



Mémoire
Présenté par :
Oumar SENE

Université Cheikh Anta
Diop
FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES
HUMAINES DEPARTEMENT DE
GEOGRAPHIE

ÉCOULEMENT, CRUES ET ÉTIAGES
DANS LE BASSIN VERSANT DE LA
KOULOUNTOU

Année Académique: 1991/1992

23 DEC. 1992

17.05.02

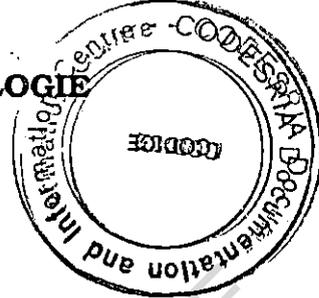
SEN

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR 5649

FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE



**TRAVAIL D'ETUDE ET DE RECHERCHE
MEMOIRE DE MAITRISE**

SUJET :

**ECOULEMENT, CRUES ET ETIAGES
DANS LE BASSIN VERSANT DE LA
KOULOUNTOU**

PRESENTE PAR :
Oumar SENE

SOUS LA DIRECTION DE :
M. Amadou Abdoul SOW
Maître-Assistant

ANNEE UNIVERSITAIRE 1991-1992

A V A N T P R O P O S

Ce travail d'études et de recherches que nous avons entamé depuis Juillet 1991 entre dans le cadre du programme initié par le Laboratoire d'Hydrologie du Département de Géographie.

Ce programme comprend trois volets :

- 1 - Etudes monographiques de bassins versants ;
- 2 - Etudes thématiques sur les crues, les étiages et les sécheresses hydrologiques ;
- 3 - Bilan des ressources en eaux du Sénégal.

Le thème de notre travail d'études et de recherches porte sur les crues et les étiages dans le bassin versant de la Koulountou.

Ce bassin a déjà fait l'objet d'une monographie hydrologique présentée par notre camarade et ami Adrien COLY en 1991.

Celle-ci nous a été d'une grande utilité car nous permettant d'avoir à notre disposition des données de base et un support cartographique.

Nous profitons de cette occasion pour le remercier pour sa grande disponibilité de même que toute la promotion de 1990-1991.

La modestie de notre encadreur, son engouement au travail, son dynamisme, sa courtoisie et son profond sens des responsabilités sont autant de qualités qui font qu'il constitue pour nous une référence.

Nous sommes très sensibles à l'attention constante avec laquelle il a suivi notre travail.

Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

A travers lui nos remerciements s'adressent à l'ensemble des Enseignants du Département de Géographie qui ont contribué chacun dans son domaine à notre formation.

Le bon climat de camaraderie qui a régné au Laboratoire durant toute l'année a été propice au travail. Cela nous amène à remercier tous nos camarades de promotion en particulier Cheikh

2

GUEYE, Mamadou SOW, SABALY, Ibou SADIO etc.

Des services comme l'A.S.E.C.N.A., L'O.R.S.T.O.M., la D.E.H. et l'O.M.V.G. nous ont apporté un soutien appréciable dans la recherche documentaire. Qu'ils en soient très sincèrement remerciés.

Nous remercions aussi Amath DEME et son épouse Siga DIOUF pour leur très grande hospitalité qui a rendu notre séjour à Tambacounda très agréable.

Nous dédions ce travail à notre père feu Massène SENE qui a toujours cru en nous, à notre chère maman Amy NDOUR pour ses conseils et ses sacrifices, à notre soeur Fatou SENE pour son soutien constant et désintéressé, à notre grand-mère Salane SENE pour ses prières ardentes.

Nous n'oublions pas notre oncle Mang SENE, notre tante Migne NDOUR ainsi que nos soeurs Khady SENE et Yacine FALL. Nous associons à ces remerciements nos frères Doudou SENE et Djiby GUEYE.

Nos remerciements s'adressent enfin à nos camarades de la Cité Universitaire : Abdoulaye FALL, Pape SENE, Maïmouna THIAW, Babacar DIOUF, Pape Amadou NDIAYE, Boubacar NDIAYE, Daba DIENG et son époux etc.

Nous voudrions leur dire que ce travail est aussi le leur.

Nous ne pouvons malheureusement pas citer tout le monde mais nous voudrions que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation trouvent là l'expression de notre reconnaissance.

I N T R O D U C T I O N

Le bassin de la Koulountou s'inscrit entre 13° 16' et 11° 52' de latitude Nord et s'étend de 13° 44' à 12° 29' de longitude Ouest. La Koulountou, qui est le principal affluent de rive gauche du fleuve Gambie, représente une partie de la limite naturelle et administrative des régions de Kolda et de Tambacounda (Carte N°1). Elle prend sa source dans les contreforts septentrionaux du Fouta-Djallon à 800 mètres d'altitude sur le massif de Mali.

La Koulountou se déploie sur une longueur de 345 km de la source à sa confluence avec la Gambie de part et d'autre de la frontière des républiques du Sénégal et de la Guinée. Elle draine un bassin versant de 6 421 Km² soit 8,33 % du bassin de la Gambie qui couvre 77100 km² (J. C. OLIVRY 1983).

Le bassin de la Gambie a fait l'objet de nombreuses études géomorphologiques, pédologiques, géologiques et hydrologiques. Nous pouvons citer entre autres les travaux de :

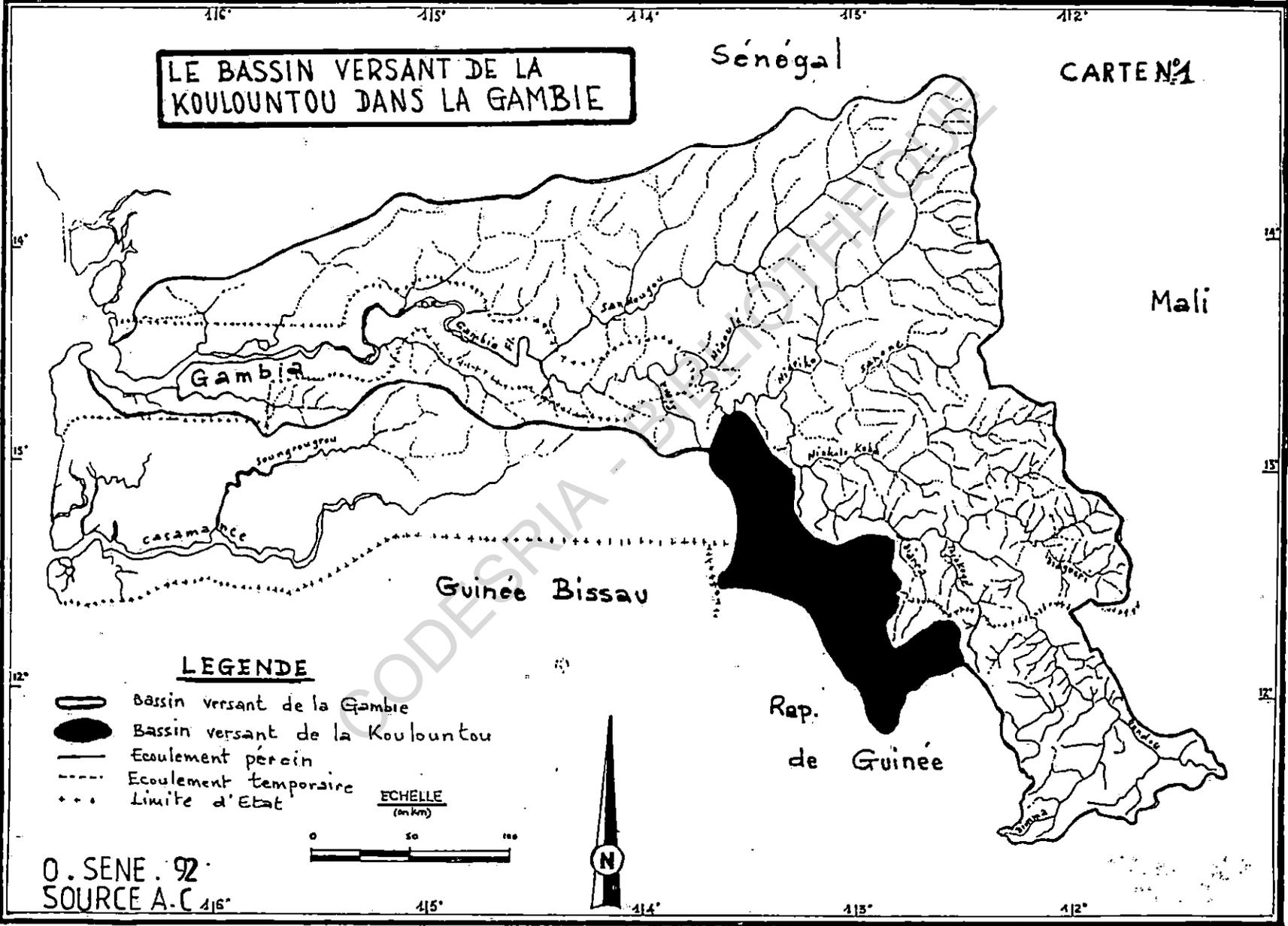
- BARRETO S. P. (1986) ;
- BASSOT J. P. (1986) ;
- LO H.M. (1984) ;
- MICHEL P. (1973) ;
- J. C. OLIVRY (1983) ;
- HOWARD et AL (1974) ;
- CHAPERON et GUIGEN (1974) ;
- Le SACK et Al (1984) ;
- MEYBECK et Al (1985) ;
- DESCROIX (1986) ;
- U S A I D et O M V G (1984) ;
- S E C A / C C E (1989) ;
- LAMAGAT J. P., ALBERGEL, BOUCHEZ J. M. et DESCROIT L. (1990) ;
- A. COLY (1991).

La plupart de ces travaux ont été consacrés au bassin de la Gambie dans sa globalité. A notre connaissance,

**LE BASSIN VERSANT DE LA
KOULOUNTOU DANS LA GAMBIE**

Sénégal

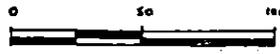
CARTE N°1



LEGENDE

-  Bassin versant de la Gambia
-  Bassin versant de la Koulountou
-  Ecoulement pérenn
-  Ecoulement temporaire
-  Limite d'Etat

ECHELLE
(en Km)



O. SENE. 92
SOURCE A.C

4

le bassin de la Koulountou n'a fait encore l'objet d'aucune étude particulière si ce n'est la monographie hydrologique de A.COLY (1991) et quelques rares travaux effectués en Guinée dans un but d'aménagement agro-pédologique.

La Koulountou est caractérisée par un écoulement modéré. Celui-ci se traduit parfois par des crues importantes mais non dévastatrices. La rigueur des étiages complique toute tentative d'aménagement du bassin surtout dans la partie guinéenne.

Les études sur les crues et les étiages ne sont pas abondantes au Sénégal. La sécheresse persistante qui frappe la zone sahélienne au cours de ces deux dernières décennies impose au Sénégal de mettre en valeur ses régions à potentialités hydro-agricoles. Cette mise en valeur passe par une parfaite maîtrise des modalités de l'écoulement des cours d'eau.

La Koulountou est l'un des rares affluents de la Gambie à ne jamais se dessécher d'où l'importance de son étude dans une perspective d'aménagement.

Elle joue un rôle socio-économique très important au Sénégal et en Guinée. Elle sert notamment aux usages domestiques, à abreuver les animaux des Parcs Nationaux du Niokolo-Koba et du Badiar. Elle est également utilisée pour la culture irriguée, la culture fruitière et cotonnière.

Une bonne connaissance des manifestations extrêmes de l'écoulement de la Koulountou contribuera à la réhabilitation des Parcs Nationaux du Niokolo-Koba et du Badiar.

Cette réhabilitation se traduira par des reboisements intensifs et par la protection des animaux qui tendent à disparaître du fait de la pression humaine.

En Guinée, un certain nombre de projets de construction de barrages existent déjà. Il s'agit du barrage de Kouya sur la Gambie en amont de son confluent avec la Litti, du barrage de Kankakoure sur la Litti et enfin du barrage de Kogou Foulbé sur le bassin de la Koulountou et plus précisément sur la Kouréniaki. ce dernier barrage par exemple devrait retenir 450 millions de mètres cube d'eau et produire environ 19,2 millions KWH. 4 000 ha pourraient également être irrigués dans la région de Koundara.

Toutes ces tentatives de mise en valeur du bassin devront avoir entre autre objectif la restauration de l'environnement fortement entamé par les feux de brousse et par la déforestation pour des besoins agricoles.

Notre étude s'articulera autour de trois grandes parties :

Dans la première partie, nous présenterons sommairement le cadre physique de notre bassin et ferons une étude fine de la pluviométrie et des facteurs thermiques.

Il s'agira pour nous d'analyser le rôle que jouent les facteurs physiques et climatiques sur l'écoulement de la Koulountou et sur ses manifestations extrêmes.

Dans la deuxième partie, nous étudierons le régime moyen de l'écoulement et ses variabilités.

La troisième partie sera consacrée à l'étude des crues et des étiages.

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

P R E M I E R E P A R T I E

P R E S E N T A T I O N D U C A D R E P H Y S I Q U E E T D E S F A C T E U R S
C L I M A T I Q U E S D U B A S S I N V E R S A N T D E L A K O U L O U N T O U

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

CHAPITRE I : - LES FACTEURS PHYSIQUES STABLES DU BASSIN

Ces facteurs physiques constituent des données stables parcequ'ils évoluent très peu à l'échelle humaine.

Ils se résument à travers le relief et le système des pentes, la géologie, la lithologie, les sols et la couverture végétale.

La description et l'analyse de ces données nous permettront de comprendre la dynamique de l'écoulement dans le bassin de la Koulountou.

L'étude de ces facteurs physiques laisse apparaître deux grandes régions naturelles homogènes qui se particularisent sur le plan morphostructural, lithologique et biogéographique. Il s'agit des régions guinéenne et soudanienne.

La région guinéenne correspond au haut bassin de la Koulountou-haute Kourégnaki, alors que la région soudanienne se confond avec le cours inférieur.

I - LE HAUT BASSIN

C'est dans le domaine guinéen que la Koulountou prend naissance dans les contreforts septentrionaux du Fouta-Djallon. C'est une région de forte pente 30 à 40 % donnant des vallées très encaissées. Cette partie constituée de hauts plateaux cuirassés correspond au massif de Mali véritable bastion culminant à 1538 m.

Le reste du haut bassin est constitué de plateaux aux pentes relativement faibles (10 à 50 %) d'après G.A.C., BOUCHEZ et autres (1987). Les altitudes sont ici comprises entre 200 et 1000 Mètres.

1*)- L'indice de pente

L'indice de pente qui exprime la pente moyenne du bassin versant et donne une idée sur l'inclinaison générale de celui-ci est de 0,047 soit 4,7 %. Il s'obtient à partir de la formule.

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n (i-1) \times \sqrt{\beta (a_i - a_{i-1})}$$

IP = Indice de pente

a_i et a_{i-1} = côtes des courbes de niveau

Beta = fraction de la surface comprise entre
deux courbes de niveau i et $i - 1$

n = le nombre de courbes de niveau

$i = 0$ étant l'exutoire

$i = N$ étant le point culminant

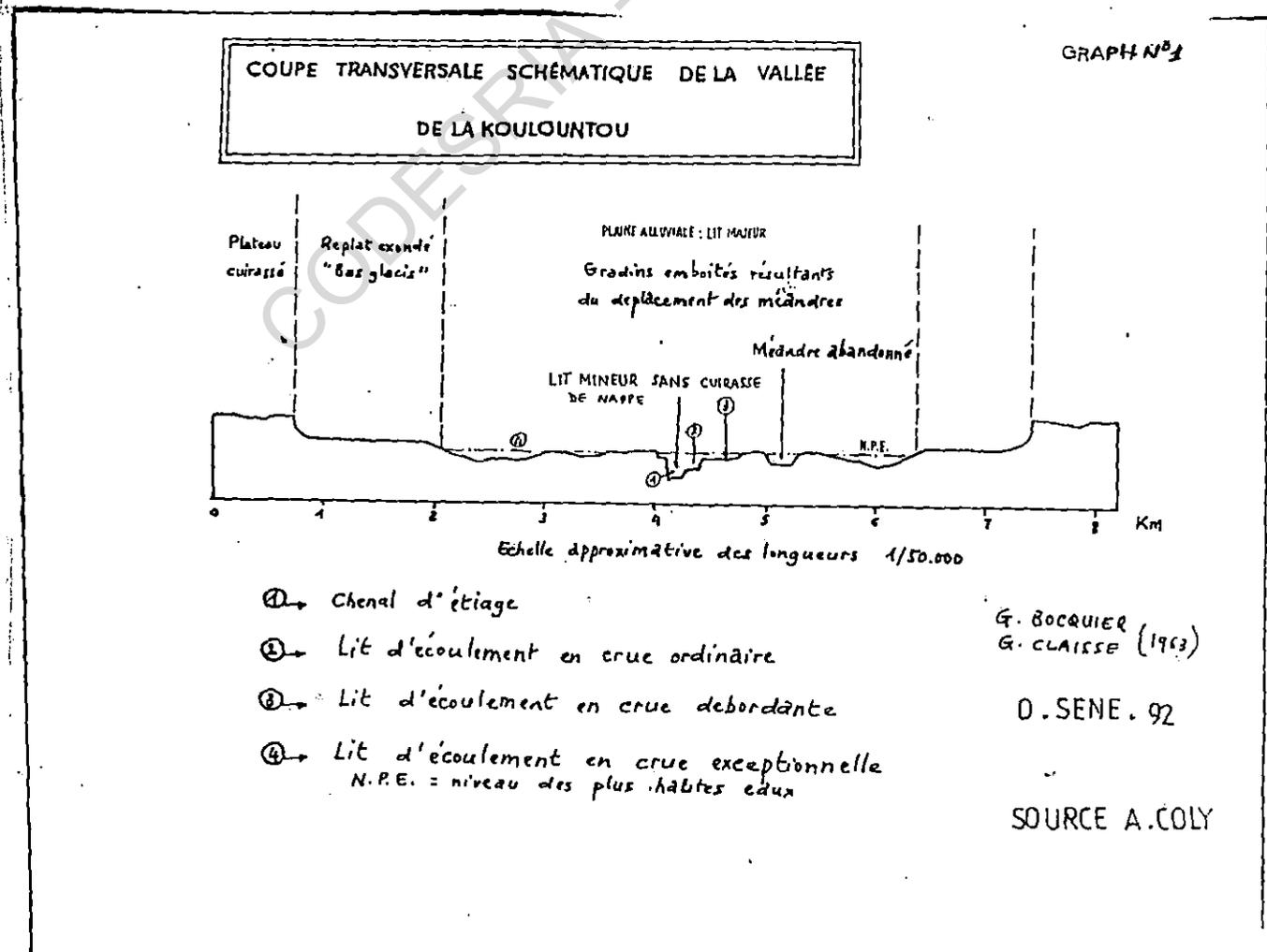
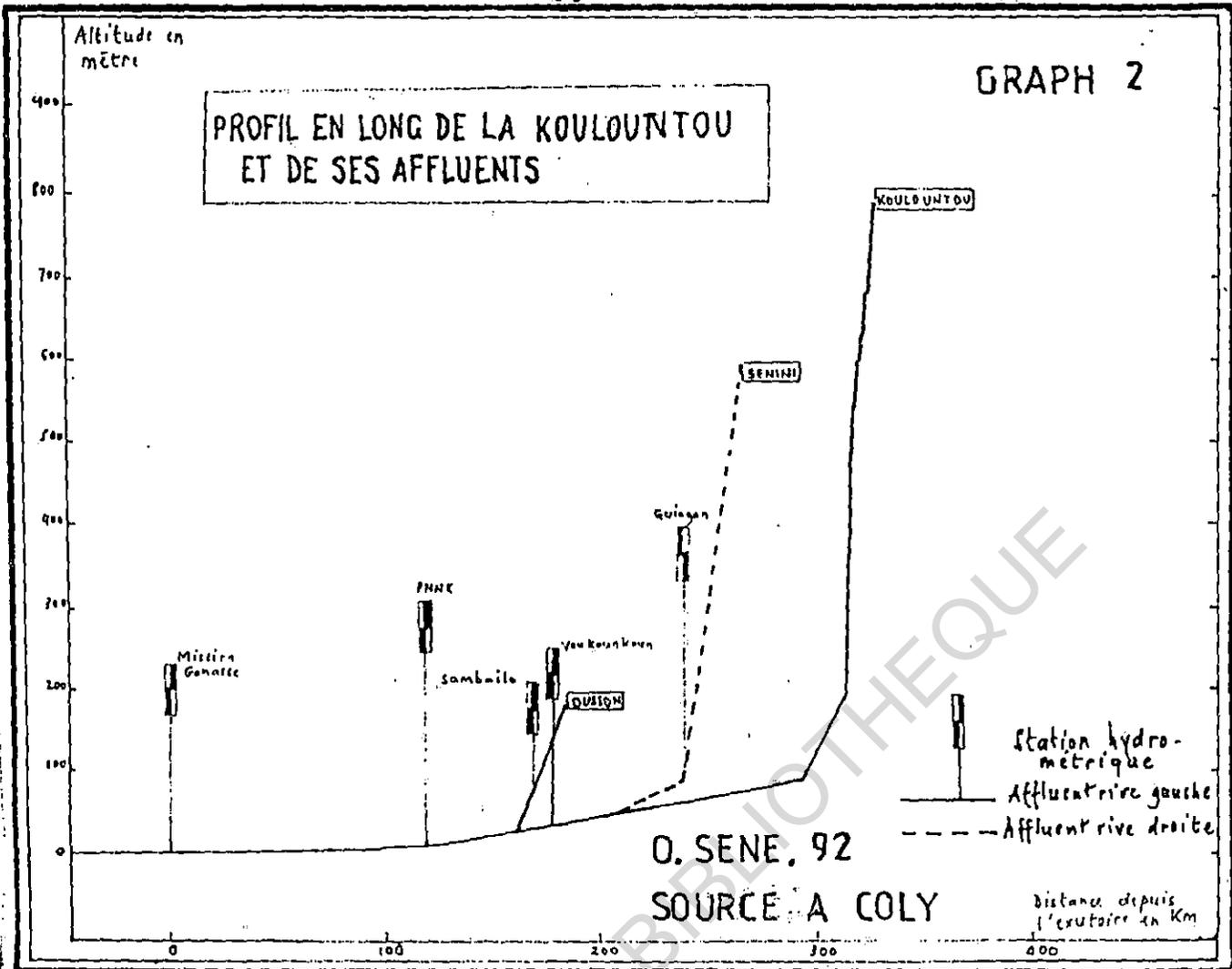
L = longueur du rectangle équivalent.

Cet indice de pente ne traduit pas la réalité de l'écoulement général qui est très rapide dans le haut bassin où le sens de la pente est quasi raide et lent dans sa partie aval.

2°)- Les profils

Le Graphique N°1 présente le profil en travers du bassin à Missirah-Gonasse qui permet d'apprécier les pentes des berges d'une rive à l'autre. Le modelé présente en "marches d'escaliers", deux niveaux du continental terminal qui dominent la vallée alluviale. Une série de gradins emboîtés (de 1 à 3 m de hauteur) surplombent le lit mineur. Ainsi de la ligne de partage des eaux au Thalweg se succèdent des pentes abruptes (rebords plateaux cuirassés) et des pentes douces (moyen glacis). Sur les revers des gradins où les pentes sont quasi nulles, le ruissellement est diffus donc sans grande force. Lorsque la pente devient assez expressive le ruissellement s'amplifie creusant de profonds ravins sur les berges.

Le profil en long exprime quant à lui la pente en long du thalweg et détermine le plan d'eau. Il est relevé dans le haut bassin (Graphique N°2) mais est quasi plat dans la partie aval. Il confirme une évacuation rapide des eaux de l'amont vers l'aval. Ces eaux viennent s'accumuler dans le bassin inférieur où la rivière gonfle rapidement à l'instant d'une averse.



3°)- La forme du bassin versant

Elle est exprimée par l'indice de compacité qui compare la forme du bassin au cercle équivalent. L'indice de compacité de la Koulountou est de 1,828. Il est important et reflète la forme allongée du bassin.

Il se calcule de la manière suivante :

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

P = Périmètre stylisé

A = Superficie du bassin

Le périmètre stylisé s'obtient à partir de la longueur L et de la largeur l du rectangle équivalent qui se calculent selon les formules suivantes :

$$L = K \frac{\sqrt{A}}{1,12 \times [1 + \sqrt{1 + (\frac{1,12}{K})^2}]}$$

$$l = K \frac{\sqrt{A}}{1,12 \times [1 - \sqrt{1 - (\frac{1,12}{K})^2}]}$$

Ainsi le périmètre du bassin de la Koulountou à la confluence est estimé à 523 km avec pour longueur 234,2 km et pour largeur 27,43 km. La surface du bassin est de 6421 km². Le modelé du bassin est légèrement incliné vers le Nord-Ouest et il est caractérisé par une dénivellation de 430 m. Cette dénivellation s'obtient en faisant la différence entre 5 % des hauteurs (H5 %) et 95 % de celles-ci (H95 %) (Graphique N°3).

Ces données morphométriques s'expliquent par le relief notamment son évolution géomorphologique.

4°)- L'évolution géomorphologique du bassin

L'histoire géomorphologique de la Koulountou peut être schématisée en trois grandes périodes :

Le paléozoïque qui voit la formation au crétacé de la deuxième surface d'aplanissement. Cette surface de Dongol-Sigon n'est pas très étendue dans le haut bassin.

La troisième surface d'aplanissement sera mise en place à l'éocène supérieure suite aux mouvements épeirogéniques qui ont soulevé la région. Elle se confine dans le bassin supérieur et se présente sous la forme d'un Bowal légèrement ondulé.

Le tertiaire correspond à la formation des grès du continental terminal à la suite du retrait de la mer et des soulèvements épeirogéniques.

Au quaternaire enfin les processus de creusement et d'alluvionnement ont abouti à la formation de glacis (haut, moyen et bas glacis) se raccordant chacun à une terrasse (respectivement haute, moyenne et basse terrasses) et de levées sous berge. La formation de ces glacis remonte au quaternaire ancien et moyen tandis que la mise en place des graviers sous berge intervient au quaternaire récent.

L'évolution géologique de la Koulountou a abouti à la mise en place d'un relief élevé dans le haut bassin.

5°)- Le relief :

Le haut bassin de la Koulountou est marqué par de hauts reliefs constitués de buttes-témoins et des inselbergs. On y rencontre également le haut glacis qui ne subsiste qu'en lambeaux et au dessous duquel se trouve le moyen glacis.

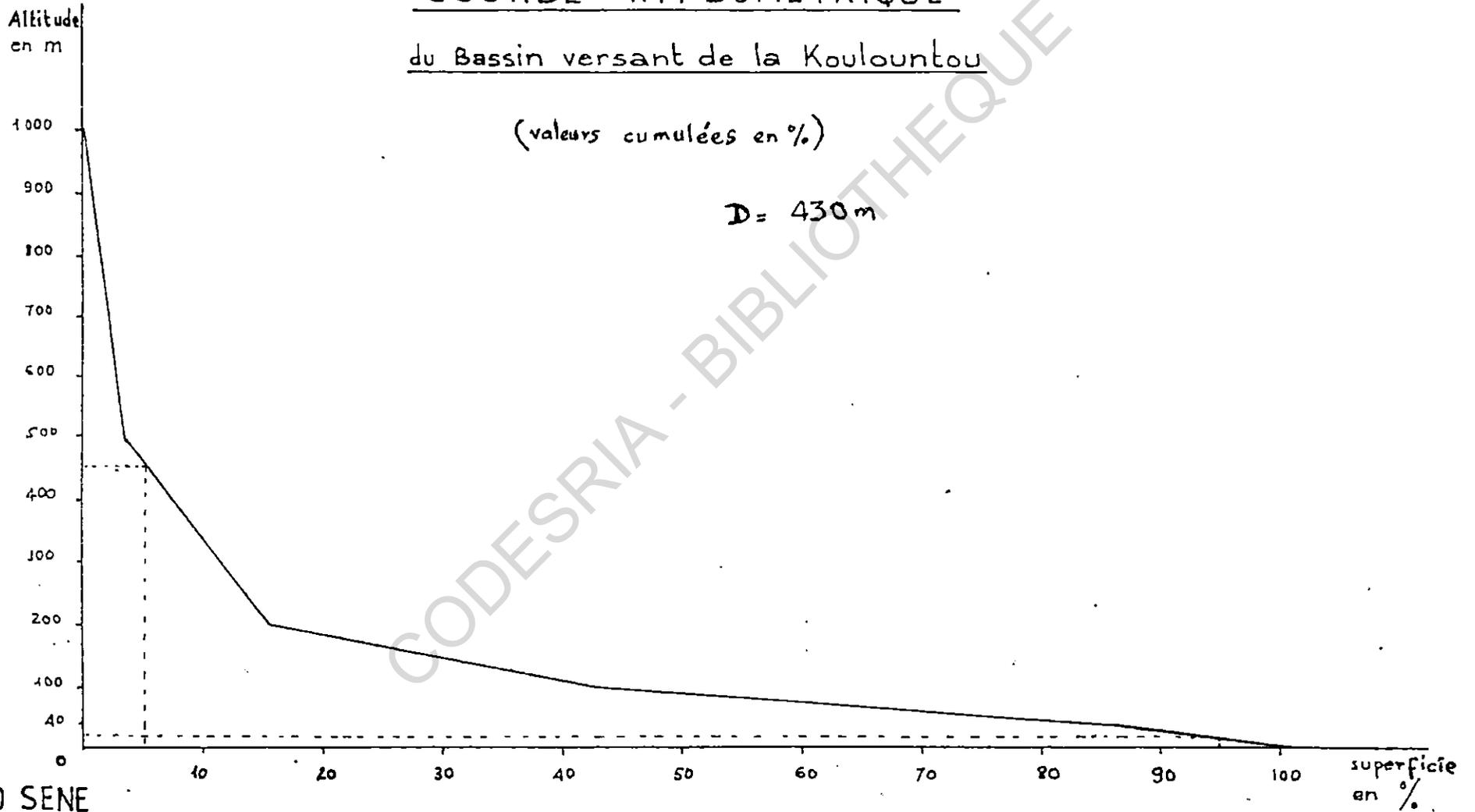
La mise en place du relief est faite parallèlement à celle du réseau hydrographique.

GRAPH N°3

COURBE HYSOMETRIQUE
du Bassin versant de la Koulountou

(valeurs cumulées en %)

D = 430 m



O. SENE
SOURCE. A. COY

6°)- Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est dendritique et descend des pentes raides ce qui accélère le drainage.

La Koulountou reçoit successivement de l'amont à l'aval le Danini à sa gauche et la sénini à sa droite. Juste à la frontière du Sénégal et de la Guinée, elle reçoit le panini et l'Ousson. Le Mitji est son dernier grand affluent en Guinée avant son entrée au Sénégal. Ce réseau hydrographique entaille des roches diverses.

7°)- La Géologie

La géologie est dominée en général par des roches cristallines ou cristallophyliennes à perméabilité réduite. Ces roches du socle sont recouvertes par des séries sédimentaires parmi lesquelles on a la série de Mali, la série de la Falémé, la série des Bassaris, la série de Youkounkoun et enfin celle de la Koulountou.

Suivant le faciès et le degré de métamorphisme, on distingue deux groupes :

Le groupe du Niokolo-Koba et celui de la Koulountou. Sur ce matériel rocheux, se développent des sols peu épais.

8°)- Les sols

Ils sont constitués par les sols minéraux bruts, les sols jeunes peu évolués d'apport, les sols à sesquioxides fortement individualisés et enfin les sols hydromorphes.

Les sols minéraux bruts sont composés par les lithosols et les régosols. Ces sols ralentissent le ruissellement par leurs matériaux détritiques mais n'empêchent pas l'infiltration qui est commandée par la roche mère sous-jacente.

Ces types de sols sont très répandus dans le haut bassin. Les sols jeunes peu évolués d'apport se rencontrent dans un milieu aquatique soumis à une submersion variable et périodique. Ce sont les sols de la plaine alluviale. Ils sont

constitués par les sols alluviaux peu évolués bien drainés qui occupent les bourrelets de berge actuels et les sols alluviaux peu évolués mal drainés que l'on trouve en bordure des mares temporaires ou quasi permanentes et dans les cuvettes sans exutoire.

Les sols jeunes peu évolués d'apport sont bien représentés dans la partie aval du bassin. Ils sont poreux et souvent perméables. Les sols à sesquioxydes fortement individualisés sont constitués par des sols ferrugineux tropicaux lessivés se rencontrant dans les régions à longue saison sèche. Les sols ferralitiques de couleur rouge se développent sur les matériaux du continental terminal. Ils sont peu perméables et on les rencontre sur les escarpements et plaines de la Koulountou.

Les sols hydromorphes regroupent les sols à forte hydromorphie et les vertisols caractérisés par la présence plus ou moins pérenne de l'eau. Les sols peu épais du haut bassin portent une végétation de savane, de prairies, et de forêts relictuelles.

9°)- La végétation

La strate arborée est dominée par le *Parinari excelsa*, l'*Erythrophleum guineens*, le *Carapa procera* et l'*Antiaris africana*. Le *Combretum glutinosum* domine la strate arbustive. Les prairies et les savanes sont couvertes par les *Andropogons* (*guyanus* et *auriculata*).

Au niveau des forêts secondaires dominant *Parkia Biglobosa* et *Daniella Oliveri*.

II - LE COURS INFÉRIEUR

Il correspond à la zone soudanienne du bassin. Les altitudes y sont faibles de même que les pentes. De "petits massifs" (sills de dolérite ou buttes-témoins, dominant la plaine alluviale qui s'élève à une altitude moyenne de 100 m. le massif du Badiar culmine à 500 Mètres.

Dans le cours inférieur de la Koulountou, l'écoulement est lent et le cours d'eau est beaucoup plus large.

La géologie est marquée par la prédominance des grès largement cuirassés et les alluvions que le cours d'eau a progressivement accumulés dans la vallée. C'est le domaine des plaines herbeuses et des plateaux couverts de savanes boisées. Ces savanes sont dominées par *Pterocarpus erinaceus*, *Combretum glutinosum*, *Terminalia macroptera* et même *Daniella Oliveri*. On y rencontre aussi une strate arbustive hétérogène composée d'*Hexalobus monopetalus*, *Oxytenanthera abyssinica* et des graminées *Andropogonées*. Les steppes herbeuses qui se localisent sur les bords des plateaux cuirassés sont constituées par *Boscea sénégalsensis*, *Combretum etessei*, *Acacia macrostachya*, *Acacia ataxacantha*....

On trouve au bord des cours d'eau des forêts galeries et ripicoles qui peuvent supporter les phénomènes extrêmes tels que les inondations et les sécheresses.

Les marécages se rencontrent dans la plaine d'inondation du bas bassin de la Koulountou. Ils sont dominés par *Combretum glutinosum*, *Cola laurifolia* et *Borassus aethiopicum*.

Le haut bassin de la Koulountou se caractérise donc par un réseau hydrographique temporaire et dense. Ce réseau se développe sur des roches imperméables surmontées d'un manteau de décomposition assez étendu. Celui-ci joue en partie le même rôle que les roches perméables bien que sa capacité d'absorption soit moindre. Les pentes y sont fortes et la végétation est dominée par des essences guinéennes qui s'installent sur des sols en général squelettiques.

Le cours inférieur s'étend entièrement dans le domaine soudanien, zone des savanes. L'écoulement y est lent et sinueux à cause d'une pente faible. Les sols sont composés par des familles à sesquioxides mais aussi par des sols hydromorphes et des sols minéraux bruts.

TABLEAU N°1 : HYPSONOMETRIE DU BASSIN

ALTITUDE (M)	VALEUR EN %	% CUMULES
1 000	0,15	0,15
500	3,15	3,30
200	12,30	15,60
100	27,20	42,80
40	43,20	86,00
0	14,00	100

Les facteurs physiques exercent donc une influence déterminante sur l'écoulement. Le relief par la forme et les pentes qu'il imprime au bassin régularise l'écoulement et détermine l'allure des crues. Les pentes raides du haut bassin accélèrent le ruissellement des eaux de pluie et provoquent la montée subite du niveau de la Koulountou.

Les sols par leurs caractères déterminent la nature du ruissellement et expliquent celle des crues et des étiages. La nature du sous-sol commande le mécanisme des nappes souterraines profondes.

Dans les terrains imperméables et recouverts de sols minces du haut bassin, l'eau ne peut s'emmagasiner que dans la partie supérieure où les roches sont décomposées et à la base des glacis.

Dans le cours inférieur où les terrains sont perméables et les sols épais et meubles, l'eau s'infiltré profondément et constitue des nappes étagées importantes. Ces nappes qui se rencontrent surtout dans la plaine alluviale soutiennent le débit de la Koulountou et contribuent à pérenniser son écoulement.

TABLEAU N°2 : SYNTHÈSE DES DONNÉES MORPHOMÉTRIQUES

Kc	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	ALTITUDE	LONGUEUR	LARGEUR	SUPERFICIE	PERIMÈTRE	LONGUEUR	IP
	N	M	MAXIMALE	MINIMALE						
	13° 16'	13° 44'								
	et	et	1000	1	234,2	27,43	6421	523	345	0,047
	11° 52'	12° 29'								

TABLEAU N°3 : SYNTHÈSE DES FACTEURS PHYSIQUES DE L'ÉCOULEMENT

FACTEURS	MORPHOMÉTRIE	LITHOLOGIE	VEGETATION
HAUT BASSIN	++	--	-
COURS INFÉRIEUR	--	++	+

++ influence très favorable

-- influence très défavorable

+ influence défavorable

- influence défavorable

Il y a donc une certaine complémentarité entre le haut bassin et le cours inférieur. La lithologie, le système des pentes et la végétation du haut bassin permettent un ruissellement rapide des eaux de pluie et augmentent l'efficacité des averses.

Les possibilités de crue sont donc importantes du fait de la faiblesse de l'infiltration. Les roches perméables et les sols meubles du cours inférieur jouent le rôle d'une éponge qui prend l'eau fournie brutalement et la restitue lentement atténuant ainsi les étiages.

La nature et la densité du couvert végétal jouent un grand rôle dans la morphogenèse: Par l'action chimique et mécanique des racines, par son rôle d'écran qui protège le sol contre le splash (impact des gouttes d'eau) et les variations de température et d'humidité.

La végétation joue cependant un rôle contradictoire. Elle favorise les précipitations par sa masse, par sa puissance d'évaporation et enfin par effet topographique. Elle exerce une ponction importante sur la lame d'eau reçue par le biais de l'évapotranspiration et des pluies d'interception.

En saison pluvieuse la mise en place d'un tapis herbacé augmente l'évapotranspiration au niveau du bassin.

La végétation favorise aussi les possibilités de crue et leur rapidité en freinant le sapement des berges par les flots.

L'action anthropique a des conséquences très négatives sur l'écoulement de la Koulountou.

La société humaine et ses activités agissent sur les cours d'eau en les barrant, en installant des digues et en desséchant une partie des bassins pour l'agriculture. Le barrage d'un cours d'eau change automatiquement la nature de l'écoulement qui devient artificiel. Elle agit aussi sur les terrains en édifiant des systèmes de pentes et des terrasses pour l'agriculture.

Le défrichage des forêts et les feux de brousse peuvent modifier la couverture végétale et provoquer une diminution sensible de la lame d'eau reçue par le bassin. Cette baisse de

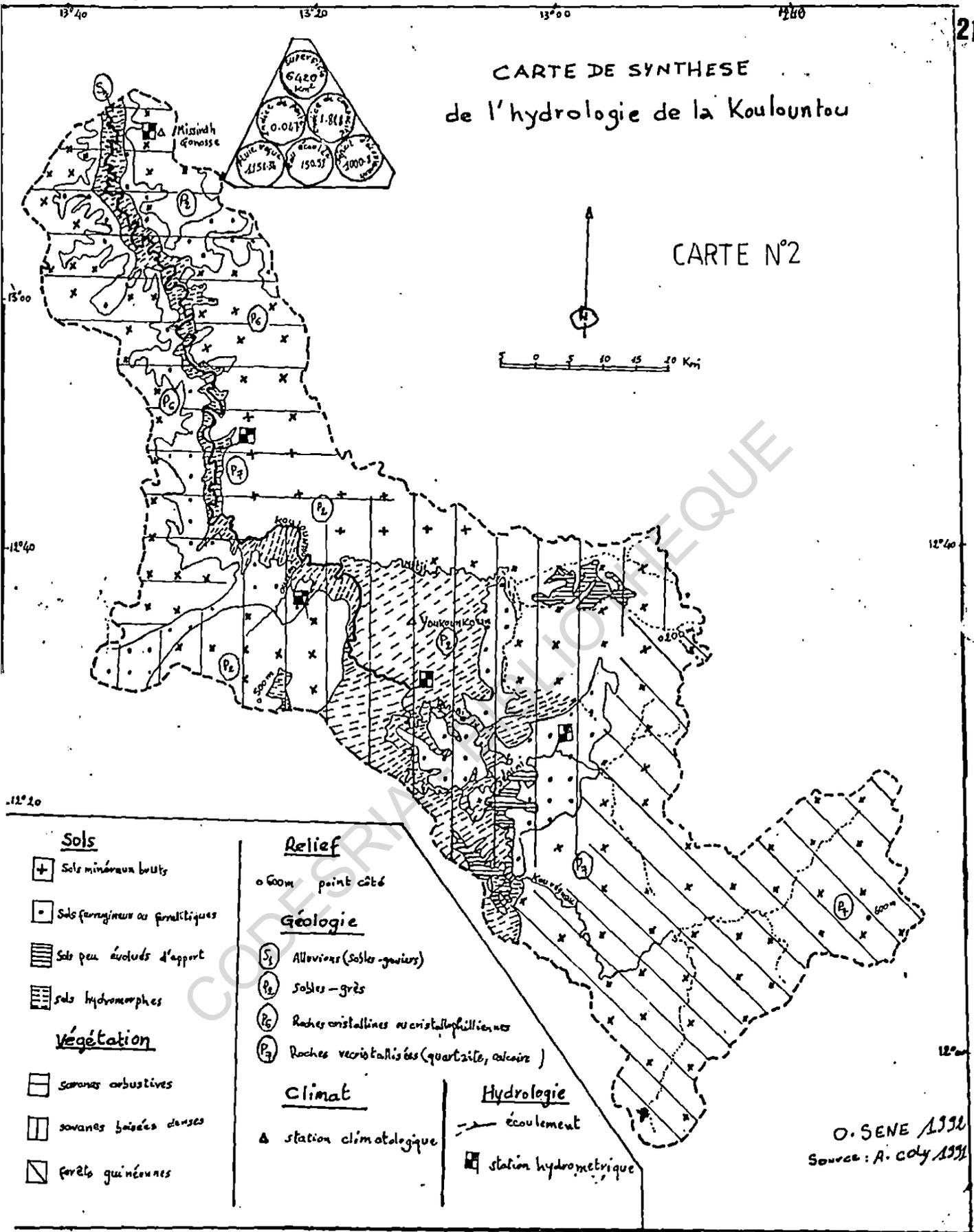
la pluviométrie aura des conséquences négatives sur l'écoulement donc sur les crues et les étiages.

C'est la combinaison des facteurs physiques et climatiques qui détermine les modalités de l'écoulement.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

CARTE DE SYNTHESE de l'hydrologie de la Koulountou

CARTE N°2



O. SENE 1992
Source: A. Coly 1991

CHAPITRE II : LES FACTEURS CLIMATIQUES

Ils déterminent l'implantation des sols et de la végétation et conditionnent leur évolution. Ils exercent une influence sur l'écoulement en particulier sur les crues et les étiages. Il s'agira dans ce chapitre de procéder à la critique statistique des données et des postes de mesure avant l'étude de la pluie à travers sa variabilité dans le bassin. Nous étudierons également les facteurs thermiques, l'évapotranspiration, l'évaporation et l'humidité relative.

A)- L'Etat des données et le réseau des postes de mesure

1)- Critique des données pluviométriques

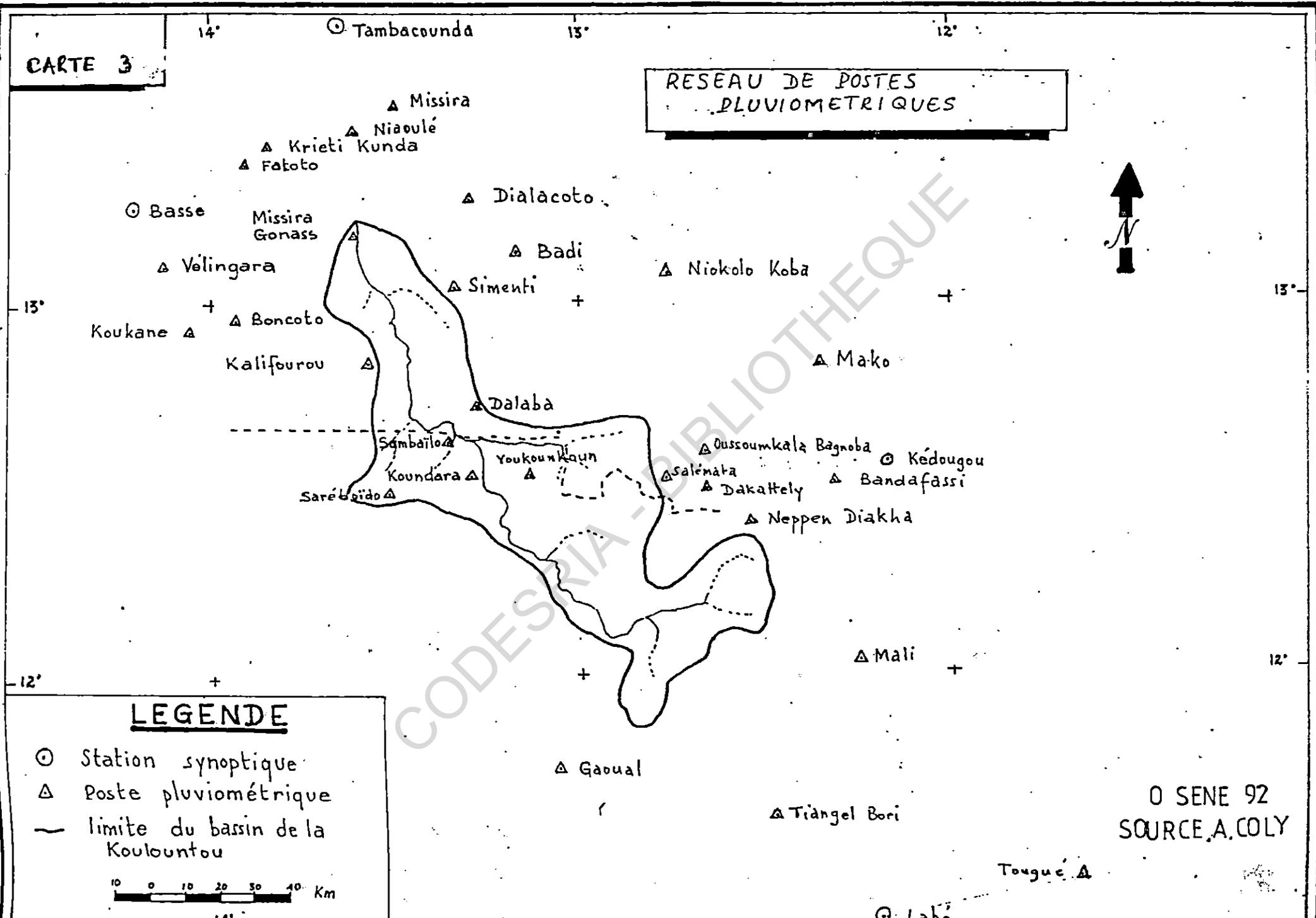
Les données pluviométriques recueillies en valeurs moyennes mensuelles ainsi que celles des autres paramètres climatiques proviennent de la banque de données du laboratoire d'hydrologie. Nous n'avons complété les séries que pour les années 1990 et 1991.

Les Stations sénégalaises à l'inverse de celles de la Guinée sont lacunaires pour la plupart (surtout celles de la génération de 1975).

2)- Les postes de mesure

Une grande partie de nos stations sont situées hors du bassin versant. L'intérieur est peu fourni en postes pluviométriques à cause de la présence du Parc National de Niokolo-Koba, milieu peu habité et d'accessibilité difficile pour la surveillance des installations. Les stations sont assez récentes car ne datant que de 1975 pour la plupart. La partie sénégalaise du bassin a un réseau pluviométrique relativement dense à l'inverse de la Guinée où les stations sont assez éloignées les unes des autres (Carte N°3).

RESEAU DE POSTES
PLUVIOMETRIQUES



Il nous a été difficile d'accéder aux données guinéennes en raison du manque de suivi des stations et de la non appartenance de ce pays au réseau A.S.E.C.N.A.

Nous avons disposé très tardivement des données récentes de Labé (de l'origine à 1986). Les autres stations guinéennes (Tougué, Mali, Tiangel Bori et Gaoual) s'arrêtent à 1982.

Les données de Youkounkoun et de Saréboïdo existent désormais jusqu'en 1986.

Toutes ces données récentes nous ont été fournies par l'O.R.S.T.O.M. Ainsi, Vingt Cinq stations (Tableau N°4) ont été sélectionnées. Les autres comme Hamdallahi, Ségou, Niaoulé, Neppen Diakha ne sont pas prises en compte soit à cause de la fermeture de la station ou bien en raison de l'importance des lacunes.

B)- Régimes pluviométriques et critique statistique des données

1°)- Les régimes pluviométriques

On distingue en fonction de la latitude et de la longitude trois régimes pluviométriques (Graphique N°5).

- le régime guinéen à variante septentrionale ou Nord guinéen. Il occupe le bassin supérieur depuis ses limites Nord jusqu'aux environs de $12^{\circ} 15' N$. Ce régime reçoit en moyenne 1529,97 mm de pluie par an. Il est représenté par la station de Labé.

- le régime Sud Soudanien s'étend entre les latitudes $12^{\circ} 15' N$ et $12^{\circ} 45' N$, partie centrale du bassin. Sa pluviométrie moyenne tourne autour de 1301,53 mm. La station type est celle de Kédougou. Ce régime est la transition entre le Nord Guinéen et le Nord Soudanien

- le régime Nord soudanien qui a pour station type Tambacounda reçoit en moyenne 827,39 mm. Il est de faible extension et occupe l'espace compris entre $12^{\circ} 47' N$ et la limite supérieure des différents régimes énoncés. Le Graphique N°4

TABLEAU N° 4 : LISTE DES STATIONS RETENUES

N O R D	STATIONS	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	PAYS	TYPE	DUREE DE LA SERIE
	TAMBACOUNDA	13° 46 N	13° 41 W	49 M	SENEGAL	SYNOPTIQUE	1919-1991
S	DIALACOTO	13° 19 N	13° 18 W	50 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1918-1991
O	MISSIRAH	13° 32 N	13° 31 W	45 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1963-1991
U	VELINGARA CASA	13° 09 N	14° 06 W	38 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1918-1991
D	BASSE	13° 19 N	14° 13 W	04 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1944-1978
A	BADI	13° 08 N	13° 10 W	-	GAMBIE	SYNOPTIQUE	1973-1990
N	NIOKOLO KORA	13° 04 N	12° 44 W	62 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1972-1991
	BONCOTO	12° 58 N	13° 57 W	42 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1975-1991
	KOUKANE	12° 56 N	14° 05 W	33 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1965-1990
	SIMENTI	13° 03 N	13° 18 W	47 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1971-1991
	KEDOUGOU	12° 34 N	12° 13 W	165,4 M	SENEGAL	SYNOPTIQUE	1919-1991
S	MAKO	12° 50 N	12° 21 W	80 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1975-1991
U	SALEMATA	12° 37 N	12° 48 W	120 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1973-1991
D	YOUKOUNKOUN	12° 32 N	13° 07 W	80 M	GUINEE	PLUVIOMETRIE	1928-1977
S	DUBADJI	12° 40 N	13° 70 W	-	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1975-1980
O	DAKATELLE	12° 52 N	12° 40 W	126 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1975-1990
U	DALABA	12° 40 N	13° 18 W	73 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1972-1981
D	BANDAFASSI	12° 25 N	12° 15 W	160 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1975-1990
A	OUSOUNKALA BAGUIBA	12° 43 N	12° 33 W	93 M	SENEGAL	PLUVIOMETRIE	1963-1990
N	SAREBOIDO	12° 28 N	13° 35 W	82 M	GUINEE	PLUVIOMETRIE	1928-1977
O	LABE	11° 19 N	12° 18 W	1050 M	GUINEE	SYNOPTIQUE	1923-1986
R	MALI	12° 05 N	12° 18 W	1464 M	GUINEE	PLUVIOMETRIE	1925-1970
D	GAOUAL	11° 47 N	13° 12 W	100	GUINEE	PLUVIOMETRIE	1928-1977
G	TIANGEL BORI	11° 38 N	12° 31 W	669 M	GUINEE	PLUVIOMETRIE	1928-1977
U	TOUGUR	11° 26 N	11° 40 W	868 M	GUINEE	PLUVIOMETRIE	1928-1979
I							
N							
E							
R							

souligne la diminution Est-Ouest de la pluie pour deux stations situées à la même latitude. C'est le cas de Youkounkoun variante occidentale du régime Sud Soudanien.

2°)- Critique statistique des données pluviométriques

Elle se justifie par la qualité des relevés des différentes séries considérées. Elle passera par l'homogénéisation des données pluviométriques, la recherche de lois de distribution et l'étude des matrices de corrélation entre stations en vue de procéder à un comblement des données lacunaires.

a)- L'homogénéisation des données

L'homogénéisation des données par la méthode du "double-cumul" ou "double-masse" permet une comparaison des séries entre elles.

Elle s'avère nécessaire du fait même :

* des problèmes de collecte des données (mauvaise lecture, oubli, surestimation ou sous-estimation, etc.)

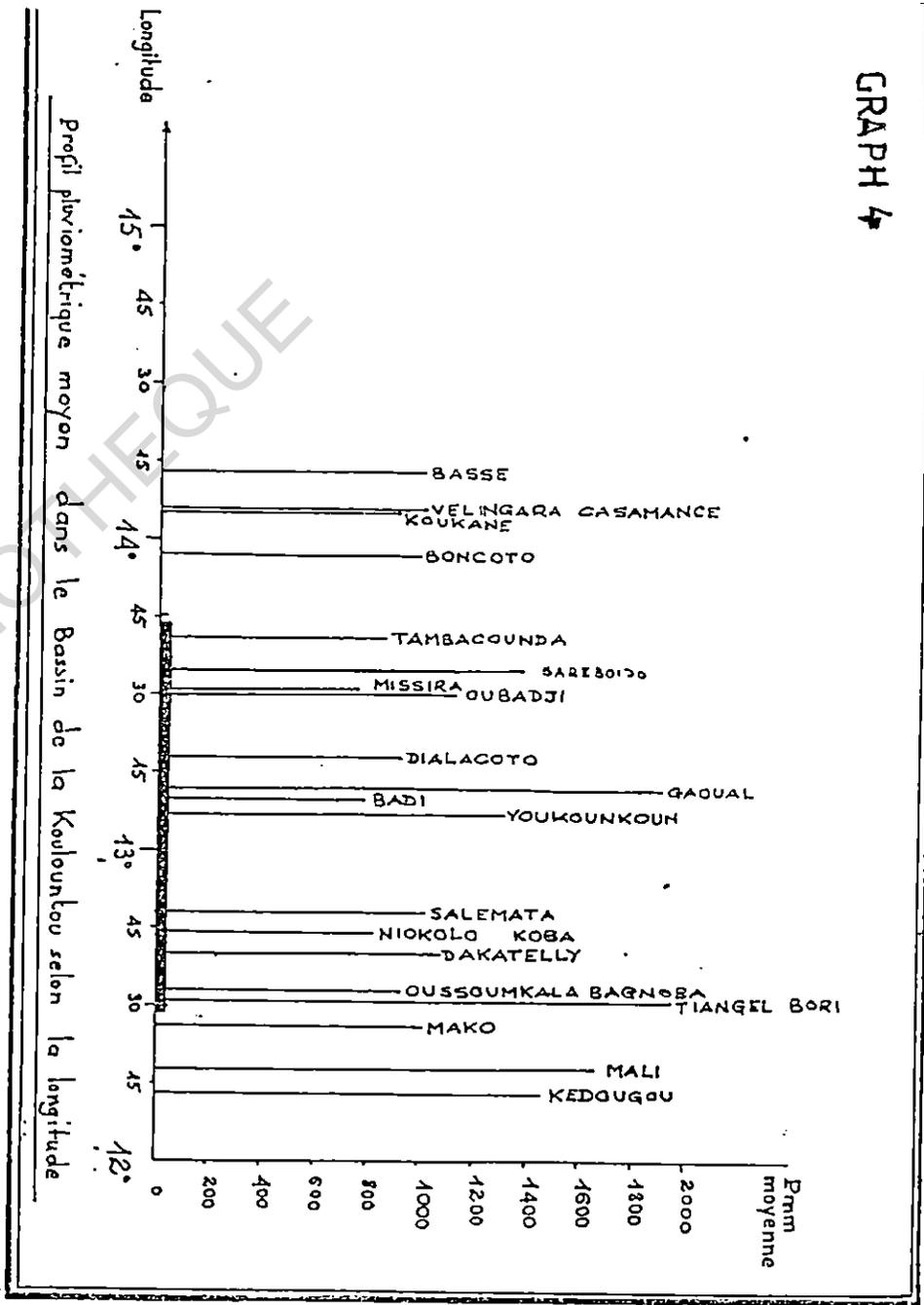
* des équipements de mesure (changement de site d'observation ou d'appareil de mesure.

L'homogénéisation permet donc d'éviter des conclusions erronées. Elle est faite avec la méthode des "doubles-cumuls" ou "double masse" ; sur papier millimétré, il faut porter en abscisse les totaux cumulés d'une station de référence A et en ordonnée ceux d'une station B dont on vérifie l'homogénéité.

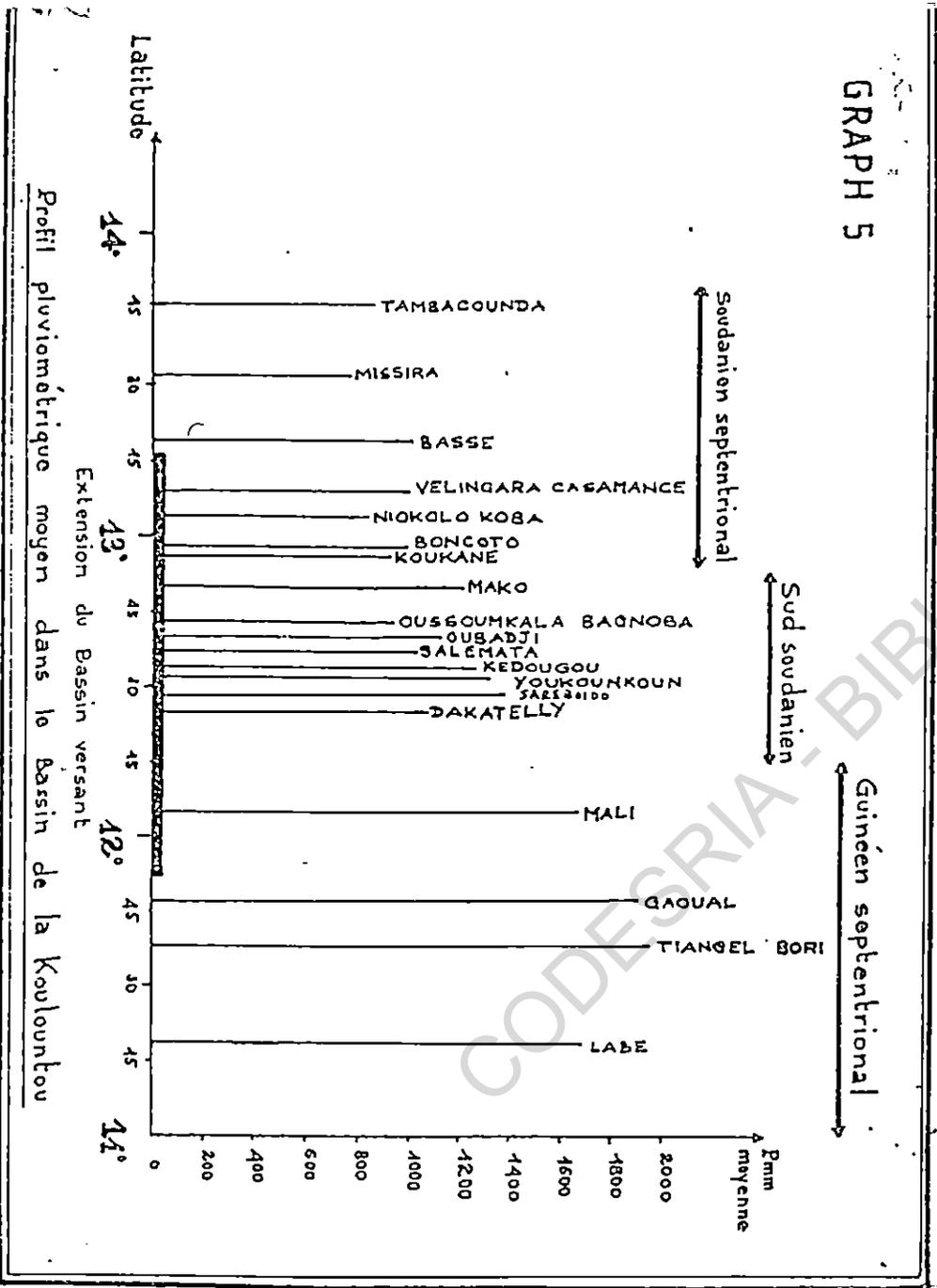
Il faut ensuite joindre les premiers et les derniers points de la distribution.

- Si les points s'alignent de façon linéaire de part et d'autre de la droite, on peut conclure alors que la série est homogène.

GRAPH 4



GRAPH 5



- Si les points se localisent tous d'un coté de la droite, la série n'est pas homogène. Une ou plusieurs cassures peuvent apparaître dans la distribution des points.

Il faut corriger la station non homogène en formant le rapport des pentes déterminé par les tangentes F et F' .

Ce rapport donne le coefficient correctif par lequel, il faut multiplier les valeurs considérées comme érronées en commençant par l'année à partir de laquelle la ou les cassures sont observées dans la distribution des points.

Les Graphiques N°6,7 et 8 figurant l'application de cette méthode aux stations du bassin ayant une série assez longue en considérant les valeurs non lacunaires permettent de conclure à l'homogénéité des données.

b)- Recherche d'une loi de distribution des précipitations

Neuf stations choisies pour la longueur de leur série ou bien pour leur situation à l'intérieur du bassin nous ont permis de rechercher les meilleures lois de distribution de la pluviométrie. Les stations de Labé et de Youkounkoun ont des séries qui vont de l'origine à 1986.

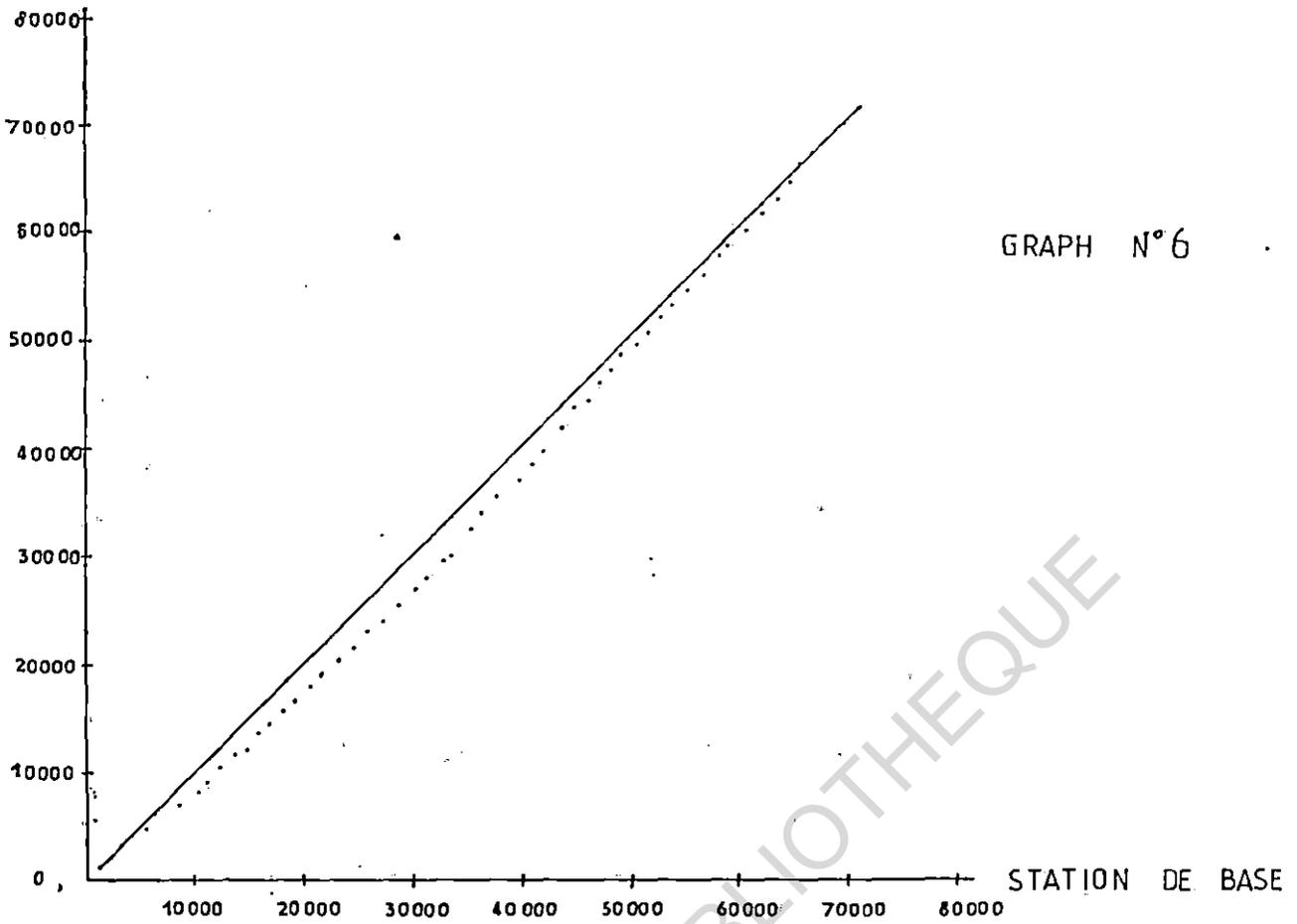
Les stations de Tougué et de Gaoual ont des données jusqu'en 1982 alors que les autres (Tambacounda, Vélingara, Dialacoto et Kédougou) vont de l'origine en 1919 à 1991.

L'extension des données des stations guinéennes a été réalisée par l'O.R.S.T.O.M. (Office Français de la Recherche Scientifique et Technique en Coopération pour le Développement). La recherche des meilleures lois de distribution nous est facilitée cette année par l'installation du logiciel DIXLOI.

Après la saisie des données, DIXLOI nous permet de choisir la meilleure loi pour chaque station. Pour cela il suffit de considérer la loi qui a la valeur de Test la plus élevée et la fréquence au dépassement la plus faible comme étant la meilleure.

STATION A VERIFIER

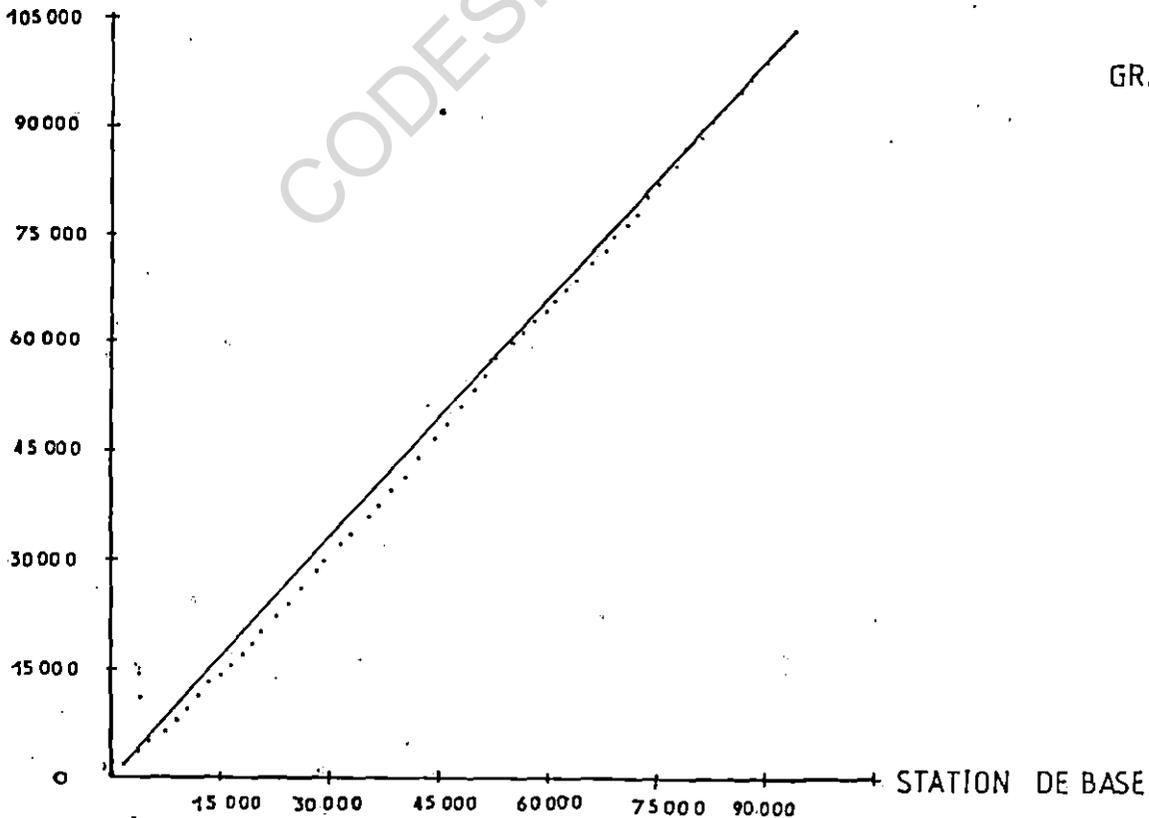
VERIFICATION DE L'HOMOGENEITE DES DONNEES DES STATIONS DE KEDOUGOU ET DE YOUKOUNKOUN



GRAPH N°6

VERIFICATION DE L'HOMOGENEITE DES DONNEES DES STATIONS DE LABE ET DE GAOUAL

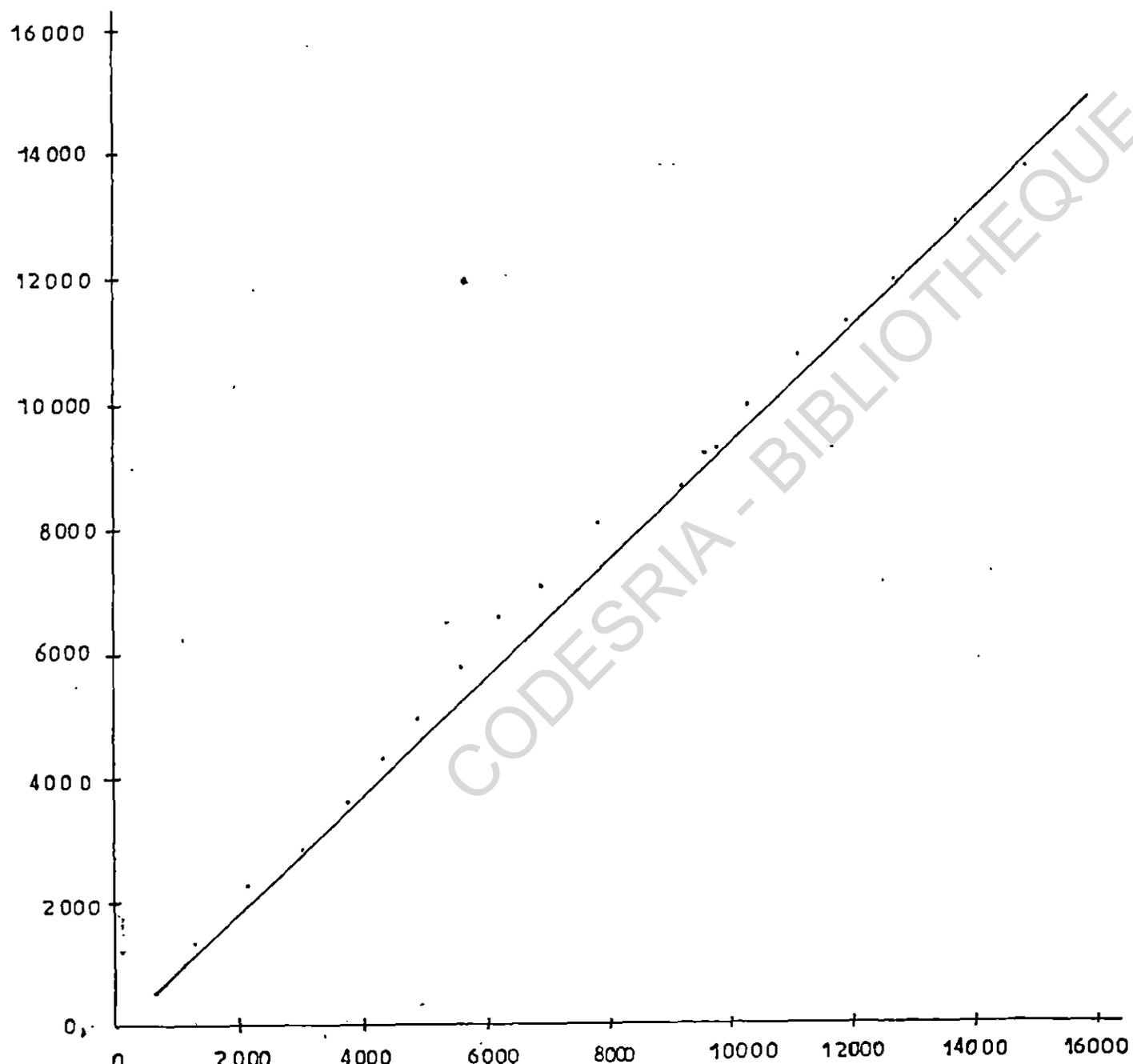
STATION A VERIFIER



GRAPH N°7

STATION
A
VERIFIER

VERIFICATION DE L'HOMOGENEITE DES DONNEES DES STATIONS DE
TAMBACOUNDA ET DE MISSIRA



GRAPH N° 8

STATION DE BASE

DIXLOI nous permet également de noter les valeurs récurrentielles sèches et humides afin de déterminer les pluies fréquentielles.

Ils est aussi possible de tracer directement la droite d'ajustement des pluies si on dispose d'une table traçante. Cette droite d'ajustement n'a été cependant tracée que pour les stations de Kédougou et de Vélingara les autres n'ayant pas donné de bons résultats après ajustement (Graphiques N°9 et 10).

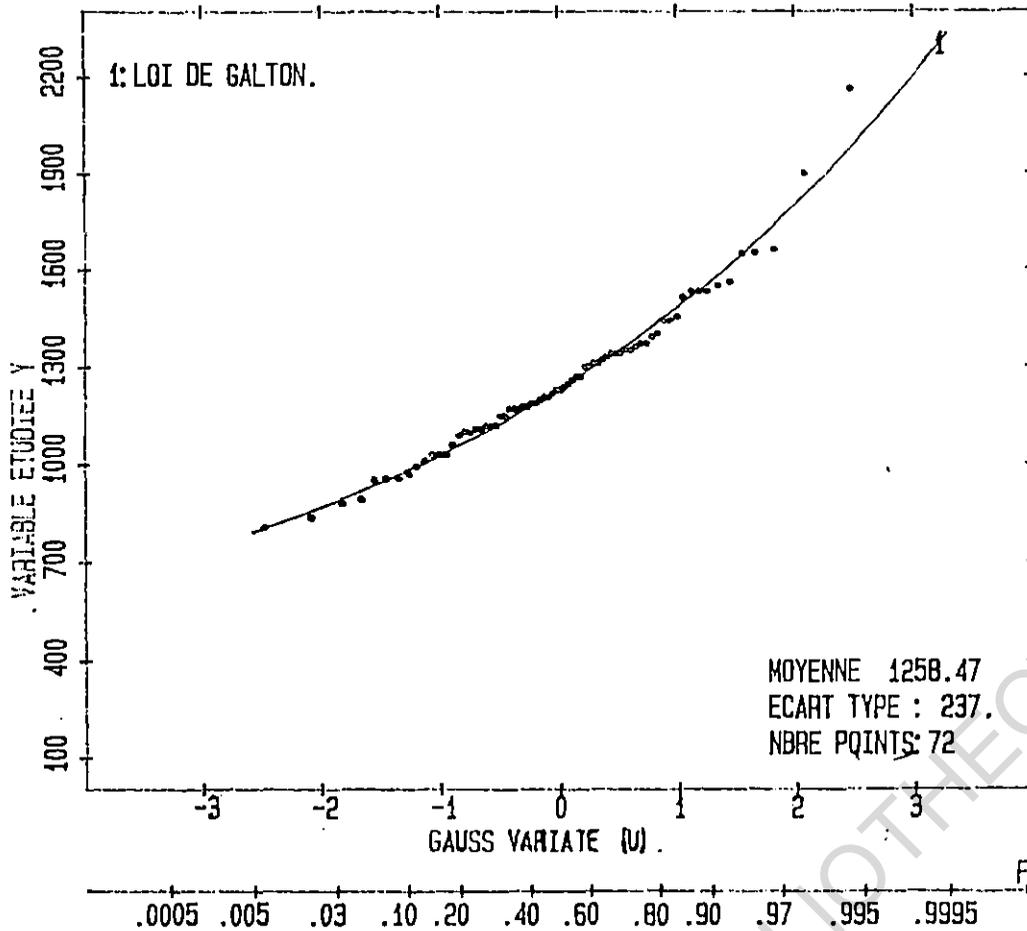
TABLEAU N°5 : LOIS DE DISTRIBUTION DES PLUIES

S T A T I O N S	LOIS DE DISTRIBUTION CHOISIES
TAMBACOUNDA	GUMBEL M.
VELINGARA	GAUSS
DIALACOTO	GUMBEL M.
KEDOUGOU	GAUSS
YOUKOUNKOUN	GUMBEL M.
SAREBOIDO	GUMBEL M.
LABE	GUMBEL M.
TOUGUE	GUMBEL M.
GAOUAL	GALTO

c)- Matrice de corrélation et comblement des lacunes

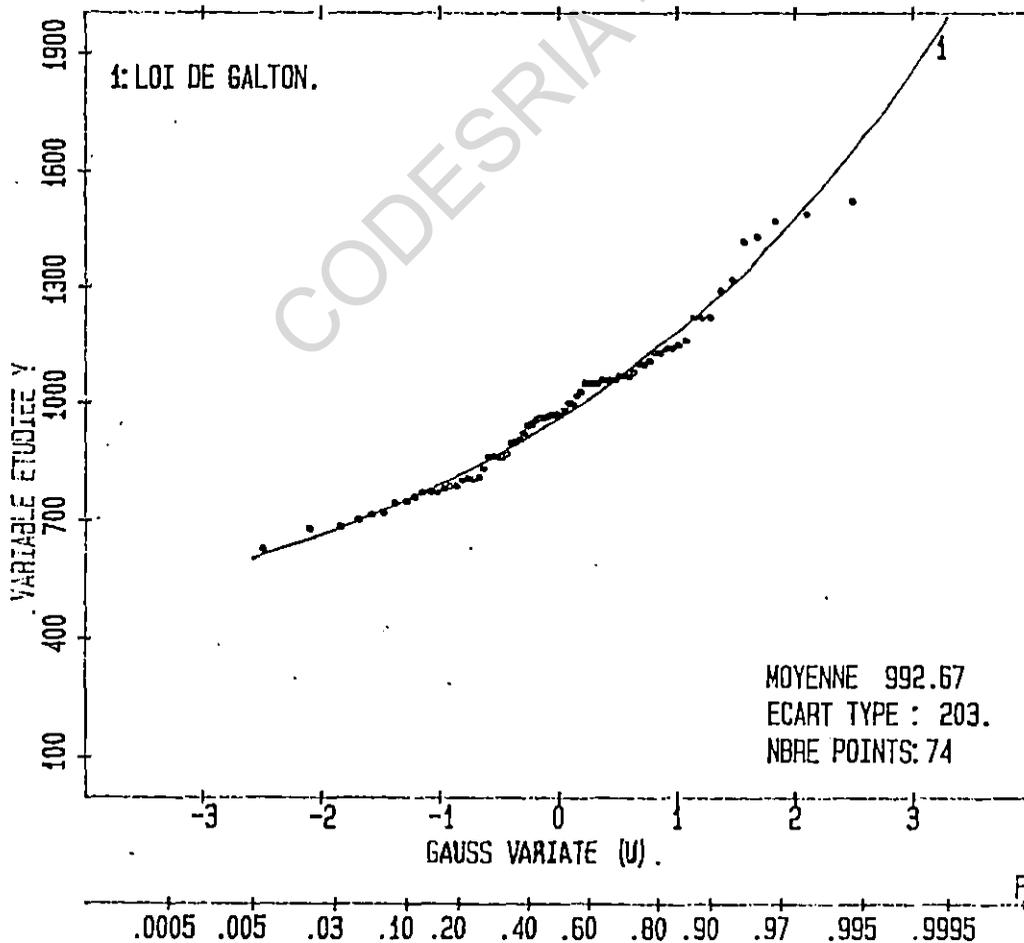
A l'aide du logiciel de traitement statistique des données (STATITCF) du Laboratoire d'Hydrologie, nous avons effectué le calcul des matrices de corrélation à partir des valeurs communes. Ce procédé permet de voir les affinités pluviométriques entre stations du même domaine climatique à partir du coefficient de corrélation.

GRAPH 9



VELINGARA

GRAPH 10



Lorsque ce coefficient est supérieur ou égal à 0,80 entre deux stations, nous en concluons qu'il y a une liaison pluviométrique significative.

Les coefficients de corrélation que nous avons obtenus sont dans l'ensemble faibles puisqu'ils sont inférieurs à 0,70. Seul le coefficient établi entre Vélingara et Bassé est acceptable puisqu'il est égal à 0,80. La station de Bassé renferme un nombre important d'années lacunaires qui sont supérieures au tiers de la série totale. Il n'est donc pas possible de les combler. Les vingt trois stations sur lesquelles nous travaillons n'ont pu être comblées faute de bons coefficients de corrélation.

Nous avons complété les données de certaines stations à partir des documents trouvés à l'O.R.S.T.O.M. notamment la monographie de la Gambie.

Ces stations complétées ont été ensuite homogénéisées. Nous avons choisi deux périodes d'étude :

- une très longue période qui couvre les séries allant de 1919 à 1991. Celle-ci nous a permis d'étudier la variabilité intermensuelle et interannuelle de la pluie ;

- une courte période qui va de 1987 à 1991 pour les stations des domaines Nord et Sud soudaniens et de 1978 à 1982 pour celles du domaine guinéen.

Cette courte période nous a permis de faire la régression multiple, de calculer la lame d'eau moyenne reçue par le bassin et de tracer les isohyètes.

D)- La pluie et sa variabilité dans le bassin

La pluie reste la seule source d'alimentation en eau de la Koulountou. Cet apport pluvial dépend du climat qui règne sur le bassin. Il conditionne par le jeu des précipitations et des températures les modalités de l'écoulement dans le bassin.

Ce climat dépend des mécanismes généraux qui commandent la circulation en Afrique de l'Ouest.

I - MECANISMES GENERAUX DU CLIMAT

Le bassin versant de la Koulountou, sous-bassin de la Gambie est influencé par une des variantes des climats Ouest Africains. Ces climats sont dépendants de deux zones de haute pression qui émettent des flux séparés par des fronts.

Il s'agit de la zone de haute pression sub-tropicale Nord représentée par l'anticyclone des Açores et Saharo-Lybien d'une part et de l'autre la haute pression sub-tropicale Sud représentée par l'Anticyclone de Saint-Hélène.

L'anticyclone des Açores n'intéresse le bassin que rarement ce qui n'est pas le cas de l'anticyclone lybien qui agit surtout en saison sèche et de l'anticyclone de Sainte-Hélène qui ne se manifeste qu'en été dans le bassin.

Ces zones de haute pression émettent trois flux différents, en fonction de leur origine et de leur parcours.

- les alizés proviennent des cellules du Nord (Libye et Açores) et se composent de l'alizé continental (harmattan) et de l'alizé maritime qui se continentalise après un long parcours sur le continent. Ces flux de direction Nord-Est à Nord-Ouest baignent le bassin en saison sèche. L'harmattan, alizé dominant est un vent chaud et sec qui entraîne l'augmentation des températures et une évaporation élevée.

- la mousson chaude et humide provient de l'anticyclone de Saint-Hélène centré sur l'atlantique Sud. Ce flux véhicule un énorme potentiel précipitable et son épaisseur varie selon la migration du F.I.T.

Les alizés sont séparés de la mousson par le F.I.T. (front intertropical) qui représente la principale discontinuité.

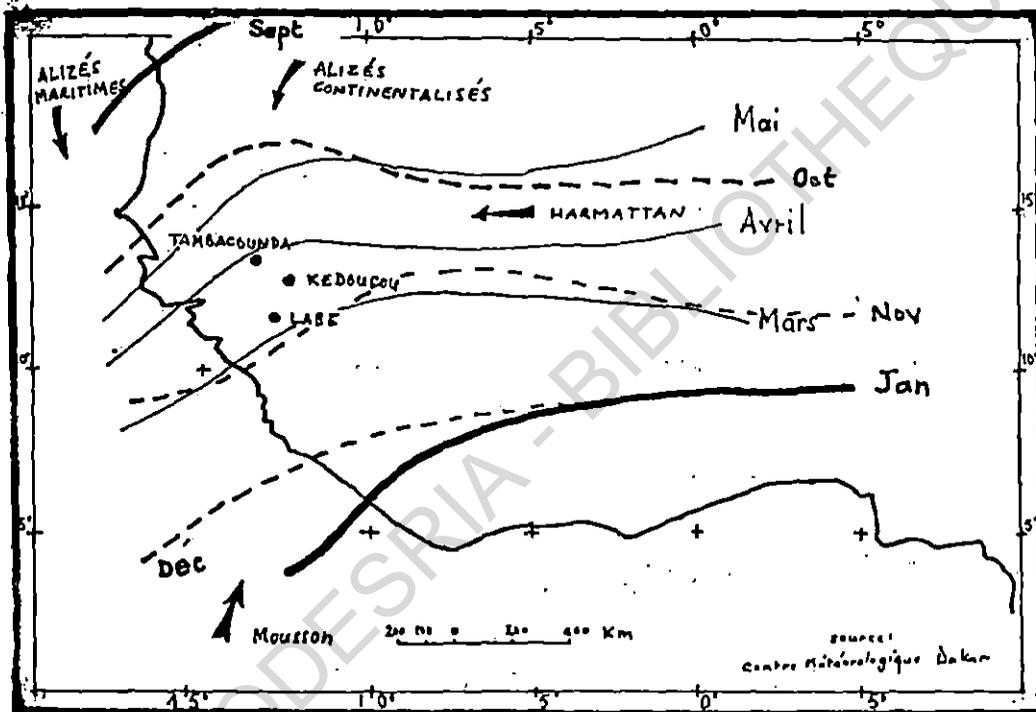
II - Migration du F.I.T. et saisons climatiques

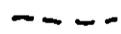
Le F.I.T. connaît des oscillations temporelles et spatiales (Carte N°4) qui déterminent les saisons.

Le bassin versant de la Koulountou qui est partagé en trois domaines climatiques est caractérisé par l'alternance de deux saisons bien différenciées.

Situation du FIT (Front intertropical) en Afrique occidentale au cours de l'année

CARTE 4.



-  Positions extrêmes du FIT au Nord et au Sud
-  Position du FIT en déplacement vers le Sud
-  Position du FIT en déplacement vers le Nord
-  Principaux flux

O SENE 92
SOURCE A. COLY. 91

a)- La saison sèche

C'est une période pendant laquelle souffle l'harmattan qui est un flux issu du Nord et qui pénètre profondément dans le bassin dès Octobre pour atteindre Labé à partir de Novembre. De faibles précipitations dites pluies de "heug" peuvent se produire adoucissant un peu la température de l'air.

Ces pluies sont liées à des invasions d'air polaire et elles peuvent atteindre exceptionnellement des valeurs élevées.

C'est ainsi que la station de Boncoto enregistra en 1980, 18,1 mm de pluie en Février et 16 mm en Novembre 1978. Youkounkoun et Dakatelly ont reçu 16 mm respectivement en Novembre 1951 et 1985.

b) - La saison pluvieuse

L'affaiblissement de la cellule des Açores favorise progressivement la pénétration du flux de mousson dans l'ensemble du bassin. Ce flux qui arrive dans le bassin en Mars est de direction Ouest à Sud-Ouest et il s'accompagne d'une pluviométrie abondante en relation avec la montée du F.I.T.

L'état hygrométrique de l'air dépasse les 80 % d'humidité alors qu'il était d'environ 10 % en saison sèche.

Les processus hydrologiques se déclenchent dès l'installation de la mousson. Le F.I.T. qui atteint le maximum de sa translation en Août à la latitude de Nouahdibou entame son retrait.

Cette translation du F.I.T. explique en partie la grande variabilité de la pluviométrie dans le bassin de la Koulountou.

III - LA VARIABILITE DE LA PLUVIOMETRIE DANS LE BASSIN

Dans le bassin de la Koulountou comme partout ailleurs au Sénégal, les pluies sont marquées par une variation mensuelle, annuelle et spatiale.

a)- La variabilité mensuelle

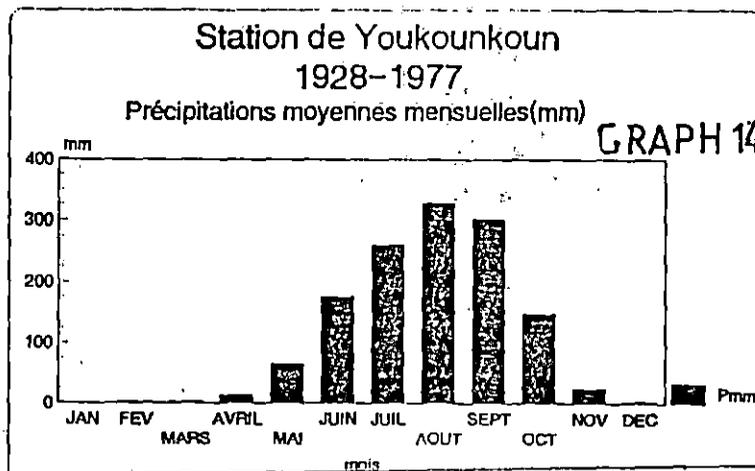
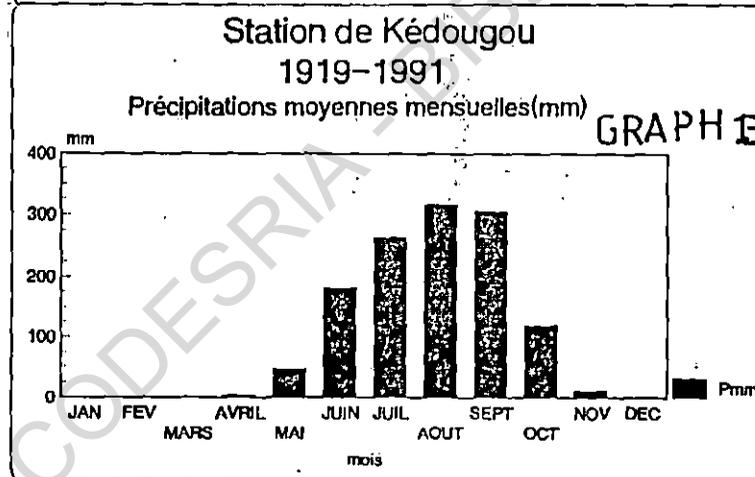
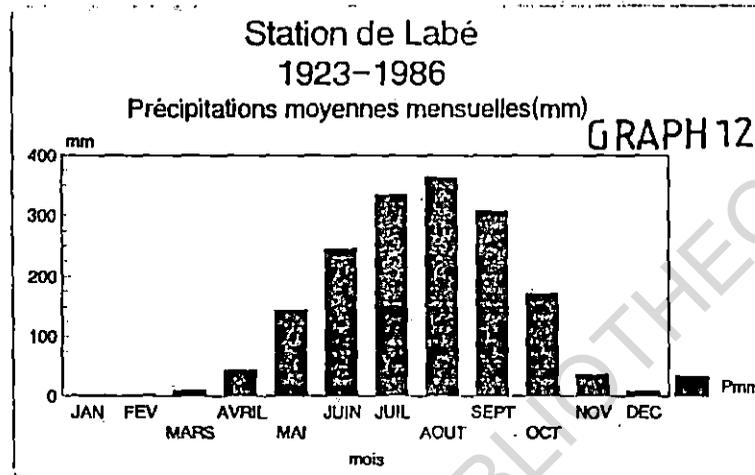
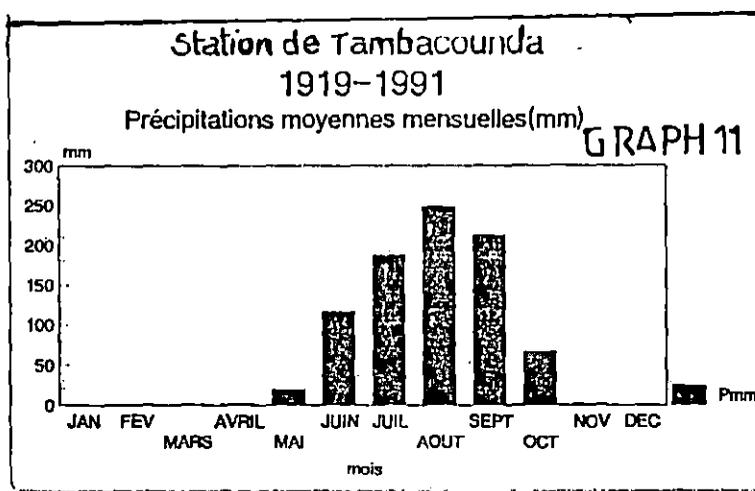
L'année climatique se divise en une saison sèche et en une saison humide. La saison humide concentre l'essentiel des pluies créatrices de débits. Sa durée est fonction de la longueur de la saison sèche du domaine climatique. Dans le bassin de la Koulountou, elle varie de six à dix mois du Nord au Sud. (Graphiques N°11, 12, 13 et 14).

Les pluies débutent en Mars à Labé et à Gaoual avec l'installation du Front intertropical dans la partie guinéenne. Elles durent dix mois de Mars à Décembre soit deux mois de plus que le régime Sud-Soudanien qui est un domaine de transition. La saison pluvieuse dure huit mois d'Avril à Novembre. Dans le domaine Nord Soudanien, les pluies tombent en Mai aux stations de Tambacounda et de Vélingara et s'y retirent dès le mois d'Octobre. Ces trois régimes climatiques consacrent leurs maxima pluviométriques sur les mois de Juillet, Août et Septembre. Ces trois mois reçoivent collectivement 24,76 % des précipitations à Tambacounda et 25,08 % Vélingara. A Kédougou, en domaine Sud Soudanien, ce pourcentage est de 23,57 %. IL tombe à 20,03 % à Labé dans le domaine guinéen.

Le mois d'Août concentre à lui seul 28,59 % des précipitations à Tambacounda, 25,31 % à Kédougou et 21,74 % à Labé. Le maximum pluviométrique peut être centré sur l'un de ces trois mois. C'est le cas en Juillet 1978 à Simenti et à Oubadji avec respectivement 394,6 et 455 mm. En Septembre 1975, la station de Kounkané a reçu 462,4 mm de pluie. Des maxima pluviométriques peuvent aussi être enregistrés exceptionnellement en d'autres mois comme en Décembre 1944 à Saréboïdo et en Juin 1981 à Niaoulé avec 1065 et 196 mm.

A la station de Badi en 1978, le maximum pluviométrique se situe en Août et en Septembre.

La quantité de pluie tombée à Labé en 1958 est répartie sur douze mois de Janvier à Décembre soit un total de 2159 mm. En 1984, la station n'a enregistré que 1227,6 mm répartis entre neuf mois (Mars à Novembre). Cette répartition ne modifie pas pour autant le régime climatique à Labé qui est toujours unimodal.



La pluviosité d'une année particulière n'est pas liée à la répartition réelle des pluies. Que le maximum pluviométrique soit placé en Juillet, Août ou Septembre durant une année déficitaire ou excédentaire, le régime demeure toujours unimodal d'où sa stabilité.

Les coefficients de variation sont faibles en saison pluvieuse surtout pour les mois de maxima soulignant de ce fait la variation minime de la pluviométrie pendant cette période.

La saison sèche reçoit peu de pluie. Seules les pluies de "heug" représentent les quantités d'eau enregistrées au cours de cette saison. Elle est courte dans le domaine guinéen (deux mois) mais varie de quatre à six mois dans les régimes soudanien du bassin. Février est le mois le plus sec à Labé avec 0,12 % des pluies alors qu'il se situe en Janvier dans le Sud-Soudanien et en Mars dans le Nord Soudanien avec respectivement 0,004 %, et 0,02 % des précipitations. Les mois de saison sèche varient beaucoup à cause de l'irrégularité des pluies qui peuvent atteindre des records de 96,6 mm de pluie en Novembre 1954 à Kédougou et 1065 mm en Décembre 1944 à Saréboïdo avant de redescendre à zéro mm.

Il faut noter que les limites entre les saisons d'un régime varient d'une année à l'autre en rapport avec la précocité ou le retard de l'installation du Front intertropical.

b)- la variabilité annuelle.

Les totaux pluviométriques annuelles connaissent une grande variation dans le bassin de la Koulountou.

De 1918 à 1991 nous avons enregistré pour :

TAMBACOUNDA :	minimum en 1982 = 457,9
	maximum en 1973 = 1343,6 mm
VELINGARA :	minimum en 1931 = 625,6 mm
	maximum en 1961 = 1523,5 mm
KEDOUGOU :	minimum en 1990 = 807,5 mm
	maximum en 1954 = 2160,1 mm
YOUKOUNKOUN :	minimum en 1973 = 816,6 mm
	maximum en 1951 = 2 001 5 mm

TABLEAU N°6 : CARACTERISTIQUES STATISTIQUES DES PLUIES MENSUELLES DE QUELQUES STATIONS DU BASSIN

STATIONS	MOIS PARAMETRE	JANVIER	FEBVIER	MARS	AVRIL	MAJ	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE	AN
VELINGARA 1918-1991	X	2,43	0,32	0,12	4,05	25,07	123,14	202,20	287,01	256,10	86,22	9,67	0,26	890,18
	Max.	1,8	20,2	9	3	152,7	260,8	446,7	665,6	456,4	287,6	93,3	19	1523,5
	Min.	0	0	0	0	0	5,5	89,2	48	66	2,3	0	0	625,6
	C.V.	0,08	7,41	8,64	0,08	1,33	0,46	0,33	0,38	0,31	0,65	1,94	8,36	0,20
	C.P.	0,24	0,03	0,01	0,40	2,53	12,43	20,42	28,98	25,86	8,70	0,97	0,02	100
	I.V.	1,8	20,2	9	3	152,7	255,3	357,5	617,6	390,4	285,3	93,3	19	897,9
	σ	0,20	2,37	1,04	0,34	33,58	57,19	67,78	111,72	80,28	56,81	18,85	2,20	202,43
KEDOUGOU 1919-1991	X	0,06	0,25	0,3	4,30	47,11	182,11	262,29	317,09	305,62	119,44	11,68	1,52	1252,41
	Max.	4,5	5,6	11	42,7	199,1	541,7	501,2	519	688,2	417,9	96,6	61	2160,1
	Min.	0	0	0	0	0,8	71	122	119,5	88,6	4,2	0	0	807,5
	C.V.	8,48	3,70	4,69	1,96	0,89	0,39	0,26	0,27	0,82	0,72	1,80	5,38	0,18
	C.P.	0,04	0,01	0,02	0,34	3,76	14,54	20,99	25,31	24,40	9,53	0,93	0,12	100
	I.V.	4,5	5,6	11	42,7	198,3	470,7	379,2	399,5	599,6	413,7	96,6	61	1352,6
	σ	0,53	0,95	1,40	8,46	42,19	72,22	68,73	86,98	99,28	86,01	21,11	8,20	236,24
LABE 1923-1986	X	2,07	2,57	9,79	43,25	145,26	246,05	335,73	363,56	308,15	172,05	36,47	8,57	1672,17
	Max.	29	34	115	177	328	365	591	573	257	430	246	108	2159
	Min.	0	0	0	0	12	93	147	208	151	56	0	0	1227
	C.V.	2,73	2,45	2,07	0,90	0,42	0,23	0,25	0,22	0,25	0,50	1,23	2,39	0,14
	C.P.	0,12	0,15	0,58	2,58	8,68	14,712	20,07	24,74	18,42	10,28	2,18	0,51	100
	I.V.	29	34	115	177	316	272	444	365	376	374	246	108	932
	σ	5,66	6,32	20,32	39,02	61,33	58,54	82,52	80,11	79,60	86,95	44,91	20,54	246,79
TAHBAOUNDA	X	0,31	0,31	0,22	2,20	19,65	116,81	186,75	248,93	211,23	66,62	2,23	0,31	870,61
	Max.	14	23,8	8	41,6	129,4	337,9	384,9	495	695	207,1	26,5	6,3	1982
	Min.	0	0	0	0	0	20,6	72,5	67,9	64	1,6	0	0	457,9
	C.V.	0,05	0,09	0,02	2,25	2,25	13,41	21,45	28,48	24,26	7,65	0,25	0,03	100
	C.P.	5,58	3,96	4,88	3,04	1,35	0,50	0,31	0,42	0,49	0,72	2,27	3,76	0,28
	I.V.	1,74	3,31	1,07	6,72	26,59	58,86	59,20	105,39	103,78	48,24	5,08	1,17	244,50
	σ	14	23,8	8	41,6	129,4	317,3	312,4	427,1	631	205,4	26,5	6,3	1524,1

C.V. = Coefficient de variation = σ/X
C.P. = Coefficient pluviométrique = Moyenne mensuelle
 σ = Ecart type
X = Moyenne de la série
I.V. = Indice de variation

LABE :	minimum en 1984 = 1227,6 mm
	maximum en 1958 = 2159 mm
TOUGUEK :	minimum en 1979 = 1121 mm
	maximum en 1957 = 2229 5 mm.

Les extrêmes pluviométriques changent suivant les stations mais aussi selon les domaines climatiques.

La moyenne des précipitations annuelles est de 870,6 mm à Tambacounda, 990,1 mm à Véligara, 1252,4 mm à Kédougou, 1329,1 mm à Youkounkoun, 1600 mm à Tougué et enfin 1672,1 mm à Labé.

Les courbes de variation interannuelle de la pluie montrent une évolution en "dents de scie" (Graphiques n° 15 et 16) alternant des "pics" et des "creux" correspondant à des années maximales et minimales.

Cette évolution de la pluviométrie s'apprécie mieux à travers l'intervalle de variation (différence entre maximum et minimum et le coefficient de variation qui est faible en domaine guinéen avec 0,14 à Labé et 0,15 à Mali. Il croît du Sud vers le Nord car il est de 0,18 à Kédougou en domaine Sud Soudanien et 0,28 à Tambacounda. Ces courbes mettent en évidence la faiblesse des pluies à partir de 1968. C'est ainsi que les stations de Dialacoto, Kédougou, et Youkounkoun ont vu leur pluviométrie baisser fortement depuis les années 1970 (Graphiques N°17 et 18).

L'année 1978 est excédentaire dans de nombreuses stations du bassin. Par contre une année peut être excédentaire à une station et déficitaire à une autre. Exemple 1977 à Niaoulé, Saréboïdo, Tiangel Bori, Dalaba et à Kounkané.

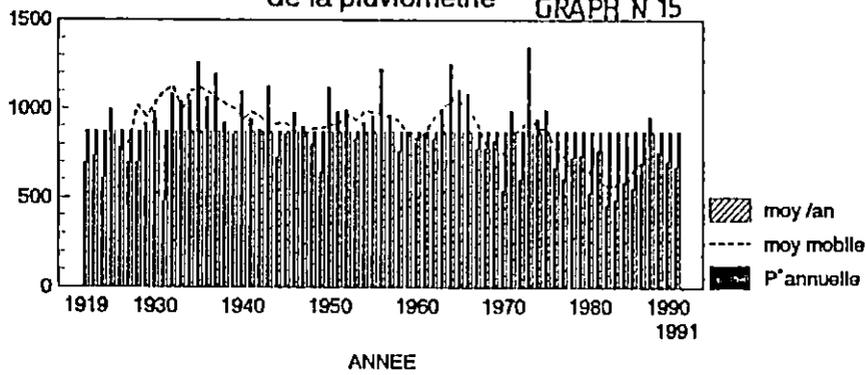
Le bassin de la Koulountou à l'instar des autres unités hydrologiques connaît donc depuis un certain nombre d'années une réduction continuelle et importante des quantités de précipitations qu'il reçoit.

Station de Tambacounda

1919-1991

Evolution interannuelle de la pluviométrie

GRAPH N 15

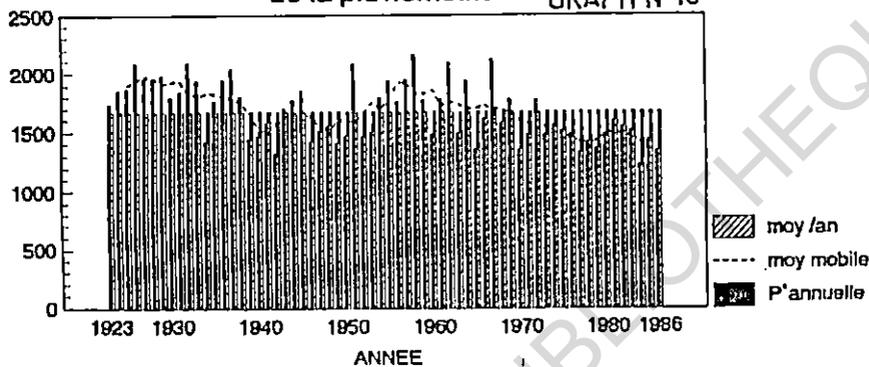


Station de Labé

1923-1986

Evolution interannuelle de la pluviométrie

GRAPH N 16

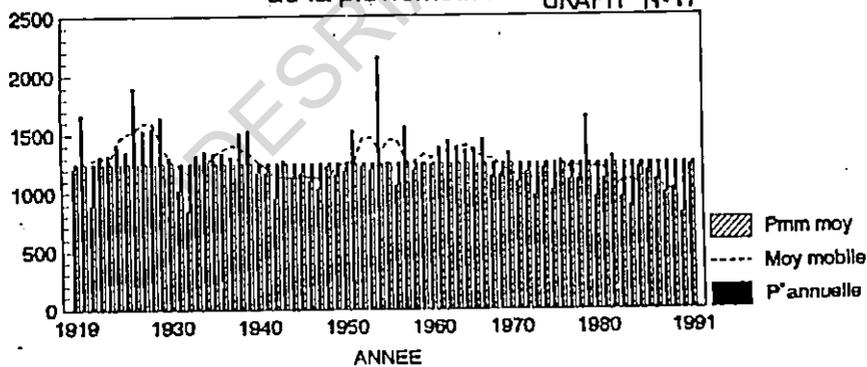


Station de Kédougou

1919-1991

Evolution interannuelle de la pluviométrie

GRAPH N°17

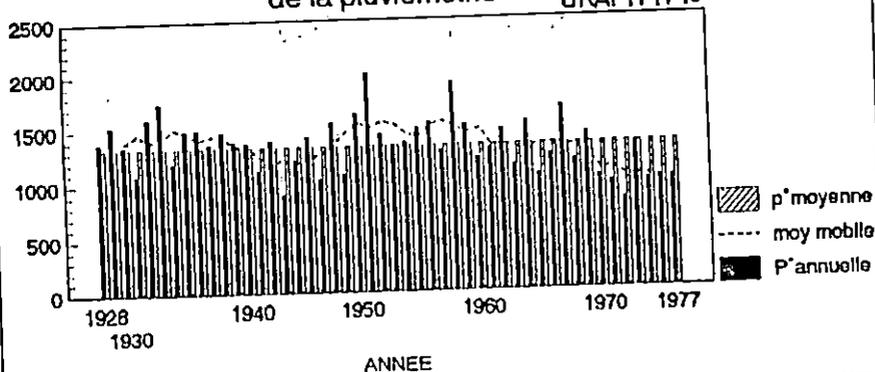


Station de Youkounkoun

1928-1977

Evolution interannuelle de la pluviométrie

GRAPH N°18



c)- La sécheresse climatique récente dans le bassin

Elle sera analysée à travers trois stations de base que sont Tambacounda, Kédougou et Labé. Les critères de choix résident dans la longueur de leur série d'observation, l'homogénéité des données et la faiblesse des lacunes.

L'analyse de la sécheresse en domaine tropical n'est pas aisée du fait de la grande variabilité qui caractérise les modules pluviométriques avec l'alternance d'années excédentaires et déficitaires. Il est donc nécessaire de définir un seuil critique à partir duquel une année peut être considérée comme sèche. La définition de ce seuil permet de relativiser la notion d'année sèche puisqu'une année déficitaire n'est pas forcément une année sèche.

La détermination des quintiles combinées à l'analyse de l'écart moyen dégagé statistiquement fournissent, une indication qui permet de fixer le seuil et l'intensité de la sécheresse en fonction de la durée du déficit à l'échelle pluriannuelle.

c1) - Le principe de la méthode des quintiles

La méthode des quintiles divise la série rangée par ordre croissant en cinq intervalles de valeurs délimités par les bornes Q1, Q2, Q3 et Q4 dont les valeurs s'obtiennent ainsi :

$Q1 = (1/5) * N$ où (1/5) des observations est inférieure à la borne Q1

$Q2 = (2/5) * N$ où (2/5) des observations sont inférieures à la borne Q2

$Q3 = (3/5) * N$ où (3/5) des observations sont inférieures à la borne Q3

$Q4 = (4/5) * N$ où (4/5) des observation sont inférieures à la borne Q4

N = la taille de l'échantillon des valeurs.

Le 1er intervalle regroupe les valeurs très déficitaires TD (inférieurs à Q1)

Le 2ème intervalle intègre les valeurs déficitaires D (comprises entre Q1 et Q2)

Le 3ème intervalle (Q2 - Q3) regroupe les valeurs normales N

Le 4ème intervalle comprend les valeurs excédentaires E (entre Q3 et Q4)

Le dernier intervalle regroupe les valeurs très excédentaires TE (supérieures à Q4)

Q2 est le seuil de déficit à partir duquel une année est sèche. Les valeurs de pluie inférieures à Q2 constituent les années sèches.

BLEAU N°7 : EVOLUTION COMPAREE DE LA PLUVIOMETRIE DANS LE BASSIN

ANNEES	TAMBACOUNDA	KEDOUGOU	LABE	YOUKOUMKOUM
1919	-	+	*	*
1920	*	+	*	*
1921	-	-	*	*
1922	-	+		*
1923	+	+	+	*
1924	-	+	+	*
1925	-	+	+	*
1926	*	+	+	*
1927	-	+	+	*
1928	+	+	+	+
1929	*	+	+	+
1930	+	+	+	+
1931	-	-	+	-
1932	+	-	+	+
1933	+	+	+	+
1934	+	+	-	-

1935	+	+	+	+
1936	+	+	+	+
1937	+	+	+	+
1938	+	+	+	+
1939	+	+	-	+
1940	+	+	-	+
1941	+	-	+	*
1942	+	-	-	-
1943	+	-	+	+
1944	+	+	+	-
1945	-	-	+	-
1946	+	-	-	+
1947	+	-	-	-
1948	-	+	-	+
1949	-	-	-	-
1950	+	+	-	+
1951	+	+	+	+
1952	+	+	-	+
1953	+	+	-	+
1954	+	+	+	+
1955	+	+	+	+
1956	+	-	+	+
1957	+	+	+	-
1958	-	+	+	+
1959	+	+	+	+
1960	+	+	+	-
1961	+	+	+	-
1962	+	+	+	+

1963	+	+	-	-
1964	+	+	+	+
1965	+	+	-	-
1966	+	+	+	-
1967	-	*	+	+
1968	-	-	+	-
1969	+	-	+	+
1970	-	+	-	-
1971	+	-	-	-
1972	-	+	+	-
1973	+	-	-	-
1974	+	+	-	+
1975	+	-	-	-
1976	-	+	-	-
1977	-	-	-	-
1978	-	-	+	*
1979	-	+	+	*
1980	-	-	+	*
1981	-	-	+	*
1982	-	+	+	*
1983	-	-	-	*
1984	-	-	-	*
1985	-	+	-	*
1986	*	+	+	*
1987	-	-	*	*
1988	+	-	*	*
1989	-	-	*	*

1990	-	-	*	*
1991	-	-	*	*

- + : Année humide (valeur supérieure à Q2 seuil de sécheresse, normale, excédentaire, très excédentaire)
 - : Année sèche (valeurs inférieures ou égales à Q2 seuil de sécheresse) déficitaire, très déficitaire ;
 * : Valeur manquante

c.2) - L'écart moyen

Il s'obtient par la formule suivante

$$E.M = \frac{P_i - P_n}{P_n} \times 100$$

E.M. = écart moyen en pourcentage

Pn = Précipitation moyenne de la série considérée

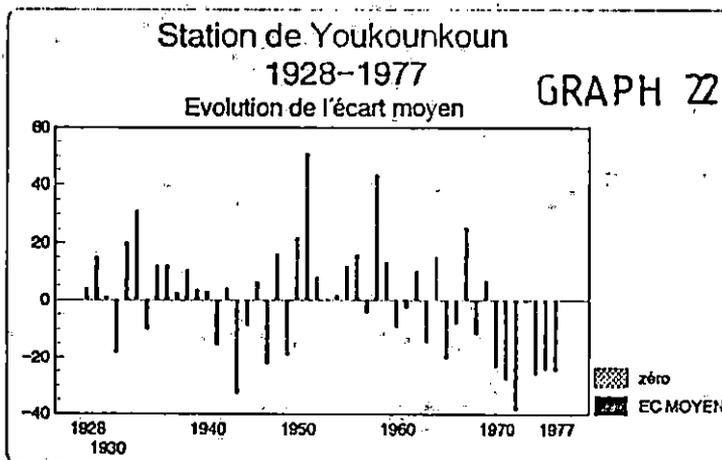
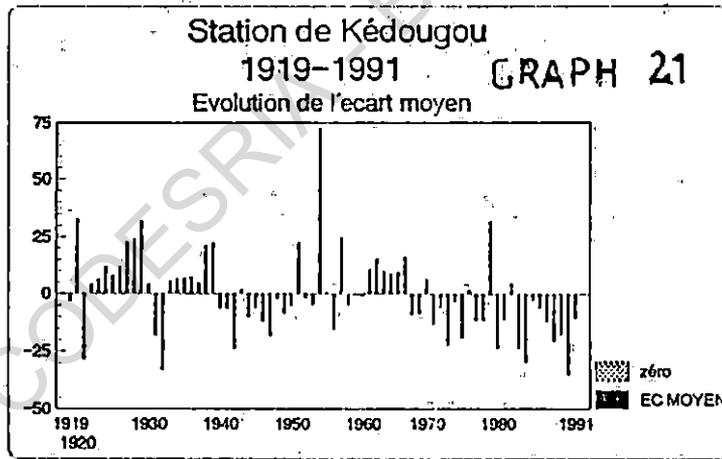
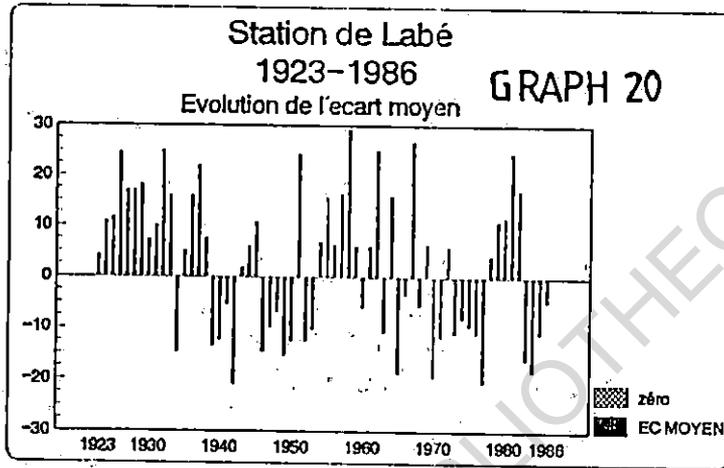
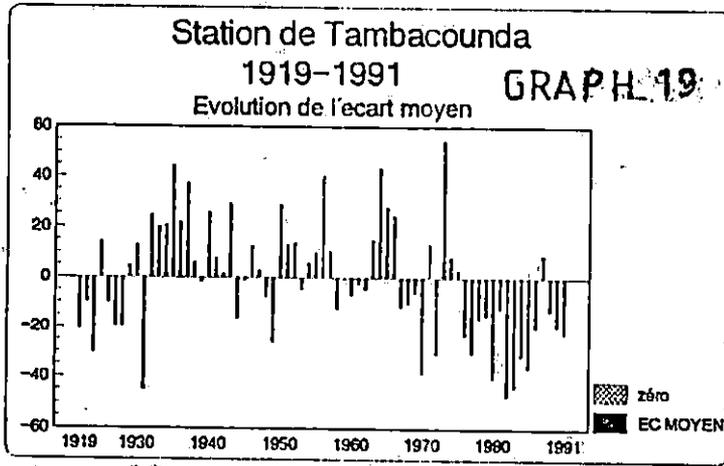
Pi = Précipitation totale de l'année considérée.

La station de Tambacounda (13° 46'N, 13° 41'W, 49 m) observée depuis 1918 connaît un seuil de sécheresse correspondant à un déficit moyen de -7,81 % ce qui représente un écart de -68 mm par rapport à la moyenne 870,6 mm (1919 - 1991).

A Kédougou (12° 34'N, 12° 13'W, 165 m) le seuil de sécheresse qui est de -6,18 % correspond à un écart de -77,3 mm par rapport à la moyenne 1252,4 mm (1919-1991).

A Labé (11° 19'N, 12° 18'W, 1050 m), le seuil critique correspond à un déficit moyen de - 7 % ce qui donne un écart moyen de -116,04 mm. La moyenne de la série étant de 1672,1 mm (1923 -1986).

Les Graphiques N°19, 20, 21 et 22 représentent l'évolution de l'écart moyen aux stations de Tambacounda, Kédougou, Labé et Youkounkoun.



c.3) - L'évolution climatique du bassin

La méthode des moyennes mobiles appliquées aux stations de Tambacounda, Kédougou et Labé observées depuis au moins 63 ans permet de mettre en évidence les tendances générales de l'évolution pluviométrique du bassin de la Koulountou (Graphiques N° 15, 16, 17 et 18).

D'une manière générale, on note une alternance de périodes sèches et humides.

La période 1919 - 1931 correspond à une période à pluviométrie déficitaire à la station de Tambacounda. Cette période sèche renferme trois années excédentaires (1923, 1928, et 1930). Les années les plus sèches sont 1922 et 1931 qui accusent des déficits moyens respectifs de -30,55 % et -45,31 %. Le déficit moyen de la série est de -22,67 % soit -197,43 mm. La période 1932 - 1966 correspond à une période de forte pluviosité et enregistre les plus forts excédents de toute la série. Cette période ne compte que quatre années déficitaires. L'excédent moyen de la période y est de plus 14,91 % soit plus 129 mm.

L'année 1935 enregistre un excédent record de plus 44,27 %. La station de Kédougou enregistre une période excédentaire (1919 - 1939) entrecoupée de trois années déficitaires (1921, 1931 et 1932). L'excédent moyen pour cette station est de 14,75 %. L'année 1926 enregistre un excédent de 51,51 % soit plus 645,11 mm.

La période 1940 - 1949 est déficitaire à Kédougou et elle est suivie d'une période excédentaire qui va de 1950 à 1966.

Pour Labé, on note que de 1923 à 1945 la pluviométrie est excédentaire. Cette période comprend quatre années sèches (1934, 1939, 1940 et 1942). L'excédent moyen pour cette série est de 11,52 % soit 192,63 mm.

La période 1946 - 1953 est déficitaire alors que celle qui va de 1954 à 1969 est excédentaire. Cette dernière période enregistre une pluviométrie excédentaire record en 1958 avec 92,11 % soit 486,76 mm.

Depuis 1968, l'évolution dans le bassin est à la péjoration pluviométrique. Cette période comptabilise les déficits moyens les plus élevés de toutes les séries sauf à Labé où le déficit record est enregistré en 1942 avec -20,93 % soit 349,98 mm.

A Tambacounda, il est relevé en 1982 avec -47,40 % soit un écart moyen de -412,66 mm. A Kédougou, il est noté en 1990 avec -35,52 ce qui représente un écart moyen de -444,85 mm.

c.4) - Caractéristiques et effets de la sécheresse récente

La particularité de la sécheresse récente dans l'évolution pluviométrique du bassin de la Koulountou réside dans sa durée (1968 -1991) soit plus de deux décennies), la profondeur des déficits et la fréquence d'apparition des années déficitaires et sèches où hormis quelques années légèrement excédentaires toutes les autres demeurent déficitaires. Il faut cependant souligner que la sécheresse actuelle est plus marquée dans les domaines soudaniens que guinéen: La conséquence principale de cette sécheresse peut être notée au niveau de l'écoulement où on remarque une baisse importante des quantités d'eau écoulées par la Koulountou. Les étiages seront donc beaucoup plus sévères et les crues moins importantes.

d)- La variabilité spatiale de la pluviométrie

Il s'agit du comportement de la pluie par rapport aux facteurs géographiques que sont la latitude, la longitude et l'altitude.

Les matrices de corrélation de la régression multiple entre la pluie et ces éléments ont montré une évolution composite de la pluie par rapport à ces facteurs.

Les régimes Nord et Sud soudaniens ainsi que le régime Nord guinéen connaissent une évolution positive de la pluie par rapport à la longitude. Plus la longitude augmente plus la pluie croît. Ceci se traduit par une variation positive de la pluie du continent vers la côte.

La latitude et l'altitude évoluent en sens contraire. Plus elles augmentent plus est importante la pluviométrie surtout en régime Nord guinéen où le coefficient de corrélation de l'altitude avec la pluie est de $-0,70$ alors qu'il est de $-0,46$ en régime Nord soudanien. En régime Sud soudanien tout comme en régime Nord Guinéen, la pluie augmente avec l'altitude. Le coefficient de corrélation est de $0,23$.

La longitude fait baisser la quantité d'eau reçue. Les coefficients de corrélation varient en sens contraire de celle-ci.

Au total donc on note que la pluie diminue du Sud vers le Nord et de la côte vers l'intérieur, l'altitude contribuant à l'augmenter (Nord Guinéen).

IV - Estimation de la pluie moyenne et tracé des isohyètes

La lame d'eau moyenne annuelle dans le bassin est déterminée pour les périodes d'étude 1987-1991 pour les domaines soudaniens et 1978-1982 pour le domaine nord guinéen. Des problèmes techniques et de temps nous ont empêché d'utiliser la méthode de Thiessen pour estimer la lame d'eau reçue par le bassin. Ainsi avons nous utilisé la méthode de la régression multiple.

a)- La régression multiple

C'est une méthode d'estimation qui est faite à partir de quatre variables que sont la pluie, la latitude la longitude et l'altitude.

Dans le domaine tropical, la pluie est liée à la latitude du lieu qui traduit l'avancée et la progression du flux de mousson, Vecteur d'eau précipitable du Sud vers le Nord dans l'hémisphère Nord.

Elle est également liée à la longitude qui traduit l'éloignement par rapport à la mer, c'est-à-dire la continentalité ou l'océanité.

Elle est liée enfin à l'altitude qui traduit l'effet de relief qui peut intervenir ou non pour perturber l'ordonnance générale des conditions (A.A. Sow 1984).

L'équation de la régression multiple est

$$Y = Ax_1 + Bx_2 + Cx_3 + D$$

Y = la pluie cherchée en fonction de X1 la latitude, X2 la longitude et X3 l'altitude.

A, B et C sont les coefficients de régression.

D est le terme constant.

La régression est associée à un coefficient de corrélation multiple entre les quatre variables mais aussi à des coefficients de corrélation partiels entre la pluie et les trois autres variables. Cette méthode de régression n'est applicable que pour des stations appartenant à un même domaine climatique. Elle nous a permis de calculer non seulement la lame d'eau moyenne mais aussi d'établir une carte des isohyètes

b)- La lame d'eau moyenne

Dix huit stations pluviométriques nous ont permis de déterminer la lame d'eau moyenne reçue par le bassin.

TABLEAU N°8 : STATIONS DE LA REGRESSION MULTIPLE

	STATIONS	LATITUDE NORD	LONGITUDE OUEST	ALTITU TUDE METRE	LAME D'EAU RECUE	
N	TAMBACOUNDA	13° 46	13° 41	49		
	VELINGARA	13° 09	14° 06	38		
S	NILOLO-KOBA	13° 04	12° 44	62		
	BONCOTO	12° 58	13° 57	42	827,39 mm	
	DIALACOTO	13° 19	13° 18	50		
	MISSIRA	13° 32	13° 31	45		
	KOUNKANE	12° 56	14° 05	33		
S	KEDOUGOU	12° 34	12° 13	165,4		
	MAKO	12° 50	12° 21	80		
	SALEMATA	12° 37	12° 48	120	1 301,53 mm	
S	BAGNOBA	12° 43	12° 33	93		
	BANDAFASSI	12° 25	12° 15	160		
	DAKATELLE	12° 25	12° 40	126		
N	MALY	12° 05	12° 18	1 464		
	LABE	11° 19	12° 18	1 050		
	TOUGUE	11° 26	11° 40	868	1 529,97 mm	
	G	GAOUAL	11° 47	13° 12	100	
		TIANGEL BORI	11° 38	12° 31	669	

N. S. : Domaine Nord Soudanien

S.S. : Domaine Sud Soudanien

N.G. : Domaine Nord Guinéen

Pour le domaine Nord Soudanien l'équation de la régression est

$$Y = -254,13x_1 + 211,55x_2 + 12,20x_3 + 716,22$$

Le coefficient de corrélation multiple est

$$R = 0,89$$

$$CR \text{ lat} = - 0,84$$

$$CR \text{ long} = 0,42$$

$$CR \text{ Alt} = - 0,46$$

$$Y = 827,39 \text{ mm}$$

Pour le domaine Sud Soudanien

$$Y = 334,58x_1 + 467,95x_2 + 1,91x_3 - 9105,25$$

$$R = 0,98$$

$$CR \text{ lat} = - 0,33$$

$$CR \text{ long} = 0,73$$

$$CR \text{ Alt} = 0,23$$

$$Y = 1301,53 \text{ mm}$$

Pour le domaine Nord Guinéen

$$Y = - 93,83x_1 + 82,66x_2 - 0,08x_3 + 1648,79$$

$$R = 0,75$$

$$CR \text{ lat} = - 0,34$$

$$CR \text{ long} = 0,56$$

$$CR \text{ Alt} = - 0,70$$

$$Y = 1529,97 \text{ mm}$$

CR = coefficient de régression.

La lame d'eau moyenne reçue par l'ensemble du bassin est de 1247,61 mm.

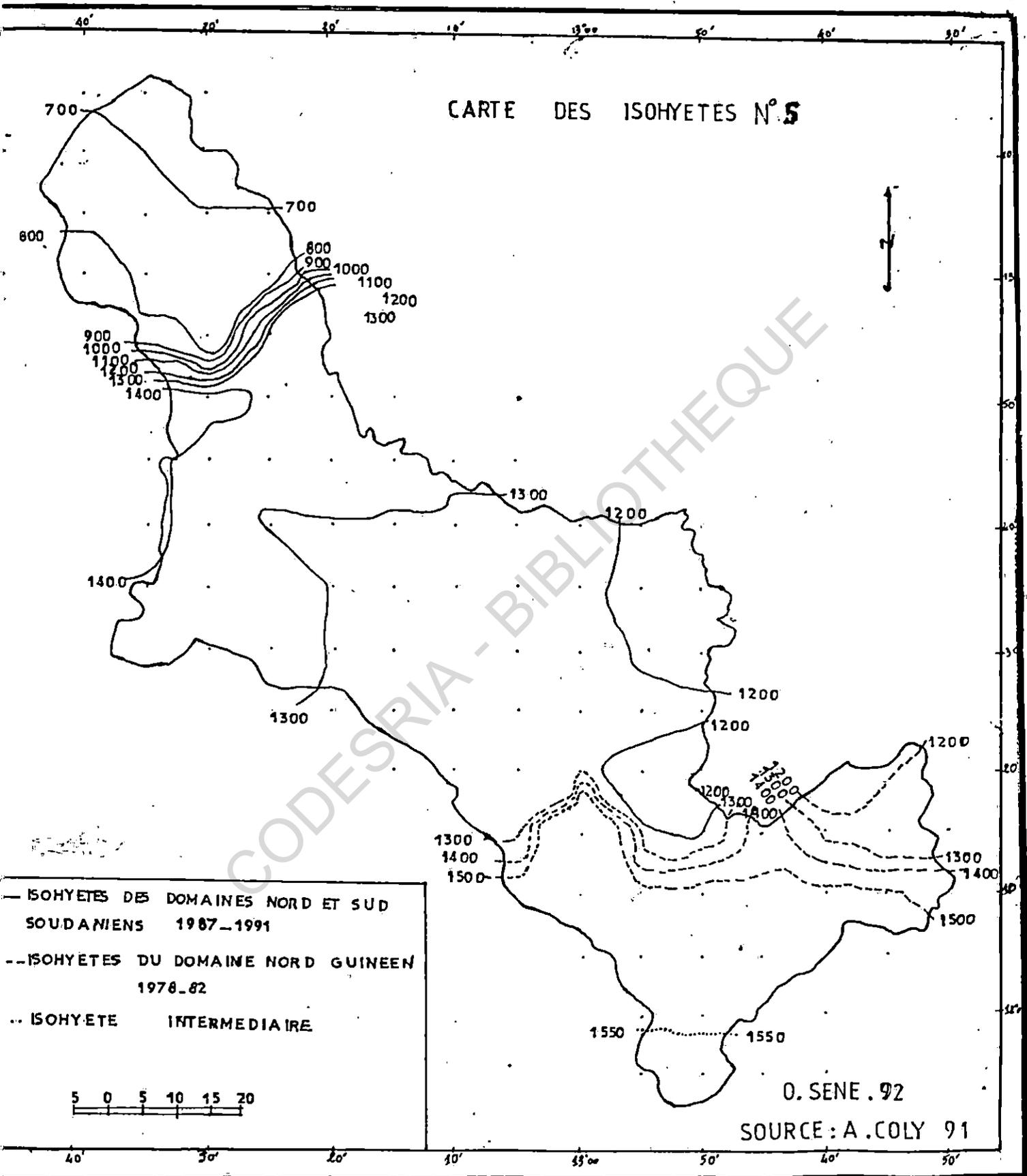
Les lames d'eau des domaines soudaniens ont été calculées pour une période considérée comme relativement pluvieuse ce qui justifie certainement leur importance.

Il faut noter aussi que les périodes d'estimation de la lame d'eau ne sont pas les mêmes pour le Nord Guinéen et celles soudaniennes.

L'indisponibilité des données guinéennes pour la période 1987 - 1991 explique cette option.

Nous avons préféré travailler sur les cinq dernières années de chaque domaine climatique pour voir l'évolution récente de la pluviométrie dans le bassin.

CARTE DES ISOHYETES N°5



CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

O. SENE . 92

SOURCE : A . COLY 91

Le domaine guinéen avec une lame d'eau moyenne de 1529,97 mm participe d'une manière très significative dans le total pluviométrique reçu par le bassin.

La recherche de la lame d'eau moyenne nécessite un carroyage du bassin de la Koulountou. Il consiste en la subdivision de l'ensemble du bassin en plusieurs carreaux dont les centres correspondent à des points qui sont fonction de la latitude, de la longitude et de l'altitude.

Il suffit alors de restituer à chaque point considéré comme une station fictive la pluie qui lui correspond. La moyenne de l'ensemble de la pluviométrie des différents points donne la lame d'eau moyenne tombée dans le bassin.

c)- Tracé des isohyètes

Elles ont été tracées pour la période 1987-1991 dans les domaines soudaniens du bassin et pour la période 1978 - 1982 dans la partie guinéenne. Elles décroissent du Sud vers le Nord (Carte N°5).

On note un resserrement des isohyètes situées à cheval entre les domaines soudaniens. Le domaine guinéen est dominé par l'isohyète 1500 mm. Le rapprochement des isohyètes qui caractérise la transition entre le domaine Nord Guinéen et les régimes Soudaniens s'explique par la différence des séries utilisées dans la régression multiple.

Dans le domaine soudanien, l'isohyète 1400 mm se situe à l'extrême ouest du bassin au dessus du plateau du Badiar.

L'isohyète intermédiaire 1550 mm se trouve à l'extrême Sud de notre bassin dans la partie guinéenne.

V)- Les pluies fréquentielles

Leur étude nous permet de déterminer les précipitations des années sèches et des années humides mais aussi de calculer la durée de retour de certaines valeurs de précipitations et le coefficient d'irrégularité K3 qui est donné par le rapport entre la pluie décennale humide et la pluie décennale sèche.

$$K_3 = \frac{P_f 0,90}{P_f 0,10}$$

TABLEAU N°9 : PLUIE FREQUENTIELLES DUREE DE RETOUR T ET

COEFFICIENT D'IRREGULARITE

STATIONS		TAMBACOUNDA GUMBEL M.	KEDOUGOU GAUSS	YOUKOUNKOUN GUMBEL M.	LABE GUMBEL M.
LOIS					
T	F	NORD SOUDANIEN	SUD SOUDANIEN	SUD SOUDANIEN	NORD SOUDANIEN
1/100	0,01	521,5	709,6	861,9	1 316,8
1/50	0,02	547,4	773,7	894,5	1 347,4
1/20	0,05	589,8	869,8	947,7	1 397,5
1/10	0,10	631,7	955,2	1 000,2	1 446,9
1/5	0,20	688,6	1 058,6	1 071,6	1 514,1
ECART TYPE		203,8	236,7	255,6	240,5
MOYENNE		856,1	1 256,5	1 281,6	1 711,7
COEFFICIENT D'IRREGU- LARITE		1,77	1,63	1,61	1,39
1/5	0,80	1 002,8	1 454,3	1 465,6	1 884,8
1/10	0,90	1 122,1	1 557,7	1 615,3	2 025,6
1/20	0,95	1 236,5	1 643,2	1 758,8	2 160,7
1/50	0,98	1 384,7	1 739,3	1 944,6	2 335,5
1/100	0,99	1 495,7	1 803,4	2 083,9	2 466,5

L'ajustement des données annuelles introduites dans le logiciel DIXLOI nous donne des valeurs récurrentielles probables.

Il suffit de noter les récurrences correspondant aux fréquences que nous avons choisies au préalable et pour la loi

considérée comme la meilleure. A Tambacounda le maximum pluviométrique enregistré entre 1919 et 1991 est de 1343,6 mm en 1973.

La durée de retour de ce maximum est proche de la cinquantennale humide qui est de 1384,7 mm.

Le minimum reçu par la station (457,9 mm en 1982) est proche de la bicentennale sèche qui est de 499,2 mm pour une fréquence de 0,005.

A Kédougou, le maximum est enregistré en 1954 avec 2160,1 mm. Il est exceptionnel car sa durée de retour dépasse les cent années. Le minimum qui est de 807,5 mm arrive en 1990 et n'est pas très éloigné de la vincennale sèche qui est de 869,8 mm.

Youkounkoun a eu son maximum en 1951 avec 2001 mm. Sa durée de retour est proche de la centennale humide qui est de 2083,9 mm.

Le minimum qui arrive en 1973 avec 816 mm avoisine la bicentennale sèche qui est de 834,03 mm pour une fréquence de 0,005.

Le maximum de la station de Labé pour la période 1923 - 1986 est en 1958 avec 2159 mm ce qui voisin de la vicennale humide qui est de 2160,7 mm. Le minimum a été obtenu en 1984 avec 1227,6 mm.

Il est légèrement inférieur à la bicentennale sèche qui est de 1290,5 mm.

Cette étude fréquentielle des pluies est importante car elle confirme la période d'atténuation de la sécheresse de 1968 à 1991 où excepté l'année 1973 à Tambacounda aucune autre année n'a enregistré un maximum pluviométrique.

Les coefficients K3 calculés pour les quatre stations vont croissant du Sud vers le Nord soulignant ainsi l'irrégularité des pluies de l'amont vers l'aval.

CHAPITRE III : LES FACTEURS THERMIQUES ET LEUR VARIABILITE

Ils agissent dans le bassin par l'action de la température et de ses phénomènes induits que sont l'évaporation, l'évapotranspiration et l'humidité relative.

Ils ont une influence déterminante sur l'écoulement.

A)- Les températures

L'analyse des températures sera faite à travers les valeurs caractéristiques des moyennes mensuelles et annuelles à Tambacounda et Kédougou pour la période 1980 - 1991 et à Labé pour 1971 - 1980.

Elles sont exprimées à travers la T_n , T_x , T_m , A_m , A_{mc} et contribuent au déficit de l'écoulement.

T_x : la moyenne mensuelle des températures maximales journalières.

T_n : la moyenne mensuelle des températures minimales journalières.

T_m : la température moyenne mensuelle obtenue du rapport.

$$T_M = \frac{T_X + T_N}{2}$$

A_m : l'écart diurne, c'est la différence entre T_x et T_n .

A_{mc} : amplitude thermique annuelle. C'est la différence entre la T_m du mois le plus chaud et la T_m du mois le plus froid.

Le Tableau N°10 figure l'ensemble de ces paramètres thermiques pour les trois stations synoptiques de l'étude représentant les différents domaines climatiques du bassin. L'amplitude thermique annuelle à Tambacounda est de 8°C. Elle est

TABLEAU N°10 : LES PARAMETRES THERMIQUES

STATIONS		AN	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
TAMBACOUNDA 1980 - 1991	Tx	35,6	33,2	36,1	38,6	40,5	40,0	36,3	32,9	31,7	32,7	35,7	36,7	33,7
	Tn	22,3	17,9	20,2	22,9	25,5	26,7	25,5	23,5	23,0	22,6	22,6	19,7	17,6
	Tm	28,9	25,4	28,1	30,8	33,0	33,4	30,9	29,0	27,4	27,6	29,2	28,2	25,6
	Am	13,3	15,3	15,9	15,7	15	13,3	10,8	9,4	8,7	10,1	13,1	17	16,1
KEDOUGOU 1980 - 1991	Tx	35,0	33,9	36,6	38,7	40,2	38,9	34,8	31,5	31,3	32,0	33,7	35,0	33,8
	Tn	21,7	18,4	20,0	23,7	24,4	26,4	24,1	22,3	21,8	21,6	21,7	19,8	17,2
	Tm	28,5	26,0	28,3	31,4	33,3	32,7	29,5	26,9	26,4	26,8	27,8	27,4	25,5
	Am	13,2	15,5	16,6	15	15,8	12,5	10,7	9,2	9,5	10,4	12	15,2	16,6
LABE 1971 - 1980	Tx	28,6	29,4	31,0	32,3	32,4	30,5	27,6	25,7	25,2	26,0	27,1	28,2	27,6
	Tn	14,7	9,9	11,0	13,8	16,8	17,5	17,4	17,6	17,5	16,8	16,1	12,2	9,4
	Tm	21,6	19,6	21,0	23,1	24,6	24,0	22,5	21,7	21,3	21,4	21,6	20,2	18,5
	Am	13,9	19,5	19,9	18,4	15,6	13,0	10,2	8,0	7,7	9,1	10,9	18,2	13,9

de 7,8°C à Kédougou et 6,13°C à Labé. Nous ne disposons pas des données thermiques récentes de Labé, c'est ce qui nous amène à reconduire celles de la période 1971 -1980.

Les Graphiques N°23, 24 et 25 montrent une évolution semblable des températures maximales au niveau des trois stations.

Les maxima principaux se situent en Avril tandis que les maxima secondaires se localisent au mois de Novembre.

Les minima principaux se trouvent au mois d'Août et les minima secondaires en Décembre.

Les Tx ont donc une évolution bimodale. Les températures maximales sont croissantes du Sud vers le Nord. Les valeurs fortes sont enregistrées à Tambacounda et à Kédougou.

Les températures minimales moyennes Tn ont une évolution unimodale pour toutes les stations. Elle consacre des maxima et des minima qui s'installent de manière différente. Le maximum est à Tambacounda et à Kédougou au mois de Mai. A Labé il se situe au mois de Juillet. Les minima des Tn sont enregistrés en Décembre pour les trois stations.

L'étude des températures minimales dénote de leur variabilité Nord-Sud et montre les valeurs particulièrement faibles de Labé qui s'expliquent par sa situation en altitude (1025 mm).

B)- Les régimes thermiques

L'analyse de l'évolution des températures moyennes à travers les courbes montre leur variation bimodale et permet d'identifier trois régimes thermiques.

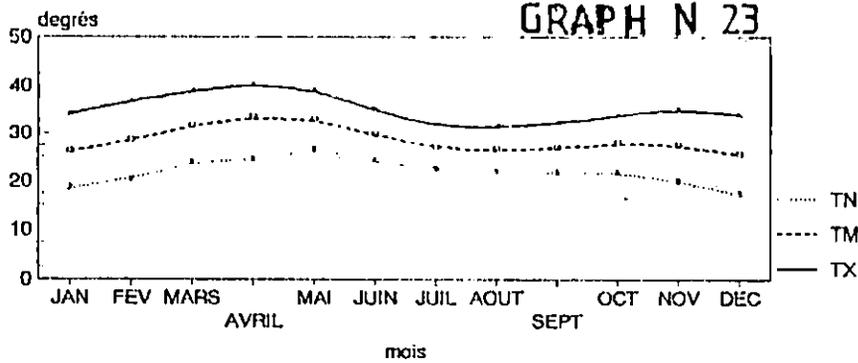
Les maxima principaux se placent en avril sauf pour Tamba où ils se situent en Mai. Les minima principaux de même que les maxima et minima secondaires sont relevés pendant les mêmes mois (Août, Octobre et Décembre).

Les régimes varient selon les facteurs géographiques locaux (altitude, longitude, altitude et micro-climats).

Labé représente la nuance Nord Guinéenne caractérisée par les conditions biogéographiques et pluviométriques favorables

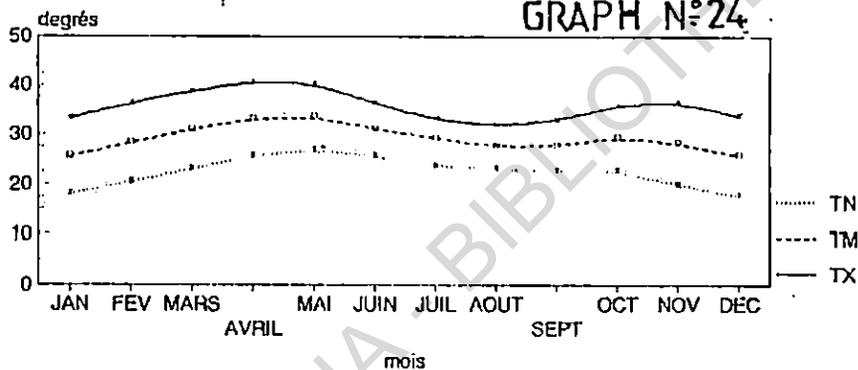
Station de Kédougou

1980-1991

Evolution des températures moyennes
mensuelles

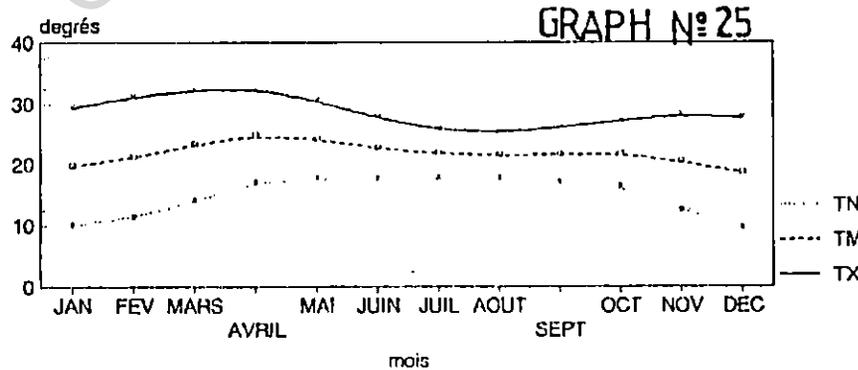
Station de Tambacounda

1980-1991

Evolution des températures moyennes
mensuelles

Station de Labé

1971-1980

Evolution des températures moyennes
mensuelles

et par une altitude élevée. Les températures sont généralement basses (21,6°C de moyenne annuelle). Les écarts diurnes sont élevés de Novembre à Mai mais diminuent fortement de Juin à Octobre.

L'amplitude thermique annuelle est de 6,13 °C à Labé. Le régime Sud Soudanien dont Kédougou est la station type est caractérisé par une saison sèche qui est fraîche entre Décembre et Février. L'augmentation des températures de Mars à Juin s'explique par la continentalité de la station qui influe sur les masses d'air reçues.

L'arrivée de la pluie fait baisser les températures surtout au moment des maxima pluviométriques.

La station de Tambacounda est le modèle type du régime à nuance Nord Soudanienne. Elle est caractérisée par une saison sèche fraîche qui va de Décembre à Février. De Mars à Juin les températures moyennes sont relativement élevées car elles varient entre 30 et 33,4°.

Les fortes pluies de Juillet, Août et Septembre provoquent une chute des températures et déterminent un minimum secondaire en Août avec 27,4°C.

Le maximum secondaire des Tm est enregistré en fin de saison pluvieuse au mois d'Octobre avec 29,2°C. Les écarts diurnes sont faibles pendant l'hivernage alors que l'amplitude thermique annuelle est de 7,8°C et la moyenne annuelle de 28,9°C.

Les températures moyennes sont généralement fortes au niveau des différents régimes du bassin versant. Elles varient de manière presque analogue mais sont fortement nuancées par les conditions géographiques locales. Les valeurs fortes recensées surtout en saison sèche vont favoriser le déficit de l'écoulement par l'évaporation et l'évapotranspiration potentielle. En hivernage les températures sont atténuées par l'état hygrométrique de l'air. C'est ce qui explique qu'elles prennent des valeurs relativement faibles.

C)- Evaporation (E.T. et Evapotranspiration
Potentielle (E.T.P.) et Humidité relative

1°)- Evaporation et Evapotranspiration Potentielle

L'évaporation est un phénomène physique de transformation de l'eau en gaz et en vapeur. Elle s'exerce sur tous les types d'eau sauf les nappes souterraines. Elle a été mesurée avec l'évaporomètre piche. Les valeurs que nous avons obtenues proviennent des stations de Tambacounda, Labé, et Kédougou.

L'évapotranspiration potentielle a été calculée à partir de la formule de penman pour la période 1980 - 1991 pour les stations soudanaises et 1971 - 1980 pour Labé.

Cette formule traduit mieux la réalité climatique.

Le maximum de l'évaporation est atteint en Mars à Labé et à Tambacounda. Il est enregistré en Avril à Kédougou. Le maximum de l'E.T.P. intervient en Mai aux deux stations soudanaises alors qu'il est en Mars à Labé (Tableau N°11).

Ce sont les températures maximales (Tx) très élevées entre Mars et Mai qui expliquent le pouvoir évaporant important pendant le début de l'hivernage.

Les minima de l'évaporation et de l'E.T.P. coïncident avec les maxima de l'humidité relative et de la pluviométrie. C'est une période au cours de laquelle le pouvoir évaporant de l'air est limité par les phénomènes induits de la pluviométrie (masse nuageuse, saturation de l'air etc.)

L'évaporation et l'évapotranspiration varient suivant les domaines climatiques et suivant les saisons (Graphiques N°26, 27 et 28).

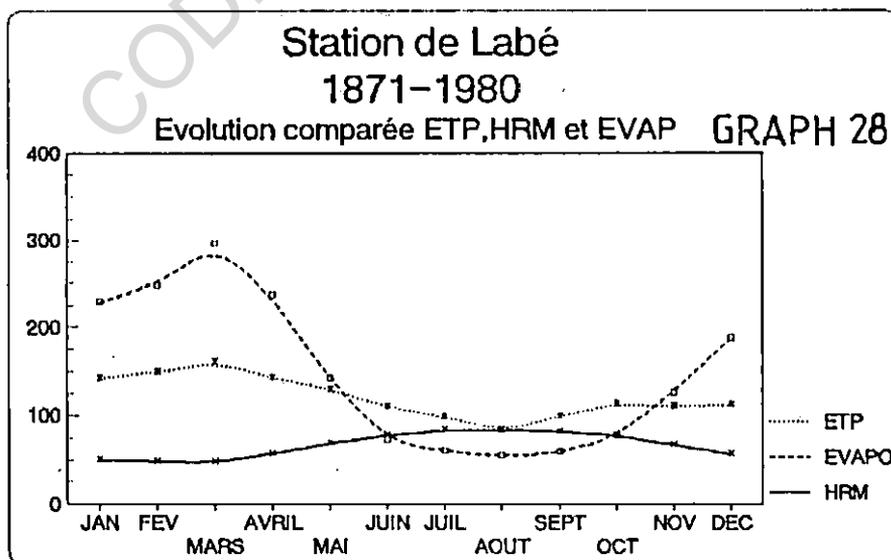
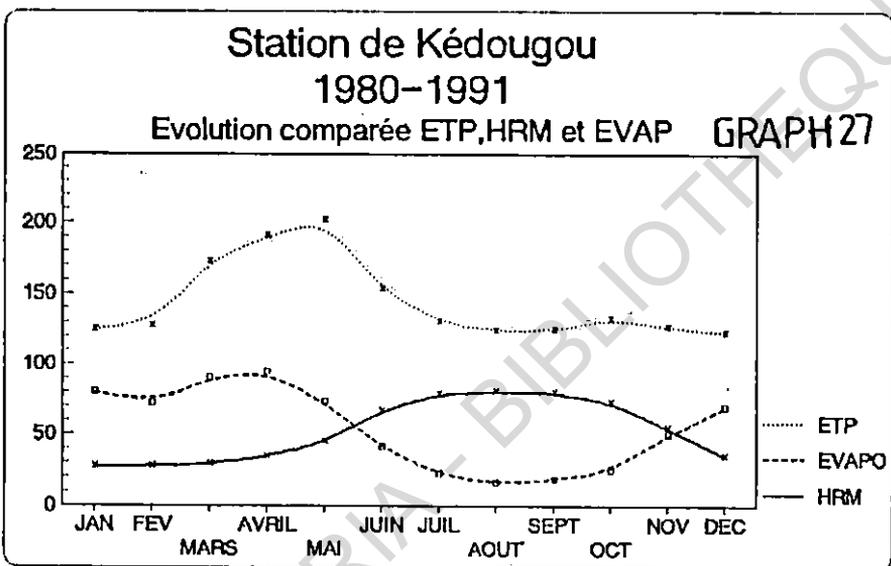
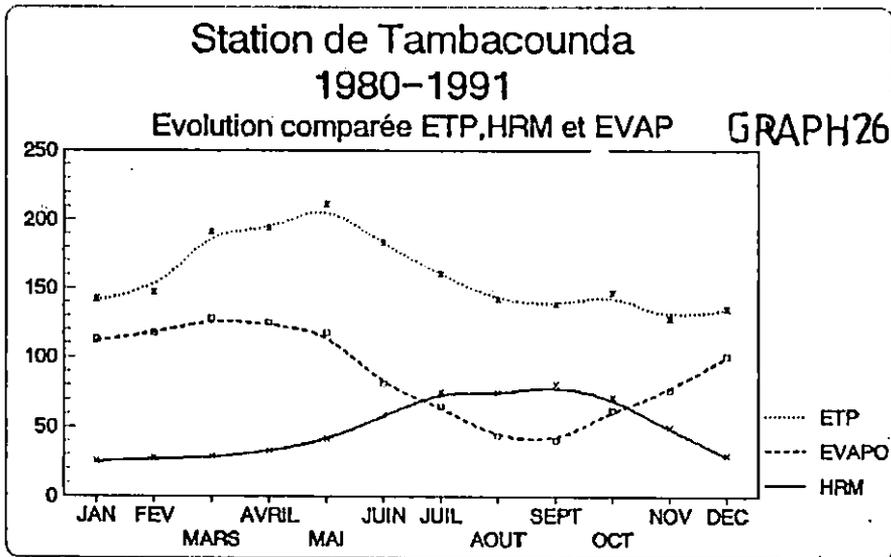
L'E.T.P. intervient de manière permanente surtout en milieu chaud. En saison sèche, elle est très élevée à cause de l'augmentation des températures tandis qu'elle diminue sensiblement durant la saison des pluies. Elle est aussi liée à d'autres facteurs climatiques limitants comme l'humidité relative

TABLEAU N°11 :

EVAPORATION PICHE, R.T.P., H.R.M.

STATIONS		JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE	AN
		R	111	116	127	123	116	80	63	42	39	61	75	99
KAMBACOUNDA	KTP	141	146	190	193	210	182	159	141	137	145	126	133	159
1980 - 1991	HRM	24	26	27	31	40	57	74	73	79	70	48	28	48
KEDOUGOU	R	79	71	89	93	72	40	21	15	17	24	48	68	53
1980 - 1991	KTP	124	127	172	190	201	153	130	123	124	132	126	122	144
	HRM	26	26	28	33	44	66	78	80	79	72	54	34	52
LABBÉ	R	227	246	295	234	140	71	59	53	57	76	124	186	147
1971-1980	KTP	141	148	160	142	128	108	97	82	98	112	109	111	120
	HRM	49	47	46	56	68	77	83	83	81	77	66	56	66

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE



et la vitesse des vents.

L'évaporation et l'évapotranspiration constituent des éléments de déficit de l'écoulement surtout dans les domaines soudaniens du bassin versant où le potentiel en eau faible contraste avec une E.T.P. forte qui réagit en saison sèche lors des périodes d'étiage.

Les valeurs fortes de l'évaporation à Labé s'expliquent non pas par les températures mais par le volume d'eau disponible dans ce domaine à forte pluviométrie et aussi par le type d'appareil utilisé pour les relevés d'évaporation piche.

2*)- L'humidité relative

Elle est plus importante en saison des pluies qu'en saison sèche et du Sud vers le Nord.

Les minima se placent en saison sèche : Janvier pour Tamba, Janvier - Février, pour Kédougou et Mars pour Labé.

Janvier et Février représentent les mois où le taux hygrométrique de l'air diminue dans les régimes soudaniens en raison de la position très méridionale du F.I.T. Par contre Mars est le mois de transition où le F.I.T. n'est pas encore installé et où les températures sont élevées à Labé.

Les maxima se situent en Juillet et Août à Labé, en Septembre à Tambacounda et en Août à Kédougou au maximum de la mousson (Graphique N°26, 27 et 28).

L'humidité relative quand elle est forte, réduit le pouvoir évaporant de l'air et de ce fait l'évaporation. Elle constitue donc un atout majeur pour l'écoulement.

L'évaporation et l'évapotranspiration potentielle en liaison avec les températures participent au déficit du bilan hydrologique surtout en saison sèche. Ce déficit se traduit par un faible ruissellement de l'eau précipitée. Les possibilités de recharge des nappes deviennent faibles et celles-ci sont incapables de soutenir les débits d'étiage.

DEUXIEME PARTIE : LE REGIME
MOYEN DE L'ECOULEMENT ET SA
VARIABILITE

A la suite de l'étude des facteurs physiques et climatiques du bassin versant de la Koulountou, nous analyserons dans cette deuxième partie le régime moyen annuel. Cette étude du régime moyen sera précédée de la présentation du réseau hydrométrique et de la critique statistique des données fournies par les stations retenues.

KOULOUNTOU
Réseau hydrographique
et
hydrométrique

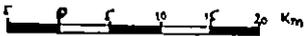
SENEGAL

GUINEE

Légende

- station hydrométrique
- - - limite du bassin versant
- écoulement permanent
- → écoulement temporaire
- + + limite d'Etats

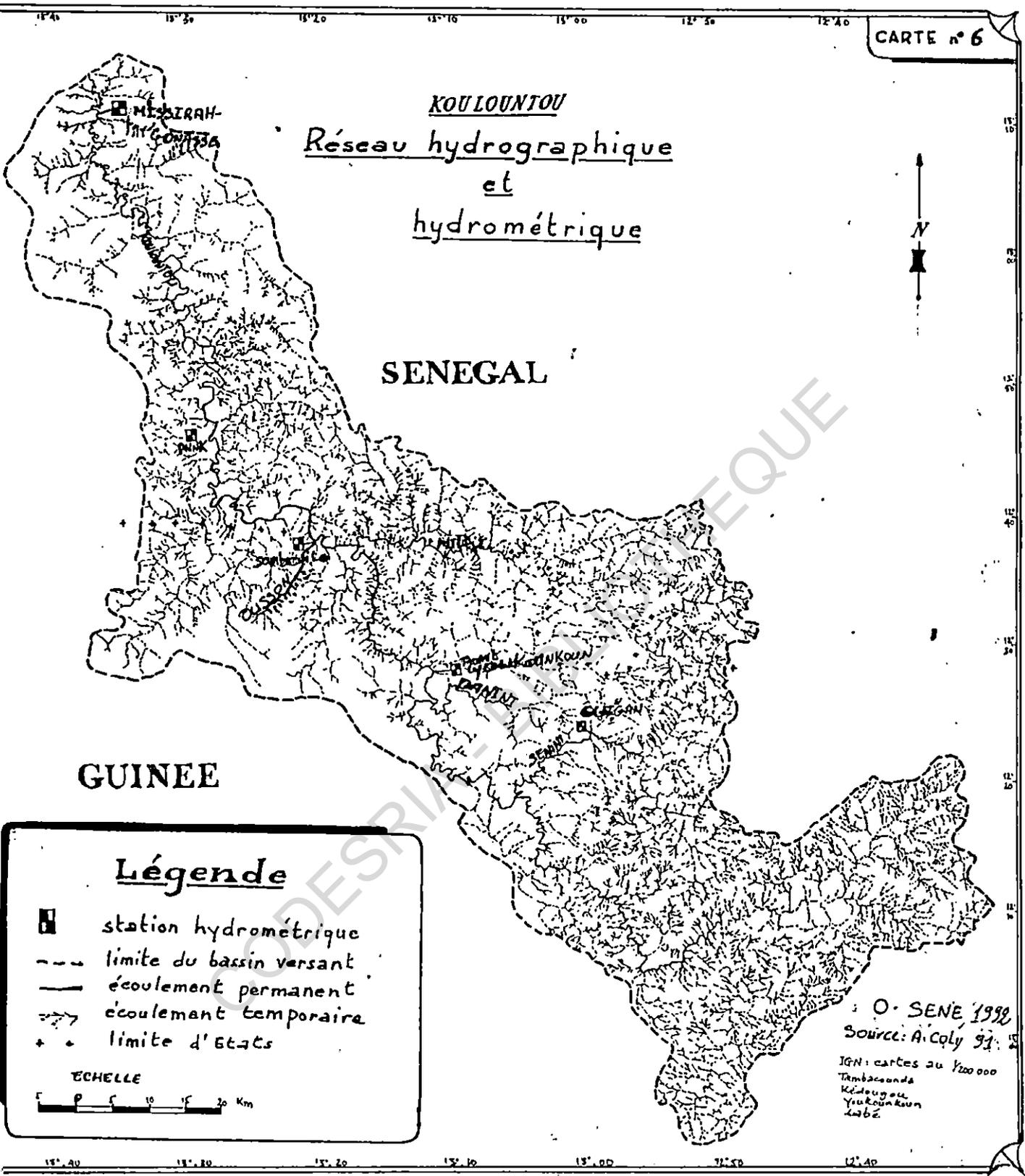
ECHELLE



O. SENE 1998

Source: A. Coly 91

IGN: cartes au 1/200 000
Tambacounda
Kédougou
Yakoumbou
Lobé



CHAPITRE I : LE RESEAU HYDROMETRIQUE, L'ETAT DES DONNEES ET LA CRITIQUE STATISTIQUE DES RELEVES

Le réseau hydrométrique de la Koulountou est assez dense mais les différentes stations installées dans des zones d'accès difficile souffrent d'un manque de suivi surtout la partie guinéenne du bassin.

A)- Le réseau hydrométrique et l'état des données

Le bassin versant de la Koulountou est équipé de cinq stations hydrologiques qui donnent les relevés de la hauteur d'eau. Deux sont installées sur les affluents (sénini et Ousson) et les trois autres sont sur le cours principal dont Missirah-Gonasse qui contrôle tout le bassin (Carte N°6).

De l'amont vers l'aval nous distinguons les stations du haut et moyen bassin toutes situées en Guinée de celles du bassin inférieur situées au Sénégal.

I - LES STATIONS HYDROMETRIQUES DU BASSIN SUPERIEUR ET MOYEN DE LA KOULOUNTOU

Ce sont les stations de Guingan sur la sénini, de Youkounkoun au pont routier de Koundara et de Sambaïlo sur l'Ousson.

Elles se caractérisent par le manque de relevés hydrologiques. Les rapports de mission de l'O.R.S.T.O.M. en Guinée pour les besoins de l'O.M.V.G. nous permettent de faire une présentation des échelles des lectures et même des jaugeages au niveau de ces différentes stations (tableau n° 12).

1°)- La station de Guingan sur la Sénini

Elle est située à 12° 23'N et 12° 58'W et contrôle un bassin versant de 395 km². Elle est équipée d'une échelle limnimétrique de quatre éléments d'un mètre, complétée par la pose d'un limnigraphe en Juillet 1983. Les relevés sont de

TABLEAU N° 12 : LISTE DES STATIONS HYDROMETRIQUES

STATIONS	LAT	LONG	ALT DU ZERO DE L'ECHELLE	P	SUP	J	H	ECHELLE	D.C.
GUINGAN SENIMI	12° 23	12° 58	-	G	395	19	HCM	Lim LIM	1961
YOUKOUNKOUN PONT KOULOUNTOUH	12° 18	13° 10	42	G	2 540	54	HCM	Lim LIM CHLOE	1978
SAMBALLO OUSSON	12° 47	13° 20	-	G	-	13	HCM	Lim	1978
GUE P.N.H.K. KOULOUNTOUH	12° 47	13° 29	12,79	S	5 350	40	HCM	Lim LIM	1972
MISSIRAH GOMASSE KOULOUNTOUH	13° 12	13° 37	1,85	S	6 200	124	HCM	LIM	1970

SOURCE : O.R.S.T.O.M.

J : Nombre de Jaugeages

S : SENEGAL

SUP : Superficie contrôlée

G : GUINEE

Lat : Latitude Nord

Lim : Limnimètre

Long : Longitude Ouest

LIM : Limnigraphe

Alt : En mètres du zéro de l'échelle

HCM : Hauteur En CM

D.C. : Date de création

P : Pays

Echelle : Type d'appareil.

H : Hauteur d'eau en CM

qualité médiocre et, auraient même cessé. Deux lectures journalières s'y font depuis 1981.

2°)- La station de Youkounkoun au pont routier de Koundara

Elle se situe sur le cours principal de la Koulountou à 13 km de Koundara. C'est la station la plus en amont sur la rivière.

Elle est située aux coordonnées 12° 28'N et 13° 10'W et contrôle près de 39,56 % du bassin total de la Koulountou soit 2540 km².

Ouverte en 1978 par l'installation de mires limnimétriques, la station connut successivement la pose d'un limnigraphe OTTX 42 puis d'une centrale "chloe" avec piles solaires en Juin 1986. Il existe aussi un câble gradué avec treuil pour la lecture en période de hautes eaux. Les lectures de hauteurs limnimétriques ont commencé en 1979 et sont de qualité moyenne.

3°)- L'Ousson à Sambaïlo

L'Ousson est un affluent de la Koulountou ; il descend du mont Badiar. Son débit est contrôlé à Sambaïlo (12° 40'N - 13° 20'W) par une station équipée d'une échelle limnimétrique à deux éléments: 0-1 et 1-2 m. La station a été créée en 1978.

II - LES STATIONS DU BASSIN INFÉRIEUR

Elles sont au nombre de deux, sont toutes situées au Sénégal et sont installées sur le bras principal. Il s'agit des stations du P.N.N.K. et de Missirah-Gonasse.

1°)- La Koulountou au GUE du P.N.N.K. (Parc National de Niokolo-koba)

C'est la première station en aval de la frontière entre le Sénégal et la Guinée. Elle couvre un bassin versant de 5350 km² soit 83,32% des 6421 km² du bassin total. Elle se situe à 12° 47'N et 13° 29'W et s'élève à 12,79 m d'altitude. L'échelle de onze mètres en tôle émaillée installée depuis sa création en Juin 1972 a été remplacée en 1974 puis en 1976 par un limnigraphe en raison de la fermeture des pistes d'accès et du poste de garde pendant la saison des pluies. La station est située en rive gauche au Gué de la piste du Parc de Niokolo-koba.

Les lectures ont cessé depuis quelques années à cause du manque d'air comprimé pour le fonctionnement de l'enregistreur.

Cinq années seulement sont complètes les autres renfermant beaucoup de lacunes.

2°)- La station de Missirah-Gonasse

Elle est située en rive gauche à proximité du village de Missirah-Gonasse, au niveau du Gué qui mène au Parc National de Niokolo-koba. La station se localise au point 13° 12'N et 13° 37'W à 1,85 m du zéro de l'échelle et à 8 km de la confluence. Elle est exutoire à un bassin versant de 6200 km² et a fait l'objet de cent vingt quatre mesures de débit (Tableau N°12) qui ont donné la courbe d'étalonnage (Graphique N°29).

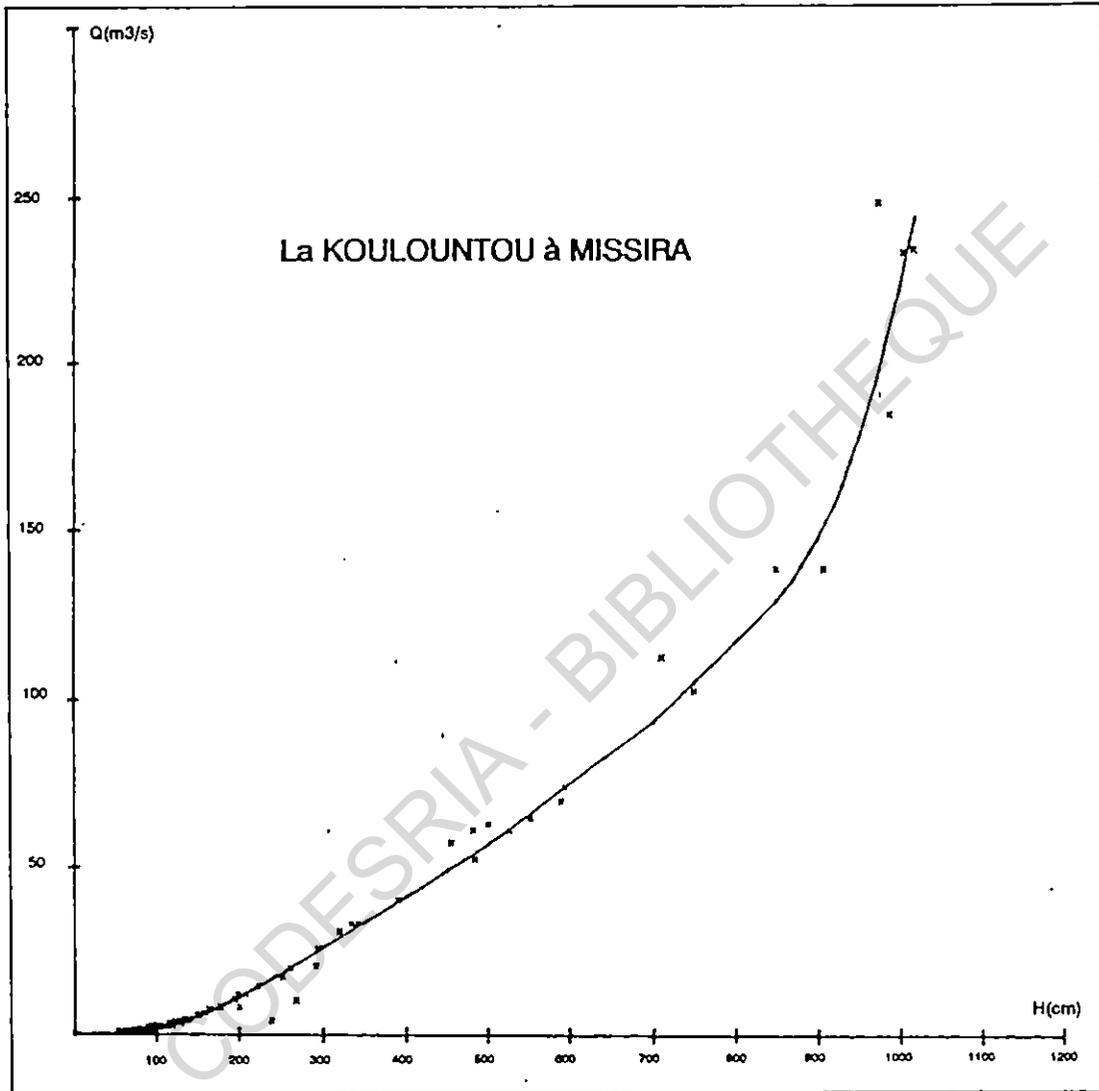
L'échelle de lectures biquotidiennes a été installée depuis 1970 et comprend quinze éléments dont un des maxima. L'élément 1-2 m doit être changé puisqu'il se rouille.

La dispersion des côtes est faible jusqu'à Hcm = 300 mais au delà les remous affectent sensiblement les jaugeages".

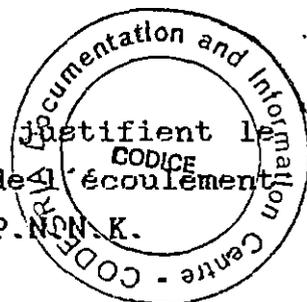
L'influence du fleuve Gambie sur les débits explique l'installation des échelles à 8 km de la confluence. En effet à ce niveau les pentes faibles permettent la remontée des flots de la confluence vers l'amont.

Courbe d'étalonnage

Grap. 29



Les lectures sont de bonne qualité et justifient le choix de cette station pour l'étude des modalités de l'écoulement de la Koulountou à côté de la station du Gué du P.N.N.K.



B)- Critique statistique des données hydrométriques

Les données hydrométriques nous ont été transmises par l'O.R.S.T.O.M. qui les a reçues directement de la brigade hydrologique de Tambacounda. Elles nous permettront d'étudier les différents paramètres tels que les modules moyens annuels, les modules fréquentiels, le régime moyen, les débits maximums journaliers, les débits minimums journaliers.

L'obtention des débits instantanés nous permettra de calculer la puissance des crues.

La critique statistique des données se justifie par la mauvaise qualité des relevés de certaines années surtout pour la station du Gué.

Elle consiste à l'homogénéisation des données au comblement des lacunes et à la recherche des lois de distribution des modules par ajustement.

Nous n'avons pas essayé d'homogénéiser les modules par la méthode des doubles cumuls des deux stations du Gué et de Missirah-Gonasse car la première citée a une série très courte (cinq années complètes seulement). Nous les avons donc considérées telles qu'elles.

La station du Gué du P.N.N.K. a une série qui va de 1974 à 1987.

Sur les 14 années qui composent cette série, cinq années seulement sont complètes (1979, 1980, 1983, 1984 et 1985).

Le nombre élevé d'années lacunaires au niveau de cette station s'explique par l'inaccessibilité de celle-ci pendant l'hivernage.

La station de Missirah-Gonasse dispose d'une série qui s'étend de 1970 à 1991 soit 21 ans dont trois années incomplètes (1970, 1986 et 1990).

Le nombre d'années lacunaires à combler pour la station

du Gué est supérieur aux deux tiers de la série ce qui nous empêche d'effectuer cette opération.

La recherche d'une loi de distribution grâce au logiciel DIXLOI nous montre que la loi de GAUSS est la meilleure.

A partir de cette loi, nous allons dégager pour diverses fréquences de retour les débits fréquentiels annuels en période sèche et humide, leur durée de retour ainsi que le coefficient (k3) d'irrégularité.

Il n'est pas possible de rechercher une loi de distribution des données hydrométriques pour la station du Gué du P.N.N.K. en raison du nombre limité d'années complètes.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

KOULOUNTOU : SHEMATISATION DU
Réseau hydrographique
et
hydrométrique

SENEGAL

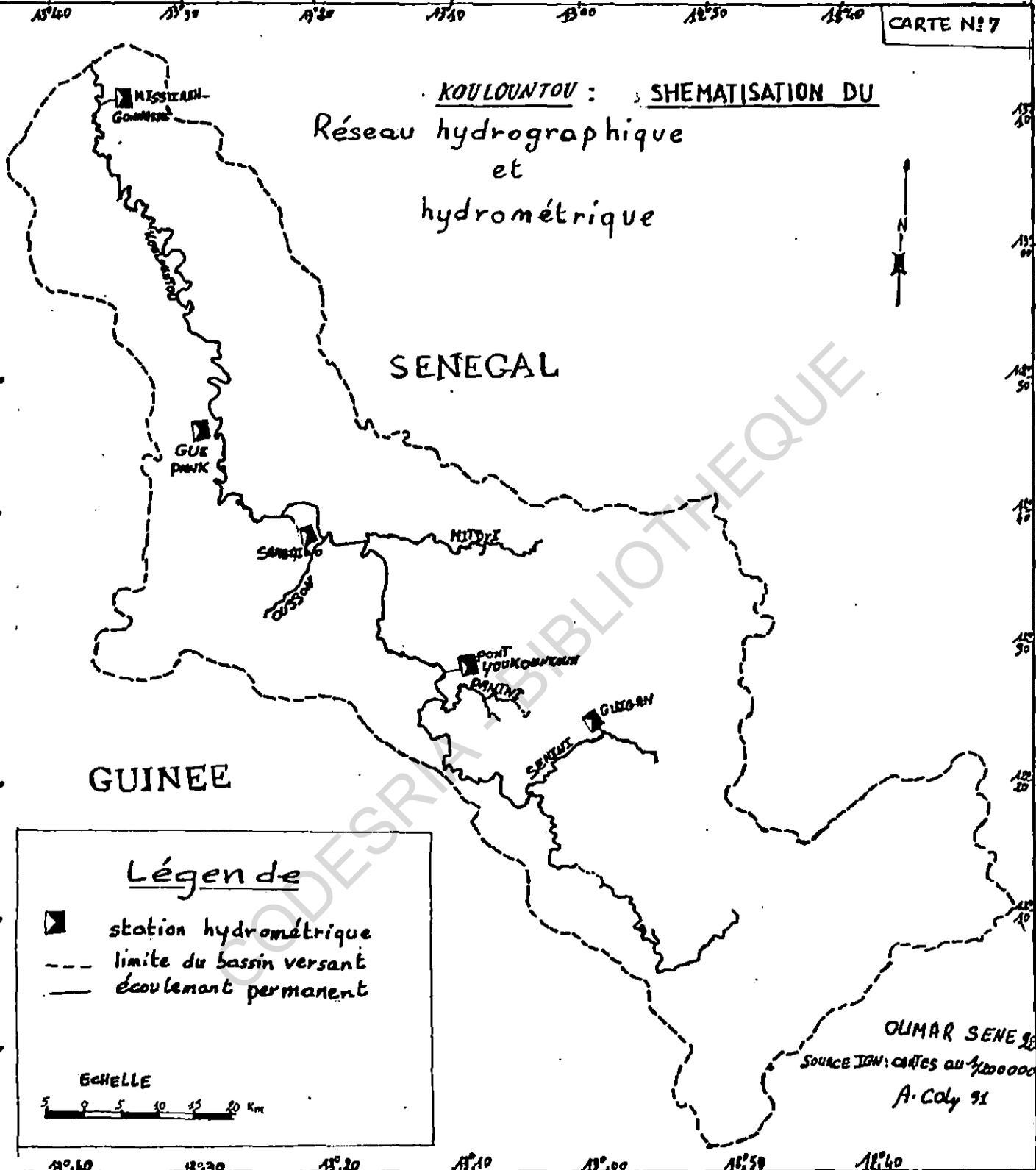
GUINEE



Légen de

- ▣ station hydrométrique
- - - limite du bassin versant
- écoulement permanent

Echelle



OLIMAR SENE 98
Source IGN: cartes au 1/200 000
A. Coly 91

CHAPITRE II: LE REGIME HYDROLOGIQUE MOYEN ANNUEL A
MISSIRAH-GONASSE ET AU GUR DU P.N.N.K.

L'étude du régime moyen annuel de la Koulountou est important car elle permet de connaître la disponibilité saisonnière en eau de surface, indispensable aux travaux d'aménagement hydrologique comme l'irrigation. Ce régime est caractérisé par la montée et la baisse des eaux et il varie suivant les années sous l'influence des régimes climatiques.

A)- Le régime saisonnier moyen

L'évolution du régime se fait en trois phases :

1°)- La montée des eaux

Les valeurs mensuelles de débits traduisent à Missirah-Gonasse et au Gué du P.N.N.K. quatre mois (Juillet à Octobre) de montée des eaux et huit mois de descente des eaux (Novembre à Juin).

La montée des eaux correspond à l'installation des pluies dans le haut bassin et se traduit par un gonflement rapide du débit entre Mai et Septembre.

A la station du GUE du P.N.N.K. les débits entament leur montée dès le mois de Mai. Ainsi de Mai à Septembre le débit passe de 0,03 m³/s à 218,7 m³/s soit une augmentation de 218,67 m³/s soit 100 % en valeur relative.

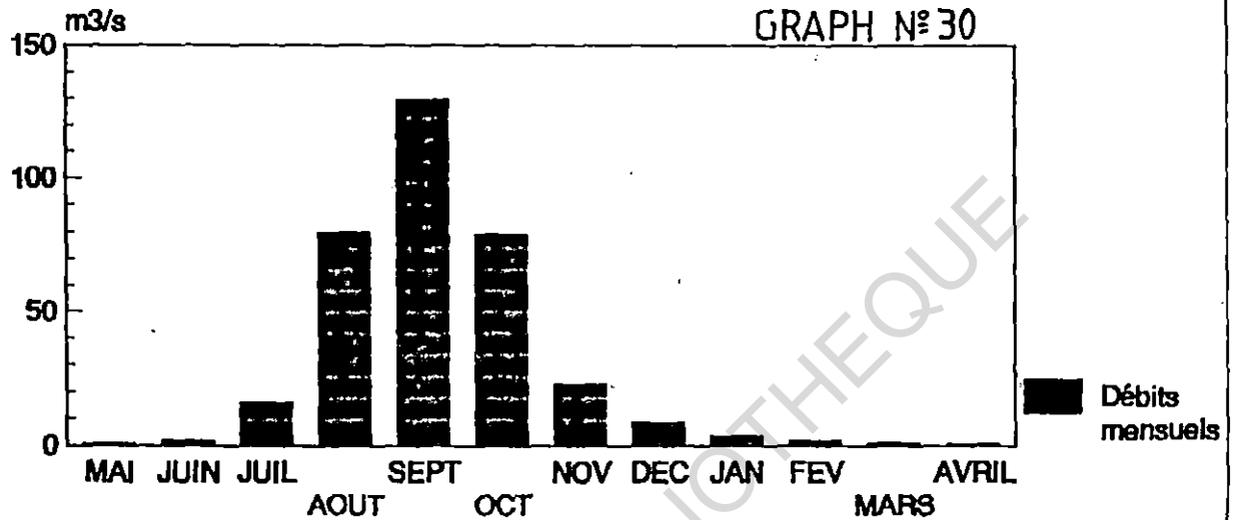
Cette augmentation correspond à la progression de 2,17 m³/s de Mai à Juin soit 0,9 %. Elle est de 42,7 m³/s soit 19,5 % entre Juillet et Août et de 77,4 m³/s soit 35,4 % d'Août à Septembre (Graphique N°31).

Au niveau de Missirah-Gonasse la phase de montée des eaux se déroule de Mai à Septembre. Le débit qui est de 0,6 m³/s en Mai passe à 129,2 m³/s soit 100 % en valeur relative.

Cette augmentation correspond à la progression de 0,9 m³/s soit 0,7 % entre Mai et Juin, de 14,4 m³/s soit 11,2 % de Juin à Juillet, de 63,9 m³/s soit 49,7 % de Juillet à Août et enfin de 49,4 m³/s soit 38,4 % (Graphique N°30).

Station de Missirah-Gonasse 1971-1991

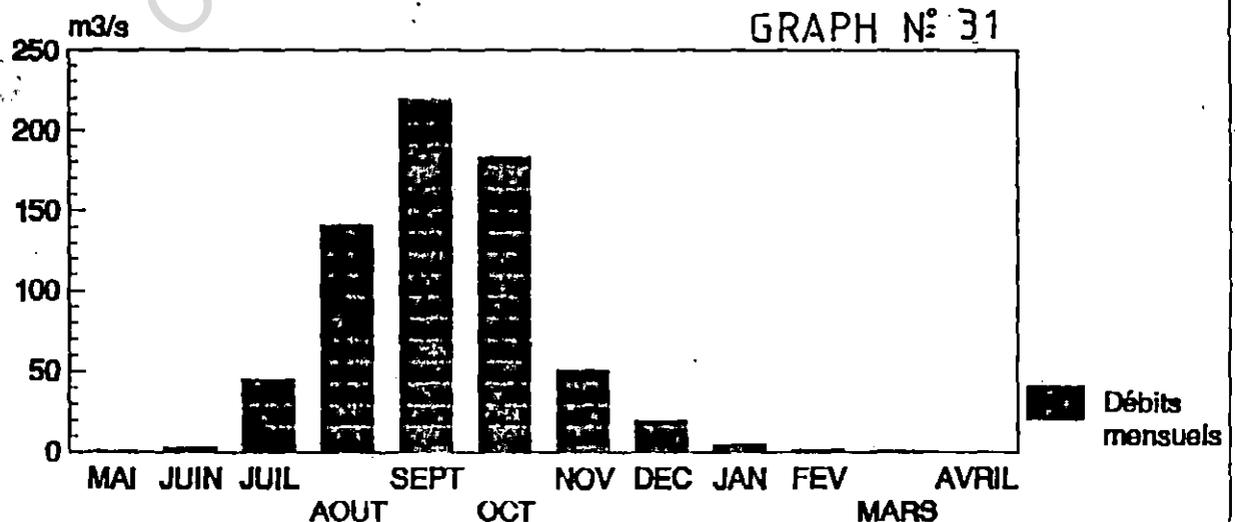
Evolution mensuelle des débits moyens



Laboratoire de Télédétaction

Station du Gué du PNNK 1979-1985

Evolution mensuelle des débits moyens



La faiblesse de l'accroissement des débits entre Mai et Juin s'explique par le délai nécessaire pour l'organisation du drainage et du ruissellement superficiel. Les pluies qui commencent à tomber dès le mois de Mars dans le haut bassin n'entraînent un écoulement conséquent que quelques semaines plus tard du fait de la rétention capillaire. De Juin à Juillet, l'augmentation assez substantielle du débit au niveau du GUE (42,63 m³/s) et de Missirah-Gonasse (14,35 m³/s) s'explique par la saturation du sol.

Il faut noter cependant que la faiblesse des nappes voire même leur absence dans la zone du Gué du P.N.N.K. font que le ruissellement intervient très tôt et s'accroît dès que les précipitations deviennent importantes.

La station de Missirah-Gonasse est installée dans une région où les nappes sont importantes. Celles-ci vont donc se remplir de Mai à Juin de sorte que le sol connaisse une saturation dès le mois de Juillet. On note ainsi une diminution de l'infiltration et tout ce qui tombe ruisselle et alimente le débit à la faveur d'une atmosphère saturée et d'une évaporation située à son minimum.

La plus forte augmentation du débit au niveau des deux stations est enregistrée entre Juillet et Août période qui correspond au maximum pluviométrique donc à l'intensification du ruissellement.

Le maximum hydrologique apparaît en Septembre (Tableau N°13) et il est déphasé par rapport au maximum pluviométrique qui se localise en Août. Ceci peut s'expliquer d'une part par la durée de l'onde de propagation des eaux qui proviennent du haut bassin et d'autre part par l'organisation du drainage. Celui-ci peut être gêné par les formations superficielles comme la végétation aquatique qui par effet tampon peut en un certain moment ralentir l'écoulement.

Au moment où intervient la pointe de crue, l'E.T.P. et l'évaporation sont au plus faible de leur évolution et l'air au maximum de sa saturation. Le ruissellement intense permet au cours d'eau d'enregistrer sa cote la plus élevée.

TABLEAU N°13 :

DEBITS MOYENS MENSUELS EN M³/S, COEFFICIENT MENSUEL DE DEBIT,
COEFFICIENT DE VARIATION INTERVALLE DE VARIATION, MAXIMUM et MINIMUM

STATIONS	MOIS	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	AN
GUE DU P.N.N.K.	MOYENNE	0,03	2,2	44,9	141,3	218,7	183,8	50,8	19,5	4,23	0,64	0,1	0	55,7
	ECART TYPE	8,9	2,4	34,1	90,9	137,1	79,7	40	17,3	4,1	0,7	0,1	0	27,9
	C.V.	296,3	1,1	0,8	0,6	0,6	0,4	0,8	0,9	1	1,1	1,6	0	0,5
	C.M.D.	0,0006	0,005	0,83	2,44	4	3,5	0,80	0,3	0,1	0,008	0,001	0	1
	MAXI.	0,2	5,1	95,7	288	450	249	97,3	39,2	9,91	1,7	0,3	0	95,2
	I.V.	0,2	4,9	87,8	237,7	354,7	201,8	89,2	38,8	9,9	1,7	0,3	0	71
	MINI.	0	0,2	7,9	50,3	95,3	47,2	8,1	0,4	0	0	0	0	24,2
MISSIRAH GONASSE	MOYENNE	0,6	1,5	15,9	79,8	129,2	79,3	22,8	8,4	3,5	1,5	0,8	0,6	28,7
	ECART TYPE	0,4	1,5	10,8	38,9	55,7	48,5	12,1	4,7	2,1	0,8	0,4	0,4	11,9
	C.V.	0,7	1	0,7	0,9	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4
	C.M.D.	0,02	0,05	0,6	2,73	4,6	2,7	0,80	0,3	0,1	0,04	0,02	0,02	1
	MAXI.	1,3	5,4	41,2	152	233	181	50,2	19,1	7,6	3	1,5	1,2	53,6
	I.V.	1,1	5,2	40,2	139,7	180,9	166,8	47,5	18,2	7,2	2,8	1,3	1,2	45,5
	MINI	0,2	0,2	1,1	12,3	52,1	14,2	2,7	0,9	0,4	0,2	0,2	0,03	9,1

2°) La descente

C'est la phase de retrait des eaux suite à la diminution où à l'arrêt des pluies. Elle se fait en trois phases (Graphiques N°30 et 31).

* La décrue qui va de Septembre à Novembre enregistre une diminution de $-167,9 \text{ m}^3/\text{s}$ soit un pourcentage de $-76,8$ à la station du Gué. Cette baisse du débit s'échelonne ainsi : de Septembre à Octobre elle est de $-34,9 \text{ m}^3/\text{s}$ soit -16% et de $-133 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $-60,8 \%$ entre Octobre et Novembre.

A Missirah-Gonasse la chute du débit entre Septembre et Novembre est de $-106,4 \text{ m}^3/\text{s}$ soit un pourcentage de -84 .

Cette diminution du débit connaît une progression suivante :

$-49,9 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $-38,8 \%$ entre Septembre et Octobre et $-56,5 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $-44,9 \%$ d'Octobre à Novembre.

Cette décrue correspond à la diminution des précipitations dans le bassin suite au retrait rapide du F.I.T. (Front Intertropical).

Il faut noter que les pluies ne s'arrêtent pas simultanément dans le bassin car elles continuent jusqu'en Décembre dans le domaine guinéen.

* Le tarissement se fait de Novembre à Février. Les pluies se sont complètement retirées du bassin et même si elles existent encore en Novembre et Décembre à Labé, la distance entre cette station pluviométrique et le bassin ainsi que leur faible intensité font qu'elles ne peuvent pas être à l'origine de débits.

Ces pluies tardives sont vite absorbées par les sols. Ce tarissement est donc soutenu par les nappes lorsqu'elles existent. Celles-ci se vident alors peu à peu entraînant une diminution progressive du débit.

Cette diminution est de $-31,3 \text{ m}^3/\text{s}$ entre Novembre et Décembre soit $-14,3 \%$, de $-15,3 \text{ m}^3/\text{s}$ soit -7% de Décembre à Janvier et enfin de $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $-1,6 \%$ entre Janvier et Février à la Station du Gué.

A Missirah-Gonasse par contre les débits ont baissé de -14,4 m³/s soit -3,8 % entre Novembre et Décembre, de -4,9 m³/s soit -3,8 % de Décembre à Janvier et de -2 m³/s soit -1,6 % entre Janvier et Février.

L'analyse de l'hydrogramme moyen représentant les débits journaliers au Gué en 1984 - 1985 montre une évolution en "dents de scie" de l'écoulement de Mai à Septembre. De Septembre à Novembre la décrue est très rapide et elle est immédiatement suivie du tarissement qui est relativement accéléré entre Novembre et Décembre et tend à se stabiliser progressivement (Graphique N°32).

Comparé à l'hydrogramme du Gué celui de Missirah-Gonasse pour l'année 1982 - 1983 connaît une évolution plus rapide du débit de Mai à Septembre. La décrue ne se fait pas brutalement alors que le tarissement est lent et progressif.

Il est soutenu ici par des nappes qui ont des réserves en eau importantes (Graphique N°33). La période de tarissement coïncide avec la baisse de l'humidité relative et la hausse des températures donc de l'évaporation.

* L'épuisement des nappes est la dernière phase de retrait des eaux. Il se déroule de Février à Mai. Les nappes finissent donc de se vider en attendant les pluies prochaines.

L'écoulement est pérenne à Missirah-Gonasse mais aucun débit n'est enregistré au Gué pour les périodes suivantes :

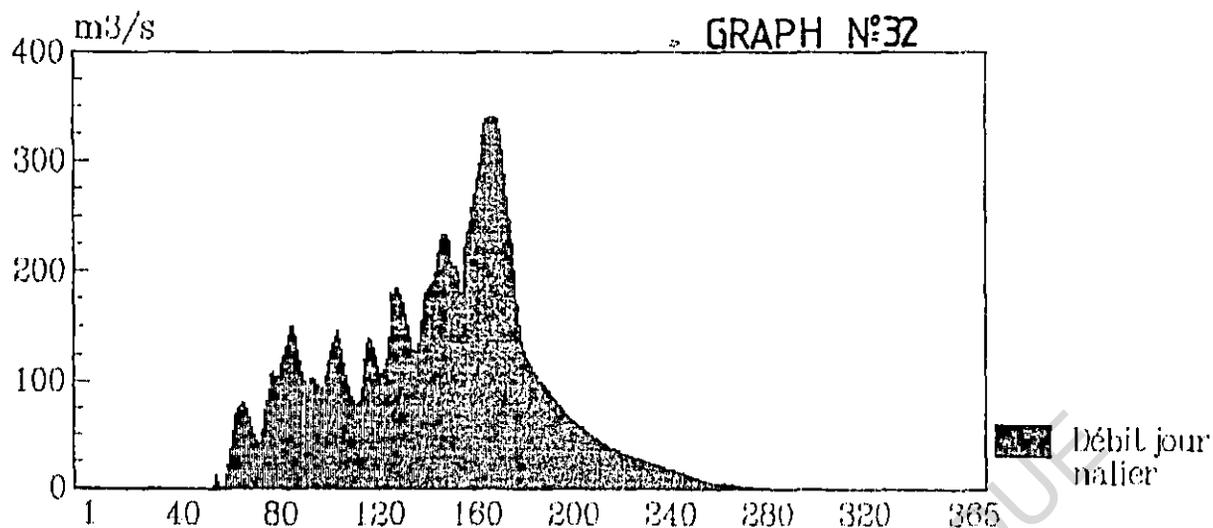
- du 29 Mai au 30 Avril 1979 ;
- du 25 Février au 24 Juin 1980 ;
- du 1er Janvier au 10 Juin 1983 ;
- du 6 Mars au 20 Juin 1984 et enfin du 23 Mars au 18 Juin 1985.

Cet absence d'écoulement au Gué s'explique comme nous l'avons déjà indiqué par la faiblesse voire même l'inexistence des nappes dans cette zone.

Le débit au Gué diminue de -0,5 m³/s soit -0,2 % de Février à Mars et de -0,1 m³/s soit -0,04 % de Mars à Avril.

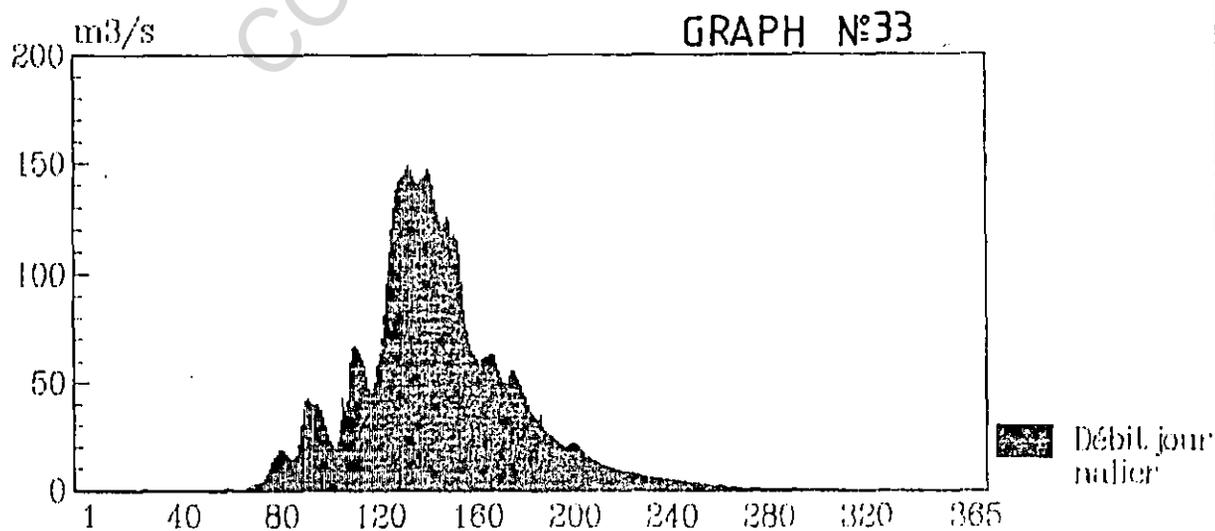
Il est de -0,7 m³/s soit -0,5 % de Février à Mars et de -0,2m³/s soit -0,1 % de Mars à Avril à Missirah-Gonasse.

Station du Parc Gué du PNNK
1984-1985 (année moyenne)
Evolution journalière des débits moyens



Laboratoire de Télédétection

Station de Missirah-Gonasse
1982-1983 (année moyenne)
Evolution journalière des débits moyens



Laboratoire de Télédétection

Les fortes températures de la période pré-hivernale favorisent une évaporation importante à la station de Missirah-Gonasse et le cours d'eau se réduit à un simple "filet d'eau" dans le lit mineur et permet aux bêtes du Parc National de Niokolo-Koba de venir s'y abreuver.

3°)- La variation intermensuelle du débit

L'étude de la variation intermensuelle du débit se fera à travers les coefficients mensuels de débit. Ces coefficients mensuels de débit permettent de distinguer les périodes de hautes et basses eaux.

Ils sont obtenus à partir de la formule

$$CMD = \frac{Q' \text{ m}^3/\text{s}}{Q \text{ m}^3/\text{s}}$$

$Q' \text{ m}^3/\text{s}$ = Débit moyen mensuel

$Q \text{ m}^3/\text{s}$ = Débit moyen annuel.

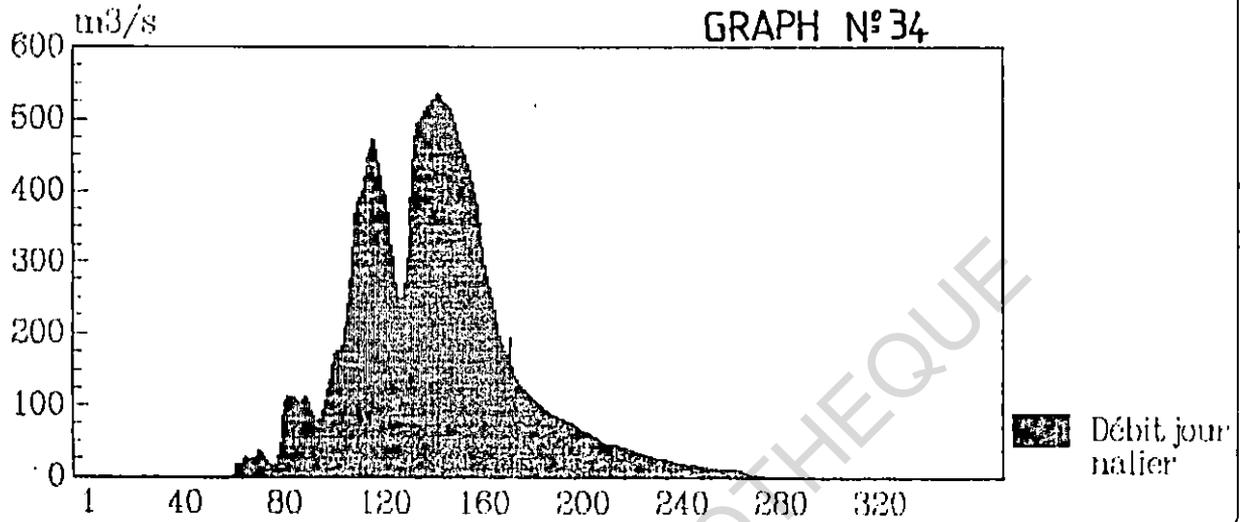
Les coefficients mensuels de débit qui sont supérieurs ou égaux à 1 déterminent la période des hautes eaux tandis que ceux qui sont inférieurs à 1 caractérisent les basses eaux. La Carte N° 7 nous montre la disposition des différentes stations hydrométriques du bassin.

La période de hautes eaux est concentrée sur quatre mois au Gué : Juillet, Août, Septembre et Octobre.

Le C.M.D. de Juillet est de 0,83 donc proche de 1. S'il n'a pas atteint la valeur 1, c'est que les pluies ne sont pas encore bien installées dans le bassin. Il s'y ajoute le délai nécessaire pour la propagation de l'onde de crue et la ponction effectuée par la rétention capillaire.

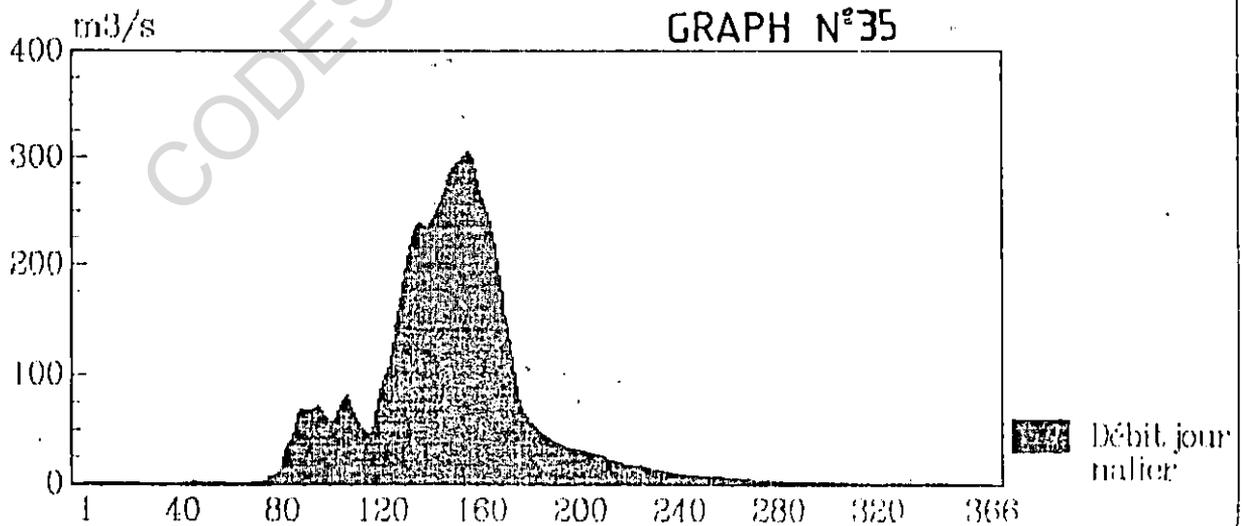
Au niveau de Missirah-Gonasse la période de hautes eaux se réduit à trois mois (Août, Septembre et Octobre). Ici Juillet n'appartient pas aux hautes eaux du fait de l'installation tardive des précipitations au Nord du Bassin (Graphique N°34 et 35).

Station du Parc Gué du PNNK
1985-1986 (année humide)
Evolution journalière des débits moyens



Laboratoire de Télédétection

Station de Missirah-Gonasse
1975-1976 (année humide)
Evolution journalière des débits moyens



Laboratoire de Télédétection

B)- Variabilité du régime moyen

Le régime moyen de la Koulountou connaît une assez grande variabilité que l'analyse des coefficients de variation, des intervalles de variation et de l'hydraulicité confirmera.

1°)- Variabilité intermensuelle du régime

Le Tableau N°13 montre que les coefficients de variation sont élevés toute l'année au niveau des deux stations.

Ils varient entre 0,4 (en Septembre) et 1 (en Juin) à Missirah-Gonasse. On remarque ainsi que le plus faible coefficient de variation est en Septembre mois du maximum hydrologique.

Au Gué, les coefficients de variation varient entre 0 (en Avril) et 296,3 (en Mai).

La très forte valeur du mois de Mai pourrait être due à l'inexistence de l'écoulement en Avril.

Les coefficients de variation des mois de basses eaux sont faibles en raison de l'absence des pluies qui alimentent l'écoulement. En revanche en période pluvieuse, la variabilité intermensuelle des pluies et l'inexistence d'épisodes non pluvieux durant cette saison explique celle des modules.

L'évolution des intervalles de variation au niveau des deux stations montre aussi des valeurs élevées en période des hautes eaux et relativement faibles pendant les basses eaux.

Le maximum est en Septembre tandis que les valeurs minimales sont respectivement en Avril (0) pour le Gué et en Mai (1,1) pour Missirah-Gonasse.

On note donc une grande variabilité intermensuelle du régime moyen de la Koulountou et celle-ci s'explique par l'irrégularité des pluies qui peuvent être précoces ou tardives, intenses ou faibles ou comportant des épisodes non pluvieux.

2°)- Variabilité interannuelle du régime

La variabilité interannuelle du régime moyen annuel de la Koulountou se calque en général sur celle de la pluviométrie.

L'évolution interannuelle du régime se fait au niveau des deux stations hydrologiques de part et d'autre de la moyenne des débits annuels.

Les années humides comme 1985 au Gué et 1974 à Missirah-Gonasse ont un écoulement très important comme le montrent les Graphiques N°36 et 37.

Les années déficitaires par contre sont caractérisées par un écoulement faible largement en deçà de la moyenne.

Les coefficients de variation interannuelle très élevés dans le bassin (0,41 au Gué et 0,50 à Missirah-Gonasse) témoignent d'une grande variabilité du régime. Cette variabilité interannuelle se perçoit mieux cependant à travers l'analyse de l'écoulement des années extrêmes.

Le régime hydrologique se comporte différemment selon qu'on est en années humide, moyenne ou sèche.

L'année hydrologique 1985 - 1986 au Gué a connu une évolution particulière de son régime qui n'a présenté que trois mois de hautes eaux alors que le régime moyen en comporte quatre.

L'année 1984-1985 a un régime constitué de cinq mois de hautes eaux.

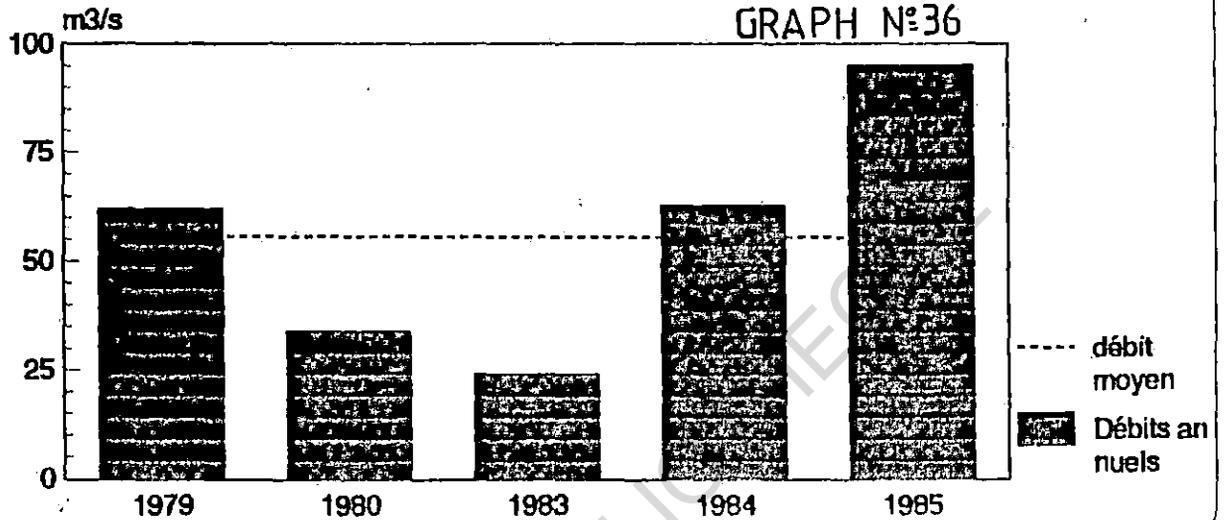
L'année 1983-1984 malgré son faible module annuel 24,2 m³/s a connu un régime normal avec ses quatre mois de hautes eaux.

Le paradoxe de l'année 1985-1986 pourrait s'expliquer par une mauvaise répartition de la pluviométrie dans le temps ou bien par l'action de facteurs locaux tels que la pente topographique. Le régime moyen de la Koulountou à Missirah-Gonasse a connu en 1983-1984 quatre mois de hautes eaux ce qui constitue une autre anomalie car cette année est perçue comme la plus sèche à Missirah-Gonasse.

A. COLY dans son mémoire de D.E.A. soutenu en Juillet 1992 explique cette anomalie par plusieurs phénomènes. Ils s'agit notamment du facteur climatique qui par la pluviométrie est le

Station du Gué du PNNK 1979-1985

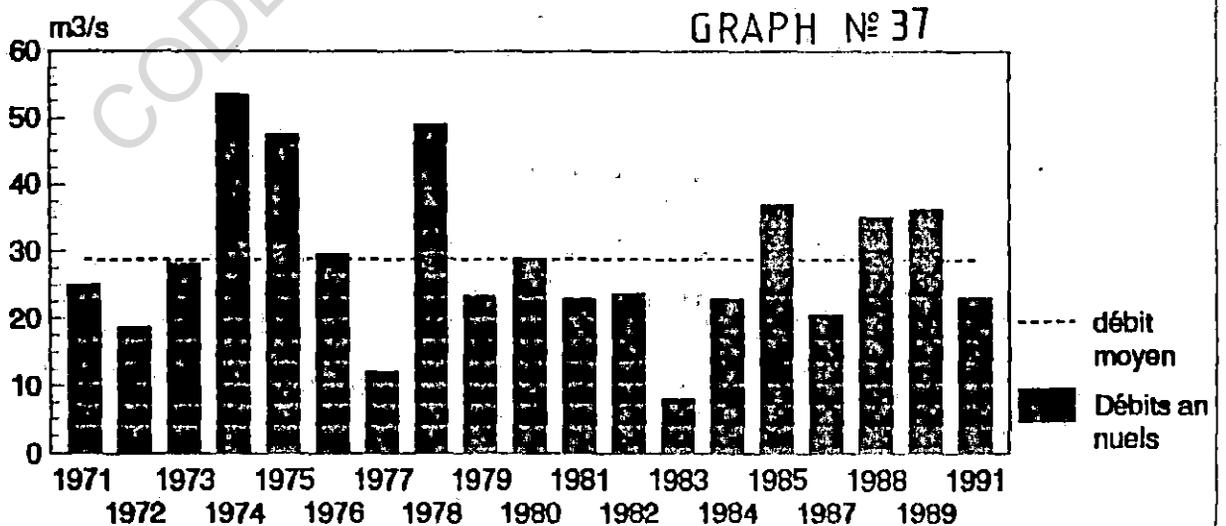
Evolution interannuelle des débits
moyens



Laboratoire de Télédéttection

Station de Missirah-Gonasse 1971-1991

Evolution interannuelle des débits
moyens



Laboratoire de Télédéttection

seul mode d'alimentation en eau du cours d'eau.

La faible pente topographique qui caractérise le cours inférieur de la Koulountou permet la remontée des eaux de la Gambie.

Tout cela fait qu'à Missirah-Gonasse, toute augmentation réelle du débit due à la pluie ou à la Gambie aussi minime soit-elle aura pour conséquence d'amplifier le C.M.D. C'est ce qui s'est passé en Juillet 1983. Ainsi l'extrême aridité de l'année 1983 a fait apparaître des perturbations dans la typologie du régime fluvial. Au lieu d'évoluer dans le sens d'un régime sahélien suite au déficit pluviométrique, il réagit en régime tropical de transition à cause de la "bonification" apportée au débit de hautes eaux par le module faible sur lequel se fait le calcul.

L'étude des débits fréquentiels moyens annuels montre que l'année hydrologique 1974/1975 à Missirah-Gonasse considérée comme la plus humide a un module de 53,6 m³/s qui avoisine la cinquantinale humide dont le débit est de 52,63 m³/s. La période de hautes eaux est de trois mois.

Le module noté en 1983/1984 et qui est de 8,11 m³/s est proche de la vincennale sèche qui est de 9,61 m³/s.

L'analyse de l'évolution de l'hydraulicité de la Koulountou nous fournit une preuve supplémentaire de la grande variabilité interannuelle du régime moyen.

TABLEAU N° 14 : HYDRAULICITE DE LA KOULOUNTOU

A N N E E	STATION DU GUE	A N N E E	STATION DE MIS- SIRAH-GONASSE
	HYDRAULI- CITE H %		HYDRAULICITE H %
1979	111,51	1971	87,33
1980	61,32	1972	65,41
1983	43,5	1973	98,12
1984	112,8	1974	186,5
1985	170,94	1975	165,3
		1976	102,64
		1977	42,44
		1978	170,14
		1979	81,41
		1980	100,6
		1981	79,7
		1982	82,5
		1983	28,21
		1984	80,02
		1985	128,74
		1987	72,02
		1988	122,5
		1989	126
		1991	80,72

Au Gué, la courbe d'évolution des coefficients d'hydraulicité de la Koulounton (Graphique N° 39) montre que trois années ont une hydraulicité supérieure à la moyenne qui est de 100 %. Les années 1980 et 1983 ont des coefficients d'hydraulicité relativement faibles.

A Missirah-Gonasse 42,1 % des modules ont des coefficients d'hydraulicité supérieurs à la valeur moyenne qui est ici de 100 % . Le Graphique N°38 montre aussi que les modules qui ont des coefficients d'hydraulicité inférieurs à la moyenne représentent 57,9 % du total.

On note ainsi une très grande variabilité interannuelle des coefficients d'hydraulicité de la Koulountou au Gué et à Missirah-Gonasse.

L'analyse de ces différents paramètres (coefficient de variation intervalle de variation, années extrême et coefficients d'hydraulicité) nous a montré la très grande variabilité du régime moyen de la Koulountou et nous permet de définir ce dernier.

Il est de type tropical pur à Missirah-Gonasse avec trois mois de hautes eaux en période normale. Il peut cependant en compter quatre en année particulière comme en 1983-1984. Il se comporte dans ce cas comme un régime de transition semblable à celui enregistré à la station du Gué du P.N.N.K. qui compte quatre mois de hautes eaux en période normale.

La pluie est la principale source d'alimentation de la Koulountou et l'évolution des débits se calque sur celle de la pluviométrie avec un léger décalage sur le maximum qui intervient en Septembre du fait du délai de propagation des eaux.

Le régime est simple parce que consacrant un maximum et un minimum au cours d'une année hydrologique. Il est régulier avec le retour périodique des caractères fondamentaux d'une année à l'autre. Le coefficient d'immodération calculé à partir de la formule $R = (\text{CMD le plus élevé} / \text{CMD le plus faible})$ est de 645,5 à Missirah-Gonasse.

A la station du Gué, le C.M.D. qui est nul en Avril nous empêche de calculer le coefficient d'immodération de la Koulountou.

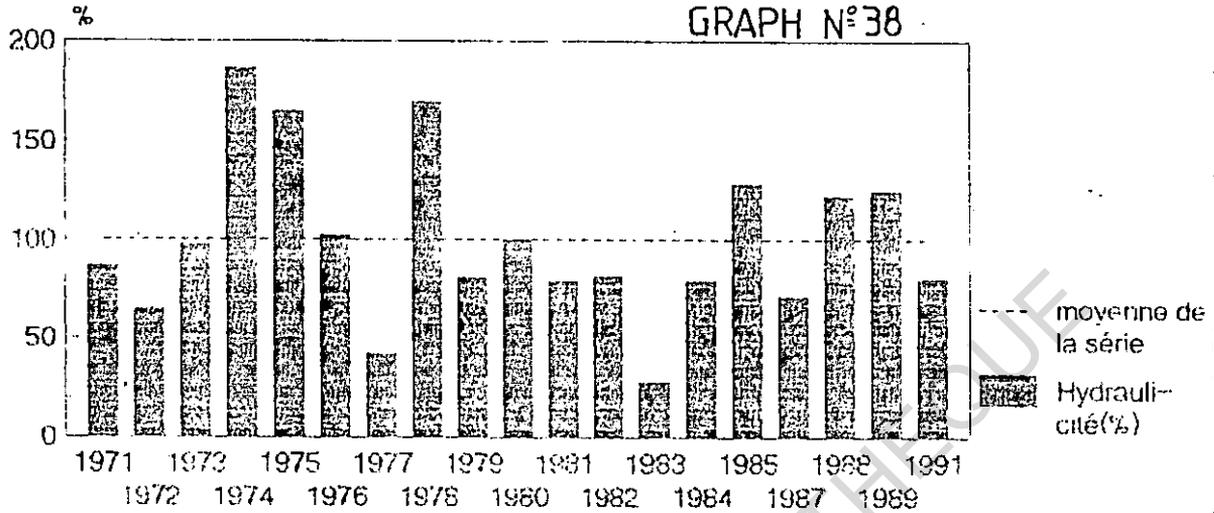
R est en tout cas très élevé à Missirah-Gonasse et nous permet de dire que le régime moyen de la Koulountou est de type tropical pur, unimodal, pluvial, stable, régulier et immodéré.

A la station du Gué du P.N.N.K., il a les mêmes caractéristiques mais est plutôt un régime tropical de transition.

Station de Missirah-Gonasse 1971-1991

Evolution interannuelle des coefficients
d'hydraulicité

GRAPH N°38

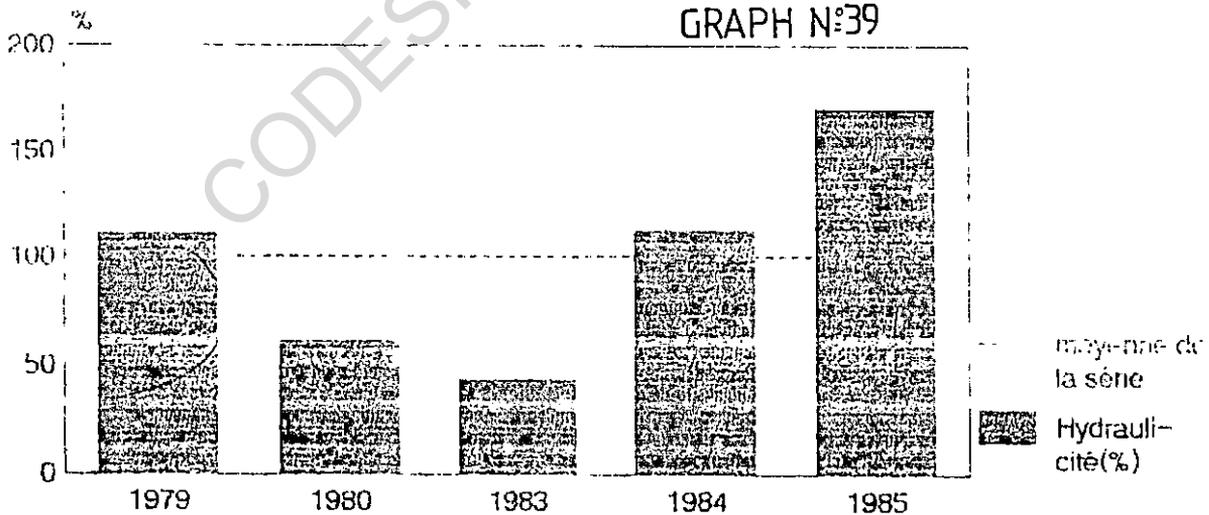


Laboratoire de Télédétection

Station du GUE 1979-1985

Evolution interannuelle coefficients
d'hydraulicité

GRAPH N°39



Laboratoire de Télédétection

TROISIEME PARTIE : LES MANIFESTATIONS EXTREMES
DE L'ÉCOULEMENT DANS LE BASSIN DE LA
KOULOUNTOU

L'étude des crues et des étiages se fera à travers les valeurs maximales et minimales, mensuelles et journalières atteintes par l'écoulement annuel ou interannuel.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

CHAPITRE I : LES CRUES

Les crues tout comme les étiages sont des phénomènes extrêmes de l'écoulement intervenant chaque année respectivement à la période des hautes et des basses eaux.

I - DEFINITION ET GENESE DES CRUES

La définition des crues et des étiages comporte un certain nombre d'ambigüités qui méritent d'être clarifiées.

Certains auteurs pensent que la crue est le débit correspondant à un certain multiple du module annuel.

D'autres assimilent la crue à un débit de fréquence ou de probabilité faible 1 à 5 % ou alors au plus fort débit observé dans l'année.

Les crues en domaine tempéré et selon les climats peuvent intervenir à un moment où les précipitations qui alimentent l'écoulement sont absentes. On parle dans ce cas de crue de fonte de neige.

En domaine tropical, la crue et l'étiage interviennent respectivement durant la période normale des hautes et des basses eaux d'où l'assimilation entre crues et hautes eaux d'une part et entre étiages et basses eaux d'autre part.

C'est ainsi que R. FRECAUT (1974-1982) considère les crues et les étiages comme des phénomènes exceptionnels non annuels. La crue et les hautes eaux diffèrent par leur fréquence, leur durée et les valeurs de débits écoulés.

On peut retenir avec A.A. SOW (1984) que "crue et étiage sont des formes extrêmes de l'écoulement des cours d'eau".

En définitive, la crue est la valeur la plus élevée atteinte par l'écoulement chaque année et toujours dans la période des hautes eaux en domaine tropical.

Les crues de la Koulountou sont provoquées en général par des pluies intenses et par la coaliscence des flots provenant de ses différents bras. Elles apparaissent toujours après le maximum pluviométrique période au cours de laquelle les sols et l'air sont saturés d'humidité, les températures,

l'évaporation et la transpiration minimales toutes conditions favorables, à la montée des eaux et au déclenchement des crues.

II - LES DATES D'APPARITION DES CRUES

Les crues interviennent en général durant les mois d'Août, de Septembre et d'Octobre.

Ainsi au cours de la période 1971-1991, les débits maximaux annuels sont apparus à Missirah-Gonasse une seule fois en Août soit 5 % en valeur relative, 15 fois en Septembre soit 79 % et 3 fois seulement en Octobre pour un pourcentage de 16.

Au Gué du P.N.N.K., les crues ne sont jamais apparues en Août mais ont été observées à trois reprises en Septembre soit 60 % et deux fois en Octobre soit 40 %. Septembre représente donc le mois normal d'apparition des crues maximales annuelles. Les crues qui interviennent en Août ou Octobre sont soit précoces ou tardives.

L'observation des dates d'apparition des débits maximaux journaliers, permet à partir de la méthode des quintiles de dégager cinq classes qui se répartissent comme suit :

- crues précoces du 17 au 28 Août ;
- crues semi-précoces du 28 Août au 8 Septembre ;
- crues normales du 8 au 20 Septembre ;
- crues semi-tardives du 20 Septembre au 1er Octobre ;
- crues tardives du 1er au 13 Octobre.

Cette répartition des débits maximaux journaliers nous amène à les classer par décades d'Août à Octobre.

L'analyse de ce tableau révèle que les crues précoces se présentent à trois reprises à Missirah-Gonasse entre la deuxième et la troisième décade du mois d'Août soit 16 % en valeur relative.

Les crues semi-précoces sont observées entre la troisième décade d'Août et la première décade de Septembre. On les a enregistrées également à trois reprises, ce qui représente un pourcentage de 16.

TABEAU N°15 : APPARITION DES DEBITS MAXIMAUX JOURNALIERS
SELON LES DECADES.

STATION	DUREE DE REFERENC	A O U T		S E P T E M B R E			O C T O B R E	
		10-20	20-30	1-10	10-20	20-30	1-10	10-20
MISSIRAH GONASSE	19 ANS	1	3	2	4	3	4	2
GUE DE P.M.H.K.	5 ANS	0	0	1	2	0	1	1

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Les crues normales interviennent quatre fois entre la première et la deuxième décade de Septembre soit 21 % .

Les crues semi-tardives n'apparaissent qu'entre la troisième décade de Septembre et la première décade d'Octobre. Elles ont été notées au cours de cette période à Sept reprises soit 37 % du total.

Les crues tardives ont été observées deux fois entre la première et la deuxième décade d'Octobre soit 11 %.

Au niveau de la station du Gué les crues journalières n'apparaissent pas en Août mais interviennent plutôt entre la première décade de Septembre et la deuxième décade d'Octobre.

III - Evolution interannuelle des crues

Elle sera étudiée à travers celle des débits maximaux annuels et des puissances de crue. Elle s'achevera par l'analyse des périodes de crue, des fréquences de crue et leur durée de retour.

1°)- Evolution des débits maximaux annuels

L'analyse de la courbe de débits maximaux annuels a Missirah-Gonasse et au Gué (Graphique N°40 et 41) montre une évolution de part et d'autre de la moyenne.

A Missirah-Gonasse neuf années ont des débits maximaux supérieurs ou égaux à la moyenne contre dix années considérées comme sèches.

L'année 1983-1984 a le débit maximal le plus faible avec 52,1 m³/s. Au Gué les cinq années de la série connaissent une évolution qui laisse apparaître une seule année (1985-1986) enregistrer un débit supérieur à la moyenne qui est de 252,8 m³/s.

Les quatre autres années de la série évoluent toutes en deça de la moyenne. Le module maximal le plus faible a été noté et il est de 147 m³/s.

2°)- La puissance des crues

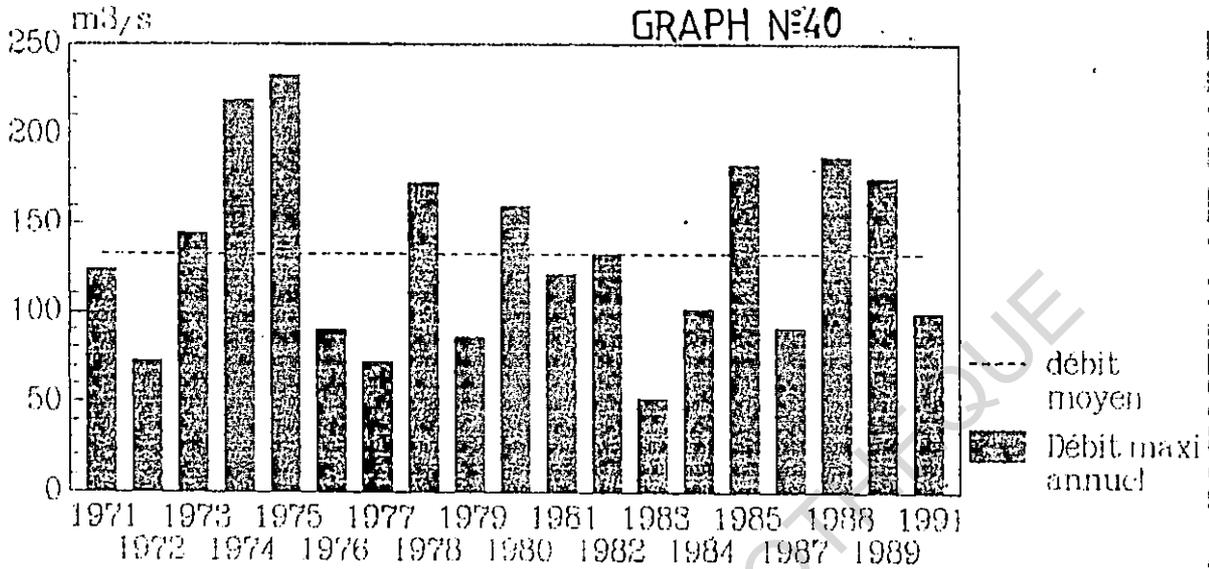
Elle est déterminée par le coefficient de puissance de crue "A".

TABLEAU N°16 : LA PUISSANCE DES CRUES DANS LE BASSIN DE LA
KOULOUNTOU

A N N E E	STATION DU GUE P.N.N.K. A	A N N E E	MISSIRAH GONASSE A
1979-1980	3,65	1971-1972	2,17
1980-1981	2,77	1972-1973	1,52
1983-1984	2,32	1973-1974	2,64
1984-1985	4,26	1974-1975	2,99
1985-1986	6,70	1975-1976	3,84
		1976-1977	1,84
		1977-1978	1,68
		1978-1979	3,07
		1979-1980	1,57
		1980-1981	2,40
		1981-1982	2,02
		1982-1983	1,85
		1983-1984	0,83
		1984-1985	1,80
		1985-1986	2,73
		1987-1988	1,59
		1988-1989	2,62
		1989-1990	2,87
		1991-1992	1,97

Station de Missirah-Gonasse 1971-1991

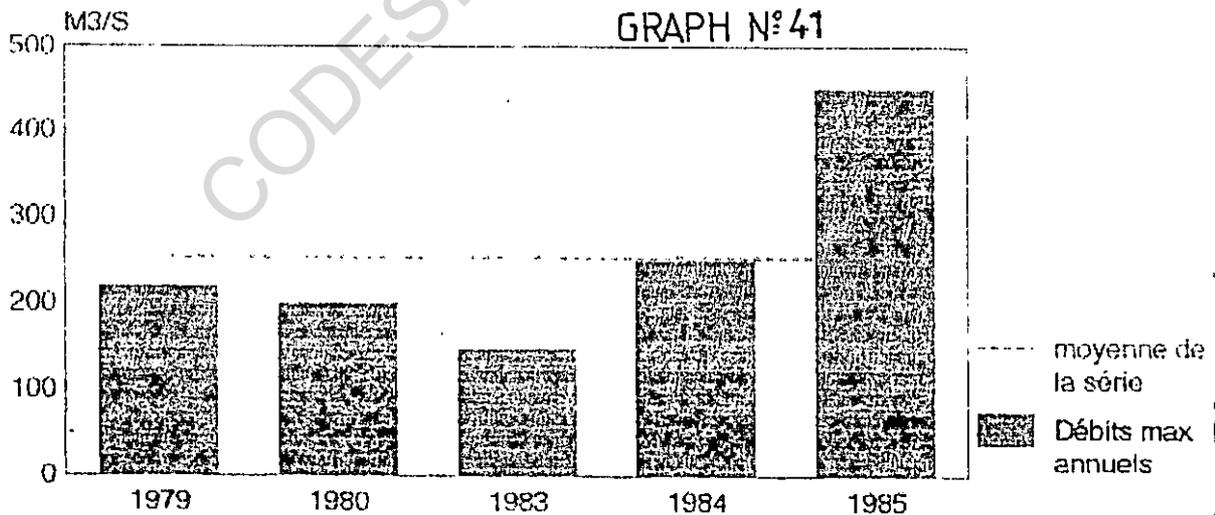
Evolution des débits maximaux annuels



Laboratoire de Télédétection

Station du GUE 1979-1985

Evolution interannuelle des débits maximaux annuels



Laboratoire de Télédétection

dont la formule est la suivante :

$$A = \frac{Q}{\sqrt{S}} \frac{m^3}{s}$$

Q m³/S = débit maximum instantané ;

S : Superficie du bassin versant.

Les coefficients de puissance des crues sont plus importants au Gué qu'à Missirah-Gonasse.

La puissance de la crue de l'année hydrologique 1985/1986 considérée comme la plus forte au Gué fait le double de celle de 1975/1976 à Missirah-Gonasse.

On explique ce fait par la position amont du Gué qui est proche du domaine guinéen caractérisé par des précipitations importantes qui tombent sur un terrain imperméable qui favorise un ruissellement intense. La coaliscence des flots est également importante ce qui augmente le volume d'eau écoulé donc la puissance de la crue.

Selon M. PARDE, toute crue dont le coefficient de puissance est inférieur à 60 est considérée comme médiocre.

Cette classification de PARDE doit être utilisée avec beaucoup de réserve car elle ne peut s'appliquer que pour les grands fleuves qui écoulent des milliers de mètres cubes par seconde. Pour les cours d'eau tropicaux et sahéliens une autre classification s'impose tenant compte des spécificités de l'écoulement.

3°)- Les périodes de crue

La délimitation des périodes de crue a été réalisée à partir des débits caractéristiques de crue.

D.C.C. : débit caractéristique de crue c'est-à-dire le débit maximal atteint ou dépassé pendant dix jours de l'année ;

D.C.1. : débit caractéristique atteint ou dépassé pendant un mois ;

D.C.3. : débit caractéristique atteint ou dépassé pendant trois mois ;

TABLEAU N°17 : VALEURS CARACTERISTIQUES DE DEBITS A MISSIRAN-GONASSE

ANNEES	Min. INST.	Min. JOURN.	DCC	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCE	Max. INST.	Max. JOURN.
1971/72	1,14	1,14	163	122	24,1	2,98	1,32	1,24	1,17	174	172
1972/73	0,920	0,920	94,6	67,2	32	4,01	1,21	1,03	0,956	122	120
1973/74	0,812	0,808	197	147	17,4	3,44	0,992	0,884	0,817	212	211
1974/75	0,704	0,704	230	215	75,6	7,14	1,32	0,740	0,740	240	240
1975/76	0,812	0,812	290	236	55,9	6,78	1,47	0,884	0,812	308	307
1976/77	0,884	0,884	141	101	52,6	6,95	1,18	1,03	0,920	148	148
1977/78	0,740	0,740	111	49,3	8,10	1,14	0,848	0,812	0,776	135	134
1978/79	0,632	0,632	219	169	79,2	10,2	1,36	0,826	0,659	246	245
1979/80	0,524	0,524	118	73,4	41,4	4,17	0,844	0,704	0,560	126	126
1980/81	0,380	0,380	189	130	30,3	1,90	0,587	0,448	0,416	193	193
1981/82	0,236	0,236	143	99,2	27,5	1,82	0,488	0,344	0,241	162	161
1982/83	0,192	0,192	144	109	32,6	3,18	0,290	0,200	0,196	149	149
1983/84	1,176	1,176	59,4	33,2	7,91	0,920	0,200	0,180	0,180	67,2	66,9
1984/85	0,168	0,168	134	75,8	35,1	4,95	0,380	0,184	0,168	145	145
1985/86	0,192	0,192	209	179	35,9	5,01	0,524	0,196	0,192	219	219
1987/88	0,00	0,00	116	66,5	31,6	2,39	0,272	0,200	0,00	128	128
1988/89	0,004	0,080	198	152	38,9	4,00	0,632	0,200	0,200	210	209
1989/90	0,200	0,200	204	156	35,9	6,96	0,524	0,308	0,236	230	229
1991/92	0,172	0,172	124	84,5	33,3	1,82	0,205	0,196	0,180	158	158

TABLEAU N°18 : VALEURS CARACTERISTIQUES DE DEBITS AU GUEZ DU P.N.H.K.

ANNEES	Min. INST.	Min. JOURN.	DCC	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCE	Max. INST.	Min. JOURN.
1979/80	0,00	0,00	278	201	123	7,66	0,265	0,00	0,00	293	293
1983/84	0,00	0,00	166	101	29,2	0,410	0,00	0,00	0,00	186	185
1984/85	0,00	0,00	311	205	106	17,1	0,00	0,00	0,00	342	342
1985/86	0,00	0,00	517	439	109	17,4	0,00	0,00	0,00	537	536

D.C.6 : débit caractéristique atteint ou dépassé pendant six mois. On l'appelle aussi débit caractéristique moyen ;

D.C.9 : débit caractéristique atteint ou dépassé pendant neuf mois ;

D.C.11 : débit caractéristique atteint ou dépassé pendant onze mois ;

D.C.E. : débit caractéristique d'étiage. C'est le débit minimum atteint ou dépassé pendant trois cent cinquante cinq jours de l'année ;

Min. Instant. : Minimum instantané ;

Min. Journ. : Minimum Journalier ;

Max. Instant. : Maximum instantané ;

Max. Journ. : Maximum journalier.

L'examen des Tableaux 17 et 18 révèle que les débits minimaux atteints ou dépassés pendant trois cent cinquante cinq jours à Missirah-Gonasse ne sont nuls qu'en 1987/88. Au Gué par contre, les débits caractéristiques d'étiages sont tous nuls. Ces débits caractéristiques d'étiages nous permettent d'évaluer les réserves hydriques dont dispose chaque station pendant dix jours, un mois, trois, six, neuf et onze mois. Ceci est fondamental surtout pour d'éventuels aménagements hydro-agricoles. Ainsi pour la station de Missirah-Gonasse, les périodes de crues sont les suivantes :

1971 : la crue débute le 14/15 Août et s'étend jusqu'au 18 du même mois. Elle réapparaît ensuite du 18/19 au 21/22 Septembre puis du 23/24 au 27 Septembre. La pointe de crue a été atteinte le 17 Août avec 174 m³/s. C'est une crue précoce. 1972 : La crue va du 19/20 au 24/25 Août puis reprend du 17/18 au 27 Septembre.

La pointe de crue a eu lieu le 22 Août avec 120 m³/s. On a ici aussi une crue précoce.

1973 : La crue a commencé le 8/9 et s'est achevé le 18 Septembre avec une pointe de crue enregistrée le 13 Septembre avec 211 m³/s. La crue est normale.

1974 : Cette année a vu la crue débiter le 26/27 Août et durer jusqu'au 3/4 Septembre. Elle va reprendre ensuite du 3/4 au 19 Septembre.

La pointe de crue est arrivée le 30 Août avec 240 m³/s soit une hauteur de 10,79 m à l'échelle.

On a dans ce cas deux crues : une crue semi-précoce et une autre qui est normale.

La côte de 10,79 m à l'échelle ne reflète pas le régime de la Koulountou qui fait office de deffluent par rapport à la Gambie.

1975 : La crue s'étend du 26 Septembre au 6 Octobre. La pointe de crue a été observée le 3 Octobre avec 307 m³/s soit une hauteur maximale de 12,15 m à l'échelle. Cette dernière côte ne reflète pas le régime de la Koulountou qui a été influencé par la Gambie. La crue est semi-tardive.

1976 : La crue a eu lieu du 29/30 Septembre au 2 Octobre puis du 2 au 9/10 Octobre. La pointe de crue a été relevée le 6 Octobre avec 148 m³/s correspondant à une côte de 8,52 m à l'échelle. Les deux crues sont respectivement semi-tardives et tardives.

1977 : La crue va du 19 au 26/27 Septembre. La pointe de crue est notée le 23 Septembre avec 134 m³/s ce qui donne une hauteur maximale de 8,15 m à l'échelle. C'est une crue normale à semi-tardive.

1978 : La crue démarre le 28/29 Septembre et s'achève le 8 Octobre avec une pointe de crue relevée le 2 Octobre et qui s'élève à 245 m³/s soit une hauteur maximale de 10,92 m à l'échelle. C'est une crue semi-tardive à tardive.

1979 : Le début de la crue est notée le 1er/2 Septembre et son arrêt le 8/9 du même mois. Elle va reprendre ensuite du 23 au 25/26 Octobre. La pointe de crue est arrivée le 6 Septembre avec un module de 126 m³/s soit une hauteur maximale de 78,4 m à l'échelle. La première crue est semi-précoce tandis que la deuxième est très tardive.

1980 : Cette année enregistre sa crue du 7 au 16/17 Septembre et sa pointe de crue le 12 du même mois avec 193 m³/s. Ce qui donne une hauteur maximale de 98,1 m à l'échelle. C'est une crue semi-précoce à normale.

1981 : La crue démarre le 17 et s'achève le 26 Septembre. La pointe de crue a été observée le 22 Septembre avec un module

de 161 m³/s soit une hauteur maximale de 89,1 m à l'échelle. La crue est cette année là, normale à semi tardive.

1982 : La crue est apparue à deux reprises : du 7 au 12 Septembre puis du 16 au 19/20 du même mois. La pointe de crue est notée le 10 Septembre avec 149 m³/s ce qui correspond à une hauteur maximale de 85,3 m à l'échelle.

1983 : La crue a été observée à deux reprises également : du 3/4 au 9 puis du 14/15 au 19 Septembre. La pointe de crue est très faible et elle est apparue le 17 Septembre avec un module de 66,9 m³/s.

La hauteur d'eau maximale n'a pas été mesurée pendant cette campagne. La première crue est semi-précoce alors que la seconde est normale.

1984 : Le début de la crue a eu lieu le 9/10 Octobre et la fin le 19 du même mois. La pointe de crue est notée le 13 Octobre et le module est de 145 m³/s soit une maximale de 84,2 m à l'échelle. La crue est tardive à très tardive.

1985 : La crue s'étend du 15 au 24/25 Septembre. La pointe de crue est relevée le 20 septembre et son module s'élève à 219 m³/s ce qui fait une hauteur maximale de 103,9 m à l'échelle. Cette année la crue est normale à semi-tardive.

1987 : Du 30 Septembre au 7/8 Octobre on a observé une crue qui a atteint son maximum le 4 Octobre à 18 h avec un module de 128 m³/s soit une cote maximale de 79,4 m à l'échelle. On a ici une crue tardive.

1988 : Deux périodes de crue apparaissent cette année là : une première crue que l'on observe du 9/10 au 15 Septembre, c'est une crue normale et une deuxième qui est semi-tardive et qui va du 19 au 23/24 Septembre. Le module de la pointe de crue est de 209 m³/s et il a été observé le 12 Octobre.

1989 : Nous avons cette année une crue qui débute le 20 et s'arrête le 29/30 Septembre. Elle a engendré une pointe de crue de 229 m³/s le 24 Septembre. La crue est semi-tardive.

1991 : La crue est arrivée le 24/25 Août et s'est achevée le 3 Septembre. La pointe de crue qui a un module de 158 m³/s a

été atteinte le 28 Août. La crue est précoce à semi-précoce. La non publication d'annuaires hydrologiques pour les périodes 1971-1974 et 1988-1991 nous a empêché d'avoir des informations concernant la hauteur d'eau maximale enregistrée à Missirah-Gonasse et au Gué.

Pour la station du Gué du P.N.N.K. les périodes de crue sont les suivantes :

1979 : Le début de la première crue est intervenu le 1er/2 Septembre et son arrêt le 8/9 Septembre. C'est donc une crue semi-précoce à normale.

La deuxième crue est arrivée le 23 Octobre et s'est terminée le 26 du même mois. Il s'agit d'une crue très tardive. La pointe de crue notée le 6 Septembre a un module de 293 m³/s correspondant à une cote maximale à l'échelle de 61,6 m.

1980 : La pointe de crue a été enregistrée le 7 Octobre avec 221 m³/s de module soit 63,3 m³/s de hauteur maximale à l'échelle.

1983 : Les périodes de crue s'étendent du 3/4 au 9 puis du 14/15 au 18/19 Septembre. La pointe de crue a un module de 185 m³/s et elle est arrivée le 17 Septembre.

La hauteur d'eau maximale correspondant à la pointe de crue n'a pas pu être mesurée cette année là.

La première crue est une crue semi-précoce tandis que la seconde est normale.

1984 : La crue démarre le 9/10 et s'achève le 19 Octobre. La pointe de crue qui a un module de 342 m³/s a été observée le 13 Octobre et elle est incluse dans une crue considérée comme tardive à très tardive.

1985 : C'est une année au cours de laquelle la pointe de crue est notée le 20 Septembre et s'élève à 536 m³/s.

La période de crue est comprise entre le 15 et le 24/25 Septembre. La crue est donc normale à semi-tardive.

IV - FREQUENCE ET DURÉE DE RETOUR DES CRUES

Elles seront étudiées à partir des meilleures lois de distribution obtenues après ajustement des débits maximaux annuels et journaliers à Missirah-Gonasse.

Ainsi, le logiciel DIXLOI nous montre que la loi de GAUSS est la meilleure pour la distribution de ces débits.

TABLEAU N°19 : DEBITS FREQUENTIELS MAXIMAUX ANNUELS

	PERIODE SECHE				PERIODE HUMIDE			
F	0,20	0,10	0,05	0,02	0,80	0,90	0,95	0,98
T	1/5	1/10	1/20	1/50	1/5	1/10	1/20	1/50
	90,05	67,6	49,2	28,4	175,5	197,9	216,3	237,1

L'analyse fréquentielle des débits annuels maximaux à Missirah-Gonasse montre que l'année la plus sèche (1983/84) a un module de 52,1 m³/s qui est proche de la vincennale sèche dont le débit s'élève à 49,2 m³/s.

L'année la plus humide (1975/76) a un module de 223 m³/s qui est inférieur à celui de la cinquantennale humide qu'on estime à 237,1 m³/s.

TABLEAU N°20 : DEBITS FREQUENTIELS MAXIMAUX JOURNALIERS

	PERIODE SECHE				PERIODE HUMIDE			
F	0,20	0,10	0,05	0,02	0,80	0,90	0,95	0,98
T	1/5	1/10	1/20	1/50	1/5	1/10	1/20	1/50
	138,4	114,5	102,9	91,1	217,8	251	282,8	324,06

Les débits maximaux journaliers ont un module de 66,9 m³/s en 1983. Celui-ci est très en deçà du débit obtenu par la cinquantennale sèche qui est de 91,1 m³/s.

Le débit maximum journalier le plus élevé est enregistré en 1975 et s'élève à 307 m³/s ce qui est proche de la

cinquantennale humide qui a un module de 324,06 m³/s.

Au total les crues enregistrées au niveau de la Koulountou sont importantes et ont une puissance relativement forte surtout celles notées à la station du Gué du P.N.N.K. du fait de la position amont de celle-ci.

V - LA VARIABILITE DES CRUES

Les débits maximaux annuels de la Koulountou ont un coefficient de variation et un écart type par rapport à la moyenne très élevés avec respectivement 38,25 et 52,20. Ces valeurs témoignent de la très grande variabilité des crues.

Le coefficient d'irrégularité K3 est de 2,92. Il est important et atteste de l'irrégularité des crues de la Koulountou.

En définitive, les crues de la Koulountou sont variables et irrégulières mais pourraient être influencées par les remous du fleuve Gambie. Elles tranchent nettement avec les périodes de basses eaux pendant lesquelles l'écoulement du cours d'eau n'est plus assuré que par les nappes si elles existent.

CHAPITRE II : LES ÉTIAGES

A l'encontre des crues qui par définition apparaissent brusquement mais se terminent lentement, les étiages sont des phénomènes exceptionnels qui interviennent lentement mais s'interrompent souvent brutalement. Ils représentent dans le comportement des fleuves une baisse de niveau plus considérable que celle qui caractérise les basses eaux moyennes. Les étiages sont causés au départ par un arrêt de l'apport pluvial. Ils correspondent à la valeur du débit au jour du minimum. Leur profondeur dépend de la longueur de la sécheresse et des disponibilités en eau des nappes.

Leurs caractères et leur fréquence sont commandés par la nature des réserves souterraines du bassin. Les étiages apparaissent progressivement par une baisse du niveau de la rivière qui excède rarement quelques centimètres voire quelques millimètres par jour.

Ils se terminent lorsqu'une nouvelle alimentation directe (averse par exemple) provoque une remontée souvent ample et brusque du niveau de la rivière.

La description des étiages de la Koulountou se fera à travers l'étude de leurs dates d'apparition, à travers l'analyse de leur évolution interannuelle, de leur fréquence, de leur durée de retour et de leur variabilité. Elle sera suivie de l'étude du tarissement.

I - LES DATES D'APPARITION DES ÉTIAGES

Le Tableau N°21 résume la fréquence d'apparition des étiages à Missirah-Gonasse et au Gué du P.N.N.K.

TABLEAU N°21 : DATES D'APPARITION DES ÉTIAGES

STATIONS	DUREE DE REFERENCE	MARS	AVRIL	MAI	JUIN
MISSIRAH GONASSE	19 ANS	0	11	3	5
GUE DU P.N.N.K.	5 ANS	1	0	4	0

Il ressort de l'analyse de ce Tableau que le mois d'Avril concentre l'essentiel des débits minimaux journaliers à Missirah-Gonasse où ils apparaissent 11 fois soit 58 % du total.

Ils ont été relevés 5 fois en Juin et 3 fois en Mai mais n'ont jamais apparu en Mars.

Le mois d'Avril est donc la période normale d'apparition des étiages à Missirah-Gonasse. Les étiages qui surviennent au delà de ce mois sont tardifs.

A la station du Gué, les étiages sont surtout observés en Mai (4 fois) contre une seule fois en Mars.

Mai est ainsi le mois normal d'apparition des étiages et ceux qui sont observés en Mars ou Avril sont précoces.

La subdivision des mois en décades permet de mieux préciser ces dates d'apparition (Tableau n°22).

Les débits minimaux journaliers sont très fréquents dans la troisième décade d'Avril car ils y apparaissent 10 fois soit 53 % en valeur relative à Missirah-Gonasse. La première décade de Mai est celle où l'on enregistre l'essentiel des étiages absolus à la station du Gué.

L'étiage qui est survenu à la troisième décade de Mars au Gué est précoce.

TABLEAU N°22 : APPARITION DES DEBITS MINIMAUX JOURNALIERS SELON LES DECADES

STATIONS	MARS	A V R I L			M A I			J U I N	
	20-30	1-10	10-20	20-30	1-10	10-20	20-30	1-10	10-20
MISSIRAH	0	1	0	10	1	1	1	3	2
GONASSE									
GUE DE	1	0	0	0	4	0	0	0	0
P.N.H.K.									

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

II - EVOLUTION INTERANNUELLE DES ETIAGES

La courbe d'évolution des débits minimaux annuels (Graphique N°42) montre que l'écoulement de la Koulountou n'a jamais été à Missirah-Gonasse au cours de la période 1971-1991.

L'étiage absolu le plus faible a été noté en 1987 et il est de 0,036 m³/s alors que le plus élevé est intervenu en 1971 et s'élève à 1,18 m³/s. Entre ces deux extrêmes, les débits minimaux annuels évoluent de part et d'autre de la moyenne qui est de 0,53 m³/s.

Les débits d'étiages dépassent la moyenne de 1971 à 1979. A partir de cette dernière année, ils ne cessent de diminuer et n'atteignent plus la valeur moyenne.

Au niveau du Gué, les débits minimaux annuels sont tous nuls pour la période d'étude 1979-1985. Nous avons expliqué ce phénomène par la faiblesse voire l'inexistence des nappes dans cette partie du bassin.

Les étiages interviennent toujours au cours de la saison non pluvieuse généralement au moment où le régime n'est plus influencé. Les débits journaliers d'étiages absolus montrent que c'est à partir de la dernière valeur de précipitation que démarre la période effective d'étiage dans le bassin.

Au cours de cette période, les températures élevées favorisent une évaporation et une transpiration intenses. Ces facteurs exercent une ponction sur l'écoulement ce qui conduit à un déficit d'écoulement prononcé donc à des étiages profonds.

Les courbes des débits classés (Graphique N°43, 44 et 45) très redressées sur l'axe des ordonnées et lentement asymptotique sur celui des abscisses met en évidence pour les trois années choisies une fréquence assez importante des débits élevés et relativement faible des bas débits.

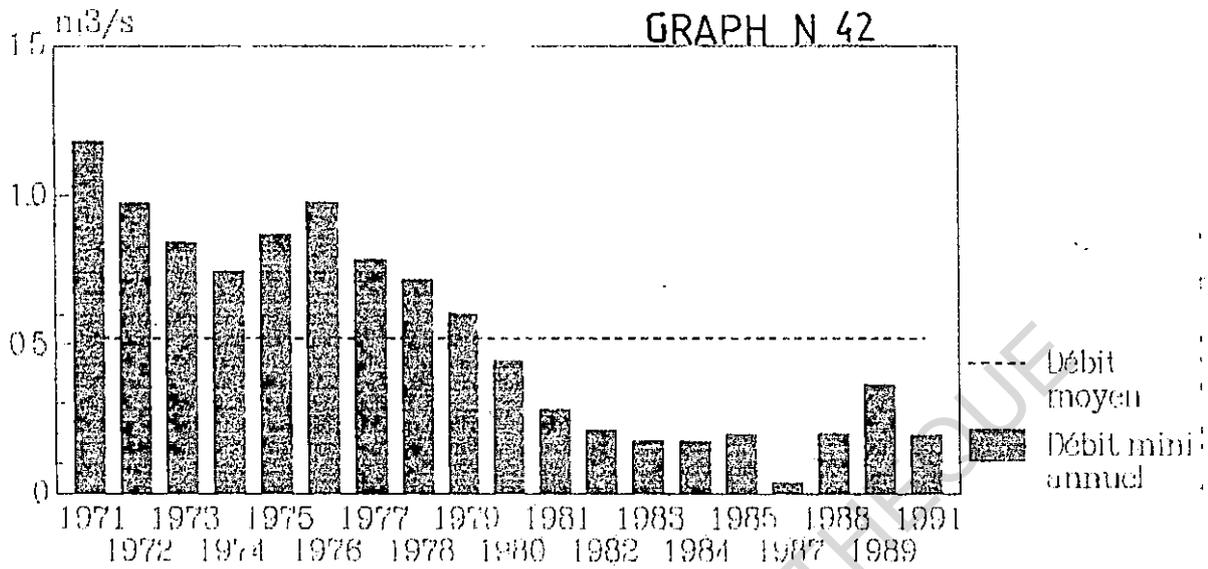
L'obtention des débits caractéristiques d'étiages (Tableau N°17 et 18) nous a permis de déterminer les périodes d'étiage.

D'une manière générale, on peut dire que les étiages débutent toujours au mois d'avril dans le bassin sauf au niveau de la station du Gué où leur démarrage peut intervenir plus tôt

Station de Misirah-Gonasse

1971-1991

Evolution des débits minimaux annuels



Laboratoire de Télédétection

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

comme en Janvier 1983.

La période d'étiage est donc très variable et sa longueur dépend des capacités des nappes à soutenir le débit.

Pour la station de Missirah-Gonasse, les périodes d'étiage sont les suivantes :

1971 : L'étiage débute le 14 Avril et se termine le 30 du même mois. Le minimum minimorum est noté le 22 Avril et il est de 1,14 m³/s. C'est un étiage précoce à semi-précoce.

1972 : La période d'étiage va du 17 au 30 Avril. Le débit d'étiage absolu est noté le 26 Avril et il s'élève à 0,92 m³/s. C'est aussi un étiage semi-précoce.

1973 : Le débit de l'étiage est noté le 21 et sa fin le 30 Avril. L'étiage absolu est relevé le 30 Avril avec 0,80 m³/s. C'est un étiage semi-précoce.

1974 : La période d'étiage débute le 9 Mai et se termine le 8 Juin. Le minimum minimorum est observé le 6 Juin et il s'élève à 0,70 m³/s ce qui correspond à une côte minimale à l'échelle de 0,67 m. L'étiage est soutenu par l'apport des nappes. C'est un étiage normal à semi-tardif.

1975 : L'étiage absolu relevé le 25 Mai est de 0,81 m³/s. Il est compris dans une période d'étiage qui s'étend du 25 Mai au 8 Juin. C'est donc un étiage semi-tardif à tardif. La côte minimale à l'échelle est de 0,72 m.

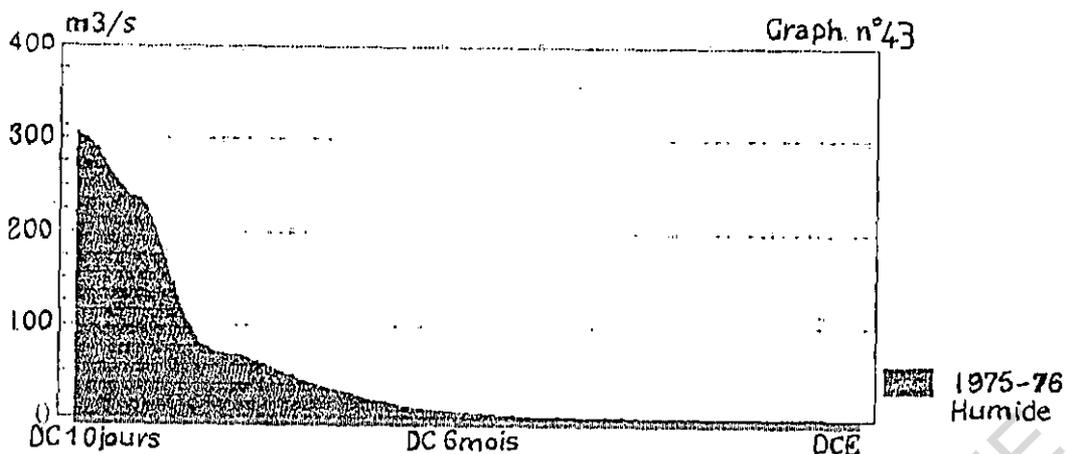
1976 : Cette année a une période d'étiage qui va du 18 au 30 Avril. Le débit d'étiage le plus faible a été mesuré le 26 Avril et il est de 0,88 m³/s. La hauteur minimale est de 0,66 m à l'échelle. L'étiage est donc semi-précoce.

1977 : Le minimum minimorum qui fait 0,74 m³/s a été noté le 25 au 30 Avril et il appartient à une période d'étiage qui va du 17 au 30 Avril. La côte minimale est de 0,62 m à l'échelle et l'étiage est semi-précoce.

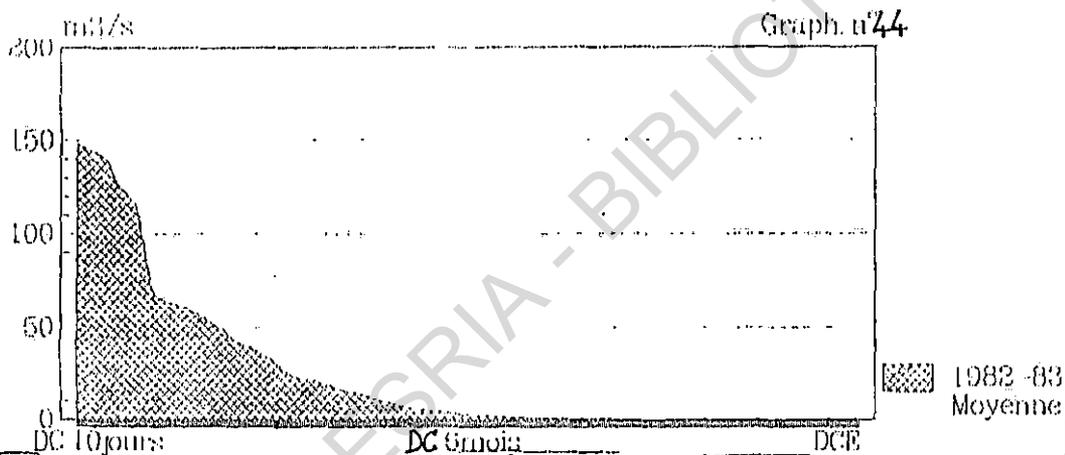
1978 : La période d'étiage est comprise entre le 15/16 et le 25 Avril. L'étiage absolu est relevé le 17 Mai avec 0,63 m³/s soit une hauteur minimale de 0,67 m à l'échelle. On a là aussi un étiage précoce à semi-précoce.

1979 : C'est une année au cours de laquelle on observe une période d'étiage qui démarre le 21 et s'achève le 30 Avril.

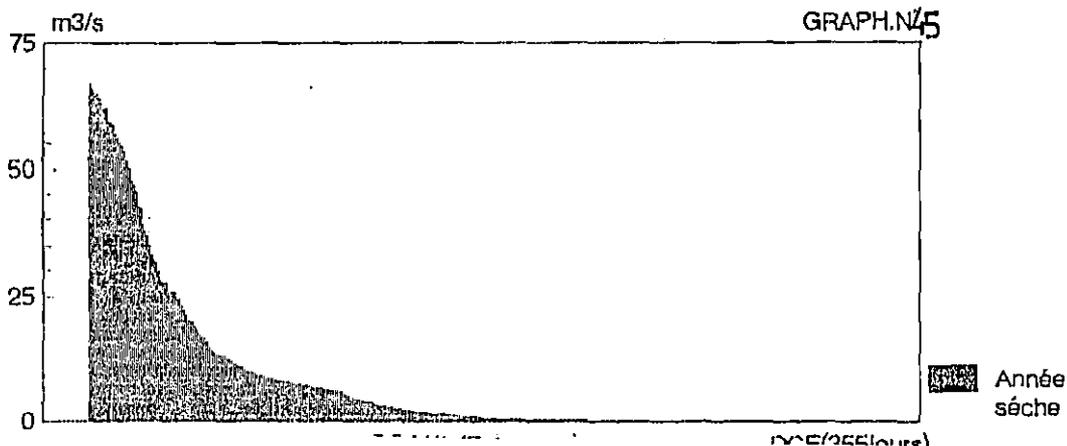
Station de Missirah-Gonasse
1971-1991
courbe des débits classés



Station de Missirah-Gonasse
1971-1991
courbe des débits classés



Station de Missirah-gonasse
1971-1991
courbe des débits classés
1983-1984



C'est à la date du 26 Avril que le minimum minimorum a été enregistré et il est de 0,524 m³/s correspondant à une cote minimale de 0,59 m. L'étiage est également semi précocé.

1980 : L'étiage démarre le 19 et se termine le 30 Avril. Le débit minimum d'étiage est de 0,38 m³/s ce qui donne une hauteur minimale de 0,55 m à l'échelle. L'étiage est ici semi-précoce.

1981 : Les étiages sont observés du 21 au 30 avril et leur débit minimal est arrivé le 22 avril avec 0,23 m³/s ce qui équivaut à une hauteur minimale de 0,51 m à l'échelle.

On a un étiage semi-précoce.

1982 : Cette année la période d'étiage s'est étendue du 26 mai au 9 Juin. Le minimum minimorum noté le 5 juin s'élève à 0,19 m³/s et donne une cote minimale de 0,48 m à l'échelle.

L'étiage est semi tardif à tardif.

1983 : C'est une période d'étiage assez longue qu'on a cette année là car elle s'étend du 30 Mars au 30 avril. Cet étiage précocé à semi-précoce a enregistré un module de 0,17 m³/s ce qui équivaut à une cote minimale de 0,44 m à l'échelle.

1984 : La période d'étiage démarre le 10 et s'achève le 22 Mai. Le minimum minimorum est de 0,16 m³/s et il est apparu le 10 mai. C'est un étiage normal à semi-tardif qui a pour cote minimale 0,50 m à l'échelle.

1985 : La période d'étiage va du 4 au 16 Juin. Le débit minimal est noté le 4 Juin et est de 0,19 m³/s. La hauteur minimale est de 0,48 m à l'échelle et l'étiage est semi-tardif à tardif.

1987 : C'est le 7 avril que survient la période d'étiage et elle durera jusqu'au 29 du même mois. Le minimum minimorum est nul et il a été enregistré le 7 avril avec une cote minimale de 0,51 m à l'échelle. L'étiage est précocé à semi-précoce.

1988 : Les étiages ont commencé le 5 Mai et ont cessé le 16 Juin. Le minimum absolu est observé le 16 Juin et il s'élève à 0,08 m³/s. L'étiage est normal à tardif.

1989 : La période d'étiage a démarré le 13 Juin et s'est achevée le 23 du même mois. L'étiage absolu est apparu le 19 Juin avec 0,20 m³/s. On a là un étiage tardif.

1991 : Cette dernière année a connu une période d'étiage qui est allée du 21 au 30 avril avec un débit minimum noté le 29 Avril et s'élevant à 0,17 m³/s. On a un étiage précoce à semi-précoce.

Pour la station du Gué du P.N.N.K. les périodes d'étiage sont les suivantes :

1979 : Du 29 Mars au 30 Avril un étiage absolu a été relevé avec un module nul plus précisément le 29 Mars. La côte minimale à l'échelle est de 0,59 m. L'étiage est normal à semi-tardif.

1980 : Les étiages ont été observés du 25 février au 24 Juin. L'étiage absolu est apparu le 25 Février et il est égal à 0 m³/s. C'est un étiage qui regroupe toutes les caractéristiques (semi-précoce, normal, semi-tardif et tardif). C'est sa durée qui explique ce phénomène.

1983 : La période d'étiage a démarré le 1er Janvier et s'est terminée le 10 Juin. L'écoulement a pris fin le 1er Janvier à la côte minimale 0,61 m à l'échelle. C'est un étiage qui va de précoce à tardif du fait de sa durée.

1984 : Les étiages ont démarré cette année le 6 Mars et ont continué jusqu'au 20 Juin. L'écoulement s'est arrêté le 6 Mars et il caractérise un étiage semi-précoce à tardif.

1985 : Les étiages ont débuté le 23 Mars et ont disparu le 18 Juin. Le débit d'étiage le plus faible a été noté le 23 Mars et il est nul. C'est un étiage semi-précoce à tardif.

III - DEBITS MINIMAUX FREQUENTIELS DANS LE BASSIN DE LA KOULOUNTOU

Leur étude se fera à travers un tableau à partir duquel nous déterminerons leur fréquence et leur durée de retour.

TABLEAU N°23 : FREQUENCE ET DUREE DE RETOUR DES DEBITS MINIMAUX JOURNALIERS

	PERIODE SECHE				PERIODE HUMIDE			
F	0,20	0,10	0,05	0,02	0,80	0,90	0,95	0,98
T	1/5	1/10	1/20	1/50	1/5	1/10	1/20	1/50
	0,17	0,09	0,04	0,00	0,72	0,97	1,24	1,62

Ce tableau montre que l'année 1987/88 qui est la plus sèche a un module de 0,036 m³/s qui est supérieur à celui de la cinquantennale sèche qui est nul.

Le débit minimum journalier le plus élevé enregistré en 1971/72 et qui s'élève à 1,18 m³/s est inférieur à celui de la récurrence humide qui est de 1,24 m³/s et dont la durée de retour est une fois tous les 20 ans.

Pour les débits fréquentiels minimaux nous n'avons pas retenu la meilleure loi car celle-ci donne des récurrences négatives. Nous avons donc choisi la loi de GALTON.

IV - VARIABILITE DES ETIAGES

Les étiages connaissent une très grande variabilité comme le montre leur coefficient de variation qui est de 24,73 et leur écart type qui s'élève à 0,34.

Le coefficient d'irrégularité qui est de 22,5 témoigne de l'irrégularité des étiages durant la période 1971-1991 à Missirah-Gonasse.

L'étude des crues et des étiages dans le bassin versant de la Koulountou a confirmé l'existence de deux régions différentes :

Le haut et moyen bassin qui abritent la station du Gué du P.N.N.K. constituent une zone où les sols sont maigres et pierreux. Ces sols recouvrent un sous-sol imperméable et la Koulountou y coule sans plaine alluviale. Elle ne dispose donc d'aucune réserve importante pour faire face à la période de sécheresse. Son débit s'effondre en quelques jours et l'étiage est rapidement très creusé. A Missirah-Gonasse par contre la Koulountou s'écoule dans le cours inférieur au milieu de la plaine alluviale. La nappe phréatique installée dans les alluvions soutient le débit pendant quelque temps avant l'apparition d'un étiage accentué. Il y a donc un certain parallèle entre les facteurs qui favorisent les grandes crues et ceux qui favorisent les étiages très creusés. Il s'agit de l'absence d'intermédiaire souterrain entre le point de chute de la pluie et le lit de la Koulountou.

Dans le haut et le moyen bassin, il est rare de trouver quelque chose qui puisse jouer le rôle d'une éponge qui prend l'eau fournie brutalement et la rend lentement si ce n'est au niveau des glacis et les endroits où les roches se sont décomposées.

L'efficacité directe des pluies y est donc élevée et est responsable de l'aggravation de la violence des crues par rapport aux averses. C'est là une cause principale des valeurs de débits très élevées notées à la station du Gué.

L'importance de l'efficacité directe des pluies s'explique par l'absence d'infiltration. Il en résulte donc une absence de réserves souterraines et le bassin est incapable d'emmagasiner de l'eau ce qui fait que les étiages sont vite très accentués. Ces étiages se définissent d'abord par la valeur du débit minimum mais surtout par l'allure de la courbe de tarissement qui lui correspond.

V - LE TARISSEMENT

Le tarissement est l'écoulement qui intervient en l'absence de tout apport pluviométrique. Il correspond au vidange ou au déstockage des nappes aquifères. Il est donc appelé régime non influencé.

L'étude du tarissement nous permettra d'évaluer les réserves souterraines et de connaître leur diminution progressive.

L'eau reçue dans le bassin ne s'écoule pas ou ne s'évapore pas immédiatement mais séjourne un certain temps dans le sol et le sous-sol. Ainsi en l'absence de précipitations, l'écoulement et l'évaporation jouent aux dépens de ces réserves.

Le tarissement est étudié sur papier semi-logarithmique et pour l'année du minimum absolu. On reporte les débits journaliers de la période de décroissance des débits en diagramme semi-log avec en ordonnée logarithmique les débits et les temps en jours sur l'abscisse arithmétique.

L'ajustement de la série des débits décroissants se traduit par une droite si la loi exponentielle est vérifiée.

Les droites de tarissement (Graphiques N°46,47 et 48) montrent que ce dernier commence à partir du jour où la décroissance des débits est continue.

Leur allure est dans l'ensemble assez redressée ce qui signifie que le bassin de la Koulountou au niveau du Gué du P.N.N.K. ne dispose pas de réserves souterraines suffisantes capables de maintenir les débits pendant longtemps. Il suffit alors de quelques jours sans pluie pour qu'apparaisse un étiage profond au Gué. C'est ce qui se passe par exemple en 1983/84 année au cours de laquelle l'écoulement de la Koulountou s'est complètement arrêté le premier Janvier. La décroissance des débits suit une loi de tarissement exponentielle de la forme

$$Q = Q_0 e^{-kt}$$

avec Q = débit initial au jour J qui marque le début du tarissement.

$$Q_0 = \text{débit du jour } J + T$$

$$t = \text{nombre de jours entre } Q \text{ et } Q_0$$

K = coefficient de tarissement ou de décroissance des débits qui a pour dimension l'inverse de temps puisqu'il spécifie l'alimentation souterraine et sa décroissance. Il s'obtient en transformant l'expression de tarissement sous la

$$k = \frac{\log Q - \log Q_0}{t}$$

K est un indicateur des capacités disponibles par drainage naturel des différentes nappes du bassin. A perméabilité égale, le coefficient de tarissement est d'autant plus petit que l'acquifère est importante. Autrement dit plus ce coefficient de tarissement est faible, plus le cours d'eau est soutenu en étiage par les nappes et inversement.

Les équations des droites de tarissement ont permis de déterminer les coefficients de tarissement de chaque nappe et pour les trois années de l'étude (1985/86, 1979/80 et 1983/84).

Dans le Tableau N°24, sont consignés les temps de décrue TD (c'est la période comprise entre la pointe de crue et le début du tarissement), le temps de tarissement (t), les coefficients de tarissement (K), les débits initiaux de tarissement (Q), les débits de fin de tarissement Q_0 , les

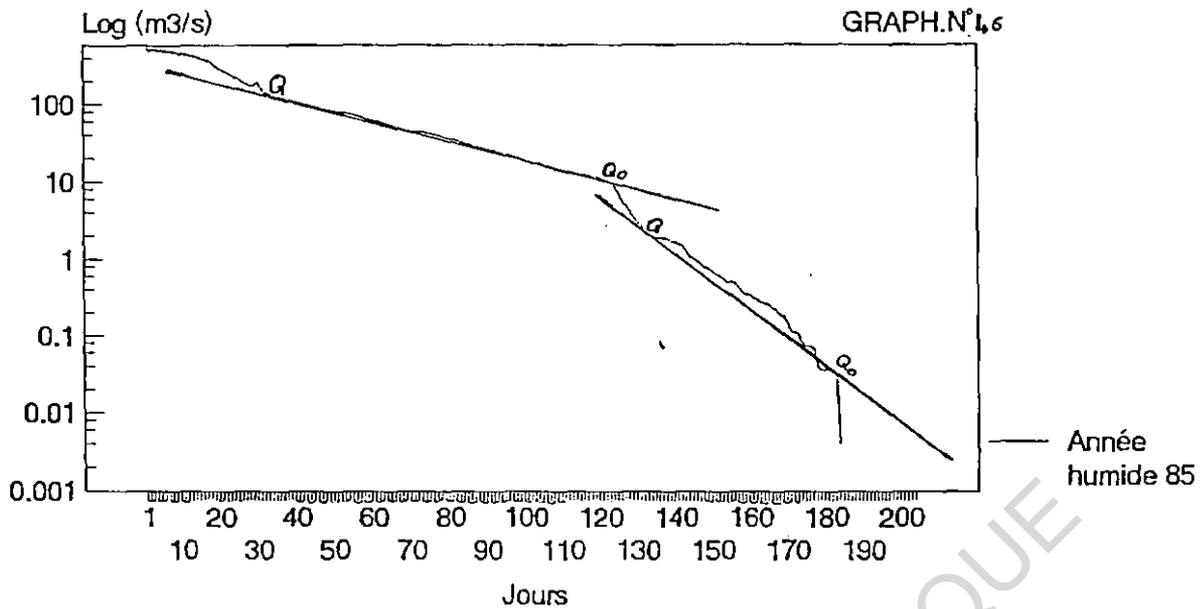
TABLEAU N° 24 :

CARACTERISTIQUES DE TARISSEMENT DANS LE BASSIN DE LA KOULOUNTOU

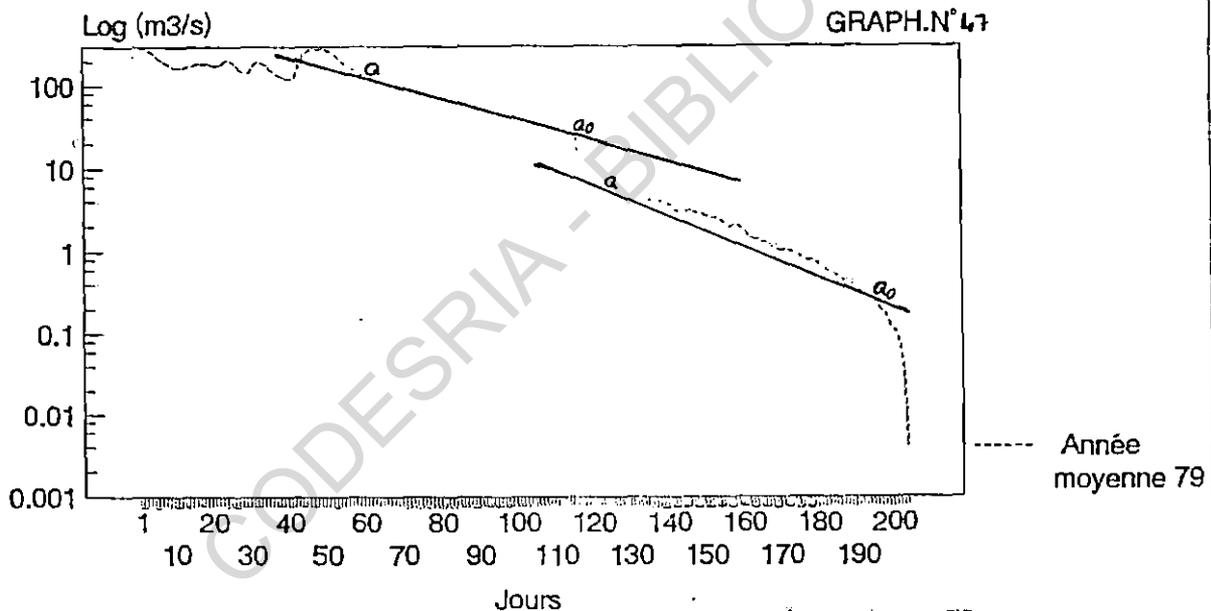
A LA STATION DU GUE

ANNEES	TD (JOURS)	t (JOURS)	Q m ³ /s	DATES D'APPARITION DES Q	Q0 m ³ /s	K	qt m ³ /s
1985/86	30	90	195	19 OCTOBRE	11,3	0,013	29,34
		51	2,09	30 JANVIER	0,004	0,053	2,7
1979/80	60	54	134	5 NOVEMBRE	26,7	0,012	71,4
		71	5,58	6 JANVIER	0,295	0,017	0,41
1983/84	36	69	29,6	22 OCTOBRE	0,040	0,041	2,72

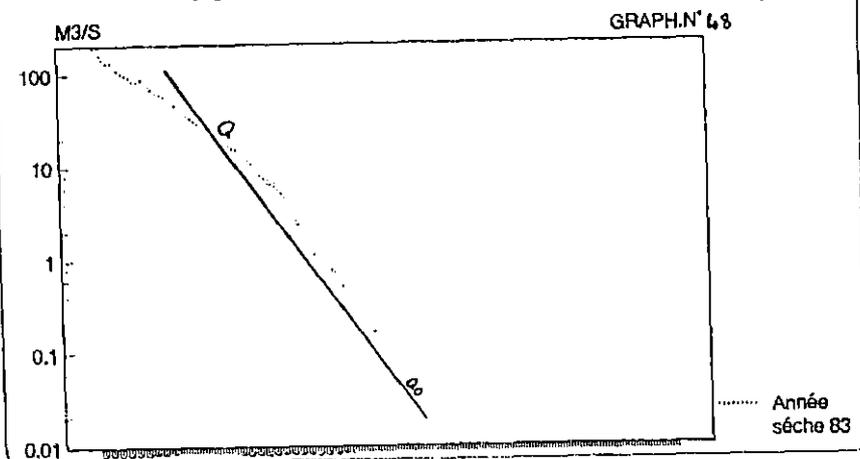
Station du GUE du PNNK courbe de tarissement



Station du GUE du PNNK courbe de tarissement



Station du GUE du PNNK courbe de tarissement



réserves souterraines qt et les dates d'apparition des débits initiaux.

L'analyse de ce tableau révèle l'existence de deux nappes à la station du Gué. La deuxième nappe a disparu au cours de l'année 1983/84.

On remarque que le nombre de jours de tarissement est plus important pour la première et la deuxième décroissance des débits car il est respectivement de 90 et 71 jours.

Le deuxième tarissement de l'année 1985/86 est moins soutenu par la deuxième nappe car le coefficient de tarissement est élevé (0,053).

Les premiers tarissements de 1985/86 et 1979/80 ont des coefficients de tarissement faibles qui s'élève respectivement à 0,013 et 0,012. Ces deux tarissements sont donc les plus soutenus par les nappes.

Le déficit pluviométrique noté en 1983/84 explique la disparition de la deuxième nappe observé au Gué au cours des années pluvieuses.

Le coefficient de tarissement relativement élevé (0,041) montre que le tarissement n'est pas suffisamment soutenu cette année là.

C'est ce qui explique l'arrêt total de l'écoulement de la Koulountou dès le premier Janvier 1983.

On peut remarquer aussi que les deuxièmes coefficients de tarissement des années 1985/86 et 1979/80 sont supérieurs aux premiers. Ceci montre que la deuxième nappe soutient moins le débit d'étiage en raison de sa profondeur.

En 1985/86, le premier tarissement est intervenu à partir du 19 Octobre soit 30 jours après la crue du 20 Septembre avec un débit initial de 195 m³/s. Il s'est arrêté le 17 Janvier au moment où le débit était noté à 11,3 m³/s ce qui correspond à un coefficient de tarissement de 0,013.

Le deuxième tarissement a débuté le 30 Janvier avec un débit initial de 2,09 m³/s. Son arrêt a été noté le 22 Mars avec un débit de 0,004 m³/s. Le coefficient de tarissement est le plus élevé car il est estimé à 0,053.

En 1979/80 le premier tarissement qui survient le 5 Novembre avec un débit initial de 134 m³/s s'est poursuivi jusqu'au 29 Décembre date à laquelle le débit s'élevait à 26,7 m³/s et le coefficient de tarissement était de 0,012. La période de décrue a duré cette année là 60 jours.

Le deuxième tarissement a duré 71 jours car il a commencé le 6 Janvier avec un débit initial de 5,58 m³/s et a pris fin le 17 Janvier avec un débit de 0,295 m³/s. Le coefficient de tarissement est de 0,018.

En 1983/84, nous n'avons enregistré qu'un seul tarissement qui a duré 69 jours. Il a débuté le 22 Octobre avec un débit initial de 29,6 m³/s et s'est achevé le 30 Décembre au moment où le débit était de 0,04 m³/s. La décrue s'est étalée sur 36 jours. Les réserves d'eau souterraines enregistrées au Gué sont relativement élevées pour les premières nappes des années 1985/86 et 1979/80 car elles s'élèvent respectivement à 29,34 et 71,4 m³/s. Les deuxièmes nappes de même que la réserve de 1983/84 sont particulièrement faibles (2,7 ; 0,41 et enfin 2,72 m³/s).

Le tarissement de la Koulountou au niveau de la station du Gué se fait assez lentement jusqu'à l'épuisement des nappes qui intervient de façon précoce si on le compare à celui qui a lieu à Missirah-Gonasse. Cette précocité de l'épuisement des nappes peut s'expliquer par la lithologie qui ne favorise pas la mise en place de réserves souterraines importantes.

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

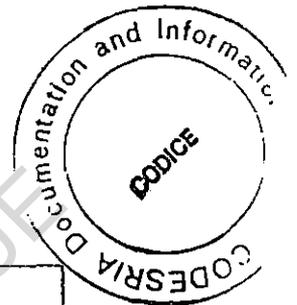
=*~*~*~*~*~*~*

FACULTE DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES

=*~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*~*

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

=*~*~*~*



PROBLEMATIQUE ET RESULTATS
OBTENUS

DU TRAVAIL D'ETUDES ET DE
RECHERCHES

Présenté par :

Oumar SEHE

ANNEE UNIVERSITAIRE 1992-1993

I N T R O D U C T I O N

Ce travail d'études, et de recherches que nous avons entamé depuis juillet 1991 entre dans le cadre du second volet du programme initié par le laboratoire d'hydrologie du Département de Géographie. Il porte sur l'étude de l'écoulement, des crues et des étiages dans le bassin versant de la Koulountou.

I - PROBLEMATIQUE

Le bassin versant de la Koulountou ayant fait l'objet depuis 1991 d'une étude monographique réalisée par Adrien COLY, il nous revenait d'étudier de manière beaucoup plus fine les manifestations extrêmes de l'écoulement de la Koulountou.

Cette étude devait permettre de connaître les disponibilités en eau du bassin et de maîtriser les modalités de l'écoulement du cours d'eau. Ceci est capital dans une région aux potentialités, hydro-agricoles importantes et où il urge de favoriser la restauration de l'environnement fortement dégradé par les feux de brousse et par la déforestation du fait de la pression humaine.

II - RESULTATS OBTENUS

Nous pouvons dire que la Koulountou est l'un des principaux affluents de la Gambie. Elle est située entre $13^{\circ} 16'$ et $11^{\circ} 52'$ de longitude Ouest.

Elle draine un bassin versant de 6421 km^2 soit $8,33 \%$ du bassin de la Gambie qui couvre 77100 km^2 . Le bassin s'étend sur deux états : le Sénégal au Nord et la Guinée au Sud.

Il peut être subdivisé en deux régions différentes :

. Le haut bassin où la Koulountou prend naissance dans les contreforts septentrionaux du Fouta-Djallo est une région de forte pente dominée par de hauts reliefs constitués de buttes-témoins et des inselbergs. Le réseau hydrographique est dendritique et descend des pentes raides ce qui accélère le drainage. La géologie est dominée en

générale par des roches cristallines et cristallophyliennes à perméabilité réduite. La végétation est dense et repose sur un sol épais.

. Le cours inférieur constitue une zone plate où les altitudes et les pentes sont faibles. L'écoulement est ici lent et le cours d'eau est beaucoup plus large. La géologie est dominée par les grès cuirassés et par les alluvions. C'est le domaine des plaines herbeuses et des plateaux couverts de savanes boisées.

Il y a une complémentarité entre le haut bassin et le cours inférieur. La lithologie, le système des pentes et la végétation du haut bassin permettent un ruissellement rapide des eaux de pluie et augmente l'efficacité des averses. Les possibilités de crue sont aussi accrues du fait de la faiblesse de l'infiltration. Les roches perméables et les sols meubles du cours inférieur absorbent l'eau fournie brutalement et la restituent lentement atténuant ainsi les étiages.

Le haut bassin connaît par ailleurs un climat très pluvieux, une évapotranspiration moyenne et une humidité relativement élevée. L'année climatique s'y étale sur dix mois de mars à décembre. Ce qui permet au bassin de disposer d'eau de façon quasi permanente. Le climat est par contre moins pluvieux dans le cours inférieur. Les températures élevées et l'insolation quasi directe favorisent une évaporation forte. Le plan d'eau est assez relevé mais le bassin souffre d'un manque de stations pluviométriques.

Celles qui existent en Guinée ne sont pas régulièrement suivies. Les méthodes des quintiles, de l'écart moyen et des moyennes mobiles nous ont permis de déterminer les tendances pluviométriques (sécheresse depuis 1968).

Le régime hydrologique moyen est marqué par trois mois de hautes eaux en période normale et neuf mois de basses eaux.

Ce régime est étudié pour les périodes 1971-1991 à Missirah-Gonasse et 1979-1985 au Gué du P.N.N. Ce qui ne constitue pas une normale hydrologique qui est de 30 ans. Le régime est aussi décrit pendant une période considérée comme déficitaire sur le plan pluviométrique (péjoration climatique depuis 1968) donc susceptible de se modifier.

Le régime hydrologique moyen est de type tropical pur à Missirah-Gonasse mais est considéré comme un régime de transition au Gué. C'est un régime pluvial, unimodal, stable, régulier et immodéré.

Les crues de la Koulountou sont beaucoup plus puissantes au Gué qu'à Missirah-Gonasse en raison de la position amont de la station du Gué.

Elles interviennent en général durant les mois d'août, de septembre et d'octobre et plus précisément entre la 2^{ème} décennie d'août et la 1^{ère} décennie d'octobre à Missirah-Gonasse.

Au Gué, les crues interviennent surtout dans la 2^{ème} décennie de septembre.

Pour mieux suivre l'évolution des crues et des étiages, nous les avons étudiés années par année.

Il ressort de cette étude que les crues de la Koulountou sont variables et irrégulières et pourraient être influencées par les remous du fleuve Gambie.

Les étiages sont plus soutenus à Missirah-Gonasse qu'au Gué du fait de la présence d'importantes nappes dans la zone de Missirah-Gonasse.

Ces étiages apparaissent essentiellement en avril (11 fois soit 58 %), 5 fois en juin et 3 fois en mai à Missirah-Gonasse.

Avril est donc la période normale d'apparition des étiages au niveau de cette station.

A la station du Gué, les étiages sont surtout concentrés en mai (4 fois) contre 1 seule fois en mars.

Les débits minimaux journaliers sont très fréquents dans la 3^{ème} décennie d'avril (10 fois) à Missirah-Gonasse et dans la 1^{ère} décennie de Mai au Gué.

Les étiages connaissent une très grande variabilité comme le montre leur coefficient de variation qui est de 24,73 et leur écart type qui s'élève à 0,34. Le coefficient K_3 qui est de 22,5 témoigne de l'irrégularité des étiages durant la période 1971-1991 à Missirah-Gonasse.

Le tarissement de la Koulountou au niveau du Gué se fait assez lentement jusqu'à l'épuisement des nappes qui intervient de façon précoce si on le compare à celui qui a lieu à Missirah-Gonasse. Cette précocité de l'épuisement des nappes peut s'expliquer par la lithologie qui ne favorise pas la mise en place de réserves souterraines importantes.

CONCLUSION

La sécheresse persistante qui frappe le Sénégal et dans une moindre mesure la Guinée au cours de ces deux dernières décennies impose à ces deux pays de mettre en valeur leurs régions à potentialités hydro-agricoles. Cette mise en valeur passe par une parfaite maîtrise des modalités de l'écoulement des cours d'eau.

La Koulountou est l'un des rares affluents de la Gambie à ne jamais se dessécher d'où l'importance de son étude dans une perspective d'aménagement.

Elle joue un rôle socio-économique très important au Sénégal et en Guinée. Elle sert notamment aux usages domestiques, à abreuver les animaux des parcs nationaux du Niokolo-Koba et du Badia. Elle est également utilisée pour la culture irriguée, la culture fruitière et cotonnière.

Nous envisageons à l'avenir d'entreprendre des études beaucoup plus poussées à des fins d'aménagement du bassin.

Ces études devront avoir pour objectif de contribuer à la réhabilitation des parcs nationaux du Niokolo-Koba et du Badia. Cette réhabilitation se traduira par des reboisements intensifs et par la protection des animaux qui tendent à disparaître du fait de la pression humaine.

Il s'agira aussi de féliciter la réalisation des barrages de Kouya sur la Gambie, de Kankakoure sur la Litti et enfin du barrage de Kogon l'Oulbé sur la Kouréniaké. Toutes ces tentatives de mise en valeur du bassin devront avoir entre ^{autres} objectif la restauration de l'environnement.

CONCLUSION GENERALE

La Koulountou est l'un des principaux affluents de la Gambie.

Elle draine un bassin versant de 6421 km² soit 8,33 % du bassin de la Gambie qui couvre 77100 km². Le bassin s'étend sur deux Etats : le Sénégal au Nord et la Guinée au Sud. Il peut être subdivisé en deux régions différentes :

* Le haut bassin où la koulountou prend naissance, est une région de forte pente dominée par de hauts reliefs constitués de buttes-témoins et des inselbergs. Le réseau hydrographique est dendritique et descend des pentes raides ce qui accélère le drainage. La géologie est dominée en général par des roches cristallines et cristalloyliennes à perméabilité réduite. La végétation est dense et repose sur un sol peu épais.

* Le cours inférieur constitue une zone plate où les altitudes et les pentes sont faibles. L'écoulement est ici lent et le cours d'eau est beaucoup plus large. La géologie est dominée par les grès cuirassés et par les alluvions. C'est le domaine des plaines herbeuses et des plateaux couverts de savanes boisées.

Il y a une complémentarité entre le haut bassin et le cours inférieur. La lithologie, le système des pentes et la végétation du haut bassin permettent un ruissellement rapide des eaux de pluie et augmentent l'efficacité des averses. Les possibilités de crue sont aussi accrues du fait de la faiblesse de l'infiltration.

Les roches perméables et les sols meubles du cours inférieur absorbent l'eau fournie brutalement et la restituent lentement atténuant ainsi les étiages.

Le haut bassin connaît par ailleurs un climat très pluvieux, une évapotranspiration moyenne et une humidité relative élevée. L'année climatique s'y étale sur dix mois de Mars à Décembre ce qui permet au bassin de disposer d'eau de façon quasi permanente. Le climat est par contre moins pluvieux dans le cours inférieur. Les températures élevées et l'insolation quasi directe favorisent une évaporation forte. Le plan d'eau est assez relevé

mais le bassin souffre d'un manque de stations pluviométriques. Celles qui existent en Guinée ne sont pas régulièrement suivies.

Le régime hydrologique moyen est marqué par trois mois de hautes eaux en période normale et neuf mois de basses eaux. Ce régime est étudié pour les périodes 1971-1991 à Missirah-Gonasse et 1979-1985 au Gué ce qui ne constitue pas une normale hydrologique qui est de 30 ans. Le régime est aussi décrit pendant une période considérée comme déficitaire sur le plan pluviométrique donc susceptible de se modifier.

Le régime hydrologique moyen est de type tropical pur à Missirah-Gonasse mais est considéré comme un régime de transition au Gué. C'est un régime pluvial, unimodal, stable, régulier et immodéré.

Les crues de la Koulountou sont beaucoup plus puissantes au Gué qu'à Missirah-Gonasse en raison de la position amont de la station du Gué.

Ces crues de la Koulountou sont variables et irrégulières et pourraient être influencées par les remous du fleuve Gambie.

Les étiages sont plus soutenus à Missirah-Gonasse qu'au Gué du fait de la présence d'importantes nappes dans la zone de Missirah-Gonasse. Le tarissement s'effectue d'une manière relativement lente au Gué jusqu'à épuisement des nappes.

Cette étude constitue notre modeste contribution à la connaissance, mais surtout à la maîtrise de l'écoulement des eaux de la Koulountou toute chose indispensable à d'éventuels projets d'aménagement (Parc sous régional de Niokolo-Koba Badiar, aménagement des réserves sylvo-pastorales, aménagement hydro-agricole). Cette étude nous a permis de nous familiariser avec l'outil informatique appliqué à l'hydrologie. Nous envisageons à l'avenir d'étudier de manière beaucoup plus fine la sécheresse hydrologique récente et ses conséquences sur l'écoulement de la Koulountou.

Nous trouverons peut être là une explication convaincante au paradoxe qui fait que l'écoulement de la Koulountou s'arrête par moment au Gué alors qu'il est pérenne à Missirah-Gonasse malgré la proximité des deux stations./-

B I B L I O G R A P H I E

- Annuaire hydrologiques O.R.S.T.O.M. : 1974 à 1977 ;
 Annuaire hydrologiques D.E.H. Sénégal : 1978 à 1988 ;
 A.S.E.C.N.A., précipitations journalières de 1989 à 1991;
 BARRETO S.P. (1966) Notice explicative de la Carte
 Pédologique de Reconnaissance au 1/200 000 de Tambacounda.
 O.R.S.T.O.M. - DAKAR.
- BASSOT J.P. (1966) - Etude Géologique du Sénégal-Oriental
 et de ses Confins Guinéo-Maliens. Mémoire du B.R.G.M. N°40 Paris,
 322 Pages.
- BOCQUIER G. CLAISSE G. (1963) - Reconnaissance Pédologique
 dans les Vallées de la Gambie et de la Koulountou.
 République du Sénégal. Cahier Pédologique N°4 Page 5 à 32
 O.R.S.T.O.M. - DAKAR.
- BRUNET - MORET (1969) - Etudes des lois statistiques
 utilisées en hydrologie. Cahier O.R.S.T.O.M., série Hydrologique
 vol VI, N°3, 99 Pages.
- BAKHOUM SAMBA (1991) - Monographie Hydrologique du Bassin
 Versant de la KAYANGA Mémoire de Maîtrise. Laboratoire
 d'Hydrologie Département de Géographie U.C.A.D.- DAKAR.
 121 Pages.
- BALLO Amadou (1983). Les Modalités de l'Écoulement Fluvial
 en Domaine Tropical Humide Africain. L'exemple des bassins du
 Niger supérieur et du Bani. Thèse de troisième cycle, NANCY, 173
 Pages, 8 Cartes, 33 Figures.
- CASENAVE A. (1978) - Etude Hydrologique du Bassin du
 Sanguéré. Cahier O.R.S.T.O.M., série Hydrologique vol XV N°1 et
 2, PARIS, 209 Pages.
- COLY ADRIEN (1991) - Monographie Hydrologique du Bassin
 Versant de la Koulountou. T.E.R. Maîtrise de Géographie.
 Laboratoire d'Hydrologie, Département de Géographie Faculté
 des Lettres et Sciences Humaines. U.C.A.D - DAKAR - 148 Pages,
 23 Tableaux, 15 Cartes, 15 Graphiques.
- COLY ANDRIEN (1992) - Le Régime Hydrologique de la
 Koulountou à Missirah-Gonasse : La Modification saisonnière de
 1983/84. Mémoire de D.E.A. de Géographie Physique Laboratoire

d'Hydrologie Département de Géographie Faculté des Lettres et Sciences Humaines U.C.A.D.- DAKAR. 42 Pages, 33 Graphiques, 11 Tableaux, 1 Carte.

DEMANGEOT JEAN (1984) - Les Milieux Naturels du Golbe, Paris Masson, Collection Géographie 250 Pages, Figures, Photos.

DIONE OUSMANE (1991) - Ecoulement : Crues et Etiages dans le Bassin Versant de la Falémé, Mémoire de Maîtrise Laboratoire d'Hydrologie Faculté des Lettres et Sciences Humaines Département de Géographie, U.C.A.D.- DAKAR 106 Pages, 8 Cartes, 30 Tableaux, 16 Figures.

DIANDY R. (1986) - Etude Statistique et Géographique des Crues dans la basse vallée du Fleuve Sénégal de 1968 à 1982. Mémoire de Maîtrise Université / DAKAR, 124 Pages. Tableaux, Cartes, Figures.

DUCHAUFOR PH. (1977) - Pédogénèse et Classification. Edition Masson Paris 471 Pages.

DUBREUIL P. (1966) - Les Caractéristiques Physiques et Morphologiques des Bassins Versants. Leurs déterminations avec une précision acceptable. Cahier O.R.S.T.O.M., série Hydrologique N°5.

DUBREUIL P. (1971) - Détermination des Paramètres du Sol Influent sur le Cycle Hydrologique dans les B.R.E. Cahiers O.R.S.T.O.M., série Hydrologique, vol VIII, N°3.

ELOUARD P. (1964) - Notions Elémentaires d'Hydrologie et Problème de l'Eau au Sénégal. Notes africaines N°102. EQUIPE TECASEN, ENSJF (1986) - Les Données NOAA et l'Inventaire des Superficies Inondées de la Vallée du Sénégal (Crue 1985-1986). Rapport N°5 Département de Géographie Université de Dakar. E.N.S. Montrouge, O.M.V.S., 55 Pages.

F.A.O. / O.M.V.G. (1989) - Etudes Pédologiques Régionales. Conclusion et Recommandation du Projet. Rapport Terminal AG. DF/RAF/82/047 Rome.

FRECAUT R. (1979) - Etiages. Application à l'Afrique Occidentale et Centrale du Nord-Ouest Colloque d'Hydrologie sur la Précision des Débits. Bull. Association Géographie Française Paris, N°459, Pages 61 à 71.

FRECAUT R. (1982) - Eléments d'Hydrologie et de Dynamique Fluviale Tome I Université Nancy II, 147 Pages.

GEORGE P. (1990) - Dictionnaire de la Géographie. 4ème Editions P.U.F. Paris, 512 Pages.

GNING A. (1986) - Etudes Hydrologiques du Bassin Versant du Niériko. T.E.R. Département de Géographie U.C.A.D. 93 Pages.

HUYGEN J.P. (1978) - Development of the Gambia River Basin. A forestry study of the Basin Report prepared for U.N.D.P./O.M.V.G.

HUBERT H. (1921) - Eaux Superficielles du Sénégal. Paris Larose, 31 Pages.

KONATE LAMINE (1992) - Le Bassin Versant du Diarha au Pont Routier. Etude Hydrologique Mémoire de Maîtrise Laboratoire d'Hydrologie Facultés des Lettres et Sciences Humaines Département de Géographie U.C.A.D., 131 Pages, 9 Cartes, Photos, 16 Figures, 29 Tableaux.

LAMAGAT J.P., ALBERGEL J., BOUCHEZ J. M., DESCROIT L. (1990) - Monographie Hydrologique du Fleuve Gambie O.R.S.T.O.M. - DAKAR.

LE BORGNE J. (1988) - La Pluviométrie au Sénégal et en Gambie. Laboratoire de Climatologie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines U.C.A.D. - DAKAR.

LO H.M. (1984) - Le Bassin de la Gambie en Amont de Gouloumbo. Contribution à l'Hydrologie et à la Dynamique Fluviale en Domaine Tropical Humide Africain. Républiques du Sénégal et Guinée. Thèse de Doctorat 3ème cycle Nancy II 396 Pages 55 Figures, Cartes, Photos.

LOBORDE J.P. (1979) - Eléments d'Hydrologie de Surface. Tome 1 et 2.

LEROUX M. (1980) - Le Climat de l'Afrique Occidentale. Doctorat d'Etat, 3 Tomes, DAKAR 1 427 Pages, 353 Pages.

MICHEL R. (1969) - Les Fleuves.

Que sais-je ? N°1 077 P.U.F., 126 Pages.

MICHEL P. (1973) - Les Bassins des Fleuves Sénégal et Gambie. Etude Géomorphologique. Doctorat d'Etat, O.R.S.T.O.M., 3 Tomes, 753 Pages.

NDOUR M. (1990) - Monographie Hydrologique du Bassin Versant du Sandougou. Mémoire de Maîtrise Laboratoire d'Hydrologie Département de Géographie Faculté des Lettres et Sciences Humaines U.C.A.D., 84 Pages.

NDOUR M. (1991) - Sécheresse, Ecoulement et Tarissement dans le Bassin Versant du Sandougou. Mémoire de D.E.A. Laboratoire d'Hydrologie, Département de Géographie Faculté des Lettres et Sciences Humaines U.C.A.D., 36 Pages.

OLIVRY J.C. (1983) - Evaluation des Données Hydrologiques et Météorologiques Disponibles sur le Bassin du Fleuve Gambie. Rapport Préliminaire O.M.V.G. Ministère des Relations Extérieures, O.R.S.T.O.M., 91 Pages.

O.M.V.G. (1974) - Etudes Hydrologiques et Topographiques du Bassin du Fleuve Gambie. Rapport Final. Howard Humphreys & Sons vol. IV Angleterre.

PARDE M. (1968) - Fleuves et Rivières. Paris Armand Collin Coll. U. 5ème Editions, 245 Pages, 18 Figures.

REMENIERAS G. (1980) - L'Hydrologie de l'Ingénieur Eyrolles 2ème Edition, 456 Pages, Figure, Tableau.

SANTOS L. (1986) - Etude Monographique du Bassin Versant du Niokolo-Koba. T.E.R. Département de Géographie U.C.A.D. 81 Pages.

SIRCOULON J. (1976) - Les Sécheresses et les Etiages. La Récente Sécheresse des Régions Sahéliennes. La Houille Blanche, N°6/7, Pages 537, 15 Figures.

SECA / CCE (1989) - Etude de Faisabilité pour l'Aménagement du Parc National du Badiar. République de Guinée. M.A.R.A.

Direction Nationale des Forêts et Chasses. BDPA SCETAGRI.

SONED (1987) - Etude et Suivi des Nappes d'Eau Souterraines du Senegal. Rapport Final Dakar.

SAGNA MBEMBA (1991) - Etude Hydrologique du Bassin Versant du Thiokoye. Laboratoire d'Hydrologie Mémoire de Maîtrise Faculté des lettres et Sciences Humaines Département de Géographie U.C.A.D., 99 Pages, 4 Photos, 7 Cartes, 9 Figures, 24 Tableaux.

SOW A.A. (1988) - Moyennes Pluviométriques et Pluie Moyenne au Sénégal. Annales de la Faculté des Lettres et Sciences

Humaines N°18, Pages 151 à 171, N.E.A. - DAKAR.

SOW A.A. (1989) - Ecoulement et Indice de Sécheresse dans le Bassin du Niokolo-koba. Annales de la faculté des lettres et Sciences Humaines N°19, Pages 153 à 175 N.E.A. - DAKAR.

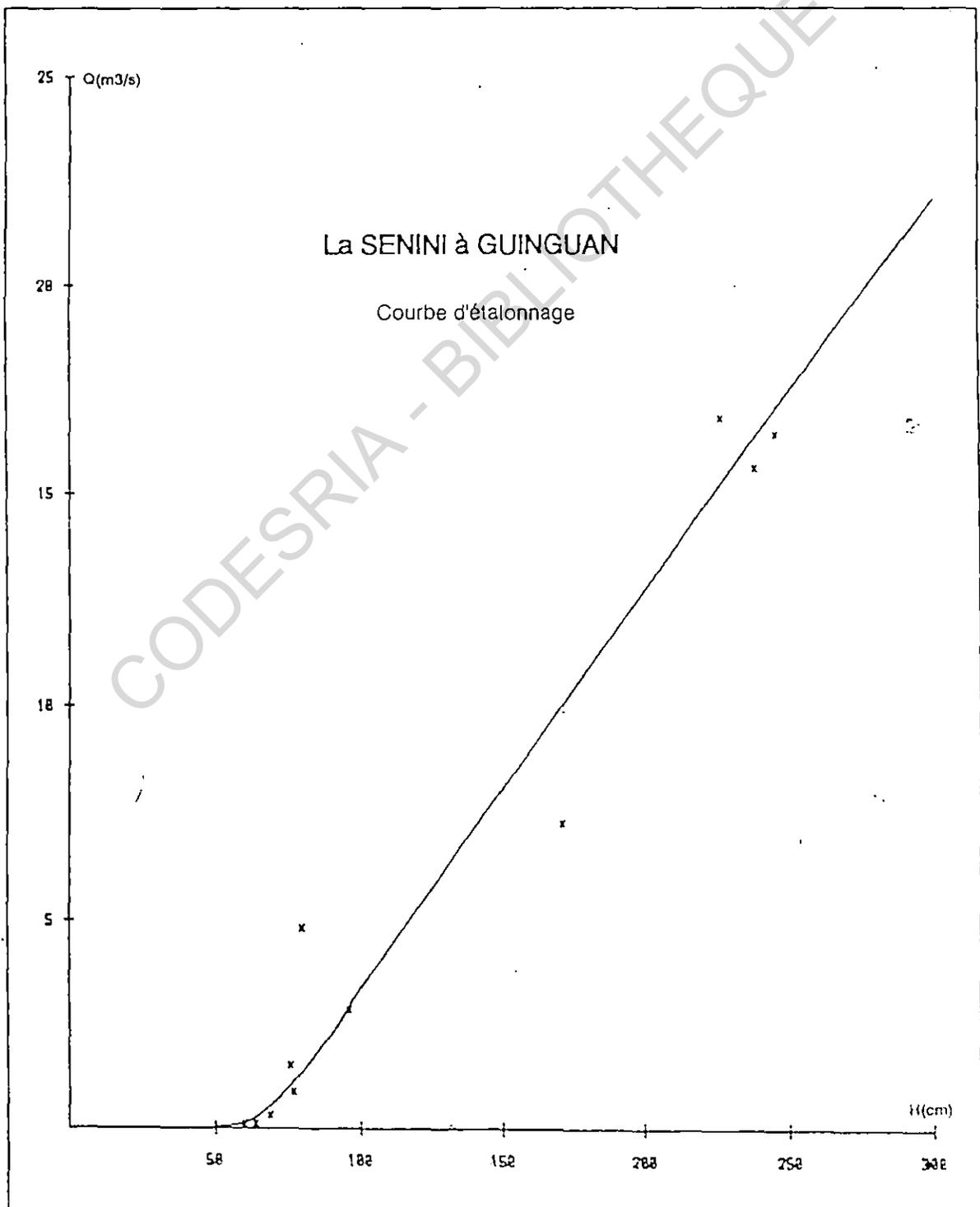
U.S.A.I.D., D.A.T. (1986) - Cartographie et télédétection des Ressources de la République du Sénégal. Etude de la Géologie, de l'Hydrologie, de la Végétation, des Sols et des Potentiels d'Utilisation des Sols, Dakar 653 Pages.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

LISTE DES JAUGEAGES

N°	DATE	H(cm)	Q(m ³ /s)
1	25/12/81	64	0,114
2	06/01/82	60	0,109
3	05/08/82	77	0,871
4	12/08/82	96	2,87
5	03/07/83	171	7,25
6	03/07/83	226	16,9
7	03/07/83	238	15,7
8	03/07/83	245	16,5
9	05/07/8	380	4,82
10	06/07/83	76	1,50
11	31/07/83	69	0,308
12	25/08/83	86	*
13	01/09/83	341	*
14	01/09/83	310	*
15	01/09/83	302	*
16	01/09/83	290	*
17	01/09/83	277	*
18	15/09/83	114	*
19	29/09/83	79	*

* valeurs non communiquées

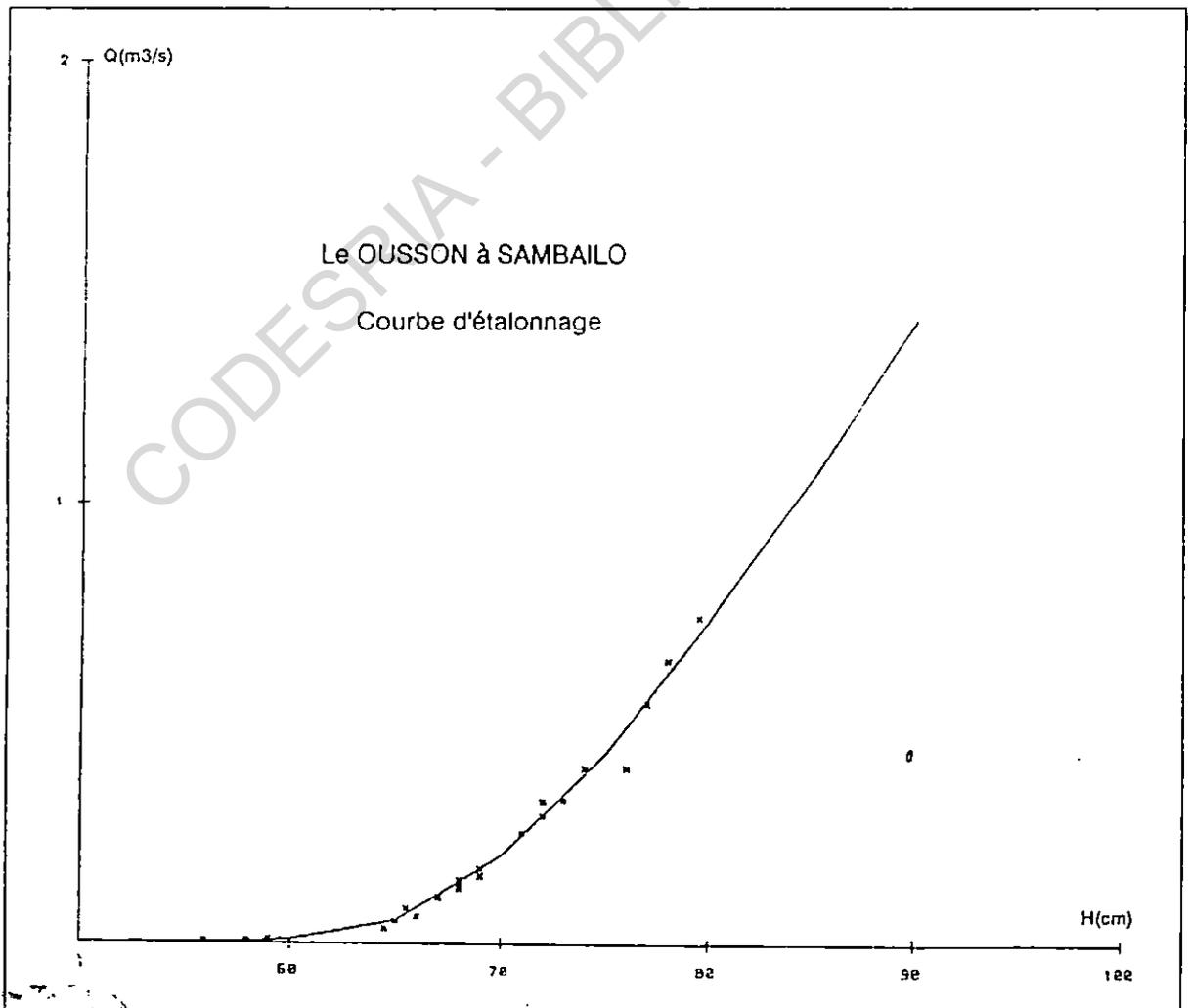


Annexé 2

LISTE DES JAUGEAGES

N°	Date	H(cm)	(*) H(cm)	Q(m³/s)
1	27/12/81	77	68	0,124
2	29/03/82	65	56	0,004
3	03/08/82	81	68	0,147
4	11/08/82	87	74	0,403
5	21/08/82	86	72	0,293
6	26/08/82	82	71	0,253
7	28/04/83	72	59	0,009
8	30/04/83	34	58	0,007
9	29/06/83	31	66	0,062
10	03/07/83	42	67	0,108
11	04/07/83	44	77	0,549
12	22/07/83	47	68	0,131
13	31/07/83	49	69	0,156
14	18/08/85	79,5	73	0,331
15	31/08/85	65	67	0,103
16	(09/11/85)	68	69	0,153
17	05/10/85	64	69	0,154
18	10/08/85	68	78	0,647
19	22/06/86	66,5		0,080
20	03/07/86	64,5		0,033
21	09/07/86	65		0,050
22	10/09/86	72		0,328
23	13/09/86	79,5		0,742
24	13/09/86	76		0,403
25	18/10/86	69		0,172

* Hauteurs corrigées après recalage des limnigrammes.

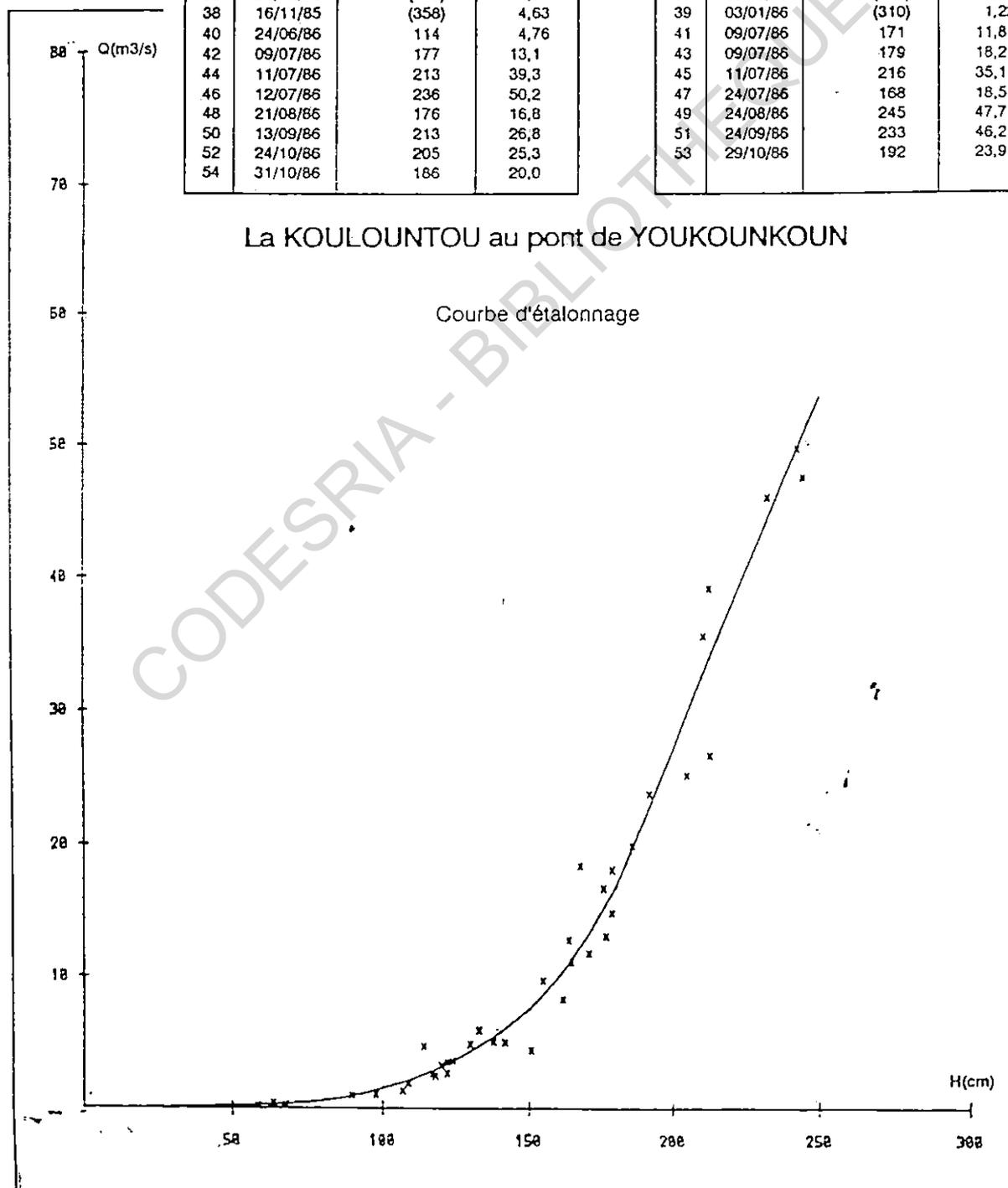


MESURES DE DEBITS

Annexe 3

N°	DATE	H(cm)	Q(m ³ /s)
1	20/01/79	122	2,71
3	06/01/82	107	1,38
5	10/08/82	164	12,8
7	03/07/83	130	4,92
9	06/07/83	142	5,05
11	29/07/83	138	5,10
13	01/08/83	122	3,55
15	25/08/83	211	35,7
17	30/08/83	179	14,9
20	04/11/83	151	4,46
22	19/11/83	109	1,92
24	04/12/83	90	1,04
26	25/12/83	64	0,491
28	06/09/85	(808)	88,5
30	14/09/85	(627)	68,6
32	04/10/85	(457)	24,1
34	17/10/85	(497)	14,4
36	26/10/85	(485)	4,84
38	16/11/85	(358)	4,63
40	24/06/86	114	4,76
42	09/07/86	177	13,1
44	11/07/86	213	39,3
46	12/07/86	236	50,2
48	21/08/86	176	16,8
50	13/09/86	213	26,8
52	24/10/86	205	25,3
54	31/10/86	186	20,0

N°	DATE	H(cm)	Q(m ³ /s)
2	26/12/81	118	2,51
4	06/08/82	155	9,72
6	22/08/82	186	20,0
8	05/07/83	165	11,1
10	21/07/83	124	3,68
12	30/07/83	133	5,97
14	02/08/83	120	3,34
16	29/08/83	243	49,9
19	30/09/83	162	8,30
21	12/11/83	117	2,67
23	27/11/83	98	1,09
25	23/12/83	68	0,321
27	27/12/83	59	0,299
29	12/09/85	(603)	62,5
31	16/09/85	(679)	81,1
33	08/10/85	(555)	27,9
35	20/10/85	(492)	10,9
37	30/10/85	(481)	3,14
39	03/01/86	(310)	1,22
41	09/07/86	171	11,8
43	09/07/86	179	18,2
45	11/07/86	216	35,1
47	24/07/86	168	18,5
49	24/08/86	245	47,7
51	24/09/86	233	46,2
53	29/10/86	192	23,9



LISTE DES GRAPHIQUES

TITRES	PAGES
1. Coupe Transversale Schématique de la Vallée de la Koulountou	10
2. Profil en Longitude de la Koulountou et de ses affluents	10
3. Courbe Hypsométrique du bassin versant de la Koulountou	13
4 et 5. Profils Pluviométriques Moyens dans le Bassin de la Koumountou	27
6, 7 et 8. Vérification de l'Homogénéité des Données Pluviométriques de Quelques Stations	29
9 et 10. Droite d'Ajustement des pluies à Kédougou et Vélingara	31
11, 12, 13 et 14. Précipitations Moyennes Mensuelles à Tambacounda, Labé, Kédougou et Youkounkoun	37
15 et 16. Evolution Interannuelle de la Pluviométrie à Tambacounda et à Labé	41
17 et 18. Evolution Interannuelle de la Pluviométrie à Kédougou et à Youkounkoun	41
19, 20, 21 et 22. Evolution de l'Ecart Moyen à Tambacounda, Labé, Kédougou et Youkounkoun	47
23, 24, et 25. Evolution des Températures Moyennes Mensuelles à Kédougou, Tambacounda et Labé	61
26, 27, et 28. Evolution Comparée E.T.P., H.R.M. et E.V.A.P. , Tabamcounda, Kédougou et Labé	65
29. La Koulountou à la Station du P.N.N.K. : Courbe d'étalonnage	73
30 et 31. Evolution Mensuelle des Débits Moyens à Missirah-Gonasse et au Gué du P.N.N.K.	78

32 et 33. Evolution Journalière des Débits Moyens au Gué du P.N.N.K. et à Missirah-Gonasse (Année Moyenne)	83
34 et 35. Evolution Journalière des Débits Moyens au Gué du P.N.N.K. et à Missirah-Gonasse (Année Humide)	85
36 et 37. Evolution Journalière des Débits Moyens au Gué du P.N.N.K. et à Missirah-Gonasse (Année Séche)	88
38 et 39. Evolution Interannuelle des Coefficients d'Hydraulicité à Missirah-Gonasse et au Gué	92
40 et 41. Evolution des Débits Maximaux Annuels à Missirah-Gonasse et au Gué	99
42. Evolution des Débits Minimaux Annuels à Missirah-Gonasse	112
43, 44 et 45. Courbe des Débits Classés à Missirah-Gonasse	114
46, 47 et 48. Courbe de Tarissement au Gué du P.N.N.K.	121

LISTE DES CARTES

TITRES	PAGES
1. Le Bassin Versant de la Koulountou dans la Gambie	4
2. Carte de Synthèse de l'Hydrologie de la Koulountou	21
3. Réseau de Postes Pluviométriques	23
4. Situation du F.I.T. (front Intertropical) en Afrique Occidentale	34
5. Carte des Isohyètes	54
6. Koulountou : Réseau Hydrographique et Hydrométrique	68
7. Koulountou : Schématisation du réseau Hydrographique et Hydrométrique	76

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

LISTE DES TABLEAUX

TITRES	PAGES
1. Hypsométrie du Bassin	17
2. Synthèses des Données Morphométriques	18
3. Synthèses des Facteurs Physiques de l'Écoulement	18
4. Liste des Stations Retenues	25
5. Lois de Distribution des Pluies	30
6. Caractéristiques Statistiques des Données Mensuelles de Quelques Stations du Bassin	39
7. Evolution Comparée de la Pluviométrie dans le Bassin	43
8. Stations de la Régression Multiple	52
9. Pluies Fréquentielles, Durée de Retour et Coefficient d'Irrégularité	56
10. Les Paramètres Thermiques	59
11. Evaporation Piche, E.T.P., H.R.M.	64
12. Listes des Stations Hydrométriques	70
13. Débits Moyens Annuels en M ³ /S, Coefficient Mensuel de Débit, Coefficient de Variation, Intervalle de Variation, Maximum et Minimum	80
14. Hydraulicité de la Koulountou	90
15. Apparition des débits Maximaux Journaliers Selon les décades	96
16. La Puissance des Crues dans le bassin de la Koulountou	98
17. Valeurs Caractéristiques de Débits à Missirah-Gonasse	101
18. Valeurs Caractéristiques de Débits au GUE du P.N.N.K.	101
19. Débits Fréquentiels Maximaux Annuels	106
20. Débits fréquentiels Maximaux Journaliers	106
21. Dates d'Apparition des Etiages	109
22. Apparition des Débits Minimaux Journaliers Selon les Décades	110

23. Fréquence et Durée de Retour des Débits
Minimaux Journaliers. 116
24. Caractéristiques de Tarissement dans le Bassin
de la Koulountou à la Station du Gué du P.N.N.K. 120

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

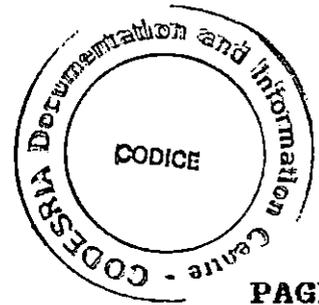
TABLE DES MATIERES

	PAGES
AVANT - PROPOS	1
INTRODUCTION	3
PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DU CADRE PHYSIQUE ET DES FACTEURS CLIMATIQUES DU BASSIN VERSANT DE LA KOULOUNTOU	7
CHAPITRE I : LES FACTEURS PHYSIQUES STABLES DU BASSIN	8
I - LE HAUT BASSIN	8
1°)- L'indice de pente	8
2°)- Les profils	9
3°)- La forme du bassin versant	11
4°)- L'évolution géomorphologique du bassin	12
5°)- Le relief	12
6°)- Le réseau hydrographique	14
7°)- La géologie	14
8°)- Les sols	14
9°)- La végétation	15
II - LE COURS INFERIEUR	15
CHAPITRE II : LES FACTEURS CLIMATIQUES	22
A)- L'état des données et le réseau des Postes de mesure	22
1°)- Critique des données pluviométriques	22
2°)- Les postes de mesure	22

B)- Régimes pluviométriques et critique	
statistique des données	24
1°)- Les régimes pluviométriques	24
2°)- Critique statistique des données pluviométriques	26
a)- L'homogénéisation des données	26
b)- Recherche d'une loi de distribution des précipitations	28
c)- Matrice de corrélation et comblement des lacunes	30
D)- La pluie et sa variabilité dans le bassin	32
I - Mécanismes généraux du climat	33
II - Migration du F.I.T. et saisons climatiques	33
a)- La saison sèche	35
b)- La saison pluvieuse	35
III - La variabilité de la pluviométrie dans le bassin	35
a)- La variabilité mensuelle	36
b)- La variabilité annuelle	38
c)- La sécheresse climatique récente dans le bassin	42
c1)- Le principe de la méthode des quintiles	42
c2)- L'écart moyen	46
c3)- L'évolution climatique du bassin	48
d)- La variabilité spatiale de la pluviométrie	49
IV - Estimation de la pluie moyenne et tracé des isohyètes	50
a)- La régression multiple	50
b)- La lame d'eau moyenne	51
c)- Tracé des isohyètes	55
V - Les pluies fréquentielles	55

	PAGES
CHAPITRE III : LES FACTEURS THERMIQUES ET LEUR VARIABILITE	58
A)- Les températures	58
B)- Les régimes thermiques	60
C)- Évaporation (E.T.) Evapotranspiration potentielle (E.T.P.) et Humidité relative	63
1°)- Evaporation et Evapotranspiration potentielle	63
2°)- L'humidité relative	66
 DEUXIEME PARTIE : LE REGIME MOYEN DE L'ECOULEMENT ET SA VARIABILITE	 67
 CHAPITRE I : LE RESEAU HYDROMETRIQUE, L'ETAT DES DONNES ET LA CRITIQUE STATISTIQUE DES RELEVES	 69
A)- Le réseau hydrométrique et l'état des données	69
I - Les Stations hydrométriques du bassin supérieur et moyen de la Koulountou	69
1°)- La station de Guingan sur la Sénini	69
2°)- La station de Youkounkoun au pont-routier de Koundara	71
3°)- L'Ousson à SAMBAILO	71
II - Les stations du bassin inférieur	71
1°)- La Koulountou au Gué du P.N.N.K.	72
2°)- La station de Missirah-Gonasse	72
B)- Critique statistique des données hydrométriques	74
 CHAPITRE II : LE REGIME HYDROLOGIQUE MOYEN ANNUEL A MISSIRAH-GONASSE ET AU GUE DU P.N.N.K.	 77
A)- Le régime saisonnier moyen	77

	PAGES
1°)- La montée des eaux	77
2°)- La descente	81
3°)- La variation intermensuelle du débit	84
B)- Variabilité du régime moyen	86
1°)- Variabilité intermensuelle du régime	86
2°)- Variabilité interannuelle du régime	87
 TROISIEME PARTIE : LES MANIFESTATIONS EXTREMES DE L'ECOULEMENT DANS LE BASSIN DE LA KOULOUNTOU	 93
 CHAPITRE I : LES CRUES	 94
I - DEFINITION ET GENESE DES CRUES	94
II - LES DATES D'APPARITION DES CRUES	95
III - EVOLUTION INTERANNUELLE DES CRUES	97
1°)- Evolution des débits maximaux annuels	97
2°)- La puissance des crues	98
3°)- Les périodes de crue	100
IV - FREQUENCE ET DUREE DE RETOUR DES CRUES	106
V - LA VARIABILITE DES CRUES	107
 CHAPITRE II : LES ETIAGES	 108
I - LES DATES D'APPARITION DES ETIAGES	108
II - EVOLUTION INTERANNUELLE DES ETIAGES	111



III - DEBITS MINIMAUX FREQUENTIELS DANS LE BASSIN DE LA KOULOUNTOU	116
IV - VARIABILITE DES ETIAGES	117
V - LE TARISSEMENT	118
CONCLUSION GENERALE	124
BIBLIOGRAPHIE	126
LISTE DES TABLEAUX	131
LISTE DES CARTES	136
LISTE DES GRAPHIQUES	134
TABLE DES MATIERES	139
ANNEXE 1	131
ANNEXE 2	132
ANNEXE 3	133