèles hydrologiques n'est possible que dans la mesure où un nombre suffisant d'observations permet de vérifier la validité de la loi de transfert qui a été retenue. Celle-ci doit permettre de générer un échantillon de débits naturels, susceptible d'être traité en étude fréquentielle, à partir de données pluviométriques, météorologiques et des caractéristiques des bassins versants sur la plus longue série possible. On a relaté à ce sujet l'échec de la tentative effectuée à partir des précipitations journalières de Labe dans l'étude POLYTECHNA et ceci doit montrer encore l'urgence qu'il y a à disposer d'un réseau de mesures opérationnel sur le bassin proprement dit de la Gambie et celui de la Koulountou.

La mission a mis par ailleurs en lumière (22) l'intérêt de petits aménagements hydrauliques, utilisables principalement à des fins hydro-agricoles, sur les rivières Dimma, Salime, Litti, Niamatoré et Kannta ainsi que sur la rivière Koulountou et ses affluents Ousson et Ounéol. De tels aménagements, plus facilement réalisables à tous points de vue, comptent parmi les principales préoccupations du Ministère des F.A.P.A et Coopératives Agricoles pour la mise en valeur de la région. Si des aménagements pilotes de ce type devaient être étudiés, les autorités guinéennes et celles de l'OMVG devraient prévoir des études hydrologiques du type "études de bassins représentatifs" comportant les volets hydrométrie, pluviométrie, météorologie et mesure de l'érosion.

## A N N E X E S

PROJET EXTENSION DU RESEAU HYDROMETEOROLOGIQUE ET DES MESURES  
SUR LA PARTIE GUINEENNE DU BASSIN DE LA GAMBIE

-----

1. GENERALITES

Près de 12 000 km<sup>2</sup> du bassin de la Gambie (77 100 km<sup>2</sup>) sont situés en Guinée. C'est la partie la plus arrosée du bassin (entre 1 700 et 1 200 mm). Elle est subdivisée en deux unités : le haut-bassin de la Gambie au sens strict et le bassin de la Koulountou. Bien que les écoulements soient mal connus sur la partie guinéenne du bassin, on estime ses apports à près de 70 % du total mesuré à Gouloumbo. Trois projets de grands barrages ont été retenus pour études : Kouya sur la Gambie, Kankakoure sur la Litti, Kogou Foulbe sur la Kourégnaki. Les estimations faites quant à leurs caractéristiques hydrologiques sont très approximatives. La nécessité de données hydrométéorologiques précises apparaît comme prioritaire tant pour les grands projets que pour de petits aménagements hydro-agricoles. De plus une connaissance du régime hydrologique du haut-bassin concourt à une meilleure compréhension de l'ensemble du bassin intéressant d'autres aménagements tel le barrage de Kekreti.

2. OBJECTIFS

Dans ce cadre, une amélioration de la collecte des données de base hydrométéorologiques dépendra de la mise en place de la restauration et de la maintenance d'un réseau d'observations, de l'encadrement et de la formation aux mesures des brigades existantes.

3. DESCRIPTIF DES TRAVAUX ET EQUIPEMENTS A PREVOIR

Il est prévu de porter le réseau hydrométrique du bassin de la Gambie en Guinée actuellement de 7 stations (dont la station de la source Ousson à Sambaflo) à 10 stations. Les trois stations supplémentaires seront installées :

- 1°/ sur la Gambie au passage de la piste Koubia-Balaki à l'amont du confluent avec la Salambande ;
- 2°/ sur la Litti à Kankakoure en aval du site de barrage ;
- 3°/ sur la Kourégnaki à Boussoura, à l'aval de Kogou Foulbe.

L'équipement des 10 stations en limnigraphes est prévu (matériel fourni par le projet OMVG/PNUD/RAF/74/082/). Un complément en mires limnimétriques sera prévu pour les nouvelles stations et la réfection des stations anciennes. Le projet prendra à sa charge les matériaux et la confection sur place des pièces nécessaires à la mise en place des équipements.

Certaines stations particulièrement isolées pour lesquelles il n'aura pas été possible de trouver d'observateurs qualifiés pourront être doublées par des stations de mesure automatiques (codeur binaire et mémoire numérique RAM) ; afin de s'assurer au jour le jour du bon fonctionnement de ces stations, il peut être envisagé des stations de télétransmission des données dans le Système ARGOS (par satellite avec balises ARGOS pour information couplée hauteur d'eau, pluie). Les stations les plus concernées par des équipements automatiques sont celles de Kounsy, Kankakoure et Boussoura.

Les sections de jaugeages seront matérialisées par des passerelles avec indication des verticales de mesure ou des câbles fixes de section qui auront été gradués.

Le réseau pluviométrique sera largement développé :

- 1°/ par l'installation de 10 postes (pluviomètres ou pluviographes) aux stations hydrométriques dont le suivi sera confié aux observateurs de ces stations ou sera automatique (Kounsy) ;
- 2°/ par l'installation de postes pluviométriques (pluviographe de préférence) au siège des brigades Koundara, Balaki et Koubia ;
- 3°/ par la création de postes ou la réouverture de postes abandonnés : créations de poste à Touba (Kourégnaki), Lébékéré, Dounguel-Sigon ; rénovation à Mali ;
- 4°/ prise en compte des résultats de mesures pluviométriques effectuées dans les FAPA et stations de la Météorologie (Labe, Tougue...).

Un réseau climatologique sommaire viendra compléter les quelques stations existantes.

- 1°/ Des stations météorologiques seront implantées au siège des brigades et suivies par leur personnel.
- 2°/ Des stations évaporométriques seront installées à Kankakouré (barrages sur la Litté et Kouya sur la Gambie) et à Boussoura (barrage de Kogou Foulbé). (Bacs Colorado).
- 3°/ En tant que de besoins le réseau pourra être développé sur la base de réalisations simples et de protocoles de mesures peu complexes.

Abris météorologiques, bacs Colorado (type ORSTOM) seront de fabrication locale.

#### 4. DESCRIPTIF DES INTERVENTIONS EN PERSONNELS SPECIALISES

Le projet devrait prévoir l'intervention d'une équipe spécialisée requise par l'OMVG. Celle-ci interviendrait sur le terrain, au départ du siège de l'OMVG, en étroite collaboration avec les services de la Division Inventaire des Ressources en eau et en particulier des brigades créées dans le cadre de l'OMVG et de la Direction de l'Hydraulique à Labe. Cette équipe comprendrait un technicien hydrologue d'une grande expérience, occasionnellement un ingénieur hydrologue, un chauffeur et un aide-technique.

Elle aurait pour tâche pendant la saison de basses-eaux, outre des mesures de débit sur les cours d'eau, de procéder à la réparation des stations et installation des stations nouvelles, initiation des brigades aux travaux manuels d'hydrométristes, rodage des observateurs, stations météorologiques à implanter, mesures à contrôler... Elle devrait définir divers protocoles de mesures tant pour le suivi des cours d'eau, l'entretien des stations que pour l'observation de l'évaporation, des pluviomètres ou la présentation des résultats. Cette tâche pourrait être remplie avec la collaboration-formation des brigades au cours de 3 tournées totalisant au moins 2 mois de terrain.

Pendant la saison des pluies, l'équipe spécialisée devrait encadrer les brigades de mesure lors des campagnes de jaugeages en particulier sur les stations délicates. Les brigades seront initiées au "jaugeage en continu" dont l'intérêt n'est plus à montrer pour les épisodes de crue. Des protocoles précis seront définis et l'activité des brigades sera fonction de leur mise en oeuvre.

On procédera en particulier, outre l'étalonnage des stations et le contrôle des appareils d'enregistrement, à la mesure des transports solides en suspension. Le protocole comprendra les règles de prélèvement et celles du traitement des échantillons, le tout dans un contexte de travaux de terrain et des réelles possibilités dont dispose les brigades.

Toute initiation à d'autres mesures qui se révélerait utile sera faite. Durée de l'intervention de saison des pluies : 2 à 3 mois. Si tout le programme d'installation et de formation a pu être réalisé la 1ère année, la deuxième année il pourra être prévu une tournée de contrôle pendant la saison sèche et une mission d'appui pendant la saison des pluies.

Un rapport d'activité devrait rendre compte des travaux réalisés et des résultats obtenus.

## 5. BESOINS EN MATERIEL

- 1 véhicule station-wagon TOYOTA Land-Cruiser, équipements de camping, outillage divers,
- 1 matériel de jaugeage complet (moulinet, treuil, perche, etc... canot pneumatique),
- équipements divers : pluviomètres Associations et éprouvettes (20), pluviographes (4), codeurs binaires sur limnimètres (3), balises ARGOS, antennes (3), mires limnimétriques (40), thermomètres, psychromètres, Piche, balance de précision, matériel de laboratoire...,
- matériaux divers : câble  $\phi$  4 mm (1 000 m), UPN (100 m), cornières de 30 mm (60 m), tubés Mills et raccords (200 m), gaines en PVC (80 m), ciment, parpaings, tôle de 2 mm pour confection bac Colorado type ORSTOM.

## 6. DISPOSITIONS GENERALES

Le projet prendrait à sa charge l'ensemble de la fourniture des véhicules, matériels, matériaux et équipements ainsi que le fonctionnement des missions, tournées de l'équipe spécialisée (carburant, prestations des personnels, etc.).

Le gouvernement guinéen prendrait à sa charge la rémunération des observateurs et des personnels des brigades ainsi que leur fonctionnement. Il assurerait en particulier les dotations en carburant nécessaire aux missions de ces brigades.



- M. Thierno Saïdou SALL, Chef du Projet Routier C.G.R de Labe
- M. Kema TOURE, Gouverneur de la Région Administrative de Koundara
- M. Mohamed Camara, Secrétaire général chargé du Développement Rural à Koundara

## 2. Sénégal et Gambie

- M. Malick JOHN, Haut Commissaire de l'O.M.V.G Cambérène
- M. Mamour GAYE, Directeur Technique à l'O.M.V.G "
- M. BAH, Service Documentation OMVG "
- M. Cheikh SECK, Responsable de l'Hydraulique Tambacounda
- M. Mouhamadou Makhtar DIEYE, Directeur de la Division des Etudes Hydrauliques  
(D.E.H) - Ministère de l'Hydraulique Sénégal
- M. Assane GOUDIABY, Géographe Université de Dakar
- M. VALLET, Agronome - I.S.R.A Kaolack
- M. RIEFFEL, Pédologue - G.T.Z Projet Kekreti
- M. Georg MANN, Directeur du Projet Kekreti
- M. DE GEORGES, USAID - Socio-Economiste, OMVG Cambérène
- M. FOURGEAUD, Conseiller à la Mission Française de Coopération, Dakar
- M. BUHAGIAR, Conseiller à la Mission Française de Coopération, Dakar
- M. Edi A. NJIE, Director of Department of Water Ressources  
Ministry of Water Ressources and Environment, Banjul
- M. SAHOR, Directeur Adjoint of Department of Water Ressources
- M. TOURE, Hydrologist of Department of Water Ressources
- M. VAN TUU, Représentant du BCEOM en Afrique de l'Ouest, Dakar
- M. SKUTZNICKI, Expert OMM auprès du Service Hydrologique  
Direction des Etudes Hydrauliques, Dakar
- M. BELLOCQ, Expert OMM, Direction générale de la Météorologie Nationale,  
Dakar-Yoff.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES RELATIVES A  
L'HYDROMETEOROLOGIE DU BASSIN DU FLEUVE GAMBIE  
ET DES REGIONS AVOISINANTES

-----

1. **Annuaire Hydrologiques -**
  - de la France d'Outre-Mer : 1949, 1957.  
ORSTOM, Paris.
  - Guinée : 1972, 1973, 1974.  
Direction Générale de l'Hydraulique,  
Conakry, 1981 et 1982.
  - Sénégal : 1974-1975, 1975-1976, 1976-1977,  
1977-1978.  
ORSTOM, Dakar.  
1978-1979, 1979-1980, 1980-1981.  
Direction des Etudes Hydrauliques, Division  
Hydrologique. Dakar.
2. **AUVRAY (C.) -** Monographie hydrologique du bassin du Konkoure.  
ORSTOM Paris, 1948, 36 p. + figures et annexes.
3. **AUVRAY (C.) -** Monographie hydrologique du Samou.  
ORSTOM Paris, 1948, 36 p. + figures et annexes.
4. **BRAQUAVAL (R.), ROCHETTE (C.) -** Etude hydrologique analytique sur bassin versant  
du Mayonkoure - Campagne 1956.  
E.D.F-Igufe. Paris, 1957, 77 p. + annexes.
5. **BRUNET-MORET (Y.) -** Etude générale des averses exceptionnelles  
en Afrique Occidentale - République du Sénégal.  
ORSTOM-CIEH, 1963.
6. **BUREAU des Nations-Unies  
pour la Région Soudano-Sahélienne  
(U.N.S.O) -** Analyse du Problème de la désertification et  
examen des activités en cours et prévues pour  
la mise en oeuvre du plan d'action pour com-  
battre la désertification en République de  
Guinée Bissau -Version préliminaire-.  
Mai 1981.
7. **CHAPERON (P.) -** Etude Hydrologique du Bassin Continental du  
Fleuve Gambie - Première campagne (juin 1972-  
mars 1973).  
ORSTOM Dakar, mai 1973.
8. **CHAPERON (P.), GUIGUEN (N.) -** Etude Hydrologique du Bassin Continental du  
Fleuve Gambie - Rapport Terminal.  
Tome 1 Résultats des mesures et analyse  
des données.  
Tome 2 Graphiques et tableaux de données  
ORSTOM Dakar, avril 1974.

9. Department of Water Ressources - Rainfall normals for the Gambia.  
Technical Report n° 1 june 1977, Banjul.  
Analysis of intense rainfall.  
Technical Report n° 2 sept. 1977, Banjul.  
Monthly rainfall data for the Gambia to 1980.  
Technical Report n° 3 jan. 1982, Banjul.
10. DIETRICH (J.), HAGSTROM (A.),  
NAVTOFT (E.) - Studies of the effect of a Barrage on sedimentation.  
Danish Hydraulic Institute. Denmark.  
Banjul Port Authority, the Gambia.
11. Division des Etudes Hydrauliques - Estimation de l'Evapotranspiration du Bassin  
Versant du cours d'eau Niokolo-Koba.  
Dakar, octobre 1982.
12. Division des Etudes Hydrauliques - Débits caractéristiques du Sénégal.  
Dakar, décembre 1982.
13. DUBREUIL (P.) - Recueil des données de base des bassins représentatifs et expérimentaux - Années 1951-1969.  
ORSTOM Paris, 1972.
14. GUIGUEN (N.), LERIQUE (J.),  
RANC (N.) - Le réseau hydrométrique national au 31 mai 1976.  
ORSTOM Dakar, juillet 1976.
15. HOWARD HUMPHREYS and SONS - Etudes hydrologiques et topographiques du bassin  
Ingénieurs Conseils du fleuve Gambie - Rapport de reconnaissance  
des sites de barrage.  
Londres, janvier 1973.
16. HOWARD HUMPHREYS and SONS - Etudes hydrologiques et topographiques du bassin  
Ingénieurs Conseils du fleuve Gambie - Rapport terminal.  
Tome 1 Rapport Principal  
Tome 2 Annexes du Rapport Principal  
Tome 3 Rapport sur le bassin continental  
Tome 4 Annexes du rapport sur le bassin  
continental  
Tome 5 Cartes hydrographiques de Banjul à  
Gouloumbo.
17. LEMOINE (L.), PRAT (J.C.) - Cartes d'évapotranspiration potentielle calculée  
d'après la formule de L. TURC, fascicule 2,  
Bassin du Sénégal.  
C I E R Ovaqadougou.
18. LERIQUE (J.) - Les Transports solides en suspension dans la  
Gambie à Kédougou et à Gouloumbo - Résultats  
de la campagne 1974.  
ORSTOM Dakar, avril 1975.
19. LERIQUE (J.) - Le réseau hydrométrique national au 31 mai 1975.  
ORSTOM Dakar, juillet 1975.
20. LERIQUE (J.), RANC (N.) - Le réseau hydrométrique national au 31 juil. 1977.  
ORSTOM Dakar, septembre 1977.

21. MICHEL (P.) - Recherches géomorphologiques en Casamance et en Gambie méridionale.  
B.R.G.M Dakar, 1960.
22. NGUYEN VAN TUU - Mission d'inventaire et d'évaluation dans le haut-bassin du fleuve Gambie - Rapport de mission.  
BCEOM, nov.-déc. 1982.
23. OLIVRY (J.C.) - Mission U.N.S.O d'évaluation du problème de la sécheresse en Guinée Bissau - Rapport d'activité.  
ORSTOM Dakar, mai 1981.
24. OLIVRY (J.C.) - Le Point en 1982 sur l'évolution de la sécheresse en Sénégambie et aux Iles du Cap-Vert - Examen de quelques séries de longue durée (débits et précipitations).  
ORSTOM Dakar, décembre 1982.
25. P.N.U.D. - Aménagement du bassin du fleuve Gambie  
Mission multi-disciplinaire, multi-donateurs  
Rapport de mission, version finale  
Chap. 1 à IV  
Sommaire exécutif chap. V.  
New York, avril 1980.
26. P.N.U.D. - Aménagement du bassin du fleuve Gambie  
Plan d'action.  
New York, juin 1982.
27. POLYTECHNA - Plan général d'Aménagement Hydraulique de la  
Prague - Tchécoslovaquie - moyenne Guinée - Dossier final.  
Vol. II Hydrologie et Météorologie.  
Vol Va Aménagements hydrauliques "prioritaires".  
Vol Vb Aménagements hydrauliques "proche avenir".  
Projet OMM-PNUD-GUI 74-014  
Bratislava, octobre 1981.
28. ROBERTY (G.) - Carte de la végétation de l'Afrique Occidentale à l'échelle de 1/1 000 000.  
I Introduction et glossaires, II Notes de route, III Séries de Végétation, IV Régions naturelles, V Conclusions et Index.  
ORSTOM Paris, 1964.
29. ROCHE (M.) - Coefficients d'écoulement des crues en Savane guinéenne.  
ORSTOM, Service Hydrologique, Paris 1956  
in "Annuaire Hydrologique de la France d'Outre-Mer, année 1954".

30. ROCHE (M.), SIMON (P.),  
VALLEE (J.) - Monographie du Konkoure.  
E.D.F-Igeco, Paris 1959, 134 p., 169 figures.
31. ROCHE (M.), CHARTIER (R.) - Bassins expérimentaux des Timbis - Rapport  
préliminaire relatif aux études hydrologiques.  
ORSTOM Paris, 1963, 21 p. + 8 figures.
32. ROCHE (M.), OLIVRY (J.C.) - Gisement de fer de la Falémé -  
Construction de barrages sur les rivières  
DALEMA et KOILA-KOBE -  
Campagne d'observations hydrologiques 1980  
et calcul des crues de projet.  
ORSTOM Dakar, mars 1981.
33. ROCHETTE (C.) - Le Bassin du fleuve Sénégal.  
Monographies hydrologiques ORSTOM n° 1.  
ORSTOM Paris, 1974.
34. SENEGAL CONSULT - Etude de préinvestissement pour la réguli-  
sation du fleuve Sénégal - Projet d'un système  
du contrôle des débits dans le bassin du Haut-  
Sénégal.  
Hydrologie vol. 3A Texte et annexes  
vol. 3b Appendices.  
Genève, Zurich, Baden et New-York, 1970.
35. TORDJMAN (G.) - Rapport d'activité sur le "Préprojet Gambie"  
O.N.U. Bureau de la Coopération Technique -  
Section pour l'Afrique.  
Dakar, juillet 1971.
36. Wallingford Hydraulics Research - "One dimensional analysis of salinity intrusion  
in estuaries applied to the Gambia river".  
O.D.M. (U.K.). Wallingford, 1975.
37. W.M.O. - "Programme for the strenghtening of National  
Agrometeorological and hydrological services  
in The Gambia".  
RAF 74/074. Genève, 1975.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES COMPLEMENTAIRES

-----

- A 1. DUBREUIL (P.) - Initiation à l'analyse hydrologique.  
Masson et Cie. ORSTOM Paris, 1974.
- A 2. FRECAUT (R.) - Eléments d'hydrologie et de dynamique fluviales.  
Tome 1 Régions chaudes et humides des basses latitudes.  
Publications Université Nancy II, 1982.
- A 3. GALLAIRE (R.) - Etude hydrologique du Marigot de Bafla.  
ORSTOM Dakar, 1980.
- A 4. GRONDIN (J.L.) - Paramètres physicochimiques : Méthodes de  
prélèvement - Mesures in situ - Notes Techniques.  
ORSTOM Dakar, 1982.
- A 5. NAAH (E.) - Etude hydrologique du Mayo Tsanaga à Minglia -  
Campagne 1977.  
ONAREST Yaoundé, 1977.
- A 6. OLIVRY (J.C.), HOORELBECKE (R.) - Etudes hydrologiques du Mayo Tsanaga à Mokolo  
(1974-1975) - rapport définitif.  
ONAREST Yaoundé, 1975.
- A 7. OLIVRY (J.C.) - Transports solides en suspension au Cameroun -  
Actes du Colloque de Paris sur l'Erosion et  
les Transports solides dans les eaux continen-  
tales. Juillet 1977.  
AISH, pub. n° 122, pp. 134-141.
- A 8. OLIVRY (J.C.), CHOURET (A.) - Etude hydrologique du marigot de Bignona -  
Quelques aspects intéressants des mesures  
réalisées en 1970-71.  
ORSTOM Dakar, 1981.
- A 9. OLIVRY (J.C.) - Hydrologie du bief maritime de la Dibamba -  
Alimentation en eau de Douala.  
ORSTOM Yaoundé, 1974, 40 p.
- A 10. PEGUY (Ch.P.) - Précis de Climatologie.  
Masson et Cie. Paris, 1970.

- A 11. ROCHE (M.A.) - Méthodologie de mesure de la Dynamique des eaux, des sels et des Suspensions en estuaire. Société Hydrotechnique de France - XIVe Journée de l'Hydraulique, Paris 1976.
- A 12. ROCHE (M.) - Hydrologie de Surface. Gauthier-Villars. Paris, 1963.
- A 13. RODIER (J.) - Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'ouest du Congo. ORSTOM Paris, 1964.

### CARTOGRAPHIE GENERALE UTILISEE

Cartes de l'Afrique de l'Ouest au 1:200 000 de l'I.G.N.

LABE	NC	28	XXIV	Guinée
TOUGUE	NC	29	XIX	Guinée
YOUKOUNKOUN	ND	28	V	Sénégal, Guinée
KEDOUGOU	ND	28	VI	Sénégal, Guinée
KENIEBA	ND	29	I	Sénégal, Guinée, Mali
DALAFI	ND	28	XII	Sénégal
TAMBACOUNDA	ND	28	XI	Sénégal, Gambie
VELINGARA	ND	28	X	Sénégal, Gambie
NIORO-du-RIP	ND	28	IX	" "
SOKONE	ND	28	VIII	" "
KAFFRINE	ND	28	XV	Sénégal
DAYAR	ND	28	XVI	Sénégal
BALA	ND	28	XVII	"
BAKEL	ND	28	XVIII	"