

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DAKAR  
FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES  
DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

---

THESE  
Pour obtenir le grade de docteur de 3<sup>ème</sup> cycle  
en Géographie

OPTION : Géographie Physique

MENTION : Hydrologie

---

**PRECIPITATIONS ET ECOULEMENTS  
SUR LE BASSIN DE LA CASAMANCE**

---

Présentée par :  
HONORE DACOSTA

Le 1<sup>er</sup> Juillet 1989 devant le jury :

MM :	M.M. SALL	Président
	J.C. OLIVRY	Rapporteur
	J.F. RICHARD	Examineur
	O. DIA	Examineur
M <sup>me</sup> :	C. COSANDEY	Examineur

---

Direction scientifique : Professeur J. LEBORGNE  
et J.C. OLIVRY

Avec la collaboration de l'ORSTOM

Ø62 REGHYD  
DAC



- 7 NOV. 1990

f. 30.854

A la mémoire  
d'Apollinaire Kaboré

## AVANT-PROPOS

Cette thèse de 3<sup>ème</sup> cycle s'inscrit dans le programme de recherches hydrologiques initiées par l'ORSTOM en Casamance et constitue le résultat de trois années de travail, émaillées de moments de doutes souvent tenaces.

Si un ordre chronologique n'est pas inconvenant, j'adresserais mes remerciements en premier à Monsieur Jean-Claude OLIVRY, Directeur de Recherches, responsable de l'unité de recherche "Géodynamique de l'Hydrosphère Continentale" à l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) à qui je dois mon initiation à l'hydrologie. En effet depuis notre première rencontre en novembre 1982, il n'a cessé de me témoigner un intérêt particulier en m'accueillant au centre ORSTOM de Dakar-Hann pour la préparation de mon mémoire de maîtrise, puis comme assistant hydrologue, avant d'obtenir mon inscription en qualité d'élève hydrologue à l'ORSTOM. C'est encore lui qui, en 1986, attira mon attention sur l'intérêt d'une étude de synthèse sur les précipitations et les écoulements sur le bassin versant de la Casamance. Depuis lors, il a assumé la direction scientifique de ce travail en continuant à suivre et à orienter son évolution et ce, malgré ses Lourdes responsabilités au sein de l'Institut et la distance qui nous séparait. Je suis heureux de sa présence parmi les juges de cette thèse.

Mes connaissances en hydrologie se sont affinées au Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique de l'Université de Paris XI-Orsay, sous la direction du Professeur J-C Fontes qui s'est montré patient et compréhensif envers le géographe que je suis, à la découverte des subtilités de l'hydrologie dans ses multiples aspects. Puisse-t-il trouver ici l'expression de ma reconnaissance.

Nos remerciements vont également au Professeur Jean Leborgne qui a accepté de diriger ce travail à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Sa profonde connaissance de la climatologie tropicale, son attachement au travail bien fait et son sens de la collaboration dans la recherche nous ont permis de mener à bien cette étude. Nous lui en serons toujours reconnaissant. Son absence lors de la soutenance de cette thèse nous peine beaucoup.

Cette thèse a été commencée initialement à l'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, sous la direction de Madame Claude Cosandey du Laboratoire de Géographie Physique du C.N.R.S à Meudon. Malgré la poursuite de ce travail à Dakar, elle nous a toujours témoigné la même sollicitude, se tenant constamment au courant de son avancement. Sa présence dans ce jury en est la preuve et nous l'en remercions beaucoup. Nos remerciements s'adressent également au Professeur Alain Godard, directeur de ce Laboratoire qui a toujours porté un vif intérêt à ce travail.

Nous devons notre découverte de l'hydrologie au Professeur Mamadou Moustapha Sall, car c'est avec lui que nous avons eu nos premiers cours

d'hydrologie et préparé notre mémoire de maîtrise en 1983. Depuis lors, c'est avec un vif intérêt qu'il nous a toujours accueilli et conseillé, s'enquérant sans cesse de l'état d'avancement de cette thèse. Nous le remercions profondément pour l'honneur qu'il nous fait en présidant notre jury.

C'est pour nous un motif de joie d'avoir dans ce jury les Professeurs Ousseynou Dia, directeur de l'Institut des Sciences de la Terre, de la Faculté des Sciences et Jean François Richard, du département de Géographie qui, malgré leurs lourdes charges, en cette fin d'année universitaire, ont accepté de porter leur appréciation sur ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre reconnaissance.

Nous nous souviendrons toujours de l'accueil très amical de Jean-Luc Saos et la spontanéité avec laquelle il nous a associé à son programme "Casamance" pour nous permettre de mener à bien nos recherches, veillant constamment à nous mettre dans les meilleures conditions de travail. Son soutien moral et matériel a été déterminant dans la réalisation de ce travail. Nous ne saurions l'en remercier assez.

J. P. Lamagat, Chef du Service Hydrologique de l'ORSTOM à Dakar, a suivi avec beaucoup d'attention la préparation de cette thèse. Sa connaissance de l'hydrologie tropicale, son expérience en informatique et sa banque de programmes nous ont permis de réaliser le traitement de toutes nos données pluviométriques et hydrologiques. Nous regrettons que son emploi du temps ne lui permette pas de faire partie de ce jury.

Ma rencontre avec Jean Albergel a été déterminante dans mon appréciation des précipitations au Sahel. Outre ses avis et conseils, fondés sur une solide expérience du Sahel, il a mis, gracieusement, à ma disposition son abondante documentation; il a, volontiers, accepté de porter son appréciation sur ce travail, en se penchant avec beaucoup de patience sur son manuscrit. Qu'il trouve ici le témoignage de ma gratitude.

Nos remerciements s'adressent tout particulièrement à Monsieur B. Dalmayrac, Directeur du Centre ORSTOM de Dakar qui, depuis notre arrivée dans ce centre, s'est montré très attentif à nos préoccupations.

Nous avons toujours trouvé une oreille attentive auprès de Monsieur Jean Yves Gac, directeur-adjoint du Centre ORSTOM de Dakar et responsable du Laboratoire de Géologie, dont l'intérêt pour nos travaux est resté constant depuis 1984. Nous tenons à l'en remercier.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude à l'ensemble du corps enseignant du département de Géographie pour le dévouement et l'esprit d'abnégation qui ont toujours sous-tendu leur travail pour nous inculquer la rigueur scientifique et l'esprit naturaliste de cette discipline. Nous avons été très sensible à la sollicitude de MM. Cheikh Bâ, El Hadj Salif Diop, Professeurs au département, Paul Ndiaye, Lat Soucabé MBow, Tahirou Diaw.

Ces dernières années, nous avons noué des relations très amicales avec Amadou Sow, Alioune Kane, Alioune Bâ, Mame Demba Thiam, Diène Dione et Henri-Mathieu Lô, au fil des discussions très fructueuses sur nos recherches personnelles, discussions dont nous gardons un excellent souvenir.

Nous avons pu apprécier à sa juste valeur les qualités professionnelles et humaines de Jean-Michel Bouchez et Yann Le Troquer qui m'ont beaucoup aidé dans le travail, souvent fastidieux, de saisie des données. Nous les remercions pour leur disponibilité constante et l'amitié qu'ils m'ont toujours témoignées. J'associe à ces remerciements G. Dubée, L. Séguis et tout particulièrement MM Diatta Gaspard, Danfa Bakari, nos compagnons lors des multiples tournées hydrologiques en Casamance, ainsi qu'à Mang Marone et Massaër Maïga.

Nous avons une lourde dette envers MM. Amadou Ndiaye Cissé et Taher Abdoulaye Maïga, du département Cartographie de l'ORSTOM pour la patience dont ils ont fait preuve lors de la mise en forme définitive des figures de cette thèse, ainsi qu'à Mr. Soussou Pierre qui 'est occupé de la dactylographie.

Il va de soi que ce travail n'aurait pas abouti sans le concours, fort apprécié, du service de la Météorologie Nationale, du Ministère de l'Équipement, et de la Direction des Etudes Hydrauliques (D.E.H) du Ministère de l'Hydraulique. A la Météorologie Nationale, nous saluons la disponibilité constante de Monsieur Bamar Diagne. A la D.E.H nous avons toujours trouvé une oreille attentive auprès de MM. El Hadj Ibrahima Thiam, responsable du réseau hydrométrique, S. Goudiaby et S. Coly, hydrologues. Nous tenons à saluer la mémoire de Monsieur Momar Thiam, ancien chef de la brigade hydrologique de Kolda, récemment disparu, dont la conscience professionnelle et la disponibilité sont un exemple à méditer.

Nous dédions tout particulièrement ce travail à tous ces "anonymes" du service de la Météorologie qui, depuis 1905, se sont évertués à faire consciencieusement leur travail, chacun dans les limites de sa compréhension du phénomène, afin de nous transmettre des données pluviométriques fiables.

Je voudrais remercier également M<sup>elle</sup> Vindex, Mmes et Mrs Henri et Pierrette Petersorencen, Jean et Liliane Barbey dont l'amitié et la gentillesse m'ont aidé à supporter le dépaysement en France.

Enfin mes pensées vont tout naturellement à mes parents et mes frères et soeurs dont le soutien dans tous les domaines, durant ces longues années, ne saurait être évalué.

## INTRODUCTION

La sécheresse persistante qui sévit depuis 1968 dans les pays du Sahel a eu pour conséquence, outre le déficit hydropluviométrique et ses répercussions sur l'agriculture et l'économie, la prise de conscience de la nécessité de maîtriser et de gérer au mieux les ressources en eau existantes. Il en est résulté l'élaboration ou la réactivation d'importants projets d'aménagement des ressources en eau pour préserver les activités agricoles des caprices du climat.

Mais le succès de tels projets passe nécessairement par un préalable: une bonne connaissance des **précipitations** et des **écoulements** résultants.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail dont le modeste objectif est de dégager, sur la base des données pluviométriques et hydrologiques disponibles, les caractéristiques essentielles des précipitations et des écoulements sur le bassin de la Casamance.

Il importe dès à présent de lever toute équivoque : notre objectif n'est pas de faire une étude de la pluviogenèse en Casamance. Cette dernière a déjà fait l'objet de maintes études à l'échelle régionale. Parmi celles-ci on peut citer :

\* Dhonneur G., 1974: Nouvelle approche des réalités météorologiques de l'Afrique Occidentale et Centrale. Thèse de doctorat, Asecna, Dakar.

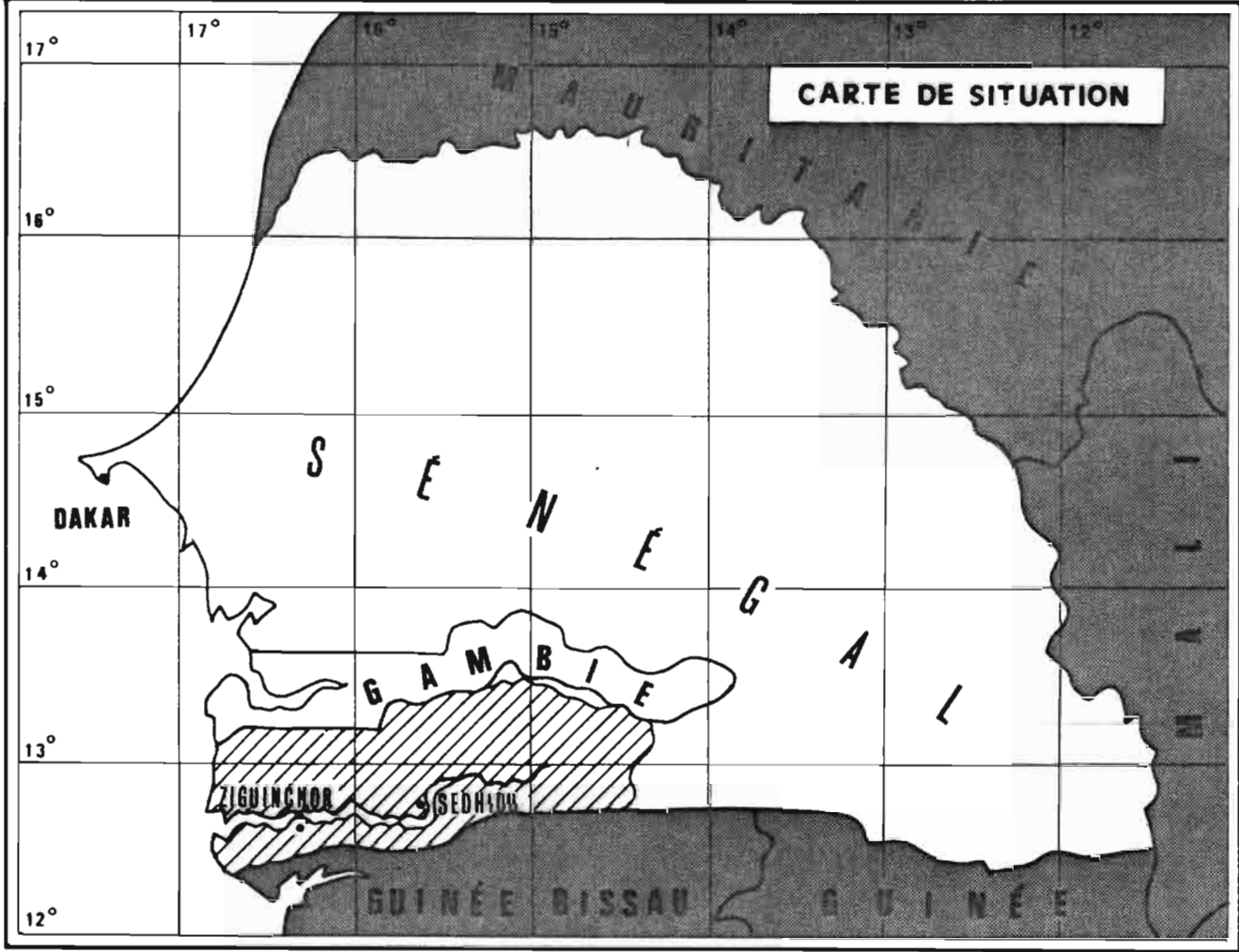
\* Leroux M., 1980: Le climat de l'Afrique Tropicale. Thèse de doctorat, Dijon.

\* Sagna P., 1988: Etude des lignes de grains en Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat, Dakar.

Nous nous intéressons particulièrement aux **aspects quantitatifs et statistiques** des précipitations et des écoulements.

Le bassin de la Casamance, qui s'étend sur l'ancienne région administrative du même nom, au sud du Sénégal, est situé en latitude entre 12°20' et 13°21' Nord et en longitude entre 14°17' et 16°47' Ouest. Ces coordonnées montrent que le bassin de la Casamance a une extension beaucoup plus longitudinale (environ 270 km d'Ouest en Est) que latitudinale (100 km du Nord au Sud).

Avec une superficie de 20 150 km<sup>2</sup> environ , le bassin de la Casamance essentiellement situé en territoire sénégalais, déborde légèrement sur les territoires des Républiques de Gambie au nord et de la Guinée Bissau au sud ( carte 1).



 Bassin versant CASAMANCE

Les bassins fluviaux qui l'entourent sont : au Nord le bassin de la Gambie; au Sud le Rio Cacheu et à l'Est le bassin de la Kayanga, la branche-mère du Rio Gêba.

Notre étude porte sur l'ensemble du bassin du de la Casamance pour ce qui est des précipitations. L'analyse des écoulements, quant à elle, se limite aux parties du bassin non influencées par la marée.

## L'ETAT DE LA QUESTION

La documentation sur l'étude des précipitations et des écoulements sur l'ensemble de la Casamance est assez maigre.

- Dans le domaine des précipitations, si les observations ont commencé dès 1905 à Sédhiou, 1918 à Ziguinchor et 1922 à Kolda, l'étude de Brunet-Moret (1963) sert de référence. Cette publication est spécialement consacrée à l'étude des averses exceptionnelles sur l'ensemble du Sénégal. Depuis lors toutes les études réalisées ont un caractère ponctuel, liées à une étude de projet et portent généralement sur la station longue-durée la plus proche du site, les résultats servant à estimer les pluies fréquentielles sur ce dernier (Olivry JC, Chouret A, 1981; Gallaire R, 1980; BCEOM, 1980; SONED-SOGREAH, 1979; SONED-AFRIQUE, 1983).

- Dans le domaine hydrologique, les premières observations ont commencé 1962 à Kolda, sur le cours principal de la Casamance. Au cours de l'année hydrologique 1966-1967 Brunet-Moret a étudié les débits d'étiage sur cinq petits bassins en Moyenne et Basse Casamance avant d'entreprendre, de 1967 à 1970, sur convention, l'étude hydrologique du bassin de la Casamance en amont de Kolda. Le rapport élaboré à partir des données ainsi collectées constitue la seule synthèse sur l'hydrologie de surface en Casamance.

La note de Chaperon (1975) sur le régime hydrologique de la Casamance analyse uniquement les débits de la station de Kolda, la seule à être suivie jusque-là, toutes les autres ayant été fermées en Avril 1970 à la fin de la convention d'étude.

La création du réseau hydrométrique national, à partir de 1974 sous la direction de l'ORSTOM, a entraîné la réouverture des anciennes stations. Ce réseau est géré par la Direction des Etudes Hydrauliques (D.E.H) du Ministère de l'Hydraulique depuis 1978.

L'étude des projets d'aménagement des marigots de la Moyenne et Basse Casamance a eu pour conséquence la création de stations hydrométriques suivies, pour la plupart, pendant une année seulement (marigot de Bignona, 1970-1971; Soungrougrou à Missira en 1979-1980; le Kamobeul Bolon en 1980-1981) sauf le marigot de Baïla dont le suivi se poursuit depuis 1979.



Bien que chacune de ces études ait fait l'objet d'un rapport, il n'y a pas eu de synthèse régionale. Car Le Priol (1983) dans sa synthèse hydrogéologique sur le bassin casamançais met beaucoup plus l'accent sur les aspects hydrogéologiques.

La masse importante de données pluviométriques et hydrologiques (plus restreintes) autorise aujourd'hui l'élaboration d'une synthèse sur les précipitations et les écoulements sur le bassin versant de la Casamance. C'est l'objet de ce travail qui se divise en trois parties.

- **La première partie**, composée de deux chapitres, étudie les caractéristiques morphoclimatiques du bassin versant dont l'influence sur le régime hydrologique est incontestable. L'accent a été mis particulièrement sur les paramètres morphométriques les facteurs géologiques pédologiques et biogéographiques. Les travaux de Michel P. (1960, 1973), DIOP E.S (1986) et la documentation des services pédologique de l'ORSTOM en forment l'ossature. L'analyse des principaux paramètres climatiques (températures, insolation, humidité relative....) révèle un milieu très homogène.

- **La deuxième partie** (cinq chapitres) est consacrée à l'étude des précipitations. Les premiers chapitres portent sur l'analyse des conditions pluviogéniques sur le bassin, la critique et l'homogénéisation des séries pluviométriques annuelles.

Le chapitre étudie les précipitations annuelles. L'accent est mis sur la distribution statistique, la prédétermination des pluies annuelles de diverses fréquences et leur cartographie. Une large part est faite à l'analyse de l'influence de la sécheresse sur les précipitations annuelles par la mise en évidence de la non-stationarité des séries pluviométriques et leur variation depuis 60 ans sur le bassin de la Casamance.

Les chapitres quatre et cinq portent sur les précipitations mensuelles et journalières. Si l'étude des totaux mensuels se limite essentiellement à leur variabilité interannuelle et la détermination des régimes pluviométriques du bassin, en revanche celle des pluies journalières a porté sur la recherche de leur distribution statistique et leur cartographie. L'impact de la sécheresse sur les averses journalières est apprécié par l'étude des fractions pluviométriques.

- **Dans la troisième partie** sont abordés les problèmes hydrologiques. La qualité des données hydrologiques dépendant beaucoup de celle du réseau hydrométrique et de l'étalonnage des stations, nous avons été amené à revoir les courbes de tarage depuis le début des mesures (chap. 1). Après critique des modules annuels, leur extension a été tentée dans ce chapitre.

La distribution statistique des modules annuels (chap. 2) a permis d'une part d'en déterminer les modules caractéristiques et d'autre part d'apprécier leur variabilité interannuelle et l'empreinte de la sécheresse sur l'écoulement annuel, saisonnier et journalier. Les derniers chapitres sont consacrés à l'étude des crues et des étiages (chap. 3) et des termes du bilan hydrologique (chap. 4).

**PREMIERE PARTIE**

**LE MILIEU PHYSIQUE**

**CHAPITRE I : DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT**

**CHAPITRE II : LE CLIMAT**

## **CHAPITRE I**

# **DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT**

Dans ce chapitre, nous abordons les facteurs conditionnels de l'écoulement liés au complexe physique du bassin-versant. Il s'agit de la géologie, de la morphologie du bassin, des sols ainsi que de la végétation.

## 1. LE SUBSTRAT GEOLOGIQUE.

Le bassin versant de la Casamance fait partie intégrante de l'ensemble sédimentaire sénégalo-mauritanien dont il représente la partie méridionale. Ce bassin dont la mise en place a commencé au Jurassique (TESSIER F., 1952 ; DE SPENGLER A et al, 1966, BELLION Y., GUIRAUD R., 1984) a la structure d'un bassin de marge passive. Mais au cours de l'histoire géologique, la Casamance, de par sa position et son environnement, a connu une évolution souvent singulière. Aussi, allons-nous retracer cette évolution géologique en insistant sur ses particularités avant d'étudier la stratigraphie.

### 1.1 - Evolution géologique du bassin de la Casamance.

Le socle métamorphique paléozoïque, formé de schistes, grès, quartzites, se situerait d'après les recherches géophysiques et les forages pétroliers à plus de 7000 m en Basse-Casamance. Mais à Dabo en Moyenne Casamance il a été atteint entre 180 et 200 m. Ceci indique un enfoncement des structures qui se serait produit suivant un axe nord-sud passant par Dagana et Linguère et à l'Ouest de Kolda (A. DE SPENGLER et al, 1966). Au cours du Jurassique, des transgressions marines successives mettent en place des dépôts sédimentaires constitués principalement de sables, argiles et marnes alternant avec des calcaires. Au crétacé et plus particulièrement pendant l'Albien et le Cénomanién inférieur, la sédimentation devient plus fine avec des argiles versicolores d'abord puis une alternance d'argiles grises et de grès fins tendres. Tandis que la mer poursuit sa progression vers l'Est, la subsidence s'accélère en Casamance. La mise en place des diapirs salifères qui percent la couverture sédimentaire du plateau continental casamançais aurait commencé à cette époque et se poursuivrait jusqu'à l'actuel (BELLION Y., DEBENAY J.P., 1986). Le toit du crétacé inférieur a été atteint à Balandine, Diana Malari, Kolda I et Dabo respectivement à 2121 m, 563 m, 378 m et 185 m, l'épaisseur des couches variant entre 1150 m à l'Ouest et 20 m à l'Est.

Entre le cénomanién supérieur, transgressif et le Turonien, les dépôts détritiques deviennent nettement plus grossiers avec des sables à gros grains renfermant des niveaux de graviers et de galets recouverts de sables ligniteux et argileux passant à des argiles feuilletées, versicolores et grises dans la région de Kolda. Le sondage pétrolier de Balandine a atteint le sommet du Turonien à 1500 m ; à Diana Malari il se situe à 422 m de profondeur et à 350 m à Kolda ; le forage de Dabo présente une lacune de cette période.

Le Sénonien se caractérise, quant à lui, par la progression de la mer à l'intérieur du continent et par des dépôts argilo-sableux dans lesquels on relève des intercalations carbonatées (SUSTRAC G. et al, 1964). La puis-

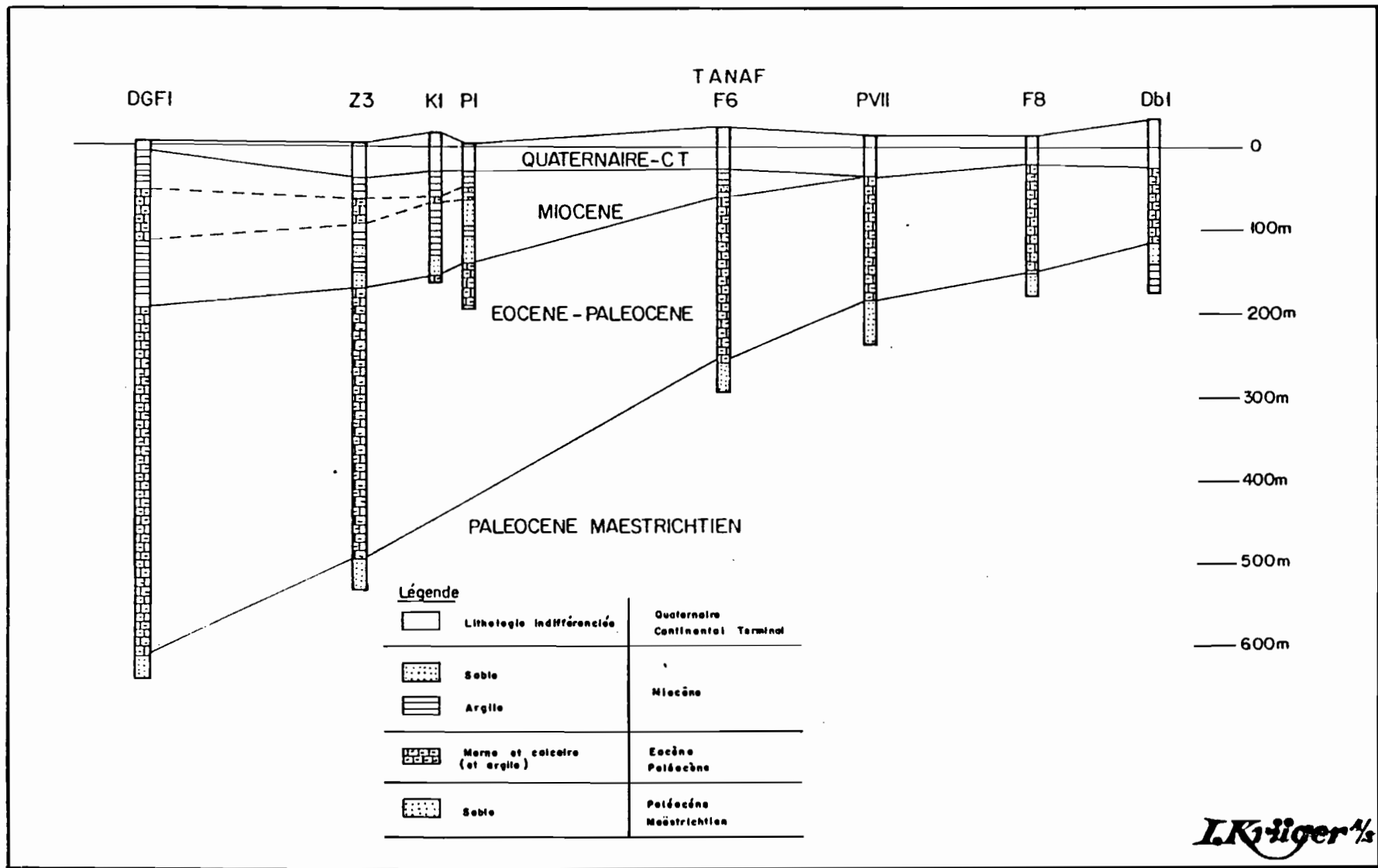


Figure 1.1 - Coupes géologiques Est-Ouest sur le bassin versant casamançais , établie par KRUGER

Source : M. PASCAL, rapp. BRGM 81 DAK 002.

sance de la série Sénonienne atteint 700 m dans la zone des diapirs du bassin de la Casamance.

Au Maestrichtien, la mer occupe tout le bassin de la Casamance (P. MICHEL, 1973) et y dépose des sables hétérométriques, le plus souvent grossiers mêlés à des argiles feuilletées, de couleur gris-foncé. L'épaisseur de la série maestrichtienne est variable : 600 m en Basse Casamance (Balandine) ; 130 m à Diana Malari ; 30 m à Dabo. A l'Est de Dabo, les sables maestrichtiens ont été tronqués par le socle métamorphique (LE PRIOL, 1985). L'examen des coupes géologiques des forages pétroliers et les corrélations établies entre elles, font ressortir l'enfoncement des formations du socle en Basse-Casamance et la diminution de l'épaisseur des termes du Crétacé au fur et à mesure qu'on s'approche des limites orientales du Bassin de la Casamance (DIOP E.S., 1987).

### 1.2. Les formations éocènes.

Au-dessus du Maestrichtien sableux, discordant sur un substratum composé de séries précambriennes, s'est déposé un Paléocène, puis un Eocène marno-calcaires. Une discordance sépare l'Eocène de la série sablo-argileuse sus-jacente oligo-miocène. Les formations éocènes du bassin sénégalo-mauritanien ont fait l'objet d'une étude détaillée (MONCIARDINI, 1966). Au paléocène et à l'Eocène inférieur, la subsidence se poursuit dans le bassin de la Casamance alors que se mettent en place des formations calcaires qui ont été atteintes par les sondages pétroliers, hydrauliques (KRÜGER, 1980) et les sondages pour phosphates en Casamance (PASCAL M., 1981) et en Guinée-Bissau (PRIAN J.P., 1981) - (Fig.1.1).

Les termes de l'Eocène en Casamance sont essentiellement calcaires avec des variations de faciès allant des calcaires phosphatés à des marno-calcaires. Une condensation brutale et un biseutage des termes de l'Eocène qui se rapproche alors de la surface topographique se produit près de Salikénié situé sur une structure haute, Farim-Dabo, mise en évidence par PRIAN J.P. et PASCAL M. en 1981, et calquée sur la discontinuité profonde de Kidira-Vélingara-Bissau révélée par géophysique (PONSARD F., 1984) et interprétée comme la trace d'une zone transformante panafricaine.

### 1.3. Les dépôts post-Eocènes.

Pendant l'Oligocène, la mer se retire avant d'amorcer une nouvelle transgression qui la ramène à la limite du golfe lutétien au début du néogène. Mais à la fin du Miocène, la mer ne forme plus qu'un petit golfe en Basse Casamance entre Balandine et Ziguinchor (MICHEL P., 1973) - (Fig.1.2). Les dépôts miocènes du golfe casamançais étudiés par GORODISKI (1958) sont constitués de sédiments sablo-argileux, entrecoupés dans le domaine subsident d'un banc calcaire. A l'Est du bassin, le Miocène, formé d'argiles vertes feuilletées, repose en discontinuité sur les termes éocènes et présente fréquemment des traces de glissements et de minces croûtes d'oxydes de fer dont la formation est liée à l'oscillation fréquente du niveau hydrostatique (MICHEL P., 1960). Cette série argileuse, d'une grande extension, marque le passage de l'Eocène supérieur à l'Oli

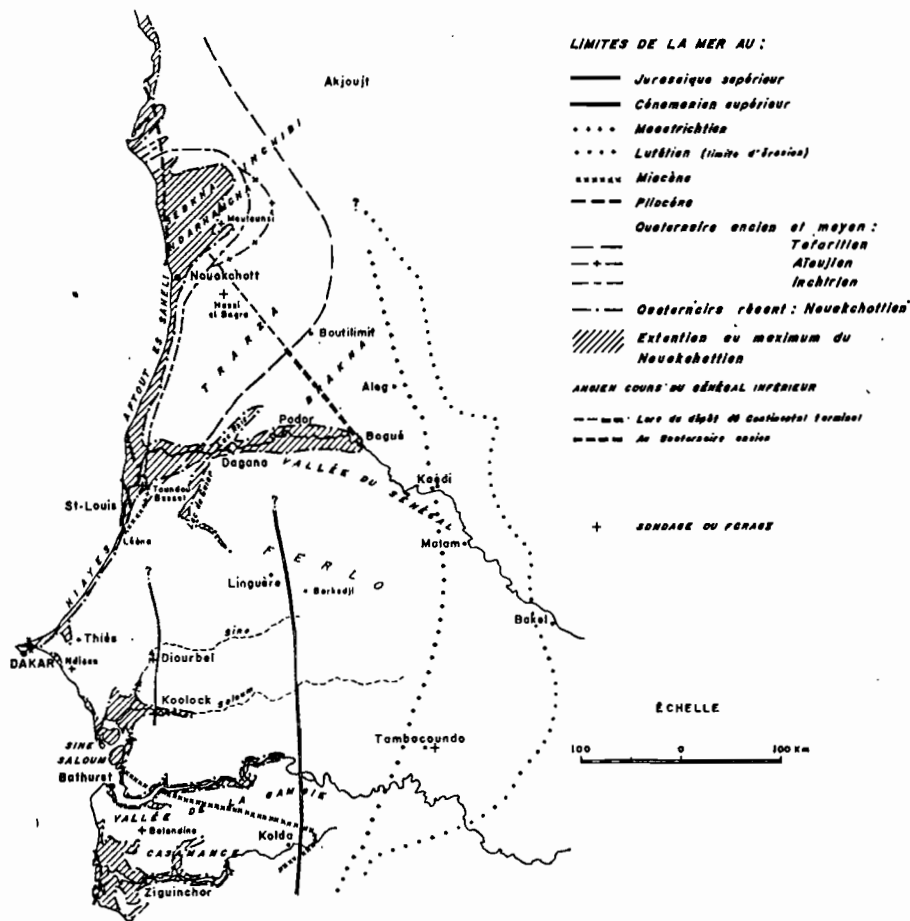


Figure 1.2 - Transgressions marines depuis le Secondaire au Sénégal et dans le sud-ouest de la Mauritanie (Michel P, 1973).

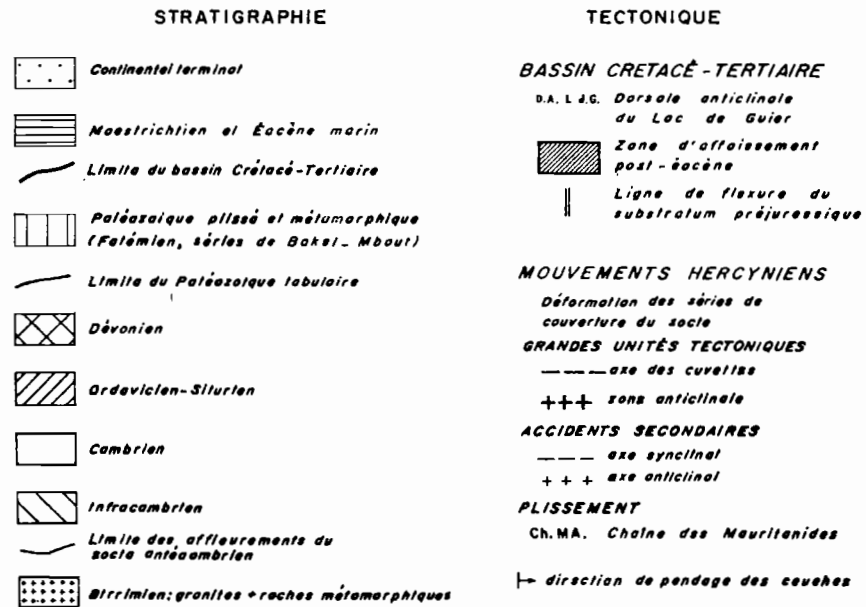
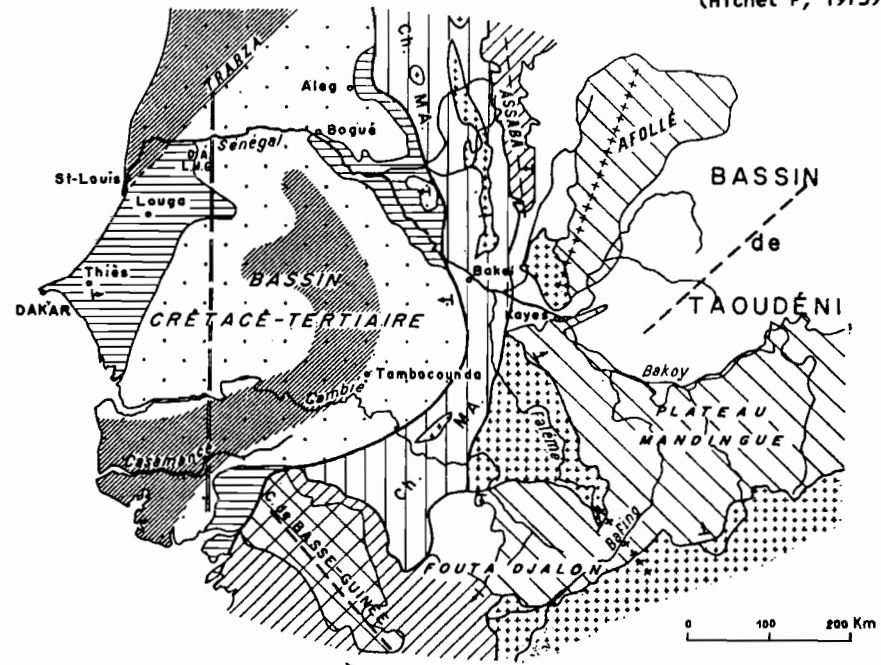


Figure 1.3 - Croquis structural des bassins versants du Sénégal et de la Gambie

gocène inférieur et la fin de la sédimentation marine sur la Moyenne et Haute Casamance.

Selon LAPPARTIENT (1983), le Néogène de Basse Casamance appartiendrait à l'intervalle Langien-Tortonien (Miocène) et il y aurait lacune probable de l'Oligocène et du Miocène inférieur (FLICOTEUX et MEDUS, 1980). En Haute Casamance, le rapport du sondage de Diana-Malari DMJ (DROUHIN et COUPEY, 1961) indique une série paléocène et néogène complète avec la présence sous le Miocène inférieur de l'Oligocène supérieur (LY A., 1984) et de l'Oligocène inférieur.

C'est au cours du Miocène que se produit une importante phase tectonique cassante (fig.1.3). Les réseaux de fractures de direction principale N 50° et N 130° ainsi que N 80°, N 90°, N 160° et 180° vont fortement conditionner l'hydrographie (LOUIS BERGER INTERNATIONAL, 1980 ; LE PRIOL, 1983 et SAOS J.L. et al, 1988). La fig.1.4 indique l'influence des fractures sur le tracé du cours de la Casamance et de ses affluents.

Après la régression post-miocène, il s'est déposé un sédiment détritique dont le principal faciès est un grès hétérométrique, argileux, bariolé, appelé Continental terminal (TESSIER F. 1952, MILLOT G. 1967). En Moyenne et haute Casamance, les sondages pour phosphates recoupent un Continental terminal directement discordant sur l'Eocène ou le Paléocène, avec un paléosol généralement visible à sa base. En Basse-Casamance, le Continental terminal est bien visible le long du littoral (MICHEL P., 1960). L'origine continentale de ce dépôt (MICHEL P., 1959 ; VIEILLEFON J, 1977) est cependant contestée par FLICOTEUX et al (1974) qui lui attribuent une origine marine, l'altération s'étant faite "in situ".

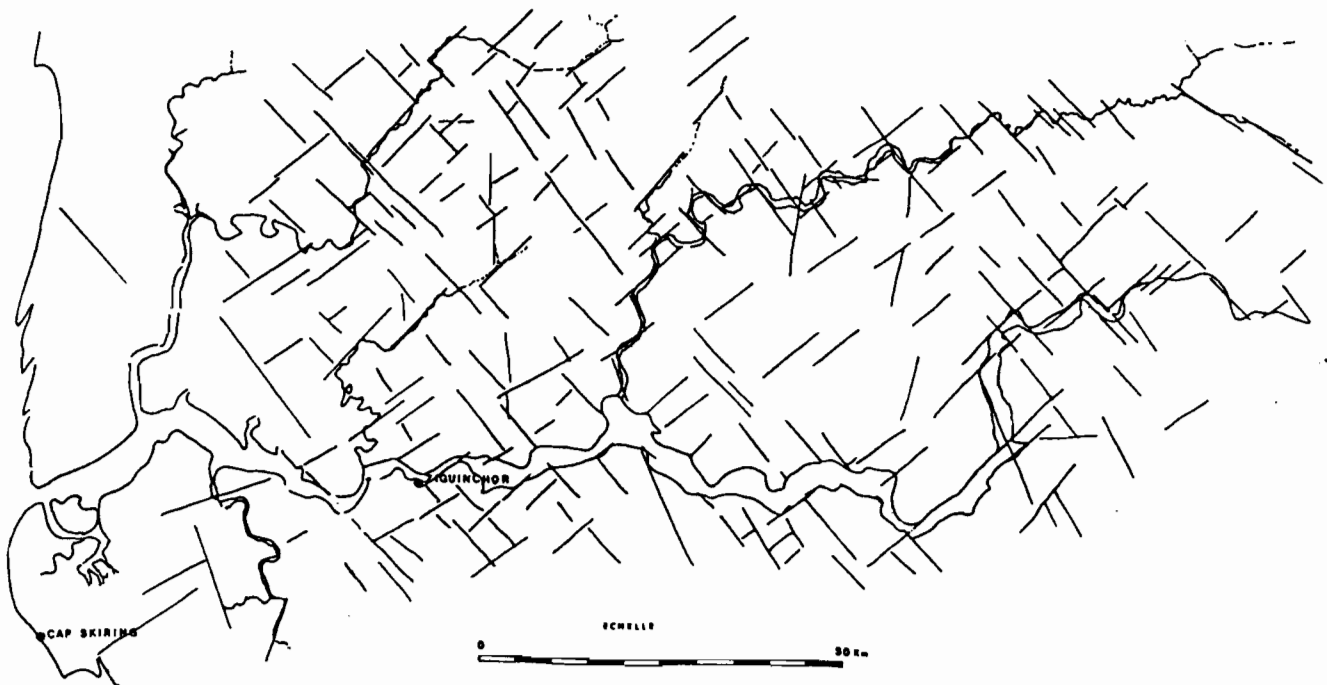


Figure 1.4 - Schéma structural: linéaments d'après photographie aérienne (Saos JL et al 1988).



#### 1.4. L'évolution au quaternaire récent.

Le quaternaire récent occupe une place importante dans l'évolution géologique du bassin casamançais, notamment dans sa partie estuarienne, comme l'ont souligné bien des auteurs (VIEILLEFON J., 1974 ; KALCK Y., 1978 ; SALL M., 1983 ; MARIUS C., 1984 ; PIMMEL A., 1984 ; AUBRUN A., 1988). Cette évolution s'est déroulée en quatre phases majeures (fig.1.5) :

1 - La transgression Nouakchottienne (Holocène) qui a commencé vers 6540 BP en Casamance et atteint son maximum vers 5500 BP, crée un vaste golfe à l'Ouest d'une ligne Diouloulou-Ziguinchor (Fig.1.5a) bien que la mer ait remonté le cours de la Casamance jusqu'à DIANA- Malari.

2 - Après le Nouakchottien, entre 3900-3500 BP un courant N-S de dérive littorale s'établit et ferme progressivement le golfe par une série de cordons littoraux (fig.1.5b).

3 - Vers 3000 BP le golfe de la Casamance se transforme en une grande lagune où se développe la mangrove (fig.1.5c).

4 - Vers 1500 BP la Casamance prend sa forme actuelle (fig.1.5d). La mise en place des cordons littoraux réduit les apports marins d'où le ralentissement de l'évolution morphologique.

Le comblement du golfe Nouakchottien en Casamance serait le résultat de l'association de deux systèmes de propagation : le premier édifie les cordons littoraux fermant le golfe, les plus importants progressant dans le sens de la dérive littorale N-S, les plus petits, en sens inverse mais l'ensemble se déplaçant vers l'Ouest. Le second système résultant du premier correspond à l'avancée des vasières de mangroves qui comblent peu à peu la lagune et donnent le résultat actuel (fig.1.6).

Pendant et après le Nouakchottien, la mer a déposé au pied du plateau du Continental terminal, en Basse-Casamance, des sables bien triés alors qu'en amont et dans les entailles des marigots les dépôts étaient sableux à argilo-sableux.

Cette longue évolution géologique du secondaire à l'actuel, a mis en place deux grandes régions géomorphologiques distinctes :

- le bassin Continental (Moyenne et Haute-Casamance) formé par le plateau du Continental terminal à la surface plane, relié aux talwegs de la Casamance et de ses affluents par des versants très doux dont la pente est parfois inférieure à 1 pour mille. Par endroits, les affleurements de cuirasses latéritiques ou de grès ferrugineux forment un petit ressaut.

- Le bassin maritime (Basse-Casamance) où l'influence marine est permanente.

La transgression Nouakchottienne a édifié autour du plateau du Continental terminal très disséqué, un système de trois terrasses sableuses étagées (AUBRUN A., 1988) :

- la terrasse supérieure (6-8 m), sur haut plateau

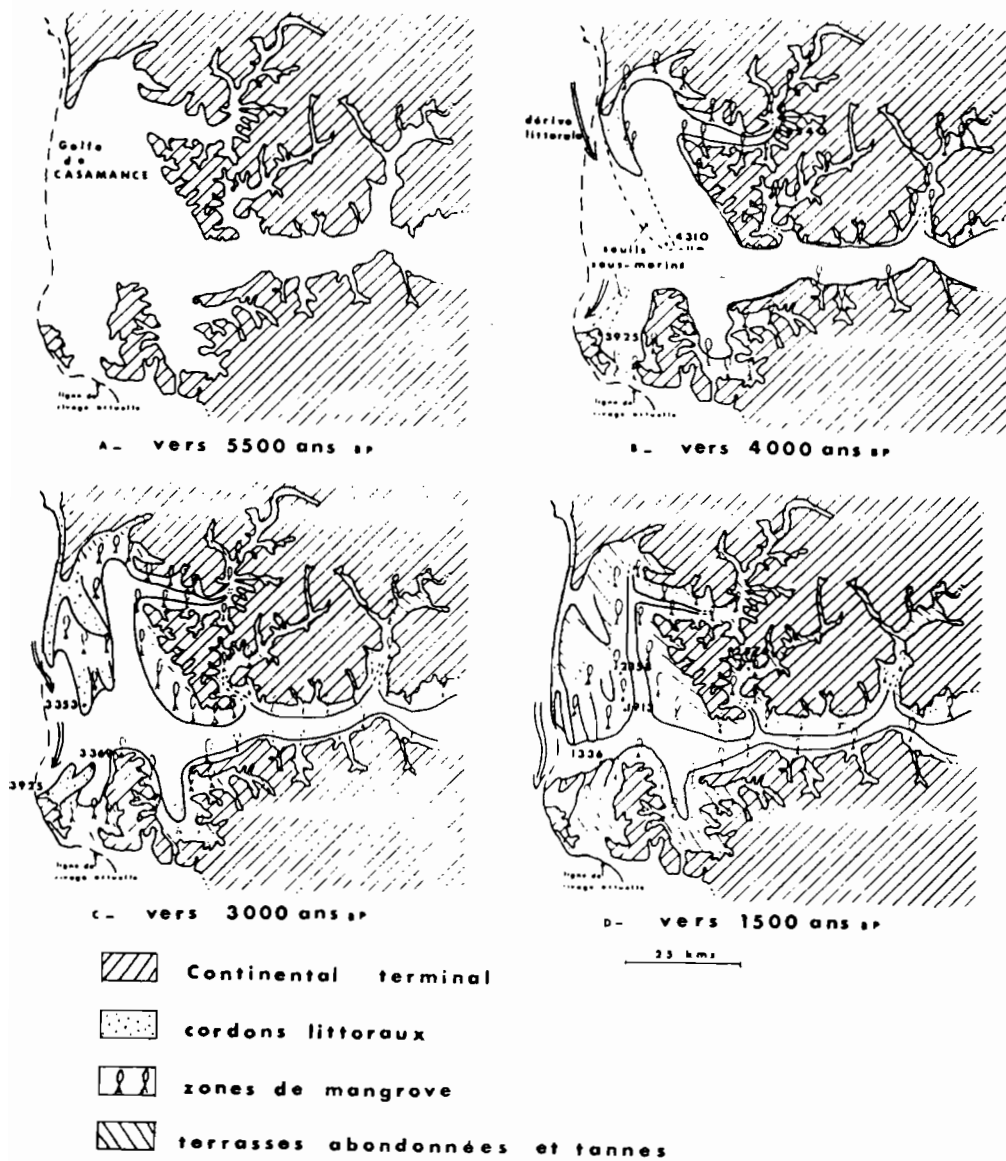


Figure 1.5 - Evolution du golfe de Casamance au Quaternaire récent (Kalck Y, 1978).

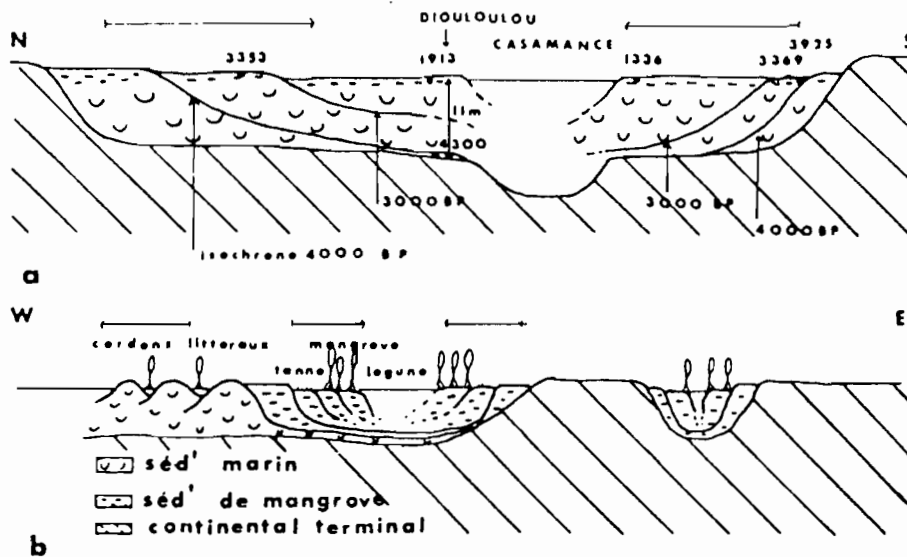


Figure 1.6 - Les systèmes de progradation en Casamance (Kalck Y, 1978).

a : système des vasières de mangroves. b : système des cordons littoraux.

- la moyenne terrasse (4 m) adossée à la précédente
- la terrasse inférieure (2 m), fragmentée

## 2.- RESEAU HYDROGRAPHIQUE ET MORPHOLOGIE DES BASSINS VERSANTS.

### 2.1.- Le réseau hydrographique.

La Casamance (fig.1.7) est formée par la réunion de plusieurs petits marigots près de Saré Baïdo Mali à une altitude de 50 m à mi-chemin entre Fafakourou et Vélingara. Leur lit est à peine marqué au milieu de vallons évasés et à fond plat. Malgré le bas niveau des vallons, il n'y a pas d'érosion régressive et les limites des bassins versants sur le plateau sont indécises même en vue stéréoscopique de photos aériennes. Ces petits affluents sont souvent à sec en saison sèche, l'écoulement ne devenant pérenne qu'en aval de Fafakourou (700 km<sup>2</sup> à Fafakourou) grâce à des résurgences. La Casamance coule alors suivant une direction Est-Ouest.

Au kilomètre 66, la Casamance reçoit son affluent le plus important en amont de Kolda, le Tiangol Dianguina (815 km<sup>2</sup> à Saré-Sara) qui a déjà conflué avec la Khorine (385 km<sup>2</sup> à Madina Omar).

Avant d'atteindre Kolda, la Casamance reçoit le Niampampo (640 km<sup>2</sup> marigot Saré Koutayel) en rive droite. La station de Kolda contrôle un bassin versant de 3700 km<sup>2</sup>. Le bassin intermédiaire entre Kolda et les stations de Saré Koutayel, Fafakourou, Saré-Sara et Madina Omar couvre une surface de 1160 km<sup>2</sup> soit 31 % du bassin versant total en amont de Kolda. Le lit mineur, encaissé dans les formations argilo-sableuses du Continental terminal, n'est large que d'une cinquantaine de mètres.

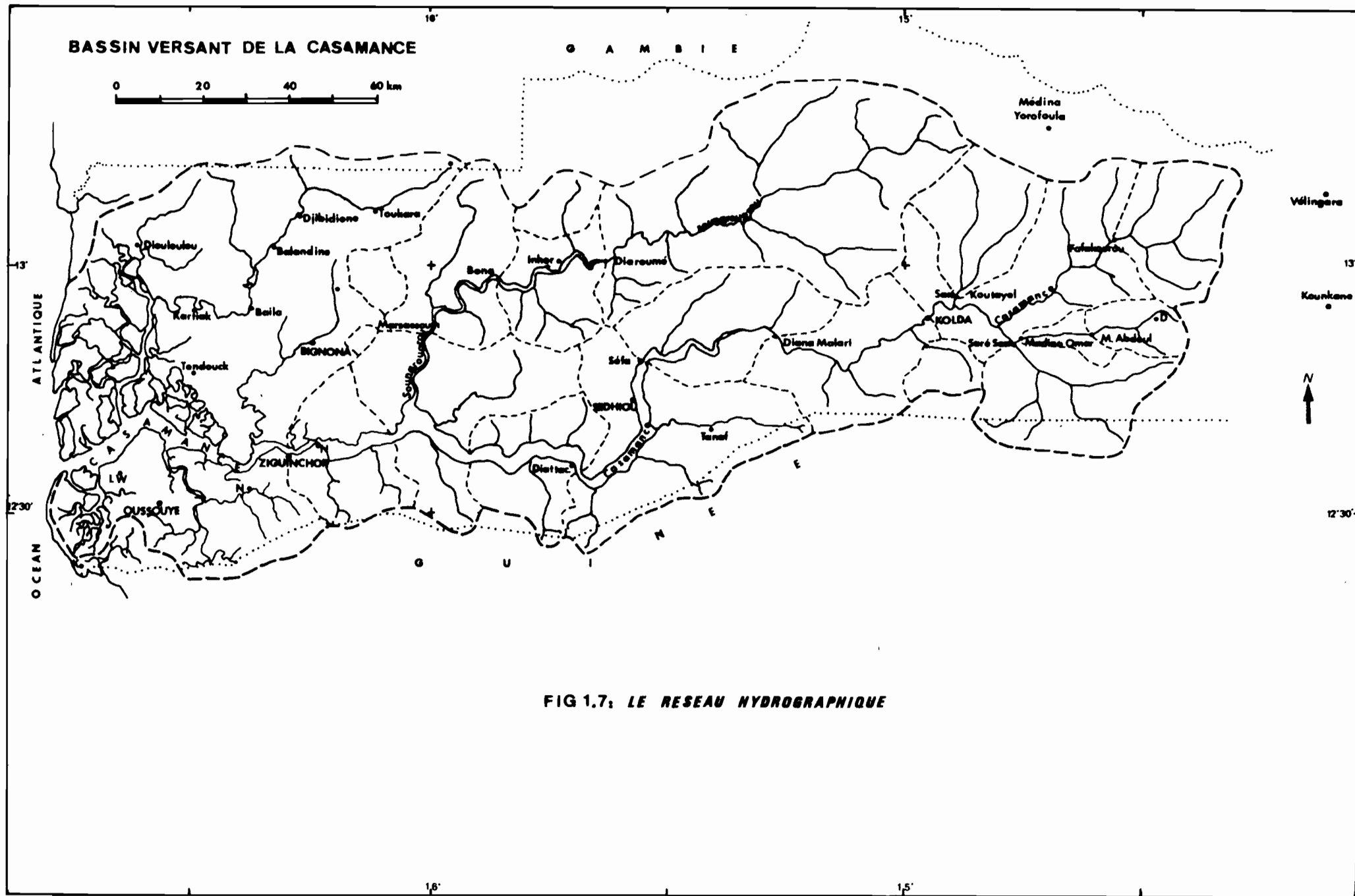
En aval de Kolda, la Casamance prend une direction sud-ouest jusqu'au niveau de Saré Yoba Diéga, tout en recevant à 5 km en aval de Kolda, le Dioulacoulon (200 km<sup>2</sup> à Sara Kéita). Elle change de direction en coulant vers le nord-ouest jusqu'à Diana Malari (limite de la remontée des eaux marines).

Entre Diana Malari et Séfa, la direction devient Est-Ouest. Le lit de la Casamance s'élargit peu à peu pour atteindre 2 km à Séfa avec plusieurs méandres.

De Séfa, la Casamance fait un coude brusque. Le sens de l'écoulement devient nord-sud jusqu'à Simbandi Brassou, puis sud-ouest. En aval de Séhiou situé entre les deux localités, la Casamance atteint 4 km de large.

A partir de Diattacounda, elle coule suivant une direction est-ouest jusqu'à la mer.

En face d'Adéane, se situe la confluence entre la Casamance et le Soungrougrou, son affluent le plus important, formé, comme elle, par la réunion de plusieurs petits affluents qui prennent naissance dans la vaste région des forêts de Pata et du Guimara. Le Soungrougrou coule d'abord vers l'ouest-sud-ouest, tout en dessinant des boucles. Mais à la hauteur du 16° méridien, il se tourne vers le sud pour rejoindre la Casamance. La largeur de son lit reste inférieure à celle de la Casamance même si dans son cours moyen elle atteint le kilomètre.



Les caractères de la Casamance restent inchangés en aval de la confluence avec le Soungrougrou. Le lit d'une largeur de 4 km, se resserre entre Niaguiss et la confluence avec le marigot de Bignona, avant de s'élargir progressivement jusqu'à atteindre 8 km en amont de Karabane.

En aval de Ziguinchor, les affluents de la Casamance connus sous le nom de Bolons, disséquent profondément le plateau gréseux du Continental terminal. Il s'agit des marigots de Bignona et celui de Diouloulou (dont le principal affluent est le Baïla) en rive droite et le Kamobeul Bolon en rive gauche.

Les changements brusques de l'orientation du cours de la Casamance et de ses affluents sont la conséquence de la tectonique qui a affecté le bassin casamançais notamment dans son cours inférieur. Le schéma structural de la fig.4 montre le parallélisme qui existe entre l'orientation des fractures et celle des biefs successifs de la Casamance et ses affluents.

## 2.2 - Morphologie - reliefs et pentes des bassins versants.

### 2.2.1. Caractéristiques de forme des bassins versants.

Elles ont été déterminées à partir de la mesure de la superficie (A) et du périmètre (P) des différents sous bassins de la Casamance en amont de Ziguinchor et de ses principaux affluents confluant en aval de cette station (marigot de Bignona et Baïla). Ces indices ont été calculés pour les sous bassins suivis sur le plan hydrologique mais ils sont représentatifs des différents paysages de la Casamance.

La détermination du périmètre est faite après stylisation des contours des bassins versants (DUBREUIL P., 1974). Le calcul du coefficient de Gravelius ou indice de compacité (Kc) est obtenu par la formule (ROCHE M., 1963) :

$$Kc = 0,282 P \cdot A^{-1/2}$$

où P et A représentent respectivement le périmètre stylisé et la superficie du bassin versant.

La connaissance de cet indice permet de calculer les dimensions du rectangle équivalent dont la longueur (L) s'obtient par la formule :

$$L = A^{1/2} \frac{Kc}{1.128} [1 + \sqrt{1 - ((1.128)/Kc)^2}]$$

Ce coefficient de Gravelius donne une idée de la forme plus ou moins allongée des bassins, sachant que pour Kc égal à 1.128 le rectangle équivalent se réduit à un carré.

Le tableau 1.1 indique les caractéristiques de forme des différents sous-bassins de la Casamance.

Les caractéristiques traduisent une forme allongée des bassins considérés à l'exception du marigot de Bignona dont la forme peut être assimilée à carré de 17.5 km de côté et qui présente la plus grande compacité (Kc plus petit). Il en va de même du marigot de Saré Keita à la station de même nom.

En fait, la Casamance se présente comme un drain principal (notamment dans ses cours moyen et inférieur) dans lequel se jettent des drains plus courts. Son affluent principal, le Soungrougrou présente la même physiologie.

### **2.2.2. Relief et pente des bassins versants.**

Les bassins de la Casamance et de ses affluents se caractérisent par la faiblesse du relief. En effet tous les cours d'eau prennent leur source sur le plateau du Continental terminal à 50 m d'altitude (altitude maximale : 56 m).

#### **2.2.2.1. Relief**

En ce qui concerne le relief on peut diviser le bassin en deux parties séparées par le 16<sup>e</sup> méridien :

- A l'Est de ce méridien s'étend le plateau du Continental terminal de 50 m d'altitude. Ce plateau est profondément entaillé par le réseau hydrographique. Entre Saré Boïdo Mali et Kolda, les altitudes maximales passent de 51m à 35m alors que l'altitude maximale au Nord de Kolda est de 4 m.

Sur le bassin de Soungrougrou, les altitudes varient entre 43 m dans la forêt de Pata et 19 m à Diaw Ba près de la confluence avec la Casamance.

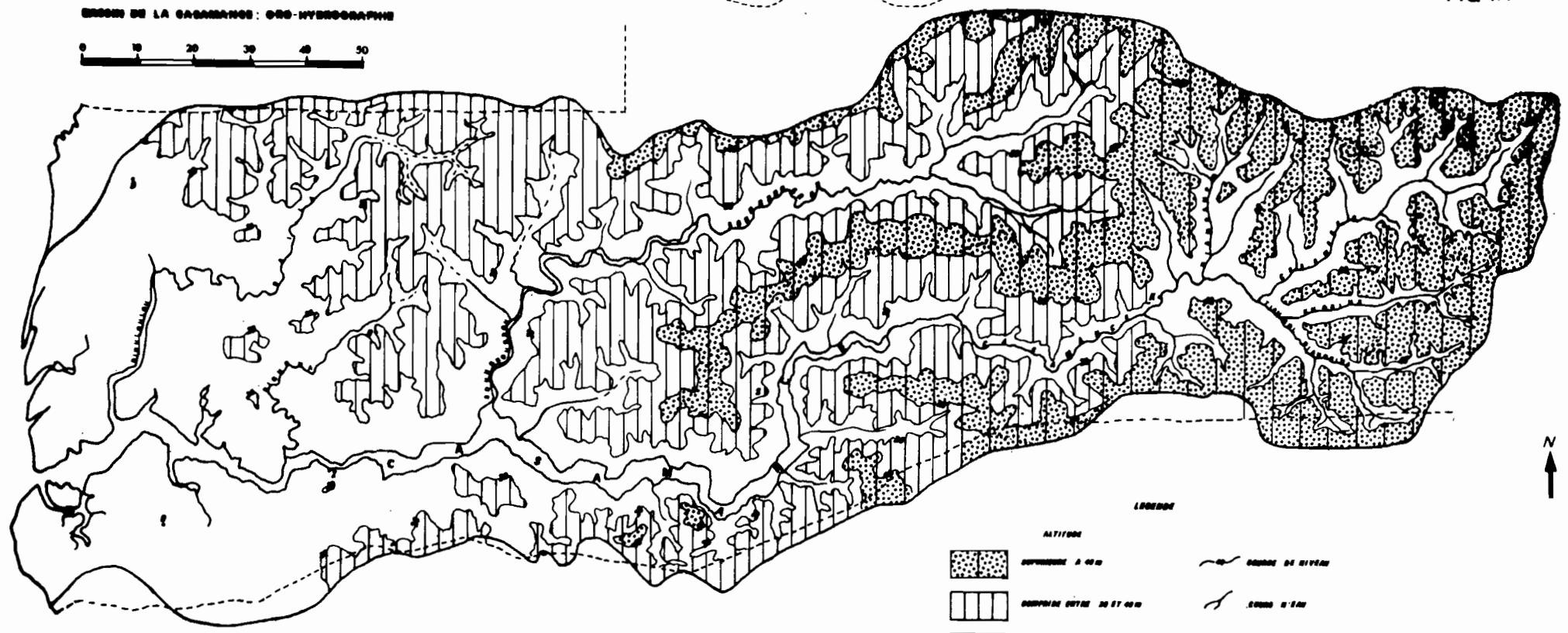
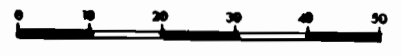
- A l'Ouest du 16<sup>e</sup> parallèle, l'altitude maximale se situe à Tandine à la limite entre les bassins de Baïla et de Bignona, au Nord de Sindian. Au Sud de la Casamance, le point culminant est au Sud de Ziguinchor : 24 m.

Sur les cartes au 1/200.000 disponibles ne figurent que les courbes de niveau 40 m (entre le 16<sup>e</sup> méridien et l'extrémité orientale du bassin) et 20 m (entre Ziguinchor et Kolda).

Compte tenu de la faiblesse du relief nous avons préféré à la construction d'une courbe hypsométrique qui n'aurait été qu'une droite horizontale, dresser une carte oro-hydrographique (Fig.1.8) du bassin et déterminer par planimétrage la fraction de la surface des bassins supérieure à 40 m d'altitude; celle comprise entre 20 et 40 m et celle inférieure à 20 m. Ces différentes superficies (%), par rapport à la surface totale des bassins versants (tabl.1.1), sont indiquées ci-dessous:

FIG 1.8

BIEN DE LA CASABANCA : ORO-HYDROGRAPHIE



LEGENDE







- |   |                             |   |                 |
|---|-----------------------------|---|-----------------|
|    | ALTIUDE<br>SUPERIEUR A 50 m |    | BOUCHE DE RIVER |
|   | DE 30 ET 40 m               |  | SOUS RIVER      |
|  | INFERIEUR A 30 m            |  | PRODIGE         |



Tableau 1.1 - Caractéristiques de forme des bassins versants.

Bassin	Surf. (A) km <sup>2</sup>	Pér. (P) km	Kc	Périm L (km)	équiv. l (km)
CASAMANCE A					
Fafakourou	700	112	1.19	36.8	19.0
Kolda	3700	276	1.28	101	36.6
Diana-Malari	4710	346	1.42	138	34.13
Ziguinchor	13860	609	1.46	249	55.7
PRINCIPAUX AFFLUENTS					
SOUNGROUGROU A :					
Diaroumé	2780	250	1.34	96.5	28.8
	4480	386	1.63	166	30.0
TIANGOL DIANGUINA A :					
Saré Sara	815	125	1.23	43.6	18.7
KHORINE A :					
Madina Abdoul	235	71	1.31	26.8	8.8
Madina Omar	385	103	1.48	42.4	9.08
SARE KOUTAYEL A :					
Saré Koutayel.	640	109	1.22	37.9	16.9
BANTANKOUTAYEL A :					
Saré Keita	190	50.2	1.03	18.1	10.5
MARIGOT DE BAILLA A :					
Katiack	1634	200	1.39	80	20.4
MARIGOT DE BIGNONA A :					
Bignona	306	70	1.128	17.5	17.5

- Marigot de Baïla (1634 km<sup>2</sup>): alt. > 20 m S = 49%
- Marigot de Bignona (306 km<sup>2</sup>)/ alt. > 20 m S = 89.1%
- Casamance à Ziguinchor (13860 km<sup>2</sup>) alt. 20 - 40m S = 32.3%
- alt. > 40 m S = 28.7%



### 2.2.2.2. PENTE

Dans le cas de la Casamance la faiblesse du relief ajouté à l'absence de cartes topographiques adéquates rendent impossible le calcul des indices de pente classiques (I<sub>g</sub> et I<sub>p</sub>).

Néanmoins nous avons déterminé pour chaque bassin à chacune des stations de contrôle la pente longitudinale (PL) moyenne ainsi que la pente transversale (PT) :

Casamance à Fafakourou (37 km) PL : 1,069 % PT = 0,923 %

Casamance à Kolda (97 km) : PL = 0,485 %  
Kolda - Fafakourou (60 km) PL = 0,167 %

Casamance à Diana-Malari (139 km) PL = 0,338 %

Tianguol Dianguina à Saré Sara (40 km) PL = 1,22 % PT = 1 %

Khorine à Madina-Abdou (22 km) PL = 1,62 % PT = 1,9%

Madina-Oumar (38 km): PL = 1,12 %

Madina-A, -Mad.O. (16 km) : PL = 0,438 % PT = 1,6%

Niampampo à Saré Koutayel (33 km) : PL = 1,23 %

Bantankoutayel à Saré Keita (16 km) : PL = 2,63 %

Soungrougrou à Missira (80 km) : PL = 0,413 %

" " Diaroumé (108 km): PL = 0,435 %

Marigot de Bignona (21 km) : PL = 0,917 %

Marigot de Baïla à Toukara: PL = 0.0125%

Cette faiblesse des pentes explique l'invasion profonde de la mer à l'intérieur du bassin. En effet la mer remonte le cours principal de la Casamance jusqu'à Diana Malari à 152 km de l'embouchure. Sur le Soungrougrou elle va jusqu'à Diaroumé à 130 km de l'Océan; sur le Baïla, affluent du Diouloulou, elle atteint Djibidione à 154 km de Diogué à l'embouchure.

### 3.- LES SOLS

Les sols de la Casamance ont fait l'objet de nombreux travaux ayant porté sur les différentes unités pédologiques qui se rencontrent sur le bassin mais aussi sur les processus qui régissent leur évolution (FAUCK, R, 1955, 1971; SAKHO, A.M., 1961; STAMESSE J.P., 1967; CHAUVEL A. 1977; VIEIL-

LEFON J. 1977; MARIUS Cl, 1955; AUBRUN A, 1988). De ces travaux il en est résulté des cartes pédologiques à différentes échelles. Actuellement, huit cartes pédologiques au 1/100.000 couvrant l'ensemble de la Casamance sont en cours de réalisation par Simon PEREIRA-BARRETO. il s'y ajoute une carte morphopédologique récente réalisée à partir de données Landsat pour le compte de la Direction de l'Aménagement du Territoire (DAT, 1986). Mains travaux ont également été publiés par l'équipe **Sols salés** de la Division Pédologie du centre ORSTOM de Dakar.

Nous évoquerons en premier lieu les types de sols que l'on rencontre dans le bassin versant et leur évolution récente avant de dégager le processus de la pédogenèse.

### **3.1. Les types de sols.**

L'esquisse pédologique de la Figure.1.9 est tirée de la carte pédologique au 1/1000.000 dressée par MAIGNIEN pour l'ensemble du Sénégal. On distingue trois unités principales :

#### **3.1.1. Les sols à sesquioxydes.**

Sous ce nom sont regroupés les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols ferrallitiques. Ces sols couvrent près de 80 % du bassin versant.

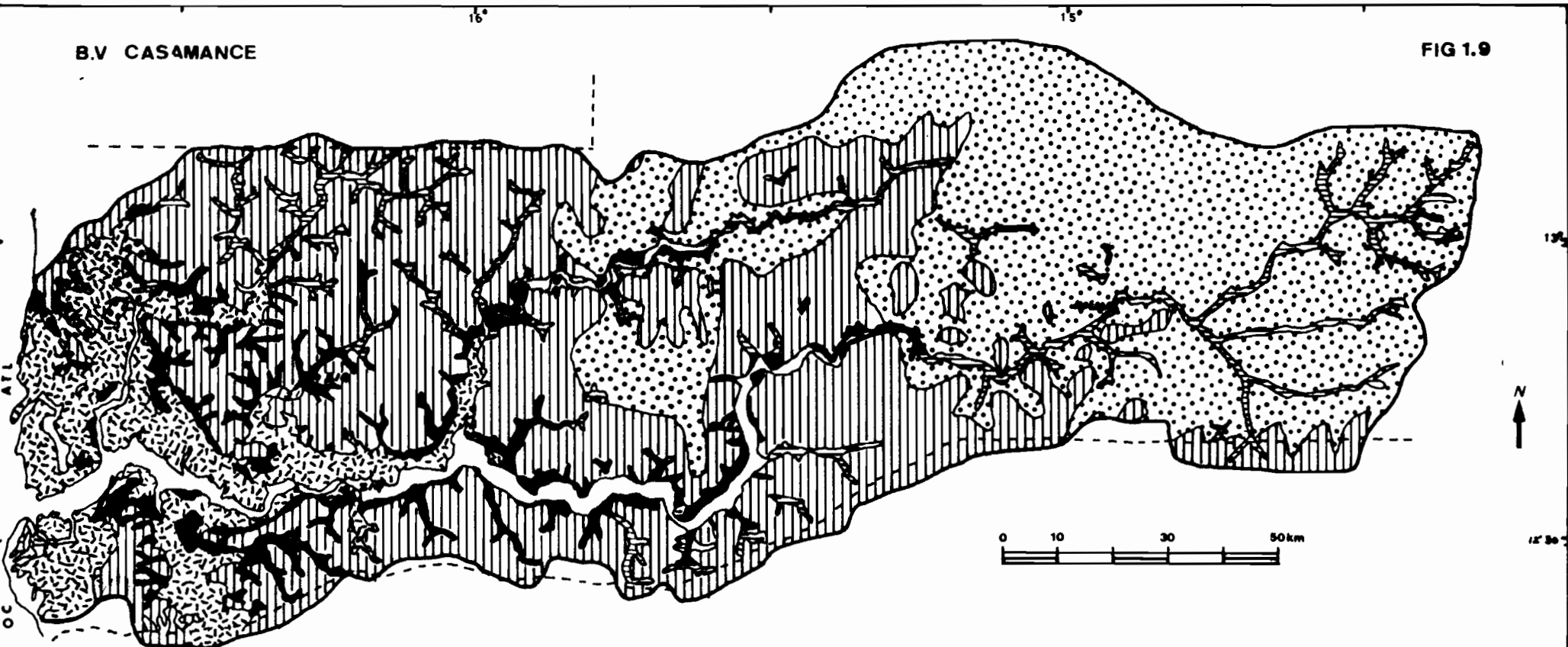
- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés (sols beiges) présents sur le bassin de la Casamance se caractérisent par la présence de concrétions et de cuirasses ferrugineuses fréquemment affleurantes. Ils représentent les phases ultimes du lessivage des sols ferrugineux tropicaux. Le concrétionnement puis le cuirassement sont provoqués par l'apparition de processus d'hydromorphie en raison des pluies (CHAUVEL et al, 1967/1969).







- Les sols ferrallitiques sur grès sablo-argileux. Ce sont les sols dits "terres de barre", ou encore sols rouges. Ils marquent le début de la ferrallitisation. La pédogénèse dans ce type de sols favorisent la prédominance de quartz de dimension moyenne par suite de phénomène de dissolution entraînant des exportations de silice (MILLOT et al , 1970).

#### **3.1.2. Les sols halomorphes**

Ces sols se caractérisent par leur richesse en sels solubles et en sodium échangeable. On distingue :

- Les sols intergrades hydromorphes humifiés sur alluvions argileuses qui se distribuent en arrière des vasières et des tannes dans le fond des vallées ou aux pieds de coteaux de "terre de barre". Ces sols sont très humides pendant la majeure partie de l'année.



-  SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVES SUR GRES SABLO-ARGILEUX
-  SOLS FERRALLITIQUES SUR GRES SABLO-ARGILEUX
-  SOLS HALOMORPHES SUR ALLUVIONS ARGILEUSES
-  SOLS HALOMORPHES SUR ALLUVIONS SABLEUSES
-  SOLS HYDROMORPHES SUR VASES MARINES
-  SOLS HYDROMORPHES SUR COLLUVIONS SABLEUSES

- Les sols halomorphes sur alluvions sableuses qui font partie des sols non lessivés à alcalis dont la caractéristique principale est l'accumulation importante des sels en surface. Ce sont les sols de tannes du Sénégal, sableux souvent encroûtés en surface, bariolés de taches rouilles en profondeur.

### 3.1.3. Les sols hydromorphes

Ces sols ont une évolution dominée par la présence dans le profil d'un excès d'eau qui peut provenir d'une nappe phréatique permanente (gley) ou d'un engorgement temporaire (pseudo-gley). Ces sols ont été étudiés en détail par MARIUS (1985) et VIEILLEFON (1977). On distingue :

- Les sols hydromorphes sur vases marines. Ce sont les sols de mangrove constitués par la sédimentation de colloïdes minéraux et organiques, entraînés par les eaux de ruissellement qui flocculent au contact de l'eau de mer. Ces sols occupent l'estuaire de la Casamance jusqu'au cours inférieur du Soungrougrou.

- Les sols hydromorphes sur colluvions sableuses. Ces sols jalonnent les vallées de la Casamance et ses affluents dans leur partie non influencées par la marée. Ce sont des sols de couleur noire souvent appelés "diors noirs".

### 3.2. Evolution récente des sols de Casamance.

L'évolution récente des sols de la Casamance est liée à la sécheresse actuelle qui a provoqué deux types de changements en Basse-Casamance :

- Du point de vue chimique :

\* augmentation considérable de la salinité des nappes et des sols. Des mesures de salinité aux différentes stations du Baïla et dans des piézomètres entre 1980 et 1983, donnent des taux 3 à 4 fois supérieurs au taux marin (DACOSTA H., 1983, OLIVRY J.C., DACOSTA H., 1984). L'apparition d'efflorescences salines est caractéristique de cette hypersalinisation.

\* baisse généralisée du pH dans les tannes vifs et les horizons profonds des mangroves (KALCK Y., 1978).

- Du point de vue minéralogique :

\* formation généralisée de gypse, minéral caractéristique des régions arides et inconnu en Casamance jusqu'en 1972.

\* Présence dans certains profils des tannes de racines silicifères (MARIUS C., 1985).

### 3.3. Genèse des sols de la Casamance.

La formation des sols dépend du substrat géologique, du modelé et du climat qui concourent à l'individualisation de différents types de sols. A ces trois facteurs s'ajoute un quatrième, l'influence maritime sur la Basse-Casamance qui amène à distinguer deux domaines, à la pédogenèse différente, sur le Bassin Versant de la Casamance :

- le domaine estuarien ou de mangrove
- le domaine du plateau du Continental terminal

#### 3.3.1. Le domaine estuarien.

De nombreuses études sur la pédogenèse dans ce domaine révèlent le rôle fondamental du soufre sous forme réduite auquel s'ajoutent les sels solubles. Le processus peut succinctement se résumer comme suit :

- formation de sulfures qui proviennent de la réduction des sulfates des sédiments marins (FRANCIS-BOEUF C., 1946 ; DEBYSER J., 1961 ; BERNER R.A., 1972) en présence de matières organiques, très fournies sous *Rhizophora* et *Avicennia*, sous l'influence de bactéries sulfato-réductrices ;

- réaction des sulfures ainsi formées avec le fer sous forme de goethite et d'hématite provenant des sols du Continental terminal par ferrallitisation (RICKARD J.T., 1973, MARIUS C., 1985) donnent des sulfures de fer dont la réaction avec les ions sulfures conduit à la formation de la pyrite ;

- oxydation de la pyrite entraînant l'acidification des sols, facteur-clé de l'évolution des sols de mangrove ;

- submersion fréquente des berges par la marée; forte rétention d'eau due à la matière organique mettent en place le processus de salinisation qui peut être directe (marée) ou indirecte (nappe phréatique alimentée par les marées en saison sèche).

C'est donc un matériau très organique, fibreux, riche en pyrites et en eau qui va évoluer par suite des modifications progressives du régime hydrique, de l'aération et la salinité vers la formation des sols de mangrove.

#### 3.3.2. Le domaine des plateaux.

Les matériaux du Continental terminal sont les roches-mères de ces sols et se caractérisent par le fait qu'ils ne contiennent que des minéraux

relativement résistants : quartz, kaolinite et sesquioxydes de fer accompagnés de faibles quantités de minéraux lourds. Nés d'une altération ferrallitique, ces matériaux dont les constituants sont stables et peu nombreux, ne peuvent être fortement affectés que par les processus de différenciation pédologique qui donnent la prépondérance aux phénomènes d'organisation et de réorganisation sur ceux de transformation chimique et minéralogique (CHAUVEL A., 1977). Et dans ces processus de différenciation, le drainage joue un rôle déterminant. On a donc en présence à la fois des éléments d'un squelette : le quartz, et ceux d'un plasma, défini par WACKERMANN J.M. (1966) et BOULET R., (1974) comme des particules trop fines pour qu'il soit possible de les déterminer optiquement, dont le constituant essentiel est la kaolinite. Les sesquioxydes de fer sont susceptibles de figurer, soit avec le quartz sous forme d'incrustations ou d'éléments figurés, soit avec la kaolinite sous forme de mélanges ou d'associations.

#### **4. - LA VEGETATION.**

La végétation constitue avec le relief, l'élément le plus déterminant des paysages du fait de son immobilisme apparent et de son action sur les facteurs physico-climatiques dont elle procède par ailleurs. C'est aussi avec le relief un des facteurs les plus importants du régime des cours d'eau d'où l'importance qu'elle revêt dans la compréhension des mécanismes hydrologiques d'un bassin versant.

Le bassin de la Casamance se caractérise par l'importance et la variété de sa couverture végétale qui représente la plus grande réserve forestière du Sénégal. Malheureusement, la pression anthropique et les effets de la sécheresse actuelle affectent gravement les formations en place. Aussi, après une description des différents types de formations végétales, nous tenterons d'évaluer quantitativement la dégradation des formations végétales.

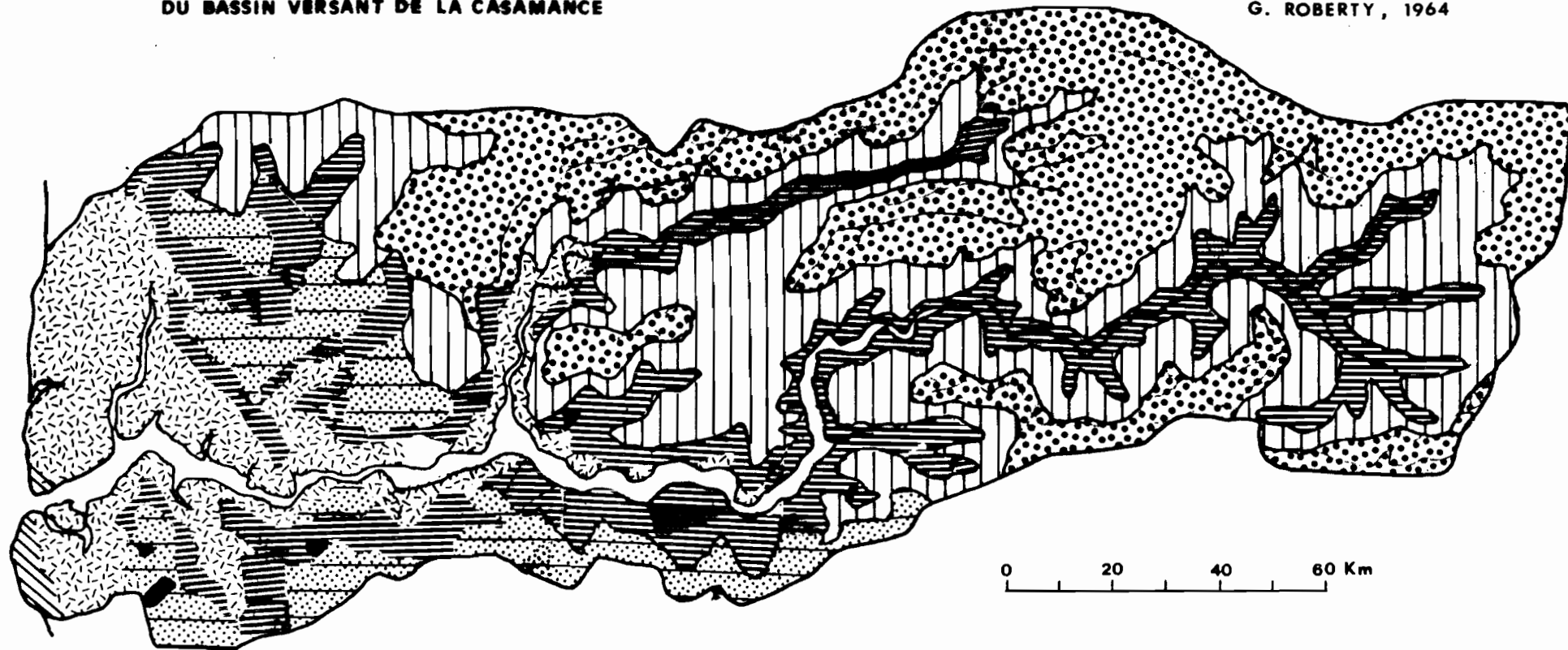
##### **4.1 - Les types de formations végétales.**

Le bassin de la Casamance fait partie des domaines phytogéographiques soudanien et guinéen (ADAM J.G., 1966). Mais compte tenu de la grande variété de paysages végétaux et de leur agencement, nous ne suivrons pas ce découpage dans la description des formations végétales. En partant de l'Ouest vers l'Est, nous décrirons les différentes unités de végétation dont la figure 1.10 tirée de la carte de ROBERTY (1964), montre la distribution.

Fig 1.10 CARTE DE LA VEGETATION

DU BASSIN VERSANT DE LA CASAMANCE

G. ROBERTY, 1964



0 20 40 60 Km



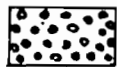
Palmeraie



Garenne littorale



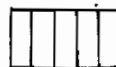
Mangroves et tannes



Savane très boisée



Forêt secondaire



Forêt claire



Forêt dense

#### 4.1.1. Formations sur dunes littorales.

Il s'agit d'un fourré qui colonise les dunes littorales le long du rivage de l'Atlantique. Les espèces dominantes sont *Malacantha alnifolia*, *Salacia senegalensis*, *Chrysobalanus orbicularis*, *Nauclea latifolia* et d'autres espèces moins communes. Le couvert ligneux est dense, de courte taille et presque impénétrable. Selon ADAM (1961), ce fourré devait constituer le sous-bois d'une forêt guinéenne dense.

#### 4.1.2. La mangrove et les tannes.

##### 4.1.2.1. La mangrove.

Dans cette unité, nous avons la mangrove proprement dite et les formations qui lui sont associées en arrière-plan : prairies marécageuses, vasières dénudées, zones de tannes.

La mangrove occupe l'estuaire de la Casamance ainsi que les zones soumises à la marée le long du cours inférieur de certains affluents (Diouloulou, Bignona, Soungrougrou et Kamobeul Bolon). Cette couverture végétale continue est composée de trois espèces appartenant à deux familles :

- Les Rhizophoracées (*Rhizophora racemosa* et *Rhizophora mangle*), poussant sur les berges des estuaires et les canaux.

- Les Verbénacées (*Avicennia africana*) qui se développent en arrière-plan des Rhizophoracées

Les prairies marécageuses et les vasières dénudées étaient récemment couvertes de mangroves qui ont succombé à cause de la sécheresse, de l'augmentation de la salinité et des feux ce qui a entraîné la formation de tannes. On y trouve un tapis herbacé composé de *Paspalum scrobiculatum*, *Paspalum vaginatum*, *Heleocharis mutata*, *Sesuvium portulacastrum*, *Scirpus maritimus*, etc...

##### 4.1.3.. La forêt dense humide.

Il s'agit des rares restes de forêt humide guinéenne sempervirens qui couvrait jadis la Basse-Casamance. On y relève une association hétérogène de grands arbres comme *Parinari excelsa*, *Erythrophlaeum guineensis*, *Anthocleista ssp.* *Albizia ssp.* Le sous-bois, composé d'arbres de moindre taille, contient nombre d'espèces soudanaises comme *Tetracera alnifolia*, *Saba senegalensis*, *Combretum micranthum*... etc. (SCHNEIDER A., SAMBOU K., 1982). Le tapis herbacé est mal développé sous cette formation.



#### 4.1.4. Forêt secondaire.

Elle dérive des forêts composées d'arbres à feuilles persistantes recouvrant jadis la plus grande partie de la Casamance. Les effets de l'intervention humaine (feux, coupe) et de la péjoration climatique a rendu sa physionomie hétérogène par la présence de zones de densités différentes. Les espèces caractéristiques sont : *Daniellia oliveri*, *Ceiba pentandra*, *Erythrophlaeum guineensis*, *Kaya senegalensis*, *Cola cordifolia*, *Parinari excelsa* et *Parkia biglobosa*.

Au sud de Ziguinchor et dans la région d'Oussouye, on note la présence massive d'*Elaeis guineensis* due à une préservation sélective. Dans les sous-bois, on relève de nombreuses espèces de *Combretum*, *Uvaria chamae*, *Lannea acida*, *Afromosia laxiflora*... etc.

#### 4.1.5. Forêts claires sèches.

Cette formation soudano-guinéenne domine sur les plateaux bordant immédiatement le cours de la Casamance et son affluent le Soungrougrou jusqu'à leur confluence. On la retrouve sur les plateaux du nord de la Basse-Casamance et dans le sud-ouest de la Gambie. Les espèces dominantes et les plus communes sont *Cordia pinnata*, *Bombax costatum*, *Parkia biglobosa*, *Combretum nigricans*, *Daniellia oliveri*, *Terminalia macroptera*, *Detarium senegalensis*.

Le sous-bois est en général très hétérogène. En plus des jeunes pousses des espèces précitées, on y trouve *Lannea velutina*, *Saba senegalensis*, *Cassia suberiana*, *Hanea indulata*... etc (BOULET R. et al, 1970).

#### 4.1.6. Savane arborée anthropique.

Cette savane résulte du déboisement des forêts couvrant les plateaux et vallées en vue de la culture. Cette formation longe la Casamance et ses affluents et correspond à des champs en jachère, en friche ou en culture dans lesquels de nombreux arbres de grande taille ont été sélectivement conservés. Les espèces dominantes sont *Elaeis guineensis* (à l'Ouest de Ziguinchor), *Parkia biglobosa*, *Kaya senegalensis*, *Daniellia oliveri*, *Terminalia macroptera*, *Adansonia digitata*.

#### 4.1.7. Savane très boisée.

Cette formation varie d'une savane très boisée à une forêt claire sèche et couvre les parties supérieures du plateau du Continental terminal. Malgré la variation de la composition floristique dans l'espace (importants groupements denses de *Oxyténanthera abyssinica* dans le bassin en amont de Kolda, dans l'étage arbustif). Les arbres dominants sont *Bombax costatum*, *Cordia pinnata*, *Terminalia macroptera*, *Daniellia oliveri*, diverses espèces de *Combretum*, *Lannea*, ...etc

On remarque, qu'à l'exception du domaine particulier de la mangrove, les autres unités de végétation se distinguent plus les unes des autres par la densité des formations que par leur composition floristique souvent complexe.

#### **4.2 - Dégradation du couvert végétal.**

L'étude du domaine de la mangrove (VIEILLEFON J., 1977 ; MARIUS C., 1985) et l'analyse multitemporelle de l'imagerie Landsat sur la Casamance (DAT, 1986), ont mis en évidence des modifications radicales de la couverture végétale, modifications qui se poursuivent d'ailleurs à l'heure actuelle. A défaut d'une évaluation quantitative de cette dégradation, nous livrons ci-dessous, les estimations basées sur les données satellitaires exploitées par la Direction de l'Aménagement du Territoire. Cette dégradation est essentiellement liée à deux causes : la sécheresse et les activités humaines.

##### **4.2.1 La sécheresse.**

Ses effets ont été plus sensibles en Basse-Casamance notamment dans le domaine de la mangrove. MARIUS C. et al (1986) lui attribue la disparition quasi définitive des Rhizophora, remplacés par l'association Avicennia-Sesuvium. On note aussi la disparition des graminées comme Scirpus littoralis, Philoxerus et Paspalum au profit de Sesuvium. Il en est résulté une extension considérable des tannes vifs aux dépens de la mangrove. Les effets de la sécheresse sur la végétation des plateaux sont relativement modérés, la dégradation du couvert végétal étant principalement due aux activités humaines.

##### **4.2.2. Effets des activités humaines sur le couvert végétal.**

Le développement croissant des activités agricoles, avec la mise en place de diverses sociétés de mise en valeur (P.R.S ; P.D.A.C ; SODAGRI ; SODEFITEX ; SOMIVAC) et l'introduction de nouvelles productions de rente ont entraîné une augmentation des surfaces cultivées :

- En Haute et Moyenne Casamance, les cultures sous pluies ont augmenté de 20 à 50 % entre 1972 et 1979. Pendant ce même temps les forêts de plateaux ont reculé de 10 à 15 % au profit des zones cultivées

- En Basse Casamance, on retrouve ce même taux de recul pour les forêts de plateaux et les forêts secondaires pour une croissance de 15 % des zones cultivées.

- la riziculture traditionnelle est l'une des causes de la diminution des surface couvertes de mangrove. En effet, la salinisation des sols a entraîné l'abandon d'anciennes rizières et l'aménagement de nouvelles sur

la zone à *Avicennia*. Il en est résulté la destruction d'au moins 28 % de la mangrove entre 1967 et 1982 (BLASCO F. 1983 ; VANDEN BERGHEN, 1984).

- La construction de barrages anti-sel a provoqué en amont dans une large mesure la mort de tous les palétuviers. Et il est probable que le même sort est réservé à la mangrove des marigots de Bignona avec la mise en service prochaine du barrage anti-sel d'Affiniam.

Ces quelques remarques sur la dégradation du couvert végétal montre la nécessité d'évaluer le recul de la végétation sur la base de données satellitaires couvrant toute la période de la sécheresse.

### 5. Les activités humaines :

Les populations casamançaises sont constituées essentiellement d'agriculteurs et à ce titre, font partie intégrante du complexe biogéographique au sein duquel elles agissent sous deux plans fondamentaux qui retiennent l'attention de l'aménageur :

- celui de la maîtrise de l'eau et de son aménagement

- celui de la modification des équilibres naturels qu'elles créent par leur intervention dans le milieu.

Ces activités agricoles se répartissent dans l'espace comme suit :

- zones de plateau et savanes : association de diverses productions : arachide, mil, sorgho, coton, riz pluvial

- Bas-fonds, notamment en Basse-Casamance, riziculture inondée.

Il faut signaler l'extension sans précédent de l'espace cultural ces dernières années en Moyenne et Haute Casamance en particulier.

## **CHAPITRE DEUX**

### **LE CLIMAT**

Dans ce chapitre, nous aborderons la composante climatique du bassin de la Casamance qui, à bien des égards, présente des particularités dans l'ensemble sénégalais, de par sa position géographique, la pénétration profonde des eaux marines et la trajectoire des flux d'air.

Après l'étude des paramètres climatiques que sont les températures, l'humidité relative, l'insolation, l'évaporation et l'évapotranspiration, nous aborderons la division climatique du bassin versant.

L'étude des précipitations et leurs mécanismes fera l'objet de la deuxième partie de notre travail.

## **1 - Etude des principaux paramètres climatologiques.**

Les paramètres étudiés ici sont les températures, l'humidité relative, la tension de vapeur, l'insolation, les vents, l'évaporation et l'évapotranspiration aux stations de Ziguinchor, Kolda et Séfa. Leur évolution et leur distribution résultent de la conjonction de trois facteurs :

- Facteur cosmique du fait du mouvement zénithal du soleil qui, commande l'évolution annuelle des températures et partant, celle des autres paramètres (humidité, évaporation et évapotranspiration).

- facteur météorologique lié aux caractéristiques thermiques propres aux masses d'air dont la circulation est déterminée par les centres d'action et les perturbations desquels dépendent la nébulosité et les pluies qui influent sur l'insolation et les températures.

- facteur géographique qui s'exprime à la fois par les courants marins, le relief (influence insignifiante en Casamance) et la continentalité c'est-à-dire l'éloignement par rapport à la mer, avec pour conséquence, l'augmentation des températures, de l'amplitude thermique, la diminution de l'humidité.

Ces trois facteurs exercent une grande influence sur le climat en Casamance.

### **1.1. Les températures.**

Les valeurs caractéristiques mensuelles et annuelles des trois stations sont consignées dans le tableau 1.2 où :

- Tx est la moyenne mensuelle des températures maximales journalières

- TN est la moyenne mensuelle des températures minimales journalières

- TM désigne la température moyenne mensuelle

Tx-TN est l'écart diurne moyen mensuel.

La figure 1.11 montre une variation mensuelle bimodale les Tx, TN et TM, avec des maxima principaux et secondaires apparaissant respectivement

en juin et octobre (Ziguinchor) ; mai et octobre pour Séfa et Kolda, tandis que les minima principaux se situent en décembre-janvier pour toutes les stations.

L'apparition des maxima et minima principaux est liée au mouvement zénithal du soleil qui, en domaine tropical, consacre un maximum en été et un minimum en hiver.

En revanche les maxima et minima secondaires sont fonction des conditions météorologiques (nébulosité, humidité) pendant la saison des pluies.

Tableau 1.2 - Températures moyennes mensuelles (°C) à Ziguinchor, Kolda et Séfa.

Station		J	F	M	A	M	J	Jt.	A	S	O	N	D	Année
ZIGUINCHOR	TM	24.3	25.9	27.3	28.0	28.2	<u>28.4</u>	27.2	26.7	27.0	<u>27.8</u>	26.9	24.3	26.8
16°16' W	TX	32.9	35.2	36.9	<u>37.0</u>	35.6	33.6	31.4	30.5	31.3	32.7	<u>33.3</u>	32.0	33.5
12'33 N	TN	15.7	16.6	17.8	19.0	21.2	23.1	23.1	23.0	22.8	22.7	21.0	16.7	20.2
	TX-TN	17.2	18.6	18.2	18.0	14.4	10.5	8.3	7.5	9.0	10.0	12.3	15.3	<u>13.3</u>
KOLDA	TM °C	23.7	26.6	28.3	30.7	<u>31.4</u>	28.9	27.7	27.0	26.4	<u>27.7</u>	26.3	24.4	27.4
14°58 W	TX °C	34.5	37.1	39.3	<u>40.0</u>	39.5	35.7	32.4	31.2	31.7	33.2	<u>34.4</u>	32.0	35.1
12°53 N	TN °C	13.4	16.0	18.9	21.5	23.4	23.8	22.9	22.9	22.6	22.1	18.4	13.9	21.0
	TX-TN °C	21.1	21.1	20.4	18.5	16.1	11.9	9.5	8.3	9.1	11.1	16.0	18.1	<u>14.1</u>
SEFA	TM °C	24.6	26.5	28.7	29.8	<u>29.9</u>	28.9	27.1	26.5	26.5	<u>27.0</u>	26.2	24.2	27.1
12°47' N	TX °C	33.9	36.3	38.3	<u>38.9</u>	38.0	34.9	31.5	30.7	31.1	32.3	<u>33.4</u>	32.8	34.3
15°53 W	TN °C	15.4	16.7	19.0	20.6	21.8	23.0	22.7	22.4	22.0	21.7	19.0	15.6	20.0
	TX-TN °C	18.5	19.6	19.3	18.3	16.2	11.9	8.8	8.3	9.1	10.6	14.4	17.2	<u>14.3</u>

Mais un examen approfondi du tableau 1.2 montre les particularités thermiques du bassin de la Casamance:

\* La station de Ziguinchor.

Au niveau mensuel, la variation des températures moyennes semble dépendre beaucoup plus de la variation des températures minimales. En effet, leur maximum qui survient en juin, se produit avec deux mois de retard par rapport à celui des températures maximales. Par contre, le second maximum de Tm et TN se produit avec un mois d'avance sur celui des Tx.

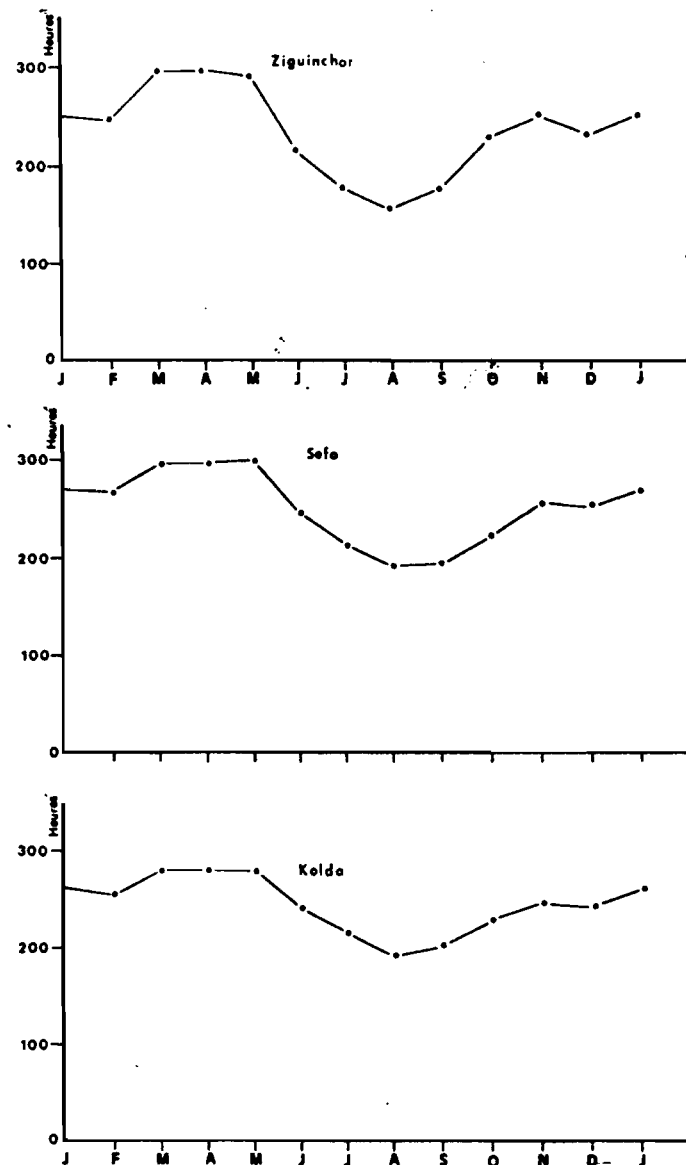
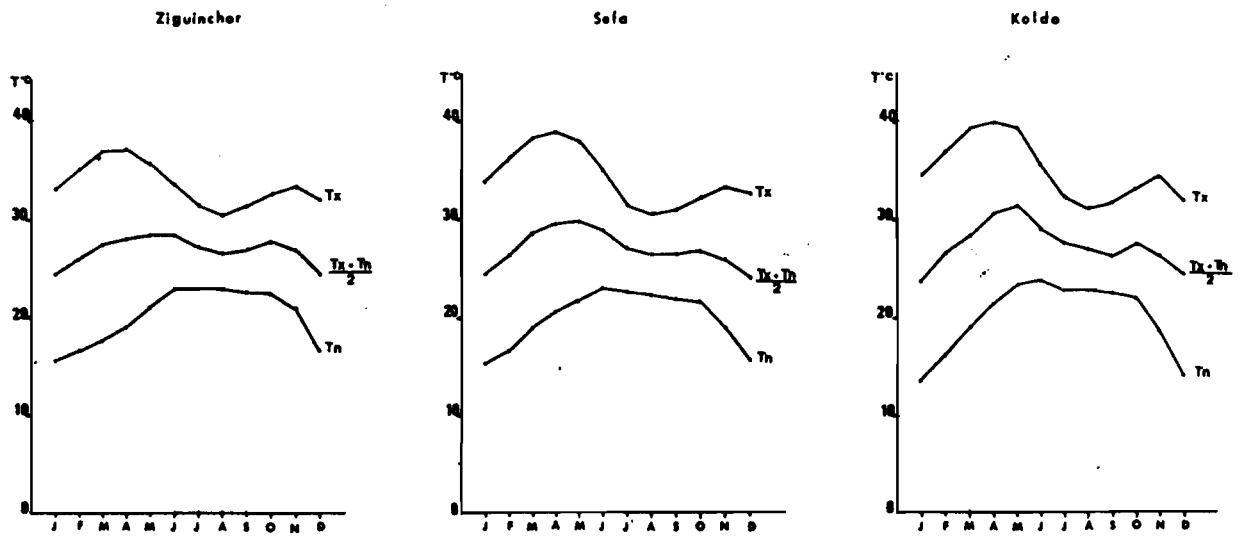


Figure 1.12 - Durée moyenne mensuelle de l'insolation à Ziguinchor, Séfa et Kolda.

La température moyenne annuelle est de 26,8°C avec une amplitude thermique annuelle de 4,1°C.

La moyenne des Tx est de 33,5°C et celle des TN 20,2°C soit un écart diurne de 13,3°C, le plus fort écart se situant en février avec 18,6°C.

\* Les stations de Séfa et Kolda.

La variation des températures moyennes mensuelles dépend de celle des Tx. Mais on remarque que les maxima principaux des Tx, TN et TM surviennent avec un mois de décalage, les Tx en premier suivies de TM, alors que le maximum secondaire de TN et TM survient un mois avant celui des Tx.

La température moyenne annuelle est de 27,1°C à Séfa et 27,4°C à Kolda avec une amplitude annuelle respective de 5,7°C et 7,7°C, relativement faible mais plus élevée qu'à Ziguinchor.

Cette faiblesse se retrouve aussi dans l'écart diurne : 14,3°C à Séfa et 14,1°C à Kolda, plus élevée aussi qu'à Ziguinchor.

On constate ainsi que dans le bassin de la Casamance d'une manière générale, la variation des températures moyennes annuelles est très faible, la différence notable se situant sur les amplitudes annuelles qui traduisent l'existence d'un gradient thermique en fonction de la distance à la mer.

## 1.2. Insolation.

La mesure de ce paramètre climatique remonte à 1951 pour les stations de Ziguinchor et Kolda à 1951 et à 1968 pour celle de Séfa. Depuis 1975, ce paramètre est observé à la station de bioclimatologie de Djibélor, à Ziguinchor. Des observations épisodiques ont été faites à Djibidione (Marigot de Baïla) en 1979/1980.

Nous n'avons retenu que trois stations : Ziguinchor, Séfa et Kolda pour leur bonne situation dans le bassin. Les moyennes mensuelles et annuelles (en heures) pour les trois stations sont consignées dans le tableau 1.4 . Ces stations totalisent en moyenne 2820 heures d'ensoleillement par an.

La figure 1.12 présente la variation de la durée moyenne mensuelle de l'insolation, en heures, au cours de l'année. Cette figure révèle l'existence de :

- deux maxima principal et secondaire respectivement en mai et novembre
- deux minima principal et secondaire respectivement en août et décembre.

Si les deux maxima sont liés au mouvement zénithal du soleil, par contre, la chute de l'insolation, avec un minimum en août s'explique par l'importance de la nébulosité pendant les mois d'hivernage.



Tableau 1.3: Durée moyenne de l'insolation mensuelle et journalière(en heures).

Stations	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total année
(1951/1986) Ziguinchor	251	248	294	296	291	213	177	154	173	228	250	230	2805
h/j	8.1	8.8	9.5	9.8	9.4	7.1	5.7	5.0	5.7	7.3	8.3	7.4	
(1951/1986) Kolda	260	254	279	279	279	241	214	190	201	232	246	242	2638
h/j	8.4	9.0	9.0	9.3	9.0	8.0	6.9	6.1	6.7	7.5	8.2	7.8	
(1968/1983) Séfa	269	268	296	296	299	245	214	192	194	233	256	254	3016
h/j	8.7	9.5	9.5	9.9	9.6	8.1	6.9	6.2	6.4	7.8	8.5	7.9	
(1979) Djibidione	245	272	279	297	310	231	229	208	216	232	267	248	3034
h/j	7.9	9.4	9.0	9.9	100	7.7	7.4	6.7	7.2	7.7	8.9	8.0	

### 1.3. Humidité relative et tension de vapeur.

L'humidité de l'air s'exprime par le degré hygrométrique ou humidité relative et la tension de vapeur d'eau qui y est contenue.

L'humidité relative (%) est définie comme le rapport de la tension de vapeur  $e$  de l'air ambiant à la tension de vapeur saturante  $e_w$ , en fonction de la température et de la pression de l'air:

$$U \% = 100 \frac{e}{e_w}$$

Les deux paramètres, humidité relative et tension de vapeur, étant utilisés respectivement dans le calcul de l'évapotranspiration Turc et Penman nous indiquons leurs valeurs moyennes mensuelles dans le tableau 1.3 (humidité relative en % et tension de vapeur en millibars) aux stations de Ziguinchor, Séfa et Kolda.

La figure 1.13 montre une variation unimodale de l'humidité relative, avec le maximum en août et le minimum en février-mars.

A Ziguinchor, l'humidité relative est supérieure à 50 % toute l'année et atteint son maximum (84 %) en août (maximum de la couverture nuageuse et

Figure 1.13 - VARIATIONS DES HUMIDITÉS RELATIVES A TROIS STATIONS DU BASSIN VERSANT DE LA CASAMANCE

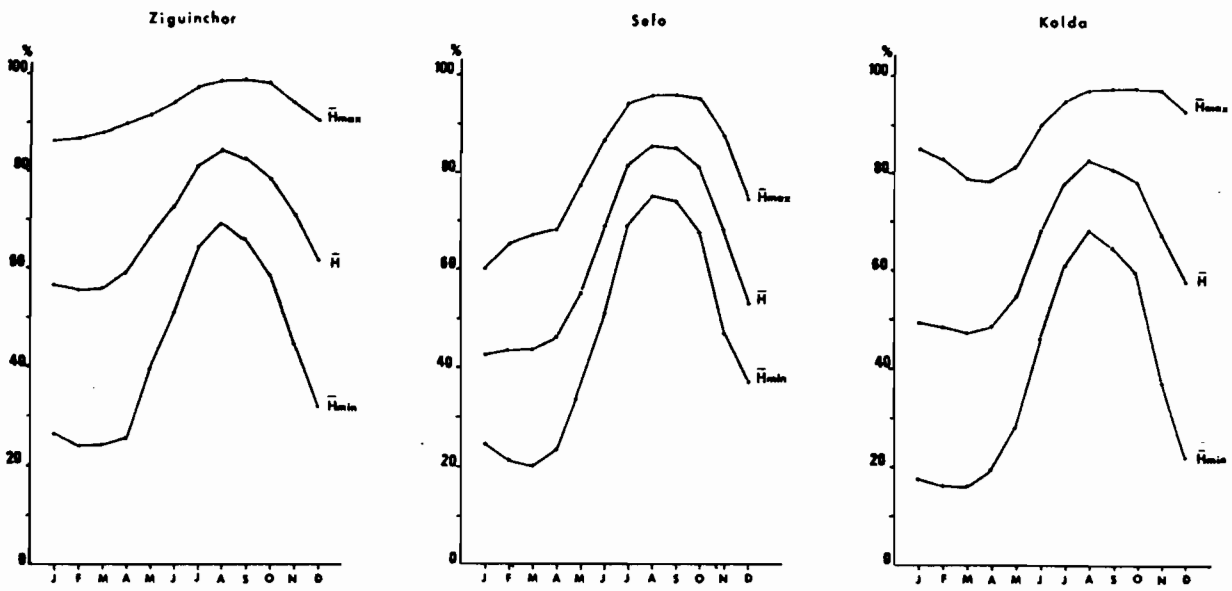
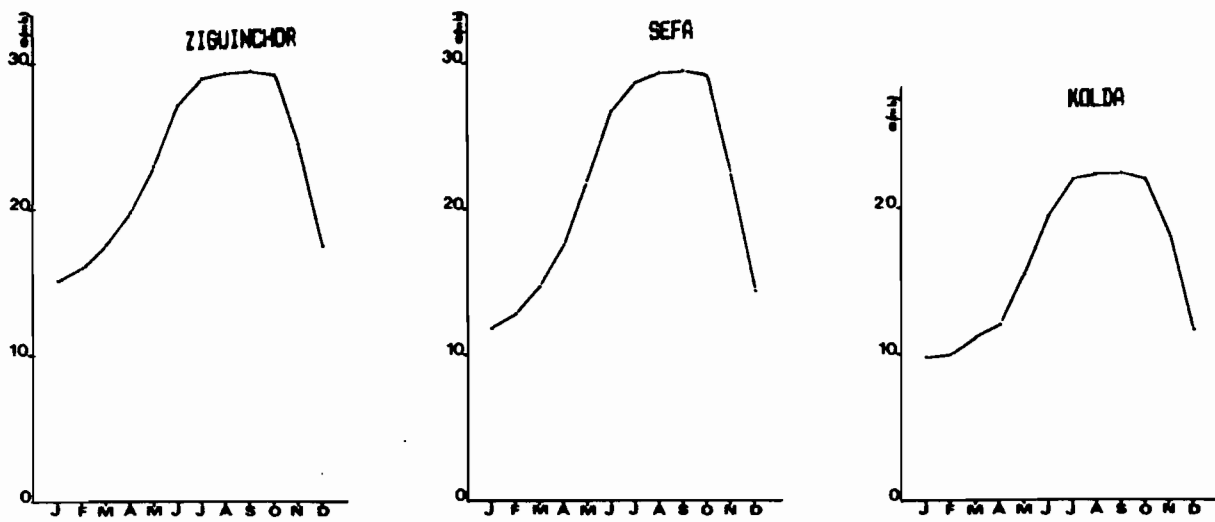


Figure 1.14 - Variations de la tension de vapeur à Ziguinchor, Séfa et Kolda.



des précipitations). Par ailleurs, l'humidité relative minimale, dès le mois de juin jusqu'en octobre est supérieure à 50 %

En revanche, à Séfa et Kolda, l'humidité relative ne dépasse 50 % qu'entre mai et décembre.

L'amplitude annuelle des variations mensuelles de l'humidité relative augmente d'aval en amont : 28 à Ziguinchor ; 35 à Séfa et 43 à Kolda.

Pour l'ensemble du bassin de la Casamance, l'humidité moyenne annuelle est supérieure à 60 %

Cette évolution de l'humidité relative est liée aux précipitations et à la nébulosité qui, tout en abaissant la température, contribue à élever la tension de vapeur d'eau dans l'air.

Si la variation de la tension de vapeur (fig.1.14) est similaire à celle de l'humidité relative, en revanche on observe, pour le maximum, un palier entre Août et Octobre que le minimum se situe en Janvier pour toutes les stations.

Les valeurs très élevées de la tension de vapeur entre Juin et Octobre sont liées à la forte teneur de l'air en vapeur d'eau, véhiculée par le flux de mousson.

Tableau 1.4: Humidités relatives moyennes mensuelles (%) et tension de vapeur(mb) à Ziguinchor, Kolda et Séfa.

Stations		J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	An .
Ziguinchor	Hum.max.	86.1	86.8	87.9	89.6	91.5	94.1	97.4	98.4	98.6	98.1	94.1	90.4	92.7.
	Hum.min.	26.4	23.8	23.8	25.7	89.7	50.9	64.4	69.2	66.0	58.4	44.6	31.8	43.7.
	-H	56.5	55.6	55.7	59.1	66.3	72.7	81.0	84.0	82.5	78.7	71.2	61.4	68.7.
	e	15.1	16.0	17.6	19.8	23.1	27.2	29.0	29.4	29.5	29.2	24.5	17.4	23.1
Séfa	Hum.max.	60.2	65.5	66.9	68.4	77.4	86.6	94.0	95.7	95.8	95.1	88.4	74.0	80.7.
	Hum.min.	24.8	21.2	20.3	23.7	33.4	50.4	68.9	75.2	74.0	67.5	47.3	31.9	44.9.
	-H	42.5	43.3	43.6	46.0	54.9	68.5	81.5	85.4	84.9	81.3	67.8	52.9	62.8.
	e	9.8	9.7	11.2	12.0	15.5	19.3	22.0	22.3	22.2	22.1	18.1	11.6	16.3
Kolda	Hum.max.	84.9	83.2	79.1	78.6	81.5	90.0	95.0	97.4	97.6	97.7	97.3	93.0	89.4.
	Hum.min.	17.5	16.1	15.9	19.2	28.1	46.0	60.8	68.1	64.8	59.4	37.1	22.1	38.6.
	-H	51.2	49.6	47.5	48.9	54.8	68.0	77.9	82.7	81.2	78.5	67.2	57.5	64.0.
	e	11.9	12.8	14.7	17.5	22.0	26.7	29.3	28.6	29.4	29.1	22.3	14.3	21.6

\* e : tension de vapeur, en millibars.

#### 1.4 Les vents - directions et vitesses moyennes.

Cette analyse concerne uniquement les vents de surface. Le direction et la vitesse moyennes du vent dépendent de la circulation générale de l'atmosphère et de la puissance des flux. Les conditions générales de cette circulation sont régies par deux cellules anticycloniques permanentes centrées sur l'Océan Atlantique:

- au nord l'anticyclone des Açores (associé en hiver à un anticyclone et en été à une dépression thermique. Ces deux cellules semi-permanentes sont centrées sur le Sahara.)

- au sud l'anticyclone de Sainte Hélène.

La circulation est entièrement définie par la lutte d'influence entre les deux cellules dont les hémisphères météorologiques sont délimitées par le Front intertropical (FIT) ou la Zone Intertropicale de Convergence (ZIC) qui est l'axe des basses pressions intertropicales.

C'est ainsi qu'en hiver boréal l'anticyclone des Açores, relié à la cellule saharienne par une dorsale anticyclonique, impose un flux d'alizé de direction nord-ouest à nord-est. La figure 1.15 présente les directions moyennes des vents au cours de l'année à Ziguinchor et Kolda. Elle montre que dès le mois d'Octobre le flux d'alizé s'installe sur l'ensemble du bassin. A ziguinchor à partir de Novembre jusqu'à Février le quadrant Nord à Est domine la circulation. De Mars à Mai l'alizé maritime de direction Nord-ouest prédomine à Ziguinchor.

A la station de Kolda, dès Octobre les vents de direction Nord à Nord-est sont plus fréquents et ce jusqu'en Mars. En Avril et Mai les fréquences s'équilibrent avec une légère domination du Nord-est en Avril et de l'Ouest en Mai.

En été boréal la remontée vers le nord de l'anticyclone des Açores et du Front intertropical sous la poussée de l'anticyclone de Sainte Hélène entraîne la pénétration du flux de mousson, de direction Sud à Sud-ouest.

Ainsi de Juin à Septembre le quadrant Sud à Ouest "régle" la circulation du vent avec en moyenne près de 80 % des directions.

La vitesse moyenne du vent de surface est variable d'un mois à un autre et d'Ouest en Est (fig.1.16). A Ziguinchor les vitesses de surface augmentent régulièrement de Janvier à Mai (maximum moyen mensuel avec 3 m/s), puis elles décroissent jusqu'à 1,2 m/s en Novembre. On constate la même évolution à Séfa et Kolda. A cette dernière station les vitesses sont relativement faibles. Le tableau 1.5 regroupe les vitesses moyennes mensuelles des trois stations.

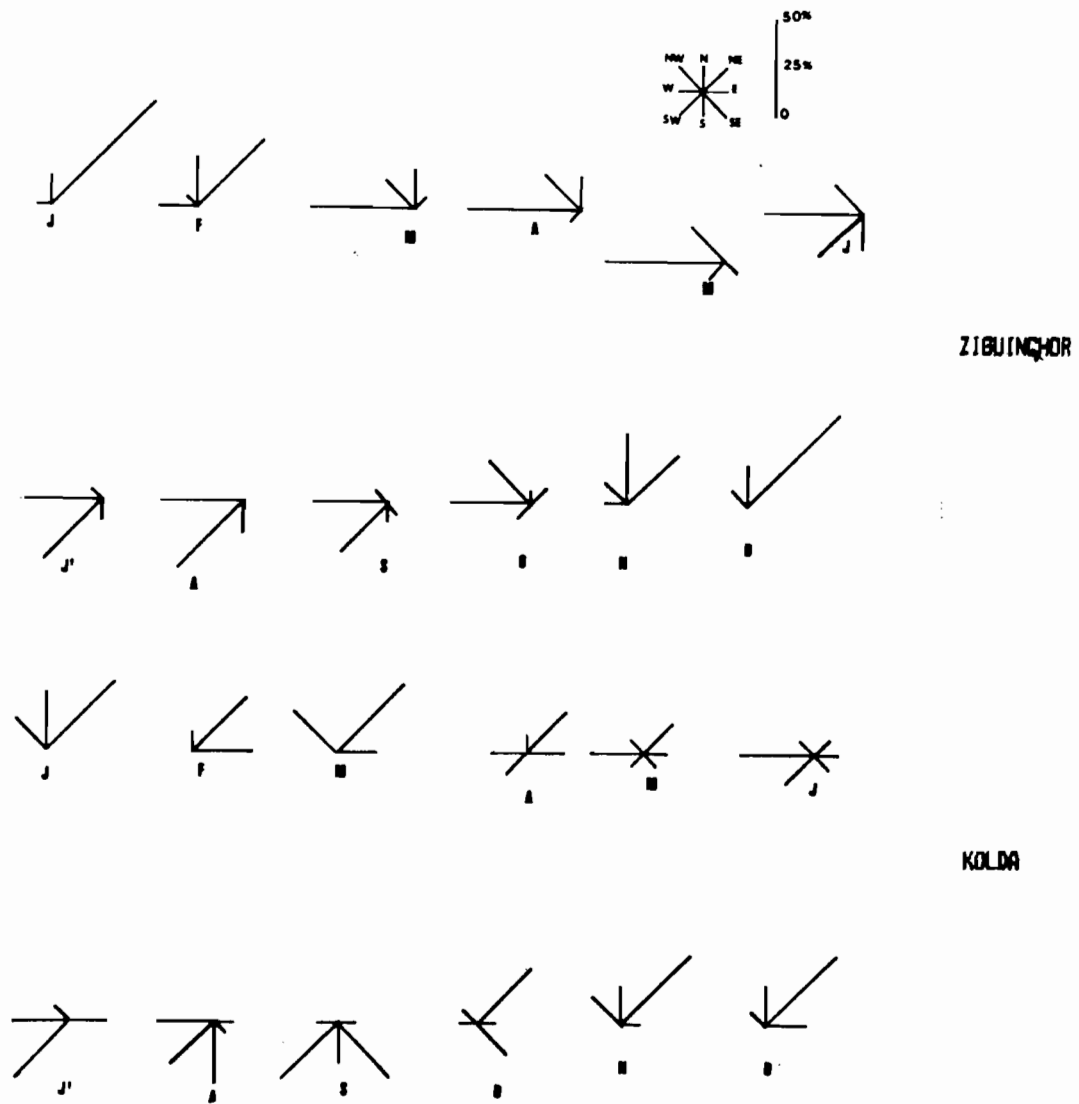


Figure 1.16 - Vitesse moyenne mensuelle du vent à Ziguinchor, Séfa et Kolda.

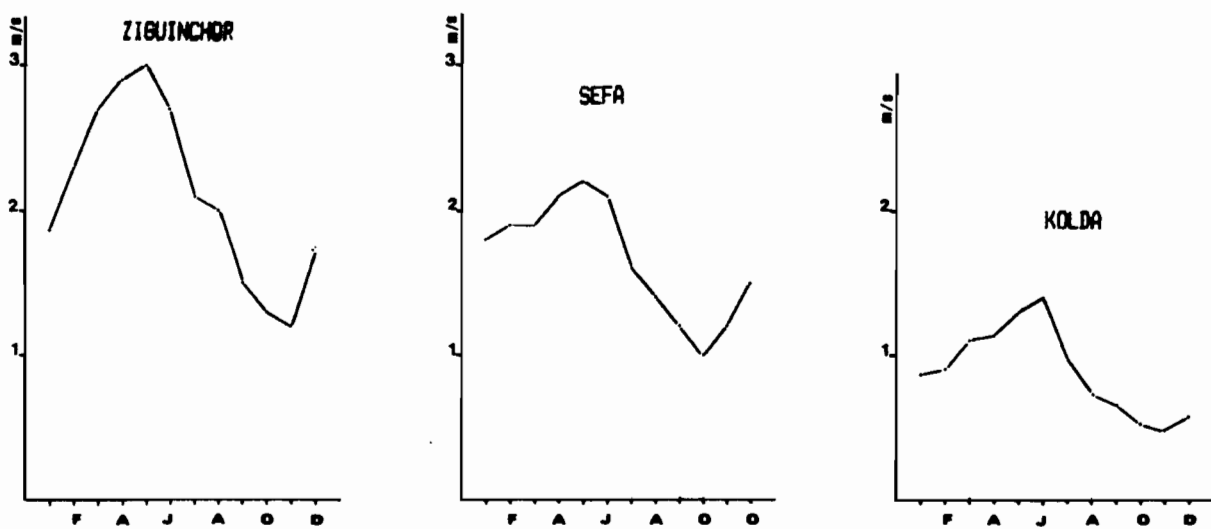


Tableau 1.5 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (en m/s) de surface à Ziguinchor, Séfa et Kolda.

Stations	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Ziguinchor 1961-1983	1.9	2.3	2.7	2.9	3.0	2.7	2.1	2.0	1.5	1.3	1.2	1.7
Séfa 1968-1983	1.8	1.9	1.9	2.1	2.2	2.1	1.6	1.4	1.2	1.0	1.2	1.5
Kolda 1961-1983	0.86	0.90	1.1	1.13	1.3	1.4	0.98	0.73	0.65	0.52	0.47	0.57

### 1.5 L'évaporation réelle et l'évapotranspiration potentielle.

L'évaporation réelle (Piche) est observée dans trois stations : Ziguinchor et Kolda (Météorologie Nationale) et Séfa (ISRA). Dans les trois stations, le maximum de l'évaporation réelle se situe au mois de mars et le minimum en septembre.

Les valeurs de l'évaporation Piche des mois de janvier à mai nous semblent trop fortes. Mais nous n'avons pas trouvé une explication à cela, d'autant plus que l'évolution de l'évaporation par Bac A est la même (fig.17).

L'évapotranspiration potentielle (ETP) a été calculée suivant les formules de Turc et de Penman. BROCHET et GERBIER (1974) donnent ces deux formules et une procédure détaillée pour calculer l'ETP.

La comparaison des deux estimations révèle des différences sensibles durant les mois secs (janvier - Mai) à Ziguinchor et Kolda.

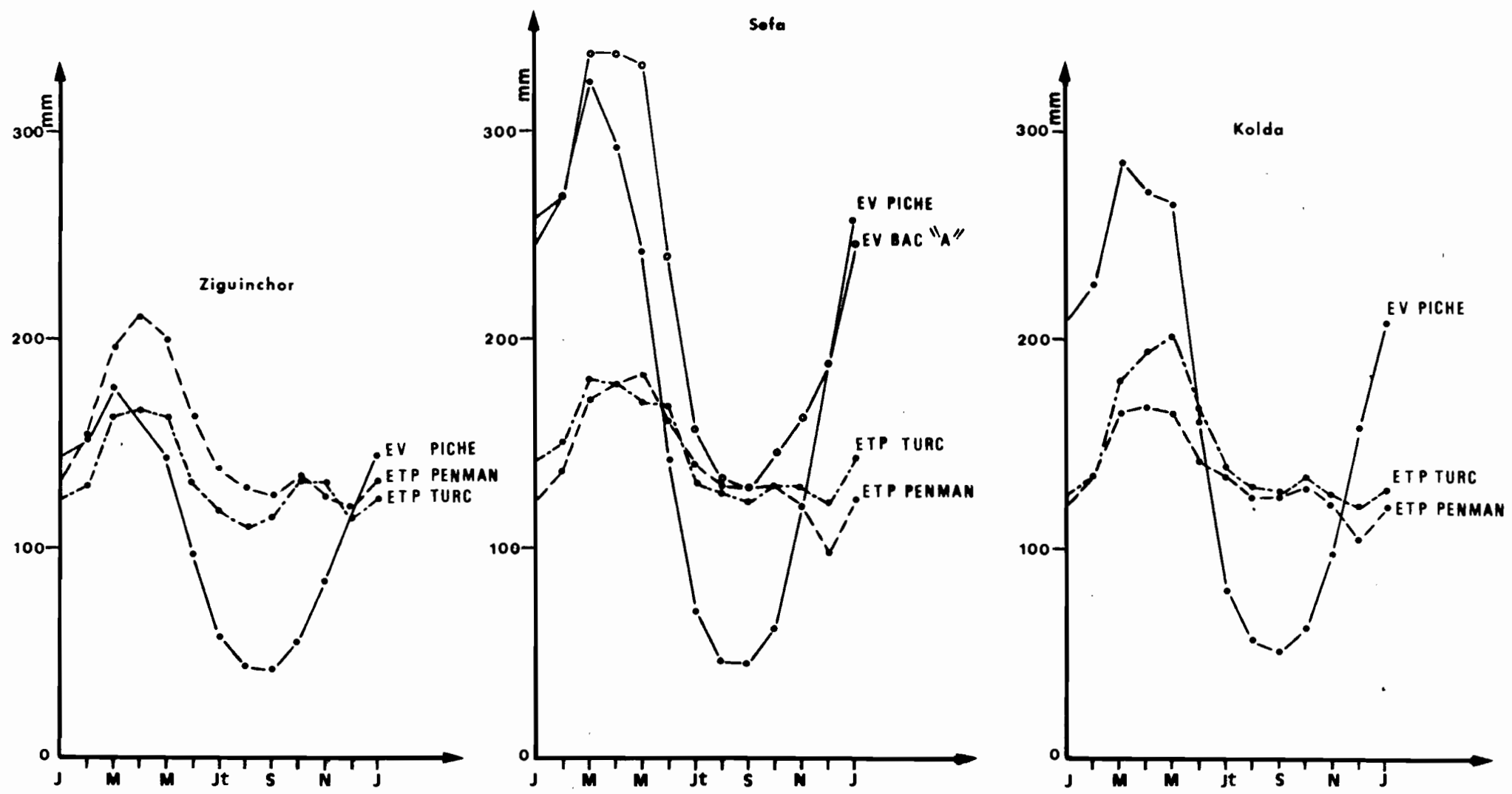
Ces différences s'expliquent par le fait que la formule de Turc ne prend en compte que trois paramètres ( $T^{\circ}\text{C}$ , insolation et radiation solaire globale) de très faible variation en milieu tropical. Elle sous-estime par conséquent l'ETP comparativement à la formule de PENMAN qui, en plus des paramètres précités, intègre, la tension de vapeur d'eau, l'albédo et la vitesse du vent dans l'estimation de l'ETP.

Pendant l'hivernage, les valeurs de l'ETP calculées suivant les deux méthodes, sont très voisines et largement supérieures à l'évaporation Piche dont les valeurs ne sont pas représentatives, les conditions optimales étant réunies pour le fonctionnement biologique des plantes.

Dans le tableau 1.6 sont consignées les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation Piche et l'ETP Turc et Penman pour les trois stations. Le tableau 1.5 présente l'évaporation moyenne mensuelle du Bac classe "A" à Séfa et Djibélor.

Si ces valeurs ponctuelles d'ETP donnent une idée de la variation de ce paramètre, leur généralisation à l'ensemble du bassin versant de la Casamance peut être hasardeuse. En effet, POUYAUD (1986) a montré que, dans l'étude de l'évaporation et partant de l'évapotranspiration, la superficie de la nappe évaporante, sa profondeur, sa forme et son orientation par rap-

FIG.1.17 VARIATIONS MENSUELLES DE L'EVAPORATION ET DE L'EVAPOTRANSPIRATION A TROIS STATIONS DU BASSIN VERSANT DE LA CASAMANCE



port aux vents dominants, jouent un rôle de premier plan. L'orientation du réseau hydrographique de la Casamance et plus particulièrement des marigots par rapport à l'advection, variable en intensité et en direction d'un mois à l'autre, fait de ces derniers, des cas spécifiques. Il en résulte donc que l'étude de l'évaporation en Casamance reste un domaine ouvert.

Tableau 1.6:- Evaporation réelle et évapotranspiration Potentielle (ETP) en mm.

Stations	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	An
.EV. Piche	144	152	177	159	143	96	56	44	42	56	84	118	1271
Ziguinchor.ETP Turc	124	130	163	166	163	132	119	110	115	132	132	114	1600
.ETP Penman	123	135	182	183	179	145	123	110	115	128	125	111	1659
.EV. Piche	257	269	322	294	242	141	71	46	45	62	120	189	2059
Sefa .ETP Turc	143	151	181	179	170	144	131	126	122	130	129	121	1727
.ETP Penman	122	137	171	179	183	160	141	130	128	130	120	98	1699
.EV. Piche	208	226	285	270	266	159	81	56	51	62	99	158	1921
Kolda .ETP Turc	126	135	165	167	165	142	134	124	125	134	126	119	1662
.ETP Penman	106	118	154	168	181	145	132	118	115	123	111	101	1572
Evaporation Bac - Classe A													
Sefa : 1974/1983	246	268	338	337	332	239	157	131	128	145	162	187	2670
Djibélor: 1974/1986	142	162	207	211	209	169	120	108	110	121	117	116	1792

## 2 - Domaines climatiques

La diversité des types de temps que nous évoquerons dans la seconde partie et la variation spatio-temporelle des pluies et des températures sont à l'origine des nuances climatiques .

Par conséquent, la délimitation de domaines et de régions climatiques ne peut être qu'un compromis axé essentiellement sur les facteurs principaux et les caractères climatiques dominants dans une entité régionale (MORAL P., 1966 ; MICHEL P., 1973 ; TOUPET C., 1975) même si certains privilégient la classification botanique (AUBREVILLE A., 1949 ; MONOD Th., 1957). Il importe de signaler la classification ORSTOM qui est hydropluviométrique (RODIER J., 1964).

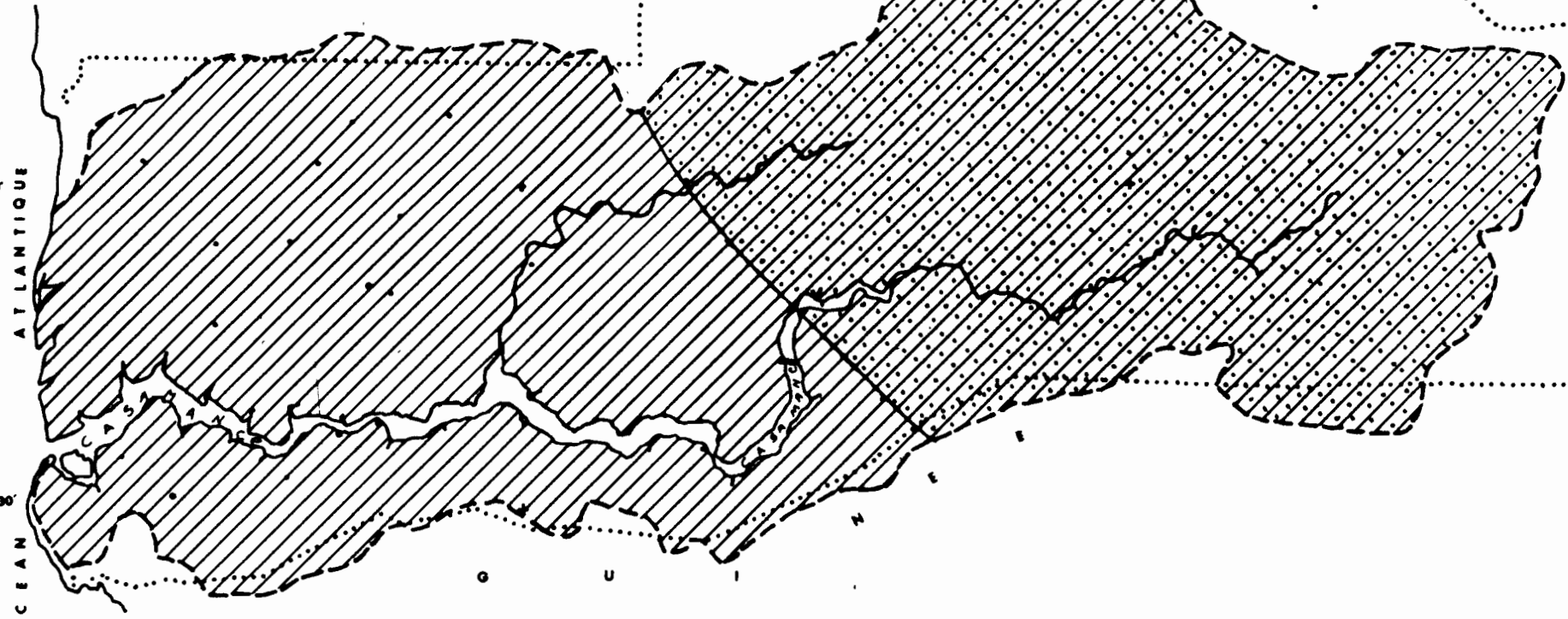
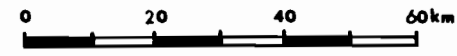
C'est en prenant en compte les travaux de G. ADAM (1960), MORAL P (1964/1965) et plus particulièrement, la récente carte des divisions climatiques de l'Afrique Tropicale de M. LEROUX (1983) définissant les domaines et régions climatiques en fonction des critères aérologiques, orographiques, et physiologiques et leur incidence sur les paramètres que sont l'humidité relative, les températures et les précipitations, que nous proposons le découpage du bassin de la Casamance en deux domaines climatiques : le domaine guinéen et le domaine sud-soudanien (fig.1.18).



FIG.1.18

BASSIN VERSANT DE LA CASAMANCE

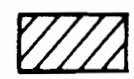
G A M B I E



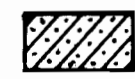
ATLANTIQUE

OCEAN

DIVISION CLIMATIQUE



Domaine guineen



Domaine sud soudanien

18°

15°

13°

12°30'

### 2.1.. Le domaine guinéen.

Il correspond au domaine libéro-guinéen de M. LEROUX et plus précisément de la région climatique "Basse Casamance" de cet auteur, région préablement reconnue par MORAL P. Cette région dont l'existence perturbe la zonalité des domaines climatiques en Afrique Occidentale, s'explique par l'existence d'un gradient atlantique austral lié à la mousson (LEROUX M., 1977). L'étude des paramètres climatiques a montré les particularités de ce domaine dans l'ensemble casamançais. L'analyse des précipitations dans la seconde partie de ce travail le montrera davantage.

### 2.2.. Le domaine sud-soudanien.

Ce domaine concerne le bassin de la Casamance en amont de Sédhiou qui correspond à la région climatique du Fouladou de P. MORAL et au tropical de transition. Ici, s'estompe l'influence océanique et la continentalité reprend ses droits. L'homogénéité de ce domaine se voit à travers la faible variation des paramètres climatiques entre les stations de Séfa et Kolda.

## CONCLUSION

Le bassin versant de la Casamance est très homogène, si l'on excepte la zone peu étendue de la mangrove, formation quaternaire récente:

\* Au point de vue géologique, le bassin versant est recouvert par le Continental Terminal, série détritique de forte épaisseur reposant sur les séries sédimentaires de la base du Tertiaire. Ces formations, essentiellement sablo-argileuses avec des intercalations continues de grès argileux, sont très perméables.

\* Cette homogénéité se retrouve au niveau pédologique, avec des sols ferrugineux tropicaux lessivés, quelquefois à concrétions. La zonalité de ces sols très perméables n'est localement perturbée que par l'affleurement d'un niveau cuirassé. Dans les plaines alluviales des grandes rivières ils sont remplacés par des sols hydromorphes, argileux, imperméables qui n'occupent que très peu de place.

\* La couverture végétale, par sa richesse, sa diversité et sa densité, constitue une particularité du bassin de la Casamance dont l'influence sur l'écoulement de surface ne sera pas des moindres.

\* Ces composantes du milieu physique ajoutées à la forme des bassins versants sont à tous égards des facteurs limitants de l'écoulement de surface comme le révélera la troisième partie de ce travail.

\* Les facteurs climatiques, par l'importance des températures, de l'insolation et de l'évapotranspiration, accentue l'influence défavorable du milieu sur l'écoulement.

## **DEUXIEME PARTIE**

# **LES PRECIPITATIONS**

**CHAPITRE I - MECANISMES GENERAUX DES PRECIPITATIONS**

**CHAPITRE II - LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES**

**CHAPITRE III - ETUDE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES**

**CHAPITRE IV - ETUDE DES PRECIPITATIONS MENSUELLES**

**CHAPITRE V - ETUDE DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES**

## **CHAPITRE I**

# **MECANISMES GENERAUX DES PRECIPITATIONS**

Les précipitations constituent le facteur le plus important de l'écoulement auquel elles impriment leurs caractères propres. Cependant, une bonne connaissance des précipitations passe par celle des mécanismes qui les régissent, mécanismes liés à la circulation générale de l'atmosphère (fig.2.1) dont les caractéristiques vont déterminer les types de temps et de précipitations sur le bassin de la Casamance.

## **1 - Les grands traits de la circulation de l'atmosphère dans le domaine tropical.**

La circulation tropicale dépend à la fois des Hautes Pressions Tropicales et de l'Equateur Météorologique dont les migrations saisonnières déterminent les caractéristiques des flux d'air et les types de temps résultants.

### **1.1. En hiver boréal**

L'Equateur Météorologique, sous l'influence puissante des anticyclones des Açores et du Sahara, migre vers le sud (4° nord). Se mettent en place deux circulations d'alizé, aux caractères différents, impulsées par les deux anticyclones et qui vont commander le temps sur le bassin de la Casamance (fig.2.2).

- l'alizé maritime : issu de l'anticyclone des Açores, de direction nord à nord-ouest, humide, frais et parfois froid avec une faible amplitude diurne des températures. Ce flux, malgré son humidité est inapte à engendrer des précipitations, du fait de la position trop basse de l'inversion d'alizé, liée à la subsidence de l'air supérieur interne au flux. Cette inversion d'alizé sépare, sur les océans une strate inférieure d'air humide turbulent d'une strate supérieure d'air sec, stable et subsident qui, tout en empêchant la déperdition de l'humidité dans la troposphère supérieure, s'oppose à la formation de nuages à grand développement vertical du type cumulonimbus (Le BORGNE J, 1988). Cet alizé maritime est responsable de l'humidité, déposée la nuit, sous forme de rosée. Cet alizé concerne principalement la Basse Casamance (P. MORAL, 1966).

- l'harmattan, de direction Est dominante, est l'alizé continental saharien. Il se caractérise par une grande sécheresse, des amplitudes thermiques très accusées - frais la nuit, chaud ou torride le jour - et la "brume sèche" et des lithométéores. Sa sécheresse s'accompagne d'une très forte capacité d'évaporation. Ce flux intéresse tout particulièrement la Moyenne et Haute Casamance en début d'hiver ; mais il étend progressivement son influence à la Basse Casamance où il surmonte l'alizé maritime au niveau de la discontinuité d'alizé. Diop M (1976) indique que 70 % des vents enregistrés à Ziguinchor sont des alizés

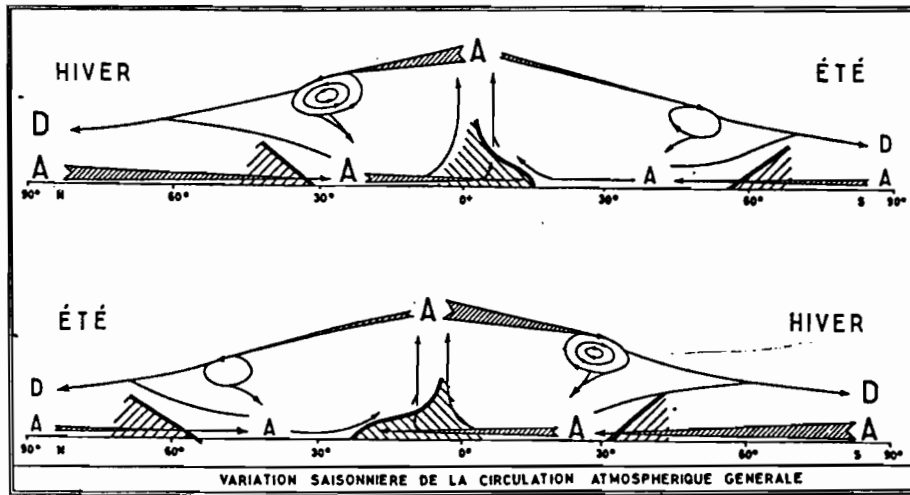
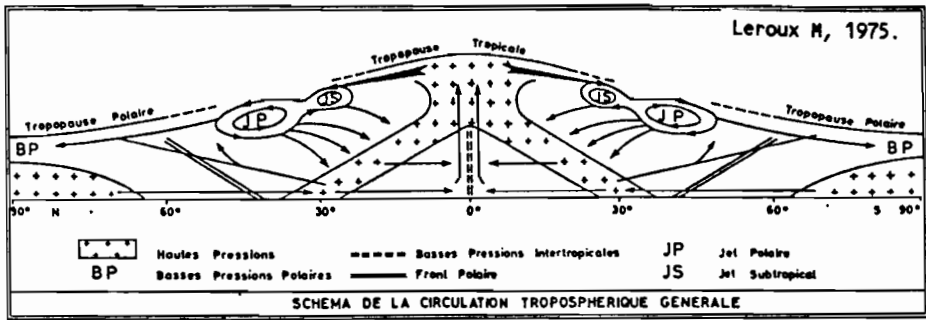


Figure 2.1 - La circulation générale de l'atmosphère et ses variations saisonnières.

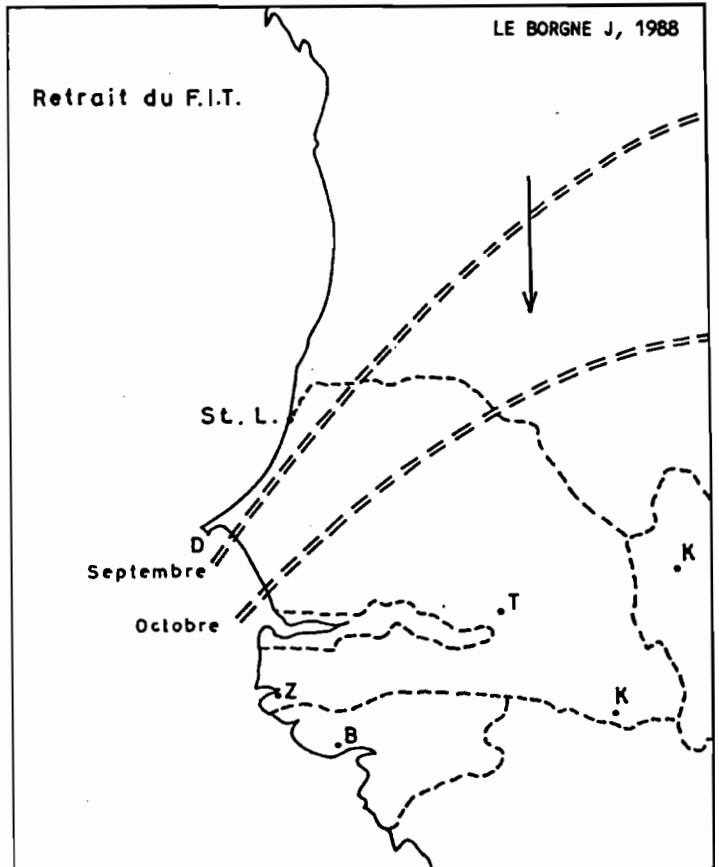
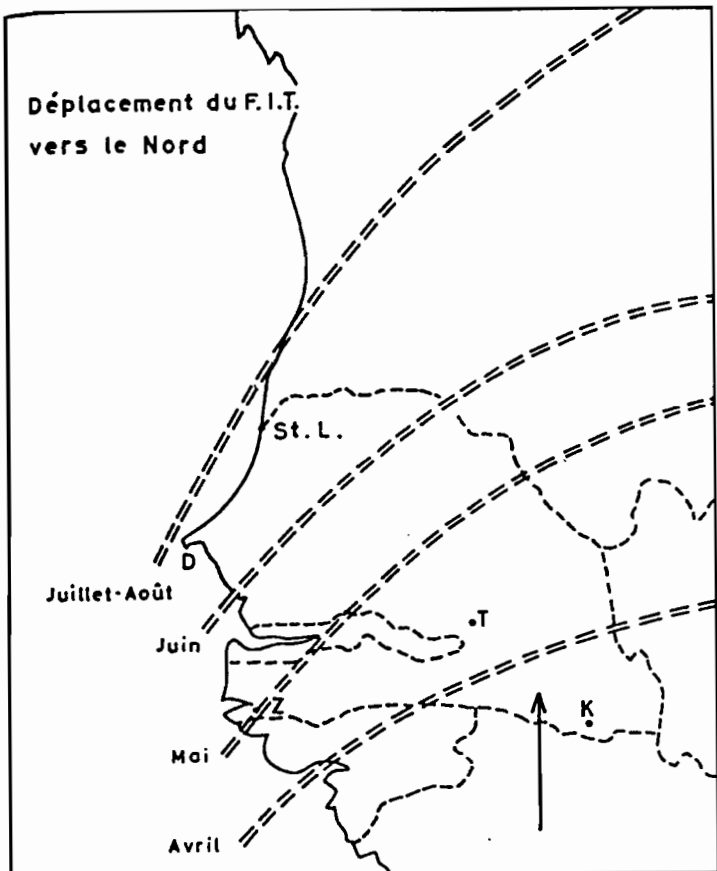


Figure 2.2 - Déplacement du Front Intertropical(FIT) au cours de l'année.

## 1.2. En été boréal

Le réchauffement de l'hémisphère nord, consécutif au mouvement zénithal du soleil, entraîne la mise en place d'une dépression thermique très creuse au Sahara due au réchauffement continental, l'affaiblissement de l'anticyclone des Açores, avec une position septentrionale très marquée. Pendant ce temps, l'anticyclone de Sainte-Hélène, dont la puissance s'est beaucoup accrue du fait de la vigueur de l'hiver austral, opère une migration vers le nord entraînant celle du Front Intertropical (FIT) vers sa position extrême (20°N) en Août (fig. 2.2).

La circulation aérienne s'inverse et prend une direction sud-ouest. Le bassin versant de la Casamance est alors envahi par le flux de mousson.

Ce flux de mousson résulte en fait de l'alizé issu de l'anticyclone de Sainte Hélène et dévié par la force de Coriolis en franchissant l'Equateur. Son parcours maritime l'a chargé d'un grand potentiel d'eau précipitable. Son influence se fait sentir sur l'ensemble du bassin de juin à octobre et elle est responsable des précipitations enregistrées (LEROUX M, 1974). Ce flux représente 30 % des vents à Ziguinchor (DIOP M, 1976).

L'installation progressive de la mousson, son épaisseur, et les perturbations -dont le moteur est l'air polaire se déplaçant sous forme de noyaux anticycloniques mobiles, avec des trajectoires variables (SAGNA P, 1984) - qu'elle subit déterminent les types de précipitations que connaît la région.

## 2 - Les types de pluies

A l'exception des pluies de "heug" ou pluies de mangues dont les origines sont extratropicales (SECK A., 1962; LE BORGNE J, 1979) et qui sont insignifiantes dans le bilan hydrologique, on distingue trois types de précipitations liées à trois zones de la mousson (fig.2.3) dont la figure 2.4 montre l'alternance sur le bassin de la Casamance :

- la zone B se caractérise par des orages isolés qui se manifestent en avril-mai, surtout en mai sur l'ensemble du bassin versant. Si leur existence ne peut être mise en doute, en revanche leur genèse reste un point de divergence entre météorologues (Dhonneur G, 1970) et climatologues (Leroux M, 1980; Sagna P, 1988).

- la zone C<sub>1</sub> marquée par des orages organisés, appelés lignes de grains dont la formation et l'entretien sont liés aux noyaux anticycloniques mobiles (CHAUVELIER F., 1975 ; LEROUX, M. 1976, 1980; SAGNA P, 1988). Elle couvre tout le bassin de la Casamance, en juin et en octobre, alors qu'en juillet et septembre, seule la partie continentale du bassin est affectée par les lignes de grains.

- la zone C<sub>2</sub> dispense des pluies essentiellement non orageuses qui se déversent d'abord sur la Casamance maritime en juillet puis sur l'ensemble du bassin en août et septembre sauf la partie nord durant ce dernier mois

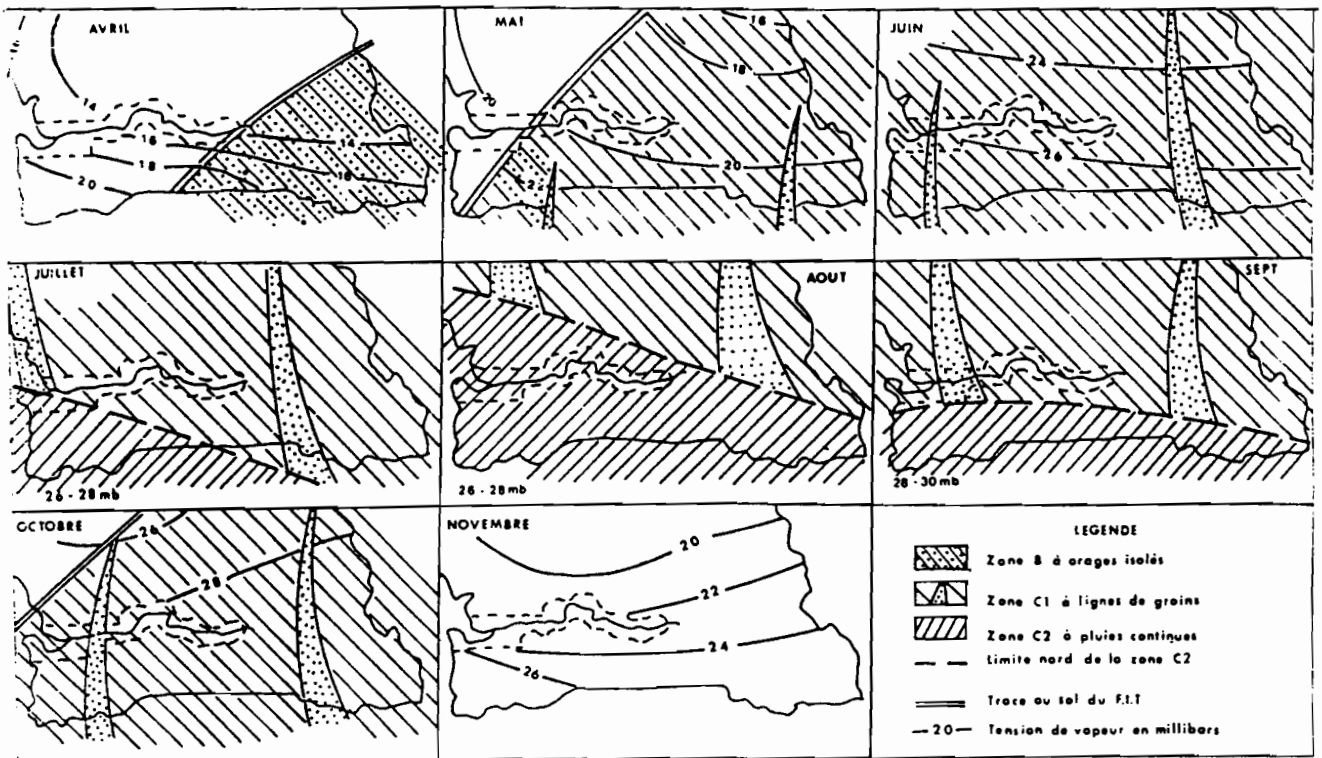
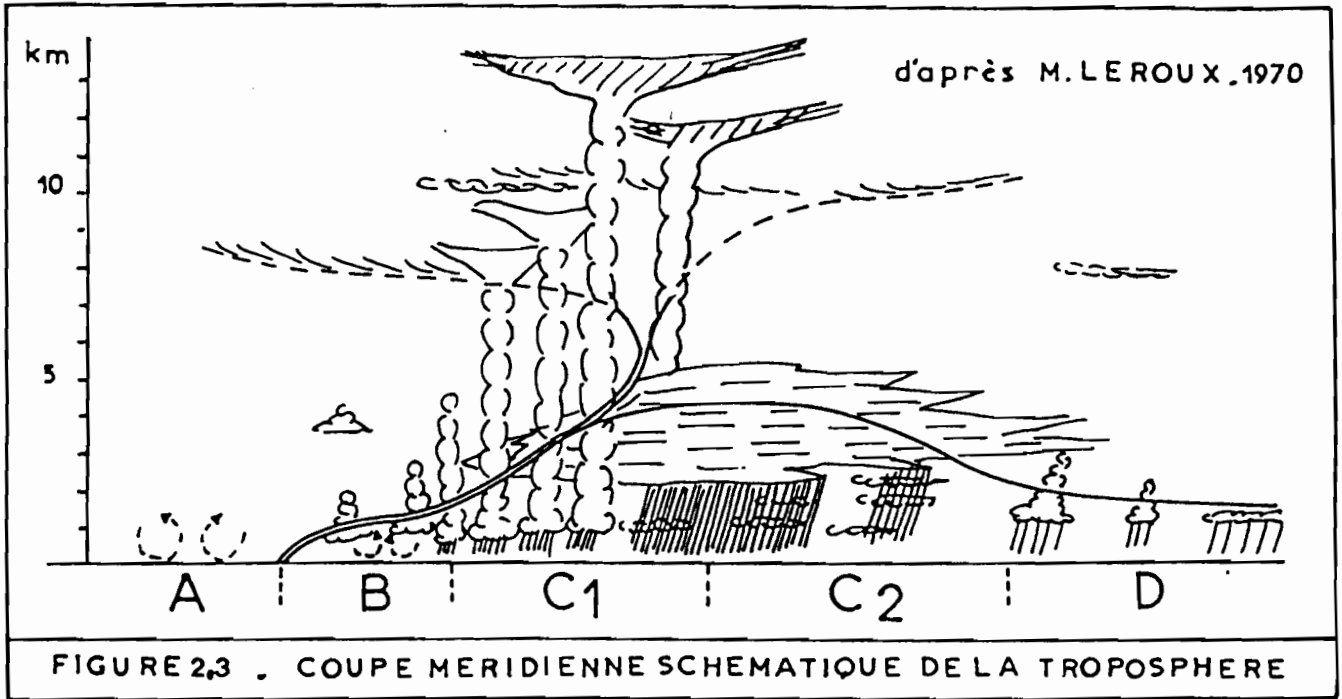


Fig 2.4 BASSIN DE LA CASAMANCE : LES TYPES DE TEMPS



(CHAUVELIER, F. 1975 ; LEROUX, M. 1980). Ces précipitations non orageuses sont liées à la Zone Intertropicale de Confluence (Z.I.C) qui représente à la fois "l'axe des Basses Pressions Intertropicales, l'axe de confluence des circulations issues des deux hémisphères" (LEROUX M,1980). Elle se caractérise par des formations nuageuses à grande extension verticale due à la disparition de la subsidence des flux supérieurs et à la concentration de la vapeur d'eau advectée sous les inversions.

La durée de la présence de la zone C2 est liée à la puissance du flux de mousson repoussant le Front Intertropical (FIT) vers le nord.

### 3 - Durée de la saison des pluies.

La saison des pluies sur le bassin de la Casamance dure cinq mois : de juin à octobre, les apports des mois de mai et novembre étant insignifiants dans le total moyen annuel. Mais pour connaître la durée de la saison des pluies, il faut en déterminer les dates du début et de la fin. Sur la base des observations antérieures à 1968, BRUNET-MORET(1970) a établi des graphiques synthétiques indiquant le début, la durée et la fin de la saison des pluies pour les stations de Ziguinchor, Sédhiou, Kolda et Vélingara, graphiques dont ALBERGEL (1988) a vérifié la validité pour la période 1951/1980.

Nous avons, pour les stations de Diouloulou, Oussouye et Inhor, suivi la même démarche qui consiste à éliminer les jours de pluie isolés, séparés du corps de la saison des pluies de 8 jours secs au moins lorsque le jour isolé avait reçu 25 mm au plus ; 12 jours secs au moins lorsque le jour isolé avait reçu 30 mm au plus.

La station d'Oussouye s'intégrant très bien dans le graphique de BRUNET-MORET, nous avons complété ce dernier, couvrant ainsi toute l'étendue en longitude du bassin-versant (Fig.2.5).

En revanche, les stations de Diouloulou et Inhor s'écartant notablement des autres stations (peut-être à cause de la différence de latitude), un second schéma intégrant la latitude a été élaboré à partir des stations de Vélingara, Inhor et Diouloulou (Fig.2.5) Il indique un bon alignement des points.

Ainsi la saison des pluies commence plutôt à l'est du bassin beaucoup plus éloigné de la mer. Mais ceci s'explique quand on examine la figure 2.2 montrant la migration du Front Intertropical. En dès le mois de Mai la partie continentale est déjà envahie par le flux de mousson dont l'épaisseur, encore très réduite est à l'origine des orages isolés. Pendant ce temps le bassin maritime de la Casamance est encore sous l'influence directe de l'Equateur Météorologique dont la migration au niveau de la côte est beaucoup plus lente. En effet le réchauffement très lent des masses océaniques crée une certaine inertie dans le déplacement de l'Equateur Météorologique sur l'océan.

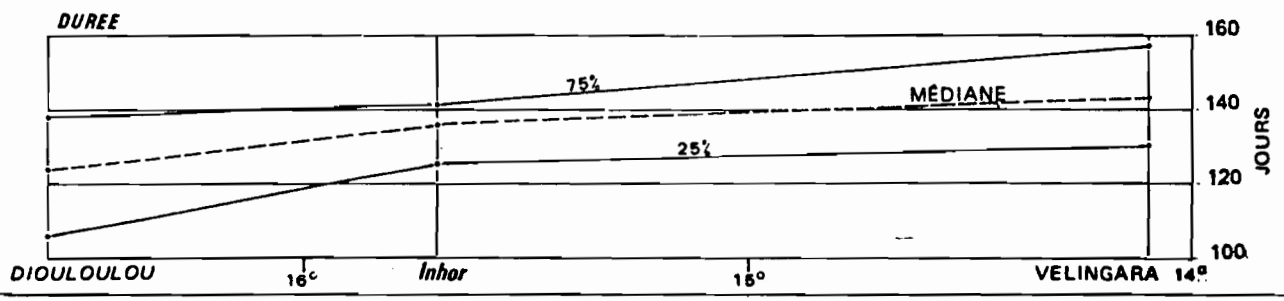
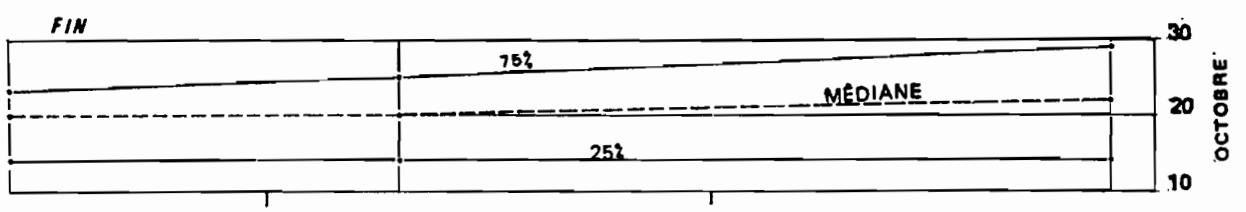
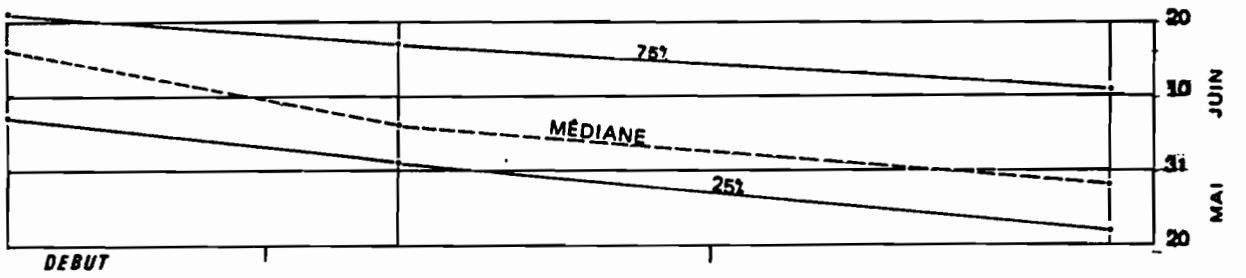
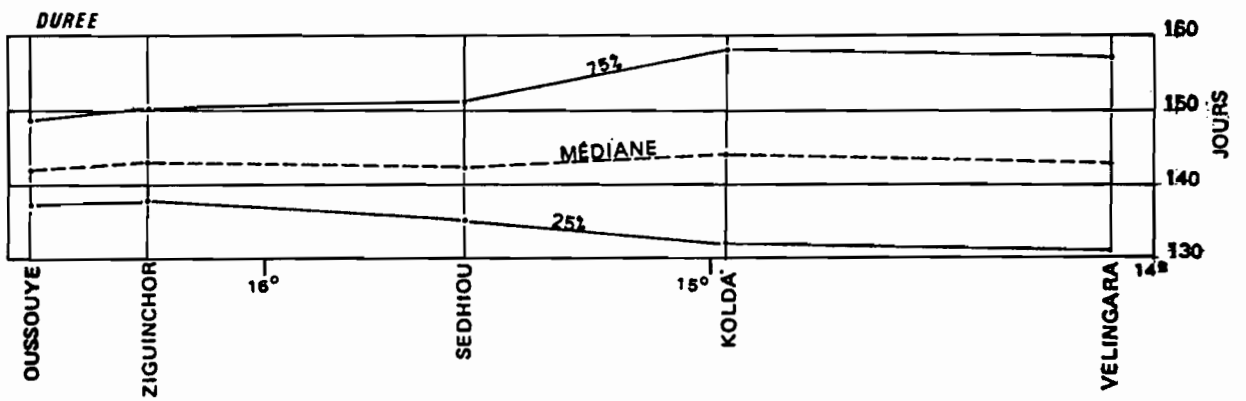
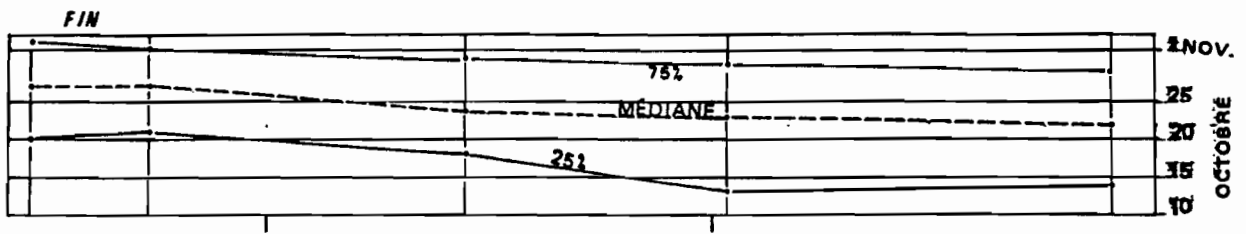
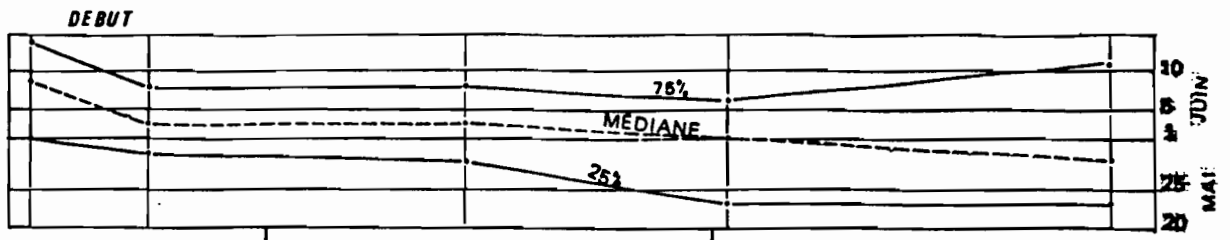
Dès le 10 Juin la saison des pluies est bien "installée" sur l'ensemble du bassin au sud du 13ème parallèle et à partir du 15 Juin tout le bassin est couvert.

La durée médiane de la saison des pluies est de 143 jours à Vélingara, Kolda, Sédhiou, Ziguinchor et Oussouye, ; à Inhor, elle est de 136 jours et à Diouloulou 124.

Pour la fin de la saison des pluies on peut retenir, à quelques différences près la date du 1er novembre.

La figure 2.5 présente les différentes dates du début et de la fin de la saison des pluies, ainsi que la durée de celle-ci pour un transect Ouest-Est. La première ligne de chaque graphique représente la date observée 4 fois sur 4, la seconde ligne (trait brisée) la date 1 fois sur 2 et la dernière ligne la date 1 fois sur 4 du début, de la fin et de la durée de la saison des pluies.

FIG 2.5 Date de début, de fin et durée de la saison des pluies



## **CHAPITRE II**

### **LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES**

L'information pluviométrique dont nous disposons, provient du réseau de la Météorologie Nationale, de l'ORSTOM et des stations de l'Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques. Mais cette information est de valeur inégale car le réseau pluviométrique du bassin de la Casamance est composé de stations aux périodes d'observation différentes.

La méthode de collecte des données, le matériel utilisé et les sites d'implantation des stations n'étant pas toujours les mêmes, il en résulte une information pluviométrique hétérogène qu'il importe d'analyser pour en déceler les anomalies éventuelles. Aussi, procéderons-nous, après une brève description du réseau pluviométrique, à la critique des données disponibles et à leur homogénéisation.

### **1 - Le réseau pluviométrique.**

Le réseau pluviométrique de la Casamance présente deux caractères majeurs :

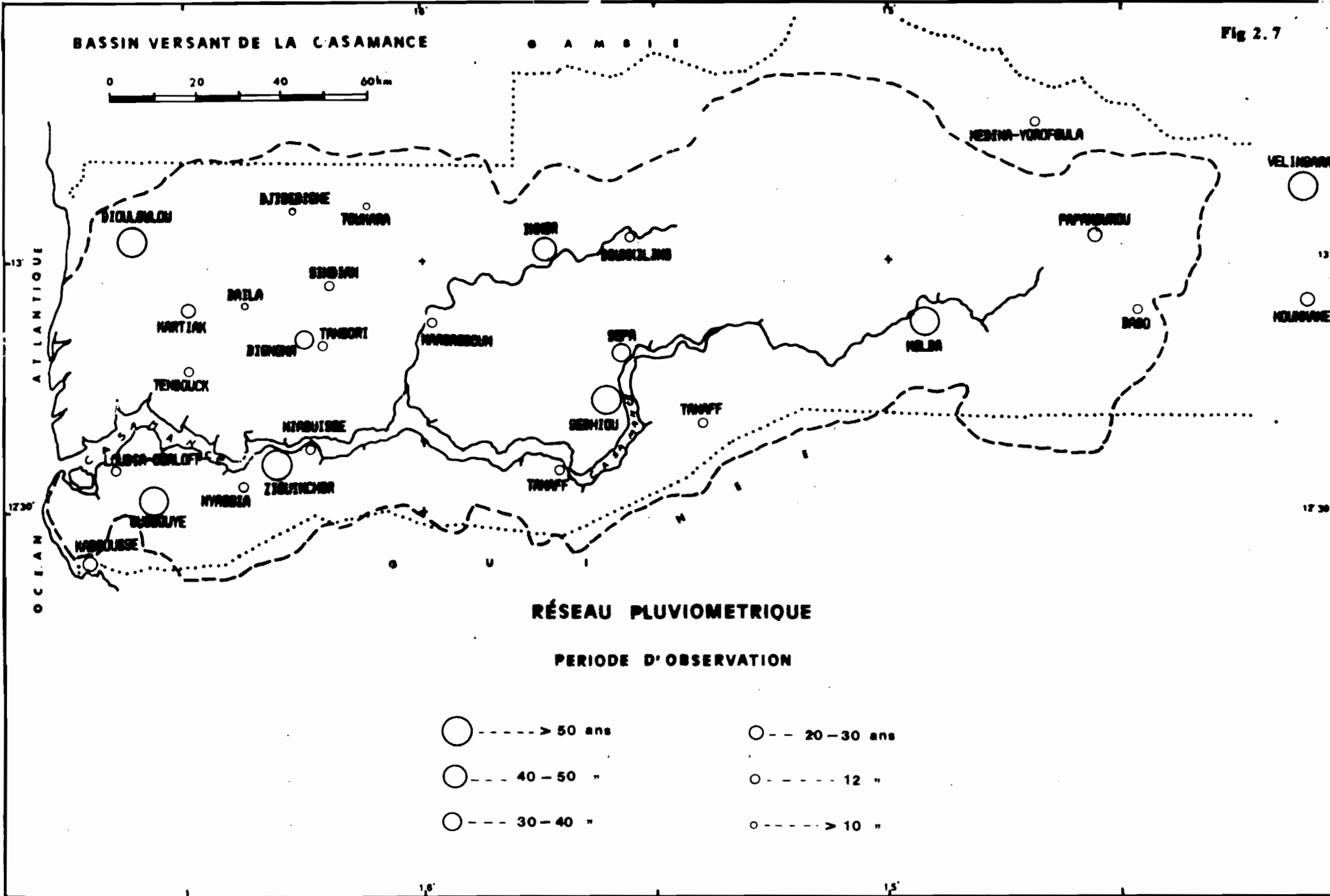
- l'existence de plusieurs générations de stations et dont la longueur de vie varie, en fonction des objectifs, d'une saison des pluies à 80 ans. La figure 2.6 montre la localisation des stations et leur hiérarchisation en classe d'âge.

- l'inégale répartition spatiale des postes pluviométriques. On note que les trois quarts des stations se situent en Basse Casamance. Le reste est concentré à l'Est du bassin tandis que le centre ne dispose d'aucun.

Si d'anciennes stations comme Ziguinchor, Bignona, Sédhiou, Kolda, etc... ont été suivies d'une manière remarquable jusqu'à présent, d'autres relativement jeunes, présentent des lacunes dans les années récentes dues souvent à la mobilité des observateurs (fonctionnaires, instituteurs en poste) ou alors à la rétention des relevés pour indemnités non payées. A ce réseau propre au bassin versant, se sont ajoutées des stations gambiennes fournies par l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Gambie (O.M.V.G).

En revanche pour les stations de Guinée-Bissau, sa non-adhésion à l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne a rendu difficile l'obtention de données. Les seules dont nous avons pu disposer, concernent les stations de Pirada, Bafata et Gabu. Si la première se situe à proximité du bassin, par contre les deux autres en sont trop éloignées.

La répartition des postes pluviométriques montre que le réseau gagnerait à être renforcé notamment dans la partie centrale du bassin compte tenu des importants projets hydroagricoles intéressant cette zone et dont la mise en oeuvre passe par une bonne connaissance du facteur pluviométrique.



Tabl: 2.1 - Liste des stations pluviométriques de l'étude.

Stations	Code	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Période
Alacounda	380 002	13°12	15°58	20	1979/1986
Baïla	381 004	12°59	16°21	12	1980/1986
Bignona	380 016	12°40	16°16	9	1953/1986
Bonconto	381 385	13°01	13°56	55	1975/1986
Boukiling	381 395	13°03	15°42	12	1975/1986
Dabo	381 770	12°52	14°08	40	1975/1986
Diattacounda	382 300	12°34	15°41	15	1975/1986
Diembéring	380 055	12°28	16°47	7	1963/1986
Dioulacolon	382 320	12°50	14°46	40	1976/1986
Diouloulou	380 061	13°02	16°35	12	1935/1986
Djibélor	380 065	12°33	16°19	10	1969/1987
Djibidione	380 066	13°04	16°15	10	1980/1986
Fafakourou	380 070	13°04	14°34	27	1962/1986
Inhor	380 103	13°01	15°42	15	1944/1985
Kabrousse	380 109	21°21	16°43	5	1963/1986
Kartiak	380 119	12°52	16°31	6	1931/1959
Kolda	380 133	12°53	14°58	35	1922/1986
Koubalan	385 265	12°40	16°06	20	1975/1986
Kounkane	380 159	12°56	14°05	33	1963/1986
Loudia-Wolof	385 926	12°31	16°32	14	1975/1986
Marsassoum	380 161	12°50	15°58	17	1953/1986
Medina-Yorofoula	386 275	13°18	14°43	23	1973/1986
Niaguissé	327 132	12°34	16°20	26	1975/1986
Nyassia	387 345	12°22	16°22	10	1975/1986
Oussouye	380 208	12°20	16°32	15	1931/1986
Sédhiou	380 244	12°42	15°33	15	1905/1986
Séfa	380 245	12°47	15°33	20	1950/1987
Sindian	388 355	12°57	16°12	25	1973/1986
Tanaff	388 977	12°40	15°25	20	1975/1986
Tangori	389 058	12°48	16°13	10	1975/1986
Tendouk	389 056	12°43	16°26	16	1975/1986
Toukara	380 275	13°07	16°09	15	1980/1986
Vélingara	380 277	13°09	14°06	38	1932/1986
Ziguinchor	380 286	12°33	16°16	26	1920/1986

## 2 - Critique et homogénéisation des données

La critique des données pluviométriques s'impose car depuis leur collecte, celles-ci passent souvent par un certain nombre d'opérations parmi lesquelles la transcription ou la saisie sur divers supports qui peuvent y introduire des erreurs. Il peut s'agir d'erreurs systématiques de lecture, ou mauvaise éprouvette (BRUNET-MORET, Y. 1968).

Pour vérifier l'homogénéité temporelle des séries de pluies annuelles, on utilise couramment la méthode des doubles cumuls (BRUNET-MORET, Y. 1971) qui consiste à comparer le cumul des pluies annuelles d'une station à celle d'une autre station, de la même zone climatique et homogène dans le

temps, . Mais comme on ne sait pas à priori quelle station est homogène et qu'en fait, il faut les soupçonner toutes de défauts, la méthode des doubles cumuls s'avère difficile à appliquer.

C'est pourquoi nous avons choisi la méthode du vecteur de référence ou vecteur régional.

## 2.1. Le vecteur régional.

### 2.1.1 Méthodologie.

Le Vecteur régional se définit comme une série chronologique d'indices pluviométriques, issus de l'extraction de l'information la plus "probable" - au sens de la plus fréquente - contenue dans les données d'un ensemble de stations d'observations groupées en région". Le vecteur régional est donc une suite chronologique d'indices annuels de précipitations prenant en compte les effets de persistance, de tendance, de pseudo-cycles de la zone climatique, mais homogène dans le temps.

Cette méthode, mise au point par HIEZ (1977) a été améliorée par BRUNET-MORET (1979).

L'indice  $Z_i$  d'une année  $i$  est calculé, avec les observations de toutes les stations prises en compte et dont le nombre peut varier d'une année à l'autre, par la formule :

$$Z_i = \frac{\sum_{a=1}^{a=n} (P_{ai} / \bar{P}_a)}{n}$$

où

$P_{ai}$  est la pluie de l'année  $i$  à la station  $a$

$\bar{P}_a$  est la moyenne de la série des pluies annuelles à la station  $a$

$n$  est le nombre de stations.

Le calcul des écarts à  $Z_i$ , pour chaque station  $a$  pour une année  $i$  selon la formule:

$$E_{ai} = (P_{ai} / \bar{P}_a) - Z_i$$

permet de repérer :



- des totaux pluviométriques exagérément forts ou faibles, dépassant 2,5 fois l'écart-type.
- des suites d'années trop fortes ou faibles, indices d'erreurs systématiques.
- des erreurs d'appareillage.
- des erreurs de transcription.

La méthode du vecteur et le programme, conçu par BRUNET-MORET Y., (1979) et amélioré par L'HOTE, Y. (1985), pour sa mise en oeuvre, permettent de prendre en compte toutes les stations, y compris celles de courte durée et celles dont la période d'observations présente des lacunes (même sur plusieurs années).

### 2.1.2. Application du vecteur régional aux stations de la Casamance.

Le bassin a été divisé en deux parties suivant le découpage climatique que nous avons adopté : la région guinéenne (vecteur 1) et le domaine sud-soudanien (vecteur 2).

Les résultats obtenus indiquent une bonne homogénéité spatiotemporelle des séries pluviométriques. Car en définitive, très peu de stations ont été corrigées sur une ou deux années sauf Vélingara. Le tableau 2.2 donne la liste des stations, des périodes corrigées et le coefficient de correction. Les corrections portent essentiellement sur des valeurs surestimées ou sous-estimées. En effet ces erreurs résultent de la confusion ou de l'utilisation d'une éprouvette non indiquée pour le type de pluviomètre en place. Ainsi le coefficient correcteur pour la station de Ziguinchor, égal à 0,785 est le rapport 314/400. Cela signifie qu'il y a eu utilisation d'une éprouvette pour pluviomètre ayant une surface réceptrice de 314 cm<sup>2</sup> pour mesurer des hauteurs d'eau reçues par un pluviomètre de surface de réception 400 cm<sup>2</sup>, d'où surestimation de la hauteur d'eau précipitée. L'annexe 2.1 présente le listing du vecteur V1.

On remarquera que les corrections ont porté sur des stations qui, à priori, pouvaient être considérées comme homogènes.

Sur la fig.2.7 on a repotré le cumul des valeurs annuelles de chaque poste pluviométrique en fonction de celui des valeurs du vecteur. Une fois les corrections faites pour les stations les plus longues, deux rails parallèles ont été tracés pour visualiser la dispersion des points. La distance suivant l'axe des abscisses entre les deux rails représente "l'espérance mathématique" de la série étudiée. Cette distance reste inférieure à 50 mm soit environ 5% de la pluie annuelle. Quand les graphiques de double cumul ne présentent plus de cassure on considère le fichier comme homogène. On constate le bon alignement des points figurant les années observées.

La station de Marsassoum montre la prise en compte, par le vecteur, d'une station dont la série chronologique des observations présente une période lacunaire très importante.

Figure 2.7 - Doubles cumuls Vecteurs régionaux-stations.

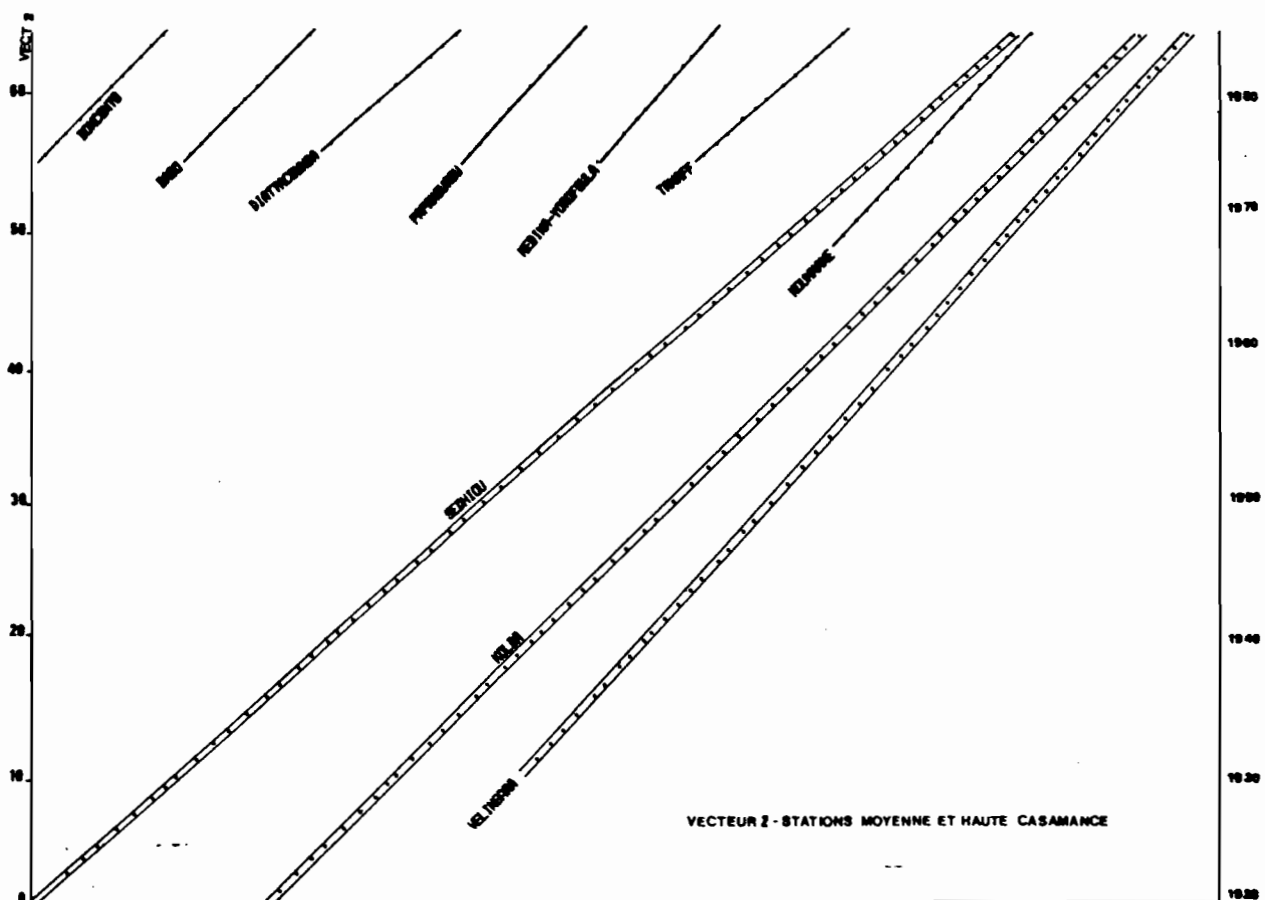
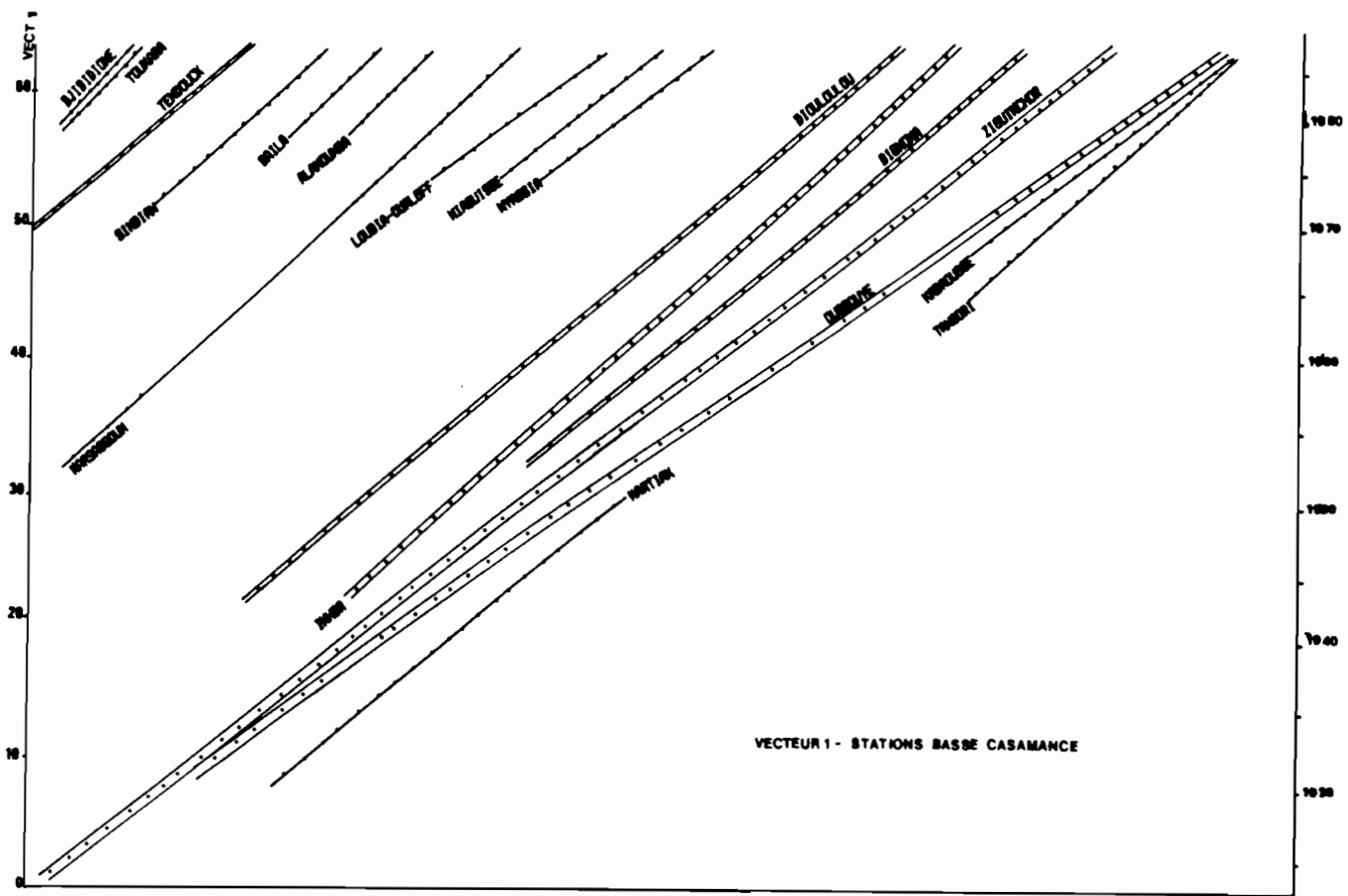


Tableau 2.2 - Coefficients de correction des pluies annuelles.

Station	Période corrigée	Coefficient de correction
Ziguinchor	1922	0,785
Sédhiou	1956/1958	1,275
Kolda	1957/1958;1963/1964	0,785
Vélingara	1943/1958	1,073

### 3 - Reconstitution des chroniques des pluies annuelles.

Cette reconstitution a été faite à partir du vecteur régional qui, après avoir décelé les diverses anomalies contenues dans les séries, permet :

- d'obtenir immédiatement une valeur étendue de la moyenne de chaque station sur la période du vecteur régional. En effet sur la base des indices pluviométriques annuels, et qui reflètent la variation temporelle des précipitations à l'échelle régionale, le vecteur génère pour chaque station une pluie moyenne interannuelle.

- d'étendre la série sur cette période ou de compléter simplement les totaux annuels manquants. Mais pour ne pas diminuer la variance relative à la série à étendre ou à compléter on introduit un écart  $E_{ai}$ , tiré au hasard, pour chaque année, dans une loi normale de moyenne nulle et de variance égale à  $MT_2$  fourni dans l'annexe 2.1. La formule de reconstitution s'écrit alors:

$$P_{ai} = \bar{P}_a (E_{ai} + Z_i).$$

avec  $P_{ai}$  = total annuel reconstitué à la station a pour l'année i.

$\bar{P}_a$  = moyenne de la station a, fournie par le vecteur.

$E_{ai}$  = variable aléatoire distribué normalement, de moyenne nulle et de variance égale à  $MT_2$ .

$Z_i$  = indice du vecteur pour l'année i.

Toutes les stations ayant des séries de pluies annuelles lacunaires ou brèves ont été complétées ou étendues à l'aide des indices des deux vecteurs pour couvrir la période 1924/1986.

Nous avons constitué deux fichiers pluviométriques opérationnels (Tableaux 2.3a, 2.3b et 2.4) à partir desquels la variabilité spatiotemporelle de la pluviométrie annuelle sera analysée.

TABLEAU 2.3a -- FICHER PLUVIOMETRIQUE OPERATIONNEL - CASAMANCE 1

DATE	VECTEUR	ZIGUINCHOR	INHOR	BIGNONA	SEDHIOU	DILOULOU	YUNDUM	OUSSOUYE	KABROUSSE	TANGHORY	TENDOUK
1924	1.3812	2182	1699*	1784*	1721	1785*	1640*	2217*	2267*	1820*	1921*
25	1.0011	1426	1232*	1334*	1306	1335*	1189*	1607*	1643*	1319*	1392*
26	0.9090	1317	1118*	1222*	1146	1222*	1079*	1459*	1492*	1198*	1264*
27	1.3575	2055	1670*	1800*	1680	1801*	1612*	2179*	2228*	1789*	1888*
28	1.2476	1814	1535*	1649*	1622*	1649*	1481*	2002*	2048*	1644*	1735*
29	1.1100	1610*	1366*	1523*	1337	1523*	1318*	1781*	1822*	1463*	1544*
1930	0.9131	1378	1123*	1229*	1100	1229*	1084*	1465*	1499*	1203*	1270*
31	0.7792	1192	959*	985*	906	985*	925*	1251*	1279*	1027*	1084*
32	1.3337	1966	1641*	1734*	1729	1734*	1584*	2133	2189*	1758*	1855*
33	1.1930	1825	1468*	1652*	1469	1652*	1416*	1882	1958*	1572*	1659*
34	0.9650	1445	1187*	1314*	1300	1315*	1146*	1369	1584*	1272*	1342*
35	1.2200	1607	1501*	1553*	1555	1554*	1448*	2343	2002*	1608*	1697*
36	1.3101	2031	1612*	1756*	1612	1757*	1555*	2016	2150*	1726*	1822*
37	0.9500	1410	1169*	1204*	1152	1205*	1128*	1720	1559*	1252*	1321*
38	1.2008	1798	1477*	1557*	1573	1558*	1426*	1927*	1971*	1582*	1670*
39	1.0099	1527	1243*	1272*	1127	1273*	1199*	1621*	1658*	1331*	1404*
1940	0.9810	1542	1207*	1297*	1209	1189*	1165*	1570	1610*	1293*	1364*
41	0.6979	968	859*	923*	956	685*	829*	985	1145*	920*	970*
42	1.0489	1425	1291*	1387*	1313	1531*	1245*	1780	1722*	1382*	1459*
43	1.1691	1683	1438*	1545*	1479*	1523*	1388*	1972	1919*	1541*	1626*
44	0.8146	1088	1121	1077*	1166	1124	967*	1162	1337*	1073*	1133*
45	0.9834	1519	1266	1300*	1194	1315	1167*	1492	1614*	1296*	1367*
46	1.0158	1202	1250*	1343*	1558	1329	1063	1588	1667*	1339*	1412*
47	1.0371	1657	1479	1371*	1431	1373*	1047	1647	1702*	1366*	1442*
48	1.3370	1653	1827	1767*	1738*	1760	1483	2385	2194*	1762*	1859*
49	0.9632	1451	1043	1273*	1409	1367	1144*	1393	1581*	1269*	1339*
1950	1.2175	1824	1417	1612*	1400	1612*	1667	2153	1998*	1604*	1693*
51	1.1334	1418	1394*	1098*	1465	1599	1485	1775	1860*	1494*	1576*
52	1.1239	1661	1383*	1486*	1462*	1488*	1410	1701	1845*	1481*	1563*
53	1.0664	1395	1249	1409*	1618	1291	1243	1483	1750*	1405*	1483*
54	1.2285	1598	1312*	1806	1508	1412*	1503	1879	2016*	1619*	1708*
55	1.2040	1940	1603	1632	1812	1410	1437	1738	1976*	1587*	1674*
56	1.2630	1763	1337	1665	1884	1817	1254	2283	2073*	1664*	1756*
57	1.0817	1549	1287	1391	1406	1603	1426	1664	1775*	1425*	1504*
58	1.5207	1882	1819	2188	2096	2014*	1854	1805*	2496*	2004*	2115*
59	0.8848	1145	1089*	1176	1202	1171*	1147	1372	1452*	1166*	1230*
1960	0.9149	1275	1126*	1209*	1189*	1245	1099	1468*	1502*	1206*	1272*
61	1.0568	1549	1300*	1397*	1494	1399*	1040	1821	1735*	1392*	1469*
62	1.0135	1567	1247*	1274	1272	1172	1421	1569	1664*	1335*	1409*
63	0.9380	1429	1154	1100	1627	1241	1181	1010	1539*	1236*	1304*
64	0.9185	1223	1130*	1118	1141	1176	1252	1623	1493	1210*	1277*
65	1.1920	1756	1466	1766	1642	1419	1260	1616	1956*	1839	1657*
66	1.0726	1604	1320*	1247	1320	1542	1501	1721*	1760*	1243	1491*
67	1.2716	2008	1565*	1795	1454	1657	1376	2041*	2087*	1792	1768*
68	0.6161	884	788	826	803	596	706	989*	1011*	833*	1857*
69	1.0811	1462	1243	1464	1406*	1398	1233	1735*	1852	1008	1503*
1970	0.8749	1400	1044	1162	1058	1321	844	1404*	1310	1162	1363
71	0.7519	1099	805	905	1032	1051	772	1207*	1491	905	1166
72	0.5392	953	737	655	846	616	582	631	837	643	712
73	0.8032	1290	991	1054	1018	1069	871	1371	1005	1054	1117*
74	0.8621	1241	1098	1084	1071	1116	947	1471	1371	1084	1263
75	1.0694	1418	1260	1353	1549	1530	1428	1515	1804	1392	1438
76	0.9702	1298	1149	1209	1075	1281	1084	1682	1859	1222	1409
77	0.5991	791	737*	851	887	872	589	1030	950	969	789
78	1.0315	1514	1269*	1499	1551	1246	1162	1525	1433	1452	1638
79	0.7717	1195	1010	930	928	1071	1113	1262	1141	861	1000
1980	0.5929	699	724	619	753	784	631	1015	1050	757	716
81	0.8165	1221	1089	1030	1178	966	969	1216	1225	898	958
82	0.7394	899	865	926	873	1026	848	1404	1326	926	953
83	0.5414	818	796	612	711	717*	424	873	925	685	622
84	0.7606	1237	936*	915	1058	1007*	666	1041	1216	914	798
85	0.8055	1382	1038	1125	868	1108	956*	1076	962	1015	1155
86	0.7425	976	914*	961	1027	983*	881*	1079	1219*	896	1060

\*: Valeur reconstituée.

TABLEAU 2.3b -: FICHER PLUVIOMETRIQUE OPERATIONNEL - CASAMANCE I

DATE	VECTEUR	MARSASSOUM	DJIBIDIONE	LOUDIA-WOLOF	NIAGUISS	NYASSIA	SINDIAN	TOUKARA	BAILA	ALAKOUNDA	KARTIAK
1924	1.3812	1687*	1391*	2154*	1993*	2032*	1618*	1267*	1504*	1503*	1891*
25	1.0011	1223*	1008*	1561*	1445*	1472*	1173*	918*	1090*	1089*	1371*
26	0.9090	1110*	915*	1417*	1312*	1337*	1065*	834*	990	990*	1245*
27	1.3575	1658*	1367*	2117*	1959*	1997*	1591*	1245*	1478*	1477*	1859*
28	1.2476	1524*	1256*	1945*	1800*	1835*	1462*	1144*	1358*	1357*	1708*
29	1.1100	1356*	1118*	1731*	1602*	1633*	1300*	1018*	1208*	1207*	1520*
1930	0.9131	1115*	1019*	1424*	1318*	1343*	1070*	837*	994*	993*	1250*
31	0.7792	952*	785*	1215*	1124*	1146*	913*	715*	848*	848*	1218
32	1.3337	1629*	1343*	2079*	1925*	1962*	1563*	1223*	1452*	1451*	1873
33	1.1930	1457*	1201*	1860*	1721*	1755*	1398*	1094*	1299*	1634*	1509
34	0.9650	1179*	972*	1504*	1392*	1419*	1131*	885*	1051*	1050	1307
35	1.2200	1490*	1228*	1902*	1760*	1795*	1430*	1119*	1328*	1327*	1655
36	1.3101	1600*	1319*	2043*	1890*	1927*	1535*	1202*	1426*	1425*	1794*
37	0.9500	1160*	956*	1481*	1371*	1397*	1113*	971*	1034*	1034*	1301*
38	1.2008	1466*	1209*	1872*	1733*	1766*	1407*	1101*	1307*	1306*	1644*
39	1.0099	1233*	1017*	1574*	1457*	1485*	1183*	926*	1099*	1099*	1653
1940	0.9810	1198*	988*	1529*	1415*	1443*	1149*	900*	1068*	1067*	1419
41	0.6979	852*	703*	1088*	1007*	1026*	818*	640*	760*	759*	1105
42	1.0489	1281*	1056*	1635*	1514*	1543*	1229*	962*	1142*	1141*	1352
43	1.1691	1428*	1177*	1823*	1687*	1720*	1370*	1072*	1273*	1272*	1601*
44	0.8146	995*	820*	1270*	1175*	1198*	954*	747*	887*	886*	1037
45	0.9834	1201*	990*	1533*	1419*	1446*	1152*	902*	1071*	1070*	1347*
46	1.0158	1240*	1023*	1584*	1466*	1494*	1190*	932*	1106*	1105*	1616
47	1.0371	1227*	1044*	1617*	1496*	1525*	1215*	951*	1129*	1128*	1191
48	1.3370	1633*	1346*	2085*	1929*	1967*	1567*	1226*	1456*	1454*	1826
49	0.9632	1176*	970*	1502*	1390*	1417*	1129*	884*	1049*	1048*	1304
1950	1.2175	1487*	1226*	1898*	1757*	1791*	1426*	1117*	1326	1324*	1471
51	1.1334	1984*	1141*	1767*	1635*	1667*	1328*	1040*	1234*	1233*	1552*
52	1.1239	1373*	1132*	1752*	1622*	1653*	1317*	1031*	1224*	1223*	1539*
53	1.0664	1585	1074*	1663*	1539*	1568*	1250*	978*	1161*	1160*	1460*
54	1.2285	1597	1237*	1915*	1773*	1807*	1439*	1127*	1338*	1337*	1682*
55	1.2040	1229	1212*	1877*	1737*	1771*	1411*	1104*	1311*	1310*	1649*
56	1.2630	1518	1272*	1969*	1823*	1858*	1480*	1158*	1375*	1375*	1729*
57	1.0817	1170	1089*	1686*	1561*	1591*	1267*	992*	1178*	1177*	1481*
58	1.5207	1857*	1531*	2371*	2194*	2237*	1782*	1395*	1656*	1654*	2082*
59	0.8848	1080*	891*	1379*	1277*	1301*	1172*	812*	963*	962*	1212*
1960	0.9149	1117*	921*	1426*	1320*	1346*	1072*	839*	996*	995*	1253*
61	1.0568	1291*	1064*	1648*	1525*	1554*	1238*	969*	1151*	1150*	1447*
62	1.0135	1238*	1020*	1580*	1462*	1490*	1188*	930*	1103*	1102*	1388*
63	0.9380	1145*	944*	1462*	1354*	1380*	1099*	860*	1021*	1020*	1284*
64	0.9185	1122*	1125*	1432*	1325*	1351*	1076*	842*	1000*	999*	1258*
65	1.1920	1456*	1200*	1858*	1720*	1753*	1397*	1093*	1298*	1297*	1632*
66	1.0726	1310*	1080*	1672*	1548*	1578*	1257*	984*	1168*	1167*	1469*
67	1.2716	1553*	1280*	1982*	1835*	1870*	1490*	1166*	1385*	1383*	1741*
68	0.6161	752*	620*	960*	889*	906*	722*	565*	671*	670*	844*
69	1.0811	1320*	1089*	1686*	1560*	1590*	1267*	992*	1177*	1176*	1480*
1970	0.8749	1068*	881*	1364*	1262*	1287	1025*	802*	953*	952*	1198*
71	0.7519	918*	757*	1172*	1085*	1106*	881*	689*	819*	818*	1030*
72	0.5392	658*	533*	825*	664*	778*	620*	485*	576*	576*	725*
73	0.8032	981*	810*	1252*	1159*	1188*	923	737*	875*	874*	1100*
74	0.8621	1053*	868*	1344*	1244*	1268*	1136	791*	939*	938*	1180*
75	1.0694	1344	1077*	1711	1656	1346	1258	981*	1164*	1163*	1464*
76	0.9702	1185*	977*	1664	1369	1645	1029	890*	1056*	1055*	1328*
77	0.5991	696	603*	930	740	915	630	550*	652*	652*	820*
78	1.0315	1410	1039*	1545	1436	1462	1433	946*	1123*	1122*	1412*
79	0.7717	845	777*	1228	1225	1338	884	609	842	871	1057*
1980	0.5929	713	698	1006	863	913	675	551	716	458	812*
81	0.8165	1021	814	1475	858	1370	967	805	848	942	1118*
82	0.7394	871	787	1037	1092	1007	959	968	915	804*	1013*
83	0.5414	730	586	1067	790	796*	463	547	503	518	741*
84	0.7606	887	848	1194	1148	1224	813	790	883	755	1041*
85	0.8055	1013	915	1025	1474	962	913	859	876	983	1103*
86	0.7425	893	691	910	1109	974	867	704	945	955	1017*

\*:Valeur reconstituée.

DATE	VECTEUR	KOLDA	BASSE	VELINGARA	KOUNKANE	BONCONTO	DABO	DIATTACOUNDA	FAFACOUROU	MED.Y.F	TANAFF	BAFATA	GABU	PIRADA
1924	1.3201	1403	1241*	1360	1403*	1462*	1464*	1820*	1364*	1262*	1736*	1947*	1813*	1555*
25	1.0077	1171	947*	1008	1071*	1116*	1118*	1389*	1041*	963*	1325*	1486*	1384*	1187*
26	0.9540	1248	897*	927	1014*	1056*	1058*	1315*	986*	912*	1254*	1407*	1310*	1124*
27	1.3259	1519	1246*	1360	1409*	1468*	1470*	1828*	1370*	1267*	1743*	1955*	1821*	1562*
28	1.1779	1331	1107*	1216	1252*	1304*	1306*	1624*	1217*	1126*	1549*	1737*	1617*	1388*
29	1.1460	1391	1077*	1166	1218*	1269*	1271*	1579*	1184*	1095*	1507*	1690*	1574*	1350*
1930	0.8883	924	835*	939	944*	984*	985*	1224*	918*	849*	1168*	1310*	1220*	1047*
31	0.7250	852	681*	743	770*	803*	804*	999*	749*	893*	953*	1069*	995*	854*
32	1.2378	1500	1163*	1253	1315*	1370*	1373*	1706*	1279*	1183*	1628*	1825*	1699*	1458*
33	1.2329	1530	1159*	1248	1310*	1365*	1367*	1699*	1274*	1178*	1621*	1818*	1693*	1453*
34	0.9721	1071	914*	993	1033*	1076*	1078*	1340*	1004*	929*	1278*	1433*	1335*	1145*
35	1.2099	1458	1137*	1174	1286*	1340*	1342*	1668*	1250*	1157*	1591*	1784*	1661*	1425*
36	1.2526	1363	1177*	1344	1331*	1387*	1389*	1726*	1294*	1197*	1647*	1847*	1720*	1476*
37	0.8859	999	832*	910	942*	981*	982*	1221*	915*	847*	1165*	1306*	1216*	1044*
38	1.1828	1348	1112*	1175	1257*	1310*	1312*	1630*	1222*	1131*	1555*	1744*	1624*	1393*
39	0.9215	1086	866*	961	979*	1020*	1022*	1270*	952*	881*	1212*	1359*	1265*	1086*
1940	0.9793	1150	920*	1016	1041*	1084*	1086*	1350*	1012*	936*	1288*	1444*	1345*	1154*
41	0.6617	720	622*	628	703*	733*	733*	912*	683*	632*	870*	976*	908*	780*
42	0.9891	1018	987	1019	1051*	1095*	1097*	1363*	1022*	945*	1300*	1458*	1432	1165*
43	1.1589	1558	1040	1218	1232*	1283*	1285*	1597*	1197*	1108*	1524*	1709*	1355	1365*
44	0.9299	1028	826	960	988*	1030*	1031*	1282*	961*	889*	1223*	1371*	1411	1096*
45	0.9511	1071	947	1017	1011*	1053*	1055*	1311*	983*	909*	1251*	1402*	1222	1120*
46	1.2149	1378	1096	1216	1291*	1345*	1347*	1675*	1255*	1161*	1597*	1791*	1703	1431*
47	0.9857	1186	799	1078	1048*	1091*	1093*	1359*	1018*	942*	1296*	1453*	1312	1161*
48	1.1790	1513	1108*	1043	1253*	1305*	1307*	1625*	1218*	1127*	1550*	1738*	1644	1389*
49	0.9538	1029	801	967	1014*	1056*	1058*	1315*	985*	912*	1254*	1406*	1235	1124*
1950	1.2042	1544	1239	1312	1280*	1333*	1336*	1660*	1244*	1151*	1583*	1776*	1412	1419*
51	1.2897	1438	1206	1532	1371*	1428*	1430*	1778*	1332*	1233*	1676*	1918*	1863	1520*
52	1.2412	1372	1170	1248	1319*	1374*	1377*	1711*	1282*	1186*	1632*	1830*	1662	1462*
53	1.1134	1356	1035	1052	1183*	1233*	1235*	1535*	1150*	1064*	1464*	1642*	1291	1312*
54	1.1929	1231	1121*	1214*	1268*	1321*	1323*	1644*	1232*	1140*	1568*	1883	1628	1405*
55	1.2243	1289	1151*	1349*	1301*	1356*	1358*	1687*	1265*	1170*	1610*	1721	1680	1442*
56	1.0590	1221	995*	1033	1126*	1173*	1175*	1460*	1094*	1012*	1392*	1613	1505	1104
57	1.2186	1279	1175	1240*	1295*	1349*	1351*	1680*	1259*	1165*	1602*	1839	1791	1740
58	1.4128	1689	1261	1387	1502*	1564*	1567*	1947*	1460*	1350*	1858*	2121	1885	1361
59	0.9212	1138	785	937*	979*	1020*	1022*	1270*	952*	880*	1211*	1432	1481	925
1960	0.8958	1115	801	911*	952*	992*	994*	1235*	925*	856*	1178*	1191	1308	937
61	1.1184	1216	1051*	1095	1189*	1238*	1240*	1542*	1155*	1069*	1470*	1537	1312	1436
62	1.0215	1216	900	1056	1086*	1131*	1133*	1408*	1055*	976*	1343*	1458	1446	1433
63	0.9602	1130	817	935	1021*	1063*	1065*	1323*	992*	918*	1262*	1459	1538	1078
64	0.9738	981	927	991*	1035*	1078*	1080*	1342*	1006*	931*	1280*	1444	1284	1368
65	1.1335	1178	1065*	924	1205*	1255*	1257*	1562*	1171*	1084*	1490*	1671*	1711	1335*
66	1.0004	1147	885	1035	1063*	1108*	1109*	1379*	1034*	956*	1315*	1264	1216	1179*
67	1.1281	1219	1090	1148*	1199*	1249*	1251*	1555*	1165*	1129*	1553*	1375	1563	1295
68	0.7211	760	678*	816	792	798*	800*	994*	745*	689*	948*	1137	1141	773
69	0.8918	1020*	838*	866	992	987*	989*	1229*	921*	689*	942*	1431	990*	1029
1970	0.8066	1046	758*	774	257*	893*	895*	1112*	833*	771*	1060*	1390	1107*	950*
71	0.9160	1048*	861*	811	1046	1014	1016*	1262*	946*	876*	1204*	1579	1275	1079*
72	0.7283	874	749	700	814	806*	808*	1004*	752*	696*	958*	978	869	858*
73	0.7606	1172	933	870	725	842*	844*	1048*	786*	629	1000*	1121*	1044*	896*
74	0.7769	1010	848	704	867	860*	862*	1071*	803*	620	1021*	1145*	1067*	915*
75	1.1035	1188	1177	1041	1269	1194	1296	1412	1296	1055*	1293	1627*	1515*	1300*
76	0.8492	821	790	827	847	915	951	1292	904	839	1295	1252*	1166*	1000*
77	0.6727	648	705	685	621	745	664	777	603	728	910	992*	924*	792*
78	0.9923	992	1081	1059	1103	1221	1157	1344	967	1051	1124	1463*	1363*	1169*
79	0.7959	822	896	772	787	823	907	1077	802	761*	1260	1173*	1093*	938*
1980	0.6652	566	708	677*	677	693	815	668	887	750	722	981*	913*	784*
81	0.9037	996	904	1052	795	961	893	1533	851	731	1409	1332*	1241*	1065*
82	0.7778	887	631	796	816	1025	826	1072*	878	877	951	1147*	1068*	916*
83	0.6131	727	579*	624*	712	679*	897	1029	742	587	700	904*	842*	722*
84	0.8154	840	683	957	964	937	939	1052	844	759	1072	1202*	1119*	961*
85	0.7877	794	740*	801*	930	865	983	919	856	779	1147	1161*	1082*	928*
86	0.8956	1110	842*	943	946	1043	911	1245	937	917	1109	1320*	1230*	1055*

\*:Valeur reconstituée.

## **CHAPITRE III**

# **ETUDE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES**



Les hauteurs de précipitations annuelles se caractérisent par leur variabilité dans le temps et dans l'espace, phénomène vivement ressenti en période de sécheresse mais souvent masqué par les valeurs moyennes. C'est pourquoi, après l'étude de la répartition spatiale des précipitations moyennes, une analyse statistique des chroniques homogénéisées permettra d'évaluer, en terme de fréquence, cette variabilité et de juger de la sévérité des déficits ou de l'abondance des précipitations enregistrées en années particulières dans le bassin de la Casamance.

## 1 - La pluviométrie moyenne.

Les valeurs moyennes des précipitations pour chaque station, ont été calculées à partir du fichier pluviométrique homogénéisé de la période 1951/1980 qui nous servira de série de référence.

La carte de la fig.2.8 montre la disposition des isohyètes sur le bassin. Leur orientation nord-ouest - sud-est peut être comparée à celle de la zone C2 sur le bassin en juillet et août (fig. 2.4). En effet, c'est la présence prolongée de cette zone sur la Basse Casamance et les précipitations qu'elle induit, qui donnent cette orientation particulière aux isohyètes.

L'ensemble du bassin est situé entre les isohyètes 1000 mm au nord et 1600 mm au sud.

## 2 - Etude statistique des précipitations annuelles.

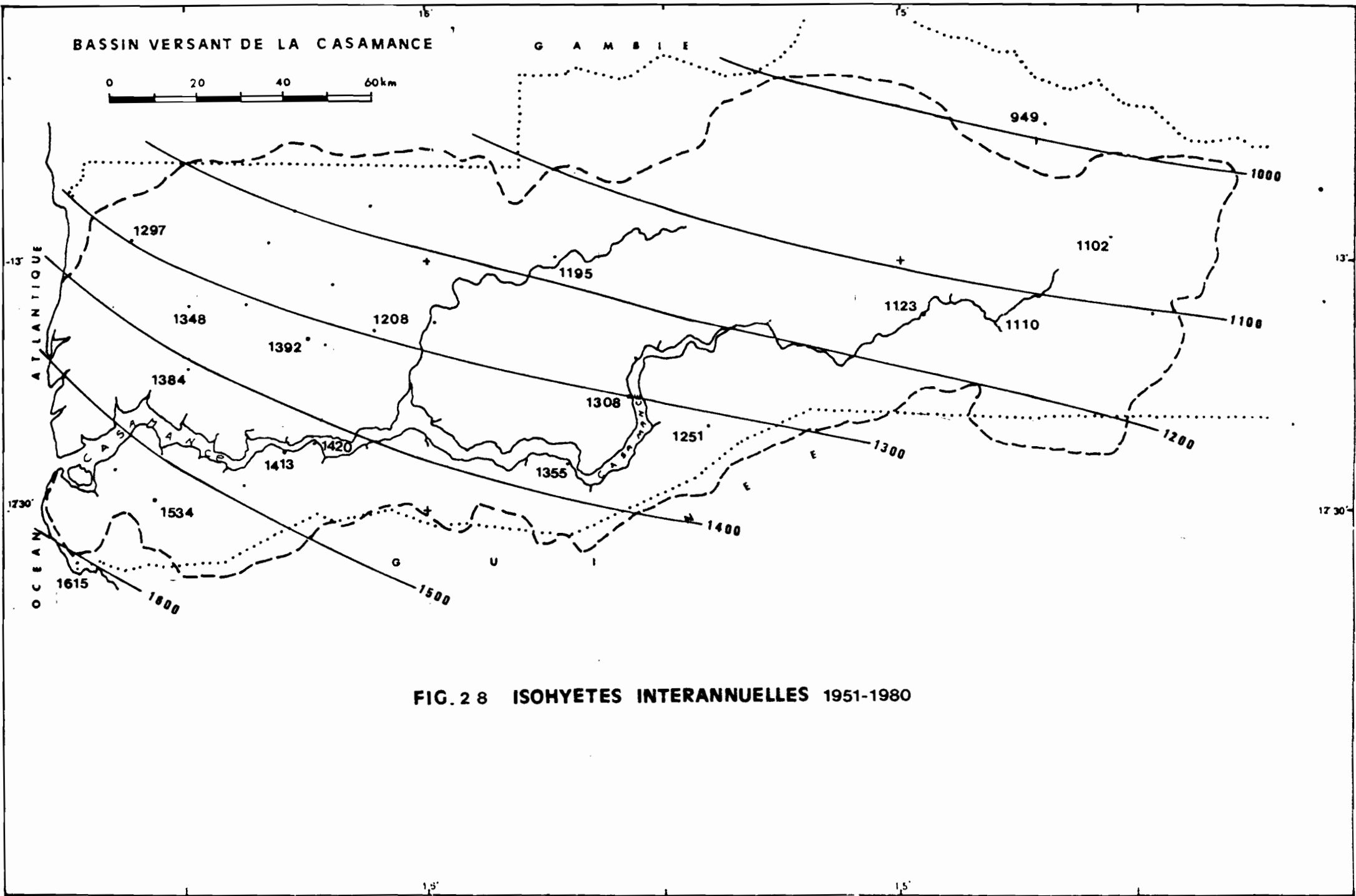
### 2.1. Généralités.

Une telle étude consiste à estimer la période de retour ou la fréquence d'apparition de telle ou telle hauteur de précipitations annuelles par l'ajustement de l'échantillon observé à une loi de distribution.

L'échantillon disponible est jugé d'autant plus représentatif d'un climat donné qu'il comprend un plus grand nombre d'années d'observation. Il apparaît dès lors qu'une telle étude ne soit pas envisageable pour les stations de courte durée. Aussi, excluons-nous de cette étude toutes celles dont la période d'observation est inférieure à vingt ans.

Les pluies annuelles ont été classées et leurs fréquences expérimentales calculées suivant l'expression :

$$F = \frac{r - 0,5}{N}$$



avec  $F$ , la fréquence,  
 $r$ , le rang de la valeur dans le classement.  
 $N$ , l'effectif de l'échantillon.

A chacun des échantillons retenus ont été ajustées trois lois de distribution :

- loi de Laplace-Gauss ou loi normale (in BRUNET-MORET, 1969).
- loi de Galton ou loi Gausso-logarithmique (in BRUNET-MORET, 1969).
- loi de Goodrich ou loi exponentielle généralisée (in BRUNET-MORET, 1969).

La recherche de la meilleure adéquation a été faite par le calcul de tests : le test du  $\chi^2$  (ROCHE M, 1963; LIORZOU A, 1970) et le test de BRUNET-MORET (1977).

La loi retenue est celle dont l'ajustement est le plus significatif au sens du test de Brunet-Moret. Ce test calcule la surface comprise entre les courbes des distributions expérimentale et théorique. Il favorise la loi qui s'ajuste le mieux aux valeurs extrêmes.

## 2.2. Résultats.

Le traitement statistique a été fait par calcul automatique sur 17 stations situées à l'intérieur ou autour du bassin versant.

Pour les stations de la Basse Casamance, à l'exception de la station d'Inhor, tous les échantillons suivent la loi de Goodrich.

En revanche Inhor et Kolda ont une distribution gaussienne tandis que la loi de Galton s'ajuste mieux aux échantillons de Vélingara et Kounkané.

A l'exception de la loi de Gauss, normale, représentée graphiquement par une droite (la droite de Henry), le calcul des paramètres des autres lois conduit à des distributions hyponormales dont la concavité des courbes est légèrement tournée vers l'axe des fréquences à l'exception de la station de Sédhiou dont la courbe a une concavité tournée vers l'axe de précipitation (fig. 2.9). Nous donnons dans l'annexe 2.2 l'expression mathématique des lois de Gauss, de Galton et de Goodrich et les listings des stations de Ziguinchor, Kolda et Vélingara.

Le tableau 2.5 récapitule les hauteurs de pluie pour les fréquences retenues allant de la centennale sèche à la centennale humide. Dans ce tableau, sont indiqués également l'écart-type, la médiane, la meilleure loi d'ajustement et le coefficient d'irrégularité  $K3$ , rapport de la pluie décennale humide à la décennale sèche (RODIER J. 1964). Pour la station de Ziguinchor  $K3$  est égale à 1,83. On remarque que pour tout le bassin, ce coefficient varie très peu d'une station à une autre avec un  $k3$  moyen de 1,86 pour l'ensemble du bassin versant.

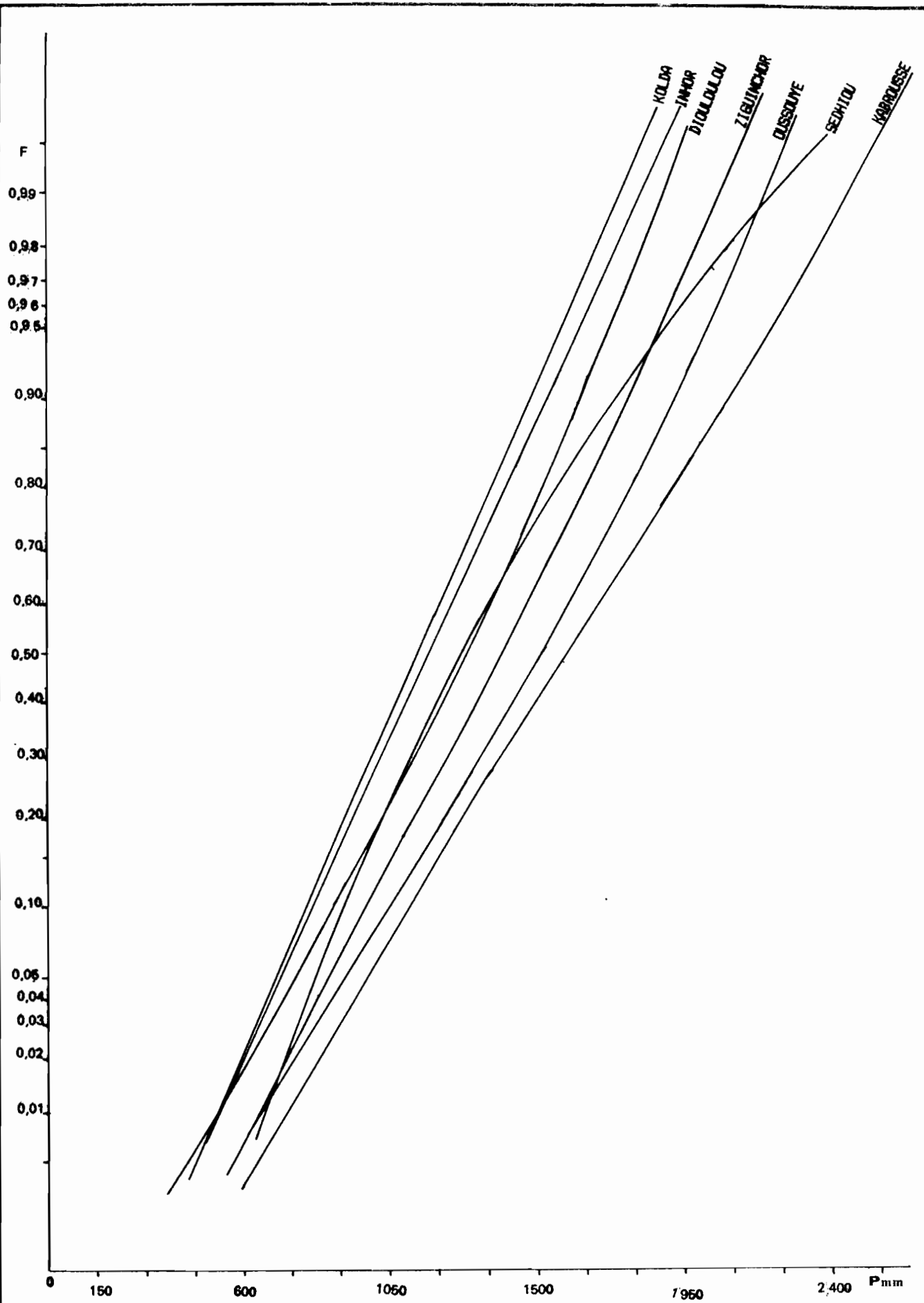


FIG:2.9 Distribution statistique des precipitations annuelles

Tableau 2.5 : Précipitations annuelles (mm) de diverses récurrences (1951-1980).

		RECURRENCES SECHES						MEDIANE	ECART-TYPE	MOYENNE	RECURRENCES HUMIDES						K3	C.V
FREQUENCES		0.01	0.02	0.04	0.05	0.10	0.5			0.90	0.95	0.96	0.98	0.99				
recurrence		100ans	50ans	25ans	20ans	10ans	2 ans			10ans	20ans	25ans	50ans	100ans				
Ziguinchor	Goodrich	647.6	729.8	826.6	861.4	983.4	1412	321.5	1399.2	1795.8	1894.	1922.	2000	2068.4	1.83	0.23		
Oussouye	Goodrich	651.2	753.5	870.9	912.4	1055.3	1533.4	347.8	1513.4	1937.3	2038.	2067.	2146	2214.8	1.83	0.23		
Kabrousse	Goodrich	745.0	828.2	929.8	967.2	1101.6	1608.5	395.9	1603.1	2097.9	2228.	2265.	2360	2462.9	1.90	0.24		
Diouloulou	Goodrich	521.7	611.2	714.1	750.5	876.1	1297.2	308.7	1279.0	1654.4	1744.	1769.	1839	1900.3	1.88	0.24		
Bignona	Goodrich	605.8	652.2	714.3	738.6	831.6	1253.1	356.7	1277.0	1748.0	1892.	1934.	2055	2164.8	2.10	0.28		
Tanghory	Goodrich	620	679.4	753.7	781.7	884.4	1296.7	329.8	1301.2	1722	1839.	1873.	1969	2053.9	1.95	0.25		
Tendouck	Goodrich	591.5	679.8	782.8	819.6	947.7	1389.0	329.0	1374.2	1776.5	1875.	1902.	1980	2048.0	1.87	0.24		
Inhor	Gauss	527.9	604.0	688.7	718.2	819.7	1177.6	284.0	1177.6	1535.5	1637.	1666.	1751	1827.3	1.87	0.24		
Sédhiou	Goodrich	670.3	727.1	794.1	818.5	906.3	1272.8	334.8	1305.6	1747.6	1906.	1954.	2099	2236.7	1.93	0.25		
Kolda	Gauss	531.7	604.2	684.7	721.9	809.4	1150.1	270.42	1150.2	1490.8	1587.	1615.	1696	1768.6	1.84	0.23		
Vélingara	Galton	573.2	608.0	649.4	664.5	719.6	956.6	225.0	982.3	1277.9	1388.	1422.	1524	1622.6	1.77	0.23		
Koukané	Galton	624.5	647.6	677.2	688.6	732.7	969.8	318.3	1036.7	1416	1603	1664.	1859	2059.7	1.93	9.31		
Banjul	Goodrich	459.0	532.5	620.3	652.2	764.9	1171.6	311.2	1161.70	1545.8	1643.	1671.	1748	1816.6	2.02	0.26		
Bansang	Goodrich	507.1	530.9	563.5	576.4	626.8	865.2	209.2	882.2	1158.6	1246.	1272.	1346	1413.1	1.85	0.24		
Basse	Goodrich	594.8	924.5	662.0	676.1	728.0	937.3	170.7	938.7	1154.3	1214.	1231.	1280	1323.5	1.60	0.18		
Pirada	Goodrich	761.3	777.5	802.2	812.7	856.7	1116.9	257.8	1160.5	1517.4	1650.	1690	1807	1916.7	1.77	0.22		
Bafata	Goodrich	888.2	927.9	980.1	1000	1076.3	1407.8	279.5	1420.2	1781.4	1888.	1919.	2008	2088.0	1.65	0.20		

Nous nous sommes interrogés sur l'opportunité du choix de la période 1951/1980 pour déterminer la pluie moyenne sur le bassin versant de la Casamance.

Nous avons refait l'étude statistique sur l'ensemble de la série 1924/1986 pour les stations d'Oussouye, Ziguinchor, Sédhiou et Kolda. Le tableau 2.6 présente les valeurs fréquentielles sur les deux périodes 1924/1986 et 1951/1980. La comparaison des moyennes et des hauteurs annuelles de fréquence décennale sèche et humide donne des différences très faibles. En prenant pour base la période 1951/1980, on obtient pour la décennale sèche une différence moyenne de 2,4 % ; 0,95 % pour les valeurs centrales et 4 % environ pour la décennale humide, ces différences étant plus réduites pour les stations de Sédhiou et Kolda.

Sur les figures 2.10 à 2.13 nous avons représenté les distributions statistiques des échantillons 1924-1986 et 1951-1980 pour les stations de Ziguinchor, Sédhiou et Kolda d'une part et d'autre part celles des stations de Diouloulou, Bignona et Oussouye pour la période 1951-1980. Pour chaque station nous avons tracé les meilleures lois ajustées qui dans la plupart des cas sont la loi normale ou loi de Gauss et la loi de Goodrich. On remarquera que les tracés des deux lois se confondent pour les valeurs centrales de la distribution. En effet les écarts entre les valeurs estimées par les différentes lois sont très faibles.

Tableau 2.6 : Comparaison entre précipitations annuelles fréquentielles des séries 1924/1986 et 1951/1980 (P en mm).

Stations	Lois	RECURRENCES SECHES					MEDIANE	E. TYPE	MOYENNE	RECURRENCES HUMIDES					
		0.01	0.02	0.04	0.05	0.1	0.5			0.9	0.95	0.96	0.98	0.99	
		100ans	50ans	25ans	20ans	10ans	1/2an			10ans	20ans	25ans	50ans	100ans	K3
Ziguinchor	Gauss 1924/86	677.7	767.8	868.0	902.9	1023	1446.5	333.1	1446.5	1870.	1990.1	2025.	2125.	2215.4	1.83
	Good 1951/80	647.6	730	826.6	861.4	983.3	1412	321.5	1399.2	1796	1894.4	1922.	2000.	2068.4	1.83
Sédhiou	Good 1924/86	604.3	686.9	778.7	810.8	920.8	1309	305.3	1309.0	1697.	1807.3	1839.	1931.	2013.2	1.84
	Good 1951/80	670.3	727.1	794.1	818.5	906.3	1273	334.8	1305.6	1747.	1906.1	1954.	2099.	2036.7	1.93
Kolda	Good 1924/86	591	644.7	710.0	734.0	820.3	1145.0	218.7	1141	1457.	1541.1	1564.	1631.	1690.8	1.78
	Gauss 1951/80	531.2	604.2	684.7	722.0	809.4	1150.1	270.4	1150.2	1490.	1587.6	1615.	1696.	1768.6	1.84
Oussouye I	1924/86	679.7	784.5	901.1	941.8	1081.5	1574.5	387.7	1574.5	2067.	2007.2	2247.	2364.	2469.3	1.91
	Gauss 1951/80	651.2	753.5	870.9	912.4	1055.3	1533.4	347.8	1513.4	1937.	2038.5	2067.	2146.	2215.0	1.84
Oussouye	Gauss 1924/68	906.0	999.5	1103.4	1139.	1264.2	1703.5	346.6	1703.5	2142.	2267.3	2303.	2407.	2500.9	1.70
Ziguinchor	Gauss 1924/68	888.0	966.9	1054.6	1085.	1190.2	1560.9	292.5	1560.9	1931.	2036.6	2067.	2154.	2233.7	1.62
Sédhiou	Gauss 1924/68	803.8	875.2	954.6	982.3	1077.4	1412.9	264.7	1412.9	1748.	1843.6	1871.	1950.	2022.0	1.62
Kolda	Good 1924/68	717.5	773.5	839.4	863.1	946.3	1239.2	217.6	1230.3	1501.	1568.7	1587.	1641.	1687.8	1.59

FIG: 2.10 DISTRIBUTION STATISTIQUE DES PLUIES ANNUELLES A ZIGUINCHOR

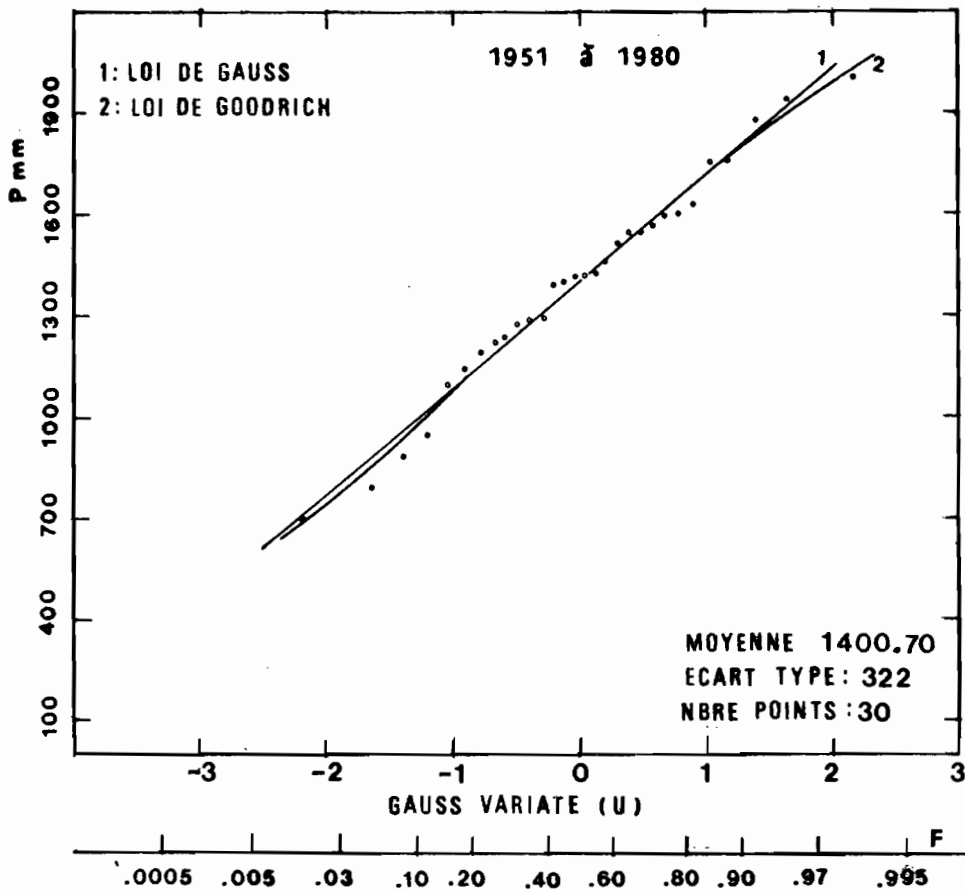
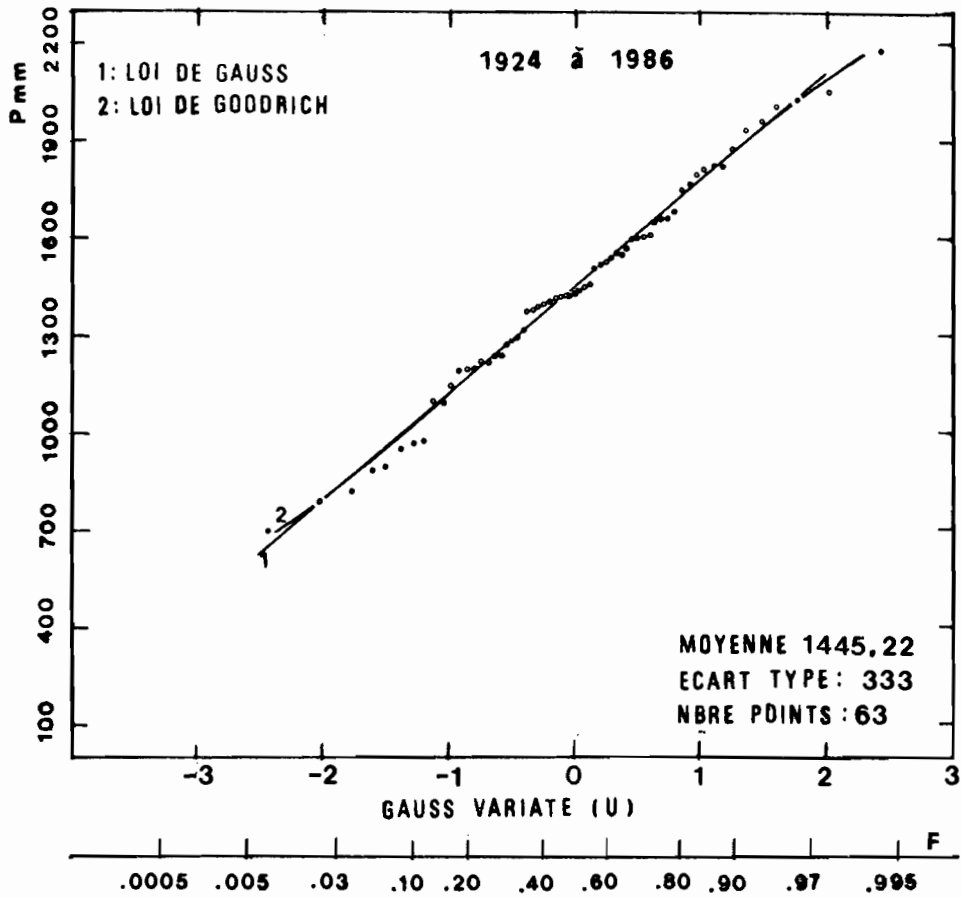




Fig 2.11 DISTRIBUTION STATISTIQUE DES PLUIES ANNUELLES A SEDHIOU

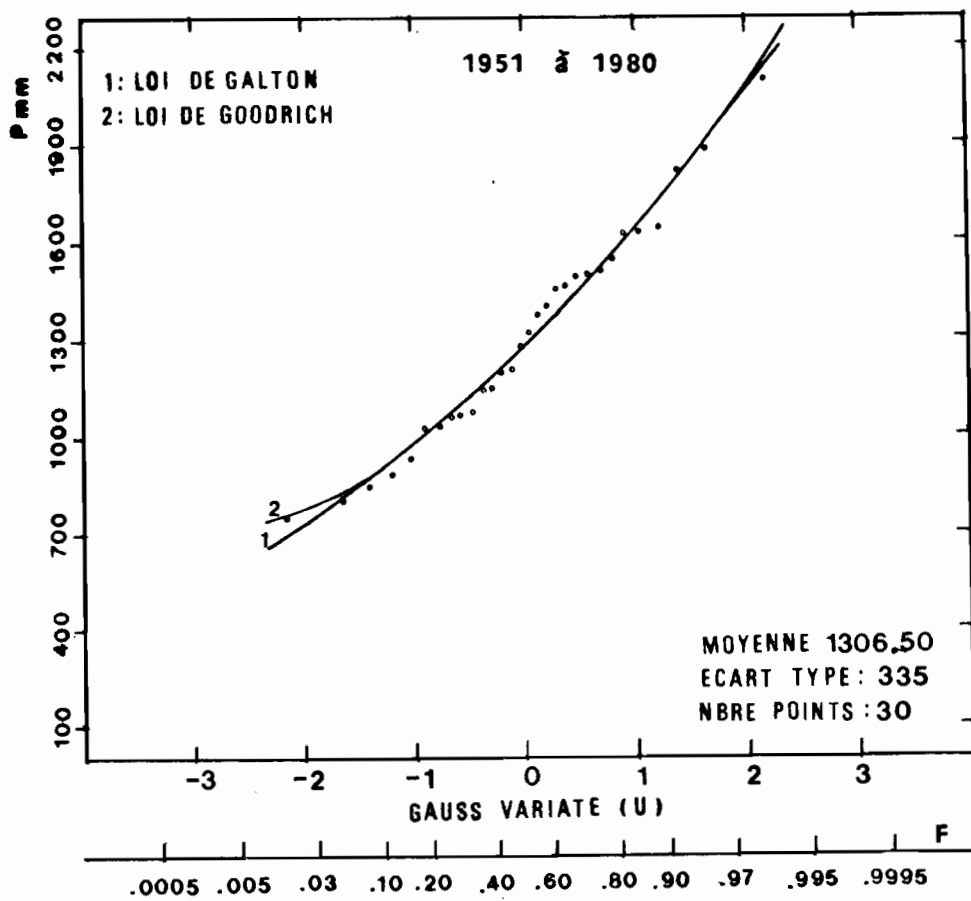
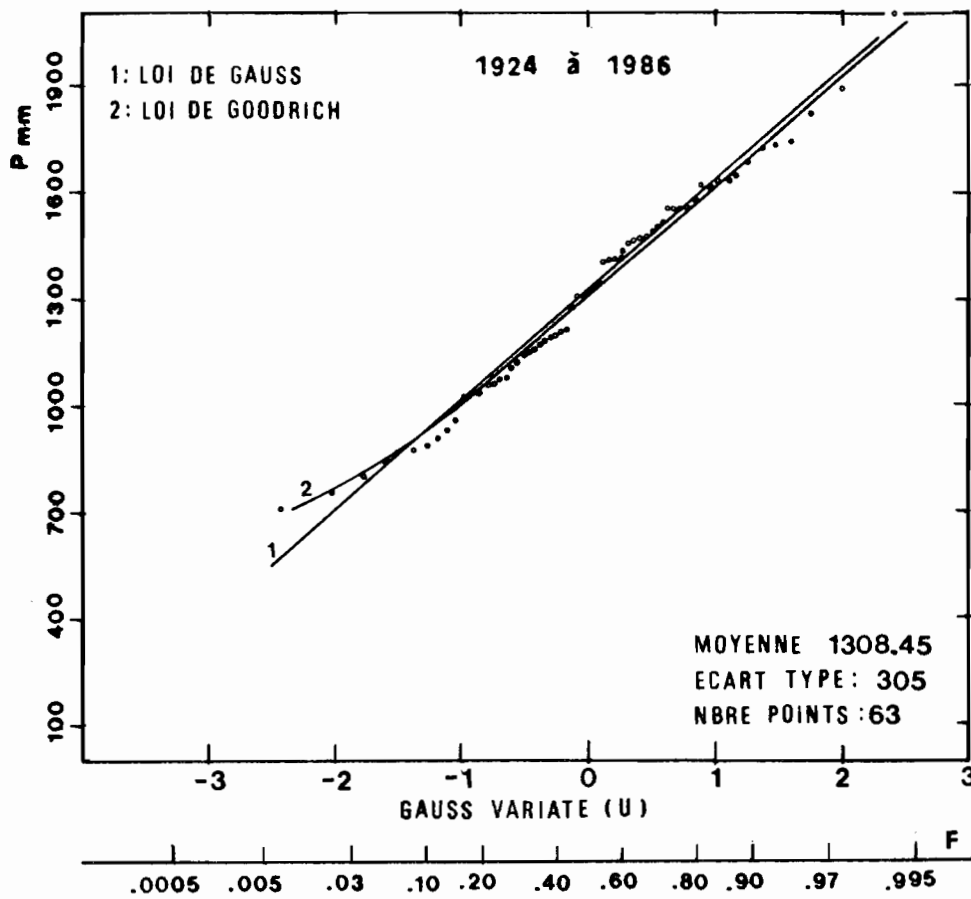
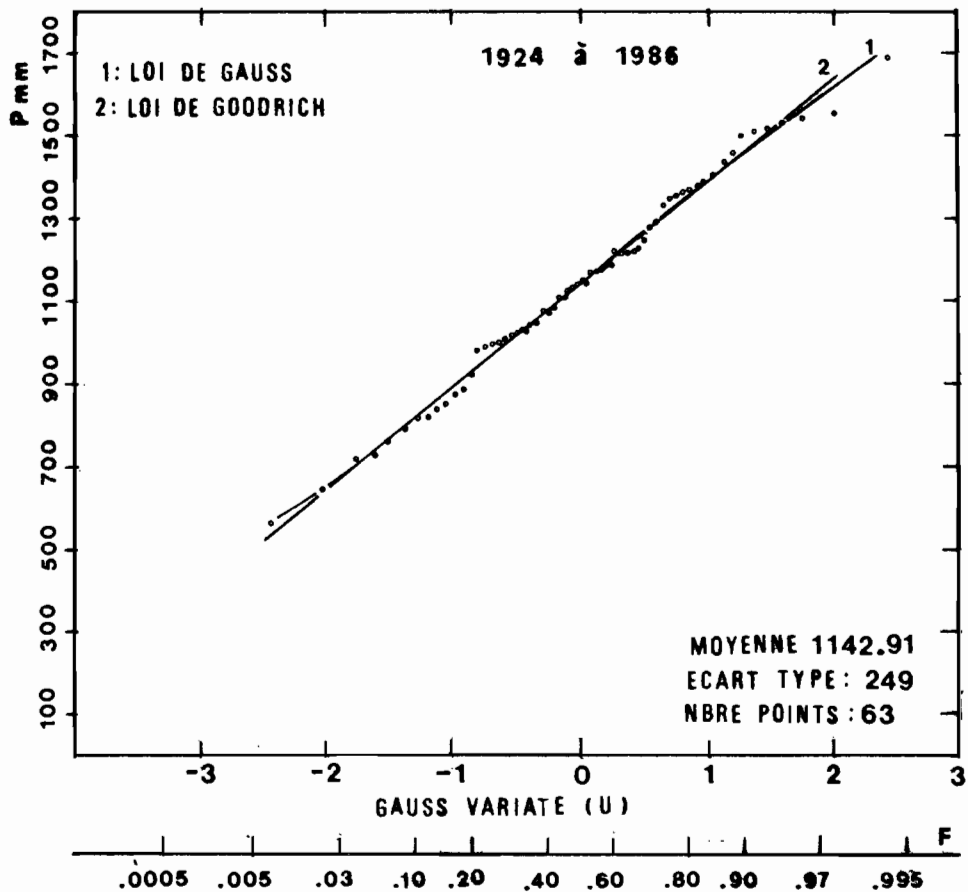
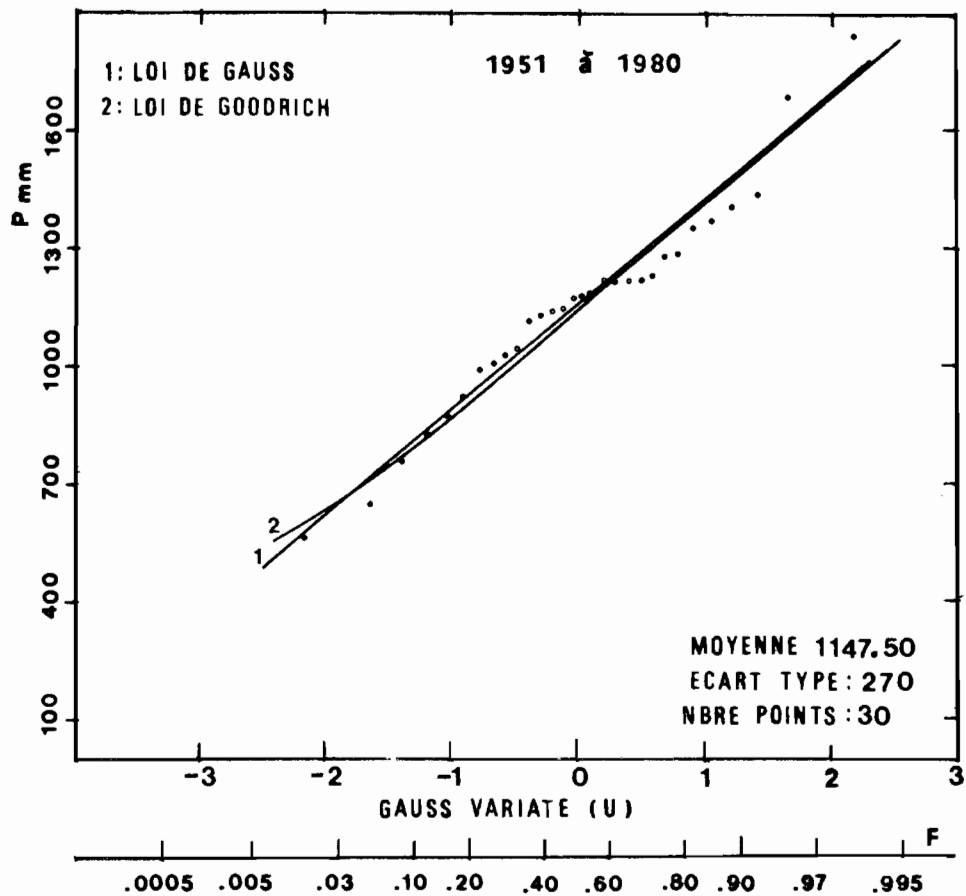
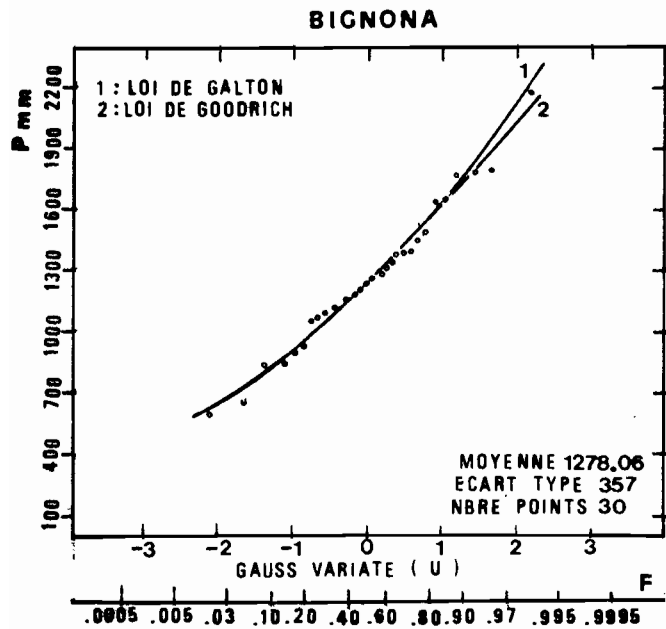
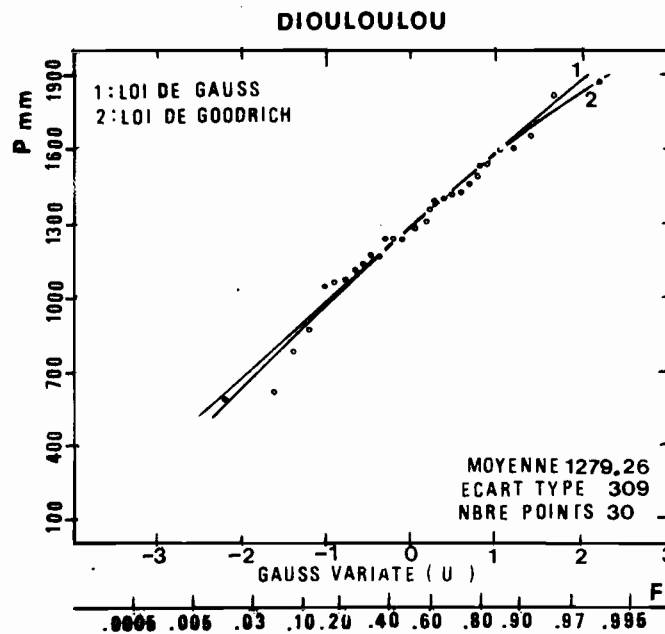
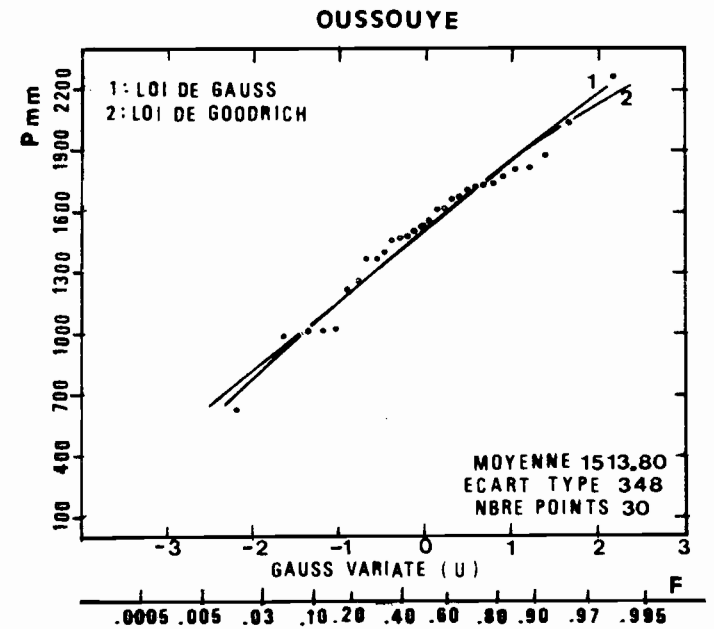


Fig 2.12 DISTRIBUTION STATISTIQUE DES PLUIES ANNUELLES A KOLDA





**Fig 2.13 DISTRIBUTION STATISTIQUE  
DES PLUIES ANNUELLES**



### 2.3 Relations globales Pluies moyennes-Pluies de diverses récurrences

Compte tenu du nombre de stations non utilisées dans l'étude statistique des pluies annuelles et surtout de leur localisation dans le bassin, nous avons recherché l'existence éventuelle d'une relation liant les pluies moyennes interannuelles avec les pluies de diverses fréquences.

L'existence d'une telle relation permettrait de déterminer pour les stations, de courte durée, les hauteurs de pluies de différentes récurrences. La recherche de corrélation linéaire sur la base des données de la période 1951/1980 a donné les résultats consignés dans le tableau 2.7 dans lequel sont indiqués pour les fréquences humides et sèches les équations de régression, les coefficients de corrélation linéaire (r) et le nombre de couples (n).

Ce tableau montre la bonne corrélation qui lie les précipitations moyennes aux hauteurs de récurrence humide d'une part et d'autre part à la pluie de fréquence décennale sèche.

Ces relations ont permis d'estimer les pluies annuelles de fréquences décennales des stations à chroniques brèves pour élaborer les courbes iso-valeurs des précipitations annuelles de fréquences décennales sèche et humide (fig. 2.14 et 2.15).

Ces cartes permettent déterminer rapidement les valeurs des précipitations de fréquences rares (décennales) à chaque poste pluviométrique. Il est bien entendu que l'on ne n'observe pas la même année une pluviométrie d'égale fréquence à toutes les stations.

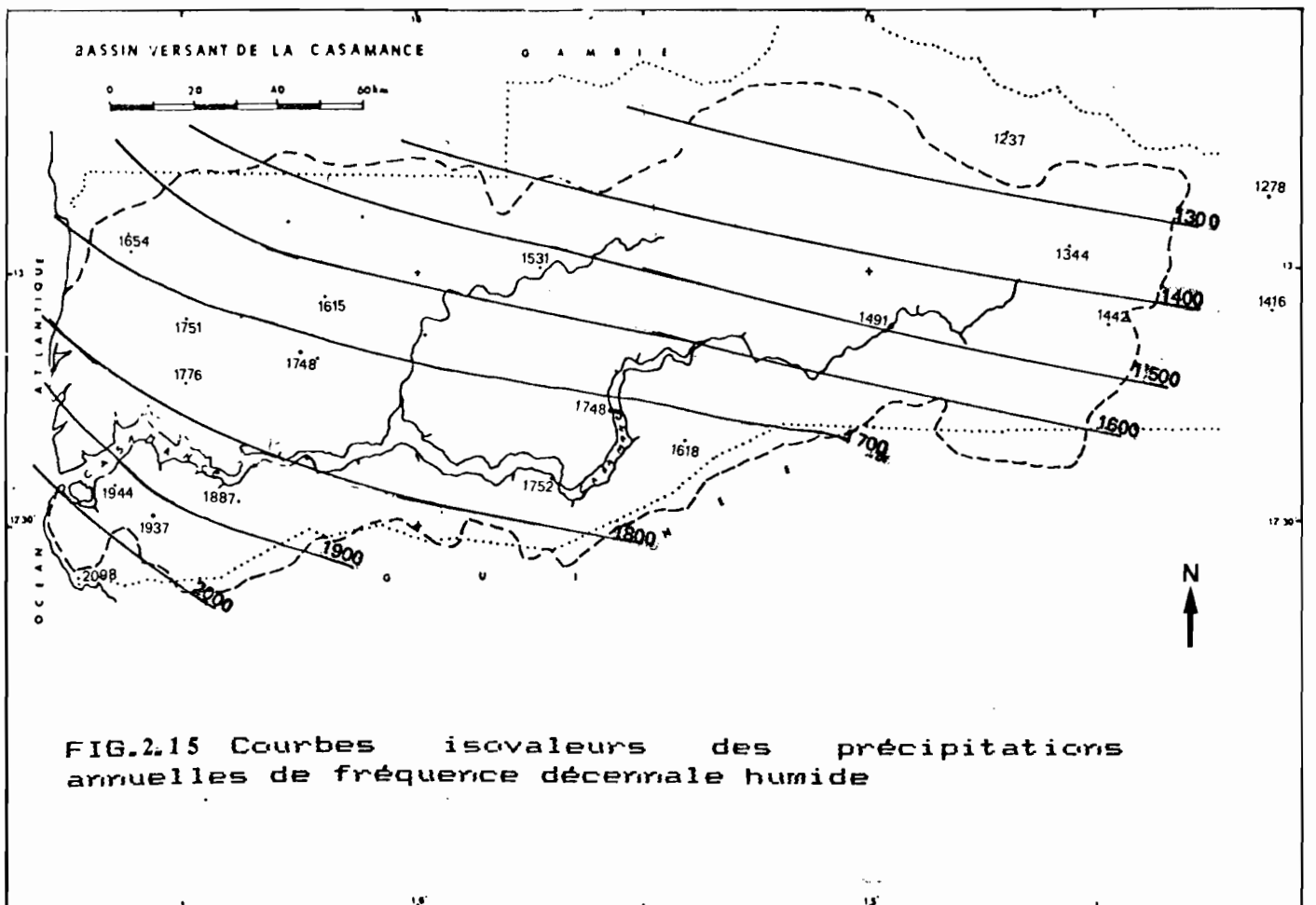
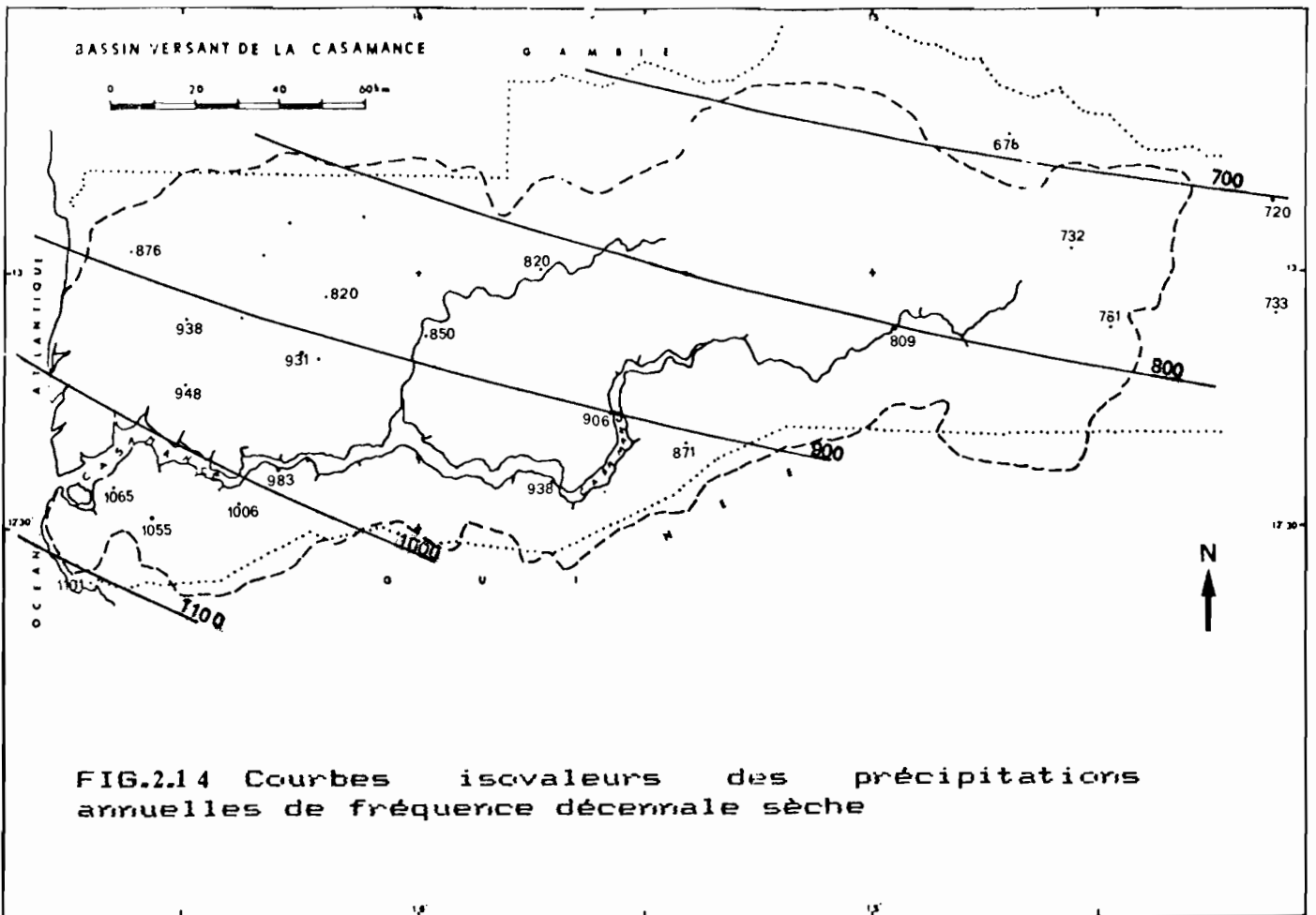
Tableau 2.7 :Corrélations entre Pluie moyenne annuelle et Pluie annuelle de récurrences 10, 20, 50 ans.

Caractères	Récurrences sèches		Récurrences humides		
	Equations régression	r	Equations de régression	r	n
P10	0,646 Pmm + 69.61	0,963	1.280 Pmm + 30.82	0.988	17
P20	0,513 Pmm + 141.2	0.896	1.301 Pmm + 118.4	0.969	17
P50	0,367 Pmm + 225.26	0.707	1.299 Pmm + 250.82	0.924	17
Médiane = 1.050 Pmm - 71.38			r = 0.995	n = 17	

P10, P20, P50 : Pluie annuelle de période de retour une fois tous les 10, 20 et 50 ans.

Pmm :Pluie moyenne interannuelle (1951/1980)

L'équation liant la pluie médiane à la pluie moyenne interannuelle montre la faible différence existant entre les deux et nous a amené à ne pas représenter les lignes d'égales précipitations annuelles de fréquence médiane.



L'examen de ces cartes montre que, dans l'hypothèse d'une année décennale humide, le bassin versant de la Casamance recevrait presque le double des précipitations attendues en année décennale sèche. En effet le rapport moyen entre précipitations de récurrence dix années est de 1,87 les extrêmes étant 1,93 et 1,83.

### 3 - Variabilité interannuelle et évolution vers la sécheresse.

La pluviosité d'une année est définie par le rapport de la hauteur de précipitations de cette année à la hauteur de précipitation interannuelle. Elle sera inférieure à l'unité dans le cas de précipitations déficitaires et supérieure à 1 pour des précipitations annuelles excédentaires.

Cependant, la hauteur de précipitations interannuelles étant un paramètre évolutif dans le temps, fonction des nouvelles observations, nous préférons nous limiter à l'analyse des variations dans le temps de la pluviométrie annuelle au niveau régional et stationnel.

#### 3.1. Variation régionale des précipitations

La variation annuelle des précipitations à l'échelle régionale est analysée à travers la variation des indices pluviométriques du vecteur régional qui décrit les fluctuations climatiques d'une région. En effet, à l'encontre d'un poste d'observation, le vecteur fournit la "signature" des événements pluviométriques débarrassés du "bruit" inhérent aux procédés d'acquisition de l'information ou provoqué par une anomalie localisée au point de mesure (HIEZ, G., et al, 1985).

La fig. 2.16 présente la variation des deux vecteurs (V1 = Basse-Casamance ; V2 = la Moyenne et Haute Casamance) de 1924 à 1986.

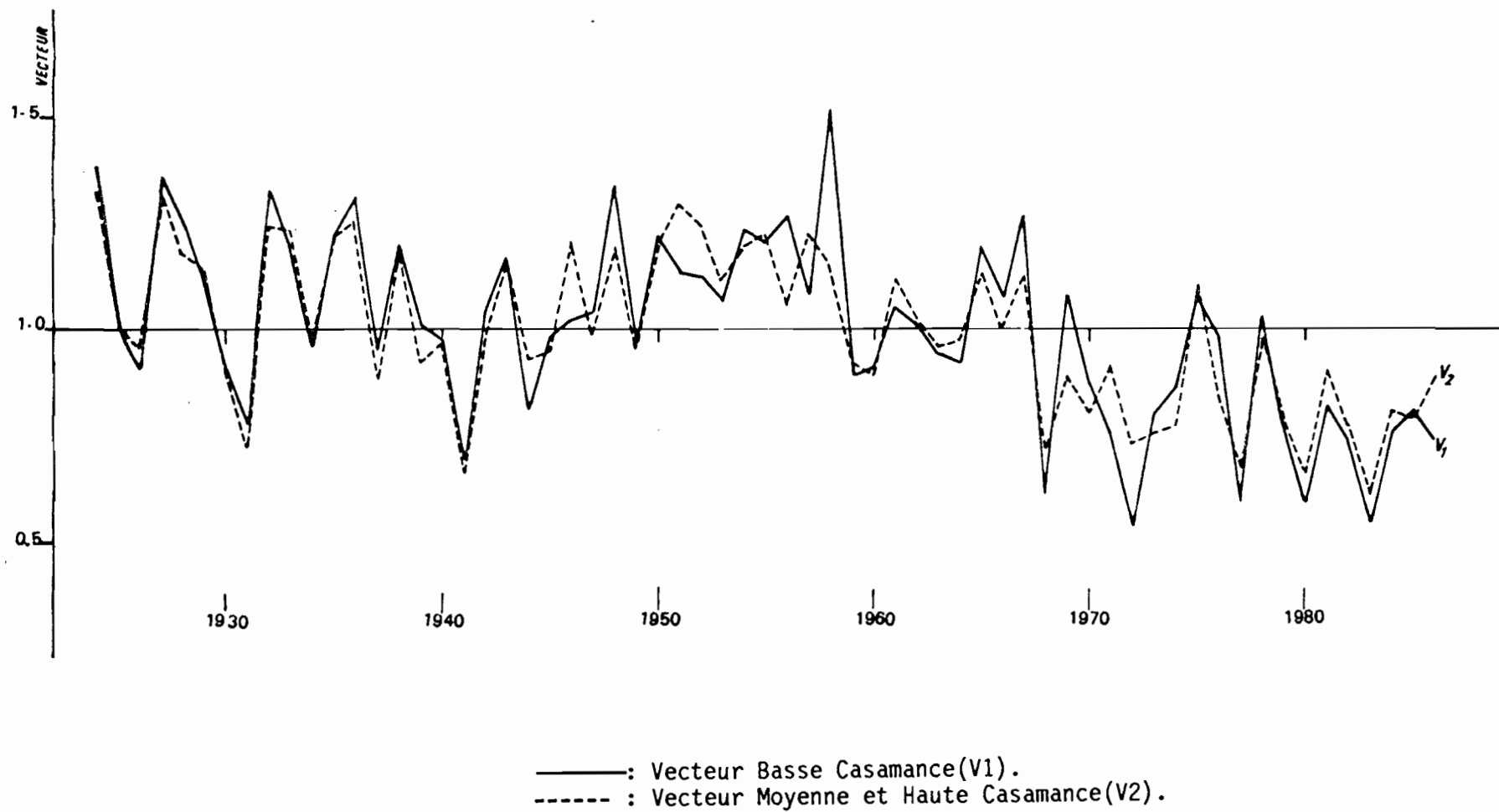
La valeur 1 du vecteur régional correspond à la moyenne régionale; les valeurs inférieures à 1 représentent les années à pluviométrie déficitaire tandis que les valeurs supérieures à l'unité traduisent les années excédentaires.

Cette figure montre que l'évolution générale des précipitations est la même dans les deux parties du bassin versant sauf entre 1955 et 1958 et 1971 d'une part et d'autre part que les fluctuations d'une année à l'autre sont moins marquées en Moyenne et Haute Casamance qu'en Casamance Maritime.

On observe sur cette figure l'existence de périodes à pluviométrie excédentaires (1926/1929, 1932/1945, 1945/1967 (les années déficitaires dans ces séquences étant très proches de la moyenne) entrecoupées par des années particulièrement déficitaires (1931, 1941, 1945). A partir de 1968, commence la période à déficit pluviométrique persistant et sans précédent qui sévit dans la région soudano-sahélienne depuis bientôt deux décennies.

L'examen de travaux récents sur l'évolution des précipitations au sud du Sahara (OLIVRY JC, 1982 ; ALBERGEL J, 1986 ; LAMAGAT JP, et al 1989; SIRCOULON J, 1976a), tout en indiquant les années particulières comme

Figure 2.16 - Variations des indices pluviométriques des vecteurs régionaux.



1913, 1931, 1941 qui semblent s'inscrire dans la mouvance "normale" des précipitations dans ce domaine, montrent que la particularité de la période commençant en 1968, réside dans la fréquence d'apparition des années déficitaires. On remarquera qu'à l'exception des années 1969, 1975 et 1978 qui sont légèrement excédentaires, pour le bassin maritime et 1975 pour le bassin continental toutes les autres années sont déficitaires.

Pour mieux caractériser cette concentration d'années sèches dans la période 1969-1986, nous avons compté sur quatre stations, bien réparties sur le bassin, le nombre d'années de la période 1969-1986 pour lesquelles le total pluviométrique est inférieur ou égal à la décennale sèche que nous avons calculée sur la base des données antérieures à 1969 (P10). Les résultats sont consignés dans le tableau 2.8. Si nous prenons la période avant 1969, comme période de référence, la station d'Oussouye enregistrerait, entre 1969 et 1986, 10 fois une pluviométrie annuelle inférieure ou égale à la décennale sèche. A Ziguinchor ce serait 7 fois; Sédhiou 14; et Kolda 9, soit une moyenne de 10.

*Ce tableau indique qu'un risque de sécheresse qui avait une récurrence décennale dans la période avant 1969, apparaît en moyenne dix fois en dix-huit ans pour la période 1969/1986.*

Tableau 2.8 - Comparaison des pluviométries de la période 1969/1986 à la décennale sèche avant 1969.

Stations	Oussouye	Ziguinchor	Sédhiou	Kolda
$\bar{P}$ mm (avant 1969)	1703	1561	1413	1230
P10mm (sèche)	1264	1190	1077	946
Nbre années P < P10 (1969/1986)	10	7	14	9

Si nous faisons l'hypothèse que les séries sont stationnaires, la probabilité d'observer 10 fois la décennale sèche en dix-huit ans, est égale :

$$P = C_{18}^{10} \cdot (0.9)^8 \cdot (0.1)^{10} = 1,88 \cdot 10^{-6}$$

Cette probabilité signifie que l'on a une chance sur 500 000 que l'hypothèse soit vérifiée.



Cette probabilité extrêmement faible montre la singularité de la période 1969/1986 d'une part et d'autre part le caractère non stationnaire des séries pluviométriques (CARBONNEL JP, HUBERT P., 1985, SNIDJERS T.A.B, 1986 ; ALBERGEL J, 1987 ; MUSY A, MEYLAN P, 1987). Cette probabilité montre cependant comment un risque, estimé pour un aménagement avant 1969, est devenu depuis une contrainte.

### 3.2. Variation des précipitations dans six stations

L'évolution des variations ponctuelles de précipitations est présentée dans la fig.2.17 pour les stations d'Oussouye, Ziguinchor, Diouloulou, Sédhiou, Kolda et Vélingara.

Afin de mieux voir le sens, la forme ou la tendance d'une évolution dans une suite chronologique de variables, en l'occurrence dans le cas qui nous intéresse les pluies annuelles, l'utilisation de la moyenne mobile arithmétique par laquelle on espère "lisser" la composante aléatoire et passer d'une courbe en dents de scie à une courbe plus significative pour l'analyse est très courante. Mais ces courbes de moyennes mobiles arithmétiques sont dépendantes du temps de base choisi pour le calcul de ces moyennes (généralement compris entre 5 et 10 ans). Elles présentent l'inconvénient de centrer des phénomènes qui ne sont pas forcément en coïncidence avec l'observation réelle et d'induire en elles-mêmes des variations périodiques de période voisines du pas de temps choisi pour le calcul (effet Slutsky). C'est pourquoi nous avons choisi la méthode des moyennes mobiles pondérées qui par, sa formulation, tient compte du caractère non stationnaire des séries pluviométriques en intégrant l'effet de persistance.

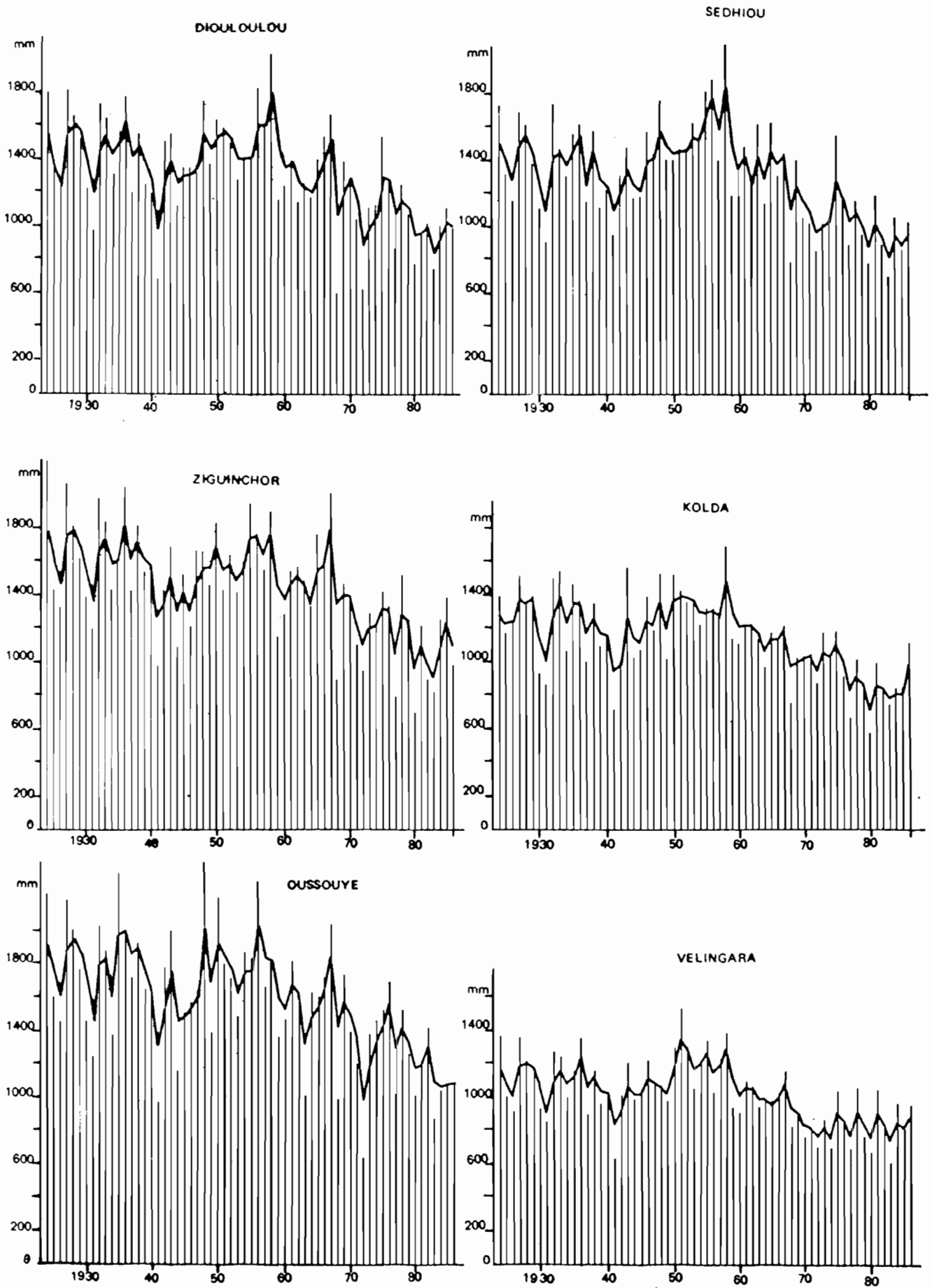
Cette méthode présente l'avantage de maintenir les moyennes, ainsi calculées, calées dans le temps avec la réalité des observations et de traduire l'approche d'une réalité physique susceptible d'être interprétée. Ainsi, la moyenne mobile pondérée déterminée pour une année donnée dépend pour moitié de l'année en question et pour moitié des années antérieures, de poids dégressif en remontant dans le temps.

Le trait brisé de la figure 2.17 traduit l'évolution des moyennes mobiles pondérées calculées d'après la formule :

$$\bar{P}_i = 0.5 \sum_{i=1}^n P_i \cdot e^{-0.7(t_o - t_i)}$$

où  $\bar{P}_i$  représente la moyenne mobile pondérée de l'année  $P_i$   
 de  $P_o$ .  
 $(t_o - t_i)$ , le temps en années séparant l'observation  $P_i$  de celle

Figure 2.17 - Pluviométries annuelles et moyennes mobiles pondérées à six stations du bassin versant.



Outre les grandes tendances mises en évidence par le vecteur régional, on observe sur cette figure une fluctuation plus marquée des précipitations au niveau des stations de la Basse Casamance, fluctuation plus accentuée en allant du nord au sud (Diouloulou-Ziguinchor-Oussouye).

La comparaison des stations d'ouest en est, de Ziguinchor à Vélingara, montre l'estompement de fluctuations interannuelles qui deviennent moins sensibles.

### 3.3. Variabilité spatiale des précipitations.

Elle sera analysée à l'aide de deux séries de cartes :

- la première portant sur la cartographie des isohyètes interannuelles 1927/1986 ; 1951/1980 et 1970/1986 (fig.2.18).

- la seconde série sur la dynamique des isohyètes interannuelles décennales 1100mm et 1500mm pendant les six dernières décennies de 1927 à 1986 (fig. 2.19).

Ce découpage est sans nul doute arbitraire mais notre souci est de prendre en compte les dernières années observées, en l'occurrence 1986.

On remarque sur les premières cartes de la fig. 2.18 que la disposition des isohyètes des périodes 1927/1986 et 1951/1980 est à peu près la même, la descente des isohyètes étant très faible. Par contre, sur la troisième carte représentant la période de sécheresse, on note la disparition des isohyètes 1600 mm à 1300 mm au sud et l'apparition de l'isohyète 800 mm au nord-est du bassin.

Sur la fig.2.19 qui montre les fluctuations des isohyètes 1100 mm et 1500 mm de 1927 à 1986, on observe :

- . deux décennies de forte pluviosité (1927/1936 et 1947/1956) séparées par la décennie 1937/1947 moins pluvieuse à cause de la sécheresse 1940/1945.

- . A partir de la décennie 1957/1966 s'amorce la diminution des précipitations comparativement aux dix années précédentes.

- . Dès 1967/1976, on note la disparition de l'isohyète 1500 mm. L'isohyète 1100 mm passe légèrement au-dessus d'un axe Diouloulou- Sédhiou.

- . Pour la dernière décennie 1977/1986, l'isohyète 1100 mm descend pour se situer sur un axe Loudia-Woloff-Nyassia.

La dynamique de ces deux isohyètes montre le caractère progressif de la diminution des précipitations annuelles sur le bassin de la Casamance.

L'étude de la variabilité interannuelle des précipitations à l'aide du vecteur régional et des moyennes mobiles pondérées, a permis de dégager les tendances des précipitations à l'échelle régionale et stationnelle d'une part et d'autre part les particularités de la sécheresse actuelle dont la persistance conduit à réfuter l'existence d'une périodicité déterminée de cycles secs et humides.

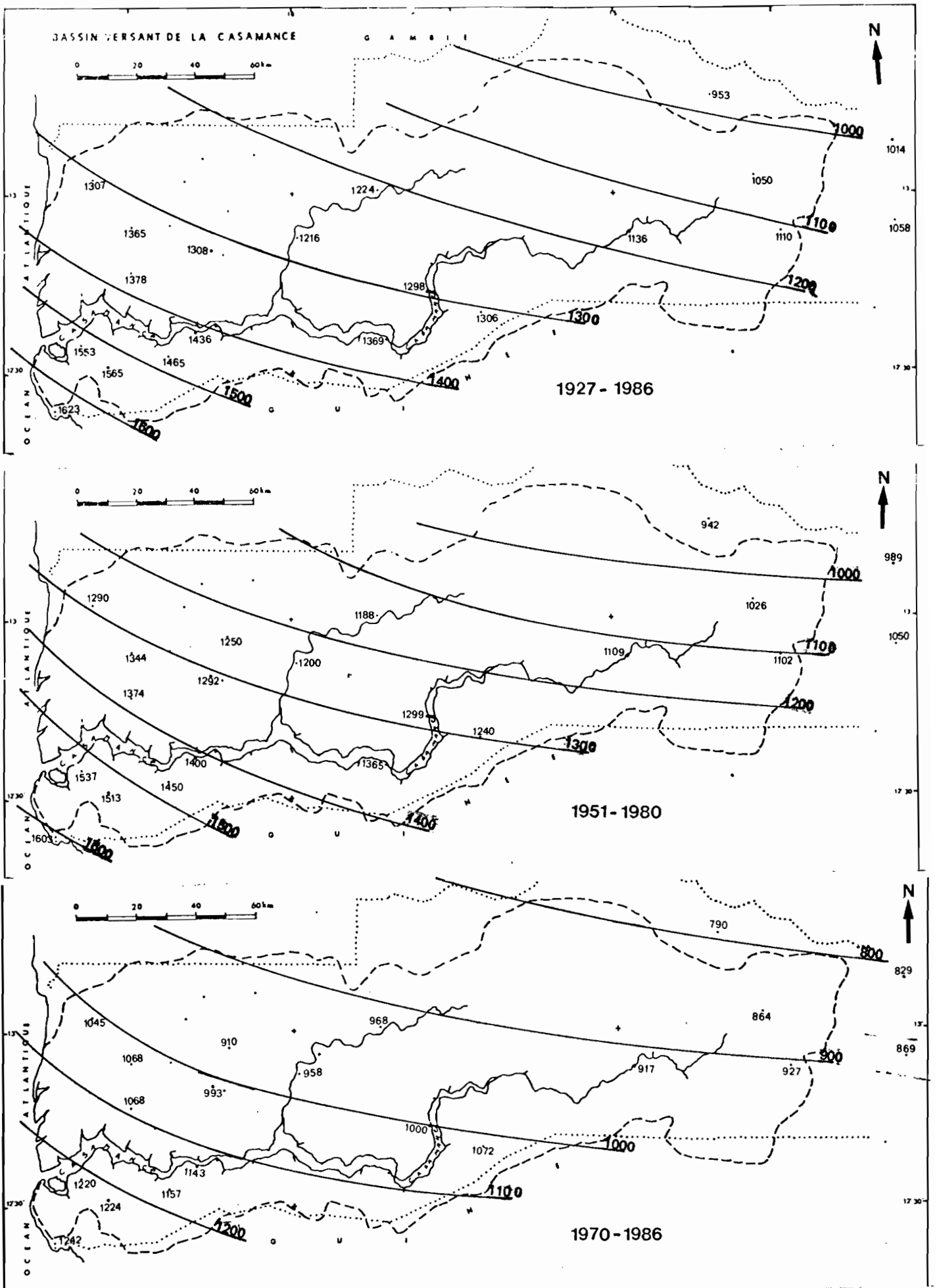


FIG.2.18, Isohyètes interannuelles moyennes 1927-1986; 1951-1980; 1970-1986

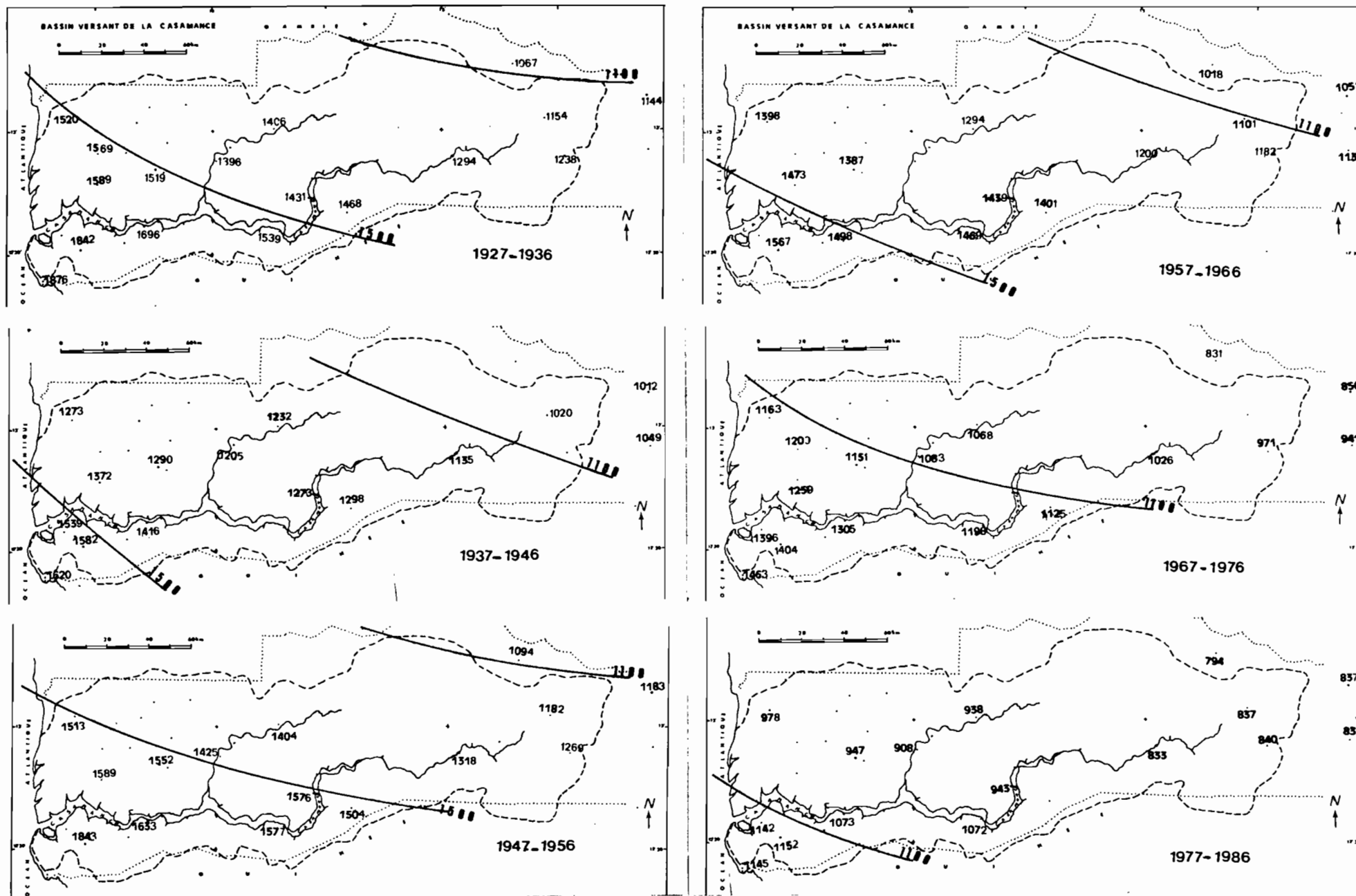


FIG.2.19:Variation des isochyètes 1100 et 1500 mm au cours des six dernières décennies

## **CHAPITRE IV**

# **ETUDE DES PRECIPITATIONS MENSUELLES**

L'étude de la répartition des pluies dans l'année et en particulier des hauteurs mensuelles de précipitations pose le problème de l'hétérogénéité des données de base. En effet toutes les stations n'ont pas la même période d'observation d'une part et d'autre part, pour une même station, il peut y avoir des lacunes à l'échelle mensuelle d'où des relevés mensuels de tailles différentes.

Cette étude sera limitée aux périodes 1951/1980 et 1970/1986 dans six stations (Diouloulou - Ziguinchor - Inhor - Sédhiou - Kolda - Vélingara), bien réparties sur le bassin versant et présentant le moins de lacunes possibles sur ces deux périodes, les séries de pluies mensuelles considérées étant l'échantillon disponible.

Sur la base de ces données brutes, les moyennes interannuelles des précipitations mensuelles ont été calculées. Il va de soi que le total annuel, somme des pluies moyennes mensuelles, peut diverger de la moyenne interannuelle des pluies annuelles. Dans un tel cas, les moyennes mensuelles ont été affectées d'un coefficient correcteur  $k$  exprimé par le rapport pluviométrie interannuelle/total des moyennes mensuelles de la période considérée (OLIVRY JC, 1981).

Nous n'aborderons pas l'étude statistique des hauteurs de pluies mensuelles qui présente moins d'intérêt que celle des précipitations annuelles, décennales ou journalières.

## 1 - Répartition des hauteurs mensuelles des précipitations.

La répartition mensuelle des précipitations varie d'une année à une autre avec des répercussions non négligeables sur les activités agricoles. Cette variabilité a été analysée à l'aide de deux tableaux sur les périodes 1951/1980 et 1970/1986 ( pour cette dernière période nous n'avons retenu que la moyenne mensuelle et le coefficient pluviométrique mensuel).

Le tableau 2.9 présente les valeurs caractéristiques des pluies mensuelles: maximum, minimum, quartiles supérieur (75%) et inférieur (25 %) et la médiane (50 %) des observations. Ces valeurs ont été déterminées après classement des données dans l'ordre décroissant. Ce tableau montre l'importance de l'intervalle de variation (différence entre valeurs maximale et minimale d'une série) des précipitations mensuelles. Par exemple à Diouloulou pour le mois d'Août cet intervalle est de 650.2 mm (701.6 mm - 51.4 mm)

La figure 2.20 montre la variation des précipitations mensuelles. Les valeurs 75 %, 25 % et 50 % représentent respectivement les quartiles supérieur, inférieur et la médiane.

Pour préciser cette variabilité nous avons consigné dans le tableau 2.10 les caractéristiques statistiques des séries de pluies mensuelles:

Tableau 2.9 : Maximum, minimum et quartiles des pluies mensuelles (1951-1980).

Caractères /mois		J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Diouloulou	Maximum	9.2	9.6	0	0	54.9	261.7	595.9	701.6	624.2	353.8	84.3	8.0
	Q.sup.	0	0	0	0	4.8	129.8	400.7	580.1	402.85	119.4	11.4	0
	Médiane	0	0	0	0	0	52.8	279.1	468.4	256.95	75.2	0	0
	Q.inf.	0	0	0	0	0	25.5	226.3	346.4	200.0	58.75	0	0
	Minimum	0	0	0	0	0	0	95.2	51.4	119.3	17.7	0	0
Ziguinchor	Maximum	6.2	6.6	0	0.1	31.5	307.3	648.5	903.7	664.3	285.4	55.3	14.2
	Q.sup.	0	0	0	0	10.0	146.0	398.8	557.3	414.3	188.8	19.0	0.1
	Médiane	0	0	0	0	0	105.2	306.2	461.5	319.5	120.75	0.3	0
	Q.inf.	0	0	0	0	0.1	61.1	242.6	422.6	251.9	53.7	0	0
	Minimum	0.0	0	0	0	0	29.9	156.7	159.9	181.3	7.2	0	0
Inhor	Maximum	0,0	0	0	0	43.7	193.0	419.5	827.8	399.2	322.8	66.0	10.0
	Q.sup.	0	0	0	0	9.0	127.7	305.2	385.75	297.75	175.2	8.5	0
	Médiane	0	0	0	0	0	86.6	262.6	348.25	237.4	84.8	0	0
	Q.inf.	0	0	0	0	0	43.5	197.8	285.0	174.0	52.1	0	0
	Minimum	0.0	0	0	0	0	0	992	863	105.5	0	0	0
Sédhiou	Maximum	8.4	8.2	3.8	0.1	127.5	279.9	687.6	646.2	582.7	556.9	70.5	13.4
	Q.sup.	0	0	0	0	16.95	160.6	363.4	510.85	417.4	180.3	17.3	0
	Médiane	0	0	0	0	4.0	101.8	282.9	390.85	274.95	114.8	0	0
	Q.inf.	0	0	0	0	0	70.0	211.1	332.2	205.6	55.3	0	0
	Minimum	0	0	0	0	0	1.1	109.0	172.6	147.3	23.7	0	0
Kolda	Maximum	2.2	14.8	2.7	24.6	47.8	278.2	502.9	990.7	553.6	372.7	70.5	13.4
	Q.sup.	0	0	0	0	17.8	174.2	360.8	411.2	377.3	172.75	17.3	0
	Médiane	0	0	0	0	7.6	117.6	256.4	332.9	280.0	84.7	0	0
	Q.inf.	0	0	0	0	0.65	73.0	166.5	259.1	210.9	47.85	0	0
	Minimum	0	0	0	0	0	21.5	111.7	128.5	112.3	9.6	0	0
Vélingara	Maximum	3.7	20.2	0	61.0	108.7	230.6	448.7	665.6	456.4	224.2	37.0	5.0
	Q.sup.	0	0	0	0	32.3	150.4	282.5	320.7	321.1	103.5	9.0	0
	Médiane	0	0	0	0	16.0	110.2	221.8	281.2	229.9	75.0	0	0
	Q.inf.	0	0	0	0	2.9	73.55	153.9	195.3	201.3	42.0	0	0
	Minimum	0	0	0	0	0	46.7	106.6	77.5	66.0	2.2	0	0

-l'espérance mathématique ou moyenne de chaque mois,

-les paramètres de dispersion, écart-type (E.T) et coefficient de variation (Cv, %), qui expriment la dispersion des pluies mensuelles autour de leur moyenne. Cette fluctuation est d'autant plus faible que la valeur de l'écart-type l'est, comparée à la moyenne.

-Le coefficient pluviométrique mensuel (%) exprime la contribution de chaque mois au total annuel. Ce paramètre a été calculé pour la période 1970/1986 pour permettre la comparaison de la distribution des précipitations avant et pendant la sécheresse.



FIG 2.20 - Précipitations mensuelles à quelques stations du bassin

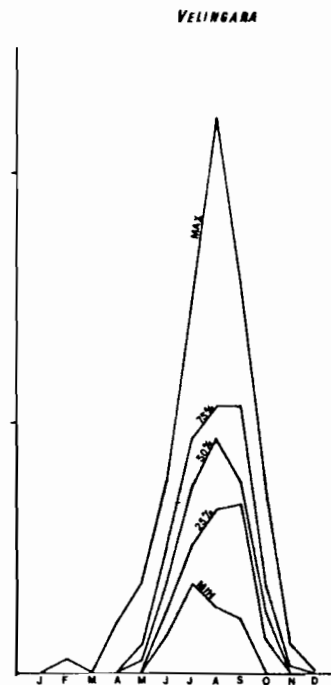
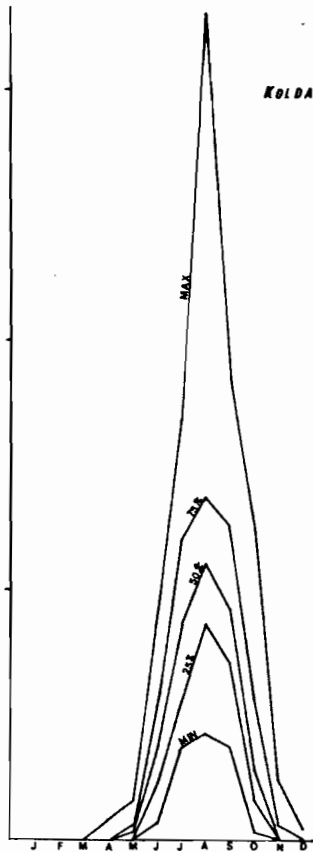
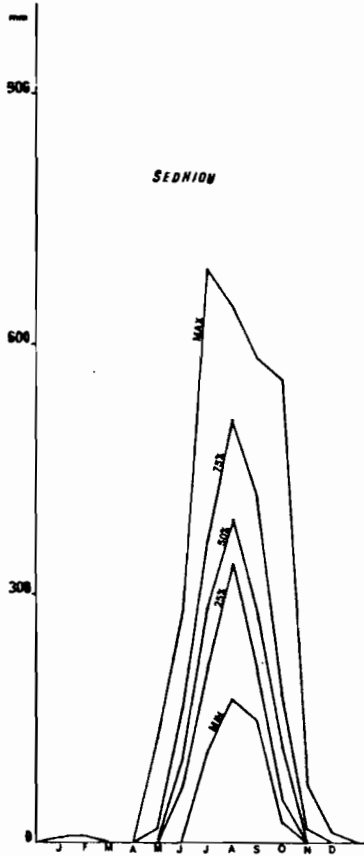
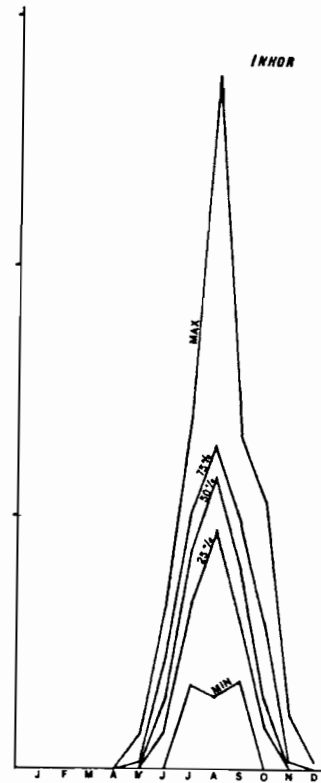
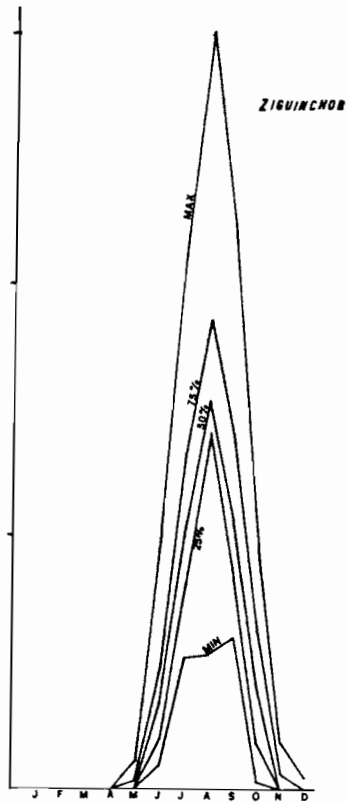
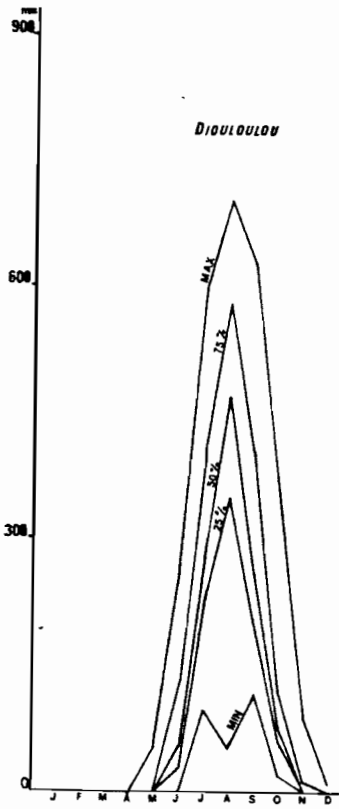


Tableau 2.10 : Caractéristiques statistiques des pluies mensuelles (1951-1980 et 1970-1986).

Caractère/Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	An
Diouloulou: Moyenne	0.38	0.53	0	0	6.3	70.0	317.7	462.8	309.2	100.8	10.4	0.82	1279
E.T	1.7	2.0	0	0	13.1	61.0	126	158	129.7	70			
1951/80 C.V	4.47	3.8	0	0	2.08	0.87	0.4	0.34	0.42	0.69	2.0	2.5	
C.P	0.03	0.04	0	0	0.49	5.5	24.8	36.2	24.2	7.9	0.8	0.1	
1970/1986: Moyenne	0.57	0	0	0	4.1	64.0	214.3	443.3	259.2	53.6	5.1	0.85	1045
C.P	0.1				0.4	6.1	20.5	42.4	24.8	5.1	0.5	0.1	
Ziguinchor: Moyenne	.22	.45	0	0.01	5.60	117.0	323.8	477.0	338.5	126.1	9.5	0.8	1400.6
E.T.	1.10	1.39	0	0.03	9.0	71.21	108.3	153.8	113.9	78.8	14.9	2.7	
1951/1980 C.V	5.0	3.17	0	2.54	1.61	0.61	0.33	0.32	0.33	0.63	1.57	3.4	
C.P	0.02	0.03	0	0	0.4	8.4	23.1	34.0	24.0	9.0	1.0	0.06	
1970/1986: Moyenne	0.40	0.40	0.06	0	5.75	89.0	295.1	378.9	.288	77.8	5.32	1.52	1142.4
C.P	0.04	0.04	0	0	0.5	7.8	26.0	33.0	25.0	7.0	0.46	0.13	
Inhor : Moyenne	0.0	0	0	0	7.7	94.0	276.6	403.9	266.7	121.7	7.0	0.8	1177.6
E.T	0	0	0	0	13.4	48.75	77.6	155.5	88.6	80.0	15.1		
1951/1980 C.V	0	0	0	0	1.9	0.52	0.28	0.38	0.33	0.66	2.1		
C.P	0	0	0	0	0.7	8.0	23.5	34.3	22.6	10.3	0.6		
1970/1986: Moyenne					10.9	80.4	255.5	340.5	215.8	62.3	1.8	0.80	968
C.P	0	0	0	0	1.1	8.3	26.3	35.2	22.3	6.4	0.1		
Sédhiou: Moyenne	0.32	0.27	0.13	0	15.5	43.8	309.0	403.5	309.5	142.1	10.3	0.6	1305
E.T	1.54	1.50	0.69	0	29.5	62.7	128.4	133.5	.129	.119	18.2	2.5	
1951/1980 C.V	4.8	5.5	5.3	0	1.9	0.55	0.41	0.33	0.42	0.84	1.76	4.2	
C.P	0.025	0.021	0.01	0	1.2	8.60	23.7	30.80	23.7	10.8	0.80	0.40	
1970/1986: Moyenne	0.5	0.5	0.43	0	24.4	116.2	266.8	301.4	224.6	64.2	4.31	1.66	1005
C.P.	0.05	0.05	0.04		2.4	11.3	26.3	30.0	23.4	6.3	0.40	0.10	
Kolda: Moyenne	0.2	0.80	0	0.80	10.6	117.2	255.1	328.5	277.2	107.3	9.9	0.6	1109.
E.T	0.5	3.0	0.50	4.5	13.5	67.8	111.6	157.3	117.2	81.9	18.6	2.5	
1951/1980 C.V	2.5	3.75	0	5.6	1.3	0.55	0.44	0.17	0.42	76	.88	4.1	
C.P	0	0.07	0	0.07	1.0	10.6	23.0	29.6	25.0	9.7	0.9	0.06	
1970/1986: Moyenne	0.15	0.85	0.26	0.03	14.7	92.6	260.6	270.6	213.8	58.9	4.0	0.4	916.9
C.P	0.01	0.1	0.03	0	1.6	10.1	28.4	29.5	23.3	6.4	0.4	0.06	
Vélingara: Moyenne	0.13	1.3	0	3.9	24.4	115.4	217.8	279.4	250.8	83.3	5.4	0.3	982.3
E.T	0.70	4.4	0	12.9	29.5	51.5	80.4	130.0	95.8	60.6	10.0	1.0	
1951/1980 C.V	0.18	0.32	0	0.31	1.18	0.436	0.36	0.45	37	0.71	1.79	3.36	
C.P	0.013	0.1	0	0.4	2.25	11.7	22.2	28.4	25.5	8.5	0.6	0.06	
1970/1986: Moyenne	0	1.2	0	0.95	23.2	104.0	195.8	248.6	211.5	54.0	1.9	0.2	841.3
C.P	0	0.1	0	0.1	2.8	12.4	23.3	29.5	25.1	6.4	0.2	0.02	

E.T : Ecart type

C.V : Coefficient de variation

C.P : coefficient pluviométrique mensuel

La fig.2.21 présente les histogrammes des précipitations moyennes mensuelles des six stations. On observe que les mois susceptibles de recevoir des précipitations notables vont de juin à octobre, les apports de mai et novembre excédant rarement 1 % du total annuel.

Le maximum de précipitations mensuelles est recueilli en Août à toutes les stations, ses apports variant de 36,2 % à Diouloulou à l'Ouest à 28,4 % à Vélingara à l'Est.

En revanche les mois de Juillet et Septembre s'équilibrent pour Ziguinchor, Diouloulou, Inhor, Sédhiou, alors qu'à Kolda et Vélingara c'est Septembre qui reçoit la hauteur de pluie la plus importante après Août.

Ces trois mois (Juillet-Août-Septembre) représentent 85,2 % du total annuel des précipitations reçues à Diouloulou ; 81,1 % à Ziguinchor ; 80,4 % à Inhor ; 78,2 % à Sédhiou ; 77,5 % à Kolda ; 76,1 % à Vélingara. On remarque que la contribution de ces mois au total annuel diminue d'Ouest en Est.

Les apports des mois de Juin et Octobre représentent respectivement 5,5 % et 8 % à Diouloulou; 8,4 à Ziguinchor; 8 % et 10,2 % à Inhor; 8,6 % et 10,8 % à Sédhiou ; 10,6 % et 9,7 % à Kolda ; 11,7 % et 8,5 % à Vélingara.

Ces profils pluviométriques moyens mensuels montrent l'homogénéité de la répartition dans l'année des hauteurs mensuelles moyennes dans le bassin. A Kolda et Vélingara la différence entre les apports des mois de Juillet, Août et Septembre est moins marquée.

On peut admettre les répartitions moyennes suivantes pour les domaines climatiques (%) :

	M	J	Jt	A	S	O	N
domaine Guinéen:	0,7	7,5	24,0	31,0	21,8	9,0	0,8
domaine Sud-Soudanien:	2,0	11,0	23,0	29,0	25,0	9,0	1,0

Cependant, cette répartition moyenne mensuelle en valeurs absolue et relative contenue dans le tableau 2.10 cache les disparités de la distribution mensuelle des précipitations d'une année à l'autre. Dans le tableau 2.11 nous avons indiqué la répartition mensuelle en valeur relative, pour certaines années particulières à chacune des six stations et cela pour les mois de Juillet, Août et Septembre.

FIG 2.21 - Hystogrammes des précipitations moyennes mensuelles (1951- 1980) de quelques stations du bassin.

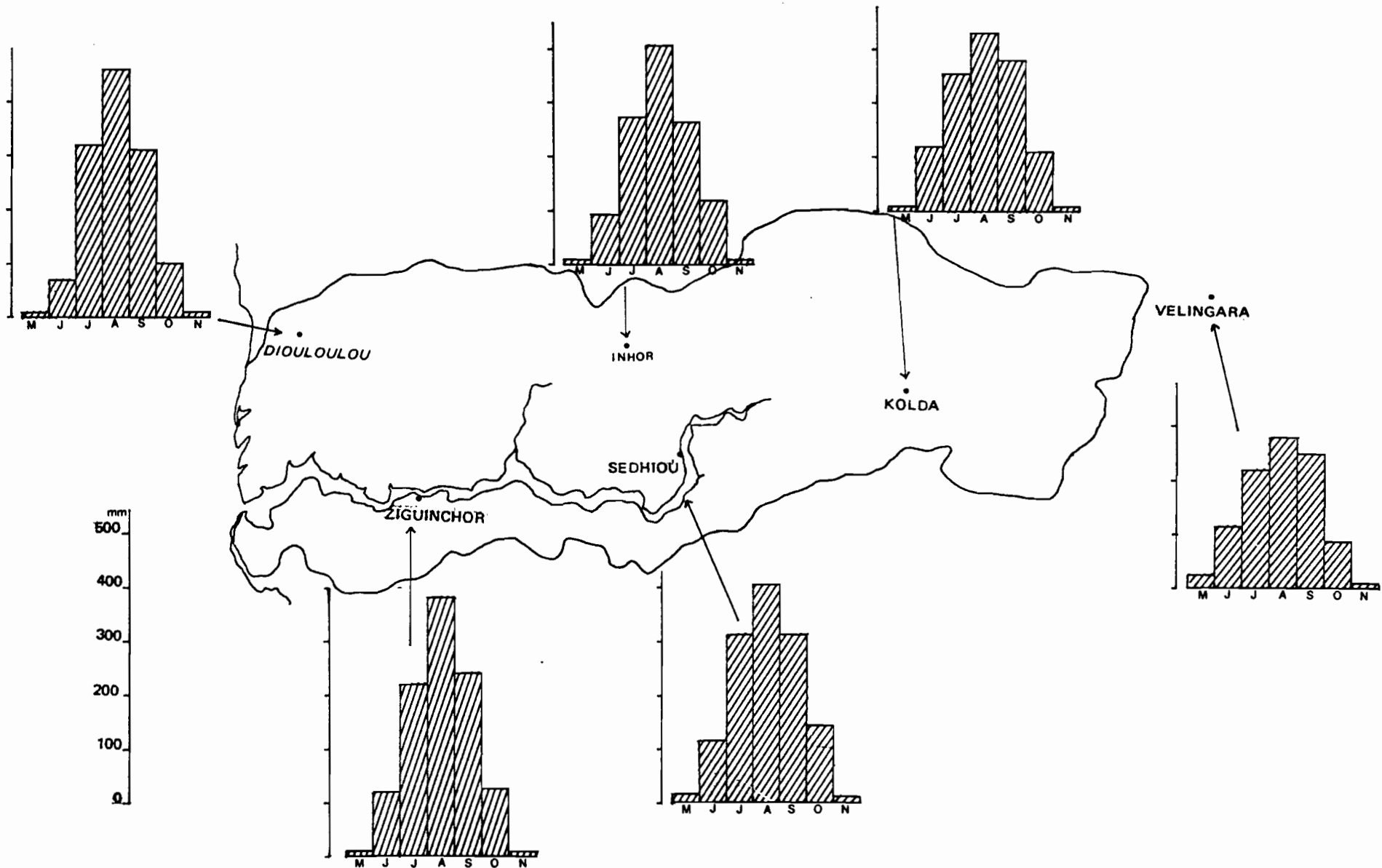


Tableau 2.11 - Répartition mensuelle des pluies pour quelques années particulières.

Station	Année	J %	Jt. %	A %	S %	O %
Diouloulou	1980	2,8	14,6	21,3	51,9	9,0
Ziguinchor	1958	16,0	11,9	48,0	13,0	8,0
Inhor	1968	17,5	38,1	11,0	21,1	12,3
Sédhiou	1975	0,1	44,4	23,2	29,2	3,1
Kolda	1973	11,8	43,0	28,5	9,6	7,1
Vélingara	1952	11,0	25,2	6,7	32,1	16,2

Cette variabilité de l'apport mensuel d'une année à l'autre, a d'importantes répercussions sur les activités agricoles qui dépendent entièrement des précipitations. Ce tableau met en évidence trois cas de figures possibles :

- un démarrage tardif de la saison (Diouloulou 1980)
- un début normal mais avec un mois d'Août sec et un regain de précipitations en Septembre (Vélingara 1952)
- enfin, une fin de saison des pluies précoces (Kolda 1973)

La répartition mensuelle des précipitations moyennes a montré la division en deux saisons bien tranchées :

- une saison des pluies s'étendant sur cinq mois : Juin, Juillet, Août, Septembre et Octobre.
- une saison sèche allant de Novembre à Mai.

Cependant, les mois de Novembre, Décembre, Janvier et Mai, enregistrent quelques pluies mais ces dernières n'ont aucune influence sur le bilan hydrologique. Le calcul de l'indice ombrothermique ( $P_{mm} < 2T^{\circ}C$ ) de Bagnouls et Gausson (1957) définissant le mois sec confirme le rattachement de ces mois à la saison sèche. En effet, selon ces auteurs, un mois sec est « celui pour lequel le total des précipitations reçues, exprimé en millimètres, est inférieur ou égal au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades ».

A partir de cet indice, nous avons établi les diagrammes ombrothermiques (Fig.2.22) pour les stations de Ziguinchor, Séfa et Kolda.

Ces diagrammes révèlent l'homogénéité climatique au sein du bassin de la Casamance : l'existence sur l'ensemble de cinq mois pluvieux.

Il nous est apparu non dénué d'intérêt la détermination de l'indice d'humidité  $I_h$  de C.R. HIERNAUX (1955) qui associe au domaine climatique de la station, le type d'altération du matériel rocheux en place. Cet indice est défini par l'expression :

$$I_h = 100 \frac{P}{\bar{T} (\bar{T}_x - \bar{T}_n) \left(N + \frac{n}{2}\right)}$$

dans laquelle :

$P$  = précipitations totales annuelles en mm,

$\bar{T}$  = Température moyenne annuelle en °C,

$\bar{T}_x$  et  $\bar{T}_n$  = moyenne température maximale et minimale,

$\bar{T}_x - \bar{T}_n$  = amplitude thermique moyenne annuelle

$N$  = Nombre de mois de la grande saison sèche où la pluviosité est inférieure à 50 mm.

$n$  = nombre de mois de la saison humide ou de la petite saison sèche où la pluviosité est inférieure à 50 mm.

D'après HIERNAUX :

$I_h > 10$  = zone désertique

$1 < I_h < 10$  = zone sahélienne (semi-aride), avec érosion éolienne et désagrégation mécanique

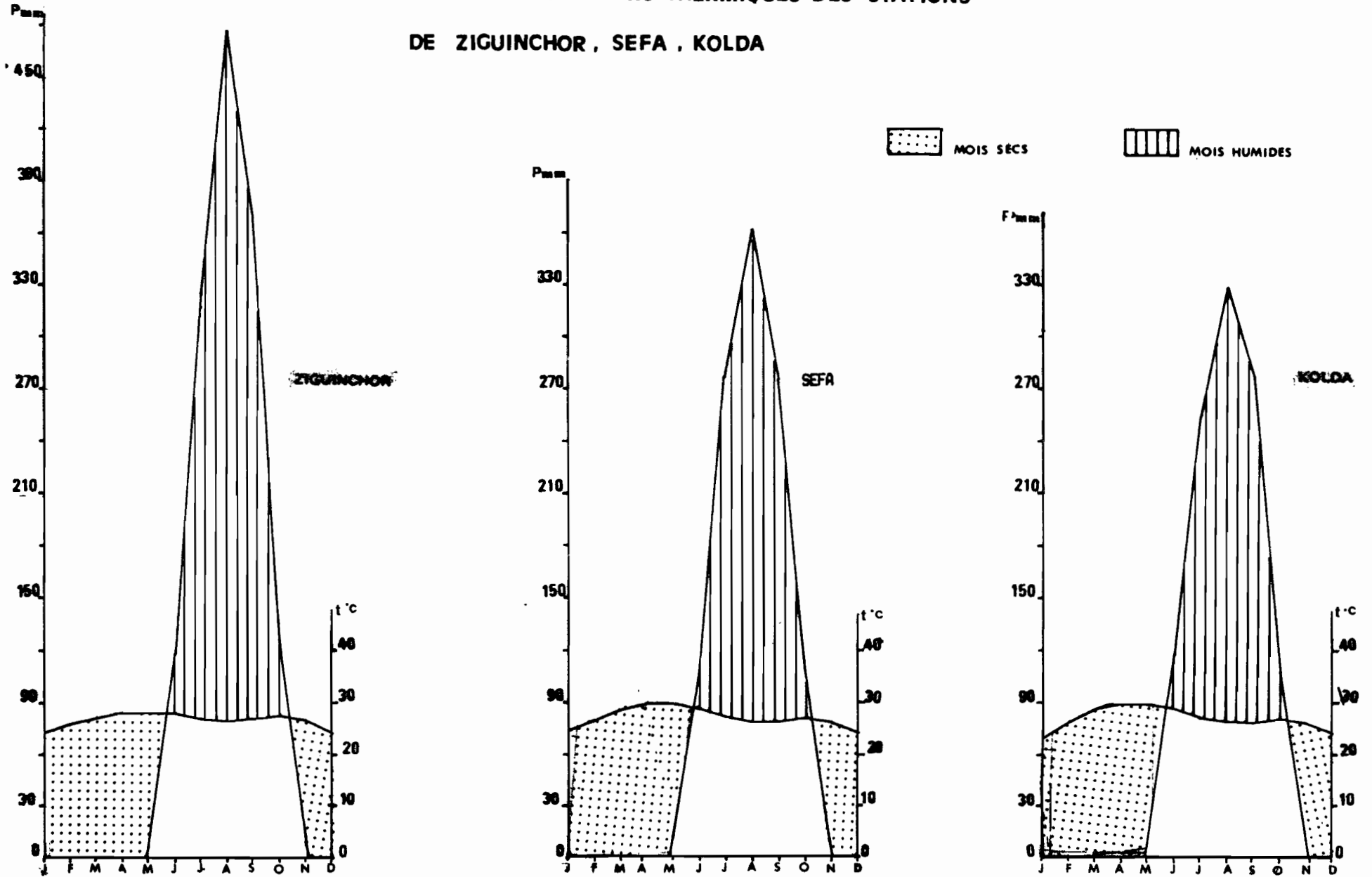
$I_h > 10$  = climats plus humides avec action de plus en plus importante de la décomposition chimique qui tend à devenir prépondérante dès que  $I_h$  dépasse 30.

L'application de la formule de Hiernaux a la station de Ziguinchor donne le résultat suivant:

$$I_h = 100 \frac{1413}{26,4 \cdot (33,5 - 20,2) \cdot 7} = 57$$

On obtient respectivement pour les trois stations de l'Ouest à l'Est : 57, 48 et 41. Les valeurs de cet indice traduisent bien l'augmentation de l'humidité, en allant de Kolda à Ziguinchor.

DIAGRAMMES OMBRO-THERMIQUES DES STATIONS  
DE ZIGUINCHOR , SEFA , KOLDA



## 2.-Effets de la sécheresse sur la répartition mensuelle des précipitations.

La diminution des hauteurs de précipitations mensuelles pendant la sécheresse est indéniable comme l'indique le tableau 2.9 où sont conignées les pluies moyennes des périodes 1951/1980 et 1970/1986.

Mais la comparaison des coefficients pluviométriques mensuels contenus dans ce même tableau montre que la contribution respective des différents mois au total annuel entre 1970 et 1986 est significativement différente de celle de 1951/1980.

En effet on note une augmentation, en valeur relative, des apports des mois de Mai, Juin et Juillet dans la majorité des stations étudiées. La contribution des mois d'Août et Septembre reste stable, la différence étant très faible (1%).

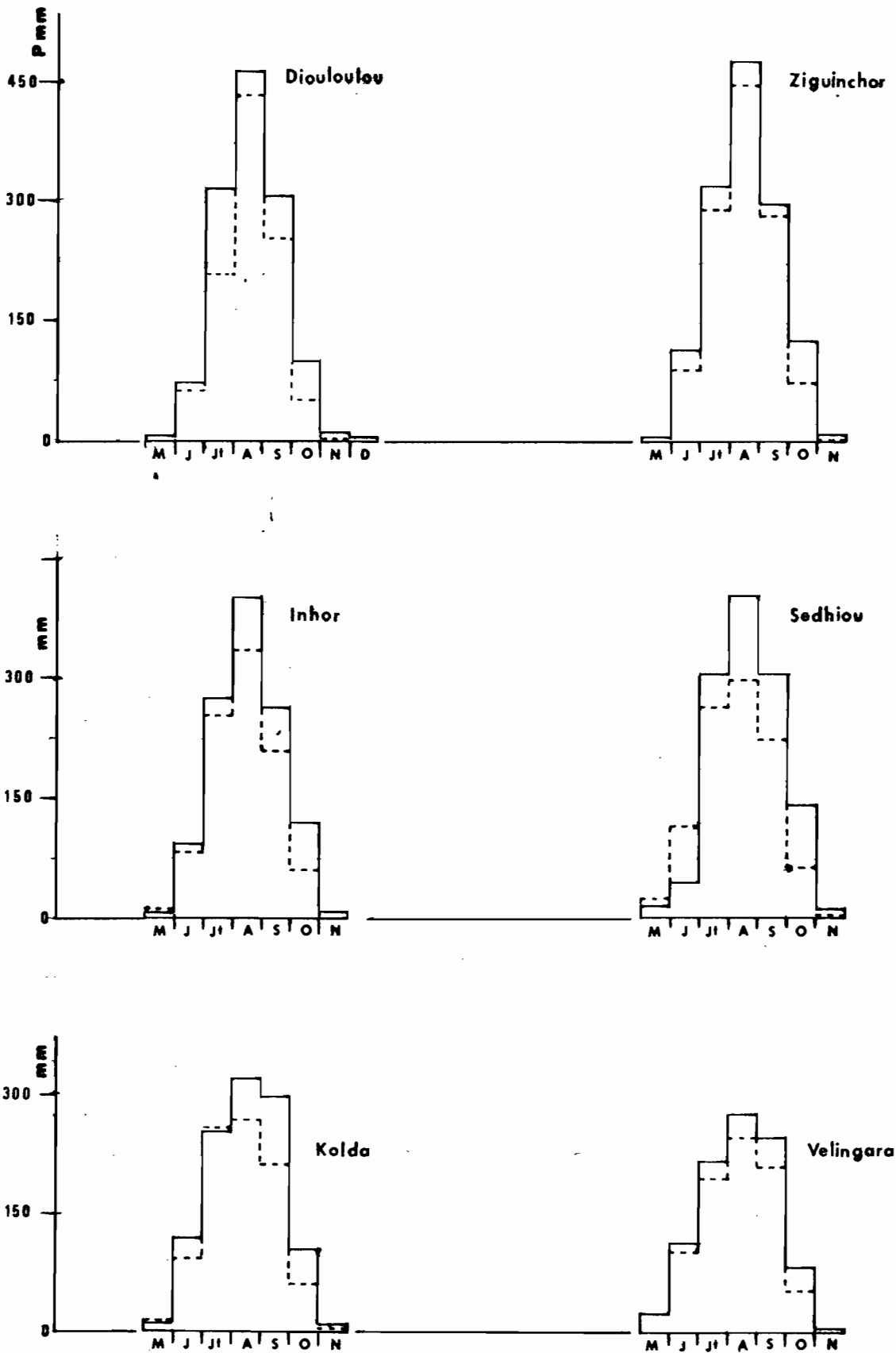
En revanche les apports du mois d'Octobre connaissent une réduction sensible. La moyenne sur la période 1970/1986 ne représente plus que 60% de celle 1951/1980. Cette diminution apparait nettement sur les coefficients pluviométriques mensuels du mois d'Octobre..Ce constat est valable aussi pour le mois de Novembre. Nous avons représenté sur la figure 2.23 les histogrammes superposés des hauteurs moyennes de ces deux périodes.

La sécheresse aurait pour conséquence un écourtement de la saison des pluies avec des mois d'Octobre et Novembre de plus en plus secs entraînant un déphasage de la saison des pluies, jusque-là centrée sur le mois d'Août.



FIG 2.23 COMPARAISON DES PROFILS PLUVIOMETRIQUES MENSUELS

————— 1951 1980      - - - - - 1970 1986



## **CHAPITRE V**

# **ETUDE DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES**

## 1 - Généralités.

Le pas de temps journalier constitue la base des chroniques pluviométriques disponibles. Les hauteurs de précipitations journalières ont beaucoup d'incidences sur l'écoulement des affluents de la Casamance en amont de Kolda et même parfois sur cette station ainsi que sur les différents marigots de la Basse Casamance dans leur partie non soumise à l'influence maritime. Il s'y ajoute le fait que l'averse reçue en 24 heures est un paramètre déterminant dans l'étude et le calcul des crues sur petits bassins versants. C'est pour ces raisons que nous attachons beaucoup d'importance à l'étude des précipitations journalières.

Cette étude a été faite sur la base des relevés journaliers de 27 stations situées à l'intérieur ou sur le pourtour du bassin versant.

Une analyse critique des données journalières conduit à éliminer de l'échantillon des stations les années d'observations pour lesquelles certaines données de base sont douteuses à l'échelle de la mesure journalière, soit qu'il y ait eu cumul de plusieurs pluies de jours consécutifs, soit que l'on note des lacunes dans les observations. Etant donné l'impossibilité d'une reconstitution à l'échelle journalière, l'échantillon étudié à ce niveau est souvent nettement plus court que l'échantillon des précipitations mensuelles ou annuelles.

Par ailleurs, les périodes d'observation sont extrêmement variables d'une station à l'autre; la signification des résultats obtenus est d'autant plus grande que la période d'observation porte sur une plus longue durée. Décomptées en fonction de la taille de l'échantillon, les 22 stations situées à l'intérieur du bassin versant se répartissent comme suit :

- 8 stations ont plus de 30 ans d'observations
- 1 station à 20 ans d'observations
- 1 station à 17 ans d'observations
- 2 stations ont 14 ans d'observations
- 10 stations ont 12 ans d'observations.

Pour ce dernier groupe le début des relevés date de 1975, leurs observations se situant donc dans la période déficitaire actuelle.

Si l'information obtenue à partir d'échantillons portant sur plus de 20 ans d'observations peut être considérée comme bonne, il n'en va pas de même des séries brèves. En effet, l'analyse des échantillons courts, se situant de surcroît dans la période sèche, aboutit à des résultats moins fiables, non représentatifs du climat régional. Il nous a cependant paru intéressant d'en donner les résultats à titre indicatif.

## 2 - Analyse fréquentielle des précipitations journalières

### 2.1. Méthode

L'étude fréquentielle des hauteurs de précipitations journalières a consisté, après classement des averses journalières, à rechercher pour chaque station l'ajustement d'une loi de distribution, notamment la loi Gamma incomplète de Pearsson III tronquée dont la fonction de répartition s'écrit :

$$F_1(x) = F_1(0) \frac{1}{\Gamma(r)} \int_x^\infty \left(\frac{x}{s}\right)^{r-1} e^{-x/s} \frac{dx}{s} .$$

où  $F_1(x)$  est la probabilité pour que la valeur de la variable soit supérieure ou égale à  $x$ .

$F_1(0)$  est la probabilité pour que la valeur de la variable ne soit pas nulle, paramètre de tronquage.

$r$  paramètre de forme, positif, sans dimension.

$s$  paramètre d'échelle, positif, s'exprimant dans la même unité que  $x$ , ici comme la précipitation en mm.

$\Gamma$  est la fonction Gamma incomplète (Eulerienne de seconde espèce).

L'ensemble des précipitations journalières est pris en compte, ce qui signifie que l'étude traite  $n$  valeurs  $x_i$ ;  $n x_i = N \times M$ ,  $N$  étant le nombre d'années d'observations et  $M$  le nombre moyen annuel de jours de pluies.

$F_1(0)$  est en théorie égal à  $M/365,25$ , rapport du nombre moyen de jours de pluie par an au nombre de jours de l'année, mais on préfère calculer  $f_1(0)$  avec  $M'$  nombre moyen théorique de jours de pluie dans l'année obtenue par la méthode des moments (ce qui exclut l'imprécision du nombre de jours de pluie inférieure à 0,1 mm non comptabilisés).

### 2.2. Résultats.

Le tableau 2.12 présente les résultats de l'analyse statistique des précipitations journalières. On a indiqué :

- le nom de la station
- le nombre d'années d'observations utilisées
- les valeurs des paramètres de la loi ajoutée [ $r$ ,  $s$ ,  $F_1(0)$ ]
- la hauteur en mm des pluies journalières de période de retour 1 fois tous les 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans.

Tableau 2.12 : Précipitations journalières fréquentielles (mm).

STATIONS	Nbre années	Moyenne annuelle	$\bar{P}$	S	F1(o)	1/2 an	1/5 an	1/10 an	1/20 an	1/50 an	1/100 an	nbre jours
Kabrousse	19	1615	.4501	34.068	.7789	122.7	150.7	172.1	193.8	222.6	244.4	81
Oussouye	49	1534	.2924	37.858	.6369	131.2	161.3	184.5	208.0	239.6	263.9	84
Loudia-woloff	12	1544	.5092	29.193	.7796	110.6	135.0	153.4	172.4	197.3	216.2	81
Diouloulou	54	1297	.2883	38.409	.6910	126.3	156.6	180.0	203.7	235.6	260.1	113
Kartiak	20	1348	.0295	52.891	1.6039	148.6	187.5	217.9	249.4	292.8	328.0	-
Tendouck	12	1384	.7108	22.848	.8204	95.6	115.4	130.6	145.8	166.0	181.4	65
Nyassia	12	1401	.7426	22.263	.8150	95.6	115.1	129.9	144.8	164.6	179.7	69
Ziguinchor	65	1413	.4807	29.710	.7306	115.3	139.9	158.8	177.0	203.1	222.3	98
Niaguiss	12	1427	.7148	24.861	.8242	103.7	125.3	141.8	158.4	180.4	197.1	64
Bignona	29	1302	.6091	25.263	.7920	102.0	123.5	140.0	156.5	178.6	195.4	76
Tanghori	12	1311	1.0049	18.083	.8562	84.9	101.5	114.0	126.6	143.1	155.7	52
Marsassoum	15	1208	.2910	30.169	.6715	101.2	125.1	143.5	162.2	187.7	206.6	120
Inhor	40	1191	.9113	21.382	.8386	98.0	117.3	132.0	146.6	166.0	180.6	60
Diattacounda	12	1355	.5748	25.539	.7950	100.2	121.8	138.3	155.0	177.1	193.9	75
Sédhiou	80	1301	.7241	22.987	.7987	99.4	119.5	134.8	151.1	170.5	186.0	74
Tanaff	12	1251	.5062	25.665	.7789	97.2	118.5	134.9	151.4	173.3	189.9	81
Kolda	63	1123	.4265	26.855	.7317	99.3	121.3	138.2	155.2	177.9	195.1	98
Dabo	12	1102	.5460	22.313	.7917	86.0	104.8	119.1	133.6	152.8	167.4	76
Fafakourou	20	1033	.6134	23.540	.8322	90.6	110.6	125.9	141.3	161.8	177.4	62
Médina-Y-Foula	13	949	.8958	17.977	.8697	78.1	94.2	106.5	118.8	135.0	147.3	48
Vélingara	54	1098	.3318	28.895	.7133	98.4	121.5	139.3	157.3	181.5	200.0	104
Kourkané	23	1169	.9124	16.945	.8464	77.0	92.3	103.9	115.5	130.0	142.5	56
Bonconto	12	1057	1.1409	16.315	.8637	80.7	96.0	107.5	119.0	134.2	145.6	50
Séfa	38	1250	.6318	21.375	.7807	88.8	107.1	121.1	135.2	153.9	168.2	80

Un examen critique de ce tableau basé sur la valeur du paramètre de tronquage  $F1(o)$  et par suite sur  $N$ , le nombre moyen annuel de jours de pluies, met en évidence des anomalies :

- A Kartiak et Oussouye :  $N$  est largement surestimé et probablement à Massassoum aussi.

- A Tanghory :  $N$  est sous-estimé, car cette station est située à moins de cinq kilomètres de Bignona.

Au niveau du bassin versant le paramètre ( $F1(o)$ ) varie très peu ( $Cv = 0,0812$ ) sans une véritable distribution spatiale.

La comparaison des stations de Bignona-Tanghory, Ziguinchor-Djibélor et Sédhiou-Séfa Station, montre des différences significatives. Ces différences relèvent certainement de l'hétérogénéité spatiale de la distribution des fortes averses mais surtout de la dimension de l'échantillon c'est-à-dire du faible nombre d'années d'observations des jeunes stations (BRUNET-MORET, 1963).

Il convient de noter que l'ajustement d'une loi de Pearson III tronquée a une signification limitée à des récurrences moyennement

exceptionnelles (averse décennale, vicennale, voire cinquantennale). Il en résulte que l'averse centennale qui a été déduite de l'analyse doit être considérée avec réserve.

L'annexe 2.3 présente le listing de l'analyse statistique des pluies journalières de la station de Séfa.

Nous présentons sur la figure 2.24 la distribution statistique des précipitations journalières des six stations les plus caractéristiques: Oussouye, Diouloulou, Ziguinchor, Sédhiou, Kolda et Vélingara. Les périodes de retour ont été indiquées en coordonnées logarithmiques.

La distribution des averses journalières extrêmes d'Oussouye et Diouloulou rend bien compte des fortes précipitations reçues par la Basse-Casamance. Une hauteur de pluie journalière de 180 mm, 240 mm et 260 mm serait attendue respectivement tous les 10, 50 et 100 ans.

En revanche, les ajustements calculés pour Sédhiou, Kolda et Vélingara sont représentatifs du Bassin Continental. Les hauteurs de précipitations journalières pour diverses fréquences sont nettement moins importantes. En moyenne, on aurait 140 mm pour la décennale et 190 mm pour la centennale.

La station de Ziguinchor quant à elle, occupe une position intermédiaire ou de transition entre la Casamance maritime et le Bassin Continental.

La figure 2.25 propose une esquisse des courbes d'égales hauteurs de précipitations journalières de probabilité 1 fois tous les 2, 10 ans. Ce tracé s'appuie principalement sur les stations les plus anciennes.

La distribution spatiale des averses journalières de récurrences données montre :

- de très fortes précipitations sur les stations de la Basse Casamance avec une station assez singulière (Diouloulou) pour ses très fortes averses.
- une diminution vers l'Est des hauteurs d'averses jusqu'à l'extrémité orientale du Bassin-versant.

On retrouve le gradient des précipitations annuelles sur le Bassin-versant.

FIG 2.24 DISTRIBUTION STATISTIQUE DES PLUIES JOURNALIERES

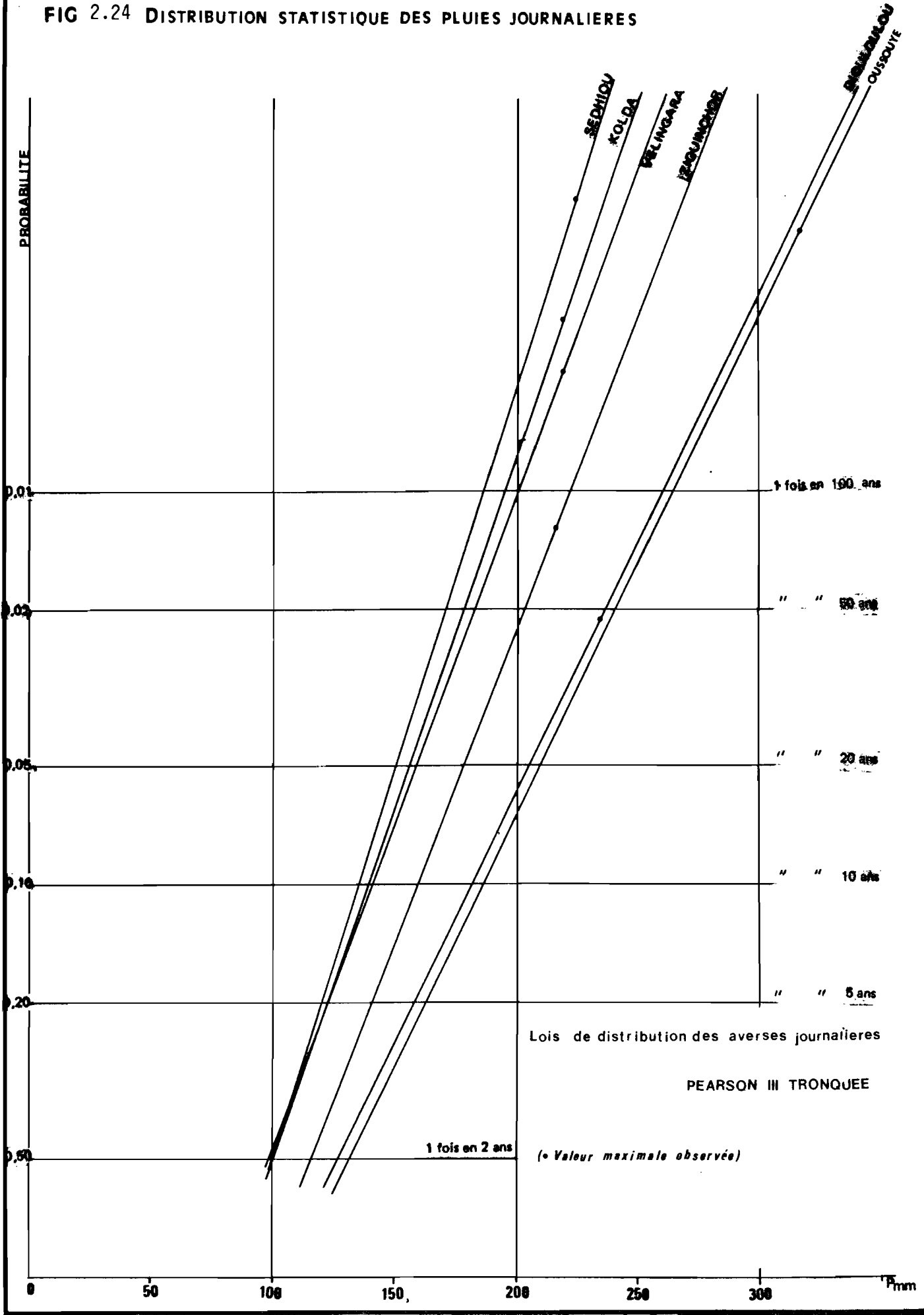
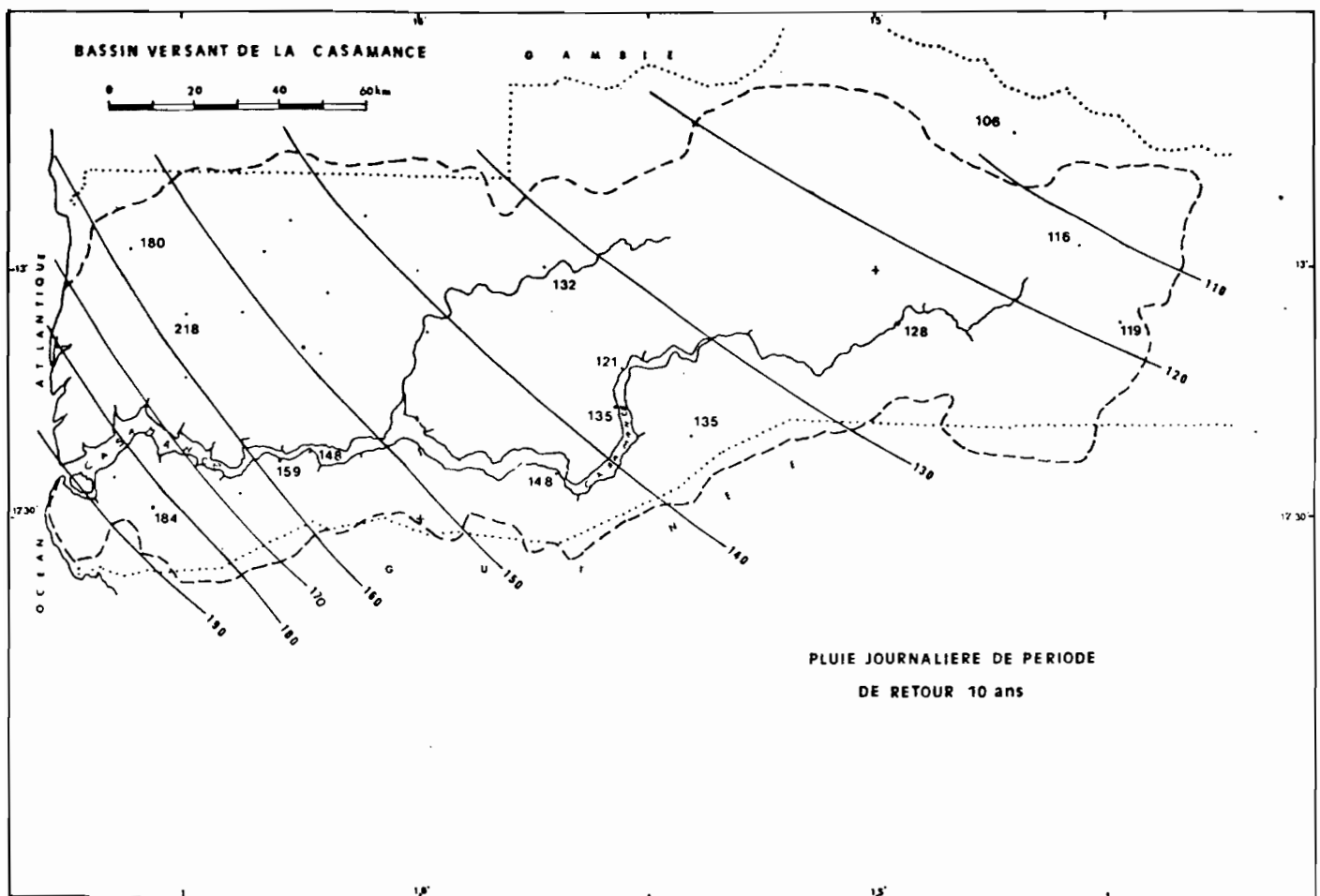
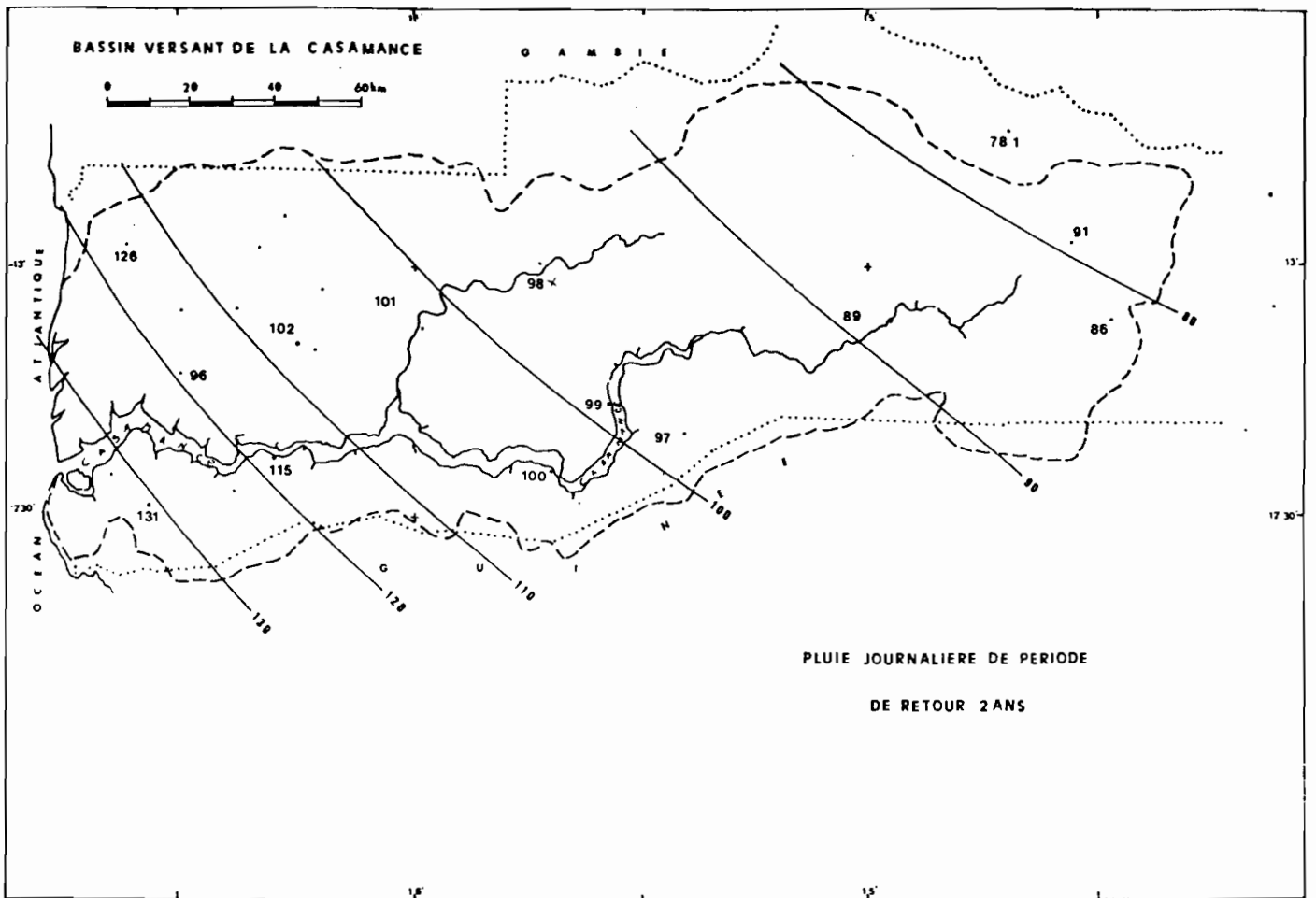


Figure 2.25 - Précipitations journalières de fréquences médiane et décennale.





### 3 - Impact de la sécheresse sur les précipitations journalières.

L'étude des précipitations annuelles et mensuelles a clairement montré la diminution des totaux annuels et mensuels durant la période sèche actuelle, sans toutefois décrire le phénomène en recherchant quels sont les paramètres qui ont varié de façon significative.

Nous avons essayé de dégager l'influence de la sécheresse sur les précipitations journalières par l'étude des fractions pluviométriques.

#### 3.1. Etude des Fractions Pluviométriques.

La méthode consiste à répartir le total annuel en trois fractions:

F1 : somme des précipitations journalières comprises entre 0 et 20mm.

F2 : somme des précipitations journalières comprises entre 20 et 40 mm

F3 : Somme des précipitations journalières supérieures à 40 mm.

La figure 2.26 présente l'évolution dans le temps des trois fractions pluviométriques pour les stations de Ziguinchor, Sédhiou et Kolda.

On constate qu'elles évoluent de façons indépendantes :

F1 : varie faiblement. Les coefficients de variation respectifs des trois stations est de 0,11 ; 0,13 ; 0,13 et traduisent la faiblesse de l'écart-type.

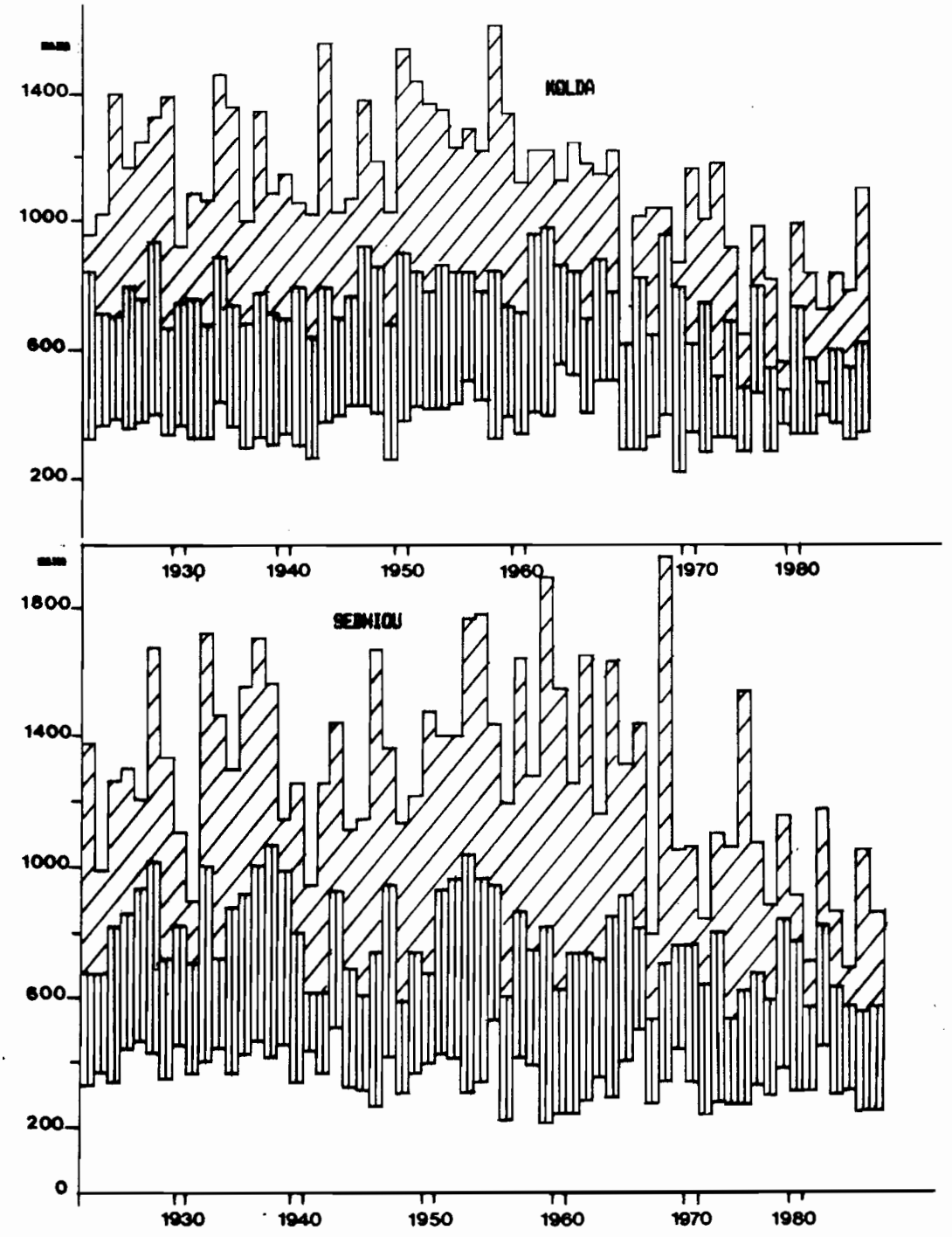
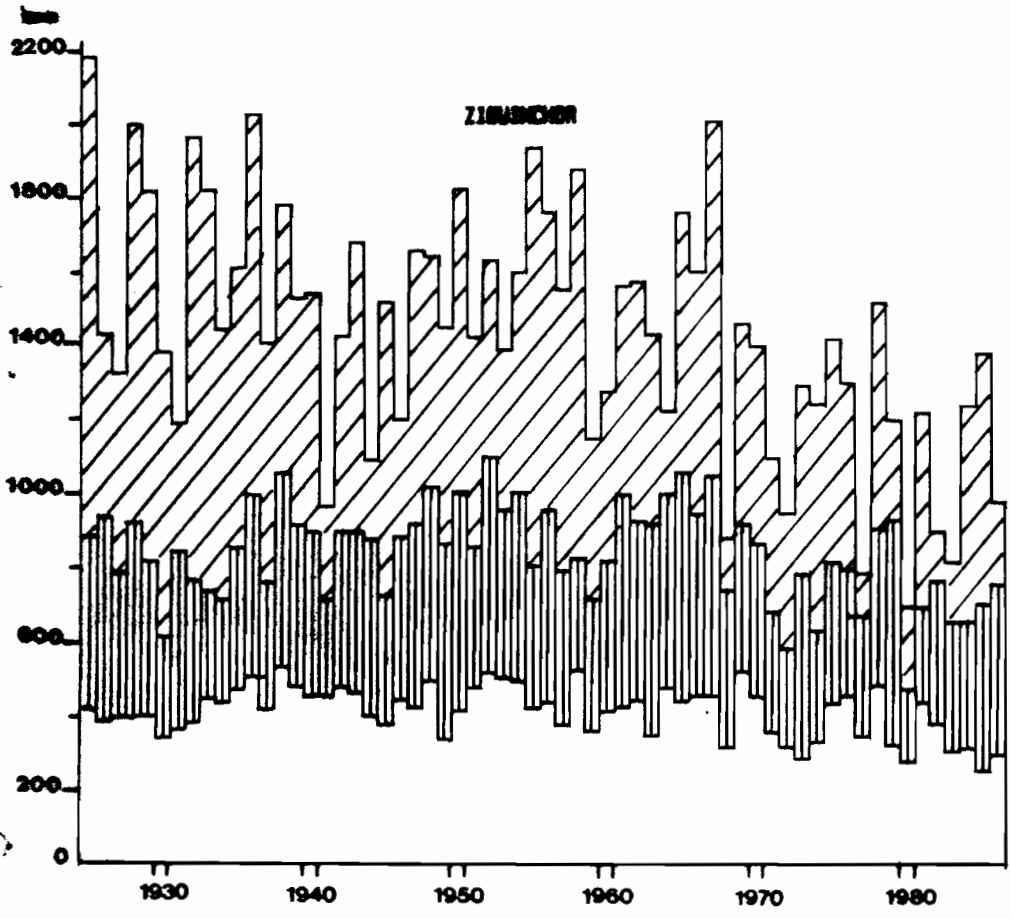
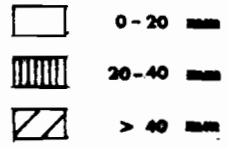
F2 : tend à diminuer tout particulièrement à partir de 1966

F3 : sa décroissance est beaucoup plus sensible et tend vers zéro en (1982 et 1983 à Ziguinchor; 1980 à Kolda et 1984 à Sédhiou)

Nous avons appliqué la méthode de la moyenne mobile pondérée à ces trois fractions pluviométriques pour mieux préciser leur variabilité. La figure 2.27 qui représente la station de Sédhiou et de Kolda montre la faible variabilité de cette moyenne appliquée à F1 et sa diminution marquée pour F2 et surtout pour F3 si l'on excepte les trois années (1984, 1985 et 1986).

La comparaison de la moyenne mobile des précipitations annuelles avec celle de la fraction F3 ( $P > 40$  mm) montre une co-fluctuation de ces deux variables. Ceci voudrait dire que la variation des précipitations annuelles est principalement fonction de celle de la fraction F3 ( $P > 40$  mm).

**2.26 Evolution des fractions pluviométriques à ZIGUINCHOR, SEDHIOU et KOLDA**



Pour évaluer le degré de la relation existant entre pluie annuelle et F3, nous avons calculé le coefficient de corrélation entre ces deux variables pour les stations de Ziguinchor, Sédhiou et Kolda (tabl.2.13).

Tableau 2.13 - Corrélation entre F3 et P annuelle mm.

Station	Nombre d'années	Equation de la droite de régression	Coefficient de corrélation
Ziguinchor	62	F3 = 0,758 P - 498.4	0,915
Sédhiou	66	F3 = 0,698 P - 381,7	0,871
Kolda	56	F3 = 0,614 P - 290,5	0,822

Ces coefficients très significatifs de la relation existant entre P et F3, indiquent que la baisse des précipitations annuelles affecte principalement l'ensemble des pluies supérieures à 40 mm.

#### 4 - Probabilité d'occurrence des précipitations maximales.

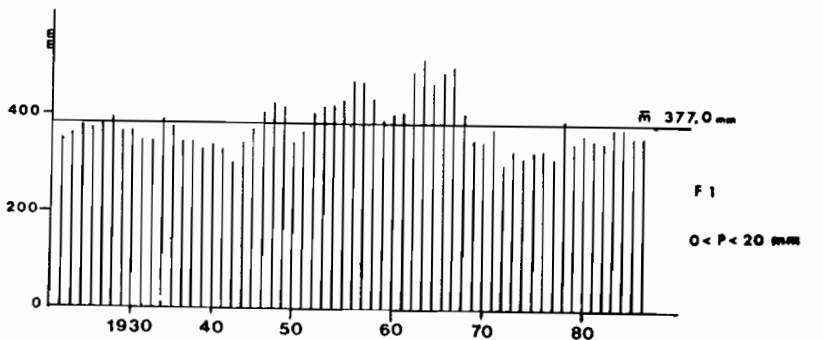
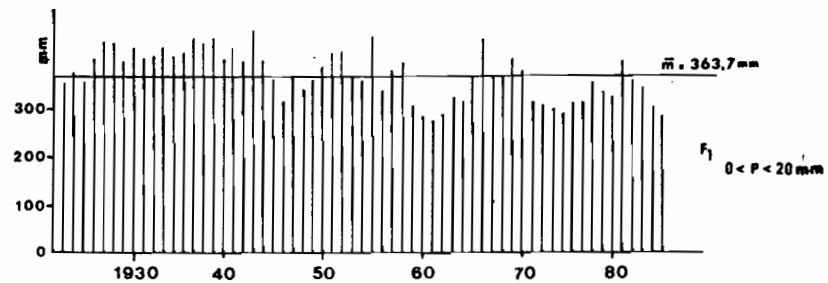
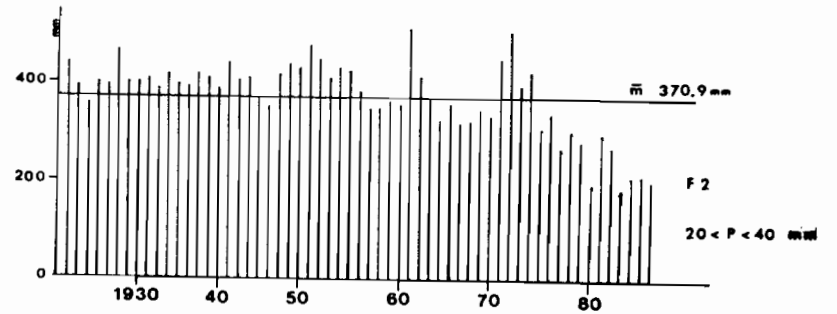
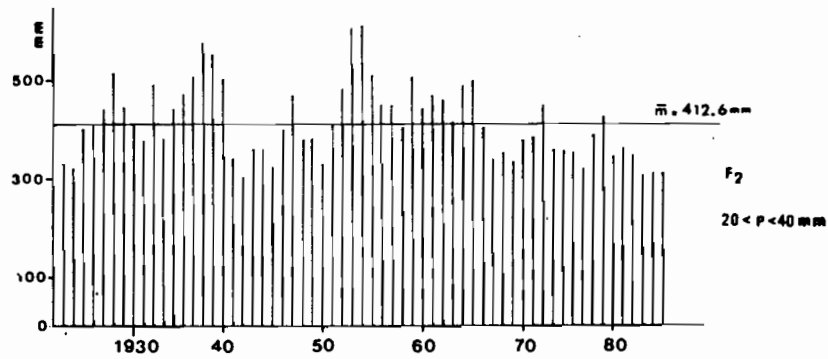
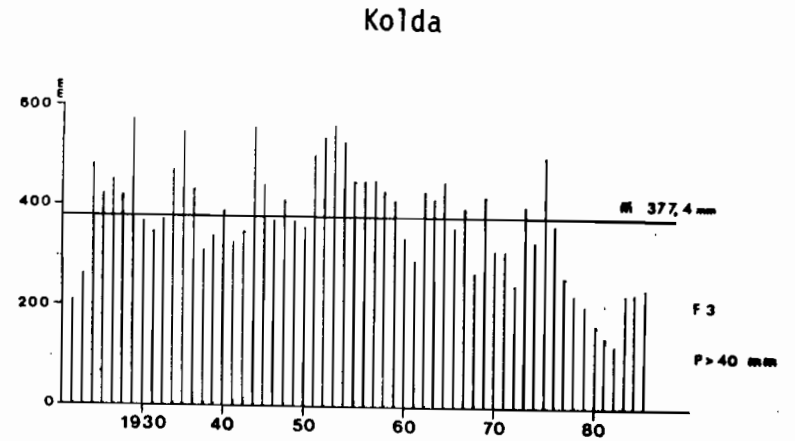
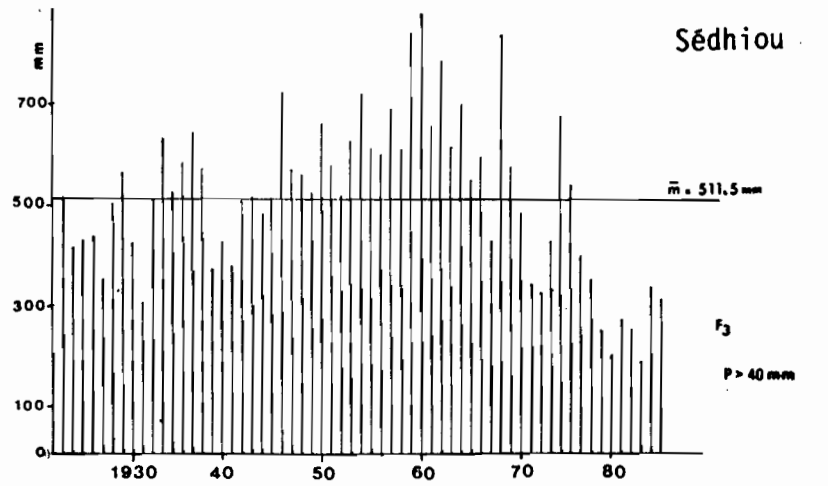
Si l'étude des fractions pluviométriques met bien en évidence la diminution des pluies supérieures à 40 mm, elle n'est pas suffisante pour apprécier l'évolution des pluies maximales durant la période de sécheresse. C'est pourquoi nous avons cherché à déterminer si leur probabilité d'occurrence a changé du fait de la sécheresse. Pour cela nous avons retenu les séries pluviométriques de huit stations les plus anciennes et qui se répartissent sur l'ensemble du bassin. Sur chacune d'elles, nous avons considéré les n valeurs les plus fortes observées, n étant le nombre d'années d'observations.

Nous avons noté le nombre (v) d'apparitions d'une de ces valeurs dans la période 1969/1986 pour le comparer au nombre d'années (ns) observées durant cette période. Nous avons consigné également le rang (r) de la première valeur observée entre 1969 et 1986 (tableau 2.14).

Pour les huit stations, on relève :

- trois (Ziguinchor, Diouloulou et Vélingara) pour lesquelles  $v > ns$
- une (Oussouye) pour laquelle  $v = ns$
- quatre pour lesquelles  $v \geq ns/2$
- pour trois stations, la plus forte pluie de la période 1969/1986 arrive à un rang  $\leq 5$ .

Figure 2.27 - Moyennes mobiles pondérées des fractions pluviométriques à Sédhiou et Kolda.



Station	n	ns	v	r	Khi <sup>2</sup>
Ziguinchor	62	18	20	19	0.313
Oussouye	44	14	14	14	0
Diouloulou	30	17	21	4	2.17
Bignona	31	18	13	4	3.31
Inhor	36	17	14	9	1.0
Sédhiou	62	18	16	5	0.313
Kolda	55	14	8	6	3.45
Vélingara	42	10	15	7	3.28

Tabl.2.14 : Occurrence des pluies maximales dans la période sèche

n = nombre d'années observées

ns = nombre de données observées dans la période sèche

v = nombre de valeurs parmi les n plus fortes apparues dans la période 1969-1986.

r = rang de la plus forte pluie apparue dans la période sèche (1969-1986)

Ce tableau montre pour la station de Ziguinchor que pour la période de 62 ans retenue pour l'étude des fractions pluviométriques, 20 des maxima pluviométriques journaliers relevés pendant la période avant 1969, ont été enregistrés entre 1969 et 1986; par ailleurs la plus forte pluie durant cette période de sécheresse occupe le 19<sup>ème</sup> rang sur 62 ans. A Sédhiou, elle se classe à la 5<sup>ème</sup> place.

Pour savoir si la probabilité d'occurrence des précipitations maximales dans la période sèche 1969-1986 est la même que dans la période antérieure nous avons appliqué le test du "Khi carré" à chaque série dans le tableau 2.15.

Tableau 2.15 : Probabilité d'occurrence des précipitations maximales dans la période sèche.

Evènement	apparition des valeurs maximales entre 1969-1986	non apparition des valeurs maximales entre 1969-1986
Fréquence observée	X1 = v	X2 = n - v
Fréquen. théorique	np1 = ns	np2 = n - ns

$$\text{Khi carré} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(x_i - n p_i)^2}{n p_i}$$

Le nombre de degré de liberté de cette distribution en "Khi carré" est égal à un (deux classes - une relation). La liste des valeurs des centiles pour la distribution en "khi carré" à un degré de liberté, donne la valeur 3,84 pour "khi carré" (0,95).

Les valeurs du "Khi carré" contenues dans le tableau 2.14 étant inférieures au seuil critique (3.84) on peut donc conclure que la probabilité d'occurrence des précipitations maximales à chaque station prise individuellement, est équivalente en période sèche et en période humide avec un seuil de signification de 0,95. Ce seuil de signification est d'autant plus élevé que la valeur du "khi carré" est voisine de zéro.

*La période 1969/1986 apparaît donc moins singulière pour les pluviométries extrêmes. Les pluies maximales semblent être des phénomènes ératiques indépendants de la pluviosité annuelle.*

Les exemples suivants illustrent notre propos :

En 1924, la station de Sédhiou reçoit un total annuel de précipitation de 1721 mm ( temps de retour supérieur à la décennale humide) et une précipitation journalière maximale de 72,8 mm (le 08 Septembre).

En 1974, elle reçoit une pluie journalière maximale de 142,5 mm (20 Juillet 1974) pour un total annuel de 1 071,5 mm (1 fois tous les 6 ans en récurrence sèche).

- Station de Kolda :

1950 : Pluie journalière maximale : 72,9 mm (03/10/1950) avec un total annuel de 1 544 mm (temps de retour 1 fois en 16 ans, récurrence humide).

1983 : Pluie journalière maximale : 157 mm le 20 Juillet pour un total annuel de 727 mm (temps ; 1/20 ans récurrence sèche).

Des constats similaires ont été faits au Burkina-Faso (KLEIN 1967 ; ALBERGEL, 1987). Cela nous amène à penser que, dans l'étude des pluies extrêmes, il n'est peut-être pas nécessaire de faire du domaine côtier, une zone à part comme on a tendance à le faire pour l'étude des régimes hydropluviométriques.

## CONCLUSION.

L'analyse de l'information pluviométrique disponible sur le bassin de la Casamance a permis :

- \* de critiquer et d'homogénéiser les chroniques de précipitations annuelles. Nous retiendrons de cette critique la nécessité d'une approche objective, les stations récentes n'étant pas toujours les plus entachées d'erreurs.

- \* de dégager les grandes tendances de la pluviométrie annuelle pendant les six dernières décennies, marquées depuis 1969 par une période de sécheresse persistante et sans précédent. Cette période sèche est très singulière, comparée aux sécheresses précédentes dans le Sahel (1913, 1941), de par sa durée et l'importance des déficits pluviométriques enregistrés.

La particularité de cette sécheresse soulève, bien entendu le problème de l'adéquation des ajustements statistiques des pluviométries annuelles sur l'ensemble des séries, quelque soit leur longueur, en somme le choix d'une période de référence : 1931-1960 ou bien 1951-1980 ? Cependant le faible écart existant entre les valeurs centrales calculées sur l'ensemble des séries et sur la période 1951-1980 est rassurant et témoigne de la représentativité de cette normale pour le bassin de la Casamance.

Il demeure que les conséquences de cette évolution de la pluviométrie sur les disponibilités en eau seront importantes et auront une grande influence sur l'hydraulité de la Casamance et ses affluents et sur l'alimentation des nappes.

- \* de préciser l'influence de la sécheresse sur les précipitations journalières, c'est-à-dire la diminution notable du total des pluies supérieures à 40 mm, mais cette diminution n'affecte pas cependant les valeurs extrêmes de pluviométrie journalière. en d'autres termes la prise en compte des observations réalisées dans la période récente affectée par la sécheresse ne modifie pas l'estimation de la pluie journalière de fréquence décennale ou de récurrence plus rare.

## **TROISIEME PARTIE**

# **ECOULEMENT SUR LE BASSIN VERSANT DE LA CASAMANCE**

**CHAPITRE I - LE RESEAU HYDROMETRIQUE ET LES DONNEES DE BASE**

**CHAPITRE II - ETUDE DES MODULES ANNUELS ET LEUR VARIABILITE  
INTERANNUELLE**

**CHAPITRE III - LES CRUES ET LES ETIAGES**

**CHAPITRE IV : - LE BILAN HYDROLOGIQUE**



## **CHAPITRE I**

# **LE RESEAU HYDROMETRIQUE ET LES DONNEES DE BASE**

Ce chapitre est consacré à la description des stations de mesure et de leur équipement, de l'étalonnage des stations non influencées par la marée. Une analyse critique des données obtenues permettra de juger de leur qualité.

Nous procéderons à une homogénéisation des données pour les stations retenues avant de définir le régime hydrologique de la Casamance en amont de Kolda.

## **1 Le réseau hydrométrique.**

Le réseau hydrométrique du bassin de la Casamance peut être divisé en deux parties :

- Le réseau du bassin maritime influencé par la marée.
- Le réseau du bassin continental, où se font les mesures de débits.

### **1.1. Le réseau du bassin maritime.**

Il s'agit à proprement parler d'un réseau de stations marégraphiques qui n'entrent pas dans nos préoccupations immédiates et sur lesquelles nous ne nous étendrons pas outre mesure. Mis en place entre le 12 juin 1967 et le 14 décembre 1967, ce réseau comprenait 10 stations dont 7 sur le cours principal de la Casamance et 3 sur son principal affluent le Soungrougrou ; ce réseau devait permettre une étude complète et détaillée des marées. Entre le 18 octobre et le 11 novembre 1969, le fonctionnement de toutes ces stations a été arrêté à l'exception de celle de Ziguinchor (BRUNET- MORET, 1970). En 1970 le marigot de Bignona a été équipé pour une année de suivi (OLIVRY JC, CHOURET, 1981).

A partir de 1975, avec la création du réseau hydrométrique national, les stations de Diana-Malari et Séfa ont été remises en fonction tandis que deux autres, Goudomp et Pointe Saint-Georges voyaient le jour sur le cours principal de la Casamance. En 1976, d'autres stations étaient créées sur le marigot de Guidel à Guidel, le marigot de Nyassia à Djibonker et à Nyassia; sur le Kamobeul Bolon au bac d'Oussouye.

L'équipement du marigot de Baïla remonte à 1979 avec cinq stations dont 4 sur le bief maritime.

Mais depuis 1978, avec la prise en charge du réseau national par la Direction des Etudes Hydrauliques du Ministère de l'Hydraulique, ces stations se sont graduellement détériorées.

Pour les dix dernières années, à l'exception des stations du Marigot de Baïla, il n'existe pas de données fiables pour le bassin maritime de la Casamance.

La station de Ziguinchor où est basée la brigade hydrologique, présente d'énormes lacunes dans ses relevés, ce qui les rend inutilisables

La figure 3.1 présente le réseau actuel faisant l'objet d'un suivi régulier sur l'ensemble du bassin casamançais.

## 1.2. Le réseau du bassin continental

Le réseau du bassin continental, contrôlé par la station de Kolda, comprend six stations implantées sur le cours de la Casamance ou sur celui de ses affluents. Il s'agit de stations de Kolda, Fafakourou sur la Casamance ; Saré Koutayel sur le Niampampo, Saré Sara sur le Tiangol Dianguina ; Madina Omar et Madina Abdoul sur la Khorine et la station de Bantankountou sur le Dioulacolon (cette station est maintenant appelée Saré Keita).

A ces stations, il convient d'y ajouter la station de Toukara sur le Baïla qui appartient au domaine continental du bassin de la Casamance (Fig. 3.1.). Les stations de Sandougou et Sindian sur le marigot de Bignona, n'ont été suivies qu'une seule année (1970/1971).

Les premières observations sur le bassin de la Casamance, remontent à 1962 avec la pose d'une échelle limnimétrique en amont de l'ancien pont de Kolda par la SCET (Société Centrale pour l'Équipement du Territoire International) dans le cadre d'aménagements hydroagricoles en Casamance et Haute Gambie (SCET-GERCA, 1963).

Cette échelle était doublée d'un limnigraphe posé le long du pont et qui a fonctionné jusqu'en 1964. Cette première station a été détruite au cours du second trimestre de 1967, avec la démolition du pont.

La signature d'une convention entre la Direction de l'Énergie et de l'Hydraulique et l'ORSTOM pour une étude hydrologique sur l'ensemble du bassin de la Casamance, a permis la pose d'une nouvelle échelle dans la même section que la précédente en juin 1967 (première lecture le 11 juin), échelle qui a été lue jusqu'au 13 janvier 1970, date d'installation d'un limnigraphe OTT X.

Cette convention a permis la création de nouvelles stations:

- Station de Bantankountou sur le Dioulacolon
- Station de Fafakourou sur la Casamance
- Station de Saré Koutayel sur le Niampampo
- Station de Saré Sara sur le Tianguol Dianguina
- Stations de Madina Abdoul et Madina Omar sur la Khorine.

En juin 1970, toutes les observations étaient arrêtées sur l'ensemble du bassin sauf à la station de Kolda qui a continué à être suivie par le Service hydrologique de l'ORSTOM.

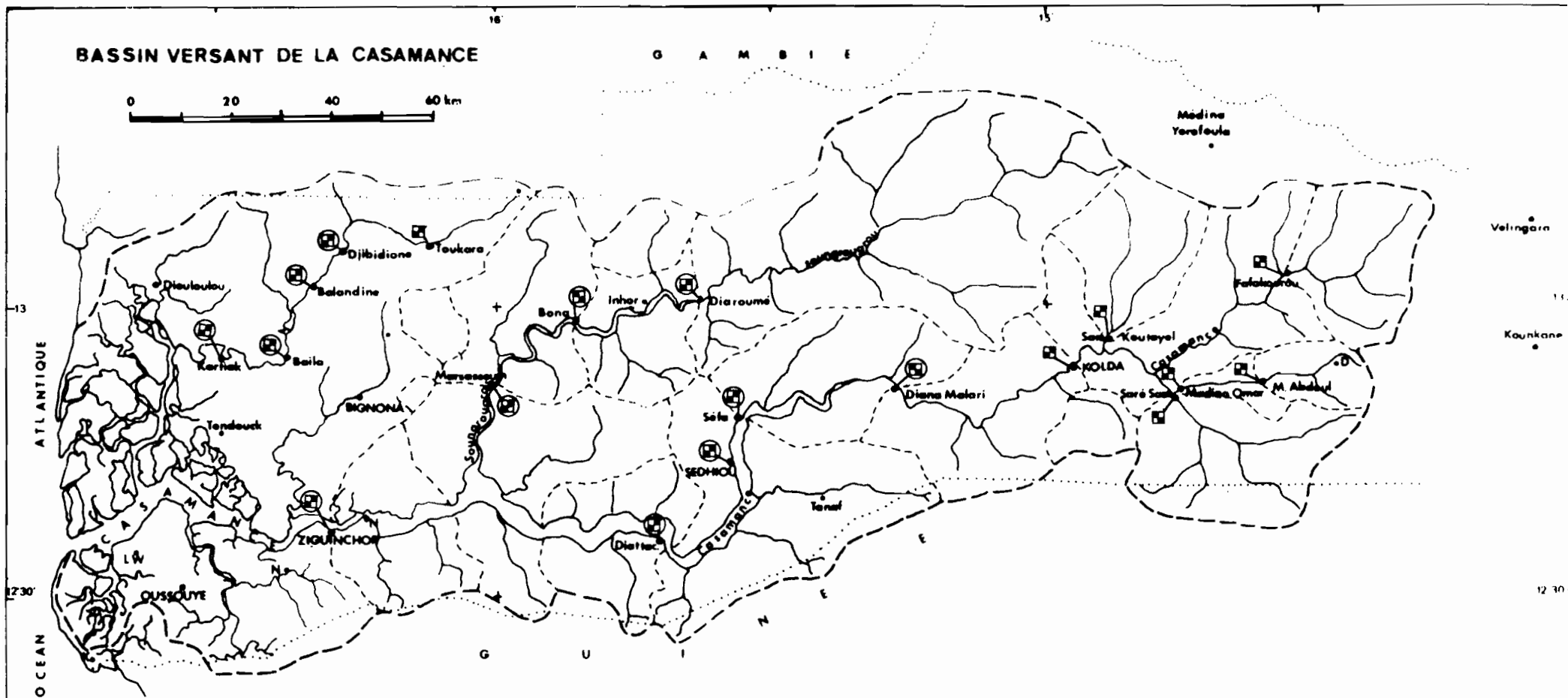


FIG 3.1 RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE

⊕ Station marégraphique

⊠ Station limnigraphique

En 1974, la création du réseau hydrométrique national, sous la direction de l'ORSTOM, a entraîné la reprise des observations aux anciennes stations du bassin jusqu'en 1978, date de la prise en charge du réseau par la Direction des Etudes Hydrauliques (DEH) du Ministère de l'Hydraulique.

Depuis cette date, malgré l'existence d'une brigade hydrologique à Kolda, la gestion du réseau hydrométrique de la Casamance en amont de Kolda a beaucoup manqué de rigueur. Si le manque de moyens est souvent invoqué, force nous est de reconnaître que ce facteur n'explique pas à lui seul les arrêts trop fréquents des appareils ni le défaut de jaugeages pour certaines stations connues pour l'instabilité de leur section de mesure.

Le tableau 3.1. donne les caractéristiques de ces stations (coordonnées géographiques, surface des bassins contrôlés, et période de fonctionnement).

Tableau 3.1: Coordonnées géographiques et période d'observation des stations du bassin continental.

Station	S km <sup>2</sup>	long.	Lat.	Alt.	Pér. d'observ.
Casamance à Fafakourou Kolda	700 3700	14°33' 14°56'	13°03' 12°53'	1.62	1967/70;74/86 1967/1986
Tiangol Dianguina à Saré Sara	815	14°45'	12°50'	-	1967/70;74/86
Khorine à Mad.Omar Mad.Abdoul	385 135	14°44' 14°35'	12°51' 12°51'	- -	1967/70;74/86 1967/70;74/86*
Dioulacolon à Saré Kéita	200	14°57'	12°50'	-	1967/70;74/86*
Niampampo à Saré. Koutayel	640	14°53'	12°55'	-	1967/70;74/86*
Le Baïla à Toukara	324	16°08'	13°05'	-	1979/1986

\* Nombreuses lacunes.

## 2. Etalonnage des Stations.

### 2.1. Généralités.

Un examen des fiches récapitulatives des résultats des jaugeages et les courbes d'étalonnage en résultant, donne les caractéristiques générales suivantes des stations:

- la faiblesse des vitesses, même en hautes-eaux et l'existence de zones de mortes-eaux;

- leur instabilité due principalement au développement de la végétation aquatique dans le lit et herbacée sur les rives;

- la non bi-univocité des transformations hauteurs-débits (c'est-à-dire qu'il n'y a pas une relation unique hauteurs-débits), surtout par influence aval. De surcroît, la faiblesse de la pente des lits ne permet pas l'installation de stations à deux échelles dans des conditions satisfaisantes.

Il en résulte, principalement, que les courbes de tarage ne peuvent être définitives.

Compte tenu du nombre parfois important de courbes de tarage, nous ne représenterons que la dernière courbe valide jusqu'à la fin de l'année hydrologique 1986/1987 pour certaines stations. La liste complète des jaugeages par station est donnée dans les annexes.

## **2.2. Courbes de tarage**

### **2.2.1. Station de Saré Keita sur le Dioulacolon**

Cette station était dénommée Bantankountou dans l'étude de BRUNET-MORET. Cent sept (107) jaugeages (annexe 3.1) y ont été effectués du 15 janvier 1968 au 27 août 1986. La non bi-univocité de la station a donné lieu au tracé d'au moins dix (10) courbes d'étalonnage. La figure 3.2. est la dernière courbe valide du 01/05/1982 au 31/05/1987. Cette courbe s'appuie sur les 14 jaugeages réalisés durant cette période, la partie extrapolée repose sur l'allure générale de toutes les courbes précédentes car, comme le note JACCON (1987), la seule prise en compte des jaugeages réalisés dans la période de validité, peut conduire à une erreur de tracé. L'annexe 1 présente la liste complète des jaugeages ainsi que le barème d'étalonnage de la station.

### **2.2.2. Station de Saré Koutayel**

Cette station contrôle un bassin versant de 640 km<sup>2</sup> drainé par le Niampampo souvent appelé marigot de Saré Koutayel s'écoulant vers le sud. Elle est implantée sur un pont routier de la route Kolda-Vélingara.

Au total, 80 jaugeages ont été effectués à cette station entre le 26 septembre 1968 et le 29 octobre 1986 (Annexe 3.2). La disposition des points de jaugeages sur un graphique, Q (m<sup>3</sup>/s) en fonction de h (m) révèle une organisation chronologique des jaugeages en trois groupes (fig.3.3).

- 1er groupe : 1968/1970
- 2ème groupe : 1974/1977
- 3ème groupe : 1982/1986

FIG 3.2 DIULACOLON A SARA KEITA

Courbe d'étélagage

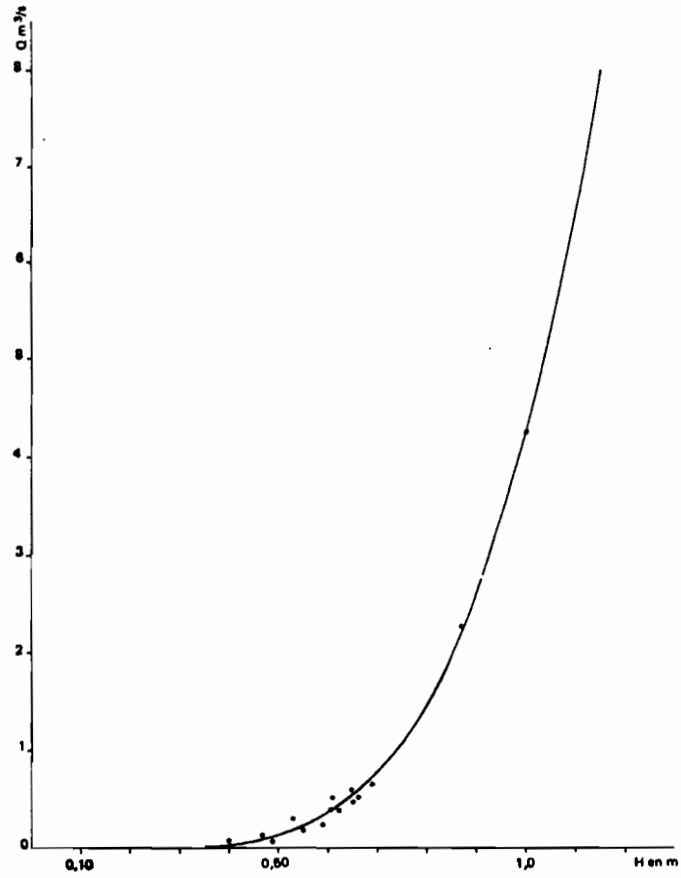


FIG 3.3 MARIGOT DE SARE KOUTAYEL A SARE KOUTAYEL

Courbes de tarage

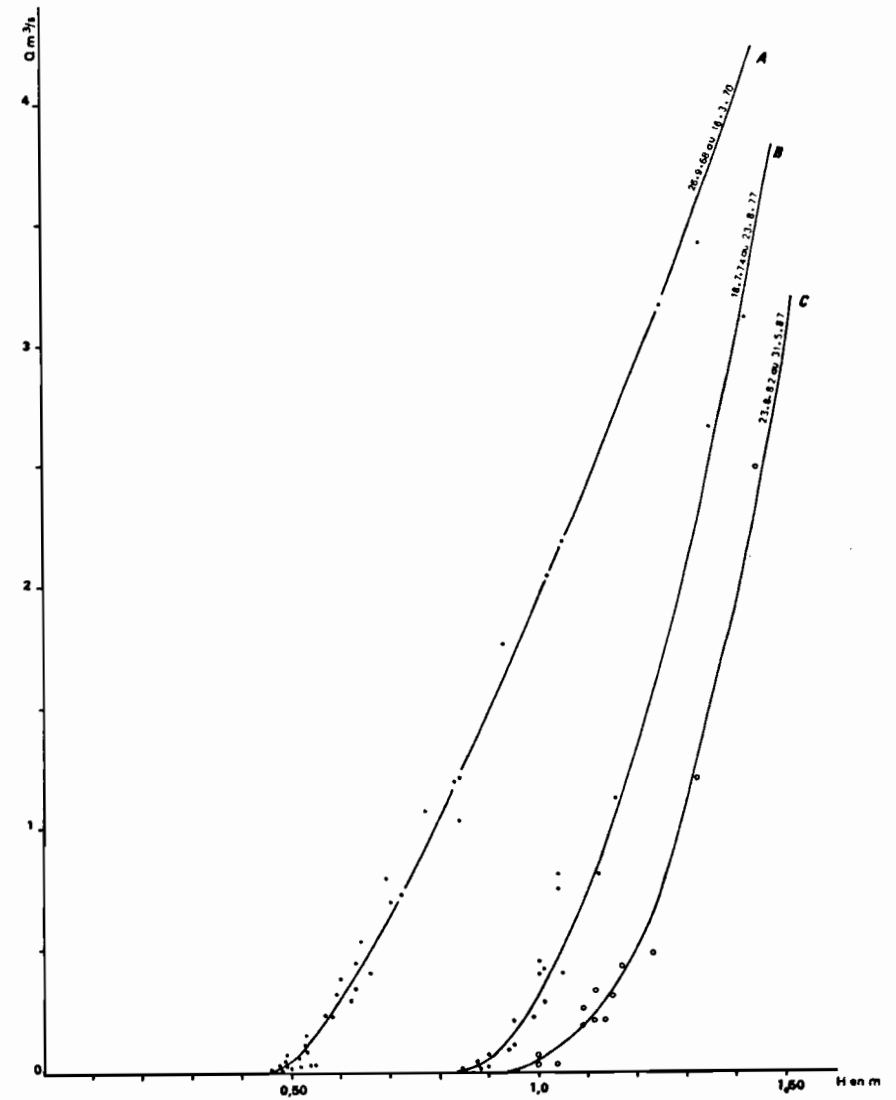


FIG 3.4 KHORINE A MADINA ABDOUL

Courbe d'étalonnage

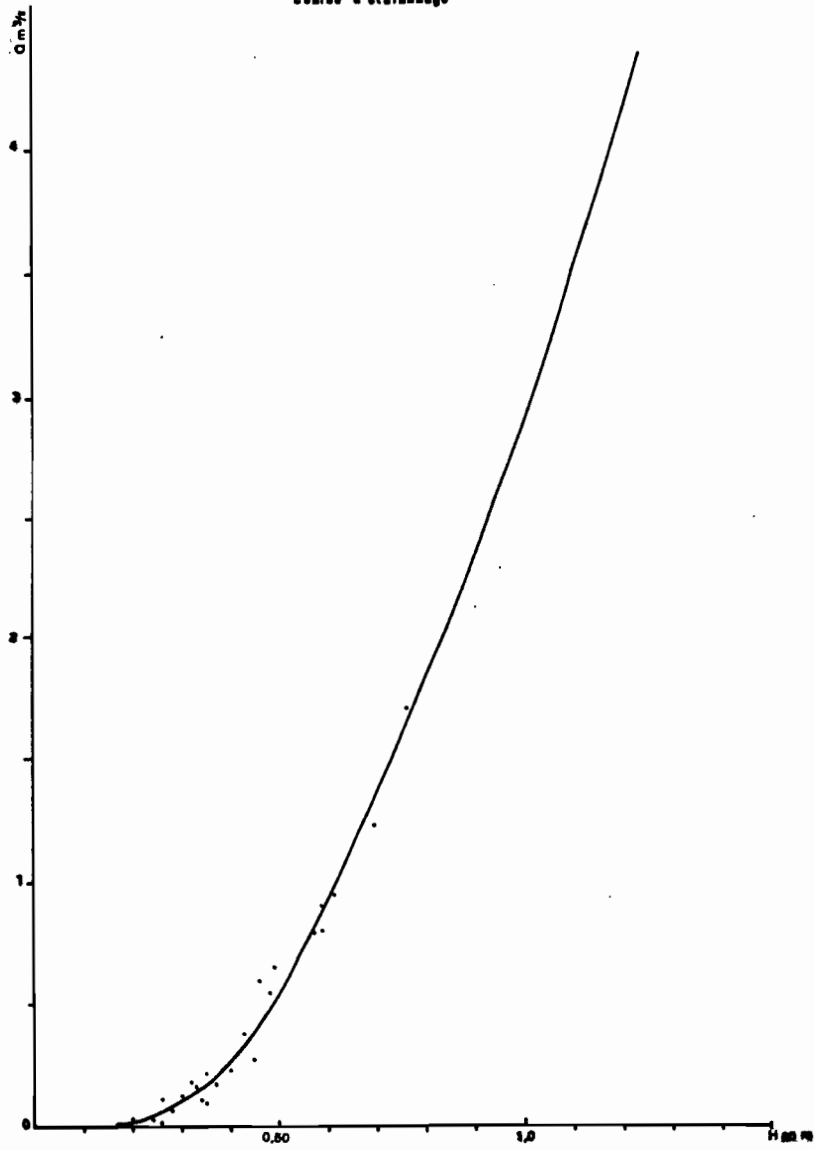
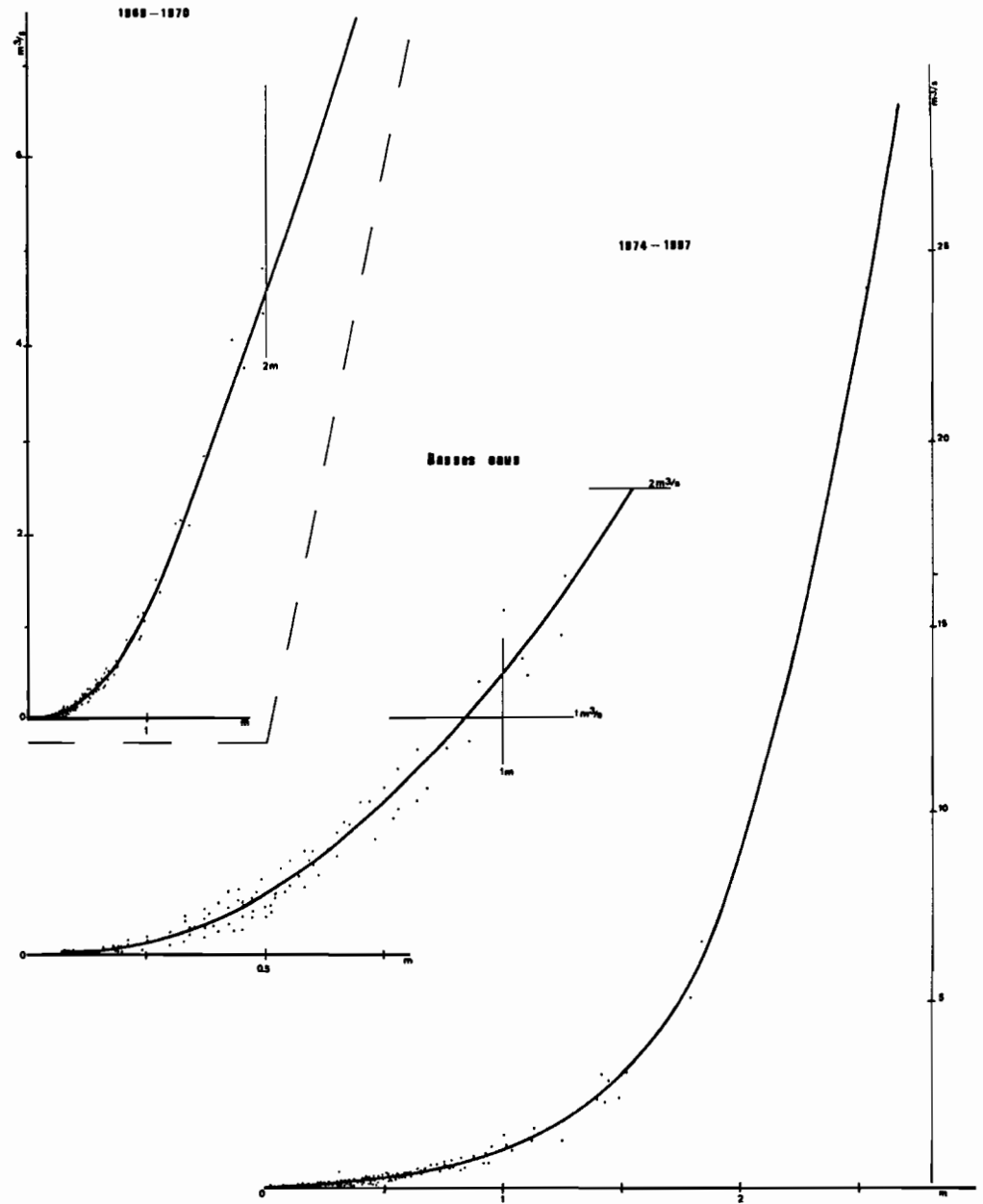


FIG 3.5 KHORINE A MADINA OMAR : Courbes de tarage





L'augmentation du seuil d'écoulement qui passe de 0,43 m en 1968 à 0,93 m en 1982, indique que l'instabilité de la station est due à un remblaiement. C'est la courbe C de la figure 3.3c qui traduit la relation hauteurs-débits en cours de validité.

-

### 2.2.3. Station de Fafakourou

-

C'est la station en tête du cours principal de la Casamance ; elle est située au pont routier de la piste Fafakourou- Kandiatora.

94 jaugeages ont été effectués dont 72 durant la période 1968/1970. Entre le 4 août 1977 et le 4 août 1986, un seul jaugeage ( $H = -0.10$  m,  $Q = 0,013$  m<sup>3</sup>/s) a été réalisé à cette station. Compte tenu de l'instabilité géométrique de la section due au développement de la végétation aquatique (BRUNET-MORET, 1970), il s'avère impossible de fournir un tarage valide pour les douze dernières années. Cela est d'autant plus regrettable que cette station contrôle le plus important sous-bassin s'écoulant vers le sud-ouest et susceptible de fournir des éléments de comparaison ( $Q$  l/s.km<sup>2</sup>) avec les bassins orientés vers le nord-ouest.

Nous donnons en annexe 3.3 - la liste des jaugeages réalisés à cette station jusqu'en 1986.

### 2.2.4. Station de Madina Abdoul sur la Khorine

C'est la station la plus amont de la Khorine contrôlant un bassin versant de 135 km<sup>2</sup>.

121 mesures de débits y ont été réalisées. Comme toutes les autres stations, le tarage n'est pas stable. Six courbes de tarage ont été tracées entre 1968 et 1986. La figure 3.4 présente celle de 1982/1987. La liste des jaugeages est dans l'annexe 3.4 avec le barème hauteurs-débits.

### 2.2.5. Station de Madina Omar sur la Khorine

Dernière station de la Khorine, avant sa confluence avec le Tiangol Dianguina dont elle est tributaire, la station de Madina Omar contrôle un bassin versant de 385 km<sup>2</sup>.

195 jaugeages ont été faits entre juillet 1967 et décembre 1986 (annexe 3.5). Cette station est relativement stable puisque depuis 1974, elle ne présente qu'une seule courbe de tarage (fig. 3.5).

Cependant, compte tenu de la proximité de la confluence (2 km en aval) avec le Tiangol Dianguina, le passage d'une forte crue à Saré Sara peut entraîner une inversion du courant à Madina Omar (BRUNET-MORET, 1970).

### 2.2.6. Station de Saré-Sara sur la Tiangol Dianguina

Située à 35 km en amont de Kolda sur un pont routier sur la route reliant Kolda à Dabo, cette station contrôle un bassin versant de 815 km<sup>2</sup>. 242 jaugeages y ont été réalisés (annexe 3.6). Le tarage de la station n'est pas stable. La non-univocité est due à une instabilité géométrique qui se traduit par une variation du profil transversal de la station (creusement et remblaiement) entraînant parfois l'apparition de cotes "négatives". Ainsi, entre 1968 et 1986, douze courbes ont été tracées dont deux pour la période 1982/1986 (fig. 3.6). Pour les deux derniers tarages, le seuil d'écoulement est passé de 0 cm à 40 cm (remblaiement).

Nous joignons à l'annexe 3.6 le dernier barème d'étalonnage de la station.

### 2.2.7. Station de Kolda

C'est la station principale du bassin continental de la Casamance. Depuis 1967, 409 mesures de débits y ont été effectuées. Mais le tarage de la station n'est pas stable à cause des bouchons de végétation flottants provenant de l'amont ou se développant sur les berges en aval de la station allant même jusqu'à barrer la rivière. Cependant, l'examen des tarages successifs révèle un changement de seuil d'écoulement qui passe de 0,05 m en 1968 à 0,76 m en 1984, ce qui indique qu'il s'est produit certainement un remblaiement de la section. Près de 20 courbes ont été tracées depuis le début des observations.

La figure 3.7 présente la courbe de tarage de 1984 à 1987. Dans l'annexe 3.7 sont regroupés la liste des jaugeages et le barème d'étalonnage actuel. Etant donné que la hauteur maximale jaugée durant cette période ( $H = 2,16$  m) est moyenne, en accord avec la Direction des Etudes Hydrauliques (DEH), cette courbe s'appuie sur les jaugeages antérieurs pour les hautes-eaux.

### 2.2.8. Station de Toukara sur le Baïla

Les premières mesures de débits à cette station date de 1971, avec une interruption entre 1972 et 1978. Ce n'est qu'en 1979, avec le programme d'aménagement de la vallée du Baïla, que les mesures ont repris. Au total, 35 jaugeages ont permis d'étalonner la station (fig. 3.8). Nous mettons en annexe 3.8 la liste des jaugeages et le barème actuel de l'étalonnage.

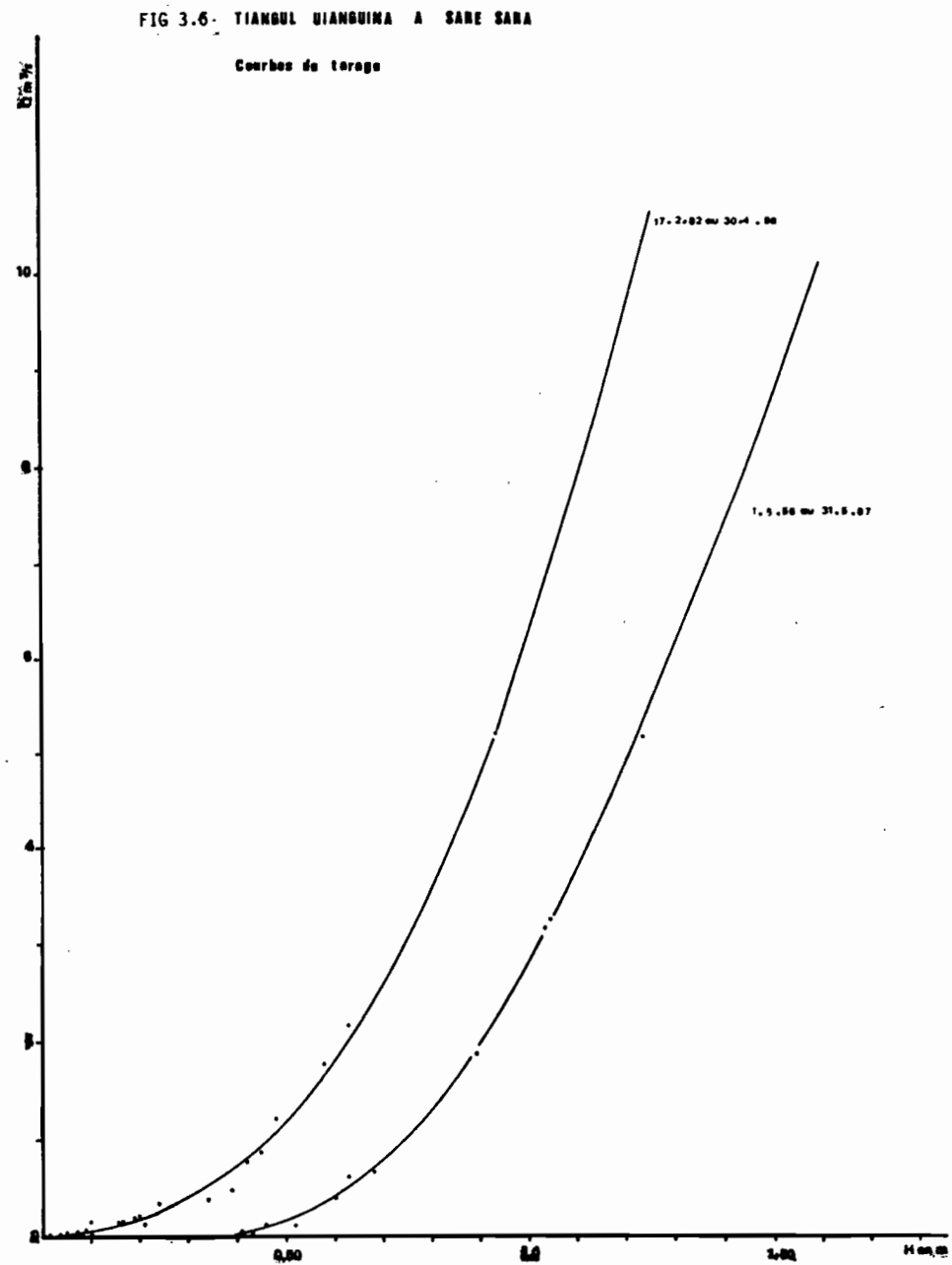
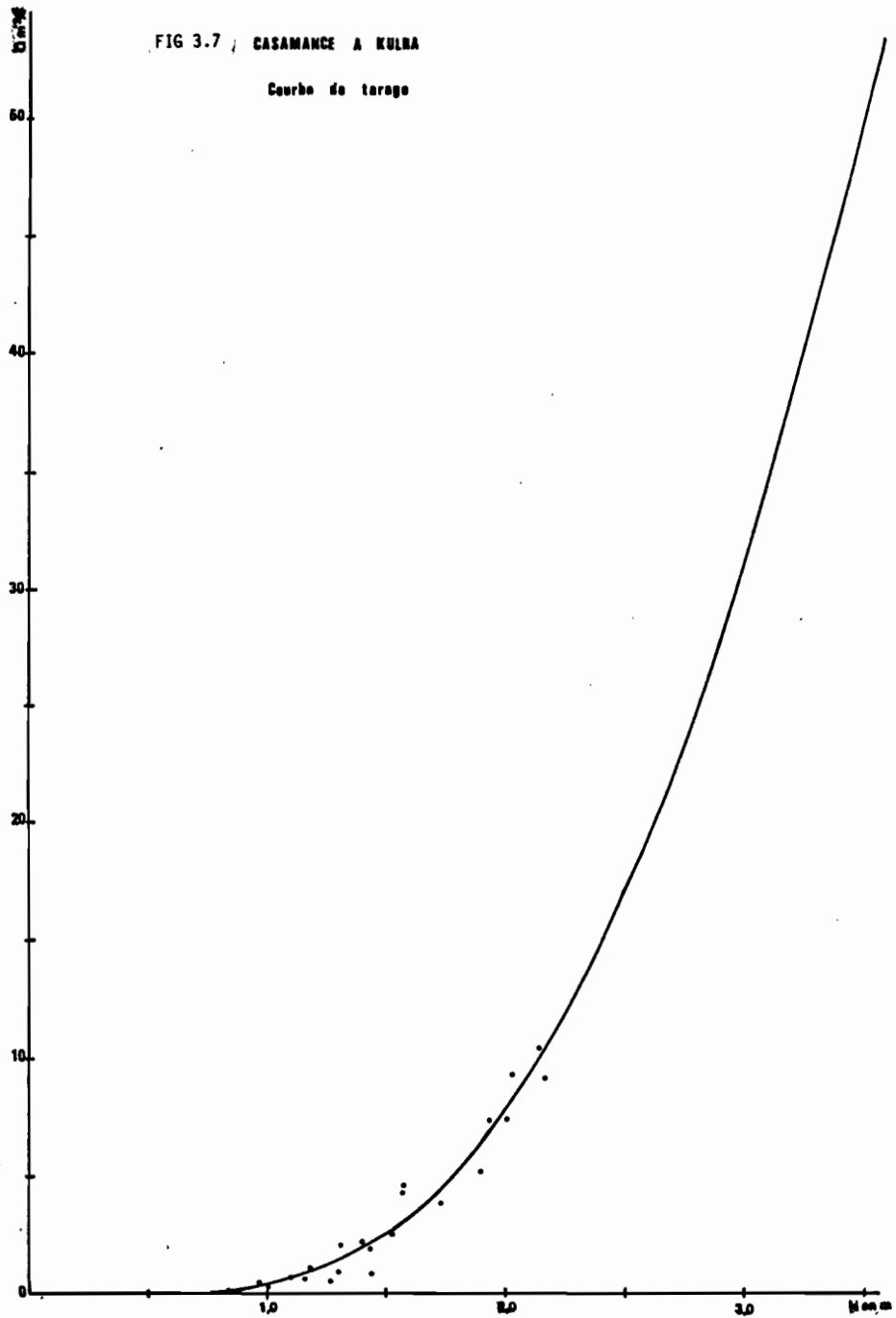
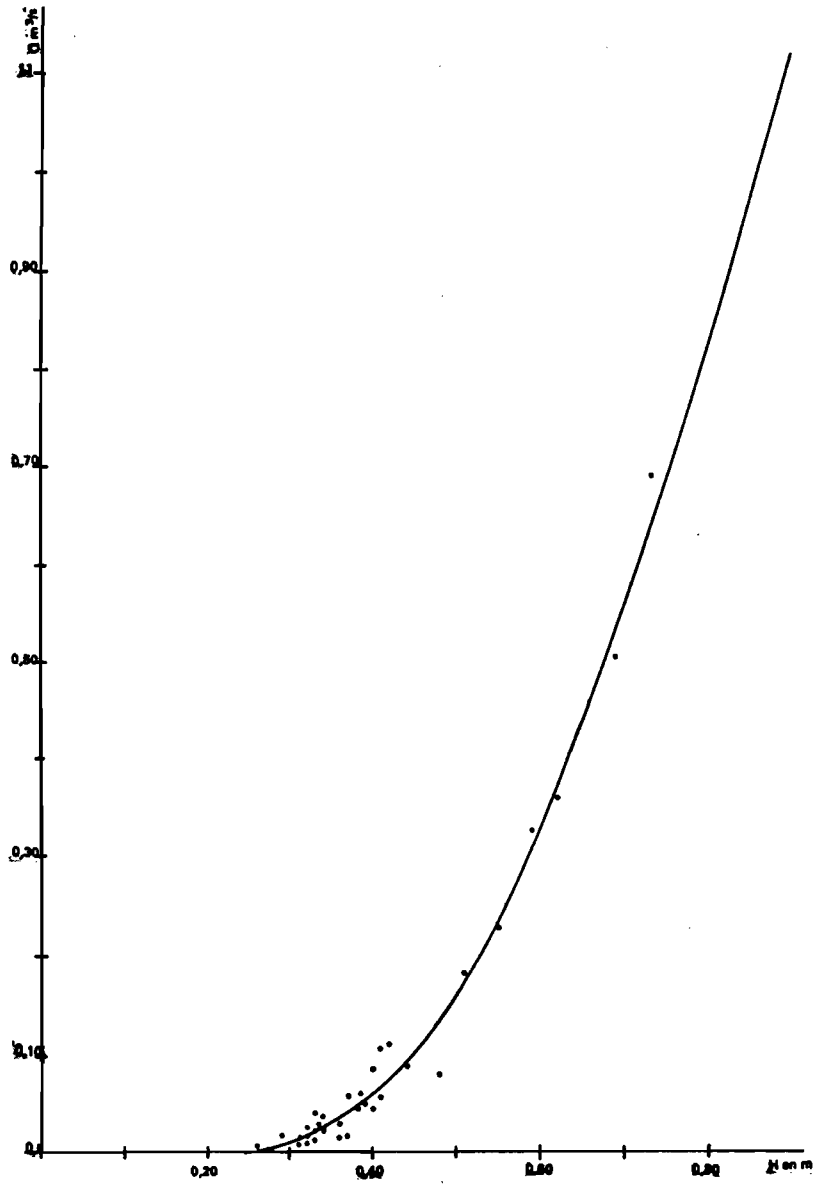


FIG 3.8 MARIGOT DE BAILA A TOUKARA

Courbe de tarage



### 3 - Les données de base

De la description des stations du réseau hydrométrique et leur étalonnage, il ressort que les données de base seront de qualité variable d'une station à une autre, suivant le nombre d'années observées. Aussi, procéderons-nous tout d'abord à la présentation et à la critique des données disponibles, ensuite à leur homogénéisation et enfin, nous tenterons de dégager les caractéristiques du régime hydrologique de la Casamance.

#### 3.1. Présentation des données de base.

Nous présentons pour chaque station un tableau de débits moyens mensuels et annuels bruts dans lequel sont indiqués la moyenne et l'écart-type sur la période d'observation, le maximum, la médiane, les quartiles supérieure ( $Q_3$ ) et inférieure ( $Q_1$ ) et le minimum de chaque mois. Ces différentes valeurs ont été obtenues après classement des observations suivant un ordre croissant.

Pour les trois stations principales du bassin en amont de Kolda (Kolda, Saré Sara et Madina Omar) un second tableau de débits caractéristiques rassemble les valeurs suivantes :

- étiage absolu (Mini Journ) : débit moyen journalier minimal de l'année hydrologique considérée

- débit caractéristique d'étiage (DCE) : débits non dépassés pendant 10 jours de l'année

- débits caractéristiques (DC11, DC9, DC6) : débits respectivement non dépassés pendant 1, 3, 6 mois.

- débits caractéristiques de crue (DCC) : débits atteints ou dépassés pendant 10 jours de l'année

- débits caractéristiques (DC1, DC3) : débits respectivement atteints ou dépassés pendant 1 et 3 mois.

Les débits caractéristiques sont calculés sur l'année hydrologique qui commence le 1er mai et se termine le 30 avril dans le cas du Sénégal. Mais il est bien évident que certaines années la période de basses eaux peut se poursuivre au-delà du 30 avril et qu'un étiage observé en mai 1970 par exemple, correspond en réalité à l'année hydrologique 1969/1970 et non 1970/1971. C'est dans cette optique logique que les étiages absolus ont été déterminés ainsi que DCE et DC1.

Il en résulte que si du DC9 au débit maximum de crue, les valeurs relevées correspondent aux débits classés de l'année, par contre pour la période d'étiage, les valeurs indiquées prennent en compte une éventuelle prolongation des basses-eaux sur l'année suivante.

### 3.1.1. Marigot de Baïla à Toukara (324 km<sup>2</sup>)

Huit années (1979-1987) ont été observées dont une incomplète ce qui réduit l'échantillon à 7 années.

- le module moyen est de 0,013 m<sup>3</sup>/s soit 0,039 l/s. km<sup>2</sup>
- le module maximum enregistré durant les sept années est de 0,028 m<sup>3</sup>/s en 1982/1983.
- la détermination des débits caractéristiques donne un débit d'étiage nul.

Le tableau 3.2. présente les débits moyens mensuels et annuels et montre que l'écoulement est entièrement concentré entre juillet et octobre.

### 3.1.2. Marigot de Saré Koutayel à Saré Koutayel (640 km<sup>2</sup>)

Sur 12 années d'observations (tabl.3.3), il y a une année incomplète (1968/1969), deux années sans écoulement et une année ayant un seul mois d'écoulement.

Le module sur les onze années complètes est de 0,1 m<sup>3</sup>/s soit 0,156 l/s. km<sup>2</sup> alors que le module médian n'est que de 0,059 m<sup>3</sup>/s.

Le débit caractéristique d'étiage est nul, la station ayant trois mois sans écoulement.

### 3.1.3. Marigot de Dioulacolon à Saré Keita (200 km<sup>2</sup>)

La station a 12 années d'observations dont trois ayant des lacunes. Les 9 années complètes donnent les résultats suivants (Tabl. 3.4.) :

- Module moyen : 0,162 m<sup>3</sup>/s soit 0,81 l/s. km<sup>2</sup>
- Module médian : 0,117 m<sup>3</sup>/s
- l'étiage absolu est nul ; depuis 1977, la rivière est généralement à sec entre mars et mai.

### 3.1.4. La Khorine à Madina Abdoul (235 km<sup>2</sup>)

Douze années ont été observées dont deux ayant des lacunes importantes. Le module moyen, calculé sur les relevés des dix années complètes, est de 0,093 m<sup>3</sup>/s soit un débit spécifique de 0,396 l/s.km<sup>2</sup> (Tabl.3.5).

Le débit médian sur cette période est de 0,078 m<sup>3</sup>/s, tandis que l'étiage médian est nul.



Tableau 3.4 : Le Doulacolon à Sara Keita: débits moyens mensuels en m<sup>3</sup>/s.

Ann. hydr.	M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	
1967/1968									0.317	0.167	0.081	0.038	
1968/1969	0.018	0.032	0.348	0.372	1.322	1.092	0.179	0.137	0.115	0.065	0.020	0.003	0.308
1969/1970	0	0.034	0.960	-	-	-	0.528	0.374	0.279	0.189	0.095	0.045	
1970/1971													
1977/1978	0	.0039	0.058	0.094	0.251	0.158	0.034	.0052	.0035	0.002	0	0	0.051
1978/1979	0	0.025	0.312	1.012	0.796	0.511	0.127	0.131	0.089	0.035	0		0.253
1979/1980	0	0	0.385	1.225	1.268	0.381	0.118	0.057	0.058	0.044	0.008	0	0.295
1980/1981													
1981/1982	0	0	0.250	0.671	0.277	0.159	0.037	0.039	0	0	0	0	0.119
1982/1983	0	0.031	-	.239	.213	.120	.0312	0.032	0.038	0.001			
1983/1984	0	0.024	0.268	0.118	0.430	0.212	0.001	-	-	-	-	-	0.088
1984/1985	0	0	0	.179	.362	0.469	0	0	0	0	0	0	0.084
1985/1986	0	0.008	0.062	0.255	0.273	0.039	0	0	0	0	0	0	0.053
1986/1987	0	0	0.037	0.565	0.621	0.179	0	0	0	0	0	0	0.117
Moyenne	0.012	0.014	0.268	0.473	0.581	0.332	0.096	0.070	0.053	0.030	0.012	0.005	0.162
Ec. type	0.037	0.015	0.281	0.390	0.418	0.309	0.156	0.113	0.085	0.059	0.031	0.015	0.200
Max.	.127	.060	1.025	1.322	1.09	.528	.374	.279	0.189	.095	0.049	0.045	0.308
Q3	0	0.028	.330	.671	.796	.469	.127	.131	0.089	0.055	0.014	0	0.274
Méd.	0	0.016	.257	0.14	.396	.196	.034	.034	0.035	.001	0	0	0.117
Q1	0	0	0.49	.179	.273	.58	0.001	0	0	0	0	0	0.069
Min.	0	0	.094	.213	.039	0	0	0	0	0	0	0	0.051

Tableau 3.5 - La Khorine à Madina Abdoul: débits moyens mensuels observés en m<sup>3</sup>/s.

Ann. hydr.	M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	
1967/1968													
1968/1969	-	-	-	-	-	-	0.096	0.066	0.058	0.032	0.013	0.005	
1969/1970	0.002	0.001	0.060	-	-	-	0.155	0.077	0.051	0.026	0.010	0.003	
1970/1971	0.001												
1971/1972													
1977/1978	0	0	0.277	0.047	0.386	0.161	0.015	0.001	0	0	0	0	0.074
1978/1979	0	0.030	0.094	0.505	0.685	0.356	0.111	0.086	0.061	0.022	0	0	0.161
1979/1980	0	0	0.142	0.477	0.443	0.360	0.118	0.047	0.034	0.031	0.011	0	0.139
1980/1981	0	0	0.054	0.202	0.483	0.045	0.016	0.015	0.014	0.010	0	0	0.065
1981/1982	0	0	0.063	0.215	0.088	0.077	0.013	0.013	0.011	0	0	0	0.040
1982/1983	0	0	0.038	0.259	0.139	0.148	0.027	0.013	0.006	0	0	0	0.253
1983/1984	0	0	0.237	0.083	0.354	0.085	0	0	0	0	0	0	0.063
1984/1985	0	0.029	0.070	0.100	0.533	0.993	0	0	0	0	0	0	0.086
1985/1986	0	0	0.004	0.415	0.754	0.101	0.014	0	0	0	0	0	0.107
1986/1987	0	0	0.051	0.177	0.617	0.391	0.034	0.011	0.002	0	0	0	0.107
Moyenne	0	0.005	0.099	0.248	0.448	0.202	0.051	0.027	0.020	0.010	0.003	0.000	0.093
Ec. type	0	0.012	0.086	0.165	0.217	0.134	0.053	0.032	0.024	0.014	0.005	0.001	0.139
Max.	0.002	0.030	0.277	0.505	0.754	0.391	0.155	0.086	0.061	0.032	0.013	0.005	0.161
Q3	0	0.001	0.142	0.415	0.617	0.356	0.104	0.057	0.043	0.024	0.005	0	0.107
Méd.	0	0	0.063	0.209	0.463	0.155	0.022	0.013	0.009	0	0	0	0.078
Q1	0	0	0.051	0.100	0.354	0.085	0.014	0	0	0	0	0	0.063
Min.	0	0	0.004	0.047	0.088	0.045	0.012	0	0	0	0	0	0.040



### 3.1.5 La Khorine Madina Omar (385 km<sup>2</sup>)

Des observations de bonne qualité ont été effectuées pendant seize années à cette station avec quelques lacunes cependant.

On a les résultats suivants (Tabl. 3.6.)

- module moyen : 0,301 m<sup>3</sup>/s soit 0,782 l/s km<sup>2</sup>
- module médian : 0,180 m<sup>3</sup>/s
- module maximum : 0,886 m<sup>3</sup>/s soit 2,301 l/s km<sup>2</sup>
- module minimum : 0,090 m<sup>3</sup>/s soit 0,234 l/s km<sup>2</sup>.

Le calcul des débits extrêmes et caractéristiques sur 13 ans, donne les résultats suivants (Tabl.3.7):

. débit caractéristique d'étiage nul

. crue maximale médiane : 3,94 m<sup>3</sup>/s, soit 10,2 l/s km<sup>2</sup> ; le maximum observé étant de 15,3 m<sup>3</sup>/s soit un débit spécifique de 39,74 l/s.km<sup>2</sup>.

### 3.1.6 Tiangol Dianguina à Saré Sara (815 km<sup>2</sup>)

Sur quinze années de relevés, on note quelques lacunes dues à des observations journalières manquantes.

Les lacunes de l'année hydrologique 1979/1980, résultent de la destruction de l'ancien pont où était implantée la station.

Le module annuel moyen est de 0,905m<sup>3</sup>/s, ce qui correspond à un débit spécifique de 1,11 l/s.km<sup>2</sup> (tabl. 3.8).

Durant cette période, le module maximum enregistré à la station est de 3,05 m<sup>3</sup>/s (1969/1970) soit 3,74 l/s km<sup>2</sup>.

L'étiage absolu médian est nul.

En revanche, le maximum de crue médian est de 8,25 m<sup>3</sup>/s soit 10,12 l/s.km<sup>2</sup> et le maximum observé en 1969/1970 est de 160 m<sup>3</sup>/s (196.3 l/s.km<sup>2</sup>) (Tabl.3.9):

Tableau 3.6 - La Khorine à Madina-Omar: débits moyens mensuels observés en m<sup>3</sup>/s.

Ann. hydr	M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	
1967/1968	0	0.078	0.328	1.192	3.616	3.216	0.936	0.457	0.344	0.272	0.143	0.049	0.886
1968/1969	0.010	0.001	0.150	0.440	1.255	1.388	0.108	0.095	0.074	0.043	0.012	0	0.306
1969/1970	0	0.001	0.640	1.382	3.500	1.494	0.385	0.173	0.127	0.071	0.027	0.005	0.650
1970/1971	0.002												
1974/1975	0	0	0.35	0.62	1.06	0.19	0.05	0.02	0.006	.0003	0	0	0.160
1975/1976	0	0	0.429	0.729	6.06	1.33	0.265	0.185	0.136	0.052	0.014	0.008	0.762
1976/1977	0	0.15	0.17	0.95	1.43	0.88	0.29	0.14	0.11	0.043	0.021	0.006	0.350
1977/1978	0	0.01	0.456	0.148	0.754	0.322	0.089	0.023	0.010	.0007	0	0	0.15
1978/1979	0	0.055	0.164	1.02	1.29	0.608	0.163	0.098	0.052	0.029	0	0	0.292
1979/1980	0	0	0.272	0.998	0.592	0.240	0.089	0.037	0.027	0.020	0	0	0.191
1980/1981	0	0	0.899	0.953	1.47	0.132	0.048	0.032	0.024	0.003	0	0	0.280
1981/1982	0	0.001	0.18	0.940	0.334	0.194	0.065	0.028	0.013	0	0	0	0.148
1982/1983	0	0.053	0.351	0.466	0.172	0.191	0.035	0.001	0	0	0	0	0.106
1983/1984	0	0	0.361	0.091	0.461	0.235	0.036	0	0	0	0	0	0.090
1984/1985	0	0.001	0.164	0.144	0.720	0.245	0.004	0	0	0	0	0	0.107
1985/1986	0	0	0.070	.556	1.268	0.124	0	0	0	0	0	0	.168
1986/1987	0	0	0.115	.457	0.753	0.593	0.079	.021	0.002	0	0	0	0.168
Moyenne	0.001	0.022	0.319	0.693	1.546	0.711	0.171	0.082	0.058	0.033	0.014	0.04	0.301
Ec. type		0.042	0.216	0.390	1.557	0.820	0.233	0.118	0.090	0.068	0.036	0.012	0.247
Max.	0.010	0.15	0.899	1.38	6.06	3.216	0.936	0.457	0.344	0.272	0.143	0.049	.886
Q3	0	0.032	0.395	0.976	1.45	1.105	.232	0.119	0.092	0.043	0.003	0.001	.328
Méd.	0	0.001	0.328	0.675	1.158	0.284	0.084	0.030	0.019	0.002	0	0	.180
Q1	0	0	0.167	0.449	0.656	0.243	0.042	0.011	0.001	0	0	0	.149
Min.	0	0	0.115	0.91	0.172	0.124	0	0	0	0	0	0	0.090

Tableau 3.7 - La Khorine à Madina-Omar: Débits caractéristiques et extrêmes en m<sup>3</sup>/s.

Ann hydr	Min. journ.	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	Max. journ.
1968/1969	0.000	0.000	0.000	0.003	0.071	0.210	1.18	2.17	3.95
1969/1970	0.000	0.000	0.000	0.012	0.137	0.730	2.50	4.19	5.60
1974/1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975/1976	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.340	3.04	6.52	15.3
1976/1977	0.000	0.000	0.000	0.018	0.130	0.360	1.00	2.71	4.39
1977/1978	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.161	0.490	1.19	4.62
1978/1979	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.332	0.944	2.13	4.46
1979/1980	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.208	0.671	1.53	2.97
1980/1981	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.104	0.926	1.99	11.5
1981/1982	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.144	0.498	1.18	2.05
1982/1983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.112	0.425	0.839	1.30
1983/1984	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.358	0.513	0.980
1984/1985	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	0.465	0.831	1.51
1985/1986	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986/1987	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.159	0.721	1.04	1.99
Max.	0	0	0	0.018	0.137	0.730	3.04	6.52	15.3
Q3	0	0	0	0	0.086	0.336	1.090	2.44	5.11
Méd.	0	0	0	0	0.026	0.161	0.721	1.53	3.95
Q1	0	0	0	0	0	0.108	0.482	0.940	1.75
Min.	0	0	0	0	0	0.080	0.358	0.513	0.980

Tableau 3.8 - Tiangol Diaguina à Saré-Sara: débits moyens mensuels observés en m<sup>3</sup>/s.

Ann. hydr.	M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	
1967/1968	0.19	0.41	0.92	4.36	11.17	9.86	2.19	1.15	0.93	0.74	0.48	0.28	2.723
1968/1969	0.17	0.28	0.98	0.84	1.67	2.54	0.44	0.33	0.29	0.23	0.15	0.10	0.668
1969/1970	0.09	0.12	1.36	3.59	21.98	5.22	1.69	0.89	0.59	0.45	0.32	0.215	3.035
1970/1971	0.17												-
1974/1975	-	-	1.62	.0695	-	.0627	0.36	0.18	0.18	0.13	0.05	0.009	0.962
1975/1976	0	0.003	1.25	1.45	12.7	3.71	0.785	0.509	0.335	0.218	0.101	0.048	1.75
1976/1977	0.04	0.15	1.17	2.56	3.22	2.19	0.92	0.37	0.30	0.16	0.08	0.05	0.937
1977/1978	0.025	0.080	0.79	0.41	1.61	0.74	0.22	0.11	0.06	0.022	0.010	0.002	0.340
1978/1979	0	0.355	0.443	2.37	2.54	1.05	0.295	0.128	0.089	0.013	0.001	0	0.611
1979/1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980/1981	0	0.053	1.12	1.64	2.08	0.390	0.176	0.108	0.072	0.043	0.009	0	0.474
1981/1982	0	0.031	0.403	1.69	0.840	0.389	0.103	0.035	0.016	0.004	0	0	0.390
1982/1983	0	0.155	0.178	0.477	0.151	0.256	0.039	0.018	0.009	0.003	0	0	0.140
1983/1984	0	0	0.383	0.259	0.490	0.169	0	0	0	0	0	0	0.108
1984/1985	0	0	0	0.268	2.93	1.171	0.040	0	0	0	0	0	0.367
1985/1986	0	0.022	0.033	0.637	1.67	0.191	-	-	0.018	0	0	0	0.215
1986/1987	0	0	0.106	1.47	5.75	3.24	.199	.159	0.087	0.005	0	0	0.918
Moyenne	0.046	0.120	0.726	1.533	5.003	2.14	0.54	.289	.202	0.136	0.081	0.048	0.905
Ec. type	0.072	0.138	0.530	1.242	6.20	2.63	.661	.349	.264	0.211	0.141	0.087	0.939
Max.	0.19	0.41	1.36	4.36	21.98	9.86	2.19	1.16	.930	0.74	0.48	0.28	3.035
Q3	0.065	0.218	1.145	2.465	8.46	3.475	.853	.440	0.328	0.224	0.126	0.075	1.344
Méd.	0	0.067	0.617	1.46	2.31	1.110	.258	0.119	0.081	0.033	0.005	0	0.543
Q1	0	0.011	0.142	0.444	1.225	0.39	0.072	0.027	0.013	0	0	0	0.278
Min.	0	0	0	0.259	0.490	0.169	0	0	0	0	0	0	0.108

Tableau 3.9.- Le Tiangol Dianguina à Saré-Sara: Débits caractéristiques et extrêmes en m<sup>3</sup>/s.

ANNEE	Min.journ.	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	Max.journ.
1967/1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1968/1969	0.090	0.100	0.120	0.190	0.320	0.680	1.92	2.81	7.67
1969/1970	0.080	0.080	0.090	0.250	0.570	2.45	7.40	19.0	160.
1975/1976	0.000	0.000	0.000	0.050	0.350	0.990	6.00	15.3	21.6
1976/1977	0.030	0.040	0.040	0.080	0.350	1.16	3.40	5.70	8.83
1977/1978	0.000	0.000	0.006	0.023	0.090	0.390	1.04	2.36	4.62
1978/1979	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1979/1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980/1981	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.360	1.10	4.82	7.29
1981/1982	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.310	0.807	2.48	3.63
1982/1983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.16	0.176	0.574	0.840	1.99
1983/1984	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.104	0.454	0.696	1.58
1984/1985	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.880	4.14	12.5
1985/1986	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986/1987	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.312	3.19	8.86	20.7
MAX	0.090	0.100	0.120	0.250	.570	2.450	7.400	19.0	160.0
Q3	0.055	0.060	0.065	0.135	.350	0.99	4.70	10.5	20.7
Méd	0	0	0.0	0.01	0.055	0.360	1.51	4.48	7.67
Q1	0	0	0.0	0	0.018	0.243	0.844	2.38	3.63
Min	0	0	0.0	0	0	0.070	0.454	0.696	1.58

### 3.1.7 Casamance à Kolda (3700 km<sup>2</sup>)

Cette station présente vingt années de relevés de très bonne qualité exceptées quelques lacunes dues à des arrêts momentanés du limnigraphe.

Le tableau 3.10, des débits moyens mensuels donne un module interannuel de 2.322 m<sup>3</sup>/s.km<sup>2</sup> (0.628 l/s km<sup>2</sup>).

Le module médian sur cette période d'observation est 1.6 m<sup>3</sup>/s (0,432 l/s.km<sup>2</sup>). La détermination des débits extrêmes et caractéristiques donne les résultats suivants.

L'étiage absolu médian est nul, le maximum observé depuis 1968 étant de 0,2 m<sup>3</sup>/s.

Le maximum de crue médian est de 12,75 m<sup>3</sup>/s (3.44 l/s km<sup>2</sup>). Le maximum observé a atteint 113 m<sup>3</sup>/s (1969/1970) soit 30.5 l/s km<sup>2</sup> (Tabl.3.11).

## 3.2. Critique des données de base

Cette critique a porté uniquement sur les modules annuels et a été menée en deux étapes :

- recherche de valeurs aberrantes dans les séries chronologiques de débits
- application de la méthode des doubles cumuls aux modules annuels pour en déterminer les anomalies éventuelles et les corriger.

### 3.2.1. Recherche de valeurs aberrantes

Nous avons utilisé une méthode très simple pour vérifier l'homogénéité des séries chronologiques de modules. Elle consiste à transformer la série de modules en une série de variables centrées réduites d'après la formule :

$$U = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S}$$

avec U, variable centrée réduite de Gauss

X<sub>i</sub>, module de l'année i

$\bar{X}$ , module interannuel

Année HYDR	M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	
1967/1968	0.339	0.66	2.42	12.54	33.49	33.03	10.62	4.47	3.03	2.47	1.67	0.97	8.81
1968/1969	0.62	0.49	1.63	2.51	4.82	7.74	2.16	1.19	0.91	0.68	0.44	0.26	1.95
1969/1970	0.15	0.16	2.74	9.59	46.58	13.72	5.15	2.56	1.74	1.18	0.79	0.51	7.07
1970/1971	0.32	1.25	3.0	13.7	10.1	3.36	1.47	0.93	0.67	0.47	0.35	0.17	2.98
1971/1972	0.07	0.48	6.90	12.0	12.4	6.21	2.15	1.27	0.93	0.54	0.32	0.16	3.64
1972/1973	0.12	0.152	0.97	4.05	3.80	1.92	0.89	0.43	0.26	0.16	0.08	0.03	1.07
1973/1974	0	0.32	3.04	8.78	8.27	3.12	1.13	0.56	0.34	0.22	0.13	0.06	2.09
1974/1975	0.003	0.19	8.65	5.02	8.15	2.96	1.04	0.51	0.41	0.17	0.07	0.03	2.30
1975/1976	0.017	0.04	1.73	4.53	34.2	12.3	2.66	1.41	0.95	0.62	0.31	0.11	4.89
1976/1977	0.03	0.09	2.15	5.87	7.59	7.84	2.50	0.85	0.66	0.38	0.26	0.14	2.38
1977/1978	0.033	0.034	1.04	0.66	2.39	1.40	0.30	0.14	0.074	0.049	0.042	0.023	0.52
1978/1979	0	0.121	0.661	3.07	6.65	2.73	0.638	0.470	0.287	0.135	0.047	0.016	1.24
1979/1980	0.10	0.322	1.965	2.67	3.70	1.32	1.10	0.50	0.44	0.14	0.018	0	1.02
1980/1981	0	0	1.178	3.49	5.64	2.58	0.642	0.064	0.131	0.014	0	0	1.15
1981/1982	0	0.003	0.927	4.28	2.63	1.19	0.880	0.794	0.463	0.411	0.410	0.289	1.03
1982/1983	0	0.283	0.753	1.30	1.462	0.506	0.114	0.065	0.079	0.118	0.006	0.0	0.391
1983/1984	0	0	0.745	0.476	0.875	0.505	0.042	0	0	0	0	0	0.220
1984/1985	0	0.247	0.173	0.528	2.054	1.242	.282	.189	0.095	0	0	0	0.401
1985/1986	0	0	0.063	.640	3.8	.525	0.099	.59	0.023	0	0	0	0.382
1986/1987	0	0	.399	1.75	4.20	2.56	.463	.255	.177	0.109	0.067	0	0.832
Moyenne	0.077	0.238	2.056	4.873	10.1	5.34	1.72	.836	0.583	.393	.252	0.138	2.322
Ec. type	0.155	.312	2.172	4.225	12.6	7.55	2.42	1.055	.718	.573	0.394	.236	2.484
Max.	0.62	1.25	8.65	13.7	46.6	33.03	10.6	4.47	3.03	2.47	1.67	.97	9.58
q3	0.110	0.400	2.58	7.32	9.18	6.975	2.16	1.060	0.790	0.505	0.38	0.165	3.31
Méd.	0	0.157	1.40	3.77	5.23	2.84	0.965	0.822	.375	0.165	0.105	0.03	1.60
q1	0	0.019	0.749	1.525	2.90	1.281	0.622	0.343	0.113	0.079	0.012	0	0.461
Min.	0	0	0.063	0.476	.875	0.505	0.042	0	0	0	0	0	.220

Tableau 3.11 - La Casamance à Kolda: Débits caractéristiques et extrêmes en m<sup>3</sup>/s.

ANNEE	Min.journ.	DCE	DC11	DC9	DC6	DC3	DC1	DCC	Max.journ.
1968/1969	.200 00	.220	.320	.550	1.00	2.31	5.55	9.10	13.9 00
1969/1970	.130.00	.130.	.150.	.540	1.73	7.75	17.5	54.0	113.00
1970/1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971/1972	.050 00	.050	.080	.280	1.19	5.90	12.4	14.3	18.8 00
1973/1974	.000 00	.000	.010	.120	.430	2.85	8.65	11.4	16.0 00
1974/1975	.000 00	.000	.010	.080	.490	2.90	8.60	12.3	16.8 00
1975/1976	.009 00	.020	.020	.080	.810	3.00	24.5	41.9	48.4 00
1976/1977	.020 00	.030	.040	.180	.670	2.30	10.7	15.5	17.6 00
1977/1978	.002 00	.004	.015	.034	.120	.500	1.76	4.25	6.20 00
1978/1979	.000 00	.000	.000	.048	.370	1.11	4.60	8.64	12.5 00
1980/1981	.000 00	.000	.000	.000	.450	4.32	7.29	13.0	13.0 00
1981/1982	.000 00	.000	.000	.341	.482	1.09	3.31	5.59	7.69 00
1982/1983	.000 00	.000	.000	.025	.089	.452	1.28	3.26	4.27 00
1983/1984	.000 00	.000	.000	.000	.000	.340	.748	1.36	4.42 00
1984/1985	.000 00	.000	.000	.000	.164	.396	1.65	2.27	3.47 00
1985/1987	.000 00	.000	.000	.000	.010	.148	1.35	3.96	7.22 00
1986/1987	.000 00	.000	.000	.000	.180	.752	3.03	6.44	9.83 00
Max.	0,20	.220	.320	.550	.173	7.75	24.5	54.0	113
q3	0,015	0.025	0.030	.230	0.74	2.875	9.675	13.3	17.2
Méd.	0	0	0.015	0.064	0.400	1.10	4.46	7.965	12.8
q1	0	0	0	0	.60	.451	1.72	4.105	6.71
Min.	0	0	0	0	0	.148	.748	1.36	3.47

S, écart-type de l'échantillon.

En se fixant un seuil de signification ( $\alpha = 0,05$ ) on recherche la probabilité de réalisation de l'observation "douteuse" (AIVAZIAN S., 1978 ; BOIS Ph., 1980) pour en déterminer la vraisemblance ou non.

Ce test appliqué aux séries de modules annuels de Kolda, Saré Sara, Madina Omar, Saré Koutayel, Saré Keita et Toukara, indique une bonne homogénéité des séries des modules sauf pour Kolda et Madina Omar.

Pour ces stations, le module "douteux" de l'année 1967/1968 (occurrence inférieure à 1 %) se singularise par rapport au reste des modules. En effet pour cette -là à Kolda on obtient:

$$U = \frac{8.81 - 2.32}{2.48} = 2.62$$

Cette valeur de U correspond à une probabilité d'occurrence égale à  $4,5 \cdot 10^{-3}$  de loin très inférieure à 1 % (elle a une chance sur 222 de se réaliser).

Cependant, l'examen de la série des modules annuels des fleuves de la région, notamment le Sénégal à Bakel, révèle la même singularité de l'année 1967/1968. Ceci s'explique par le fait que cette année correspond à la dernière année de précipitation et d'hydraulicité normale.

C'est pourquoi, nous avons décidé de conserver le module de 1967/1968 dans les séries de Kolda et Madina Omar.

### 3.2.2. Méthode du double cumul

L'application de la méthode des doubles cumuls (BRUNET-MORET, 1971 ; DUBREUIL P., 1974) aux modules annuels des différentes stations, avec Kolda comme station de référence, montre un bon alignement des points, ce qui traduit une bonne homogénéité de ces séries. En conséquence, nous n'avons procédé à aucune correction des débits.

### 3.3. Essai d'homogénéisation des débits moyens mensuels et annuels

Les tableaux de données de base présentés plus haut, révèlent l'hétérogénéité de l'information débit sur le bassin de la Casamance. Il s'y ajoute la brièveté des échantillons. L'homogénéisation des débits mensuels et annuels s'avère donc nécessaire pour toute comparaison des écoulements entre les différentes stations. Pour ce faire, deux approches ont été suivies (DACOSTA H., 1985) :

1) Une régression des modules entre Kolda et les stations de Saré Keita, Saré Koutayel, Saré Sara, Madina Omar et Madina Abdoul d'une part, et Toukara d'autre part.

2) Régression mois par mois entre Kolda et ces mêmes stations.

Les résultats de l'analyse corrélatoire seront confrontés aux résultats d'observations pour déterminer la méthode de reconstitution des modules pour les séries à étendre.

### 3.3.1. Extension des débits moyens mensuels et annuels des stations de Haute Casamance

#### 3.3.1.1 Station de Saré Sara.

Les débits moyens mensuels et annuels de Saré Sara ont été corrélés à ceux de Kolda. Le tableau 3.12 présente, les équations de régression à l'échelle mensuelle et annuelle et le coefficient de corrélation obtenus qui révèlent une bonne liaison entre les deux stations.

En effet, malgré la faiblesse de nos échantillons, ces coefficients de corrélation restent largement supérieurs à la valeur limite pour laquelle ils équivaldraient à zéro. Pour  $n = 8$ , le coefficient de corrélation doit être supérieur à 0,707 pour être significatif.

Tabl.3.12 :Corrélation Saré Sara-Kolda (station explicative)

Mois	n	Equation de régression	r
Mai	8	$Y = 0.520 Q_K + 0.022$	0.905
Juin	12	$Y = 0.520 Q_K + 0.022$	.891
Juillet	12	$Y = 0.494 Q_K + 0$	.943
Août	14	$Y = 0.335 Q_K + .348$	.952
Septembre	14	$Y = 0.398 Q_K + 0.518$	.964
Octobre	14	$Y = 0.292 Q_K + 0.389$	.964
Novembre	14	$Y = 0.222 Q_K + 0.095$	0.960
Décembre	14	$Y = 0.265 Q_K + .025$	0.960
Janvier	15	$Y = 0.314 Q_K + 0.011$	0.918
Février	15	$Y = 0.312 Q_K + 0.312$	0.971
Mars	15	$Y = 0.300 Q_K - 0.002$	0.955
Avril	14	$Y = 0.315 Q_K + 0.004$	0.983
Année Q annuel	14	$Y = 0.408 Q_K + 0.024$	0.995

Les modules annuels ont été reconstitués par les deux approches (Q1 = modules calculés par corrélations mensuelles; Q2 = modules obtenus par corrélation entre modules) et comparés aux modules réellement observés (Q0). La figure 3.9 montre que dans l'ensemble, les deux approches reconstituent bien l'évolution des modules.

En faisant la somme des modules obtenus par les deux approches et en la comparant à celle des modules observés, on obtient un écart de - 1,2 % de Q1 par rapport à Q0 et +3,3 % de Q2.

L'approche présentant le moindre écart a été retenue c'est-à-dire la reconstitution des modules annuels par régressions mensuelles. La période lacunaire 1970/1971 à 1973/1974 et l'année hydrologique 1979/1980, ont été comblées. Dans le tableau 3.13 ont été consignés les débits moyens mensuels et annuels de 1967 à 1986.

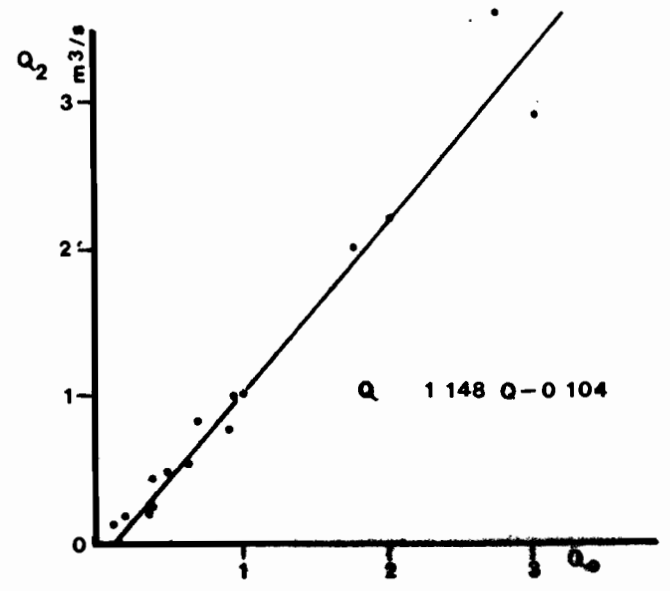
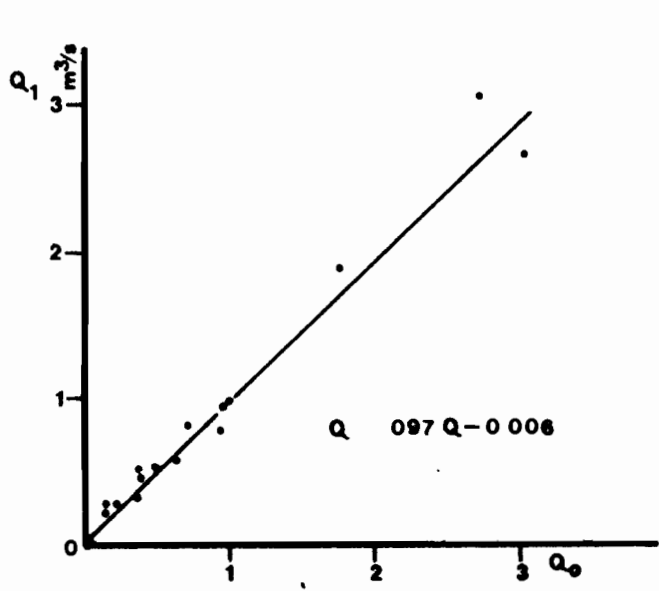
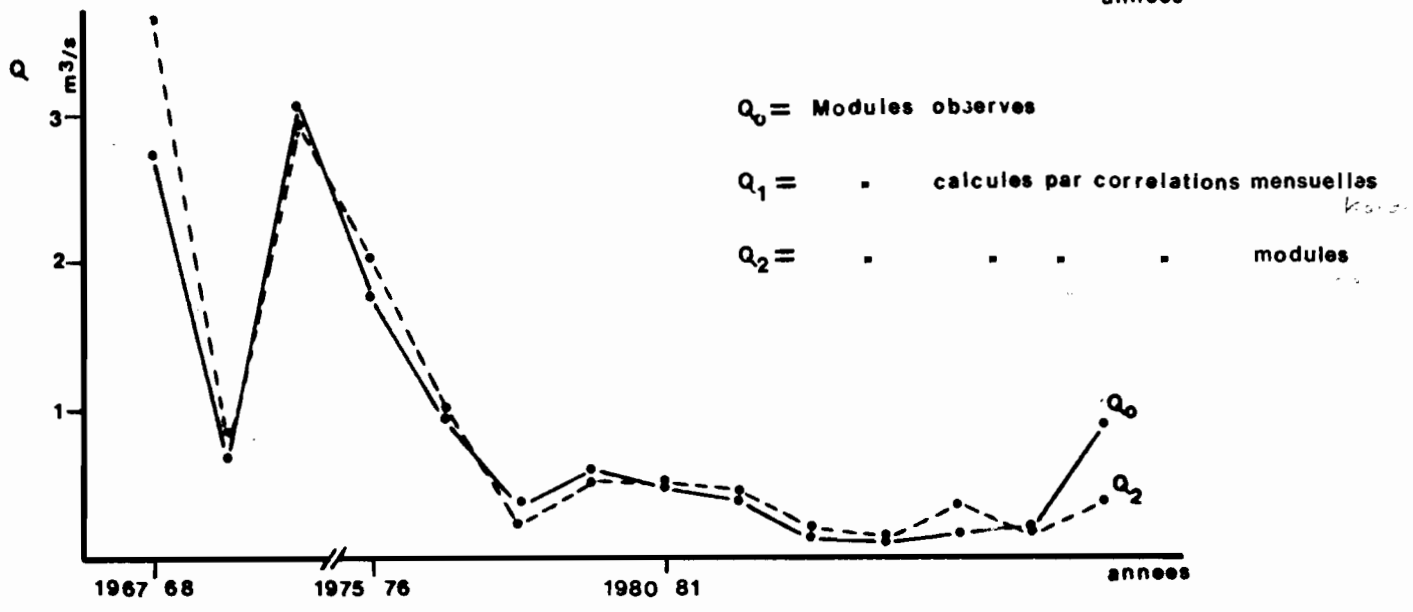
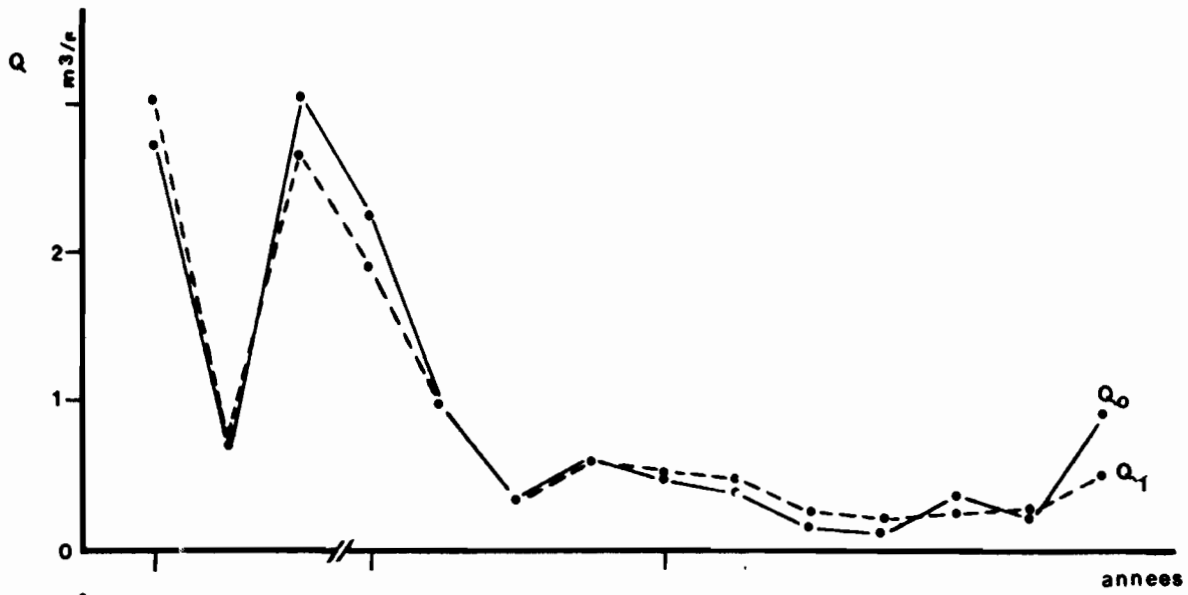
Tableau 3.13 - Tiangol-Dianguina A Saré Sara: débits moyens mensuels en m<sup>3</sup>/s.

Ann. HYDR.		M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1967/1968	0,19	0,41	0,92	4,96	11,17	9,86	2,19	1,15	0,93	0,74	0,48	0,28	2,723
1968/1969	0,17	0,28	0,98	0,84	1,67	2,54	0,44	0,33	0,29	0,23	0,15	0,10	0,668
1969/1970	0,09	0,12	1,36	3,59	21,98	5,22	1,69	0,89	0,59	0,45	0,32	0,21	3,035
1970/1971	0,17	0,672	1,48	4,94	4,54	1,39	0,421	0,296	0,221	0,150	0,103	0,058	1,20
1971/1972	0,043	0,272	3,41	4,37	5,45	2,24	0,572	0,387	0,303	0,172	0,094	0,054	1,45
1972/1973	0,057	0,101	0,779	1,170	2,03	0,961	0,293	0,164	0,093	0,053	0,022	0,013	0,497
1973/1974	0,022	0,188	1,50	3,29	3,81	1,32	0,346	0,198	0,118	0,072	0,037	0,023	0,910
1974/1975	0,023	0,121	1,62	0,695	3,76	6,627	0,36	0,18	0,18	0,13	0,05	0,009	0,646
1975/1976	0,04	0,003	1,25	1,45	12,7	3,71	0,785	0,509	0,355	0,218	0,101	0,048	1,75
1976/1977	0,04	0,15	1,17	2,56	3,22	2,19	0,92	0,37	0,30	0,16	0,08	0,05	0,937
1977/1978	0,025	0,080	0,79	0,41	1,61	0,74	0,22	0,11	0,06	0,022	0,010	0,002	0,340
1978/1979	0	0,121	0,661	3,07	6,65	2,73	0,698	0,47	0,287	0,135	0,047	0,016	1,24
1979/1980	0,051	0,183	0,971	1,24	0,782	0,339	0,183	0,149	0,047	0,047	0,003	0	0,495
1980/1981	0	0,059	1,12	1,64	2,64	0,390	0,176	0,108	0,072	0,043	0,009	0	0,474
1981/1982	0	0,031	0,403	1,69	0,840	0,389	0,103	0,035	0,016	0,004	0	0	0,390
1982/1983	0	0,155	0,178	0,477	0,551	0,256	0,039	0,018	0,009	0,003	0	0	0,140
1983/1984	0	0	0,383	0,259	0,490	0,169	0	0	0	0	0	0	0,108
1984/1985	0	0	0	0,268	2,93	1,171	0,040	0	0	0	0	0	0,367
1985/1986	0	0,022	0,033	0,637	1,67	1,91	0,117	0,066	0,018	0	0	0	0,230
1986/1987	0	0	0,106	1,47	5,75	3,24	0,199	0,159	0,087	0,005	0	0	0,918
Moyenne	0,044	0,148	0,941	1,95	4,74	2,00	0,497	0,281	0,204	0,132	0,075	0,043	0,926

\*: Période 1970-1971 à 1974-1975 reconstituée.



FIG 3.9 SARE SARE: COMPARAISON MODULES OBSERVES - MODULES CALCULES



### 3.3.1.2. Station de Madina Omar

Nous avons procédé de la même manière que précédemment en corrélant les débits moyens mensuels puis annuels de cette station avec ceux de Kolda. Dans le tableau 3.14 sont présentées les équations de régression et les coefficients de corrélation.

Tabl.3.14 : Corrélation Madina Omar-Kolda(station explicative)

Mois	n	Equation de régression	r
Mai	12	$Y = 0.016 Q_K + 0$	0.963
Juin	12	$Y = 0.109 Q_K - 0.003$	0.950
Juillet	14	$Y = 0.218 Q_K + 0.1$	0.987
Août	14	$Y = 0.126 Q_K + 0.212$	0.943
Septembre	15	$Y = 0.156 Q_K + 0.253$	0.982
Octobre	16	$Y = 0.095 Q_K + 0.162$	0.976
Novembre	16	$Y = 0.084 Q_K + 0.019$	0.984
Décembre	16	$Y = 0.026 Q_K + 0.001$	0.952
Janvier	16	$Y = 0.108 Q_K - 0.006$	0.954
Février	16	$Y = 0.103 Q_K - 0.009$	0.965
Mars	15	$Y = 0.077 Q_K - 0.005$	0.954
Avril	15	$Y = 0.041 Q_K - 0.002$	0.892
Année Q annuel	15	$Y = 0.082 Q_K + 0.105$	0.970

Tableau 3.15 - Khorine à Madina Omar: débits moyens mensuels en m<sup>3</sup>/s.

1966/1967	M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Module
1967/1968	0	0,078	0,328	1,192	3,616	3,216	0,936	0,457	0,344	0,272	0,143	0,049	0,886
1968/1969	0,010	0,001	0,150	0,440	1,255	1,388	0,158	0,095	0,074	0,043	0,012	0	0,306
1969/1970	0	0,001	0,640	1,382	3,500	1,494	0,385	0,173	0,127	0,071	0,027	0,005	0,650
1970/1971	0,002	0,133	0,754	1,94	1,83	0,481	0,142	0,090	0,066	0,039	0,022	0,005	0,459
1971/1972	0,001	0,049	1,60	1,72	2,19	0,752	0,200	0,123	0,094	0,047	0,020	0,005	0,567
1972/1973	0,002	0,014	0,311	0,722	0,846	0,344	0,094	0,042	0,022	0,007	0,001	0	0,200
1973/1974	0	0,032	0,763	1,32	1,54	0,458	0,114	0,055	0,031	0,014	0,005	0	0,361
1974/1975	0	0	0,35	0,62	1,06	0,19	0,05	0,02	0,006	0,0003	0	0	0,160
1975/1976	0	0	0,429	0,729	6,06	1,33	0,265	0,185	0,136	0,052	0,014	0,002	0,762
1976/1977	0	0,15	0,17	0,95	1,43	0,88	0,29	0,14	0,11	0,043	0,021	0,006	0,350
1977/1978	0	0,01	0,456	0,148	0,754	0,322	0,089	0,023	0,010	0,007	0	0	0,151
1978/1979	0	0,055	0,164	1,02	1,29	0,608	0,163	0,098	0,052	0,029	0	0	0,292
1979/1980	0	0	0,272	0,998	0,592	0,240	0,089	0,037	0,027	0,020	0	0	0,191
1980/1981	0	0	0,899	0,953	1,47	0,132	0,048	0,032	0,024	0,003	0	0	0,280
1981/1982	0	0,001	0,18	0,940	0,334	0,194	0,065	0,028	0,013	0	0	0	0,148
1982/1983	0	0,053	0,351	0,466	0,172	0,191	0,035	0,001	0	0	0	0	0,106
1983/1984	0	0	0,361	0,091	0,461	0,235	0,036	0	0	0	0	0	0,090
1984/1985	0	0,001	0,164	0,144	0,720	0,245	0,004	0	0	0	0	0	0,107
1985/1986	0	0	0,070	0,556	1,268	0,124	0	0	0	0	0	0	0,168
1986/1987	0	0	0,115	0,457	0,753	0,593	0,079	0,021	0,002	0	0	0	0,168
Moyenne	0,001	0,029	0,426	0,840	1,56	0,671	0,164	0,073	0,053	0,032	0,013	0,004	0,320

\* Période 1970-1971 à 1973-1974: reconstituée.

L'écart entre les modules observés et reconstitués par régression mensuelle est de +0,9 %, alors qu'il est de -6,4 % par régression module à module.

Les lacunes de Madina Omar seront donc comblées par reconstitution des débits moyens mensuels (Tabl.3.15).

### 3.3.1.3. Station de Saré Koutayel

La corrélation mois par mois est très mauvaise. Par contre, à l'échelle annuelle, une relation étroite lie les deux stations. Pour neuf années communes, on obtient un coefficient de corrélation de 0,987. L'équation de régression s'écrit :

$$Q_{\text{Saré koutayel}} = 0,056 Q_{\text{Kolda}} + 0,001, \quad Q \text{ en m}^3/\text{s}$$

Par conséquent, à défaut de débits moyens mensuels, seul l'échantillon des modules annuels sera étendu sur 10 ans.

### 3.3.1.4. Station de Saré Keita

Seule, la corrélation entre modules a donné de bons résultats. La relation liant les deux stations s'écrit :

$$Q_{\text{Saré Keita}} = 0,177 Q_{\text{Kolda}} - 0,007, \quad Q \text{ en m}^3/\text{s}$$

Le coefficient de corrélation est de 0,985.

Seules les lacunes à l'échelle annuelle seront comblées.

### 3.3.1.5. Station de Madina Abdoul

Un essai de corrélation a été fait avec la station de Kolda; mais les coefficients de corrélation calculés étant très faibles, cette station a été corrélée avec Madina Omar située en aval sur le même affluent. Pour les mois de mai, juin, mars et avril, les relations trouvées sont très lâches ( $r < 0,5$ ). Par contre, pour la période allant de juillet à février, d'excellentes liaisons existent entre ces deux stations ( $r > 0,95$ ) (tabl.3.16). Mais étant donné que les contributions des mois de juillet à février représentent 99,3 % de l'écoulement annuel, une bonne reconstitution des débits de ces mois doit conduire à une estimation acceptable du module de Madina Abdoul.

Tabl.3.16: Corrélacion Madina Abdoul - Madina Omar(station explicative)

Mois	n	Equation de régression	r
Mai			
Juin			
Juillet	10	0.744 Q MO-0.046	.984
Août	10	0.454 Q MO + 0.031	0.95
Septembre	10	0.793 Q MO - 0.065	0.970
Octobre	10	0.664 Q MO - 0.034	0.975
Novembre	12	0.411 Q MO - 0.003	0.964
Décembre	10	0.893 Q MO - 0.007	0.978
Janvier	10	0.971 Q MO - 0.001	0.978
Février	6	0.743 Q MO + 0.005	0.951
Mars			
Avril			
Année	10	0.678 Q MO - 0.005	0.920

Tableau 3.17 - Khorine à Madina Abdoul: débits moyens mensuels en m<sup>3</sup>/s.

	M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Module
1967/1968			0,198	0,571	2,81	2,10	0,632	0,401	0,333	0,207			0,613
1968/1969			0,066	0,231	0,933	0,889	0,096	0,066	0,058	0,072	0,013	0,005	0,239
1969/1970	0,02	0,001	0,060	0,658	2,72	0,955	0,155	0,077	0,051	0,026	0,010	0,003	0,395
1970/1971	0,001		0,515	0,912	1,39	0,285	0,155	0,073	0,063	0,034			0,288
1971/1972			1,14	0,812	1,67	0,465	0,179	0,103	0,090	0,040			0,378
1972/1973			0,185	0,359	0,608	0,194	0,096	0,031	0,020	0,010			0,126
1973/1974			0,522	0,630	1,16	0,270	0,144	0,042	0,029	0,015			0,236
1974/1975			0,214	0,312	0,778	0,092	0,048	0,011	0,005	0,001			0,123
1975/1976			0,273	0,362	4,75	0,849	0,406	0,158	0,079	0,044			0,581
1976/1977			0,080	0,462	1,97	0,550	0,216	0,118	0,065	0,037			0,218
1977/1978	0	0	0,277	0,047	0,385	0,161	0,015	0,001	0	0	0	0	0,074
1978/1979	0	0,030	0,094	0,500	0,685	0,356	0,111	0,086	0,061	0,022	0	0	0,161
1979/1980	0	0	0,142	0,477	0,443	0,360	0,118	0,047	0,034	0,031	0,011	0	0,139
1980/1981	0	0	0,054	0,202	0,483	0,045	0,016	0,015	0,014	0,010	0	0	0,065
1981/1982	0	0	0,063	0,215	0,088	0,077	0,013	0,013	0,011	0	0	0	0,040
1982/1983	0	0	0,035	0,259	0,139	0,148	0,027	0,013	0,006	0	0	0	0,053
1983/1984	0	0	0,237	0,083	0,354	0,085	0	0	0	0	0	0	0,063
1984/1985	0	0,029	0,070	0,100	0,533	0,293	0,012	0	0	0	0	0	0,086
1985/1986	0	0	0,004	0,415	0,754	0,101	0,014	0	0	0	0	0	0,107
1986/1987	0	0	0,051	0,177	0,617	0,391	0,034	0,04	0,002	0	0	0	0,107
Moyenne			0,214	0,389	1,119	0,433	0,124	0,065	0,046	0,025			0,205

\* période 1970-1971 à 1976-1977:reconstituée.

Les modules ainsi reconstitués, comparés à ceux obtenus par corrélations entre modules, présentent un écart moins important (6,6 %) par rapport aux modules observés comparativement à la seconde approche (23,2 %).

Dans le tableau 3.17 sont consignés les débits moyens mensuels reconstitués pour la période lacunaire.

### 3.3.1.6. Marigot de Baïla à Toukara

Cette station a été corrélée avec toutes les stations de la Casamance en amont de Kolda mais les liaisons trouvées sont très lâches ( $0.20 < r < 0.50$ ) tant à l'échelle annuelle que mensuelle. Une extension des modules de Toukara a été recherchée par corrélation hydropluviométrique.

L'homogénéisation des débits moyens mensuels et annuels des stations de la Casamance aurait pu être tentée par corrélation avec les stations des fleuves voisins (, Gambie, Sénégal et Falémé). Cependant dans le cas de la Gambie, la période d'observation sur la Casamance étant plus longue, une telle analyse corrélatrice n'aurait qu'une valeur indicative même si les données de la Gambie à Gouloumbou et Kédougou ont été reconstituées jusqu'en 1953 d'une manière rigoureuse (DACOSTA H., 1985).

EN revanche, pour le Fleuve Sénégal, si le début des observations est antérieur à celui de la Casamance, (Bakel, 1903 ; Kidira, Goubassy sur la Falémé, 1953) le rapport des superficies drainées entre Bakel, Kidira, Goubassy et Kolda est très élevé (il est respectivement de 63 ; 8 ; 4,6) pour qu'une éventuelle extension des débits de la Casamance soit, à l'aide des stations du Fleuve Sénégal, fiable.

## 3.4. Corrélations hydropluviométriques

Cette analyse corrélatrice porte uniquement sur le couple pluie annuelle moyenne sur le bassin - module annuel (préalablement converti en lame d'eau écoulée) sur lequel une corrélation linéaire a été recherchée. Bien que la distribution des modules puisse s'écarter de la distribution normale, et avoir une forme parabolique, ROCHE M. (1963) note que "dans la plupart des climats tropicaux, on n'a guère à s'en préoccuper car, en admettant que la régression ne soit pas tout à fait linéaire, on se trouve en général assez haut sur la branche de parabole pour que l'assimilation soit satisfaisante".

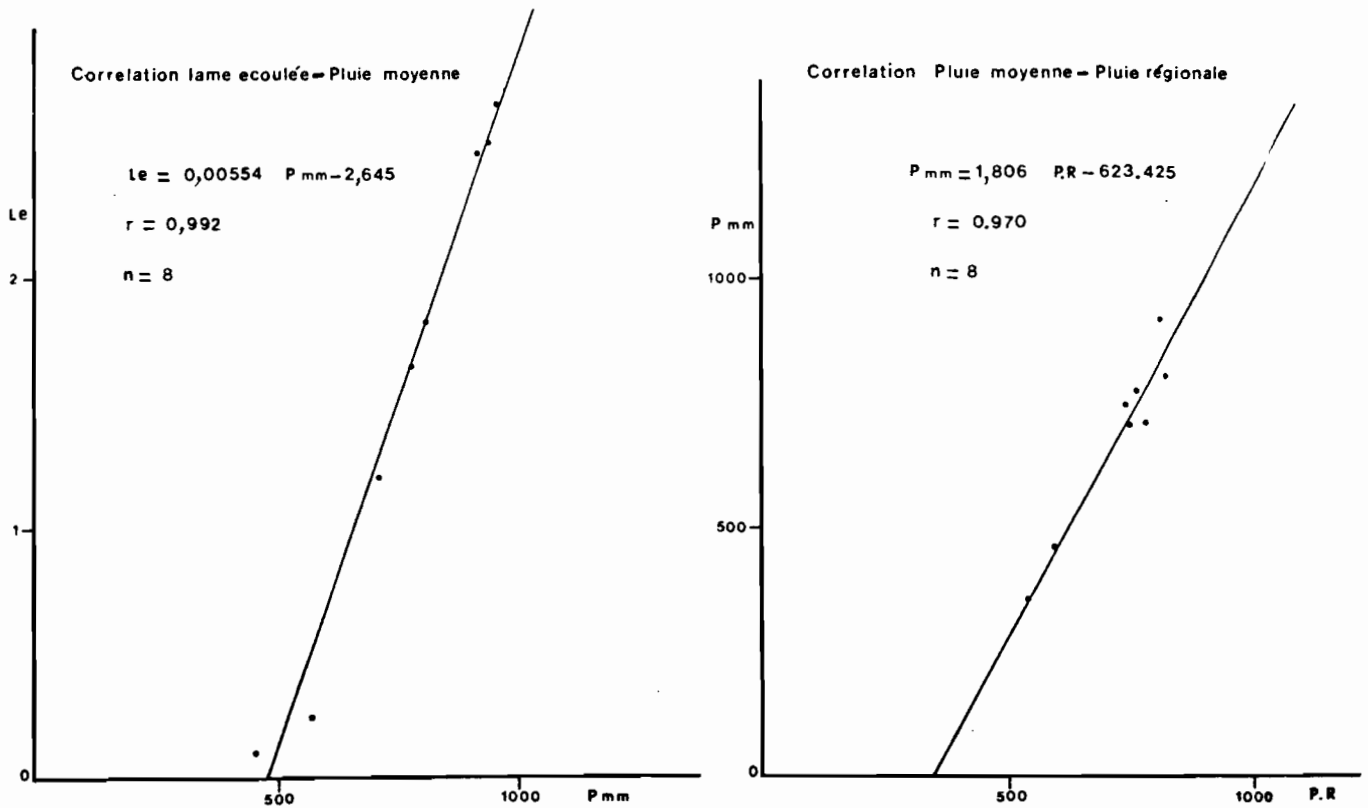
La démarche suivie est très simple :

- Corrélation lame d'eau écoulée - pluie annuelle moyenne correspondante calculée suivant la méthode de Thiessen (ROCHE M, 1963; REMENIERAS G, 1986).

- Corrélation pluie annuelle moyenne - vecteur régional dont la formulation indique une prise en compte de l'ensemble des postes pluviométriques de la région. L'existence d'une liaison étroite entre la pluie annuelle moyenne et le Vecteur régional (que nous appellerons désormais "pluie régionale" (P.R.), obtenue en multipliant les indices annuels du vecteur par 1000) permettrait de générer une chronique de pluies annuelles moyennes qui permettrait à son tour d'étendre la chronique des lames d'eau écoulées.

L'application de cette approche à la station de Toukara sur le Baïla indique une très bonne liaison linéaire entre la lame écoulée (Le, mm) et la pluie moyenne (Pmm) avec un coefficient de corrélation, r, égale à 0,992 d'une part et entre la pluie moyenne et la "Pluie régionale" (r = 0,970) d'autre part (Fig.3.10).

FIG 3.10 MARIGOT DE BAÏLA A TOUKARA



La linéarité de la relation Le - Pmm étant établie, le calcul du gain (ROCHE M., (1963), DUBREUIL P. (1974) permet l'extension de la série des lames d'eau écoulées et partant celle des modules annuels de Toukara à 52 ans. Nous indiquons ci-dessous les équations de régression liant les lames écoulées et la pluie annuelle moyenne ; cette dernière avec la "pluie régionale".

$$Le(mm) = 0,00554 Pmm - 2,645 \quad r = 0,992$$

$$Pmm = 1,806 'P.R.' - 623,425 \quad r = 0,970$$

Gain = 47 ans.

Cette démarche a été appliquée à la station de Kolda et à celles contrôlant ses principaux affluents (Saré Koutayel ; Saré Sara, Madina Omar).

Les relations établies entre les paramètres considérés sont toutes linéaires et les coefficients de corrélation calculés témoignent d'une liaison fonctionnelle entre ces paramètres.

- Kolda (Fig.3.11) :

$$Le(mm) = 0,090 Pmm - 58,597 \quad r = 0,966$$

$$. P(\text{mm}) = 1,029 \text{ "P.R."} + 41,727 \quad r = 0,970$$

Gain = 32 ans

- Saré Sara (Fig.3.12) :

$$. Le(\text{mm}) = 0,096 P_{\text{mm}} - 52,985 \quad r = 0,945$$

$$. P(\text{mm}) = 1,023 \text{ "P.R."} + 84,720 \quad r = 0,961$$

Gain = 31 ans

- Madina Omar (fig. 3.13) :

$$. Le(\text{mm}) = 0,106 P_{\text{mm}} - 64,303 \quad r = 0,940$$

$$. P(\text{mm}) = 1,114 \text{ "P.R."} + 11,623 \quad r = 0,969$$

Gain = 30 ans

- Saré Koutayel (Fig.3.14):

$$. Le(\text{mm}) = 0,023 P_{\text{mm}} - 15,562 \quad r = 0,966$$

$$. P(\text{mm}) = 0,953 \text{ "P.R."} + 65,994 \quad r = 0,955$$

Gain = 32 ans

On obtient ainsi pour Kolda une série étendue de 52 modules annuels; 51 modules à Saré Sara ; 50 modules à Madina Omar et 40 modules à Saré Koutayel. Nous avons uniformisé la longueur des séries à 52 ans soit de l'année hydrologique 1935/1936 à 1986/1987. Le tableau 3.18 renferme les modules annuels calculés et observés durant cette période. Nous reviendrons sur l'interprétation des relations Le-P dans l'étude du bilan hydrologique des différents sous bassins.

FIG 3.11 CASAMANCE A KOLDA

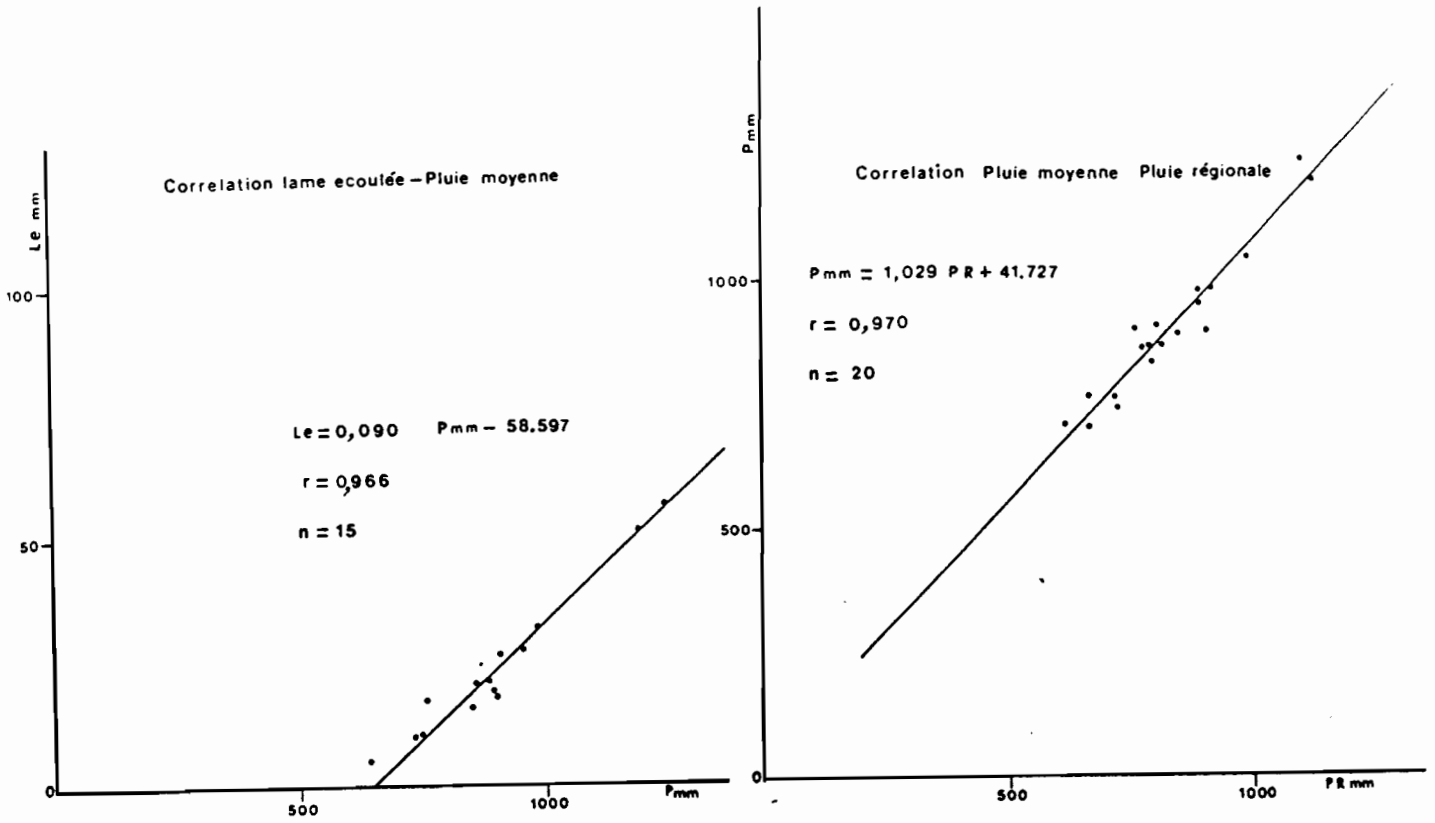


FIG 3.12 TIANGOL DIANGUINA A SARE SARA

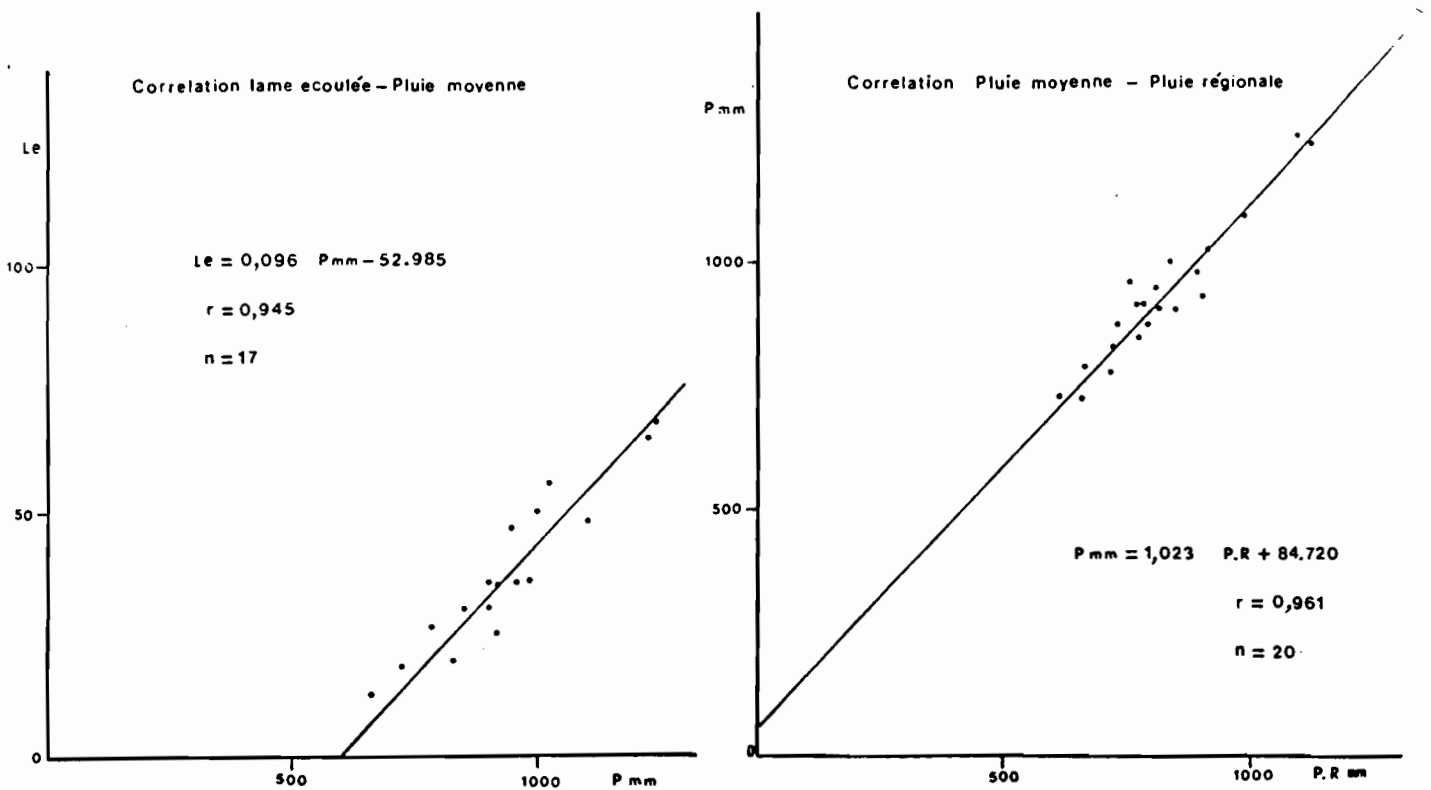




Figure 3.13 - KHORINE A MADINA OMAR

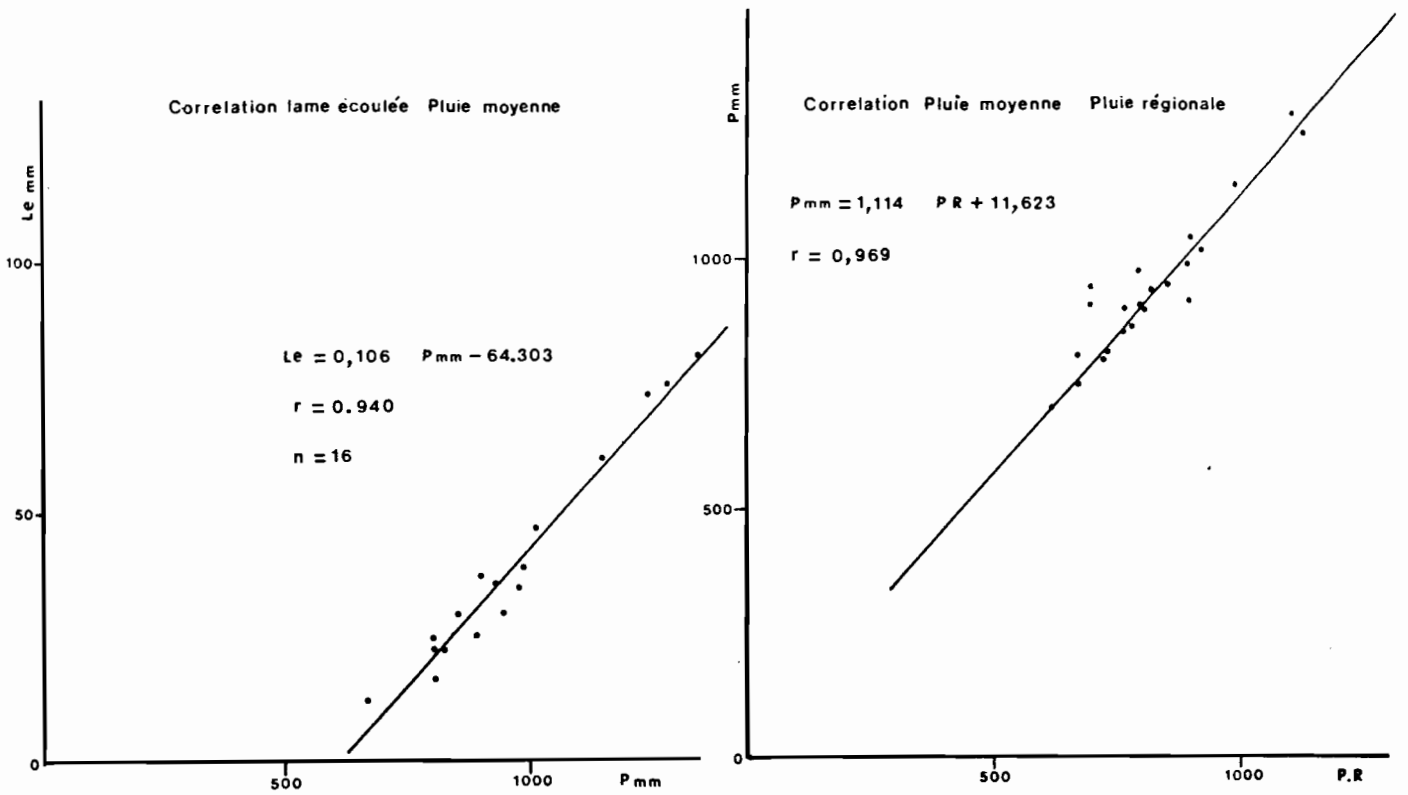


Figure 3.14 - MARIGOT DE SARE KOUTAYEL A SARE KOUTAYEL

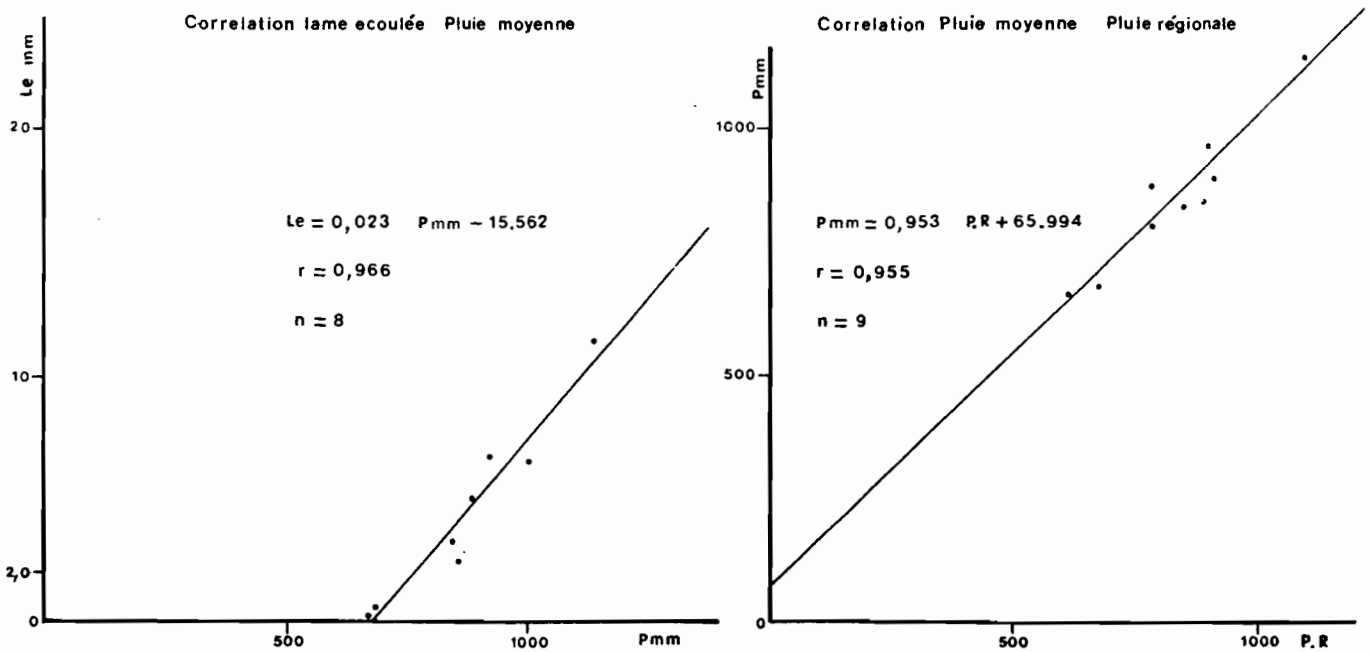


Tableau 3.18 - Débits moyens annuels (m<sup>3</sup>/s) aux principales stations de la Casamance

Année	Kolda	Saré Sara	Madina O.	Saré K.	Toukara
1935/1936	6,70	2,01	1,03	0,271	0,063
1936/1937	7,15	1,08	0,506	0,109	0,072
1937/1938	3,18	1,84	0,933	0,241	0,035
1938/1939	6,40	1,17	0,556	0,125	0,061
1939/1940	3,56	1,32	0,640	0,150	0,041
1940/1941	4,19	1,35	0,654	.154	0,038
1941/1942	0,761	0,516	0,184	.009	0,009
1942/1943	4,29	1,78	0,898	.230	0,045
1943/1944	6,15	1,45	0,569	.128	0,057
1944/1945	3,35	1,25	0,599	.138	0,021
1945/1946	3,89	1,92	.980	.255	0,038
1946/1947	6,75	1,34	.648	.153	0,042
1947/1948	4,25	1,83	0,927	.239	0,044
1948/1949	6,36	1,263	0,603	.1395	0,075
1949/1950	3,92	1,89	0,964	.249	0,036
1950/1951	6,63	2,11	1,08	.288	0,062
1951/1952	6,90	1,98	1,02	.266	0,054
1952/1953	7,02	1,66	0,832	.209	0,053
1953/1954	5,64	1,86	0,947	.243	0,047
1954/1955	6,51	1,94	0,992	.259	0,063
1955/1956	6,85	1,52	0,754	.186	0,061
1956/1957	5,06	1,52	0,754	1,86	0,067
1957/1958	6,80	1,93	0,983	0,256	0,048
1958/1959	8,90	2,42	1,26	.342	0,093
1959/1960	3,56	1,17	0,556	0,125	0,028
1960/1961	3,29	1,11	0,519	0,113	0,031
1961/1962	5,70	1,67	.839	.212	0,046
1962/1963	4,65	1,43	0,701	.169	0,041
1963/1964	3,98	1,27	0,613	.142	0,034
1964/1965	4,13	1,31	.631	.148	0,032
1965/1966	5,85	1,71	.860	.219	0,060
1966/1967	4,43	1,41	0,649	.159	0,048
1967/1968	<u>8,81</u>	<u>2,72</u>	<u>0,886</u>	<u>0,217</u>	0,068
1968/1969	<u>1,95</u>	<u>0,668</u>	<u>0,306</u>	<u>0,036</u>	0,001
1969/1970	<u>7,07</u>	<u>3,03</u>	<u>0,650</u>	<u>0,434</u>	0,048
1970/1971	<u>2,98</u>	1,20	0,459	0,073	0,027
1971/1972	<u>3,64</u>	1,45	0,567	0,122	0,015
1972/1973	<u>1,07</u>	0,497	0,200	.039	0
1973/1974	<u>2,09</u>	0,910	0,361	.053	0,020
1974/1975	<u>2,30</u>	<u>0,646</u>	<u>0,160</u>	0,140	0,026
1975/1976	<u>4,89</u>	<u>1,75</u>	<u>0,762</u>	0,234	0,047
1976/1977	<u>2,38</u>	<u>0,937</u>	<u>0,350</u>	0,067	0,037
1977/1978	<u>0,520</u>	<u>0,340</u>	<u>0,151</u>	0,013	0
1978/1979	<u>1,24</u>	<u>1,24</u>	<u>.292</u>	0,156	0,043
1979/1980	<u>1,02</u>	<u>0,495</u>	<u>.191</u>	0,069	<u>0,008</u>
1980/1981	<u>1,15</u>	<u>0,474</u>	<u>.280</u>	0,011	<u>0,001</u>
1981/1982	<u>1,03</u>	<u>0,390</u>	<u>.148</u>	0,050	<u>0,019</u>
1982/1983	<u>0,321</u>	<u>.140</u>	<u>.106</u>	0,028	<u>0,028</u>
1983/1984	<u>.220</u>	<u>.108</u>	<u>.090</u>	0,004	<u>0,002</u>
1984/1985	<u>0,401</u>	<u>.367</u>	<u>.107</u>	0,077	<u>0,017</u>
1985/1986	<u>0,382</u>	<u>0,230</u>	<u>.168</u>	0,065	<u>0,026</u>
1986/1987	<u>0,832</u>	<u>0,918</u>	<u>.168</u>	0,131	<u>0,026</u>
Moyenne	4,07	1,318	0,598	0,156	0,039
Ecart-Type	2,45	0,655	0,315	0,093	0,022
C.V.	0,60	0,50	0,53	0,60	0,552

8.81 : Valeurs observées

## **CHAPITRE II**

# **ETUDE DES MODULES ANNUELS ET LEUR VARIABILITE INTERANNUELLE**

L'homogénéisation des modules annuels des principales stations contrôlant la Casamance et ses principaux affluents en amont de Kolda et la station de Toukara sur le marigot de Baïla en Basse Casamance, nous a permis de disposer d'un échantillon de 52 modules. C'est sur la base de cet échantillon que nous analyserons les modules de la Casamance à Kolda, du Tiangol Dianguina à Saré Sara, de la Khorine à Madina Omar, du Niampampo à Saré Koutayel et du Baïla à Toukara.

Mais afin de mieux préciser l'évolution temporelle des modules et l'hydraulicité des différents affluents, en terme de récurrence, nous entamerons l'étude des modules par leur analyse statistique et la prédétermination des modules médians et décennaux sec et humide avant d'aborder la variation saisonnière et journalière des débits.

## **1 - Analyse statistique des modules.**

### **1.1. Etude fréquentielle des modules.**

L'étude de la distribution statistique des modules a été faite en comparant l'ajustement de différentes lois aux échantillons observés (1967/1968 - 1986/1987) et étendus sur 52 ans :

- Loi de Gauss ou loi normale,
- Loi de Galton ou gausso-logarithmique
- Loi de Gumbel
- Loi de Pearson III et V ou Gamma incomplète
- Loi de Goodrich ou exponentielle généralisée
- Loi de Frechet
- Loi WRC-USA ou Log-Gamma de première espèce
- Loi de Fuites
- et Loi de Polya.

Toutes ces lois ont été programmées et rassemblées dans le logiciel DIXLOIS mis au point par le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM. Le calcul des paramètres de chaque loi se fait donc automatiquement après la saisie des données. Les ajustements résultants sont couplés à deux tests d'adéquation (déjà évoqués dans l'étude des précipitations annuelles) permettant de choisir la loi la mieux appropriée à l'échantillon tant pour les valeurs extrêmes que pour les valeurs intermédiaires. Il s'agit des :

- test de Brunet- moret (1977)
- test du  $\text{Khi}^2$

La meilleure loi est celle ayant la plus faible valeur du test de Brunet- moret et la plus forte fréquence ou dépassement. Quant au test du

$\chi^2$ , l'adéquation de la loi est d'autant meilleure que la valeur du  $\chi^2$  tend vers 0, en restant inférieure à la valeur critique du seuil de probabilité choisie.

La prise en compte de ces tests et la comparaison des ajustements, après report graphique des distributions expérimentales des échantillons et des différentes courbes en diagramme gaussien-arithmétique, nous a amené à retenir la loi de Goodrich qui est une distribution exponentielle généralisée.

$$F1(n) = e^{-A(x - \alpha) \frac{1}{n}}$$

La démarche à suivre pour estimer les paramètres de la loi et le calcul d'un débit de fréquence donnée est identique à celle exposée dans l'annexe 2.2. Les différents paramètres de la distribution de Goodrich déterminés en calcul automatique sont indiqués dans le tableau 3.19 pour les cinq stations retenues. La figure 3.15 présente la distribution statistique des échantillons de Kolda, Saré Sara et Madina Omar.

Tableau 3.19 - Paramètres de la loi de GOODRICH ajustée aux modules des 5 stations de la Casamance et de ses affluents.

Paramètres de la loi de GOODRICH	KOLDA		SARE SARA		MADINA OMAR		S.KOUTAYEL	TOUKARA
	20 ans	52 ans	20 ans	52 ans	20 ans	52 ans	52 ans	52 ans
Paramètre d'échelle	1.873	5.335	0.825	1.790	0.235	0.786	0.198	0.064
Paramètre de position	0.209	-0.683	0.101	-0.273	0.084	-0.098	-0.020	-0.018
Paramètre de forme	1.186	0.481	1.0	0.375	1.004	0.411	-0.507	0.341
Moyenne	2.257	<u>4.045</u>	0.926	<u>1.318</u>	0.320	<u>0.599</u>	<u>0.156</u>	<u>0.039</u>
Médiane	1.421	3.792	0.673	1.287	0.247	0.578	0.145	0.038
Mode	0.209	3.208	0.101	1.227	0.084	0.534	0.119	0.037
Variance	5.960	5.706	0.681	0.413	0.056	0.093	0.009	0.004
Coefficient de variation	1.082	<u>0.590</u>	0.891	<u>0.488</u>	0.739	<u>0.510</u>	<u>0.595</u>	<u>0.546</u>
Coefficient d'assymétrie	2.593	0.581	2,0	0.289	2.011	0.390	0.648	0.191
Coefficient d'aplatissement	10.642	0.156	6.0	-0.203	6.072	-0.111	0.278	-0.262

Si l'extension des chroniques de débits de Kolda, Saré Sara et Madina Omar a permis d'améliorer sensiblement la connaissance des modules moyens, il est intéressant de noter l'évolution des coefficients de variation (Cv), d'assymétrie et d'aplatissement des chroniques de 20 ans et 52 ans des trois stations.

**\* Echantillon de 20 ans :**

- forte dispersion des observations autour de leur valeur centrale. A Kolda, le Cv est supérieur à 1 ce qui signifie que l'écart-type de l'échantillon est supérieur à sa moyenne. A Madina Omar et Saré Sara, le Cv est supérieur à 0,74.

- forte dissymétrie positive de la distribution ( $1 > 2$ )

- fort aplatissement des distribution ( $2 \geq 6$ ).

Rappelons que dans le cas d'une distribution normale, les coefficients de dissymétrie et d'aplatissement sont nuls.

**\* Echantillon de 52 ans**

- L'extension des échantillons a donné plus d'homogénéité à ces derniers d'où la diminution du coefficient de variation dont la valeur maximale, pour les cinq stations, est inférieure à 0,60. Les échantillons présentent une légère dissymétrie et un aplatissement moins accentués.

Le tableau 3.20 présente les valeurs des modules correspondant à diverses périodes de retour en années sèches et humides. Pour les stations de Kolda, Madina Omar et Saré Sara, nous avons indiqué les modules fréquentiels calculés à partir de la série des vingt années mais en arrêtant l'estimation à la fréquence 0,020 c'est-à-dire à une période de retour 1 fois tous les 50 ans (DUBREUIL P. 1974).

**1.2. Interprétation des résultats de l'étude de prédétermination des modules**

L'étude statistique des modules de la Casamance et ses affluents montre que la loi exponentielle de Goodrich est celle qui s'ajuste le mieux aux distributions expérimentales des modules, avec une dissymétrie plus forte à Kolda et Saré Koutayel.

Le tableau 3.21 regroupe les principaux résultats de la prédétermination des modules : moyens, médians, et décennaux sec et humide pour les stations retenues.

Si on considère la Casamance en amont de Kolda, on constate l'augmentation des modules bruts en allant vers l'aval. Le module moyen in

Tableau 3.20 -: Modules fréquentiels aux principales stations de la Casamance et ses affluents.

Période de retour (ans)	ANNEES SECHES						MEDIANE	ANNEES HUMIDES						K <sub>3</sub>	R	
	STATION	100	50	25	20	10	5	2	5	10	20	25	50			100
KOLDA	20 ans		0,227	0,241	0,264	0,338	0,525	1,421	3,50	5,25	7,09	7,70	9,65		15,5	40,0
	52 ans	0,100	.133	0,452	0,595	1,12	1,91	3,79	6,03	7,29	8,37	8,69	9,61	10,5	6,5	40,4
SARE-SARA	20 ans		0,18	0,129	0,143	0,188	0,285	0,673	1,43	2,00	2,57	2,75	3,33		10,6	28,0
	52 ans	0,046	0,141	.266	0,314	0,496	0,747	1,29	1,87	2,17	2,43	2,95	3,71	3,90	4,4	28,0
MADINA-OUMAR	20 ans		0,089	0,092	0,096	0,109	0,137	0,247	0,463	0,627	0,791	0,844	1,01		5,7	9,8
	52 ans	0,021	0,060	0,113	0,134	0,214	0,326	0,578	0,858	1,01	1,34	1,17	1,28	1,37	4,7	14,0
SARE-KOUTAYEL	52 ans	0	0,08	0,020	0,024	0,044	0,080	0,145	0,253	0,283	0,326	.339	0,376	0,410	6,4	10,8
TOUKARA	52 ans	0	0	0,003	0,005	0,011	0,020	0,038	0,057	0,066	0,074	0,077	0,083	0,089	6,0	-

		Q10 humide	Q0.90
K <sub>3</sub> :	Coefficient d'irrégularité de RODIER =	$\frac{\text{Q10 humide}}{\text{Q10 sec}}$	$= \frac{\text{Q0.90}}{\text{Q0.10}}$
		Q max. de la série	
R :	Coefficient d'immodération de de PARDE =	$\frac{\text{Q max. de la série}}{\text{Q min. de la série}}$	

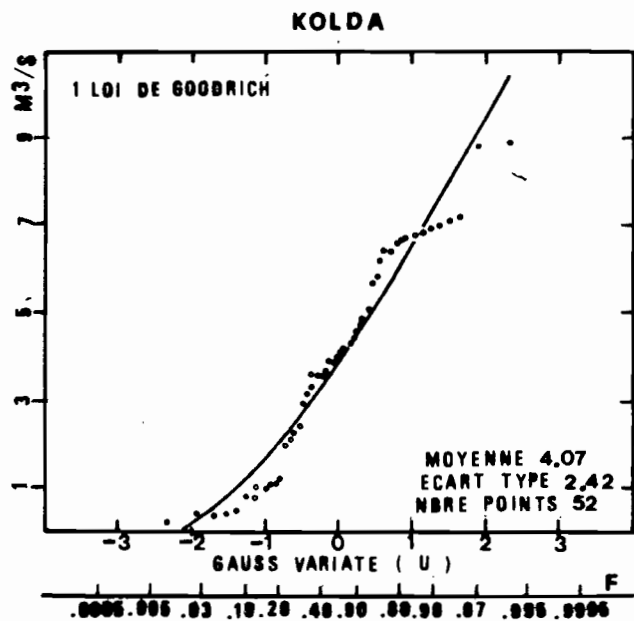
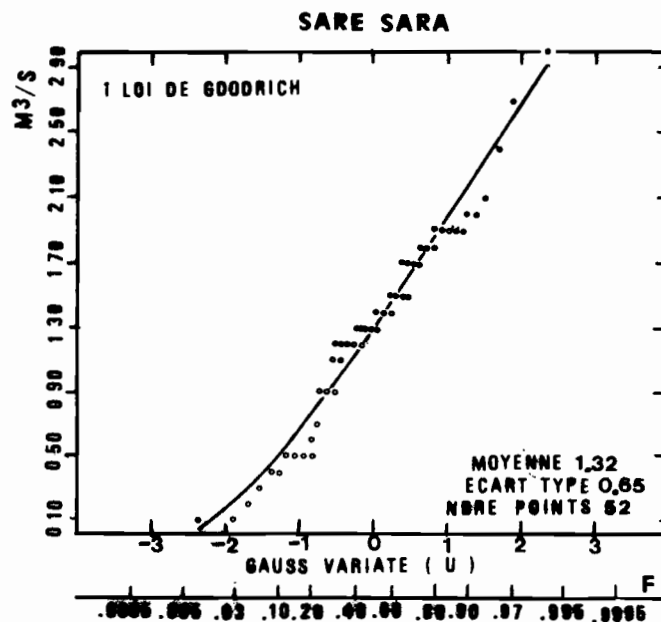
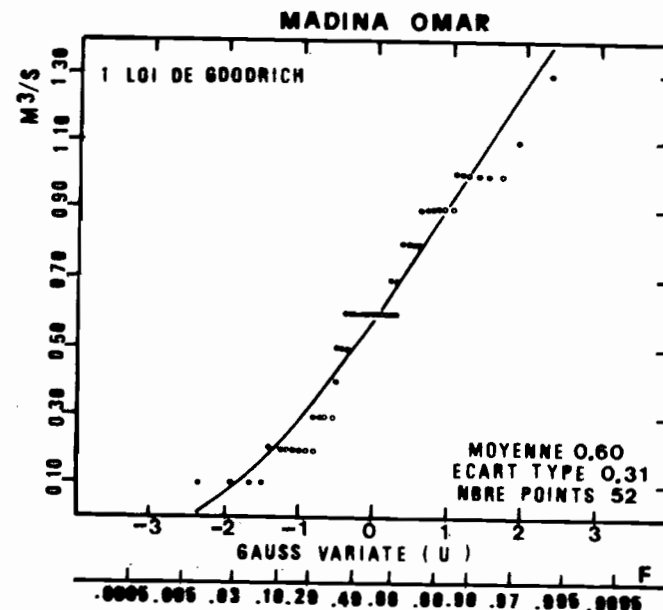


FIG 3.15

**DISTRIBUTION STATISTIQUE  
DES MODULES ANNUELS**





terannuel de Kolda représente respectivement 3 fois et 6,7 fois celui de Saré Sara et Madina Omar. Les deux affluents (Tiangol Dianguina et Khorine) contrôlés par ces deux stations apportent près de 50 % du débit enregistré à Kolda.

On notera la faiblesse des modules prédéterminés pour Saré Koutayel (640 km<sup>2</sup>) comparés à ceux de Madina Omar de superficie plus réduite (385 km<sup>2</sup>). Il en va de même des modules de Toukara (324 km<sup>2</sup>). Nous tenterons d'apporter des éléments d'explication de cette "anomalie" apparente.

Tableau 3.21 - Modules décennaux (sec et humide), médians et moyens aux principales stations

STATIONS	Module décennal sec		Module médian		Module moyen		Module décennal humide	
	M3/s	l/s.km <sup>2</sup>	M3/s	l/s.km <sup>2</sup>	M3/s	l/s.km <sup>2</sup>	M3/s	l/s.km <sup>2</sup>
KOLDA	1.12	0.303	3.79	3.79	1.02	4.04	7.29	1.97
SARE SARA	0.496	0.609	1.29	1.58	1.32	1.62	2.17	2.66
MADINA OMAR	0.214	0.556	0.578	1.50	0.599	1.56	1.01	2.62
SARE KOUTAYEL	0.044	0.069	0.145	0.227	0.156	0.244	0.283	0.442
TOUKARA (Marigot de Baïla)	0.011	0.034	0.038	0.117	0.039	0.120	0.066	0.204

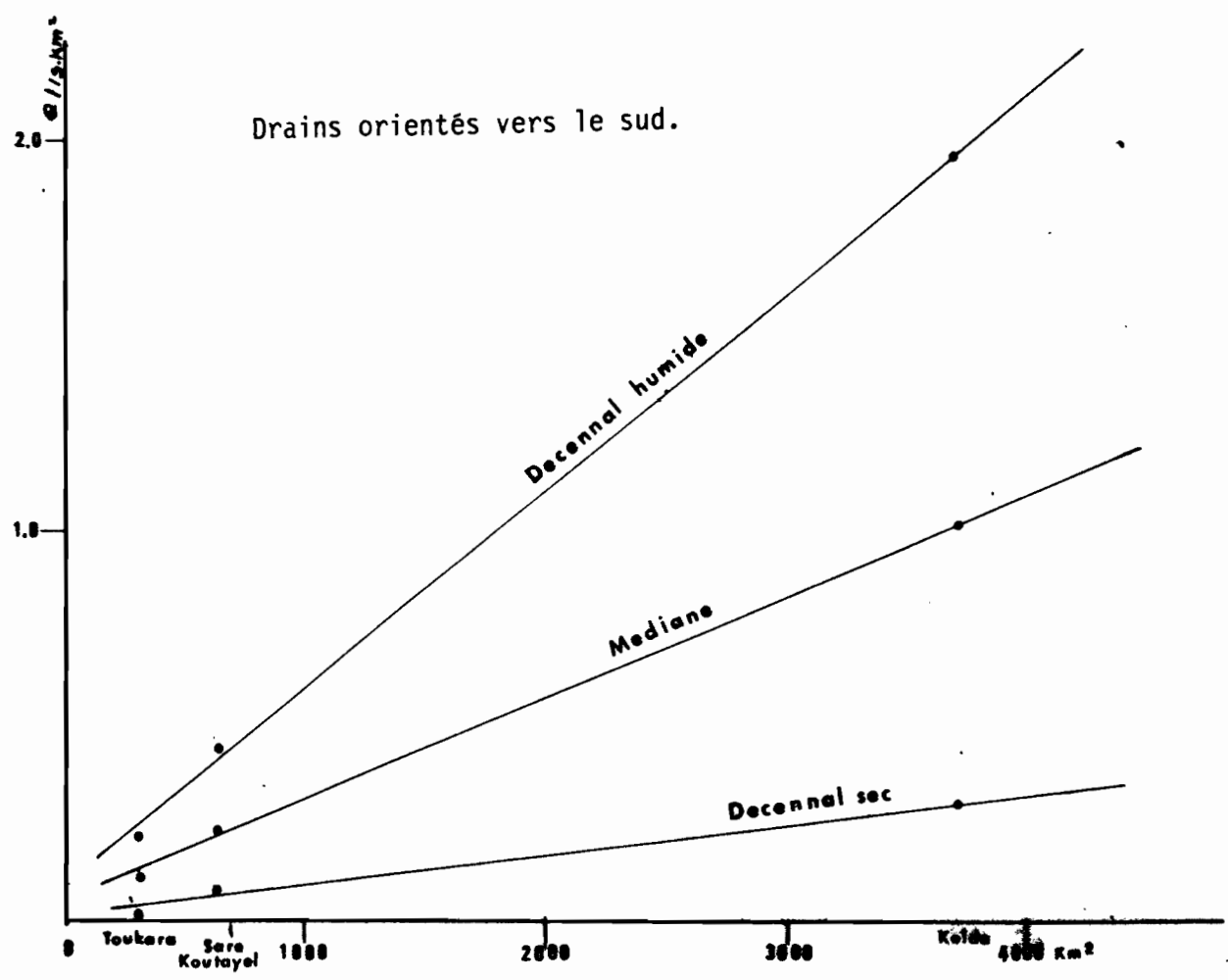
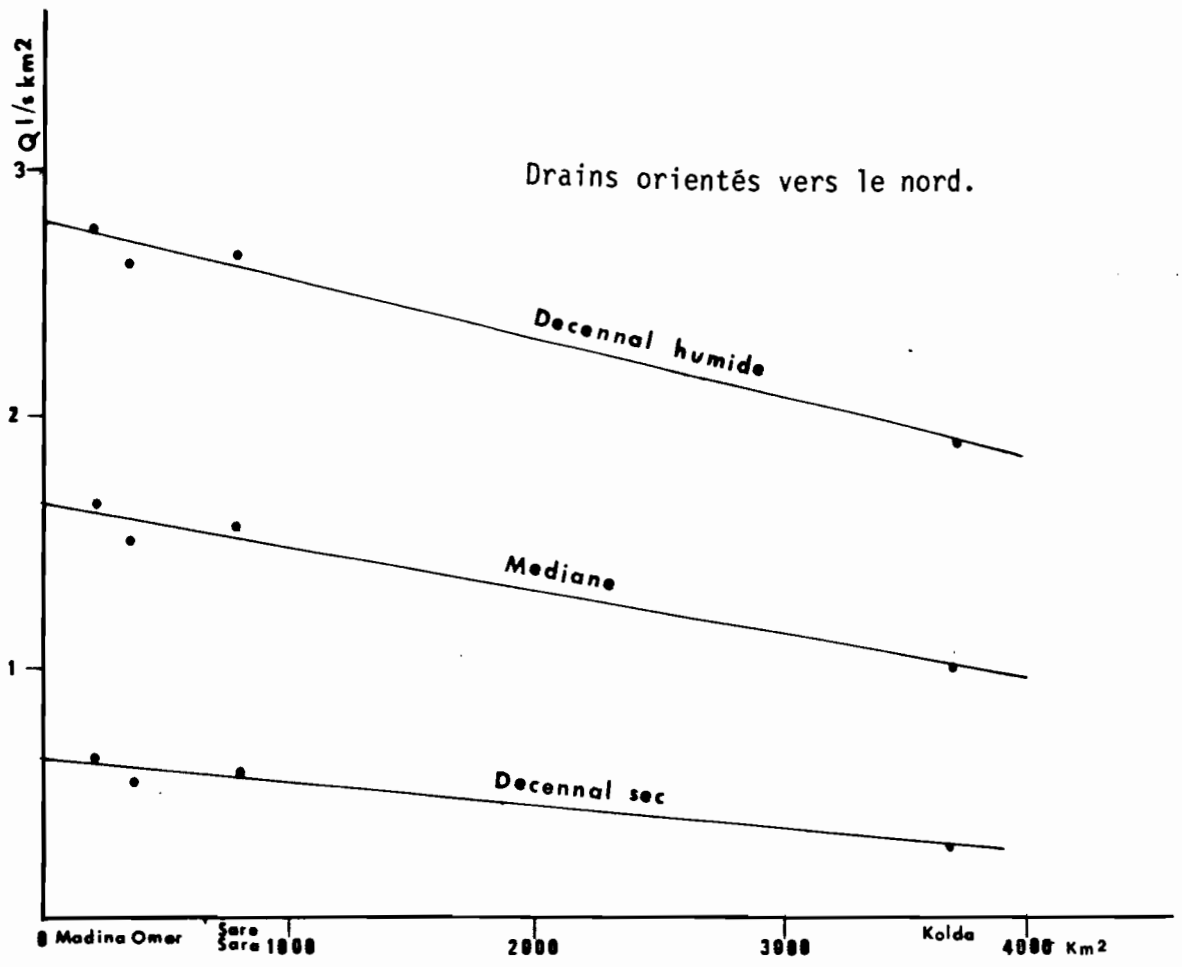
En plus, des débits bruts, les modules spécifiques ont été calculés et consignés dans le tableau 3.21. Contrairement aux débits bruts, ces derniers diminuent d'amont en aval. On note l'importance des débits spécifiques des affluents de rive gauche coulant vers le nord (stations Saré Sara et Madina Omar) par rapport à ceux des affluents de rive droite (Saré Koutayel). En effet, pour une superficie totale de 1200 km<sup>2</sup>, soit le 1/3 du bassin contrôlé par Kolda, les apports des affluents de rive gauche représentent la moitié du module moyen interannuel de Kolda.

Une relation graphique débits spécifiques-superficies des bassins versants a été recherchée. Il est apparu deux organisations distinctes se traduisant par des relations linéaires :

- les débits spécifiques-superficies des bassins versants à drains orientés vers nord (fig.3.16a)
- les débits spécifiques-surfaces des bassins versants à drains orientés vers le sud - (fig.3.16b).

Même si ces relations semblent confirmer l'hypothèse de BRUNET-MORET (1970) sur l'inexistence possible d'une relation unique liant les débits spécifiques aux superficies des bassins versants, ces relations sont à

RELATION DES DEBITS SPECIFIQUES ( L/S KM2) SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT



considérer avec la plus grande réserve, compte tenu de la faiblesse de l'échantillon de bassins versants disponibles.

## **2 - L'écoulement annuel et sa variabilité.**

L'utilisation courante du débit moyen pour exprimer la quantité moyenne d'eau écoulee par un cours d'eau pendant une période donnée, cache souvent la variabilité temporelle de l'écoulement par suite du caractère aléatoire des variables d'entrée (précipitations). La connaissance de l'étendue de ces variations s'avère donc importante, pour mettre en oeuvre de façon économique et sûr, des projets d'aménagements des eaux. Car autant le débit moyen interannuel permet d'évaluer la ressource potentielle, autant la connaissance des variations interannuelles et saisonnières permet d'estimer les défaillances qui peuvent survenir dans les conditions naturelles et d'évaluer les volumes de réserves nécessaires pour les réduire.

Sur la Casamance, cette variation temporelle de l'écoulement annuel sera analysée sur la base de deux séries : la chronique observée de 20 ans et la série étendue sur 52 ans des stations de Kolda, Saré Sara, Madina Omar, Saré Koutayel et Toukara sur le Baïla.

L'existence de stations contrôlant les principaux affluents de la Casamance en amont de Kolda permettra d'analyser les caractéristiques des différents sous-bassins (morphométrie, orientation des drains...)

L'analyse statistique des modules étant déjà réalisée, il sera possible de situer en termes de récurrences certaines années particulières (forte ou faible hydraulité).

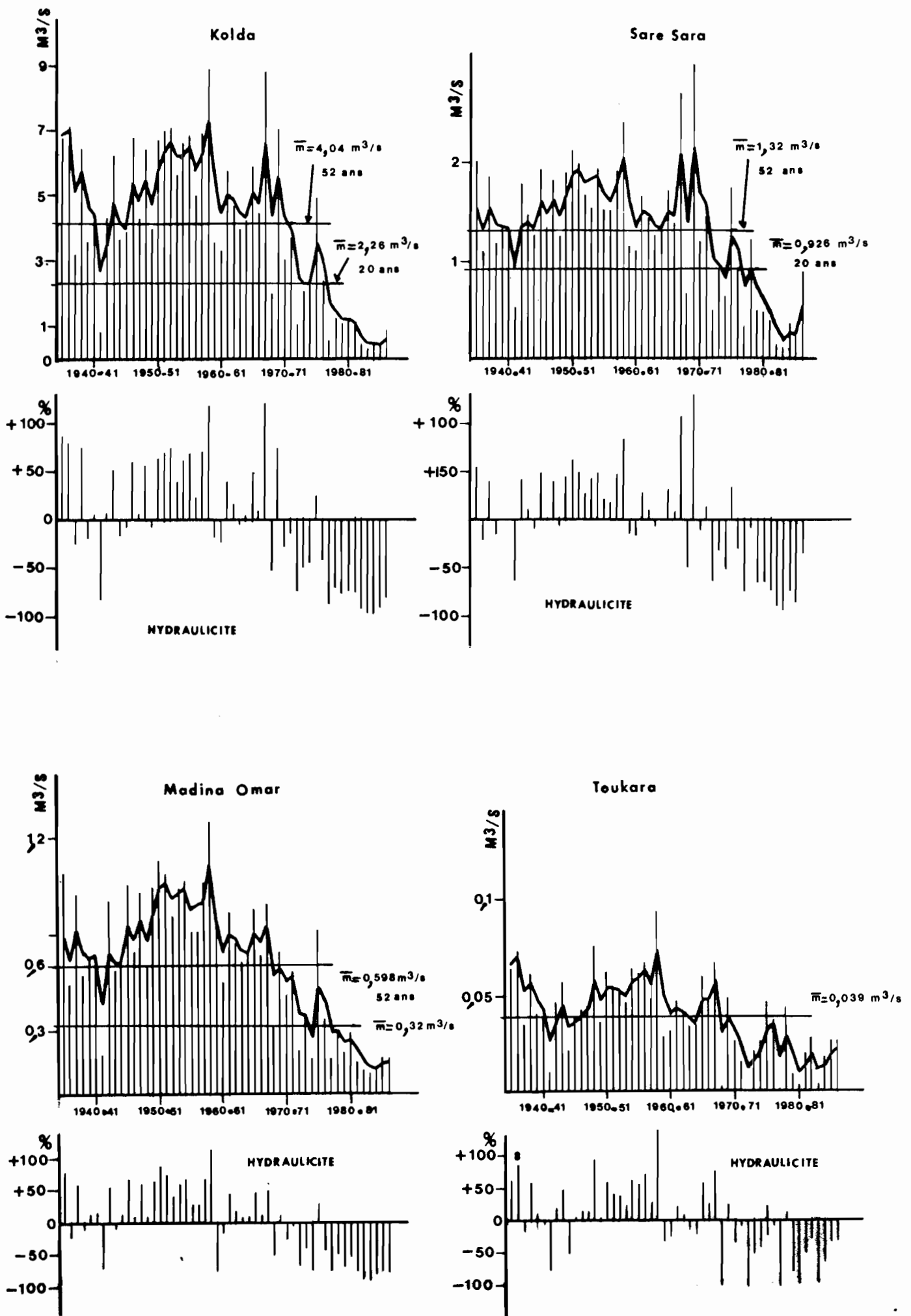
### **2.1. Variabilité de l'écoulement annuel**

L'évolution des modules de la Casamance et ses affluents en amont de Kolda et à Toukara, montre des variations assez marquées des modules d'une année à l'autre (fig.3.17). La méthode des moyennes mobiles pondérées, exposée dans la deuxième partie, a été appliquée à ces modules. La variation de ces moyennes mobiles pondérées permet d'interpréter plus facilement les variations annuelles. Si on considère la période 1935/1936 à 1986/1987, on distingue quatre grandes phases :

- 1935/1936 à 1940/1941 : période excédentaire
- 1942/1943 à 1958/1959 : période à écoulement très excédentaire
- 1961/1962 à 1967/1968 : période à écoulement moyen
- 1968/1969 à 1986/1987 : période à écoulement très déficitaire malgré quelques années exceptionnelles (1969/1970 ; 1975/1976).

La variation des moyennes mobiles pondérées indique un même schéma évolutif des modules à toutes les stations, à savoir :

VARIATIONS DES MODULES ET HYDRAULICITE DE LA CASAMANCE A KOLDA ET SES AFFLUENTS



- Chutes brutales des modules à partir de 1935/1936 jusqu'en 1941/1942 (moins accentuée cependant pour Madina Omar et Saré Sara).

- Puis une augmentation progressive des modules jusqu'en 1951/1952 suivie d'une période de relative stagnation avant la pointe de 1958/1959

- A partir de 1959, on observe une diminution des modules entre 1959 et 1961, puis stabilisation autour de la moyenne jusqu'en 1965 avant une nouvelle croissance qui culmine 1967/1968.

- Dès 1968 s'amorce une baisse graduelle des modules jusqu'en 1983/1984 qui détient le plus fort déficit jamais enregistré sur le bassin.

Une telle variation des modules a été mis en évidence sur les cours d'eau voisin de la Casamance : le Sénégal à Bakel (OLIVRY J.C., 1983), la Gambie à Gouloumbo et Kédougou (LO, H.M., 1984 ; DACOSTA H., 1985).

Sur la figure 3.17 nous avons représenté également l'hydraulicité en terme de déficits ou d'excédents (%) par rapport à la moyenne interannuelle 1935/1936-1986/1987. On y note l'importance du déficit de l'année hydrologique 1941/1942 (SIRCOULON J., 1976a,b) qui serait de l'ordre de 80 % à Kolda ; 60 % à Saré Sara ; 70 % à Madina Omar et de 78 % à Toukara.

A partir de 1970/1971, nous avons une suite de 17 années déficitaires dans laquelle la bonne hydraulicité de 1975/1976 apparaît comme une exception.

Le maximum du déficit dans cette série se situe en 1983/1984. A Kolda, le déficit par rapport au module interannuel est de 95 % ; Saré Sara, 93 % ; Madina Omar 85 % .

## 2.2. Irrégularité interannuelle.

Cette irrégularité interannuelle a été abordée dans la présentation des données de base puis dans l'analyse statistique des modules à travers le coefficient de variation ( $C_v = \text{Ecart-type/moyenne}$ ) dont nous avons signalé l'importance des valeurs. Ils traduisent une forte dispersion des modules autour de leur moyenne (Tab.3.19). Cette irrégularité interannuelle des modules s'exprime aussi par le coefficient d'irrégularité K3 de RODIER (rapport du module décennal humide au module décennal sec) et le coefficient d'immodération R de PARDE (rapport de la valeur maximale de la série à la valeur minimale). Ces coefficients sont consignés dans le tableau 3.22 ci-dessous.

Ces coefficients traduisent une forte irrégularité interannuelle à toutes les stations d'où la dissymétrie observée dans la distribution expérimentale des modules. Les coefficients K3 et R montrent que cette irrégularité est plus forte pour les affluents coulant en direction du Sud ou de l'Est (Toukara, Saré Koutayel et Kolda) que ceux dont les drains sont orientés vers le Nord (Saré Sara, Madina Omar).

Cette variabilité des modules d'une année à l'autre est le reflet fidèle des variations spatio-temporelles des précipitations seul mode d'alimentation du bassin. Compte tenu du régime saisonnier des précipita-

tions et leur inégale répartition pendant la saison des pluies ou hivernage, il s'avère important de définir les régimes hydrologiques résultants et leurs variations par rapport au régime moyen.

La connaissance de ces régimes est d'autant plus importante qu'ils sont un indicateur des disponibilités saisonnières en eaux de surface dont la maîtrise et la gestion constituent aujourd'hui une priorité pour le développement hydro-agricole de la Casamance.

Tableau 3.22: Coefficients de variation, d'irrégularité et d'immodération.

Stations	Année	$\bar{M}$	Ecart-type	Cv	K3	R
Kolda	20 ans	2,26	2,44	1,082	15,5	40,0
	52 ans	4,04	2,38	0,59	6,5	40,4
Saré Sara	20 ans	0,926	0,825	0,891	10,6	28
	52 ans	1,32	0,644	0,488	4,4	28
Madina Omar	20 ans	0,320	0,236	0,739	5,7	9,8
	52 ans	0,599	0,305	0,510	4,7	14,0
Saré Koutayel	52 ans	0,156	0,093	0,595	6,4	10,8
Toukara	52 ans	0,039	0,021	0,546	6,0	

### 3 - Variabilités saisonnières et journalières de l'écoulement.

Les précipitations constituant le seul mode d'alimentation des cours d'eau en milieu tropical, il en résulte que leur concentration pendant la saison des pluies, allant de Juin à Octobre, entraîne celle de l'écoulement et l'apparition d'une période de hautes eaux et une autre de basses eaux. Mais la variation de la répartition des précipitations mensuelles d'une année à l'autre induit celle des débits moyens mensuels qui sont la résultante des variations des débits journaliers. L'étude de ces variations sera menée sur la base de la série de vingt ans à l'aide :

- des coefficients mensuels de débits (CMD), rapport du débit moyen mensuel du mois considéré au module moyen annuel,

- des coefficients de variation, indices des grandes fluctuations des débits moyens mensuels autour de leur valeur centrale,

- et du rapport d'immodération R qui confirme le manque de pondération des régimes tropicaux.

### 3.1. Variations saisonnières des débits : Les coefficients mensuels des débits.

L'étude de ces variations porte essentiellement sur la Casamance en amont de Kolda qui appartient au domaine climatique sud-soudanien ou au tropical de transition. Dans ce domaine, les régimes hydrologiques, fonction des précipitations, ont leurs hautes-eaux qui durent 4 à 5 mois (FRECAUT R., 1982). On parle de hautes eaux quand le coefficient mensuel de débit (CMD) est supérieur à l'unité. Pour la Casamance à Kolda et ses affluents en amont de cette station on constate (tabl.3.23):

- sur la Khorine à Madina Abdoul et Madina Omar et le Tiangol Dianguina à Saré-Sara, la période des hautes-eaux va de Juillet à Octobre soit 4 mois. Les basses-eaux durent de Novembre à Juin (CMD <1). En effet, dès le mois de Novembre, les précipitations se raréfient sur le bassin et l'écoulement n'est plus soutenu que par les nappes.

- A la station de Kolda, exutoire du bassin, les hautes-eaux se concentrent sur trois mois (Août - Septembre et Octobre) même si le CMD du mois de Juillet est déjà proche de l'unité. Ce retard à Kolda s'explique par la faiblesse de la pente longitudinale du cours de la Casamance ce qui a pour conséquence un retard énorme sur le transfert de l'onde de crue (BRUNET- MORET, 1970).

Mais ces coefficients mensuels de débits sont très influencés par le déficit pluviométrique de ces 17 dernières années. Car, si on considère certaines années de bonne pluviométrie, on constate un allongement de la période des hautes eaux :

- 1967/1968 : à Kolda, les hautes eaux se maintiennent durant 8 mois (Juillet-Février) ; à Saré Sara et Madina Omar, elles durent 7 mois (Juillet-Janvier).

- 1969/1970 : les hautes-eaux se maintiennent pendant 5 mois (Juillet-Novembre) aux trois stations.

Cela laisse supposer qu'en année de pluviométrie moyenne ou excédentaire, on observerait une période de hautes-eaux beaucoup plus longue qu'elle ne l'est maintenant. Par conséquent, le déficit pluviométrique actuel aurait entraîné une réduction de la durée des hautes-eaux comme cela a été constaté sur la Gambie à Kédougou (LO H M, 1984) et sur le Niger à Koulikoro (BALLO A., 1984) deux stations appartenant au domaine tropical de transition.

Malgré cette réduction de la période des hautes-eaux, la crue annuelle a lieu généralement en Septembre. En effet, sur 20 ans on a :

- A Kolda, dans 65 % des cas, elle survient en Septembre à 20 % en Août, 10 % en Octobre et 5 % en Juillet.

- Saré Sara : 85 % des cas en Septembre ; 10 % en Août et 5 % en Octobre

- Mdadina Omar : 75 % en Septembre ; 20 % en Août et 5 % en Octobre

Tableau 2.23 - Débits moyens mensuels, coefficients mensuels de débits (CDM) et coefficients de variation aux stations de la Casamance en amont de Kolda

Station		Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	
KOLDA	Q (m <sup>3</sup> /s)	0,077	0,238	2,056	4,87	10,1	5,34	1,72	0,836	0,583	0,393	0,251	0,138	2,25
	CDM	0,034	0,106	0,914	2,16	4,49	2,37	0,764	0,372	0,259	0,175	0,112	0,061	-
	CV	2,01	1,31	1,05	0,867	1,25	1,41	1,40	1,26	1,23	1,46	1,57	1,71	-
SARE SARA	Q (m <sup>3</sup> /s)	0,044	0,148	0,941	1,95	4,74	2,00	0,497	0,281	0,204	0,132	0,075	0,043	0,926
	CDM	0,048	0,160	1,016	2,11	5,12	2,16	0,537	0,303	0,220	0,143	0,018	0,046	-
	CV	1,41	1,11	0,824	0,769	1,10	1,14	1,13	1,06	1,12	1,38	1,63	1,75	-
MADINA OMAR	Q (m <sup>3</sup> /s)	0,001	0,029	0,426	0,840	1,560	0,671	0,164	0,073	0,053	0,032	0,013	0,004	0,320
	CDM	0,003	0,091	1,33	2,62	4,87	2,10	0,513	0,228	0,266	0,100	0,041	0,013	-
	CV	2,0	1,55	0,850	0,601	0,891	1,01	1,27	1,42	1,53	1,90	2,46	2,75	-
MADINA AB.	Q (m <sup>3</sup> /s)	0	0,005	0,214	0,389	1,120	0,433	0,124	0,069	0,046	0,025	0,003	0,001	0,205
	CDM	-	0,024	1,04	1,90	5,46	2,11	0,605	0,317	0,224	0,122	0,015	0,005	-
	CV	-	2,40	1,225	0,618	1,01	1,11	1,24	1,4	1,60	1,82	1,72	1,61	-

La situation du maximum mensuel en Septembre est étroitement liée au régime pluviométrique dont le maximum survient en général en Août soit un mois de décalage entre les deux maxima. Mais compte tenu de la fluctuation que connaît le maximum pluviométrique, le débit moyen mensuel maximum observe la même dynamique d'où la précocité ou le retard de la crue annuelle comme nous le verrons dans le chapitre suivant.

Entre les mois de Juillet et Octobre, la Casamance écoule à Kolda 82,8 % de son volume annuel. Si on y ajoute Novembre et Décembre, ce pourcentage passe à 92,3 %.

- Madina Abdoul : 90 % en Septembre et 10 % en Août.

A Saré Sara, l'écoulement de Juillet à Octobre représente 86,7 % du total annuel ; avec Novembre et Décembre on passe à 93,7 %.

A Madina Omar, on a respectivement 91,1 % et <97,2 % pour les deux périodes.

A Madina Abdoul, les pourcentages sont légèrement plus faibles 87,6 % et 95,3%.

Ainsi, plus de 92 % de l'écoulement annuel se concentre sur 6 mois de Juillet à Décembre, ce qui témoigne d'un manque de pondération dans la répartition de l'écoulement annuel à l'échelle mensuelle.

A la stabilité, toute relative, du mois du maximum s'oppose l'instabilité du mois du minimum. Si d'une manière générale il survient en Mai, ces dernières années marquées par un déficit pluviométrique sans cesse croissant, ont connu un affaiblissement général du régime et le passage d'un écoulement pérenne à un écoulement intermittent. Ainsi, sur la Khorine à Madina Omar qui a généralement un mois sans écoulement (Mai), à partir de l'année hydrologique 1973/1974, la période sans écoulement s'allonge en passant de deux mois cette année-là à 7 mois en 1983/1984 ; 1984/1985. Le mois du minimum oscille entre Novembre et Mai.



Sur le Tiangol Dianguina à Saré Sara l'arrêt de l'écoulement devient systématique à partir de l'année hydrologique 1979/1980 (1 mois). En 1983/1984, l'écoulement s'arrête le 17 Octobre (débit nul) soit 8 mois sans écoulement.

Sur la Casamance à Kolda, le scénario est le même ; en 1983/1984, le minimum mensuel se situe en Novembre.

Cet arrêt de l'écoulement lié à l'épuisement des nappes par suite de leur recharge incomplète, pose le problème des défaillances dans la prévision et la gestion de l'eau en Casamance. Bien que non abordée ici, une étude statistique de la durée de la période sans écoulement permettrait d'en mesurer l'importance et les risques.

Si les coefficients mensuels de débits ont mis en évidence la division de l'année hydrologique en deux périodes inégales : une période de hautes-eaux qui dure 3 à 4 mois qui fournit l'essentiel de l'écoulement et une période de basses-eaux de huit mois durant lesquels l'écoulement peut s'annuler, les débits moyens mensuels connaissent une variabilité interannuelle non négligeable qu'il importe d'appréhender.

### **3.2. Variabilité interannuelle des débits moyens mensuels**

Les débits moyens mensuels connaissent une grande variabilité d'une année à l'autre comme l'indique la forte valeur des coefficients de variation (Tab.3.23) qui traduisent la dispersion des débits autour de leur moyenne ( $cv > 0.6$ ). Seul le mois d'Août a un coefficient de variation inférieur à l'unité dans toutes les stations. A partir de ce mois, l'irrégularité va croissant. Ainsi, au mois d'Août, on arrive à un coefficient de variation moyen interstation de 1,95 avec pour valeurs extrêmes 1,61 (Madina Abdoul) et 2,75 (Madina Omar).

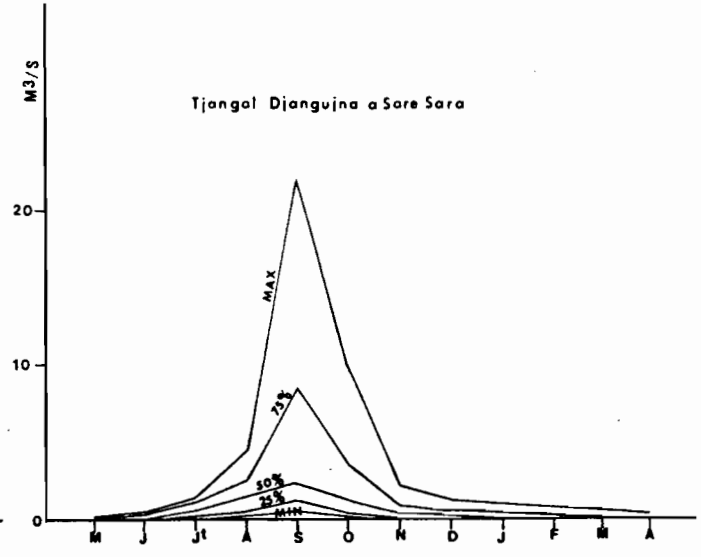
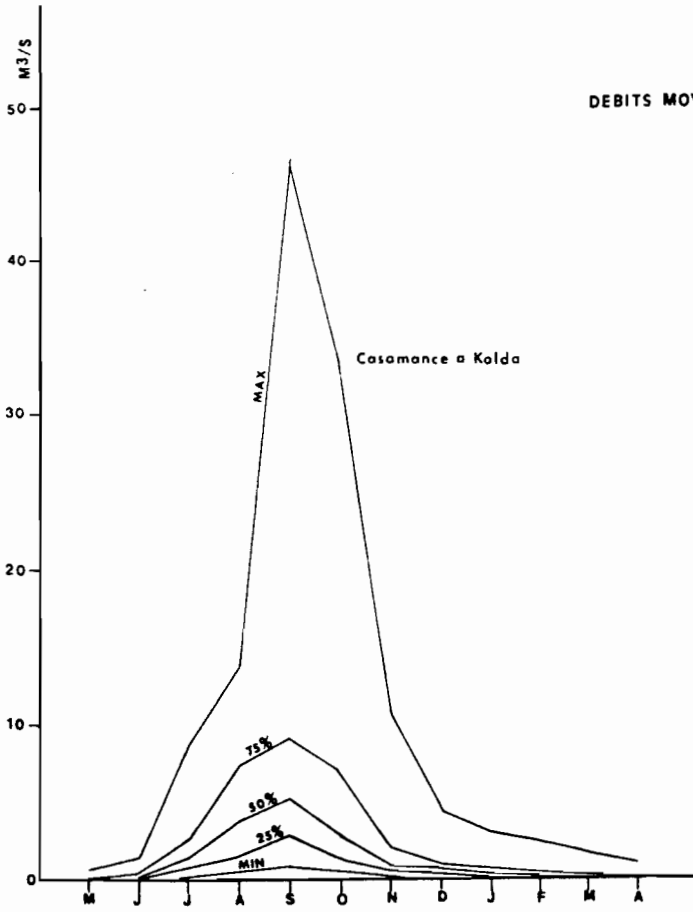
Pour illustrer cette variation, les débits moyens mensuels de chaque station ont été classés dans l'ordre décroissant. Sur chacune des séries ont été recherchées, outre les valeurs maximales et minimales, le débit médian et les débits correspondants aux probabilités 25 et 75 % (Fig. 3.18). On note l'écart important qui sépare les débits maximums relevés à Kolda, Saré Sara et Madina Omar du reste de leur échantillon respectif. Un examen attentif des séries de débits mensuels moyens révèle que, contrairement à ce que il'on pourrait penser, ces débits maximums n'appartiennent pas tous aux années d'avant la sécheresse. Ainsi, les débits moyens mensuels maximums relevés à la station de Kolda pour les mois de Mai, Juin, Juillet et Août, l'ont été respectivement durant les années hydrologiques 1968/1969 ; 1970/1971 ; 1974/1975 et 1980/1981, années toutes déficitaires pluviométriquement. Le troisième maxima de Septembre et Octobre appartient à des années très déficitaires (1970/1971 ; 1976/1977).

Ce constat, valable pour le Tiangol Dianguina à Saré Sara et la Khorine à Madina Omar, est la résultante de la précocité, maintes fois constatée, de la saison des pluies et se traduisant par le décalage du centre de gravité de celle-ci et par conséquent celui de l'année hydrologique.

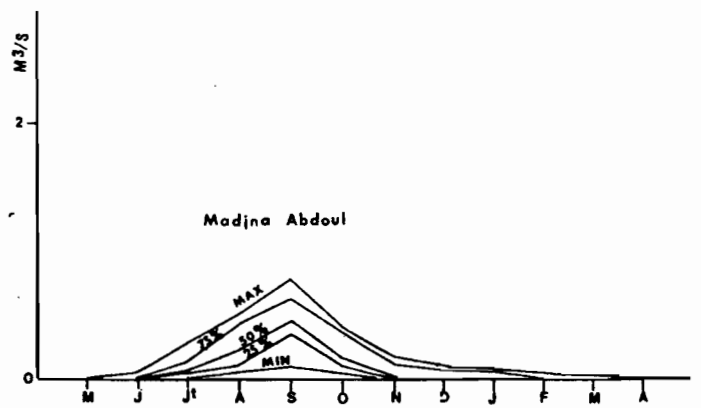
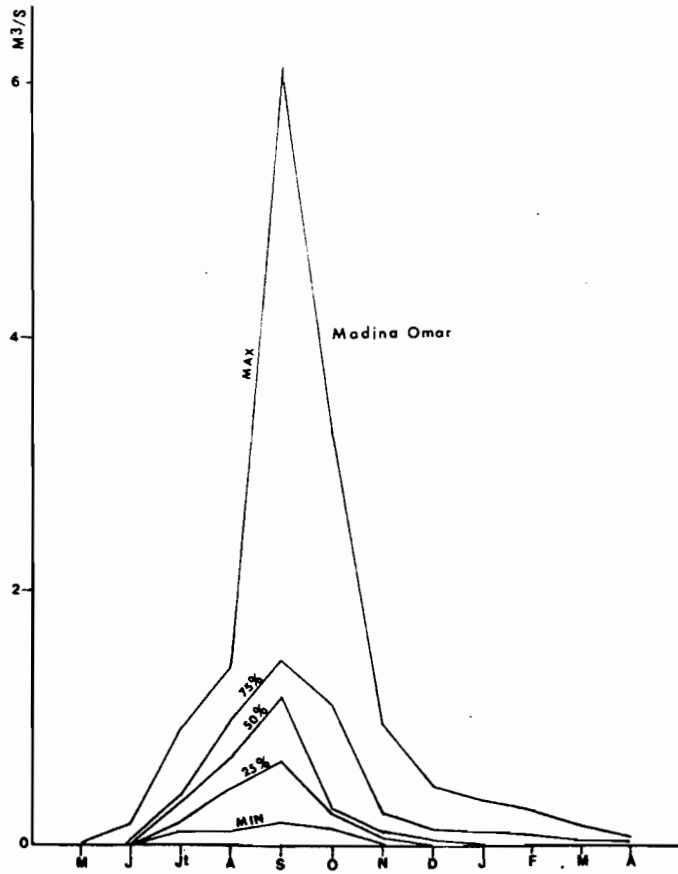
Sur la figure 3.19 sont comparés graphiquement les débits spécifiques de Kolda, Saré Sara, Madina Omar et Madina Abdoul. Ce graphique met une fois de plus en évidence la prépondérance de l'écoulement des affluents de rive gauche.

FIG 3.18

DEBITS MOYENS MENSUELS

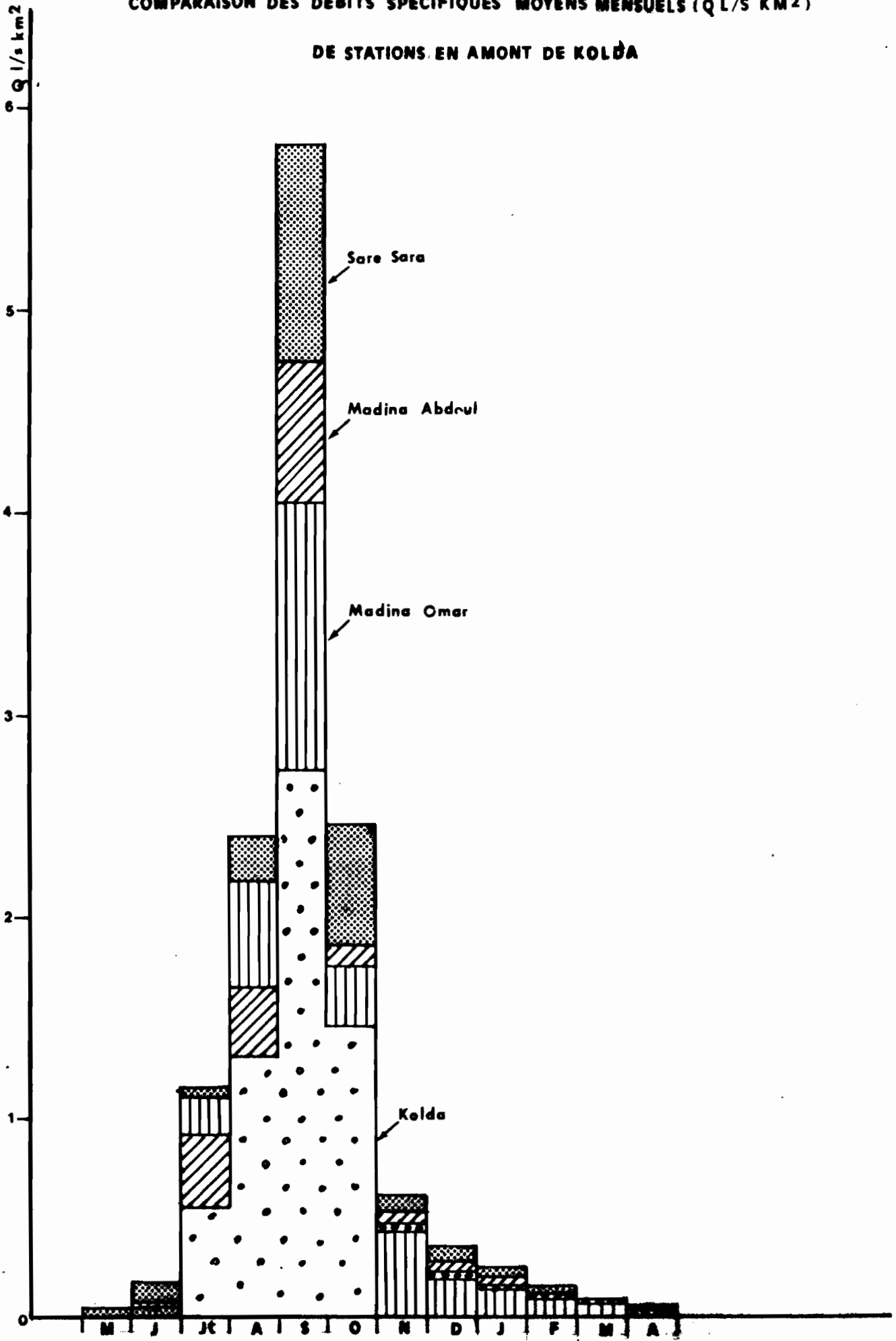


LA KHORINE : DEBITS MOYENS MENSUELS A



COMPARAISON DES DEBITS SPECIFIQUES MOYENS MENSUELS (Q L/S KM<sup>2</sup>)

DE STATIONS EN AMONT DE KOLDA



Si le régime saisonnier de la Casamance à Kolda et de ses affluents en amont de cette station se dégage clairement de ce qui précède, il n'en va pas de même des affluents de la Basse Casamance où le suivi hydrologique a toujours été épisodique. A l'exception du bassin versant du marigot de Baïla observé durant huit années (GALLAIRE R., 1980 ; DACOSTA H. 1983 ; OLIVRY J.C., DACOSTA H., 1984 ; SAOS J.L., DACOSTA H., LE TROQUER Y., OLIVRY J.C., 1987) tous les autres marigots et affluents n'ont été suivis qu'une seule année :

- 1966/1967 : Les bassins versants de Diango (135 km<sup>2</sup>), de Badiouré (24,5 km<sup>2</sup>) de Diarone (16,5 km<sup>2</sup>) de Bounkiling (200 km<sup>2</sup>) et de Diouniking (30 km<sup>2</sup>) suivis par BRUNE- MORET (1967).

- 1970/1971 : le bassin versant de Bignona (OLIVRY J.C., CHOURET A., 1981)

- 1979/1980 : Le bassin versant de Nyassia (BCEOM/ISRA, 1980)

- 1979/1980 : Le bassin du Soungrougrou (SONED/SOGREAH, 1980)

- 1980/1981 : Les marigots de Guidel et de Nyassia (DEH, 1981).

Le tableau 3.24 rassemble les débits moyens mensuels observés lors de ces différentes campagnes. L'examen de ce tableau suscite trois constats :

- Les bassins observés en 1966/1967 (pluviométrie excédentaire) ont un écoulement perenne, à l'exception du bassin versant de Badiouré et celui de Bounkiling (débit nul en Mai).

- En 1970/1971 : Léger déficit pluviométrique ; l'écoulement se maintient sur le marigot de Bignona à Sandougou jusqu'au mois de Février.

- En revanche, pour les bassins versants suivis à partir de 1979, l'écoulement est concentré sur quatre mois de Juillet à Octobre aussi bien pour les affluents de rive gauche que de rive droite. Le marigot de Baïla suivi depuis 1979/1980 par l'ORSTOM n'échappe pas à ce constat.

Il nous semble dès lors hasardeux de définir le régime hydrologique du marigot de Baïla à Toukara sur la base de données d'écoulement mensuel fortement marquées par la sécheresse et à l'évidence non représentatives de la répartition réelle de l'écoulement annuel à l'échelle mensuelle.

Nous nous en tiendrons par conséquent à l'estimation de l'écoulement annuel réalisée plus haut pour le marigot de Baïla à Toukara.

Tableau 3.24 - Débits moyens mensuels observés sur quelques bassins versants de Basse Casamance.

Bassin Versant	M	J	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	An
Djionaye (11 km <sup>2</sup> )	0	0	0,020	0,037	0,049	0,020	0,007	0,001	0	0	0	0	0,011
Tankoron (43 km <sup>2</sup> )	0,03	0,05	0,07	0,23	0,33	0,67	0,31	0,22	0,18	0,12	0,07	0,03	0,193
Diango (135 km <sup>2</sup> )	0,02	0,03	0,06	0,79	1,87	2,47	1,02	0,56	0,26	0,08	0,03	0,013	0,600
Diarone (16,5 km <sup>2</sup> )	0,003	0,004	0,007	0,014	0,060	0,068	0,027	0,013	0,006	0,004	0,003	0,002	0,018
Badioure (24,5 km <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0,022	0,055	0,019	0,010	0,003	0	0	0	0,009
Boukiling (200 km <sup>2</sup> )	0	0,005	0,02	0,22	0,47	1,09	0,16	0,09	0,06	0,03	0,02	0,01	0,181
Bakoundi (30 km <sup>2</sup> )	0,004	0,10	0,21	0,53	1,11	1,16	0,82	0,55	0,32	0,09	0,03	0,01	0,411
Marigot Bignona à Sindian (11,9 km <sup>2</sup> )		0	0,057	0,198	0,139	0,045	0,017	0,004	0,002	0	0	0	0,039
à Sandougou(84,7km <sup>2</sup> ) (1970/1971)	0	0	0,142	0,807	0,856	0,429	0,087	0,025	0,007	0,001	0	0	0,196
Marigot de Nyassia à Toubakouta(61 km <sup>2</sup> ) (1980/1981)	0	0	0,241	0,786	0,799	0	0	0	0	0	0	0	0,158
Marigot de Guidel à Niafena (115 km <sup>2</sup> ) (1980/1981)	0	0	0,007	0,024	0,039	0,012	0	0	0	0	0	0	0,007
Soungrougrou à Saré Fode(2000km <sup>2</sup> ) (1979/1980)	0	0	0,074	0,169	0,113	0,07	0,005	0	0	0	0	0	0,036

### 3.3. Variabilité journalière des débits.

Contrairement aux grands bassins fluviaux où l'étendue et la distance à l'exutoire contribuent à pondérer les débits journaliers, la Casamance à Kolda (3 700 km<sup>2</sup>), par sa taille réduite [comparée à la Gambie à Gouloumbou (42 000 km<sup>2</sup>)] connaît de brutales variations de débits journaliers, résultant de l'importance des apports pluviométriques d'un jour à l'autre. Les figures 3.20, 3.21 et 3.22 présentent pour deux années particulières (la plus humide et la plus sèche de la série 1967/1986) la variation des débits journaliers à Kolda, Saré Sara et Madina Omar.

L'observation des graphiques des stations de Saré Sara et Madina Omar montre une plus forte irrégularité des débits journaliers qu'à Kolda. Ceux-ci sont directement liés aux chroniques de pluies journalières sur le bassin. Avant 1975, seules deux stations pluviométriques en permettaient la connaissance : la station de Kolda à l'exutoire du bassin et celle de Vélingara à la limite Est du bassin.

Par exemple, le 21 Août 1967, il est tombé respectivement à Kolda et Vélingara 26,6 mm et 26,4 mm, précédé la veille d'une autre pluie de 2,6 mm et 11,3 mm, ce qui suppose pour la pluie du 21 Août une homogénéité spatiale de l'averse. A Saré Sara, le débit passe de 5,81 m<sup>3</sup>/s le 19 à 7,92 m<sup>3</sup>/s le 20 et à 8,30 m<sup>3</sup>/s le 21 Août.

A Kolda, le débit passe de 14,8 m<sup>3</sup>/s le 20 à 16,20 m<sup>3</sup>/s le 21 Août.

Cette dernière décade du mois d'Août enregistre 132,2 mm à Kolda soit 48,3 % du total mensuel à ce poste; le débit passe de 14,80 m<sup>3</sup>/s le 20 Août à 40,5 m<sup>3</sup>/s le 7 Septembre.

L'averse du 2 Septembre 1967 : 70,7 mm à Vélingara et 23 mm à Kolda fait passer le débit du Tiangol Dianguina de 12,3 m<sup>3</sup>/s à 20,20 m<sup>3</sup>/s et celui de la Khorine à Madina Omar de 4,56 m<sup>3</sup>/s à 7,38 m<sup>3</sup>/s.

- Averse du 25 Septembre 1967 : 126 mm à Vélingara ; 107,8 mm à Kolda. La côte de la Casamance à Kolda passe de 295 cm à 348 cm du 25 au 26 soit de 27,1 m<sup>3</sup>/s à 39,5 m<sup>3</sup>/s le 26 et 43,2 m<sup>3</sup>/s le 27.

A Madina Omar, le débit à presque doublé de 3,92 m<sup>3</sup>/s à 6,2 m<sup>3</sup>/s

- L'averse du 2 Septembre 1969 est très révélatrice du caractère synchrone des épisodes pluvieux avec les crues de la Casamance et de ses affluents en amont de Kolda. Cette averse dont l'épicentre doit se situer autour de Kolda puisque Vélingara n'a enregistré que 24,4 mm et Sédhio 46,8 mm, a déversé sur Kolda 219,2 mm. La côte de la Casamance à Kolda est montée à 4,70 m le 3 alors qu'elle était la veille à 2,18 m. Le débit passe ainsi de 10,7 m<sup>3</sup>/s à 87 m<sup>3</sup>/s soit un facteur multiplicateur de 8,7.

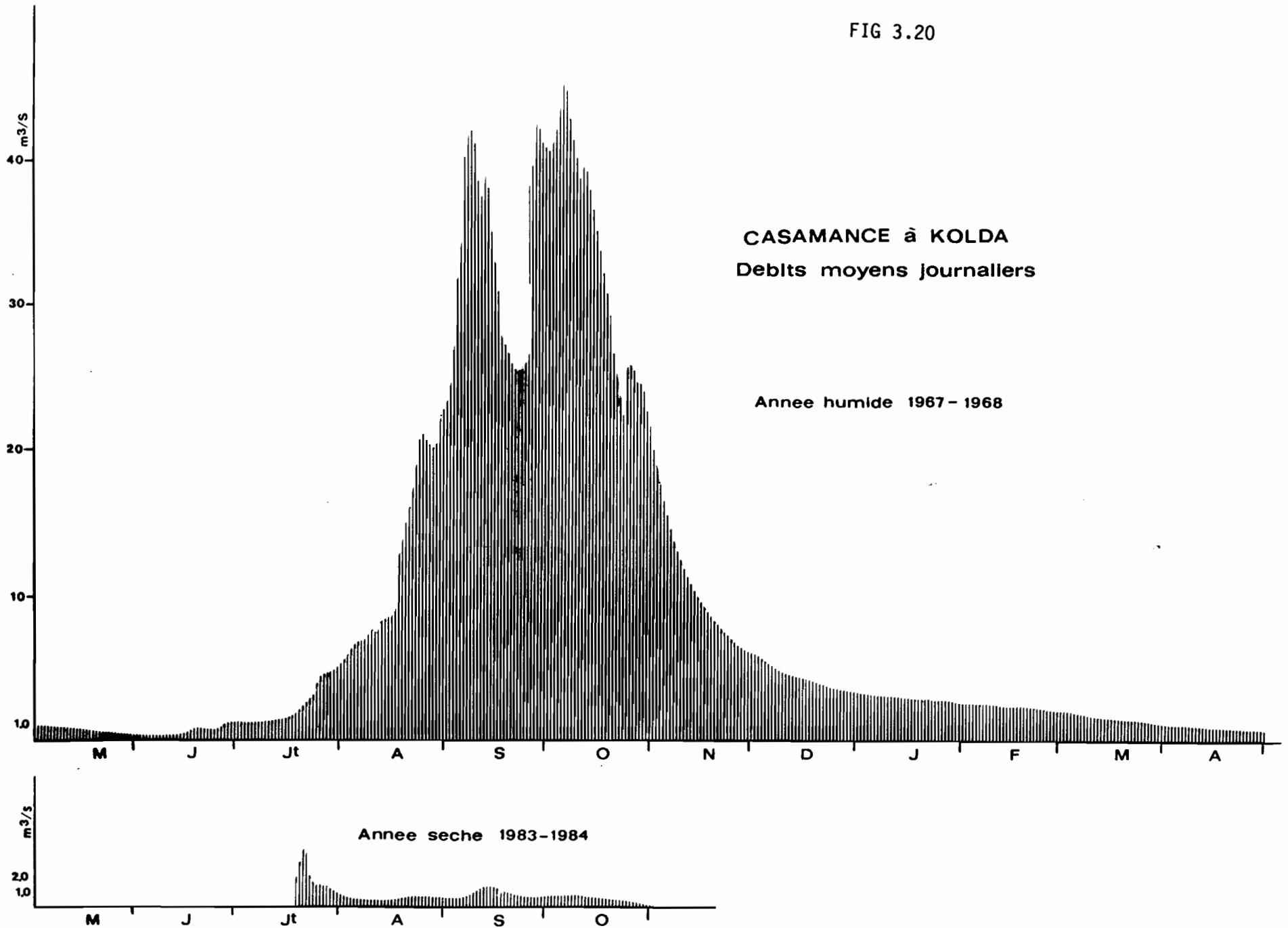
A Saré Sara, le 2 Septembre, le débit était de 3,95 m<sup>3</sup>/s ; le 3, il passe à 160 m<sup>3</sup>/s pour descendre à 97,5 m<sup>3</sup>/s le lendemain.

Cette relation averse-crue, est devenue plus évidente encore avec le déficit pluviométrique de la sécheresse actuelle. Les hydrogrammes se présentent comme des pics successifs entrecoupés de périodes de faible

écoulement avec un débit de base mal soutenu. Cela est particulièrement vrai pour toutes les stations de la Casamance en amont de Kolda depuis 1979/1980.

Sur le marigot de Baïla à Toukara depuis 1979/1980, l'écoulement est intermittent et dépend des épisodes pluvieux.

FIG 3.20





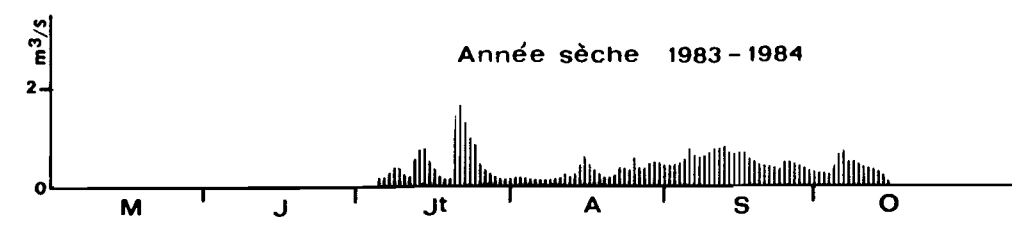
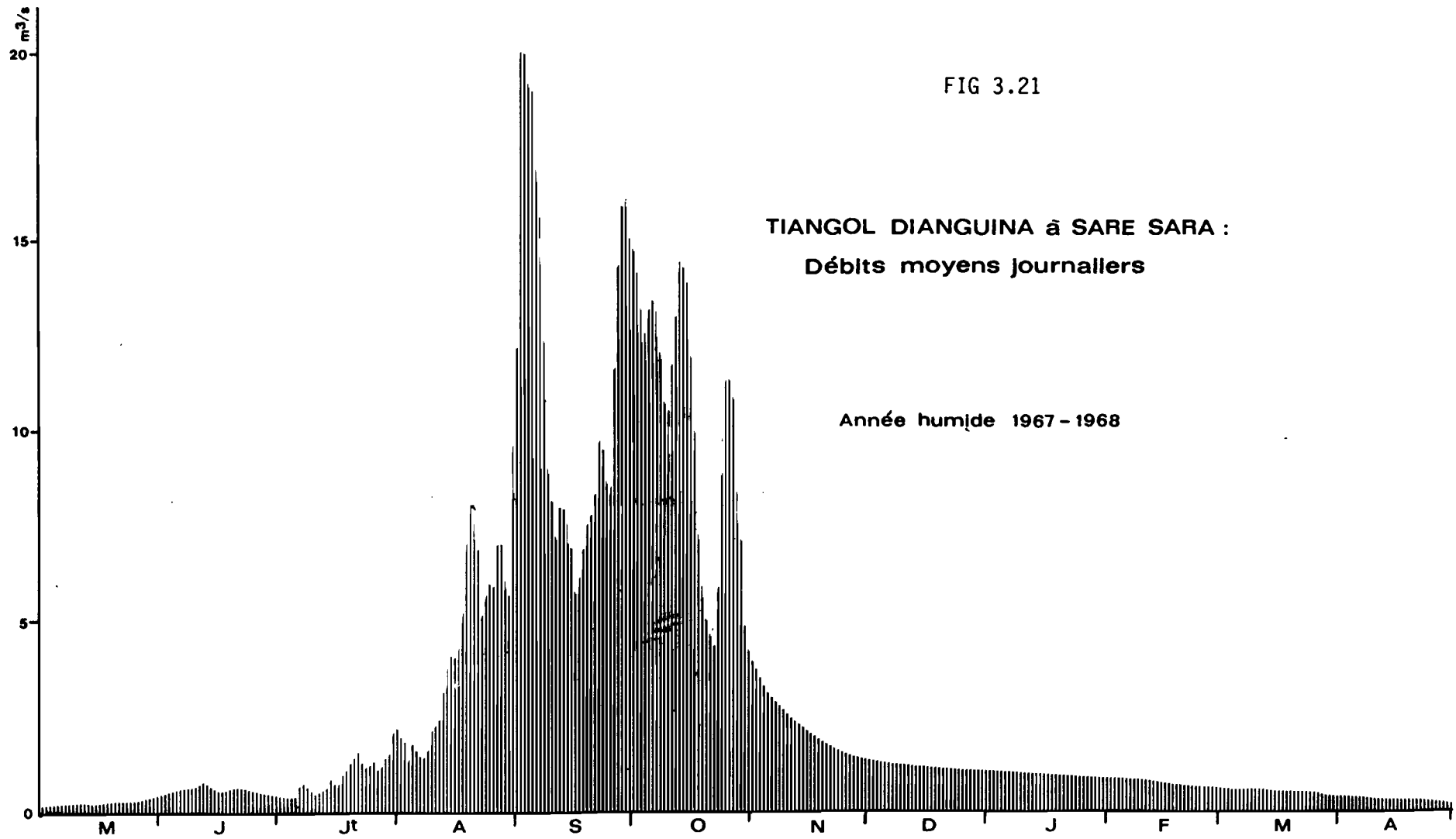
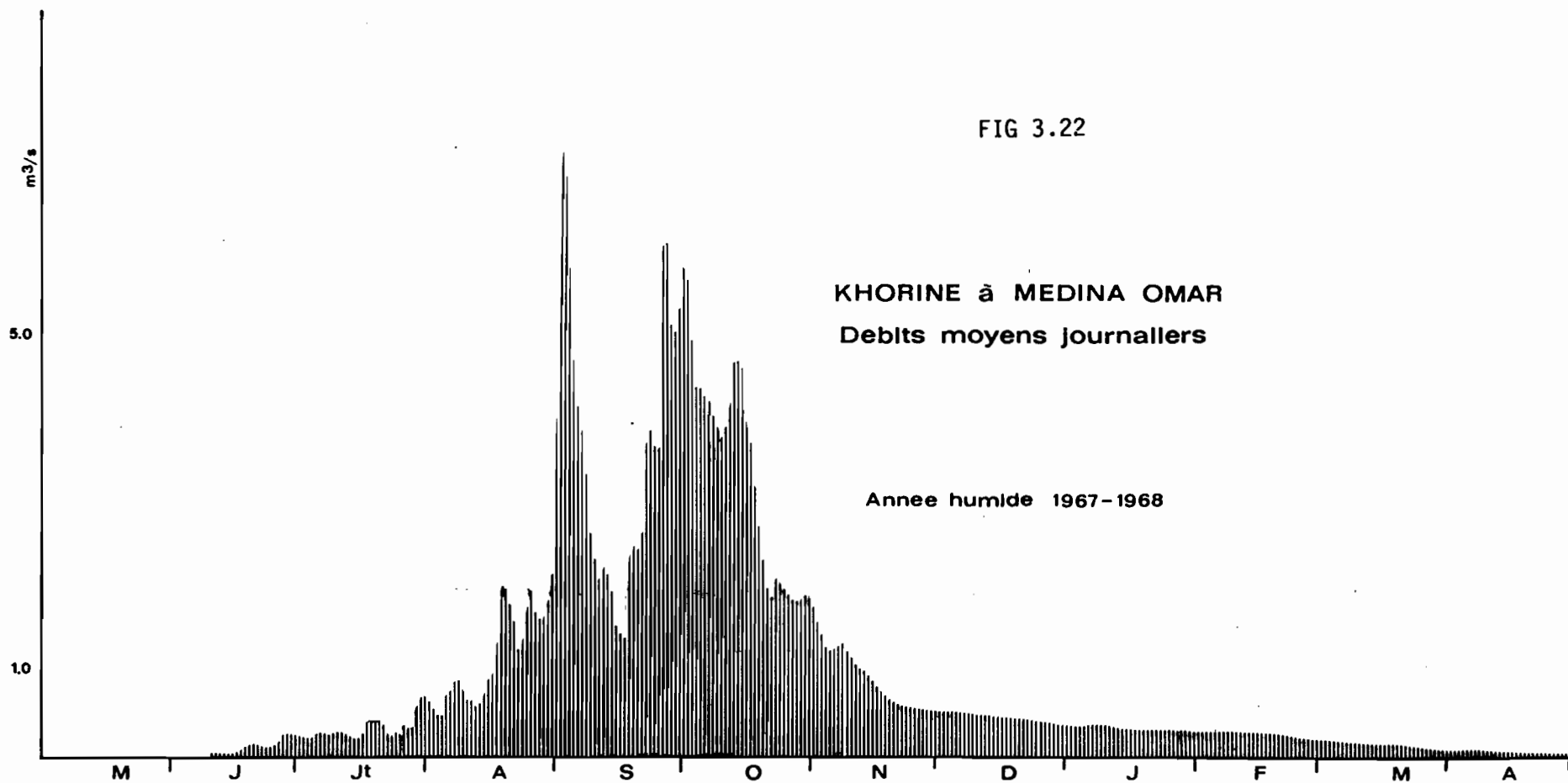


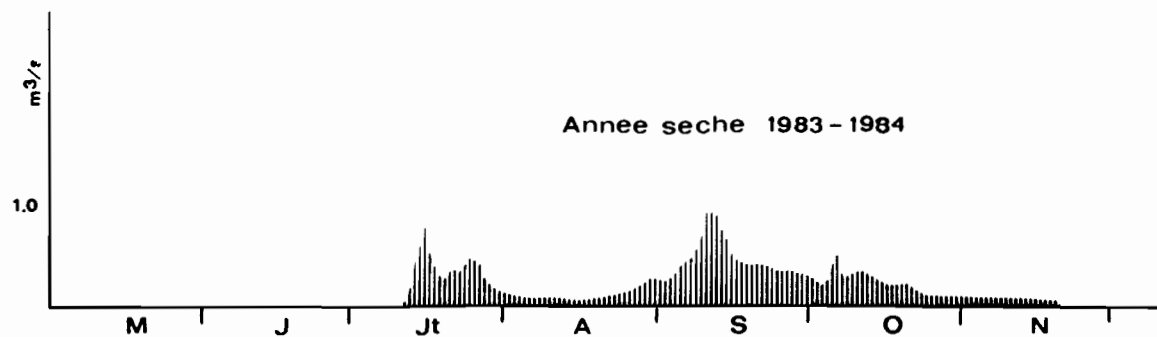
FIG 3.22

KHORINE à MEDINA OMAR  
Debits moyens journaliers

Annee humide 1967-1968



Annee seche 1983-1984



## **CHAPITRE III**

### **LES CRUES ET LES ETIAGES**

Dans le chapitre précédent, nous avons évoqué la variabilité des écoulements annuel, mensuel et journalier. Il importe d'analyser les formes extrêmes de cet écoulement, à savoir les crues et les étiages. Leur analyse constitue une prévision des risques et des défaillances possibles en année de bonne ou mauvaise hydraulité.

## 1 - Etude des crues.

L'étude des crues est plus indiquée sur les débits maxima instantanés. Mais ces données nous faisant défaut (exceptée à la station de Kolda), nous utiliserons les débits moyens journaliers. Dans le tableau 3.25 sont indiqués, pour les stations de Kolda, Saré Sara et Madina Omar, la date du maximum journalier, les débits bruts (m<sup>3</sup>/s) et spécifiques (l/s.km<sup>2</sup>) correspondants et le coefficient de puissance de crue (A) de Coutagne et Pardé dont l'expression est la suivante:

$$A = Q / S^{-0.5}$$

avec  $Q$ , débit maximum de crue en m<sup>3</sup>/s et  $S$ , superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>

### 1.1. Date du maximum annuel.

L'examen du tableau 3.25 révèle que le maximum annuel survient généralement en Septembre. Ainsi à Kolda, 50 % des crues ont lieu au cours de ce mois ; 25 % en Août ; 15 % en Juillet et 10 % en Octobre. A Saré Sara, 43 % des crues surviennent en Septembre ; 22 % en Août ; 21 % en Octobre et 14 % en Juillet. A Madina Omar, 50 % se sont produits en Septembre ; 12 % en Août ; 31 % en Juillet et 7 % en Octobre.

Ainsi, si l'on peut considérer les crues survenant en Août et Septembre comme normales, c'est-à-dire se produisant à un moment où leur probabilité d'occurrence est maximale (ce sont les mois le plus pluvieux de l'année) en revanche les crues du mois de Juillet, peuvent être considérées comme précoces. On remarquera d'ailleurs qu'elles sont survenues en années fortement déficitaires et précoces pluviométriquement (1973/1974 ; 1974/1975 ; 1983/1984 à Kolda ; 1980/1981 et 1983/1984 à Saré Sara.

Les crues du mois d'Octobre sont de toute évidence tardives, mais se produisant toujours dans la première décade.

En réalité, les fluctuations de la date d'apparition du maximum de crue annuelle est le reflet de la variabilité de la répartition mensuelle de précipitations d'une année à une autre, variabilité mise en évidence dans l'étude des précipitations mensuelles.

tableau 3.25 - Débits maximaux journaliers de crue et valeur de "A" de la Casamance (1967-1986)

Année hydrologique	KOLDA 3700 km <sup>2</sup>				SARE SARA 815 km <sup>2</sup>				MADINA OMAR 385 km <sup>2</sup>			
	Date	Qm <sup>3</sup> /S	L/s.km <sup>2</sup>	"A"	Date	Qm <sup>3</sup> /S	L/s.km <sup>2</sup>	"A"	Date	Qm <sup>3</sup> /S	L/s.km <sup>2</sup>	"A"
1967 - 1968	5/10/67	46,0	12,4	0,75	2/9/67	20,2	24,5	0,71	2/09/67	7,4	19,2	0,38
1968 - 1969	6/10/68	14,0	3,8	0,23	4/10/68	7,67	9,4	0,27	28/9/68	3,95	10,3	0,20
1969 - 1970	5/09/69	116,0	31,4	1,91	3/9/69	160,0	196,3	5,60	10/9/69	5,50	14,3	0,28
1970 - 1971	20/8/70	45,0	12,2	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-
1971 - 1972	12/8/71	19,0	5,1	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-
1972 - 1973	18/8/72	8,5	2,3	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
1973 - 1974	30/7/73	20	5,4	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-
1974 - 1975	7/7/74	17,8	4,8	0,29	-	-	-	-	6/07/74	4,12	10,7	0,21
1975 - 1976	21/9/75	49,3	13,3	0,81	21/9/75	21,6	26,5	0,76	23/7/75	19,2	50	0,98
1976 - 1977	29/9/76	17,8	4,8	0,29	17/8/76	8,90	10,9	0,31	28/9/76	4,52	11,17	0,23
1977 - 1978	24/9/77	6,6	1,8	0,11	20/9/77	4,62	5,7	0,16	21/7/77	5,43	14,1	0,27
1978 - 1979	7/09/78	12,5	3,37	0,20	3/9/78	19,1	23,4	0,67	4/09/78	4,46	11,6	0,23
1979 - 1980	7/09/79	6,2	1,7	0,10	-	-	-	-	4/08/79	2,97	7,7	0,15
1980 - 1981	12/9/80	13,0	3,5	0,21	25/7/80	7,29	8,9	0,25	23/7/80	11,5	30,0	0,58
1981 - 1982	8/08/81	7,6	2,0	0,12	10/8/81	3,63	4,5	0,13	3/08/81	2,05	5,3	0,10
1982 - 1983	28/8/82	4,27	1,2	0,07	22/8/82	1,99	2,4	0,07	31/7/82	1,30	3,4	0,07
1983 - 1984	21/7/83	4,42	1,2	0,07	21/7/83	1,58	1,9	0,05	11/9/83	0,98	2,5	0,05
1984 - 1985	27/9/84	3,47	0,94	0,06	9/10/84	4,62	5,67	0,16	20/9/84	1,51	3,9	0,08
1985 - 1986	12/9/85	7,22	2,0	0,12	8/09/85	6,36	7,80	0,22	8/09/85	4,84	12,6	0,25
1986 - 1987	5/09/86	9,83	2,7	0,16	1/10/86	20,7	25,4	0,72	1/10/86	2,0	5,2	0,10

"A" : Coefficient de puissance.

La comparaison des dates d'apparition du maximum de la crue à Kolda, Saré sara et Madina Omar, montre que dans 57 % de cas, le maximum à Kolda est généré par la crue du Tiangol Dianguina transitant à Saré Sara avec un temps de propagation allant de deux à quatre jours. La longueur de ce temps de propagation s'explique par la faiblesse des pentes et la végétation aquatique envahissant le lit de la rivière. Il faut signaler que si les affluents de rive gauche (Tiangol Dianguina et Khorine) apportent l'essentiel du débit de la Casamance à Kolda, il arrive que le maximum à cette station soit dû aux apports de son haut bassin et son affluent de rive droite (le Niampampo à saré Koutayel). C'est le cas de la crue de 1967/1968.

Les crues sur la Casamance sont de très faible puissance comparativement à celles de la Gambie (LO, H., 1984) ou du Sénégal (SOW A.A., 1984). En effet, pour la Casamance à Kolda, le coefficient de puissance de crue "A" ne dépasse pas deux sur vingt ans d'observations. Sur le Tiangol Dianguina à saré Sara, seule la crue de 1969/1970 donne un "A" égale à 5,60. La puissance de toutes les crues observées sur la Khorine à Madina Omar ne dépasse pas l'unité.

Si, de toute évidence, la sécheresse actuelle a grandement contribué à l'atténuation des hautes-eaux, les paramètres de forme des bassins versants, leur aptitude à mobiliser l'écoulement vers leur exutoire et la lithologie, très favorable à l'infiltration ne sont pas à négliger comme nous l'avons indiqué plus haut.

## 1.2. Etude statistique des maximums de crues.

Les séries de débits maximums annuels de crue dont nous disposons sont très courtes. La série de Kolda ne compte que vingt valeurs; Saré Sara 14 et Madina Omar 16. C'est dire qu'une analyse statistique sur la base de telles séries peut être critiquable. Mais à défaut de mieux nous nous en tiendrons à celles-là.

La distribution de ces séries de débits maximums annuels de crues a été étudiée en ajustant aux échantillons les dix lois statistiques utilisées dans l'étude des modules annuels. Ces ajustements ont été faits en calcul automatique.

Le report graphique de la distribution expérimentale de l'échantillon et des différentes courbes en diagramme gauss-arithmétique permet de choisir la loi la mieux appropriée en se basant :

- d'une part sur la concordance graphique des valeurs extrêmes avec les branches de courbes significatives d'une éventuelle dissymétrie (test de BRUNET-MORET)

- d'autre part sur l'ajustement graphique le plus adéquat dans la partie moyenne de la courbe. On remarquera d'ailleurs qu'à ce niveau, les valeurs prédéterminées par les différentes lois ne ont pas significativement différentes.

Pour la Casamance à Kolda, les lois de Galton ou log-normale et Pearson 5 s'ajustaient le mieux à l'échantillon ; mais nous avons retenu la loi de Galton qui présente une distribution hypergaussique.

A Saré Sara, la loi de Goodrich est apparue la meilleure avec une distribution hypergaussique aussi. Le maximum de la crue de 1969/1970 (160 l3/s) a été supprimé lors des essais d'ajustement parce que perturbant la distribution des fréquences expérimentales. Il est à noter que pendant cette crue, la rivière ayant débordé de son lit, ce débit a été estimé sur la base des délaissés de crue dans les zones de débordement (BRUNET-MORET Y., 1970).

En revanche, à Madina Omar, c'est la loi log-Gamma qui est retenue avec encore une distribution hypergaussique.

La figure 3.23 illustre la distribution statistique des trois échantillons et le tableau 3.26 présente les résultats de la prédétermination des débits de crues correspondant à diverses périodes de retour (réurrences humides).

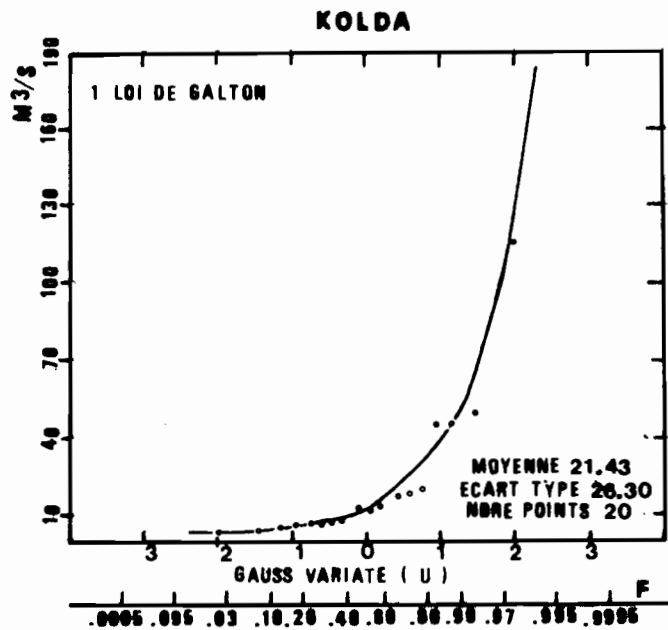


FIG 3.23

### DISTRIBUTION STATISTIQUE DES DEBITS MAXIMUMS DE CRUE

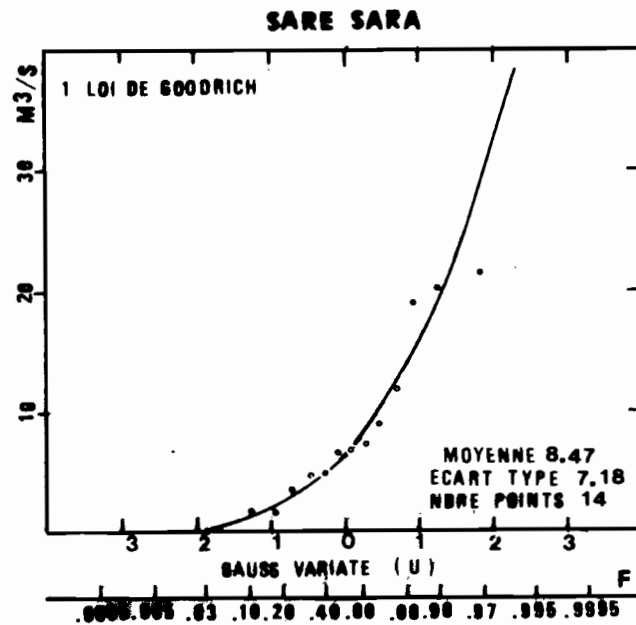
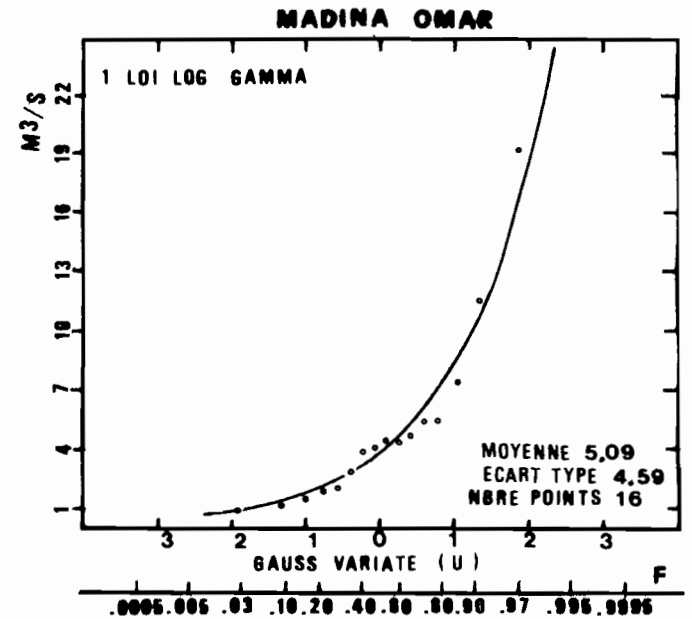


Tableau 3.26 - Débits fréquentiels de crues en m<sup>3</sup>/s

STATIONS	Périodes de retour (ans)					
	Méd(2)	10	20	25	50	100
KOLDA	11.5	49.1	77.4	88.5	130	185
SARE SARA	5.85	19.4	25.3	27.2	33.0	38.9
MADINA OMAR	3.71	10.2	13.8	15.0	19.4	24.5

Signalons qu'à Kolda le maximum de la série des débits de crues est de 116 m<sup>3</sup>/s en 1969-1970 et a une période de retour de 40 ans; à Saré Sara, mis à part la crue de 1969-1970 avec un débit maximum de 160 m<sup>3</sup>/s, la plus forte crue est celle de 1975-1976 avec un débit de pointe de 21,6 m<sup>3</sup>/s et une période de retour de 14 ans environ. A Madina Omar le débit maximal de crue enregistré est de 19,2 m<sup>3</sup>/s en 1975-1976 a un temps de retour de 40 ans.

La crue de 1984-1985, la plus faible jamais enregistrée à Kolda (3,47 m<sup>3</sup>/s) a une récurrence sèche de cent ans. A Saré Sara et Madina Omar, leur plus faible crue est survenue en 1983-1984 avec respectivement 1,58 m<sup>3</sup>/s et 0,98 m<sup>3</sup>/s et un temps de retour respectif de 8 et 30 années. La crue de cette même année à Kolda a une récurrence sèche de 12 ans.

D'une manière générale, les crues de la Casamance et de ses affluents en amont de Kolda durant ces quinze dernières années se caractérisent par leur faiblesse qui fait apparaître la crue de 1975-1976 comme exceptionnelle (fréquence décennale à Kolda).

Par conséquent on retrouve dans les chroniques des débits maximums de crues la grande variabilité déjà notée dans l'analyse des modules annuels. En effet, outre l'importance des coefficients de variation ( $C_v > 1$ ), le rapport des débits maximums extrêmes est très élevé (33,4 à Kolda; 13,7 à Saré Sara si on excepte la crue de 1969-1970; et 19,5 à Madina Omar). Notons qu'à Kédougou, station amont de la Gambie ce rapport de 2,74 (Lô H, 1984).

De toute évidence ces débits maximums de crues, dont la grande majorité ont été observées en cette période de fort déficit pluviométrique, ne traduisent pas la réalité des crues de la Casamance. Mais ils permettent tout de même de saisir l'étendue de leur variabilité.



### 1.3 -Relations entre débits maximums des trois stations.

L'intérêt de telles relations est de permettre une extension éventuelle des séries courtes et elles ont été recherchées entre Kolda, Saré Sara et Madina Omar. Les équations de régression sont indiquées ci-dessous (unité en  $m^3/s$ ):

$$Q_{max} \text{ Saré Sara} = 1,236 Q_{max} \text{ Kolda} - 6,965, \quad r = 0,928.$$

$$Q_{max} \text{ Madina Omar} = 0,366 Q_{max} \text{ Kolda} - 0,364, \quad r = 0,873.$$

Si une relation entre maximums de crue de Kolda et Saré Sara paraît évidente (nous avons déjà signalé que dans 57 % des cas la crue de la Casamance à Kolda était due à celle du Tiangol Dianguina) par contre, avec la Khorine à Madina Omar, la relation est de moindre qualité. En effet, on sait que la crue de la Khorine, souvent faible est le plus souvent synchrone avec celle du Tiangol Dianguina, de puissance plus forte. Brunet-Moret (1970) signale, par ailleurs qu'en cas de forte crue du Tiangol Dianguina le sens de l'écoulement de la Khorine s'inverse et elle se comporte comme un défluent.

Des relations ont également été recherchées entre débits maximums de crue et débits caractéristiques de crue, dépassés pendant 10 jours (DCC) et pendant 1 mois (DC1). Les régressions linéaires établies indiquent une bonne liaison entre  $Q_{max}$  et DCC; par contre elles sont plus lâches entre  $Q_{max}$  et DC1. les équations calculées sont les suivantes:

$$* \text{ Kolda : DCC} = 0,474 Q_{max} + 2,161, \quad r = 0,934, \quad n = 16$$

$$\text{DC1} = 0,177 Q_{max} + 3,296, \quad r = 0,738, \quad n = 16$$

$$* \text{ Saré Sara : DCC} = 0,572 Q_{max} + 0,078, \quad r = 0,931, \quad n = 11$$

$$\text{DC1} = 0,219 Q_{max} + 0,124, \quad r = 0,893, \quad n = 11$$

$$* \text{ Madina Omar : DCC} = 0,271 Q_{max} + 0,537, \quad r = 0,896, \quad n = 13$$

$$\text{DC1} = 0,123 Q_{max} + 0,410, \quad r = 0,764, \quad n = 13$$

Sur la base de ces relations il a été possible de déduire les débits caractéristiques de crue (DCC) de fréquence médiane et décennale qui serait de:

$$* \text{ Kolda : DCC médian} = 7,67 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{DCC décennal} = 25,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

\* Saré Sara : DCC médian =  $3,42 \text{ m}^3/\text{s}$   
DCC décennal =  $11,2 \text{ m}^3/\text{s}$

\* Madina Omar : DCC médian =  $1,54 \text{ m}^3/\text{s}$   
DCC décennal =  $3,30 \text{ m}^3/\text{s}$

On notera que le débit maximum médian est inférieur au débit de crue dépassé pendant 10 jours de fréquence décennale à Kolda et Saré Sara alors qu'à Madina Omar ils sont peu différents.

## 2 - LES ETIAGES.

Si la sécheresse actuelle a eu des effets remarquables sur les crues de la Casamance et de ses affluents, ses conséquences ont été plus dramatiques pour les basses-eaux. En effet la Casamance à Kolda et le Tiangol Dianguina à Saré Sara, jusque-là pérennes, ont connu, à partir de 1973-1974, de fréquents arrêts d'écoulement. La Khorine à Madina Omar, quant à elle, a toujours connu des étiages absolus nuls. Par conséquent nous nous intéresserons particulièrement aux stations de Kolda et Saré Sara.

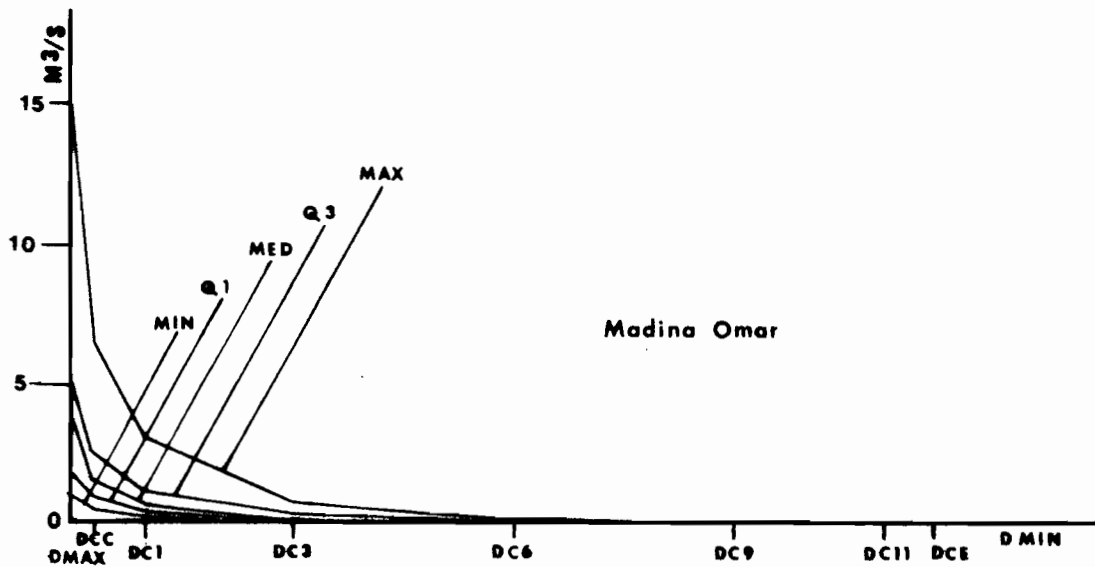
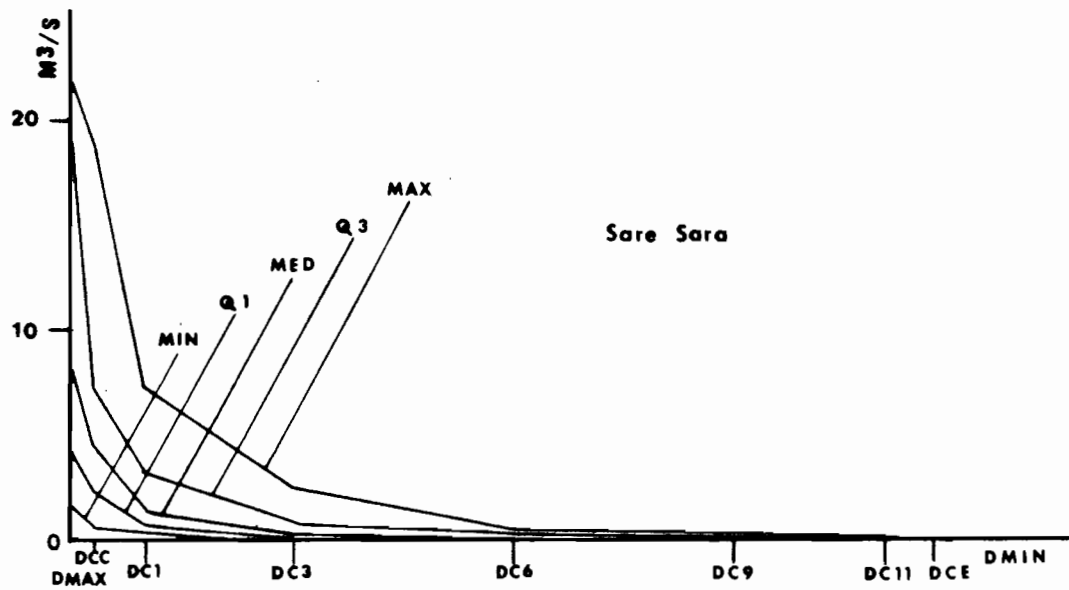
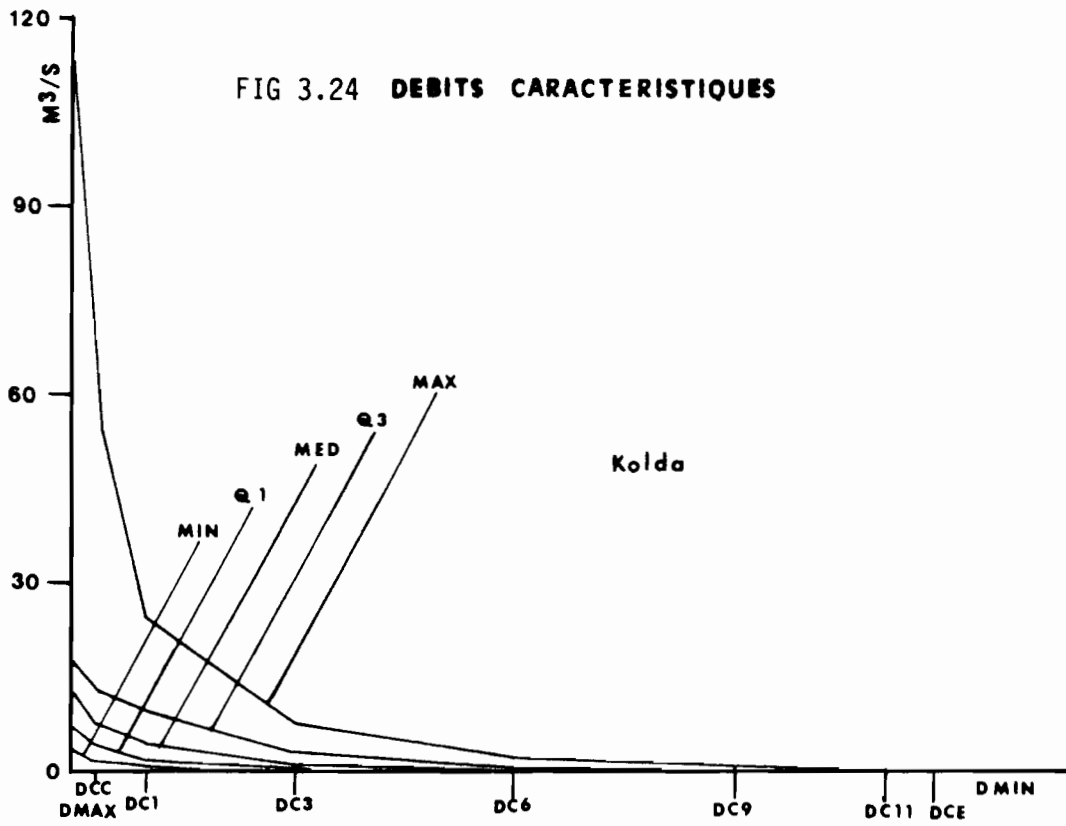
Compte tenu de la faiblesse de l'échantillon de débits minimaux aux deux stations, leur analyse statistique n'est pas envisagée. D'ailleurs, la figure 3.24 représentant les débits caractéristiques de crues et des étiages montre que ces derniers sont presque inexistantes. En revanche nous proposerons une estimation des débits d'étiages médians, décennaux sec et humide à partir d'une étude de corrélation linéaires entre débits minimaux et modules annuels pour la station de Kolda.

### 2.1 -Date d'apparition des étiages absolus.

Dans le tableau 3.27 sont consignés les débits journaliers minimaux et leurs dates d'apparition pour les stations de Kolda et Saré Sara. Ce tableau a été volontairement arrêté à l'année hydrologique 1976-1977 car pendant les années suivantes les minimums journaliers étaient nuls. Ces étiages absolus apparaissent tous au cours du mois de Mai.

Cela signifie que dans les tableaux des débits caractéristiques et extrêmes, les minimums journaliers, pour une année hydrologique donnée, peuvent ne pas correspondre aux minimums réels.

FIG 3.24 DEBITS CARACTERISTIQUES



En réalité c'est le problème de la définition de l'année hydrologique qui se pose. Chaperon (1975), dans sa note sur le régime hydrologique de la Casamance à Kolda, faisait démarrer l'année hydrologique au 1<sup>er</sup> juin, ce qui replaçait les minimums journaliers dans leur année hydrologique d'apparition.

A Kolda tous les minimums journaliers sont très faibles et ne dépassent pas 0,11 l/s.km<sup>2</sup>. A Saré Sara ils n'excèdent pas 0,184 l/s.km<sup>2</sup>. Cette extrême faiblesse des débits d'étiages est en étroite liaison avec l'épuisement des nappes dont la recharge est presque nulle pendant ces décennies de sécheresse, les conditions thermiques prévalant pendant cette période de l'année et l'absence de précipitations.

Tableau 3.27 Débits journaliers minimaux à Kolda et Saré Sara.

Année Hydrol.	Casamance à Kolda		Tiangol Dianguina à Saré Sara	
	Date	Q (m <sup>3</sup> /s)	Date	Q m <sup>3</sup> /s
1967/1968	15-05-68	.360	31-05-68	.150
1968/1969	23-05-69	.130	23-05-69	.080
1969/1970	28-05-70	.260	21-05-70	.150
1970/1971	16-05-71	.050		
1971/1972	25-05-72	.100		
1972/1973	06-05-73	.000		
1973/1974	17-05-74	.000		
1974/1975				
1975/1976	25-05-76	.020	23-05-76	.030
1976/1977	20-05-77	.032	25-05-77	.010

## 2.2 - Relations étiages absolus - modules annuels

Les échantillons de débits d'étiages absolus étant très réduit, toute étude statistique s'avère impossible alors que la connaissance des débits d'étiages médian, décennaux sec et humide sont d'une grande importance. L'estimation de ces débits caractéristiques a été tentée par une approche statistique en recherchant une éventuelle liaison entre les débits d'étiages et les modules annuels à la station de Kolda:

$$Q_{min} \text{ (m}^3\text{/s)} = 0,047 \bar{Q} - 0,057, \quad r = 0,947, \quad n = 9$$

avec  $\bar{Q}$ , module annuel; r, coefficient de corrélation et n, nombre de couples.

Sur la base de cette relation on obtient les estimations suivantes pour ces débits caractéristiques minimums:

Débit minimum décennal sec : 0

Débit minimum médian : 0,130 m<sup>3</sup>/s

Débit minimum décennal humide : 0,300 m<sup>3</sup>/s

S'appuyant sur les observations de la période 1967-1973 Chaperon (1975) a donné pour cette même station les estimations suivantes pour ces différents débits caractéristiques:

Qmin. déc. sec = 0 - 0,1 m<sup>3</sup>/s

Qmin. médian = 0,2 - 0,3 m<sup>3</sup>/s

Qmin. déc. humide = 0,4 - 0,5 m<sup>3</sup>/s

Les différences entre ces deux estimations résultent de la prise en compte des années extrêmement sèches, marquées un arrêt de l'écoulement, observées durant cette période de sécheresse.

## **CHAPITRE IV**

# **LE BILAN HYDROLOGIQUE**

Le bilan hydrologique par sa formulation traduit le mieux la relation existant entre les volumes d'eau précipités sur un bassin et ceux écoulés à son exutoire.

L'équation du bilan hydrologique s'écrit :

$$P \text{ (mm)} = Le \text{ (mm)} + Er + R1 - Ro$$

dans laquelle : P est la hauteur de précipitations en mm.

- Le est la lame d'eau écoulée en mm, c'est-à-dire le volume écoulé ramené par la superficie du bassin à une hauteur comparable à la hauteur de précipitation. Le est parfois désignée par P'(mm) ou He(mm)

- Er est la lame d'eau prélevée par l'évapotranspiration réelle en mm.

- R1 et Ro représentent respectivement les lames d'eau (mm) mises en réserves, stockées dans le sol ou les nappes souterraines et restituées par ces mêmes aquifères au cours d'une période donnée. Cependant, sur une longue période R1-Ro tendent à s'équilibrer (R1- R#o).

Dès lors, le bilan s'exprime plus simplement sous la forme :

$$Er = P - Le = De \text{ ou déficit d'écoulement.}$$

Dans cette équation, deux termes sont connus : P et Le desquels on déduit le coefficient d'écoulement :

$$Ke \% = \frac{Le}{P} \cdot 100$$

La pluie moyenne P reçue par les différents bassins étudiés a été obtenue par la méthode de Thiessen sur la période 1967/1986 puis étendue jusqu'en 1935 par corrélation avec le vecteur régional dénommé "pluie régionale" (cf chap.I).

La lame d'eau écoulée, Le, se déduit facilement à partir des modules par la formule :

$$Le \text{ (mm)} = \frac{Qm3/s \cdot 31,6 \cdot 10^3}{S \text{ (km}^2\text{)}}$$

### 1.1. Lames d'eau écoulées et Précipitations annuelles - Corrélations hydropluviométriques.

Nous rappelons les résultats de cette analyse corrélatoire faite au premier chapitre de cette troisième partie.

Casamance à Kolda :  $Le (mm) = 0,090 \bar{P}mm - 58.597, r = 0.966$

Khorine à Madina Omar :  $Le (mm) = 0,106 \bar{P}mm - 64.3, r = 0.940$

Saré Koutayel à :  $Le (mm) = 0,023 \bar{P}mm - 15.56, r = 0.966$

Baïla à Toukara :  $Le (mm) = 0.00554 \bar{P}mm - 2.645, r = 0.992$

La valeur des coefficients de corrélation ( $r > 0.94$ ) montre l'existence d'une liaison étroite entre lames écoulées et précipitations annuelles. Compte tenu de la brièveté de la période de suivi hydrologique comparativement à la longue période d'observations pluviométriques, l'existence de ces relations fonctionnelles a permis d'étendre la chronique de lames écoulées et partant les modules annuels.

### 1.2. Coefficients d'écoulement

L'étude des corrélations hydropluviométriques a permis de constituer un échantillon de coefficients d'écoulement annuels. La densité des relations liant les lames écoulées aux précipitations moyennes nous a conduit à faire une étude statistique des coefficients d'écoulement, étude susceptible d'apporter un complément d'information, l'occurrence de tel ou tel coefficient étant liée à l'occurrence de telle ou telle hauteur de précipitations sur le bassin.

Une telle étude menée sur la série de 52 ans (échantillons étendus) a donné les résultats consignés dans le tableau 3.28 où nous avons indiqué les coefficients d'écoulement de récurrences décennales sèche et humide, médiane et les précipitations moyennes qui leur sont associées.

On remarque l'importance des coefficients d'écoulement des affluents de rive gauche coulant du sud vers le nord-ouest (Saré Sara et Madina Omar) comparés à ceux des affluents de rive droite dont les drains sont orientés vers le sud ou vers l'Ouest (Saré Koutayel et Toukara).

Le fait que nos stations ne soient pas situées sur la même rivière ne permet pas d'appréhender l'évolution des coefficients d'écoulement ( $Ke$ ) en fonction de celle des superficies des bassins versants.



Tableau 3.28 - Coefficients d'écoulement de fréquences décennales sèche, humide et médiane

STATION	Décennale sèche		Médiane		Décennale humide	
	Ke	$\bar{P}_{mm}$	Ke	$\bar{P}_{mm}$	Ke	$\bar{P}_{mm}$
Kolda (Gauss)	1,12	801	3,075	1055	5,03	1300
Saré-Saré (Pearson III)	2,16	837	4,34	1085	7,18	1333
Madina Omar (Gauss)	2,06	833	4,21	1102	6,36	1371
Saré Koutayel (Pearson III)	0,265	768	0,692	998	1,27	1227
Toukara (Gauss)	0,154	660	0,295	1150	0,436	1640

Les coefficients d'écoulement du Baïla à Toukara apparaissent très faibles quand on les compare avec les prévisions faites sur la base des observations réalisées en 1966-1967 (Brunet-Moret, 1967) et en 1970-1971 (Olivry J C, Chouret A 1981) sur des affluents voisins mais de sens d'écoulement différent.

En effet l'examen des résultats obtenus par Brunet-Moret en 1967 indique l'existence de deux classes de bassins versants:

- ceux orientés vers le sud : Bounkiling Diango auxquels on peut adjoindre le bassin de Bignona à Sindian et à Sandougou.

- ceux orientés vers l'ouest : les bassins de Diarone, Badiouré qui ont le même sens d'écoulement que le Baïla à Toukara (Est - Ouest).

Le tableau 3.29 ci-après rassemble les coefficients d'écoulement obtenus sur ces bassins.

Tableau 3.29 - Coefficients d'écoulements de quelques bassins de Basse Casamance.

STATION	S.km <sup>2</sup>	Année	$\bar{P}_{mm}$	Ke %	Sens écoulement
Diango à Djinonaye	11	1966-67	1355	2,4	NW - SE
à Tankoron	43	1966-67	1330	10,5	NW - SE
à Diango	135	1966-67	1255	11,2	NW - SE
Bassin de Bounkiling	200	1966-67	1340	2,2	NW - SE
Bassin de Diarone	16,5	1966-67	1180	2,8	SE - NW
Bassin de Badiouré	24,5	1966-67	1130	1,1	E - W
Bignona à Sindian	11	1970-71	1150	9,0	N - S
Bignona à Sandougou	84,7	1970-71	1253	5,9	N - S

Ce tableau montre des différences sensibles de  $K_e$  entre les bassins pour une pluviométrie moyenne dont la variation est faible. Cependant ces différences qui ne peuvent être imputées uniquement à l'orientation des drains devraient être recherchées dans la configuration des nappes, leur sens d'écoulement et l'importance de la zone de contact nappe-marigot. Une étude typologique des bassins versants en Casamance devrait apporter une connaissance précise des coefficients d'écoulement en fonction de ces différents paramètres et en faciliter l'extrapolation éventuelle. Malheureusement des études de ce genre en Casamance sont rares, voire inexistantes.

Le programme d'hydrogéologie en cours sur le bassin versant du marigot de Baïla devrait améliorer la connaissance de la configuration de la nappe si le rattachement des puits suivis à une cote de référence unique était réalisé.

Pour les stations de Kolda, Saré Sara et Madina Omar, des relations entre coefficients d'écoulement et pluie moyenne ont été recherchées par corrélation. La prise en compte de l'intégralité des échantillons n'ayant pas donné de bons résultats, l'analyse corrélatrice a été faite sur trois groupes de pluies moyennes ( $P_{mm}$ ) :

- $\bar{P}_{mm}$  inférieures à 1000 mm
- $\bar{P}_{mm}$  comprises entre 1000 et 1200 mm
- $\bar{P}_{mm}$  supérieures à 1200 mm

Les résultats (Tabl.3.30) montrent une organisation des coefficients d'écoulement en familles, avec une bonne relation avec les tranches de pluies moyennes 1000 - 1200 mm et supérieures à 1200 mm. Pour les pluies moyennes inférieures à 1000 mm, la relation devient de plus en plus lâche notamment pour Saré Sara ( $r = 0.170$ ) et Madina Omar ( $r = 0.134$ ).

La faiblesse de la liaison entre les coefficients d'écoulement et les pluies moyennes inférieures à 1000 mm (années déficitaires) s'explique par la largeur de l'éventail des pluies moyennes prises en compte mais aussi par le fait qu'en années pluviométriquement déficitaires, les aléas marquant la répartition spatiotemporelle des précipitations, le déficit d'alimentation des nappes susceptibles d'alimenter l'écoulement en période de basses eaux, favorisent beaucoup plus l'évaporation directe et l'évapotranspiration que l'écoulement. Il s'ensuit une forte dispersion de coefficients d'écoulement parfois même pour des précipitations moyennes peu différentes.

### 1.3. Le déficit d'écoulement.

Le déficit d'écoulement correspond à la consommation d'eau par évapotranspiration réelle ( $E_r$ ) d'une part, à laquelle s'ajoute, d'autre part, la différence entre le stock d'eau mis en réserve dans les aquifères souterrains ( $R_I$ ) et le volume restitué provenant de ces mêmes réserves ( $R_O$ ).

$$D_e = E_r + R_I - R_O$$

Tableau 3.30 - Corrélation coefficients d'écoulement - Pluies moyennes

Station	$\bar{P}_{mm}$	$K_e$ %	Equation régression	r	n
KOLDA	< 1000	$\leq 3$	$K_e = 0,0077\bar{P}_{mm} - 4.61$	0.806	15
	1000-1200	3.2 - 4.0	$K_e = 0.0047\bar{P}_{mm} - 1.559$	0.988	12
	> 1200	> 4.1	$K_e = 0.0033\bar{P}_{mm} + 0.154$	0.986	14
SARE-SARE	< 1000	< 3.7	$K_e = 0.0019\bar{P}_{mm} + 0.461$	0.170	15
	1000-1200	4.3 - 5	$K_e = 0.0045\bar{P}_{mm} + 0.183$	0.988	13
	> 1200	> 5.2	$K_e = 0.0027\bar{P}_{mm} + 2.026$	0.994	12
MADINA OMAR	< 1000	< 4	$K_e = 0.0018\bar{P}_{mm} + 0.562$	0.134	18
	1000-1200	4 - 5	$K_e = 0.0052\bar{P}_{mm} - 1.041$	0.970	15
	> 1200	> 5.3	$K_e = 0.0032\bar{P}_{mm} + 1.453$	0.995	15

Les variations de  $D_e$  d'une année à l'autre peuvent être relativement importantes. Ces variations tiennent en partie à celles de  $E_r$ , mais surtout aux conditions de stockage ou de restitution des réserves, très variables, suivant la configuration de l'année hydrologique considérée. Cependant, dans le bilan interannuel, stockage et restitution des réserves, tendent à s'équilibrer ( $R_I \approx R_O$ ) d'autant mieux que la période d'observation est longue; le déficit d'écoulement moyen représente alors le seul paramètre  $E_r$ , valeur moyenne de l'évaporation réelle ( $D_e = P_{mm} - L_e$ ) de la région.

Nous allons tenter de dresser un bilan annuel de ce paramètre pour les stations de Kolda, Saré Sara, Madina Omar, Saré Koutayel et Toukara ; un bilan mensuel sera établi pour les trois premières stations.

### 1.3.1. Le bilan annuel

Le tableau 3.31 présente les valeurs moyennes des précipitations, des lames écoulées, du déficit et des coefficients d'écoulement sur leur période d'observation respective. La sécheresse, ayant fortement marqué cette période, explique la faiblesse de ces valeurs moyennes. Si on considère le bassin de la Casamance en amont de Kolda, le déficit moyen varie de 850 à 909 mm (différence entre P<sub>mm</sub> et Le<sub>mm</sub> de chaque bassin versant), variations peu significatives si l'on tient compte de l'imprécision sur la détermination de la pluie moyenne.

Les valeurs de ce déficit sont loin de refléter les réalités, compte tenu de l'empreinte de la sécheresse.

Calculé sur la base de l'échantillon de 52 ans, le déficit d'écoulement serait de 1008 mm pour le bassin de Kolda ; 1035 mm pour Saré Sara ; 1051 mm à Madina Omar ; 990 mm à Sara Koutayel et 1085 mm à Toukara. Ces valeurs de De semblent plus probables eu égard aux pluies moyennes et les lames écoulées calculées sur la même période. Une comparaison entre déficit d'écoulement et évapotranspiration potentielle (tabl. 1.6) à Kolda montre une différence significative quel que soit le mode de calcul de l'E.T.P, trop importante pour les disponibilités en eau de la région.

Tableau 3.31 - Précipitations moyennes, lames écoulées, coefficients et déficits d'écoulements.

STATIONS	Nbre. années	ANNEE MOYENNE				VALEURS EXTREMES			
		P <sub>mm</sub>	Le <sub>mm</sub>	De <sub>mm</sub>	Ke %	Maximum		Minimum	
						De <sub>mm</sub>	Ke %	De <sub>mm</sub>	Ke %
KOLDA	20	895	19,1	875.9	1,95	1194	6.4	642	0,26
SARE SARA	20	932	35.6	896.3	3,60	1189	11,7	645	0,5
MADINA OMAR	20	935	25,5	909,5	2.725	1230	6.6	651	0,8
SARE KOUTAYEL	9	856.4	6.44	850	0.666	1129	2.5	664	0.030
TOUKARA	8	741	1.6	739.4	0.195	952	0.34	458	0.020

### 1.3.2 - Le bilan mois par mois.

Le bilan mois par mois a été dressé sur la base de trois éléments : la pluie moyenne mensuelle (P<sub>mm</sub>), la lame écoulee (Le<sub>mm</sub>) et le déficit d'écoulement (De<sub>mm</sub>). Les hauteurs pluviométriques mensuelles sont obtenues par la méthode de Thiessen ; les lames écoulées ont été calculées à partir des débits moyens mensuels. Le déficit d'écoulement, égal à P - Le, peut devenir négatif (excédant d'écoulement pendant la saison sèche de, Décembre à Avril).

Ce bilan très sommaire (tabl.3.32) montre que la part de l'écoulement à l'échelle mensuelle reste très faible quelle que soit l'importance des précipitations mensuelles. Pour la station de Kolda, nous avons indiqué la valeur de l'évapotranspiration potentielle obtenue selon la méthode Penman. En partant de l'équation du bilan.

$$P_{mm} = Le + Er + RI - RO$$

dans laquelle  $De = Er + RI - RO$  et en supposant avec Penman (1954) que l'évapotranspiration potentielle est satisfaite lorsqu'elle est inférieure à la hauteur des précipitations on constate que c'est seulement durant les mois de Juillet, Août, septembre et Octobre que l'évapotranspiration est satisfaite (au mois d'Octobre, les réserves accumulées -différence entre De et E.T.P.- au cours des trois mois précédents satisfont à la demande de l'évaporation).

Les valeurs négatives de De pour certains mois en saison sèche indiquent que les sorties (écoulement) sont supérieures aux entrées (P). Elles représentent les apports ou les restitutions de la nappe à la rivière. Cette étude ne constitue qu'un schéma simplifié du comportement des bassins versants.

L'importance du déficit d'écoulement, mis à part celle de l'évapotranspiration, est à relier à la lithologie des bassins versants. En effet, le bassin continental de la Casamance est recouvert par les formations du Continental terminal, très perméables et par conséquent défavorables à l'écoulement de surface.

Tableau 3.32 - Bilan hydrologique mensuel.

Station		Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	
KOLDA	P	14.5	90.5	254.2	26.4	208.5	57.8	3.6	0.54	0.1	0.9	0.3	0	895
	Le	0.056	0.167	1,5	3,56	7,13	3,90	1,21	0,61	0,425	0.26	.182	0.097	19.1
	De	14.4	90.4	252.7	260.4	201.4	53,9	2,40	-0.07	-0.325	0.64	0.118	-0.097	875.9
	E.T.P	181	145	132	118	115	123	111	101	106	118	154	168	1572
SARE SARA	P	15.3	94.1	265	275	217.3	60.0	3.7	0.60	0	0	0	0	932
	Le	0.153	0.40	2.40	5.16	16.1	7.1	1.80	1.0	0.67	0.41	0.67	0.155	35.6
	De	15.15	93.7	262.6	269.8	201.2	52.9	1.9	-0.4	-0.64	-0.41	-0.27	0.155	896.4
MADINA OMAR	P	15.0	94.4	266	276	218	60	5.0	0.6	0	0	0	0	935
	Le	0.007	0.148	2.22	4.82	10.41	4.95	1.15	0.57	0.40	0.29	0.27	0.26	25.5
	De	14.99	94.25	263.8	271.2	207.6	55.0	3.85	0.03	-0.40	-0.29	-0.27	-0.26	909.5

## CONCLUSION

Au terme de cette analyse du régime hydrologique de la Casamance et de ses affluents en amont de Kolda et du marigot de Baïla à Toukara, on retiendra :

\* la nécessité d'un suivi permanent des stations hydrométriques de la Casamance, compte tenu de leur non bi-univocité, si l'on veut connaître avec une précision acceptable les écoulements de surface d'une manière générale et les étiages en particulier. Il se trouve que les moyens souvent mis à la disposition de la brigade de Kolda pour un tel suivi sont de loin insuffisants pour un tel travail.

\* la grande variabilité du régime de la Casamance dont les observations se situent malheureusement dans la période sèche actuelle. Cependant, les modules annuels reconstitués sur la base des chroniques de pluies annuelles, beaucoup plus longues, permettent une perception globale du phénomène dans sa variabilité temporelle d'une part et d'autre part de dégager les paramètres statistiques de ces modules qui se caractérisent par leur faiblesse.

\* l'influence de la sécheresse sur le régime saisonnier de la Casamance avec le raccourcissement de la période des hautes-eaux et l'apparition d'un écoulement intermittent conséquence à long terme du déficit pluviométrique cumulé et de la recharge insuffisante des nappes souterraines dont les restitutions en saison sèche contribuaient à soutenir les étiages.

\* les conséquences d'une telle situation est la réduction des disponibilités en eau de surface. Les figures 3.20 à 3.22 sont assez significatives de cet état de fait. Calculé sur la base de la série de 1935/1986, la Casamance écoulait en moyenne un volume d'eau équivalent à 129 milliards de  $m^3$  à Kolda. Sur la période réelle d'observation (1967/1986) ce volume n'est plus que de 70 milliards de  $m^3$ , ce qui ne représente que 55 % de cet apport interannuel. Si nous comparons les années extrêmes de notre série observée à Kolda (1967/1986) on obtient respectivement 278 milliards et 6.95 milliards soit un rapport de 0,025. Ces chiffres traduisent la grande variabilité des apports d'une année à l'autre.

Mais plus importante est la répartition saisonnière de volumes écoulés au cours de l'année et qui doit déterminer toute stratégie de gestion rationnelle de la ressource disponible pour l'agriculture. Dans le tableau 3.33, sont indiqués les volumes écoulés chaque mois. Ce tableau montre que c'est en saison humide, au moment où les cultures ont le moins besoin des eaux fluviales, qu'elles sont les plus abondantes. En revanche,

pendant la saison sèche, beaucoup plus longue, les apports deviennent insignifiants. Il apparaît donc un déphasage dans le temps entre disponibilités et besoins.

Or, le bassin de la Casamance ne dispose d'aucune infrastructure de maîtrise et de gestion de ces ressources en eau de surface dans le bassin en amont de Kolda.

En effet, tous les grands projets initiés concernent la Basse-Casamance avec comme priorité première, freiner la salinisation des sols et leur récupération par dessalement avec les eaux pluviales :

Tableau 3.33 - Volume moyen mensuel écoulé ( $10^3 m^3$ ) par La Casamance et ses affluents (1935/1986)

STATION	VOLUME MOYEN MENSUEL ECOULE												VOLUME
	J	Jt.	A	S	O	N	D	J	F	M	A		Moyen annuel
Kolda	387	1161	9933	23607	49020	25929	8385	3999	2838	1935	1161	645	129000
Saré Saré	168	546	3570	7392	18018	7602	1890	1050	756	504	294	210	42000
Madina Omar	6	152	2090	4123	7676	3306	798	361	266	152	57	13	19000

- Le barrage anti-sel de Guidel dont la construction est achevée depuis 1984.

- Le barrage d'Affiniam également sur le marigot de Bignona qui a été mis en eau en 1988.

Les projets de barrage anti-sel sur le Baïla et le Kamobeul dont les études de factibilité ont été réalisées respectivement par le bureau d'étude américain Louis Berger International et le Bureau Central d'Etude Outre-Mer (BCEOM), mais restés sans financement.

De toute évidence, une maîtrise et une gestion rationnelles de ces eaux de surface permettraient de suppléer dans une certaine mesure aux "caprices" du climat.

## CONCLUSION GENERALE

Cette étude consacrée aux **Précipitations** et aux **Ecoulements** sur le bassin de la Casamance, est une contribution à une meilleure connaissance de la pluviométrie et de l'hydrologie de la Casamance. Elle a été menée avec un double objectif :

- Rassembler l'importante documentation pluviométrique et hydrométrique, souvent éparse, en vue d'une exploitation rationnelle à l'échelle régionale.

- Fournir aux aménageurs et décideurs, une information actualisée, la dernière synthèse dans ces deux domaines remontant respectivement à 1963 et 1970 (BRUNET-MORET, 1968 ; 1970).

L'analyse des précipitations a révélé:

- \* la grande variabilité interannuelle des totaux, notamment durant ces dix-huit dernières années marquées par une sécheresse dont la persistance a été mise en évidence par le caractère non stationnaire des séries pluviométriques annuelles. En effet, cette sécheresse se traduit par une succession d'années durant lesquelles les totaux annuels sont exceptionnellement faibles et une généralisation géographique du déficit pluviométrique. L'analyse statistique des pluies annuelles, la cartographie des précipitations fréquentielles et les relations statistiques établies entre les pluies moyennes interannuelles et celles de diverses périodes de retour, doivent permettre d'estimer, avec une précision acceptable, ces dernières pour les stations ayant une période d'observation très brève.

- \* à l'échelle journalière, l'impact de la sécheresse sur les précipitations supérieures à 40 mm. Car, alors que le total annuel des pluies inférieures à 20 mm reste presque stationnaire, quelle que soit la pluviométrie annuelle, celui des pluies supérieures à 40 mm évolue en fonction du total annuel. Néanmoins, la probabilité d'occurrence des événements pluvieux ponctuels les plus forts demeure inchangée. Ce constat est très rassurant compte tenu de l'importance des pluies maximales - et des crues qu'elles sont susceptibles de générer - dans le dimensionnement des ouvrages hydrauliques ou routiers.

La bonne répartition des postes pluviométriques longue durée sur le bassin versant et la relation très étroite entre pluie moyenne interannuelle et la précipitation journalière de fréquence décennale devraient permettre une estimation consistante de la précipitation journalière décennale pour les zones dépourvues de stations pluviométriques.



Sur le plan hydrologique, l'étude du régime de la Casamance en amont de Kolda et de ses affluents, dans leur partie non influencée par la marée, montre le handicap que constitue la brièveté des échantillons de modules annuels. Cependant, le recours à la statistique, notamment aux méthodes d'analyse de corrélation-régression, a permis l'extension des séries de modules annuels. Il est évident que la reconstitution d'un phénomène naturel, quelle que soit la puissance de l'instrument utilisé et la rigueur de la méthodologie, reste assez délicate, surtout quand il s'agit d'un phénomène aussi fluctuant que les débits liquides d'un cours d'eau. A cela s'ajoute le fait que les observations ayant servi à l'étude corrélatrice se situent dans une période marquée par la sécheresse la plus sévère et la plus persistante de toutes celles connues jusque-là dans la région.

Néanmoins, la démarche suivie et l'attention accordée à la qualité des relations entre variables étudiées, la valeur des coefficients de corrélation, laissent penser que les modules annuels ainsi reconstitués restent dans la gamme des modules possibles et admissibles pour la Casamance et ses affluents.

L'analyse statistique des modules annuels, tout en dégagant les modules caractéristiques, a mis en évidence la grande variabilité des débits moyens annuels, d'une année à une autre.

Cependant, malgré la sécheresse, les grands traits du régime de la Casamance ressortent clairement de l'analyse de l'écoulement mensuel :

- apparition des hautes-eaux entre Août et Octobre avec une relative stabilité du mois de maximum (Septembre), en étroite liaison avec le régime des précipitations.

- apparition des basses-eaux dès le mois de Décembre, le minimum se situant en Mai.

Les conséquences dramatiques de la sécheresse actuelle sur le régime saisonnier de la Casamance sont la réduction de la période des hautes-eaux et l'apparition d'un écoulement intermittent, même à Kolda, du fait de l'épuisement des nappes dont la réalimentation n'est plus assurée convenablement par les précipitations.

Il en est résulté, à l'échelle journalière, une relation étroite entre précipitation et débit journalier en l'absence de toute pondération par les nappes.

Cette situation a d'importantes répercussions sur les disponibilités en eau de surface (dont la diminution ne cesse de croître) pour l'agriculture. Bien que la sécheresse actuelle ait rendu évidente la nécessité d'une maîtrise et d'une gestion rationnelle de ces eaux de surface, très peu de projets d'aménagement de ces dernières ont vu le jour

malgré l'importance qu'ils revêtent pour le développement agricole de la région.

Au terme de cette contribution à la connaissance des précipitations et des écoulements de surface sur le bassin versant de la Casamance, force nous est de reconnaître que le sujet est loin d'être clos. En effet, bien des aspects de l'hydroclimatologie de la Casamance n'ont pas été abordés ici.

Ainsi, dans le domaine de la pluviométrie, des études complémentaires pourraient porter sur :

- l'étude des intensités des averses. Le rôle que joue l'intensité des pluies sur la vitesse de concentration de l'écoulement vers l'exutoire d'un bassin versant ou sur les phénomènes d'érosion n'est plus à démontrer. Malgré le nombre très réduit de stations pluviographiques, une telle étude permettrait de dégager les caractéristiques essentielles des relations Intensité-Durée-Fréquence des averses.

- l'étude des épisodes pluvieux. En effet, si la connaissance de la pluie journalière de fréquence décennale est indispensable dans toute étude d'aménagement hydraulique, l'examen des relevés pluviométriques journaliers des stations du bassin de la Casamance révèle l'importance des épisodes pluvieux pouvant aller de deux à trente jours. Les hauteurs précipitées lors de ces épisodes peuvent dépasser de loin la précipitation journalière de fréquence décennale (LAHAYE J.P., 1978). Ainsi, la Station de Kolda a reçu du 28 au 30 Août 1927 (3 jours) 202 mm ; du 06 au 10 Août 1965 (5 jours), 255.1 mm; et du 06 au 15 Août 1958 (10 jours), 447.9 mm.

Les premières pluies réalisant généralement la saturation du sol, on conçoit aisément que les volumes ruisselés, générés par de tels épisodes pluvieux puissent être sans commune mesure avec ceux résultant d'une précipitation journalière décennale.

Il apparaît clairement que la connaissance de la distribution statistique des hauteurs de pluies précipitées lors de ces épisodes pluvieux peut améliorer notablement notre connaissance des précipitations sur le bassin de la Casamance.

Sur le plan hydrologique, nous avons montré le caractère synchrone des précipitation et des crues sur les différents sous bassins de la Casamance. Il serait intéressant de rechercher une relation liant les précipitations aux écoulements et tenant compte de la superficie des caractéristiques morphométriques des bassins versants. Une telle relation permettrait éventuellement l'estimation des écoulements pour les bassins versants non observés.

Voici quelques axes de recherches susceptibles de compléter notre connaissance les précipitations et des écoulements sur le bassin de la Casamance avec pour finalité l'aménagement des ressources en eau..

## B I B L I O G R A P H I E

- ADAM J.G. - 1961 - Contribution à l'étude de la flore de la végétation de l'Afrique Occidentale : La Basse-Casamance Première partie. Bull. IFAN, sér. A 33(4) : 911-933.
- ADAM J. G. - 1962 - Contribution à l'étude de la flore de la végétation de l'Afrique Occidentale : La Basse Casamance : deuxième partie - Bull. IFAN, sér. 1 - 25 : 116- 167.
- AIVAZIAN S. - 1978 - Etude statistique des dépendances. Edit. Mir. Moscou, 236 p.
- ALBERGEL J. - 1986 - Evolution de la pluviométrie en Afrique Soudano- Sahélienne. Exemple du Burkina-Faso. Col. International sur la révision des normes Hydrologiques suite aux incidences de la sécheresse. CIEH Ouagadougou - 17 p.
- ALBERGEL J. - 1987 - Expertise hydrologique sur 11 sites de Basse et Moyenne Casamance - Rapport ORSTOM/DAKAR - 24 p.
- ALBERGEL J. - 1987 - Genèse et Prédétermination des crues au Burkina- Faso du m<sup>2</sup> au km<sup>2</sup>. Etude des paramètres hydrologiques et de leur évolution. Thèse de Doctorat - Univ. Paris 6 - 340 p - 74 fig - 46 tab. + annexes.
- ALDEGHERI M. - 1979 - Mesure des débits à partir des vitesses. Manuel d'hydrométrie T.IV, I.D.T. n°41 313 p.
- ANDRE H. al - 1976 - Hydrométrie pratique des cours d'eau. Edit. Eyrolles. Coll. Dir. Etudes et Rech. E.D.F. - 259 p.
- ANNUAIRES Hydrologiques du Sénégal de 1974-1975 à 1977-1978. ORSTOM Dakar.
- ANNUAIRES Hydrologiques du Sénégal de 1978-1979 à 1984-1985. Directions des Etudes Hydrauliques Dakar.
- ARLERY R., GRISOLLET H., GUILMET B. - 1973 - Climatologie - Méthodes et pratiques. Monogr. Météo nat. Ed. Gauthier-Villars - 434 p.
- AUBREVILLE A. - 1949 - Climats, Forêts et Désertification de l'Afrique Tropicale. Soc. Ed. Géogr. Marit. et Col., Paris, 351 p. Fig. et Tabl.
- AUBRUN A. - 1988 - Mangrove ancienne de Basse Casamance (Sénégal) : caractérisation - Pédologie - Sédimentologie - Thèse de Doctorat - ULP/Strasbourg - 156 p.
- BAGNOULS et GAUSSEN - 1957 - Les climats biologiques et leur classification. In : Ann. de Géogr. n° 66 - pp. 193-200 - Paris.
- BALLO A. - 1984 - Les modalités de l'écoulement fluvial en domaine tropical humide africain. L'exemple des bassins du Niger et du Bani - Doct. du 3ème cycle - Univ. Nancy II - 176 p. - 33 fig.
- BCEOM - 1983 - Etude d'aménagement hydro-agricole en Moyenne Casamance. Rapport général, 58 p., Dakar.
- BCEOM/IRAT - 1980 - Etude économique et technique du barrage de Kamobeul, 3 vol., Dakar.
- BELLION D, DEBENAY T.P. - 1986 - Le bassin sédimentaire sénégal- mauritanien. Présentation générale in "livrets-guides n°s 1, 2, 3. Symposium International INQUA-ASEQUA - pp. 1-8, Dakar - du 21 au 29 Avril.
- BELLION Y., GUIRAUD R. - 1984 - Le bassin sédimentaire du Sénégal. Synthèse des connaissances actuelles. In : "Plan Minéral de la République du Sénégal". B R G M et D M G - Dakar, pp. 4-63.

- BERNER R.A. - 1972 - sulfate réduction, pyrite formation and the Oceanic Sulfur Budget Nobel Symposium, 20, pp. 347-362.
- BERRIT GR - 1952 - Esquisse des conditions hydrologiques du Plateau Continental du Cap-Vert à La Gambie. Bull. IFAN, XIV, A(3), pp. 735-761
- BEYE G. - 1979 - Les sols hydromorphes de l'Afrique de l'Ouest : aptitudes et contraintes dans leur utilisation - ISRA - 1979.
- BLASCO F. - 1983 - Mangrove du Sénégal et de Gambie. Statut écologique - Evolution - Final draft. CNRS E.R. 73. Univ. Toulouse III - Institut de la Carte Internationale du Tapis Végétal - 86 p.
- BOCQUILLON et al - 1980 - Calcul des lames d'eau à partir des relevés pluviométriques ponctuels : Méthode M.T.H. Météorologie VIe, série n°s 20-21, pp. 201-203.
- BOIS Ph. - 1980 - Cours d'hydrologie générale. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique de Grenoble, 175 p.
- BOUDET G. et al - 1970 - Pâturages naturels de la Haute et Moyenne Casamance. Etude agrostologique n° 27 - 239 p. 1 carte au 1/200 000.
- BROCHET P. et GERBIER N. - 1974 - L'évapotranspiration - aspect agro-météorologique. Evaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle. Monogr. n° 65. Météorologie Nationale - 95 p.
- BRUNET-MORET Y. - 1963 - Etudes générales des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale. Rép. du Séné gal. CIEH-ORSTOM Paris.
- BRUNET-MORET Y. - 1969 - Etude de quelques lois statistiques utilisées en "hydrologie". Cah. ORSTOM - Hydrol. Vol. VI, n° 3, 99 p.
- BRUNET-MORET Y. - 1970 - Etude hydrologique en Casamance. Rapport définitif, 52 p., 102 fig., 104 tabl. ORSTOM/PARIS.
- BRUNET-MORET Y. - 1971 - Etude de l'homogénéité des séries chronologiques de précipitations annuelles par la méthode des doubles masses. Cah. ORSTOM, Hydrol., vol. VIII, n° 4.
- BRUNET-MORET Y. - 1977 - Test d'homogénéité. Cah. ORSTOM, Hydrol., vol. XIV, n° 2, pp. 119-129.
- BRUNET-MORET Y. - 1980 - Retour sur l'homogénéisation des pluies annuelles par vecteur régional. Météorologie, VIè série, n°s 20-21, pp. 61-65.
- C.C.C.E. - 1983 - Notes sur les aménagements hydro-agricoles de vallées de Moyenne et Basse Casamance. Dakar, C.C.C.E, Juillet 1983 - 28 p. - multigr..
- C.T.R.E.F. - 1980 - Synthèse Nationale sur les crues des petits bassins versants. 4 fascicules, 170 p.
- CARBONNEL J. P., HUBERT P. - 1985 - Sur la sécheresse au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du Burkina-Faso (en Haute-Volta). C.R. Acad. Sci., T. 301 n° 13. pp. 941-944.
- CASENAVE A. - 1978 - Etude hydrologique des bassins de Sanguéré, Cah. ORSTOM, Hydrol., vol. XV, n°s 1-2.
- CHAPERON P. - 1975 - Note provisoire sur le régime hydrologique de la Casamance à Kolda. ORSTOM/PARIS, 19 p., 6 fig.
- CHAPERON P., GUI GUEN N. - 1974 - Etude hydrologique du bassin versant continental du Fleuve Gambie - Rapport terminal T.1 : Résultats des mesures et analyses des données - 83 p. ORSTOM/Dakar.

- CHARREAU C., SEGUY L. - 1965 - Mesure de l'érosion et du ruissellement à SEFA, en 1968. *Agronomie Trop.* XXIV, 11, pp.1055-1097, 1969.
- CHAUVEL A. et al - 1969 - Sur la mise en évidence et la caractérisation d'un horizon B dit «de comportement» dans les sols rouges de Casamance (Sénégal) - C.R. Acad. Sci. Paris - 269, pp. 2080-2083.
- CHAUVEL A. - 1977 - Recherche sur la transformation des sols fer raltitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées, évolution et réorganisation des sols rouges de Moyenne Casamance (Sénégal). *Trav. et Doc. ORSTOM*, 534 p. Paris.
- CHEVAULIER F. - 1975A - Mousson et précipitation dans quelques stations du Sénégal : Podor, Dakar, Kédougou, Ziguinchor. *Trav. et Doc. de Géog. Trop. Talence*. n° 19, pp. 113-141.
- CHEVAULIER F. - 1975b - Lignes de grains et précipitations au Sénégal. *Idem*. pp. 143-177.
- CORMARY Y. et al - 1973 - Méthodes d'étude régionale des ressources en eau. Application au bassin de l'Allier. *Lab. Nat. d'Hydraulique MONTPELLIER*, 133 p.
- D A T - 1986 - Cartographie et télédétection des ressources de la République du Sénégal. Etude de la Géologie, Hydrologie, Sols, Végétation et potentiels d'utilisation de sols - 653 p. + cartes h.t. - Dakar.
- DACOSTA H. - 1983 - Etude hydrologique du Marigot de Baïla : Campagnes 1980-1982 - Mémoire de maîtrise de Géog. Univ. de Dakar, 121 p.
- DACOSTA H. - 1985 - Essai d'extension des échantillons de débits moyens mensuels et annuels du fleuve Gambie. *ORSTOM - Lab. Hydrologie. Montpellier* - 72 p.
- DACOSTA H. - 1986 - Pluie et écoulement sur le bassin de la Casamance - Projet de recherche - Univ. Paris I - 37 p.
- DANCETTE C - 1976 - Mesure d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation d'une nappe d'eau libre au Sénégal. Orientation de travaux portant sur les besoins en eau de cultures. *Agro-Trop.* 1976 n° 4.
- DE SPENGLER (A.) et al - 1966 - Le bassin secondaire-tertiaire du Sénégal. In : "Bassins sédimentaires" du littoral africain. 1ère Partie : littoral Atlantique. D. REYRE - Assoc. Serv. Geol. Afric. (A S G A) pp. 80-94
- DEBYSER J. - 1961 - Contribution à l'étude géochimique des vases marines. I.F.P., Ed. technip. 239.
- DIAWARA L. - 1985 - Contribution à l'étude de la variabilité pluviométrique au Mali. *Mém. DEA. Univ. Paris Sud Orsay* - 75 p.
- DIOP E.S. - 1986 - Estuaires Holocènes Tropicaux. Etude de géographie physique comparée des «Rivières du Sud» : du Saloum (Sénégal) à la Mélanésie (République de Guinée). Thèse de Doctorat d'Etat ès-Lettres - ULP/Strasbourg - 2 tomes, 522 p., 72 Tabl., 117 fig. + photos.
- DIOP M - 1977 - Monographie climatique d'une station synoptique : Ziguinchor (1946 - 1975) Mémoire de maîtrise, Départ. de Géographie Fac. Lettres et Sciences Humaines, Univ. Dakar, 98 p.
- DOMAIN F. - 1977 - Carte sédimentologique du Plateau Sénégalien, extension à une partie du Plateau continental de la Mauritanie et de la Guinée-Bissau. Note explicative n° 68, *ORSTOM, Paris*, 16 p.
- DROUHIN et COUPEY - 1961 - Rapport de fin de sondage de Diana-Malari 1 (DMI) R.G. n° 10 comp. Pétrol. Total Afrique de l'Ouest.

- DUBREUIL P. - 1966 - Les caractères physiques et morphologiques de bassins versants - Leur détermination avec une précision acceptable, Cah. ORSTOM, Hydrol. Vol. 3, n° 4.
- DUBREUIL P. - 1973 - Le transfert d'information hydrologique à des bassins versants non observés. Coll. Sur l'élaboration des projets d'utilisation des ressources en eau sans données suffisantes. UNESCO, WMO, IAHS, Madrid, Juin 1973. Vol. II, pp. 231-241.
- DUBREUIL P. - 1974 - Initiation à l'analyse hydrologique - Paris Masson - 216 p. - 40 fig.
- DUBREUIL P. - MOREL M. - SECHET P. - 1975 - Comportement et interaction des paramètres physiques de petits bassins versants semi-arides et intertropicaux. Cah. ORSTOM, Hydrol. Vol. XII, n° 1.
- DUBREUIL P. et al - 1975 - Le bassin de la rivière Sanaga. Monog. Hyd. ORSTOM, 350 p - cartes.
- FAUCK R. - 1955 - Etude pédologique de la région de Sédhiou - Agro. Trop. n° 6 - pp. 752-793.
- FAUCK R. - 1971 - Evolution du quartz dans les sols rouges ferrallitiques développés sur roches sableuses et gréseuses de l'Afrique Occidentale - C.R. Acad. Sci. Paris - 271 - pp. 2273-2276.
- FAURE H., VIELLEFON J., DIOP CH. A. - 1974 - Evolution de la ligne de rivage holocène en Casamance (Sud du Sénégal) - Bull. ASEQUA, N° 42-43.
- FLICOTEAUX et MEDUS - 1980 - Existence d'une lacune entre les terrâmes marins du Paléocène et du Néocène du Sénégal méridional, démontrée par les microfaunes et les microflores. Etude géol. Ouest-Afric. Lab. Ass. CNRS n° 132 - sér. A, n° 12 - Univ. Marseille St. Jérôme.
- FRANCIS-BOEUF - 1946 - Recherches sur le milieu fluviomarain et les dépôts d'estuaires. Ann. Inst. Océan, 23(3), pp. 144- 344.
- FRECAUT R. - 1982 - Eléments d'hydrologie et de dynamique fluviale : T.1 - régions chaudes et humides des basses latitudes - Publ. Univ. Nancy II - 147 p.
- GALLAIRE R. - 1980 - Etude hydrologique du Marigot de Baïla. Campagne 1979-1980. ORSTOM/DAKAR.
- GIRAUD et ROSSIGNOL - 1973 - Recherche de cycles dans les pluies annuelles de Dakar de 1901 à 1972 et du Sénégal de 1924- 1972. Actes du colloque de Nouakchott, 17-19/12/1973. Dakar N. Ed. Af. 212 p.
- GOUDIABY A. - 1984 - L'évolution de la pluviométrie en Sénégal de l'origine des stations à 1983. Mémoire de maîtrise, Départ. de Géographie, Fac. de Lettres et Sciences Humaines, Univ. de Dakar, 225p.
- GORODISKI - 1958 - Miocène et indices phosphates en Casamance - C.R. sommet Soc. Géol. France n° 3 - pp. 75-76 - Paris.
- GUEYE S. - SAMBOU B. - 1983 - Etude d'aménagement hydro-agricole en Moyenne Casamance. DEEP-SOMIVAC, Ziguinchor, 2 vol., 26 p.
- HERNIAUX, C.R. - 1955 - Sur un nouvel indice climatique d'humidité proposé pour l'Afrique Occidentale. Bull. IFAN, sér. A, 17 - pp. 1-6 + carte.
- HIEZ G. - 1969 - Homogénéisation des données pluviométriques. Instruction de calculs pour la programmation. Sudene- UNESCO, 19 p. + Annexes.
- HIEZ G. - 1977 - Homogénéisation des données pluviométriques, CAH. orstom, HYDROL. VOL. xiv, N° 2.

- HIEZ G. et al - 1985 - Le vecteur régional et les fluctuations climatiques. Coll. climat. et développement. In : "Colloques et Séminaires" - 15-16 Oct. 1985 - pp. 113-122 - ORSTOM/PARIS.
- JACCON G. - 1987 - Tracé de la courbe de tarage et calcul des débits. Manuel d'hydrométrie T.5. I.D.T. n° 70 ORSTOM - 385 p.
- JUSSERAND Cl. - 1971 - Contribution à l'analyse de la pluviométrie sur le bassin du CHER, Rev. de Géol. Phys. et de Géol. Dyn. (2), Vol. XIII, fasc. 5, pp. 505-514.
- KALCK Y. - 1978 - Evolution des zones à mangroves du Sénégal au Quaternaire récent. Etudes géologiques et géochimiques - Thèse du 3ème cycle - 117 p. - ULP/Strasbourg.
- KLEIN J.C - 1967 - Etude hydrologique des bassins représentatifs dans le Sud-Est de la Haute-Volta, région de Manga - Rapp. définitif 1963/1965 - Rapport ORSTOM, multigr. 90.
- KRÜGER A.S. - 1980 - Etude hydrogéologique de la Casamance 1979/1980. Rapp. Général - Div. gén. Hydraulique et Equip. rural Dakar. Vol. 1 - 124 p. 33 fig. 17 tabl. 3 carte h.t.
- LAHAYE J.P. - 1978 - Etude hydrologique du barrage du Bagré sur la Volta Blanche. Etude des hauteurs exceptionnelles en un et plusieurs jours consécutifs. CIEH/Ouagadougou.
- LAMAGAT J.P. et P. MOLINIER M. - 1983 - Etude des anomalies des crues du Niger. Trav. et Doc. n° 161 - ORSTOM - 112 p.
- LAMAGAT J.P., ALBERGEL J., BOUCHEZ J. M., DESCROIX L. - 1989 - Monographie hydrologique du Fleuve Gambie (A paraître).
- LAPPARTIENT J.R. - 1983 - Evolution du bassin sénégal-mauritanien pendant le Cénozoïque (bordure et partie méridionale). In : bassins sédimentaires en Afrique. Résumé des communications. Séance spécialisée. Soc. Géol. de France - Marseille 7 - 8 Mars 1983. Lab. Sci. Terre Fac. Sci. Univ. Marseille - St. Jérôme - sér. A, n° 15.
- LAVABRE J. - 1980 - Analyse de la pluviométrie du Réal Collobrier par la méthode des composantes principales. La Météorologie VIè série n°s 20-21 - pp. 205-217.
- LEBART J. - FENELON J.P. - 1978 - Statistiques et informatiques appliquées Edit. Masson.
- LE BORGNE J - 1979 - Un exemple d'invasion polaire sur la région mauritano-sénégalaise. Annales de Géographie, n°498, Sept-Oct, pp. 521-548.
- LE BORGNE J - 1988 - La pluviométrie au Sénégal et Gambie. Labo. Climatol. Dépt. Géographie, Fac. Lettres et Sc. Hum. Univ. Cheikh Anta Diop Dakar 94p
- L'HOTE Y. - 1985 - Contrôle de la qualité et de l'homogénéité des données pluviométriques par la méthode du vecteur des indices annuels de précipitations - Lab. Hydrol. ORSTOM/MONTELLIER, 8 p.
- LENCASTRE A. - 1984 - Manuel d'hydraulique générale. Coll. Dir. Etudes et Recherches. E D F. Edit-Eyrolles - 411 p.
- LE PRIOL J - 1983 - Synthèse hydrogéologique du bassin sédimentaire casamançais - 3 vol. DEH - Dakar.
- LEROUX M. - 1974 - La circulation générale de l'atmosphère et les oscillations climatiques tropicales. Actes du Colloque de Nouakchott N.E.A./DAKAR - pp. 82-88.
- LEROUX M. - 1974 - La dynamique des précipitations au Sénégal - Notes Africaines n° 139 - IFAN/DAKAR.

- LEROUX M - 1976 - Processus de formation et d'évolution des lignes de grains de l'Afrique Tropicale Septentrionale. Rech. de Clim. Trop. n°1 - Dépt. Géog. FAC/Lettres et Sci. Hum. - Dakar.
- LEROUX M. - 1983 - Le climat de l'Afrique Tropicale - 2 vol., 650 p., 351 fig. + Atlas 250 cartes - Edit. Champion Paris.
- LO H.M. - 1984 - Le bassin de la Gambie en amont de Gouloumbou. Contribution à l'hydrologie et à la dynamique fluviale en milieu tropical humide africain. Doct. du 3ème cycle Univ. Nancy II, 396 p. 55 fig. 10 cartes + 38 tableaux.
- LOUIS BERGER INTERNATIONAL -1980 - Programme de développement de la vallée du Ba'la en Casamance - 5 vol. Dakar.
- LY A. - 1984 - Biozonation des formations sédimentaires tertiaires de Casamance au Sénégal. J. Af. Earth Sci. vol. 2 n° 1 - pp. 57-60.
- MAIGNIEN R. - 1961 - Le passage des sols ferrugineux tropicaux aux sols ferrallitiques dans les régions sud-ouest du Sénégal. "Sols Africains - Vol. 6, n°s 2-3, pp. 113- 173.
- MAIGNIEN R. - 1965 - Notice explicative carte pédologique du Sénégal au 1/1 000 000 - ORSTOM - 63 p. 1 carte h.t.
- MARIUS C. - 1985 - Contribution à l'étude des mangroves du Sénégal et de la Gambie. Ecologie - Pédologie - Géochimie - Mise en valeur et aménagement - Thèse doctorat ès-Sciences Naturelles - 309 p. + photo h. t. - ULP Inst. Geol. Strasbourg.
- MARIUS C. et al - 1986 - Evolution du golfe de Casamance au Quaternaire récent et changements de la végétation et des sols de mangrove liés à la sécheresse actuelle. In : INQUA/ASEQUA/DAKAR. Symposium - pp. 293-295 - Coll. Trav. et Doc. n° 197 - ORSTOM.
- MASSON J M. - 1977 - Persistance des états pluvieux en fonction de leur durée. Analyse de 52 années d'enregistrements pluviographiques à Montpellier-Bel-Air, cah. ORSTOM, Sér, Hydrol., Vol.XIV, n° 2.
- MICHEL P. - 1959 - L'évolution géomorphologique des bassins du Fleuve Sénégal et de la Haute-Gambie. Ses rapports avec la prospection minière. Arch. BRGM (paru dans Revue de Géomorphologie Dynamique - Mai-Déc./1960 - pp. 117-143).
- MICHEL P. - 1960 - Recherche géomorphologique en Casamance et en Gambie méridionale - Rapp. BRGM 67p + photos + annexes - Dakar.
- MICHEL P. - 1973 - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Mém. ORSTOM n° 63 - 3 tomes - 752 p.- Paris.
- MILLOT et al - 1970 - Sur l'origine de la silice des silicifications climatiques et des diatomées quaternaires du Sahara. C.R. Acad. Sci. Paris 272, pp. 4-7
- MILLOT G. - 1967 - Signification des études récentes sur les roches argileuses dans l'interprétation des faciès sédimentaires - Sédimentology 8. pp. 259-280.
- MOLINIER M. - 1981 - Etude hydrologique des bassins de la Comba (Cameroun), cah. ORSTOM, sér. Hydrol. Vol. XVIII, n° 2-3.
- MONCIARDINI - 1966 - La sédimentation éocène du Sénégal - Mém. BRGM n° 43.
- MONOD TH. - 1957 - Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique - 146 p. - Cons. Scient. pour l'Afr. au Sud du Sah. - Publ. n° 24 - Londres.



- MORAL P. - 1965/1966 - Le climat du Sénégal. Rev. Géog. Afr. Occid. Dakar n°s 1, 2, p 49-70 - 10 fig. ; n° 3 p. 3-35, 9 fig.
- MUSY A., MEYLAN P. - 1987 - Modélisation d'un processus non-stationnaire - Application à la pluviométrie en zone semi- aride. I.A.H.S. - Publ. n° 168, 1987 - pp. 287-299.
- NOUVELOT J.F. - 1973 - Hydrologie des Mayos du nord-Cameroun. cah. ORSTOM, sér. Hydrol. Vol. X, n° 3.
- OLIVRY J.C. - 1976 - Régimes hydrologiques en pays Bamiléké (Cameroun). Cah. ORSTOM. sér. Hydrol. Vol. XIII, n° 1.
- OLIVRY J.C. - 1981 - Etudes des précipitations à Sao Nicolau - Rapport ORSTOM/BONDY - 60 p.
- OLIVRY J.C. - 1983 - Le point en 1982 sur l'évolution de la sèche resse en Ségambie et aux Iles du Cap-Vert. Examen de quelques séries de longues durées (débits et précipita - Cah. ORSTOMn, sér. Hydrol. Vol. XX n° 1 - PARIS.
- OLIVRY J.C. - 1984 - Régimes hydrologiques des Fleuves et Rivières du Cameroun. Thèse de Doctorat d'Etat - USTL/Montpellier - 3 tomes - 1215 p. - 242 fig. - 255 tabl. + annexes.
- OLIVRY J.C. - CHOURET A. - 1981 - Etude hydrologique du Marigot de Bignona - Campagne 1970-1971 - ORSTOM/Dakar 93p.
- OLIVRY J.C. - DACOSTA H. - 1984 - Le Marigot de Baïla : bilan des apports hydriques et évolution de la salinité - Campagnes 1980-1983, 145 p, Rapport ORSTOM/ DAKAR.
- ONSCY H. - 1978 - Contribution à la méthodologie de l'analyse des données pluviométriques - Application à la Turquie. Thèse USTL Montpellier, 152 p., annexes, 88 p.
- PASCAL M. - 1983 - Recherche de phosphates au Sénégal : reconnaissance géologique par sondages carottés en Moyenne et Haute Casamance (Dépt. Kolda et Vélingara - Rapp. BRGM 83 - Dak. 003.
- PEREIRA-BARRETO S. - 1987/1988 - Carte pédologique de la Casamance au 1/200 000.
- PIMMEL A. - 1984 - Contribution à l'étude sédimentologique des mangroves de Casamance (Sénégal). Etude granulométrique et exoscopique. Thèse de Doctorat de Spécialité - Institut de Géographie ULP - 127 p. + pl. photos et annexes - Strasbourg.
- PONSARD F. - 1984 - La marge du craton ouest africain du Sénégal à la Sierra-Leone : interprétation géophysique de la chaîne panafricaine et des bassins du protérozoïque à l'actuel. Thèse géol-géophysique - Aix-Marseille III - 198 p.
- POUYAUD B. - 1986 - Contribution à l'évaluation de l'évaporation de nappes d'eau libre en climat tropical sec. Exemple du lac de Bam et de la mare d'Oursi (Burkina-Faso), du lac Tchad et d'açudes du Nordeste brésilien. Thèse Univ. Paris Sud Orsay - 254 p.
- PRIAN J.P. - 1981 - Recherche de phosphate par sondages dans l'Eocène de la région de farim (Guinée Bissau). Résultats 1ère campagne - Rapp. BRGM 81 RDM 043 af 206 P. 6 ANNEXES - 58 PL.
- REBERT J.P. - 1977 - Aperçu sur l'hydrologie du Plateau Continental Ouest-Africain de la Mauritanie à la Guinée. Rapport Copac/pace, série 78/10, 4 p.
- REMEMERAS G. - L'hydrologie de l'ingénieur. Edit. Eyrolles - Paris - 456 p.
- RICKARD D. T. - 1973 - Sedimentary iron sulphide formation. Acid sulphate soils. Publ. ILRI, Wageningen, 18, vol. I, pp. 28-65.
- ROBERTY G. - 1964 - Carte de la végétation de l'Afrique Occidentale au 1/1 000 000.
- ROCHE M. - 1963 - Hydrologie de surface Edit. Gauthier-Villars, 429 p.

- ROCHE M., RODIER J., SIRCOULON J. - 1976 - Les aspects hydrologiques de la sécheresse récente en Afrique de l'Ouest. Bull. Sci. Hydrol. XXI, 2, 6 - pp. 315-331.
- RODIER J. - 1964 - Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'Ouest du Congo - ORSTOM/PARIS, 137 p.
- RODIER J. - 1976 - Dernières études sur les sécheresses à l'échelle continentale. La Houille Blanche n°s 6-7, p. 533-536.
- RODIER J. - AUVRAY C. - 1965 - Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km<sup>2</sup> en Afrique Occidentale CIEH- ORSTOM, 46 P.
- RODIER J. A. - 1975 - Evaluation de l'écoulement annuel dans le Sahel Tropical Africain. Trav. et Doc. n° 46 - ORSTOM, 121 p.
- RODIER J., RIBSTEIN P. - 1988 - Estimation des caractéristiques de la crue décennale pour les petits bassins versants du Sahel couvrant 1 à 10 km<sup>2</sup>. Lab. Hydrol. ORSTOM Montpellier - 133 p.
- RODIER J.A. - 1973 - Méthodes utilisées pour l'évaluation des débits de crues des petits cours d'eau en régions tropicales. Coll. sur l'élaboration des projets d'utilisation des ressources en eau sans données suffisantes. UNESCO, WMO, IAHS, Madrid, Juin 1973, pp. 361-371.
- RODIER J.A. - 1976 - Estimation des débits de crues décennales pour les petits bassins forestiers en Afrique Tropicale. Cah. ORSTOM, Hydrol. Vol. XIII, n° 4.
- SAGNA P - 1984 - Le déplacement des noyaux de hautes pressions en Afrique de l'Ouest. Mémoire de maîtrise, Départ. de Géographie, Fac. de Lettres et Sciences Humaines, Univ. de Dakar, 108p.
- SAGNA P - 1988 - Etude des lignes de grain au Sénégal. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle de géographie, Fac. Lettres et Sci. Hum., Univ. Cheikh Anta Diop, 2 tomes, 440P.
- SALL M. - 1983 - Dynamique et morphogenèse actuelles au Sénégal Occidental - Thèse de Doctorat d'Etat ès-Lettres - 2 tomes + pl. h.t. - 604 p. - ULP/Strasbourg.
- SAOS et al - 1987 - Aspects géologique et géomorphologique de la Casamance : étude de la sédimentation actuelle. Rev. Hydrobiol. Trop. 20 (3-4) : 219-232 - ORSTOM/Paris.
- SAOS J. L., DACOSTA H., LE TROQUER Y., OLIVRY J.C. - 1987 - Le Marigot de Baïla (Basse-Casamance). Pluviométrie et écoulements. Résultats des campagnes 1983 - 1984 - 1985 - 1986. Rapp. ORSTOM/Dakar.
- SAOS J.L., DACOSTA H. - 1987 - Evolution hydrologique d'un bassin versant margino-littoral. Le Marigot de Baïla (Basse Casamance). Rapp.EPEEC - 1987 - 15 p.
- SARR A. - 1985 - Le réseau fluvial de la Casamance et ses affluents. Etudes bathymétriques et sédimentologiques - T.E.R. Mém. Maîtrise Sci. FAC/Lettres - Dépt. Géographie - Univ./Dakar - 43 p.
- SCET-GERCA - 1963 - Aménagements hydro-agricoles en Casamance et haute-Gambie, T.5 - 93 p., 8 cartes - fig.
- SCHNEIDER A., SAMBOU K. - 1982 - "Prospection botanique dans les Parcs Nationaux du Niokolo-Koba et de Basse Casamance". Rech. Scient. Parcs Nat. du Sénégal. Mém. IFAN n° 92 - pp. 101-122.
- SECK A. - 1962 - "Le Heug" ou pluie de saison sèche au Sénégal. ann. Géogr. n° 385 - pp. 225-246.
- SENERIZ - 1965 - Projet d'aménagement hydro-agricole du bassin de l'Anambé T.1.

- SIRCOULON J. - 1976a - Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique Intertropicale. Comparaison avec Les sécheresses "1913" et "1940" - Cah. ORSTOM - sér. hydrolog. Vol. XIII n°2 - pp. 75-174 - 30 fig.
- SIRCOULON J. - 1976b - Les sécheresses et étiages : La récente sécheresse des régions sahéliennes. La Houille blanche n° 6-7 - pp.537-548 - 15 fig.
- SNIDERS T.A.B. - 1986 - Interstation correlations and non stationarity of Burkina-Faso rainfall. Journal of Climate and applied meteorology vol. 25 - pp. 524-531.
- SONED-AFRIQUE - 1963 - Projet d'aménagement hydro-agricole de deux vallées des Kalounayes : Koubalan et Tapilane - 111 p., Dakar.
- SONED-SOGREAH - 1979 - Etude de factibilité pour l'aménagement rizicole de la vallée du Soungrougrou. Rapport principal pal, 223 p. - ann. 91 p., 20 cartes, Dakar.
- SOW A. A. - 1984 - Pluie et Ecoulement dans le bassin du fleuve Sénégal. Contribution à l'hydrologie fluviale en domaine tropical humide africain. Thèse du 3ème cycle - Univ. Nancy II - Trav. Lab. Géogr. phys. Nancy II - Vol. V.
- STAMESSE J.P. - 1967 - Contribution à l'étude des sols jaunes de Basse Casamance - Rapp. ORSTOM/Dakar - Multigr., 110 p.
- SUSTRAC G et al - 1984 - Plan minéral de la République du Sénégal BRGM - 3 vol. - 725 p. + 50 cartes h.t.
- TESSIER F. - 1952 - Contribution à la stratigraphie et à la paléontologie de la partie Ouest du Sénégal (Crétacé et Tertiaire. Th. Sci. Univ. Marseille - 1950. Bull. Dir.Mines A FO n° 14 t.I, II, 571 p.
- TOUPET C. - 1968 - Les éléments majeurs du climat. Atlas International de l'Ouest Africain.
- VIEILLEFON J. - 1977 - Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance (Sénégal) Mém. ORSTOM n° 83 - 291 p. - Paris.
- VIEILLEFON J. - 1975 - Notice explicative n° 57 - Carte pédologique de la Basse Casamance (domaine fluvio-marin) ORSTOM/Dakar.
- WACKERMANN J. M. - 1966 - Les techniques d'études microstructurales utilisées au Centre de Hann-Dakar. Bull. bibl. Pédol. ORSTOM XV, 1, pp. 18-23.

## **ANNEXES**

## ANNEXE 2.1 : LISTING DES RESULTATS DU VECTEUR REGIONAL.

## COMMENTAIRE DU LISTING.

PAGE "0"

Sur cette page sont indiqués :

- le numéro et le nom de la station ( ex : 286 Ziguinchor),
- le coefficient de correction: s'il est égal à 1, cela signifie qu'il n'y a pas eu de correction des données; dans le cas contraire la période corrigée est indiquée. Par exemple:

N° 286	Sénégal	Ziguinchor	Coef. correction
		Période	
		1920-1921	1.0
		1922-1922	0.785

**PAGE "1"**

Elle fournit par station, la moyenne, la variance, les coefficients d'asymétrie et de variation calculés à partir des valeurs observées et conservées. En effet pour qu'une année soit prise en compte, il faut qu'au minimum trois stations aient été observées cette année-là. Les valeurs des coefficients de variation sont un indicateur de la présence ou non d'aberrations résultant d'erreurs dans la saisie.

**PAGES "2"**

Elles donnent, en colonnes les valeurs observées et conservées et en lignes les numéros des stations. Il est ainsi possible de vérifier s'il n'y a pas d'erreurs de saisie dans les observations. les valeurs lacunaires sont remplacées par des étoiles.

**PAGES "3"**

On y trouve, en colonnes et par année, le nombre de stations utilisées pour le calcul de l'indice du vecteur, Z, la valeur correspondante de ce dernier pour l'année en question, zi. Y sont indiqués aussi le cumul et la moyenne par année des écarts à zi.

Si l'homogénéité spatiale des observations n'est pas réalisée, du fait de la présence d'erreurs d'appareillage, les moyennes des écarts à Z

ne seront pas nulles : apparition d'années ou de séquences d'années "douteuses".

Si ces moyennes sont nulles, il est probable que les corrections d'erreurs d'appareillage ont été convenablement effectuées, la valeur du coefficient de corrélation (page 4) permettant d'en juger. Une valeur forte de ce dernier équivaut à une bonne correction; en revanche si elle est faible, les corrections sont peut-être faites à tort.

#### PAGES "4"

Ces pages donnent pour chaque station le nombre d'années utilisées, la moyenne interannuelle d'après le vecteur (différente de la moyenne de la page "une" calculée sur les valeurs conservées), la moyenne des écarts, la probabilité au dépassement de la valeur du test d'homogénéité et le coefficient de corrélation linéaire des observations à la station avec le vecteur Z.

La valeur moyenne de la probabilité au dépassement est intéressante car si le nombre de stations était très grand ainsi que celui des années et si les observations étaient homogènes, la répartition des valeurs des probabilités au dépassement du test serait uniforme entre 0 et 1. Par conséquent une faible valeur de la probabilité indique un changement d'emplacement probable de la station (Brunet-Moret, 1979)

Si toutes les corrections sont plausibles, la valeur moyenne des coefficients de corrélation (entre l'indice Z et une station) mesure l'homogénéité des précipitations annuelles sur la zone étudiée.

#### PAGES "5"

Dans ces pages on trouve, en colonne par station, en ligne par année les valeurs des écarts à  $z_i$  (étoiles dans le cas de lacunes). En fin de la dernière page "5" sont indiqués les moments naturels de ces écarts.

Les écarts inférieurs à  $-2$  MT2 ou supérieurs à  $+2$  MT2 indiquent les années trop faibles ou trop fortes et surtout les séquences de valeurs d'écarts forts ou faibles (erreur d'appareillage possible). En cas d'années isolées, il faut, d'une part se reporter aux relevés originaux pour voir s'il n'y a pas eu d'erreur de copie, d'interprétation...et d'autre part, regarder si les autres stations voisines n'ont pas d'écarts faibles ou forts.

#### PAGES "6"

Ces pages donnent en colonne par année, en ligne par station la matrice des coefficients (étoiles dans le cas de lacunes). Ces coefficients sont égaux au rapport précipitation annuelle / (moyenne \* vecteur) pour chaque station. Les coefficients inférieurs à 0.8 ou supérieurs à 1.24 cor-

respondent, dans une large mesure aux écarts indexés aux pages "5" et corrections porteront sur ces stations et ces années-là.

### PAGES "7"

Dans ces pages sont donnés, en colonne par année, en ligne par station, les cumuls  $P(I)$  des éléments du vecteur  $Z$  et les cumuls de chaque station.

Quand un total annuel manque, il est remplacé, pour le cumul, par le produit  $z_i \times x_i$  exprimé en mètres avec un signe négatif.

Ces cumuls permettent de tracer facilement à la main les doubles cumuls vecteur-stations (fig. 2.7). Ils permettent de situer la date de casure équivalant à un changement de site ou une erreur d'appareillage. Les corrections seront fonction du type d'erreur.

### PAGES "8"

Dans ces pages sont déterminés, par station la distance des deux droites parallèles les plus proches entre lesquelles (ou sur lesquelles) se trouvent tous les points représentatifs des années observées du double cumul vecteur-station et les "rails" encadrant ces points.

### Références:

Brunet-Moret Y, 1971- Etude de l'homogénéisation de séries chronologiques de précipitations annuelles par la méthode des doubles masses. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. VIII, n° 4, pp. 3-32.

Brunet-Moret Y, 1979- Homogénéisation des précipitations. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XVI, n° 3-4, pp. 147-170.

## TYPE BCASA

		CORREC. SYSTEMATIQUES	PAGE ZERO	
NO 286	SENEGAL ZIGUINCHOR		NO 286	REP 1
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1920-1921	1.000		
	1922-1922	0.785		
	1923-1986	1.000		
NO 103	SENEGAL INHOR		NO 103	REP 2
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1944-1985	1.000		
NO 16	SENEGAL BIGNONA		NO 16	REP 3
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1924-1986	1.000		
NO 244	SENEGAL SEDHIOU		NO 244	REP 4
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1924-1955	1.000		
	1956-1958	1.275		
	1959-1986	1.000		
NO 61	SENEGAL DIOULLOULOU		NO 61	REP 5
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1924-1985	1.000		
NO 30	GAMBIE YUNDUM AIRPORT		NO 30	REP 6
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1946-1984	1.000		
NO 208	SENEGAL OUSSOUYE		NO 208	REP 7
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1932-1986	1.000		
NO 109	SENEGAL KABROUSSE		NO 109	REP 8
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1964-1965	1.000		
NO 1256	SENEGAL TANGHORY		NO 1256	REP 9
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1965-1986	1.000		
NO 255	SENEGAL TENDOUCK		NO 255	REP 10
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1970-1986	1.000		
NO 161	SENEGAL MARSASSOUM		NO 161	REP 11
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1953-1986	1.000		
NO 66	SENEGAL DJIBIDIONE		NO 66	REP 12
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1980-1986	1.000		
NO 156	SENEGAL LOUDIA-WOLOF		NO 156	REP 13
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1975-1986	1.000		
		CORREC. SYSTEMATIQUES	PAGE ZERO	
NO 1197	SENEGAL NIAGUIS		NO 1197	REP 14
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1975-1986	1.000		
NO 200	SENEGAL NYASSIA		NO 200	REP 15
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1975-1986	1.000		
NO 249	SENEGAL SINDIAN		NO 249	REP 16
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1973-1986	1.000		
NO 270	SENEGAL TOUKARA		NO 270	REP 17
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1979-1986	1.000		
NO 1004	SENEGAL BAILA		NO 1004	REP 18
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1979-1986	1.000		
NO 2	SENEGAL ALAKOUNDA		NO 2	REP 19
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1979-1986	1.000		
NO 119	SENEGAL KARTIAK		NO 119	REP 20
	PERIODE	COEF. CORRECT.		
	1931-1950	1.000		



				VECTEUR / MOYENNES	PAGE	UNE	1
ETUDE SUR 63 ANS DE 1924 A 1986 DES STATIONS CONSERVEES							
N° 286	SENEGAL	ZIGUINCHOR				N° 286	REP 1
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	62	MOYENNE	1443.5		
VARIANCE	110347.57	COEF ASY	-0.052	COEF VAR	0.2301		
N° 103	SENEGAL	INHOR				N° 103	REP 2
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	26	MOYENNE	1157.1		
VARIANCE	87810.76	COEF ASY	0.603	COEF VAR	0.2561		
N° 16	SENEGAL	BIGNONA				N° 16	REP 3
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	47	MOYENNE	1295.8		
VARIANCE	128938.86	COEF ASY	0.139	COEF VAR	0.2771		
N° 244	SENEGAL	SEDHIOU				N° 244	REP 4
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	58	MOYENNE	1287.1		
VARIANCE	92930.89	COEF ASY	0.237	COEF VAR	0.2369		
N° 61	SENEGAL	DILOULOU				N° 61	REP 5
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	53	MOYENNE	1313.6		
VARIANCE	89939.04	COEF ASY	-0.371	COEF VAR	0.2283		
N° 30	GAMBIE	YUNDUM AIRPORT				N° 30	REP 6
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	37	MOYENNE	1136.5		
VARIANCE	109608.22	COEF ASY	-0.218	COEF VAR	0.2913		
N° 208	SENEGAL	OUSSOUYE				N° 208	REP 7
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	45	MOYENNE	1540.3		
VARIANCE	159344.45	COEF ASY	0.073	COEF VAR	0.2592		
N° 109	SENEGAL	KABROUSSE				N° 109	REP 8
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	18	MOYENNE	1291.7		
VARIANCE	97022.78	COEF ASY	0.463	COEF VAR	0.2411		
N° 1256	SENEGAL	TANGHORY				N° 1256	REP 9
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	22	MOYENNE	1097.7		
VARIANCE	107749.20	COEF ASY	0.870	COEF VAR	0.2990		
N° 255	SENEGAL	TENDOUCK				N° 255	REP 10
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	16	MOYENNE	1065.0		
VARIANCE	84404.25	COEF ASY	0.256	COEF VAR	0.2728		
N° 161	SENEGAL	MARSASSOUM				N° 161	REP 11
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	16	MOYENNE	1095.1		
VARIANCE	93945.73	COEF ASY	0.338	COEF VAR	0.2799		
N° 66	SENEGAL	DJIBIDIONE				N° 66	REP 12
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	7	MOYENNE	762.7		
VARIANCE	10606.20	COEF ASY	-0.243	COEF VAR	0.1350		
N° 156	SENEGAL	LOUDIA-WOLOF				N° 156	REP 13
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	12	MOYENNE	1232.7		
VARIANCE	77383.22	COEF ASY	0.543	COEF VAR	0.2257		
N° 1197	SENEGAL	NIAGUIS				N° 1197	REP 14
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	12	MOYENNE	1146.7		
VARIANCE	80553.55	COEF ASY	0.157	COEF VAR	0.2475		

				VECTEUR / MOYENNES	PAGE	UNE	2
ETUDE SUR 63 ANS DE 1924 A 1986 DES STATIONS CONSERVEES							
N° 200	SENEGAL	NYASSIA				N° 200	REP 15
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	11	MOYENNE	1196.0		
VARIANCE	58626.55	COEF ASY	0.291	COEF VAR	0.2024		
N° 249	SENEGAL	SINDIAN				N° 249	REP 16
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	14	MOYENNE	925.0		
VARIANCE	57708.29	COEF ASY	0.191	COEF VAR	0.2397		
N° 270	SENEGAL	TOUKARA				N° 270	REP 17
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	8	MOYENNE	729.1		
VARIANCE	20418.86	COEF ASY	0.130	COEF VAR	0.1960		
N° 1004	SENEGAL	BAILA				N° 1004	REP 18
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	8	MOYENNE	816.0		
VARIANCE	18025.00	COEF ASY	-1.445	COEF VAR	0.1645		
N° 2	SENEGAL	ALAKOUNDA				N° 2	REP 19
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	7	MOYENNE	792.1		
VARIANCE	35605.27	COEF ASY	-0.673	COEF VAR	0.2382		
N° 119	SENEGAL	KARTIAK				N° 119	REP 20
		NBRE D ANNEES CONSERVEES	16	MOYENNE	1474.4		
VARIANCE	78322.11	COEF ASY	0.373	COEF VAR	0.1898		

MATRICE DES OBSERVATIONS RETENUES

PAGE DEUX 1

\*\*\*1924\*\*1925\*\*1926\*\*1927\*\*1928\*\*1929\*\*1930\*\*1931\*\*1932\*\*1933\*\*

286	2182. 1426. 1317. 2055. 1814.*****	1378. 1192. 1966. 1825.NO	286	REP	1
103	*****	NO	103	REP	2
16	1784. 1334. 1222. 1800. 1649. 1523. 1228. 984. 1734. 1651.NO		16	REP	3
244	1721. 1306. 1146. 1680.*****	1337. 1100. 906. 1729. 1469.NO	244	REP	4
61	1785. 1335. 1222. 1801. 1649. 1523. 1229. 985. 1734. 1652.NO		61	REP	5
30	*****	NO	30	REP	6
208	*****	2133. 1882.NO	208	REP	7
109	*****	NO	109	REP	8
1256	*****	NO	1256	REP	9
255	*****	NO	255	REP	10
161	*****	NO	161	REP	11
66	*****	NO	66	REP	12
156	*****	NO	156	REP	13
1197	*****	NO	1197	REP	14
200	*****	NO	200	REP	15
249	*****	NO	249	REP	16
270	*****	NO	270	REP	17
1004	*****	NO	1004	REP	18
2	*****	NO	2	REP	19
119	*****	1218. 1873. 1509.NO	119	REP	20

\*\*\*1924\*\*1925\*\*1926\*\*1927\*\*1928\*\*1929\*\*1930\*\*1931\*\*1932\*\*1933\*\*

MATRICE DES OBSERVATIONS RETENUES

PAGE DEUX 2

\*\*\*1934\*\*1935\*\*1936\*\*1937\*\*1938\*\*1939\*\*1940\*\*1941\*\*1942\*\*1943\*\*

286	1445. 1607. 2031. 1410. 1798. 1527. 1542. 968. 1425. 1683.NO		286	REP	1
103	*****	NO	103	REP	2
16	1314. 1553. 1756. 1204. 1557. 1272.*****	NO	16	REP	3
244	1300. 1555. 1612. 1152. 1573. 1127. 1209. 956. 1313. 1479.NO		244	REP	4
61	1315. 1554. 1757. 1205. 1558. 1273. 1189. 685. 1531. 1523.NO		61	REP	5
30	*****	NO	30	REP	6
208	1369. 2343. 2016. 1720.*****	1570. 985. 1780. 1972.NO	208	REP	7
109	*****	NO	109	REP	8
1256	*****	NO	1256	REP	9
255	*****	NO	255	REP	10
161	*****	NO	161	REP	11
66	*****	NO	66	REP	12
156	*****	NO	156	REP	13
1197	*****	NO	1197	REP	14
200	*****	NO	200	REP	15
249	*****	NO	249	REP	16
270	*****	NO	270	REP	17
1004	*****	NO	1004	REP	18
2	*****	NO	2	REP	19
119	1307. 1655.*****	1653. 1419. 1105. 1352.*****NO	119	REP	20

\*\*\*1934\*\*1935\*\*1936\*\*1937\*\*1938\*\*1939\*\*1940\*\*1941\*\*1942\*\*1943\*\*

MATRICE DES OBSERVATIONS RETENUES

PAGE DEUX 3

\*\*\*1944\*\*1945\*\*1946\*\*1947\*\*1948\*\*1949\*\*1950\*\*1951\*\*1952\*\*1953\*\*

286	1088.	1519.	1202.	1657.	1653.	1451.	1824.	1418.	1631.	1395.	NO	286	REP	1
103	1121.	1266.	*****	1479.	1827.	1043.	1417.	*****	*****	1249.	NO	103	REP	2
16	*****NO										16	REP	3	
244	1166.	1194.	1558.	1431.	*****	1403.	1400.	1465.	*****	1618.	NO	244	REP	4
61	1124.	1315.	1329.	*****	1760.	1367.	*****	1599.	*****	1291.	NO	61	REP	5
30	*****1063. 1047. 1483.***** 1667. 1485. 1410. 1243.NO										30	REP	6	
208	1162.	1492.	1588.	1647.	2385.	1393.	2153.	1773.	1701.	1483.	NO	208	REP	7
109	*****NO										109	REP	8	
1256	*****NO										1256	REP	9	
255	*****NO										255	REP	10	
161	*****1585.NO										161	REP	11	
66	*****NO										66	REP	12	
156	*****NO										156	REP	13	
1197	*****NO										1197	REP	14	
200	*****NO										200	REP	15	
249	*****NO										249	REP	16	
270	*****NO										270	REP	17	
1004	*****NO										1004	REP	18	
2	*****NO										2	REP	19	
119	1037.	2054.	1616.	1191.	1826.	1304.	1471.	*****	*****	*****	NO	119	REP	20

\*\*\*1944\*\*1945\*\*1946\*\*1947\*\*1948\*\*1949\*\*1950\*\*1951\*\*1952\*\*1953\*\*

MATRICE DES OBSERVATIONS RETENUES

PAGE DEUX 4

\*\*\*1954\*\*1955\*\*1956\*\*1957\*\*1958\*\*1959\*\*1960\*\*1961\*\*1962\*\*1963\*\*

286	1598.	1940.	1763.	1549.	1882.	1145.	1275.	1549.	1567.	1429.	NO	286	REP	1	
103	*****	1603.	1337.	1287.	1819.	*****	*****	*****	*****	*****	NO	103	REP	2	
16	1806.	1632.	1665.	1391.	2188.	1176.	*****	*****	1274.	1100.	NO	16	REP	3	
244	1508.	1812.	1884.	1406.	2096.	1202.	*****	1494.	1272.	1627.	NO	244	REP	4	
61	*****	1410.	1817.	1603.	*****	*****	*****	1245.	*****	1172.	1241.	NO	61	REP	5
30	1503.	1437.	1254.	1426.	1854.	1147.	1099.	1040.	1421.	1181.	NO	30	REP	6	
208	1879.	1738.	2283.	1664.	*****	1372.	*****	1821.	1569.	1010.	NO	208	REP	7	
109	*****NO										109	REP	8		
1256	*****NO										1256	REP	9		
255	*****NO										255	REP	10		
161	1597.	1229.	1518.	1170.	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	161	REP	11	
66	*****NO										66	REP	12		
156	*****NO										156	REP	13		
1197	*****NO										1197	REP	14		
200	*****NO										200	REP	15		
249	*****NO										249	REP	16		
270	*****NO										270	REP	17		
1004	*****NO										1004	REP	18		
2	*****NO										2	REP	19		
119	*****NO										119	REP	20		

\*\*\*1954\*\*1955\*\*1956\*\*1957\*\*1958\*\*1959\*\*1960\*\*1961\*\*1962\*\*1963\*\*

MATRICE DES OBSERVATIONS RETENUES

PAGE DEUX 5

\*\*\*1964\*\*1965\*\*1966\*\*1967\*\*1968\*\*1969\*\*1970\*\*1971\*\*1972\*\*1973\*\*

286	1223.	1756.	1604.	2008.	884.	1462.	1400.	1099.	953.	1290.	NO	286	REP	1
103	*****	*****	*****	*****	788.	1243.	1044.	805.	737.	991.	NO	103	REP	2
16	1118.	1766.	1247.	1795.	826.	1464.	1162.	905.	655.	1054.	NO	16	REP	3
244	1141.	1642.	1320.	1454.	803.	*****	1038.	1032.	846.	1018.	NO	244	REP	4
61	1176.	1419.	1542.	1657.	596.	1398.	1321.	1051.	616.	1069.	NO	61	REP	5
30	1252.	1260.	1501.	1376.	706.	1233.	844.	772.	582.	871.	NO	30	REP	6
208	1623.	1616.	*****	*****	*****	*****	*****	*****	631.	1371.	NO	208	REP	7
109	1493.	*****	*****	*****	1852.	1310.	1491.	837.	1005.	NO	109	REP	8	
1256	*****	1839.	1243.	1792.	833.	1608.	1162.	905.	643.	1054.	NO	1256	REP	9
255	*****	*****	*****	*****	*****	1363.	1166.	712.	*****	NO	255	REP	10	
161	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	161	REP	11	
66	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	66	REP	12	
156	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	156	REP	13	
1197	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1197	REP	14	
200	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	200	REP	15	
249	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	923.	NO	249	REP	16	
270	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	270	REP	17	
1004	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1004	REP	18	
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	2	REP	19	
119	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	119	REP	20	

\*\*\*1964\*\*1965\*\*1966\*\*1967\*\*1968\*\*1969\*\*1970\*\*1971\*\*1972\*\*1973\*\*

MATRICE DES OBSERVATIONS RETENUES

PAGE DEUX 6

\*\*\*1974\*\*1975\*\*1976\*\*1977\*\*1978\*\*1979\*\*1980\*\*1981\*\*1982\*\*1983\*\*

286	1241.	1418.	1298.	791.	1514.	1195.	699.	1221.	899.	818.	NO	286	REP	1
103	1098.	1260.	1149.	*****	*****	1010.	724.	1089.	865.	796.	NO	103	REP	2
16	1084.	1353.	1209.	851.	1499.	930.	619.	1030.	926.	612.	NO	16	REP	3
244	1071.	1549.	1075.	887.	1151.	928.	753.	1178.	873.	711.	NO	244	REP	4
61	1116.	1530.	1281.	872.	1246.	1071.	784.	966.	1026.	*****	NO	61	REP	5
30	947.	1428.	1084.	589.	1162.	1113.	631.	*****	848.	424.	NO	30	REP	6
208	1471.	1515.	1682.	1030.	1525.	1262.	1015.	1216.	1404.	873.	NO	208	REP	7
109	1371.	1804.	1859.	950.	1433.	1141.	1050.	1225.	1326.	925.	NO	109	REP	8
1256	1084.	1392.	1222.	969.	1452.	861.	757.	898.	926.	885.	NO	1256	REP	9
255	1263.	1438.	1409.	789.	1638.	1000.	716.	958.	953.	622.	NO	255	REP	10
161	*****	1344.	*****	696.	1410.	843.	713.	1021.	871.	730.	NO	161	REP	11
66	*****	*****	*****	*****	*****	698.	814.	787.	586.	NO	66	REP	12	
156	*****	1711.	1664.	930.	1545.	1228.	1006.	1475.	1037.	1067.	NO	156	REP	13
1197	*****	1656.	1369.	740.	1436.	1225.	863.	858.	1092.	790.	NO	1197	REP	14
200	*****	1346.	1645.	915.	1462.	1338.	913.	1370.	1007.	*****	NO	200	REP	15
249	1136.	1258.	1029.	630.	1433.	884.	675.	967.	959.	463.	NO	249	REP	16
270	*****	*****	*****	*****	*****	609.	551.	805.	968.	547.	NO	270	REP	17
1004	*****	*****	*****	*****	*****	842.	716.	848.	915.	503.	NO	1004	REP	18
2	*****	*****	*****	*****	*****	871.	458.	942.	*****	581.	NO	2	REP	19
119	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	119	REP	20

\*\*\*1974\*\*1975\*\*1976\*\*1977\*\*1978\*\*1979\*\*1980\*\*1981\*\*1982\*\*1983\*\*

MATRICE DES OBSERVATIONS RETENUES

PAGE DEUX 7

\*\*\*1984\*\*1985\*\*1986\*\*

286	1237.	1382.	976.	*****NO	286	REP	1
103	*****	1038.	*****NO	103	REP	2	
16	915.	1125.	961.	*****NO	16	REP	3
244	1038.	888.	1027.	*****NO	244	REP	4
61	*****	1108.	*****NO	61	REP	5	
30	666.	*****NO	30	REP	6		
208	1041.	1076.	1079.	*****NO	208	REP	7
109	1216.	962.	*****NO	109	REP	8	
1256	914.	1015.	896.	*****NO	1256	REP	9
255	798.	1155.	1060.	*****NO	255	REP	10
161	887.	1013.	893.	*****NO	161	REP	11
66	848.	915.	691.	*****NO	66	REP	12
156	1194.	1025.	910.	*****NO	156	REP	13
1197	1148.	1474.	1109.	*****NO	1197	REP	14
200	1224.	962.	974.	*****NO	200	REP	15
249	813.	913.	867.	*****NO	249	REP	16
270	790.	859.	704.	*****NO	270	REP	17
1004	883.	876.	945.	*****NO	1004	REP	18
2	755.	983.	955.	*****NO	2	REP	19
119	*****NO	119	REP	20			

\*\*\*1984\*\*1985\*\*1986\*\*

VECTEUR Z APRES 3 ITERATIONS				E=ECARTS A Z PAGE TROIS 1		
NBRE STATIONS	ANNEE	VECTEUR	CUMUL 0.00	MOYENNE	MOMENT 2	
4	1924	1.3812	0.38	0.0000	0.005158	1924
4	1925	1.0011	0.38	0.0000	0.000110	1925
4	1926	0.9090	0.29	0.0000	0.000296	1926
4	1927	1.3574	0.65	0.0000	0.001957	1927
3	1928	1.2476	0.90	0.0000	0.000005	1928
3	1929	1.1100	1.01	0.0000	0.003346	1929
4	1930	0.9131	0.92	0.0000	0.001585	1930
5	1931	0.7778	0.70	0.0000	0.004361	1931
6	1932	1.3320	1.03	0.0000	0.000358	1932
6	1933	1.1917	1.22	0.0000	0.004099	1933
6	1934	0.9638	1.18	0.0000	0.002773	1934
6	1935	1.2184	1.40	0.0000	0.012555	1935
5	1936	1.3101	1.71	0.0000	0.003318	1936
5	1937	0.9500	1.66	0.0000	0.004514	1937
4	1938	1.2008	1.86	0.0000	0.000660	1938
5	1939	1.0081	1.87	0.0000	0.012472	1939
5	1940	0.9795	1.85	0.0000	0.003698	1940
5	1941	0.6954	1.55	-0.0285	0.010369	1941
5	1942	1.0474	1.59	0.0000	0.005175	1942
4	1943	1.1691	1.76	0.0000	0.001247	1943
6	1944	0.8138	1.58	0.0000	0.005612	1944
6	1945	1.0021	1.58	0.0656	0.041967	1945
6	1946	1.0144	1.59	0.0000	0.017960	1946
6	1947	1.0361	1.63	0.0000	0.016180	1947
6	1948	1.3355	1.97	0.0000	0.015218	1948
6	1949	0.9621	1.93	0.0000	0.007032	1949
6	1950	1.2163	2.14	0.0000	0.016447	1950
5	1951	1.1334	2.28	0.0000	0.006875	1951
3	1952	1.1239	2.40	0.0000	0.002711	1952
7	1953	1.0665	2.47	0.0000	0.018251	1953
6	1954	1.2265	2.70	0.0000	0.008427	1954
8	1955	1.2041	2.90	0.0000	0.017202	1955
6	1956	1.2631	3.16	0.0000	0.018554	1956
8	1957	1.0817	3.24	0.0000	0.006306	1957
5	1958	1.5208	3.77	0.0000	0.015867	1958
5	1959	0.8847	3.65	0.0000	0.003632	1959
3	1960	0.9149	3.57	0.0000	0.000682	1960
4	1961	1.0568	3.62	0.0000	0.011856	1961
6	1962	1.0135	3.64	0.0000	0.009922	1962
6	1963	0.9379	3.57	0.0002	0.035018	1963
7	1964	0.9185	3.49	0.0000	0.005823	1964
7	1965	1.1920	3.68	0.0000	0.019029	1965

VECTEUR Z APRES 3 ITERATIONS				E=ECARTS A Z PAGE TROIS 2				
NBRE STATIONS	ANNEE	VECTEUR	CUMUL 3.68	MOYENNE	MOMENT 2			
6	1966	1.0726	3.76	0.0000	0.013845	1966		
6	1967	1.2716	4.03	0.0000	0.010755	1967		
7	1968	0.6162	3.64	-0.0206	0.004146	1968		
7	1969	1.0812	3.73	0.0000	0.005007	1969		
9	1970	0.8750	3.60	0.0000	0.007963	1970		
9	1971	0.7520	3.35	0.0000	0.007136	1971		
10	1972	0.5393	2.89	-0.0132	0.006528	1972		
10	1973	0.8032	2.69	-0.0162	0.005204	1973		
11	1974	0.8622	2.56	0.0000	0.002525	1974		
15	1975	1.0696	2.63	0.0000	0.006820	1975		
14	1976	0.9704	2.60	0.0000	0.007896	1976		
14	1977	0.5992	2.20	0.0000	0.004307	1977		
14	1978	1.0317	2.23	0.0000	0.011235	1978		
18	1979	0.7719	2.00	0.0000	0.006066	1979		
19	1980	0.5930	1.59	-0.0140	0.004731	1980		
18	1981	0.8167	1.41	-0.0121	0.008489	1981		
18	1982	0.7394	1.15	0.0146	0.009951	1982		
17	1983	0.5417	0.69	-0.0091	0.006939	1983		
17	1984	0.7609	0.45	-0.0197	0.008492	1984		
18	1985	0.8057	0.26	0.0002	0.013581	1985		
15	1986	0.7427	0.00	-0.0100	0.005810	1986		
POUR LES Z DU VECTEUR				NBRE D ANNEES	63	MOYENNE	1.	
VARIANCE				0.0484959	COEF ASY	-0.086	COEF VAR	0.2202
PROB AU DEPT TEST HOMOGENEITE				0.000	STRICT COEF AUTOCORRELATION	0.310		

SUR 63 ANS ENTRE 1924 ET 1986	PAGE QUATRE 1
NO 286 SENEGAL ZIGUINCHOR	NO 286 REP 1
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.120	62 ANS MOY PAR VECTEUR 1450.5
E MOYEN -0.0031 MT 2 0.007002	COEF COR LIN AVEC Z 0.932
NO 103 SENEGAL INHOR	NO 103 REP 2
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.061	26 ANS MOY PAR VECTEUR 1229.7
E MOYEN 0.0049 MT 2 0.006494	COEF COR LIN AVEC Z 0.945
NO 16 SENEGAL BIGNONA	NO 16 REP 3
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.382	47 ANS MOY PAR VECTEUR 1322.7
E MOYEN -0.0083 MT 2 0.003854	COEF COR LIN AVEC Z 0.979
NO 244 SENEGAL SEDHIU	NO 244 REP 4
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.014	58 ANS MOY PAR VECTEUR 1300.4
E MOYEN 0.0019 MT 2 0.009215	COEF COR LIN AVEC Z 0.913
NO 61 SENEGAL DIOULLOULOU	NO 61 REP 5
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.984	53 ANS MOY PAR VECTEUR 1324.1
E MOYEN -0.0057 MT 2 0.004845	COEF COR LIN AVEC Z 0.952
NO 30 GAMBIE YUNDUM AIRPORT	NO 30 REP 6
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.268	37 ANS MOY PAR VECTEUR 1187.5
E MOYEN -0.0185 MT 2 0.013828	COEF COR LIN AVEC Z 0.913
NO 208 SENEGAL OUSSOUYE	NO 208 REP 7
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.712	45 ANS MOY PAR VECTEUR 1605.0
E MOYEN -0.0179 MT 2 0.011057	COEF COR LIN AVEC Z 0.911
NO 109 SENEGAL KABROUSSE	NO 109 REP 8
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.928	18 ANS MOY PAR VECTEUR 1641.1
E MOYEN -0.0202 MT 2 0.010572	COEF COR LIN AVEC Z 0.847
NO 1256 SENEGAL TANGHORY	NO 1256 REP 9
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.518	22 ANS MOY PAR VECTEUR 1317.7
E MOYEN -0.0082 MT 2 0.007447	COEF COR LIN AVEC Z 0.947
NO 255 SENEGAL TENDOUCK	NO 255 REP 10
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.053	16 ANS MOY PAR VECTEUR 1350.3
E MOYEN -0.0134 MT 2 0.007497	COEF COR LIN AVEC Z 0.931
NO 161 SENEGAL MARSASSOUM	NO 161 REP 11
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.648	16 ANS MOY PAR VECTEUR 1221.2
E MOYEN 0.0020 MT 2 0.009008	COEF COR LIN AVEC Z 0.926
NO 66 SENEGAL DJIBIDIONE	NO 66 REP 12
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.845	7 ANS MOY PAR VECTEUR 1006.6
E MOYEN 0.0434 MT 2 0.004869	COEF COR LIN AVEC Z 0.852
NO 156 SENEGAL LOUDIA-WOLOF	NO 156 REP 13
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.385	12 ANS MOY PAR VECTEUR 1558.8
E MOYEN 0.0039 MT 2 0.008733	COEF COR LIN AVEC Z 0.854
NO 1197 SENEGAL NIAGUIS	NO 1197 REP 14
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.240	12 ANS MOY PAR VECTEUR 1442.7
E MOYEN 0.0079 MT 2 0.009957	COEF COR LIN AVEC Z 0.864

SUR 63 ANS ENTRE 1924 ET 1986	PAGE QUATRE 2
NO 200 SENEGAL NYASSIA	NO 200 REP 15
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.250	11 ANS MOY PAR VECTEUR 1470.7
E MOYEN 0.0040 MT 2 0.010748	COEF COR LIN AVEC Z 0.787
NO 249 SENEGAL SINDIAN	NO 249 REP 16
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.678	14 ANS MOY PAR VECTEUR 1171.6
E MOYEN -0.0039 MT 2 0.006733	COEF COR LIN AVEC Z 0.939
NO 270 SENEGAL TOUKARA	NO 270 REP 17
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.196	8 ANS MOY PAR VECTEUR 916.5
E MOYEN 0.0741 MT 2 0.018374	COEF COR LIN AVEC Z 0.692
NO 1004 SENEGAL BAILA	NO 1004 REP 18
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.882	8 ANS MOY PAR VECTEUR 1088.5
E MOYEN 0.0282 MT 2 0.005057	COEF COR LIN AVEC Z 0.854
NO 2 SENEGAL ALAKOUNDA	NO 2 REP 19
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.439	7 ANS MOY PAR VECTEUR 1087.2
E MOYEN 0.0097 MT 2 0.009339	COEF COR LIN AVEC Z 0.891
NO 119 SENEGAL KARTIAK	NO 119 REP 20
PROB DEPT TEST HOMOGENEITE 0.497	16 ANS MOY PAR VECTEUR 1379.9
E MOYEN 0.0313 MT 2 0.024628	COEF COR LIN AVEC Z 0.683
VALEURS MOYENNES TEST 9.099	COEF COR 0.881



MATRICE DES 495 E-CARTS A Z:PRECIPITATION/MOYENNE-VECTEUR PAGE CING 11  
 \* 286\* 103\* 16\* 244\* 61\* 30\* 208\* 109\*1256\* 255\* 161\* 66\* 156\*1197\*

1924	0.12	****	-.03	-.06	-.03	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1924
1925	-.02	****	0.01	0.00	0.01	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1925
1926	.00	****	0.01	-.03	0.01	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1926
1927	0.06	****	0.00	-.07	0.00	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1927
1928	0.00	****	.00	****	.00	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1928
1929	****	****	0.04	-.08	0.04	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1929
1930	0.04	****	0.02	-.07	0.02	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1930
1931	0.04	****	-.03	-.08	-.03	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1931
1932	0.02	****	-.02	.00	-.02	****	.00	****	****	****	****	****	****	****	1932
1933	0.07	****	0.06	-.06	0.06	****	-.02	****	****	****	****	****	****	****	1933
1934	0.03	****	0.03	0.04	0.03	****	-.11	****	****	****	****	****	****	****	1934
1935	-.11	****	-.04	-.02	-.04	****	0.24	****	****	****	****	****	****	****	1935
1936	0.09	****	0.02	-.07	0.02	****	-.05	****	****	****	****	****	****	****	1936
1937	0.02	****	-.04	-.06	-.04	****	0.12	****	****	****	****	****	****	****	1937
1938	0.04	****	-.02	0.01	-.02	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1938
1939	0.04	****	-.05	-.14	-.05	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1939
1940	0.08	****	****	-.05	-.08	****	.00	****	****	****	****	****	****	****	1940
1941	-.03	****	****	0.04	-.18	****	-.08	****	****	****	****	****	****	****	1941
1942	-.07	****	****	-.04	0.11	****	0.06	****	****	****	****	****	****	****	1942
1943	-.01	****	****	-.03	-.02	****	0.06	****	****	****	****	****	****	****	1943
1944	-.06	0.10	****	0.08	0.04	****	-.09	****	****	****	****	****	****	****	1944
1945	0.05	0.03	****	-.08	-.01	****	-.07	****	****	****	****	****	****	****	1945
1946	-.19	****	****	0.18	-.01	-.12	-.02	****	****	****	****	****	****	****	1946
1947	0.11	0.17	****	0.06	****	-.15	-.01	****	****	****	****	****	****	****	1947
1948	-.20	0.15	****	****	-.01	-.09	0.15	****	****	****	****	****	****	****	1948
1949	0.04	-.11	****	0.12	0.07	****	-.09	****	****	****	****	****	****	****	1949
1950	0.04	-.06	****	-.14	****	0.19	0.13	****	****	****	****	****	****	****	1950
1951	-.16	****	****	-.01	0.07	0.12	-.03	****	****	****	****	****	****	****	1951
1952	0.00	****	****	****	****	0.06	-.06	****	****	****	****	****	****	****	1952
1953	-.10	-.05	****	0.18	-.09	-.02	-.14	****	****	****	0.23	****	****	****	1953
1954	-.13	****	0.14	-.07	****	0.04	-.08	****	****	****	0.08	****	****	****	1954
1955	0.13	0.10	0.03	0.19	-.14	0.01	-.12	****	****	****	-.20	****	****	****	1955
1956	-.05	-.18	.00	0.19	0.11	-.21	0.16	****	****	****	-.02	****	****	****	1956
1957	-.01	-.04	-.03	.00	0.13	0.12	-.04	****	****	****	-.12	****	****	****	1957
1958	-.22	-.04	0.13	0.09	****	0.04	****	****	****	****	****	****	****	****	1958
1959	-.10	****	0.00	0.04	****	0.08	-.03	****	****	****	****	****	****	****	1959
1960	-.04	****	****	****	0.03	0.01	****	****	****	****	****	****	****	****	1960
1961	0.01	****	****	0.09	****	-.18	0.08	****	****	****	****	****	****	****	1961
1962	0.07	****	-.05	-.04	-.13	0.18	-.04	****	****	****	****	****	****	****	1962
1963	0.05	****	-.11	0.31	.00	0.06	-.31	****	****	****	****	****	****	****	1963
1964	-.08	****	-.07	-.04	-.03	0.14	0.09	-.01	****	****	****	****	****	****	1964
1965	0.02	****	0.14	0.07	-.12	-.13	-.19	****	0.20	****	****	****	****	****	1965

\* 286\* 103\* 16\* 244\* 61\* 30\* 208\* 109\*1256\* 255\* 161\* 66\* 156\*1197\*

MATRICE DES 495 E=ECARTS A Z:PRECIPITATION/MOYENNE-VECTEUR PAGE CINQ 12

\* 286\* 103\* 16\* 244\* 61\* 30\* 208\* 109\*1256\* 255\* 161\* 66\* 156\*1197\*

1966	0.03	****	-0.13	-0.06	0.09	0.19	****	****	-0.13	****	****	****	****	****	1966
1967	0.11	****	0.09	-0.15	-0.02	-0.11	****	****	0.09	****	****	****	****	****	1967
1968	-0.01	0.02	0.01	0.00	-0.17	-0.02	****	****	0.02	****	****	****	****	****	1968
1969	-0.07	-0.07	0.03	****	-0.03	-0.04	****	0.05	0.14	****	****	****	****	****	1969
1970	0.09	-0.03	0.00	-0.06	0.12	-0.16	****	-0.08	0.01	0.11	****	****	****	****	1970
1971	0.01	-0.10	-0.07	0.04	0.04	-0.10	****	0.16	-0.07	0.09	****	****	****	****	1971
1972	0.12	0.06	-0.04	0.11	-0.07	-0.05	-0.15	-0.03	-0.05	-0.03	****	****	****	****	1972
1973	0.09	0.00	-0.01	-0.02	0.00	-0.07	0.05	-0.19	0.00	****	****	****	****	****	1973
1974	-0.01	0.03	-0.04	-0.04	-0.02	-0.06	0.05	-0.03	-0.04	0.05	****	****	****	****	1974
1975	-0.09	-0.04	-0.05	0.12	0.09	0.13	-0.13	0.03	-0.01	-0.04	0.03	****	0.03	0.08	1975
1976	-0.08	-0.04	-0.06	-0.14	0.00	-0.06	0.08	0.16	-0.04	0.04	****	****	0.10	-0.02	1976
1977	-0.05	****	0.04	0.08	0.06	-0.10	0.04	-0.02	0.14	-0.03	-0.03	****	0.00	-0.09	1977
1978	0.01	****	0.10	-0.15	-0.09	-0.05	-0.08	-0.16	0.07	0.15	0.12	****	-0.04	-0.04	1978
1979	0.05	0.05	-0.07	-0.06	0.04	0.17	0.01	-0.08	-0.12	-0.05	-0.08	****	0.02	0.08	1979
1980	-0.11	0.00	-0.12	-0.01	0.00	-0.06	0.04	0.05	-0.02	-0.08	-0.01	0.10	0.05	0.01	1980
1981	0.03	0.07	-0.04	0.09	-0.09	****	-0.06	-0.07	-0.14	-0.13	0.02	-0.01	0.13	-0.22	1981
1982	-0.12	-0.04	-0.04	-0.07	0.04	-0.03	0.14	0.07	-0.04	-0.05	-0.03	0.04	-0.07	0.02	1982
1983	0.02	0.11	-0.08	0.01	****	-0.18	0.00	0.02	-0.02	-0.09	0.06	0.04	0.14	0.01	1983
1984	0.09	****	-0.07	0.05	****	-0.20	-0.11	-0.02	-0.07	-0.19	-0.03	0.08	0.01	0.03	1984
1985	0.15	0.04	0.04	-0.14	0.03	****	-0.14	-0.22	-0.04	0.03	0.02	0.10	-0.15	0.22	1985
1986	-0.07	****	-0.02	0.05	****	****	-0.07	****	-0.06	0.02	-0.01	-0.06	-0.16	0.03	1986

\* 286\* 103\* 16\* 244\* 61\* 30\* 208\* 109\*1256\* 255\* 161\* 66\* 156\*1197\*

MATRICE DES 495 E=ECARTS A Z:PRECIPITATION/MOYENNE-VECTEUR PAGE CINQ 21  
\* 200\* 249\* 270\*1004\* 2\* 119\*

1924	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1924
1925	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1925
1926	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1926
1927	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1927
1928	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1928
1929	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1929
1930	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1930
1931	****	****	****	****	****	0.10	****	****	****	****	****	****	****	****	1931
1932	****	****	****	****	****	0.03	****	****	****	****	****	****	****	****	1932
1933	****	****	****	****	****	-0.10	****	****	****	****	****	****	****	****	1933
1934	****	****	****	****	****	-0.02	****	****	****	****	****	****	****	****	1934
1935	****	****	****	****	****	-0.02	****	****	****	****	****	****	****	****	1935
1936	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1936
1937	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1937
1938	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1938
1939	****	****	****	****	****	0.19	****	****	****	****	****	****	****	****	1939
1940	****	****	****	****	****	0.05	****	****	****	****	****	****	****	****	1940
1941	****	****	****	****	****	0.11	****	****	****	****	****	****	****	****	1941
1942	****	****	****	****	****	-0.07	****	****	****	****	****	****	****	****	1942
1943	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1943
1944	****	****	****	****	****	-0.06	****	****	****	****	****	****	****	****	1944
1945	****	****	****	****	****	0.49	****	****	****	****	****	****	****	****	1945
1946	****	****	****	****	****	0.16	****	****	****	****	****	****	****	****	1946
1947	****	****	****	****	****	-0.17	****	****	****	****	****	****	****	****	1947
1948	****	****	****	****	****	-0.01	****	****	****	****	****	****	****	****	1948
1949	****	****	****	****	****	-0.02	****	****	****	****	****	****	****	****	1949
1950	****	****	****	****	****	-0.15	****	****	****	****	****	****	****	****	1950
1951	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1951
1952	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1952
1953	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1953
1954	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1954
1955	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1955
1956	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1956
1957	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1957
1958	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1958
1959	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1959
1960	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1960
1961	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1961
1962	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1962
1963	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1963
1964	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1964
1965	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1965

MATRICE DES 495 E=ECARTS A Z:PRECIPITATION/MOYENNE-VECTEUR PAGE CINQ 22  
\* 200\* 249\* 270\*1004\* 2\* 119\*

1966	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1966
1967	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1967
1968	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1968
1969	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1969
1970	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1970
1971	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1971
1972	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1972
1973	****	-0.02	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1973
1974	****	0.11	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1974
1975	-0.15	0.00	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1975
1976	0.15	-0.09	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1976
1977	0.02	-0.06	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1977
1978	-0.04	0.19	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1978
1979	0.14	-0.02	-0.11	0.00	0.03	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1979
1980	0.03	-0.02	0.01	0.06	-0.17	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1980
1981	0.11	0.01	0.06	-0.04	0.05	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1981
1982	-0.05	0.08	0.32	0.10	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1982
1983	****	-0.15	0.06	-0.08	-0.01	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1983
1984	0.07	-0.07	0.10	0.05	-0.07	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1984
1985	-0.15	-0.03	0.13	.00	0.10	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1985
1986	-0.08	.00	0.03	0.13	0.14	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	1986

\* 200\* 249\* 270\*1004\* 2\* 119\*

MOMENTS DES E MT1 -0.00211 MT2 0.00873 MT3 0.00025 MT4 0.00034

MATRICE DES 495 C=COEFFICIENTS/Z:PRECIPITATION/(MOYENNE\*VECTEUR) PAGE SIX 1  
\*\*\*1924\*\*1925\*\*1926\*\*1927\*\*1928\*\*1929\*\*1930\*\*1931\*\*1932\*\*1933\*\*

286	1.089	0.982	0.999	1.044	1.002	*****	1.040	1.057	1.018	1.056	NO	286	REP	1
103	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	103	REP	2
16	0.977	1.007	1.016	1.003	0.999	1.037	1.017	0.958	0.984	1.047	NO	16	REP	3
244	0.958	1.003	0.969	0.952	*****	0.926	0.926	0.896	0.998	0.948	NO	244	REP	4
61	0.976	1.007	1.015	1.002	0.998	1.038	1.017	0.958	0.983	1.047	NO	61	REP	5
30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	30	REP	6
208	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	0.998	0.984	NO	208	REP	7
109	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	109	REP	8
1256	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1256	REP	9
255	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	255	REP	10
161	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	161	REP	11
66	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	66	REP	12
156	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	156	REP	13
1197	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1197	REP	14
200	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	200	REP	15
249	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	249	REP	16
270	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	270	REP	17
1004	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1004	REP	18
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	2	REP	19
119	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	1.135	1.019	0.918	NO	119	REP	20

\*\*\*1924\*\*1925\*\*1926\*\*1927\*\*1928\*\*1929\*\*1930\*\*1931\*\*1932\*\*1933\*\*

MATRICE DES 495 C=COEFFICIENTS/Z:PRECIPITATION/(MOYENNE\*VECTEUR) PAGE SIX 2  
\*\*\*1934\*\*1935\*\*1936\*\*1937\*\*1938\*\*1939\*\*1940\*\*1941\*\*1942\*\*1943\*\*

286	1.034	0.909	1.069	1.023	1.032	1.044	1.085	0.960	0.938	0.992	NO	286	REP	1
103	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	103	REP	2
16	1.031	0.964	1.013	0.958	0.980	0.954	*****	*****	*****	*****	NO	16	REP	3
244	1.037	0.981	0.946	0.933	1.007	0.860	0.949	1.057	0.964	0.973	NO	244	REP	4
61	1.030	0.963	1.013	0.958	0.980	0.954	0.917	0.744	1.104	0.984	NO	61	REP	5
30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	30	REP	6
208	0.885	1.198	0.959	1.128	*****	*****	0.999	0.883	1.059	1.051	NO	208	REP	7
109	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	109	REP	8
1256	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1256	REP	9
255	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	255	REP	10
161	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	161	REP	11
66	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	66	REP	12
156	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	156	REP	13
1197	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1197	REP	14
200	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	200	REP	15
249	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	249	REP	16
270	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	270	REP	17
1004	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1004	REP	18
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	2	REP	19
119	0.983	0.984	*****	*****	*****	1.188	1.050	1.152	0.935	*****	NO	119	REP	20

\*\*\*1934\*\*1935\*\*1936\*\*1937\*\*1938\*\*1939\*\*1940\*\*1941\*\*1942\*\*1943\*\*

MATRICE DES 495 C=COEFFICIENTS/Z:PRECIPITATION/(MOYENNE\*VECTEUR) PAGE SIX 3  
\*\*\*1944\*\*1945\*\*1946\*\*1947\*\*1948\*\*1949\*\*1950\*\*1951\*\*1952\*\*1953\*\*

286	0.922	1.045	0.817	1.103	0.853	1.040	1.034	0.863	1.001	0.902	N0	286	REP	1
103	1.120	1.027	*****	1.161	1.113	0.882	0.947	*****	*****	0.952	N0	103	REP	2
16	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	16	REP	3
244	1.102	0.916	1.181	1.062	*****	1.121	0.885	0.994	*****	1.167	N0	244	REP	4
61	1.043	0.991	0.990	*****	0.995	1.073	*****	1.066	*****	0.914	N0	61	REP	5
30	*****	*****	0.882	0.851	0.935	*****	1.154	1.103	1.056	0.981	N0	30	REP	6
208	0.890	0.928	0.975	0.990	1.113	0.902	1.103	0.975	0.943	0.866	N0	208	REP	7
109	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	109	REP	8
1256	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	1256	REP	9
255	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	255	REP	10
161	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	1.217	N0	161	REP	11
66	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	66	REP	12
156	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	156	REP	13
1197	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	1197	REP	14
200	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	200	REP	15
249	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	249	REP	16
270	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	270	REP	17
1004	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	1004	REP	18
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	2	REP	19
119	0.923	1.485	1.155	0.833	0.991	0.982	0.876	*****	*****	*****	N0	119	REP	20

\*\*\*1944\*\*1945\*\*1946\*\*1947\*\*1948\*\*1949\*\*1950\*\*1951\*\*1952\*\*1953\*\*

MATRICE DES 495 C=COEFFICIENTS/Z:PRECIPITATION/(MOYENNE\*VECTEUR) PAGE SIX 4  
\*\*\*1954\*\*1955\*\*1956\*\*1957\*\*1958\*\*1959\*\*1960\*\*1961\*\*1962\*\*1963\*\*

286	0.897	1.111	0.962	0.987	0.853	0.892	0.961	1.011	1.066	1.050	N0	286	REP	1
103	*****	1.083	0.861	0.968	0.973	*****	*****	*****	*****	*****	N0	103	REP	2
16	1.111	1.025	0.997	0.972	1.088	1.005	*****	*****	0.950	0.887	N0	16	REP	3
244	0.944	1.157	1.147	1.000	1.060	1.045	*****	1.087	0.965	1.334	N0	244	REP	4
61	*****	0.884	1.086	1.119	*****	*****	1.028	*****	0.873	0.999	N0	61	REP	5
30	1.030	1.005	0.836	1.110	1.027	1.092	1.012	0.829	1.181	1.060	N0	30	REP	6
208	0.953	0.899	1.126	0.958	*****	0.966	*****	1.074	0.965	0.671	N0	208	REP	7
109	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	109	REP	8
1256	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	1256	REP	9
255	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	255	REP	10
161	1.065	0.836	0.984	0.886	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	161	REP	11
66	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	66	REP	12
156	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	156	REP	13
1197	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	1197	REP	14
200	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	200	REP	15
249	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	249	REP	16
270	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	270	REP	17
1004	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	1004	REP	18
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	2	REP	19
119	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	119	REP	20

\*\*\*1954\*\*1955\*\*1956\*\*1957\*\*1958\*\*1959\*\*1960\*\*1961\*\*1962\*\*1963\*\*

MATRICE DES 495 C=COEFFICIENTS/Z:PRECIPITATION/(MOYENNE\*VECTEUR) PAGE SIX 5

\*\*\*1964\*\*1965\*\*1966\*\*1967\*\*1968\*\*1969\*\*1970\*\*1971\*\*1972\*\*1973\*\*

286	0.918	1.016	1.031	1.089	0.989	0.932	1.103	1.008	1.218	1.107	N0	286	REP	1
103	*****	*****	*****	*****	1.040	0.935	0.970	0.871	1.111	1.003	N0	103	REP	2
16	0.920	1.120	0.879	1.067	1.013	1.024	1.004	0.910	0.918	0.992	N0	16	REP	3
244	0.955	1.059	0.946	0.879	1.002	*****	0.930	1.055	1.206	0.975	N0	244	REP	4
61	0.967	0.899	1.086	0.984	0.731	0.977	1.140	1.056	0.863	1.005	N0	61	REP	5
30	1.148	0.890	1.178	0.911	0.965	0.960	0.812	0.864	0.909	0.913	N0	30	REP	6
208	1.101	0.845	*****	*****	*****	*****	*****	*****	0.729	1.063	N0	208	REP	7
109	0.990	*****	*****	*****	*****	1.044	0.912	1.208	0.946	0.762	N0	109	REP	8
1256	*****	1.171	0.879	1.069	1.026	1.129	1.008	0.913	0.905	0.996	N0	1256	REP	9
255	*****	*****	*****	*****	*****	*****	1.120	1.115	0.950	*****	N0	255	REP	10
161	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	161	REP	11
66	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	66	REP	12
156	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	156	REP	13
1197	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	1197	REP	14
200	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	200	REP	15
249	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	0.981	N0	249	REP	16
270	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	270	REP	17
1004	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	1004	REP	18
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	2	REP	19
119	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	119	REP	20

\*\*\*1964\*\*1965\*\*1966\*\*1967\*\*1968\*\*1969\*\*1970\*\*1971\*\*1972\*\*1973\*\*

MATRICE DES 495 C=COEFFICIENTS/Z:PRECIPITATION/(MOYENNE\*VECTEUR) PAGE SIX 6

\*\*\*1974\*\*1975\*\*1976\*\*1977\*\*1978\*\*1979\*\*1980\*\*1981\*\*1982\*\*1983\*\*

286	0.992	0.914	0.922	0.910	1.012	1.067	0.813	1.031	0.838	1.041	N0	286	REP	1
103	1.036	0.958	0.963	*****	*****	1.064	0.993	1.084	0.951	1.195	N0	103	REP	2
16	0.950	0.956	0.942	1.074	1.099	0.911	0.789	0.953	0.947	0.854	N0	16	REP	3
244	0.955	1.114	0.852	1.138	0.858	0.924	0.977	1.109	0.908	1.009	N0	244	REP	4
61	0.978	1.080	0.997	1.099	0.912	1.048	0.999	0.893	1.048	*****	N0	61	REP	5
30	0.925	1.124	0.941	0.828	0.948	1.214	0.896	*****	0.966	0.659	N0	30	REP	6
208	1.063	0.883	1.080	1.071	0.921	1.019	1.067	0.928	1.183	1.004	N0	208	REP	7
109	0.969	1.028	1.167	0.966	0.846	0.901	1.079	0.914	1.093	1.041	N0	109	REP	8
1256	0.954	0.988	0.956	1.227	1.068	0.846	0.969	0.834	0.950	0.960	N0	1256	REP	9
255	1.054	0.967	1.044	0.947	1.142	0.932	0.868	0.844	0.927	0.826	N0	255	REP	10
161	*****	1.029	*****	0.951	1.119	0.896	0.985	1.024	0.965	1.104	N0	161	REP	11
66	*****	*****	*****	*****	*****	*****	1.169	0.990	1.057	1.075	N0	66	REP	12
156	*****	1.026	1.100	0.996	0.961	1.021	1.088	1.159	0.900	1.264	N0	156	REP	13
1197	*****	1.073	0.978	0.856	0.965	1.100	1.009	0.728	1.024	1.011	N0	1197	REP	14
200	*****	0.856	1.153	1.038	0.964	1.179	1.047	1.141	0.926	*****	N0	200	REP	15
249	1.125	1.004	0.905	0.897	1.186	0.977	0.972	1.011	1.107	0.730	N0	249	REP	16
270	*****	*****	*****	*****	*****	0.861	1.014	1.076	1.428	1.102	N0	270	REP	17
1004	*****	*****	*****	*****	*****	1.002	1.109	0.954	1.137	0.853	N0	1004	REP	18
2	*****	*****	*****	*****	*****	1.038	0.710	1.061	*****	0.987	N0	2	REP	19
119	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	N0	119	REP	20

\*\*\*1974\*\*1975\*\*1976\*\*1977\*\*1978\*\*1979\*\*1980\*\*1981\*\*1982\*\*1983\*\*

\*\*\*1923\*\*1924\*\*1925\*\*1926\*\*1927\*\*1928\*\*1929\*\*1930\*\*1931\*\*1932\*\*

VECT 0.00 1.38 2.38 3.29 4.65 5.90 7.01 7.92 8.70 10.03 VECTEUR

286	0.00	2.18	3.61	4.93	6.98	8.79-10.40	11.78	12.97	14.94	NO	286	REP	1	
103	0.00	-1.70	-2.93	-4.05	-5.72	-7.25	-8.62	-9.74-10.69	-12.33	NO	103	REP	2	
16	0.00	1.78	3.12	4.34	6.14	7.79	9.31	10.54	11.52	13.26	NO	16	REP	3
244	0.00	1.72	3.03	4.17	5.85	-7.48	8.81	9.91	10.82	12.55	NO	244	REP	4
61	0.00	1.78	3.12	4.34	6.14	7.79	9.32	10.54	11.53	13.26	NO	61	REP	5
30	0.00	-1.64	-2.83	-3.91	-5.52	-7.00	-8.32	-9.40-10.33	-11.91	NO	30	REP	6	
208	0.00	-2.22	-3.62	-5.28	-7.46	-9.46	-11.24	-12.71	-13.96	16.09	NO	208	REP	7
109	0.00	-2.27	-3.91	-5.40	-7.63	-9.68	-11.50	-13.00	-14.27	-16.46	NO	109	REP	8
1256	0.00	-1.82	-3.14	-4.34	-6.13	-7.77	-9.23	-10.44	-11.46	-13.22	NO	1256	REP	9
255	0.00	-1.92	-3.31	-4.58	-6.46	-8.20	-9.74	-11.01	-12.09	-13.94	NO	255	REP	10
161	0.00	-1.69	-2.91	-4.02	-5.68	-7.20	-8.56	-9.67	-10.62	-12.25	NO	161	REP	11
66	0.00	-1.39	-2.40	-3.31	-4.68	-5.93	-7.05	-7.97	-8.75	-10.10	NO	66	REP	12
156	0.00	-2.15	-3.71	-5.13	-7.25	-9.19	-10.92	-12.35	-13.56	-15.63	NO	156	REP	13
1197	0.00	-1.99	-3.44	-4.75	-6.71	-8.51	-10.11	-11.42	-12.55	-14.47	NO	1197	REP	14
200	0.00	-2.03	-3.50	-4.84	-6.84	-8.67	-10.30	-11.65	-12.79	-14.75	NO	200	REP	15
249	0.00	-1.62	-2.79	-3.86	-5.45	-6.91	-8.21	-9.28	-10.19	-11.75	NO	249	REP	16
270	0.00	-1.27	-2.18	-3.02	-4.26	-5.40	-6.42	-7.26	-7.97	-9.19	NO	270	REP	17
1004	0.00	-1.50	-2.59	-3.58	-5.06	-6.42	-7.63	-8.62	-9.47	-10.92	NO	1004	REP	18
2	0.00	-1.50	-2.59	-3.58	-5.05	-6.41	-7.62	-8.61	-9.46	-10.90	NO	2	REP	19
119	0.00	-1.91	-3.29	-4.54	-6.41	-8.14	-9.67	-10.93	12.15	14.02	NO	119	REP	20

VECT 0.00 1.38 2.38 3.29 4.65 5.90 7.01 7.92 8.70 10.03 VECTEUR

\*\*\*1923\*\*1924\*\*1925\*\*1926\*\*1927\*\*1928\*\*1929\*\*1930\*\*1931\*\*1932\*\*

CUMULS VECTEUR ET STATIONS

\*\*\*1933\*\*1934\*\*1935\*\*1936\*\*1937\*\*1938\*\*1939\*\*1940\*\*1941\*\*1942\*\*

VECT 11.22 12.18 13.40 14.71 15.66 16.86 17.87 18.85 19.55 20.59 VECTEUR

286	16.76	18.21	19.82	21.85	23.26	25.06	26.58	28.12	29.09	30.52	NO	286	REP	1
103	-13.80	-14.98	-16.48	-18.09	-19.26	-20.74	-21.98	-23.18	-24.04	-25.32	NO	103	REP	2
16	14.91	16.22	17.78	19.53	20.74	22.29	23.56	24.86	25.78	27.17	NO	16	REP	3
244	14.02	15.32	16.87	18.48	19.64	21.21	22.34	23.54	24.50	25.81	NO	244	REP	4
61	14.92	16.23	17.78	19.54	20.75	22.30	23.58	24.77	25.45	26.98	NO	61	REP	5
30	-13.32	-14.47	-15.92	-17.47	-18.60	-20.03	-21.22	-22.39	-23.21	-24.46	NO	30	REP	6
208	17.97	19.34	21.63	23.70	25.42	27.35	28.97	30.54	31.52	33.30	NO	208	REP	7
109	-18.41	-20.00	-22.00	-24.15	-25.71	-27.68	-29.33	-30.94	-32.08	-33.80	NO	109	REP	8
1256	-14.79	-16.06	-17.66	-19.39	-20.64	-22.22	-23.55	-24.84	-25.76	-27.14	NO	1256	REP	9
255	-15.60	-16.94	-18.63	-20.46	-21.78	-23.45	-24.85	-26.21	-27.18	-28.63	NO	255	REP	10
161	-13.70	-14.88	-16.37	-17.97	-19.13	-20.59	-21.83	-23.02	-23.87	-25.15	NO	161	REP	11
66	-11.29	-12.26	-13.49	-14.81	-15.77	-16.97	-17.99	-18.98	-19.68	-20.73	NO	66	REP	12
156	-17.49	-18.99	-20.89	-22.94	-24.42	-26.29	-27.86	-29.39	-30.47	-32.10	NO	156	REP	13
1197	-16.19	-17.58	-19.34	-21.23	-22.60	-24.33	-25.78	-27.20	-28.20	-29.71	NO	1197	REP	14
200	-16.50	-17.92	-19.71	-21.64	-23.04	-24.80	-26.28	-27.72	-28.75	-30.29	NO	200	REP	15
249	-13.15	-14.28	-15.70	-17.24	-18.35	-19.76	-20.94	-22.09	-22.90	-24.13	NO	249	REP	16
270	-10.28	-11.17	-12.28	-13.48	-14.35	-15.46	-16.38	-17.28	-17.91	-18.87	NO	270	REP	17
1004	-12.21	-13.26	-14.59	-16.02	-17.05	-18.36	-19.45	-20.52	-21.28	-22.42	NO	1004	REP	18
2	-12.20	-13.25	-14.57	-16.00	-17.03	-18.33	-19.43	-20.50	-21.25	-22.39	NO	2	REP	19
119	15.53	16.83	18.49	20.30	21.61	23.27	24.92	26.34	27.44	28.79	NO	119	REP	20

VECT 11.22 12.18 13.40 14.71 15.66 16.86 17.87 18.85 19.55 20.59 VECTEUR

\*\*\*1933\*\*1934\*\*1935\*\*1936\*\*1937\*\*1938\*\*1939\*\*1940\*\*1941\*\*1942\*\*



\*\*\*1943\*\*1944\*\*1945\*\*1946\*\*1947\*\*1948\*\*1949\*\*1950\*\*1951\*\*1952\*\*

VECT 21.76 22.58 23.58 24.59 25.63 26.97 27.93 29.14 30.28 31.40 VECTEUR

286	32.20	33.29	34.81	36.01	37.67	39.32	40.77	42.60	44.01	45.64	NO	286	REP	1
103	-26.76	27.88	29.15	-30.40	31.87	33.70	34.74	36.16	-37.56	-38.94	NO	103	REP	2
16	-28.71	-29.79	-31.11	-32.46	-33.83	-35.59	-36.87	-38.47	-39.97	-41.46	NO	16	REP	3
244	27.29	28.46	29.65	31.21	32.64	-34.38	35.78	37.18	38.65	-40.11	NO	244	REP	4
61	28.51	29.63	30.94	32.27	-33.64	35.40	36.77	-38.38	39.98	-41.47	NO	61	REP	5
30	-25.84	-26.81	-28.00	29.06	30.11	31.59	-32.74	34.40	35.89	37.30	NO	30	REP	6
208	35.27	36.44	37.93	39.52	41.16	43.55	44.94	47.09	48.87	50.57	NO	208	REP	7
109	-35.72	-37.05	-38.70	-40.36	-42.06	-44.25	-45.83	-47.83	-49.69	-51.53	NO	109	REP	8
1256	-28.68	-29.75	-31.07	-32.41	-33.77	-35.53	-36.80	-38.40	-39.90	-41.38	NO	1256	REP	9
255	-30.26	-31.39	-32.78	-34.19	-35.63	-37.49	-38.83	-40.52	-42.09	-43.66	NO	255	REP	10
161	-26.58	-27.57	-28.80	-30.03	-31.30	-32.93	-34.10	-35.59	-36.97	-38.35	NO	161	REP	11
66	-21.91	-22.73	-23.73	-24.76	-25.80	-27.14	-28.11	-29.34	-30.48	-31.61	NO	66	REP	12
156	-33.93	-35.19	-36.76	-38.34	-39.95	-42.03	-43.53	-45.43	-47.20	-48.95	NO	156	REP	13
1197	-31.40	-32.57	-34.02	-35.48	-36.98	-38.90	-40.29	-42.04	-43.68	-45.30	NO	1197	REP	14
200	-32.01	-33.20	-34.68	-36.17	-37.69	-39.66	-41.07	-42.86	-44.53	-46.18	NO	200	REP	15
249	-25.50	-26.45	-27.63	-28.81	-30.03	-31.59	-32.72	-34.14	-35.47	-36.79	NO	249	EP	16
270	-19.95	-20.59	-21.61	-22.54	-23.49	-24.71	-25.59	-26.71	-27.75	-28.78	NO	270	REP	17
1004	-23.69	-24.58	-25.67	-26.77	-27.90	-29.35	-30.40	-31.72	-32.96	-34.18	NO	1004	REP	18
2	-23.66	-24.55	-25.64	-26.74	-27.86	-29.32	-30.36	-31.69	-32.92	-34.14	NO	2	REP	19
119	-30.41	31.44	33.50	35.11	36.31	38.13	39.44	40.91	-42.47	-44.02	NO	119	REP	20

VECT 21.76 22.58 23.58 24.59 25.63 26.97 27.93 29.14 30.28 31.40 VECTEUR

\*\*\*1943\*\*1944\*\*1945\*\*1946\*\*1947\*\*1948\*\*1949\*\*1950\*\*1951\*\*1952\*\*

CUMULS VECTEUR ET STATIONS

\*\*\*1953\*\*1954\*\*1955\*\*1956\*\*1957\*\*1958\*\*1959\*\*1960\*\*1961\*\*1962\*\*

VECT 32.47 33.70 34.90 36.16 37.24 38.77 39.65 40.57 41.62 42.64 VECTEUR

286	47.04	48.64	50.58	52.34	53.89	55.77	56.92	58.19	59.74	61.31	NO	286	REP	1
103	40.19	-41.70	43.30	44.64	45.92	47.74	-48.83	-49.96	-51.26	-52.50	NO	103	REP	2
16	-42.87	44.68	46.31	47.97	49.38	51.55	52.73	-53.94	-55.34	-56.61	NO	16	REP	3
244	41.73	43.23	45.05	46.93	48.34	50.43	51.63	-52.82	54.32	55.59	NO	244	REP	4
61	42.76	-44.39	45.80	47.61	49.22	-51.23	-52.40	53.65	-55.05	56.22	NO	61	REP	5
30	38.54	40.04	41.48	42.74	44.16	46.02	47.16	48.26	49.30	50.72	NO	30	REP	6
208	52.05	53.93	55.67	57.95	59.62	-62.06	63.43	-64.90	66.72	68.29	NO	208	REP	7
109	-53.28	-55.30	-57.28	-59.35	-61.12	-63.62	-65.07	-66.57	-68.31	-69.97	NO	109	REP	8
1256	-42.78	-44.40	-45.99	-47.65	-49.08	-51.08	-52.25	-53.45	-54.84	-56.18	NO	1256	REP	9
255	-45.14	-46.85	-48.52	-50.28	-51.78	-53.90	-55.13	-56.40	-57.87	-59.28	NO	255	REP	10
161	39.93	41.53	42.76	44.28	45.45	-47.30	-48.38	-49.50	-50.79	-52.03	NO	161	REP	11
66	-32.68	-33.92	-35.13	-36.40	-37.49	-39.02	-39.91	-40.83	-41.90	-42.92	NO	66	REP	12
156	-50.61	-52.53	-54.40	-56.37	-58.06	-60.43	-61.81	-63.23	-64.88	-66.46	NO	156	REP	13
1197	-46.84	-48.61	-50.35	-52.17	-53.73	-55.93	-57.20	-58.52	-60.05	-61.51	NO	1197	REP	14
200	-47.75	-49.56	-51.33	-53.18	-54.77	-57.01	-58.31	-59.66	-61.21	-62.70	NO	200	REP	15
249	-38.04	-39.48	-40.89	-42.37	-43.64	-45.42	-46.45	-47.53	-48.76	-49.95	NO	249	REP	16
270	-29.76	-30.88	-31.98	-33.14	-34.13	-35.53	-36.34	-37.18	-38.15	-39.07	NO	270	REP	17
1004	-35.34	-36.68	-37.99	-39.36	-40.54	-42.20	-43.16	-44.15	-45.30	-46.41	NO	1004	REP	18
2	-35.30	-36.63	-37.94	-39.32	-40.49	-42.15	-43.11	-44.10	-45.25	-46.35	NO	2	REP	19
119	-45.49	-47.19	-48.85	-50.59	-52.09	-54.18	-55.40	-56.67	-58.13	-59.52	NO	119	REP	20

VECT 32.47 33.70 34.90 36.16 37.24 38.77 39.65 40.57 41.62 42.64 VECTEUR

\*\*\*1953\*\*1954\*\*1955\*\*1956\*\*1957\*\*1958\*\*1959\*\*1960\*\*1961\*\*1962\*\*

\*\*\*1963\*\*1964\*\*1965\*\*1966\*\*1967\*\*1968\*\*1969\*\*1970\*\*1971\*\*1972\*\*

VECT 43.57 44.49 45.68 46.76 48.03 48.64 49.73 50.60 51.35 51.89 VECTEUR

286	62.74	63.96	65.72	67.32	69.33	70.21	71.67	73.07	74.17	75.13	NO	286	REP	1
103	-53.66	-54.78	-56.25	-57.57	-59.13	59.92	61.16	62.21	63.01	63.75	NO	103	REP	2
16	57.71	58.83	60.59	61.84	63.64	64.46	65.93	67.09	67.99	68.65	NO	16	REP	3
244	57.22	58.36	60.00	61.32	62.77	63.58	64.98	66.04	67.07	67.92	NO	244	REP	4
61	57.46	58.64	60.05	61.60	63.25	63.85	65.25	66.57	67.62	68.24	NO	61	REP	5
30	51.90	53.16	54.42	55.92	57.29	58.00	59.23	60.08	60.85	61.43	NO	30	REP	6
208	69.30	70.92	72.54	74.26	76.30	77.29	79.02	80.43	81.63	82.26	NO	208	REP	7
109	-71.51	73.00	74.96	76.72	78.81	79.82	81.67	82.98	84.47	85.31	NO	109	REP	8
1256	-57.42	-58.63	60.47	61.71	63.50	64.33	65.94	67.10	68.01	68.65	NO	1256	REP	9
255	-60.58	-61.86	-63.51	-65.01	-66.77	-67.63	-69.13	70.50	71.66	72.38	NO	255	REP	10
161	-53.17	-54.30	-55.75	-57.06	-58.61	-59.37	-60.69	-61.76	-62.67	-63.33	NO	161	REP	11
66	-43.86	-44.78	-45.98	-47.06	-48.34	-48.96	-50.05	-50.93	-51.69	-52.23	NO	66	REP	12
156	-67.92	-69.36	-71.21	-72.89	-74.87	-75.83	-77.51	-78.88	-80.05	-80.89	NO	156	REP	13
1197	-62.86	-64.19	-65.91	-67.45	-69.29	-70.18	-71.74	-73.00	-74.08	-74.86	NO	1197	REP	14
200	-64.08	-65.43	-67.19	-68.76	-70.63	-71.54	-73.13	-74.42	-75.52	-76.32	NO	200	REP	15
249	-51.05	-52.13	-53.52	-54.78	-56.27	-56.99	-58.26	-59.28	-60.16	-60.80	NO	249	REP	16
270	-39.93	-40.78	-41.87	-42.85	-44.02	-44.58	-45.57	-46.37	-47.06	-47.56	NO	270	REP	17
1004	-47.43	-48.43	-49.73	-50.89	-52.28	-52.95	-54.13	-55.08	-55.90	-56.48	NO	1004	REP	18
2	-47.37	-48.37	-49.67	-50.83	-52.22	-52.89	-54.06	-55.01	-55.83	-56.42	NO	2	REP	19
119	-60.82	-62.09	-63.73	-65.21	-66.96	-67.82	-69.31	-70.51	-71.55	-72.30	NO	119	REP	20

VECT 43.57 44.49 45.68 46.76 48.03 48.64 49.73 50.60 51.35 51.89 VECTEUR

\*\*\*1963\*\*1964\*\*1965\*\*1966\*\*1967\*\*1968\*\*1969\*\*1970\*\*1971\*\*1972\*\*

CUMULS VECTEUR ET STATIONS

\*\*\*1973\*\*1974\*\*1975\*\*1976\*\*1977\*\*1978\*\*1979\*\*1980\*\*1981\*\*1982\*\*

VECT 52.69 53.56 54.63 55.60 56.20 57.23 58.00 58.59 59.41 60.15 VECTEUR

286	78.42	77.66	75.07	80.37	81.18	82.88	83.87	84.57	85.79	86.89	NO	286	REP	1
103	64.74	65.84	67.10	68.25	68.98	70.25	71.26	71.99	73.08	73.94	NO	103	REP	2
16	69.70	70.79	72.14	73.35	74.20	75.70	76.63	77.25	78.28	79.20	NO	16	REP	3
244	68.94	70.01	71.56	72.63	73.52	74.67	75.60	76.35	77.53	78.40	NO	244	REP	4
61	69.30	70.42	71.95	73.23	74.10	75.35	76.42	77.20	78.17	79.20	NO	61	REP	5
30	62.30	63.25	64.68	65.76	66.35	67.51	68.62	69.25	70.22	71.07	NO	30	REP	6
208	83.64	85.11	86.62	88.30	89.33	90.86	92.12	93.14	94.35	95.76	NO	208	REP	7
109	86.31	87.68	89.49	91.35	92.30	93.73	94.87	95.92	97.15	98.47	NO	109	REP	8
1256	69.71	70.79	72.18	73.40	74.37	75.82	76.69	77.44	78.34	79.27	NO	1256	REP	9
255	-73.49	74.75	76.19	77.60	78.39	80.03	81.03	81.74	82.70	83.66	NO	255	REP	10
161	-64.31	-65.37	66.71	67.90	68.59	70.00	70.85	71.56	72.58	73.45	NO	161	REP	11
66	-53.04	-53.91	-54.99	-55.96	-56.57	-57.60	-58.38	59.08	59.89	60.68	NO	66	REP	12
156	-82.14	-83.49	85.20	86.86	87.79	89.34	90.57	91.57	93.05	94.08	NO	156	REP	13
1197	-76.02	-77.26	78.92	80.29	81.03	82.47	83.69	84.55	85.41	86.50	NO	1197	REP	14
200	-77.50	-78.76	80.11	81.76	82.67	84.13	85.47	86.33	87.75	88.76	NO	200	REP	15
249	61.72	62.85	64.11	65.14	65.77	67.20	68.09	68.76	69.73	70.69	NO	249	REP	16
270	-48.29	-49.08	-50.06	-50.95	-51.50	-52.45	53.06	53.61	54.41	55.38	NO	270	REP	17
1004	-57.36	-58.30	-59.46	-60.52	-61.17	-62.29	63.13	63.85	64.70	65.61	NO	1004	REP	18
2	-57.29	-58.23	-59.39	-60.45	-61.10	-62.22	63.09	63.55	64.49	65.29	NO	2	REP	19
119	-73.40	-74.59	-76.07	-77.41	-78.24	-79.66	-80.73	-81.54	-82.67	-83.69	NO	119	REP	20

VECT 52.69 53.56 54.63 55.60 56.20 57.23 58.00 58.59 59.41 60.15 VECTEUR

\*\*\*1973\*\*1974\*\*1975\*\*1976\*\*1977\*\*1978\*\*1979\*\*1980\*\*1981\*\*1982\*\*

\*\*\*1984\*\*\*1985\*\*\*1986\*\*

286	1.121	1.182	0.906	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	286	REP	1
103	*****	1.048	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	103	REP	2
16	0.909	1.056	0.978	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	16	REP	3
244	1.069	0.828	1.063	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	244	REP	4
61	*****	1.039	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	61	REP	5
30	0.737	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	30	REP	6
208	0.852	0.832	0.905	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	208	REP	7
109	0.974	0.728	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	109	REP	8
1256	0.912	0.956	0.916	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1256	REP	9
255	0.754	1.031	1.027	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	255	REP	10
161	0.955	1.030	0.985	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	161	REP	11
66	1.107	1.128	0.924	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	66	REP	12
156	1.007	0.816	0.786	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	156	REP	13
1197	1.046	1.268	1.035	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1197	REP	14
200	1.094	0.812	0.892	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	200	REP	15
249	0.912	0.967	0.996	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	249	REP	16
270	1.133	1.163	1.034	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	270	REP	17
1004	1.066	0.999	1.169	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	1004	REP	18
2	0.913	1.122	1.183	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	2	REP	19
119	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	NO	119	REP	20

\*\*\*1984\*\*\*1985\*\*\*1986\*\*

MOMENTS DES C-1 MT1 -0.00359 MT2 0.01111 MT3 0.00011 MT4 0.00054

RAILS DES DOUBLES CUMULS ENTRE VECTEUR ET STATIONS		64POINTS	PAGE	HUIT	
288	SENEGAL ZIGUINCHOR	62 ANNEES OBSERVEES NO	288	REP	1
TGTE	INF ANNEES 1940-1985	PENTE 1428.4	DISTANCE 0.84	UNITE VECT ESP	0.48
TGTE	SUP ANNEES 1923-1960	PENTE 1434.5	DISTANCE 0.75	UNITE VECT //XM	0.99
103	SENEGAL INHOR	26 ANNEES OBSERVEES NO	103	REP	2
TGTE	INF ANNEES 1948-1986	PENTE 1218.9	DISTANCE 0.68	UNITE VECT ESP	0.34
TGTE	SUP ANNEES 1923-1971	PENTE 1227.1	DISTANCE 0.50	UNITE VECT //XM	0.55
16	SENEGAL BIGNONA	47 ANNEES OBSERVEES NO	16	REP	3
TGTE	INF ANNEES 1959-1961	PENTE 1322.7	DISTANCE 0.63	UNITE VECT ESP	0.25
TGTE	SUP ANNEES 1924-1984	PENTE 1314.2	DISTANCE 0.51	UNITE VECT //XM	0.63
244	SENEGAL SEDHIOU	58 ANNEES OBSERVEES NO	244	REP	4
TGTE	INF ANNEES 1923-1965	PENTE 1313.4	DISTANCE 1.00	UNITE VECT ESP	0.53
TGTE	SUP ANNEES 1943-1945	PENTE 1299.7	DISTANCE 1.25	UNITE VECT //XM	1.23
61	SENEGAL DIOULOULOU	53 ANNEES OBSERVEES NO	61	REP	5
TGTE	INF ANNEES 1934-1961	PENTE 1318.6	DISTANCE 0.37	UNITE VECT ESP	0.38
TGTE	SUP ANNEES 1941-1969	PENTE 1318.7	DISTANCE 0.37	UNITE VECT //XM	0.52
30	GAMBIE YUNDUM AIRPORT	37 ANNEES OBSERVEES NO	30	REP	6
TGTE	INF ANNEES 1923-1966	PENTE 1195.9	DISTANCE 1.12	UNITE VECT ESP	0.47
TGTE	SUP ANNEES 1948-1984	PENTE 1176.4	DISTANCE 0.68	UNITE VECT //XM	1.01
208	SENEGAL OUSSOUYE	45 ANNEES OBSERVEES NO	208	REP	7
TGTE	INF ANNEES 1950-1961	PENTE 1572.6	DISTANCE 0.60	UNITE VECT ESP	0.50
TGTE	SUP ANNEES 1923-1986	PENTE 1584.5	DISTANCE 0.58	UNITE VECT //XM	1.02
109	SENEGAL KABROUSSE	18 ANNEES OBSERVEES NO	109	REP	8
TGTE	INF ANNEES 1923-1971	PENTE 1644.9	DISTANCE 0.51	UNITE VECT ESP	0.52
TGTE	SUP ANNEES 1923-1985	PENTE 1631.5	DISTANCE 0.42	UNITE VECT //XM	0.48
1256	SENEGAL TANGHORY	22 ANNEES OBSERVEES NO	1256	REP	9
TGTE	INF ANNEES 1970-1978	PENTE 1315.9	DISTANCE 0.49	UNITE VECT ESP	0.32
TGTE	SUP ANNEES 1923-1986	PENTE 1313.9	DISTANCE 0.48	UNITE VECT //XM	0.51
255	SENEGAL TENDOUCK	16 ANNEES OBSERVEES NO	255	REP	10
TGTE	INF ANNEES 1923-1978	PENTE 1398.4	DISTANCE 0.61	UNITE VECT ESP	0.34
TGTE	SUP ANNEES 1923-1984	PENTE 1384.4	DISTANCE 0.58	UNITE VECT //XM	0.59
161	SENEGAL MARSASSOUM	16 ANNEES OBSERVEES NO	161	REP	11
TGTE	INF ANNEES 1923-1954	PENTE 1232.5	DISTANCE 0.55	UNITE VECT ESP	0.35
TGTE	SUP ANNEES 1923-1957	PENTE 1220.2	DISTANCE 0.34	UNITE VECT //XM	0.34
66	SENEGAL DJIRIDIONE	7 ANNEES OBSERVEES NO	66	REP	12
TGTE	INF ANNEES 1923-1985	PENTE 1012.4	DISTANCE 0.33	UNITE VECT ESP	0.39
TGTE	SUP ANNEES 1974-1979	PENTE 1006.6	DISTANCE 0.36	UNITE VECT //XM	0.36
156	SENEGAL LOUDIA-WOLOF	12 ANNEES OBSERVEES NO	156	REP	13
TGTE	INF ANNEES 1923-1984	PENTE 1567.8	DISTANCE 0.31	UNITE VECT ESP	0.46
TGTE	SUP ANNEES 1974-1986	PENTE 1566.5	DISTANCE 0.31	UNITE VECT //XM	0.35
1197	SENEGAL NIAGUIS	12 ANNEES OBSERVEES NO	1197	REP	14
TGTE	INF ANNEES 1923-1986	PENTE 1444.8	DISTANCE 0.29	UNITE VECT ESP	0.44
TGTE	SUP ANNEES 1923-1981	PENTE 1437.7	DISTANCE 0.31	UNITE VECT //XM	0.30
RAILS DES DOUBLES CUMULS ENTRE VECTEUR ET STATIONS		64POINTS	PAGE	HUIT	2
200	SENEGAL NYASSIA	11 ANNEES OBSERVEES NO	200	REP	15
TGTE	INF ANNEES 1923-1984	PENTE 1477.3	DISTANCE 0.40	UNITE VECT ESP	0.54
TGTE	SUP ANNEES 1923-1975	PENTE 1466.5	DISTANCE 0.45	UNITE VECT //XM	0.43
249	SENEGAL SINDIAN	14 ANNEES OBSERVEES NO	249	REP	16
TGTE	INF ANNEES 1923-1982	PENTE 1175.2	DISTANCE 0.25	UNITE VECT ESP	0.31
TGTE	SUP ANNEES 1977-1986	PENTE 1172.0	DISTANCE 0.24	UNITE VECT //XM	0.25
270	SENEGAL TOUKARA	8 ANNEES OBSERVEES NO	270	REP	17
TGTE	INF ANNEES 1923-1986	PENTE 925.1	DISTANCE 0.65	UNITE VECT ESP	0.59
TGTE	SUP ANNEES 1923-1979	PENTE 914.6	DISTANCE 0.71	UNITE VECT //XM	0.70
1004	SENEGAL BAILA	8 ANNEES OBSERVEES NO	1004	REP	18
TGTE	INF ANNEES 1923-1986	PENTE 1092.4	DISTANCE 0.21	UNITE VECT ESP	0.41
TGTE	SUP ANNEES 1978-1979	PENTE 1090.8	DISTANCE 0.21	UNITE VECT //XM	0.23
2	SENEGAL ALAKOUNDA	7 ANNEES OBSERVEES NO	2	REP	19
TGTE	INF ANNEES 1923-1986	PENTE 1088.4	DISTANCE 0.23	UNITE VECT ESP	0.34
TGTE	SUP ANNEES 1923-1984	PENTE 1084.3	DISTANCE 0.24	UNITE VECT //XM	0.23
119	SENEGAL KARTIAK	16 ANNEES OBSERVEES NO	119	REP	20
TGTE	INF ANNEES 1946-1986	PENTE 1367.2	DISTANCE 1.09	UNITE VECT ESP	0.73
TGTE	SUP ANNEES 1938-1986	PENTE 1395.0	DISTANCE 0.76	UNITE VECT //XM	0.86

ANNEXE 2.2

EXPRESSIONS MATHÉMATIQUES DES LOIS DE GAUSS, DE GALTON ET DE GOODRICH ET MÉTHODE DE CALCUL DES PARAMÈTRES DE LA LOI.

Sur le listing de chacun des exemples donnés la loi choisie est encadrée et les valeurs du test de Brunet-Moret ainsi que la fréquence au dépassement sont soulignées.

LOI NORMALE OU LOI DE GAUSS

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad \text{avec} \quad u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$$

$u$ , variable réduite de GAUSS.

$\bar{x}$ , moyenne de l'échantillon.

$\sigma$ , écart-type de l'échantillon.

DETERMINATION DES PARAMETRES

Moyenne :  $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$  avec  $N$ , nombre d'observations dans l'échantillon

Ecart-type :  $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})^2}$

CALCUL DE LA VALEUR DE  $x$  POUR UNE FREQUENCE DONNEE

On utilise la table de l'intégrale de GAUSS (annexe 1). Cette table donne les valeurs de  $u$  en fonction de la probabilité de trouver une valeur supérieure ou égale à  $u$  (fréquence au dépassement,  $F_1(x)$ ).

Soit à calculer la valeur de  $x$  correspondant à  $F_1(x) = 0,10$  (décennale humide) ; La table donne pour  $F_1(x) = 0,10$   $u = 1,2817$ .

On utilise ensuite l'équation  $x = \sigma \cdot u + \bar{x}$ .

Pour la fréquence décennale sèche,  $F_1(x) = 0,90$  ;  $u = -1,2817$ .

## VALEURS OBSERVEES DANS L ORDRE D APPARITION

ORDRE	VALEUR	ORDRE	VALEUR	ORDRE	VALEUR	ORDRE	VALEUR
1	1438.000	2	1372.000	3	1356.000	4	1231.000
5	1289.000	6	1221.000	7	1279.000	8	1686.000
9	1138.000	10	1115.000	11	1216.000	12	1216.000
13	1130.000	14	1027.000	15	1178.000	16	1147.000
17	1219.000	18	760.000	19	1410.000	20	1046.000
21	1838.000	22	874.000	23	1172.000	24	1010.000
25	1188.000	26	921.000	27	648.000	28	992.000
29	822.000	30	566.000				

## POINTAGE DES 30 VALEURS OBSERVEES RANGEES AVEC ORDRE D APPARITION

PROBABILITE = (RANG-.5)/TAILLE ECHANTILLON

RANG	ORDRE	PROBABILITE	VALEUR	RECURRENCE	VALEUR	PROBABILITE	RANG	ORDRE
1	30	0.0167	566.000	60.000	1838.000	0.9833	30	21
2	27	0.0500	648.000	20.000	1686.000	0.9500	29	6
3	18	0.0833	760.000	12.000	1438.000	0.9167	28	1
4	29	0.1167	822.000	8.571	1410.000	0.8833	27	19
5	22	0.1500	874.000	6.667	1372.000	0.8500	26	2
6	26	0.1833	921.000	5.455	1356.000	0.8167	25	3
7	28	0.2167	992.000	4.615	1289.000	0.7833	24	5
8	24	0.2500	1010.000	4.000	1279.000	0.7500	23	7
9	14	0.2833	1027.000	3.529	1231.000	0.7167	22	4
10	20	0.3167	1046.000	3.158	1221.000	0.6833	21	6
11	10	0.3500	1115.000	2.857	1219.000	0.6500	20	17
12	13	0.3833	1130.000	2.609	1216.000	0.6167	19	11
13	9	0.4167	1138.000	2.400	1216.000	0.5833	18	12
14	16	0.4500	1147.000	2.222	1188.000	0.5500	17	20
15	23	0.4833	1172.000	2.069	1178.000	0.5167	16	15

MOYENNE OBSERVEE 1150.167

MEDIANE OBSERVEE 1175.000

MODE PROBABLE 1129.347

VARIANCE 73113.727

P.M. ECART TYPE 270.396

COEF VARIATION 0.235

ECART TYPE/MOYENNE

COEF ASYMETRIE 0.156

3EME CUMULANT/VARIANCE\*\*1.5

COEF APLATISSEMENT 0.773

4EME CUMULANT/VARIANCE\*\*2.

AJUSTEMENTS AUX 3 DISTRIBUTIONS RETENUES

VALEURS CALCULEES

PAR LA METHODE DU MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE

LES PARAMETRES D ECHELLE ETANT POSITIFS A PRIORI

VALEUR LIMITE INFERIEURE CHOISIE POUR LES BORNES INFERIEURES -0.10000E+01

GAUS DISTRIBUTION DE LAPLACE-GAUSS DITE NORMALE

G.VR DISTRIBUTION DE GUMBEL MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE

G.MO DISTRIBUTION DE GUMBEL PAR LES MOMENTS

GALT DISTRIBUTION DE GALTON, GAUSSO-LOGARITHMIQUE

PEAR DISTRIBUTION DE PEARSON III, GAMMA INCOMPLETE, EN X

PEAV DISTRIBUTION DE PEARSON V, GAMMA INCOMPLETE, EN 1/X  
 GOOD DISTRIBUTION DE GOODRICH, EXPO GENERALISEE, EN X\*\*A  
 FREC DISTRIBUTION DE FRECHET, EXPO GENERALISEE, EN 1/X\*\*A  
 LGAM DISTRIBUTION WRC-USA, LOG-GAMMA DE 1ERE ESPECE  
 FUIT DISTRIBUTION DE LA LOI DES FUITES  
 POLY DISTRIBUTION DE POLYA

DISTRIBUTION	GAUSS	GALTO	GOODR
PARAMETRES			
D ECHELLE	265.851	1394.755	877.954
DE POSITION	1150.167	-270.396	361.904
DE FORME PREMIER	*****	0.201	0.312
DE FORME SECOND	*****	*****	*****
BORNE INFERIEURE	*****	-270.396	361.904
BORNE SUPERIEURE	*****	*****	*****
MOYENNE	1150.167	1152.704	1148.253
MEDIANE	1150.167	1124.360	1144.858
MODE	1150.167	1069.354	1142.874
VARIANCE	70676.617	83147.937	72729.930
COEF VARIATION	0.231	0.250	0.235
COEF ASYMETRIE	0.000	0.616	0.106
COEF APLATISSEMENT	0.000	0.683	-0.286
VALEUR DE TEST	<u>4.782</u>	6.915	5.684
FREQ AU DEPASSEMENT	<u>0.253</u>	0.094	0.166
TEST DU CHI2	3.000	2.667	2.667

PROBABILITE RECURRENCE

0.0100	.1000E+03	531.711	604.264	570.467
0.0200	.5000E+02	604.183	653.423	621.312
0.0400	.2500E+02	684.748	711.325	685.077
0.0500	.2000E+02	712.883	732.388	708.976
0.1000	.1000E+02	809.467	808.194	796.514
0.5000	.2000E+01	1150.167	1124.360	1144.858
0.9000	.1000E+02	1490.866	1533.203	1501.232
0.9500	.2000E+02	1587.451	1669.547	1598.873
0.9600	.2500E+02	1615.585	1711.170	1626.955
0.9800	.5000E+02	1696.151	1835.368	1706.440
0.9900	.1000E+03	1768.622	1953.718	1776.747



LOI de GALTON ou LOI de GIBRAT-GAUSS

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad \text{avec } u = a \log(x-x_0) + b$$

On opère un changement de variable par rapport à la loi normale en prenant comme variable gaussienne le logarithme ou une fonction linéaire du logarithme de la variable étudiée.

DETERMINATION DES PARAMETRES

Le calcul de  $x_0$  s'avérant assez lourd, on donnera ici une méthode graphique donnant des résultats acceptables.

La détermination de  $x_0$  se fait en portant les points observés et leur fréquence expérimentale sur un papier à abscisse gaussique et à ordonnée logarithmique.

Si  $x_0$  est nul, les points doivent s'aligner. Si la courbe présente, vers les faibles valeurs, une concavité tournée vers le haut ou vers le bas, on adopte pour  $x_0$  la plus petite valeur absolue dont il faut corriger les différentes valeurs de  $x$  pour que ces valeurs faibles de l'échantillon s'alignent de façon satisfaisante avec les valeurs fortes.

Pour achever la détermination de la loi, il faut calculer les coefficients  $a$  et  $b$  de la droite  $u = a \log(x-x_0) + b$ .

Deux possibilités sont offertes :

1 - Méthode des moments

$$a = \frac{1,517}{\sqrt{\log \left[ 1 + \frac{\sigma^2}{(\bar{x}-x_0)^2} \right]}} \quad b = \frac{1,1513}{a} - a \log(\bar{x}-x_0)$$

2 - Méthode du maximum de vraisemblance

$$a^2 = \frac{1}{\frac{\sum \log^2(x_i-x_0)}{N} - \frac{\sum^2 \log(x_i-x_0)}{N^2}} \quad b = \frac{-a \sum \log(x_i-x_0)}{N}$$

Plus longue que la précédente, cette méthode donne cependant des estimations de  $a$  et de  $b$  meilleures que la méthode des moments.

CALCUL DE LA VALEUR DE x POUR UNE FREQUENCE DONNEE

Comme pour la loi normale, on utilise la table de l'intégrale de GAUSS (annexe 1) pour obtenir la valeur de  $u$  correspondant à la fréquence  $F_1(x)$  étudiée. On calcule ensuite la valeur de  $x$  avec :  $u = a \log(x-x_0) + b$ .

## VALEURS OBSERVEES DANS L ORDRE D APPARITION

ORDRE	VALEUR	ORDRE	VALEUR	ORDRE	VALEUR	ORDRE	VALEUR
1	1537.000	2	1248.000	3	1052.000	4	1194.000
5	1349.000	6	1033.000	7	1119.000	8	1387.000
9	897.000	10	929.000	11	1095.000	12	1056.000
13	935.000	14	922.000	15	924.000	16	1035.000
17	1251.000	18	816.000	19	866.000	20	774.000
21	811.000	22	700.000	23	870.000	24	704.000
25	1041.000	26	827.000	27	685.000	28	1059.000
29	772.000	30	583.000				

## POINTAGE DES 30 VALEURS OBSERVEES RANGEES AVEC ORDRE D APPARITION

PROBABILITE = (RANG-.5)/TAILLE ECHANTILLON

RANG	ORDRE	PROBABILITE	VALEUR	RECURRENCE	VALEUR	PROBABILITE	RANG	ORDRE
1	30	0.0167	583.000	60.000	1537.000	0.9833	30	1
2	27	0.0500	685.000	20.000	1387.000	0.9500	29	2
3	22	0.0833	700.000	12.000	1349.000	0.9167	28	3
4	24	0.1167	704.000	8.571	1251.000	0.8833	27	17
5	29	0.1500	772.000	6.667	1248.000	0.8500	26	2
6	20	0.1833	774.000	5.455	1194.000	0.8167	25	4
7	21	0.2167	811.000	4.615	1119.000	0.7833	24	7
8	18	0.2500	816.000	4.000	1095.000	0.7500	23	11
9	26	0.2833	827.000	3.529	1059.000	0.7167	22	28
10	19	0.3167	866.000	3.158	1056.000	0.6833	21	12
11	23	0.3500	870.000	2.857	1052.000	0.6500	20	2
12	9	0.3833	897.000	2.609	1041.000	0.6167	19	25
13	14	0.4167	922.000	2.400	1035.000	0.5833	18	16
14	15	0.4500	924.000	2.222	1033.000	0.5500	17	6
15	10	0.4833	929.000	2.069	935.000	0.5167	16	13

MOYENNE OBSERVEE 982.367

MEDIANE OBSERVEE 932.000

MODE PROBABLE 928.709

VARIANCE 50659.906

P.M. ECART TYPE 225.078

COEF VARIATION 0.229 ECART TYPE/MOYENNE

COEF ASYMETRIE 0.549 3EME CUMULANT/VARIANCE\*\*1.5

COEF APLATISSEMENT -0.193 4EME CUMULANT/VARIANCE\*\*2.

AJUSTEMENTS AUX 3 DISTRIBUTIONS RETENUES

VALEURS CALCULEES

PAR LA METHODE DU MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE

LES PARAMETRES D ECHELLE ETANT POSITIFS A PRIORI

VALEUR LIMITE INFERIEURE CHOISIE POUR LES BORNES INFERIEURES -0.10000E+01

GAUS DISTRIBUTION DE LAPLACE-GAUSS DITE NORMALE  
 G.VR DISTRIBUTION DE GUMBEL MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE  
 G.MO DISTRIBUTION DE GUMBEL PAR LES MOMENTS  
 GALT DISTRIBUTION DE GALTON, GAUSSO-LOGARITHMIQUE  
 PEAR DISTRIBUTION DE PEARSON III, GAMMA INCOMPLETE, EN X  
 PEAV DISTRIBUTION DE PEARSON V, GAMMA INCOMPLETE, EN 1/X  
 GOOD DISTRIBUTION DE GOODRICH, EXPO GENERALISEE, EN X\*\*A  
 FREC DISTRIBUTION DE FRECHET, EXPO GENERALISEE, EN 1/X\*\*A  
 LGAM DISTRIBUTION WRC-USA, LOG-GAMMA DE 1ERE ESPECE  
 FUIT DISTRIBUTION DE LA LOI DES FUITES  
 POLY DISTRIBUTION DE POLYA

DISTRIBUTION	GAUSS	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">GALTO</span>	GOODR
PARAMETRES			
D ECHELLE	221.294	903.975	507.621
DE POSITION	982.367	52.699	532.594
DE FORME PREMIER	*****	0.237	0.468
DE FORME SECOND	*****	*****	*****
BORNE INFERIEURE	*****	52.699	532.594
BORNE SUPERIEURE	*****	*****	*****
MOYENNE	982.367	982.483	982.154
MEDIANE	982.367	956.674	960.125
MODE	982.367	907.186	910.117
VARIANCE	48971.246	50067.738	49125.793
COEF VARIATION	0.225	0.228	0.226
COEF ASYMETRIE	0.000	0.736	0.546
COEF APLATISSEMENT	0.000	0.978	0.099
VALEUR DE TEST	3.300	<u>0.795</u>	1.266
FREQ AU DEPASSEMENT	0.492	<u>0.991</u>	0.946
TEST DU CHI2	1.333	1.333	1.333

PROBABILITE RECURRENCE

0.0100	.1000E+03	467.563	573.211	591.421
0.0200	.5000E+02	527.889	607.991	614.184
0.0400	.2500E+02	594.951	649.393	646.031
0.0500	.2000E+02	618.371	664.567	658.839
0.1000	.1000E+02	698.768	719.652	709.472
0.5000	.2000E+01	982.367	956.674	960.125
0.9000	.1000E+02	1265.965	1277.930	1282.892
0.9500	.2000E+02	1346.362	1388.235	1381.338
0.9600	.2500E+02	1369.782	1422.197	1410.391
0.9800	.5000E+02	1436.844	1524.304	1494.370
0.9900	.1000E+03	1497.170	1622.636	1570.753

DISTRIBUTION EXPONENTIELLE GENERALISEE, LOI DE GOODRICH

$$F_1(x) = e^{-A(x-\alpha)^{\frac{1}{n}}} \quad (1)$$

ESTIMATION DES PARAMETRES

Les paramètres peuvent être estimés à partir de la moyenne arithmétique  $\bar{x}$  et des moments centrés de second ordre  $\sigma^2$  et de troisième ordre  $\mu^3$ .

$\bar{x}$ ,  $\sigma^2$  et  $\mu^3$  sont estimés à partir des observations qui composent l'échantillon.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum x_i ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} ; \quad \mu^3 = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum (x_i - \bar{x})^3 \quad (2)$$

On a d'autre part :

$\varphi(n) = \frac{\mu^3}{\sigma^3}$  coefficient d'assymétrie de PEARSON qui, pour la loi de GOODRICH ne dépend que de n. On trouvera au graphique 1, la courbe  $\varphi(n)$

$$A^{-n} = \frac{\sigma}{\sqrt{\Gamma_2 - \Gamma_1^2}} ; \quad \alpha = \bar{x} - \frac{\Gamma_1 \sigma}{\sqrt{\Gamma_2 - \Gamma_1^2}}$$

Les valeurs de  $\Gamma_1$  et de  $\Gamma_2$  sont obtenues dans la table de la fonction d'EULER (annexe 3), avec :

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= \Gamma(n + 1) \\ \Gamma_2 &= \Gamma(2n + 1) \end{aligned} \quad (3)$$

CALCUL DE LA VALEUR DE x POUR UNE FREQUENCE DONNEE

- On calcule  $\bar{x}$ ,  $\sigma$  donc  $\sigma^2$  et  $\sigma^3$  et  $\mu^3$  en utilisant les relations (2).
- On lit sur la courbe 1 la valeur de x correspondant au  $\varphi(n)$  calculé par l'expression :  $\varphi(n) = \frac{\mu^3}{\sigma^3}$ .
- On lit dans les tables de la fonction d'EULER (annexe 3) les valeurs de  $\Gamma_1$  et de  $\Gamma_2$  en introduisant la valeur de n lue sur la courbe dans les relations (3).
- On calcule la valeur de A par la relation :  $\log A = -\frac{1}{2n} \left[ \log \sigma^2 - \log (\Gamma_2 - \Gamma_1^2) \right]$
- On porte les valeurs des paramètres ainsi estimés dans l'équation 1 et l'on calcule x pour une fréquence donnée en passant soit par les logarithmes, soit par les tables d'exponentielles. Par exemple par les logarithmes :

$$-A(x-\alpha)^{\frac{1}{n}} = \text{Log } F_1 ; \quad (x-\alpha) = \left( \frac{-\text{Log } F_1}{A} \right)^n$$

$$\log (x-\alpha) = n \left[ \log 2,30259 + \log (-\log F_1) - \log A \right]$$

ECHANTILLON : ZIGUINCHOR

VALEURS OBSERVEES DANS L ORDRE D APPARITION

ORDRE	VALEUR	ORDRE	VALEUR	ORDRE	VALEUR	ORDRE	VALEUR
1	1418.000	2	1631.000	3	1395.000	4	1598.000
5	1940.000	6	1763.000	7	1549.000	8	1882.000
9	1145.000	10	1275.000	11	1549.000	12	1567.000
13	1429.000	14	1223.000	15	1756.000	16	1604.000
17	2008.000	18	884.000	19	1462.000	20	1400.000
21	1099.000	22	953.000	23	1290.000	24	1241.000
25	1418.000	26	1298.000	27	791.000	28	1514.000
29	1195.000	30	699.000				

POINTAGE DES 30 VALEURS OBSERVEES RANGEES AVEC ORDRE D APPARITION

PROBABILITE = (RANG-.5)/TAILLE ECHANTILLON

RANG	ORDRE	PROBABILITE	VALEUR	RECURRENCE	VALEUR	PROBABILITE	RANG	ORDRE
1	30	0.0167	699.000	60.000	2008.000	0.9833	30	17
2	27	0.0500	791.000	20.000	1940.000	0.9500	29	5
3	18	0.0833	884.000	12.000	1882.000	0.9167	28	6
4	22	0.1167	953.000	8.571	1763.000	0.8833	27	6
5	21	0.1500	1099.000	6.667	1756.000	0.8500	26	15
6	9	0.1833	1145.000	5.455	1631.000	0.8167	25	2
7	29	0.2167	1195.000	4.615	1604.000	0.7833	24	16
8	14	0.2500	1223.000	4.000	1598.000	0.7500	23	4
9	24	0.2833	1241.000	3.529	1567.000	0.7167	22	12
10	10	0.3167	1275.000	3.158	1549.000	0.6833	21	7
11	23	0.3500	1290.000	2.857	1549.000	0.6500	20	11
12	26	0.3833	1298.000	2.609	1514.000	0.6167	19	26
13	3	0.4167	1395.000	2.400	1462.000	0.5833	18	15
14	20	0.4500	1400.000	2.222	1429.000	0.5500	17	13
15	1	0.4833	1418.000	2.069	1418.000	0.5167	16	25

MOYENNE OBSERVEE 1399.200

MEDIANE OBSERVEE 1418.000

MODE PROBABLE 1438.593

VARIANCE 103365.102

P.M. ECART TYPE 321.504

COEF VARIATION 0.230

ECART TYPE/MOYENNE

COEF ASYMETRIE -0.253

3EME CUMULANT/VARIANCE\*\*1.5

COEF APLATISSEMENT -0.306

4EME CUMULANT/VARIANCE\*\*2.

AJUSTEMENTS AUX 3 DISTRIBUTIONS RETENUES

VALEURS CALCULEES

PAR LA METHODE DU MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE

LES PARAMETRES D ECHELLE ETANT POSITIFS A PRIORI

VALEUR LIMITE INFERIEURE CHOISIE POUR LES BORNES INFERIEURES -0.10000E+01

GAUS DISTRIBUTION DE LAPLACE-GAUSS DITE NORMALE  
 G.VR DISTRIBUTION DE GUMBEL MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE  
 G.MO DISTRIBUTION DE GUMBEL PAR LES MOMENTS  
 GALT DISTRIBUTION DE GALTON, GAUSSO-LOGARITHMIQUE  
 FEAR DISTRIBUTION DE PEARSON III, GAMMA INCOMPLETE, EN X  
 FEAV DISTRIBUTION DE PEARSON V, GAMMA INCOMPLETE, EN 1/X  
 GOOD DISTRIBUTION DE GOODRICH, EXPO GENERALISEE, EN X\*\*A  
 FREC DISTRIBUTION DE FRECHET, EXPO GENERALISEE, EN 1/X\*\*A  
 LGAM DISTRIBUTION WRC-USA, LOG-GAMMA DE 1ERE ESPECE  
 FUIT DISTRIBUTION DE LA LOI DES FUITES  
 POLY DISTRIBUTION DE POLYA

DISTRIBUTION	GAUSS	GALTO	GOODR
PARAMETRES			
D ECHELLE	316.101	1689.516	1361.230
DE POSITION	1399.200	-321.504	157.604
DE FORME PREMIER	*****	0.203	0.222
DE FORME SECOND	*****	*****	*****
BORNE INFERIEURE	*****	-321.504	157.604
BORNE SUPERIEURE	*****	*****	*****
MOYENNE	1399.200	1403.172	1399.873
MEDIANE	1399.200	1368.011	1412.426
MODE	1399.200	1299.826	1444.995
VARIANCE	99919.602	125093.008	97985.625
COEF VARIATION	0.226	0.252	0.224
COEF ASYMETRIE	0.000	0.624	-0.178
COEF APLATISSEMENT	0.000	0.700	-0.196
VALEUR DE TEST	1.767	5.919	<u>1.386</u>
FREQ AU DEPASSEMENT	0.853	0.149	<u>0.927</u>
TEST DU CHI2	0.667	1.333	0.667

PROBABILITE RECURRENCE

0.0100	.1000E+03	663.847	732.162	647.671
0.0200	.5000E+02	750.017	792.102	729.868
0.0400	.2500E+02	845.810	862.752	826.624
0.0500	.2000E+02	879.263	888.465	861.424
0.1000	.1000E+02	994.103	981.057	983.429
0.5000	.2000E+01	1399.200	1368.011	1412.426
0.9000	.1000E+02	1804.297	1869.920	1795.825
0.9500	.2000E+02	1919.138	2037.616	1894.418
0.9600	.2500E+02	1952.590	2088.839	1922.352
0.9800	.5000E+02	2048.384	2241.757	2000.463
0.9900	.1000E+03	2134.554	2387.574	2068.448

ANNEXE 2.3

Forme analytique de la loi Gamma Incomplète ou Pearson III et  
méthode pour estimer les paramètres de la loi

LOI GAMMA INCOMPLETE OU LOI DE PEARSON III A DEUX PARAMETRES

$$F(x) = \frac{a^\gamma}{\Gamma(\gamma)} \int_0^x e^{-ax} \cdot x^{\gamma-1} \cdot dx \quad (1)$$

ESTIMATION DES PARAMETRES

Deux méthodes peuvent être utilisées, la méthode du maximum de vraisemblance et celle des moments.

Méthode du maximum de vraisemblance

On commence par déterminer  $\gamma$  en calculant  $\varphi(\gamma)$  avec la relation :

$$\varphi(\gamma) = \log \bar{x} - \frac{\sum \log x_i}{N}$$

et en sortant la valeur de  $\gamma$  de la table de l'annexe 4.

On calcule ensuite le paramètre  $a$  avec  $a = \frac{\gamma}{\bar{x}}$

L'expression (1) peut se simplifier en posant  $y = ax$  et l'on obtient finalement  $F(x) = I(y, \gamma-1)$ .

Les tables de PEARSON donnent les valeurs de  $I$  en fonction de la variable  $u = \frac{y}{\sqrt{p+1}}$  et du paramètre  $p = \gamma-1$ .

Méthode des moments

Les paramètres peuvent être définis en fonction des 2 premiers moments :

$$a = \frac{\bar{x}}{\sigma^2} ; \quad \gamma = \frac{\bar{x}^2}{\sigma^2}$$

Cette méthode beaucoup plus rapide donne cependant des résultats moins précis si  $\gamma < 10$ .

CALCUL DE LA VALEUR DE x POUR UNE FREQUENCE DONNEE

Paramètres estimés par la méthode du maximum de vraisemblance

- Ayant lu  $\gamma$  dans la table de l'annexe 4, on calcule  $a$  et  $p$ .
- On rentre dans les tables de la fonction  $\Gamma$  incomplète de PEARSON en cherchant la colonne correspondant à la valeur de  $p$  calculée.
- Dans cette colonne, on recherche la valeur de  $I(u, p)$  égale à la fréquence au non-dépassement  $F(x)$  pour laquelle on veut calculer  $x$ .
- On lit la valeur de  $u$  qui lui correspond.
- On calcule  $x$  par la relation  $x = \frac{u \cdot \sqrt{p+1}}{a}$

Paramètres estimés par la méthode des moments

- Ayant calculé les paramètres  $\gamma$  et  $a$ , on rentre dans la table donnée en annexe
- Dans la colonne correspondant à la valeur calculée de  $\gamma$ , on recherche la valeur de  $u$  pour la fréquence au non-dépassement  $F(x)$  étudiée.
- On calcule la valeur de  $x$  pour cette fréquence  $F(x)$  par la relation  $x = u \cdot \sigma$ .



C:\PLUIE\PROGRAM\AJUSTEMENT DE LA LOI DE PIII TRONQUEE AUX FLUIES JOURNALIERES

Station de : SEFA

Nombre de jours observés: 13879

Nombre de jours où H est supérieur à x0: 2756

Hauteurs cumulées sup. à x0 = 41104.2 mm

Nombre de jours par tranche

0 à 100 (1/10 mm)	1423
100 à 200 (1/10 mm)	587
200 à 300 (1/10 mm)	323
300 à 400 (1/10 mm)	207
400 à 500 (1/10 mm)	85
500 à 600 (1/10 mm)	61
600 à 700 (1/10 mm)	26
700 à 800 (1/10 mm)	15
800 à 900 (1/10 mm)	8
900 à 1000 (1/10 mm)	7
1000 à 1250 (1/10 mm)	11

Averses classées supérieures à 125mm

1 206.3    2 137.6    3 130.3

Paramètre de position : x0 = 0.5 mm

Paramètre de forme : g = 0.631873

Paramètre d'échelle : s = 21.375003

Fréquence de troncature : F0 = 0.78072

Nombre moyen de jour par an où la pluie dépasse x0 : 80.09

Valeurs des averses journalières précipitées en fonction  
de la fréquence au dépassement:

F = 0.50	X = 88.8
F = 0.20	X = 107.1
F = 0.10	X = 121.1
F = 0.05	X = 135.2
F = 0.02	X = 153.9
F = 0.01	X = 168.2

## ANNEXE 3.1

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 1

LISTE DES Jaugeages

24/03/1988 A 10H26

STATION : 1383300550-1 SARE KEITA

LATIT. 12.50.00

RIVIERE : DIDULAKOLON

LONGIT. -14.57.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 8M

BASSIN : DIDULAKOLON

AIRE 190,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
1	15/01/1968	A 00H00	83 CM	0,324 M3/S	51	30/10/1969	A 00H00	75 CM	0,878 M3/S
2	22/04/1968	A 00H00	56 "	0,033 "	52	01/11/1969	A 00H00	72 "	0,816 "
3	29/06/1968	A 00H00	69 "	0,09 "	53	05/11/1969	A 00H00	70 "	0,641 "
4	30/06/1968	A 00H00	79 "	0,197 "	54	08/11/1969	A 00H00	67 "	0,635 "
5	30/07/1968	A 00H00	103 "	1,78 "	55	10/11/1969	A 00H00	66 "	0,546 "
6	03/08/1968	A 00H00	89 "	0,778 "	56	15/11/1969	A 00H00	65 "	0,459 "
7	11/09/1968	A 00H00	106 "	1,48 "	57	22/11/1969	A 00H00	65 "	0,442 "
8	04/10/1968	A 00H00	137 "	6,15 "	58	30/11/1969	A 00H00	65 "	0,432 "
9	23/10/1968	A 00H00	94 "	0,24 "	59	09/12/1969	A 00H00	64 "	0,36 "
10	03/11/1969	A 00H00	90 "	0,23 "	60	20/12/1969	A 00H00	66 "	0,365 "
11	10/11/1968	A 00H00	88 "	0,176 "	61	30/12/1969	A 00H00	66 "	0,334 "
12	21/11/1968	A 00H00	85 "	0,178 "					
13	27/11/1968	A 00H00	85 "	0,163 "	62	08/01/1970	A 00H00	67 "	0,299 "
14	10/12/1968	A 00H00	82 "	0,119 "	63	17/01/1970	A 00H00	66 "	0,237 "
15	15/12/1968	A 00H00	81 "	0,124 "	64	22/01/1970	A 00H00	66 "	0,239 "
16	20/12/1968	A 00H00	82 "	0,139 "	65	31/01/1970	A 00H00	66 "	0,224 "
17	24/12/1968	A 00H00	82 "	0,157 "	66	06/02/1970	A 00H00	66 "	0,229 "
18	26/12/1968	A 00H00	79 "	0,159 "	67	12/02/1970	A 00H00	67 "	0,213 "
19	28/12/1968	A 00H00	76 "	0,151 "	68	20/02/1970	A 00H00	66 "	0,193 "
					69	06/03/1970	A 00H00	61 "	0,117 "
20	11/01/1969	A 00H00	74 "	0,125 "	70	13/03/1970	A 00H00	59 "	0,086 "
21	21/01/1969	A 00H00	71 "	0,103 "	71	26/03/1970	A 00H00	56 "	0,061 "
22	10/02/1969	A 00H00	68 "	0,076 "	72	03/04/1970	A 00H00	56 "	0,059 "
23	18/02/1969	A 00H00	65 "	0,059 "	73	23/04/1970	A 00H00	52 "	0,034 "
24	28/02/1969	A 00H00	63 "	0,042 "	74	02/05/1970	A 00H00	52 "	0,033 "
25	12/03/1969	A 00H00	57 "	0,022 "	75	07/05/1970	A 00H00	50 "	0,026 "
26	22/03/1969	A 00H00	53 "	0,012 "	76	15/05/1970	A 00H00	48 "	0,021 "
27	02/04/1969	A 00H00	49 "	0,006 "	77	22/05/1970	A 00H00	47 "	0,018 "
28	14/04/1969	A 00H00	43 "	0,002 "					
29	08/06/1969	A 00H00	56 "	0,007 "	78	02/08/1977	A 00H00	64 "	0,067 "
30	10/06/1969	A 00H00	63 "	0,028 "	79	13/09/1977	A 00H00	78 "	0,214 "
31	16/06/1969	A 00H00	59 "	0,013 "					
32	22/06/1969	A 00H00	57 "	0,006 "	80	11/01/1978	A 00H00	49 "	0,009 "
33	24/06/1969	A 00H00	66 "	0,096 "	81	07/02/1978	A 00H00	45 "	0,003 "
34	25/06/1969	A 00H00	62 "	0,066 "	82	09/06/1978	A 00H00	46 "	0,028 "
35	28/06/1969	A 00H00	65 "	0,086 "	83	06/07/1978	A 00H00	44 "	0,009 "
36	04/07/1969	A 00H00	76 "	0,301 "					
37	08/07/1969	A 00H00	71 "	0,172 "	84	20/07/1979	A 00H00	52 "	0,108 "
38	10/07/1969	A 00H00	80 "	0,419 "					
39	11/07/1969	A 00H00	91 "	1,51 "	85	29/08/1980	A 00H00	58 "	0,2 "
40	12/07/1969	A 00H00	85 "	0,9 "					
41	16/07/1969	A 00H00	93 "	1,79 "	86	02/08/1981	A 00H00	80 "	0,88 "
42	29/07/1969	A 00H00	130 "	7,55 "	87	18/08/1981	A 00H00	70 "	0,48 "
43	31/07/1969	A 00H00	100 "	4,15 "	88	20/08/1981	A 00H00	85 "	1,41 "
44	05/08/1969	A 00H00	122 "	7,25 "	89	22/08/1981	A 00H00	70 "	0,446 "
45	09/08/1969	A 00H00	83 "	1,13 "	90	02/09/1981	A 00H00	54 "	0,112 "
46	28/08/1969	A 00H00	81 "	0,612 "	91	07/09/1981	A 00H00	67 "	0,405 "
47	14/09/1969	A 00H00	134 "	17, "	92	14/09/1981	A 00H00	72 "	0,565 "
48	01/10/1969	A 00H00	80 "	0,887 "	93	18/09/1981	A 00H00	59 "	0,185 "
49	22/10/1969	A 00H00	78 "	0,932 "					
50	26/10/1969	A 00H00	100 "	4,25 "	94	21/07/1982	A 00H00	61 "	0,351 "

ANNEXE 3.1 (SUITE)

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE      \*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*      PAGE 3  
 LISTE DES Jaugeages      24/03/1988 A 10H26

STATION : 1383300550-1 SARE KEITA      LATIT.      12.50.00  
 RIVIERE : DIOULAKOLON      LONGIT.      -14.57.00  
 PAYS : SENEGAL      ALTIT.      8M  
 BASSIN : DIOULAKOLON      AIRE      190,000 KM2  
 ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	AUTEUR
95	10/08/1982	A 00H00	54 CM	0,214 M3/S	
96	24/08/1982	A 00H00	53 "	0,301 "	
97	30/08/1982	A 00H00	62 "	0,373 "	
98	16/09/1982	A 00H00	55 "	0,18 "	
99	06/07/1983	A 00H00	49 "	0,063 "	
100	20/07/1983	A 00H00	69 "	0,666 "	
101	14/09/1983	A 00H00	65 "	0,236 "	
102	02/09/1984	A 00H00	40 "	0,207 "	
103	18/09/1984	A 00H00	59 "	0,24 "	
104	11/09/1985	A 00H00	61 "	0,51 "	
105	30/09/1985	A 00H00	65 "	0,46 "	
106	04/08/1986	A 00H00	66 "	0,53 "	
107	27/08/1986	A 00H00	47 "	0,129 "	

ORSTOM      \*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*      LABORATOIRE D'HYDROLOGIE  
 Edition du 19/10/1988 à 10H18      BAREME D'ETALONNAGE

Capteur : 1383300550-1  
 Station : SARE KEITA  
 Riviere : DIOULAKOLON  
 Tarage valide du 01/05/1982 à 00H00 au 31/05/1987 à 24H00  
 de +0035 CM a +0115 CM      Debits en M3/S

CM	I	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I	CM
30I	*****	*****	*****	*****	*****	*****	.000	.005	.011	.016	.022	I	30
40I	.028	.039	.050	.061	.072	.083	.094	.105	.116	.127	I	40	
50I	.138	.160	.182	.204	.226	.249	.271	.293	.315	.337	I	50	
60I	.360	.399	.438	.477	.516	.555	.594	.633	.672	.711	I	60	
70I	.750	.820	.890	.960	1.03	1.10	1.17	1.24	1.31	1.38	I	70	
80I	1.45	1.57	1.68	1.80	1.91	2.03	2.14	2.26	2.37	2.49	I	80	
90I	2.60	2.77	2.93	3.10	3.26	3.43	3.59	3.76	3.92	4.09	I	90	
100I	4.25	4.47	4.69	4.91	5.13	5.35	5.57	5.79	6.01	6.23	I	100	
110I	6.45	6.76	7.07	7.38	7.69	8.00	*****	*****	*****	*****	I	110	

## ANNEXE 3.2

DRSTOM/LARD D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 1

LISTE DES JAUGEAGES

21/03/1988 A 18H18

STATION : 1383301805-1 SARE KOUTAYEL

RIVIERE : NIAMPAMPO

FAYS : SENEGAL

BASSIN : NIAMPAMPO

LATIT. 12.55.00

LONGIT. 14.53.00

ALTIT. 8M

AIRE 640,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
2	26/09/1968	A 00H00	63 CM	0,155 M3/S	50	20/10/1974	A 00H00	95 CM	0,114 M3/S
3	14/10/1968	A 00H00	62 "	0,184 "	51	24/10/1974	A 00H00	94 "	0,087 "
4	25/10/1968	A 00H00	58 "	0,041 "	52	13/11/1974	A 00H00	92 "	0,036 "
5	05/11/1968	A 00H00	55 "	0,032 "	53	21/11/1974	A 00H00	90 "	0,021 "
6	10/11/1968	A 00H00	54 "	0,026 "	54	23/11/1974	A 00H00	89 "	0,012 "
7	12/11/1968	A 00H00	52 "	0,023 "					
8	17/11/1968	A 00H00	50 "	0,016 "	55	24/06/1975	A 00H00	95 "	0,21 "
9	27/11/1968	A 00H00	47 "	0,008 "	56	06/09/1975	A 00H00	116 "	0,148 "
10	06/12/1968	A 00H00	45 "	0,002 "	57	11/09/1975	A 00H00	101 "	0,42 "
					58	26/09/1975	A 00H00	142 "	3,31 "
11	22/07/1969	A 00H00	48 "	0,016 "	59	29/09/1975	A 00H00	135 "	2,75 "
12	24/07/1969	A 00H00	53 "	0,086 "	60	10/10/1975	A 00H00	104 "	0,74 "
13	28/07/1969	A 00H00	84 "	1,03 "	61	20/10/1975	A 00H00	100 "	0,455 "
14	02/08/1969	A 00H00	58 "	0,233 "	62	24/10/1975	A 00H00	100 "	0,4 "
15	09/08/1969	A 00H00	49 "	0,077 "	63	05/12/1975	A 00H00	88 "	0,037 "
16	11/08/1969	A 00H00	125 "	3,36 "					
17	14/08/1969	A 00H00	69 "	0,788 "	64	01/10/1976	A 00H00	104 "	0,8 "
18	16/08/1969	A 00H00	64 "	0,53 "	65	06/11/1976	A 00H00	90 "	0,066 "
19	18/08/1969	A 00H00	59 "	0,32 "					
20	24/08/1969	A 00H00	84 "	1,2 "	66	03/08/1977	A 00H00	81 "	0,001 "
21	08/09/1969	A 00H00	140 "	1,55 "	67	23/09/1977	A 00H00	90 "	0,051 "
22	12/09/1969	A 00H00	133 "	3,42 "					
23	24/09/1969	A 00H00	102 "	2,04 "	68	23/08/1982	A 00H00	111 "	0,328 "
24	01/10/1969	A 00H00	72 "	0,715 "	69	30/08/1982	A 00H00	117 "	0,434 "
25	12/10/1969	A 00H00	93 "	1,76 "	70	14/09/1982	A 00H00	114 "	0,31 "
26	14/10/1969	A 00H00	105 "	2,18 "					
27	28/10/1969	A 00H00	77 "	1,07 "	71	09/06/1984	A 00H00	144 "	2,48 "
28	29/10/1969	A 00H00	83 "	1,19 "					
29	01/11/1969	A 00H00	70 "	0,692 "	72	30/09/1985	A 00H00	100 "	0,069 "
30	05/11/1969	A 00H00	66 "	0,405 "					
31	08/11/1969	A 00H00	63 "	0,44 "	73	14/07/1986	A 00H00	132 "	0,922 "
32	15/11/1969	A 00H00	60 "	0,38 "	74	04/08/1986	A 00H00	110 "	0,129 "
33	28/11/1969	A 00H00	57 "	0,233 "	75	27/08/1986	A 00H00	104 "	0,028 "
34	20/12/1969	A 00H00	53 "	0,15 "	76	03/09/1986	A 00H00	123 "	0,485 "
35	31/12/1969	A 00H00	53 "	0,105 "	77	19/09/1986	A 00H00	113 "	0,213 "
					78	25/09/1986	A 00H00	109 "	0,312 "
36	06/01/1970	A 00H00	53 "	0,083 "	79	04/10/1986	A 00H00	111 "	0,213 "
37	14/01/1970	A 00H00	51 "	0,069 "	80	29/10/1986	A 00H00	100 "	0,043 "
38	21/01/1970	A 00H00	49 "	0,042 "					
39	28/01/1970	A 00H00	49 "	0,034 "					
40	04/02/1970	A 00H00	48 "	0,024 "					
41	11/02/1970	A 00H00	48 "	0,019 "					
42	16/02/1970	A 00H00	48 "	0,016 "					
43	23/02/1970	A 00H00	47 "	0,017 "					
44	06/03/1970	A 00H00	45 "	0,006 "					
45	16/03/1970	A 00H00	44 "	0,004 "					
46	18/07/1974	A 00H00	101 "	0,14 "					
47	19/08/1974	A 00H00	105 "	0,4 "					
48	21/08/1974	A 00H00	112 "	0,81 "					
49	08/10/1974	A 00H00	99 "	0,222 "					

ANNEXE 3.2 (SUITE)

ORSTOM  
Edition du 19/10/1988 à 10H18 \*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*  
BAREME D'ETALONNAGE

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

Capteur : 1383301805-1  
Station : SARE KOUTAYEL  
Riviere : NIAMPAMPO

Tarage valide du 23/08/1982 à 00H00 au 31/05/1987 à 24H00  
de +0094 CM a +0150 CM

Debits en M3/S

CM I	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I	CM
90I	*****	*****	*****	*****	.000	.008	.016	.025	.033	.041I		90
100I	.050	.064	.078	.092	.106	.120	.139	.158	.177	.196I		100
110I	.215	.244	.274	.303	.333	.362	.392	.421	.451	.480I		110
120I	.510	.569	.628	.687	.746	.805	.864	.923	.982	1.04I		120
130I	1.10	1.18	1.26	1.35	1.43	1.51	1.59	1.67	1.76	1.84I		130
140I	1.92	2.03	2.13	2.24	2.34	2.45	2.56	2.66	2.77	2.87I		140
150I	2.98	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****I		150

## ANNEXE 3.3

DRSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 1

LISTE DES JAUSEAGES

21/03/1998 A 18H18

STATION : 1383300103-1 FAFAKOUROU

LATIT. 13.03.00

RIVIERE : CASAMANCE

LONGIT. -14.33.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 1M

BASSIN : CASAMANCE

AIRE 700,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
1	16/01/1968	A 00H00	75 CM	0,45 M3/S	51	29/09/1969	A 00H00	86 CM	1,12 M3/S
2	29/01/1968	A 00H00	72 "	0,39 "	52	06/10/1969	A 00H00	84 "	0,983 "
3	28/03/1968	A 00H00	57 "	0,127 "	53	13/10/1969	A 00H00	92 "	1,19 "
4	26/06/1968	A 00H00	31 "	0,112 "	54	20/10/1969	A 00H00	85 "	0,863 "
5	02/07/1968	A 00H00	40 "	0,105 "	55	27/10/1969	A 00H00	81 "	0,668 "
6	17/07/1968	A 00H00	62 "	0,37 "	56	03/11/1969	A 00H00	77 "	0,49 "
7	01/08/1968	A 00H00	97 "	1,92 "	57	11/11/1969	A 00H00	67 "	0,337 "
8	02/08/1968	A 00H00	83 "	0,92 "	58	17/11/1969	A 00H00	64 "	0,251 "
9	13/08/1968	A 00H00	71 "	0,56 "	59	26/11/1969	A 00H00	64 "	0,205 "
10	19/08/1968	A 00H00	73 "	0,52 "	60	13/12/1969	A 00H00	55 "	0,121 "
11	26/08/1968	A 00H00	59 "	0,29 "	61	23/12/1969	A 00H00	55 "	0,102 "
12	07/09/1968	A 00H00	107 "	1,97 "	62	31/12/1969	A 00H00	53 "	0,097 "
13	15/09/1968	A 00H00	138 "	3,74 "					
14	20/09/1968	A 00H00	104 "	1,6 "	63	06/01/1970	A 00H00	53 "	0,082 "
15	02/10/1968	A 00H00	122 "	2,65 "	64	14/01/1970	A 00H00	49 "	0,064 "
16	07/10/1968	A 00H00	110 "	1,86 "	65	21/01/1970	A 00H00	46 "	0,056 "
17	28/10/1968	A 00H00	92 "	0,95 "	66	28/01/1970	A 00H00	42 "	0,031 "
18	02/11/1968	A 00H00	83 "	0,715 "	67	04/02/1970	A 00H00	34 "	0,025 "
19	11/11/1968	A 00H00	77 "	0,552 "	68	11/02/1970	A 00H00	34 "	0,026 "
20	16/11/1968	A 00H00	72 "	0,445 "	69	16/02/1970	A 00H00	31 "	0,021 "
21	23/11/1968	A 00H00	67 "	0,391 "	70	23/02/1970	A 00H00	25 "	0,019 "
22	01/12/1968	A 00H00	63 "	0,331 "	71	09/03/1970	A 00H00	15 "	0,004 "
23	10/12/1968	A 00H00	58 "	0,287 "	72	16/03/1970	A 00H00	11 "	0,002 "
24	18/12/1968	A 00H00	56 "	0,239 "					
25	24/12/1968	A 00H00	56 "	0,253 "	73	17/07/1974	A 00H00	1 "	0,39 "
					74	18/08/1974	A 00H00	16 "	0,78 "
26	31/01/1969	A 00H00	43 "	0,136 "	75	04/10/1974	A 00H00	4 "	0,12 "
27	07/02/1969	A 00H00	40 "	0,103 "	76	11/10/1974	A 00H00	-7 "	0,12 "
28	19/02/1969	A 00H00	36 "	0,087 "	77	20/10/1974	A 00H00	-8 "	0,097 "
29	01/03/1969	A 00H00	35 "	0,067 "	78	24/10/1974	A 00H00	-10 "	0,077 "
30	08/03/1969	A 00H00	34 "	0,053 "					
31	17/03/1969	A 00H00	31 "	0,041 "	79	15/08/1975	A 00H00	7 "	0,17 "
32	25/03/1969	A 00H00	28 "	0,029 "	80	16/08/1975	A 00H00	-5 "	0,087 "
33	05/04/1969	A 00H00	22 "	0,017 "	81	26/09/1975	A 00H00	89 "	2,81 "
34	12/04/1969	A 00H00	17 "	0,009 "	82	29/09/1975	A 00H00	87 "	2,49 "
35	21/04/1969	A 00H00	10 "	0, "	83	10/10/1975	A 00H00	29 "	1,22 "
36	12/07/1969	A 00H00	-8 "	0,003 "	84	20/10/1975	A 00H00	20 "	0,81 "
37	17/07/1969	A 00H00	7 "	0,05 "	85	24/10/1975	A 00H00	12 "	0,439 "
38	22/07/1969	A 00H00	30 "	0,105 "	86	07/11/1975	A 00H00	1 "	0,37 "
39	25/07/1969	A 00H00	31 "	0,12 "	87	05/12/1975	A 00H00	-4 "	0,097 "
40	28/07/1969	A 00H00	30 "	0,112 "					
41	30/07/1969	A 00H00	35 "	0,131 "	88	17/01/1976	A 00H00	-16 "	0,02 "
42	08/08/1969	A 00H00	38 "	0,103 "	89	03/02/1976	A 00H00	21 "	0,01 "
43	11/08/1969	A 00H00	57 "	0,472 "	90	20/06/1976	A 00H00	1 "	0,091 "
44	15/08/1969	A 00H00	103 "	2,19 "	91	14/08/1976	A 00H00	20 "	0,012 "
45	22/08/1969	A 00H00	71 "	0,653 "	92	01/10/1976	A 00H00	102 "	1,42 "
46	25/08/1969	A 00H00	86 "	1,25 "					
47	30/08/1969	A 00H00	80 "	0,903 "	93	03/08/1977	A 00H00	63 "	1,43 "
48	06/09/1969	A 00H00	89 "	1,36 "					
49	12/09/1969	A 00H00	112 "	2,88 "	94	04/02/1986	A 00H00	-10 "	0,013 "
50	22/09/1969	A 00H00	93 "	1,39 "					

## ANNEXE 3.4

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE :

LISTE DES JAUGEAGES

21/03/1988 A 18H27

STATION : 1383303503-1 MEDINA ABDOUL

LATIT. 12.51.00

RIVIERE : KHORINE

LONGIT. +14.35.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 9M

BASSIN : KHORINE

AIRE 235,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
1	29/10/1968	A 00H00	75 CM	0,2 M3/S	50	16/03/1970	A 00H00	37 CM	0,009 M3/S
2	31/10/1968	A 00H00	72 "	0,159 "	51	23/03/1970	A 00H00	34 "	0,006 "
3	07/11/1968	A 00H00	70 "	0,116 "	52	06/04/1970	A 00H00	29 "	0,004 "
4	11/11/1968	A 00H00	69 "	0,1 "	53	20/04/1970	A 00H00	23 "	0,004 "
5	14/11/1968	A 00H00	66 "	0,093 "	54	27/04/1970	A 00H00	21 "	0,002 "
6	23/11/1968	A 00H00	63 "	0,075 "	55	04/05/1970	A 00H00	20 "	0,001 "
7	28/11/1968	A 00H00	62 "	0,071 "	56	11/05/1970	A 00H00	18 "	0,4 L/S
8	02/12/1968	A 00H00	61 "	0,062 "	57	18/05/1970	A 00H00	18 "	0,5 "
9	09/12/1968	A 00H00	61 "	0,064 "	58	25/05/1970	A 00H00	18 "	0,6 "
10	31/12/1968	A 00H00	62 "	0,068 "	59	01/06/1970	A 00H00	38 "	0,032 M3/S
11	08/02/1969	A 00H00	54 "	0,038 "	60	22/06/1970	A 00H00	70 "	0,337 "
12	15/02/1969	A 00H00	50 "	0,03 "	61	04/08/1977	A 00H00	44 "	0,054 "
13	26/02/1969	A 00H00	45 "	0,024 "	62	14/09/1977	A 00H00	71 "	0,51 "
14	11/03/1969	A 00H00	40 "	0,015 "	63	18/10/1977	A 00H00	52 "	0,07 "
15	21/03/1969	A 00H00	36 "	0,009 "	64	19/10/1977	A 00H00	53 "	0,122 "
16	05/04/1969	A 00H00	31 "	0,006 "	65	06/11/1977	A 00H00	41 "	0,021 "
17	12/04/1969	A 00H00	28 "	0,003 "	66	08/12/1977	A 00H00	30 "	0,002 "
18	28/05/1969	A 00H00	18 "	0,001 "	67	09/06/1978	A 00H00	23 "	0,016 "
19	04/06/1969	A 00H00	17 "	0,001 "	68	06/07/1978	A 00H00	20 "	0,003 "
20	12/06/1969	A 00H00	18 "	0,001 "	69	08/08/1978	A 00H00	64 "	0,62 "
21	30/06/1969	A 00H00	21 "	0,003 "	70	22/08/1978	A 00H00	60 "	0,619 "
22	01/07/1969	A 00H00	33 "	0,024 "	71	24/08/1978	A 00H00	105 "	2,08 "
23	07/07/1969	A 00H00	51 "	0,112 "	72	28/08/1978	A 00H00	70 "	1,06 "
24	12/07/1969	A 00H00	48 "	0,072 "	73	29/08/1978	A 00H00	76 "	1,71 "
25	16/07/1969	A 00H00	51 "	0,079 "	74	05/09/1978	A 00H00	69 "	1,23 "
26	19/07/1969	A 00H00	55 "	0,114 "	75	14/09/1978	A 00H00	48 "	0,44 "
27	21/07/1969	A 00H00	75 "	0,356 "	76	20/09/1978	A 00H00	74 "	0,81 "
28	22/07/1969	A 00H00	70 "	0,283 "	77	03/12/1978	A 00H00	35 "	0,02 "
29	25/07/1969	A 00H00	62 "	0,18 "	78	15/12/1978	A 00H00	40 "	0,038 "
30	07/08/1969	A 00H00	58 "	0,125 "	79	19/07/1979	A 00H00	41 "	0,104 "
31	30/08/1969	A 00H00	77 "	0,326 "	80	25/07/1979	A 00H00	59 "	0,61 "
32	03/11/1969	A 00H00	79 "	0,223 "	81	13/08/1979	A 00H00	63 "	0,985 "
33	06/11/1969	A 00H00	76 "	0,206 "	82	21/08/1979	A 00H00	42 "	0,106 "
34	10/11/1969	A 00H00	71 "	0,157 "	83	03/09/1979	A 00H00	61 "	0,534 "
35	17/11/1969	A 00H00	66 "	0,12 "	84	13/09/1979	A 00H00	51 "	0,137 "
36	24/11/1969	A 00H00	63 "	0,107 "	85	29/10/1979	A 00H00	58 "	0,22 "
37	01/12/1969	A 00H00	61 "	0,083 "	86	08/08/1980	A 00H00	51 "	0,93 "
38	08/12/1969	A 00H00	59 "	0,086 "	87	05/09/1980	A 00H00	93 "	3,14 "
39	22/12/1969	A 00H00	60 "	0,072 "	88	23/09/1980	A 00H00	40 "	0,127 "
40	29/12/1969	A 00H00	59 "	0,069 "	89	17/08/1981	A 00H00	40 "	0,252 "
41	05/01/1970	A 00H00	60 "	0,074 "	90	04/09/1981	A 00H00	35 "	0,071 "
42	12/01/1970	A 00H00	58 "	0,059 "	91	08/09/1981	A 00H00	31 "	0,045 "
43	19/01/1970	A 00H00	57 "	0,047 "	92	28/09/1981	A 00H00	35 "	0,058 "
44	26/01/1970	A 00H00	55 "	0,042 "	93	29/10/1981	A 00H00	31 "	0,035 "
45	02/02/1970	A 00H00	53 "	0,036 "	94	24/07/1982	A 00H00	30 "	0,113 "
46	09/02/1970	A 00H00	52 "	0,027 "					
47	16/02/1970	A 00H00	48 "	0,027 "					
48	17/02/1970	A 00H00	46 "	0,025 "					
49	09/03/1970	A 00H00	39 "	0,013 "					

## ANNEXE 3.4 (SUITE)

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 3

LISTE DES JAUGEAGES

21/03/1988 A 18H27

STATION : 1383303503-1 MEDINA ABDOUL

LATIT. 12.51.00

RIVIERE : KHORINE

LONGIT. +14.35.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 9M

BASSIN : KHORINE

AIRE 235,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	AUTEUR
95	02/08/1982	A 00H00	49 CM	0,651 M3/S	
96	23/08/1982	A 00H00	34 "	0,1 "	
97	14/09/1982	A 00H00	29 "	0,089 "	
98	07/07/1983	A 00H00	30 "	0,126 "	
99	21/07/1983	A 00H00	48 "	0,548 "	
100	13/08/1983	A 00H00	20 "	0,03 "	
101	13/09/1983	A 00H00	45 "	0,271 "	
102	17/10/1983	A 00H00	24 "	0,03 "	
103	02/08/1984	A 00H00	18 "	0,012 "	
104	10/08/1984	A 00H00	35 "	0,379 "	
105	23/08/1984	A 00H00	37 "	0,17 "	
106	23/08/1985	A 00H00	34 "	0,05 "	
107	18/09/1985	A 00H00	59 "	0,56 "	
108	28/09/1985	A 00H00	59 "	0,19 "	
109	23/10/1985	A 00H00	26 "	0,011 "	
110	22/11/1985	A 00H00	18 "	0,009 "	
111	30/12/1985	A 00H00	17 "	0,009 "	
112	22/07/1986	A 00H00	32 "	0,183 "	
113	01/08/1986	A 00H00	26 "	0,117 "	
114	26/08/1986	A 00H00	33 "	0,161 "	
115	02/09/1986	A 00H00	57 "	0,786 "	
116	30/09/1986	A 00H00	61 "	0,952 "	
117	13/10/1986	A 00H00	40 "	0,227 "	
118	21/10/1986	A 00H00	28 "	0,06 "	
119	28/10/1986	A 00H00	35 "	0,094 "	
120	12/11/1986	A 00H00	46 "	0,588 "	
121	17/11/1986	A 00H00	43 "	0,492 "	



## ANNEXE 3.4 (SUITE)

ORSTOM  
Edition du 19/10/1988 à 10H18 \*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*  
BAREME D'ETALONNAGE

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

Capteur : 1383303503-1

Station : MEDINA ABDOUL

Riviere : KHORINE

Tarage valide du 01/05/1984 à 00H00 au 31/05/1987 à 24H00

de +0015 CM a +0130 CM

Debits en M3/S

CM	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I	CM
10I	*****	*****	*****	*****	*****	*****	.000	.004	.008	.012	.016I	10	
20I	.020	.025	.030	.035	.040	.045	.056	.067	.078	.089I	20		
30I	.100	.112	.125	.137	.150	.163	.184	.205	.227	.248I	30		
40I	.270	.296	.323	.350	.377	.404	.431	.458	.485	.512I	40		
50I	.539	.577	.616	.654	.693	.732	.770	.809	.847	.886I	50		
60I	.925	.968	1.01	1.06	1.10	1.14	1.19	1.23	1.27	1.32I	60		
70I	1.36	1.41	1.46	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.74	1.79I	70		
80I	1.84	1.89	1.94	1.99	2.04	2.09	2.14	2.19	2.24	2.29I	80		
90I	2.34	2.40	2.45	2.51	2.56	2.62	2.68	2.73	2.79	2.84I	90		
100I	2.90	2.96	3.02	3.08	3.14	3.21	3.27	3.33	3.39	3.45I	100		
110I	3.51	3.58	3.64	3.71	3.77	3.84	3.90	3.97	4.03	4.10I	110		
120I	4.16	4.23	4.30	4.38	4.45	4.52	4.59	4.66	4.74	4.81I	120		
130I	4.88	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****I	130		

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 1

LISTE DES JAUSEGES

25/03/1988 A 16H33

STATION : 1383303506-1 MADINA OMAR

LATIT. 12.51.00

RIVIERE : KHORINE

LONGIT. -14.44.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 5M

BASSIN : KHORINE

AIRE 385,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO !	DATE	HEURE !	COTE !	DEBIT !	NO !	DATE	HEURE !	COTE !	DEBIT !
1 !	11/07/1967 A	00H00 !	56 CM !	0,335 M3/S !	50 !	07/08/1969 A	00H00 !	58 CM !	0,382 M3/S !
2 !	06/08/1967 A	00H00 !	82 " !	0,85 " !	51 !	11/08/1969 A	00H00 !	117 " !	1,69 " !
3 !	23/08/1967 A	00H00 !	97 " !	1,15 " !	52 !	15/08/1969 A	00H00 !	124 " !	2,12 " !
4 !	10/12/1967 A	00H00 !	68 " !	0,52 " !	53 !	19/08/1969 A	00H00 !	148 " !	2,84 " !
5 !	22/12/1967 A	00H00 !	61 " !	0,43 " !	54 !	05/09/1969 A	00H00 !	265 " !	5,6 " !
6 !	10/01/1968 A	00H00 !	58 " !	0,32 " !	55 !	06/09/1969 A	00H00 !	220 " !	4,03 " !
7 !	17/01/1968 A	00H00 !	57 " !	0,34 " !	56 !	07/09/1969 A	00H00 !	198 " !	4,35 " !
8 !	20/02/1968 A	00H00 !	53 " !	0,28 " !	57 !	08/09/1969 A	00H00 !	197 " !	4,82 " !
9 !	28/03/1968 A	00H00 !	36 " !	0,1 " !	58 !	09/09/1969 A	00H00 !	173 " !	4,06 " !
10 !	23/04/1968 A	00H00 !	31 " !	0,03 " !	59 !	16/10/1969 A	00H00 !	107 " !	1,52 " !
11 !	04/07/1968 A	00H00 !	29 " !	0,04 " !	60 !	23/10/1969 A	00H00 !	93 " !	1,11 " !
12 !	16/07/1968 A	00H00 !	33 " !	0,092 " !	61 !	04/11/1969 A	00H00 !	66 " !	0,554 " !
13 !	01/08/1968 A	00H00 !	66 " !	0,445 " !	62 !	06/11/1969 A	00H00 !	63 " !	0,495 " !
14 !	17/08/1968 A	00H00 !	48 " !	0,226 " !	63 !	10/11/1969 A	00H00 !	57 " !	0,435 " !
15 !	26/08/1968 A	00H00 !	42 " !	0,172 " !	64 !	17/11/1969 A	00H00 !	50 " !	0,32 " !
16 !	06/09/1968 A	00H00 !	93 " !	0,86 " !	65 !	24/11/1969 A	00H00 !	46 " !	0,256 " !
17 !	11/09/1968 A	00H00 !	135 " !	2,09 " !	66 !	01/12/1969 A	00H00 !	45 " !	0,229 " !
18 !	19/09/1968 A	00H00 !	110 " !	1,37 " !	67 !	08/12/1969 A	00H00 !	43 " !	0,191 " !
19 !	28/09/1968 A	00H00 !	181 " !	3,78 " !	68 !	22/12/1969 A	00H00 !	38 " !	0,144 " !
20 !	15/10/1968 A	00H00 !	94 " !	0,876 " !	69 !	29/12/1969 A	00H00 !	37 " !	0,139 " !
21 !	29/10/1968 A	00H00 !	72 " !	0,489 " !	70 !	05/01/1970 A	00H00 !	38 " !	0,146 " !
22 !	31/10/1968 A	00H00 !	63 " !	0,362 " !	71 !	12/01/1970 A	00H00 !	37 " !	0,139 " !
23 !	07/11/1968 A	00H00 !	52 " !	0,239 " !	72 !	19/01/1970 A	00H00 !	37 " !	0,12 " !
24 !	11/11/1968 A	00H00 !	50 " !	0,169 " !	73 !	26/01/1970 A	00H00 !	32 " !	0,095 " !
25 !	14/11/1968 A	00H00 !	46 " !	0,24 " !	74 !	02/02/1970 A	00H00 !	31 " !	0,086 " !
26 !	20/11/1968 A	00H00 !	40 " !	0,182 " !	75 !	09/02/1970 A	00H00 !	30 " !	0,075 " !
27 !	23/11/1968 A	00H00 !	38 " !	0,147 " !	76 !	16/02/1970 A	00H00 !	31 " !	0,085 " !
28 !	28/11/1968 A	00H00 !	36 " !	0,129 " !	77 !	26/02/1970 A	00H00 !	29 " !	0,074 " !
29 !	02/12/1968 A	00H00 !	33 " !	0,114 " !	78 !	09/03/1970 A	00H00 !	21 " !	0,034 " !
30 !	09/12/1968 A	00H00 !	32 " !	0,092 " !	79 !	16/03/1970 A	00H00 !	20 " !	0,026 " !
31 !	30/12/1968 A	00H00 !	31 " !	0,085 " !	80 !	23/03/1970 A	00H00 !	17 " !	0,017 " !
32 !	08/02/1969 A	00H00 !	34 " !	0,053 " !	81 !	06/04/1970 A	00H00 !	14 " !	0,009 " !
33 !	15/02/1969 A	00H00 !	24 " !	0,041 " !	82 !	20/04/1970 A	00H00 !	11 " !	0,003 " !
34 !	26/02/1969 A	00H00 !	20 " !	0,025 " !	83 !	27/04/1970 A	00H00 !	8 " !	0,001 " !
35 !	11/03/1969 A	00H00 !	18 " !	0,016 " !	84 !	04/05/1970 A	00H00 !	8 " !	0,001 " !
36 !	21/03/1969 A	00H00 !	18 " !	0,006 " !	85 !	11/05/1970 A	00H00 !	7 " !	0,001 " !
37 !	24/03/1969 A	00H00 !	14 " !	0,005 " !	86 !	01/06/1970 A	00H00 !	69 " !	0,478 " !
38 !	06/04/1969 A	00H00 !	6 " !	0,003 " !	87 !	16/06/1970 A	00H00 !	47 " !	0,256 " !
39 !	30/06/1969 A	00H00 !	16 " !	0,012 " !	88 !	31/07/1970 A	00H00 !	75 " !	0,572 " !
40 !	01/07/1969 A	00H00 !	22 " !	0,028 " !	89 !	19/07/1974 A	00H00 !	47 " !	0,37 " !
41 !	07/07/1969 A	00H00 !	24 " !	0,05 " !	90 !	21/07/1974 A	00H00 !	184 " !	5, " !
42 !	09/07/1969 A	00H00 !	28 " !	0,06 " !	91 !	19/08/1974 A	00H00 !	82 " !	0,86 " !
43 !	14/07/1969 A	00H00 !	43 " !	0,171 " !	92 !	21/08/1974 A	00H00 !	100 " !	1,47 " !
44 !	16/07/1969 A	00H00 !	74 " !	0,615 " !	93 !	01/10/1974 A	00H00 !	54 " !	0,261 " !
45 !	19/07/1969 A	00H00 !	58 " !	0,398 " !	94 !	05/10/1974 A	00H00 !	42 " !	0,31 " !
46 !	22/07/1969 A	00H00 !	53 " !	0,324 " !	95 !	07/10/1974 A	00H00 !	40 " !	0,29 " !
47 !	25/07/1969 A	00H00 !	96 " !	1,06 " !	96 !	11/10/1974 A	00H00 !	37 " !	0,195 " !
48 !	28/07/1969 A	00H00 !	129 " !	2,16 " !	97 !	20/10/1974 A	00H00 !	33 " !	0,188 " !
49 !	30/07/1969 A	00H00 !	103 " !	1,29 " !	98 !	24/10/1974 A	00H00 !	30 " !	0,172 " !

## ANNEXE 3.5 (SUITE)

DRSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 3

LISTE DES JAUZEAGES

25/03/1988 A 16H33

STATION : 1383303506-1 MADINA OMAR

LATIT. 12.51.00

RIVIERE : KHORINE

LONGIT. -14.44.00

PAYS : SENEGAL

ALIT. 5M

BASSIN : KHORINE

AIRE 385,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
99	13/11/1974	A 00H00	25 CM	0,072 M3/S	146	29/08/1978	A 00H00	146 CM	2,3 M3/S
100	21/11/1974	A 00H00	21 "	0,038 "	147	12/10/1978	A 00H00	72 "	0,64 "
101	22/11/1974	A 00H00	19 "	0,03 "	148	14/10/1978	A 00H00	75 "	0,695 "
102	23/11/1974	A 00H00	19 "	0,029 "	149	16/10/1978	A 00H00	65 "	0,487 "
103	17/12/1974	A 00H00	14 "	0,016 "	150	17/10/1978	A 00H00	60 "	0,43 "
104	20/12/1974	A 00H00	12 "	0,014 "	151	11/12/1978	A 00H00	35 "	0,11 "
					152	13/12/1978	A 00H00	34 "	0,107 "
105	21/01/1975	A 00H00	10 "	0,005 "					
106	22/01/1975	A 00H00	9 "	0,003 "	153	07/02/1979	A 00H00	16 "	0,03 "
107	11/08/1975	A 00H00	51 "	0,41 "	154	19/07/1979	A 00H00	65 "	0,408 "
108	15/08/1975	A 00H00	42 "	0,29 "	155	13/08/1979	A 00H00	100 "	1,09 "
109	17/08/1975	A 00H00	37 "	0,22 "	156	21/08/1979	A 00H00	49 "	0,309 "
110	21/08/1975	A 00H00	37 "	0,26 "	157	03/09/1979	A 00H00	112 "	1,36 "
111	05/09/1975	A 00H00	253 "	24,2 "	158	05/09/1979	A 00H00	178 "	4,16 "
112	09/09/1975	A 00H00	152 "	3,12 "	159	23/09/1979	A 00H00	55 "	0,388 "
113	27/09/1975	A 00H00	142 "	3,11 "	160	01/10/1979	A 00H00	44 "	0,223 "
114	18/10/1975	A 00H00	113 "	1,62 "	161	29/10/1979	A 00H00	45 "	0,213 "
115	22/10/1975	A 00H00	78 "	0,775 "					
116	06/11/1975	A 00H00	47 "	0,34 "	162	05/11/1980	A 00H00	24 "	0,142 "
117	04/12/1975	A 00H00	33 "	0,16 "					
					163	04/08/1981	A 00H00	40 "	0,219 "
118	16/01/1976	A 00H00	30 "	0,087 "	164	17/08/1981	A 00H00	53 "	0,36 "
119	19/02/1976	A 00H00	18 "	0,033 "	165	08/09/1981	A 00H00	38 "	0,177 "
120	08/03/1976	A 00H00	12 "	0,019 "	166	18/09/1981	A 00H00	59 "	0,395 "
121	25/03/1976	A 00H00	7 "	0,007 "	167	28/09/1981	A 00H00	55 "	0,28 "
122	21/07/1976	A 00H00	44 "	0,3 "	168	29/10/1981	A 00H00	39 "	0,111 "
123	13/08/1976	A 00H00	68 "	0,54 "	169	16/11/1981	A 00H00	25 "	0,046 "
124	26/08/1976	A 00H00	58 "	0,43 "					
125	08/09/1976	A 00H00	60 "	0,37 "	170	24/07/1982	A 00H00	70 "	0,634 "
126	02/10/1976	A 00H00	140 "	2,36 "	171	02/08/1982	A 00H00	101 "	1,23 "
127	16/12/1976	A 00H00	34 "	0,081 "	172	30/08/1982	A 00H00	67 "	0,553 "
					173	14/09/1982	A 00H00	44 "	0,27 "
128	16/02/1977	A 00H00	20 "	0,031 "	174	14/11/1982	A 00H00	19 "	0,016 "
129	04/08/1977	A 00H00	33 "	0,135 "					
130	16/08/1977	A 00H00	30 "	0,079 "	175	13/08/1983	A 00H00	23 "	0,037 "
131	13/09/1977	A 00H00	94 "	0,71 "	176	11/09/1983	A 00H00	82 "	0,464 "
132	21/09/1977	A 00H00	145 "	2,29 "	177	17/10/1983	A 00H00	46 "	0,1 "
133	18/10/1977	A 00H00	57 "	0,32 "					
134	19/10/1977	A 00H00	52 "	0,25 "	178	14/08/1984	A 00H00	48 "	0,26 "
135	06/11/1977	A 00H00	32 "	0,083 "	179	30/08/1984	A 00H00	61 "	0,33 "
136	09/12/1977	A 00H00	18 "	0,011 "	180	18/09/1984	A 00H00	84 "	0,57 "
					181	23/10/1984	A 00H00	37 "	0,11 "
137	11/01/1978	A 00H00	18 "	0,01 "					
138	09/06/1978	A 00H00	21 "	0,046 "	182	11/09/1985	A 00H00	144 "	2,1 "
139	05/08/1978	A 00H00	88 "	0,87 "	183	01/10/1985	A 00H00	77 "	0,56 "
140	07/08/1978	A 00H00	105 "	1,18 "					
141	09/08/1978	A 00H00	104 "	1,02 "	184	21/07/1986	A 00H00	47 "	0,157 "
142	11/08/1978	A 00H00	93 "	0,9 "	185	21/07/1986	A 12H00	51 "	0,178 "
143	13/08/1978	A 00H00	75 "	0,635 "	186	01/08/1986	A 00H00	43 "	0,1 "
144	22/08/1978	A 00H00	50 "	0,443 "	187	26/08/1986	A 00H00	58 "	0,281 "
145	24/08/1978	A 00H00	63 "	0,44 "	188	02/09/1986	A 00H00	92 "	0,7 "

ANNEXE 3.5 (SUITE)

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 5

LISTE DES JAUGEAGES

25/03/1988 A 16H33

STATION : 1383303506-1 MADINA OMAR

LATIT. 12.51.00

RIVIERE : KHORINE

LONGIT. -14.44.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 5M

BASSIN : KHORINE

AIRE 385,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO !	DATE	HEURE !	COTE !	DEBIT !	AUTEUR
189 !	17/09/1986 A	00H00 !	78 CM !	0,609 M3/S !	
190 !	23/09/1986 A	00H00 !	95 " !	1,16 " !	
191 !	30/09/1986 A	00H00 !	125 " !	1,27 " !	
192 !	13/10/1986 A	00H00 !	73 " !	0,485 " !	
193 !	21/10/1986 A	00H00 !	52 " !	0,236 " !	
194 !	28/10/1986 A	00H00 !	45 " !	0,16 " !	
195 !	01/12/1986 A	00H00 !	36 " !	0,026 " !	

Capteur : 1383303506-1

Station : MADINA OMAR

Riviere : KHORINE

Tarage valide du 01/05/1974 à 00H00 au 31/05/1987 à 24H00

de +0005 CM a +0260 CM

Debits en M3/S

CM	I	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I	CM
01	*****	*****	*****	*****	*****	*****	.000	.012	.025	.037	.050	I	0
101	.063	.068	.073	.078	.083	.088	.093	.098	.103	.108	.113	I	10
201	.113	.116	.120	.124	.127	.131	.135	.138	.142	.146	.150	I	20
301	.150	.156	.162	.168	.175	.181	.187	.194	.200	.206	.213	I	30
401	.213	.219	.225	.231	.237	.244	.250	.256	.262	.268	.275	I	40
501	.275	.285	.295	.305	.315	.325	.335	.345	.355	.365	.375	I	50
601	.375	.387	.400	.412	.425	.437	.450	.462	.475	.487	.500	I	60
701	.500	.515	.530	.545	.560	.575	.590	.605	.620	.635	.650	I	70
801	.650	.668	.687	.706	.725	.744	.762	.781	.800	.819	.838	I	80
901	.838	.857	.876	.895	.914	.934	.953	.972	.991	1.011	1.031	I	90
1001	1.03	1.06	1.09	1.12	1.14	1.17	1.20	1.23	1.26	1.29	1.32	I	100
1101	1.32	1.34	1.37	1.40	1.43	1.46	1.49	1.51	1.54	1.57	1.60	I	110
1201	1.60	1.64	1.69	1.73	1.78	1.82	1.86	1.91	1.95	2.00	2.04	I	120
1301	2.04	2.08	2.13	2.17	2.22	2.26	2.30	2.35	2.39	2.44	2.48	I	130
1401	2.48	2.54	2.61	2.67	2.73	2.80	2.86	2.92	2.99	3.05	3.12	I	140
1501	3.12	3.18	3.24	3.31	3.37	3.43	3.50	3.56	3.62	3.69	3.75	I	150
1601	3.75	3.85	3.95	4.05	4.15	4.25	4.35	4.45	4.55	4.65	4.75	I	160
1701	4.75	4.85	4.95	5.05	5.15	5.25	5.35	5.45	5.55	5.65	5.75	I	170
1801	5.75	5.90	6.05	6.20	6.35	6.50	6.65	6.80	6.95	7.10	7.25	I	180
1901	7.25	7.40	7.55	7.70	7.85	8.00	8.15	8.30	8.45	8.60	8.75	I	190
2001	8.75	8.98	9.22	9.45	9.68	9.91	10.2	10.4	10.6	10.8	11.1	I	200
2101	11.1	11.3	11.5	11.8	12.0	12.2	12.5	12.7	12.9	13.2	13.4	I	210
2201	13.4	13.7	14.0	14.3	14.6	15.0	15.3	15.6	15.9	16.2	16.5	I	220
2301	16.5	16.8	17.1	17.4	17.7	18.1	18.4	18.7	19.0	19.3	19.6	I	230
2401	19.6	19.9	20.3	20.6	20.9	21.3	21.6	22.0	22.3	22.6	23.0	I	240
2501	23.0	23.3	23.6	24.0	24.3	24.6	25.0	25.3	25.6	26.0	26.3	I	250
2601	26.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	I	260

## ANNEXE 3.6

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 1

LISTE DES JAUSEAGES

24/03/1988 A 16H31

STATION : 1383301503-1 SARE SARA

LATIT. 12.50.00

RIVIERE : TIANSOL

LONGIT. -14.45.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 7M

BASSIN : TIANSOL DIANGUIN

AIRE 815,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
1	11/07/1967	A 00H00	11 CM	0,52 M3/S	50	06/08/1969	A 12H00	78 CM	5,24 M3/S
2	06/08/1967	A 00H00	34 "	1,07 "	51	19/08/1969	A 00H00	108 "	5,78 "
3	22/08/1967	A 00H00	85 "	4,4 "	52	20/08/1969	A 00H00	96 "	5,33 "
4	10/11/1967	A 00H00	54 "	2,85 "	53	25/08/1969	A 00H00	144 "	9,37 "
5	10/12/1967	A 00H00	29 "	1,21 "	54	27/08/1969	A 00H00	125 "	8,02 "
6	10/01/1968	A 00H00	24 "	0,83 "	55	03/09/1969	A 00H00	576 "	246, "
7	17/01/1968	A 00H00	24 "	0,98 "	56	04/09/1969	A 00H00	464 "	91,7 "
8	20/02/1968	A 00H00	19 "	0,69 "	57	05/09/1969	A 00H00	394 "	42,8 "
9	28/03/1968	A 00H00	11 "	0,42 "	58	06/09/1969	A 00H00	343 "	27,8 "
10	23/04/1968	A 00H00	6 "	0,24 "	59	07/09/1969	A 00H00	300 "	23,6 "
11	03/07/1968	A 00H00	27 "	0,99 "	60	08/09/1969	A 00H00	272 "	21,2 "
12	16/07/1968	A 00H00	14 "	0,62 "	61	09/09/1969	A 00H00	224 "	15,2 "
13	31/07/1968	A 00H00	55 "	3,02 "	62	19/09/1969	A 00H00	160 "	9,12 "
14	17/08/1968	A 00H00	16 "	0,65 "	63	23/09/1969	A 00H00	185 "	11,2 "
15	26/08/1968	A 00H00	11 "	0,41 "	64	25/09/1969	A 00H00	147 "	8,18 "
16	19/09/1968	A 00H00	42 "	1,64 "	65	02/10/1969	A 00H00	71 "	3,66 "
17	05/10/1968	A 00H00	123 "	6,76 "	66	04/10/1969	A 00H00	92 "	5,08 "
18	07/10/1968	A 00H00	106 "	5,3 "	67	08/10/1969	A 00H00	116 "	7,06 "
19	02/11/1968	A 00H00	19 "	0,56 "	68	16/10/1969	A 00H00	92 "	4,97 "
20	16/11/1968	A 00H00	14 "	0,446 "	69	23/10/1969	A 00H00	74 "	3,94 "
21	02/12/1968	A 00H00	11 "	0,393 "	70	27/10/1969	A 00H00	149 "	10,2 "
22	09/12/1968	A 00H00	10 "	0,332 "	71	06/11/1969	A 00H00	50 "	1,7 "
23	30/12/1968	A 00H00	10 "	0,378 "	72	10/11/1969	A 00H00	40 "	1,78 "
24	08/02/1969	A 00H00	6 "	0,202 "	73	17/11/1969	A 00H00	35 "	1,55 "
25	17/02/1969	A 00H00	6 "	0,242 "	74	24/11/1969	A 00H00	30 "	1,23 "
26	18/02/1969	A 00H00	5 "	0,245 "	75	01/12/1969	A 00H00	28 "	1,13 "
27	18/02/1969	A 12H00	5 "	0,234 "	76	08/12/1969	A 00H00	23 "	0,978 "
28	06/03/1969	A 00H00	3 "	0,211 "	77	22/12/1969	A 00H00	21 "	0,9 "
29	21/03/1969	A 00H00	1 "	0,141 "	78	29/12/1969	A 00H00	18 "	0,742 "
30	05/04/1969	A 00H00	-1 "	0,126 "	79	05/01/1970	A 00H00	18 "	0,73 "
31	12/04/1969	A 00H00	-2 "	0,098 "	80	06/01/1970	A 00H00	18 "	0,705 "
32	15/04/1969	A 00H00	-2 "	0,081 "	81	12/01/1970	A 00H00	16 "	0,668 "
33	25/04/1969	A 00H00	-1 "	0,104 "	82	19/01/1970	A 00H00	13 "	0,612 "
34	24/05/1969	A 00H00	5 "	0,099 "	83	26/01/1970	A 00H00	11 "	0,523 "
35	04/06/1969	A 00H00	-1 "	0,091 "	84	02/02/1970	A 00H00	10 "	0,49 "
36	20/06/1969	A 00H00	-2 "	0,093 "	85	09/02/1970	A 00H00	10 "	0,51 "
37	30/06/1969	A 00H00	2 "	0,149 "	86	16/02/1970	A 00H00	9 "	0,492 "
38	01/07/1969	A 00H00	6 "	0,202 "	87	23/02/1970	A 00H00	7 "	0,412 "
39	07/07/1969	A 00H00	10 "	0,326 "	88	09/03/1970	A 00H00	4 "	0,38 "
40	09/07/1969	A 00H00	7 "	0,273 "	89	16/03/1970	A 00H00	3 "	0,302 "
41	14/07/1969	A 00H00	14 "	0,433 "	90	23/03/1970	A 00H00	1 "	0,274 "
42	17/07/1969	A 00H00	26 "	0,853 "	91	06/04/1970	A 00H00	-2 "	0,236 "
43	19/07/1969	A 00H00	17 "	0,477 "	92	20/04/1970	A 00H00	-4 "	0,223 "
44	25/07/1969	A 00H00	35 "	1,09 "	93	27/04/1970	A 00H00	-4 "	0,189 "
45	28/07/1969	A 00H00	50 "	1,2 "	94	04/05/1970	A 00H00	-5 "	0,214 "
46	30/07/1969	A 00H00	84 "	3,7 "	95	11/05/1970	A 00H00	-6 "	0,192 "
47	01/08/1969	A 00H00	60 "	2,27 "	96	18/05/1970	A 00H00	-6 "	0,15 "
48	02/08/1969	A 00H00	40 "	1,61 "	97	25/05/1970	A 00H00	-6 "	0,15 "
49	06/08/1969	A 00H00	72 "	4,4 "	98	01/06/1970	A 00H00	6 "	0,623 "
					99	16/06/1970	A 00H00	-3 "	0,236 "

## ANNEXE 3.6 (SUITE)

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 3

LISTE DES JAUSEAGES

24/03/1988 A 16H31

STATION : 1383301503-1 SARE SARA

LATIT. 12.50.00

RIVIERE : TIANGOL

LONGIT. -14.45.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 7M

BASSIN : TIANGOL DIANGUIN

AIRE 815,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
100	31/07/1970	A 00H00	41 CM	2,5 M3/S	148	25/08/1976	A 00H00	44 CM	1,87 M3/S
101	28/06/1974	A 00H00	-19	0,05	149	08/09/1976	A 00H00	53	2,21
102	19/07/1974	A 00H00	19	0,86	150	02/10/1976	A 00H00	112	4,67
103	21/07/1974	A 00H00	102	5,7	151	06/11/1976	A 00H00	40	1,64
104	21/07/1974	A 12H00	156	10,7	152	16/12/1976	A 00H00	8	0,34
105	19/08/1974	A 00H00	50	2,04	153	16/02/1977	A 00H00	-3	0,149
106	21/08/1974	A 12H00	45	1,82	154	13/05/1977	A 00H00	-16	0,03
107	01/10/1974	A 00H00		2,8	155	07/06/1977	A 00H00	-10	0,036
108	05/10/1974	A 00H00	33	1,57	156	04/08/1977	A 00H00	5	0,394
109	07/10/1974	A 00H00	37	1,61	157	04/08/1977	A 12H00	4	0,2
110	11/10/1974	A 00H00	22	0,831	158	16/08/1977	A 00H00	7	0,289
111	20/10/1974	A 00H00	11	0,65	159	13/09/1977	A 00H00	33	0,793
112	24/10/1974	A 00H00	8	0,5	160	21/09/1977	A 00H00	104	5,43
113	13/11/1974	A 00H00	-4	0,28	161	19/10/1977	A 00H00	22	0,53
114	21/11/1974	A 00H00	-3	0,274	162	06/11/1977	A 00H00	8	0,36
115	22/11/1974	A 00H00	-3	0,26	163	08/12/1977	A 00H00	-6	0,018
116	22/11/1974	A 12H00	-3	0,26	164	11/01/1978	A 00H00	-10	0,066
117	23/11/1974	A 00H00	-4	0,26	165	08/02/1978	A 00H00	-17	0,028
118	23/11/1974	A 12H00	-4	0,23	166	09/06/1978	A 00H00	1	0,23
119	17/12/1974	A 00H00	-6	0,19	167	06/07/1978	A 00H00	-14	0,034
120	21/12/1974	A 00H00	-7	0,206	168	05/08/1978	A 00H00	62	2,2
121	21/01/1975	A 00H00	-5	0,12	169	07/08/1978	A 00H00	58	1,7
122	22/01/1975	A 00H00	-10	0,126	170	09/08/1978	A 00H00	96	4,19
123	21/02/1975	A 00H00	-12	0,042	171	11/08/1978	A 00H00	69	2,41
124	14/03/1975	A 00H00	-18	0,041	172	13/08/1978	A 00H00	36	1,11
125	18/03/1975	A 00H00	-20	0,023	173	22/08/1978	A 00H00	34	0,85
126	11/08/1975	A 00H00	30	1,19	174	24/08/1978	A 00H00	61	2,4
127	15/08/1975	A 00H00	38	1,4	175	28/08/1978	A 00H00	100	4,52
128	17/08/1975	A 00H00	18	0,79	176	29/08/1978	A 00H00	120	5,95
129	21/08/1975	A 00H00	8	0,5	177	14/09/1978	A 00H00	46	1,73
130	05/09/1975	A 00H00	290	14,8	178	20/09/1978	A 00H00	62	2,31
131	09/09/1975	A 00H00	206	15,4	179	26/09/1978	A 00H00	48	1,89
132	11/09/1975	A 00H00	145	5,05	180	12/10/1978	A 00H00	28	1,06
133	27/09/1975	A 00H00	192	11,4	181	14/10/1978	A 00H00	26	1,28
134	09/10/1975	A 00H00	71	3,53	182	16/10/1978	A 00H00	32	1,6
135	18/10/1975	A 00H00	68	2,87	183	17/10/1978	A 00H00	27	1,24
136	22/10/1975	A 00H00	48	1,32	184	11/12/1978	A 00H00	5	0,242
137	06/11/1975	A 00H00	22	1,11	185	13/12/1978	A 00H00	3	0,212
138	04/12/1975	A 00H00	11	0,54	186	27/01/1979	A 00H00	27	0,129
139	16/01/1976	A 00H00	4	0,29	187	07/02/1979	A 00H00	25	0,091
140	19/02/1976	A 00H00	-2	0,17	188	05/03/1980	A 00H00	5	0,013
141	08/03/1976	A 00H00	-7	0,119	189	17/06/1980	A 00H00	25	0,088
142	25/03/1976	A 00H00	-10	0,077	190	08/08/1980	A 00H00	94	4,
143	20/05/1976	A 00H00	-14	0,037	191	29/08/1980	A 00H00	50	0,924
144	07/06/1976	A 00H00	-14	0,051	192	05/09/1980	A 00H00	83	2,96
145	21/06/1976	A 00H00	-2	0,162	193	23/09/1980	A 00H00	48	0,786
146	21/07/1976	A 00H00	40	1,39	194	05/11/1980	A 00H00	25	0,091
147	13/08/1976	A 00H00	47	1,56					

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 5

LISTE DES JAUGEAGES

24/03/1988 A 16H31

STATION : 13B3301503-1 SARE SARA

LATIT. 12.50.00

RIVIERE : TIANGOL

LONGIT. -14.45.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 7M

BASSIN : TIANGOL DIANGUIN

AIRE 815,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO !	DATE	HEURE !	COTE !	DEBIT !	NO !	DATE	HEURE !	COTE !	DEBIT !
195 !	19/11/1980 A	00H00 !	24 CM !	0,058 M3/S !	240 !	21/10/1986 A	00H00 !	68 CM !	0,656 M3/S !
196 !	02/12/1980 A	00H00 !	23 " !	0,055 " !	241 !	28/10/1986 A	00H00 !	60 " !	0,384 " !
197 !	11/12/1980 A	00H00 !	19 " !	0,042 " !	242 !	01/12/1986 A	00H00 !	52 " !	0,093 " !
198 !	13/02/1981 A	00H00 !	15 " !	0,013 " !					
199 !	24/06/1981 A	00H00 !	35 " !	0,361 " !					
200 !	20/07/1981 A	00H00 !	27 " !	0,104 " !					
201 !	17/08/1981 A	00H00 !	38 " !	0,469 " !					
202 !	04/09/1981 A	00H00 !	36 " !	0,438 " !					
203 !	08/09/1981 A	00H00 !	35 " !	0,382 " !					
204 !	18/09/1981 A	00H00 !	48 " !	0,87 " !					
205 !	29/09/1981 A	00H00 !	42 " !	0,59 " !					
206 !	29/10/1981 A	00H00 !	29 " !	0,195 " !					
207 !	16/11/1981 A	00H00 !	24 " !	0,076 " !					
208 !	17/02/1982 A	00H00 !	14 " !	0,02 " !					
209 !	02/08/1982 A	00H00 !	20 " !	0,173 " !					
210 !	30/08/1982 A	00H00 !	45 " !	0,85 " !					
211 !	14/09/1982 A	00H00 !	39 " !	0,462 " !					
212 !	14/11/1982 A	00H00 !	10 " !	0,04 " !					
213 !	14/12/1982 A	00H00 !	5 " !	0,012 " !					
214 !	13/01/1983 A	00H00 !	3 " !	0,01 " !					
215 !	07/07/1983 A	00H00 !	24 " !	0,319 " !					
216 !	21/07/1983 A	00H00 !	63 " !	2,16 " !					
217 !	13/08/1983 A	00H00 !	19 " !	0,173 " !					
218 !	13/09/1983 A	00H00 !	42 " !	0,757 " !					
219 !	17/10/1983 A	00H00 !	21 " !	0,091 " !					
220 !	27/12/1983 A	00H00 !	7 " !	0,031 " !					
221 !	02/08/1984 A	00H00 !	9 " !	0,035 " !					
222 !	14/08/1984 A	00H00 !	16 " !	0,13 " !					
223 !	23/08/1984 A	00H00 !	10 " !	0,149 " !					
224 !	18/09/1984 A	00H00 !	34 " !	0,25 " !					
225 !	24/09/1984 A	00H00 !	93 " !	2,51 " !					
226 !	26/09/1984 A	00H00 !	68 " !	1,75 " !					
227 !	23/10/1984 A	00H00 !	16 " !	0,12 " !					
228 !	22/11/1984 A	00H00 !	8 " !	0,037 " !					
229 !	30/12/1984 A	00H00 !	2 " !	0,015 " !					
230 !	01/10/1985 A	00H00 !	48 " !	1,37 " !					
231 !	21/07/1986 A	00H00 !	41 " !	0,02 " !					
232 !	27/07/1986 A	00H00 !	46 " !	0,095 " !					
233 !	01/08/1986 A	00H00 !	43 " !	0,047 " !					
234 !	26/08/1986 A	00H00 !	63 " !	0,332 " !					
235 !	02/09/1986 A	00H00 !	123 " !	3,2 " !					
236 !	17/09/1986 A	00H00 !	101 " !	3,16 " !					
237 !	23/09/1986 A	00H00 !	89 " !	1,86 " !					
238 !	30/09/1986 A	00H00 !	176 " !	7,15 " !					
239 !	13/10/1986 A	00H00 !	104 " !	3,24 " !					





## ANNEXE 3.7

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 1

LISTE DES JAUGEAGES

23/03/1988 A 09H40

STATION : 1383300106-1 KOLDA

LATIT. 12.53.00

RIVIERE : CASAMANCE

LONGIT. 14.56.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 2M

BASSIN : CASAMANCE

AIRE 3700,00 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
1	11/07/1967	A 00H00	84 CM	1,38 M3/S	51	06/02/1969	A 00H00	54 CM	0,72 M3/S
2	15/01/1968	A 00H00	90 "	3, "	52	20/02/1969	A 00H00	50 "	0,62 "
3	22/02/1968	A 00H00	75 "	2,06 "	53	04/03/1969	A 00H00	47 "	0,54 "
4	27/03/1968	A 00H00	55 "	1,53 "	54	12/03/1969	A 00H00	42 "	0,46 "
5	22/04/1968	A 00H00	40 "	0,95 "	55	20/03/1969	A 00H00	37 "	0,4 "
6	28/06/1968	A 00H00	30 "	0,58 "	56	02/04/1969	A 00H00	34 "	0,33 "
7	03/07/1968	A 00H00	41 "	0,82 "	57	12/04/1969	A 00H00	30 "	0,25 "
8	08/07/1968	A 00H00	51 "	0,96 "	58	24/04/1969	A 00H00	26 "	0,2 "
9	12/07/1968	A 00H00	70 "	1,47 "	59	06/05/1969	A 00H00	21 "	0,17 "
10	24/07/1968	A 00H00	102 "	2,3 "	60	22/05/1969	A 00H00	18 "	0,14 "
11	02/08/1968	A 00H00	151 "	2,42 "	61	03/06/1969	A 00H00	18 "	0,13 "
12	03/08/1968	A 00H00	159 "	3,02 "	62	16/06/1969	A 00H00	20 "	0,17 "
13	08/08/1968	A 00H00	157 "	3,34 "	63	25/06/1969	A 00H00	19 "	0,17 "
14	14/08/1968	A 00H00	148 "	1,86 "	64	06/07/1969	A 00H00	24 "	0,3 "
15	19/08/1968	A 00H00	123 "	2,36 "	65	10/07/1969	A 00H00	42 "	0,68 "
16	20/08/1968	A 00H00	118 "	2,06 "	66	11/07/1969	A 00H00	64 "	0,66 "
17	24/08/1968	A 00H00	108 "	1,85 "	67	13/07/1969	A 00H00	67 "	0,61 "
18	04/09/1968	A 00H00	137 "	3,49 "	68	15/07/1969	A 00H00	73 "	0,53 "
19	05/09/1968	A 00H00	162 "	3,42 "	69	16/07/1969	A 00H00	113 "	2,7 "
20	12/09/1968	A 00H00	184 "	5,82 "	70	18/07/1969	A 00H00	102 "	1,22 "
21	14/09/1968	A 00H00	193 "	6,62 "	71	23/07/1969	A 00H00	130 "	3,38 "
22	25/09/1968	A 00H00	188 "	5,71 "	72	24/07/1969	A 00H00	119 "	2,16 "
23	01/10/1968	A 00H00	208 "	6,4 "	73	26/07/1969	A 00H00	157 "	6,19 "
24	03/10/1968	A 00H00	243 "	11, "	74	27/07/1969	A 00H00	165 "	5,07 "
25	04/10/1968	A 00H00	254 "	11,7 "	75	29/07/1969	A 00H00	188 "	6,6 "
26	08/10/1968	A 00H00	259 "	13, "	76	29/07/1969	A 12H00	208 "	9,6 "
27	10/10/1968	A 00H00	245 "	11,8 "	77	30/07/1969	A 00H00	252 "	16,3 "
28	11/10/1968	A 00H00	239 "	10,7 "	78	31/07/1969	A 00H00	270 "	16,7 "
29	13/10/1968	A 00H00	223 "	8, "	79	01/08/1969	A 00H00	242 "	13, "
30	15/10/1968	A 00H00	212 "	7,46 "	80	03/08/1969	A 00H00	205 "	8,3 "
31	18/10/1968	A 00H00	200 "	5,65 "	81	04/08/1969	A 00H00	181 "	5,25 "
32	22/10/1968	A 00H00	188 "	5,71 "	82	10/08/1969	A 00H00	160 "	4,5 "
33	24/10/1968	A 00H00	177 "	4,68 "	83	11/08/1969	A 00H00	227 "	14, "
34	26/10/1968	A 00H00	167 "	4,24 "	84	14/08/1969	A 00H00	237 "	14,1 "
35	28/10/1968	A 00H00	157 "	4, "	85	26/08/1969	A 00H00	232 "	12,7 "
36	30/10/1968	A 00H00	147 "	3,83 "	86	03/09/1969	A 00H00	486 "	50, "
37	02/11/1968	A 00H00	132 "	3,29 "	87	04/09/1969	A 00H00	459 "	72,5 "
38	04/11/1968	A 00H00	127 "	2,84 "	88	05/09/1969	A 00H00	487 "	118, "
39	07/11/1968	A 00H00	117 "	2,49 "	89	06/09/1969	A 00H00	488 "	105, "
40	11/11/1968	A 00H00	107 "	2,52 "	90	08/09/1969	A 00H00	447 "	72,2 "
41	15/11/1968	A 00H00	101 "	2,11 "	91	09/09/1969	A 00H00	418 "	77,6 "
42	19/11/1968	A 00H00	95 "	1,77 "	92	10/09/1969	A 00H00	409 "	62,8 "
43	22/11/1968	A 00H00	89 "	1,85 "	93	12/09/1969	A 00H00	373 "	45,7 "
44	25/11/1968	A 00H00	86 "	1,66 "	94	19/09/1969	A 00H00	322 "	36, "
45	01/12/1968	A 00H00	81 "	1,49 "	95	20/09/1969	A 00H00	301 "	30, "
46	06/12/1968	A 00H00	77 "	1,55 "	96	23/09/1969	A 00H00	284 "	27,3 "
47	10/12/1968	A 00H00	73 "	1,42 "	97	25/09/1969	A 00H00	263 "	24,6 "
48	17/12/1968	A 00H00	68 "	1,37 "	98	27/09/1969	A 00H00	241 "	21,5 "
49	29/12/1968	A 00H00	67 "	1,34 "	99	28/09/1969	A 00H00	229 "	17,9 "
50	29/01/1969	A 00H00	58 "	0,8 "	100	30/09/1969	A 00H00	194 "	13,2 "
					101	02/10/1969	A 00H00	175 "	12,5 "

## ANNEXE 3.7 (SUITE)

GRSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 3

LISTE DES JAUGEAGES

23/03/1988 A 09H40

STATION : 1383300106-1 KOLDA

LATIT. 12.53.00

RIVIERE : CASAMANCE

LONGIT. 14.56.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 2M

BASSIN : CASAMANCE

AIRE 3700,00 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
102	03/10/1969	A 00H00	192 CM	15,4 MS/S					
103	09/10/1969	A 00H00	191	12,8	152	06/02/1971	A 00H00	35 CM	0,54 MS/S
104	12/10/1969	A 00H00	227	18,1	153	24/03/1971	A 00H00	28	0,233
105	18/10/1969	A 00H00	178	13,4	154	31/03/1971	A 00H00	27	0,206
106	20/10/1969	A 00H00	158	9,16	155	07/04/1971	A 00H00	25	0,183
107	22/10/1969	A 00H00	163	10,9	156	14/04/1971	A 00H00	23	0,146
108	26/10/1969	A 00H00	200	19,6	157	21/04/1971	A 00H00	22	0,114
109	30/10/1969	A 00H00	186	14,8	158	28/04/1971	A 00H00	20	0,105
110	31/10/1969	A 00H00	173	12,5	159	05/05/1971	A 00H00	17	0,068
111	01/11/1969	A 00H00	160	9,54	160	12/05/1971	A 00H00	18	0,084
112	02/11/1969	A 00H00	149	9,37	161	19/05/1971	A 00H00	16	0,052
113	03/11/1969	A 00H00	137	7,52	162	26/05/1971	A 00H00	16	0,056
114	05/11/1969	A 00H00	128	6,78	163	02/06/1971	A 00H00	15	0,045
115	07/11/1969	A 00H00	119	6,62	164	28/07/1971	A 00H00	183	12,
116	10/11/1969	A 00H00	109	5,75	165	04/08/1971	A 00H00	189	8,52
117	13/11/1969	A 00H00	101	4,82	166	12/08/1971	A 00H00	267	8,7
118	18/11/1969	A 00H00	93	4,61	167	19/08/1971	A 00H00	184	13,
119	21/11/1969	A 00H00	89	3,92	168	26/08/1971	A 00H00	183	13,1
120	22/11/1969	A 00H00	87	4,13	169	02/09/1971	A 00H00	174	12,6
121	26/11/1969	A 00H00	83	3,33	170	09/09/1971	A 00H00	171	12,1
122	29/11/1969	A 00H00	80	3,17	171	16/09/1971	A 00H00	179	11,8
123	09/12/1969	A 00H00	70	2,98	172	23/09/1971	A 00H00	186	14,
124	18/12/1969	A 00H00	65	2,49	173	30/09/1971	A 00H00	156	9,9
125	27/12/1969	A 00H00	61	2,27	174	07/10/1971	A 00H00	130	6,42
					175	13/10/1971	A 00H00	120	5,14
126	08/01/1970	A 00H00	57	2,	176	21/10/1971	A 00H00	128	6,45
127	15/01/1970	A 00H00	50	1,7	177	28/10/1971	A 00H00	104	3,92
128	22/01/1970	A 00H00	46	1,56	178	11/11/1971	A 00H00	83	2,25
129	31/01/1970	A 00H00	42	1,38	179	18/11/1971	A 00H00	77	1,86
130	04/02/1970	A 00H00	40	1,36	180	01/12/1971	A 00H00	72	1,51
131	12/02/1970	A 00H00	38	1,3	181	08/12/1971	A 00H00	70	1,34
132	19/02/1970	A 00H00	36	1,19	182	16/12/1971	A 00H00	67	1,21
133	05/03/1970	A 00H00	29	0,98	183	21/12/1971	A 00H00	66	1,08
134	12/03/1970	A 00H00	27	0,83					
135	19/03/1970	A 00H00	24	0,73	184	04/01/1972	A 00H00	65	0,988
136	24/03/1970	A 00H00	23	0,69	185	12/01/1972	A 00H00	64	0,8
137	02/04/1970	A 00H00	21	0,62	186	20/01/1972	A 00H00	62	0,796
138	22/04/1970	A 00H00	18	0,48	187	25/01/1972	A 00H00	61	0,788
139	07/05/1970	A 00H00	15	0,38	188	02/02/1972	A 00H00	60	0,652
140	16/05/1970	A 00H00	13	0,31	189	09/02/1972	A 00H00	58	0,553
141	21/05/1970	A 00H00	13	0,29	190	15/02/1972	A 00H00	55	0,478
142	01/06/1970	A 00H00	29	0,93	191	22/02/1972	A 00H00	55	0,56
143	05/06/1970	A 00H00	48	1,75	192	28/02/1972	A 00H00	53	0,457
144	13/06/1970	A 00H00	59	1,7	193	07/03/1972	A 00H00	50	0,33
145	20/06/1970	A 00H00	49	1,03	194	13/03/1972	A 00H00	49	0,327
146	01/08/1970	A 00H00	102	1,64	195	21/03/1972	A 00H00	48	0,284
147	12/09/1970	A 00H00	221	12,1	196	28/03/1972	A 00H00	46	0,247
148	24/10/1970	A 00H00	96	2,48	197	04/04/1972	A 00H00	44	0,206
149	21/11/1970	A 00H00	57	1,3	198	11/04/1972	A 00H00	43	0,186
150	28/11/1970	A 00H00	54	1,3	199	18/04/1972	A 00H00	42	0,138
151	23/12/1970	A 00H00	45	0,95	200	02/05/1972	A 00H00	40	0,1

DRSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 5

LISTE DES JAUGEAGES

23/03/1988 A 09H40

STATION : 1383300106-1 KOLDA

LATIT. 12.53.00

RIVIERE : CASAMANCE

LONGIT. 14.56.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 2M

BASSIN : CASAMANCE

AIRE 3700,00 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
201	09/05/1972	A 00H00	37 CM	0,072 M3/S	249	14/03/1975	A 00H00	58 CM	0,08 M3/S
202	16/05/1972	A 00H00	35 "	0,07 "	250	19/03/1975	A 00H00	56 "	0,023 "
203	23/05/1972	A 00H00	34 "	0,042 "	251	11/08/1975	A 00H00	119 "	2,36 "
204	08/06/1972	A 00H00	42 "	0,118 "	252	14/08/1975	A 00H00	106 "	2,54 "
205	29/06/1972	A 00H00	40 "	0,139 "	253	16/08/1975	A 00H00	130 "	4,11 "
206	15/07/1972	A 00H00	56 "	0,273 "	254	21/08/1975	A 00H00	96 "	2,19 "
207	16/07/1972	A 00H00	69 "	0,533 "	255	04/09/1975	A 00H00	275 "	21,1 "
208	25/07/1972	A 00H00	140 "	1,66 "	256	05/09/1975	A 00H00	331 "	42,5 "
209	29/07/1972	A 00H00	121 "	1,49 "	257	10/09/1975	A 00H00	316 "	36,4 "
210	13/08/1972	A 00H00	168 "	3,94 "	258	26/09/1975	A 00H00	334 "	43,5 "
211	31/08/1972	A 00H00	155 "	3,32 "	259	29/09/1975	A 00H00	314 "	35,6 "
212	22/10/1972	A 00H00	109 "	1,77 "	260	02/10/1975	A 00H00	180 "	16,3 "
213	23/11/1972	A 00H00	74 "	0,676 "	261	15/10/1975	A 00H00	168 "	13,5 "
214	19/12/1972	A 00H00	63 "	0,353 "	262	19/10/1975	A 00H00	157 "	8,24 "
215	25/01/1973	A 00H00	55 "	0,249 "	263	21/10/1975	A 00H00	143 "	7,13 "
216	20/02/1973	A 00H00	50 "	0,116 "	264	23/10/1975	A 00H00	135 "	5,1 "
217	21/03/1973	A 00H00	48 "	0,053 "	265	25/10/1975	A 00H00	139 "	5,08 "
218	12/06/1973	A 00H00	50 "	0,116 "	266	05/11/1975	A 00H00	105 "	4,65 "
219	12/07/1973	A 00H00	108 "	1,97 "	267	04/12/1975	A 00H00	82 "	1,71 "
220	10/08/1973	A 00H00	217 "	7,2 "	268	16/01/1976	A 00H00	71 "	0,9 "
221	09/09/1973	A 00H00	180 "	8,85 "	269	19/02/1976	A 00H00	63 "	0,49 "
222	09/10/1973	A 00H00	112 "	3,25 "	270	08/03/1976	A 00H00	58 "	0,287 "
223	07/11/1973	A 00H00	86 "	1,3 "	271	24/03/1976	A 00H00	56 "	0,27 "
224	28/11/1973	A 00H00	75 "	0,68 "	272	24/04/1976	A 00H00	50 "	0,079 "
225	03/01/1974	A 00H00	67 "	0,522 "	273	19/05/1976	A 00H00	46 "	0,03 "
226	24/01/1974	A 00H00	62 "	0,26 "	274	21/06/1976	A 00H00	58 "	0,083 "
227	28/06/1974	A 00H00	63 "	0,02 "	275	20/07/1976	A 00H00	139 "	1,24 "
228	18/07/1974	A 00H00	190 "	9,1 "	276	13/08/1976	A 00H00	151 "	2,21 "
229	19/08/1974	A 00H00	123 "	4,5 "	277	08/09/1976	A 00H00	129 "	2,01 "
230	21/08/1974	A 00H00	136 "	6,1 "	278	02/10/1976	A 00H00	235 "	15,6 "
231	06/10/1974	A 00H00	144 "	7,1 "	279	06/11/1976	A 00H00	134 "	4,8 "
232	07/10/1974	A 00H00	132 "	4,4 "	280	15/12/1976	A 00H00	100 "	0,87 "
233	07/10/1974	A 12H00	132 "	4,3 "	281	15/01/1977	A 00H00	99 "	0,61 "
234	14/10/1974	A 00H00	108 "	3,1 "	282	16/02/1977	A 00H00	86 "	0,35 "
235	20/10/1974	A 00H00	93 "	2,08 "	283	13/05/1977	A 00H00	54 "	0,032 "
236	25/10/1974	A 00H00	87 "	1,64 "	284	07/06/1977	A 00H00	47 "	0,035 "
237	30/10/1974	A 00H00	83 "	1,22 "	285	07/06/1977	A 16H00	60 "	0,027 "
238	14/11/1974	A 00H00	81 "	0,91 "	286	02/08/1977	A 00H00	117 "	1,07 "
239	18/11/1974	A 00H00	78 "	0,82 "	287	04/08/1977	A 00H00	111 "	0,796 "
240	22/11/1974	A 00H00	76 "	0,75 "	288	16/08/1977	A 00H00	95 "	0,734 "
241	22/11/1974	A 12H00	76 "	0,81 "	289	20/08/1977	A 00H00	94 "	0,628 "
242	23/11/1974	A 00H00	75 "	0,744 "	290	24/08/1977	A 00H00	190 "	6,66 "
243	23/11/1974	A 12H00	75 "	0,76 "	291	13/09/1977	A 00H00	99 "	1,14 "
244	17/12/1974	A 00H00	71 "	0,49 "	292	22/09/1977	A 00H00	170 "	5,75 "
245	22/12/1974	A 00H00	70 "	0,441 "	293	27/09/1977	A 00H00	160 "	4,26 "
246	21/01/1975	A 00H00	69 "	0,22 "	294	15/10/1977	A 00H00	103 "	1,18 "
247	22/01/1975	A 00H00	68 "	0,191 "	295	18/10/1977	A 00H00	104 "	1,28 "
248	21/02/1975	A 00H00	60 "	0,128 "	296	24/10/1977	A 00H00	100 "	1,04 "
					297	29/10/1977	A 00H00	92 "	0,84 "

## ANNEXE 3.7 (SUITE)

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 7

LISTE DES JAUZEAGES

23/03/1988 A 09H40

STATION : 1383300106-1 KOLDA  
 RIVIERE : CASAMANCE  
 PAYS : SENEGAL  
 BASSIN : CASAMANCE

LATIT. 12.53.00  
 LONGIT. 14.56.00  
 ALTIT. 2M  
 AIRE 3700,00 KM2  
 ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT
298	08/11/1977	A 00H00	79 CM	0,44 M3/S	346	18/08/1980	A 00H00	154 CM	4,36 M3/S
299	08/12/1977	A 00H00	69 "	0,17 "	347	25/08/1980	A 00H00	116 "	2,15 "
300	11/01/1978	A 00H00	66 "	0,072 "	348	08/09/1980	A 00H00	188 "	9,6 "
301	07/02/1978	A 00H00	61 "	0,03 "	349	09/09/1980	A 00H00	210 "	10,9 "
302	10/05/1978	A 00H00	58 "	0,004 "	350	10/09/1980	A 00H00	217 "	12,3 "
303	09/06/1978	A 00H00	64 "	0,012 "	351	12/09/1980	A 00H00	222 "	12,6 "
304	06/07/1978	A 00H00	82 "	0,065 "	352	18/09/1980	A 00H00	159 "	5,5 "
305	04/08/1978	A 00H00	114 "	1,64 "	353	14/10/1980	A 00H00	128 "	0,9 "
306	06/08/1978	A 00H00	128 "	2,35 "	354	10/11/1980	A 00H00	73 "	0,195 "
307	08/08/1978	A 00H00	165 "	4,31 "	355	17/12/1980	A 00H00	71 "	0,05 "
308	09/08/1978	A 00H00	193 "	6,02 "	356	06/07/1981	A 00H00	107 "	1,77 "
309	10/08/1978	A 00H00	185 "	4,23 "	357	24/07/1981	A 00H00	102 "	0,96 "
310	12/08/1978	A 00H00	167 "	4,19 "	358	25/07/1981	A 00H00	115 "	2,04 "
311	21/08/1978	A 00H00	111 "	1,46 "	359	03/08/1981	A 00H00	146 "	3,4 "
312	22/08/1978	A 00H00	117 "	1,68 "	360	04/08/1981	A 00H00	179 "	5,8 "
313	24/08/1978	A 00H00	135 "	2,85 "	361	08/08/1981	A 00H00	199 "	6,62 "
314	25/08/1978	A 00H00	145 "	2,83 "	362	11/08/1981	A 00H00	175 "	5,28 "
315	26/08/1978	A 00H00	143 "	2,5 "	363	14/08/1981	A 00H00	116 "	4,2 "
316	27/08/1978	A 00H00	152 "	3,05 "	364	18/08/1981	A 00H00	132 "	2,6 "
317	28/08/1978	A 00H00	165 "	3,41 "	365	20/08/1981	A 00H00	146 "	3,28 "
318	30/08/1978	A 00H00	185 "	6,72 "	366	28/08/1981	A 00H00	138 "	3,33 "
319	09/09/1978	A 00H00	220 "	11, "	367	04/09/1981	A 00H00	110 "	1,72 "
320	16/09/1978	A 00H00	170 "	4,7 "	368	15/09/1981	A 00H00	194 "	7,28 "
321	23/09/1978	A 00H00	165 "	3,92 "	369	25/06/1982	A 00H00	114 "	1, "
322	27/01/1979	A 00H00	82 "	0,37 "	370	26/06/1982	A 00H00	93 "	0,337 "
323	07/02/1979	A 00H00	81 "	0,228 "	371	28/06/1982	A 00H00	82 "	0,137 "
324	17/07/1979	A 00H00	121 "	2,17 "	372	29/06/1982	A 00H00	80 "	0,083 "
325	20/07/1979	A 00H00	103 "	1,23 "	373	17/07/1982	A 00H00	121 "	1,36 "
326	24/07/1979	A 00H00	104 "	1,53 "	374	20/07/1982	A 00H00	147 "	3,15 "
327	27/07/1979	A 00H00	140 "	4,93 "	375	21/07/1982	A 00H00	159 "	3,41 "
328	28/07/1979	A 00H00	165 "	6,14 "	376	07/08/1982	A 00H00	106 "	0,9 "
329	20/08/1979	A 00H00	109 "	1,5 "	377	25/08/1982	A 00H00	129 "	2,23 "
330	31/08/1979	A 00H00	162 "	4,18 "	378	26/08/1982	A 00H00	141 "	2,64 "
331	03/09/1979	A 00H00	178 "	5,13 "	379	28/08/1982	A 00H00	169 "	3,64 "
332	06/09/1979	A 00H00	189 "	5,84 "	380	07/10/1982	A 00H00	104 "	0,902 "
333	19/09/1979	A 00H00	152 "	2,43 "	381	16/12/1982	A 00H00	77 "	0,044 "
334	01/10/1979	A 00H00	116 "	1,29 "	382	22/07/1983	A 00H00	136 "	1,16 "
335	29/10/1979	A 00H00	110 "	1,55 "	383	29/08/1983	A 00H00	93 "	0,53 "
336	12/11/1979	A 00H00	105 "	0,54 "	384	02/09/1983	A 00H00	102 "	0,72 "
337	22/01/1980	A 00H00	75 "	0,6 "	385	08/09/1983	A 00H00	106 "	0,958 "
338	06/03/1980	A 00H00	65 "	0,022 "	386	09/09/1983	A 00H00	109 "	1,12 "
339	25/07/1980	A 00H00	135 "	2,3 "	387	12/09/1983	A 00H00	118 "	1,16 "
340	26/07/1980	A 00H00	164 "	5,7 "	388	19/09/1983	A 00H00	214 "	10,4 "
341	02/08/1980	A 00H00	126 "	2,32 "	389	29/06/1984	A 00H00	110 "	0,62 "
342	08/08/1980	A 00H00	134 "	3,4 "	390	08/08/1984	A 00H00	100 "	0,307 "
343	12/08/1980	A 00H00	179 "	7,5 "	391	13/08/1984	A 00H00	98 "	0,27 "
344	13/08/1980	A 00H00	171 "	8,16 "	392	02/09/1984	A 00H00	116 "	0,59 "
345	14/08/1980	A 00H00	168 "	6,74 "					

## ANNEXE 3.7 (SUITE)

CRSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 9

LISTE DES JAUSEGES

23/03/1988 A 09H40

STATION : 1383300106-1 KOLDA

LATIT. 12.53.00

RIVIERE : CASAMANCE

LONGIT. 14.56.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 2M

BASSIN : CASAMANCE

AIRE 3700,00 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO !	DATE	HEURE !	COTE !	DEBIT !	AUTEUR
393 !	22/09/1984 A	00H00 !	137 CM !	1,81 M3/S !	
394 !	26/09/1984 A	00H00 !	153 " !	2,62 " !	
395 !	29/11/1984 A	00H00 !	84 " !	0,02 " !	
396 !	13/09/1985 A	00H00 !	193 " !	4,32 " !	
397 !	24/09/1985 A	00H00 !	141 " !	2,16 " !	
398 !	27/09/1985 A	00H00 !	131 " !	2,04 " !	
399 !	11/07/1986 A	00H00 !	130 " !	0,26 " !	
400 !	14/07/1986 A	00H00 !	144 " !	0,876 " !	
401 !	04/08/1986 A	00H00 !	127 " !	0,574 " !	
402 !	23/08/1986 A	00H00 !	143 " !	1,92 " !	
403 !	30/08/1986 A	00H00 !	173 " !	3,94 " !	
404 !	03/09/1986 A	00H00 !	190 " !	5,15 " !	
405 !	05/09/1986 A	00H00 !	216 " !	7, " !	
406 !	18/09/1986 A	00H00 !	157 " !	4,36 " !	
407 !	01/10/1986 A	00H00 !	157 " !	4,73 " !	
408 !	04/10/1986 A	00H00 !	203 " !	9,28 " !	
409 !	29/10/1986 A	00H00 !	119 " !	1,09 " !	

## ANNEXE 3.7 (SUITE)

ORSTOM  
Edition du 19/10/1988 à 11H20 \*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*  
BAREME D'ETALONNAGE

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

Capteur : 1383300106-1

Station : KOLDA

Riviere : CASAMANCE

Tarage valide du 01/05/1984 à 00H00 au 31/05/1987 à 24H00

de +0075 CM a +0340 CM

Debits en M3/S

CM	I	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I	CM
70I	*****	*****	*****	*****	*****	.000	.002	.004	.006	.008I	70		
80I	.010	.019	.028	.037	.046	.055	.064	.073	.082	.091I	80		
90I	.100	.116	.132	.148	.164	.180	.196	.212	.228	.244I	90		
100I	.260	.284	.308	.332	.356	.380	.404	.428	.452	.476I	100		
110I	.500	.536	.572	.608	.644	.680	.716	.752	.788	.824I	110		
120I	.860	.904	.948	.992	1.04	1.08	1.12	1.17	1.21	1.26I	120		
130I	1.30	1.35	1.41	1.46	1.52	1.57	1.62	1.68	1.73	1.79I	130		
140I	1.84	1.91	1.97	2.04	2.10	2.17	2.24	2.30	2.37	2.43I	140		
150I	2.50	2.58	2.65	2.73	2.80	2.88	2.96	3.03	3.11	3.18I	150		
160I	3.26	3.35	3.43	3.52	3.60	3.69	3.78	3.86	3.95	4.03I	160		
170I	4.12	4.22	4.32	4.41	4.51	4.61	4.71	4.81	4.90	5.00I	170		
180I	5.10	5.21	5.32	5.42	5.53	5.64	5.75	5.86	5.96	6.07I	180		
190I	6.18	6.31	6.44	6.57	6.70	6.83	6.96	7.09	7.22	7.35I	190		
200I	7.48	7.63	7.78	7.92	8.07	8.22	8.37	8.52	8.66	8.81I	200		
210I	8.96	9.13	9.31	9.48	9.66	9.83	10.0	10.2	10.4	10.5I	210		
220I	10.7	10.9	11.1	11.3	11.5	11.7	11.8	12.0	12.2	12.4I	220		
230I	12.6	12.8	13.0	13.2	13.4	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5I	230		
240I	14.7	14.9	15.2	15.4	15.6	15.9	16.1	16.3	16.5	16.8I	240		
250I	17.0	17.3	17.5	17.8	18.0	18.3	18.5	18.8	19.0	19.3I	250		
260I	19.5	19.8	20.1	20.3	20.6	20.9	21.2	21.5	21.7	22.0I	260		
270I	22.3	22.6	22.8	23.1	23.3	23.6	23.9	24.1	24.4	24.6I	270		
280I	24.9	25.2	25.5	25.7	26.0	26.3	26.6	26.9	27.1	27.4I	280		
290I	27.7	28.0	28.3	28.6	28.9	29.3	29.6	29.9	30.2	30.5I	290		
300I	30.8	31.1	31.5	31.8	32.2	32.5	32.8	33.2	33.5	33.9I	300		
310I	34.2	34.6	34.9	35.3	35.7	36.1	36.4	36.8	37.2	37.5I	310		
320I	37.9	38.3	38.7	39.1	39.5	39.9	40.2	40.6	41.0	41.4I	320		
330I	41.8	42.3	42.7	43.2	43.6	44.1	44.5	45.0	45.4	45.9I	330		
340I	46.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****I	340		

## ANNEXE 3.8

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

\*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*

PAGE 1

LISTE DES JAUSEAGES

29/04/1988 A 11H53

STATION : 1383301206-1 TOUKARA

LATIT. 13.05.00

RIVIERE : MARIGOT DE BAILA

LONGIT. -16.08.00

PAYS : SENEGAL

ALTIT. 0M

BASSIN : MARIGOT DE BAILA

AIRE 325,000 KM2

ORDRE CHRONOLOGIQUE

NO	DATE	HEURE	COTE	DEBIT	AUTEUR
1	13/08/1979	A 12H00	41 CM	105,	L/S
2	15/08/1979	A 12H00	33 "	38,	"
3	20/08/1979	A 12H00	26 "	4,5	"
4	27/08/1979	A 12H00	34 "	34,	"
5	01/09/1979	A 12H00	37 "	56,	"
6	05/09/1979	A 12H00	40 "	83,6	"
7	17/09/1979	A 12H00	42 "	109,	"
8	01/10/1979	A 12H00	31 "	11,3	"
9	09/10/1979	A 12H00	27 "	2,2	"
10	28/07/1981	A 12H00	27 "	4,73	"
11	15/08/1981	A 12H00	40 "	43,6	"
12	02/09/1981	A 12H00	44 "	88,	"
13	26/09/1981	A 12H00	31 "	11,1	"
14	29/07/1982	A 12H00	32 "	15,2	"
15	02/09/1982	A 12H00	69 "	504,	"
16	05/08/1987	A 20H35	33 "	21,	"
17	08/08/1987	A 09H48	36 "	13,7	"
18	08/08/1987	A 10H25	39 "	30,2	"
19	08/08/1987	A 11H19	36 "	26,8	"
20	08/08/1987	A 11H53	34 "	20,5	"
21	08/08/1987	A 12H13	32 "	7,7	"
22	23/08/1987	A 16H10	51 "	181,	"
23	23/08/1987	A 17H15	55 "	97,	"
24	23/08/1987	A 18H50	48 "	78,3	"
25	23/08/1987	A 19H40	51 "	77,5	"
26	29/08/1987	A 13H40	33 "	11,8	"
27	29/08/1987	A 14H03	34 "	6,13	"
28	29/08/1987	A 14H25	31 "	7,	"
29	30/08/1987	A 22H26	37 "	15,5	"



# ANNEXE 3.8

ORSTOM                    \*\*\* HYDROMETRIE \*\*\*                    LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

## IMPRESSION DES ETALONNAGES

Capteur	: 1383301206-1 TOLKARA	Latit.	13.05.00
Rivière	: MARIGOT DE BAILA	Longit.	-16.08.00
Pays	: SENEGAL	Altit.	0M
Bassin	: MARIGOT DE BAILA	Aire	325.000 Km <sup>2</sup>

Etalonnage valide du 01/01/1971 à 00H00 au 31/05/1988 à 24H00  
de +0000 à +0090 CM

bi-univoque                    0

Cotes (CM)	Débits (M3/S)
+0000	000000,000
+0025	000000,000
+0030	000000,007
+0035	000000,027
+0040	000000,058
+0045	000000,100
+0050	000000,155
+0055	000000,235
+0060	000000,325
+0065	000000,430
+0070	000000,550
+0075	000000,685
+0080	000000,833
+0085	000000,975
+0090	000001,120

données traitées par le logiciel HYDRAM

## LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1.1 - Paramètres morphométriques des bassins versants.
- Tableau 1.2 - Températures moyennes mensuelles à Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Tableau 1.3 - Durée moyenne mensuelle et journalière de l'insolation (heures) à Ziguinchor, Séfa et Kolda
- Tableau 1.4 - Humidités relatives moyennes mensuelles à Ziguinchor, Séfa et Kolda
- Tableau 1.5 - Vitesse moyenne mensuelle du vent à Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Tableau 1.6 - Evaporation réelle et évapotranspiration potentielle à Ziguinchor Séfa et Kolda.
- Tableau 2.1 - Liste des stations pluviométriques de l'étude
- Tableau 2.2 - Stations corrigées et coefficients de correction
- Tableau 2.3a - Fichier pluviométrique opérationnel de la Basse Casamance
- Tableau 2.3b - Fichier pluviométrique opérationnel de la Basse Casamance (suite)
- Tableau 2.4 - Fichier pluviométrique opérationnel de la Moyenne et Haute Casamance
- Tableau 2.5 - Précipitations annuelles fréquentielles
- Tableau 2.6 - Comparaison des précipitations annuelles fréquentielles des séries 1924/1986 et 1951/1980.
- Tableau 2.7 - Corrélation entre pluies moyennes annuelles et pluies annuelles de récurrences 10, 20 et 50 ans.
- Tableau 2.8 - Comparaison de la pluviométrie de la période 1969-1986 à la décennale sèche avant 1969.
- Tableau 2.9 - Caractéristiques statistiques des pluies mensuelles.
- Tableau 2.10 - Quartiles des pluies mensuelles.
- Tableau 2.11 - Répartition mensuelles des pluies pour quelques années particulières.
- Tableau 2.12 - Précipitations journalières fréquentielles.
- Tableau 2.13 - Corrélation entre la fraction pluviométriques F3 et pluies annuelles.
- Tableau 2.14 - Occurrences des pluies maximales dans la période sèche.
- Tableau 3.1 - Localisation et période d'observation des stations hydrométriques
- Tableau 3.2 - Débits moyens mensuels du Baïla à Toukara
- Tableau 3.3 - Débits moyens mensuels du Niampampo à Saré Koutayel
- Tableau 3.4 - Débits moyens mensuels du Dioulacolon à Saré Keïta
- Tableau 3.5 - Débits moyens mensuels de la Khorine à Madina Abdoul
- Tableau 3.6 - Débits moyens mensuels de la Khorine à Madina Omar

- Tableau 3.7 - Débits caractéristiques et extrêmes à Madina Omar
- Tableau 3.8 - Débits moyens mensuels à Saré Sara
- Tableau 3.9 - Débits caractéristiques et extrêmes à Saré Sara
- Tableau 3.10 - Débits moyens mensuels à Kolda
- Tableau 3.11 - Débits caractéristiques et extrêmes à Kolda
- Tableau 3.12 - Corrélation entre débits moyens mensuels et modules des stations de Saré Sara et Kolda (station explicative)
- Tableau 3.13 - Débits moyens mensuels observés et estimés à Saré Sara
- Tableau 3.14 - Corrélation entre débits moyens mensuels et modules des stations de Madina Omar et Kolda (station explicative)
- Tableau 3.15 - Débits moyens mensuels observés et estimés à Madina Omar
- Tableau 3.16 - Corrélation entre débits moyens mensuels et modules des stations de Madina Abdoul et Madina Omar (station explicative)
- Tableau 3.17 - Débits moyens mensuels observés et estimés à Madina Abdoul
- Tableau 3.18 - Modules annuels des principales stations de la Casamance
- Tableau 3.19 - Paramètres de la loi de Goodrich ajustée aux modules de la Casamance et ses affluents.
- Tableau 3.20 - Modules fréquentiels des différentes stations.
- Tableau 3.21 - Débits caractéristiques moyens médians décennaux sec et humide
- Tableau 3.22 - Coefficients de variation, d'irrégularité et d'immodération.
- Tableau 3.23 - Coefficients mensuels de débits.
- Tableau 3.24 - Débits moyens mensuels observés sur différents bassins versants de la Basse Casamance.
- Tableau 3.25 - Débits maximaux de crues.
- Tableau 3.26 - Débits fréquentiels de crues.
- Tableau 3.27 - Débits moyens minimaux journaliers à Kolda et Saré Sara.
- Tableau 3.28 - Coefficients d'écoulement de fréquence décennale sèche et humide.
- Tableau 3.29 - Coefficients d'écoulement de quelques bassins versants de Basse Casamance.
- Tableau 3.30 - Corrélation entre coefficients d'écoulement et pluies moyennes annuelles des bassins versants.
- Tableau 3.31 - Valeurs moyennes et extrêmes des pluies, lames écoulées, coefficients et déficits d'écoulement.
- Tableau 3.32 - Bilan hydrologique mensuel.
- Tableau 3.33 - Volume moyen mensuel écoulé par la Casamance et ses affluents.

## LISTE DES FIGURES.

- Figure 1.1 - Coupes géologiques Est-Ouest sur le bassin versant casamançais
- Figure 1.2 - Transgressions marines depuis le Secondaire au Sénégal et dans le sud-ouest de la Mauritanie.
- Figure 1.3 - Croquis structural des bassins versants du Sénégal et de la Gambie.
- Figure 1.4 - Schéma structural: linéaments d'après photographie aérienne.
- Figure 1.5 - Evolution du golfe de Casamance au Quaternaire récent.
- Figure 1.6 - Les systèmes de progradation en Casamance.
- Figure 1.7 - Le réseau hydrographique.
- Figure 1.8 - Carte oro-hydrographique.
- Figure 1.9 - Carte des sols.
- Figure 1.10 - Carte de la végétation.
- Figure 1.11 - Variation des températures moyennes mensuelles à Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Figure 1.12 - Durée moyenne mensuelle de l'insolation à Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Figure 1.13 - Variations des humidités relatives à Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Figure 1.14 - Variations de la tension de vapeur à Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Figure 1.15 - Directions moyennes du vent dominant à Ziguinchor et Kolda.
- Figure 1.16 - Vitesse moyenne mensuelle du vent à Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Figure 1.17 - Variations moyennes mensuelles de l'évaporation réelle et de l'évapotranspiration potentielle à Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Figure 1.18 - Division climatique du bassin versant.
- Figure 2.1 - La circulation générale de l'atmosphère et ses variations saisonnières.
- Figure 2.2 - Déplacement du Front Intertropical(FIT) au cours de l'année.
- Figure 2.3 - Coupe méridienne schématique de la troposphère.
- Figure 2.4 - Les types de temps sur le bassin de la Casamance.
- Figure 2.5 - Dates de début, de fin et durée de la saison des pluies.
- Figure 2.6 - Le réseau pluviométrique de la Casamance.
- Figure 2.7 - Doubles cumuls Vecteurs régionaux-stations.
- Figure 2.8 - Isohyètes interannuelles 1951-1980.

- Figure 2.9 - Distribution statistique des pluies annuelles.
- Figure 2.10 - Distribution statistique des pluies annuelles à Ziguinchor.
- Figure 2.11 - Distribution statistique des pluies annuelles à Sédhiou.
- Figure 2.12 - Distribution statistique des pluies annuelles à Kolda.
- Figure 2.13 - Distribution statistique des pluies annuelles à Bignona, Diouloulou et à Oussouye.
- Figure 2.14 - Courbes isovaleurs des précipitations annuelles de fréquence décennale sèche.
- Figure 2.15 - Courbes isovaleurs des précipitations de fréquence décennale humide.
- Figure 2.16 - Variations des indices pluviométriques annuels des vecteurs régionaux.
- Figure 2.17 - Pluviométries annuelles et moyennes mobiles pondérées à six stations du bassin versant.
- Figure 2.18 - Isohyètes interannuelles 1927-1986; 1951-1980 et 1970-1986.
- Figure 2.19 - Dynamique des isohyètes interannuelles décennales 1100 mm et 1500 mm au cours des six dernières décennies.
- Figure 2.20 - Hystogrammes des précipitations moyennes mensuelles (1951-1980) de quelques stations du bassin.
- Figure 2.21 - Précipitations mensuelles à quelques stations du bassin
- Figure 2.22 - Diagrammes ombrothermiques des stations de Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Figure 2.23 - Comparaison des profils pluviométriques moyens mensuels de 1951-1980 et 1970-1986.
- Figure 2.24 - Précipitations journalières de fréquences médiane et décennale.
- Figure 2.25 - Distribution statistique des pluies journalières.
- Figure 2.26 - Evolution des fractions pluviométriques à Ziguinchor, Séfa et Kolda.
- Figure 2.27 - Moyennes mobiles pondérées des fractions pluviométriques à Sédhiou et Kolda.
- Figure 3.1 - Le réseau hydrométrique.
- Figure 3.2 - Courbe d'étalonnage de la station de Saré Keïta.
- Figure 3.3 - Courbe d'étalonnage de la station de Saré Koutayel.
- Figure 3.4 - Courbe d'étalonnage de la station de Madina Abdoul.
- Figure 3.5 - Courbe d'étalonnage de la station de Madina Omar.
- Figure 3.6 - Courbe d'étalonnage de la station de Saré Sara.
- Figure 3.7 - Courbe d'étalonnage de la station de Kolda.
- Figure 3.8 - Courbe d'étalonnage de la station de Toukara.
- Figure 3.9 - Comparaison modules observés-modules calculés à Saré Sara.

Figure 3.10 - Station de Toukara : corrélation lames écoulées-pluies moyennes et pluies moyennes-"pluie régionale".

Figure 3.11 - Station de Kolda : corrélation lames écoulées-pluies moyennes et pluies moyennes-"pluie régionale".

Figure 3.12 - Station de Saré Sara : corrélation lames écoulées-pluies moyennes et pluies moyennes-"pluie régionale".

Figure 3.13 - Station de Madina Omar : corrélation lames écoulées-pluies moyennes et pluies moyennes-"pluie régionale".

Figure 3.14 - Station de Saré Koutayel : corrélation lames écoulées-pluies moyennes et pluies moyennes-"pluie régionale".

Figure 3.15 - Distribution statistique des modules annuels de Kolda, Saré Sara et Madina Omar.

Figure 3.16 - Relations débits spécifiques-superficies des bassins versants.

Figure 3.17 - Variation des modules annuels et de l'hydraulicité à Kolda, Saré Sara, Madina Omar et Toukara.

Figure 3.18 - Débits moyens mensuels à Kolda, Saré Sara, Madina Omar et Madina Abdoul.

Figure 3.19 - Comparaison des débits spécifiques moyens mensuels des bassins versants en amont de Kolda.

Figure 3.20 - Variation des débits moyens journaliers à Kolda.

Figure 3.21 - Variation des débits moyens journaliers à Saré Sara

Figure 3.22 - Variation des débits moyens journaliers à Madina Omar.

Figure 3.23 - Distribution statistiques des débits maximums de crues.

Figure 3.24 - Débits caractéristiques de crues et d'étiages.

## TABLE DES MATIERES.

AVANT-PROPOS	
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE: LE MILIEU PHYSIQUE	5
CHAPITRE I DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT	6
1. LE SUBSTRAT GEOLOGIQUE	7
1.1 - Evolution géologique du bassin de la Casamance	7
1.2. Les formations éocènes	9
1.3. Les dépôts post-Eocènes	9
1.4. L'évolution au quaternaire récent	12
2.- RESEAU HYDROGRAPHIQUE ET MORPHOLOGIE DES BASSINS VERSANTS	14
2.1.- Le réseau hydrographique	14
2.2 - Morphologie - reliefs et pentes des bassins versants	16
2.2.1. Caractéristiques de forme des bassins versants	16
2.2.2. Relief et pente des bassins versants	17
2.2.2.1. Relief	17
2.2.2.2. Pente	20
3.- LES SOLS	20
3.1. Les types de sols	21
3.1.1. Les sols à sesquioxydes	21
3.1.2. Les sols halomorphes	21
3.1.3. Les sols hydromorphes	23
3.2. Evolution récente des sols de Casamance	23
3.3. Genèse des sols de la Casamance	24
3.3.1. Le domaine estuarien	24
3.3.2. Le domaine des plateaux	24
4. - LA VEGETATION	25
4.1 - Les types de formations végétales	25
4.1.1. Formations sur dunes littorales	27
4.1.2. La mangrove et les tannes	27
4.1.2.1. La mangrove	27
4.1.3. La forêt dense humide	27
4.1.4. Forêt secondaire	28
4.1.5. Forêts claires sèches	28
4.1.6. Savane arborée anthropique	28
4.1.7. Savane très boisée	28
4.2 - Dégradation du couvert végétal	29
4.2.1 La sécheresse	29
4.2.2. Effets des activités humaines sur le couvert végétal	29
5. Les activités humaines	30
CHAPITRE DEUX LE CLIMAT	31
1 - Etude des principaux paramètres climatologiques	32
1.1. Les températures	32

1.2. Insolation	35
1.3. Humidité relative et tension de vapeur	36
1.4 Les vents - directions et vitesses moyennes	39
1.5 L'évaporation réelle et l'évapotranspiration potentielle	41
2 - Domaines climatiques	43
2.1.. Le domaine guinéen	45
2.2.. Le domaine sud-soudanien	45
 CONCLUSION	 45
 DEUXIEME PARTIE LES PRECIPITATIONS	 46
 CHAPITRE I : MECANISMES GENERAUX DES PRECIPITATIONS	 47
1. Les grands traits de la circulation de l'atmosphère dans le domaine tropical	48
1.1. En hiver boréal	48
1.2. En été boréal	50
 2 - Les types de pluies	 50
 3 - Durée de la saison des pluie	 52
 CHAPITRE II : LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES	 55
1 - Le réseau pluviométrique	56
 2 - Critique et homogénéisation des données	 58
2.1 Le vecteur régional	59
2.1.1 Méthodologie	59
2.1.2. Application du vecteur régional aux stations de La Casamance	60
 3 - Reconstitution des chroniques des pluies annuelles	 62
 CHAPITRE III : ETUDE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES	 67
1 - La pluviométrie moyenne	68
 2 - Etude statistique des précipitations annuelles	 68
2.1. Généralités	68
2.2. Résultats	70
2.3 Relations globales Pluies moyennes-Pluies de diverses récurrences	79
 3 - Variabilité interannuelle et évolution vers la sécheresse	 81
3.1. Variation régionale des précipitations	81
3.2. Variation des précipitations dans six stations	84
3.3. Variabilité spatiale des précipitations	86
 CHAPITRE IV : - ETUDE DES PRECIPITATIONS MENSUELLES	 89
1 - Répartition des hauteurs mensuelles des précipitations	90
 2.-Effets de la sécheresse sur la répartition mensuelle des précipitations	 99



CHAPITRE V : ETUDE DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES	101
1 - Généralités	102
2 - Analyse fréquentielle des précipitations journalières	103
2.1. Méthode	103
2.2. Résultats	103
3 - Impact de la sécheresse sur les précipitations journalières	108
3.1. Etude des Fractions Pluviométriques	108
4 - Probabilité d'occurrence des précipitations maximales	110
CONCLUSION	114
TROISIEME PARTIE : ECOULEMENT SUR LE BASSIN VERSANT DE LA CASAMANCE	115
CHAPITRE I : LE RESEAU HYDROMETRIQUE ET LES DONNEES DE BASE	116
1 Le réseau hydrométrique	117
1.1. Le réseau du bassin maritime	117
1.2. Le réseau du bassin continental	118
2. Etalonnage des Stations	120
2.1. Généralités	120
2.2. Courbes de tarage	121
2.2.1. Station de Saré Keita sur le Dioulacolon	121
2.2.2. Station de Saré Koutayel	121
2.2.3. Station de Fafakourou	123
2.2.4. Station de Madina Abdoul sur la Khorine	123
2.2.5. Station de Madina Omar sur la Khorine	123
2.2.6. Station de Saré-Sara sur la Tiangol Dianguina	125
2.2.7. Station de Kolda	125
2.2.8. Station de Toukara sur le Baïla	125
3 - Les données de base	128
3.1. Présentation des données de base	128
3.1.1. Marigot de Baïla à Toukara	129
3.1.2. Marigot de Saré Koutayel à Saré Koutayel	129
3.1.3. Marigot de Dioulacolon à Saré Keita	129
3.1.4. La Khorine à Madina Abdoul	129
3.1.5. La Khorine Madina Omar	132
3.1.6. Tiangol Dianguina à Saré Sara	132
3.1.7. Casamance à Kolda	135
3.2. Critique des données de base	135
3.2.1. Recherche de valeurs aberrantes	135
3.2.2. Méthode du double cumul	137
3.3. Essai d'homogénéisation des débits moyens mensuels et annuels	137
3.3.1. Extension des débits moyens mensuels et annuels des stations de Haute Casamance	138
3.3.1.1. Station de Saré Sara	138
3.3.1.2. Station de Madina Omar	141
3.3.1.3. Station de Saré Koutayel	142
3.3.1.4. Station de Saré Keita	142

3.3.1.5. Station de Madina Abdoul	142
3.3.1.6. Marigot de BaYla à Toukara	144
3.4. Corrélations hydropluviométriques	144
CHAPITRE II - ETUDE DES MODULES ANNUELS ET LEUR VARIABILITE INTERANNUELLE	150
1 - Analyse statistique des modules	151
1.1. Etude fréquentielle des modules	151
1.2. Interprétation des résultats de l'étude de prédétermination des modules	153
2 - L'écoulement annuel et sa variabilité	158
2.1. Variabilité de l'écoulement annuel	158
2.2. Irrégularité interannuelle	160
3 - Variabilités saisonnières et journalières de l'écoulement	161
3.1. Variations saisonnières des débits : Les coefficients mensuels des débits	162
3.2. Variabilité interannuelle des débits moyens mensuels	164
3.3. Variabilité journalière des débits	169
CHAPITRE III - LES CRUES ET LES ETIAGES	174
1 - Etude des crues	175
1.1. Date du maximum annuel	175
1.2. Etude statistique des maximums de crues	177
1.3 - Relations entre débits maximums des trois stations	180
2 - LES ETIAGES	181
2.1 - Date d'apparition des étiages absolus	181
2.2 - Relations étiages absolus - modules annuels	183
CHAPITRE IV : LE BILAN HYDROLOGIQUE	185
1.1. Lames d'eau écoulées et Précipitations annuelles - Corrélations hydropluviométriques	187
1.2. Coefficients d'écoulement	187
1.3. Le déficit d'écoulement	190
1.3.1. Le bilan annuel	191
1.3.2 - Le bilan mois par mois	191
CONCLUSION	193
CONCLUSION GENERALE	195
B I B L I O G R A P H I E	198
ANNEXES	207
LISTE DES TABLEAUX	269

LISTE DES FIGURES.	271
TABLE DES MATIERES	274