O N A R E S T

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LES TECHNIQUES
L'INDUSTRIE ET LE SOUS-SOL

MONOGRAPHIE DU NYONG ET DES FLEUVES COTIERS

TOME I

(1re Partie : Facteurs conditionnels des Régimes Hydrologiques)

Jean-Claude OLIVRY
Maître de Recherches de l'ORSTOM

Juillet 1979

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LES TECHNIQUES
L'INDUSTRIE ET LE SOUS - SOL

MONOGRAPHIE DU NYONG ET DES FLEUVES COTIERS

TOME I

(1ère Partie : Facteurs conditionnels des Régimes Hydrologiques)

Jean-Claude **OLIVRY**

Maître de Recherches de l'**ORSTOM**

Juillet 1979

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU NYONG ET
DES FLEUVES COTIERS DU CAMEROUN

TOME I

INTRODUCTION

1ère Partie

FACTEURS CONDITIONNELS DES REGIMES HYDROLOGIQUES

Chapitre I : FACTEURS GEOGRAPHIQUES

1 - PHYTOGEOGRAPHIE

1.1 - GENERALITES

1.2 - FORET DENSE HUMIDE SEMPERVIRENTE DE BASSE ET MOYENNE ALTITUDE

1.2.1 - La mangrove

1.2.2 - La forêt ombrophile de basse altitude dite littorale

1.2.3 - La forêt ombrophile atlantique de moyenne altitude.

1.3 - FORET DENSE HUMIDE SEMIDECIDUE DE MOYENNE ALTITUDE.

1.3.1 - Forêt hemi-ombrophile congolaise

1.3.2 - Forêt hemi-ombrophile à Sterculiacées.

1.4 - CONCLUSIONS

2 - GEOLOGIE

3 - PEDOLOGIE

3.1 - LES SOLS FERRALLITIQUES

3.1.1 - Les sols jaunes

3.1.1.1 - Sols jaunes sur roches sédimentaires

3.1.1.2 - Sols jaunes sur roches métamorphiques et éruptives anciennes.

3.1.2 - Les sols rouges

3.1.2.1 - Sols rouges sur roches métamorphiques et éruptives anciennes

3.1.2.2 - Sols rouges sur basalte

3.1.2.3 - Sols de savane.

3.1.3 - Les sols ferrallitiques cuirassés

3.1.4 - Les sols ferrallitiques humifères

3.2 - LES SOLS HYDROMORPHES

3.3 - LES SOLS JAUNES

Chapitre II : CLIMATOLOGIE

1 - GENERALITES

2 - ETUDE DES PRINCIPAUX PARAMETRES CLIMATOLOGIQUES

2.1 - VENTS (vitesse et direction)

2.2 - TEMPERATURE DE L'AIR

2.2.1 - Variation des températures moyennes mensuelles

2.2.2 - Variation des écarts diurnes moyens mensuels

2.2.3 - Températures moyennes annuelles.

2.3 - HUMIDITE DE L'AIR

2.3.1 - Humidité relative

2.3.2 - Tension de vapeur

2.4 - EVAPORATION

2.4.1 - Evaporation Piche
2.4.2 - Evaporation sur Bac.
2.4.3 - Evapotranspiration potentielle.

2.5 - INSOLATION

3 - ETUDE DES PRECIPITATIONS

3.1 - CRITIQUE ET HOMOGENEISATION DES DONNEES MENSUELLES ET ANNUELLES
3.2 - PRECIPITATIONS ANNUELLES

3.2.1 - Répartition statistique des hauteurs de pluie annuelles
3.2.2 - Distribution spatiale des hauteurs de précipitations interannuelles.

3.3 - PRECIPITATIONS MENSUELLES

3.3.1 - Etude statistique
3.3.2 - Histogrammes moyens

3.4 - PRECIPITATIONS JOURNALIERES

TOME II

2 è Partie

HYDROLOGIE DU NYONG

Chapitre III : GENERALITES

INTRODUCTION

2 - LE COURS SUPERIEUR DU NYONG

2.1 - LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA SOURCE AU CONFLUENT DU MFOUMOU

2.2 - LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU MFOUMOU A KAYA
2.3 - ASPECTS PARTICULIERS DU COURS SUPERIEUR DU NYONG.

2.3.1 - Les zones d'inondation
2.3.2 - Les zones de capture

3 - LE COURS INFERIEUR DU NYONG

3.1 - LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE
3.2 - ASPECTS PARTICULIERS DU COURS INFERIEUR DU NYONG

4 - MORPHOLOGIE RELIEF ET PENTES DES BASSINS

4.1 - CARACTERISTIQUES DE FORME
4.2 - RELIEF ET HYPSOMETRIE
4.3 - INDICES DE PENTE
4.4 - PROFILS EN LONG

5 - CONCLUSIONS

Chapitre IV : EQUIPEMENTS ET MESURES HYDROMETRIQUES

1 - LES STATIONS SUR LE NYONG

1.1 - LE NYONG A ABONG MBANG
1.2 - LE NYONG A AYOS
1.3 - LE NYONG A AKONOLINGA
1.4 - LE NYONG A MBALMAYO
1.5 - LE NYONG A DEHANE
1.6 - LE NYONG A OLAMA
1.7 - LE NYONG A KAYA
1.8 - LE NYONG A ESEKA

2 - AUTRES STATIONS DU BASSIN DU NYONG

2.1 - STATIONS DE NJOCK

2.2 - STATIONS DE LA MEFOU

2.2.1 - Mefou à ETOA

2.2.2 - Mefou à NSIMALEN

2.3 - STATIONS D'OTTOTOMO

Chapitre V : DONNEES DE BASE

1 - DONNEES PLUVIOMETRIQUES

2 - DONNEES HYDROLOGIQUES : LES DEBITS.

2.1 - ANALYSE CRITIQUE DES DONNEES BRUTES

2.1.1 - Corrélation de station à station

2.1.2 - Variations de quelques débits caractéristiques de l'amont, vers l'aval.

2.1.3 - Traitement de l'information brute.

2.2 - DONNEES DE BASE

2.2.1 - Généralités

2.2.2 - Stations du Nyong

2.2.2.1 - Nyong à ABONG MBANG

2.2.2.2 - Nyong à AYOS

2.2.2.3 - Nyong à AKONOLINGA

2.2.2.4 - Nyong à MBALMAYO

2.2.2.5 - Nyong à OLAMA

2.2.2.6 - Nyong à KAYA

2.2.2.7 - Nyong à ESEKA

2.2.2.8 - Nyong à DEHANE

2.2.3 - Stations de la Mefou

2.2.3.1 - Mefou à ETOA
2.2.3.2 - Mefou à NSIMALEN

2.3 - CONCLUSIONS

Chapitre VI : INTERPRETATION DES DONNEES

1 - INTRODUCTION

2 - ETUDE DES BASSES EAUX

2.1 - ETUDE DU TARISSEMENT

2.1.1 - Généralités et calcul des coefficients de tarissement
2.1.2 - Tarissement principal
2.1.3 - Tarissement secondaire
2.1.4 - Conclusions

2.2 - ANALYSE STATISTIQUE DES ETIAGES

2.2.1 - Comparaison des étiages minimum de grande et petite saison sèche
2.2.2 - Eventualité d'apparition des débits minimum

2.2.2.1 - Date d'apparition du minimum de petite saison sèche
2.2.2.2 - Date d'apparition du minimum de grande saison sèche assimilable à l'étiage absolu

2.2.3 - Evolution des étiages absolus sur la période d'observation
2.2.4 - Distribution statistique des étiages absolus

2.2.4.1 - Nyong à AYOS
2.2.4.2 - Nyong à AKONOLINGA
2.2.4.3 - Nyong à MBALMAYO
2.2.4.4 - Nyong à ESEKA
2.2.4.5 - Nyong à DEHANE
2.2.4.6 - Stations secondaires
2.2.4.7 - Signification des résultats

2.2.4.7.1 - Intervalles de confiance
2.2.4.7.2 - Irrégularité interannuelle
2.2.4.8 - Etiages absolus spécifiques.

2.2.5 - Relations entre l'étiage absolu et les débits caractéristiques d'étiage.
2.2.6 - Relations entre les étiages absolus de stations voisines.

3 - ETUDE DES CRUES

3.1 - EVENTUALITE D'APPARITION DES MAXIMUMS DE LA CRUE ANNUELLE

3.1.1 - Maximums annuels et maximums secondaires
3.1.2 - Date d'apparition des maximums annuels

3.2 - EVOLUTION DES DEBITS MAXIMUMS ANNUELS SUR LA PERIODE D'OBSERVATION

3.3 - ANALYSE STATISTIQUE

3.3.1 - Distribution statistique des débits maximums de crue

3.3.1.1 - Nyong à AYOS
3.3.1.2 - Nyong à AKONOLINGA
3.3.1.3 - Nyong à MBALMAYO
3.3.1.4 - Nyong à ESEKA
3.3.1.5 - Nyong à DEHANE
3.3.1.6 - Stations secondaires

3.3.2 - Signification des résultats de l'étude de prédétermination des crues

3.3.2.1 - Distribution statistique et comportement des bassins du NYONG
3.3.2.2 - Intervalles de confiance
3.3.2.3 - Irrégularité interannuelle
3.3.2.4 - Débits spécifiques de crue

3.3.3 - Relation entre les débits maximums de stations voisines
3.3.4 - Relation entre le débit maximum et les débits caractéristiques de crues.

4 - ETUDE DES MODULES ET DU BILAN HYDROLOGIQUE

4.1 - HYDRAULICITE DU NYONG SUR LA PERIODE D'OBSERVATION
4.2 - ANALYSE STATISTIQUE DES MODULES

4.2.1 - Etude fréquentielle des modules

4.2.1.1 - Nyong à AYOS
4.2.1.2 - Nyong à AKONOLINGA
4.2.1.3 - Nyong à MBALMAYO
4.2.1.4 - Nyong à ESEKA
4.2.1.5 - Nyong à DEHANE
4.2.1.6 - Stations secondaires

4.22 - Signification des résultats de l'étude de prédétermination des modules.

4.2.2.1 - Calcul des intervalles de confiance
4.2.2.2 - Modules spécifiques
4.2.2.3 - Irrégularité interannuelle
4.2.2.4 - Corrélation entre les modules des différentes stations du NYONG.

4.3 - LES TERMES DU BILAN HYDROLOGIQUE

4.3.1 - Généralités
4.3.2 - Lames d'eau écoulées et précipitations annuelles - Corrélations hydropluviométriques
4.3.3 - Coefficient d'écoulement. Termes du bilan annuel.
4.3.4 - Déficit d'écoulement
4.3.5 - Bilan mois par mois

5 - CONCLUSIONS

TOME III

3è Partie

Chapitre VII : LES FLEUVES COTIERS AU SUD DU NYONG

1 - LA LOKOUNDJE

1.1 - Généralités
1.2.- Le Bassin de la Lokoundjé à LOLODORF

1.2.1 - Equipements et mesures
1.2.2 - Les données de base

1.3 - Etude des basses eaux
1.4 - Etude des crues
1.5 - Modules et termes du bilan

2 - LA KIENKE ET LE LOBE A KRIBI

2.1 - Généralités
2.2 - Equipements et mesures
2.3 - Les données de base
2.4 - Etude des Basses Eaux

2.4.1 - Le Tarissement
2.4.2 - Etude des étiages absolus

2.5 - Etude des crues
2.6 - Etude des modules et des termes du bilan
2.7 - Conclusions

3 - LE BASSIN DU NTEM

3.1 - Généralités
3.2 - Equipements et mesures
3.3 - Données de base
3.4 - Etude des basses eaux
3.5 - Etude des crues
3.6 - Etude des modules et termes du bilan

4 - CONCLUSIONS

Chapitre VIII : FLEUVES COTIERS A L'OUEST DE LA SANAGA

1 - LES TRIBUTAIRES DU WOURI

1.1 - LE BASSIN DU WOURI

1.1.1 - Généralités
1.1.2 - Equipement des stations et mesures

1.1.2.1 - Les stations hydrologiques
1.1.2.2 - Mesures de débits - Etalonnage

1.1.3 - Données de base
1.1.3.1 - Précipitations
1.1.3.2 - Les données hydrologiques

1.1.4 - Etude des basses eaux

1.1.4.1 - Le Tarissement
1.1.4.2 - Les étiages absolus

1.1.5 - Etude des crues
1.1.6 - Etude des modules et des termes du bilan

1.1.6.1 - Etude fréquentielle des modules
1.1.6.2 - Bilan hydrologique

1.2 - LE BASSIN DU MUNGO

1.2.1 - Généralités
1.2.2 - Equipements et mesures
1.2.3 - Données de base
1.2.4 - Etude des Basses Eaux
1.2.5 - Etude des crues
1.2.6 - Etude des modules et des termes du bilan

1.3 - LA DIBAMBA
1.4 - ESTIMATION DES APPORTS RECUS PAR L'ESTUAIRE ET LA MANGROVE DU WOURI

2 - LES TORRENTS ISSUS DU MONT CAMEROUN

2.1 - GENERALITES
2.2 - LA SANJE A IDENAU
2.3 - LE NDONGO A TIKO
2.4 - L'OMBE RIVER A OMBE

3 - LES TRIBUTAIRES DE LA MANGROVE OUEST

4 - LE BASSIN DE LA CROSS-RIVER

4è Partie

Chapitre IX

CONCLUSIONS

BIBLIOGRAPHIE

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

Le Cameroun s'ouvre sur l'océan par une façade de plus de 400 km de longueur.

De l'estuaire de la Cross-River à Calabar (Nigéria), à l'estuaire du Ntem à Campo, l'océan reçoit les apports de quatorze fleuves principaux : la Cross, l'Akwayafo, le Ndian, la Moko, la Meme, le Mungo, le Wouri, la Dibamba, la Sanaga, le Nyong, la Lokoundjé, la Kienké, la Lobé et le Ntem. (fig. 1)

Mais ces fleuves sont d'inégale importance. La Sanaga, à elle seule, draine un bassin versant plus étendu que le bassin camerounais de tous les autres fleuves réunis. Le bassin de la Sanaga rejoint l'océan par un couloir étroit de 100 km de longueur sur 20 km de largeur et ses apports proviennent de régions nettement plus continentales que celles drainées par les autres tributaires camerounais du Golfe de Guinée.

La Sanaga a fait l'objet d'une étude détaillée (H 129) dans laquelle le régime hydrologique a été rattaché au climat tropical de transition.

En entreprenant la monographie hydrologique du Nyong, l'auteur se proposait de définir les caractéristiques du régime d'un fleuve dont le bassin est entièrement sous couverture forestière. Il a vite paru intéressant d'étendre les recherches à l'ensemble des fleuves côtiers - sensu lato - du Cameroun. En effet, ceux-ci ont en commun avec le Nyong de drainer des bassins recevant des précipitations toujours suffisamment abondantes pour permettre le développement de la "grande forêt humide."

En outre, l'extension de l'étude permettait de faire le point sur l'inventaire des ressources en eau de ces régions tributaires de la façade maritime du Cameroun.

Ce problème de ressources en eau fait d'ailleurs l'objet des préoccupations actuelles des planificateurs, en particulier dans les régions de forts peuplements. Or, si les régions étudiées dans cet ouvrage couvrent certaines zones de grande forêt inhabitées, elles englobent aussi deux des trois pôles de forte densité démographique du Cameroun : la région de Yaoundé, et l'Axe Douala-Pays Bamiléké. C'est dire l'importance que revêt pour ces régions une bonne appréciation des ressources hydriques, celles-ci provenant presqu' exclusivement des eaux de surface, et, par suite, c'est dire l'intérêt du parachèvement par les hydrologues de l'ORSTOM d'un réseau hydrométrique national, il y a quelques 3 décennies.

En effet, l'étude est basée essentiellement sur l'exploitation des mesures et données recueillies sur les stations du réseau hydrométrique national.

Ce réseau est relativement hétérogène. Pour des raisons historiques et souvent géographiques (1), le réseau est marqué par une densité, une ancienneté et parfois une qualité inégales, comme le montre la carte du réseau hydrographique de la figure 2, où les stations hydrométriques ont été reportées.

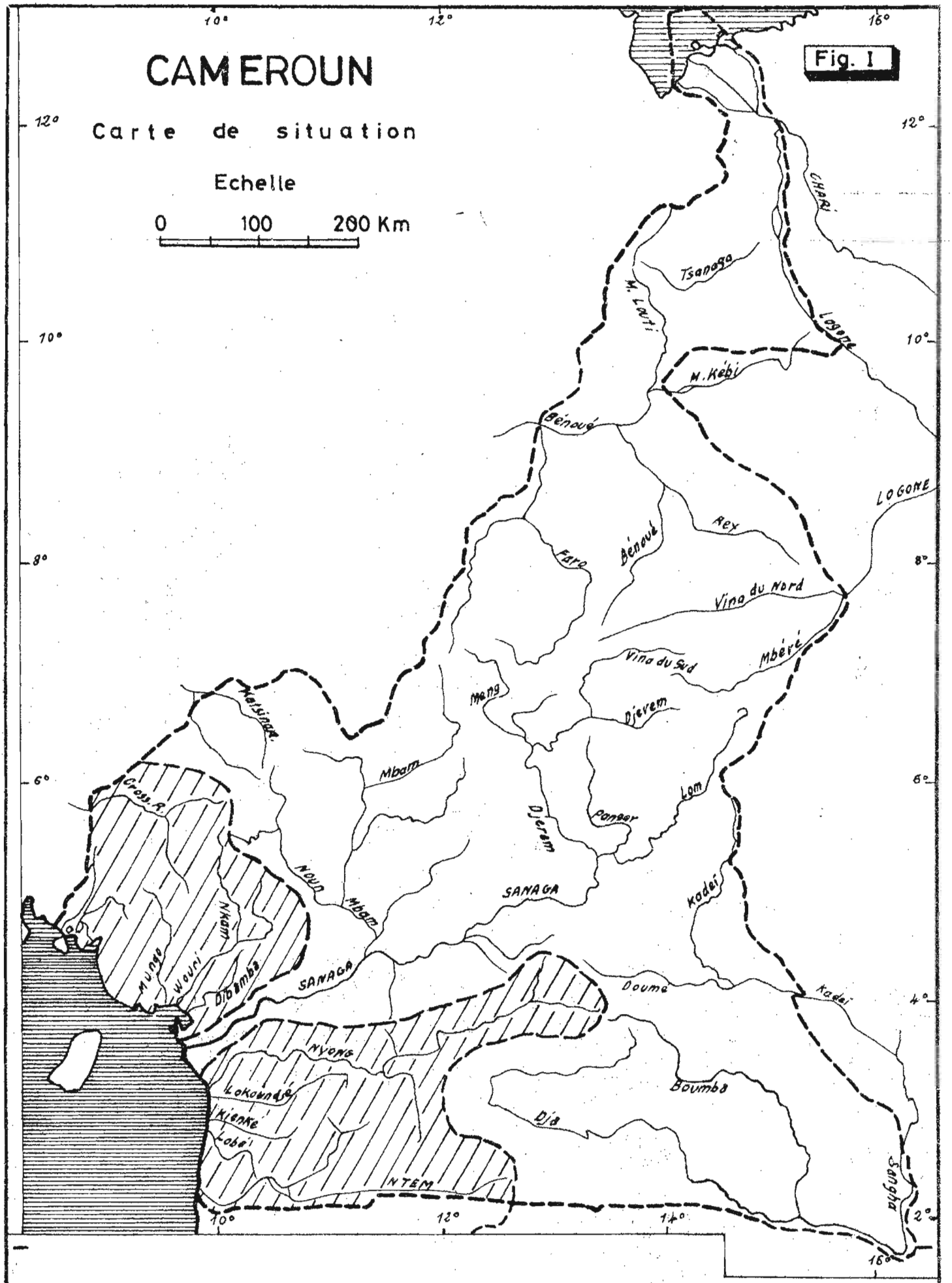
L'hétérogénéité de l'information, quoiqu'en partie corrigée par l'analyse statistique des séries d'observations, aboutit à une analyse plus ou moins fine des caractéristiques hydrologiques des différents cours d'eau étudiés.

Pour certains fleuves dans l'état actuel des recherches, seules des estimations ont pu être faites, estimations obtenues par analogie avec des fleuves voisins situés dans un même écosystème.

Mais la forêt camerounaise est loin de constituer un seul écosystème, et les régions étudiées sont très diversifiées. Elles se partagent globalement en deux sous-ensembles géographiques bien distincts, dont les caractéristiques climatiques, géologiques, pédologiques et géomorphologiques conditionnent les régimes hydrologiques.

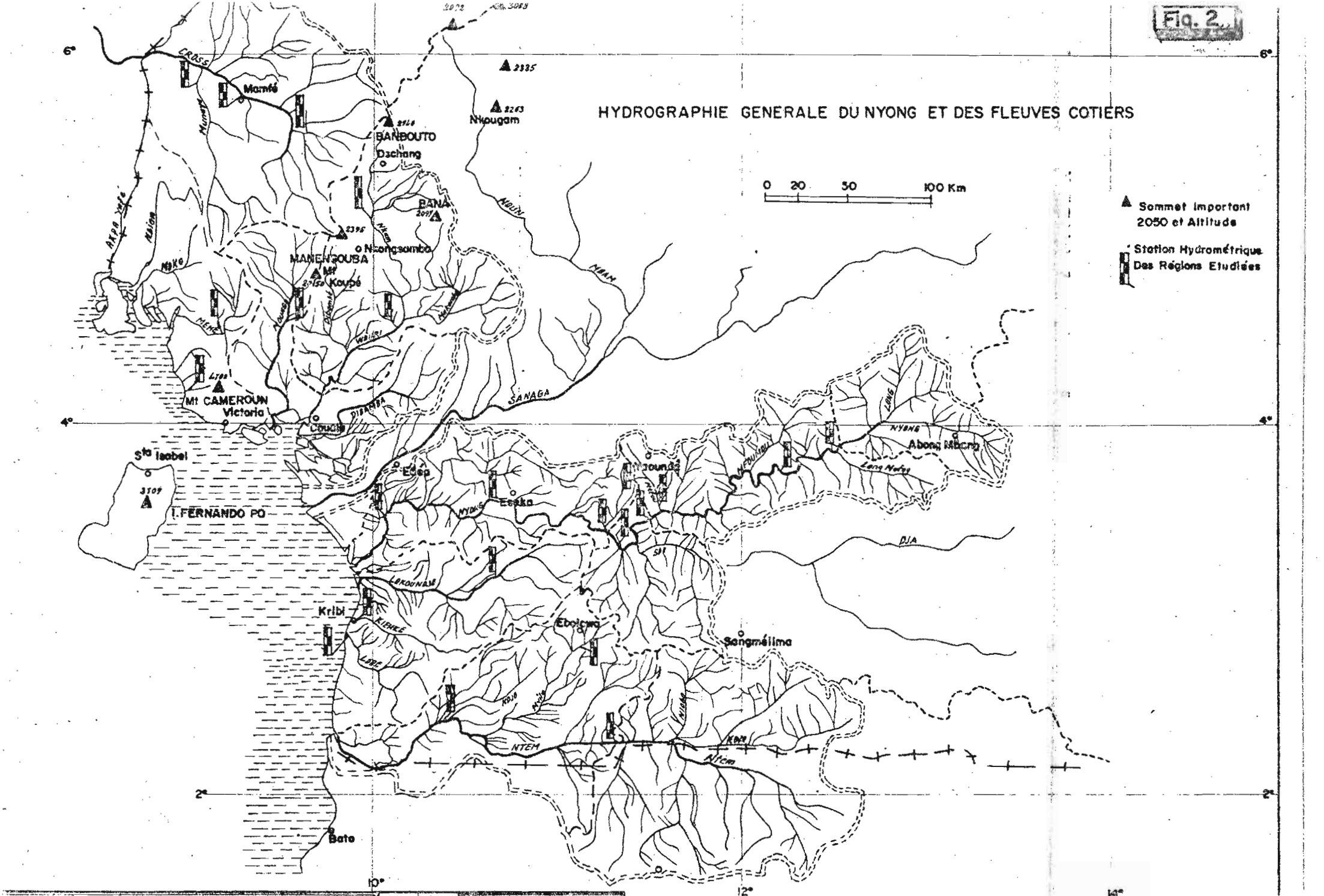
Ces deux sous-ensembles s'individualisent l'un au Nord, l'autre au Sud de la Sanaga.

(1) Equipement par l'ORSTOM de certaines stations des provinces occidentales postérieurement à l'indépendance, ou difficultés d'accès dans certaines régions du pays.


CAMEROUN
Carte de situation
Echelle
0 100 200 Km
Fig. I
CHARI
Tsanaga
M. Louti
Logone
M. Kébi
Bénoué
LOGONE
Rex
Faro
Bénoué
Vina du Nord
Vina du Sud
Mbéré
Meng
Djerem
Katsinaa
Mbam
Cross R.
Lom
Djerem
Ponger
Noun
Mbam
SANAGA
Kadei
Nkam
Mungo
Wouri
Dibamba
SANAGA
Doume
Kadei
Nyong
Lokoundjé
Kienké
Lobé
Boumba
Dja
NTEM
Sangha
10°
12°
14°
16°
12°
10°
8°
6°
4°
2°

date | des.

Fig. 2.



	date	des.
	78/8-2	

Au Nord, les fleuves côtiers drainent surtout des régions aux reliefs vigoureux, marquées par le volcanisme et soumises au climat équatorial côtier Nord, caractérisé par une longue et abondante saison des pluies. Ces régions nord couvrent 45 000 km2.

Au Sud, les régions étudiées sont généralement moins arrosées et soumises au climat équatorial de transition à deux saisons des pluies ; le substratum géologique est précambrien et les reliefs sont dans l'ensemble assez mous. Les régions Sud couvrent une superficie de 71 000 km2.

Dans une première partie de cette étude consacrée aux facteurs conditionnels des régimes hydrologiques, la phytogéographie, la géologie et la pédologie ont été décrites avec mise en évidence des particularismes locaux. Un chapitre sur la climatologie, avec en particulier une analyse détaillée du régime des précipitations, complète la description du milieu physique des régions étudiées.

La seconde partie de l'ouvrage se rapportant au Nyong en constitue le volet essentiel. Après un chapitre descriptif du bassin précisant en outre les caractéristiques morphologiques et un chapitre sur les équipements et les mesures réalisées, l'analyse des données brutes aboutit à un recueil de données de base élaborées, dont l'interprétation constitue le dernier chapitre.

Une troisième partie regroupe en deux chapitres l'ensemble des données et des caractéristiques des régimes hydrologiques des autres fleuves côtiers, au Sud du Nyong, et au Nord de la Sanaga.

Un dernier chapitre de conclusions fait la synthèse des principaux résultats acquis dans cette étude.

Une table des matières détaillée, donnée en tête du tome I (l'ouvrage a été divisé en trois tomes) facilite au lecteur l'accès à une information spécifique. (1)

Le support cartographique de cette étude est constitué par les publications de l'I.G.N. cartes régionales au 1/500 000, mais surtout cartes au 1/200 000.

Les dernières publications (1976), en précisant l'orographie en courbes de niveau de régions sommairement cartographiées jusqu'alors, ont permis de corriger l'information topographique de certains bassins versants.

(1) La numérotation des figures et tableaux hors-textes a été faite sur l'ensemble de l'ouvrage ; la pagination par contre est propre à chaque tome.

1ère Partie

FACTEURS CONDITIONNELS DES REGIMES HYDROLOGIQUES

Chapitre I FACTEURS GEOGRAPHIQUES

Chapitre II CLIMATOLOGIE

CHAPITRE I : FACTEURS GEOGRAPHIQUES

1 - PHYTOGEOGRAPHIE

1.1 - GENERALITES

Les bassins étudiés ont tous en commun d'appartenir au domaine de la forêt dense humide. C'est d'ailleurs leur caractéristique commune essentielle, essentielle dans le paysage mais aussi pour leur comportement hydrologique.

Cette forêt dense humide forme un vaste ensemble phytogéographique qui dépasse largement les limites des régions étudiées ici. Si sur le bassin de la Sanaga la forêt passe rapidement à la zone post forestière Congo Guinéenne où la savane progresse, elle se poursuit sans discontinuité, à l'Est, dans la cuvette congolaise, à L'Ouest, au Nigéria et, au Sud, au Gabon et en Guinée Equatoriale.

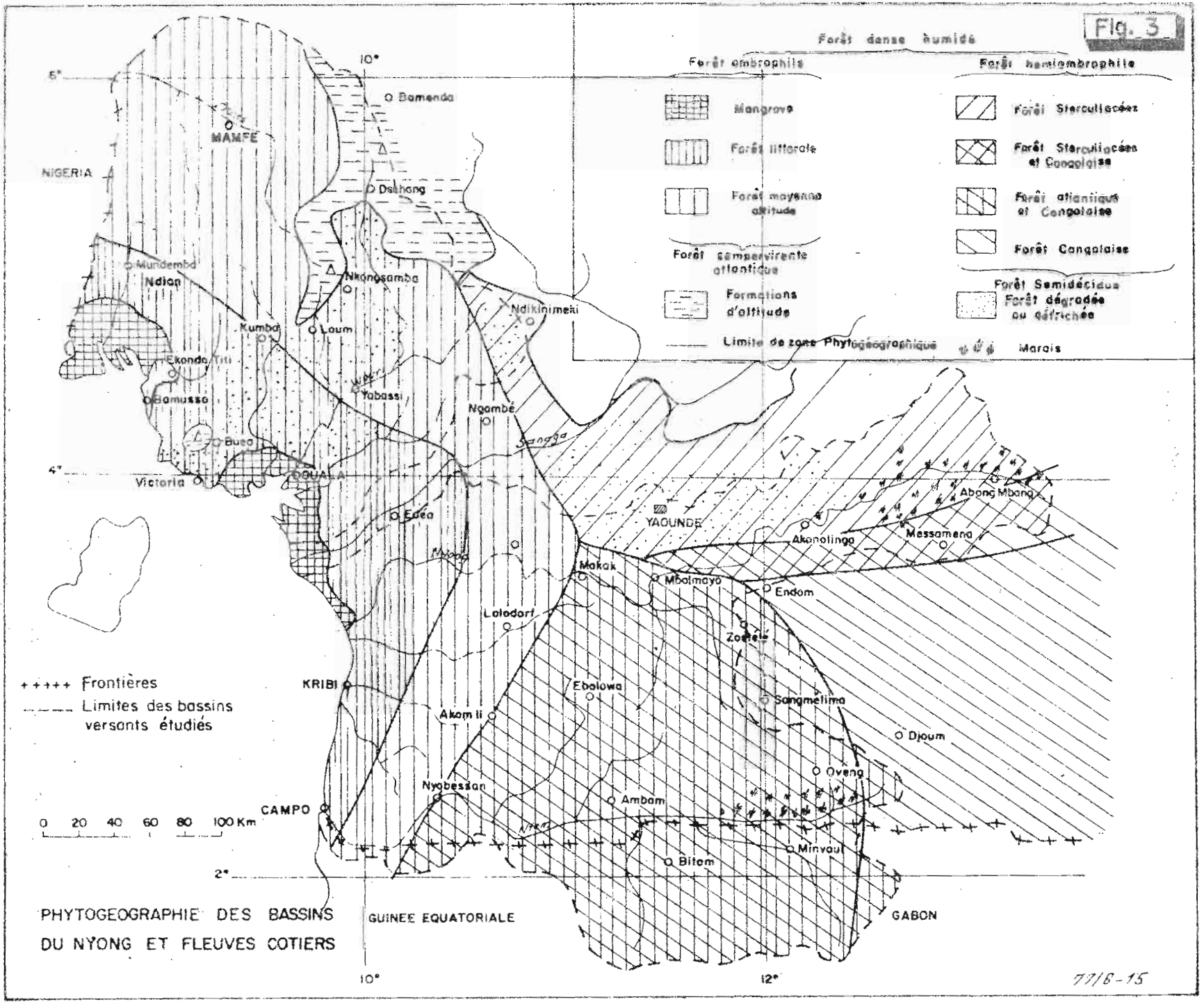
La forêt dense humide (moist forest) est caractérisée par :

- un étage dominant d'arbres élevés aux vastes frondaisons aux fûts verticaux souvent munis à la base de contreforts ;
- un étage moyen d'arbres aux feuillages denses ;
- un étage inférieur constituant le sous-bois formé d'arbustes, de rares plantes herbacées, de lianes aux aspects multiples.

Il est possible de distinguer au sein de la "grande forêt" plusieurs sous-ensembles dont les limites ne sont pas toujours bien nettes mais dont les grands traits floristiques se rattachent à l'écologie du milieu.

L'écologie de la forêt camerounaise dépend essentiellement des influences climatiques et altitudinales et des influences biotiques (en particulier anthropiques). Les influences édaphiques (substratum, sols, topographie) ne jouent qu'un rôle secondaire.

Fig. 3



PHYTOGEOGRAPHIE DES BASSINS DU NYONG ET FLEUVES COTIERS

77/6-15

Les influences climatiques se traduisent surtout par l'importance de la pluviométrie annuelle, le cycle des saisons et les températures (variant notamment avec l'altitude).

Les influences biotiques, essentiellement humaines, se manifestent par les défrichements agricoles, l'exploitation forestière et les usages domestiques et d'une manière générale par une dégradation de la forêt originelle.

R. LETOUZEY a distingué plusieurs peuplements que nous allons décrire.

1.2/ Forêt dense humide sempervirente de basse et moyenne altitude
(appelée aussi forêt ombrophile)

Les Anglo-Saxons l'appelent "Rain Forest" ce qui traduit bien le caractère très arrosé des régions où cette forêt se développe.

L'isohyète annuelle 2 500 - 2 000 mm constitue grosso-modo la limite inférieure de l'extension de cette zone phytogéographique, caractérisée par l'influence océanique.

1.2.1 - LA MANGROVE (1)

La Mangrove occupe au Cameroun environ 2 500 km^2 :

- d'une part sur le bassin de Douala encadrant la baie du Wouri longeant la côte entre la Sanaga et le Nyong et remontant les biefs maritimes de ces fleuves, du Mungo et de la Dibamba.
- d'autre part, au Nord-Ouest de Bamusso à la frontière nigérianne en passant par Ekondo Titi et le Sud de Ndian. (Meme, Rio del Rey...). La mangrove se poursuit au Nigéria par la région de Calabar et les bouches du Niger.

Si la Mangrove appartient bien au point de vue climatique à la forêt ombrophile, son écologie très particulière (influences édaphiques) détermine un paysage phytogéographique bien individualisé où dominent les palétuviers.

(1) *cf "Etude d'une Mangrove de l'estuaire du Wouri. Contribution à l'étude d'un Ecosystème" voir bibliographie.*

Trois zones principales peuvent être individualisées :

- Paysages bordant les rivières et les criques de marée ou Mangrove sensustricto ;
- La zone intermédiaire de la Mangrove peu mais régulièrement inondée ;
- L'arrière Mangrove s'apparent à la forêt marécageuse continentale.

Pour l'ensemble de ces zones on note un microclimat, de moins en moins net en allant vers l'intérieur, caractérisé par une atmosphère saline, la brise marine et une humidité relative toujours voisine du taux de saturation.

a) La Mangrove sensu-stricto se développe sur les dépôts meubles battus par les marées et colonise les dépôts alluviaux récents, les vasières, les nouvelles terres émergées.

Les marées y ont une amplitude variable dépassant fréquemment deux mètres.

Les formations à *Rhizophora Racemosa* sont les plus importantes et sont pratiquement monospécifiques surtout dans les zones de submersion importante. Sur les cours d'eau les plus importants ces palétuviers peuvent atteindre 45 m de hauteur, et former une véritable futaie.

Ailleurs, ils forment une forêt basse (4 à 8 m de hauteur) très dense. Ces palétuviers dressent leurs troncs minces et rectilignes, à la cîme pyramidale fastigiée, appuyés sur des racines échasses arcboutées recouvertes à marée haute et se terminant à leur base par de petites racines qui fixent le sol.

Une autre espèce, *Avicennia germinans*, est associée dans une proportion assez faible à *Rhizophora Racemosa* dont la regénération est très active.

AU sein de ces formations, dans les vasières à submersion quotidienne on observe des fourrés d'une arecacée asiatique *Nype fructicans*, palmier introduit en Afrique vers 1906 à Calabar.

On observe aussi, le plus souvent localisés sur les rives concaves des rivières, des fourrés à *Hibiscus tiliaceus* associés à *Acrostichum aureum* formant des touffes dorées qui tranchent sur le vert grisâtre de la Mangrove.

Dans les zones à faible submersion, au bord de bras d'eau de faible importance peuvent se développer des formations arborescentes égumineuses constituant une forêt à *Oxystigma mannii* et *Cynometra mannii*.

b) Dans la zone intermédiaire de la mangrove un seul type de végétation se rencontre, bien déterminé par sa physionomie et sa composition. On distingue trois strates :

La strate supérieure : est composée de *Rhizophora harrisonnii* et *Pandanus candelabrum*, arbres de 2 à 6 m de hauteurs aux cimes non jointives et au feuillage relativement diffus, laissant pénétrer la lumière ;

- la strate intermédiaire est composée de diverses espèces ligneuses arbustives n'excédant pas 2 m de hauteur et ne formant pas un fourré continu ;
- la strate inférieure est essentiellement herbacée.

c) L'arrière mangrove est située au contact de la terre ferme, mais n'existe pas partout. La marée s'y fait senir mais la salinité est pratiquement nulle . Cette formation amphibie a la physionomie d'un forêt marécageuse. On y distingue les espèces typiques de mangrove peu salée, *Rhizophora harrisonnii*, *Drepanocarpus lunatus*, *Ormocarpum verrucosum*, et des espèces de forêts inondées dont les Arécacées (palmier), *Phoenix*, *reclinata et Raphia palma-pina*, bien représentés.

1.2.2 - LA FORET OMBROPHILE DE BASSE ALTITUDE, DITE LITTORALE

Cette forêt forme un arc de cercle grossièrement parallèle au littoral de 50 km environ de profondeur ne dépassant généralement pas 200 m d'altitude. Elle est caractérisée (dans les régions non dégradées) par la présence de *Lophira alata*, appelé "bongossi" en douala et "azobé" par les forestiers.

En fait, *Lophira alata* s'observe encore jusqu'à la longitude de Yaoundé dans les vallées du Nyong et de la Sanaga et c'est surtout son association floristique avec trois autres espèces abondantes qui caractérise cette zone.

de forêt. Il s'agit de deux grands arbres, *Cynométra hankei* (Nkokom) et *Saccoglottis gabonensis* (bidou ou ozouga) et, dans l'étage moyen, de *Coula Edulis*, (éwomé) utilisé pour les piquets de case. Les autres essences ligneuses appartiennent à quelques familles : Anonocées, Olacacées, Guttifères, Ebenacées, et Euphorbiacées pour les zones basses humides, où on rencontre aussi de vastes touffes de *Bambusa vulgaris*. Les clairières accidentelles se couvrent rapidement de *Sélaginella, Scléria et Anthoscleista.* L'origine de cette forêt est relativement récente. En effet *Lophira alata* est une essence héliophile, et a dû se développer sur de vastes zones de défrichements culturaux remontant à un siècle ou deux.

Cette essence subit par ailleurs une défeuillaison rapide d'une à deux semaines en début de saison sèche (Décembre) qui mérite d'être signalée dans la forêt sempervirente.

Au Nord de Douala, vers Yabassi, Mbanga, Ekondo Titi et Mundemba de grandes zones de plantations industrielles ont pratiquement remplacé la forêt. (palmeraies, bananiers, hévéas).

Dans les zones de cultures traditionnelles, l'occupation ancienne ou récente est signalée par le fromager *(Ceiba pentandra)* et le parasolier *(Musanga smithii)*. Le palmier à huile y pousse spontanément.

Dans la région de Kribi, *Pausinystalia Yombimbe* donne une écorce contenant un alcaloïde recherché pour ses propriétés aphrodisiaques. Entre Kribi et Campo, la forêt est très dégradée ; *Terminalia superbia* y devient une essence de remplacement de plus en plus abondante. Les plages sableuses sont bordées d'un fourré littoral où *Coco nucifera* tient une place importante.

1.2.3 - FORET OMBROPHILE ATLANTIQUE DE MOYENNE ALTITUDE

Faisant suite à la forêt littorale, cette zone phytogéographique s'étend grossomodo jusqu'à 150 km vers l'intérieur du Cameroun. Elle atteint les contreforts montagneux situés au Nord-Ouest de Mamfé, dans la région de Nkongsamba, du plateau Bamiléké et des savanes de Ndikinimeki. Vers l'Est elle se développe jusquà une ligne Ngambé - Eséka - Ebolowa. Plus au Sud encore, elle pénètre jusquà 250 km du littoral, OVENG, DJOUM (au Sud-Est de Sangmélima) mais partage le territoire avec la forêt hemi-ombrophile Congolaise.

Sur les reliefs bien arrosés, la forêt se développe en altitude, jusqu'à 2 500 m au Mont Cameroun, 1 500 m aux Monts Rumpis, 2 000 m au Mont Koupé et NLONAKO.

Floristiquement les Légumineuses dominent, mais les Irvingiacées, les Rosacées et les Césalpiniacées y occupent aussi une place importante. Parmi les légumineuses, on trouve *Albizzia bipendensis, pachyloba, Amphimas ferruginea, Daniellia Klainei* etc... Dans l'arrière pays de Kribi, *Tetraberlinia bifoliolata* forme des peuplements purs d'origine très ancienne.

Entre Mbanga et Nkongsamba, vers Mamfé, Yabassi, Edéa et Eséka la forêt est très mutilée par de vastes plantations (bananiers, palmiers, café robusta) et les exploitations forestières (Azobé, Acajou rouge ou blanc, sapelli, ayous).

Dans la forêt dégradée *Pycnanthus microcephalus* est très répandu. *Albizzia zigia, gummifera* parsèment les palmeraies de Yabassi et du Diboum. Vers l'Est, apparaissent des diverticules de la cacaoyère Camerounaise.

Les limites septentrionales des bassins de la Cross et du Wouri s'appuient sur des reliefs (Manengouba, Bamboutos, Baloum, Bana) qui ne présentent plus que des vestiges de la forêt humide de montagne légèrement différenciée par quelques essences d'altitude, les pâturages y étant particulièrement développés avec notamment *Sporobolus pyramidalis* (grasslands dans la région de Bamenda). Au-dessus de 2 000 m (2 500 m pour le Mont Cameroun) la végétation surtout herbacée a été définie comme celle d'ilots "subalpins".

L'ensemble de la forêt atlantique "toujours verte", appelée aussi forêt biafrèènne à l'Ouest (moist evergreen rain forest), couvre l'ensemble des bassins versants des rivières étudiées à l'Ouest du bassin de la Sanaga.

Au Sud de la Sanaga, elle couvre encore l'ensemble des bassins des petits fleuves côtiers et une bonne partie des bassins du Nyong et du Ntem.

1.3°/ FORET DENSE HUMIDE SEMIDECIDUR DE MOYENNE ALTITUDE

Cette forêt se développe dans les régions intérieures des bassins du Nyong et du Ntem, sous des précipitations annuelles inférieures à 2 000 mm et est soumise aux influences équatoriales ; elle est caractérisée par une certaine caducité périodique des feuillages et la densité moins forte des grands arbres (forêt hemi-ombrophile .). C'est le domaine de la cacaoyère Camerounaise. On y distingue une partie méridionale (forêt Congolaise) et une frange de forêt à Sterculiacés, sur la partie méridionale du bassin du Nyong.

1.3.1 - FORET HEMI-OMBROPHILE CONGOLAISE

Elle s'étend sur toute la partie Camerounaise du bassin du Congo située sous le parallèle 4° et déborde sous son aspect floristique original à l'Ouest sur le haut bassin du Ntem jusqu'à Djoum,Oveng et au Nord sur le bassin du Nyong entre Endom et Zoétélé.

En fait, elle est observée encore beaucoup plus à l'Ouest jusqu'à une ligne MAKAK, AKOM II , NYABESSAN mais en association avec les essences de la forêt atlantique. De même, plus au Nord, elle atteint, en association avec les essences de la forêt à Sterculiacées, une ligne YAOUNDE - ABONG-Mbang sur le bassin du Nyong.

L'individualisation de cette zone est rendue d'autant plus difficile que les zones de peuplements actuels (région de Mbalmayo, Sangmélima, Ebolowa) ou anciens ont amené une dégradation importante de la forêt originelle.

La région peuplée est essentiellement celle de la cacaoyère, ombragée d'arbres provenant souvent d'un recrû secondaire *Albizzia gummifera, Ceiba pentandra, Terminalia superba, Triplochyton scleroxylon, et Musanga cecropioides* qui forme de vastes parasoleraies post-culturales. Les espèces caractéristiques de la forêt Congolaise appartiennent aux Meliacées *(Entandrophragma, Trichilia)* et aux Sapotacées qui abondent avec *Baillonella toxisperma.*

Parmi les formations graminéennes de dégradation, on trouve

Setaria Chevalieri, mais *Pennisetum purpureum* (Sissongo) si commun dans la forêt hémi-ombrophile à Sterculiacées est inexistant ici.

1.3.2 - FORET HEMI-OMBROPHILE A STERCULIACEES

Par opposition à la forêt ombrophile, elle se distingue par ses fûts très droits, nombreux, souvent de dimension moyenne, aux écorces généralement grises, par la caducité prolongée des feuillages de la plupart des grandes espèces ligneuses. Les trois étages de végétation sont peu discernables. Le sous-bois est toujours envahi de grandes plantes herbacées (Maranthacées).

L'abondance des Sterculiacées caractérise cette forêt, avec *Sterculia oblonga, rhinopetala, tragacantha, Mansonia altissima, Pterygota K.amerunensis, Cola cordifolia, Lateritia.* A cette flore s'ajoute des Ulmacées *(Celtis)* et des Moracées. On observe aussi *Terminalia superba* (Limba). Les jachères forestières se couvrent de sissongo.

Seul le bassin du Nyong en amont de Mbalmayo est concerné par cette zone forestière, très dégradée dans la région de Yaoundé et exploitée dans celle de Mbalmayo.

Les raphias sont communément observés dans les bas-fonds. La forêt inondée de la vallée du Haut-Nyong présente quelques essences ligneuses spécifiques, *Mitragyma ciliata, Paludosa* et les plaines marécageuses voient le développement des herbes aquatiques avec notamment *Echinocla stagina* dont nous reparlerons.

1.4 - C O N C L U S I O N S

La description des différents paysages phytogéographiques rencontrés sur les bassins versants étudiés, et de leur floristique, les distinctions qui ont été faites, ne permettent pas d'envisager une différenciation des conditions de l'écoulement des rivières et des fleuves. La forêt dense humide constitue un facteur constant dans le régime hydrologique de ces cours d'eau. A l'échelle de grands bassins, même les zones de forêt dégradée, avec leur recrû secondaire, ne montrent pas d'incidence particulière sur l'écoulement. Seules de vastes zones de plantations sont susceptibles de modifier certains paramètres hydrologiques. Mais les

superficies concernées ne constituent qu'un faible pourcentage des bassins étudiés et ces plantations offrent généralement une couverture végétale dense comparable à celle de la forêt au point de vue "écran aux précipitations".

Même pour de petits bassins représentatifs, les régimes hydrologiques dépendent davantage de la topographie, du réseau et de la nature des sols que de la nature de la forêt.

En fait, l'esquisse phytogéographique présentée ici traduit surtout les variations des conditions climatiques rencontrées dans les régions étudiées et en conditionne certains paramètres (humidité...).

Par ailleurs, la forêt participe à l'élaboration des sols dont les caractéristiques physiques interviennent au niveau de l'infiltration et du ruissellement des précipitations.

Enfin, et c'est là son rôle fondamental sur le plan hydrologique, la forêt dense humide offre un écran protecteur contre "l"agression" des précipitations, ce qui constitue un des traits communs majeurs aux bassins versant étudiés.

2 - GEOLOGIE

Comme pour l'ensemble du Cameroun, la couverture géologique des régions étudiées montre une prédominance des formations du "complexe de base" du précambrien.

Cependant des formations de couverture, sédimentaires ou volcaniques prennent dans les régions occidentale et maritime une extension importante.

L'océan d'une part, par ses transgressions et regressions, la "ligne du Cameroun" (Passarge) d'autre part, par sa tectonique ont permis dans l'Ouest d'animer jusqu'à une époque récente une histoire géologique pratiquement figée dans les régions intérieures depuis la fin du précambrien.

Le bassin de la Sanaga sépare deux types de régions :

- l'une à couverture essentiellement précambrienne qui concerne les régions Sud (bassins du Nyong, du Ntem...)
- l'autre à l'Ouest (bassins du Wouri, du Mungo, de la Cross) dont la composante sédimentaire et volcanique prend une place importante dans la couverture géologique.

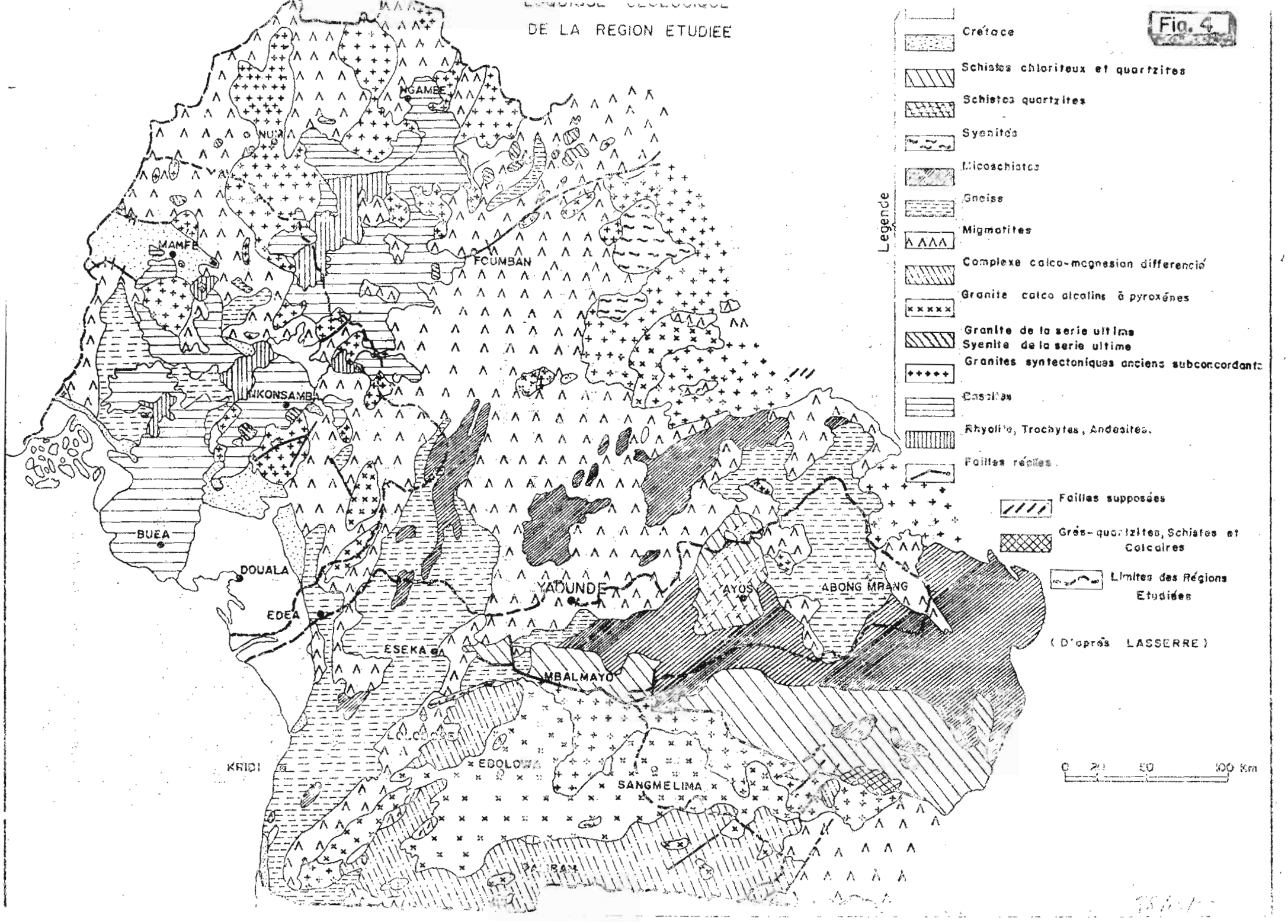
L'histoire géologique et tectonique commence à l'époque la plus reculée du précambrien par le remplissage de ce qui a pu être un immense géosynclinal. Au vu des roches qui témoignent aujourd'hui de ces dépôts, les sédiments étaient principalement marneux, argilo-calcaires et rarement gréseux. Des roches éruptives surtout des granites syntectoniques anciens (1) mais aussi diorites et gabbros, ont traversé ces sédiments soumis par ailleurs à un métamorphisme profond (catazone). Une importante phase de plissements le plus souvent de type isoclinal, a amené la constitution du socle ancien ou complexe de base formé essentiellement de roches cristallophylliennes. La direction générale des lignes tectoniques est SW. NE.

(1) Ces granites ont été datés dans le Centre-Sud de 2 000 à 2 300 millions d'années.

ESQUISSE GEOLOGIQUE

DE LA REGION ETUDIEE

Fig. 4



Une certaine chronologie des dépôts peut être faite à partir des observations faites soit au coeur d'anticlinoriums soit en position synclinale.

L'ensemble charnokitique surtout observé à l'Est de Douala pourrait être antérieur aux autres ensembles constituant le socle. Ses roches se rattachent à celles du complexe calco-magnésien du Sud Cameroun. Ce sont des gneiss et granites à hypersthènes, des pyroxéno-amphibolites, des norites. Dans le Sud, orthogneiss, granites et granodiorites à pyroxène, roches du complexe calco-magnésien occupent de vastes étendues dans les régions d'Ebolowa, Sangmélima et du Ntem. Un groupe de roches cratoniques et plutoniques occupe le coeur des anticlinoriums ; ce sont des anatexites et granites syntectoniques non circonscrits de diverses variétés. Leur répartition est générale. Ces roches sont liées aux gneiss calco-alcalins d'une grande extension qui forment les flancs des anticlinaux.

L'ensemble de ces gneiss calco-alcalins comprend des ectinites micaschistes calciques, (gneiss calciques, amphibolites, quartzites micacés...) et des embréchites et leptynites associés (gneiss-embréchites rubannés ou oeillés).

L'ensemble pélitique serait la formation la plus récente (au coeur des synclinoriums). Il est localisé dans les régions Ouest (Ndian - Mamfé) et comprend des gneiss plagioclasiques, des gneiss leptynitiques alcalins et des quartzites micacés.

Ce premier cycle est suivi d'une période d'érosion. Certaines régions dont l'extension est difficile à préciser, reçoivent alors d'importants dépôts argileux ou argilo gréseux continentaux dont il ne subsiste que quelques lambeaux, dont la série d'Ayos sur le bassin du Nyong (et également séries de Lom et de Poli plus au Nord). Ces dépôts, soumis à un faible métamorphisme d'épizone, ont été transformés en roches à faciés schisto-quartzeux (schistes, quartzites, ortho-amphibolites).

A la même époque de nombreuses intrusions granitiques ont traversé le complexe de base. Ces granites syntectoniques tardifs sont circonscrits (précambrien moyen) et sont observés sur les bassins du Wouri et de la Cross. (Batie, Kendem, Misoke, Okoroba).

Une nouvelle phase de plissements consécutive à la mise en place du batholite de l'Adamaoua entraîne un nouveau cycle d'érosion et des dépôts argileux et gréseux au Sud dans un bassin qui a pu être tectonique. Ces dépôts deviendront après métamorphisme et plissements la série de Mbalmayo - Bengbis comprenant surtout des schistes chloriteux.

C'est probablement vers la même époque que la tectonique de fond affecte tout le socle, le subdivisant en plusieurs compartiments qui laissent déjà apparaître la structure actuelle du pays. Les zones de fracture de l'Ouest (1) (dont le rejeu amènera plus tard les formations volcaniques de la ligne du Cameroun) et d'Eséka au Dja sont contemporaines de cette tectonique.

La fin du précambrien est marquée par les dépôts continentaux de la série du Dja (intrusions doléritiques et manifestations fluvio-glaciaires) qui, avec peut-être ceux de la série de Mbalmayo-Bengbis, semblent indiquer le début de la formation de la cuvette Congolaise.

Une très longue période d'érosion succède au précambrien sans qu'aucun témoin subsistant permette d'en établir une chronologie précise. C'est seulement au Jurassique que PUGH (1954), cité par P. SEGALEN (1967), situe un premier cycle d'érosion décelable qui aurait amené l'aplanissement d'une surface dite de GNDWANA dont les plateaux reconnus en Nigéria sont situés aujourd'hui à l'altitude de 1 400 m, tout comme le plateau Bamiléké.

Au crétacé, un changement du niveau de base aurait amené une reprise de l'érosion et la constitution d'une surface post-gondwanienne d'altitude 1000 - 1200 m dont le plateau Bamoun, les îlots résistants des montagnes de Yaoundé ou celles d'Ebolowa pourraient en être les témoins.

(1) datant de 760 millions d'années (± 60) d'après datation d'une galène des mylonites de FOUMBAN.

Au tertiaire un nouvel aplanissement d'une grande extension en Afrique, aurait conduit à la pénéplaine observée de nos jours à 600 - 700 m d'altitude, appelée Surface Africaine I.

En fait, la géomorphologie et la tectonique ne permettent pas de préciser davantage l'histoire géologique "récente" des régions intérieures du Sud Cameroun.

Pour les régions cotières et occidentales, l'histoire connue ne reprend qu'au crétacé.

Probablement à la même époque une cause tectonique ou géomorphologique aurait déterminé la dénivellation par rapport aux régions intérieures de ce qui est devenu la plaine côtière du Cameroun, frange d'un bassin de subsidence, et du golfe de Mamfé, qui vont être soumis à une série de transgressions et de régressions.

- Le premier épisode marin de cette histoire "récente" se situe à l'Aptien supérieur dans le bassin de Campo (embouchure du Ntem) qui se rattache aux séries du bassin Gabonais.

- Puis le golfe de Mamfé s'est ouvert à une mer albienne par l'Ouest et un bras de mer existait peut-être entre Mamfé et Kumba.

La transgression des grès de base du Cénomanien dans la région de Mamfé remonte jusqu'à Nkongsamba par Ntale et Epen.

- Sur la plaine côtière une transgression partie de l'Ouest au Cénomanien (à l'Albien en Nigéria) atteint l'Est au Sénonien inférieur (série de Logbadjeck). Les dépôts sont des grès de base "sensu lato" dont l'extension se limite vers l'Est à une ligne NDIAN - KUMBA - YABASSI - EDEA - NYONG.

Les formations qui se déposent ensuite ont un faciès continental en bordure du socle et un faciés plus profond vers le centre du bassin côtier.

On observe trois cycles sédimentaires successifs au Turonien et au Sénonien. C'est au Sénonien que commence à jouer la flexure de Douala allant de Kompina à Edéa. Pendant le seul Sénonien cette flexure a joué d'au moins 1 400 m si l'on en juge par la différence d'épaisseur des sédiments entre les zones bordières et le centre du bassin (2 800 m d'épaisseur). De son origine au quaternaire, cette flexure aurait joué de 4 000 m.

Une régression générale est observée à la fin du crétacé supérieur.

La région située à l'Ouest de l'actuel Mont Cameroun aurait émergé (P. DIEDOLD 1960) depuis le crétacé terminal jusqu'au miocène séparant ainsi le bassin de Douala de la région de Calabar.

Le bassin de Douala a probablement connu une émersion plus tardive Des sédiments du paléocène et de l'éocène inférieur ont été reconnus du Mungo à Dizangué en passant par le Wouri. La lacune de l'éocène moyen et supérieur et de l'oligocène traduit aussi une émersion plus courte, la transgression Miocène étant générale tant dans la région de NDIAN que dans le bassin de Douala.

C'est pendant cette phase d'émersion à l'éocène qu'a probablement débuté le volcanisme dans l'Ouest du Cameroun.

Le volcanisme a été d'abord basaltique, fissural sur de vastes surfaces, à dynamisme surtout hawaïen. Il a amené la mise en place des grands massifs volcaniques du Mont Cameroun, des Monts Rumpis, du Manengouba, des Bamboutos et des Monts de Bamenda (ensemble de la Dorsale Camerounaise). A l'Eocène également on observe les venues ultimes granitiques et syénitiques entraînant localement un métamorphisme de contact (Massif de Bana, Nlonako, Mont Koupé, Nda Ali).

Ce volcanisme basique a duré pendant tout le Miocène dont les sédiments sont interstratifiés avec des basaltes à l'Ouest du Mungo.

Une deuxième phase volcanique acide (trachytes) accompagnée d'une tectonique cassante intense, probablement du début du pliocène, se surimpose aux édifices basaltiques (Monts Rumpis, Ouest du Manengouba, Monts Bamboutos) Les sédiments du pliocène n'ont pu être différenciés du Miocène dans les bassins côtiers.

Au quaternaire, le volcanisme basaltique a continué ou repris suivant les régions (Kumba, Loum, Manjo, Melong). Il est encore actuel au Mont Cameroun.

Des alluvions continentales se sont déposées dans la plaine des Mbos (Nkam). Des dépôts d'estuaire progressent vers le large au milieu de la mangrove tant à l'Ouest (Rio del Rey) que dans la région de Douala (Mungo, Wouri), où les sédiments atteignent 70 m d'épaisseur, et la partie maritime du bassin du Nyong.

Ajoutons que le passage du socle précambrien à la plaine sédimentaire littorale, marqué par la flexure Kompina-Edéa, est souligné dans l'hydrographie vers le Sud par un alignement des ultimes ressauts des différents cours d'eau : chute de la Dibamba en amont de Bonepoupa, chutes de la Sanaga à Edéa, chute du Nyong à Dehane, rapides de la Lokoundjé, rapides de la Kienké et chute de la Lobé.

Au terme de cette histoire géologique, retracée ici à grands traits, on comprend mieux les différentes géographiques qui opposent les régions du Sud Cameroun aux régions occidentales.

A la monotonie géologique, sinon pétrographique, des séries du précambrien du Sud-Cameroun correspondent des régions au relief assez mou, où cependant des noyaux plus durs ayant résisté à l'érosion peuvent culminer jusqu'à 1 200 m d'altitude.

Aux régions Occidentales dont le modelé a été modifié par les transgressions marines, dont les différentes unités ont été "chahûtées" par la tectonique et bouleversées par la surimposition du volcanisme, correspondent

des bassins hydrographiques au paysage marqué par des reliefs vigoureux, tels le Mont Cameroun et les montagnes de la Dorsale camerounaise.

Une description détaillée des différentes séries géologiques rencontrées dans les régions étudiées, de leur faciès, de leur pétrographie, sort du propos d'une monographie hydrologique. Les différentes composantes de la couverture géologique de chaque bassin seront éventuellement précisées plus loin pour autant que cette information ait une incidence sur le régime hydrologique du cours d'eau étudié.

3 - PEDOLOGIE

Au Sud de l'Adamaoua, le processus majeur de formation des sols est la ferrallisation ou individualisation des oxydes ou hydroxydes de fer et d'allumine, liée au climat humide et chaud. D'autres processus, tels le cuirassement des oxydes et hydroxydes, l'accumulation de matière organique, la formation de gley et pseudo-gley, interviennent également à des degrés divers.

Substratum géologique, modelé, climat, concourent à l'individualisation de différents types de sols cartographiés notamment par D. MARTIN, P. SEGALEN et M. VALLERIE et dont nous proposons une esquisse très vulgarisée.

3.1 - LES SOLS FERRALLITIQUES

Le climat semble jouer un rôle important dans la différenciation des sols ferrallitiques typiques en sols jaunes et en sols rouges ; les sols jaunes occupent une large auréole côtière autour du golfe de Guinée (Baie de Biafra), et sont occupés par la forêt ombrophile ; les sols rouges, plus continentaux, reçoivent moins de précipitations et sont couverts par la forêt hemi-ombrophile.

En fait ce schéma, très imparfait, est altéré d'une part par la nature du substratum, d'autre part par les formes du modelé.

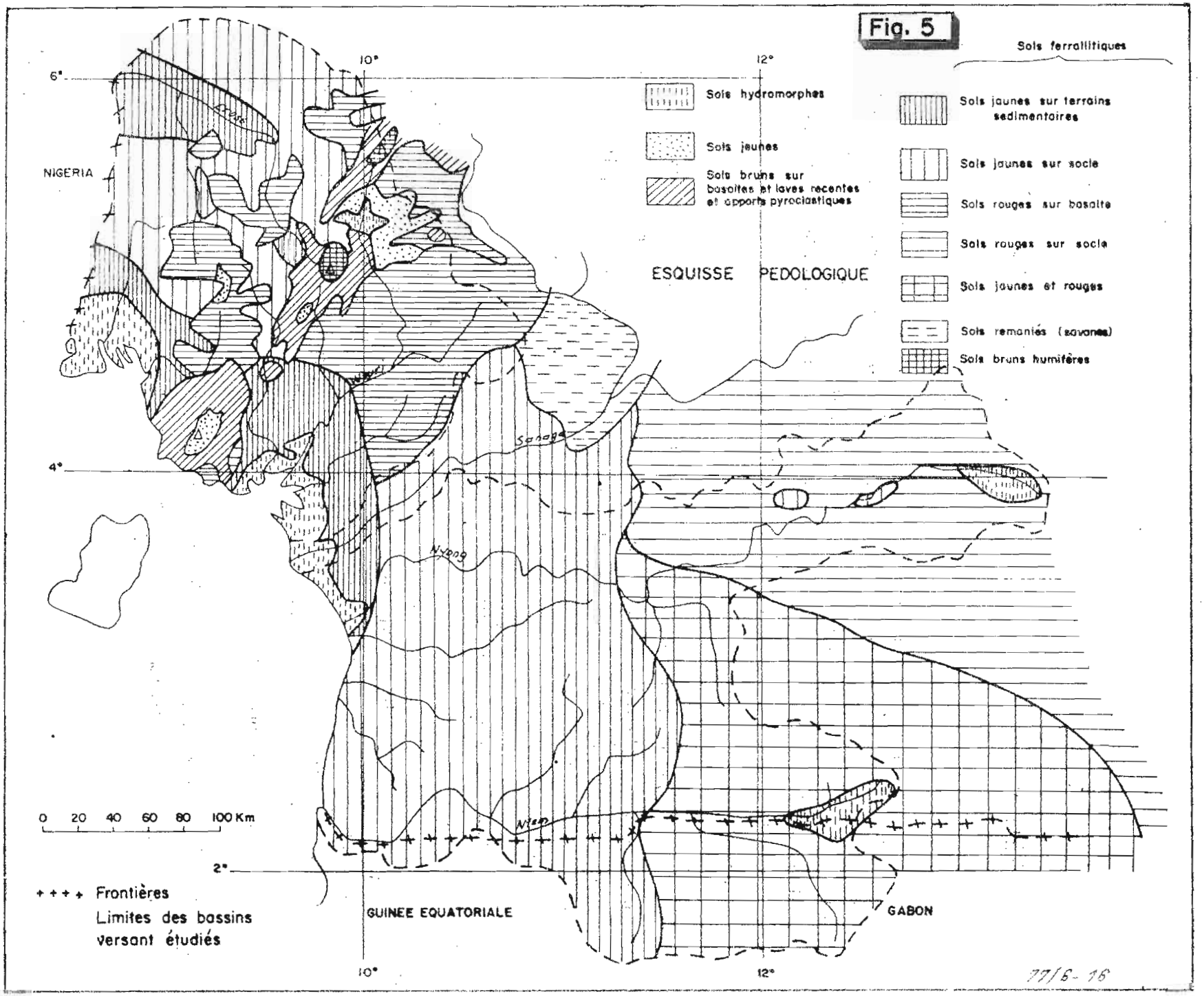


Fig. 5
ESQUISSE PEDOLOGIQUE
Sols hydromorphes
Sols jeunes
Sols bruns sur basaltes et laves recentes et apports pyroclastiques
Sols ferrallitiques
Sols jaunes sur terrains sedimentaires
Sols jaunes sur socle
Sols rouges sur basalte
Sols rouges sur socle
Sols jaunes et rouges
Sols remaniés (savanes)
Sols bruns humifères
NIGERIA
GUINEE EQUATORIALE
GABON
Sanaga
Nyong
Ntem
6°
4°
2°
10°
12°
0 20 40 60 80 100 Km
++++ Frontières
Limites des bassins versant étudiés
77/6-16

3.1.1 - LES SOLS JAUNES

Ils ont été différenciés en fonction de leur substratum sédimentaire ou cristallin.

3.1.1.1 - Sols jaunes sur roches sédimentaires

Ces sols sont observés:

- De l'embouchure du Nyong à celle du Mungo pour la région de Douala, limités vers l'intérieur à une ligne Edéa - Yabassi - Mbanga ;
- Dans la régon de Ndian - Rio del Rey - Mémé inférieure ;
- Dans le golfe sédimentaire de Mamfé et ses prolongements sur la haute Munaya et le plateau de Ntale.

Formés sur des matériaux le plus souvent sableux ou gréseux du crétacé au miocène, ils contiennent une part importante de sables fins et grossiers (45 à 80 %). L'argile varie entre 10 et 50 %. Le limon ne dépasse pas 10 %. Les teneurs en matières organiques sont faibles, voisines de 2 % en surface.

Le pH est toujours acide mais croît avec la profondeur (de 2 à 6 %) Ces sols sont assez peu fertiles.

3.1.1.2 - Sols jaunes sur roches métamorphiques et éruptives anciennes

Les roches-mères sont celles du complexe de base : gneiss, migmatites, granites à pyroxène etc...

Les sols qui en dérivent occupent une grande partie des régions étudiées. Ils prennent notamment une grande extension au Sud du Nyong où leur progression vers l'intérieur du pays est à rapprocher de celle de la forêt ombrophile [illegible] la forêt congolaise. Ainsi sur le haut bassin du Ntem on observe suivant le modelé des sols rouges ou jaunes. L'extension de ces sols jaunes dans des régions où la pluviométrie est inférieure à

1 700 mm montre bien les limites d'une différenciation basée sur la zonalité climatique.

Ces sols jaunes ne sont pratiquement pas observés sur le bassin du Wouri où la pluviométrie est dans l'ensemble supérieure à 2 m. Par contre ils sont bien représentés sur le bassin de la Cross, le Haut Mungo et le Rio del Rey.

Les profils présentent généralement :

- Un horizon humifère de 5 à 10 cm, brun ;
- un horizon argileux jaune de quelques décimètres à plusieurs mètres
- une zone d'altération de la roche-mère présentant des bandes blanche et rouille.

On observe parfois à la base de l'horizon jaune des concretions ferrugineuses passant à des cuirasses de faible étendue.

Les teneurs en argile sont généralement fortes (40 à 60 %) ; les sables représentent 30 à 50 % (sables fins). Le limon ne dépasse guère 15 %. Les teneurs en matière organique sont comprises entre 2 et 3 %. Ces sols sont acides et leur degré de fertilité est faible.

3.1.2 - *LES SOLS ROUGES*

3.1.2.1 - *Sols rouges sur roches métamorphiques et éruptives anciennes*

Avec les réserves qui ont été faites plus haut, ses sols rouges paraissent correspondre à une zone moins humide que pour les sols jaunes ; la pluviométrie est généralement inférieure à 2 000 - 1 800 mm. On rencontre cependant ces sols rouges sur une grande partie du bassin du Wouri en amont de Yabassi.

Ils constituent l'essentiel de la couverture pédologique du bassin du Nyong en amont de Mbalmayo et se retrouvent associés aux sols jaunes sur le bassin du Ntem et ceux du Soo et du Fala affluents du Nyong en aval de Mbalmayo.

Du point de vue morphologique les sols rouges sont assez proches des sols jaunes, à la couleur près. Leur structure est cependant moins compacte et paraît plus stable. Les horizons riches en concrétions sont souvent importants et des cuirasses de thalweg sont fréquentes. Les propriétés physiques et chimiques sont également assez voisines de celles des sols jaunes ; le pH est un peu moins acide.

3.1.2.2 - Sols rouges sur basaltes

Ces sols sont l'aboutissement de la série évolutive des sols formés sur roches volcaniques soumis au processus de ferrallitisation. Ces sols se rencontrent sur les basaltes anciens des plateaux de l'Ouest, des bassins de la Cross, du Mungo et de la Mémé.

Ils sont remarquablement monotones et typiques. Souvent très profonds (5 à 10 m), ils apparaissent homogènes avec une structure généralement prismatique dans les premiers mètres.

La présence de pseudo-sables plus ou moins stables peut tromper sur la nature argileuse des horizons supérieurs. Les teneurs en argiles vont de 40 à 70 %, celle des limons varie de 25 à 30 %. L'horizon de surface est faiblement humifère et peu organique. Le pH est légèrement acide.

3.1.2.3 - Sols de savane

Signalés ici pour mémoire, ces sols complexes remaniés à concrétions et à débris de cuirasse n'apparaissent qu'aux limites des régions étudiées (Ndikiniméki, Bafia).

3.1.3 - SOLS FERRALLITIQUES CUIRASSES

Ce sont des sols jaunes ou rouges, plus souvent rouges, qui présentent un horizon cuirassé. Dans la plupart des cas, la cuirasse résulte de l'action d'une nappe phréatique avec engorgement et enrichissement d'horizons profonds par des solutions riches en fer. Les cuirasses le plus souvent vacuolaires peuvent être concrétionnées ou massives. Dans les sols dérivés de basalte, elles sont alumineuses, mais dans le Sud elles sont riches en oxydes et hydroxydes de fer. Ces sols n'ont pas été cartographiés du fait de leur faible étendue et de leur dispersion dans les régions étudiées.

3.1.4 - SOLS FERRALLITIQUES HUMIFERES

Ces sols sont assez peu étendus et localisés dans les parties élevées des massifs volcaniques de l'Ouest (Manengouba, Bamboutos). Au processus de ferrallitisation s'ajoute un processus d'enrichissement en matière organique dû aux conditions climatiques (température fraîche, 16° au-dessus de 2 000 m). Le profil montre de 0 à 10 cm un horizon noir grumeleux et friable, puis de 10 à 40 cm un horizon noir compact et prismatique reposant directement sur le basalte altéré. Les teneurs en matière organique sont importantes.

3.2 - LES SOLS HYDROMORPHES

Les sols hydromorphes résultent essentiellement de l'action sur une roche-mère quelconque pendant toute ou partie de l'année d'une nappe phréatique, le processus fondamental étant la formation d'un gley.

L'accumulation de matières organiques, concrétionnement et cuirassement peuvent s'associer suivant les conditions du milieu.

Plusieurs distinctions ont été faites dans les régions étudiées.

Sols hydromorphes côtiers

Ces sols rencontrés sur des alluvions littorales du Rio del Rey et du bassin de Douala comprennent grosso-modo les sols de Mangrove et les sols plus continentaux de ces régions. Au Sud de la plaine de TIKO, l'influence volcanique se traduit par un faciès des sols assez voisins de ceux établis sur roches volcaniques récentes.

Dans le bassin de Douala et celui du Rio del Rey les sols les plus continentaux sont pauvres en éléments nutritifs et le drainage difficile n'en permet pas la mise en valeur.

Pour la Mangrove, trois grandes catégories de sols, avec toute une gamme de sols de transition ont été définies :

- Sols sableux plus ou moins humifères au niveau des plus hautes marées ;
- Slikkes avec vase argileuse un peu sableuse dans la tranche bathymétrique intertidale ;
- Tourbes ou argiles plus ou moins humifères au niveau moyen des hautes-mers.

Les sols de marais

On les observe sous les forêts marécageuses du Sud-Cameroun (Haut-Nyong et Haut-Ntem) où ils sont souvent associés à des sols ferrallitiques rouges.

Ils sont caractérisés par une accumulation de matière organique assez peu décomposée, riche en débris végétaux de toute sorte ; au-dessous on observe un horizon gris ou tacheté.

Le niveau de la nappe phréatique est le plus souvent très élevé pendant toute l'année ; le sol ne sèche jamais et la transformation minérale des produits organiques est très lente.

Les sols hydromorphes à concrétions

*Ils sont observés principa*lement dans la plaine des Mbos (haut bassin du Wouri-Nkam). Le profil caractéristique montre :

- Un horizon gris humifère argilo sableux de 0 à 30 cm ;
- Un horizon ocre à concrétions ferrugineuses noires de 30 à 120 cm
- de fortes concentrations de concrétions ferrugineuses sur 20 cm
- un horizon argileux gris bigarré de rouge et ocre jusqu'à 230 cm
- puis l'horizon de gley typique.

Les teneurs en argile varient de 40 à 60 %, le limon de 15 à 25 % et le sable de 10 à 50 % suivant la nature des dépôts alluviaux initiaux.

3.3 - LES SOLS JEUNES

Essentiellement localisés dans les régions occidentales de l'étude, ces sols comprennent des sols bruts ou peu évolués d'érosion et des sols bruns sur matériau volcanique récent.

Les sols bruts peu évolués

Ils occupent une faible superficie et sont localisés au pourtour des massifs montagneux ou des falaises. On les observe notamment sur le rebord Sud du plateau Bamiléké et au Mont Cameroun. Ce sont le plus souvent des *sols de pente* assez minces soumis à une érosion accélérée lorsque la couverture végétale est pauvre.

Des apports de centre volcanique amènent les formations de sols plus épais et plus riches qui font la transition avec les sols bruns.

Les sols bruns

Ils se sont développés sur un matériau volcanique récent, principalement des basaltes, et sont observés dans le pourtour du Mont Cameroun, la région de Kumba, Mbanga et de Nkongsamba, le Nord-Est du bassin de la Cross.

Les sols bruns, plus évolués que ceus provenant d'apports pyroclastiques, sont cependant juvéniles et présentent un profil peu différencié de couleur brune, profond de 1 à 3 mètres. La structure est généralement grumeleuse, la porosité bonne et la perméabilité assez forte. Ils présentent une forte teneur en limon et sont généralement sablo-limoneux ou argilo-limoneux. Ils sont riches en matière organique (10 % en surface) et sont généralement très fertiles.

CHAPITRE II CLIMATOLOGIE

I - GENERALITES :

Alors que le bassin de la Sanaga est essentiellement soumis à la zone climatique tropicale de transition, les bassins du Nyong et des fleuves côtiers appartiennent à des zones plus humides et plus arrosées, qui caractérisent le domaine de la forêt, mais différent entre elles suivant la latitude, l'altitude ou la proximité de l'océan.

Une littérature abondante décrit les mécanismes déterminants caractérisant les différentes zones climatiques observées au CAMEROUN (anticyclone de Ste Hélène et dépression ou anticyclone Saharien).

Les oscillations saisonnières du Front Intertropical (FIT), qui sépare la masse d'air maritime instable et humide de la masse d'air continental, stable et très sec, suivent grossomodo le déplacement en déclinaison du soleil d'un tropique à l'autre et déterminent en un point donné l'observation de plusieurs types de temps suivant la saison.

Alors qu'en zone tropicale, on observe deux saisons principales (sèche et humide), les régions équatoriales de transition présentent quatre saisons : deux saisons sèches d'inégale ampleur séparées par deux saisons des pluies. La petite saison sèche s'observe au Sud du parallèle 5°, lorsque le FIT atteint sa position septentrionale (juillet). La grande saison sèche correspond à la position la plus méridionale du F.I.T. qui descend jusqu'aux latitudes de YAOUNDE (janvier).

Ce type de climat à quatre saisons concerne les bassins hydrographiques du Sud-CAMEROUN, du NYONG au NTEM. Au Nord de DOUALA par contre, la proximité du golfe de GUINEE entraîne l'observation de deux saisons, longue saisbn des pluies, alimentée par une mousson puissante, et une saison sèche d'autant plus brève que l'on se rapproche de la côte ; la plus ou moins grande abondancedes pluies, a permis aux climatologues de distinguer une zone dite à climat "équatorial côtier nord", et une zone dite à climat tropical de l'Ouest" caractérisée par l'altitude élevée des régions concernées.

Nous nous proposons dans ce chapître, de préciser les valeurs et variations des principaux paramètres climatiques, mesurés aux différentes stations météorologiques dans le but de mieux définir les caractéristiques du climat des régions étudiées.

La pluie constituant le phénomène météorologique essentiel pour la connaissance du régime hydrologique, l'étude des précipitations a retenu plus particulièrement l'attention de l'hydrologue. Nombres de paramètres climatologiques étudiés ici sont interdépendants, mais l'information est très inégale, que ce soit pour le nombre de paramètres mesurés, la durée des observations ou la répartition spatiale des stations.

TABLEAU 1

LISTE DES STATIONS METEOROLOGIQUES

N°	STATIONS	Lat. N	Long. E	Alt. m	PARAMETRES MESURES AUTRES QUE LES PRECIPITATIONS
Régions côtières Nord-Ouest					
1	MAMFE	5°42	9°18	126	T U e Ep ETP I
2	DSCHANG	5°27	10°03	1382	V T U e Ep ETP I
3	NKONGSAMBA	4°57	9°56	877	V T U e Ep ETP
4	NKONDJOCK	4°52	10°15	200	
5	LOUM	4°42	9°43	242	
6	KUMBA	4°38	9°27	236	
7	MBANGA	4°30	9°34	115	
8	IDENAU	4°12	8°59	10	
9	BUEA	4°09	9°14	700	I
10	EKONA	4°08	9°15	380	
11	DEBUNDSCHA	4°06	8°59	18	
12	BOTA	4°07	9°12	10	
13	TIKO	4°05	9°21	46	T U e Ep ETP I
14	YABASSI	4°27	9°58	30	T
15	DOUALA	4°04	9°41	12	V T U e Ep ETP I
16	YINGUI	4°32	10°18	200	
17	EDEA	3°48	10°08	31	V T U e Ep
18	DIZANGUE	3°45	10°00	50	
Sud-Cameroun					
19	ESEKA	3°38	10°47	423	V T U e Ep
20	LOLODORF	3°14	10°44	440	
21	MAKAK	3°33	11°02	600	
22	YAOUNDE	3°50	11°32	783	V U T e Ep ETP I
23	MBALMAYO	3°31	11°30	641	
24	AKONOLINGA	3°46	12°15	671	T U e Ep
25	AYOS	3°54	12°31	693	
26	ABONG MBANG	3°58	13°12	694	V T U e Ep
27	DOUME				
28	SANGMELIMA	2°56	11°59	713	V T U e Ep
29	EBOLOWA	2°55	11°09	603	T U e Ep
30	NKOEMVONE	2°49	11°08	10	
31	KRIBI	2°56	9°54	18	V T U e Ep
32	CAMPO	2°22	9°50	25	
33	NYABESSAN				
34	AMBAM	2°23	11°16	602	V T Ep
35	DJOUM	2°40	12°41	684	
36	BITAM (GABON)	2°05	11°29	600	Ep ETP

V : vents T : Températures U : Humidité e : Tension de vapeur

Ep : Evaporation Piche ETP : évapotranspiration potentielle (calcul Turc)
I : insolation

2 - ETUDE DES PRINCIPAUX PARAMETRES CLIMATOLOGIQUES

2.1 - VENTS (Vitesse et direction)

Mesurées à 6, 12 et 18 heures, les vitesses des vents ont été classées dans le tableau 2 ci-dessous, par tranches de vitesses (m/s) en pourcentage du total des observations. Les vitesses du vent inférieures ou égales à 1 m/s, caractérisant les "calmes".

Tableau 2

vitesses / Stations	1	2-4	5-6	7-14	15-21	21	m/s
DSCHANG	67.5	28.2	3.31	1.0	0	0	
NKONGSAMBA	63.0	25.3	10.2	1.46	0.04	0	
DOUALA	54.1	41.3	4.34	0.33	0	0	
EDEA	74.5	23.2	1.99	0.20	0.08	0	
ESEKA	69.2	26.8	2.97	1.00	0.03	0	
YAOUNDE	52.1	40.5	6.31	1.27	0.05	0.05	
ABONG-MBANG	84.4	15.9	0.59	0.14	0.03	0	
SANGMELIMA	88.2	11.1	0.6	0.1	0	0	
KRIBI	57.4	41	1.5	0.1	0	0	
AMBAM	85	14.1	0.68	0.20	0	0	

Les vents sont rarement violents, sauf avant les tornades où l'on observe parfois de brèves bourrasques dont la probabilité d'être comptabilisée dans les stations météorologiques est très faible.

La carte de la figure 8 indique les fréquences moyennes annuelles des vents de surface, suivant les huit directions, le pourcentage des calmes étant rappelé par un cercle d'autant plus grand que les calmes sont importants.

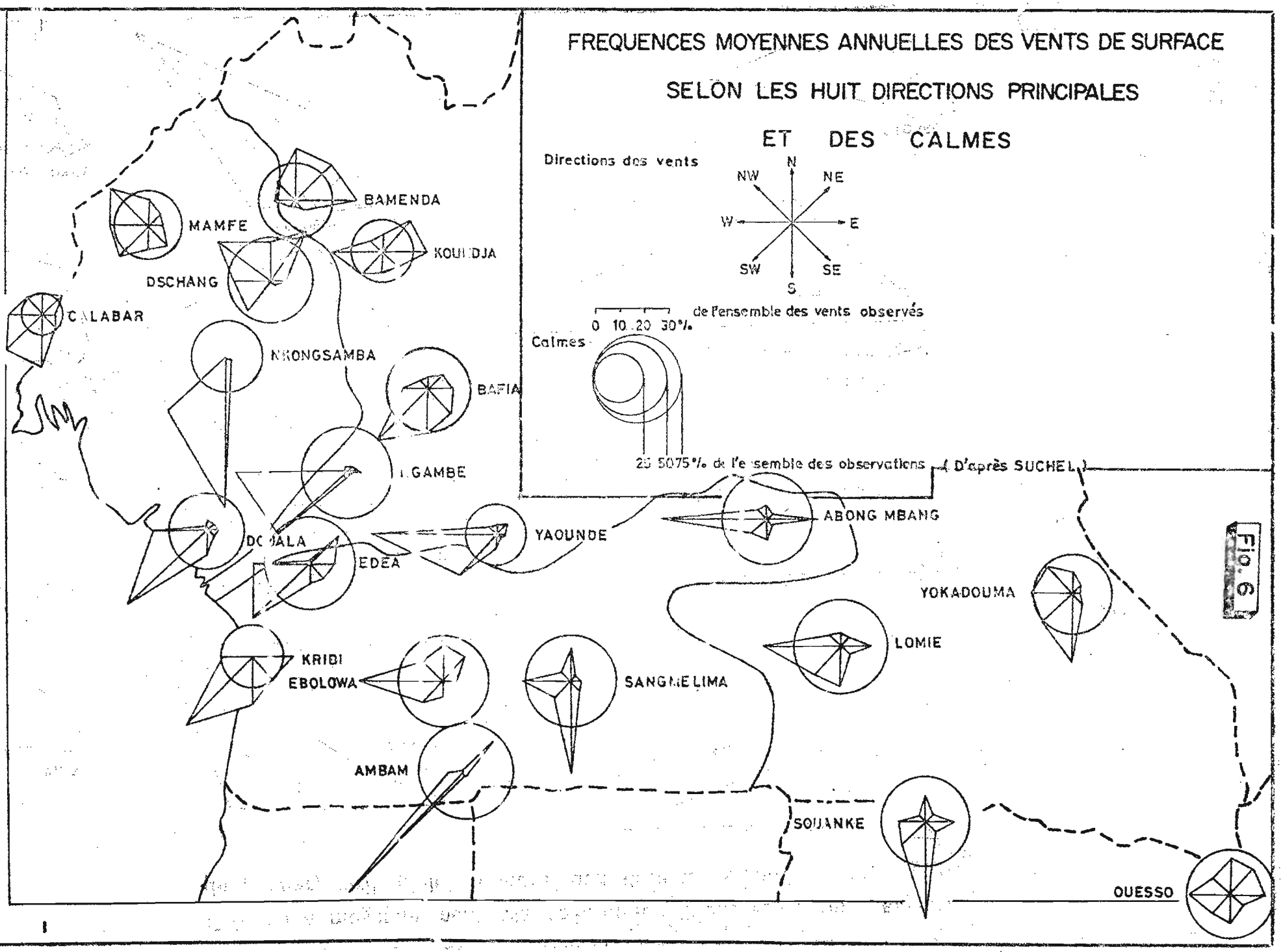


Fig. 6

date des.

77/6-19

Fréquence moyenne mensuelle de la direction des vents pour les mois de janvier, avril, juillet, octobre aux stations de Douala, Kribi, Yaoundé

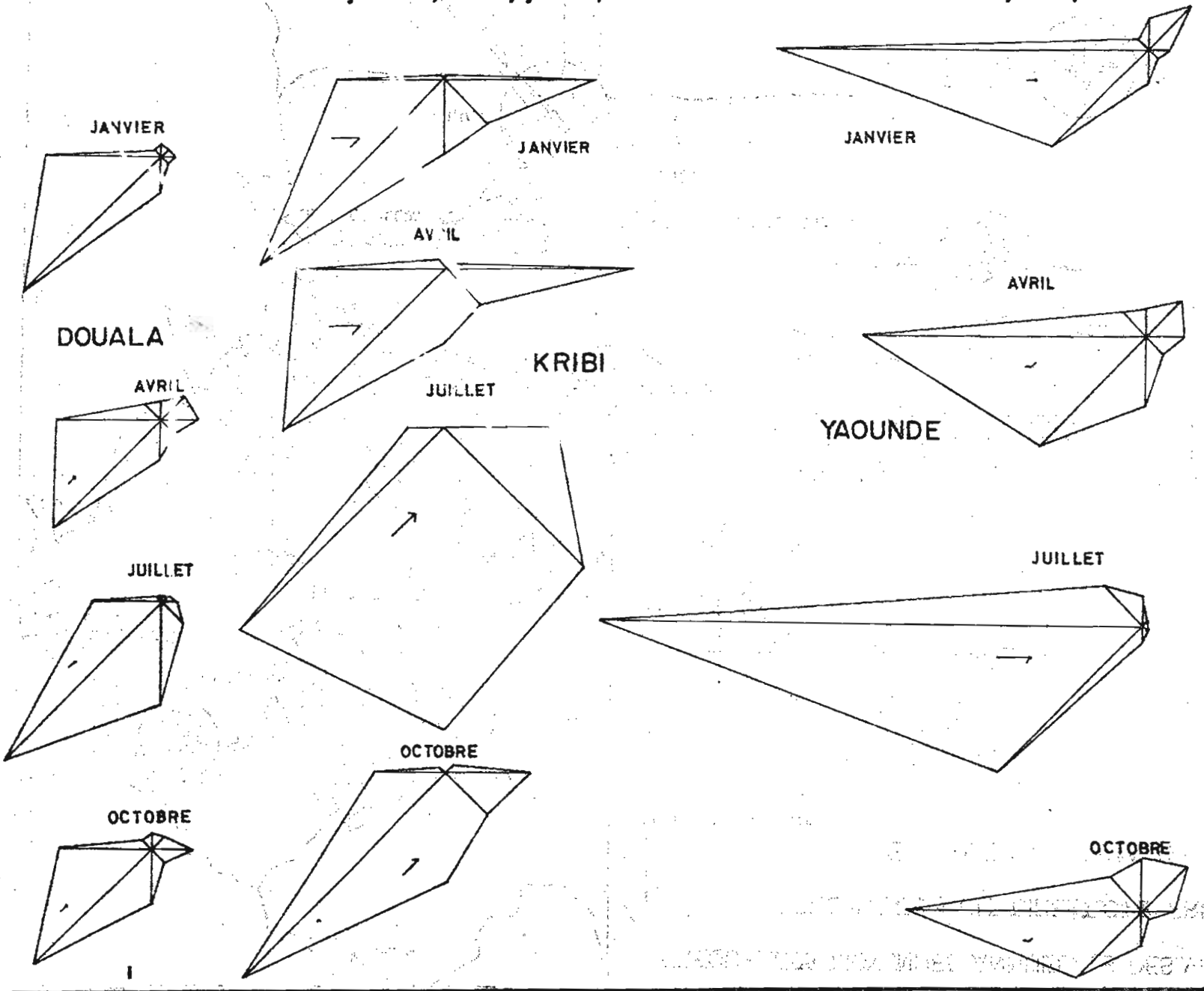


Fig. 7

date
dés.

78/4/2

Les vents dominants se situent dans le quadrant Sud-Ouest, avec comme direction principale le vent Sud-Ouest, direction générale de la "mousson" qui concerne l'ensemble de la région étudiée. Aux limites Nord et Est apparaissent pour une très faible part, des vents de quadrants Nord-Est correspondant aux avancées méridionales de "l'harmattan".

La figure 7 montre pour DOUALA, KRIBI, YAOUNDE l'importance quasipermanente en janvier, avril, juillet et octobre du vent de quadrant Sud-Ouest.

On notera que les stations littorales sont plus ventilées que celles de l'intérieur (influence de la brise marine). Pour YAOUNDE, le faible pourcentage de calmes, s'explique par la situation de la station sur un plateau bien dégagé.

2.2 - TEMPERATURE DE L'AIR

Les valeurs caractéristiques moyennes mensuelles et annuelles, calculées pour 15 stations, ont été reportées dans les tableaux 3 et 4.

Tx est la moyenne mensuelle des températures maximales journalières

Tn est la moyenne mensuelle des températures minimales journalières

$\frac{Tx + Tn}{2}$ est la température moyenne mensuelle.

Tx - Tn est l'écart diurne moyen mensuel.

Les variations mensuelles des 3 premiers paramètres sont données dans les figures 8 et 9.

2.2.1 - VARIATIONS DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES

L'examen de ces tableaux et graphes, montre que les variations mensuelles de la température moyenne, dépendent principalement de celles des températures maximales, variations dont l'amplitude annuelle est la plus marquée.

TABLEAU N° 3

TEMPERATURES

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
MAMFE													
Tx	31.3	33.6	33.2	32.8	32.1	31.0	29.3	28.7	29.9	30.9	31.5	31.1	31.3
Tn	22.0	20.9	22.2	22.3	22.3	22.1	22.0	21.9	21.8	22.0	21.5	20.4	21.8
$\frac{Tx+Tn}{2}$	26.6	27.3	27.7	27.5	27.2	26.6	25.6	25.3	25.8	26.4	26.5	25.7	26.5
Tx-Tn	9.3	12.7	11.0	10.5	9.8	8.9	7.3	6.8	8.1	8.9	10.0	10.7	9.5
DSCHANG													
Tx	26.9	27.4	26.7	26.0	25.1	24.0	22.5	22.3	23.4	24.3	25.4	26.4	25.0
Tn	13.6	14.3	15.6	16.2	16.2	15.5	15.5	15.5	15.4	15.4	14.6	13.4	15.1
$\frac{Tx+Tn}{2}$	20.3	21.0	21.2	21.1	20.7	19.8	19.0	18.9	19.4	19.9	20.0	19.9	20.1
Tx-Tn	13.3	12.8	11.1	9.8	8.9	8.5	7.0	6.8	8.0	8.9	10.8	13.0	9.9
NKONGS.													
Tx	27.6	28.6	28.1	27.8	27.4	25.6	23.9	23.8	25.0	26.1	27.0	27.4	26.5
Tn	18.5	18.9	19.4	19.4	19.4	18.7	18.5	18.4	18.5	18.7	18.9	18.5	18.8
$\frac{Tx+Tn}{2}$	23.1	23.8	23.8	23.6	23.	23.1	21.2	21.1	21.8	22.4	22.9	22.9	22.7
Tx-Tn	9.1	9.7	8.7	8.4	8.0	6.9	5.4	5.3	6.6	7.4	8.1	8.9	7.7
TIKO													
Tx	31.4	32.2	31.8	31.7	31.2	29.3	27.3	26.9	28.3	29.5	30.3	30.9	30.1
(Tx+Tn)/2	26.7	27.5	27.1	27.1	26.8	25.7	24.7	24.5	25.2	25.6	26.2	26.2	26.1
Tn	22.0	22.4	22.6	22.5	22.4	22.1	22.1	22.2	22.1	21.7	22.1	21.5	22.1
Tx-Tn	9.4	9.8	9.2	9.2	8.8	7.2	5.2	4.7	6.2	7.7	8.2	9.4	7.9
DOUALA													
Tx	31.2	31.8	31.8	31.7	31.1	29.2	27.2	27.1	28.4	29.5	30.3	31.0	30.0
TN	23.0	23.5	23.3	23.1	23.2	22.9	22.4	22.4	22.5	22.4	22.8	23.0	22.8
(Tx+Tn)/2	27.1	27.7	27.6	27.4	27.2	26.1	24.8	24.8	25.5	26.0	26.6	27.0	26.4
Tx - Tn	8.2	8.3	8.5	8.6	7.9	6.3	4.8	4.7	5.9	7.1	7.5	8.0	7.1
EDEA													
Tx	32.0	32.7	32.5	32.5	32.0	30.0	27.6	27.3	28.8	30.3	31.2	31.9	30.7
Tn	22.5	23.1	22.6	22.	22.7	21.9	21.6	21.7	21.9	21.9	22.4	22.6	22.2
(Tx+Tn)/2	27.3	27.9	27.6	27.6	27.4	25.9	24.6	24.5	25.4	26.1	26.8	27.3	26.5
Tx - Tn	9.5	9.6	9.9	9.9	9.3	8.1	6.0	5.6	6.7	8.4	8.8	9.3	8.4
ESEKA													
Tx	29.9	31.0	30.9	30.5	29.7	28.1	26.1	26.0	27.4	28.3	29.1	29.6	28.0
Tn	22.0	22.0	21.6	21.3	21.3	20.9	20.3	20.1	20.4	20.4	21.0	21.8	21.0
(Tx+Tn)/2	25.9	26.5	26.3	25.9	25.5	24.5	23.2	23.1	23.9	24.4	25.1	25.7	25.0
Tx - Tn	7.9	9.0	9.3	9.2	8.4	7.2	5.8	5.9	7.0	7.9	8.1	7.8	7.7
YAOUNDE													
Tx	28.9	29.7	29.7	29.2	28.4	27.3	25.8	26.2	27.2	27.5	28.2	28.4	28.0
TN	19.1	19.4	19.4	19.3	19.2	19.0	18.7	18.5	18.8	18.5	18.9	19.0	18.9
(Tx+Tn)/2	24.0	24.6	24.6	24.3	23.8	23.2	22.3	22.4	23.0	23.0	23.5	23.7	23.5
(Tx - Tn	9.8	10.3	10.3	9.9	9.2	8.3	7.1	7.7	8.4	9.0	9.3	9.4	9.0

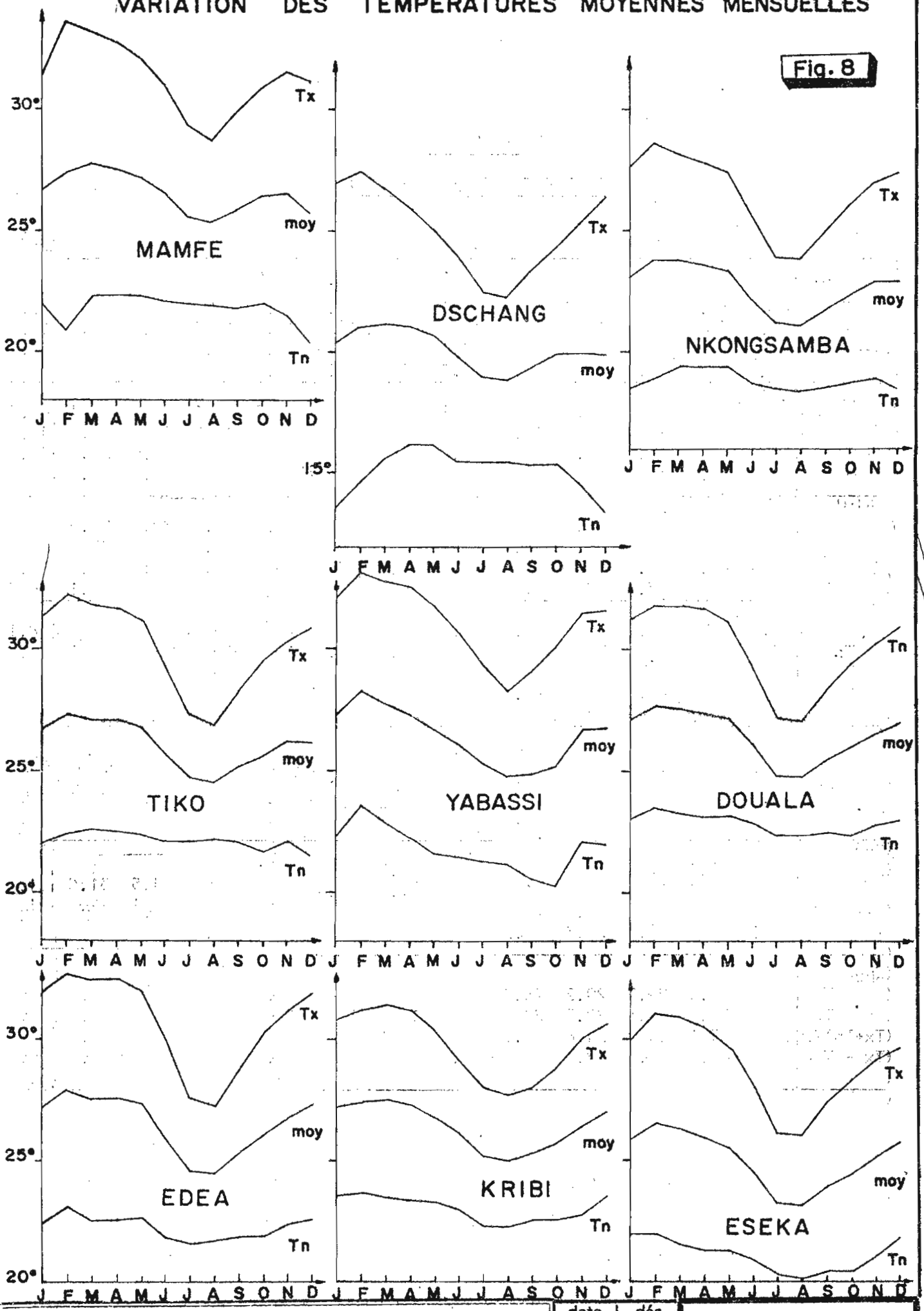
TABLEAU N° 4

TEMPERATURE (SUITE ET FIN)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
AKONOL.													
Tx	28.9	30.7	30.4	29.7	29.3	28.1	26.9	26.9	27.9	28.0	28.8	28.8	28.7
Tn	19.6	20.1	19.9	19.9	19.8	19.8	19.4	19.6	19.5	19.4	19.9	19.3	19.7
(Tx+Tn)/2	24.2	25.4	25.2	24.8	24.6	23.9	23.2	23.3	23.7	23.7	24.3	24.2	24.2
(Tx - Tn	9.3	10.6	10.5	9.8	9.5	8.3	7.5	7.3	8.4	8.6	8.9	9.5	9.0
ABONG MB													
Tx	28.2	29.7	29.9	29.7	28.9	28.1	26.2	26.4	27.7	28.1	28.6	28.1	28.3
Tn	17.3	17.8	18.9	19.0	18.9	18.8	18.6	18.6	18.8	18.6	18.3	17.6	18.4
(Tx+Tn)/2	22.8	23.8	24.4	24.4	23.9	23.5	22.4	22.5	23.3	23.4	23.5	22.9	23.4
(Tx - Tn	10.9	11.9	11.0	10.7	10.0	9.3	7.6	7.8	8.9	9.5	10.3	10.5	9.8
KRIBI													
Tx	30.8	31.2	31.4	31.2	30.4	29.1	28.0	27.7	28.0	28.8	30.0	30.6	29.8
Tn	23.6	23.7	23.5	23.4	23.3	23.0	22.3	22.3	22.6	22.6	22.8	23.5	23.1
(Tx+Tn)/2	27.2	27.4	27.5	27.3	26.8	26.1	25.2	25.0	25.3	25.7	26.4	27.0	26.4
(Tx - Tn	7.2	7.5	7.9	7.8	7.1	6.1	5.7	5.4	5.2	6.2	7.2	7.1	6.7
EBOLOWA													
Tx	28.8	29.6	29.4	29.4	28.7	27.4	26.2	26.2	27.1	27.5	28.1	28.3	28.1
Tn	20.1	20.3	20.0	20.0	20.1	20.0	19.7	19.6	19.7	19.7	20.0	20.1	19.9
(Tx+Tn)/2	24.5	25.0	24.7	24.7	24.4	23.7	22.9	22.9	23.4	23.6	24.0	24.2	24.0
(Tx - Tn	8.7	9.3	9.4	9.4	8.6	7.4	6.5	6.6	7.4	7.8	8.1	8.2	8.1
SANGMELIMA													
Tx	28.4	29.4	29.5	29.2	28.6	27.4	26.4	26.3	27.3	27.7	28.0	28.0	28.0
Tn	19.1	19.5	19.2	19.2	19.2	19.2	18.8	19.0	19.0	18.7	19.0	18.6	19.0
(Tx+Tn)/2	23.7	24.5	24.3	24.2	23.9	23.4	22.6	22.2	23.1	23.2	23.5	23.3	23.5
(Tx - Tn	9.3	9.9	10.3	10.0	9.4	8.2	7.6	7.3	8.3	9.0	9.0	9.4	9.0
YABASSI													
Tx	32.1	33.2	32.8	32.6	31.8	30.7	29.3	28.3	29.1	30.1	31.5	31.6	31.1
Tn	22.3	23.6	22.9	22.3	21.6	21.5	21.3	21.2	20.6	20.3	22.1	22.0	21.8
(Tx+Tn)/2	27.3	28.3	27.8	27.4	26.7	26.1	25.3	24.8	24.9	25.2	26.7	26.8	26.4
(Tx - Tn	9.8	9.6	9.9	10.3	10.2	9.2	8.0	8.1	8.5	9.8	9.4	9.6	9.4
AMBAM													
Tx	28.5	29.3	29.5	29.2	28.2	27.4	26.5	25.8	27.2	27.4	27.8	27.7	27.9
Tn	20.6	20.9	20.3	20.5	20.2	20.4	19.6	19.7	19.9	19.9	20.3	20.3	20.2
(Tx+Tn)/2	24.6	25.1	24.9	24.8	24.2	23.9	23.1	22.8	23.6	23.7	24.1	24.0	24.1
(Tx - Tn	7.9	8.4	9.2	8.7	8.0	7.0	6.9	6.1	7.3	7.5	7.5	7.4	7.6

VARIATION DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES

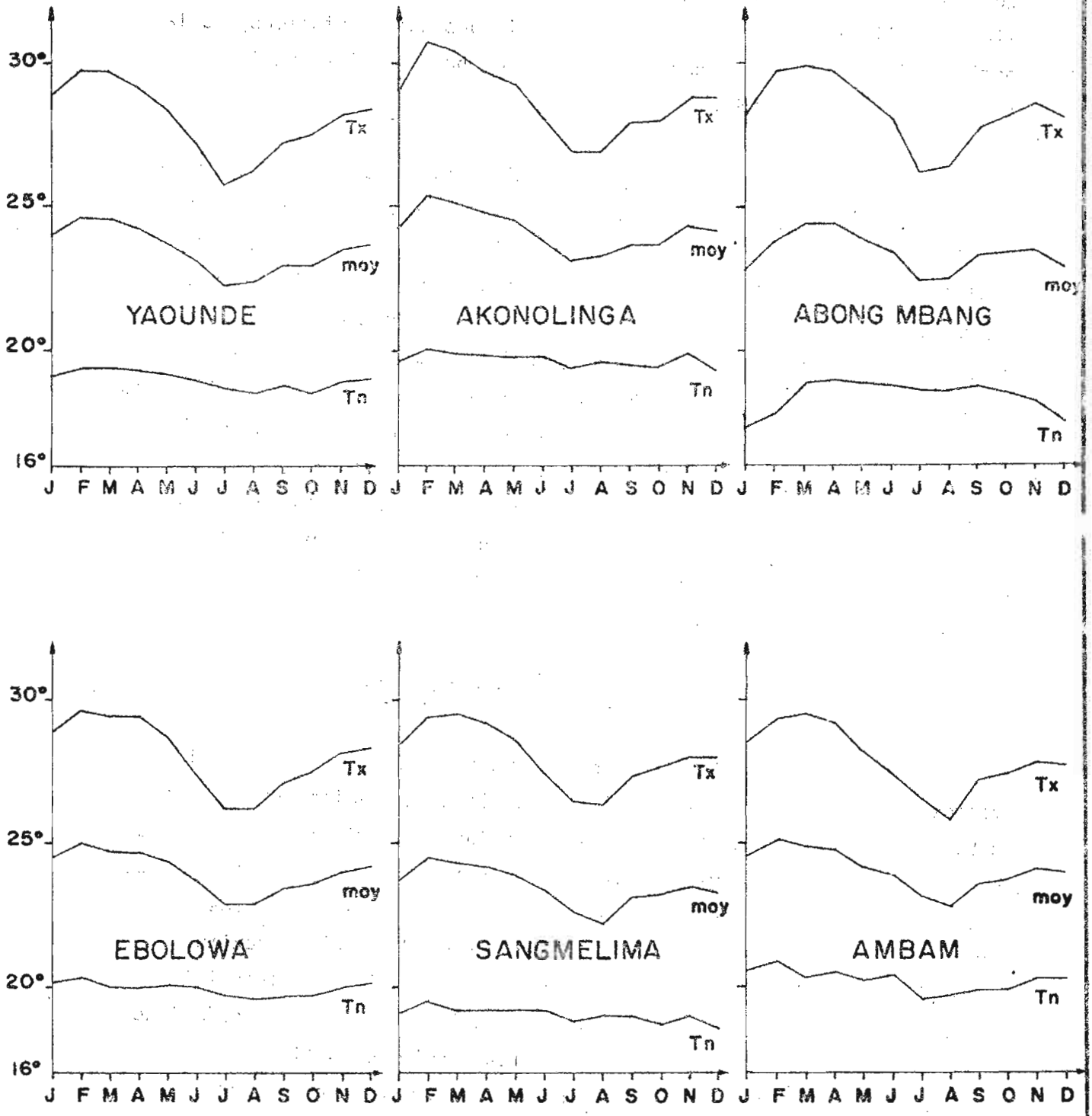
Fig. 8



	date	dés.	

Fig. 9

VARIATION DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES



date	dés.

78/4-7

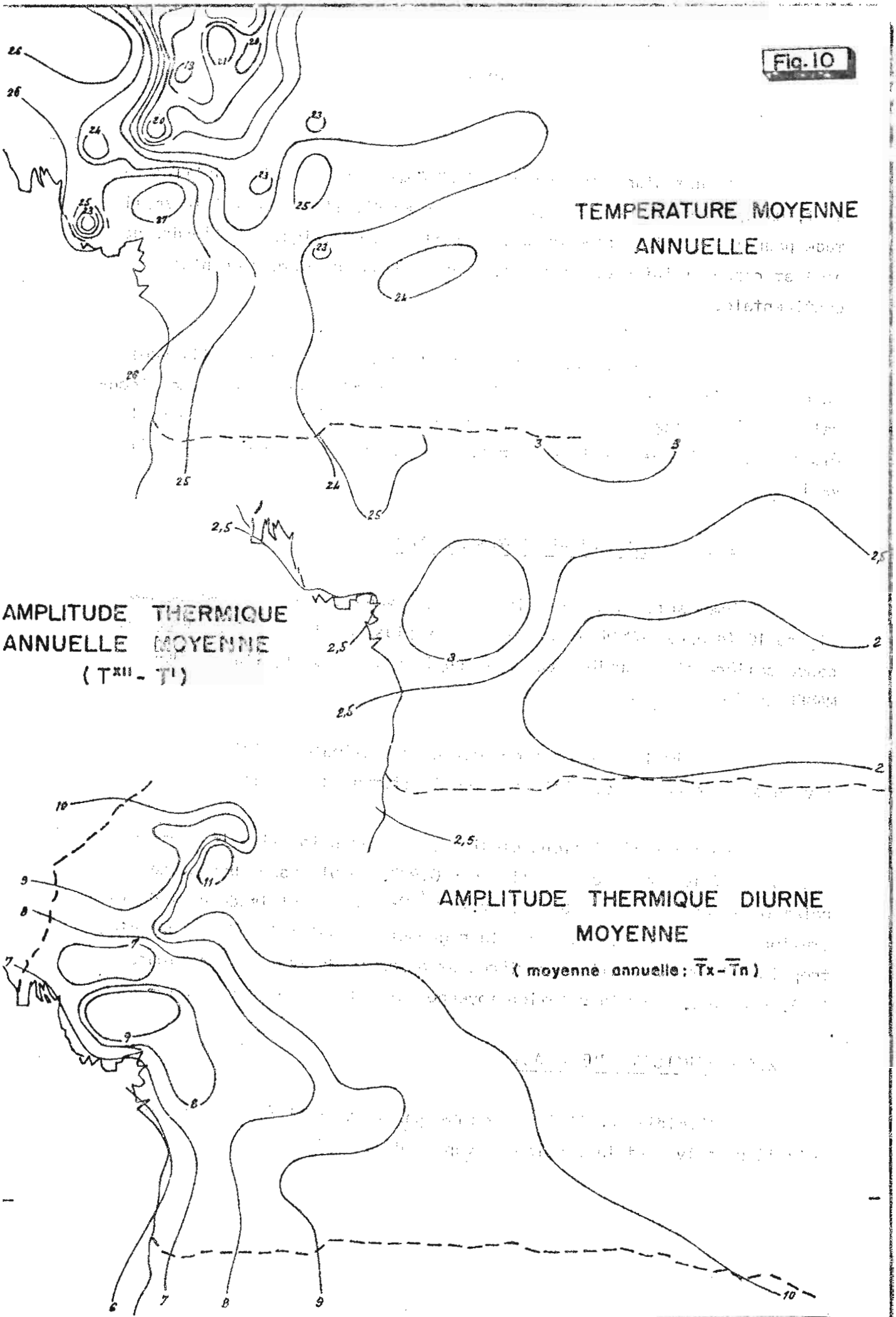
Les variations de la température minimale moyenne mensuelle sont de faible amplitude ; le minimum est observé en décembre-janvier, pour les quelques stations où l'influence tropicale et continentale se fait ressentir, en juillet-août pour la majeure partie des autres stations, où la petite saison sèche est observée ; et en octobre pour les stations de DOUALA, TIKO, YABASSI.

Le maximum des températures maximales moyennes mensuelles s'observe en février, en fin de grande saison sèche, pour la plupart des stations de l'Ouest. Pour les stations du Sud et du Littoral, les valeurs maximales restent élevées de février à avril avec de plus fortes valeurs observées parfois en février, le plus souvent en mars. Le minimum des températures maximales est observé en juillet-août, le plus souvent en août, ce qui correspond suivant les régions, soit à d'abondantes précipitations (DOUALA, NKONGSAMBA, Yabassi), soit à la petite saison sèche de régions du Sud (Brouillards, forte nébulosité). Les températures moyennes mensuelles, suivent nous l'avons dit, grosso-modo, les variations des températures maximales, avec maximum en février-mars et minimum en juillet-août, mois qui sont respectivement les plus chauds et les plus froids de l'année.

2.2.2 - VARIATIONS DES ECARTS DIURNES MOYENS MENSUELS

L'examen des écarts diurnes moyens mensuels, montre que les plus fortes valeurs sont observées à la fin de la grande saison sèche ou au début de la saison des pluies qui lui succède. Le maximum d'amplitude de DSCHANG se situe en janvier et traduit l'influence du climat tropical de transition, influence qui est peut-être encore ressentie pour les stations continentales d'ABONG-MBANG, YAOUNDE et MAMFE où ce maximum apparaît en février. Cette influence du climat tropical de transition se traduit par des amplitudes supérieures à 10°C. L'influence océanique et équatoriale, entraîne l'apparition plus tardive d'amplitudes maximales plus faibles (entre 8 et 10°C, en février, surtout mars, parfois avril).

Fig. 10



date | dés.

L'écart diurne moyen mensuel minimum est observé en juillet ou août, exceptionnellement en septembre pour KRIBI. Il est de faible amplitude pour les stations placées sous l'influence océanique (de l'ordre de 5°C) et rarement inférieur à 7° pour les stations de situation plus continentale.

La figure 10 propose une carte de courbes d'égales amplitudes thermiques diurnes moyennes annuelles montrant l'influence de la continentalité et de l'orographie sur ce paramètre, l'écart diurne moyen annuel étant le plus faible sur le Littoral. Pour les régions étudiées ici, il varie de 6°C à 11°C.

2.2.3 - TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES

Une carte en courbes isothermes moyennes annuelles est donnée figure 10 (d'après SUCHEL). Les zones les plus chaudes se situent sur la bande côtière et en arrière dans les régions de basse altitude (EDEA et MAMFE 26.5°C).

En fait les températures moyennes (maximales, minimales et moyennes) dépendent essentiellement de l'altitude de la station.

Pour les 15 stations étudiées, la régression linéaire, obtenue avec un coefficient de corrélation r = 0.990, semble assez bonne. La relation s'écrit $tz° = 26.6 - 4.4\ z.10^{-3}$ ou z est l'altitude en m de la station. On notera cependant que la régression étudiée ici donne un poids trop important aux stations côtières et à partir de travaux antérieurs ( ), nous proposons la relation moyenne suivante $tz° = 27 - 5\ z\ 10^{-3}$

2.3 - HUMIDITE DE L'AIR

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

2.3.1 - Humidité relative

Elle est définie en pourcentage, comme le rapport de la tension de vapeur e à la tension de vapeur saturante ew, en fonction de la température et de la pression de l'air.

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

Pratiquement, elle est mesurée à l'aide de psychromètres indiquant une température sèche et une température humide.

Dans les stations météorologiques, l'humidité relative est mesurée à 6 h, 12 h et 18 h.

Le tableau 5 donne les valeurs moyennes mensuelles du maximum (relevé à 6 h), et du minimum relevé à 12 h pour les 13 stations. Les valeurs maximales varient peu d'un mois à l'autre. Elles sont souvent très proches de la saturation et pratiquement toujours supérieures à 90 %.

Les valeurs minimales plus variables, sont plus significatives des variations climatiques d'une région à l'autre.

Leurs variations ont été portées figure 11. Elles montrent un minimum et un maximum. Le minimum est observé en janvier pour DSCHANG et DOUALA, en février pour les autres stations (mars pour KRIBI), soit pendant la grande saison sèche. Une plage des valeurs maximales est observée en juillet-août, pour DSCHANG, NKONGSAMBA, ESEKA, YAOUNDE, la valeur maximale étant relevée pour les autres stations en août sauf pour ABONG-MBANG (juillet) et KRIBI (septembre).

Cette apparition générale du maximum d'humidité relative, centrée sur le mois d'août quelle que soit la zone climatique particulière aux régions étudiées doit être soulignée. Ce maximum est à rattacher au minimum des températures moyennes.

TABLEAU N° 5

HUMIDITE RELATIVE EN %

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
(MAMFE													
(Max	98	96	96	97	97	98	98	97	97	97	97	98	97
(Min	56	49	57	61	63	66	69	72	68	66	61	59	62
(													
(DSØHANG													
(Max	91	92	93	94	93	95	98	98	97	95	94	87	94
(Min	42	49	60	68	71	77	81	81	79	73	57	47	65
(													
(NKONGS.													
(Max	92	91	92	92	93	96	97	98	97	95	94	93	94
(Min	64	63	68	72	74	79	86	86	83	77	73	68	74
(													
(TIKO													
(Max	98	97	97	98	98	99	99	99	99	99	99	98	98
(Min	62	61	66	65	67	73	80	82	75	69	69	65	70
(													
(DOUALA													
(Max	97	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
(Min	66	67	69	69	72	77	83	84	80	75	68	69	73
(													
(EDEA													
(Max	97	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97
(Min	66	64	67	70	70	76	81	83	80	75	71	68	73
(													
(ESEKA													
(Max	96	95	95	96	97	97	97	97	97	98	98	96	97
(Min	72	70	71	74	77	83	86	86	84	81	77	74	78
(													
(YAOUNDE													
(Max	98	97	97	97	98	98	97	97	98	98	98	98	98
(Min	61	59	63	67	70	73	75	75	73	72	67	65	68
(													
(AKONOL.													
(Max	96	95	95	96	97	96	95	96	98	97	95	96	96
(Min	54	52	53	57	60	64	65	67	65	63	59	55	60
(													
(ABONG M.							97						
(Max	98	97	97	97	98	98	97	97	97	98	98	99	98
(Min	66	63	64	67	70	74	77	74	72	72	67	68	70
(KRIBI													
(Max	95	94	94	95	94	94	92	93	95	96	95	95	94
(Min	71	71	70	70	73	74	74	766	78	76	73	72	73
(EBOLOWA													
(Max	97	97	97	97	97	97	96	96	97	97	97	98	97
(5 Min	63	62	64	66	68	71	72	74	72	71	69	65	68
(SANGMEL.													
(Max	99	98	98	99	99	99	98	98	99	99	99	99	99
(Min	60	57	61	61	65	68	68	69	68	66	65	63	64

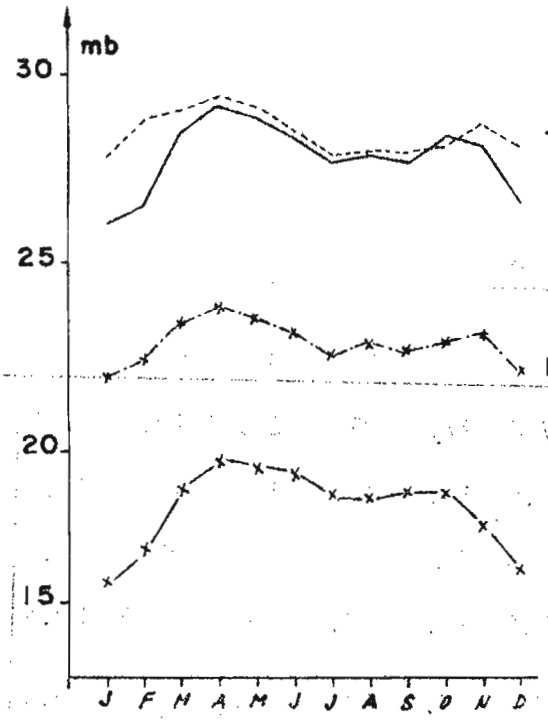
Si la date d'apparition du maximum d'humidité paraît normale, dans les zones climatiques de l'Ouest, elle peut surprendre dans les régions du Sud-CAMEROUN, où elle coïncide avec la petite saison sèche. Celle-ci s'individualise donc très nettement par ses caractéristiques de la grande saison sèche ; si les pluies sont rares en juillet-août, la nébulosité et par suite l'humidité, est par contre très importante, comme on le verra plus loin dans les variations de l'insolation mensuelle. Alors que la grande saison sèche s'observe, de part et d'autre de la trace au sol du F.I.T, la petite saison sèche en climat équatorial correspond au passage d'une zone de nuages stratiformes due à la proximité des hautes pressions de l'anticyclone de Ste Hélène, située au Sud de la zone pluvieuse de la mousson, marquée, elle, par l'apparition de beau temps entre les orages et les grains.

L'amplitude annuelle des variations mensuelles de l'humidité mesurée à 12 h varie d'une région à l'autre. Elle est relativement forte dans les régions Ouest. Elle varie de près de 40 % à DSCHANG où la transition avec le climat tropical est nette. Elle est encore de 23 % à NKONGSAMBA et MAMFE, de 19 et 18 % pour TIKO et DOUALA.

Au Sud de la SANAGA, elle diminue encore avec la latitude : 17 et 16 % à EDEA, ESEKA et YAOUNDE, mais plus que 12 % à EBOLOWA et SANGMELIMA et tombe même à 8 % à KRIBI.

Les variations spatiales de l'humidité relative moyenne annuelle ((Umax + ...)/2), ont été reportées sur la carte de la figure 11. L'ensemble des régions étudiées ici a une humidité moyenne annuelle supérieure à 80 % avec deux zones de l'arrière pays côtier où elle dépasse 85 %.

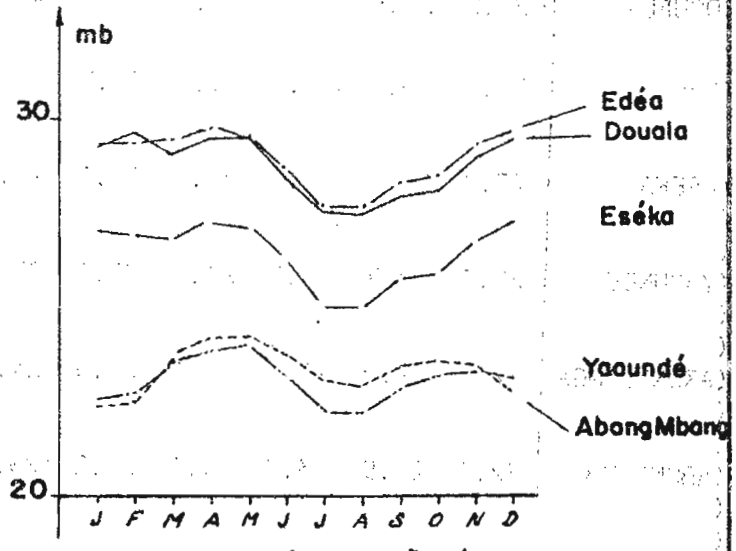
Fig. 12



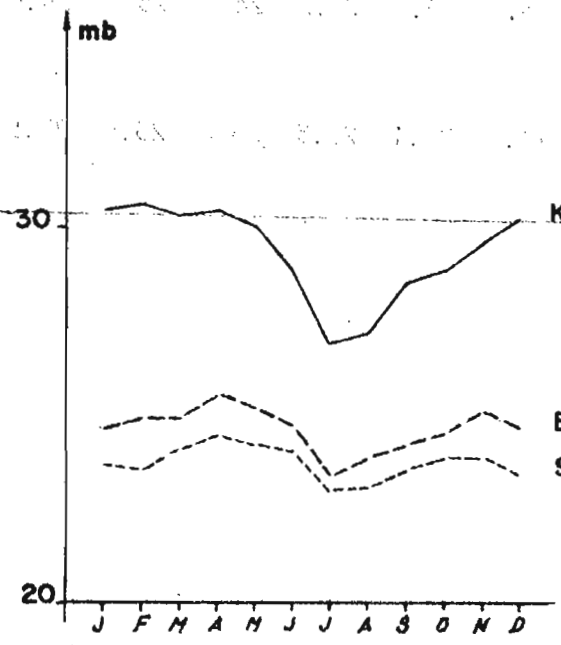
du Nord au Sud
entre les longitudes
9° et 10° E

VARIATIONS MENSUELLES DE LA TENSION DE VAPEUR

en millibars



De l'Ouest à l'Est
entre les latitudes 3°30' et 4°N



D'Ouest en Est
à la latitude 3°N

	date	des.	77/7-22

TABLEAU N° 6

TENSION DE VAPEUR EN MBARS

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
MAMFE	26	26.5	28.4	29.1	28.8	28.2	27.6	27.8	27.6	28.3	28.0	26.5	27.7
DSCHANG	16.5	17.4	19.0	19.8	19.6	19.4	18.8	18.7	18.9	18.9	18.0	16.8	18.5
NKONGSAMBA	22	22.4	23.4	23.8	23.5	23.1	22.5	22.8	22.6	22.8	23.0	22.0	22.8
TIKO	27.8	28.8	29.0	29.4	29.1	28.4	27.5	27.4	27.9	28.0	28.9	29.4	28.6
DOUALA	29.2	29.6	29.0	29.4	29.5	28.4	27.5	27.4	27.9	28.0	28.9	29.4	28.6
EDEA	29.3	29.3	29.4	29.7	29.5	28.7	27.6	27.6	28.2	28.5	29.2	29.6	28.9
ESEKA	27.0	26.9	26.8	27.2	27.1	26.3	25.0	25.0	25.7	25.9	26.7	27.2	26.
YAOUNDE	22.5	22.7	23.5	23.8	23.9	23.2	22.2	22.8	23.1	23.2	23.1	22.2	23.0
AKONOLINGA	22.8	22.9	23.4	24.1	24.3	24.0	23.1	23.4	23.6	23.6	23.5	22.6	23.4
ABONG MBANG	22.4	22.5	23.7	24.1	24.2	23.8	23.1	22.9	23.4	23.5	23.5	22.8	23.3
KRIBI	30.4	30.6	30.3	30.4	30	28.9	26.9	27.2	28.5	28.8	29.5	30.2	29.3
EBOLOWA	24.6	24.9	24.9	25.5	25.2	24.7	23.4	23.8	24.2	24.5	25	24.6	24.6
SANGMELIMA.....	23.7	23.6	24.0	24.5	24.3	24.1	23.0	23.1	23.5	23.8	23.9	23.5	23.8

2.3.2 - Tension de vapeur

Elle a été calculée en millibars d'après la moyenne des températures et des humidités relatives, pour les 13 stations déjà citées. Les résultats sont donnés dans le tableau 6. La figure 12 indique les variations observées. Dans les régions Ouest, on note un minimum et maximum principaux respectivement en janvier et avril-mai, avec minimum et maximum secondaires respectivement en juillet-août et octobre-novembre.

Au Sud de la SANAGA et à DOUALA, le minimum principal se situe en juillet-août ; on note deux maximums avril-mai et novembre-décembre, qui tendent à prendre des valeurs voisines, séparés par un minimum secondaire en janvier qui disparaît dans les régions littorales (KRIBI, DOUALA, EDEA) donnant une large plage de fortes valeurs de novembre à mai.

La carte de la figure 13 montre que la tension de vapeur moyenne annuelle atteint presque 30 mb sur le littoral et n'est inférieure à 24 mb, qu'en tête de bassins où elle peut descendre à 20 mb dans les régions d'altitude.

2.4 - EVAPORATION

2.4.1 - Evaporation Piche

Les moyennes mensuelles exprimées en mm ont été reportées dans le tableau 7 pour les stations.

La figure 14 propose le dessin de variations mensuelles. Un maximum principal est observé généralement en mars dans les régions Sud, jusqu'à DOUALA et TIKO (sauf pour EBOLOWA et SANGMELIMA : février) ; en remontant vers le Nord dans les régions Ouest, il devient plus précoce février à MAMFE et NKONGSAMBA, décembre à DSCHANG.

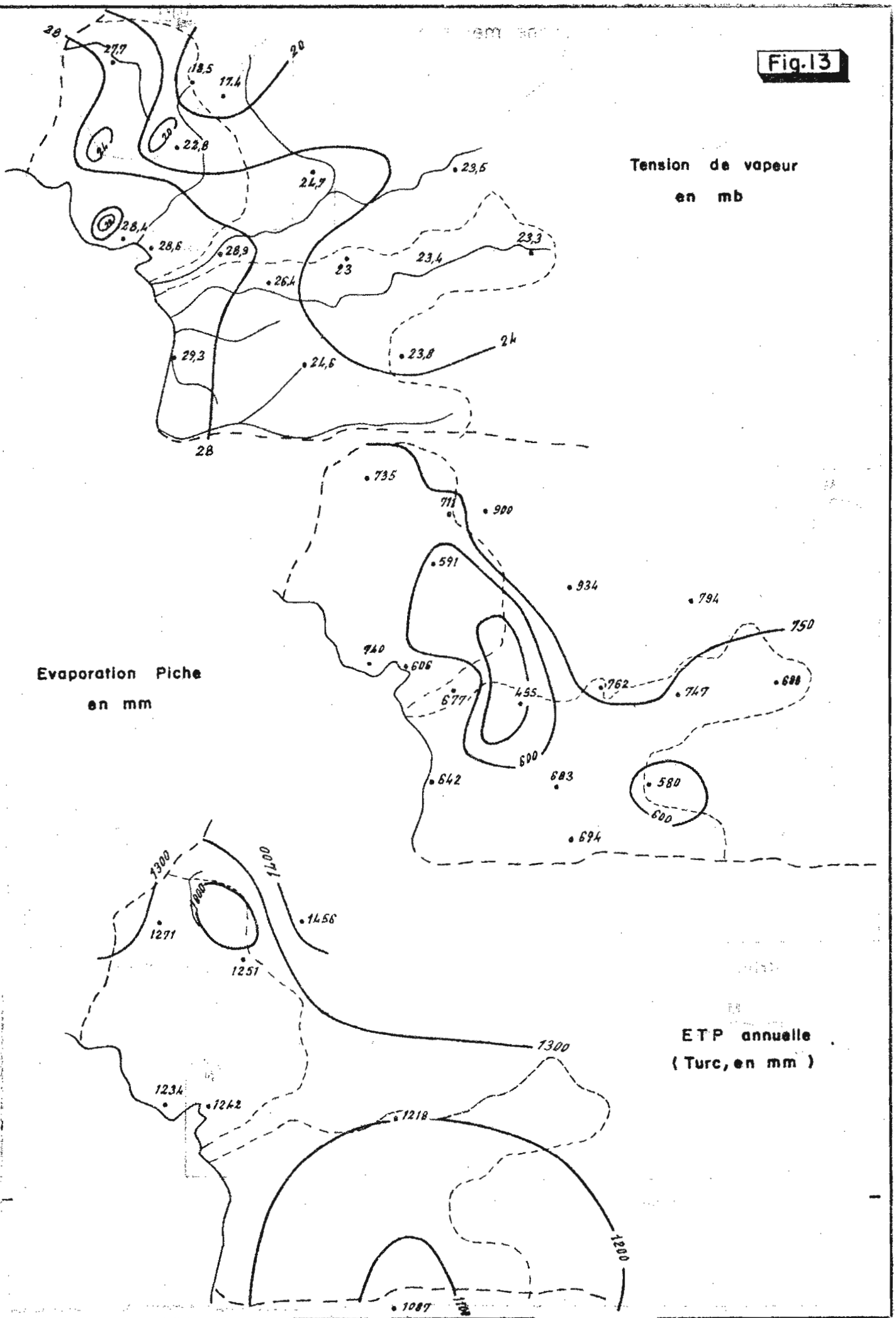
Le minimum principal évolue de la même manière de juin au Sud, à août plus au Nord.

TABLEAU N° 7

EVAPORATION PICHE EN MM

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
MAMFE	73.6	92.9	85.9	66.9	68.8	52.2	41.9	36.3	43.5	52.6	62.3	63.4	735.3
DSCHANG	90.8	85.7	71.2	53.3	53.1	36.7	29.2	28.9	30.8	51.4	79.1	101.3	711.5
NKONGSAMBA.....	67.4	75.5	69.6	60.7	51.7	35.2	22.8	21.7	28.5	41.9	49.9	58.8	591.1
TTIKO	82.2	87.6	90.7	73.0	68.0	50.0	36.0	31.1	42.5	54.2	54.6	69.7	739.6
DOUALA	57.7	63.3	66.6	60.6	55.9	45.8	34.2	32.5	39.0	47.5	49.0	54.6	606.7
EDEA	67.6	73.7	79.2	69.6	66.0	47.1	35.2	32.4	37.1	52.0	56.2	61.4	677.5
ESEKA	48.5	54.8	57.2	46.1	40.9	30.1	25.2	22.7	24.5	29.3	34.5	40.9	454.7
YAOUNDE	77.5	85.7	86.3	68.3	61.3	52.2	53.1	55.6	51.4	50.3	55.2	65.4	762.3
AKONOLINGA	70.3	84.6	86.5	67.1	59.6	52.2	54.5	51.4	46.4	52.4	60.7	61.9	747.6
ABONG MB.	61.5	74.1	78.0	65.0	55.6	45.4	44.7	50.9	51.3	50.6	56.3	54.5	687.9
KRIBI	57.3	60.8	65.3	56.1	52.9	54.7	57.4	51.7	39.7	40.1	50.6	55.2	641.8
EBOLOWA	69.5	70.0	68.4	60.3	54.1	49.3	52.7	53.9	46.8	46.7	50.1	61.4	683
SANGMELIMA	53.6	64.9	63.8	56.2	48.1	39.7	42.8	42.4	41.6	39.8	42.5	44.4	579.8
AMBAM	66.6	67.8	73.6	66.1	51.9	47.8	61.2	56.4	52.5	47.9	48.0	54.2	694

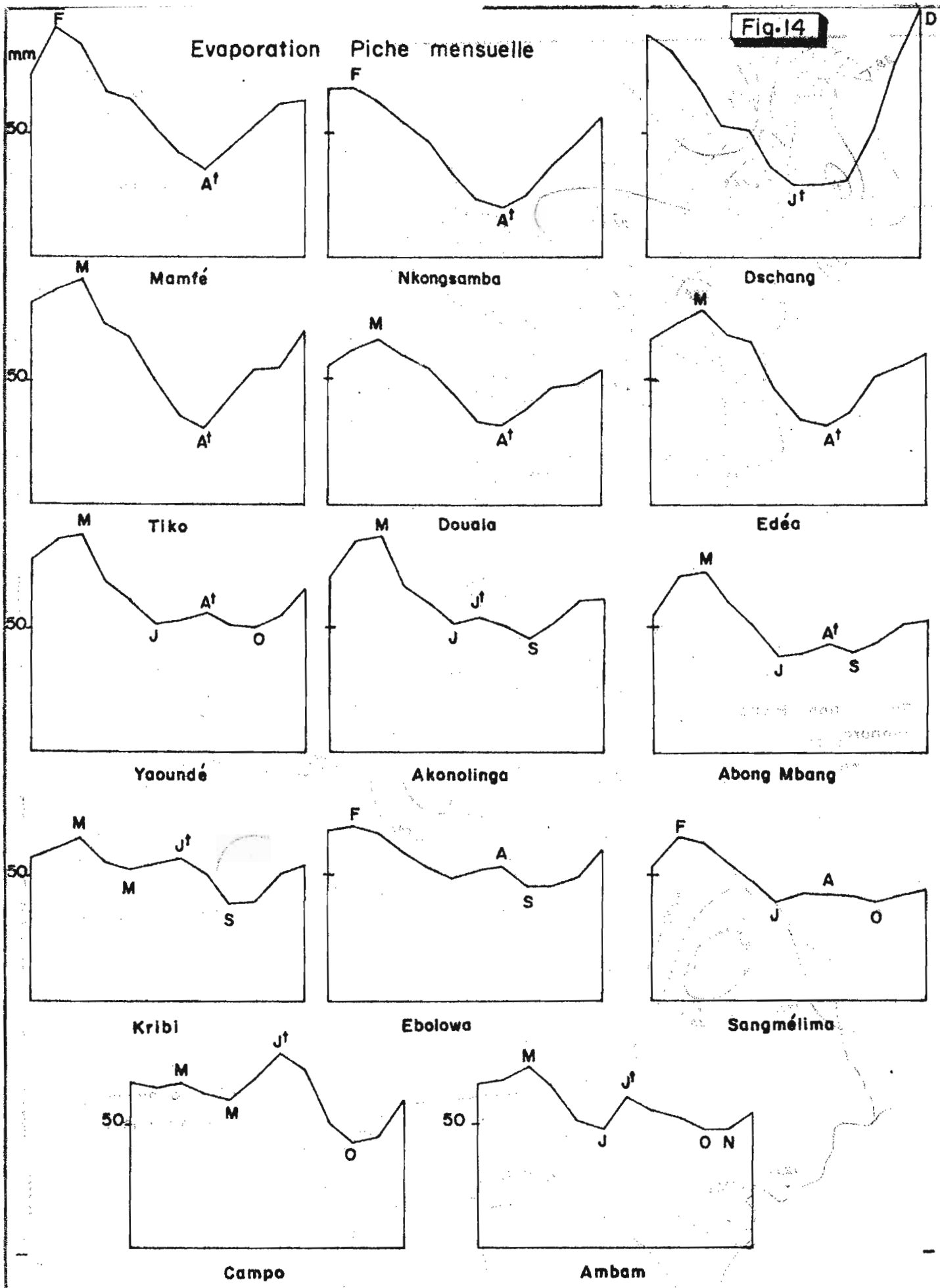
Fig.13



	date	des.
		77/7-21

Fig.14

Evaporation Piche mensuelle



	date	des.	7717 – 16

Maximum et minimum secondaires apparaissent dans les régions du Sud, respectivement en juillet-août et septembre, octobre-novembre. Lorsque le climat équatorial devient plus marqué, ils tendent à prendre les valeurs extrêmes les plus fortes (KRIBI, AMBAM et surtout CAMPO).

La carte de la figure 13 montre que l'évaporation Piche annuelle est inférieure à 750 mm sur l'ensemble des régions étudiées, inférieure à 600 mm de NKONGSAMBA à LOLODORF et à SANGMELIMA, et inférieure à 500 mm dans la région d'ESEKA.

2.4.2 - Evaporation sur Bac

Nous donnons ci-dessous quelques valeurs de l'évaporation journalière mensuelle moyenne mesurée sur bac colorado type ORSTOM et bac de classe A, en mm/jour.

	BAC COLORADO TYPE ORSTOM												TOTAL ANNUEL
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
YAOUNDE	2.7	2.9	2.7	2.8	3.0	2.1	2.1	1.9	1.6	2.3	2.5	2.7	891 MM

	BAC DE CLASSE A												TOTAL ANNUEL
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
YAOUNDE	3.3	4.4	3.9	3.9	3.6	3.0	2.4	2.8	3.1	3.2	3.2	3.0	1 205 mm

L'absence d'un réseau minimum de bacs d'évaporation de l'un ou l'autre type, ne permet pas l'interprétation des variations spatiales de ce paramètre. Les résultats donnés sont simplement indicatifs.

2.4.3 - Evapotranspiration potentielle

Elle a été calculée pour 6 stations de la région étudiée par L. LEMOINE et J.C. PRAT, à partir de la formule établie par L. TURC donnant l'ETP mensuelle en mm/mois.

Cette formule s'écrit : $ETP = (Ig + 50)\ 0.40\ \frac{t}{t + 15}$ dans laquelle IG est la valeur mensuelle de la radiation solaire globale, exprimée en petites calories par cm^2 de surface horizontale et par jour et t, la température moyenne exprimée en 0°C.

La radiation solaire globale Ig est obtenue par la formule $Ig = IgA\ (0.18 + 0.62\ \frac{h}{H})$ où IgA est l'énergie de la radiation solaire qui serait reçue en absence d'atmosphère qui ne dépend que de la latitude du lieu et est donnée en $cal/cm^2/jour$ par les tables de ANGOT, et où $\frac{h}{H}$ est le rapport de la durée de l'insolation réelle (héliographe) sur la durée astronomique du jour donnée par des tables.

Les résultats obtenus sont donnés ci-dessous en mm (cf. figure 15).

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Mamfé	112	118	125	123	116	99	79	78	90	105	113	113	1271
Dschang	134	137	109	102	104	89	72	71	80	99	121	133	1251
Tiko	117	119	119	124	118	95	65	63	78	103	115	118	1234
Douala	122	123	129	125	116	90	68	67	81	102	111	108	1242
Yaoundé	117	117	114	109	106	89	77	80	87	97	112	113	1218
Bitam (GABON)	91	93	100	105	100	86	75	72	85	92	95	93	1087

La carte de la figure 13 donne les courbes d'égale évapotranspiration potentielle annuelle. Pour l'ensemble des régions étudiées l'ETP est inférieure à 1 300 mm. Elle tombe en dessous de 1 200 mm sur une partie du cours moyen du Nyong et les régions plus au Sud, où elle n'atteint pas 1 100 mm, sur le Ntem dans la région d'AMBAM.

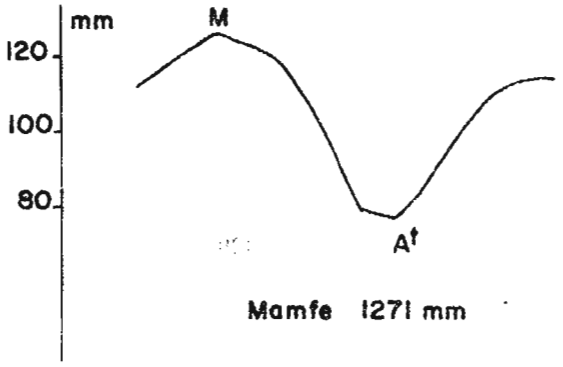
Sur les régions côtières et dans l'Ouest, l'ETP est supérieure à 1 200 mm sauf pour les régions d'altitude. Ces chiffres sont bien en rapport avec les déficits d'écoulement trouvés dans ces régions

Le graphe de la figure 16 montre qu'il n'y a pas de relation nette entre l'ETP calculée et l'Evaporation Piche, cette dernière ne présentant que l'intérêt d'un élément de comparaison entre stations.

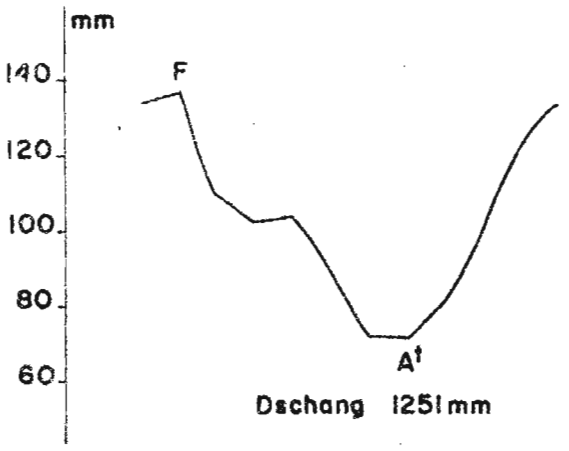
EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MM/MOIS

(Calculée d'après L. TURC)

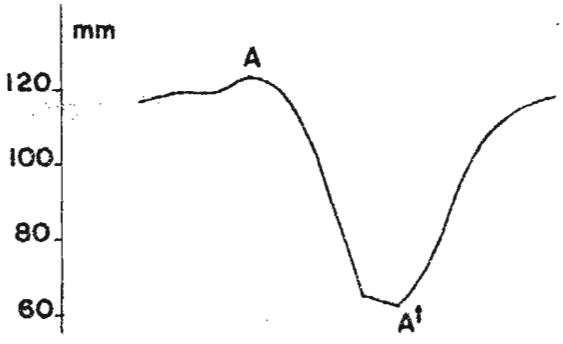
Fig. 15



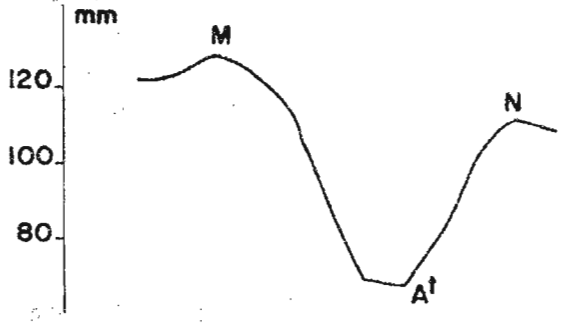
Mamfe 1271 mm



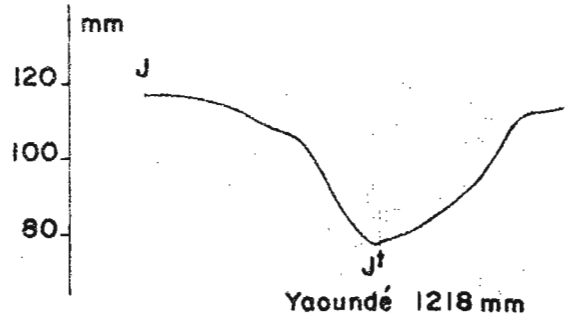
Dschang 1251 mm



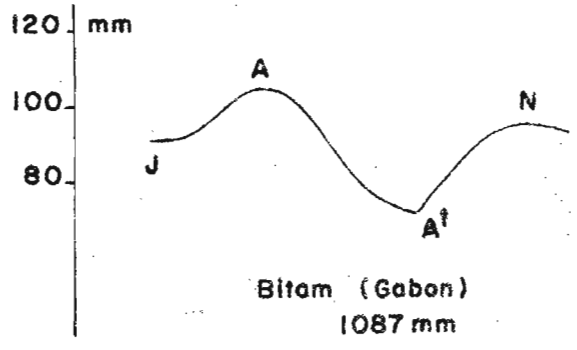
Tiko 1234 mm



Douala 1242 mm



Yaoundé 1218 mm



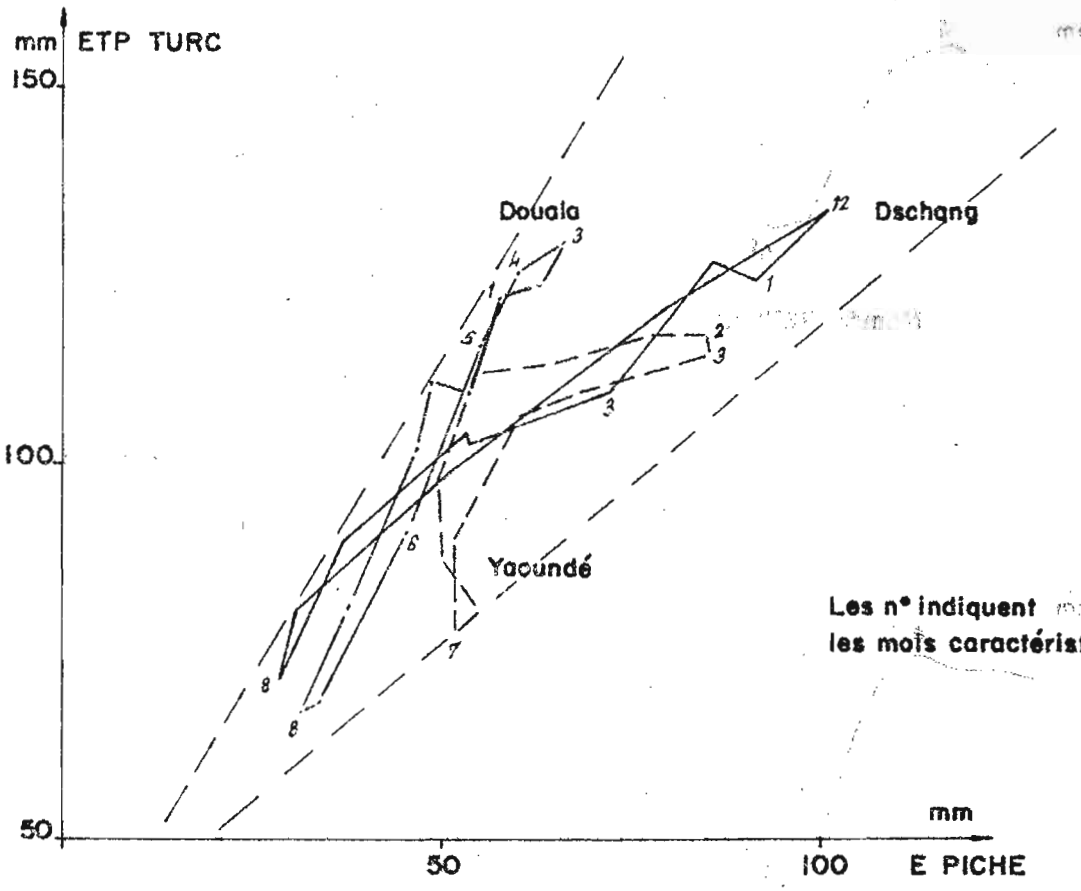
Bitam (Gabon)
1087 mm

	date	des.	77/7-20

CORRELATION ENTRE ETP CALCULEE (TURC)

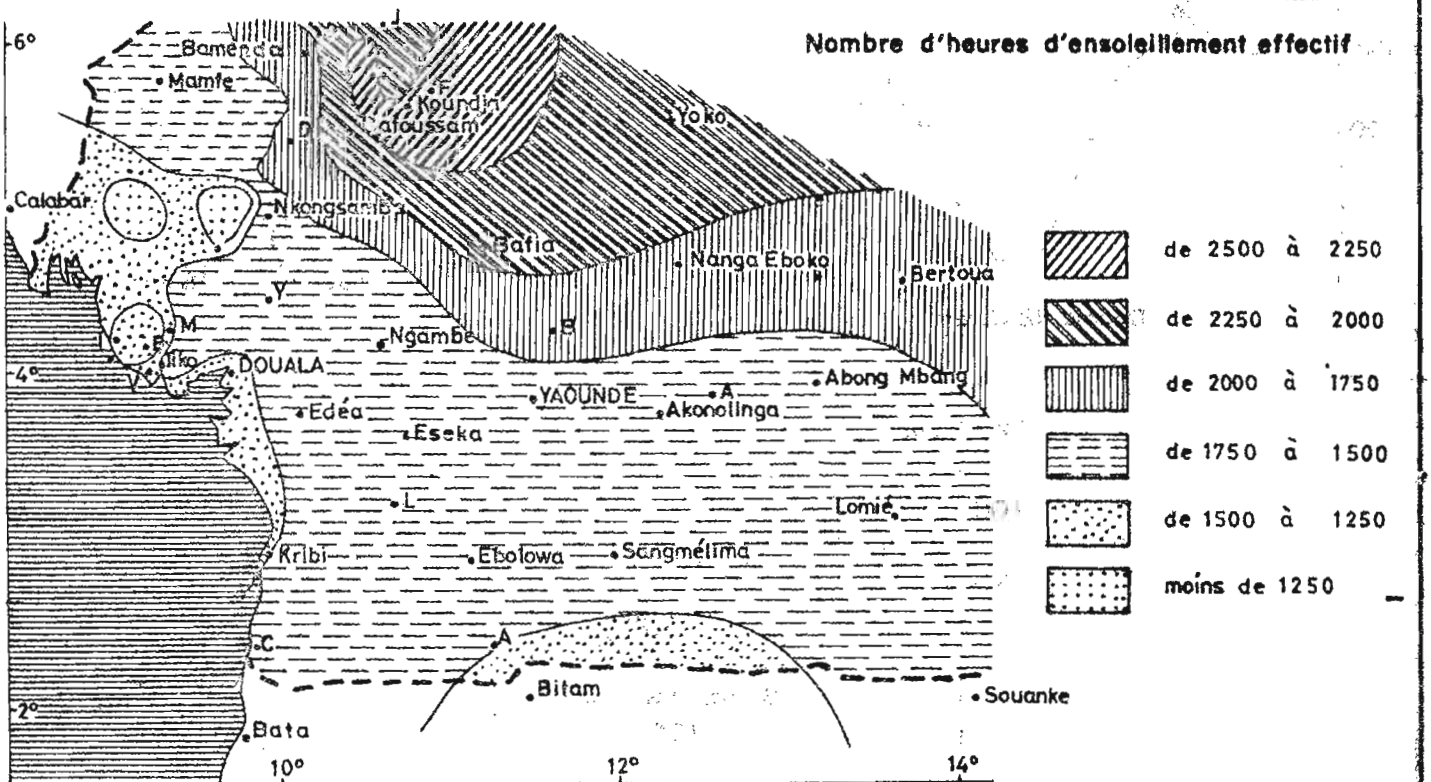
Fig. 16

ET PICHE POUR 3 STATIONS



INSOLATION MOYENNE ANNUELLE PROBABLE

Nombre d'heures d'ensoleillement effectif



	date	des.
	77/7-25	

2.5 - INSOLATION

La mesure de la durée d'insolation en réseau est de réalisation récente au CAMEROUN.

Des relevés épisodiques ou de durées très variables non homogénéisés ont toutefois permis à SUCHEL d'établir une carte de l'insolation moyenne annuelle probable (voir figure 16). Cette carte montre qu'à l'exception du haut bassin du NKAM, l'ensemble des régions étudiées a un nombre moyen d'heures d'ensoleillement effectif inférieur à 1 750 heures par an, avec moins de 1 500 heures par an, sur le bassin supérieur du NTEM (AMBAM) et dans les régions côtières, de KRIBI à la frontière nigérianne. L'insolation annuelle tombe même en dessous de 1 250 heures dans les régions du Mont-Cameroun, et du cours supérieur du Mungo.

Nous indiquons dans le tableau ci-dessous, les moyennes mensuelles pour quatre stations longue-durée (Tole et Tombel étant respectivement proches de BUEA, et de LOUM), et 3 stations suivies pendant 9, 7 et 5 ans seulement.

Insolation (heures)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	A
YDE (28 a)	178	172	154	151	152	116	85	84	100	122	156	175	1645
DLA (29 a)	130	144	137	151	140	89	43	39	69	113	127	134	1316
TOLE (15 a)	144	130	107	122	116	58	26	18	33	68	104	133	1059
TOMBAL (19 a)	162	166	116	120	140	89	57	48	67	103	137	148	1353
MAMFE (9 a)	167	171	174	167	165	123	74	68	90	133	159	175	1666
TIKO (7 a)	171	170	159	171	170	116	39	33	66	130	163	183	1571
DSCHANG (5 a)	244	233	153	134	156	120	74	71	87	139	205	248	1864

Le maximum d'insolation se situe pendant la saison sèche de décembre à février , et avril à DOUALA. Le minimum s'observe en juillet-août période des pluies très abondantes dans la région de DOUALA et petite saison sèche avec ciel couvert pour YAOUNDE.

3 - ETUDE DES PRECIPITATIONS

3.1 CRITIQUE ET HOMOGENEISATION DES DONNEES MENSUELLES ET ANNUELLES

Pour déceler les erreurs systématiques dûes à d'éventuels changements d'exploitation des pluviomètres (emplacement, éprouvette de mesure etc... qualité du lecteur) les observations aux différentes stations ont été testées - en première analyse par examen de la courbe des valeurs cumulées de la pluviométrie annuelle, ou courbe de simple masse en vue de déceler les principales cassures pouvant être le fait d'une erreur systématique - en seconde analyse par la méthode des doubles masses, comparant l'information pluviométrique de poste à poste - enfin par la méthode mise au point par G. HIEZ et qui introduit à partir du traitement de l'ensemble des postes d'une région, un "vecteur régional" d'homogénéisation.

Ces travaux réalisés par J. CALLEDE, en calcul automatique introduisent les observations de stations pluviométriques secondaires (notamment dans la région du Mt-Cameroun), non étudiées ici, et permettent de préciser la qualité des observations effectuées aux stations retenues dans cette étude.

J. CALLEDE aboutit aux conclusions suivantes :

IDENAU : 9 années d'observations. Contrôlée avec SODEN (17 années), LINKFLUSS (7 années), totalisateur P2 (3 années) totalisateur P 19 (7 années). Station correcte. Poste de réf. : SODEN, complété à 20 années d'observation. Double-masse IDENAU-DEBUNDSCHA très convenable (11 années).

DEBUNSCHA : 34 années d'observation. Contrôlée avec ISSONGO (6 années), totalisateur P 16 (7 années) et totalisateur P 17 (8 années) ; Station correcte, complété à 38 années d'observation.

BOTA (administration) 5 années d'observation. Contrôlée avec BUSSUMBU (10 années), KRATER (7 années), MABETA BEACH (7 années). BUSSUMBU paraît douteux.
Station complétée (via MOLIWE NURSERY) avec les relevés de VICTORIA, soit 44 années au total. Risque d'être douteux de 1909 à 1930. Juillet 1966 bien faible.

BUEA : 26 années d'observation. Contrôlée par double-masse avec BOTA et DEBUNSCHA. Apparemment correct.

EKONA (administration 8 années d'observation. Contrôlée avec POWO PALMS (10 années), LYSOKA (5 années) et EKONA Research (8 années). EKONA Researc faux en 1968-69. Station complétée à 12 années d'observation.

TIKO : 20 année sd'observation. Station vériflée avec NSONNE MOLIWE (9 années), LIKOMBA RUBBER (8 années), HOLTFOTT BANANES (7 années), ESUKE BANANES (6 années), BWINGA ESTATE (4 années), BENO TIKO (2 années).
LIKOMBA RUBBER paraît douteux de 1965 à 1967.

DOUALA : (Aéro) Il s'agit du pluviomètre installé près de l'ancien aérogare (station de radiosondage en 1974) 30 années d'observation. Complétée avec DOUALA Hôpital (57 années). Excellente double-masse avec DOUALA-DEIDO. BONABERI (Gare) est de bonne qualité, mais DIZANGUE est à écarter. Les doubles masses font apparaître une cassure en 1960 sur DOUALA-Hôpital : changement d'emplacement du pluviomètre (à l'origine, il s'agissait de l'ancien hôpital, situé près de de l'hotel des Cocotiers).

Au total 73 années d'observations.
La double-masse DOUALA-TIKO est mauvaise : les conditions géographiques en sont peut-être la cause.

KUMBA : 33 années d'observation, toutes sans aucun détail journalier. Contrôlée avec BAROMBI KANG (4 années) et MUKONJE (8 années). Station complétée à 36 années.

MBANGA : 39 années d'observation, mais aucun détail journalier avant 1952. La période 1955-64 est douteuse sinon complètement fausse. Station contrôlée avec MUKONGE (8 années) qui montre que la période 1965-72 est correcte. Contrôlée aussi avec KUMBA (33 années) et NYOMBE (17 années). La double-masse KUMBA-MBANGA n'est pas trop mauvaise... Période conservée : 1932-54 et 1965-72 (30 années d'observation).

DSCHANG : 44 années complètes d'observation.
Changement d'environnement ou d'emplacement en 1952. Relevés 1952-56 à multiplier par 1.079. Relevés 1960-1964 sur pluviomètre 100 ¶ (à multiplier par 1.27).

DIZANGUE : Les années antérieures à 1936 (compris) sont mesurées avec une éprouvette pour 100 ¶. Valeur à multiplier par 0.787. 1945, 1946, 1954 éliminés. Il semblerait qu'il y ait eu des modifications en 1953 et en 1960 (valeurs 1955-1960 multipliées par 1.04).

NKONGSAMBA : Rien à signaler, station correcte.

NKONDJOK : Rien à signaler, station correcte.

MAMFE : Rien à signaler, station correcte.

LOUM : (Chantiers) Période 1936-56 pas très bien observée. Eprouvette pour 100 ¶ de 1959 à 62 (0.787). Changement d'emplacement ou d'environnement. Les données postérieures à 1968 (inclus) sont observées à LOUM-agro et sont à multiplier par 0.899.

YABASSI : Les relevés des années 1946-49 sont à éliminer. 1963-67, bien que de très mauvaise qualité, sont conservés. Station synoptique de l'origine à 1956, puis poste pluviométrique agricole de 1957 à 1972, et à nouveau synoptique depuis juillet 1972. Station douteuse.

YINGUI : Les années 1960-62, manifestement trop inventées, sont à éliminer.

EDEA : Historique de la station à contrôler. Il semblerait qu'il y ait eu un changement entre 1960 et 1965 (ceci a été vérifié avec une double-masse EDEA-DOUALA). Relevés à partir de 1963 (inclus) multipliés par 1.036.

DOUME : Historique de la station à faire : un changement d'emplacement aurait eu lieu en 1959 (février). 1950, 1952 et 1959 éliminés. Période 1960-66 multipliée par 1.05. Il n'est pas possible de travailler sur le détail journalier.

YAOUNDE : Station correctement observée.

MBALMAYO : Fusion des stations Ecole Technique Forestière et Enseignement. MBALMAYO-Agro est à éliminer. Historique E.T.F. à connaître : il semblerait qu'il y ait eu un changement d'emplacement du poste E.T.F. entre 1966 et 1968 (pas de relevés en 1966, reprise en août 1967 avec un autre observateur).

ABONG-MBANG : Station correctement observée.

AKONOLINGA : Peut-être un changement d'emplacement en 1945 puis en 1948. Les années 1953 à 1956 sont à éliminer.

AYOS : Période 1958-70 inutilisable (relevés faux et incomplets). Impossible de travailler sur le détail journalier.

NYABESSAN : Les années 1959 à 62 sont fausses. Test sur les seize années restantes correctes.

NKOEMVONE : Douze années. Station correcte.

EBOLOWA : Cassure se situant entre 1958 et 1961. (Changement d'emplacement ou mauvais appareillage).
Années 1936 et 1937 fausses. Les relevés postérieurs à 1960 sont multipliés par 0.910.

SANGMELIMA : Egalement station synoptique. Une cassure en 1955 (Changement d'emplacement ?). Les relevés postérieurs à 1955 sont multipliés par 1.045.

AMBAM : Relevés 1934, 1935, 1936 à multiplier par 2. 1949 faux. Historique à effectuer : il y aurait eu changement d'emplacement (ou d'environnement), en 1947, 1956 et 1960 (la station passe successivement synoptique, climatologique, synoptique, climatologique et enfin synoptique).
Période 1948-1957 multipliée par 0.951.
Période 1958-1961 multipliée par 1.27 (pluviomètre 100¶).

ESEKA : Il semble qu'il y ait eu emploi d'une éprouvette pour 100¶ en 1950 et 1951, avec un changement d'emplacement ou d'environnement en 1951. Relevés antérieurs à 1949 (inclus) multipliés par 0.956.
Années 1950 et 1951 multipliées par 0.824.

MAKAK : Rien à signaler.

LOLODORF : Période 1960-1972 éliminée (relevés faux).

CAMPO : Série 1960-1965 notée fausse, mais seuls 1964 et 1965 ont été supprimés. Erreur d'éprouvette en 1939 et 1940, (valeurs multipliées par 0.787).

KRIBI : Il y aurait eu changement d'emplacement de station vers 1956-1957. Relevés antérieurs à 1956 (inclus) multipliés par 0.930.

3.2 PRECIPITATIONS ANNUELLES

3.2.1 Répartition statistique des hauteurs de pluie annuelles

L'étude de la répartition statistique des hauteurs annuelles de précipitation, a été faite sur 35 stations dont 28 ont été observées pendant plus de 20 ans, 21 plus de 30 ans et 14 plus de 40 ans. L'ajustement d'une loi de distribution normale (Loi de Gauss) a été obtenu par le calcul de la moyenne et de l'écart-type des divers échantillons. Les résultats de cette étude sont donnés dans le tableau 8 en mm.

Le classement des hauteurs annuelles de précipitations est traduit dans les 3 premières colonnes de résultats avec indication des valeurs extrêmes observées et de la médiane observée.

Après indication de l'écart-type (ET), on trouvera de part et d'autre de la valeur moyenne de la pluviométrie annuelle, la prédétermination des hauteurs de pluie, décennale (10 ans) et vicennale (20 ans) pour les années humides et les années sèches.

Une dernière colonne traduit l'irrégularité interannuelle Cv = ET/Pmoy. Pour les stations ayant plus de 30 années d'observations, nous indiquons après la moyenne, la valeur de l'intervalle de confiance à 95 %, ce qui signifie, par exemple pour DOUALA, que la hauteur pluviométrique moyenne annuelle vraie a 95 chances sur cent d'être comprise entre = {3952, 4204}

$$P\ moy \pm IC = 4078 \pm 126$$

Soit une approximation à $\pm$ 3 %.

La hauteur de précipitation interannuelle de YAOUNDE est connue (pour IC à 95 %) à $\pm$ 3.9 %, soit comprise entre 1536 et 1660 mm. Pour KRIBI, la moyenne vraie est comprise entre 2719 et 2953 mm toujours pour IC choisi à 95 %.

La figure 17 reproduisant la distribution gaussique de l'échantillon de hauteurs annuelles de précipitations pour quelques stations montre l'opposition entre stations continentales et stations littorales.

3.2.2 Distribution spatiale des hauteurs de précipitations interannuelles.

La carte de la figure 18 propose pour les régions étudiées une esquisse des courbes isohyètes interannuelles, établies sur la période homogénéisée de 40 ans (1937-1976).

Cette homogénéisation des données consiste en une extension des séries courtes, à partir des séries longues d'un poste voisin. Elle aboutit à l'estimation d'une valeur moyenne sur la période d'homogénéisation à partir de la valeur moyenne observée sur une période courte par la différence des valeurs moyennes correspondantes de la station de référence, en fonction de la liaison existant entre les chroniques d'observation des deux stations, et du rapport des écarts-types correspondants :

$$yn = \bar{yr} + rkxy \frac{sky}{skx} (\bar{xn} - \bar{xk})$$

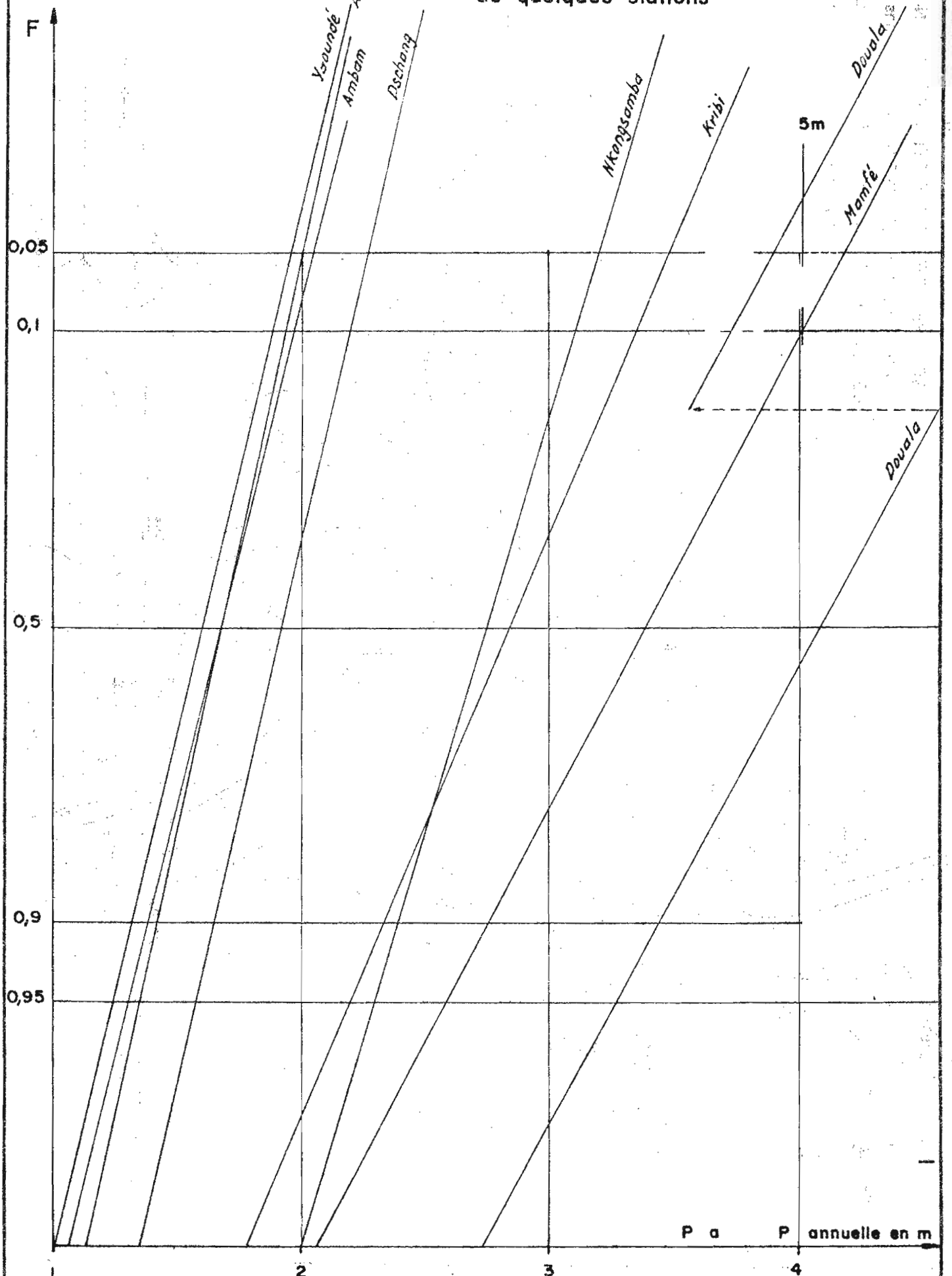
TABLEAU N° 8

REPARTITION STATISTIQUE DES PLUIES ANNUELLES.

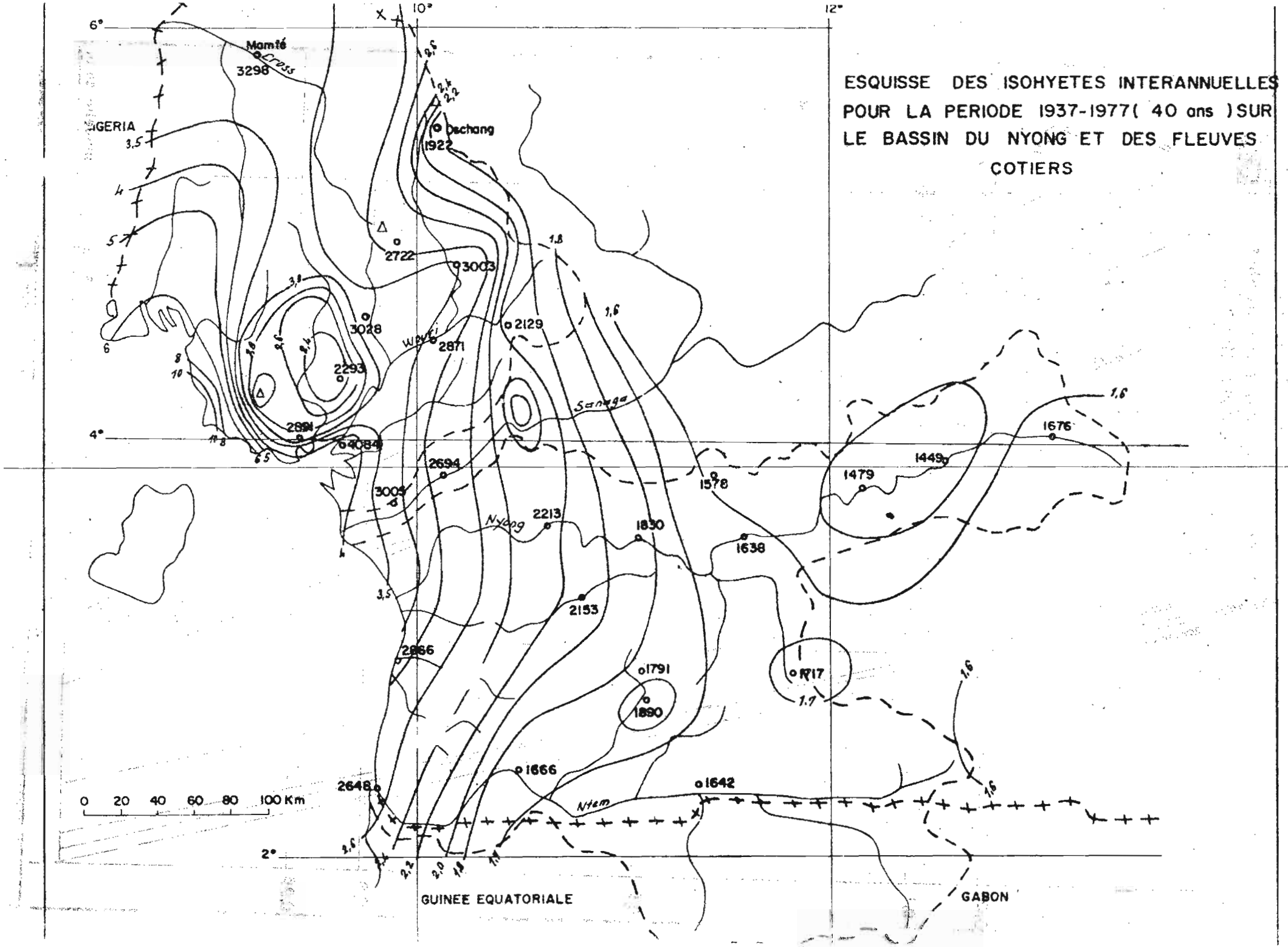
STATIONS	Nbre An-	P max	P médiane	P min	ET	Années 20ans	Humide 10 ans	Moyenne	+ IC à 95%	Année 10ans	sèches 20 ans	CV
MBANGA	30	3051	2289	1663	370	2798	2687	2290	113	1893	1781	0.133
DOUALA	63	5328	4129	[illegible]	499	4897	4717	4078	126	3439	3259	0.122
DEBUNSCHA	34	14694	10040	7340	1677	12947	12543	10196	575	8049	7445	0.165
IDENAU	20	9589	8214	6130	1083	9881	9491	8104		6717	6327	0.134
TIKO	18	4172	2728	2040	653	4023	3789	2957		2124	1890	0.120
BUEA	25	3670	2881	2010	443	3634	3474	2907		2340	2181	0.1[illegible]
BOTA	41	5325	3449	2100	901	5062	4758	3585	281	2432	2108	0.25[illegible]
EKONA	12	2920	2323	1860	285	2785	2683	2318		1953	1851	0.123
KUMBA	33	3523	2371	1912	328	2930	2812	2393	114	1974	1856	0.13[illegible]
LOUM	36	4186	3036	2152	392	3671	3530	3028	131	2527	2385	0.1[illegible]
MANFE	48	5392	3359	2330	480	4163	3990	3375	139	2760	2587	0.14[illegible]
DSCHANG	41	2288	1922	1413	212	2269	2193	1921	66	1650	1574	0.11[illegible]
NKONGSAMBA	40	3393	2723	2057	276	3195	3096	2742	87	2388	2288	0.101
NKONDJOK	17	3624	2857	2476	351	3549	3422	2973		2523	2396	0.1[illegible]
YABASSI	41	3577	2716	2020	362	3354	3224	2761	113	2298	2168	0.13[illegible]
YINGUI	15	2644	2044	1586	298	2572	2464	2083		1703	1795	0.14[illegible]
DIZANGUE	42	3896	2998	2052	434	3639	3483	2927	134	2372	2215	0.14[illegible]
EDEA	50	3386	2679	1804	367	3233	3101	2631	104	2161	2029	0.140
ESEKA	38	2897	2153	1513	322	2679	2563	2150	104	1737	1621	0.15[illegible]
LOLODORF	25	2987	2030	1753	286	2558	2462	2096		1730	1627	0.13[illegible]
MAKAK	26	2276	1804	1330	254	2258	2167	1841		1516	1425	0.148
YAOUNDE	49	2142	1592	1151	218	1955	1877	1598	62	1319	1240	0.136
MBALMAYO	34	1990	1569	1017	221	1893	1815	1529	76	1246	1166	0.1[illegible]
AKONOLINGA	35	1864	1556	1097	201	1850	1777	1519	68	1261	1189	0.15[illegible]
AYOS	11	1591	1458	1131	185	1696	1630	1393		1156	1090	0.153
ABONG MBANG	45	2136	1687	1275	200	2001	1929	1673	60	1418	1346	0.11[illegible]
DOUME	24	1992	1405	1056	223	1815	1735	1449		1163	1083	0.154
SANGMELIMA	42	2362	1708	973	285	2158	2062	1723	82	1384	1288	0.154
EBOLOWA	48	2127	1677	1167	195	2039	1969	1719	56	1469	1399	0.114
NKOEMVONG	12	2165	1891	1633	169	2155	2092	1876		1660	1600	0.090
AMBAM	40	2542	1656	941	287	2042	1961	1670	72	1379	1298	0.13[illegible]
DJOUM	29	2077	1599	1175	257	1988	1903	1600			1211	0.14[illegible]
NYABESSAN	18	2174	1693	1129	276	2161	2061	1708		1354	1255	0.162
KRIBI	45	3785	2822	1944	393	3480	3339	2836	117	2333	2192	0.139
CAMPO	31	3465	2646	2027	357	3283	3154	2696	128	2239	2110	0.133

Distribution normale des précipitations annuelles de quelques stations

Fig. 17



	date	des.
		78/8-7


ESQUISSE DES ISOHYETES INTERANNUELLES
POUR LA PERIODE 1937-1977(40 ans)SUR
LE BASSIN DU NYONG ET DES FLEUVES
COTIERS
Mamfé
Cross
3298
Oschang
1922
2722
3003
3028
2129
2871
2293
2891
4084
2694
3005
2213
1830
1578
1638
1479
1449
1676
2153
2866
1791
1890
1717
1666
1642
2648
Nyong
Sanaga
Ntem
GUINEE EQUATORIALE
GABON
0 20 40 60 80 100 Km
6°
4°
2°
10°
12°

Les valeurs indiciées k se rapportent à la période d'observations comme celles indiciées à la période d'homogénéisation (40 ans ici) ; les valeurs x concernent la station de référence et les valeurs y la station à homogénéiser. r est le coefficient de corrélation entre les relevés simultanés des deux stations. Cette équation montre que $\tilde{y}n$ tend vers $\bar{y}k$ lorsque r tend vers zéro : ceci signifie qu'en l'absence de liaison linéaire entre les 2 postes, suffisamment significative, il n'y a pas d'homogénéisation valable, et le gain de l'extension est nul. D'autre part, $\tilde{y}n$ tend vers $\tilde{y}k$, lorsque (xn - xk) tend vers zéro : ceci veut dire, pour un coefficient de corrélation significatif, que la période d'observation de k années est bien représentative de la période d'homogénéisation de n années.

Le choix de stations de référence est dicté par la période d'homogénéisation choisie, et par les liaisons interstations qui sont testées par le calcul des coefficients de corrélation.

L'étude de l'homogénéisation aboutit à des résultats de valeur très inégale suivant les régions concernées. Les liaisons interstations sont particulièrement mauvaises dans les régions Sud-Ouest notamment. L'orographie en est la cause principale, en particulier pour la région du Mt-Cameroun. Dans le tableau ci-après, nous indiquons les valeurs des hauteurs annuelles de précipitations moyennes sur la période (1937-1976).

Hauteurs de précipitations interannuelles sur la période (1937-76) en mm.

MBANGA	2293	NKONGSAMBA	2722	AYOS	1449
DOUALA	[illegible]	NKONDJOK	3003	ABONG MBAMG	1676
DEBUNCA	10196	YABASSI	2871	DOUME	1449
IDENAU	8104	YINGUI	2129	SANGMELIMA	1717
TIKO	2891	DIZANGUE	3005	EBOLOWA	1791
BUEA	2907	EDEA	2694	NKOEMVONE	1890
BOTA	3585	ESEKA	2213	AMBAM	1642
EKONA	2293	LOLODORF	2153	DJOUM	(1589)
KUMBA	[illegible]	MAKAK	1830	NYABESSAN	1666
LOUM	3028	YACUNDE	1578	KRIBI	2866
MAMFE	3293	MBALMAYO	1638	CAMPO	2648
BEGUMA	[illegible]	AKONOLINGA	1479		

La carte [illegible] une opposition marquée entre les régions de l'Ouest et celles du Sud, les premières étant nettement plus arrosées.

- Pratiquement, les régions de l'Ouest reçoivent partout plus de 2 m de précipitations annuelles (sauf haut bassin du Nkam et Makombé) et les 2/3 environ de la superficie de ces régions, reçoivent plus de [illegible] de pluie par an.

- Les régions Sud reçoivent moins de 1.7 m de pluies annuelles sur la moitié continentale des superficies concernées. La hauteur de précipitations annuelles décroit rapidement du littoral vers l'intérieur du pays.

Cette décroissance des hauteurs de précipitations, lorsqu'on s'éloigne de la côte est relativement régulière au Sud de la Sanaga. Par contre, dans l'Ouest, les reliefs importants modifient du tout au tout le dessin des courbes isohyètes. Le Mt-Cameroun en particulier est responsable de très fortes pluviométries (plus de 10 m par an) rencontrées au pied du versant maritime, et des régions déficitaires placées sous le vent du massif volcanique (Kumba, Mbanga, Ekona). On notera également sur le haut bassin du Nyong une région à précipitations déficitaires axée sur Akonolinga, Ayos.

3.3 - PRECIPITATIONS MENSUELLES

3.3.1 - Etude statistique

L'étude statistique de l'échantillon de valeurs mensuelles a été résumée dans les tableaux 9 à 13, mois par mois, avec rappel des valeurs annuelles. Pour chaque station, nous indiquons la valeur moyenne, le quartile supérieur, le quartile inférieur et l'écart-type. Une étude plus poussée avec ajustement de diverses lois de distribution ne se justifiait pas ici. Il va de soi que la distribution normale ne s'applique pas, aux échantillons mensuels des mois de saison sèche et de transition (lois tronquées). Pour les mois de saison des pluies, la distribution est rarement normale comme en témoigne la détermination des coefficients de dissymétrie de FISHER.

L'étude des coefficients de variation (Cv = ET/Pmoy) montre de plus fortes valeurs pour les mois de saison sèche. La signification de cette observation doit toutefois être sérieusement nuancée ; l'irrégularité interannuelle des précipitations reçues pendant les mois de saison sèche est bien marquée en valeur relative du fait des faibles valeurs moyennes mensuelles, mais reste modeste en valeur absolue, par rapport aux variations interannuelles des mois de saison des pluies. (Ce qui apparaît de visu sur les graphes donnés plus loin dans les figures 19 à 22).

Les variations mensuelles de Cv ont été reportées pour sept stations représentatives(figure19).Ces graphes traduisent ce qui a été dit sur la forte irrégularité interannuelle des mois de saison sèche. On notera cependant que cette irrégularité diminue pour les stations à climat franchement équatorial, et que pour les stations du Sud l'irrégularité interannuelle de la "petite saison sèche" juillet-août est plus forte que celle de la grande saison sèche, ce qui n'est pas encore le cas pour les stations de Yaoundé et Abong-Mbang, soumises au climat équatorial de transition.

TABLEAU N° 9

REPARTITION STATISTIQUE DES PLUIES MENSUELLES.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
(EKONA													
(Moy.	20.1	26.1	114.4	180.5	172.9	262.6	425.2	458.9	335.9	213.0	94.2	14[illegible]	2318.[illegible]
(Q1	35.1	44.6	162.6	233.4	193.7	313.9	518.1	547.1	389.1	264.3	151.9	19.7	2389.3
(Q3	4.6	2.2	80.8	143.7	143.0	195.6	339.4	390.1	313.9	167.7	49.1	0.0	2188.4
(ET	17.6	27.3	55.9	73.6	52.0	85.9	100.3	111.8	106.8	57.8	55.6	20.7	284.8
(KUMBA													
(Moy.	26.4	74.3	165.2	226.2	254.5	229.6	304.9	353.8	300.5	301.0	128.6	24.0	2393.0
(Q1	43.7	117.9	192.0	276.2	306.4	278.9	370.9	403.6	355.4	361.4	159.4	33.8	2587.0
(Q3	2.4	27.5	133.4	181.7	192.9	174.0	224.5	212.3	242.9	247.2	81.0	4.1	2126.8
(ET	34.4	54.7	59.2	71.4	75.2	78.2	107.9	207.7	72.2	91.7	59.0	28.2	327.5
(LOUM													
(Moy.	34.2	79.7	171.7	210.3	269.2	359.5	445.9	472.4	482.9	362.1	128.6	26.8	3028.4
(Q1	59.3	108.6	197.2	274.0	320.3	482.9	551.6	574.9	577.9	420.1	183.7	49.8	3286.6
(Q3	7.2	42.7	112.1	149.0	211.7	254.9	309.6	360.0	367.7	287.6	81.6	0.2	2752.2
(ET	33.2	49.6	128.4	83.7	91.2	132.6	155.2	161.1	147.0	107.8	67.0	25.3	392.0
(MAMFE													
(Moy.	31.5	66.5	179.8	220.5	316.0	421.6	497.4	462.3	550.5	442.6	146.5	40.1	3375.3
(Q1	49.6	97.4	243.2	265.8	363.1	499.6	575.2	536.7	609.8	525.8	192.6	66.4	3577.7
(Q3	5.4	22.5	124.2	171.0	233.4	339.8	404.5	381.8	453.5	325.2	70.1	2.8	3155.1
(ET	33.9	54.3	86.3	68.7	113.9	106.2	179.6	135.4	147.2	156.5	102.5	48.6	480.5
(DSCHANG													
(Moy.	17.8	45.6	132.8	196.9	190.0	230.9	230.3	251.9	335.4	238.4	46.0	12.6	1921.3
(Q1	29.8	74.6	167.8	218.7	212.8	265.7	269.2	294.7	399.6	283.8	57.5	17.1	2068.6
(Q3	0.6	19.6	94.4	148.9	149.2	181.0	188.4	199.8	275.5	199.0	17.5	0.0	1810.6
(ET	24.2	37.0	55.4	67.2	62.2	63.1	65.5	63.7	84.8	66.1	38.3	16.2	212.1
(NKONGS.													
(Moy.	13.9	48.5	142.2	189.5	225.3	250.0	420.8	511.5	479.1	342.5	105.5	18.5	2741.9
(Q1	25.4	64.8	176.2	227.2	282.5	291.2	473.9	565.8	547.9	405.6	123.6	26.8	2906.3
(Q3	0.9	12.6	97.1	140.1	165.8	207.1	338.0	416.6	376.4	272.6	71.3	0.8	2563.9
(ET	16.0	47.7	72.6	66.9	83.9	78.9	99.5	194.1	117.1	90.0	55.4	25.8	276.5
(NKONDJOK													
(Moy.	43.5	47.9	156.3	234.4	254.7	279.7	417.8	494.5	523.7	379.4	128.0	19.3	2972.6
(Q1	41.5	66.2	233.9	281.3	348.4	315.6	478.2	577.4	644.0	449.0	178.7	12.4	3278.8
(Q3	0.0	12.1	77.0	170.4	196.1	229.9	385.6	417.5	425.3	312.8	73.5	0.0	2717.1
(ET	81.4	54.4	106.7	75.3	93.7	79.4	72.4	137.3	128.8	123.0	83.9	33.1	351.4
(													
(													

TABLEAU N° 10

REPARTITION STATISTIQUE DES PLUIES MENSUELLES.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
MBANGA													
Moy.	28.2	69.6	144.1	199.7	208.4	220.8	303.4	328.0	354.3	311.8	101.9	21.0	2289.7
Q1	39.3	91.5	187.5	222.8	228.8	291.4	341.2	393.3	434.2	396.2	115.0	31.5	2517.5
Q3	0.0	33.0	98.8	145.0	157.7	177.0	228.0	268.0	274.0	253.5	65.5	2.0	2061.7
ET	35.1	43.5	65.7	70.5	81.5	64	91.0	98.8	103.3	132.7	56.0	25.6	310.0
DOUALA													
Moy.	54.8	83.9	201.8	233.2	318.0	515.3	718.3	729.7	593.5	420.0	151.5	59.0	4078.1
Q1	83.5	121.3	239.6	282.6	374.7	604.9	868.9	839.7	721.7	491.9	186.7	99.9	4496.9
Q3	18.9	43.2	146.0	187.6	234.2	374.3	558.6	564.7	460.3	342.8	107.7	24.7	3658.2
ET	51.2	49.0	87. 3	66.6	112.5	194.3	216.7	236.3	172.3	112.5	61.7	44.0	499.2
DEBUND.													
Moy.	253.2	332.9	533.8	556.2	746.8	1298.2	14880	1407.0	16244	11590	642.1	370.8	10195.9
Q1	304.5	405.2	657.1	602.0	933.9	15906	17518	15805	19019	14397	858.6	530.2	10817.6
Q3	129.6	153.1	297.2	384.3	520.6	940.5	11702	11740	13579	854.6	455.3	164.5	8914.8
ET	172.7	228.7	350.0	319.1	281.2	477.7	411.2	405.2	356.8	446.4	245.9	285.3	1677.5
IDENAU													
Moy.	91.0	127.5	258.9	295.3	487.5	10968	14382	14594	1491.1	928.9	317.6	111.5	8104.0
Q1	104.1	171.6	312.0	378.9	594.9	13381	15998	16580	1667.6	10717	432.3	162.3	9062.6
Q3	61.3	89.4	176.2	202.1	384.8	874.7	13169	12902	12042	7295	211.3	41.4	7250.4
ET	63.6	61.8	98.8	110.8	152.6	323.7	285.4	265.3	370.8	272.7	167.3	77.3	1083.
TIKO													
Moy.	13.8	60.0	138.7	166.0	196.0	416.6	716.5	583.1	314.3	250.4	103.1	13.7	2956.6
Q1	19.4	98.9	169.7	211.1	218.3	576.6	809.2	658.9	427.8	300.7	103.5	21.6	3255.3
Q3	0.6	18.7	92.2	113.6	177.3	271.0	539.8	479.3	200.3	166.7	60.1	0.9	2507.7
ET	13.5	44.8	55. 7	64.1	45.6	215.3	290.9	219.2	110.4	106.4	107.8	16.9	650.3
BUEA													
Moy.	31.5	65.1	147.5	186.7	246.2	257.3	465.2	546.7	510.5	336.4	86.5	27.7	2907.3
Q1	41.9	77.8	203.5	229.4	326.8	308.0	562.8	640.9	615.2	448.8	124.9	48.0	3292.6
Q3	4.6	32.0	91.4	143.9	146.7	191.0	364.4	404.1	466.0	237.0	45.5	3.8	2605.8
ET	31.9	40.1	85.3	65.9	114.3	86.6	132.7	166.9	145.4	135.8	44.8	32.0	443.0
BOTA													
Moy.	37.9	59.0	126.1	166.8	266.6	599.0	878.6	712.6	369.2	218.2	94.6	34.4	3585.3
Q1	58.6	80.4	163.4	222.3	334.8	804.3	11944	936.6	453.1	269.8	117.5	46.8	4212.7
Q3	2.8	23.3	86.3	108.5	166.7	368.5	504.6	527.8	268.8	142.8	65.1	6.9	2833.2
ET	50.6	99.2	56.2	140.3	296.1	418.0	250.2	147.6	106.7	39.3	36.5	79.3	900.6

TABLEAU 11

REPARTITION STATISTIQUE DES PLUIES MENSUELLES

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
YABASSI													
Moy	41.7	55.3	151.4	202.7	245.9	308.3	387.1	423.8	425.7	346.8	116.1	28.6	2761.2
Q1	53.7	86.3	179.8	235.9	309.7	366.1	475.1	486.9	519.1	403.6	159.5	41.9	3017.3
Q3	8.2	20.3	95.6	168.6	182.5	222.7	266.8	358.5	343.5	276.0	73.9	4.4	2552.5
ET	42.6	42.5	76.6	57.0	73.4	130.7	149.6	119.8	124.0	121.2	71.1	35.1	361.6
YINGUI													
Moy	16.8	24.7	133.6	200.1	238.5	208.9	191.2	268.0	323.6	319.1	124.0	29.0	2083.5
Q1	20.1	34.6	197.5	246.2	304.6	257.3	256.3	376.7	373.7	349.2	219.8	47.7	2286.6
Q3	1.8	12.0	92.2	139.8	147.3	158.4	126.4	166.6	287.4	286.7	48.7	10.9	1808.0
ET	21.3	18.1	80.8	75.5	88.1	90.0	67.6	110.0	73.3	47.6	85.6	24.0	297.6
DIZANGUE													
Moy	42.5	62.6	172.2	237.9	313.3	275.0	309.1	419.7	512.7	384.6	157.8	39.0	2927.2
Q1	65.3	92.1	207.5	273.8	376.8	319.5	370.6	557.3	604.3	462.6	190.1	51.0	3155.6
Q3	12.9	22.0	118.0	197.2	229.4	205.5	210.5	290.1	440.3	290.3	96.4	15.3	2585.7
ET	32.4	42.5	70.3	66.8	103.2	119.4	138.1	168.2	129.0	106.0	87.5	33.4	434.0
EDEA Moy	41.2	58.5	149.5	235.9	275.3	247.7	240.5	340.4	471.3	374.2	153.2	41.3	2631.0
Q1	58.0	87.0	190.6	279.8	316.5	323.2	317.9	431.8	554.2	438.5	187.1	51.9	2922.0
Q3	10.3	28.8	112.3	185.1	233.3	156.9	146.2	237.7	376.1	312.0	103.9	13.4	2319.0
ET	46.6	40.2	80.9	71.1	87.0	105.6	117.6	134.9	122.7	99.0	62.1	39.7	367.2
ESEKA													
Moy	29.4	42.7	165.0	236.5	272.9	183.4	113.3	172.0	362.7	375.4	153.6	41.4	2150.0
Q1	49.8	62.1	205.4	273.0	311.2	240.4	152.0	214.7	454.7	422.6	207.0	50.6	2374.0
Q3	5.9	12.0	110.5	190.5	211.5	130.1	64.9	119.0	255.8	330.8	106.7	19.1	1893.1
ET	23.7	31.0	73.9	61.9	63.2	68.0	63.6	78.0	143.8	74.1	66.1	34.1	322.3
LOLODORF													
Moy	43.7	75.6	180.6	262.5	283.8	184.9	57.8	75.8	268.7	375.2	208.8	59.5	2095.9
Q1	64.0	97.7	221.4	304.0	320.0	232.5	81.6	94.8	335.8	412.0	272.6	77.8	
Q3	5.1	42.0	126.3	203.0	231.2	140.8	29.3	44.7	190.1	334.7	157.1	33.9	1879.5
ET	45.5	39.6	69.6	61.0	70.3	72.5	38.8	44.0	97.1	72.7	76.8	37.8	2861.2
MAKAK Moy	29.2	59.6	184.2	221.7	238.6	135.5	56.0	101.2	253.9	371.6	150.2	35.6	1814.4
Q1	49.0	90.3	297.8	282.0	288.6	167.2	65.0	133.8	296.0	412.2	175.0	53.9	2038.9
Q3	10.5	38.3	129.8	167.0	187.5	81.0	31.8	66.4	190.8	310.0	104.0	14.4	1707.4
ET	21.4	33.8	80.7	69.5	66.1	61.8	31.3	47.4	68.8	98.1	67.5	26.3	254.1

TABLEAU N° 12

REPARTITION STATISTIQUE DES PLUIES MENSUELLES

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
YAOUNDE													
Moy.	26.3	53.3	148.4	190.4	210.4	159.3	59.0	75.2	224.6	304.4	121.8	26.9	1597.6
Q1	38.6	70.9	194.1	223.9	241.6	211.6	82.0	107.7	264.5	348.1	164.7	39.4	1749.6
Q3	7.9	25.7	107.2	141.5	165.6	103.5	25.9	44.7	171.3	245.3	77.3	8.4	1435.7
ET	26.3	41.0	51.6	65.9	57.0	67.2	41.4	45.7	71.7	75.1	50.8	24.0	218.0
MBALMAYO													
Moy.	24.6	52.6	158.8	189.9	199.5	137.3	59.2	65.0	201.5	293.8	140.7	33.7	1529.4
Q1	35.8	72.4	190.5	253.1	234.4	171.1	87.0	90.9	264.7	345.8	203.2	45.4	1670.1
Q3	1.7	25.5	110.9	126.9	160.5	93.3	19.3	32.3	141.1	231.3	88.1	7.9	1349.0
ET	27.2	36.5	68.1	72.9	50.4	58.3	49.2	49.6	78.1	77.4	68.6	28.2	221.4
AKONOLINGA													
Moy.	23.5	34.0	127.2	158.1	196.6	142.7	69.2	96.5	241.7	277.5	113.5	29.7	1519.3
Q1	32.6	55.8	158.1	208.7	255.1	188.5	97.3	141.3	293.0	329.1	149.8	42.7	1640.9
Q3	1.6	11.0	79.0	115.9	160.2	104.0	34.5	49.3	189.3	225.6	67.5	10.0	1342.4
ET	29.2	26.6	51.3	54.7	65.2	54.6	41.1	56.1	80.8	61.8	54.3	20.5	201.5
AYOS													
Moy.	24.3	49.0	98.4	157.0	182.1	129.9	51.9	78.1	224.9	258.8	102.1	31.0	1393.0
Q1	41.0	79.2	162.3	218.8	216.0	156.4	60.5	124.5	287.9	307.9	132.4	45.4	1568.5
Q3	1.8	21.0	64.5	107.3	144.7	91.5	28.5	40.5	175.3	182.7	66.2	12.0	1185.9
ET	24.8	43.8	64.4	81.4	66.0	46.3	39.7	62.1	97.5	42.1	29.4	60.9	184.8
ABONG M.													
Moy.	26.4	58.9	135.0	166.8	212.5	178.0	86.9	104.1	257.1	304.7	110.6	36.2	1673.5
Q1	43.9	85.9	173.7	201.2	239.8	224.4	1125	145.8	315.8	356.0	140.4	53.7	1825.5
Q3	0.8	20.6	87.5	132.2	1744	132.8	53.7	62.4	175.8	245.2	75.4	7.3	1516.8
ET	26.0	46.9	64.0	47.8	59.5	65.1	53.8	98.1	87.9	51.1	51.1	34.1	199.7
DOUALA													
Moy.	27.6	51.7	116.4	139.7	187.1	166.1	89.6	91.6	190.2	251.7	87.2	25.9	1449.1
Q1	54.3	80.9	139.9	168.7	219.7	190.6	12666	1320	225.9	319.5	118.0	32.0	1606.7
Q3	5.7	15.8	78.5	89.0	130.5	131.8	48.8	43.0	129.7	196.2	42.5	0.0	1305.2
ET	28.5	47.8	56.8	77.6	81.5	72.0	58.9	56.8	74.4	79.5	53.3	33.4	223.2
SANGMELIMA													
Moy.	42.3	63.0	554.1	197.0	210.1	165.9	83.3	92.0	241.6	282.8	147.6	44.4	1723.0
Q1	67.2	83.9	190.7	228.3	257.3	200.8	125.3	118.8	298.9	316.5	200.0	74.9	1922.6
Q3	13.8	35.0	103.0	159.3	156.7	120.5	35.1	42.5	199.8	237.7	97.5	21.2	1568.0
ET	32.2	40.0	82.0	62.9	76.4	68.4	64.0	63.1	74.2	67.7	62.8	32.6	265.0

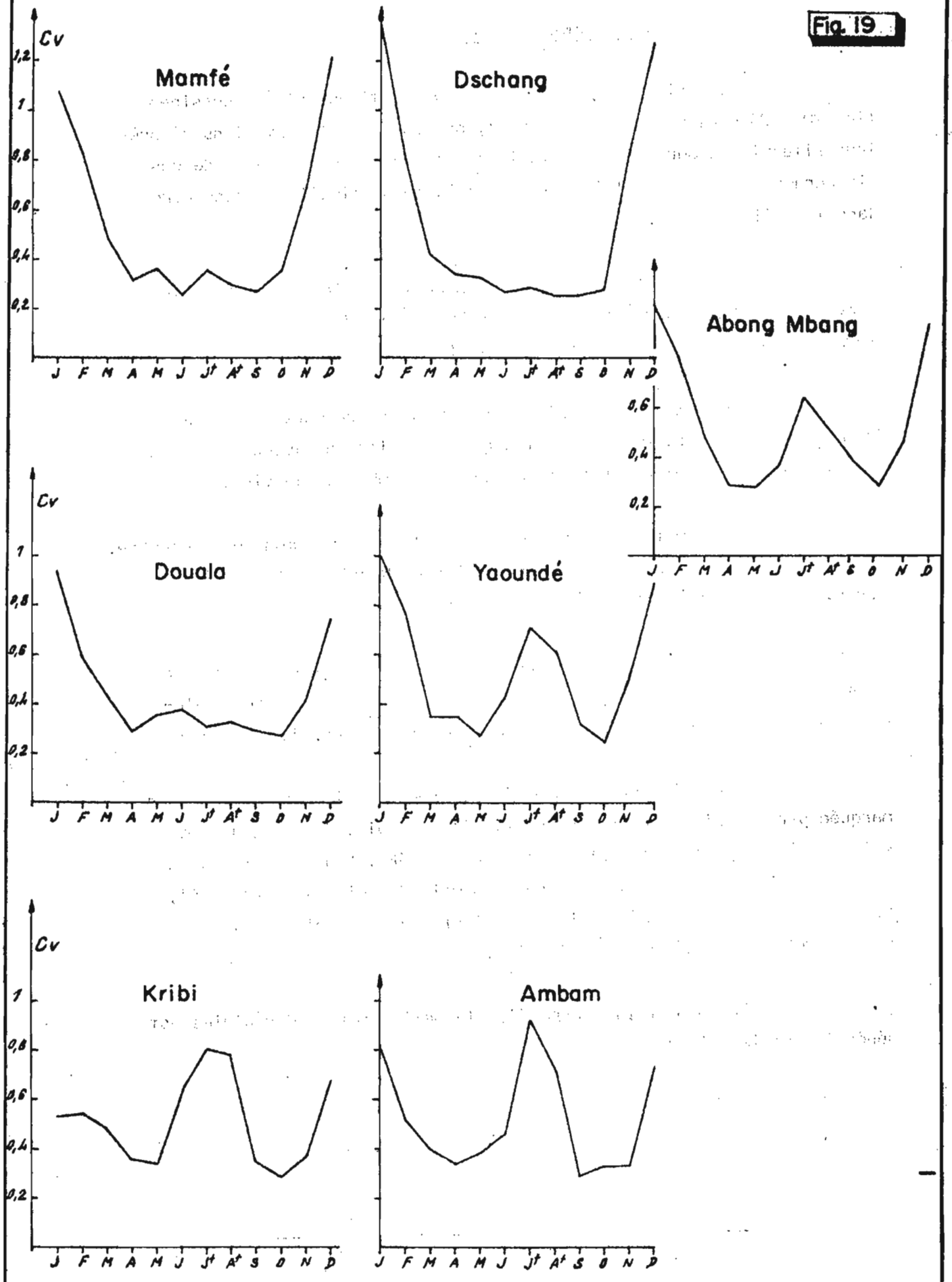
TABLEAU N° 13

REPARTITION STATISTIQUE DES PLUIES MENSUELLES

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
EBOLOWA													
Moy.	44.5	74.0	174.7	212.1	220.0	151.2	47.5	67.0	199.1	308.4	183.6	59.1	[illegible]
Q1	59.6	95.4	220.4	249.0	269.5	182.3	73.4	86.2	244.5	356.9	218.8	74.6	1819.1
Q3	22.2	42.2	126.0	175.2	169.3	119.2	12.2	30.6	155.9	222.1	153.6	34.8	1618.2
ET	45.5	47.4	70.4	58.9	73.1	56.0	39.1	48.3	62.2	157.6	59.0	31.9	195.1
NKOEMVONG													
Moy.	53.4	91.1	193.3	231.1	229.5	128.1	66.7	61.0	223.6	340.2	199.7	58.4	1876.3
Q1	92.7	130.1	241.1	302.2	304.2	160.8	78.4	71.5	261.3	376.3	215.8	105.3	1998.0
Q3	18.4	63.7	156.2	178.1	143.3	73.4	34.7	13.4	174.4	274.8	170.9	25.4	1738.3
ET	43.0	40.2	63.0	72.4	88.2	60.9	61.7	58.5	56.0	71.6	44.9	46.6	168.7
AMBAM													
Moy.	38.8	75.4	171.2	197.1	197.1	200.5	135.8	40.6	50.2	198.3	301.8	183.3	1670.0
Q1	52.9	97.5	219.6	224.0	245.6	164.8	66.8	75.9	230.1	348.6	214.1	97.9	1819.2
Q3	15.8	47.0	132.7	154.7	131.1	92.9	12.5	23.8	155.2	236.4	143.8	35.1	1539.8
ET	32.1	39.6	68.2	66. 2	77.0	62.4	37.0	35.9	58.4	98.8	60.5	53.5	227.1
DJOUM													
MOy.	36.6	60.2	129.6	177.1	197.1	158.0	71.0	79.6	218.7	263.6	139.9	51.4	1599.6
Q1	53.0	77.9	161.2	225.2	233.8	184.6	95.8	107.9	297.0	312.4	185.4	73.3	1791.8
Q3	12.9	36.9	93.5	135.2	164.6	116.7	23.0	34.0	119.7	190.1	82.0	31.8	1407.7
ET	30.3	41.8	54.4	57.3	51.5	74.1	57.3	60.4	109.6	86.2	66.1	27.5	236.8
NYABESSAN													
Moy.	49.9	72.7	183.3	214.2	221.5	85.4	13.0	38.3	162.6	339.9	201.1	52.0	1707.8
Q1	73.6	105.7	216.9	269.8	267.0	126.6	17.4	46.1	193.0	402.2	252.5	69.6	1928.2
Q3	25.0	38.0	146.8	158.2	172.5	30.4	0.0	12.3	115.0	283.7	170.8	28.0	1586.3
ET	29.6	49.7	51.0	83.8	96.2	67.8	17,1	44.9	162.6	74.0	62.1	40.5	276.3
KRIBI													
MOy.	92.1	118.0	200.7	260.5	343.2	274.1	111.9	230.5	501.6	491.8	200.8	94.2	2835.8
Q1	124.8	147.9	258.5	286.4	397.7	359.4	156.8	297.6	578.9	564.6	244.4	136.0	3100.4
Q3	56.8	66.9	146.0	189.7	273.6	126.7	42.5	107.4	390.1	391.7	141.4	47.2	2538.2
ET	48.4	63.8	96.7	93.2	116.6	176.0	89.0	178.7	174.5	144.4	73.2	63.4	3921.8
CAMPO													
Moy.	113.1	131.6	200.8	268.8	327.3	182.4	65.7	139.9	425.5	500.1	242.8	86.4	2696.3
Q1	180.1	163.7	259.8	323.2	487.6	246.5	94.2	211.9	564.6	661.2	297.8	107.7	2944.1
Q3	53.0	68.9	148.9	202.9	233.6	82.0	18.9	57.1	279.1	371.3	189.7	48.4	2490.1
ET	78.3	77.9	80.9	90.8	127.7	138.7	91.1	119.0	190.2	164.5	82.4	54.0	357.4

VARIATIONS DU COEFFICIENT D'IRREGULARITE DES PRECIPITATIONS MENSUELLES (Cv = ET / MOY)

Fig. 19



	date	des.	78/8-8

3.3.2 - Histogrammes moyens

Les histogrammes moyens de 31 stations ont été dessinés fig. 20 à 23 dans un ordre [illegible]nt, grosso-modo, les stations d'après leur situation géographique en latitude et longitude. L'examen de ces histogrammes explique à lui seul les variations climatiques rencontrées dans le milieu étudié.

- L'abondance des précipitations sur le littoral du Mt-Cameroun est rappelée pour mémoire. Il tombe plus d'eau en septembre à Debun[illegible]na que dans toute l'année à Yaoundé.

- La saison des pluies est continue de mars à novembre à l'Ouest de la Sanaga, et peut s'étendre ponctuellement jusqu'à 10 à 11 mois réduisant la saison sèche théorique à décembre et janvier.

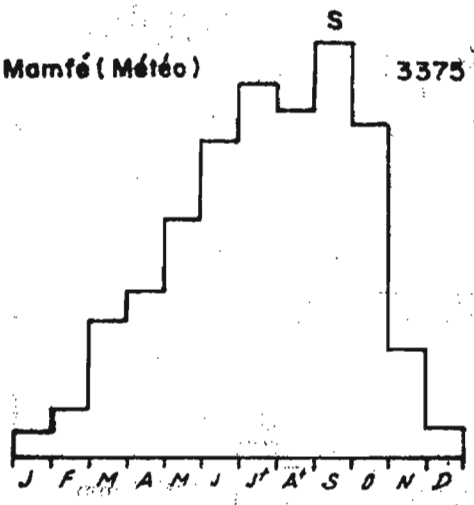
- Le mois le plus arrosé se situe généralement en septembre, à l'Ouest de la Sanaga, sauf dans la région du Wouri où il peut être observé en août et parfois en juillet.

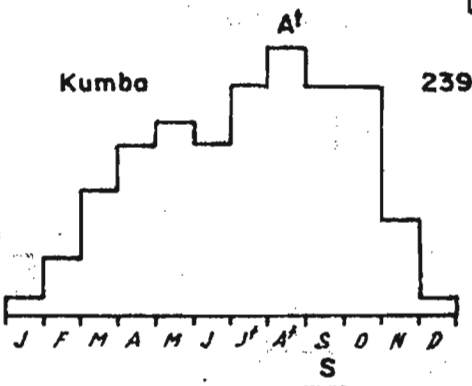
- Au Sud de la Sanaga, le mois le plus arrosé se déplace de septembre à octobre en allant vers l'Est et le Sud. On voit également se matérialiser la petite saison sèche de plus en plus nettement.

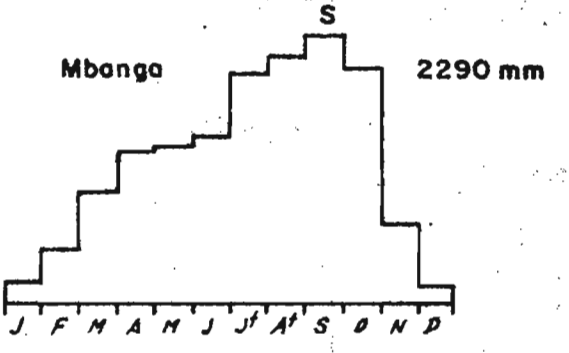
- A peine sensible à Yingui, Edéa et Dizangué où elle est marquée par une simple baisse de pluviosité en juin, juillet, la petite saison sèche apparaît déjà plus nettement à Eséka. Plus à l'Est et au Sud, la petite saison sèche concerne les mois de juin, juillet, août, avec minimum en juillet. La faible pluviosité de juillet est alors comparable à celle de décembre et janvier.

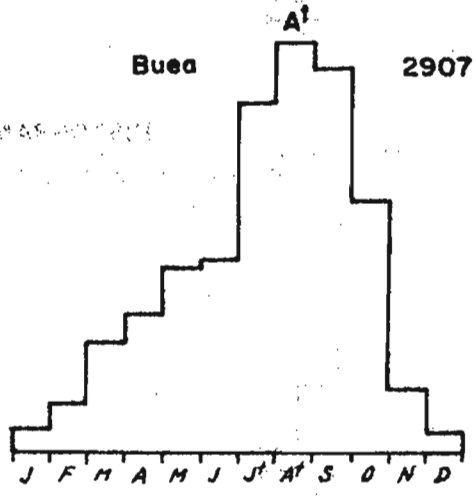
Le mois le plus arrosé de la petite saison des pluies est généralement le mois de mai.

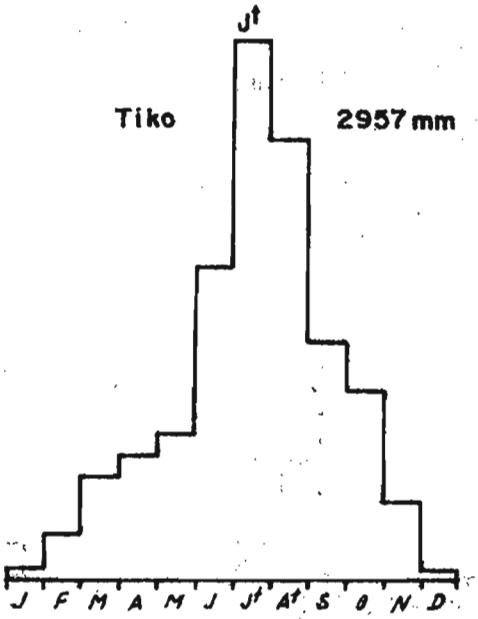
Fig.20







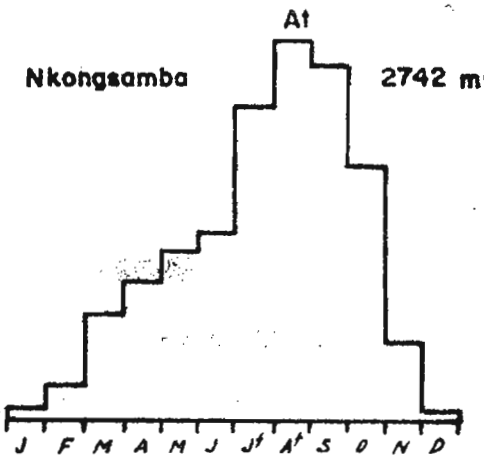


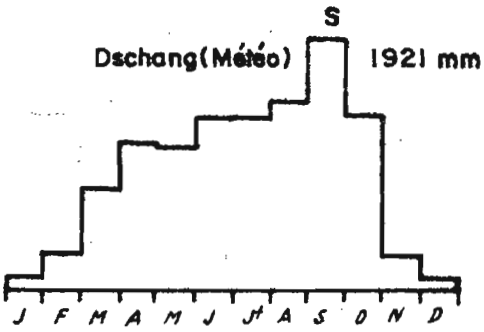


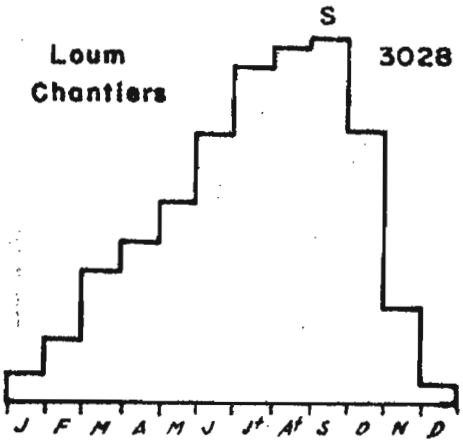
HISTOGRAMMES MOYENS DES PRECIPITATIONS MENSUELLES

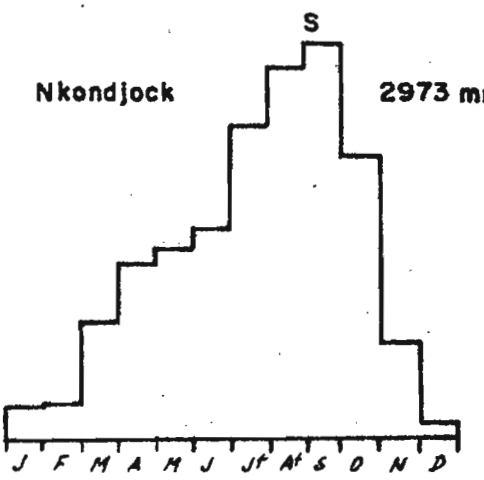
	date	des.	78/8-9

Fig.21

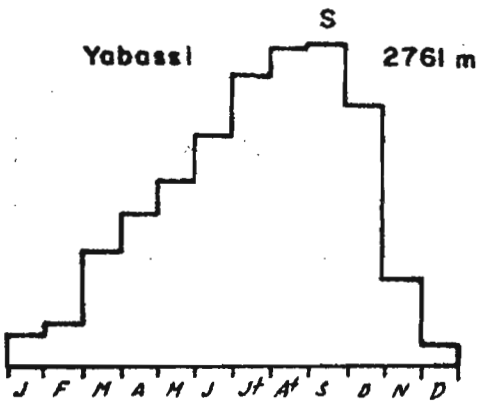


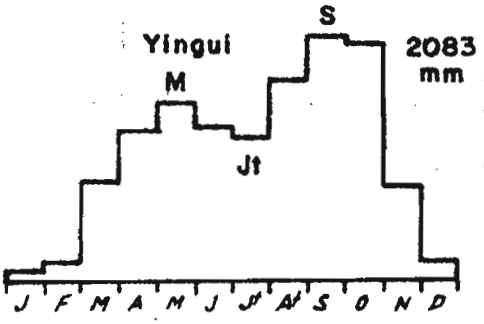


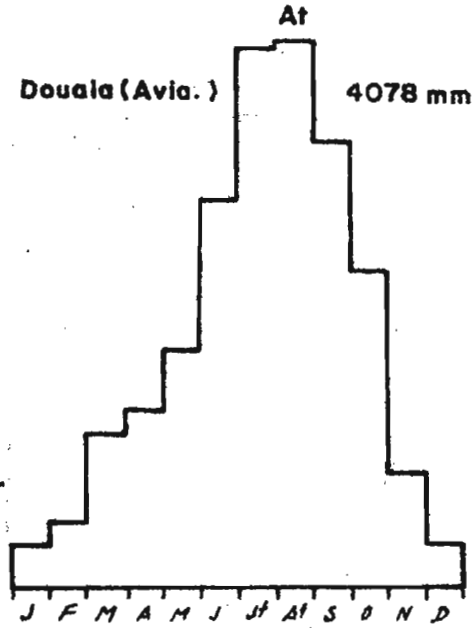


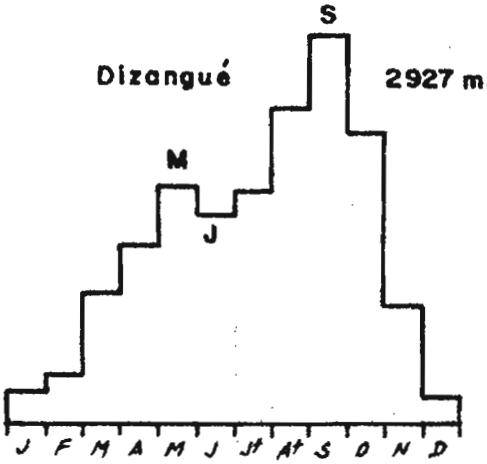


HISTOGRAMMES MOYENS DES PRECIPITATIONS MENSUELLES





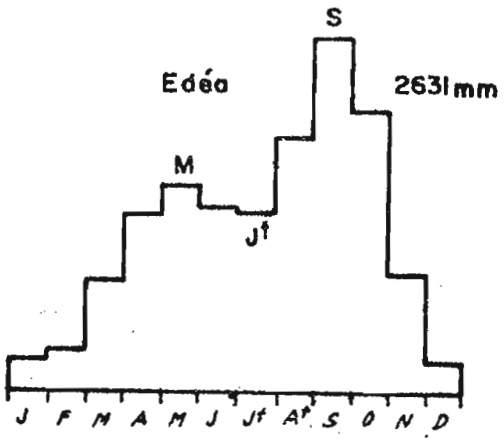


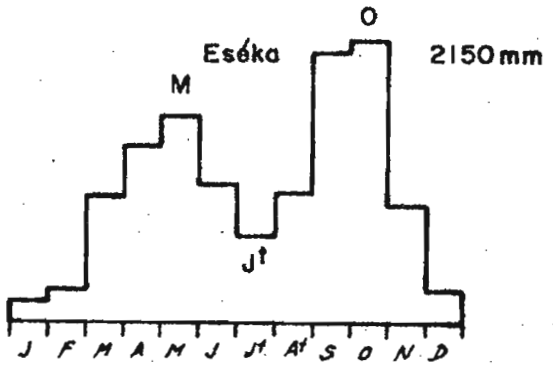


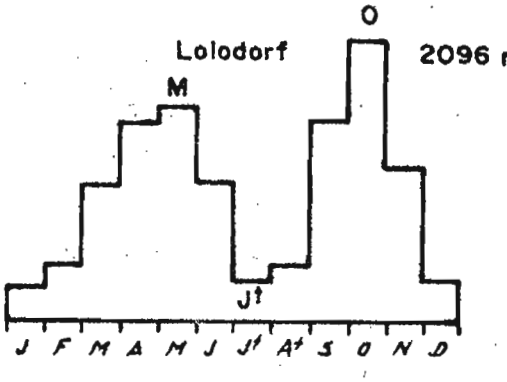
	date	des.	
			78/8-9

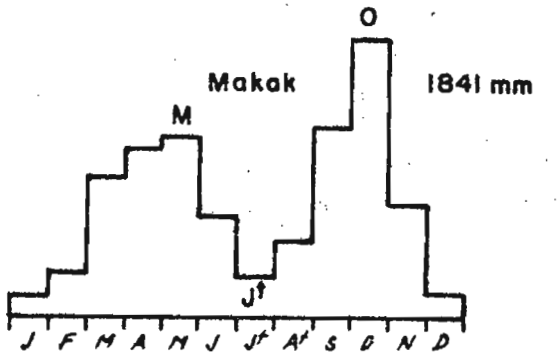
HISTOGRAMMES MOYENS DES
PRECIPITATIONS MENSUELLES

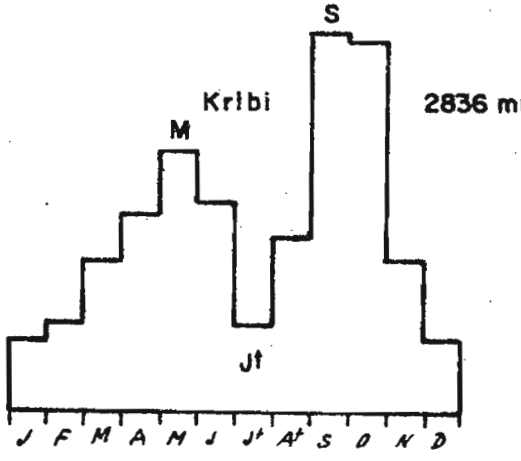
Fig. 22

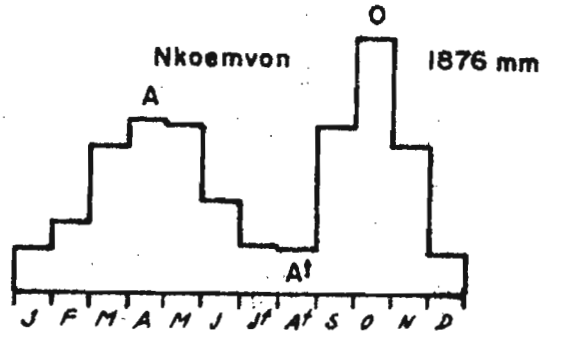


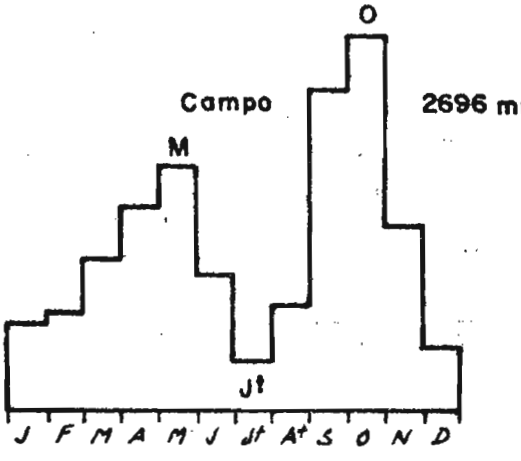


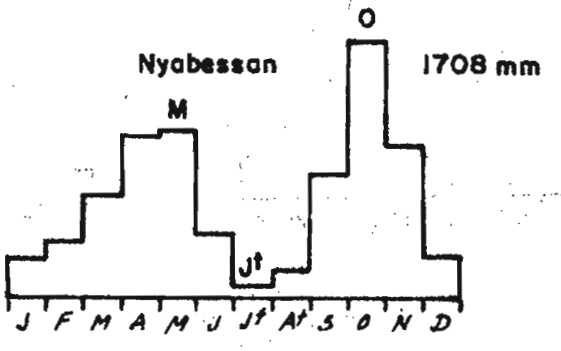








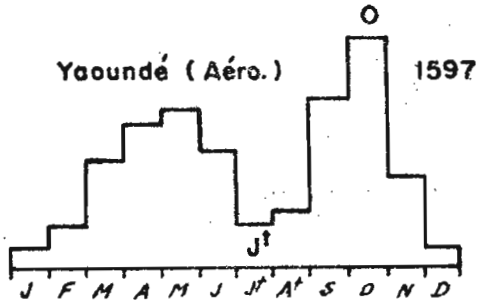


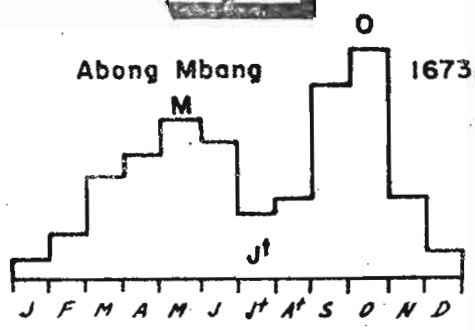


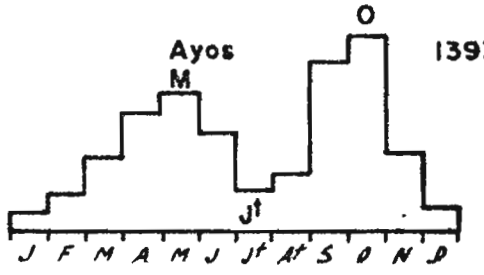
	date	des.	
			78/8-12

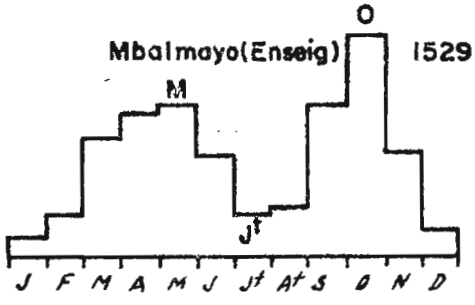
HISTOGRAMMES MOYENS DES PRECIPITATIONS MENSUELLES

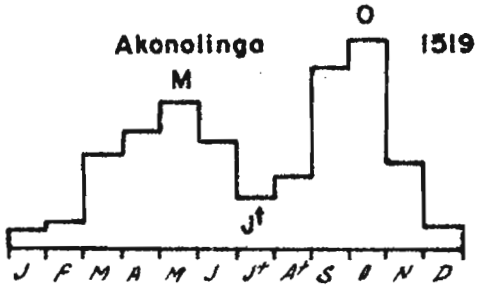
Fig.23

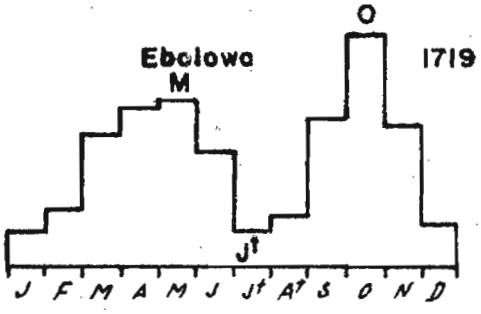


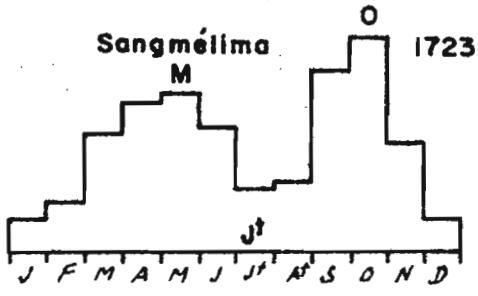


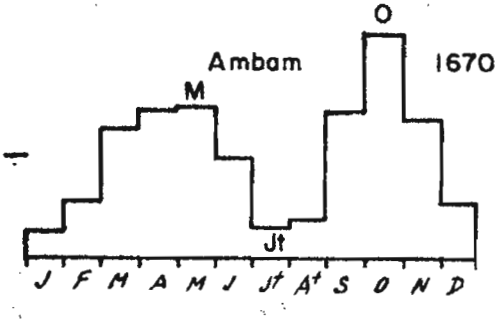


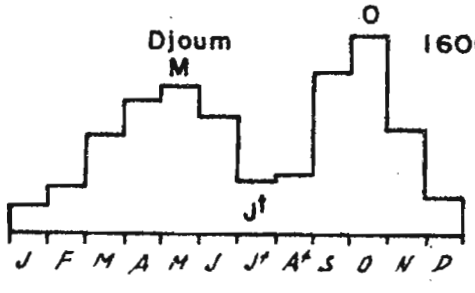












	date	des.
		78/8-10

3.4 - PRECIPITATIONS JOURNALIERES

L'étude des précipitations journalières à partir des relevés journaliers de 30 stations donne des résultats cohérents dans l'ensemble, en dépit d'échantillons de tailles très variables.

Pour de nombreux postes, en effet, les données de base sont souvent douteuses à l'échelle de la mesure journalière, soit qu'il y ait eu cumul de plusieurs pluies de jours consécutifs, soit que l'on note des lacunes dans les observations. Dans ces conditions, l'année considérée ne peut plus être prise en compte, et l'échantillon devient vite insuffisant pour une détermination correcte des averses journalières de probabilité rare.

Ainsi dans la région du Mt-Cameroun, les relevés journaliers sont de bonne qualité, mais ne couvrent qu'une période d'observations de moins de 10 ans. Les résultats obtenus à partir de relevés de DJOUM, AYOS, LOLODORF, NYABESSAN, YINGUI et LOUM sont douteux, les relevés étant de mauvaise qualité et couvrant trop peu d'années d'observations.

A un moindre degré, nous émettrons également des réserves sur les résultats obtenus pour les postes de CAMPO, DIZANGUE et YABASSI.

La distribution statistique des pluviométries journalières a été étudiée en utilisant une loi de Pearson III tronquée et une loi de Goodrich.

Nous indiquons dans le tableau 14 les hauteurs de précipitations journalières égalées ou dépassées 10, 5, 2, 1 fois par an et 1 fois tous les 2, 5, 10, 20, 50, 100 ans obtenues à partir de la loi de Pearson III ainsi que la pluviométrie maximale observée en 24 h sur la période étudiée, et le nombre d'années utilisées pour chaque poste.

Bien entendu les valeurs cinquantennales et centennales ne sont mentionnées qu'à titre indicatif.

TABLEAU N° 14

HAUTEURS DE PRECIPITATIONS JOURNALIERES

DE RECURRENCE DONNEE (PEARSON III)

STATIONS	10 ans	5 ans	2 ans	1 fois 2 ans	5ans	10ans	20ans	50ans	100 ans	Maximum observé	Nbre d'année
EKONA	46.1	59.4	77.2	90.7	104	122	136	149	168	181	128	(6)
DEBUNDSCH	153	192	244	284	324	378	418	459	513	554	367.5	(3)
TIKO	64.7	86.1	115	138	161	192	216	240	272	296	199.2	(9)
KUMBA	45.4	58.6	76.3	90.0	104	122	136	150	169	183	148.3	(6)
MBANGA	47.9	62.3	81.5	96.1	111	130	145	160	179	194	114.5	(8)
LOUM	67.0	86.1	112	131	150	176	196	215	241	261	300.0	(10)
NKONGSAMBA	44.6	55.9	70.9	82.2	93.7	109	120	132	147	159	175.0	(34)
MAMFE	55.6	70.4	90.2	105	120	141	156	171	191	207	158.6	(11)
DSCHANG	31.8	39.8	50.4	58.5	66.6	77.3	85.5	93.6	104	113	88.0	(21)
NKONDJOK	51.1	64.2	81.4	94.6	108	125	138	151	169	182	160.6	(11)
YINGUI	40.5	50.5	63.5	72.2	82.9	95.6	105	115	127	137	110.0	(12)
YABASSI	52.3	66.7	86.1	101	116	136	151	166	186	201	153.5	(17)
DOUALA	74.6	97.8	130	154	180	214	240	266	301	327	237.8	(38)
DIZANGUE	57.4	72.5	92.5	108	123	143	158	173	193	208	216.2	(13)
EDEA	49.6	64.2	83.8	98.8	114	134	150	165	186	201	191.8	(37)
ESEKA	41.3	53.8	70.6	83.7	96.8	114	128	141	159	173	186.3	(33)
LOLODORF	38.0	48.6	62.9	73.9	85.0	99.8	111	122	137	149	114.9	(9)
KRIBI	58.0	77.0	104	123	144	172	193	214	243	264	205.3	(33)
CAMPO	56.9	76.7	104	126	148	177	200	223	254	277	197.4	(15)
MAKAK	35.0	45.0	58.3	68.6	78.9	92.5	103	113	127	138	136.7	(20)
YAOUNDE	33.5	43.8	57.8	68.5	79.3	93.8	105	116	130	141	111.0	(34)
AYOS	32.4	42.5	55.8	66.0	76.1	89.6	99.8	110	124	134	93.5	(4)
AKONOLINGA	34.2	44.7	58.9	69.7	80.6	95.1	106	117	132	143	102.5	(17)
ABONG MB.	36.5	48.0	63.6	75.4	87.4	103	116	128	144	156	127.0	(30)
MBALMAYO	35.4	46.1	60.4	71.3	82.2	96.7	108	119	133	144	119.0	(15)
SANGMELIMA	35.7	46.7	61.6	73	84.6	100	112	123	139	151	143.5	(27)
EBOLOWA	36.0	46.6	60.7	71.6	82.5	97.0	108	119	134	145	112.7	(34)
NYABESSAN	33.1	41.6	52.6	60.8	69.0	79.9	88.0	96.0	107	115.3	93.6	(10)
AMBAM	35.7	46.2	60.4	71.3	82.2	96.7	108	119	134	145	132.6	(17)
DJOUM	36.6	48.0	63.3	75.2	87.2	103	116	128	144	157	116.0	(9)

Précisons que les valeurs obtenues par la loi de Goodrich divergent généralement très peu de celles obtenues par Pearson III, au niveau de l'averse journalière décennale.

La figure 24 résume ces résultats pour quelques stations représentatives des divers régimes pluviométriques des régions étudiées, en diagramme semi-logarithmique.

Le cas de Debundscha mis à part (paroxysme de la mousson), on note trois faisceaux de droite :

- stations côtières recevant les précipitations soutenues de la mousson
- stations post-littorales (EDEA, MAMFE) atteintes sans obstacles orographiques par la mousson.
- stations de l'intérieur pour lesquelles, les manifestations orageuses relativement courtes sont plus fréquentes que celles des longues perturbations océaniques.

Les faibles valeurs déterminées pour Dschang sont liées à l'altitude élevée de la station, ce qui correspond à un phénomène d'observation, général au CAMEROUN.

Les cartes de la figure 25 indiquent les lignes d'égales hauteurs de précipitations journalières, de probabilité annuelle et décennale.

Ces cartes montrent une décroissance des valeurs de l'averse journalière, de l'Océan vers l'intérieur, assez bien calquée sur les variations spatiales de la hauteur de précipitations annuelles (région déficitaire de KUMBA-MBANGA, sous le vent du Mt-Cameroun - régions d'altitude de l'Ouest et déficitaire du bassin du Mbam).

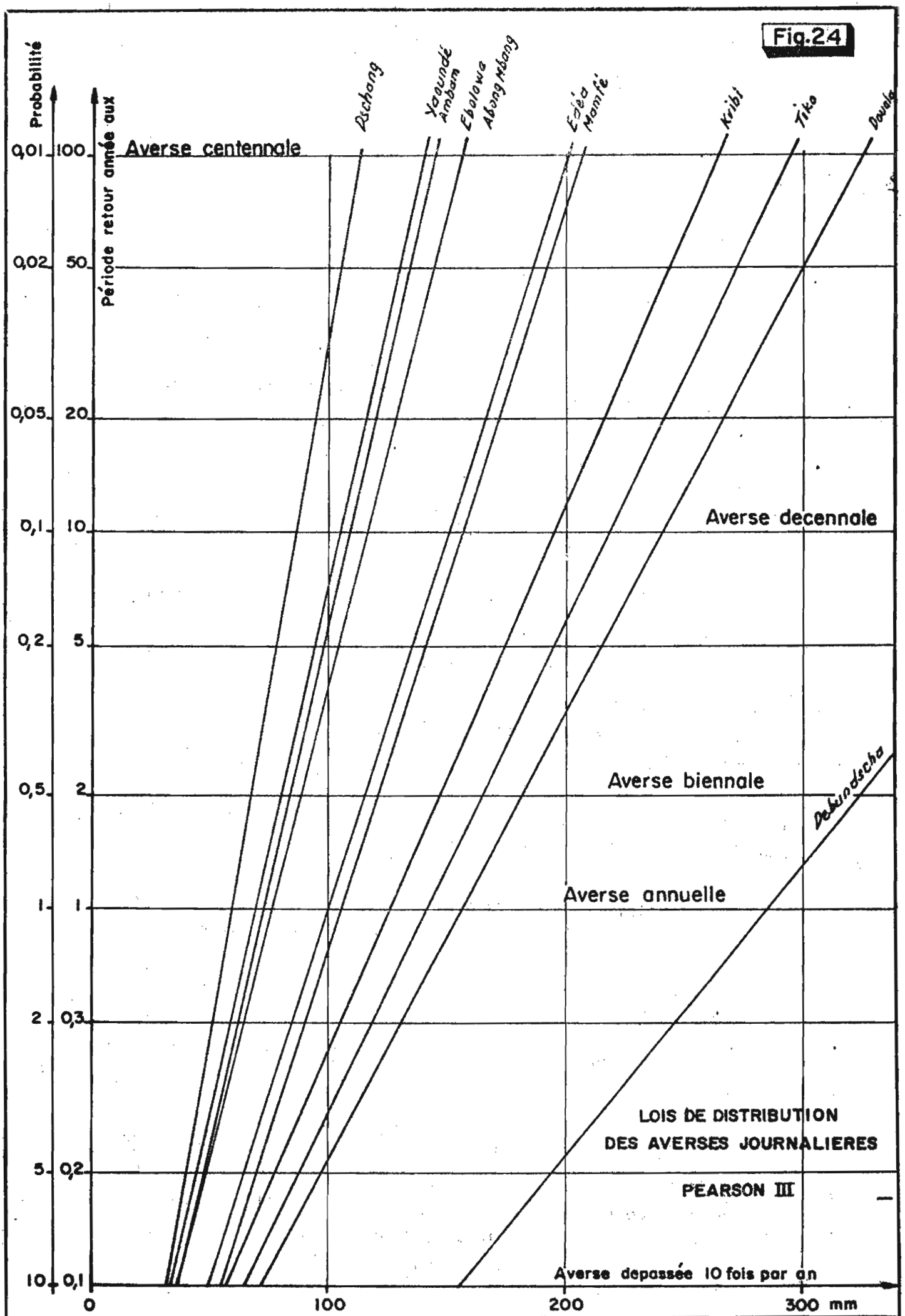
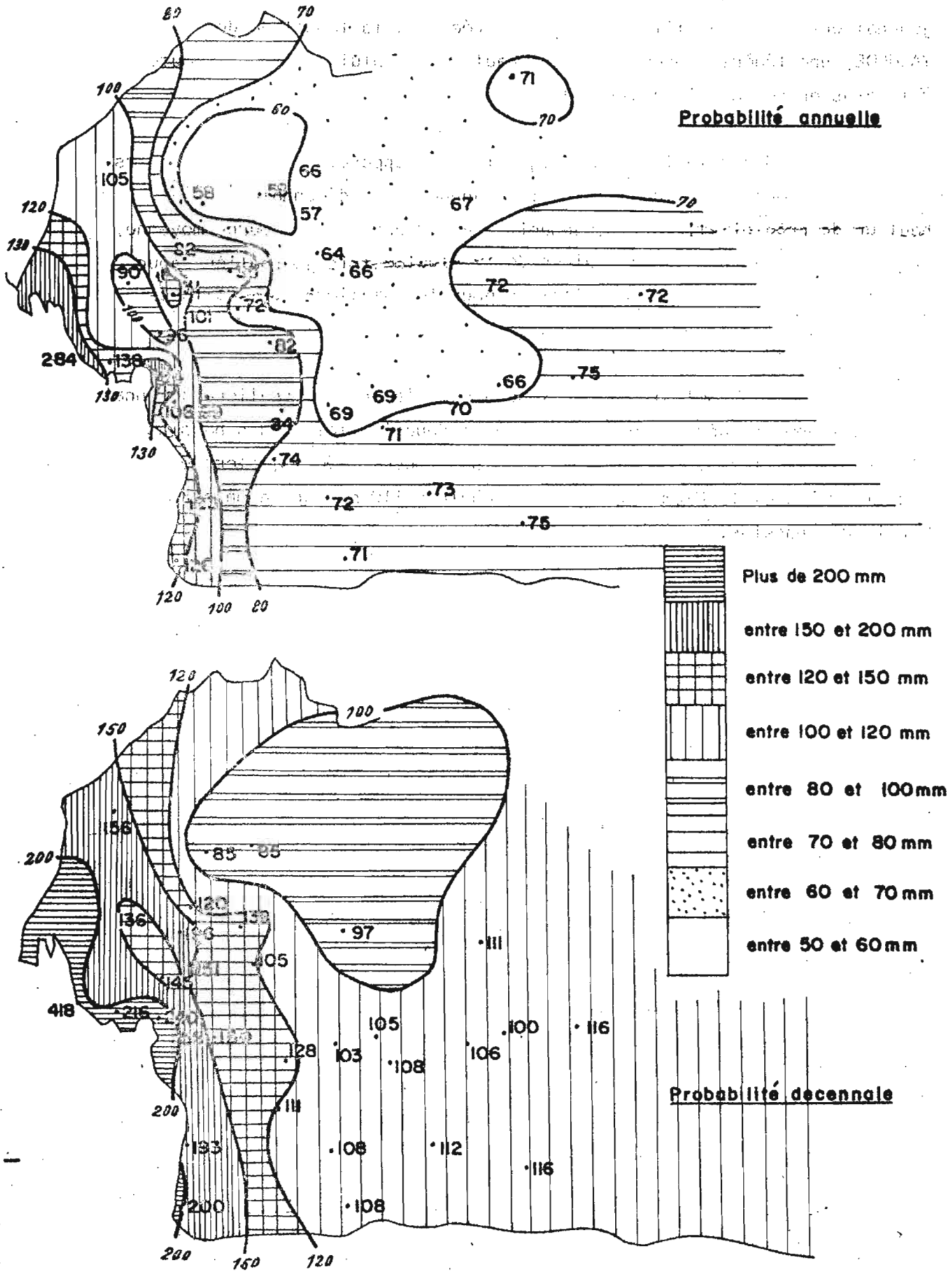


Fig.24
Probabilité
Période retour année aux
Dschang
Yaoundé
Ambam
Ebolowa
Abong Mbang
Edéa
Mamfé
Kribi
Tiko
Douala
Debundscha
Averse centennale
Averse decennale
Averse biennale
Averse annuelle
LOIS DE DISTRIBUTION
DES AVERSES JOURNALIERES
PEARSON III
Averse depassée 10 fois par an
0,01 100
0,02 50
0,05 20
0,1 10
0,2 5
0,5 2
1 1
2 0,3
5 0,2
10 0,1
0
100
200
300 mm
date
des.
78/7-28

AVERSES JOURNALIERES DE PROBABILITE ANNUELLE ET DECENNALE

Fig.25



	date	des.
		78/7-29

On notera aussi, à l'Est des valeurs minimales de l'averse journalière de probabilité donnée, observées sur la longitude de YAOUNDE, une légère augmentation des hauteurs de pluie liée sans doute à la plus grande continentalité de ces régions.

Une relation assez significative apparaît entre les valeurs de l'averse journalière de probabilités annuelle et décennale, et la hauteur de précipitations interannuelle. Par rapport à la courbe moyenne, on relève des valeurs excédentaires de la pluviométrie journalière pour les stations côtières, et déficitaires pour les stations post-côtières et d'altitude.

En conclusion,on retiendra que l'averse journalière décennale est pratiquement supérieure à 120 mm sur la quasi totalité des bassins situés à l'Ouest de la Sanaga, et y dépasse souvent 150 mm, alors que pour le Nyong et le Ntem, elle tombe à environ 110 mm sur la majeure partie des bassins.

O N A R E S T

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LES TECHNIQUES
L'INDUSTRIE ET LE SOUS-SOL

MONOGRAPHIE DU NYONG ET DES FLEUVES COTIERS

TOME II

(2e Partie : Hydrologie du Nyong)

Jean-Claude OLIVRY
Maître de Recherches de l'ORSTOM

Juillet 1979

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LES TECHNIQUES
L'INDUSTRIE ET LE SOUS - SOL

MONOGRAPHIE DU NYONG ET DES FLEUVES COTIERS

TOME II

(2ème Partie : Hydrologie du Nyong)

Jean-Claude OLIVRY
Maître de Recherches de l'ORSTOM

Juillet 1979

2ème Partie

HYDROLOGIE DU NYONG

(voir le sommaire détaillé dans le tome I)

Chapitre III : GENERALITES

Chapitre IV : EQUIPEMENTS ET MESURES HYDROMETRIQUES

Chapitre V : LES DONNEES DE BASE

Chapitre VI : INTERPRETATION DES DONNEES

2e Partie LE NYONG

CHAPITRE III : GENERALITES

1) INTRODUCTION

Le NYONG est le deuxième fleuve en importance entièrement inclus dans le territoire de la République Unie du CAMEROUN. Mais ce rang ne doit pas faire illusion. La superficie de son bassin versant avec 27 800 km2 couvre à peine 1/5 de la superficie du bassin de la Sanaga, premier fleuve du CAMEROUN, à peine 1/4 de la partie camerounaise du bassin de la Bénoué, 1/4 également de la partie camerounaise tributaire du bassin du Congo (Sangha). Son bassin versant est aussi plus petit que celui de Ntem issu du GABON. A cette hiérarchie des superficies s'ajoute celle de la puissance du fleuve. Le débit moyen du Nyong est inférieur à celui de la Cross River à Mamfé dont le bassin ne couvre pourtant que le 1/4 de la superficie du bassin du Nyong.

Les limites du bassin sont comprises entre les parallèles 2°48 N et 4°32 N, entre les méridiens 9°54 E et 13°30 E.

Le bassin du Nyong a grosso-modo la forme d'une enclume dont la base reposerait sur le parallèle d'Eboiowa-Sangmélima (environ 3° N) et dont les bigornes seraient constituées par l'estuaire et le haut bassin en amont d'Abong-Mbang. Sa longueur est d'environ 400 km, orientée entre les directions EO et ENE-OSO. Sa largeur moyenne est d'environ 70 km mais peut tomber à 40 km (Makak) et aller jusqu'à 120 km (longitude de Yaoundé).

Le Nyong draine la partie Nord du plateau du Centre Sud d'altitude 500-200 m, (la partie Sud étant drainée par le Ntem). Ce plateau correspond à une surface d'aplanissement datant d'un cycle d'érosion du tertiaire, général en AFRIQUE, qui a abouti à ce qu'on a appelé la surface Africaine I. Quelques reliefs isolés de 1 000 à 1 200 m (montagnes de Yaoundé), correspondent à des îlots plus résistants (quartzite) et sont les témoins d'une surface dite post gondwanienne dont l'aplanissement a eu lieu au crétacé.

Les séries du socle précambrien du plateau ont donc subi un rabotage continuel depuis leur mise en place. L'érosion toujours active a progressivement réduit l'extension du plateau dont les marges ont été grignotées par les tributaires du bassin de la Sanaga au Nord, ceux de la Kadeï, de la Boumba et du Dja (BV du Congo) à l'Est et au Sud, par la Lokoundjé à l'Ouest. Cecï explique que le haut Nyong ne draine plus qu'une bande étroite du plateau, avant son extension vers le Sud, au niveau de Mbalmayo. De fait, jusqu'aux rebords Ouest du plateau, le bassin du Nyong apparaît comme une large gouttière à faible pente de l'Est vers l'Ouest. En franchissant les rebords du plateau, le Nyong dévale rapidement jusqu'à la plaine pré-littorale où le bassin conserve sa morphologie étroite entre la Sanaga inférieure et la Lokoundjé.

La position en latitude du bassin du Nyong soumet, celui-ci à un climat équatorial de transition dont les caractéristiques ont été précisées dans la première partie de cet ouvrage et marqué essentiellement dans l'année par deux saisons sèches et deux saisons humides d'inégales importances, les grandes saisons sèche et humide étant respectivement observées de décembre à février, et de septembre à novembre.

La position en longitude intervient sur le plan de la répartition des précipitations annuelles reçues sur le bassin. De l'Ouest vers l'Est, la hauteur de précipitations diminue régulièrement passant de 3 000 mm à l'embouchure, à 1 500 mm, sur le haut bassin.

Les précipitations sont toujours suffisamment abondantes pour que le bassin soit entièrement couvert par la forêt. La forêt avec ses variations zonales, est assez dégradée sur le cours moyen du fleuve où les populations rurales sont importantes et les exploitations forestières nombreuses. Sur le bassin aval, par contre, la faible densité du peuplement explique le paysage de forêt dense qui y est observé.

CARTE DU BASSIN VERSANT DU NYONG

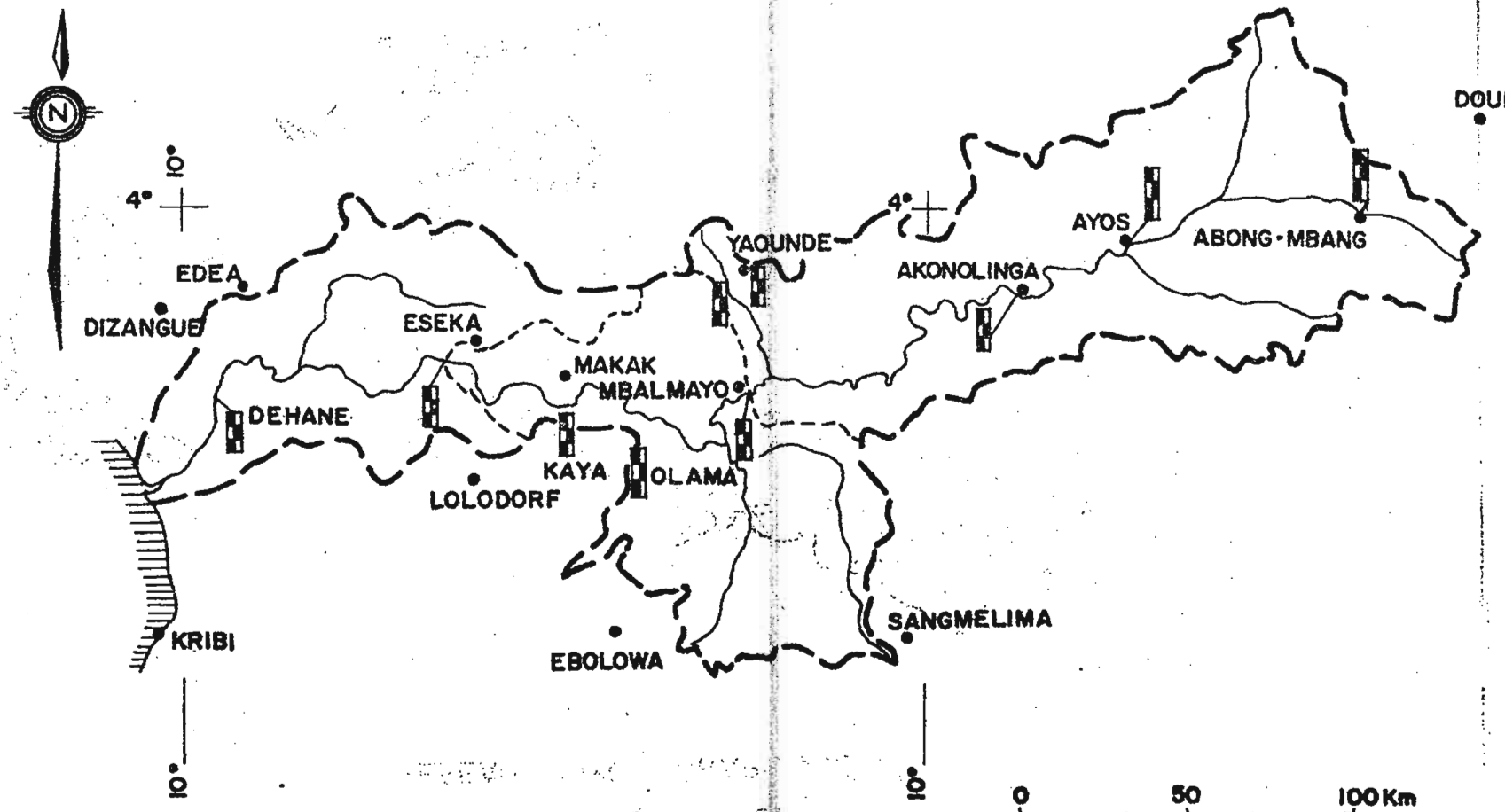


Fig.26

date | des.

77/1-25

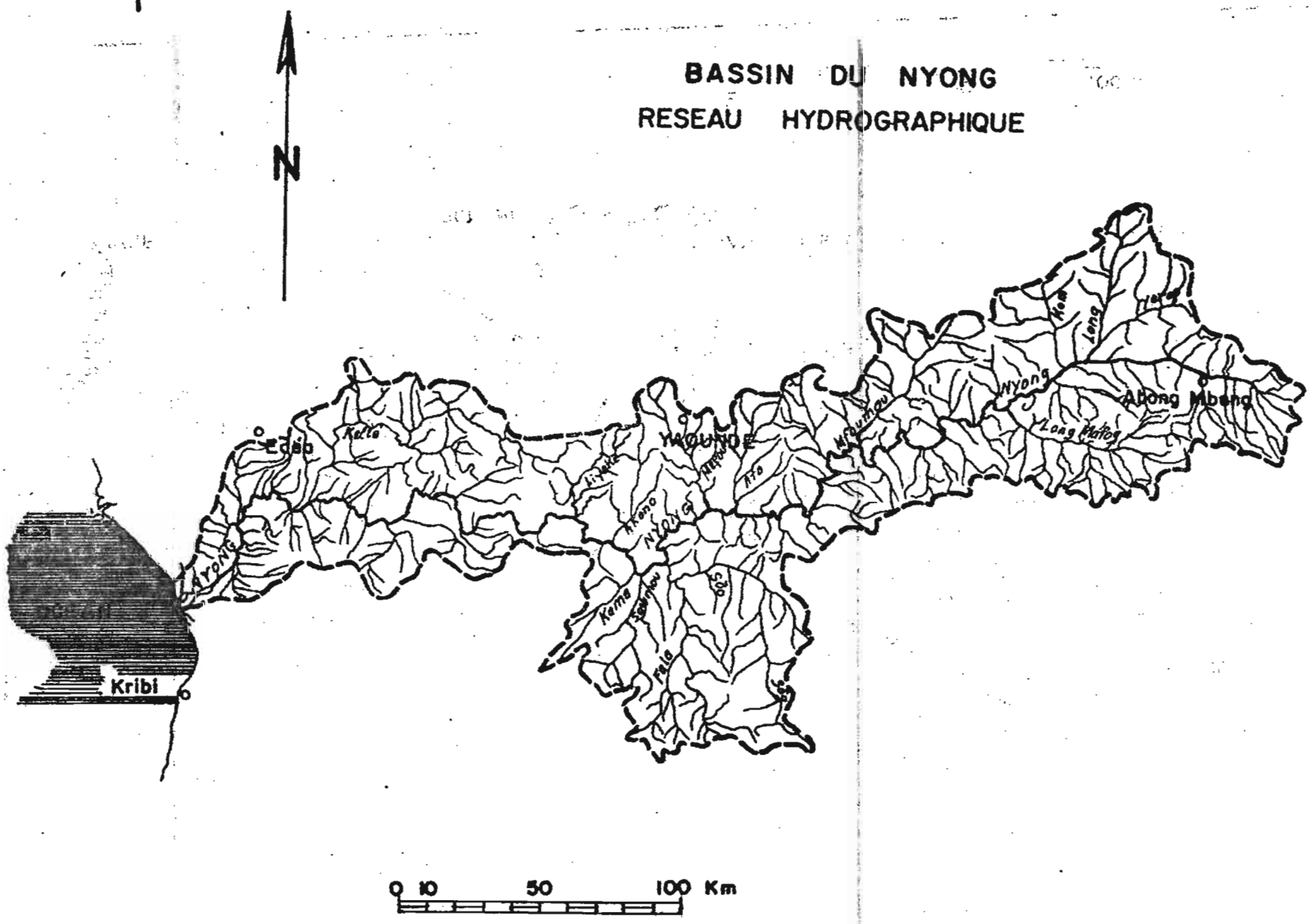


Fig.27

date | des.

78/12/29

La forêt se développe sur des sols ferrallitiques rouges sur le plateau, jaunes vers l'Ouest, dont l'épaisseur peut être très importante (5 à 15 m), ce qui témoigne d'une pédogénèse ancienne. Ces sols constituent le magasin d'aquifères relativement importants localement. Ils sont propices au développement des cultures vivrières (ceinture verte de Yaoundé) et constituent la terre d'élection du cacaoyer dont l'extension est grande dans la région. Cacao, exploitations forestières et cultures vivrières sont les principales ressources des populations du Nyong.

Le fleuve lui-même, que ce soit du fait des possibilités de navigation sur son cours supérieur, ou du fait de son potentiel hydroélectrique sur le cours moyen, a retenu l'attention des responsables. Mais c'est seulement à la fin de la seconde guerre mondiale que DARNAULT (T.P) a souligné l'intérêt d'un réel réseau de mesures sur le Nyong, les observations antérieures étant très limitées et a fait installer les premières stations.

Au début des "années cinquante" les hydrologues de l'ORSTOM réorganisent et complètent le réseau hydrométrique dont les observations sont à la base de l'analyse proposée ici.

Le Nyong a été équipé de 8 stations :

Nyong à Abong-Mbang (station abandonnée depuis 1972)

Nyong à Ayos	Nyong à Akonolinga
Nyong à Mbalmayo	Nyong à Olama depuis 1964 seulement
Nyong à Kaya 1965	Nyong à Eséka
Nyong à Dehane.	

L'étude du régime hydrologique du Nyong, et de ses variations de l'amont vers l'aval, est donc basée sur ces stations qui définissent des bassins versants dont nous proposons de préciser la physionomie et les caractéristiques, avant d'analyser les mesures et les observations et d'en interpréter les résultats. (cf. cartes des figures 26 et 27)

2 - LE COURS SUPERIEUR DU NYONG

2.1 - Le réseau hydrographique de la source au confluent du MFOUMOU

Le Nyong prend sa source dans la partie la plus orientale du bassin (longitude 13°30) à environ 690 m d'altitude.

Evoluant dans une vaste zone marécageuse, comme ses nombreux affluents son lit n'est marqué que par un couloir ouvert dans la forêt, large de quelques centaines de mètres et envahi par une végétation de graminés aquatiques ne laissant pas apparaître de bief libre.

A 21,5 km de sa source il reçoit en rive gauche un 1er affluent important, le MBAMILONG dont la branche majeure (MISOUMTOUO) a une longueur de 29.4 km et naît vers 770 m d'altitude. Au km 28.7, le Nyong reçoit toujours en rive gauche, le MFOUOM d'une longueur de 38 km (ONMPOUL) prenant sa source sur des reliefs ne dépassant pas 770 m.

Le Nyong atteint Abong-Mbang (Pont) au km 40, son lit est alors mieux marqué mais toujours envahi par la végétation aquatique. Ce haut bassin est caractérisé par ses vastes zones marécageuses ; couloirs à graùinées entièrement inondés et forêt inondée sur une largeur pouvant dépasser 3 km.

Les écoulements sont très lents, la pente est de l'ordre de 0.2/1000. En rive droite les limites du bassin sont imprécises, les zones marécageuses étant contiguës de celles de la DOUME (petite DOUMEnotamment, et zone de capture de la Bakoï par le Mbala) et variables suivant la saison.

Le Nyong est à la côte 660 m environ à Abong Mbang.

Après avoir reçu, à l'aval d'Abong Mbang, le NGOUONGSIE, affluent de rive gauche comparable au MFOUOM, le NYONG erre dans une plaine mrécageuse de 3 à 5 km de large.

Peu en amont de l'usine d'ATOK (km 90), le Nyong reçoit en rive droite le premier affluent important, le LONG ou AYONG venant du Nord. La direction générale du Nyong est Est Ouest jusqu'à ce confluent. Le LONG, augmente de YERAP, en rive gauche, draine la région de Nguelemendouka au Sud-Est de MINTA. Sa branche majeure a une longueur de 70 km, et prend sa source vers 760 m. Le faciès marécageux reste le même que pour le Nyong.

En aval d'ATOK, le Nyong reçoit le KOM en rive droite au km 95, puis le PED au km 101 en rive gauche ; il atteint AYOS (Pont) au km 125 (647 m environ moyennes eaux). La pente moyenne entre Abong Mbang et Ayos est de 0,15/1000. Le Nyong présente sur ce bief un chenal très sinueux pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres de largeur au milieu d'un couloir marécageux de 3 km de large en moyenne.

Le KOM, dont la vallée n'est qu'un vaste marécage sans pente, n'est plus que le témoin d'un affluent plus important dont la partie supérieure du bassin est devenue tributaire du bassin de la Sanaga par une zone de capture située à 36 km en amont du confluent avec le Nyong.

L'ancien ensemble KOM-TERE avait une longueur de 96 km. La zone de capture se situe à 655 m d'altitude.

Juste en aval d'Ayos, le Nyong reçoit en rive gauche le Long MAFOK dont la branche principale a une longueur de 71 km, en majeure partie marécageuse. Le Long MAFOK draine la région de MESSAMENA.

Avec un cours extrêmement sinueux au milieu du couloir marécageux mais un bief bien marqué, parfois large de plus de 100 m, le Nyong atteint Akonolinga au km 186, et ne reçoit sur cette partie de son cours que des affluents très secondaires (en rive gauche, le YI, LALA, YANGA). En aval d'Akonolinga le large couloir marécageux ouvert dans la forêt tend à s'amenuiser et disparaît au 225, 10 km en amont du confluent de MFOUMOU (km 235). La direction générale du Nyong depuis le confluent du Long est grosso-modo ENE - WSW.

La pente moyenne entre Ayos et Akonolinga est d'environ 3 m pour 61 km (0.05/1000).

2.2 - Le réseau hydrographique du MFOUMOU à KAYA

Le Nyong d'une largeur de cent à deux cents mètres coule au coeur de la forêt ; la végétation aquatique se réduit à quelques formations le long des berges pouvant toutefois obstruer le confluent d'affluents secondaires. Le Mfoumou venant du Nord draine une région au relief assez marqué.

Les zones marécageuses sont plus réduites. La branche majeure du bassin du Mfoumou a une longueur de 75 km. Un de ses affluents, le Yembe prend sa source au mont NKOBISEKE à 987 m d'altitude, tandis que l'Abe qui conflue en rive droite du Mfoumou à 3 km du Nyong draine la partie Sud-Est du massif de Zomo et notamment les monts EINVONG (1010 m) ; NGOUNDOU (1127 m) et NGOUA (1101 m).

A ce niveau le bassin du Nyong a une largeur de 50 km.

Vingt kilomètres en aval du confluent de Mfoumou, le Nyong reçoit au km 255 en rive droite l'Afamba dont la branche majeure d'une longueur de 46 km prend sa source au Mont ZOMO (1219 m), un sous affluent, le NDOU, draine la région de DZENG.

Au km 333, l'ATO, qui draine la région Est de MFOU, augmenté de la TOFINI et de la KOMBO rejoint le Nyong en rive droite (branche moyenne : 50 km ; point culminant : 946 m).

Au km 344, toujours en rive droite, le Nyong reçoit la Mefou qui draine toute la région de Yaoundé et notamment la zone de hautes collines au Nord et à l'Ouest de cette ville MONTS MBIKAL, NKOLONDOM 1221 m et ODOU 1225 m, point culminant du bassin du Nyong) (1)

En rive gauche, le Nyong ne reçoit que de petits affluents. Le Nyong atteint Mbalmayo au km 360. La pente moyenne entre Akonolinga et Mbalmayo est de 10 m environ pour 174 km (0,06/1000).

A 28 km en aval de Mbalmayo, le Nyong reçoit en rive gauche au km 388, le SOO. Cet affluent, le plus important du Nyong a un bassin versant qui agrandit considérablement l'extension vers le Sud du bassin du Nyong (2°5Ø Lat. N).

Sa branche majeure a une longueur de 120 km et prend sa source à l'WSW de SANGMELIMA.

Le SOO reçoit en rive gauche des sous affluents importants comme la FALA (80 km) et la MANFALA qui drainent la région Est de NGOULEMAKONG.

Les hauts bassins de ces rivières montrent dans le réseau des zones marécageuses importantes. La ligne de partage des eaux avec le bassin du NTEM se situe autour de 700 m d'altitude.

Au Nord-Ouest de ZOETELE une zone de capture s'observe entre le MINTELE tributaire de la LOBO et du DJA et l'AWOUT affluent du SOO en rive droite. Le SOO présente d'ailleurs dans sa moitié aval un lit à plusieurs bras qui pourrait être significatif d'une vallée importante et d'une rivière dont le bassin versant s'est considérablement réduit par capture.

Plus en aval, au km 401 le Nyong reçoit la SOUMOU en rive gauche (56 km de longueur) qui draine des reliefs bien marqués au Nord-Est d'Ebolowa (Mont AKOUMOKEGVEN 1108 m), puis la KAMA au km 403 (55 km de longueur) drainant la région accidentée au Sud et à l'Est de NGOMEDZAP.

(1) Le plus haut sommet de ces collines, le Mbam Menkoum 1295 m, échappe au bassin versant du Nyong.

Le Nyong atteint la station hydrologique d'OLAMA au km 419. La pente entre Mbalmayo et Olama est de l'ordre de 0,1/1000.

Au km 421, le Nyong reçoit en rive droite l'AKONO dont le bassin versant s'étend sur la sous-Préfecture de NGOUMOU. Au km 456, la LIYEKE, qui draine la région de MBANKOMO et de la réserve forestière d'OTTOTOMO, rejoint le Nyong en rive droite. Quelques petits rapides ne permettent plus la navigation en aval d'OLAMA.

La station hydrologique de KAYA est au km 457 ; au km 455, on observe les premiers rapides notables annonciateurs des chutes de MPOUME. (km 471).

Entre OLAMA et KAYA, la pente augmente, les sinuosités du Nyong ne correspondent plus au dessin des méandres, mais sont imposées par le relief, la géologie et la tectonique.

A KAYA, la largeur du bassin du Nyong se réduit à 22 km.

2.3 - Aspects particuliers du cours supérieur du NYONG

Le cours supérieur du NYONG est marqué on l'a vu par des pentes extrêmement faibles, pratiquement de 0.1/1000 d'Abong-Mbang à Kaya. Le relief est par ailleurs généralement très mou et les limites du bassin versant ne sont qu'exceptionnellement supérieures à 700 m. Une telle physionomie explique que l'on observe sur le bassin supérieur de vastes zones marécageuses et des zones de capture.

2.3.1 - Les zones d'inondation

Le lit majeur du Nyong constitue une vaste zone marécageuse au sein de laquelle le fleuve serpente en de larges sinuosités décrivant de faux méandres. Le lit est envahi par ce qu'on a appelé la "prairie inondée" constituée essentiellement de graminée (échinocloa stagnina).

Ces graminées enracinées au fond de l'eau sont caractérisées par de longues tiges présentant deux coudes : elles montent verticalement jusqu'à la surface, puis flottent horizontalement parfois sur plusieurs mètres avant de se redresser verticalement à l'air libre. Le développement des parties horizontales des tiges conduit à un enchevêtrement inextricable d'une masse végétale formant un véritable matelas flottant dont l'épaisseur peut atteindre la profondeur du fleuve.

Si le débit passe généralement par un chenal étroit dégagé d'herbes, il peut aussi s'écouler par filtrage à travers la masse végétale, lorsque le chenal est complètement obstrué (Abong-Mbang, Atok). Cet encombrement du lit s'observe surtout en amont du confluent du Mfoumou.

Utilisé comme voie de navigation jusqu'en 1951 entre Mbalmayo et Abong-Mbang, le NYONG était alors régulièrement désherbé.

Historiquement, le NYONG constituait d'Olama à "Ober Nyong", 2o km en amont d'Abong-Mbang, la voie la plus pratique pour relier Doumé centre de l'ivoire et du caoutchouc, à la mer par le port de Kribi. Une voie navigable de 400 km était justement appréciée à une époque où les transports s'effectuaient par portage et éventuellement par petites pirogues. Ceci explique les multiples missions tant allemandes (1913) que françaises (AUDOUIN 1917, NKITENKO 1940) venues étudier les possibilités d'amélioration de la navigabilité du NYONG et notamment les seuils rocheux situés entre Mbalmayo et Akonolinga (OPALA, NKOLMAKA), qui limitaient le tirant d'eau de la batellerie. Délaissé à la suite de la concurrence du chemin de fer et du développement des axes routiers, le NYONG devait cependant encore susciter l'intérêt d'experts (Mission MARTEAU 1954, Mission allemande 1961).

Mais depuis 1951, le développement de la végétation aquatique posait des problèmes nouveaux. Les solutions coûteuses (faucardage) en regard de l'intérêt économique d'une reprise de la navigation sur le NYONG, n'ont finalement pas été retenues. (1)

On estime que le volume des herbes dans le fleuve continue à croître à une cadence d'environ 100 000 m^3 par an.

Aujourd'hui, l'encombrement du lit du NYONG par les herbes aquatiques a bouché complètement le chenal entre Abong-Mbang et Ayos et entraîné la formation d'îles flottantes susceptibles de provoquer des dégâts.

Mais en freinant l'écoulement, le barrage végétal fait monter le niveau du fleuve à l'amont et régularise les débits ; les fluctuations ne se propagent que très lentement à travers les herbes compactes et s'amortissent considérablement.

C'est ainsi qu'à Abong-Mbang à la station ORSTOM, comme on le verra plus loin, le niveau moyen a monté de 1.70 m en 12 ans, les étiages se situant en 1963 ; 2.70 m au-dessus des étiages de 1951. Les hautes eaux par contre n'ont augmenté que de 70 cm, ce qui laisserait supposer que pendant cette période, le matelas d'herbes se soulève et dégage un passage au fond du fleuve.

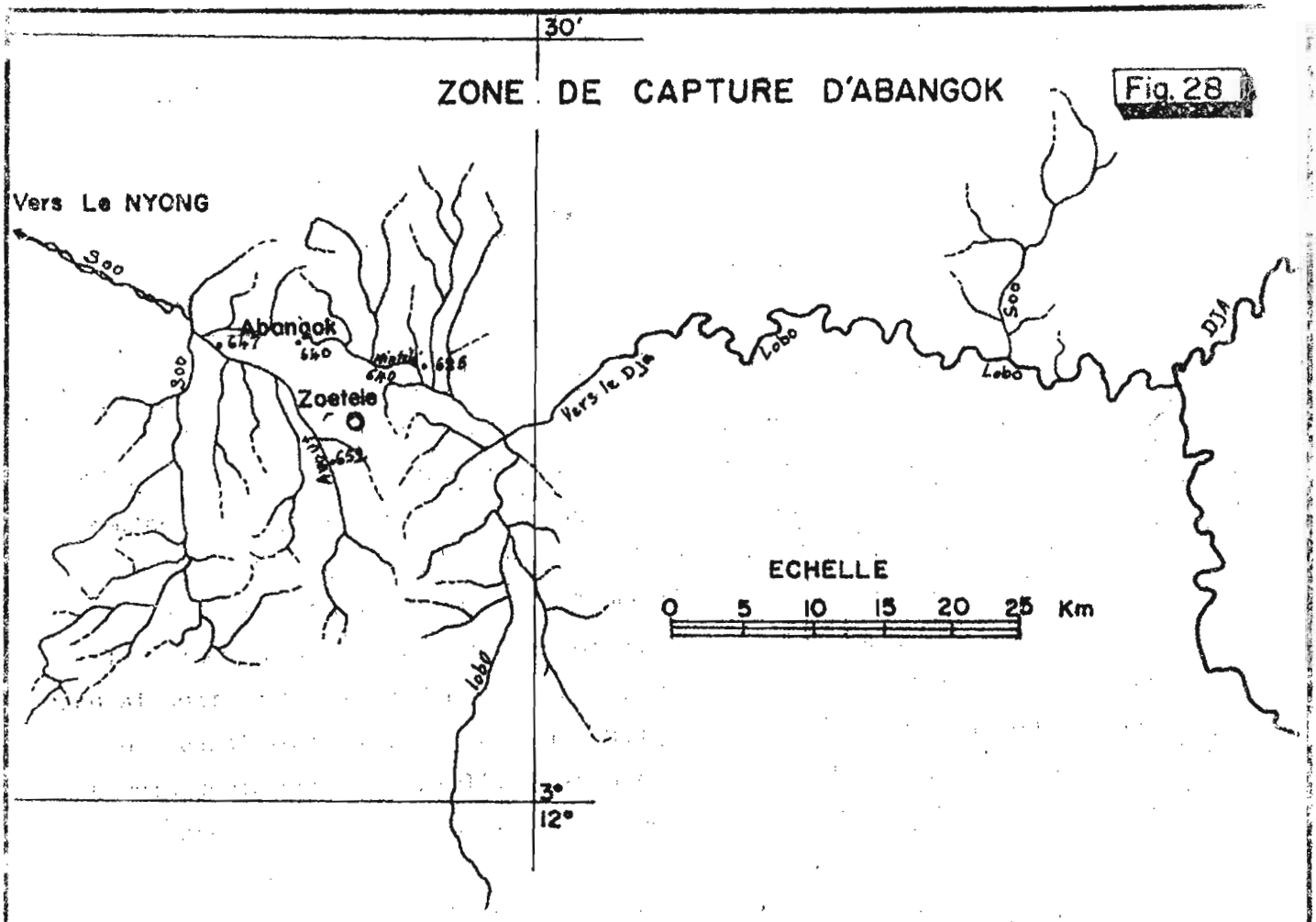
On conçoit qu'un tel phénomène a des incidences non négligeables, sur le régime hydrologique du cours d'eau même pour Ayos, qui est à l'aval des zones les plus touchées, incidences également sur le niveau moyen des nappes phréatiques (signalé par YAYER à ATOK), sur l'extension des zones de forêt inondée, incidences encore sur les débits qui échappent au NYONG par les zones de captures (Kom).

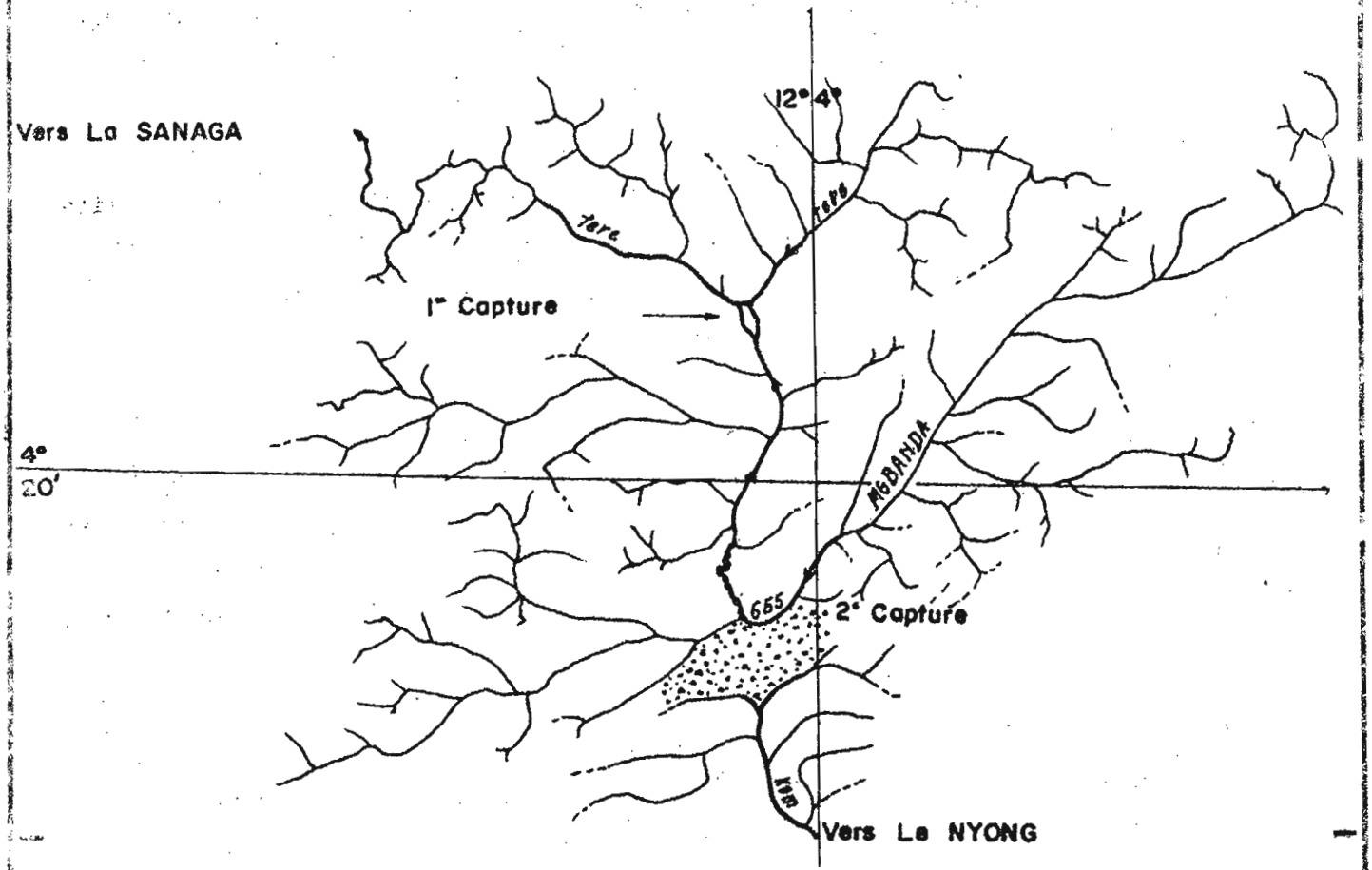
2.3.2 - Les zones de capture (fig. 28)

Elles sont la conséquence d'une part de la morphologie du bassin du NYONG, d'autre part du "grignotage" continu des limites du bassin du NYONG par l'érosion regressive de tributaires à pentes plus fortes de bassins versants limitrophes. En fait trois zones de capture ont été reconnues.

ZONE DE CAPTURE D'ABANGOK

Fig. 28





ZONE DE CAPTURE DE LA TERE ET DU NYONG PAR LA SANAGA

0 2 4 6 8 10 Km

date	des.

7913-6

1) La capture de la Téré par la Sanaga constitue un des meilleurs exemples du "grignotage" progressif du bassin versant. La Téré prend sa source 12 km au Nord-Est de Minta et se jetait primitivement dans le NYONG à l'aval d'Atok, par le Kom zone marécageuse à très faible pente. Capturée par un tributaire de la Sanaga, la Téré supérieure fait aujourd'hui un coude à angle droit à 30 km au Sud-Ouest de Minta. La zone de capture s'est déplacée depuis, progressivement vers le Sud, d'environ 10 km, capturant au passage le Mbganda, et menaçant dans un avenir plus ou moins éloigné le haut NYONG. Elle se situe à 655 m d'altitude. Il est possible d'ailleurs que d'ores et déjà une partie des hautes eaux du NYONG, dans certaines circonstances favorables de niveau, s'échappe vers le Mbganda et la Sanaga.

Quoi qu'il en soit, le bassin du NYONG a perdu, côté Sanaga, dans le passé, les 950 km2 du bassin de la Téré supérieure susceptible d'en perdre encore 3 500 km2 à 4 000 km2.

2) La capture du Bakoï par le Mbala vers la Doume et le bassin du CONGO est beaucoup plus modeste. Située à 665 m d'altitude, à l'extrémité orientale du Haut-Nyong, elle constitue plutôt une zone de raccordement entre les deux bassins, dont les limites doivent varier en fonction du remplissage de la zone marécageuse.

3) La zone de capture de l'AWOUT, affluent de SOO, par le MINTELE affluent de la LOBO et du DJA, à ABANGOK, constitue certainement la trace actuelle d'un phénomène de capture plus ancien du DJA supérieur par le bassin de la Sangha et du Congo. Le cours actuel du DJA, d'Est en Ouest dans sa petite partie supérieure, bifurque brutalement après son confluent avec la LOBO, pour prendre une orientation Ouest-Est et rejoindre la Sangha. Il est probable que dans le passé le DJA empruntait la vallée du LOBO sur 50 km, puis celle du MINTELE, en sens inverse du courant actuel, pour franchir un seuil à Abangok à 8 km au Nord-Ouest de Zoétélé et suivre le cours actuel du SOO, jusqu'au NYONG, 28 km à l'aval de Mbalmayo. Le bassin du NYONG avait alors environ 10 000 km2 de plus.

3 - LE COURS INFERIEUR DU NYONG

3.1 - Le réseau hydrographique

A partir de KAYA km 457 et après le confluent de la LIYEKE, le NYONG va franchir le rebord du plateau du Centre-Sud et rejoindre la plaine littorale par une série de rapides et de chutes. Sur 70 km le NYONG va descendre de 470 m. En aval de KAYA le NYONG s'oriente vers le Sud-Ouest puis brusquement vers l'Ouest où il circule dans un étroit couloir de 50 mètres de large (H.E.) pouvant se réduire à un chenal de 20 m (B.E). Au km 471, après un élargissement du lit, (altitude 610), le NYONG aborde une série de ressauts répartis sur une longueur de 250 m, les chutes de MPOUME. Le premier ressaut a une hauteur de 10 m ; il est suivi de deux autres ressauts totalisant une dénivelée de 9 m. La dénivelée totale entre la sortie du couloir et les derniers rapides est de 30 m, la hauteur des chutes étant de 20 m 4 km en aval de MPOUME, la chute de MANYANGA a une hauteur de 6 m environ.

Le NYONG s'oriente vers le Nord, puis le Nord-Ouest. Après un coude brutal vers le Sud-Ouest, il rencontre des zones de rapides aux km 484 et 487. Ce tracé du cours du NYONG en baïonnette, probablement imposé par la tectonique se répète sur une longueur de 1 km, le NYONG traverse une gorge étroite dont la largeur est inférieure à 20 m. Au km 494, dans un coude du NYONG, celui-ci franchit la chute de MAKAI d'une hauteur de 15 m, puis rejoint par une zone de rapides d'une longueur de 3 km les chutes de MILLY (à 480 m d'altitude, km 497).

Le NYONG se ramifie en plusieurs bras ; en rive droite, le bras le plus important est coupé par une chute verticale de 20 m. Rapides et autres ressauts font franchir au NYONG une dénivelée totale de 42 m sur 400 m de distance.

Sur 5 km, le NYONG s'oriente vers le Sud-Ouest dans une vallée très encaissée surtout en rive droite. Au km 507, la vallée s'ouvre largement et le NYONG traverse une zone de rapides et franchit la chute de MOUILA-MOGE en amont du confluent de la MVILLE.

Le cours du NYONG prend la direction du Nord jusqu'aux chutes de NJOCK au km 521. Ces chutes sont formées par trois paliers successifs de hauteur décroissante totalisant une dénivelée de 23 m ; elles sont suivies par une série de rapides d'une dénivelée de 19 m.

Le bassin du NYONG entre KAYA et ESEKA conserve une largeur réduite à une vingtaine de km. A l'exception de la MVILLE et surtout de la MALOUME qui conflue avec le NYONG près de NJOCK, les affluents ne sont que de petits torrents à forte pente dont les apports restent réduits. Au km 547, le NYONG franchit les chutes de MBOMBO NGOUIMA. Ramifié en plusieurs bras, le NYONG s'écoule pour sa partie principale dans un couloir à très forte pente d'une vingtaine de mètres de largeur. Quelques bras secondaires sont coupés par des chutes pouvant atteindre 15 m de haut.

Au km 556, le NYONG qui coule vers le Sud-Ouest reçoit en rive gauche le KOUMBALA qui draine une zone de forêt extrêmement dense située au Nord de LOLODORF et du bassin de la LOKOUNDJE.

Après avoir franchi une série de rapides au km 558, 563 et 570, le NYONG prend une direction Nord-Ouest jusqu'au confluent de la KELLE. Son lit se ramifie souvent en plusieurs bras complexes isolant des îlots forestiers parfois très étendus.

La Kelle, qffluent de rive droite, est le plus long des tributaires du NYONG. Avec une longueur de 190 km, il prend sa source à l'Est de MATOMB. Son cours d'Est en Ouest jusqu'à l'Ouest de Pouma prend prend une direction Nord-Sud dans sa partie inférieure pour rejoindre le NYONG au km 604. Le haut bassin de la Kellé a une morphologie voisine de celle des bassins signalés dans la région de YAOUNDE (LIYEKE, AKONO, MEFOU).

Le NYONG atteint la station hydrologique de DEHANE située en amont du pont de la route EDEA-KRIBI au km 641.

Dix kilomètres en aval (km 651) une dernière chute (village de DEHANE) permet au NYONG de rejoindre la plaine littorale (sédimentaire) et de couler enfin assagi dans un bief navigable jusqu'à l'océan, atteint à la crique de BATANGA au km 690.

3.2 - Aspects particuliers du cours inférieur du NYONG

Le cours inférieur du NYONG est surtout caractérisé par le bief des chutes, où la pente moyenne du fleuve est de 6.7/1000 sur 70 km de longueur. (figure 29)

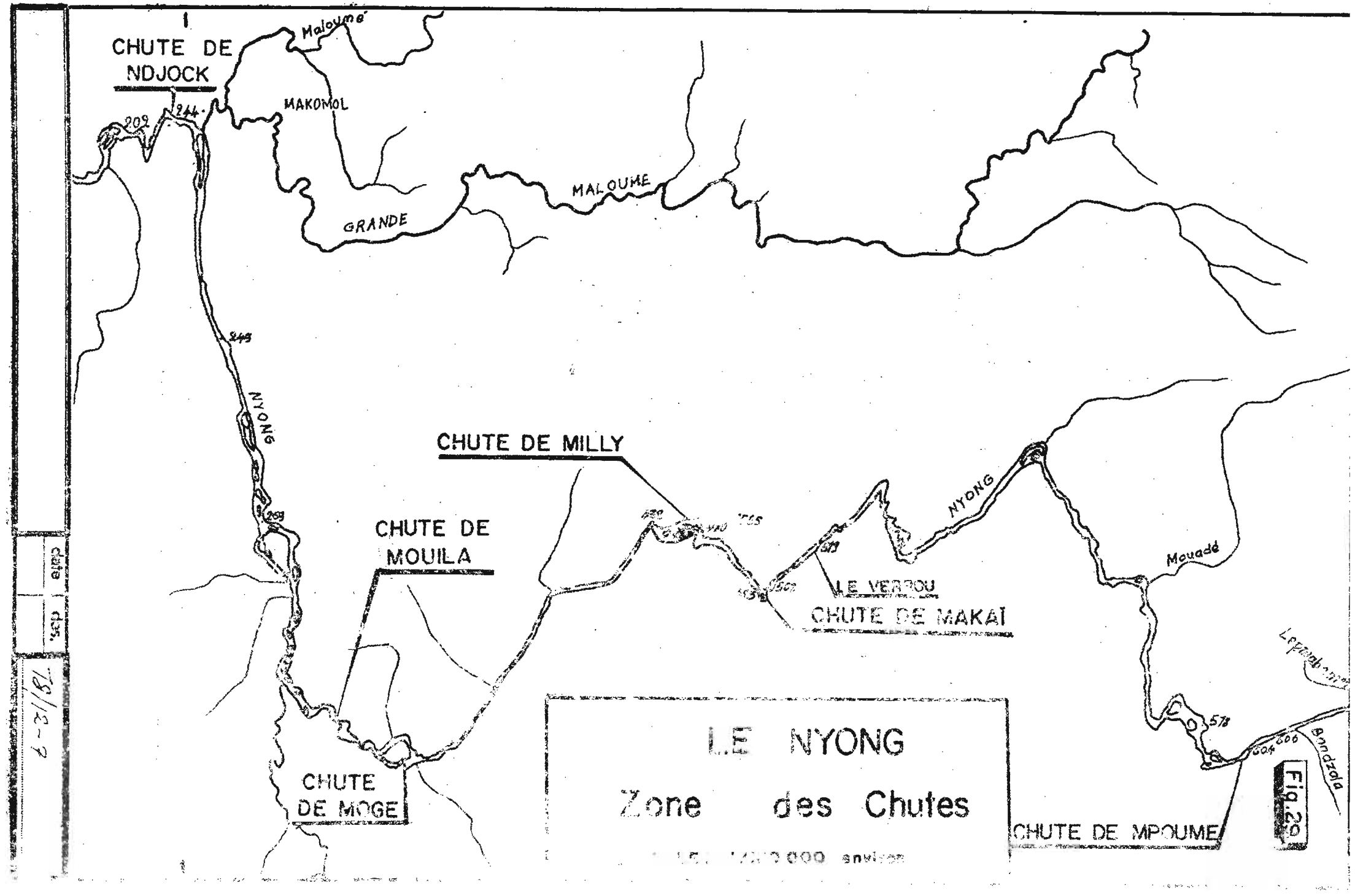
Ce bief devait retenir l'attention des responsables de la production électrique du pays. Divers projets d'aménagements ont été étudiés, marquant un transfert historique de l'intérêt économique suscité par le NYONG, de la navigation sur le cours supérieur à la production hydroélectrique sur le cours inférieur.
Le bief des chutes a été reproduit dans la carte de la figure. Nous donnons ci-après les principales caractéristiques des aménagements projetés :

Projet d'aménagement des chutes de MPOUME

Ce projet prévoit une retenue pouvant atteindre la côte 631, ce qui correspond à une capacité de 410 millions de m^3 et assure un débit régularisé en année médiane de 134 m^3/s pour la période de basses eaux. La hauteur de chute exploitable varierait de 47 à 41 m. La puissance permanente garantie est de 45 MW, et la puissance équipée serait de 70 MW. Le productible en année moyenne serait de 565 GWh.

Projet d'aménagement des chutes de MILLY-MAKAY

Ce projet est envisagé après la mise en eau du barrage de MPOUME, garantissant un débit régularisé en saison sèche.
Les caractéristiques de l'aménagement seraient alors :


CHUTE DE NDJOCK
Malouma
MAKOMOL
MALOUME
GRANDE
NYONG
CHUTE DE MILLY
CHUTE DE MOUILA
NYONG
LE VERROU
CHUTE DE MAKAÏ
Mouadé
CHUTE DE MOGE
CHUTE DE MPOUME
Bandzola
LE NYONG
Zone des Chutes
Fig.29

- hauteur de chute : 100 m
- puissance garantie : 100 MW
- productible garanti : 875 GWh

Chutes de MOUILA-MOGE

Quoique non étudié, ce site paraît présenter les mêmes caractéristiques énergétiques, que pour MILLY-MAKAI.

Projet d'aménagement des chutes de NJOCK

Le site a fait l'objet d'études approfondies et en particulier d'études hydrologiques menées par l'ORSTOM.

Le projet prévoit une réserve de capacité utile estimée à 100 millions de m^3, qui garantit en année médiane, un débit régularisé minimum de 100 m^3/s. La hauteur de chute varierait de 60 à 52 m. La puissance permanente garantie serait de 38 MW et la puissance équipée de 60 MW.

Le productible en année moyenne serait de 500 GWh. Les caractéristiques énergétiques du projet seraient évidemment augmentées par suite de l'aménagement de MPOUME (débit régularisé de 134 m^3/s).

L'ensemble de ces aménagements correspondrait donc à un productible annuel de près de 3 000 GWh, valeur largement dépassée, si l'on considère la possibilité de régularisation existant sur le cours supérieur par la création du barrage de MFOUMOU. Ce barrage dont le site a été reconnu par YAYER permettrait la constitution d'une retenue de 1.4 milliard de m^3 situé en aval du confluent du MFOUMOU, l'ouvrage aurait une longueur de l'ordre de 300 m sur 15 m de hauteur maximale et le plan d'eau ne dépasserait pas la côte de 653 m (plus bas que la zone de capture (665 m) de la Téré).

Le débit régularisé parvenant au site des chutes serait ainsi au minimum de 170 m3/s.

4 - MORPHOLOGIE, RELIEF ET PENTES DES BASSINS

4.1 - Caractéristiques de forme de bassins

Celles-ci ont été déterminées à partir de la mesure de la superficie A et du périmètre P des différents bassins. La détermination du périmètre est faite après stylisation des contours des bassins versants.

Le calcul du coefficient de Gravelius ou indice de compacité Kc, est obtenu par la formule $Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$. Cet indice permet d'obtenir les dimensions du rectangle équivalent (L longueur, l largeur) (M. ROCHE), et de donner une idée de la forme plus ou moins allongée des bassins. Les calculs ont été faits pour les différents bassins du Nyong, ainsi que pour les bassins de leurs affluents principaux. Après Mbalmayo, la prise en considération des tributaires du Sud conduit à exagérer la mesure du périmètre des bassins sans que cela entraine une signification hydrologique, les affluents étant nettement plus courts que le Nyong amont. A partir d'Olama, nous avons donc "arrondi" le contour méridional du bassin, afin d'obtenir des coefficients et dimensions du rectangle équivalent cohérents sur le plan de l'écoulement. Cette ultime stylisation des contours des bassins conserve bien entendu les superficies.

Le tableau indique les caractéristiques de forme des différents bassins. D'Olama à l'embouchure, les valeurs soulignées correspondent à la deuxième approche du "périmètre efficace" des bassins. Ce sont des valeurs qui ont été retenues pour les calculs ultérieurs.

BASSINS	S km2	P km	Kc	Rectangle équivalent L km	Rectangle équivalent l km
NYONG à AYOS	5 300	315	1.21	108	49
NYONG à AKONOLINGA	8 350	380	1.16	118	71
NYONG à Mbalmayo	13 555	570	1.37	224	61
NYONG à OLAMA	18 510	730 620	1.50 1.28	330 229	61 81
NYONG à AKAYA	19 985	740 650	1.47 1.29	308 242	65 83
NYONG à ESEKA	21 600	820 720	1.56 1.37	347 283	62 76
NYONG à DEHANE	26 400	960 860	1.65 1.48	414 356	64 74
NYONG à l'embouchure.	27 800	1020 920	1.71 1.54	445 389	63 71

Ces caractéristiques traduisent une forme très allongée des bassins du NYONG à partir de Mbalmayo. Les affluents montrent par contre (tableau ci-après) une compacité plus grande (Kc plus petit) à l'exception de la Kelle. En fait, comme cela a déjà été souligné, le NYONG présente la physionomie d'un drain général auquel parviennent de courts drains secondaires (réseau principal en forme d'arête de poisson).

Affluents principaux du NYONG.

	Superficie km2	Périmètre km	Kc	LKm	lkm
KOM (R D)	695	106	1.12	26.5	26.2
LONG MAFOK (R.G)	1520	166	1.19	55.7	27.3
MFOUMOU (R.D)	1260	181	1.43	73.1	17.2
AFAMBA (R.D)	485	90	1.14	26.5	18.4
ATO (R.D)	740	117	1.20	39.4	18.8
MEFOU (R.D)	840	121	1.17	38.7	21.6
MEFOU à NSIMALEN	425	90	1.22	31.3	13.6
MEFOU à ETOA	235	66	1.21	22.7	10.4
SOO (RG)	3120	233	1.17	74.9	41.7
SOUMOU (RG)	820	116	1.13	31.5	26.0
KAMA (RG)	445	104	1.38	41.4	10.8
AKONO (RD)	610	118	1.34	45.9	13.3
LIYEKE (RD)	505	104	1.30	39.3	12.8
KELLE (RD)	2770	274	1.46	113.2	24.5

4.2 - Relief et Hypsométrie

La description du réseau hydrographique du NYONG a permis de dégager qualitativement les caractéristiques du bassin du NYONG, et de séparer en particulier le haut bassin à très faible relief, du bassin inférieur à relief marqué ; et à pentes fortes.

Avant de préciser quantitativement par l'étude de l'hypsométrie, les caractéristiques des bassins, il a paru intéressant d'indiquer les principaux reliefs, situés généralement aux limites du bassin versant, et qui ne ressortant pas dans l'analyse hypsométrique.

Ainsi, le relief mou des bassins versants d'Ayos et AKONOLINGA est encore traduit par les côtes relevées aux limites : les altitudes maximum à la limite Sud (BV du DJA) passent de 760 à l'Est à 720, 710, 709, 697 m plus à l'Ouest, les côtes minimales étant comprises entre 640 et 680 (648 m) ; aux limites Est et Nord, les côtes minimales sont celles des zones de capture (655 et 665), la côte maximale atteint 760 m, la majeure partie de la limite du bassin versant est comprise entre 680 et 720 m. Au Nord d'Ayos inclus dans le bassin, un petit massif atteint 884 m.

A Mbalmayo, le bassin a reçu les affluents Nord provenant des collines d'Akonolinga et de Yaoundé qui culminent au Mt Zomo (1219 m), alors que vers le Sud, et jusqu'à Olama, les limites du bassin sont comprises entre 740 et 821 m (bassin du NTEM), mais descendent à l'Est BV du DJA en dessous de 700 m, (650 m capture du Mintele). A l'Ouest, les limites avec le bassin de la Lokoundjé culminent dans la région de NGOMEDZAP, dans les massifs de ELOUMANGAN (916 m, 1 000 m) et d'AKOUMOKEGEN (1 108 m).

Plus en aval, les limites du bassin s'abaissent avec l'altitude du cours d'eau, mais on note encore en aval d'Eséka, et au Sud, le massif du NGOVAYANG qui culmine à 1 090 m.

L'Hypsométrie des bassins

Elle a été définie par planimétrage des aires comprises entre les différentes courbes de niveau relevées sur les cartes de la région au 1/200 000.

Les résultats de ce travail, sont résumés dans le tableau ci-après. (en pourcentages des superficies des bassins respectifs).

Hypsométrie des bassins du NYONG

Tranche d'altitudes	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	OLAMA	KAYA	ESEKA	DEHANE
Au-dessus de 760	0.2	1.2	1.0	1.2	1.4	1.4	1.0
de 720 à 760	6.0	5.0	7.0	7.0	7.0	6.6	5.0
de 680 à 720	46.2	44.0	45.0	41.4	41.2	39.0	30.5
de 640 à 680	47.6	50.0	47.0	49.7	49.6	50.0	
de 600 à 640			-	0.7	0.8		40.5
de 520 à 600						1.1	
de 400 à 520						0.9	1.6
de 200 à 400						0.6	6.6
de 160 à 200						0.4	3.7
de 80 à 160						-	8.2
en dessous de 80							2.9
Superf. du (km2) bassin	5 300	8 350	13 555	18 510	19 985	21 600	26 400
Pt culminant (m)	884	884	1 225	1 225	1 225	1 225	1 225
Alt. exutoire (m)	647	644	634	628	617	150	15
Alt. moyenne (m)	686	682	682	682	687	665	550

On ne s'étonnera pas de trouver dans ce tableau des tranches d'altitude de tailles très différentes. La tranche 200-400 par exemple n'a pas été scindée en plusieurs tranches, du fait de son extension limitée (région d'Eséka) et du dessin "très tourmenté" des courbes de niveau.

La détermination de l'altitude moyenne, qui découle de l'analyse des courbes hypsométriques aboutit à des valeurs très voisines d'Ayos à Eséka (686 à 665 m) ; le poids du bassin aval ne fait tomber l'altitude moyenne du bassin de Dehane qu'à 550 m.

Nous avons reproduit en perspective cavalière, dans la fig. 30, l'hypsométrie de 3 bassins typiques du NYONG, ramenée aux dimensions du rectangle équivalent. Cette figure suffit déjà à elle seule à expliquer les différences que l'on mettra plus loin en évidence dans le comportement hydrologique du NYONG de l'amont vers l'aval.

4.3 - Indices de pentes

A partir de l'hypsométrie des bassins, on a déterminé d'une part, l'indice de pente global Ig qui est le rapport de la denivelée mesurée entre les altitudes dépassées pour 95 % et 5 % de la courbe hypsométrique, ramenée à la longueur du rectangle équivalent, d'autre part l'indice de pente de ROCHE IP. Celui-ci tient compte de la forme de la courbe hypsométrique, et de l'importance des différentes tranches d'altitude.

$$Ip = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{1}^{n} \sqrt{a_i \; d_i}$$

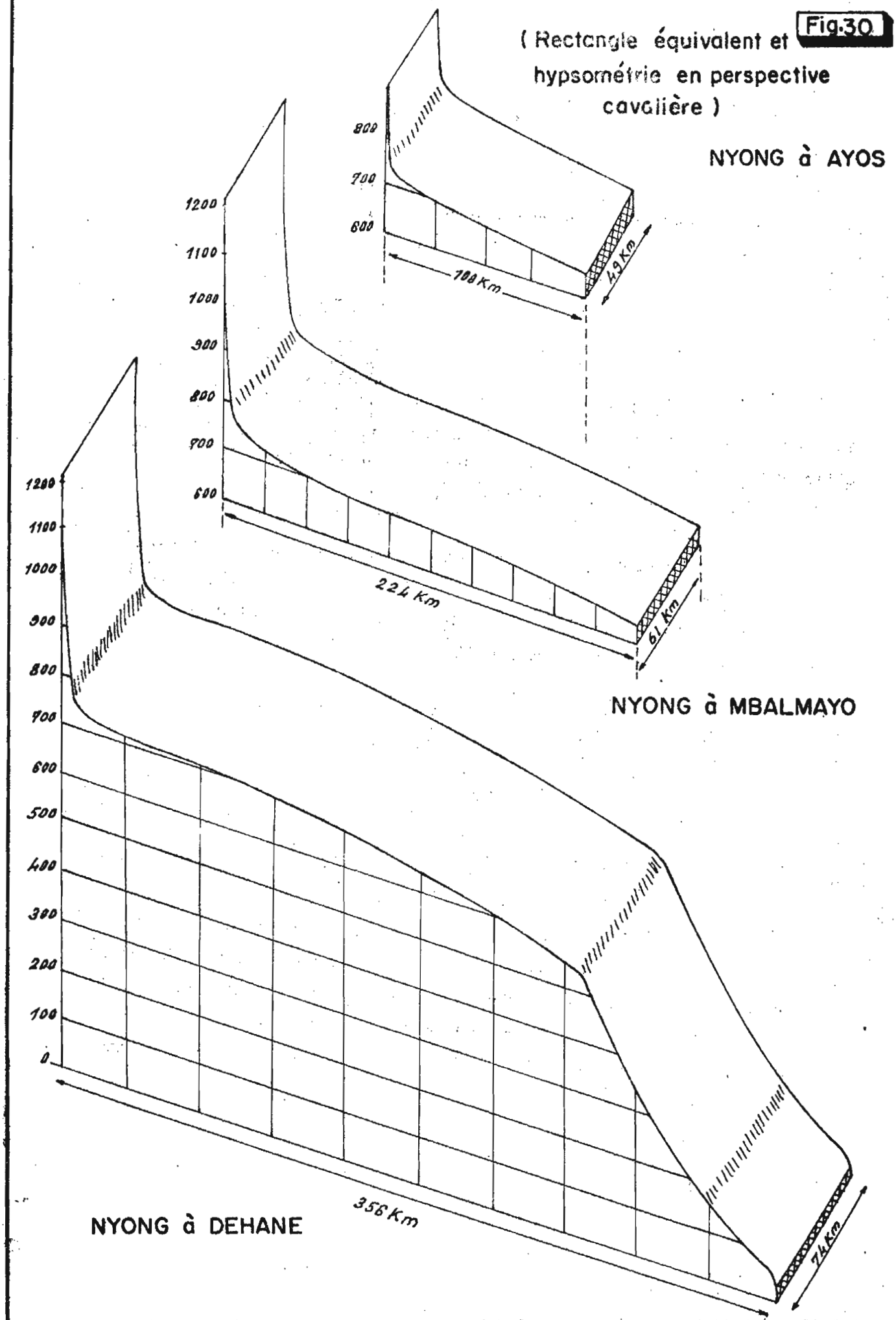
a_i étant la superficie en pourcentage correspondant à la denivelée d'une tranche d'altitudes et L longueur du rectangle équivalent, On aboutit aux résultats suivants :

	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	OLAMA	KAYA	ESEKA	DEHANE
IG o/oo	0.69	0.68	0.41	0.42	0.43	0.44	1.77
Ip	0.0308	0.0314	0.0255	0.0250	0.0254	0.0323	0.0412

CARACTERISTIQUES DE FORME DES BASSINS DU NYONG

Fig.30

(Rectangle équivalent et hypsométrie en perspective cavalière)



date	des.

La comparaison des deux types d'indice est intéressante, car elle met en évidence la divergence des résultats et justifie à posté-riori le calcul de Ip qui, tant à l'amont qu'à l'aval à partir d'Eséka, rend compte de la réelle physionomie des bassins.

4.4 - Profils en long

Nous indiquons dans les figures 31, 32 et 33 les profils longitudinaux du NYONG et de ses principaux affluents. Les profils des affluents permettent de se faire une idée des profils transversaux du bassin du NYONG de l'amont vers l'aval du bassin.

La pente moyenne du NYONG a été déterminée pour chaque station étudiée :

1° en ne considérant que les 60 % médian du profil (J. RODIER) ;

2° en considérant l'ensemble du profil ;

3° en considérant la denivelée totale.

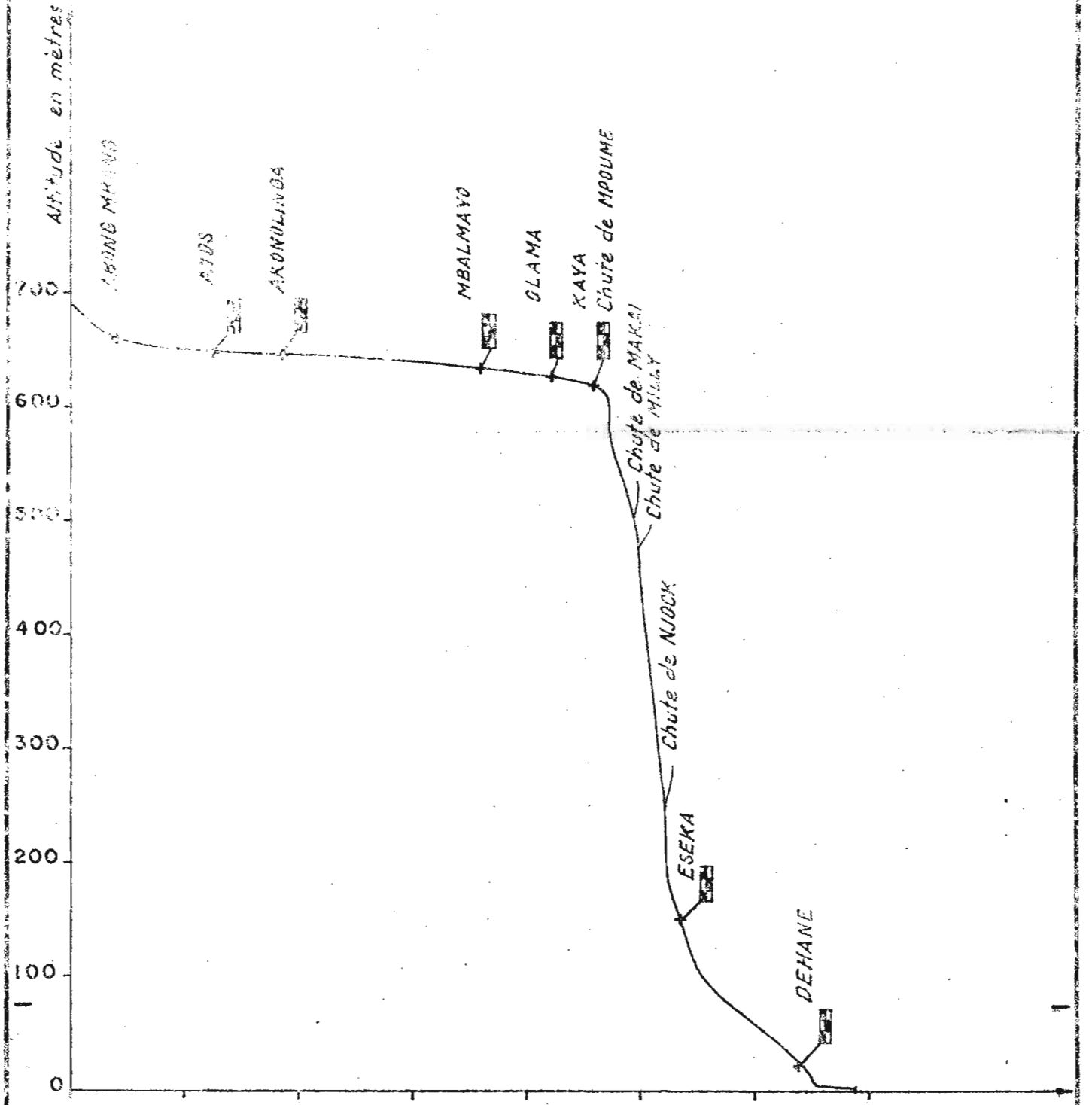
Les résultats sont donnés en ê/oo ou m/km.

	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	OLAMA	KAYA	ESEKA	DEHANE
en o/oo							
p (60 %)	0.25	0.14	0.07	0.08	0.08	0.08	0.56
p (100%)	0.34	0.25	0.15	0.15	0.16	1.01	1.05
Ip	1.P	1.26	1.62	1.40	1.32	2.01	1.88
réseau							

Comme pour les indices de pente une certaine distorsion apparaît entre les valeurs extrêmes, suivant le mode de calcul. Le choix du paramètre paraissant le mieux approprié à la physionomie du bassin, ici p (100 %), est délicat car il ne correspond pas forcément au meilleur paramètre pour d'autres bassins, pour d'utiles comparaisons des régimes hydrologiques.

Fig. 31

PROFIL GENERAL DU NYONG



date	des.

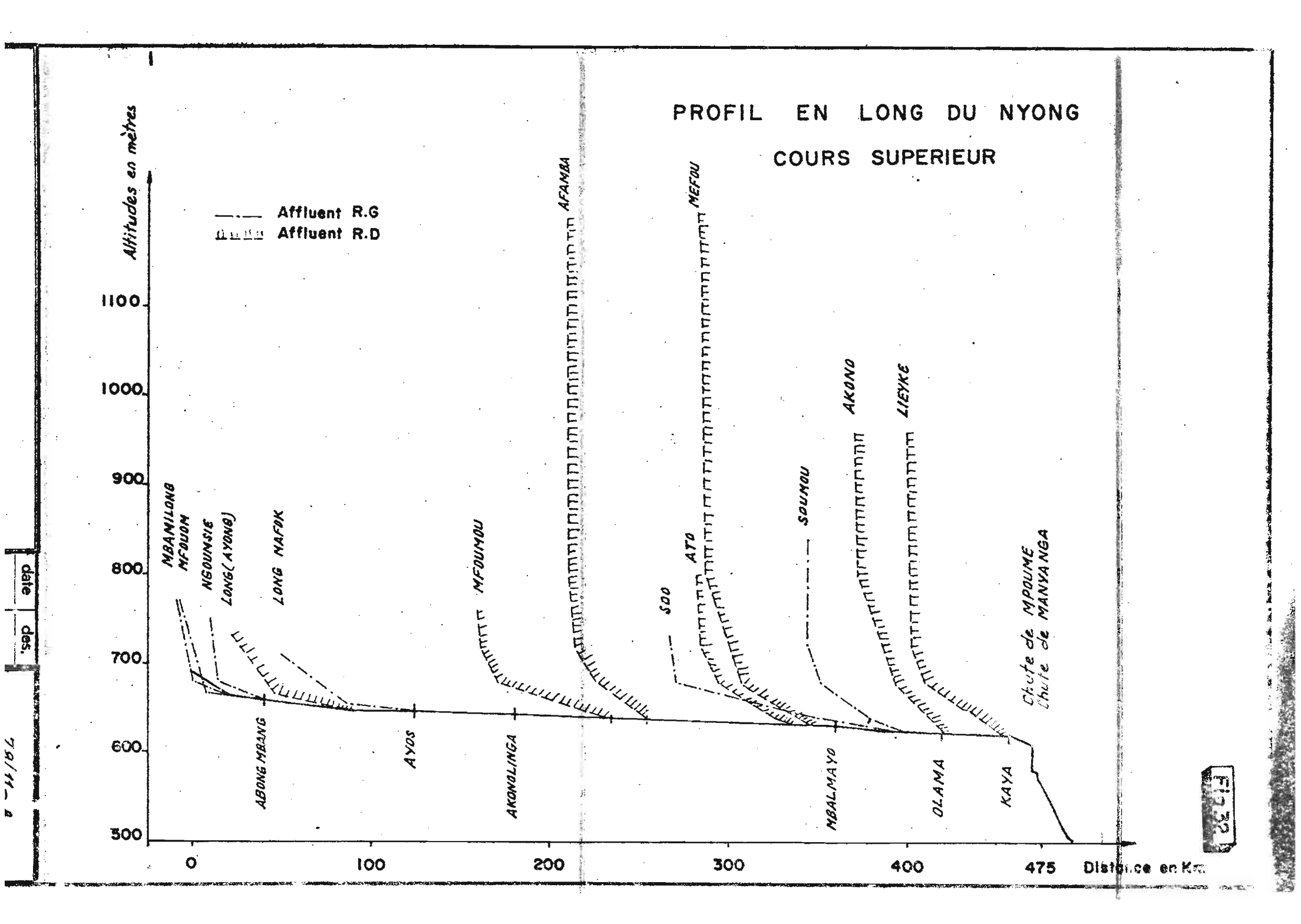
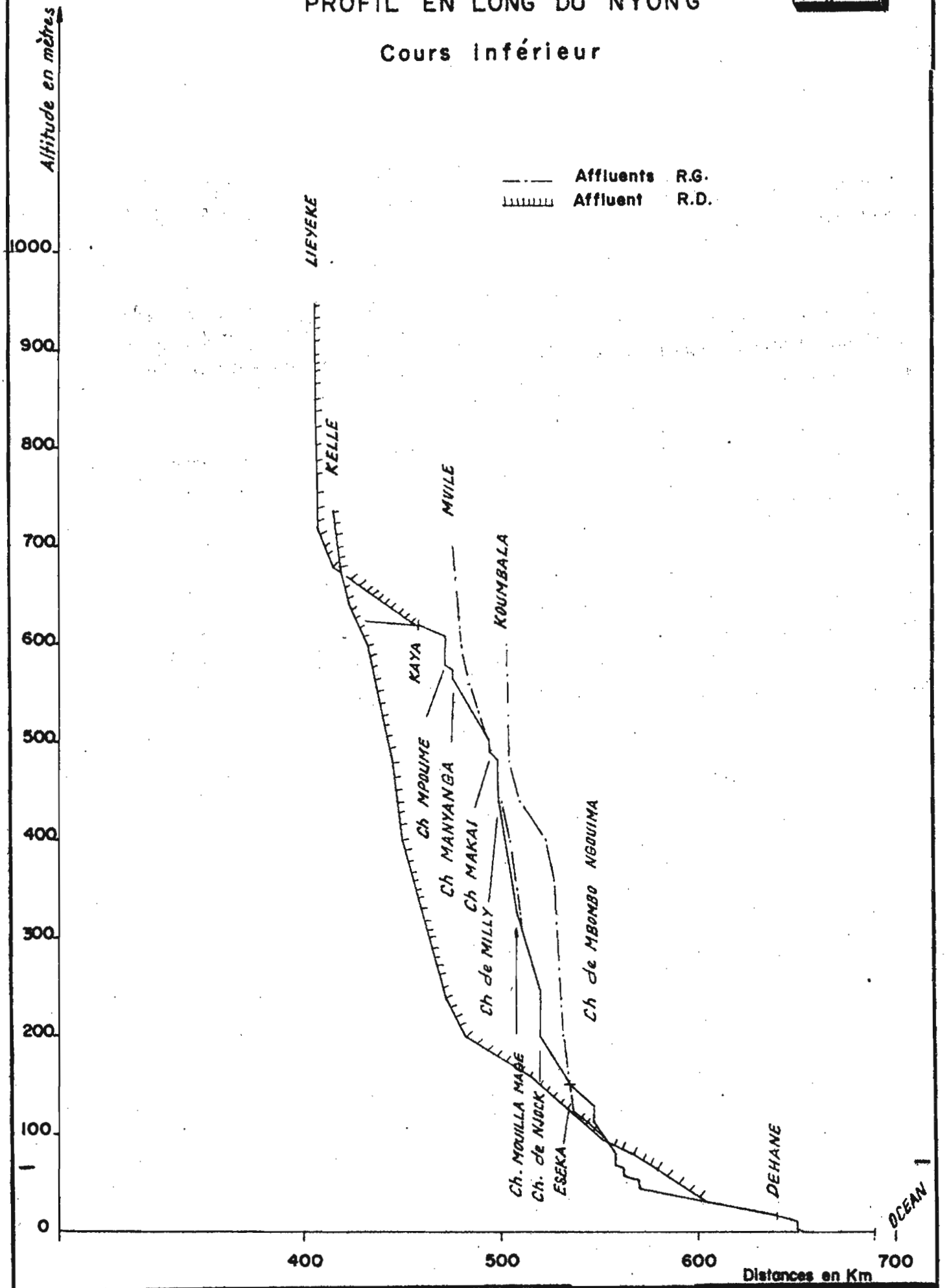

PROFIL EN LONG DU NYONG
COURS SUPERIEUR
Altitudes en mètres
Affluent R.G
Affluent R.D
1100
1000
900
800
700
600
500
0
100
200
300
400
475
Distance en Km
MBAMILONG
MFOUOM
NGOUNSIE
LONG (AYONG)
LONG MAFOK
MFOUMOU
AFAMBA
SOO
ATO
MEFOU
SOUMOU
AKONO
LIEYKE
Chute de MPOUME
Chute de MANYANGA
ABONG MBANG
AYOS
AKONOLINGA
MBALMAYO
OLAMA
KAYA
date
des.
78/11-A

Fig 32

Fig 33

PROFIL EN LONG DU NYONG

Cours inférieur



date	des.
	78/11-7

5. CONCLUSIONS.

En guise de conclusion, nous indiquons dans le tableau, 15 l'évolution des superficies du bassin du NYONG d'une station à l'autre de l'amont vers l'aval en précisant :

- le gain de superficie en % du bassin versant de la station considérée, par rapport aux bassins des stations amont d'AYOS, d'AKONOLINGA, de MBALMAYO et par rapport au bassin de la 1ère station amont, gain indiqué aussi au km2.

- la part prise par les bassins des principaux affluents au gain de superficie du NYONG d'une station à l'autre, exprimée en km2 et pourcentage de ce gain.

Les affluents ont été classés suivant qu'ils étaient de rive droite, ou de rive gauche, venant du Nord ou du Sud avec corrélativement une influence plus ou moins marquée du climat équatorial de transition.

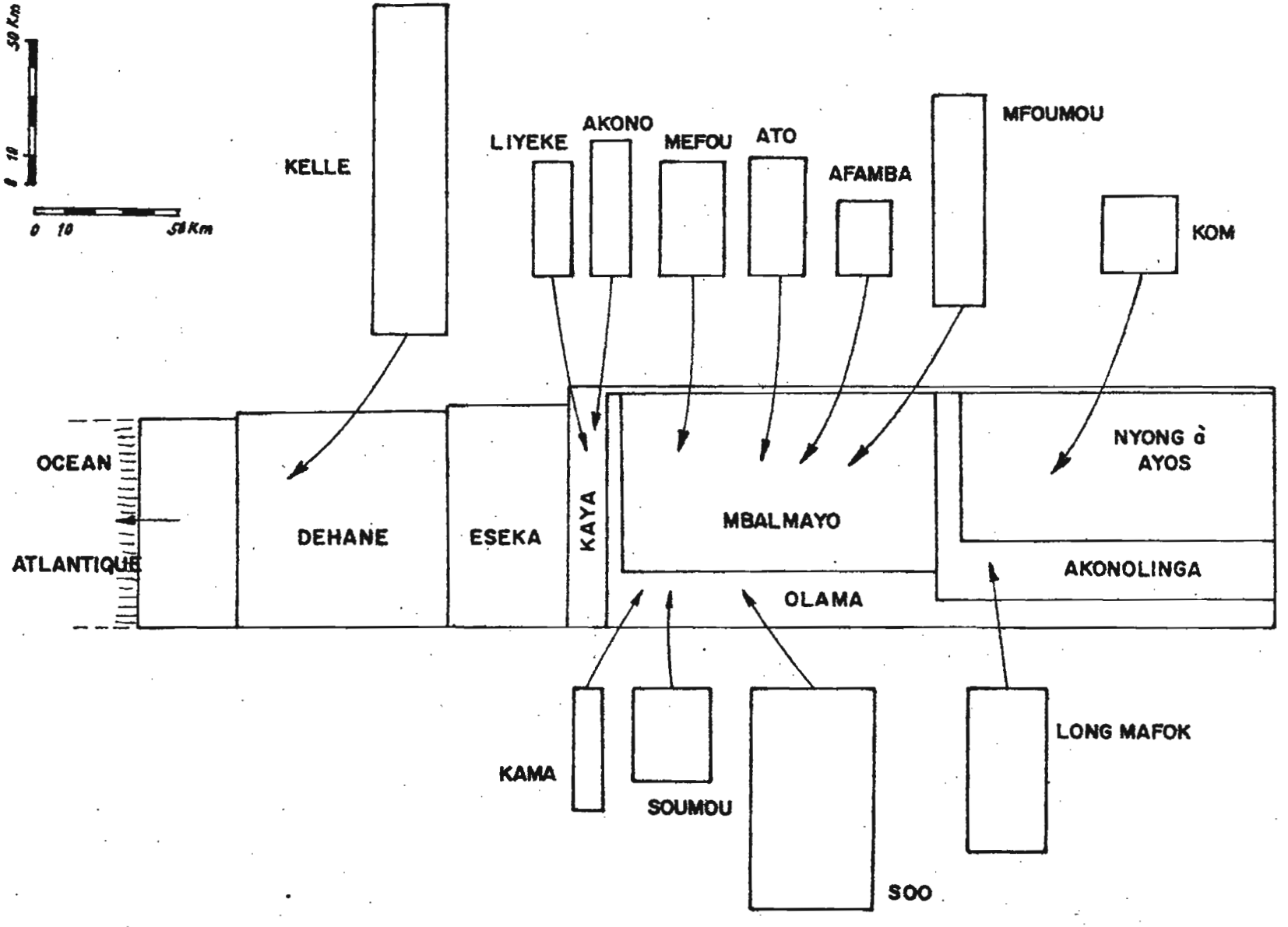
La figure 34 schématise le bassin du NYONG et de ses principaux affluents.

TABLEAU 15

STATION	SUPERFICIE	Gain de superficie par rapport à la 1ère station amont en					Part du gain de superficie des principaux affluents (en km et en %)	
		AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	%	km2	Rive droite Nord	Rive gauche Sud
AYOS	5 300	-					KOM (695-13%	
AKONOLINGA	8 350	58			58	3 050		LONG MAFOK (1520-50 %)
MBALMAYO	13 555	156	62		62	5 205	MFOUMOU (1260-24 %) AFAMBA (485-9 %) ATO(740-14 %) MEFOU 840 - 16 %)	
OLAMA	18 510	249	122	37	37	4 955		SOO(3120-63%) SOUMOU (820-17 %) KAYA(445-9 %)
KAYA	19 985	277	139	47	8	1 475	AKONO (610-41 %) LIYEKE (550-34 %)	
ESEKA	21 600	308	159	59	8	1 615		
DEHANE	26 400	398	216	95	22	4 800	KELLE (2700-58 %)	

LE NYONG ET SES AFFLUENTS PRINCIPAUX

Fig.34



date | des.

CHAPITRE IV EQUIPEMENT ET MESURES HYDROMETRIQUES

1/ LES STATIONS SUR LE NYONG

1.1 - Le NYONG à ABONG MBANG (situation historique)

La station, abandonnée en 1972, contrôlait d'après les documents cartographiques les plus récents un bassin de 965 km2. L'imprécision des cartes anciennes notamment dans les zones de captures (la Doume) explique les différentes superficies du bassin versant relevées dans des publications précédentes (851 km2, 880 km2, 900 km2).

La station a pour coordonnées : - latitude 3° 59 N
- longitude 13° 10' N

La station existait depuis au moins 1910 d'après AUDOIN (rappelons qu'à cette époque, le NYONG constituait l'axe de communication principal de la région). Les relevés, pour autant qu'ils aient été réguliers, ne nous sont pas parvenus. Seules existent des données depuis 1940. Correspondant à une échelle installée par les TP à cette époque (DARNAULT) et déplacée sur le pont le 4/8/1946, avec le zéro 20 cm plus bas. Cette échelle a été détruite en 1950 avec le pont.

L'échelle limnimétrique est située en rive gauche, en aval du pont de la route de Doume, et a été installée en février 1951. Le zéro de l'échelle est à l'altitude 656,69 m, soit à 5 m 73 au-dessous d'un repère scellé dans la culée aval du pont rive gauche, côté à 662,42 m. (Nivellement IGN 1954).

La prise en charge de la station par l'ORSTOM a pratiquement coïncidé avec l'arrêt progressif de la navigation. L'encombrement de plus en plus marqué du lit de la rivière a conduit à l'abandon de la station en 1972.

MESURES :

Deux jaugeages ont été effectués par les T.P. le 22/1/46 et le 20/6/47. Huit jaugeages effectués par l'ORSTOM, en partie aux flotteurs permettent un tarage provisoire entre 2 et 23 m3/s. La dispersion est notable ; elle est due, d'une part à un écoulement peu favorable et à la difficulté de trouver une section correcte, d'autre part au caractère sommaire d'un certain nombre de jaugeages.

Les dix jaugeages suivants présentent une dispersion telle qu'il n'est plus possible de parler de tarage de la rivière.

La liste des jaugeages est connée ci-après (Echelle ORSTOM) :

Date	H cm	Q m3/s	Date	H cm	Q m3/s
10/2/51	58	2.42	9/12/54	281	10.1
24/3/51	156	7.6	18/12/55	284	8.9
16/6/51	98	2.94	13/10/58	105	4.4
26/3/52	74	2.00	7/11/58	339	22.6
26/6/52	290	17.7	2/12/58	309	11.7
26/9/52	234	16.2	13/7 /62	330	12.6
18/4/53	204	7.9	6/10/62	342	10.2
6/11/53	323	22.6	9/12/62	355	17.7
20/1/54	198	2.14	8/3/67	180	3.0

ETALONNAGE ET LECTURES D'ECHELLE

L'étalonnage approximatif est périmé depuis la fin de 1953 environ. Il a été utilisé sur la période 1940-1952 pour laquelle une lacune importante des relevés est observée de juillet 1947 à février 1951. Lacune également en juin 1952.

Dans le chapitre "Données de base" nous donnerons à titre indicatif les quelques résultats de cette période, ainsi que les hauteurs limnimétriques caractéristiques de la période qui a suivi.

1.2 - Le NYONG à AYOS (Situation et Historique)

La station contrôle un bassin de 5 300 km2.

Elle a pour coordonnées : -latitude 3°53' N

- longitude 12° 31' N

Elle est située en amont du pont AYOS-ABONG MBANG en rive droite.

Elle a été installée le 23 mars 1951 par l'ORSTOM et était composée d'éléments d'échelle de 0 à 5 m. Le zéro est à 8.194 m sous une borne I.G.N. n° 25 et côtée 653.794 m. L'altitude du zéro est de 645.60 m. Le zéro est donné à 4.624 m sous un repère "Hydro" pris sur une roche en bordure de piste à la sortie du pont côté AYOS.

Le 29 mars 1956, la station est complétée par un élément de 5 à 6 m et remise en état (l'élément 2.3, incliné, présentant un décalage vers le bas de 138 m).

Le 4 mars 1965, après réfection de la station, calée sur le même zéro, il est procédé à la mise en place d'une borne hydro au droit des échelles, 5.91 m au-dessus du zéro.

MESURES :

Cinquante jaugeages ont été effectués entre mars 1951 et juin 1977. Ces jaugeages réalisés entre les côtes 002 et 462 donnant respectivement 4.6 et 193 m3/s, ont permis l'étalonnage de la station. La liste des jaugeages est donnée dans le tableau 16.

ETALONNAGE ET LECTURES D'ECHELLE

Deux courbes d'étalonnage ont été ajustées à l'échantillon de mesures de débit, un détarage ayant été constaté entre 1963 et 1964.

Le graphique donne ces courbes (figure 35).

Les barèmes de traduction hauteur-débits ont été obtenus par extrapolation des courbes pour les débits extrêmes.

TABLEAU N° 16

NYONG A AYOS

JAUGEAGES							
N°	DATE	H cm	Q m3/s	N°	DATE	H cm	Q m3/s
1	23/3/51	23	5.6	26	16/7/68	300	56.2
2	7/11/53	370	95.5	27	9/3/71	16	5.85
3	21/1/54	88	12.1	28	8/11/71	438	155.0
4	12/10/54	344	96.5	29	14/2/71	33	9.64
5	8/12/54	352	83.5	30	19/3/72	20	8.04
6	20/12/55	300	68.5	31	18/5/72	163	29.1
7	23/10/57	462	193	32	30/1/73	46	13.6
8	11/12/57	352	95.5	33	21/2/73	15	7.76
9	13/12/57	346	92.5	34	5/3/73	10	5.9
10	21/1/58	190	33.0	35	12/3/73	02	4.6
11	7/11/58	385	154.0	36	19/11/73	412	150
12	3/12/58	330	98.0	37	26/1/74	88	24.6
13	22/12/58	269	60.0	38	11/3/74	14	8.31
14	18/2/59	46	15.8	39	6/11/74	429	161
15	14/2/61	142	23.4	40	22/11/74	425-426	138
16	13/7/62	324	83.0	41	3/2/75	75	13.45
17	5/10/62	316	85.5	42	11/11/75	414	141
18	8/12/62	382	116.0	43	?	45	6.55
19	21/2/63	159		44	24/1/76	209	35.2
20	15/4/65	193	31,2	45	15/7/76	190	28.5
21	31/5/65	309	68.0	46	23/9/76	168	29.7
22	25/8/65	257	48.1	47	10/11/76	365	105
23	22/10/65	410	129.0	48	16/12/76	282.5	50.5
24	9/11/65	402	128.0	49	12/03/77	4	4.6
25	25/3/66	24	7.85	50	13/06/77	190	30.3

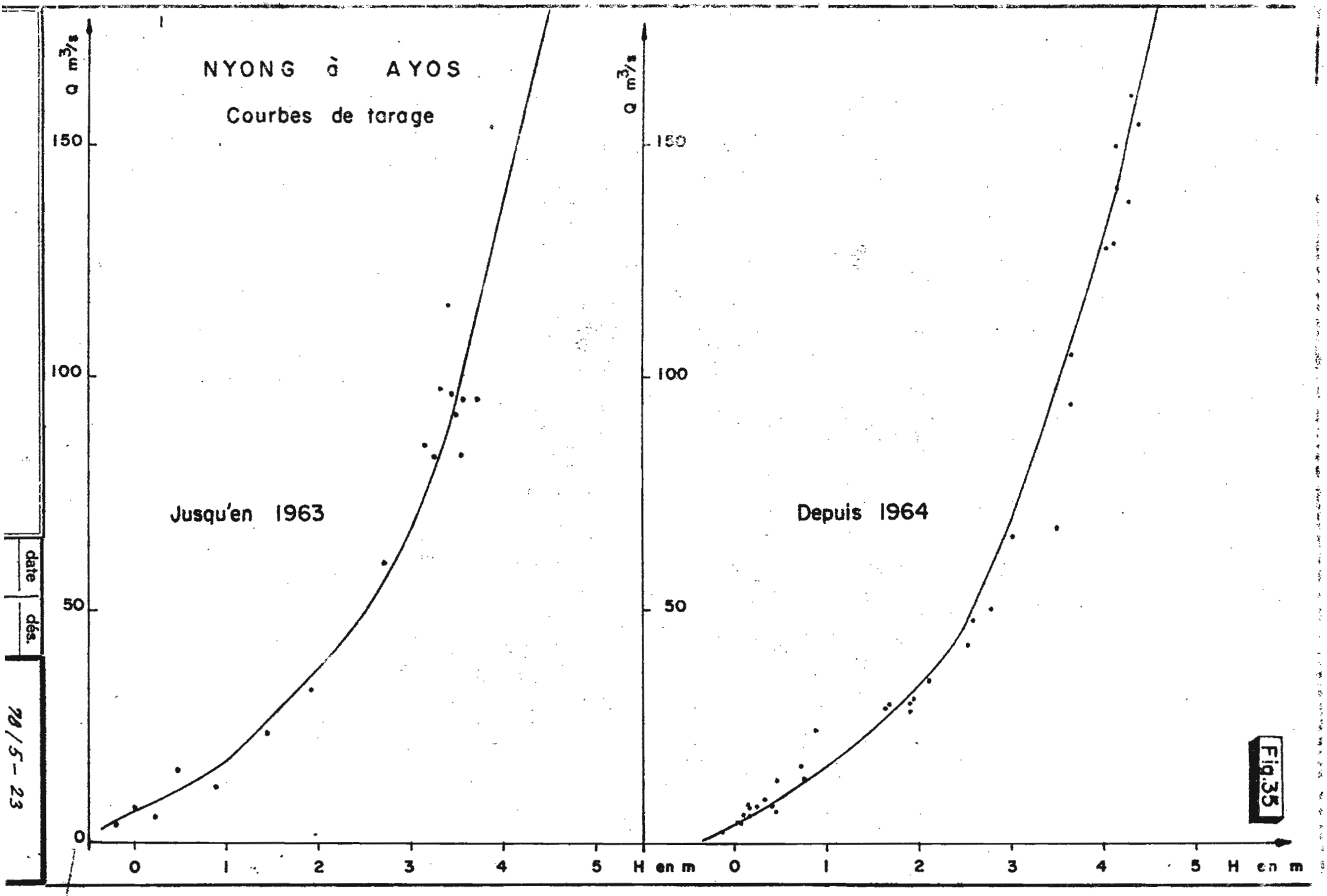


Fig.35

date
dés.

78/5-23

Barême à utiliser de 1951 à 1963

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
-10	4	100	18	250	50	400	139
000	7	150	28	300	68.3	450	181
50	12	200	38	350	98	500	-

Barême à utiliser depuis 1964

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
-010	20	100	16.9	250	48.0	400	131.5
000	4.0	150	24.9	300	70.0	450	172.5
050	9.6	200	34.0	350	98.5	500	219.5

Les lectures d'échelle effectuées deux fois par jour sont régulières. Absence de relevés du 1/11 au 7/12/62, du 8 au 19/2/63. En 1964 hauteurs supérieures à 5 m entre le 27/10 et le 4/11 non relevées, mais maximum nivelé.

1.3 - Le NYONG à AKONOLINGA (Situation et Historique)

La station contrôle un bassin versantde 8 350 km2.
Ses coordonnées sont : - latitude 3° 47' N
- longitude 12° 15' E

Installée le 22 janvier 1954 par l'ORSTOM, le zéro des échelles était à l'altitude 642.859 m, 3.482 m sous un rivet "37.1" (système I.G.N.) côté 646.341 m et placé sur la culée rive droite de l'ancien pont côté aval. Le 23/12/1958, un léger décalage apparaît (0.6 cm) par rapport au macaron IGN d'altitude 647.617 (placé sur culée rive gauche amont) (zéro à 4.742 m sous le macaron). Les échelles sur l'ancien pont ont été détruites par le bac dont la remontée a exigé la destruction du pont le 2 juin 1963.

Le 31 juillet 1963, de nouvelles échelles sont installées en aval, rive droite de l'ancien pont. Le zéro est placé 1 m plus bas que le précédent (3.485 m sous repère "37.1"). La station est alors composée d'éléments de 0 à 6 m.

Le 28 janvier 1964, le zéro des échelles est recalé dans l'ancien système à l'altitude de 642.855 m.

Le 14 juillet 1971, après la construction d'un nouveau pont (1er semestre 71), une nouvelle station est implantée à 40 m en amont du pont en rive droite, légèrement en amont de l'accès de l'ancien bac. Le zéro des échelles a été conservé à la même altitude ; il est à 9.614 m sous des repères constitués par des vis soutenant le 1er support des mains courantes gauche et droite du pont (boulons extérieurs)

Le 30 janvier 1973, la station est refaite en rive gauche à l'amont du pont (élément de 0 à 3 m et d'un élément négatif 9-10) ; puis le 6 août 73, d'éléments de 3 à 5 m.

Signalons qu'une précédente échelle a été installée en 1946 par les TP, et lue jusqu'en 1948. Les relevés n'ont pas pu être rapportés valablement à l'échelle ORSTOM.

MESURES

De janvier 1954 à juin 1977, quarante deux jaugeages ont été effectués entre les côtes 36 et 408 pour des débits compris entre 6.1 et 295 m3/s.

La liste des jaugeages est donnée dans le tableau 17.

Trois jaugeages ont été faits avant 1954 (deux en 1946, un en 1947). Ils indiquent pour une même hauteur d'eau des débits nettement inférieurs à ceux de la période 1954-1977, ce qui implique vraisemblablement un changement du zéro et d'implantation en 1954.

ETALONNAGE ET LECTURES D'ECHELLE

Les jaugeages s'ordonnent sans dispersion notable autour d'une unique courbe de tarage (figure 36). L'étalonnage est de bonne qualité. Le barême suivant a été utilisé :

H cm	Q m3/s	H cm	Q m3/s	H cm	Q m3/s	H cm	Q m3/s	H cm	Q m3/s
-50	4	50	24	150	52	250	118	350	222
-25	7	75	29.3	175	63.5	275	141	400	285
0	14	100	35.1	200	78	300	166	450	348
25	19	125	41.8	225	97	325	192	500	411

Les lectures sont de bonne qualité en dépit d'un nombre important de lacunes : du 1 au 7 janvier, du 1 au 22 mars, mai, juillet, et du 13/11 au 24/12, en 1955. En 1956, du 19 au 31/1, février, mars du 1 au 6/4, du 18/5 au 15/6, du 18/8 au 13/10.

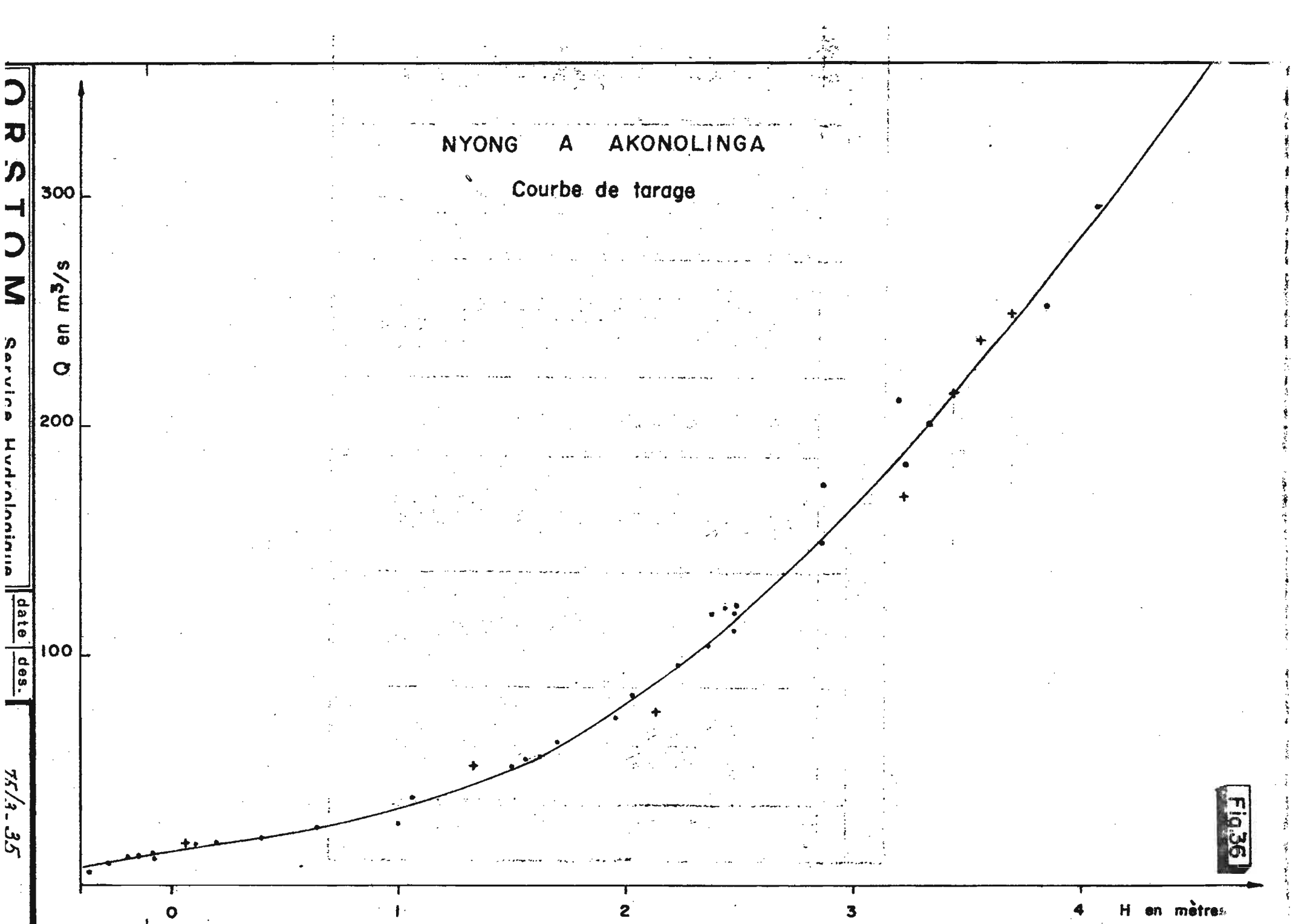
En 1957, février, mars, avril, mai, 21 au 24/10 et 27 au 29/10. En 1958, du 13 au 24/2, du 17/3 au 13/4, et du 13 au 31/8. En 1959, du 13 au 24/3, du 17/4 au 19/5, du 13 au 30/9. En 1963, du 21 au 30/6. En 1964, du 16 au 28/1, du 20 au 25/2, du 11 au 17/3. En 1966, du 4 au 15/3. En 1972, du 1/2 au 5/3.

Les correspondances d'échelles, avec AYOS et MBALMAYO permettent de reconstituer les relevés manquant à l'échelle du jour pour les lacunes de courte durée, ou du mois pour les lacunes plus importantes.

TABLEAU N° 17

NYONG A AKONOLINGA

JAUGEAGES							
N°	Date	H cm	Q m3/s	N°	Date	H cm	Q M3/s
1	2 2/1/54	100	26.2	23	13/7/71	223	96.0
2	8/7/54	236	104.5	24	8/11/71	385	252.0
3	8/12/54	286	149.5	25	14/02/72	64	25. 0
4	21/12/55	249	121.0	26	19/3/72	-7	11.92
5	20/9/57	248	111.0	27	21/8/72	162	56.0
6	25/10/57	408	295.0	28	30/1/73	40	20.8
7	12/12/57	323	183.0	29	21/2/73	9.845(-15.5)	12.3
8	21/1/58	196	73.0	30	5/3/73	9.715(-28.5)	9.3
9	8/9/58	20	19.0	31	12/3/74	9.64(- 36)	6.1
10	8/11/58	320	211.0	32	26/1/74	98	35.8
11	4/12/58	287	174.0	33	12/3/74	-20	11.8
12	23/12/58	238	118.0	34	5/11/74	356	238
13	19/2/59	11	18.0	35	23/11/74	371	250
14	15/2/61	157	54.4	36	3/2/75	106	39.6
15	12/07/62	244	120.0	37	8/4/75	6	18.6
16	6/10/62	203	83.2	38	11/11/75	344	215
17	5/12/62	333	200.0	39	24/1/76	213	75.6
18	20/2/63	150	52.0	40	24/9/76	133	52.4
19	3/3/65	170	63.0	41	10/11/76	322-323	170
20	16/3/66	-19	12,0	42	13/06/77	164	62.8
21	7/3/67	- 8	13.7	43	15/12/77	227-226	95.4
22	15/7/68	248	118.0	44	22/1/78	67	35.2
				45	3/3/78	- 60	6.89


NYONG A AKONOLINGA
Courbe de tarage
Q en m³/s
300
200
100
0
1
2
3
4
H en mètres
Fig.36
ORSTOM
Service Hydrologique
date
des.
75/3-35

1.4 - Le NYONG à MBALMAYO (Situation et Historique)

La station contrôle un bassin versant de 13 555 km2.
Ses coordonnées sont : - latitude 3° 31' N
- longitude 11° 30' E

Une première station a été installée en 1940, sur la culée rive droite côté amont, du pont. L'échelle limnimétrique était constituée d'un chevron en bois encoché tous les 5 cm. Elle a été observée de manière discontinue de 1940 à 1947.

Le 1er février 1951, l'ORSTOM cale au même zéro sur le chevron des éléments de tôle émaillée. Le 17 mars 1951, une nouvelle station est installée en rive droite et à 50 m en amont du Pont. Le zéro de l'échelle est à 35 cm en dessous du zéro de l'ancienne station, à l'altitude 633,507 m, soit à 7.741 m sous le repère I.G.N., constitué par un piton situé à l'entrée du pont côté amont, rive gauche sur la partie extérieure de la maçonnerie (641.248 m) (avril 1954). Un nivellement de contrôle le 26/2/64 confirme l'altitude du zéro.

Cette station donne le zéro à 633.467 m, soit 4 cm plus bas. Par suite de la détérioration continuelle des éléments d'échelle par la manipulation des grumes du parc à bois, la station a été déplacée vers l'amont de 200 m. Tous les éléments ont été scellés sur le quai. Le zéro actuel est à 633.47 m. (15/12/71).

MESURES

Cinquante huit jaugeages ont été effectués depuis l'origine jusqu'à juin 1977, entre les côtes -005 et 556, correspondant respectivement à des débits de 12.4 et 551 m3/s. Les cotes étant ramenées à l'échelle 1971, la liste des jaugeages est donnée dans le tableau 18.

TABLEAU N° 18

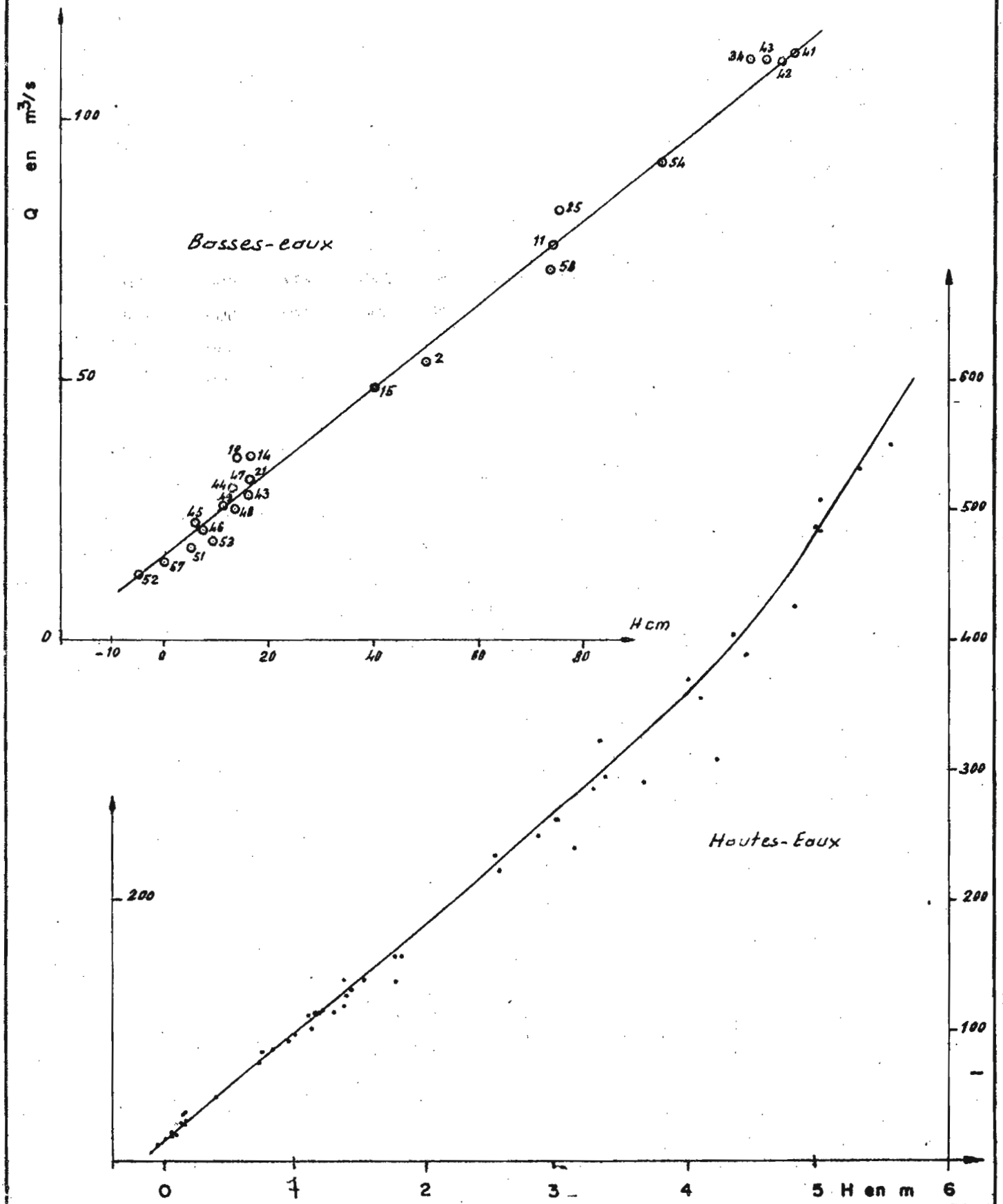
NYONG A MBALMAYO

JAUGEAGES							
N°	Date	H cm	Q m3/s	N°	Date	H cm	Q m3/s
1	10/9/47	20(55)	78	30	17/12/64	534	351
2	4/2/51	50	53.5	31	12/12/64	287	251
3	17/3/51	16	27.7	32	30/12/64	231	207
4	29/5/51	130	114	33	28/1/65	138	139
5	2/6/51	138	119	34	10/2/65	112	112
6	8/6/51	113	102	35	16/4/65	83	86
7	7/10/51	334	240	36	21/5/65	144	132
8	25/10/51	423	308	37	23/4/65	141	132
9	20/11/53	368	291	38	26/4/65	153	139
10	9/3/55	14	35.3	39	29/4/65	178	139
11	24/5/55	74	76	40	6/1/66	140	127
12	31/5/56	182	157	41	13/1/66	120	113
13	4/12/56	328	286	42	20/1/66	118	112
14	23/2/57	16	36	43	21/1/66	115	113
15	24/4/57	40	48.6	44	28/2/66	13	29.5
16	29/10/57	445	389	45	9/3/66	6	22.7
17	9/11/57	482	426	46	19/3/66	7	20.7
18	6/12/57	410	356	47	12/2/71	16	30.9
19	21/11/58	337	295	48	22/2/72	13.5	25
20	9/12/58	256	223	49	[illegible]	11	25.9
21	17/2/59	16	31	50	26/2/73	4	13.7
22	10/9/62	115	113	51	27/2/73	5	17.6
23	17/11/62	435	403	52	13/3/73	- 5	12.4
24	28/12/62	253	234	53	13/3/74	9	18.8
25	25/3/63	75	83	54	23/1/75	95	91.6
26	10/11/64	556	551	55	1/11/76	300	262
27	21/11/64	532	532	56	10/12/76	177	157
28	28/11/64	502	509	57	8/03/77	000	14.08
29	10/12/64	400	371	58	03/06/77	74	70.3
				59	6/03/78	6	15.6

Fig.37

NYONG à MBALMAYO

Courbe de tarage



date	des.
77/11-6	

ETALONNAGE ET LECTURES D'ECHELLE

Une seule courbe de tarage a été retenue. Elle est obtenue avec une bonne précision, en dépit d'une certaine dispersion. Les mesures de 1951 et 1953 en hautes-eaux paraissent sous-estimées, mais ne justifient pas d'envisager un tarage évolutif (YAYER) la section étant stable. La figure 37 reproduit la courbe d'étalonnage de la station. A noter que l'extrapolation faite pour les débits extrêmes est minimale. Le barême employé est le suivant :

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
		75	77	175	157	275	247	450	414
0	17	100	97	200	180	300	270	500	485
25	37	125	117	225	202	350	315	550	565
50	57	150	137	250	225	400	361	600	

Les lectures effectuées une fois par jour, sont régulières et de bonne qualité. Les lacunes sont relativement peu nombreuses.

En 1955 manque du 10 au 12/3 ; en 1957, manque le 5 août.

En 1959 lacune du 1 au 24/2 ; en 1961, lacune du 10 au 31/3.

En 1962 lacune du 5/2 au 4/3 ; en 1966, manque 14 et 15 janvier.

En 1969, lacune du 1 au 14/1

En 1971, lacune du 22 au 29/1

En 1972, manque le 15/6.

1.5 - Le NYONG à OLAMA (Situation et Historique)

Cette station contrôle un bassin versant de 18.510 km2.

Elle a pour coordonnées : - latitude 3° 26' N

- longitude 11° 17' E

La station est située 30 m en amont du bac de la route MBALMAYO-LOLODORF. Les échelles ont été installées sur la 2è pile rive gauche du pont en construction, le 7 novembre 1964, et complétées pendant l'étiage 65. Des décalages entre les éléments ont été corrigés le 20 avril 1965. La station définitive a son zéro à 2.953 m sous un repère hydro constitué par un crochet scellé dans la pile et à 4 328 m, sous une borne I.G.N n° 308 (632.62 m). (15/2/71). Le zéro est à l'altitude 628.30 m. La station est composée d'éléments d'échelle de 0 à 6 m.

MESURES

Vingt cinq mesures complètes de débit ont été effectuées entre novembre 1964 et mars 1977. Les jaugeages sont compris entre les cotes 078 et 545, correspondant respectivement à des débits de 21.4 et 750 m3/s. La liste des jaugeages est donnée dans le tableau 19.

ETALONNAGE ET LECTURES D'ECHELLE

La courbe de tarage est obtenue avec une bonne précision, sans dispersion notable. Les jaugeages extrêmes limitent à très peu de chose l'extrapolation vers les basses et très hautes-eaux. (figure 38) Le barême utilisé est le suivant :

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
070	18	125	40	200	99	350	3 8	500	645
080	22	150	54	250	156	400	4 8	550	771
100	29	175	74	300	228	450	5 28		

Les lectures d'échelle effectuées une fois par jour sont régulières et de bonne qualité. En 1968, on observe une lacune sur le mois de mai.

TABLEAU N° 19

NYONG A OLAMA.

JAUGEAGES							
N°	Date	H cm	Q m3/s	N°	Date	H cm	Q m3/s
1	7/11/64	554		14	19/3/77	109	23.4
2	12/11/64	545	750	15	5/2/66	206	109
3	21/11/64	507	655	16	1/3/66	106	35.8
4	27/11/64	484	611	17	11/3/66	141	51.5
5	9/12/64	413	447	18	21/3/66	136	40.4
6	24/12/64	333	287	19	1/4/66	145	47.2
7	29/12/64	307	241	20	25/2/67	169	73.9
8	12/1/65	279	201	21	6/12/69	383	389
9	29/1/65	230	142	22	15/2/71	144	49.1
10	9/2/65	222	127	23	2/3/72	116	25.0
11	24/2/65	238	142	24	13/3/73	78	21.4
12	18/3/65	269	180	25	6/1/76	265	184.8
13	20/4/65	264	169	26	23/2/76	182	85

O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique | date | des. | 75/4-19

NYONG A OLAMA

Courbe de tarage

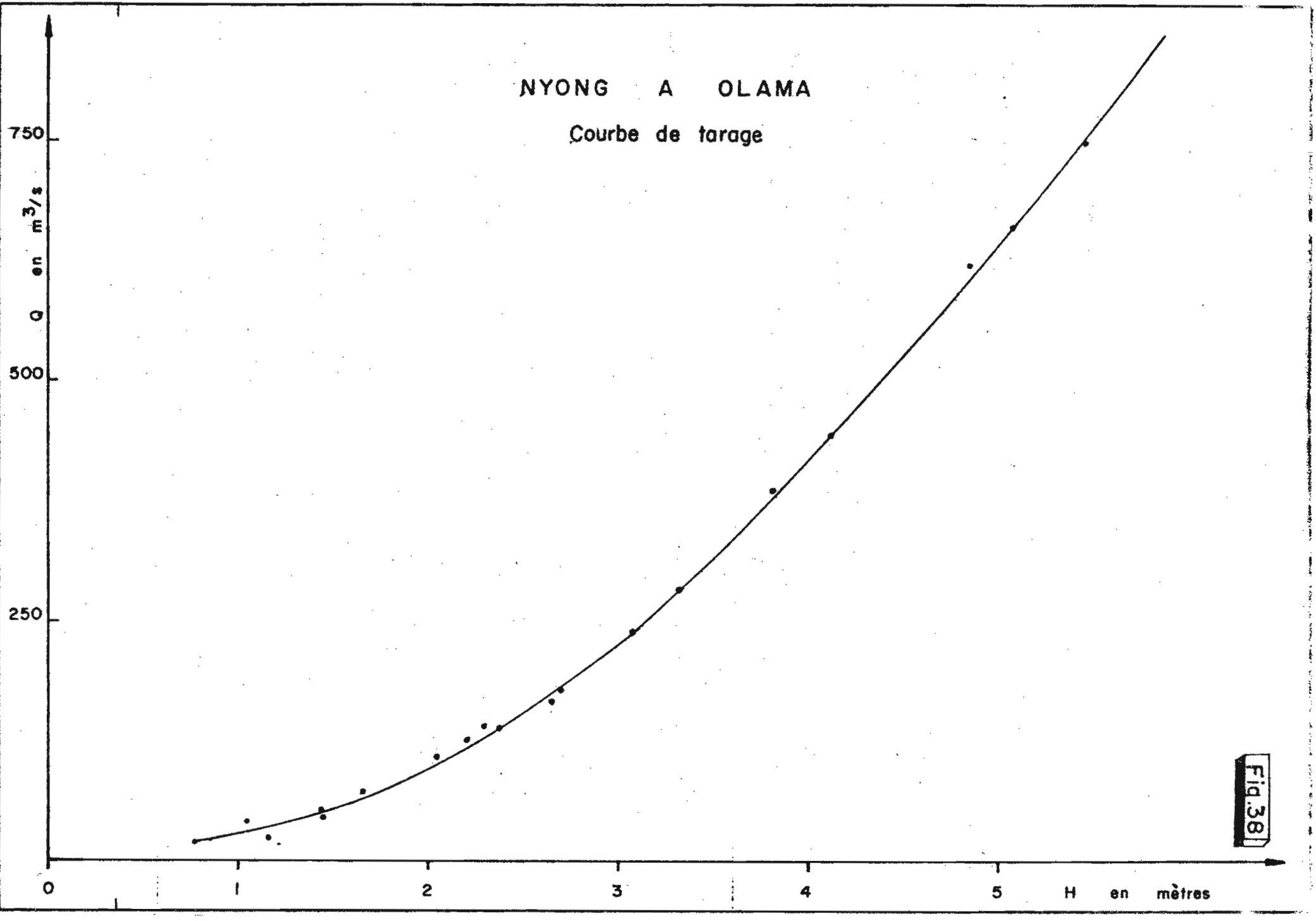


Fig.38

1.6 - Le NYONG à KAYA (Situation et Historique)

La station, qui contrôle un bassin versant de 19 985 km2, a pour coordonnées : - latitude 3° 32 N

- longitude 11° 05 E

La station, installée le 14 juillet 1965, est située à 3 km du centre sanitaire de KAYA, au passage des pirogues en rive droite du NYONG.

Elle est constituée d'éléments d'échelle de 0 à 400 placés en trois tronçons 0-1, 1-3, 3-4, sur U.N.P de 180 mm. Le zéro est à 3.585 m, sous une borne hydrologique située dans le prolongement des échelles sur la berge.

Un décalage de 4 cm vers le bas des éléments inférieurs en 1967 a été corrigé.

MESURES

Vingt sept jaugeages ont été effectués de juillet 65 à mars 77, entre les cotes : 001 et 304 correspondant respectivement aux débits 24 et 765 m3/s (tableau 20)

ETALONNAGE ET LECTURES D'ECHELLE

La courbe d'étalonnage est obtenue avec une bonne précision (figure 39). On a déduit le barème suivant :

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
0	22	75	140	150	328	225	532	300	754
25	47	100	196	175	396	250	610	325	834
50	92	125	259	200	467	275	682		

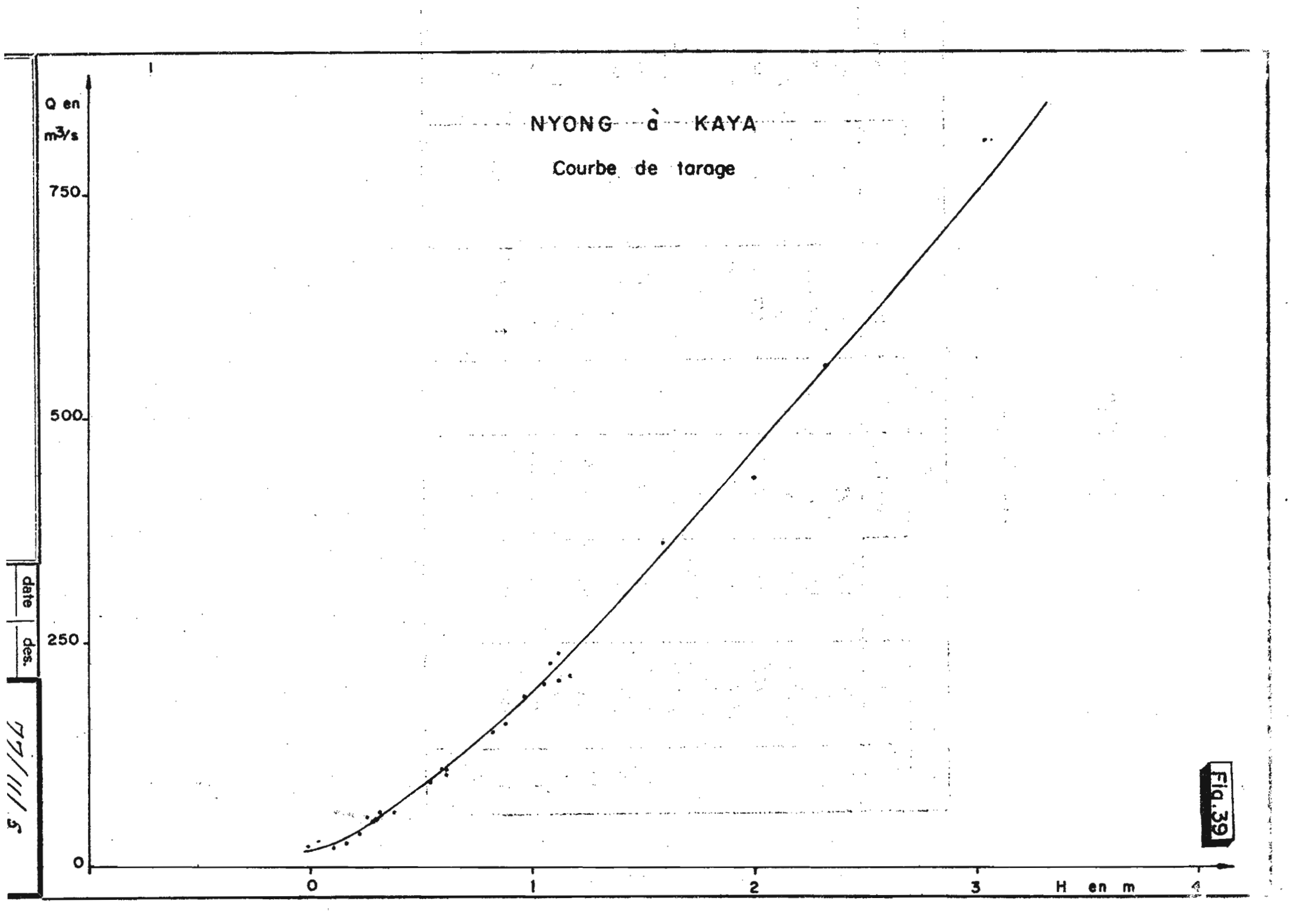
Les lectures sont effectuées 2 fois par jour. Elles sont régulières mais souvent imprécises (bâtillage).

Lacune 23 et 24/1/67. Lectures fausses du 22/1 au 28/2/71.

TABLEAU N° 20

NYONG A KAYA

JAUGEAGES							
N°	Date	H cm	Q m3/s	N°	Date	H cm	Q m3/s
1	13/7/65	112	239	15	4/3/71	61	102
2	14/7/65	108	228	16	22/3/71	82	153
3	20/7/65	105	206	17	1/7/71	112	209
4	30/7/65	88	161	18	23/7/71	117	214
5	1/9/65	96	191	19	28/10/71	304	765
6	27/10/65	209	486	20	7/2/72	54	96
7	4/11/65	232	560	21	29/2/72	10	23.2
8	8/2/66	59	110	22	3/2/72	22	38
9	24/2/66	29	54	23	14/2/73	25.5	56
10	8/3/66	16	26.5	24	13/3/73	- 1	24
11	18/3/66	31	60.5	25	17/9/75	61	109
12	26/2/68	28	51m3/s	26	31/10/75	200	435
13	11/2/69	(159)	362	27	28/3/77	10.5	25.9
14	17/2/71	38	63				


NYONG à KAYA
Courbe de tarage
Q en m³/s
750
500
250
0
0
1
2
3
H en m
4
Fig. 39
date
des.

1.7 - Le NYONG à ESEKA (Situation et Historique)

Cette station contrôle un bassin versant de 21 600 km2. Elle a pour coordonnées : - latitude 3° 41 N
- longitude 10° 42 E

Elle est située en rive droite légèrement en amont du bac de la route ESEKA-LOLODORF, à 15 km d'ESEKA. Comprenant initialement des éléments d'échelle de 0 à 4 m, la station ouverte le 13 mai 1951, a été revue en avril 1956 et comprend depuis des éléments de 0 à 6 m. Le zéro est à 9.179 sous une borne repère hydrologique placée sur l'embase du plot d'amarrage du cable du bac en rive droite.

L'altitude du zéro des échelles est à 146.46 m, soit à 8.12 m, sous la borne I.G.N. (rivet sur pilier du bac) cotée à 154.62 m.

Le 24/3/71, un décalage de 3cm vers le bas est constaté pour l'élément 5-6.

MESURES

Vingt quatre jaugeages ont été réalisés de 1954 à 1976, entre les cotes 016 et 480, correspondant aux débits 28.5 et 1 020 m3/s.

La meilleure section de jaugeage reconnue se situe à l'aval du bac mais n'est pas excellente à cause de l'irrégularité du profil qui présente par endroit de grandes profondeurs et ne se prête pas à des mesures très précises. La liste des jaugeages est donnée dans le tableau 21.

ETALONNAGE ET LECTURES D'ECHELLE

L'étalonnage est cependant satisfaisant cf. figure 40) bien que ne s'appuyant que sur un seul jaugeage, pour les très hautes eaux.

TABLEAU N° 21

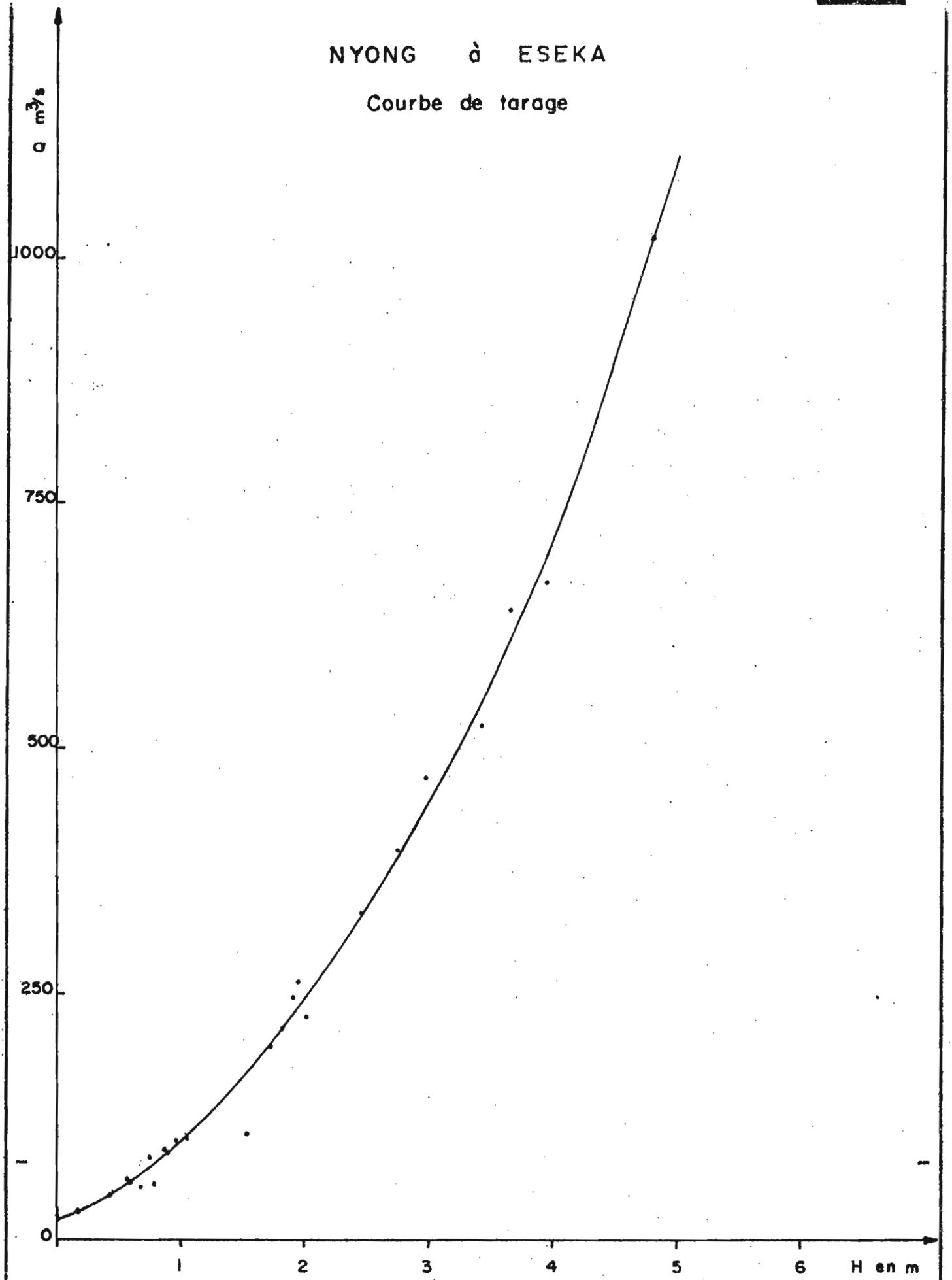
NYONG A ESEKA.

JAUGEAGES							
N°	Date	H cm	Q m3/s	N°	Date	H cm	Q m3/s
1	8/1/54	153	108	13	8/12/69	276	398
2	5/2/56	90	88.5	14	11/8/70	200	227
3	3/11/62	395	669	15	15/9/70	297	472
4	27/7/65	172	176	16	7/10/70	365	642
5	13/8/65	195	265	17	5/11/70	480	1020
6	31/8/65	190	249	18	28/11/70	342	523
7	26/2/66	57	62.5	19	16/12/70	246	332
8	9/3/66	42	43.5	20	17/2/71	77	57
9	22/3/66	66	55	21	14/2/73	58	58
10	24/2/67	96	101	22	14/3/73	16	28.5
11	1/2/68	85	93.5	23	25/1/74	101	101
12	11/3/68	74.5	85.5	24	6/1/76	181	215

Fig. 40

NYONG à ESEKA

Courbe de tarage



date	dés.

Le barême est le suivant :

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
0	20	75	72.5	150	166	250	338	400	710
25	32.9	100	100	175	204	300	445	450	900
50	50	125	132	200	245	350	565	500	1110

Les lectures d'échelles effectuées une fois par jour de 51 à 61 sont relevées deux fois par jour en 62. La qualité des observations est bonne. Les lacunes sont peu nombreuses. En 51, hauteurs supérieures à 400 du 17/10 au 7/11, non mesurées. Même chose en 55 du 3 au 5 novembre. En 57, lacune du 13 au 15/1 et pour tout le mois d'août. En 62, les relevés de février et de juillet sont faux. En 64, lacune du 1/1 au 12/3.

Relevés de très bonne qualité depuis cette date jusqu'en 1977 (décès de l'observateur BIKOUN Alexandre).

1.8 - Le NYONG à DEHANE

Cette dernière station du NYONG contrôle un bassin versant de 26 400 km2, sur les 27 800 km2 drainés par le NYONG à son embouchure sur l'Océan.

Ces coordonnées sont : - latitude 3° 34 N
- longitude 10° 07 E

La station se trouve à 5 km en amont du pont de la route EDEA-KRIBI en rive droite ; elle est située dans la concession de la S.P.R.O.A, légèrement en amont de l'ancienne prise d'eau de l'usine. Comportant initialement 4 éléments d'échelles, la station installée le 17/1/1951, a son zéro à 5.769 m sous un repère hydrologique (nivelé le 12/3/1951). Le 27/4/1956 un élément de 4 à 5 mètres est ajouté sans modification du zéro. Le 20 février 1973, un élément de basses-eaux (9 à 10) a été calé par rapport à l'élément supérieur 0 à 2 m.

MESURES

Dix huit jaugeages ont été réalisés de 1951 à 1977 entre les cotes -053 et 310. L'éventail des débits mesurés se situe entre 38.8 et 975 m3/s. Comme pour la station d'ESEKA, le choix d'une section de mesure s'est révélé difficile par suite de la configuration accidentée du lit rocheux. La précision des mesures n'est pas entièrement satisfaisante notamment pour les très basses-eaux (tableau 22).

ETALONNAGE ET LECTURES D'ECHELLE

La courbe d'étalonnage est obtenue avec une bonne précision entre 100 et 1000 m3/s (un jaugeage erroné H : 154 Q : 528). L'extrapolation de la courbe vers les très hautes eaux est importante et a été déduite de la forme générale de la courbe et de la configuration de la section.

Pour les basses-eaux, la courbe s'appuie sur les trois jaugeages les plus bas sans extrapolation. (cf. figure 41)

TABLEAU N° 22

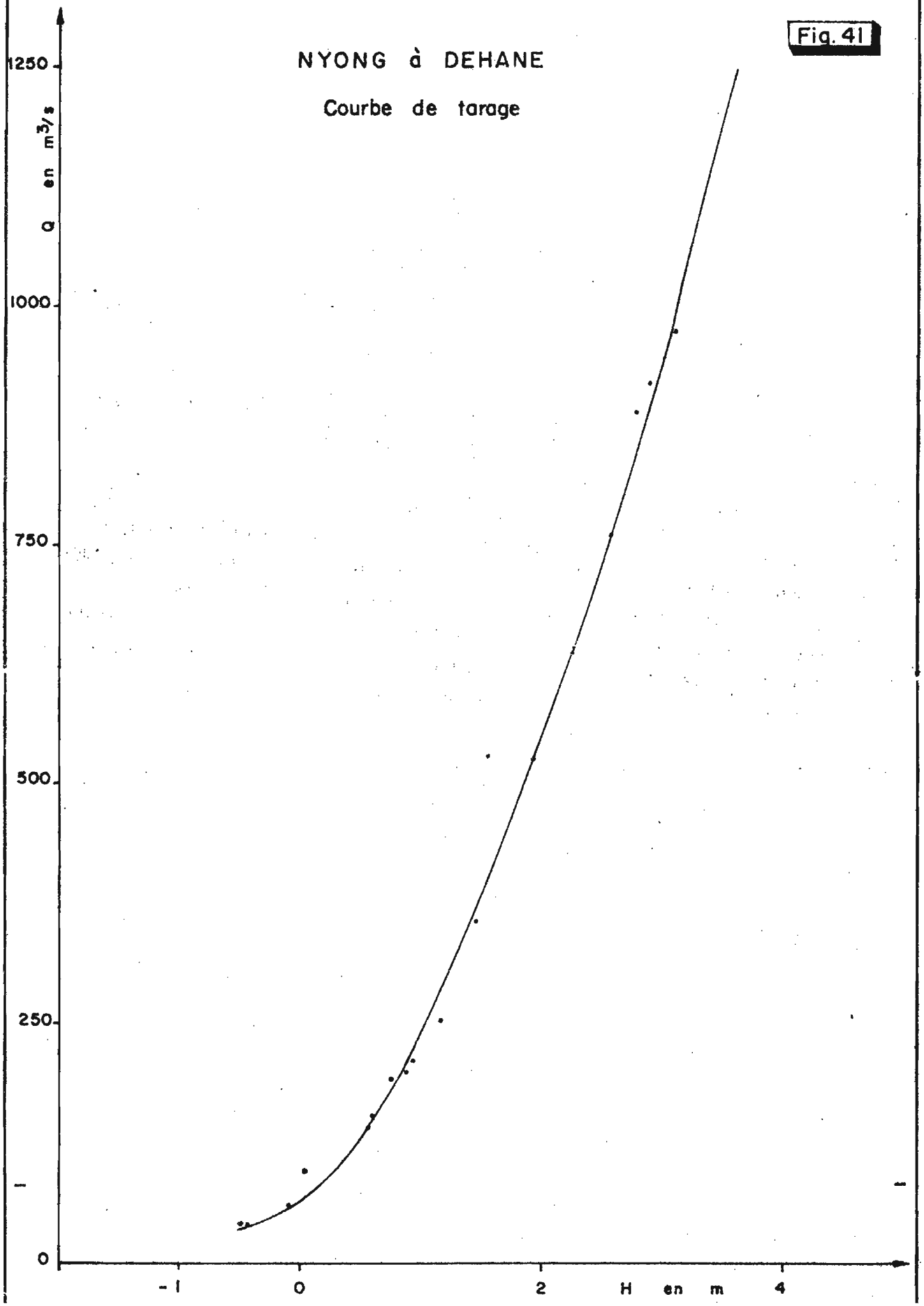
NYONG A DEHANE

JAUGEAGES							
N°	Date	H cm	Q m3/s	N°	Date	H cm	Q m3/s
1	13/3/51	58	141	10	20/2/73	- 9	59
2	n -	-	-	11	15/3/73	- 43	38.8
3	25/8/62	95-94	211	12	19/11/74	258	762
4	6/11/62	310	975	13	9/12/74	193	525
5	18/1/68	77	190	14	13/9/75	145	356
6	3/8/68	88	200	15	20/10/75	278	890
7	9/12/69	154	528	16	7/1/76	117	253
8	23/11/70	290	920	17	4/2/77	0.04	95
9	4/3/71	61	152	18	12/3/77	-53	42.2

Fig. 41

NYONG à DEHANE

Courbe de tarage



Le barême suivant a été utilisé.

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
-	-	25	91.5	125	307	225	632	400	1 456
-50	33.2	50	128	150	382	250	728	450	1 750
-25	51.5	75	178	175	460	300	944	500	2 050
0	62.0	100	238	200	546	350	1 192		

Les lectures sont effectuées deux fois par jour. Les relevés sont réguliers, mais de qualité moyenne (quelques relevés douteux). Les lacunes sont peu nombreuses. En 1951, manque le mois de septembre ; en 1962, lacune du 21/2 au 4/3. En 1964, il manque les mois d'août, septembre, octobre et novembre. En 1966, des observations n'ont pu être effectuées du 3 au 12/3 cotes en dessous du zéro. Parmi les relevés douteux, on notera notamment, les relevés de 1962, et des basses-eaux 1964.

2 - AUTRES STATIONS DU BASSIN DU NYONG

2.1 - Stations de NJOCK

Les projets d'aménagement hydroélectrique du NYONG au site de NJOCK, en amont d'ESEKA ont nécessité des études hydrologiques particulières (cf. Bibliographie), et en particulier l'implantation de cinq stations limnimétriques échelonnées de l'amont vers l'aval sur environ 5 km.

- Echelle Amont, située en rive droite à l'amont immédiat du site, suivie de 1971 à 1972 (échelles de 0 à 400).

- Echelle aval, à 2 km en aval du site en rive droite composée d'échelles de 100 à 500 et d'un limnigraphe OTT XX suivie sur 2 années 1970 à 1972.

- Trois stations secondaires : Stations point V, station point n° 1, station point n° D, suivies de 9 à 10 mois en 1971-1972.

L'existence de ces cinq stations, rattachée en nivellement au plan d'implantation du projet (voir figure 42), est rappelée ici pour mémoire.

2.2 - Stations de la MEFOU

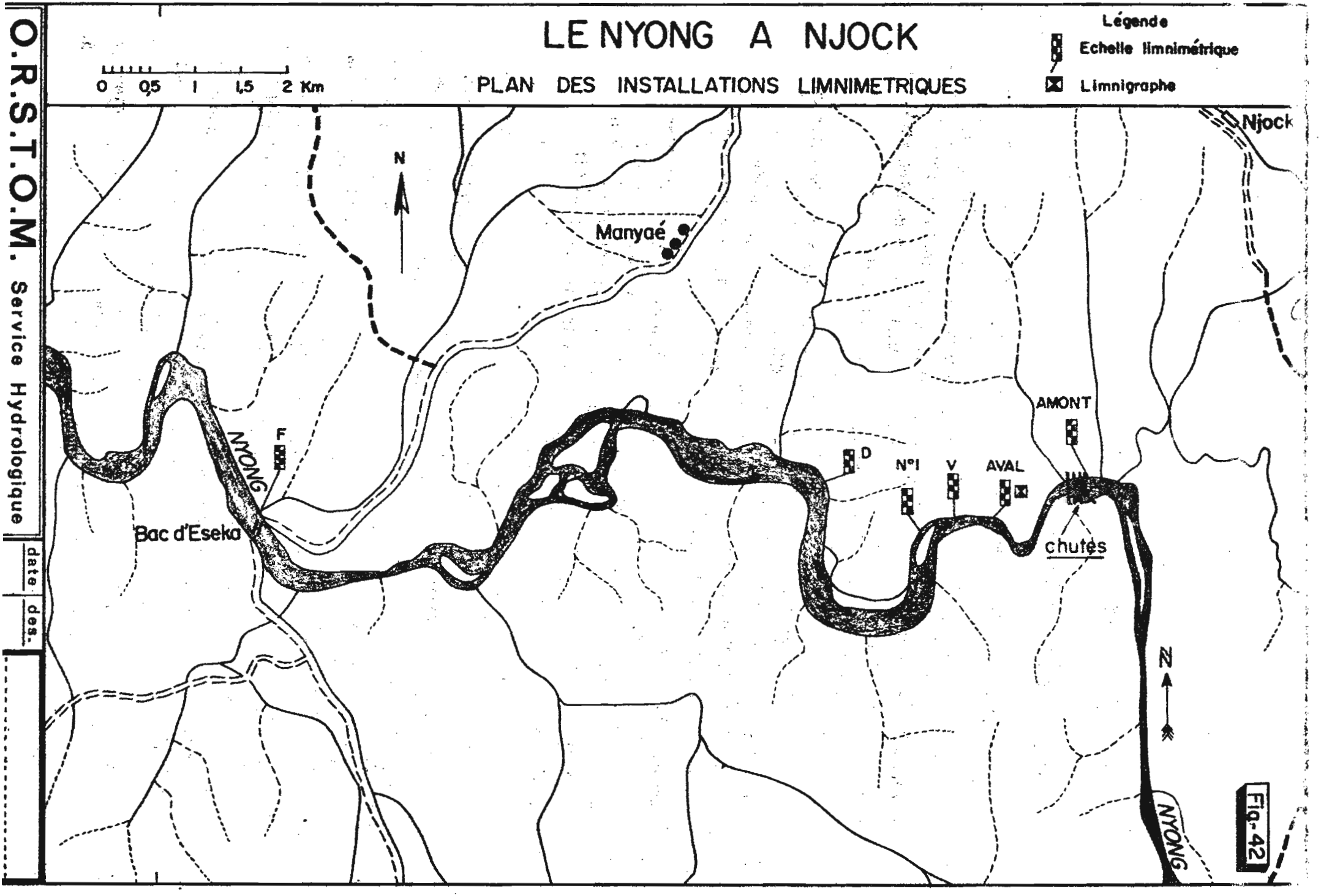
La MEFOU, affluent de rive droite du NYONG rejoint celui-ci 16 km en amont de MBALMAYO, après avoir drainé la région de YAOUNDE et des collines environnantes.

La Haute MEFOU, ou MOPFOU, d'une part et un affluent de rive gauche, le MFOUNDI, d'autre part ont fait l'objet d'études particulières nécessitant diverses observations hydrologiques.

- Le MOPFOU a été étudié en vue de l'alimentation en eau de YAOUNDE (32) et de la construction d'une retenue et trois stations limnimétriques ont été installées en 1962 :

- Centrale Electrique route de DOUALA, au site de l'actuel barrage et du captage (bassin versant de 70 km2) ;

- Pont de Chemin de fer de DOUALA-YAOUNDE à BALNGONG, contrôlant un bassin versant de 180 km2 ;


LE NYONG A NJOCK
PLAN DES INSTALLATIONS LIMNIMETRIQUES
0 0,5 1 1,5 2 Km
Légende
Echelle limnimétrique
Limnigraphe
N
Manyaé
Njock
NYONG
F
Bac d'Eseka
D
N°I
V
AVAL
AMONT
chutes
NYONG
Fig. 42
O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique
date
des.

- à NSIMALEN, au pont de la route de MBALMAYO (BV de 425 km2), station sur laquelle nous reviendrons.

Des études complémentaires ont été effectuées ultérieurement (52, 78 A) avec notamment l'ouverture d'une station à ETOA, qui contrôle un bassin de 235 km2, l'installation en 1966 pour la durée des basses-eaux d'une station en amont de la future retenue (MINKOUAMIOS), et la pose d'un limnigraphe à la station "Centrale Electrique".

- Le bassin du MFOUNDI, a suscité pour sa part quelques études liées à l'assainissement de la ville de YAOUNDE ou à divers projets. Nous citerons :

Station du MFOUNDI à MBALA contrôlant un bassin de 38.8 km2 équipée de 1969 à 1971 d'éléments d'échelle de 0 à 3 m et d'un limnigraphe OTT XX dont le zéro était calé à 695.07 m, station qui a fait l'objet d'une étude du bilan et des crues (109).

Des stations secondaires, sur le NKOAKONDO à l'Ecole de "MESA", sur le haut bassin de l'ABIERGEU et sur l'ABIERGIEU au quartier BAMOUN, n'ont fait l'objet que de mesures de débit ponctuelles.

Sur l'ensemble de ces stations du bassin de la MEFOU, deux d'entre elles ont été conservées et intégrées au réseau général. Ce sont les stations de la MEFOU à ETOA, et de la MEFOU à NSIMALEN. Ajoutons que le régime de la MEFOU est légèrement influencé depuis le 1er juin 1970 par la mise en service du barrage du MOPFOU (alimentation en eau de YAOUNDE).

2.2.1 - La MEFOU à ETOA

La station contrôle un bassin de 235 km2.

Ses coordonnées sont : - latitude 3° 46'N
- longitude 11° 29'E

Son altitude est d'environ 672 m.

TABLEAU N° 23

MEFOU A ETOA.

JAUGEAGES							
N°	Date	H cm	Q m3/s	N°	Date	H cm	Q m3/s
1	29/1/66	80	1 007	28	13/3/68	74	1.04
2	3/2/66	72	0.785	29	1/4/68	78	1.12
3	5/2/66	72	0.741	30	5/4/68	77	1.07
4	7/2/66	71	0.732	31	19/4/68	110	2.38
5	9/2/66	68	0.628	32	25/4/68	110	2.83
6	18/2/66	64	0.580	33	25/5/68	148	4.36
7	22/2/66	60	0.463	34	5/6/68	134	3.56
8	28/2/66	55	0.395	35	26/7/68	75	1.11
9	3/3/66	54	0.367	36	16/8/68	65	0.815
10	8/3/66	50.5	0.337	37	30/8/68	61	0.660
11	22/6/66	168.5	5.500	38	7/10/68	173.5	6.07
12	23/6/66	144.5	4.050	39	14/10/68	174	6.34
13	8/7/66	157	4.610	40	15/10/68	195	7.65
14	9/7/66	187.5	6.530	41	16/10/68	184.5	7.21
15	23/3/67	87.5	1.410	42	28/10/68	152	5.05
16	22/9/67	158.5	5.76	43	1/11/68	229	12.2
17	26/9/67	169	6.23	44	2/11/68	237.5	13.35
18	27/10/67	242.5	15.8	45	4/11/68	224	11.65
19	30/10/67	229.5	12.4	46	5/11/68	212	9.44
20	2/11/67	182	7.02	47	6/11/68	198	7.74
21	8/11/67	142	4.38	48	14/11/68	234	12.3
22	21/11/67	121	2.78	49	29/11/68	147.5	4.50
23	13/12/67	94	1.57	50	11/9/70	123.5	3.94
24	5/2/68	71	1.02	51	13/2/71	86	1.80
25	5/2/68	78	1.36	52	4/3/72	134-136	5.04
26	17/2/68	87	1.32	53	9/6/72	137	5.50
27	8/3/68	98	1.81	54	30/8/72	68-70	1.54
				55	7/9/72	80-82	2.30
				56	2/3/77	35	0.715

O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique
date
des.
75/4-19

MEFOU A ETOA

Courbes de tarage

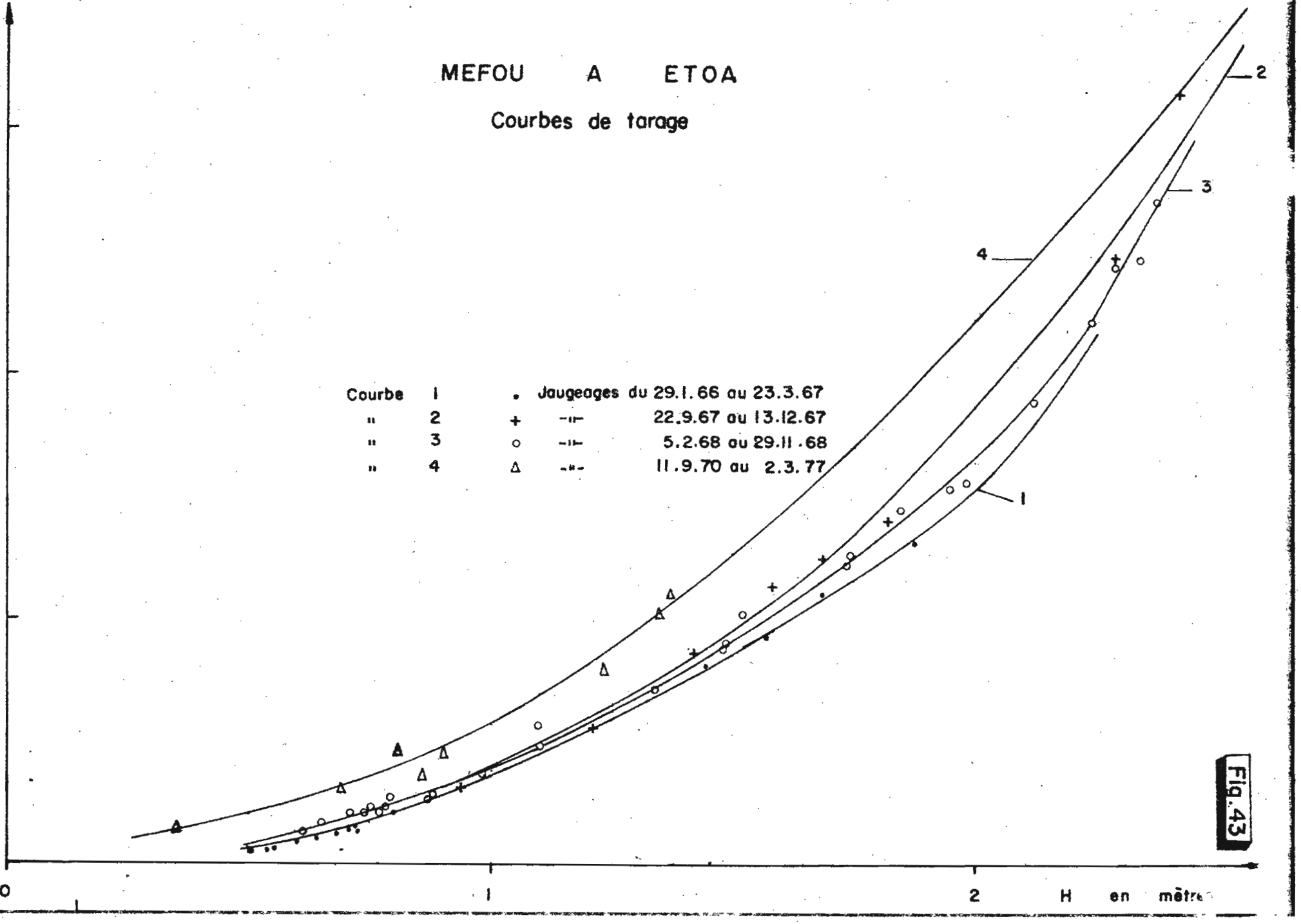


Fig. 43

Installée le 29 janvier 1966, elle est située légèrement en amont du ponceau de la piste allant de YAOUNDE à ETOA et en rive droite, et se compose d'élément de 0 à 3 m. Le zéro est à 3.787 m sous un repère matérialisé par un clou de fixation coté amont de la 8ème traverse du pont en venant de YAOUNDE.

Cinquante six jaugeages ont été effectués de 1966 à 1977 entre les cotes 035 et 242, les débits extrêmes mesurés étant de 0.337 et 15.8 m3/s (voir liste tableau 23).

Ces mesures de débit montrent un détarage chronique au cours des premières années. L'étalonnage acquis depuis 1970 ne semble pas s'être modifié depuis. La figure 43 indique les différentes courbes de tarage retenues. Il convient d'ajouter que les débits sont obtenus avec une relative imprécision.

Les lectures sont effectuées deux fois par jour. Elles sont régulières, mais de qualité moyenne. On relève quelques lacunes : en 1970 du 23 mai au 2 juin et mois de mai en 1972.

2.2.2 - MEFOU à NSIMALEN

La station contrôle un bassin de 425 km2.

Elle a pour coordonnées : - latitude 3° 44' N
- longitude 11° 32' E

Son altitude est à environ 650 m.

Installée le 26 décembre 1962, sur la culée rive droite du pont de la route YAOUNDE-MBALMAYO, elle se compose d'élément de 0 à 3 m. Le 11 février 1964, le zéro a été descendu de 50 cm.

Quarante et un jaugeages ont été effectués de 1962 à 1977 entre les cotes 013^5 et 203, les débits mesurés extrêmes étant compris entre 1,03 et 15.9 m3/s.

La liste des jaugeages est donnée dans le tableau 24. La courbe de tarage est obtenue avec une bonne précision et sans extrapolation importante. La relation hauteur-débit est indiquée (figure 44). Le barême suivant a été utilisé :

TABLEAU N° 24

MEFOU A NSIMALEN

JAUGEAGES

N°	Date	H cm	Q m3/s	N°	Date	H cm	Q m3/s
1	26/12/62	100.5	4.75	21	13/9/65	156	10.3
2	19/1/63	68.5	3.29	22	14/9/65	185	13.7
3	5/2/63	76	3.72	23	7/10/65	165	10.9
4	14/2/63	60.5	3.04	24	18/10/65	194	14.1
5	6/3/63	96.5	4.80	25	19/10/65	203	15.9
6	11/2/64	78	3.88	26	27/1/66	91	4.48
7	19/2/64	36.5	2.03	27	28/1/66	66	3. 13
8	5/3/64	35	1.76	28	3/2/66	40	1.95
9	10/3/64	43	2.18	29	4/2/66	40	2.04
10	11/2/64	55	2.58	30	[illegible]	32	1.67
11	28/4/65	84	[illegible]	31	15/2/66	26	1.54
12	30/4/65	154	10.3	[illegible]	22/2/66	25	1.30
13	3/5/65	164	10.3	33	28/2/66	19	1.30
14	5/5/65	100	5.6	34	3/3/66	16	1.07
15	10/5/65	112	5.9	35	8/3/66	15	1.03
16	31/5/65	115	6.1	36	5/8/68	47	1.93
17	31/5/65	123	6.7	37	11/9/70	136	8.02
18	1/6/65	153	9.8	38	30/8/72	55-53	2.40
19	2/6/65	134	7.7	39	1?/2/73	0.535	2.40
20	18/6/65	157	10.0	40	31/3/73	+135	8.09
				41	2/3/77	0.29	1.33

ORSTOM Service Hydrologique

date | des.

75/14 - 17

MEFOU A NSIMALEN

Courbe de tarage

Q en m^3/s

15

10

5

0

1

2

H en mètres

Fig.44

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
010	0.80	075	3.65	150	9.25	225	19.2
025	1.40	100	5.05	175	12.05	250	22.8
050	2.45	125	6.90	200	15.35		

L'année 1963 est marquée par de nombreuses lacunes d'observations. Mais depuis 1964, les lectures sont régulières et de bonne qualité.

2.3 - STATIONS D'OTTOTOMO

Dans le cadre d'étude du ruissellement sous forêt, il a été procédé en 1974 à l'équipement de trois bassins représentatifs :

1° - SIBAKON à S1 : contrôlant un bassin de 1.8 km2 sous forêt dense (réserve forestière) avec déversion, limnigraphe OTT X.

2° - BIBANDA à S2, contrôlant un bassin de 2.3 km2 sous forêt dégradée (limnigraphe OTT X).

3° - SIBAKON à S3, contrôlant un bassin versant de 23.6 km2 sous forêt dense pour les 4/5 et brousse pour 1/5 (limnigraphe OTT X).

Ces études entreprises par l'auteur et augmentées en 1976-1977 par les travaux de M. IKOUNGA, ont abouti à la publication par ce dernier de données et résultats représentatifs des petits bassins des régions forestières du cours moyen du NYONG.

CHAPITRE V : LES DONNEES DE BASE

1 - DONNEES PLUVIOMETRIQUES

Les hauteurs de précipitations relevées aux différents postes pluviométriques intéressant les différents bassins du NYONG ont été affectées des coefficients de pondération proportionnels aux aires respectives d'influence (Méthode de THIESSEN).

Ces coefficients sont indiqués ci-dessous :

COEFFICIENTS DE THIESSEN DES POSTES PLUVIOMETRIQUES DES BASSINS DU NYONG EN %

POSTE PLUVIOMETRIQUE	NYONG A AYOS	NYONG A AKONOLINGA	NYONG A MBALMAYO	NYONG A OLAMA	NYONG A KAYA	NYONG A ESEKA	NYONG A DEHANE
ABONG MBANG	67	52	30	22	20	20	16
AYOS	33	43	28	21	19	18	14
AKONOLINGA		5	23	17	16	15	12
YAOUNDE			10	8	9	9	7
MBALMAYO			9	18	22	21(22)	17
SANGMELIMA				7	7	6	5
EBOLOWA				7	7	6(7)	5
ESEKA						5(3)	14
LOLODORF							4
EDEA							6

Il convient de remarquer le nombre réduit de postes pluviométriques intervenant dans le calcul de précipitations moyennes reçues par chaque bassin, ce qui bien entendu limite la précision des résultats obtenus.

Par ailleurs, l'étude qui a été faite sur les mesures de précipitations (voir étude climatologique) a mis en évidence certains relevés douteux (AYOS par exemple) qui ont été reconstitués à partir des stations voisines.

Afin de vérifier qu'il n'y avait pas de dispersion systématique dans le calcul de la pluviométrie moyenne par la méthode de Thiessen, les résultats ont été comparés à ceux obtenus par la méthode des isohyètes pour les trois bassins principaux.

La méthode de Thiessen donne en moyenne par rapport à la méthode isohyète des résultats :

de + 1.1 % pour le BV du NYONG à MBALMAYO ;
de + 3 % pour le BV du NYONG à ESEKA ;
de - 0.7 % pour le BV du NYONG à DEHANE.

Si des différences de + 1 % sont acceptables, dans le cas du bassin du Nyong à Eséka, la différence devient assez sensible pour qu'on s'y arrête. La méthode de Thiessen est ici imparfaite car elle ne tient pas compte des particularismes orographiques. Les quelques relevés de Makak, non utilisés dans la méthode de Thiessen, ont permis de préciser pour quelques années le dessin des isohyètes, qui a été corrigé implicitement pour les autres années en fonction du relief. En effet, la prolongation vers l'Ouest au-delà de Makak, du plateau du Centre-Sud, les reliefs d'Ebolowa à Makak en passant par Ngomedzap limitent vers l'Est la progression des fortes précipitations de la zone côtière et, par suite, l'influence de la station d'Eséka.

Ces considérations nous ont amené à réduire de 40 %, le poids d'Eseka pour le bassin du Nyong à Eséka (cf. coefficients de Thiessen entre parenthèses dans le tableau).

Ces corrections étant faites, le tableau 25 réunit les valeurs annuelles des hauteurs de précipitations moyennes reçues par les divers bassins du Nyong, sur l'ensemble de la période d'observations hydrologiques 1950-1977.

TABLEAU N° 25

HAUTEURS DES PRECIPITATIONS MOYENNES RECUES PENDANT L'ANNEE HYDROLOGIQUE SUR LES BASSINS DU NYONG DEPUIS 1950

ANNEE	AYOS	AKONOLING	MBALMAYO	OLAMA	KAYA	ESEKA	DEHANE
1950-51	1 808	1 749	1 698	1 734	1 743	1 847	2 078
52	1 518	1 503	1 525	1 562	1 565	1 600	1 685
53	1 446	1 463	1 531	1 649	1 634	1 620	1 806
54	1 525	1 482	1 458	1 479	1 488	1 528	1 641
55	1 570	1 544	1 569	1 669	1 604	1 587	1 727
56	1 693	1 674	1 648	1 664	1 674	1 745	1 634
57	1 477	1 481	1 477	1 510	1 521	1 492	1 658
58	1 780	1 716	1 676	1664	1 661	1 711	1 848
59	1 772	1 481	1 430	1 462	1 468	1 486	1 574
1959-60	1 493	1 787	1 713	1 694	1 713	1 766	1 924
61	1 783	1 684	1 642	1 700	1 705	1 740	1 859
62	1 708	1 455	1 485	1 542	1 554	1 560	1 665
63	1 466	1 792	1 770	1 789	1 791	1 849	1 969
64	1 547	1 496	1 440	1 505	1 530	1 547	1 679
65	1 682	1 580	1 621	1 653	1 659	1 696	1 881
66	1 534	1 499	1 488	1 530	1 530	1 542	1 740
67	1 490	1 472	1 638	1 736	1 757	1 786	1 842
68	1 752	1 675	1 677	1 707	1 709	1 745	1 848
69	1 930	1 924	1 876	1 853	1 844	1 870	1 876
1969-70	1 792	1 802	1 713	1 722	1 710	1 747	1 637
71	1 483	1 507	1 542	1 585	1 546	1 666	1 871
72	2 013	1 968	1 850	1 801	1 788	1 801	1 866
73	1 542	1 552	1 564	1 595	1 594	1 613	1 670
74	1 712	1 698	1 703	1 606	1 668	1 653	1 745
75	1 508	1 476	1 518	1 595	1 601	1 634	1 735
76	1 647	1 593		1 570	1 564	1 602	1 704
76-77	1 035	1 039	1 124	1 252	1 258	1 278	1 483

Les valeurs moyennes sur la période sont données ci-dessous :

	BV AYOS	BV AKONOLINGA	BV MBYO	BV OLAMA	BV KAYA	BV ESEKA	BV DEHANE
Moyenne mm	1 619	1 596	1 586	1 620	1 625	1 655	1 764
Ecart-type	156	151	122	105	102	113	122
Coef. variation	0.096	0.095	0.077	0.065	0.063	0.068	0.069

Les faibles coefficients de variations traduisent l'irrégularité interannuelle des précipitations reçues par les différents bassins, et ne peuvent être rattachés à ceux qui ont été déterminés pour les différents postes (cf. tableau 8). Ces coefficients diminuent avec la superficie des bassins, ce qui est normal, le déficit d'un poste étant souvent compensé par l'excédent d'un autre. La légère augmentation des coefficients observés sur les bassins d'Eséka et de Dehane traduit peut-être l'incidence du régime côtier plus arrosé et homogène dans les variations de poste à poste contrastant avec le régime continental du haut bassin du Nyong dont la répartition spatiale des précipitations est plus hétérogène.

L'analyse statistique des précipitations annuelles des postes pluviométriques (cf. 1ère partie) permet d'obtenir par la méthode de Thiessen la pluviométrie interannuelle reçue par chaque bassin.

	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	OLAMA	KAYA	ESEKA	DEHANE
P interannuelle	1 581	1 545	1 538	1 563	1 565	1 581	1 732

La comparaison de ces résultats avec ceux de la période 1970-1977 montre un excédent très net des précipitations reçues au cours du dernier quart de siècle : de 1,8 à 4,7 %

Nous indiquons également ci-dessous les valeurs de la hauteur annuelle de précipitations reçue en moyenne par les différents bassins pendant leurs périodes respectives d'observations hydrologiques.

Station	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	OLAMA	KAYA	ESEKA	DEHANE
Période	26 ans	23 ans	26 ans	12 ans	14 ans	26 ans	25 ans
P	1 611	1 604	1 582	1 629	1 640	1 648	1 747

2 - DONNEES HYDROLOGIQUES : LES DEBITS

2.1 - ANALYSE CRITIQUE DES DONNEES BRUTES

L'étalonnage des stations, l'établissement du barême de traduction hauteurs-débits ont permis de transformer en débits moyens journaliers, les observations faites par les lecteurs aux diverses stations hydrométriques.

Ces observations ont été l'objet d'un examen critique initial basé sur les contrôles de lecture et la qualité du travail du lecteur. Après traduction, l'échantillon de débits a subi une nouvelle analyse critique basée sur l'étude de corrélations de stations à station d'une part et l'étude annuelle de certains débits caractéristiques observés de l'amont à l'aval (Etiages, modules et crues).

2.1.1 - Corrélations de station à station

Elles ont été établies à partir des débits moyens mensuels de la période commune d'observation et s'ordonnent généralement autour d'une droite moyenne. La dispersion des valeurs est variable suivant les stations considérées, mais s'inscrit suivant des corrélations secondaires à l'échelle du mois ou de la saison. Celles-ci montrent nettement en valeurs relatives des débits plus élevés à la station amont pendant la saison des pluies et la crue annuelle, et des débits plus élevés à la station aval, pendant la décrue (novembre à janvier) ; ceci est en rapport avec les phénomènes de régularisation cités plus haut.

AKONOLINGA - AYOS

La droite de régression moyenne a pour équation

$$Q_{Ayos} = 0.66 \quad Q_{Akonolinga} - 2$$

Sur la période juillet-octobre, une droite de régression secondaire a été tracée ; elle s'écrit :

$$Q_{Ayos} = 0.72 \quad Q_{Akonolinga} + 5$$

En décembre, à la décrue, une autre droite de régression a été individualisée :

$$Q_{Ayos} = 0.67 \quad Q_{Akonolinga} - 22$$

Ces deux droites secondaires encadrent la dispersion des valeurs et schématisent en fait la partie haute d'une régression non linéaire en boucle (bouclée pour les débits de novembre) qui caractérise les relations entre les débits des deux stations.

AKONOLINGA - MBALMAYO

La droite de régression moyenne a pour équation :

$$Q_{Akonolinga} = 0.64 \quad Q_{Mbalmayo} - 7$$

La relation présente une dispersion très marquée, difficile à préciser par des droites de régression secondaires , bien que celle-ci s'ordonne assez bien suivant les mois et les saisons.

Cette dispersion s'explique par la nature des affluents du Nyong reçus en aval d'AKONOLINGA, dont la morphologie et le régime hydrologique diffèrent de ceux observés dans les zones inondées du haut bassin.

MBALMAYO - OLAMA

La droite moyenne de régression s'écrit :

$$Q_{Mbalmayo} = 0.7 \quad Q_{Olama} - 7$$

La dispersion déjà sensible pour les faibles débits devient assez forte pour les débits de hautes eaux. Le régime des apports des rivières du Sud du bassin (SOO, Soumou, Kama) n'est pas forcément en phase avec celui des rivières du Haut-Nyong. La correspondance établie ne peut être utilisée que pour les débits de basses et moyennes eaux.

OLAMA - KAYA - ESEKA

Les débits des stations voisines d'OLAMA et de KAYA ont été rapportés à ceux observés sur le Nyong à ESEKA.

Les relations sont obtenues avec une très faible dispersion les bassins versants ne passent, il est vrai, entre OLAMA et ESEKA, que de 18 500 à 21 600 km2, et sans grandes modifications morphologiques.

L'équation des droites de régression s'écrit :

$Q_{Olama} = 0.87 \quad Q_{Eseka} - 14$

$Q_{Kaya} = 0.96 \quad Q_{Eseka} - 8$

ESEKA - DEHANE

Entre les stations d'ESEKA et de DEHANE, la relation qui relie les débits mensuels présente une forte dispersion pour les débits élevés.

L'équation de la droite de régression s'écrit pour les hautes eaux .

$Q_{Eseka} = 0.75 \quad Q_{Dehane} + 20$

Pour les débits plus faibles, notamment en basses eaux où la saison sèche se fait sentir sur l'ensemble du bassin, la dispersion de la relation est faible.

L'équation de la droite s'écrit :

$Q_{Eseka} = 0.75 \quad Q_{Dehane} - 8$

2.1.2 Variations de quelques débits caractéristiques de l'amont vers l'aval

Les débits minimums(étiages absolus), les débits maximums (crue annuelle) et les modules ont été repotés pour chaque année en fonction de la superficie des différents bassins.

L'étude des différentes courbes obtenues permet de mettre en évidence des anomalies qui n'apparaissent pas dans l'analyse des corrélations entre débits mensuels, du fait de la dispersion observée autour des droites moyennes de régression. L'analyse critique consiste

bien entendu à distinguer les pseudo-anomalies, significatives des variations du régime hydrologique d'une station à l'autre, des anomalies résultant généralement , de la mauvaise qualité du travail de l'observateur et parfois, d'une extrapolation douteuse de l'étalonnage pour les très faibles ou forts débits. (corrigée alors en conséquence)

2.1.3 - Traitement de l'information brute

Les deux tests utilisés permettent donc de déceler des périodes de relevés douteux dans l'échantillon global des données brutes caractérisé par ailleurs par un certain nombre de lacunes d'observations.

A partir des études de correspondance entre débits mensuels de stations voisines, des périodes d'observations douteuses sont apparues notamment pour Ayos et Dehane.

De son côté, l'étude des variations de quelques débits caractéristiques d'amont en aval a mis en évidence quelques valeurs douteuses notamment pour Kaya.

Le traitement des données brutes consiste à corriger l'information erronée, à reconstituer l'information qui aurait été probablement observée pendant les périodes de lacune.

Pour les basses eaux, la reconstitution des débits se fait à l'échelle journalière, à partir de corrélations généralement précises établies pour la circonstance (c'est le cas des saisons sèches 1951, 61, 62 et 64 sur le Nyong à Eséka).

Pour les hautes eaux, la dispersion des corrélations est telle qu'il n'est pas possible de reconstituer des débits journaliers, autrement que par interpolation pour des lacunes de courte durée. Dans d'autres cas, il a été procédé directement à l'estimation du débit moyen mensuel, lorsque la période considérée n'excédait pas plusieurs mois et dans le but de compléter l'échantillon des modules. Enfin la reconstitution des débits de certaines périodes a paru trop aléatoire pour présenter un intérêt au niveau de l'échantillon global. (Kaya : nov. 71 à fév. 72 ; Dehane : Août à Déc. 64).

Quoiqu'il en soit, l'analyse qui vient d'être faite permet de conclure à un échantillon des données de bonne qualité en général.

2 - DONNEES DE BASE

2.1 - GENERALITES

L'échantillon de données, corrigées ou reconstituées pour une très faible part, permet la détermination des principaux éléments du régime hydrologique observé sur le Nyong aux différentes stations et constitue la base des travaux d'interprétation.

Les débits moyens journaliers constituant un fond documentaire trop important n'ont pas été présentés ici.

Pour chaque station l'essentiel de l'information a été rassemblé en deux tableaux distincts ;

- débits moyens mensuels et annuels ;
- débits caractéristiques.

Pour chacun de ces tableaux, figure à la suite des valeurs observées, un certain nombre de valeurs caractéristiques telles que : débit moyen (Moy.) ou médian (MED), écart-type (ET), quartiles supérieur (Q1) et inférieur (Q3) (dépassés dans 25 et 75 % des cas). Les valeurs maximum et minimum de chaque série d'observation ont été soulignées. Les valeurs entre parenthèses sont douteuses ou reconstituées.

Les tableaux de débits mensuels n'appellent aucun commentaire. Précisons toutefois que les modules correspondent à une moyenne de 365 (ou 366) débits journaliers et non à la moyenne de douze débits mensuels.

Les tableaux des débits caractéristiques rassemblent les valeurs suivantes :

- Etiage absolu (D. MIN) : indication du débit moyen journalier minimal de l'année hydrologique considérée et de sa date d'apparition (jour et mois) ;

- Débit caractéristique d'Etiage (D.C.E) : débit non dépassé pendant 10 jours de l'année ;

- Débits caractéristiques DC1, DC3, DC6, débits respectivement non dépassés pendant 1 mois, 3 mois, 6 mois ;

- Débit maximum (D. Max.) : indication du débit moyen journalier maximum et de sa date d'apparition ;

- Débit caractéristique de crue (D.C.C), débit atteint ou dépassé pendant 10 jours de l'année ;

- Débits caractéristiques (D.C 11, D.C. 9), débits respectivement atteints ou dépassés pendant 1mois et 3 mois.

Les débits caractéristiques sont calculés sur l'année hydrologique, le passage d'une année à l'autre se faisant en fin de saison sèche et pour le Cameroun en moyenne le 1er avril ; mais il est bien évident que certaines années, la période de basses-eaux peut se poursuivre au-delà du 1er avril et qu'un étiage, observé en avril ou mai 75 par exemple correspond à l'année hydrologique 74-75 et non 75-76. C'est dans cette optique, logique, que les étiages absolus ont été déterminés, ainsi que DCE et DC1.

Au-delà, nous n'avons considéré que l'échantillon annuel de 365 débits journaliers, afin d'éviter les distorsions entre années hydrologiques consécutives, pouvant aller de moins de 300 à plus de 400 jours, au niveau des modules ou des précipitations.

Autrement dit, du DC3 au débit maximum de crue, les valeurs relevées correspondent aux débits classés de l'année ; pour la période d'étiage, les valeurs relevées prennent en compte une éventuelle prolongation des basses eaux sur l'année suivante. On notera que certains étiages sont observés pendant les mois de l'été boréal (petite saison sèche), dans ce cas, l'année de la date calendaire de ces étiages correspond au premier élément du couple indiquant l'année hydrologique (id. pour crues). Pour tous les autres étiages, l'année de la date indiquée dans les tableaux est le 2e élément du couple "année hydrologique".

Pour chaque station, deux graphes présentent, d'une part, pour les débits mensuels, d'autre part pour les débits caractéristiques, la variation des valeurs médianes, extrêmes et des quartiles, déterminées à partir de l'échantillon observé (médiane en trait gras, quartiles en trait fin, extrêmes en tireté fin).

Dans le cas des débits caractéristiques, la médiane a une signification statistique plus grande que la moyenne interannuelle ; mais cette information de base sera reprise dans l'étude fréquentielle des étiages et des crues.

Dans le cas des débits mensuels, si le graphe mentionne les valeurs médianes, les tableaux indiquent les moyennes interannuelles.

L'indication de l'écart-type (ET) complète dans les tableaux cette information de base.

Enfin une figure donne pour chaque station un exemple d'hydrogramme annuel, d'année humide et d'année sèche (forte et faible hydraulicité).

Ces figures contribuent à préciser la physionomie du régime hydrologique du Nyong à ses différentes stations de contrôle.

Dans le texte relatif à chacune des stations, les principales valeurs ont été rappelées et traduites en débits spécifiques (ramenés à l'unité de surface) afin de pouvoir être comparés d'une station à l'autre.

2.2.2 - Stations du NYONG

2.2.2.1 - NYONG à ABONG MBANG (965 km2)

Les données de base de cette station ne seront pas utilisées dans la suite de cette étude, car elles ne couvrent pas la même période et restent en raison de l'étalonnage assez approximatives. Calculées sur la période 1940-1952, soit 9 années, les débits moyens mensuels sont les suivants en m3/s :

	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	Année
moyenne	4.45	7.37	11.6	7.14	5,79	11,7	14.8	14.8	6,36	3.69	3.04	2,78	7.79

Un graphe de la figure 45 propose les variations mensuelles retenues pour quelques fréquences.

Le débit moyen d'étiage pourrait être de l'ordre de 2 m3/s, tandis que le débit maximum moyen serait de l'ordre de 23 m3/s.

Ces résultats indiqueraient un module interannuel spécifique de 8.07 l/s km2.

un étiage spécifique de 2.07 l/s km2

un maximum de crue moyen de 24.9 l/s km2,

Résultats à considérer avec prudence (module faible notamment).

Les données limnimétriques caractéristiques de la période 1951-1972, ont été indiquées dans le tableau 26 ci-après. Nous avons retenu les cotes de l'étiage absolu et du maximum et l'amplitude. L'examen de ce tableau montre que les amplitudes diminuent assez régulièrement de 1951 à 1963-65 par suite de l'élevation des niveaux d'étiage. L'augmentation des amplitudes à la fin de la période d'observation correspond à des niveaux de crue plus élevés.

L'élevation du plan d'eau moyen est due à l'encombrement progressif du lit de la rivière par les herbes. Comme le montre la figure 45, il n'y a pas de corrélation nette entre les amplitudes annuelles des hauteurs d'eau du NYONG à ABONG MBANG et celles du NYONG à AYOS.

TABLEAU N° 26

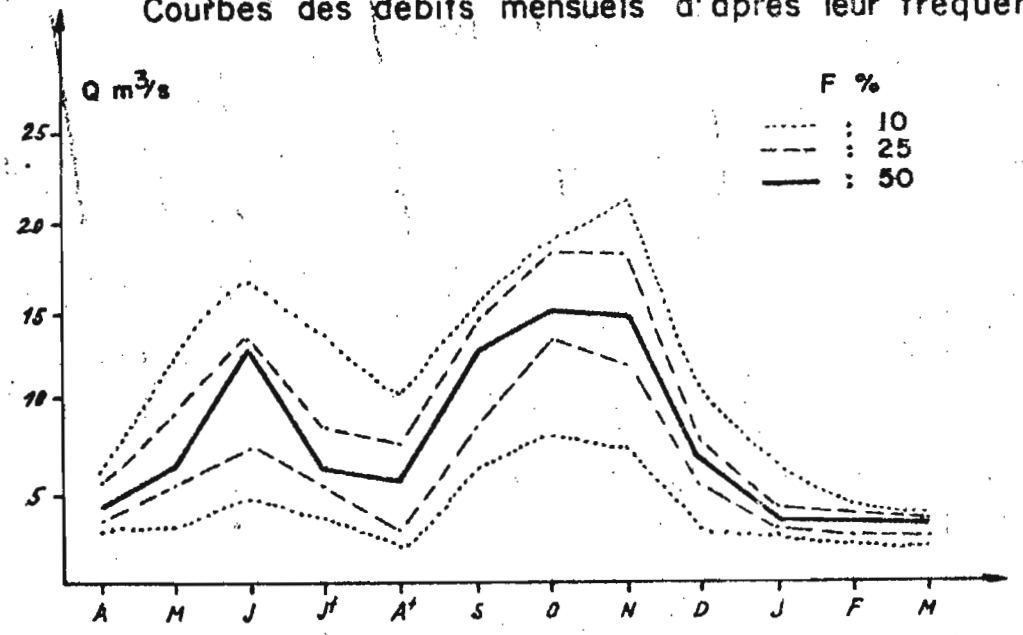
HAUTEURS CARACTERISTIQUES DU NYONG A ABONG MBANG

ANNEE	H étiage	H crue	Amplitude	ANNEE	H étiage	H crue	A mplitude
1951	026	300	274	1961	254	364	110
1952	070	300	230	1962	236	388	152
1953	100	325	225	1963	312	392	80
1954	168	336	168	1964	288	456	168
1955	180	400	220	1965	305	400	95
1956	230	390	160	1966	284	424	140
1957	212	385	173	1967	142	390	248
1958	230	350	120	1968	170	408	238
1959	234					382	182
1960	266	388	122	1970	242	-	-

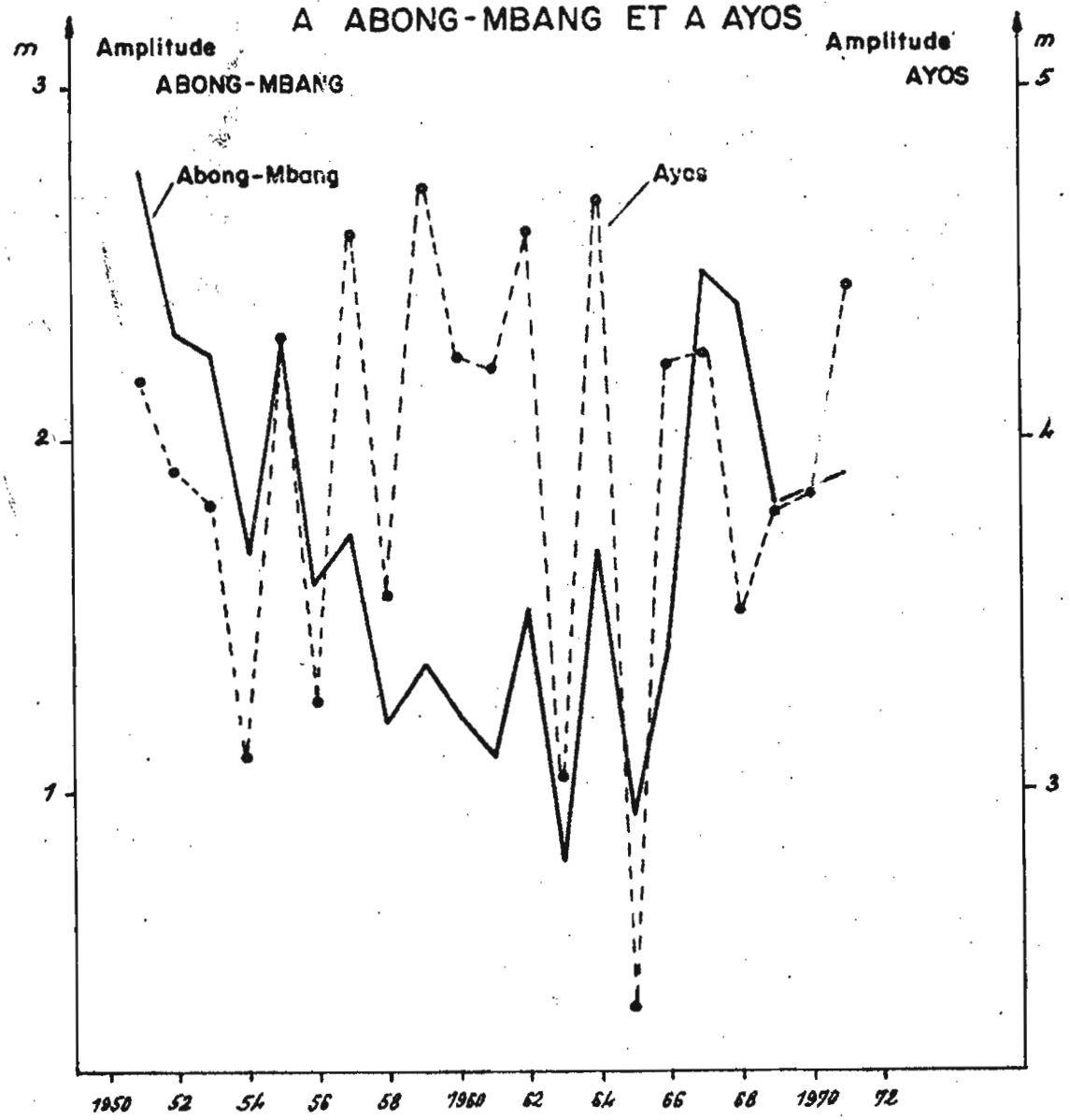
Fig. 45

NYONG à ABONG MBANG

Courbes des débits mensuels d'après leur fréquence



COMPARAISON DES AMPLITUDES DU NIVEAU DU NYONG A ABONG-MBANG ET A AYOS



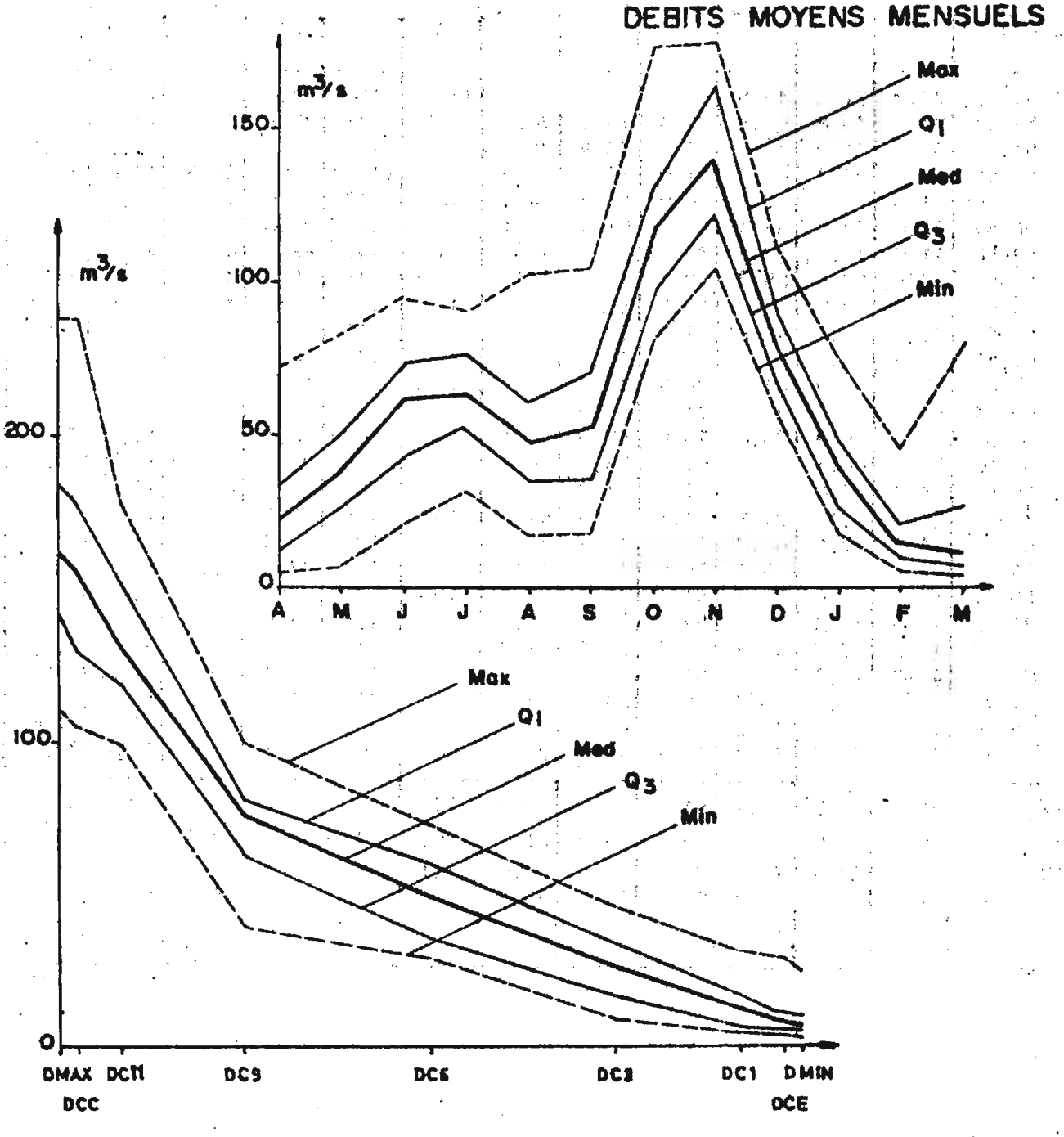
date	dés.

78/5-10

2.2 - NYONG A AYOS (5 300 km2)

Vingt six années d'observations sans lacunes, (mais quelques relevés douteux en 1954, 1957 et 1964 ont été réunies dans les tableaux des débits mensuels et débits caractéristiques.

La moyenne des modules est de 57.6 m3/s, soit 10.91/s km2. L'étiage absolu médian est de 8.10 m3/s, soit 1.53 l/s km2 et l'étiage le plus bas observé est de 3.20 m3/s, soit 0.60 l/s km2. Le maximum de crue médian est de 160 m3/s, soit 30.2 l/s km2 ; le maximum le plus fort observé étant de 237 m3/s, soit 44.7 l/s km2.



78/4-14

TABLEAU N° 27

NYONG A AYOS

Débits moyens mensuels et annuels en m3/s

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1951-52	24.7	21.6	48.5	57.5	38.2	48.9	136	158	77.0	23.0	14.1	22.3	55.8
52-53	23.6	49.8	93.8	79.3	75.7	76.3	122	133	72.5	39.0	13.2	24.3	67.1
53-54	38.3	41.9	42.4	51.3	33.9	26.7	87.6	119	73.5	25.6	15.5	25.6	48.6
54-55	35.1	53.7	65.9	61.0	36.9	46.3	96.9	(163)	82.3	35.5	13.6	10.6	(53.1)
55-56	21.3	36.3	67.5	90.0	55.4	54.4	102	163	78.6	47.7	29.4	33.5	65.0
56-57	72.0	67.5	68.4	90.3	51.1	21.4	80.9	119	84.0	52.2	20.8	10.2	61.7
57-58	11.8	15.8	22.4	32.0)	60.3	78.3	175	172	88.6	42.4	20.2	12.8	(61.2)
58-59	27.8	82.8	85.7	52.1	19.2	17.0	84.6	115	65.0	30.5	13.1	7.90	50.3
59-60	10.2	49.9	73.7	63.6	46.8	52.3	121	168	111	47.0	17.9	11.3	64.5
60-61	21.2	29.2	43.6	67.9	67.3	73.3	129	168	85.9	56.5	28.7	8.6	65.1
61-62	9.4	16.0	31.3	46.6	42.2	26.1	96.6	130	66.4	20.7	7.0	7.30	41.8
62-63	25.8	38.9	81.4	84.9	46.8	31.2	109	164	108	53.5	34.2	38.4	68.2
63-64	44.4	67.1	72.5	71.9	51.9	69.5	158	140	69.2	42.1	24.7	11.3	68.6
64-65	26.6	36.5	76.0	70.8	40.0	51.1	176	(177)	98.1	74.5	45.1	33.3	75.6
65-66	33.1	66.3	70.1	67.6	54.2	74.6	123	126	86.1	46.5	16.8	7.20	64.6
66-67	14.4	43.0	86.0	87.6	61.2	52.3	105	154	92.8	40.0	11.6	6.50	63.2
67-68	5.10	7.10	21.0	34.8	30.6	41.6	132	116	55.6	26.7	14.4	10.2	41.4
68-69	14.5	37.8	61.7	69.2	42.7	50.7	118	121	76.8	40.1	14.0	23.4	56.1
69-70	59.0	50.0	85.1	75.6	102	104	131	134	77.8	37.0	15.6	20.0	74.5
70-71	17.7	29.6	50.8	54.6	35.2	53.3	100	145	66.8	24.9	5.49	5.76	49.3
71-72	11.5	40.0	58.9	59.6	78.5	73.0	119	138	83.0	48.7	9.70	6.60	60.7
72-73	19.2	27.4	42.7	33.7	28.6	41.2	87.9	117	59.6	18.8	6.51	4.47	40.7
73-74	4.98	16.3	49.0	51.3	32.0	60.9	137	153	64.4	23.7	8.65	5.85	50.8
74-75	5.14	20.1	30.7	36.4	64.0	65.6	113	150	91.0	36.6	10.1	9.09	52.9
75-76	12.0	25.6	48.2	75.9	60.4	35.5	84.5	138	106	48.4	21.7	22.6	56.8
76-77	37.4	39.7	36.7	30.4	16.6	26.7	90.0	103	62.3	22.2	7.92	4.27	39.9
Moy.	24.1	38.8	58.2	61.4	48.9	52.0	116	142	80.1	38.6	16.9	17.4	57.6
ET	16.4	18.6	20.8	18.4	19.3	21.0	26.3	21.0	15.0	13.4	9.33	16.0	10.2
Q1	33.1	49.9	73.7	75.6	60.4	69.5	131	163	88.6	47.7	20.8	23.4	65.0
Q2	11.8	25.6	42.7	51.3	35.2	35.5	96.6	121	66.8	25.6	10.1	7.2	50.3

TABLEAU N° 28

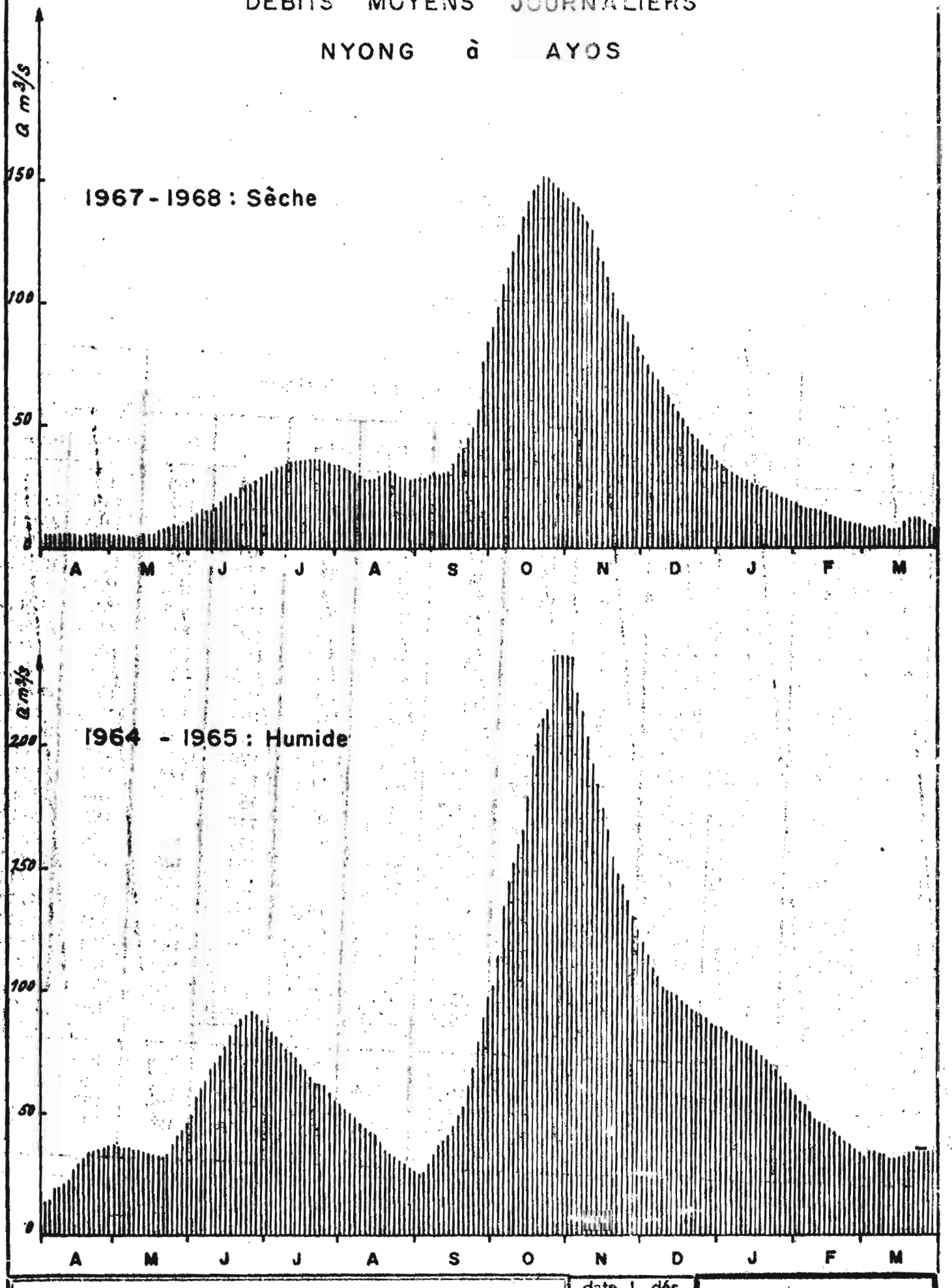
NYONG A AYOS

	Etiage absolu			Débits caractéristiques						Maximum	
ANNEE	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Débit	Date
1951-52	10	4/2	11	14	23	40	62	152	165	169	9/11
52-53	9	22/2	11	19	31	68	92	129	153	159	6/11
53-54	13	11/2	13	17	27	40	52	111	126	134	20/11
54-55	9	17/3	10	12	29	53	72	101	105	109	29/10
55-56	16	1/3	17	20	37	54	83	130	185	191	10/11
56-57	8	28/3	9	13	33	67	81	111	122	130	15/11
57-58	12	23/2	12	14	17	32	74	177	195	214	1/11
58-59	7	30/3	7	8	16	41	80	110	129	139	29/10
59-60	10	15/3	11	13	25	53	77	152	190	202	3/11
60-61	7	31/3	7	10	29	60	75	160	179	183	14/11
61-62	6	10/3	6	7	11	29	52	124	150	155	29/10
62-63	23	13/9	27	31	35	50	91	152	177	(182)	2/11
63-64	9.6	23/3	10.3	13.9	44	61	77	151	183	193	26/10
64-65	25.2	1/9	29.4	31.5	34.5	61	90.1	176	237	(237)	1/11
65-66	6.2	16/3	6.9	8.7	33.7	65	79.9	124	142	145	1/11
66-67	4.5	13/5	5.0	5.4	27.3	56	91.3	135	161	166	17/11
67-68	8.1	13/3	8.7	9.6	11.7	29.1	39	118	143	152	23/10
68-69	8.1	24/2	9.9	15.4	29.4	47.4	72	122	126	126	4/11
69-70	8.1	6/3	11.7	17.7	46.2	72.5	99.5	131	140	144	14/11
70-71	4.4	28/2	4.6	5.8	19.3	44.4	60	127	159	166	7/11
71-72	5.0	2/3	5.5	6.5	18.2	60	78.3	135	163	170	1/11
72-73	3.2	18.3	4.2	4.6	18.8	29.4	48	103	126	131	8/11
73-74	4.0	31.3	4.2	5.4	8.3	33	62.5	140	184	191	5/11
74-75	7.3	7.3	8.1	8.9	12.4	36	72.5	135	157	161	17/11
75-76	18.8	7.3	20.1	21.4	23.6	45	76.1	131	140	142	10/11
76-77	3.4	23.3	3.7	5.6	16.6	34.5	43.2	99.5	117	120	31/10
MED.	8.10		9.45	12.50	26.0	48.7	75.6	131	155	160	
ET.	5.67		6.51	7.27	10.1	13.4	15.9	211	29.9	30.9	
Q1	10.0		11.7	17.0	33.0	60.0	81.0	151	179	183	
Q3	6.0		6.0	7.0	17.0	36.0	62.0	118	129	139	

Fig. 46

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

NYONG à AYOS



	date	dés.	78/5-18

2.2.2.3 - NYONG A AKONOLINGA (8 350 km2)

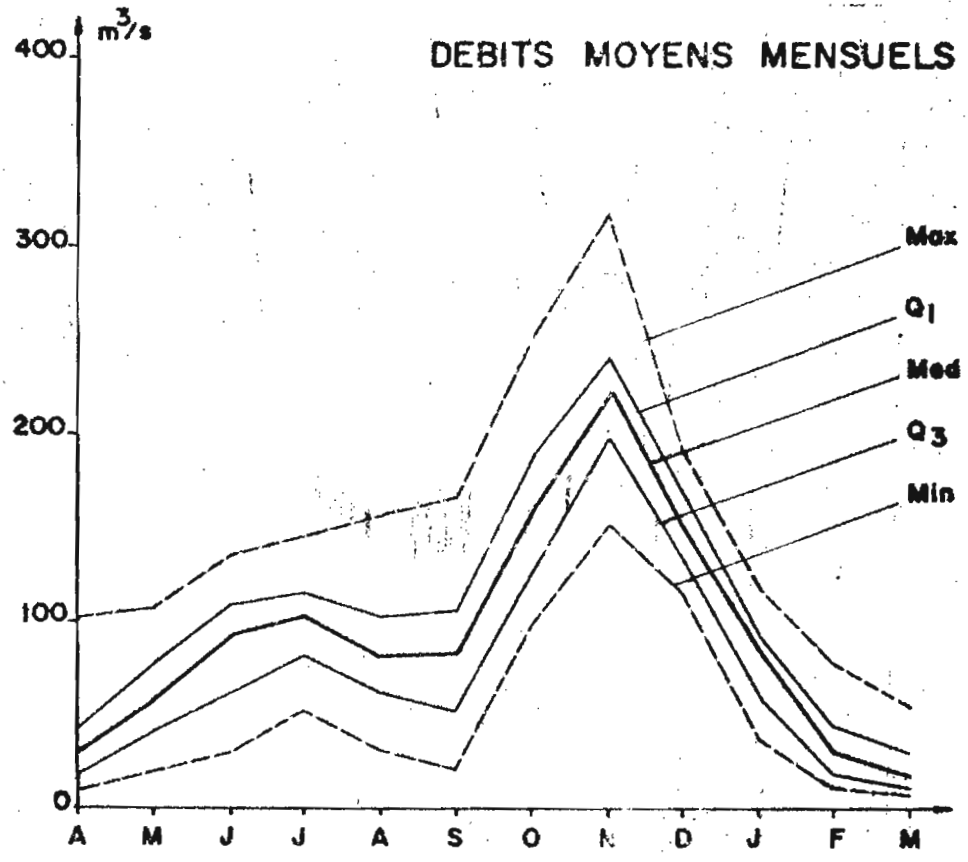
Sur vingt trois années d'observations on n'observe que quelques relevés douteux : en février et mars 1962 et 1972 et en août 1975.

Le module interannuel est de 93.0 m3/s, soit 11.14 l/s km2.

L'étiage absolu médian est de 14.5 m3/s, soit 1.74 l/s km2 ; et le minimum observé est descendu jusqu'à 5.40, soit 0.65 l/s km2.

Le maximum de crue médian est de 240 m3/s, soit 28.7 l/s km2.

La crue maximale observée ayant atteint 374 m3/s, soit 44.8 l/s km2.



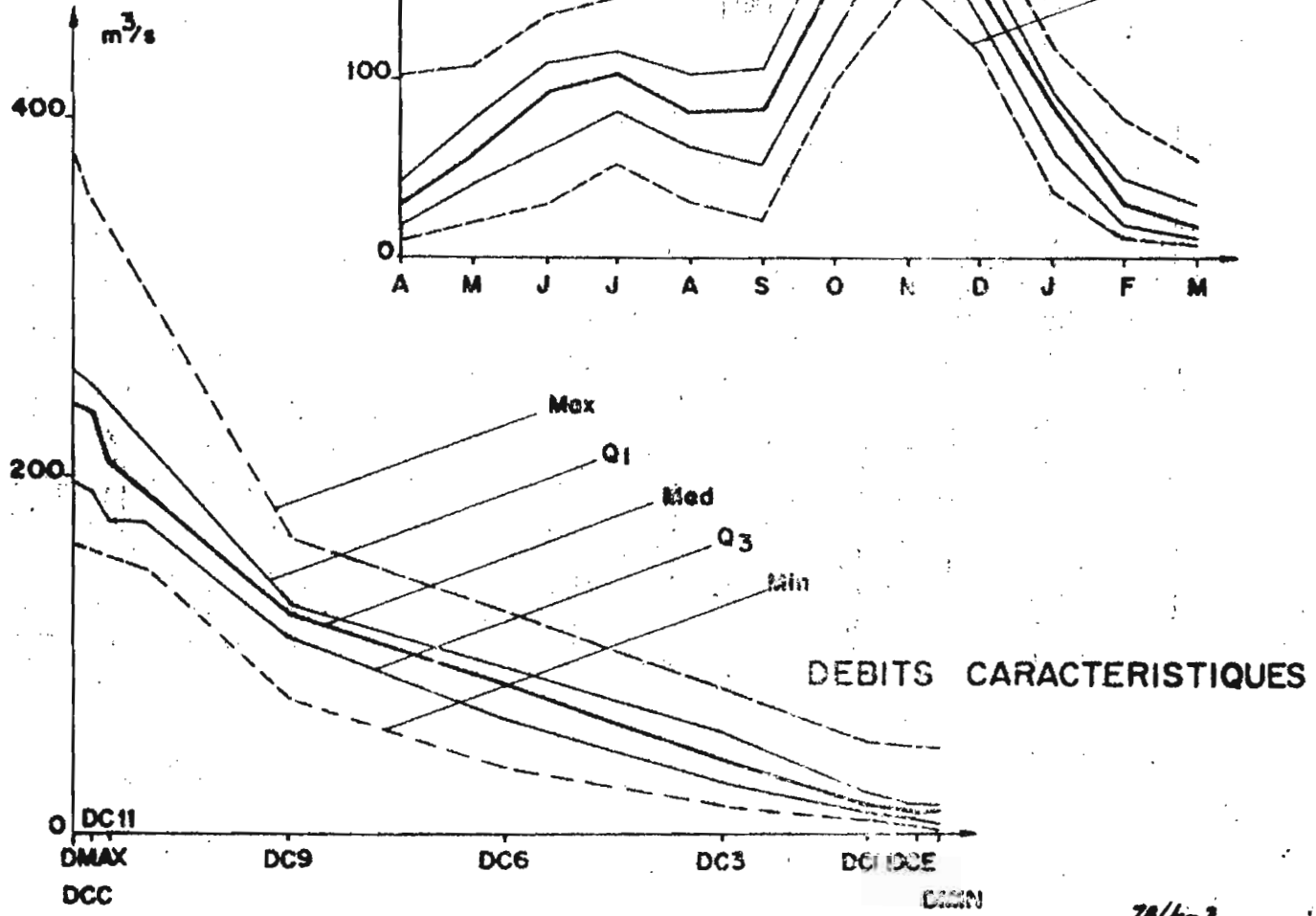


TABLEAU N° 29

NYONG A AKONOLINGA

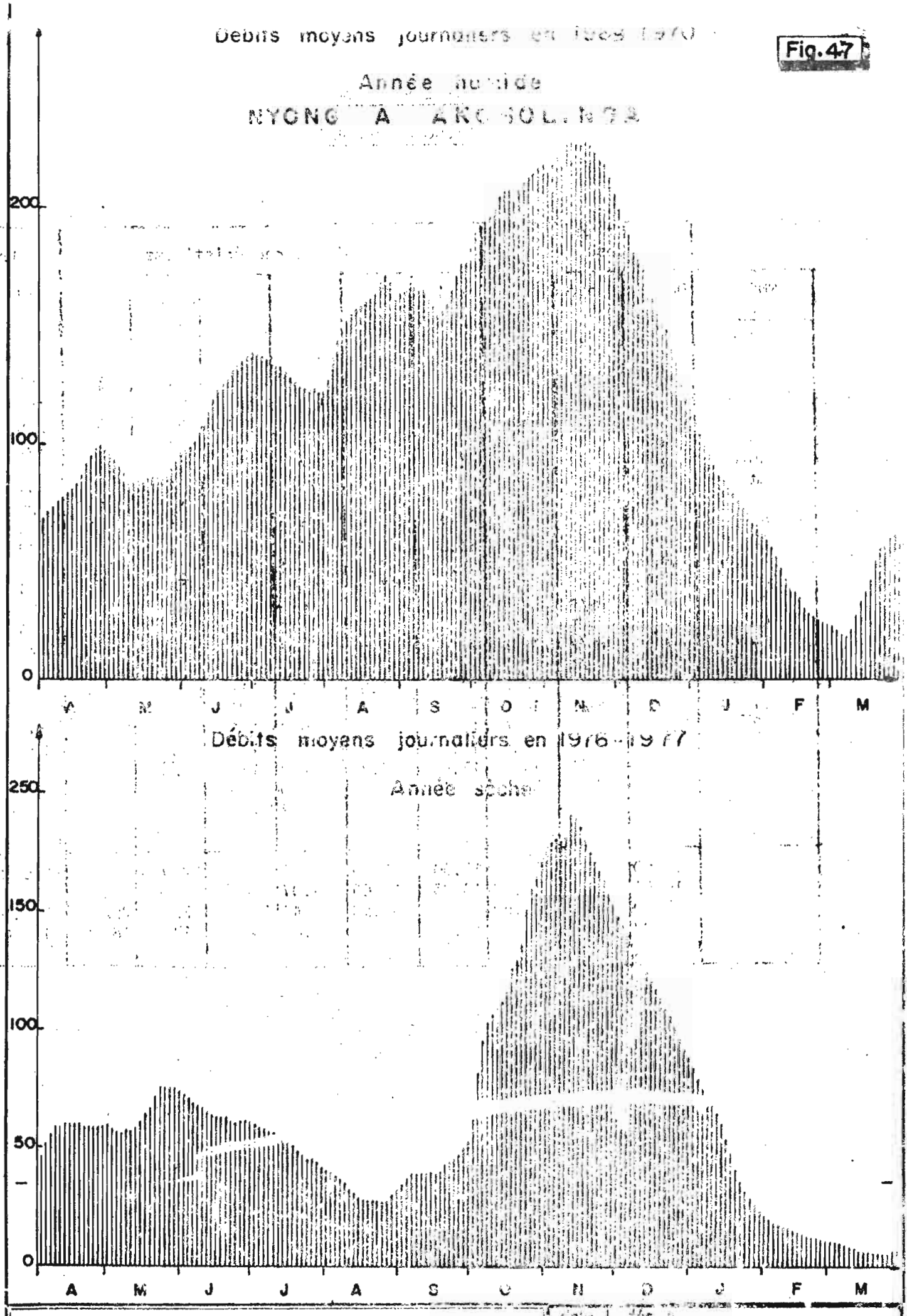
Débits moyens mensuels et annuels.

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Modul
1953-54										37.4	18.9	28.2	-
54-55	41.1	79.0	86.9	99.1	59.4	46.2	134	149	137	68.4	17.8	15.9	78.3
55-56	23.5	40.4	72.6	116	80.7	54.7	114	225	143	83.7	53.2	33.2	87.2
56-57	101	107	101	110	75.7	28.6	99.6	183	151	93.0	42.8	19.3	93.7
57-58	18.7	23.9	44.4	119	110	117	250	273	168	87.0	29.9	15.7	105
58-59	33.4	101	135	94.6	31.1	22.4	103	181	123	54.3	18.1	13.0	76.3
59-60	15.9	57.4	115	109	73.2	77.0	152	259	177	89.8	27.9	16.4	97.5
60-61	23.7	38.0	59.1	80.9	101	121	161	236	159	91.6	49.9	14.0	94.9
61-62	15.3	19.0	29.3	53.3	61.0	34.2	120	206	127	47.9	(16)	(9.0)	(61.8
62-63	37.8	75.7	111	120	82.8	52.8	147	239	174	101	60.4	50.4	104
63-64	60.3	83.6	108	110	91.4	105	200	215	133	79.7	41.1	19.9	104
64-65	41.8	56.9	95.1	111	71.8	74.8	227	317	167	116	78.2	55.8	118
65-66	52.0	76.8	105	93.5	81.8	93.4	160	184	133	81.8	36.0	11.9	92.6
66-67	23.6	73.1	120	145	103	81.8	157	237	172	84.0	28.9	11.4	103
67-68	10.1	20.5	40.2	57.6	61.8	67.5	187	208	115	57.6	26.3	21.1	72.9
68-69	29.0	71.6	94.7	114	89.3	101	182	211	154	86.4	43.6	40.6	101
69-70	80.7	88.4	118	129	156	165	205	221	158	86.3	36.8	40.8	124
70-71	40.8	54.5	76.7	86.7	77.4	91.6	159	240	149	72.0	16.1	16.7	90.4
71-72	28.7	65.7	98.8	101	119	143	183	243	163	101	(42)	(15.3)	(111)
72-73	35.3	50.6	73.0	64.3	54.1	88.1	141	194	127	52.2	13.4	9.1	75.4
73-74	16.1	45.5	91.3	105	80.7	93.2	206	265	146	57.1	18.0	10.2	94.8
74-75	13.8	38.0	59.0	57.3	91.1	111	180	236	169	82.4	24.0	15.6	90.3
75-76	22.3	40.2	61.0	101	(109)	78.4	126	215	191	111	47.0	35.6	95.3
76-77	57.4	65.9	65.4	52.2	31.7	42.8	124	176	119	53.5	14.9	7.5	67.7
Moy.	37.8	59.7	85.2	96.9	83.3	82.2	162	222	150	78.1	33.4	22.0	93.0
ET.	22.4	24.5	28.2	25.5	27.7	36.2	39.8	37.0	20.8	20.7	16.7	13.6	15.6
Q1	41.8	76.8	108	114	101	105	187	240	168	90.7	43.2	30.7	104
Q3	18.7	40.2	61	80.9	61.8	52.8	126	194	133	57.4	18.0	12.5	78.3

TABLEAU N° 30

NYONG A AKONOLINGA

	Etiage absolu			Débits caractéristiques						Maximum	
ANNEE	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Débit	Date
1953-54	17	12/2									
54-55	15	5/3	15	16	38	75	107	148	156	158	2/11
55-56	23	12/3	(26)	(44)	(47)	(68)	110	193	249	(258)	23/11
56-57	14	3/3	17	22	51	102	124	174	188	189	17/11
57-58	15	27/3	15	16	(24)	97	133	275	292	295	30/10
58-59	12	27/3	12	14	21	65	123	165	188	192	15/11
59-60	15	20/3	15	18	42	84	122	232	270	277	13/1.
60-61	12	31/3	13	17	44	84	126	213	246	247	16/11
61-62	(8.0)	5/3	(8.0)	(9.0)	16	37	79	185	215	220	7/11
62-63	43.9	14/9	45.5	49.3	54.3	91.4	121	210	247	254	6/11
63-64	17.4	25/3	18.8	23.0	23.0	64	98.6	116	212	238	4/11
64-65	48.9	14/4	50.2	52.9	57.9	88.1	131	296	353	374	6/11
65-66	9.8	19/3	11.2	15.2	63.0	91.4	109	181	189	194	2/11
66-67	8.6	26/3	9.2	10.2	56.5	90.6	148	220	246	253	21/11
67-68	16.8	15/3	17.4	24.2	26.2	57.4	81.5	204	242	249	31/10
68-69	16.6	26/2	18.6	23.0	62.5	89.8	122	206	215	220	13/11
69-70	18.0	7/3	23.0	38.0	80.8	123	165	215	226	227	17/11
70-71	8.4	2/3	10.8	17.4	41.8	77.4	115	207	252	258	10/
71-72	12.4	20/3	14.0	-	-	103	140	226	258	261	9/11
72-73	6.4	15/3	7.6	10.4	37.8	59.7	101	177	201	206	13/11
73-74	7.0	31/3	9.6	11.4	23.6	77.0	122	242	280	288	10/11
74-75	13.6	8/3	14.4	17.6	28.2	62.0	124	220	242	247	19/11
75-76	32.6	13/3	33.5	35.1	40.4	85.0	121	209	226	227	30/11
76-77	5.4	24/3	6.5	10.4	34.2	59.2	76.7	164	181	191	12/11
MED.	14.50		15.0	17.50	41.90	84.0	122.0	209.0	238.0	240.0	
ET.	10.91		11.37	13.03	16.69	19.07	20.61	35.0	40.0	45.1	
Q1	17.20		18.80	24.20	56.50	91.40	126.0	220.0	252.0	258.0	
Q3	9.20		10.80	14.0	28.20	65.0	109.0	177.0	189.0	194.0	



Date	Dés.	78/6-49

2.2.2.4 - NYONG A MBALMAYO (13 555 km2)

Les vingt six années d'observation effectuées à la station ORSTOM ne présentent que quelques relevés de qualité médiocre (janvier 1951, mars 1959, année 1960-61, août 1975 et mars 1977).

Le module interannuel est de 154 m3/s, soit 11.33 l/s km2.

L'étiage absolu médian est de 26.6 m3/s, soit 1.96 l/s km2 ; et le minimum observé est descendu jusqu'à 10.0 m3/s, soit 0.74 l/s km2.

Le maximum de crue médian est de 376 m3/s, soit 27.7 l/s km2, la crue maximale observée ayant atteint 575 m3/s, soit 42.4 l/s km2.

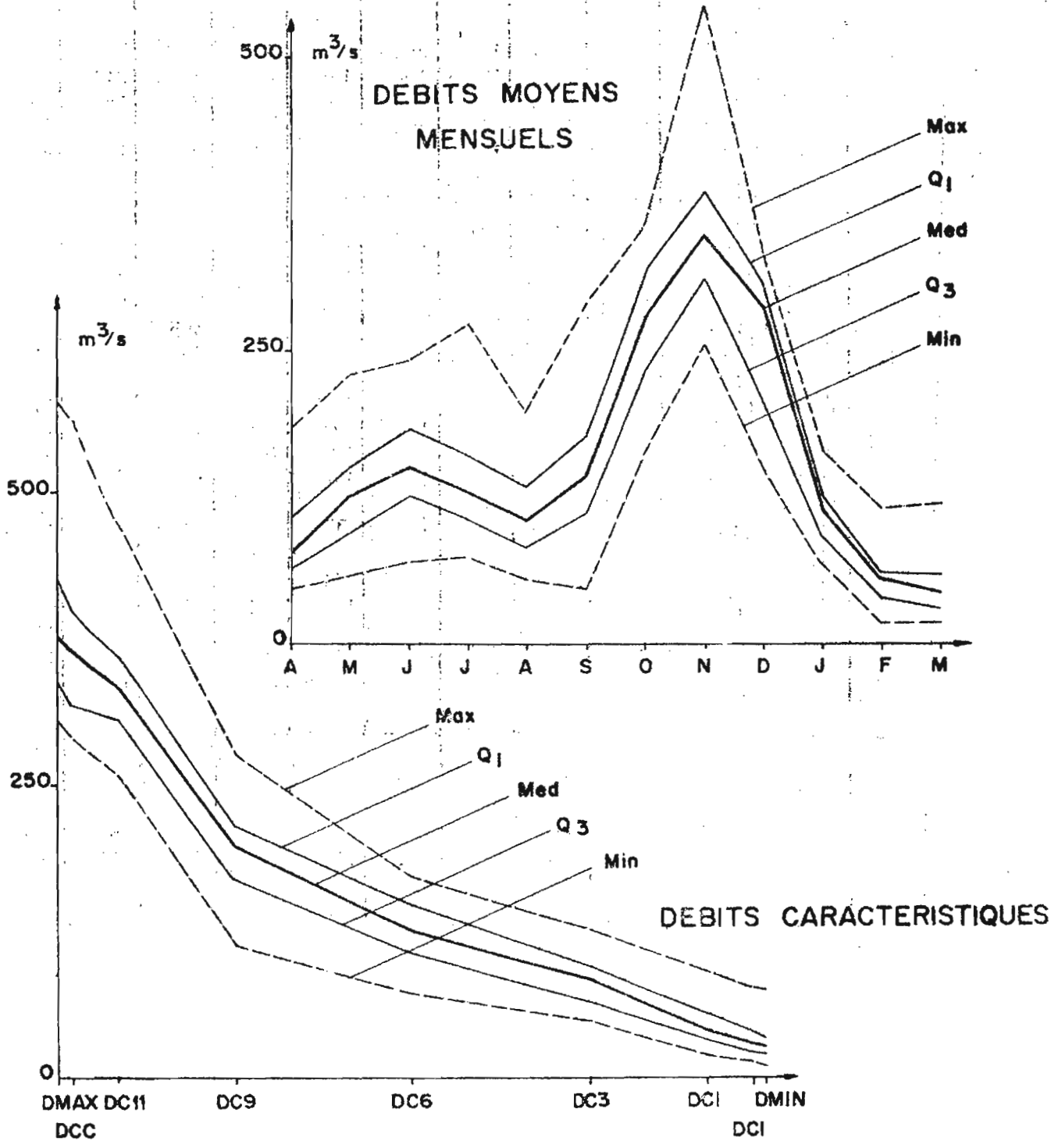


TABLEAU N° 31

NYONG A MBALMAYO

Débits moyens mensuels et annuels en m3/S.

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1950-51										(90)	47.3	31.4	--
51-52	64.9	57.7	110	126	86.5	340	327	377	233	86.5	36.3	52.6	142
52-53	57.9	153	229	192	150	148	261	350	211	94.9	44.9	87.9	166
53-54	84.5	101	105	100	70.6	89.9	163	298	189	79.7	57.9	68.1	117
54-55	108	135	168	134	80.5	96.7	218	255	208	97.0	42.1	43.1	133
55-56	66.1	83.9	126	143	111	89.7	173	296	204	88.7	45.5	111	128
56-57	181	218	196	165	98.5	114	212	347	255	121	53.3	32.0	167
57-58	34.1	73.7	117	137	142	142	327	448	296	124	56.9	28.8	163
58-59	82.8	143	198	131	54.5	45.4	177	288	203	92.2	32.7	(20.9)	(123)
59-60	51.0	112	163	146	100	131	288	394	297	138	54.8	31.2	183
60-61	66.6	112	133	105	122	185	273	340	234	124	71.5	20.9	(149)
61-62	55.8	59.4	69.2	77.3	63.6	84.8	231	311	195	69.9	17.0	47.0	107
62-63	120	178	181	160	108	125	268	395	297	145	113	94.9	162
63-64	100	139	152	188	132	183	326	332	196	113	61.3	48.5	164
64-65	125	125	190	158	92.6	177	305	539	315	161	115	99.0	200
65-66	113	142	179	144	134	167	283	301	204	116	61.7	26.6	156
66-67	85.3	228	242	273	184	173	315	462	331	150	68.3	36.6	213
67-68	47.9	72.5	113	105	82.1	124	260	347	174	84.9	45.0	57.6	126
68-69	75.6	151	150	126	104	176	269	384	247	124	65.4	119	165
69-70	131	150	159	173	196	290	338	348	228	125	60.2	83.9	190
70-71	111	140	146	115	120	210	331	430	244	112	39.0	66.8	173
71-72	71.5	126	144	127	133	187	355	342	233	115	55.0	41.6	161
72-73	74.4	85.5	126	82.0	74.2	151	321	312	179	95.4	29.7	28.7	131
73-74	59.6	164	199	182	136	144	281	361	228	94.1	35.9	29.8	160
74-75	65.3	92.2	125	81.6	79.9	170	310	351	236	113	59.7	42.5	144
75-76	65.0	95.4	89.8	119	(105)	110	247	343	255	136	82.1	67.7	143
76-77	101	121	129	74.1	58.0	78.7	184	281	146	80.3	26.2	(17;7)	108
Moy.	85.3	125	151	137	108	144	271	355	212	110	54.7	53.2	154
ET	31.4	43.4	42.1	43.7	36.0	50.4	56.0	62.9	45.7	23.6	22.6	29.2	27.6
Q1	108	150	181	160	133	176	321	384	255	124	61.7	68.1	166
Q3	64.9	92.2	125	105	80.5	110	231	311	203	90	39.0	29.8	131

TABLEAU N° 32

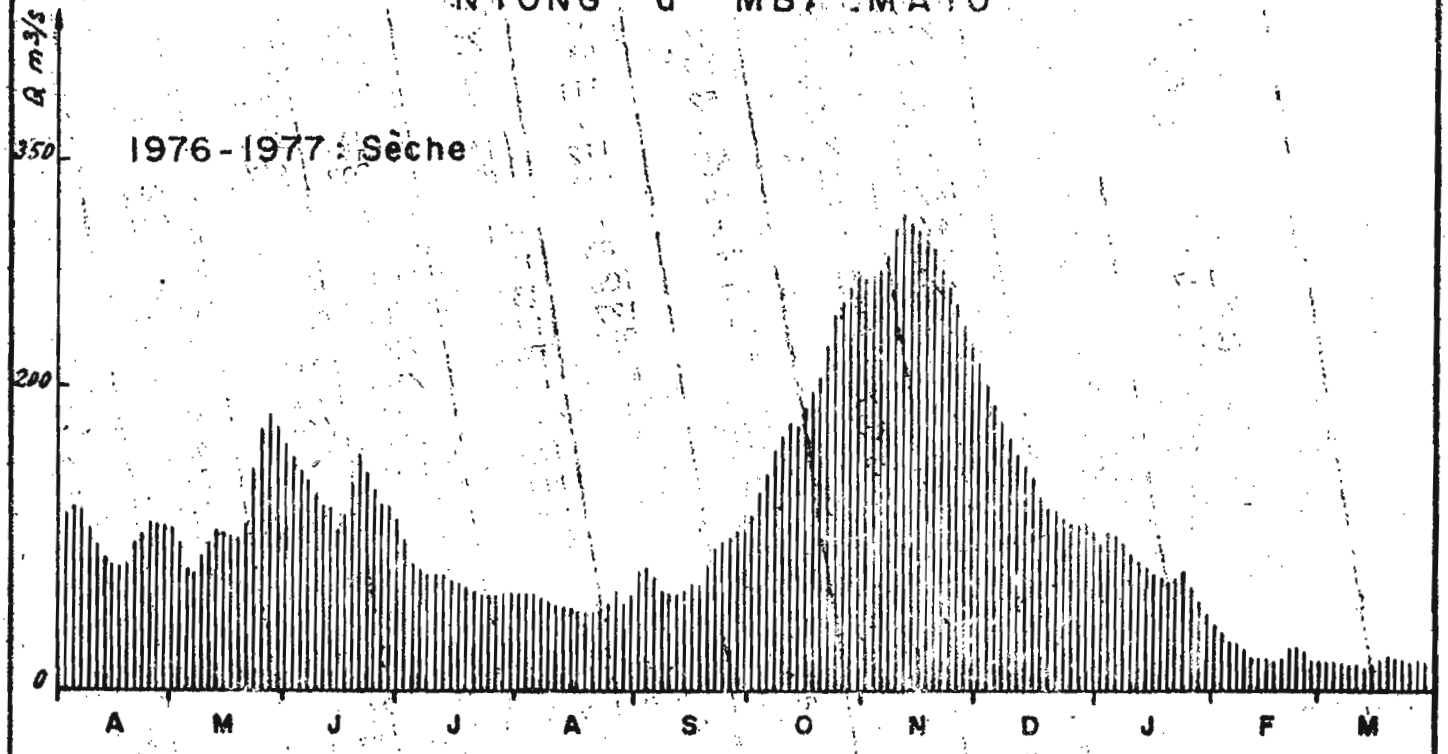
NYONG A MBALMAYO

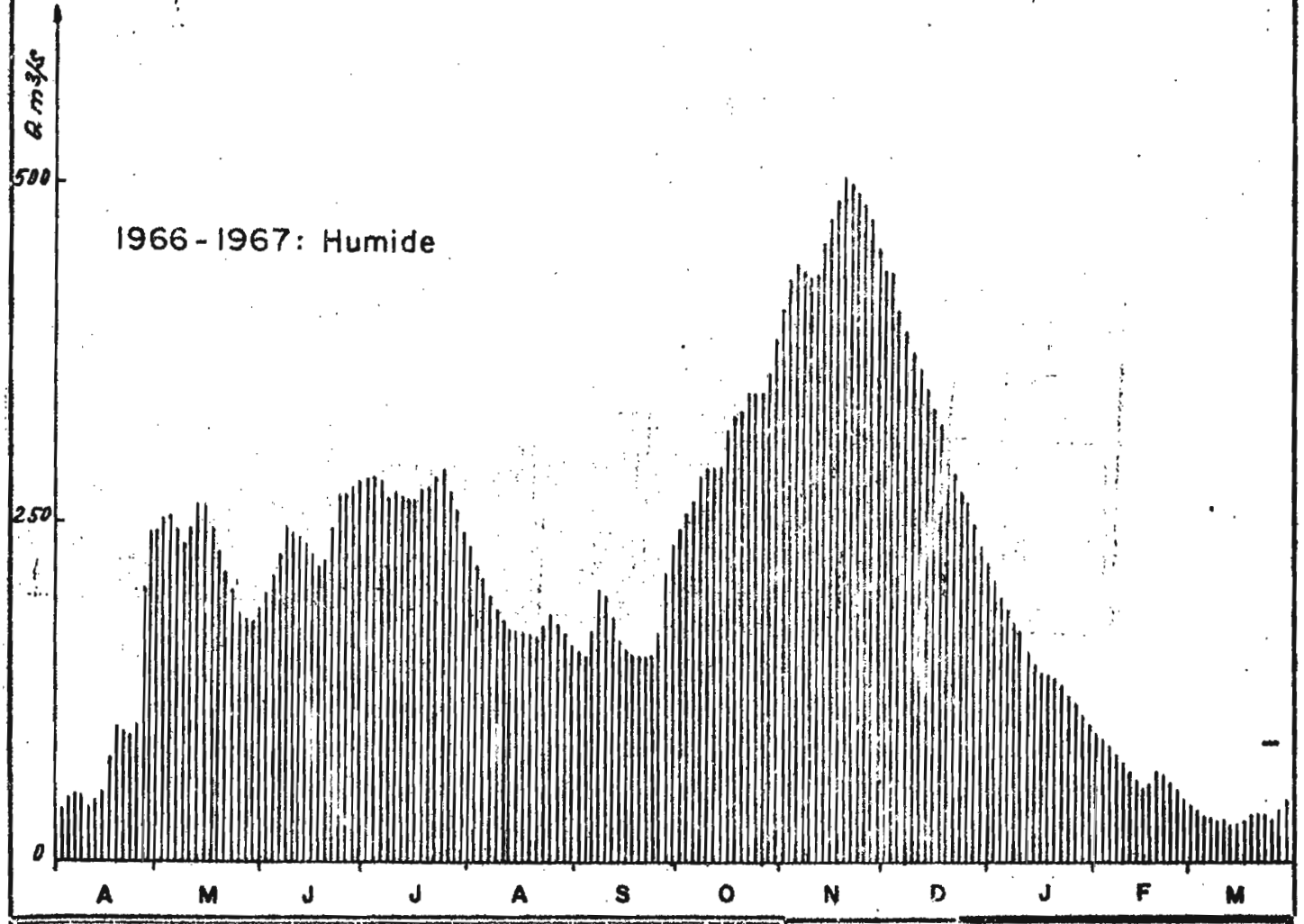
	Etiage absolu			Débits caractéristiques						Maximum	
ANNEE	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Débit	Date
1951-52	29	20/2	31	39	57	97	169	373	383	391	8/11
52-53	27.4	24/2	33	57	89	157	216	326	366	371	11/11
53-54	34	8/2	43	51	73	97	123	261	315	337	20/11
54-55	18.6	2/3	21	39	79	119	171	258	290	304	27/10
55-56	29.8	21/2	39	57	80	110	147	278	302	324	7/11
56-57	20.2	3/3	25	38	91	160	222	317	361	373	13/11
57-58	21.8	23/2	26.6	29.8	65	129	194	414	461	469	12/11
58-59	(17)	(15/3)	(19.4)	21.8	48	102	175	268	302	306	15/11
59-60	22.6	24/3	26.6	34	85	121	201	358	420	428	19/11
60-61	(15)	(15/3)	(17.8)	34	83	122	208	306	358	359	9/11
61-62	(14)	(28/2)	(16)	18.6	54	71	113	309	316	320	18/11
62-63	71	21/3	73	87	111	149	214	383	399	410	22/11
63-64	37	12/3	42	52	95	147	202	337	348	355	?
64-65	75	27/8	77	91	112	158	217	472	561	575	
65-66	21	7/3	24.2	33	107	144	196	291	308	332	3/11
66-67	25.8	13/5	31	39	47	161	276	431	487	506	20/11
67-68	37	14/3	39	45	83	121	140	309	391	412	7/11
68-69	39	24/2	42	55	108	135	214	334	402	433	15/11
69-70	31	6/3	41	67	127	172	258	343	363	374	11/11
70-71	27.4	23/2	33	51	98	130	214	378	460	482	7/11
71-72	21.8	27/2	29	42	90	131	207	347	433	443	28/11
72-73	10	13/3	22	27.4	68	88	155	330	372	391	20/10
73-74	23.4	25/2	25	29.8	66	140	221	340	381	390	6/11
74-75	34	10/3	38	43	67	111	182	342	364	377	4/11
75-76	51	11/3	52	61	85	105	172	313	362	373	15/11
76-77	(13)	(15/3)	(17.0)	(19.4	59	95	135	260	300	314	11/11
MED.	26.6	31	31.0	40.5	83.0	126	198	332	365	376	
ET	15.8		15.3	18.3	24.8	25.9	39.2	53.1	65.0	65.7	
Q1	34.0		41.0	55.0	95.0	147	214	358	402	428	
Q3	20.2		24.2	33.0	66.0	105	169	306	316	337	

Fig.48

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

NYONG à MBALMAYO





	date		78/5-15

2.2.5 - NYONG A OLAMA (18 510 km2)

D'installation beaucoup plus récente, cette station ne présente que 12 années d'observations (avec des valeurs douteuses pour mai 1968 seulement). Comme pour la station de KAYA (cf. infra), il aurait été possible de reconstituer un échantillon de débits mensuels sur la période commune de 26 années, mais cela conduit à des séries étendues biaisées à écarts-types trop faibles, peu représentatives finalement de l'irrégularité interannuelle. Les stations d'OLOMA et de KAYA resteront dans cette monographie des stations secondaires.

Pour OLAMA donc le module moyen calculé sur 12 ans est de 228 m3/s, soit 12.32 l/s km2.

L'étiage absolu médian est de 39.5 m3/s, soit 2.13 l/s km2.

Le débit minimum observé étant de 19.0 m3/s, soit 1.03 l/s km2;

La crue maximale médiane est de 638 m3/s, soit 34.5 l/s km2 et la maximu observé a atteint 786 M3/s, soit 42.5 l/s km2.

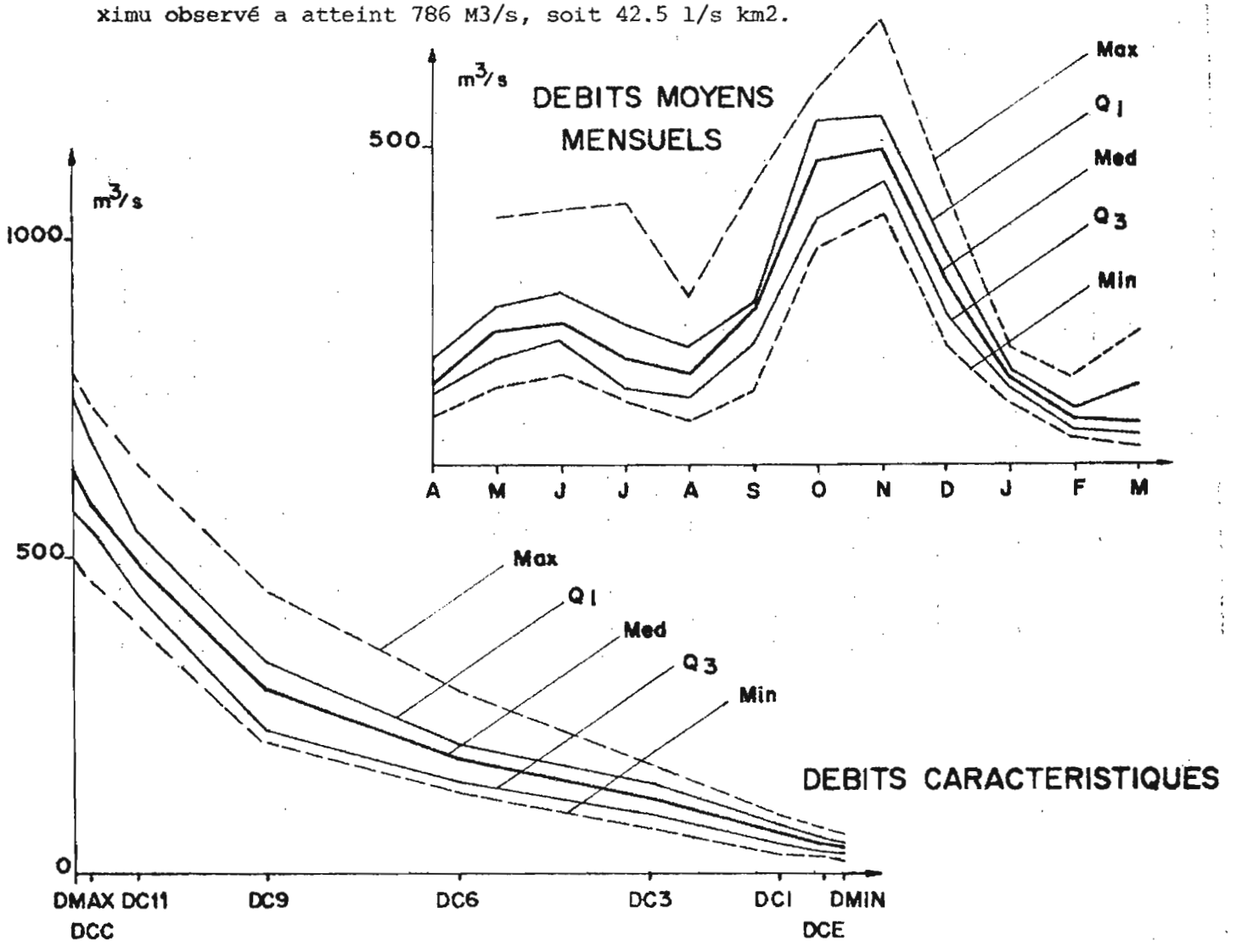


TABLEAU N° 33

NYONG A OLAMA

Débits moyens mensuels et annuels en m³/s

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1964-65								--	331	180	139	149	--
65-66	182	241	293	194	181	255	455	427	245	132	73.1	43.6	227
66-67	152	391	400	410	240	249	511	695	428	179	82.0	55.0	317
67-68	77.0	121	211	140	99.0	184	420	505	218	107	52.4	87.4	185
68-69	127	(250)	234	167	121	241	361	542	319	142	90.7	203	(234)
69-70	208	240	239	242	262	439	528	530	288	135	70.9	144	278
70-71	181	246	250	174	184	246	548	648	339	139	50.6	98.2	267
71-72	118	175	200	169	152	252	591	481	287	125	60.6	60.0	225
72-73	119	120	191	98.4	92.0	234	569	474	219	125	40.3	51.7	195
73-74	115	253	334	242	180	194	403	451	255	101	79.4	43.1	221
74-75	107	180	187	98.4	125	254	499	387	275	122	71.7	65.6	198
75-76	120	165	137	165	118	136	366	546	313	148	98.0	96.1	201
76-77	148	174	201	98.0	69.0	116	337	431	182	91.9	35.5	27.9	159
Moy.	138	213	240	183	152	242	466	510	288	133	72.6	86.5	228
ET	37.4	74.3	72.1	86.8	59.3	86.8	87.3	90.4	83.6	26.4	27.4	51.2	40.7
Q1	166	248	272	218	183	254	538	544	329	145	86.4	121	251
Q3	116	170	195	119	109	189	384	441	232	114	52	47.6	196

TABLEAU N° 34

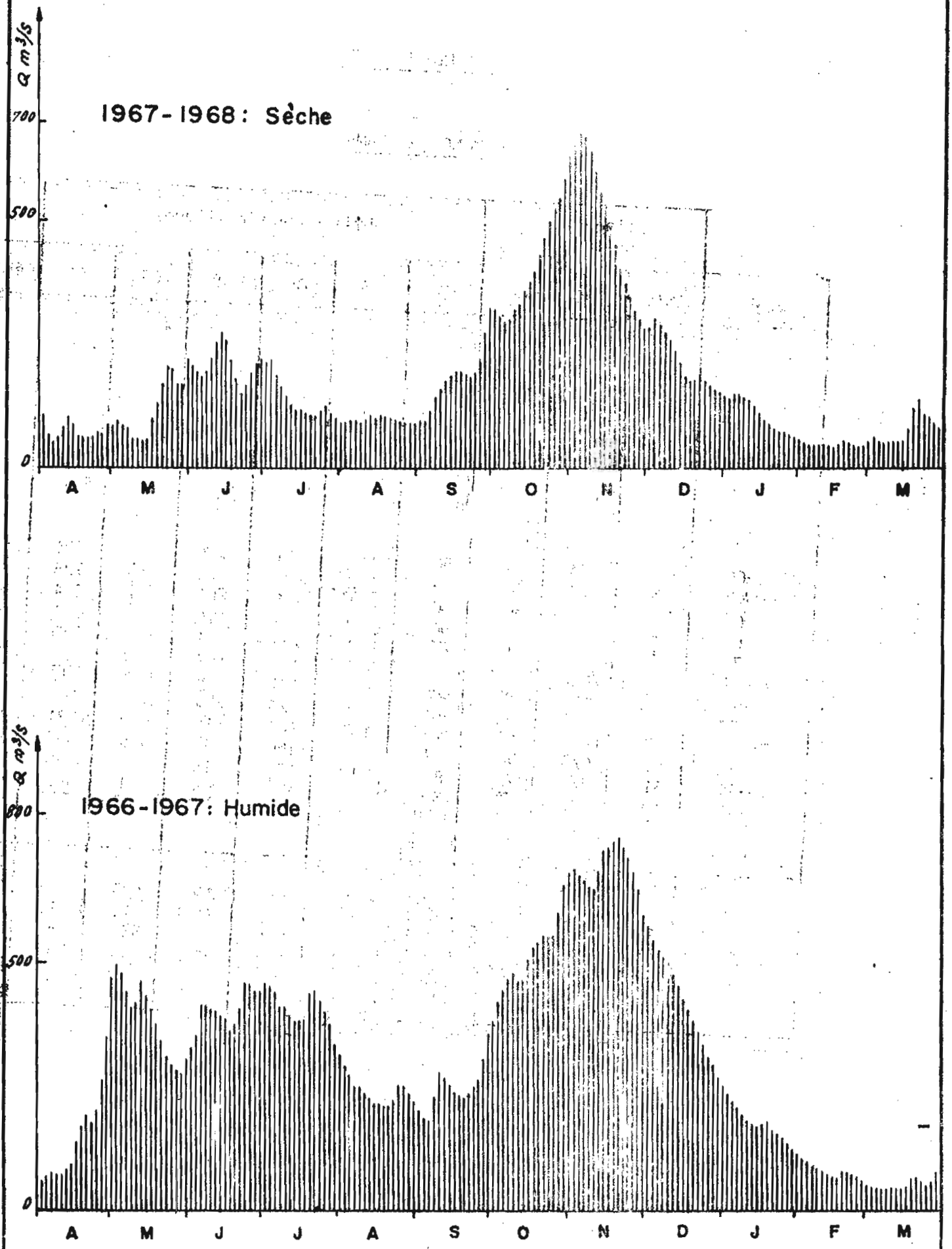
NYONG A OLAMA

	Etiage absolu			Débtts caractéristiques						Maximum	
ANNEE	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Débit	Date
1965-66	27	5/3	34	50	138	201	307	438	491	542	2/1
66-67	43	9/3	46	67	172	285	440	648	728	753	21/11
67-68	44	26/3	50	60	91	145	217	462	624	681	6/11
68-69	54	24/2	64	90	132	202	303	453	581	617	17/11
69-70	41	8/3	55	80	171	242	353	535	565	593	12/11
70-71	38	25/2	44	70	139	198	357	579	736	786	8/11
71-72	29	28/2	38	58	120	171	268	524	713	761	21/10
72-73	21	14/3	30	42	88	123	225	539	666	766	20/10
73-74	28	12/3	33	40	103	185	314	449	521	546	27/10
74-75	42	6/3	50	67	87	150	258	535	565	615	2/11
75-76	61	8/3	72	88	112	139	218	440	588	658	17/11
76-77	19	13/3	27	30	68	124	204	401	462	508	12/11
MED.	39.5		45.0	63.5	116	178	286	493	584	638	
ET	12.9		13.8	19.0	33.2	49.0	71.1	71.5	91.7	97.3	
Q1	43.5		52.5	75.0	139	201	33[illegible]	537	689	757	
Q3	27.5		33.5	46.0	89.5	142	222	444	543	570	

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

NYONG à OLAMA

Fig.49



date	dés.	78/5-13

2.2.2.6 - NYONG A KAYA (19 985 km2)

Sur 12 années d'observations, 2 sont incomplètes, ce qui réduit l'échantillon à 10 années pour lesquelles on a les résultats suivants :

- le module moyen est de 257 m3/s, soit 12.86 l/s km2.
- l'étiage médian est de 46.5 m3/s, soit 2.33 l/s km2 et le minimum observé est descendu jusqu'à 21.5 m3/s, soit 1.08 l/s km2.

La crue maximale médiane est de 654 m3/s, soit 32.7 l/s km2 et le maximum observé a atteint 834 m3/s, soit 41.7 l/s km2.

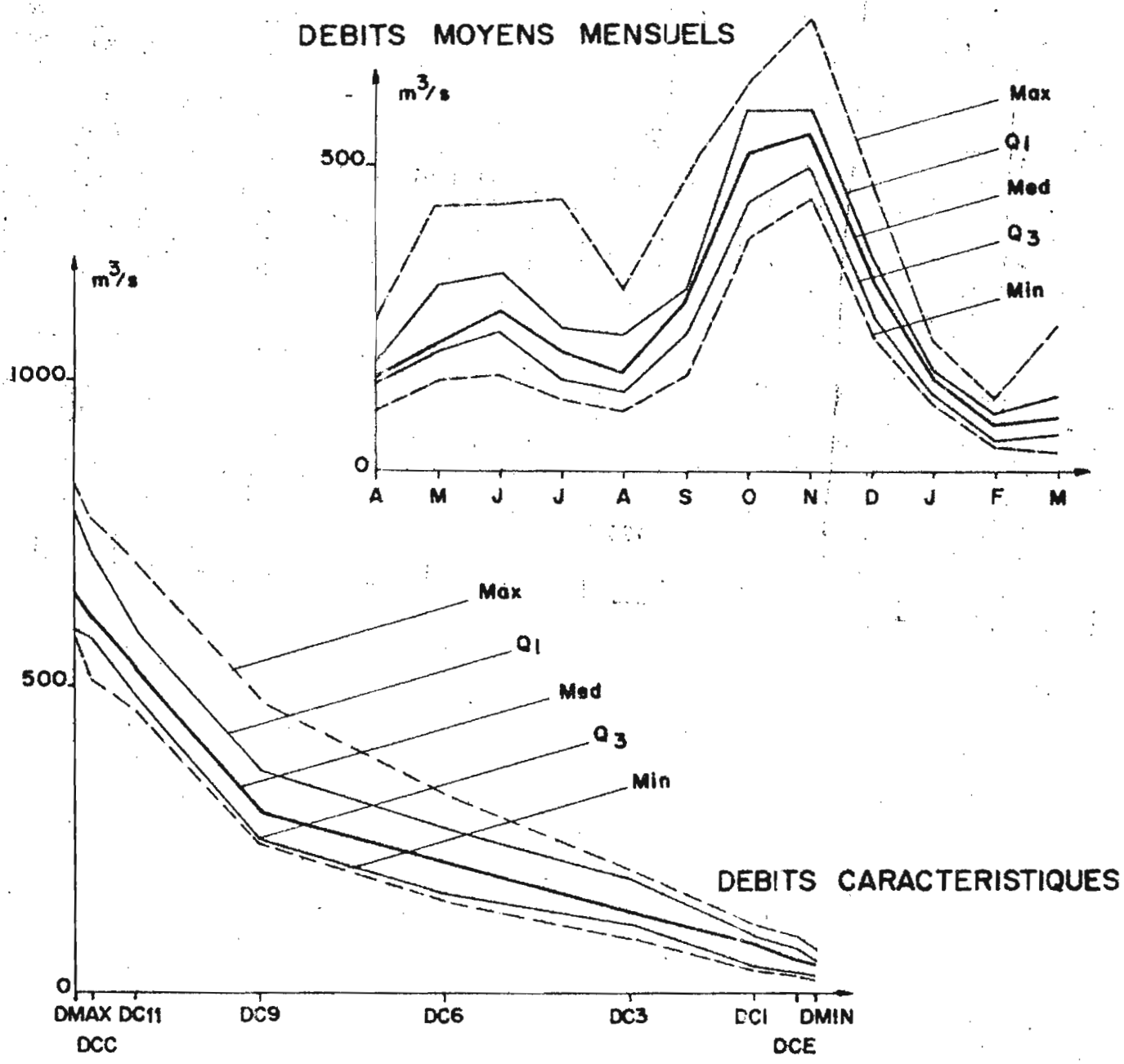


TABLEAU N° 35

NYONG A KAYA

Débits moyens mensuels et annuels en m3/s

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1965-66				(197)	200	272	479	448	264	151	92.8	48.4	-
66-67	174	433	433	441	270	284	558	733	466	(208)	96.7	68.7	348
67-68	98.2	150	246	164	119	222	478	548	255	125	61	102	214
68-69	152	302	269	193	139	283	398	572	350	155	104	238	263
69-70	248	273	273	260	295	485	569	571	326	151	81	164	309
70-71	240	293	321	198	220	391	614	686	339	161	62.6	119	305
71-72	142	204	234	194	178	293	630	-	-	-	-	79.4	-
72-73	149	149	228	120	121	269	611	518	254	148	45.9	61.1	224
73-74	141	303	392	284	222	228	455	497	292	121	48.5	53.1	253
74-75	136	201	226	117	141	297	553	548	311	138	89.0	87.8	237
75-76	140	203	155	203	136	160	430	588	359	167	117	122	231
76-77	169	196	256	132	98.7	154	380	484	218	108	39.4	32.9	189
Moy.	163	246	276	209	178	278	513	563	311	148	76.2	98.0	257
ET	44.7	84.2	79.2	89.0	63.3	91.1	87.3	84.3	67.5	26.7	26.0	57.5	49.4
Q1	174	301	321	231	221	295	590	588	349	161	93.0	120	305
Q3	140	196	228	148	128	225	442	497	255	125	48.0	57.1	224

TABLEAU N° 36

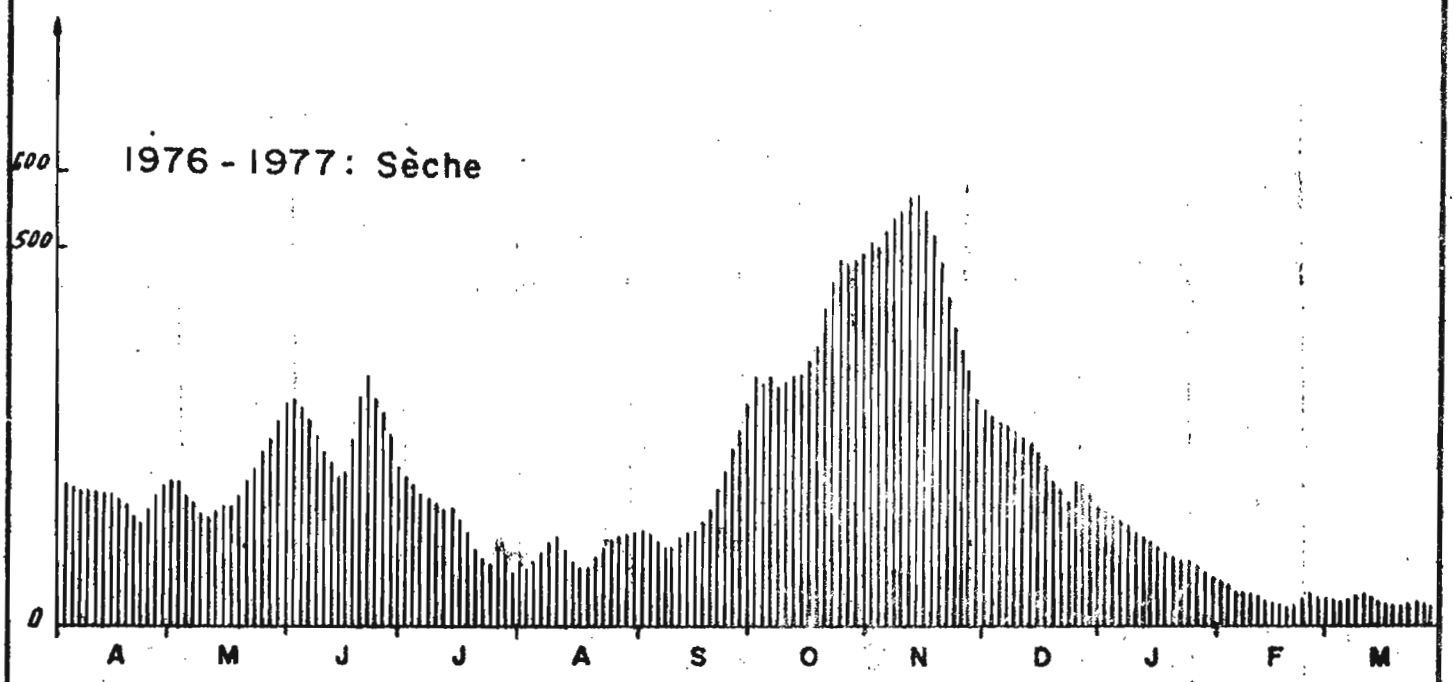
NYONG A KAYA

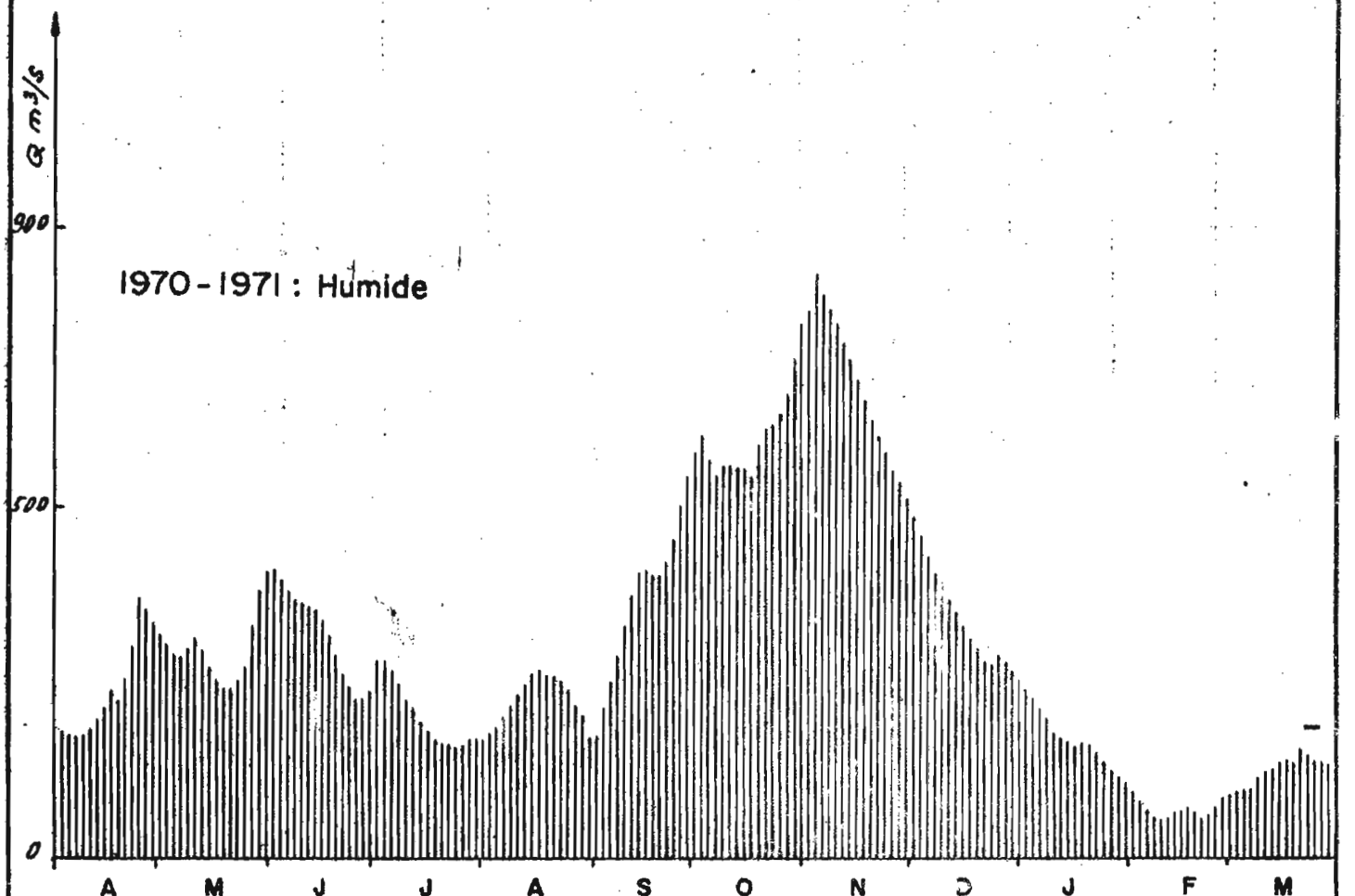
	Etiage absolu			Débits caractéristiques						Maximum	
ANNEE	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Débit	Date
1965-66	31.5	5/3	40	-	-	200	250	458	512	580	3/11
66-67	49	10/3	56	81	198	325	476	702	760	786	21/11
67-68	51	26/2	58	75	113	272	254	522	676	722	5/11
68-69	66	23/2	73	105	189	267	355	484	615	640	16/11
69-70	47	5/3	65	93	198	278	303	576	615	637	8/11
70-71	46	10/2	61	92	163	256	390	632	773	834	4/11
71-72	(32)	1/3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72-73	23	15/3	28	45	111	150	272	596	722	805	21/10
73-74	32	11/3	36	45	128	230	366	498	579	590	7/11
74-75	54	5/3	74	88	122	215	297	579	615	654	1/11
75-76	67	11/3	88	111	134	164	246	530	623	671	17/11
76 77	21.5		27.4	35	92	159	249	173	527	576	
MED.	46.5		58.0	84.5	131	215	297	530	615	654	
ET	15.3		20.0	26.6	39.2	57.0	74.2	74.9	86.7	92.4	
Q1	52.5		73.0	93.0	189	267	366	596	722	786	
Q3	31.7		36.0	45.0	113	164	250	484	579	590	

Fig.50

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

NYONG à KAYA





date | dés.

78/5 -14

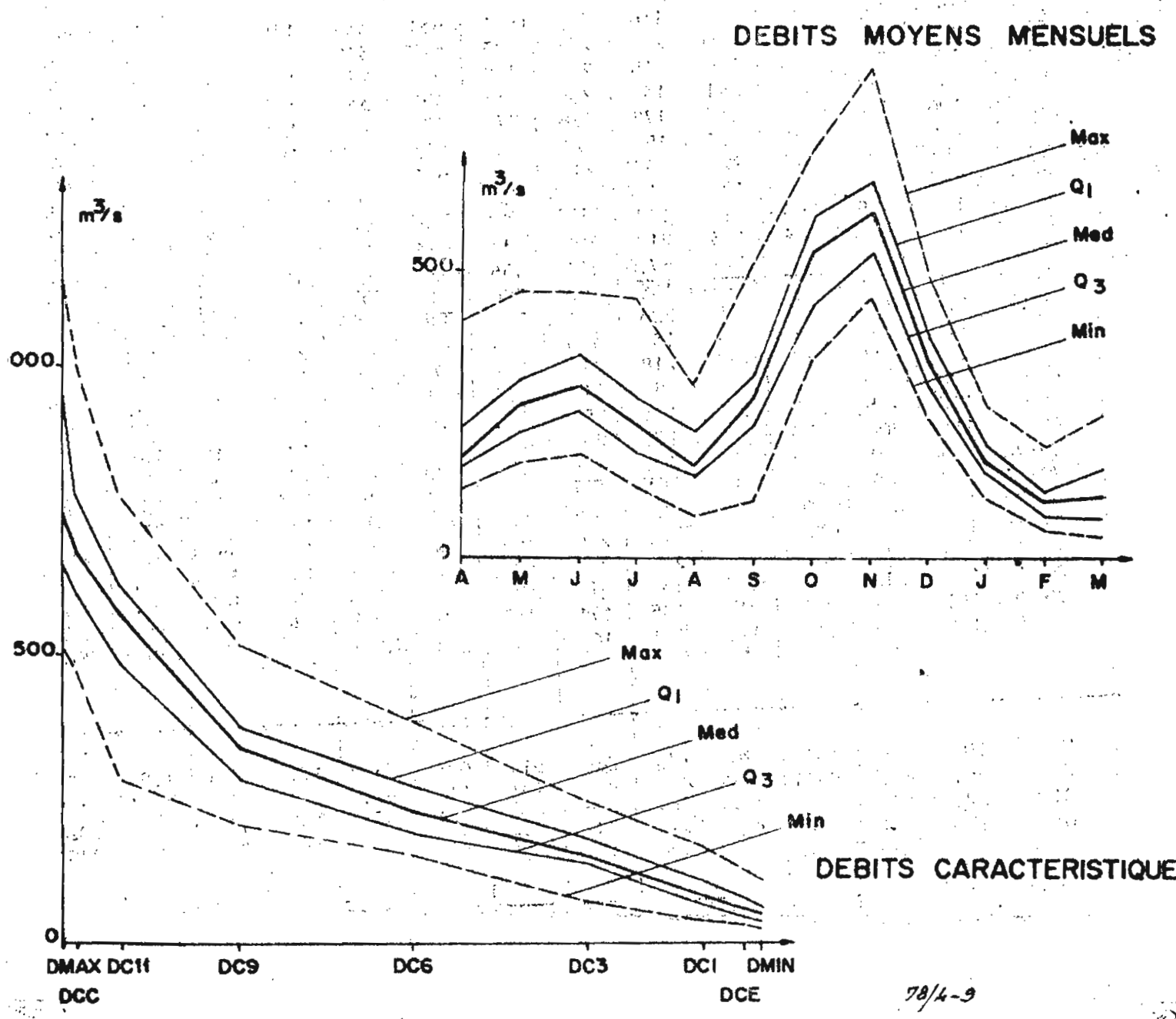
.2.2.7 - NYONG A ESEKA (21 600 km2)

Sur vingt six années de relevés, on note quelques périodes de relevés douteux (octobre 1951, août 1957, juillet 1962, décembre 1976) ; par ailleurs, les basses eaux ont été reconstituées en avril 1951, janvier 1961, janv. fév. mars 1962 et 1964.

Le module interannuel est de 275 m3/s, soit 12.73 l/s km2.

L'étiage absolu médian est de 54.2 m3/s, soit 2.51 l/s km2 et le minimum observé est descendu jusqu'à 23.7 m3/s, soit 1.10 l/s km2.

Le maximum de crue médian est de 937 m3/s, soit 43.4 l/s km2 et le maximu observé a atteint 1.152 m3/s, soit 53.3 l/s km2.



78/4-9

TABLEAU N° 37

NYONG A ESEKA

Débits moyens mensuels et annuels.

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1950-51										-	-	-	
51-52	(152)	170	232	232	136	302	(621)	631	335	145	87	110	(262)
52-53	157	363	450	320	249	261	473	577	336	169	92	180	302
53-54	176	200	205	176	115	220	340	548	273	132	188	152	220
54-55	240	284	376	241	131	204	433	459	338	161	86	129	257
55-56	196	216	295	235	178	228	376	524	294	144	85	242	251
56-57	406	446	379	273	159	224	531	613	431	198	90	84	320
57-58	151	174	270	229	(197)	248	521	651	452	197	97	69	272
58-59	189	292	292	178	81.6	94.3	338	449	299	142	54	41	205
59-60	122	255	263	216	147	259	552	664	418	202	95	82	273
60-61	137	263	292	193	212	308	531	673	381	260	128	68	288
61-62	122	156	171	117	67.0	181	456	527	236	100	47	117	191
62-63	326	455	459	(310)	198	400	586	849	488	223	191	154	(387)
63-64	197	251	293	296	223	391	562	596	372	(168)	(102)	(105)	(297)
64-65	257	260	349	242	139	309	553	826	429	225	174	194	330
65-66	223	297	346	232	218	313	511	478	288	167	103	58	270
66-67	178	460	458	448	287	312	618	835	486	229	112	73.5	375
67-68	110	165	265	177	133	254	520	596	272	146	70	117	235
68-69	165	306	276	202	151	292	414	594	354	173	119	248	275
69-70	265	301	289	274	300	508	601	625	341	174	94	174	329
70-71	242	302	302	213	251	427	680	793	357	183	71.8	134	330
71-72	154	227	246	201	189	308	704	543	335	159	79.4	83.2	269
72-73	161	172	244	124	123	286	667	544	266	161	55.8	68.4	239
73-74	159	316	397	292	228	247	474	507	299	130	58.7	60.3	264
74-75	145	212	242	124	150	315	580	587	322	156	100	90.9	252
75-76	161	211	182	211	145	171	437	616	355	186	129	130	245
76-77	195	218	250	127	101	163	407	502	(240)	122	47.4	35.3	201
Moy.	192	268	301	226	173	278	519	608	346	171	96.0	115	275
ET.	66.6	87.1	79.8	72.7	60.2	88.4	101	112	70.6	36.7	35.0	57.1	49.4
Q1	223	302	349	273	218	312	586	651	381	197	112	152	302
Q3	152	211	246	178	133	224	437	527	294	145	71.8	69	245

TABLEAU N° 38

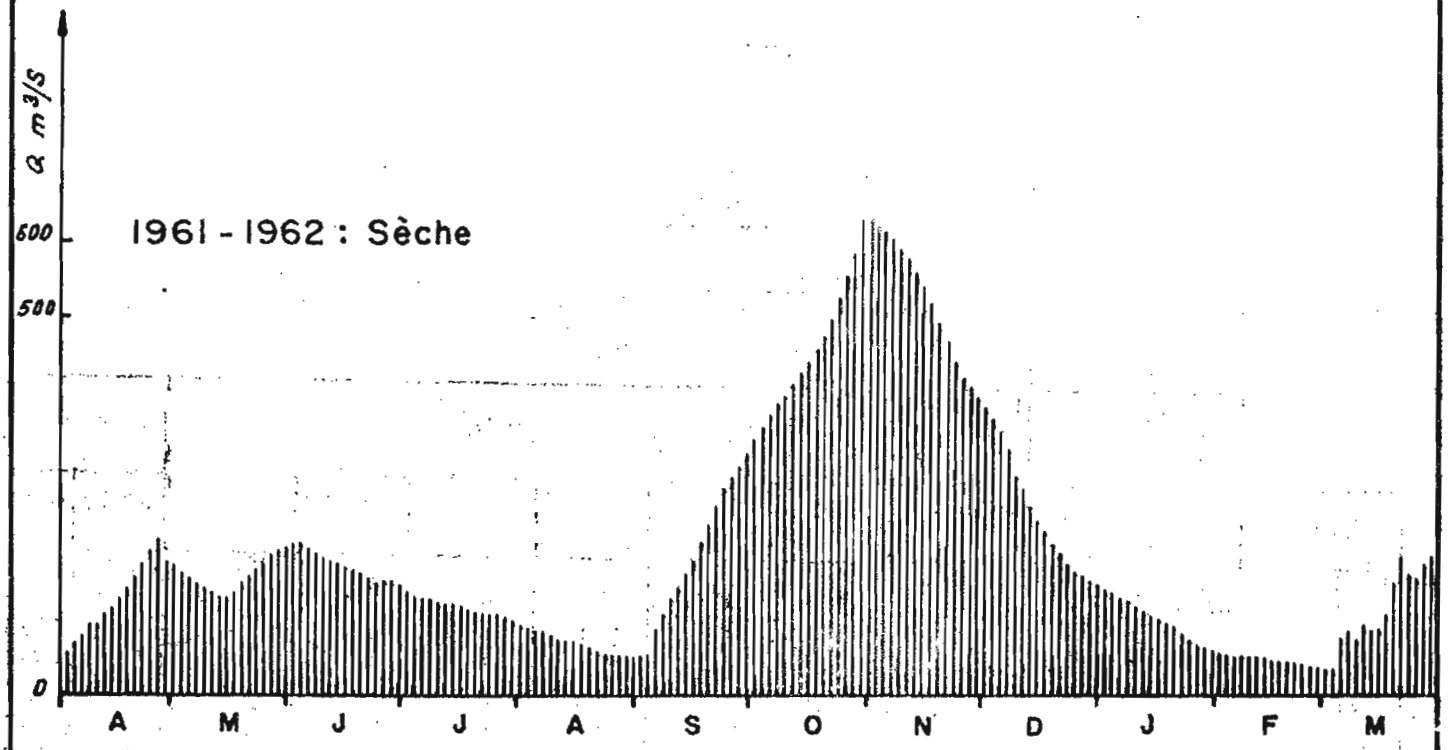
NYONG A ESEKA

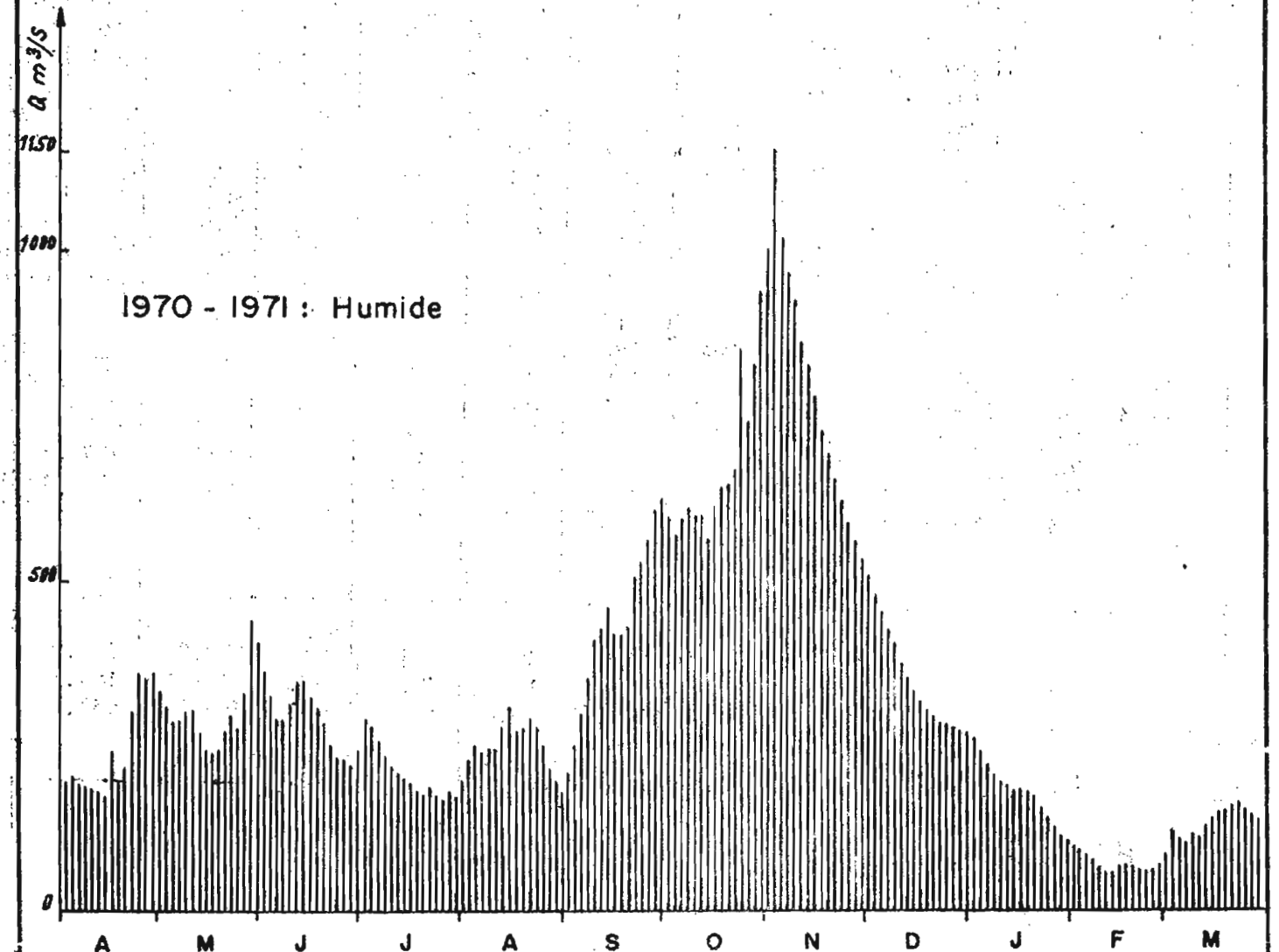
	Etiage absolu		Débits caractéristiques							Maximum	
ANNEE	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Débit	Date
1951-52								380	<400	<400	
52-53	58.3	22/2	74.5	115	185	279	390	566	623	663	5/11
53-54	62.0	1/2	83.9	96.5	147	191	250	456	601	657	17/11
54-55	39.8	3/3	44.7	108	152	223	344	465	545	599	27/10
55 -56	51.7	21/2	75.5	104	172	225	292	418	610	712	5/11
56-57	42.5	5/3	50	79.6	149	316	447	596	678	892	8/11
57-58	48.5	7/3	55.8	69.5	139	-	314	577	769	804	7/11
58-59	30.0	1/3	34.7	43.2	79.5	191	299	432	472	515	16/11
59-60	58.3	15/3	64.8	81.8	144	217	336	651	690	736	16/11
60-61	51.7	20/3	64.2	79.6	165	235	366	621	754	871	19/11
61-62	35	(4/3)	(41)	(52)	-	155	204	481	604	645	31/10
62-63	104	25/3	128	170	-	386	520	709	909	1007	31/10
63-64	(77)	27/2	(86)	(100)	247	330	364	577	660	696	1/11
64-65	111	25/8	122	153	188	271	366	684	917	1064	4/11
65-66	35.9	7/3	48.5	68.5	175	242	362	495	540	642	3/11
66-67	55.8	9/3	60.2	84.3	222	348	490	769	907	956	28/10
67-68	59.3	17/3	65.7	77	120	175	279	525	757	934	4/11
68-69	71.5	18/2	90.5	125	166	238	354	490	651	681	12/11
69-70	54.2	7/3	72.5	117	215	288	424	615	672	642	11/11
70-71	55.8	23/2	63	104	182	271	394	669	977	1152	3/
71-72	36.6	28/2	48	80	155	209	312	566	884	960	28/10
72-73	26.8	15/3	39.2	57.5	1221	164	284	625	791	940	20/10
73-74	39.8	26/2	44.7	53.3	141	238	370	509	597	655	25/10
74-75	62.0	7/3	74.5	93.1	117	189	314	608	687	757	31/10
75-76	79.6	10/3	96.5	122	145	181	267	534	672	753	16/11
76-77	23	12/3	32.9	38.5	73.5	171	245	476	560	592	7/11
MED.	54.20		64.20	84.30	152.0	230.0	344.0	566.0	672.0	742.0	
ET	21.63		24.89	32.26	41.54	61.67	75.27	96.42	134.61	164.60	
Q1	62.0		79.70	111.50	182.00	275.0	380.0	621.0	780.0	937.0	

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

Fig.51

NYONG à ESEKA





	date	dés.

2.2.2.8 - NYONG A DEHANE (26 400 km2)

Sur vingt six années, on releve une année incomplète (1964-65), une année douteuse (62-63) et quelques mois douteux (sept. 1951, fév., mars 1962, mars 66)

Le module moyen (25 ans) est de 442 m3/s, soit 16.74 l/s Km2.

L'étiage absolu médian est de 74.8 m3/s, soit 2.83 l/s km2.

Le minimum observé étant de 31.0 m3/s, soir 1.14 l/s km2.

Le maximum de crue médian est de 1356 m3/s, soit 51.4 l/s km2.

Le maximum observé étant de 1930 m3s, soit 73.1 l/s km2, mais il y a lieu de souligner que les plus fortes valeurs caractéristiques ont été observées au cours de l'année douteuse 62-63, ce qui en diminue beaucoup leur crédibilité.

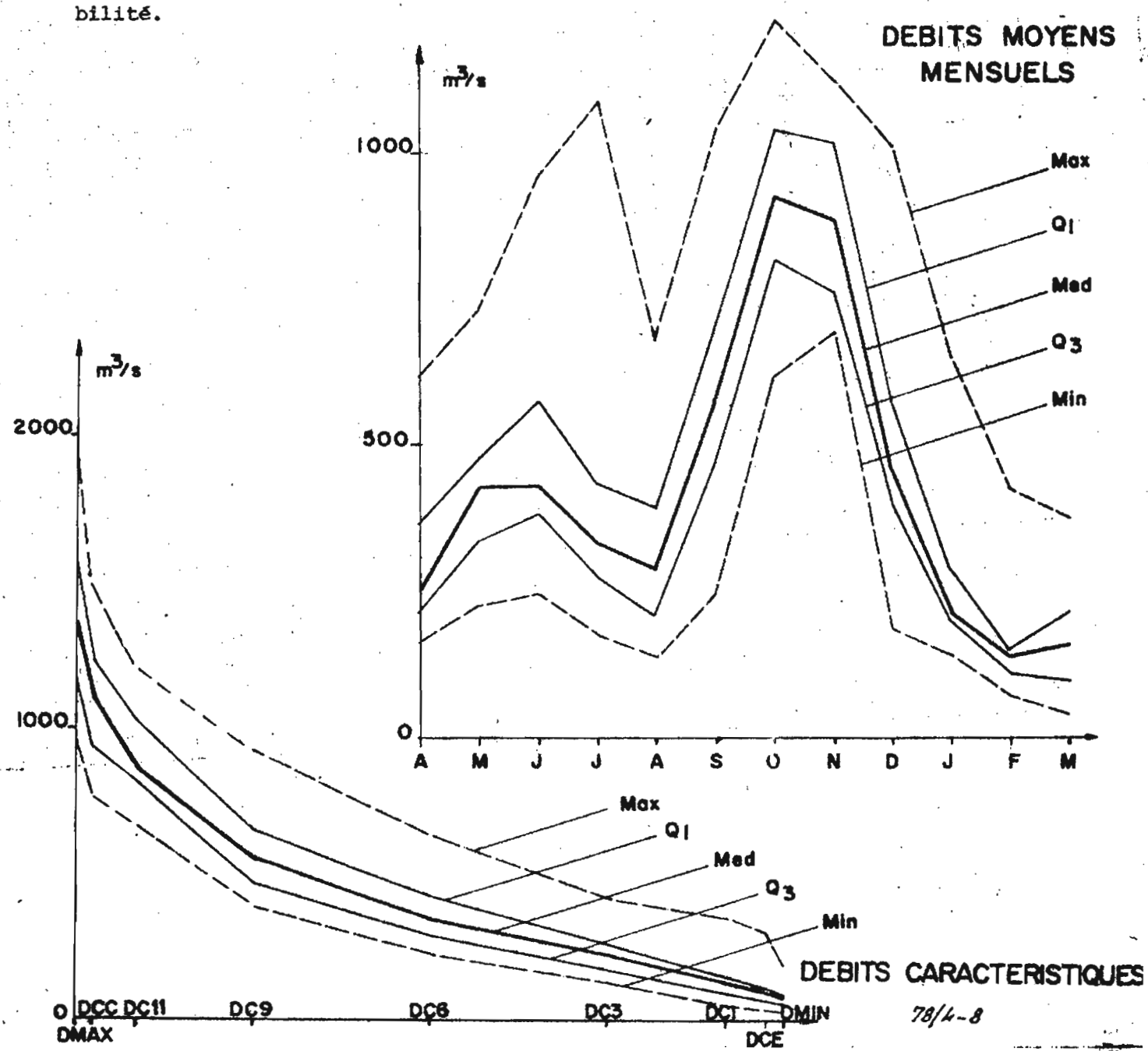


TABLEAU N° 39

NYONG A DEHANE

Débits moyens mensuels et annuels en m3/s

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1950-51											134	157	-
51-52	230	268	349	317	224	(460)	1127	976	430	197	128	124	(403)
52-53	183	474	633	438	378	1041	850	840	184	212	148	229	470
53-54	235	378	392	302	206	435	662	837	394	181	169	212	367
54-55	348	487	582	357	197	460	781	726	515	212	122	176	437
55-56	292	365	484	351	300	576	883	894	432	206	129	342	438
56-57	617	671	688	471	284	472	[illegible]	1052	605	292	137	120	539
57-58	244	322	505	357	343	504	899	064	608	271	135	99.2	447
58-59	292	469	379	240	133	243	618	704	428	197	78.6	71.3	322
59-60	180	413	336	274	287	739	1032	995	592	288	134	133	451
60-61	249	401	427	406	499	860	1163	1041	548	291	179	82.7	513
61-62	253	221	242	212	133	381	741	707	355	140	(70)	(179)	(340)
62-63	(586)	731	575	485	340	843	1226	1127	1004	644	422	(375)	(700)
63-64	377	433	592	637	675	661	1009	841	643	450	294	178	565
64-65	421	578	955	1087	-	-	-	-	-	320	223	249	-
65-66	285	431	496	315	342	639	911	734	406	223	134	(75)	(417)
66-67	232	665	692	602	429	583	957	1107	640	297	142	97.7	540
67-68	162	259	425	273	264	577	990	883	397	209	97.0	186	394
68-69	229	476	406	267	207	449	633	784	455	207	143	317	383
69-70	371	435	406	355	504	972	935	975	495	224	127	229	503
70-71	377	470	454	312	557	957	1213	1181	516	259	110	183	551
71-72	210	335	347	298	340	628	1113	785	468	208	104	123	406
72-73	208	287	432	185	189	509	957	737	358	200	80.0	88.8	354
73-74	228	456	572	433	408	744	821	691	409	174	80.0	100	411
74-75	211	336	381	172	209	587	922	888	445	205	139	121	385
75-76	201	289	278	343	223	478	806	897	502	225	188	195	388
76-77	363	338	398	209	251	488	859	873	356	183	76.4	40.4	369
Moy.	292	423	478	373	317	603	926	891	487	252	145	166	442
ET.	115	130	153	186	136	198	169	145	151	101	73.1	84.3	89.2
Q1	363	474	575	433	393	700	1040	1018	570	288	148	212	508
Q3	211	335	381	273	208	466	813	761	402	200	104	99.2	384

TABLEAU N° 40

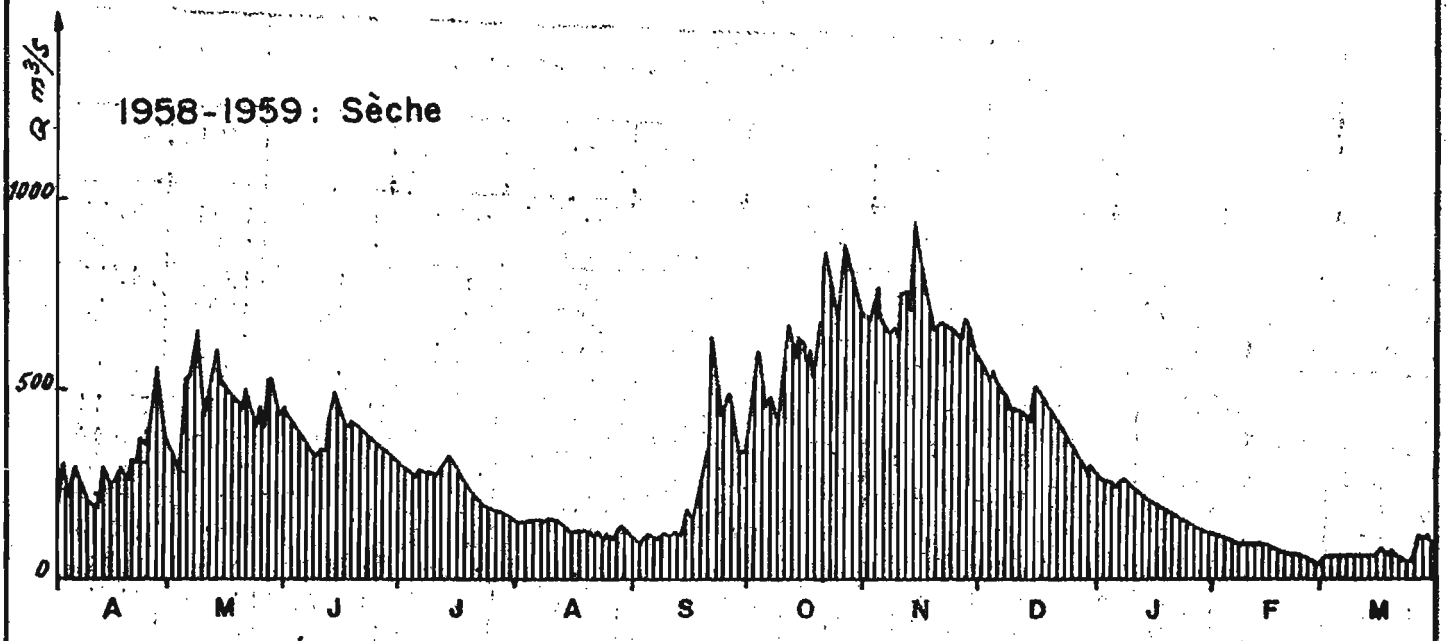
NYONG A DEHANE

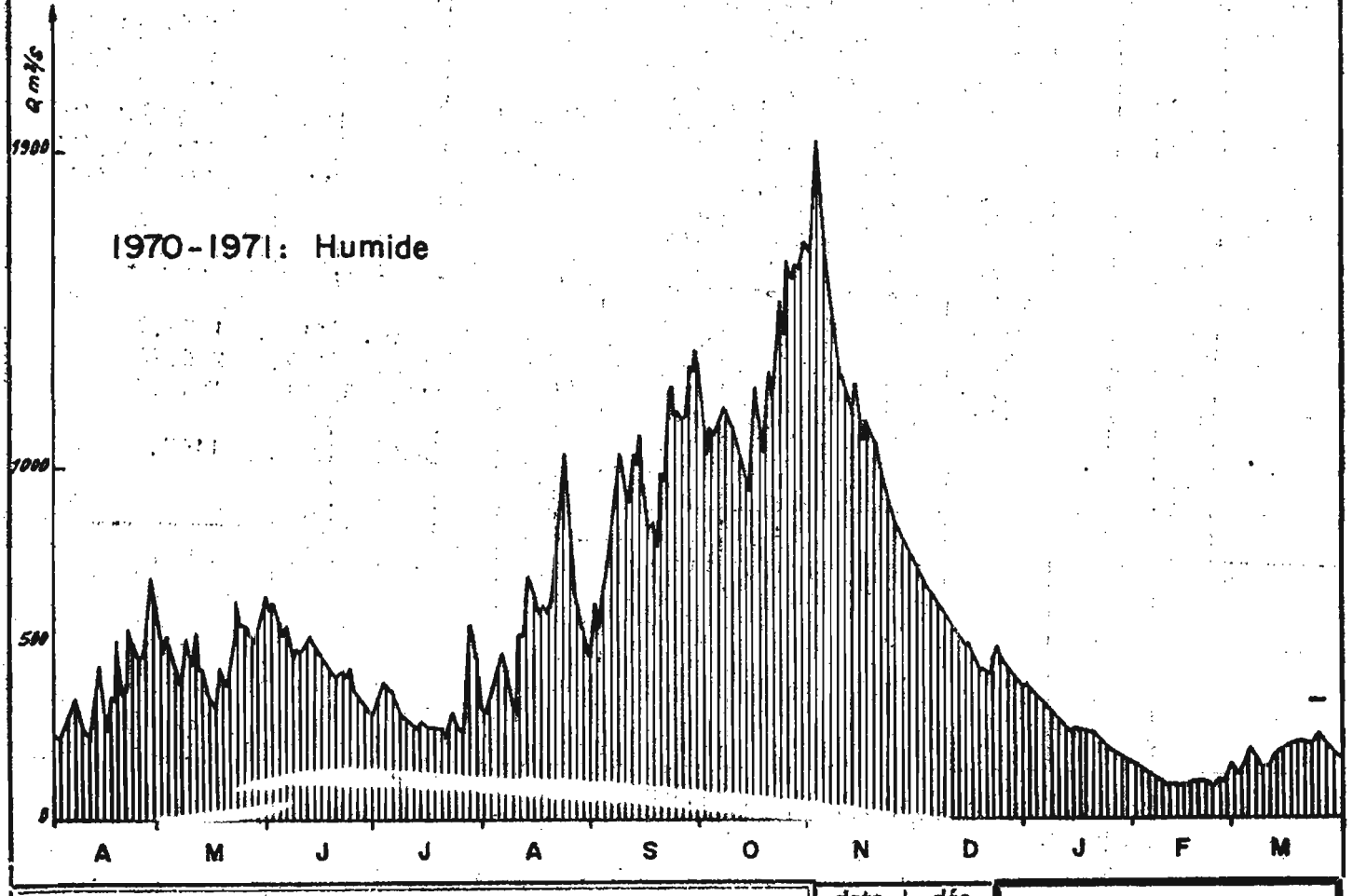
	Etiage absolu			Débits caractéristiques						Maximum	
Année	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Débit	Date
1951 -52	73.0	8/3	83	126	175	-	414	1067	1267	1371	2/11
52-53	103.2	21/2	118	152	220	414	595	830	1042	1482	24/10
53-54	103.2	31/1	112	140	216	301	446	728	914	1202	21/11
54-55	63.1	1/3	67.5	154	209	373	576	796	914	1027	27/10
55-56	85.0	20/2	113	156	260	367	514	841	1102	1570	4/11
56-57	73.0	6/3	91.5	128	276	502	720	1057	1217	1540	26/10
57-58	63.1	13/3	73	99.3	238	352	558	1007	1107	1319	12/11
58-59	43.8	28/2	55	65.3	128	282	456	674	760	939	14/11
59-60	90.2	5/3	103	121	200	310	589	1042	1142	1426	19/9
60-61	64.2	17/3	70.8	108	240	464	615	1180	1366	1552	4/11
61-62	(50)	28/2	(63)	83.8	146	223	397	708	898	1017	30/10
62-63	192	31/8	301	352	417	632	919	1207	1346	1606	16/10
63-64	128	22/3	166	216	400	586	693	878	1067	1277	31/10
64-65	176	12/3	192	209	358	-	-	-	-	-	-
65-66	(46)	(11/3)	64.2	82	218	340	546	862	1002	1202	22/10
66-67	66.4	9/3	74.2	111	282	603	700	1037	1207	2600	29/10
67-68	76.6	27/2	91.5	109	180	294	486	962	1217	1588	29/10
68-69	83	19/2	116	162	209	325	529	720	818	939	12/11
69-70	77	7/3	101	154	279	406	678	1002	1132	1540	4/11
70-71	87.6	23/2	98	144	260	432	686	1167	1482	1930	3/11
71-72	54	27/2	71	111	202	313	552	878	1294	1482	19/10
72-73	34.4	17/3	50	73	174	226	476	839	1072	1252	21/10
73-74	48.0	2/3	55	83	196	403	564	772	906	1092	8/10
74-75	82.6	8/3	105	125	160	279	502	866	1082	1277	12/10
75-76	111	8/3	140	174	209	288	453	834	967	1132	13/11
76-77	30	14/3	39.0	53.6	174	294	468	858	1107	1356	23/10
MED	78.80		91.50	125.50	212.50	346.0	552.0	866.0	1102.0	1356.0	
ET	38.22		54.13	60.21	71.59	113.22	118.51	152.22	177.93	246.28	
Q1	90.20		113.0	154.0	260.0	423.0	646.50	1039.50	1217.0	1546.0	
Q3	60.0		67.50	99.30	180.0	294.0	472.0	813.0	940.50	1167.0	

Fig.52

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

NYONG à DEHANE





	date	dés.	78/6-12

2.2.3 - Stations de la Mefou

2.2.3.1 - La Mefou à Etoa (235 km2)

Sur onze années d'observations, on note une absence de relevés en mai 1970, et des relevés douteux en avril 1972 ; le module moyen calculé sur 10 années est de 3.28 m3/s, soit 14.1 1/s km2. L'étiage absolu médian est de 0.610 m3/s, soit 2.6 1/s km2, et le minimum observé est de 0.420 m3/s, soit 1.79 1/s km2.

Le maximum de crue médian est de 16 m3/s, soit 68 1/s km2 et le maximum observé sur la période est de 21.2 m3/s, soit 90.2 1/s km2.

2.2.3.2 - La Mefou à Nsimalen (425 km2)

La série d'observations porte sur treize années complètes.
Le module moyen est de 6.10 m3/s, soit 14.4 1/s km2.
L'étiage absolu médian est de 1.72 m3/s, soit 4.05 1/s km2.
L'étiage minimum observé étant de 1.0 m3/s, soit 2.35 1/s km2.
La crue maximum médiane atteint 20 m3/s, soit 47.1/s km2.
Le maximum observé ayant atteint 22.8 m3/s, soit 53.65 1/s km2.

Dans ces régions forestières les débits spécifiques de crue pour d'assez petits bassins versants ne sont pas très différents de ceux des grands bassins.

TABLEAU N° 41

MEFOU A ETOA

Débits moyens mensuels et annuels

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Modul
1965-66												0.66	
66-67	3.40	7.40	5.20	4.10	2.69	4.50	10.4	11.2	5.80	3.32	2.11	1.80	5.18
67-68	1.99	3.16	3.10	1.41	0.91	2.66	6.80	4.00	2.14	1.32	0.96	1.98	2.54
68-69	2.20	3.85	2.32	1.27	0.77	3.79	5.25	7.77	3.33	1.74	1.47	3.40	3.10
69-70	2.90	3.09	2.28	1.55	2.64	3.99	6.62	7.92	3.39	2.74	1.65	4.48	3.62
70-71	5.14		6.96	2.57	3.68	6.71	11.7	10.9	11.7	3.23	2.21	4.19	-
71-72	2.25	4.03	5.05	2.49	2.39	3.01	7.94	4.32	3.35	1.91	1.51	2.85	3.44
72-73	(1.82)	1.71	3.96	1.71	1.14	2.32	8.96	5.23	2.19	1.91	1.14	1.56	(2.94
73-74	1.89	5.26	6.34	3.54	2.38	2.72	5.19	3.44	2.23	1.11	0.87	1.14	3.02
74-75	2.85	2.05	4.77	1.27	1.19	3.70	6.77	5.96	2.15	1.69	2.37	2.68	3.11
75-76	3.13	5.10	2.00	2.34	0.98	1.39	3.47	8.00	2.39	1.15	1.29	1.62	2.74
76-77	2.93	3.04	2.82	1.86	2.00	1.55	6.42	11.1	2.56	1.17	0.83	1.04	3.12
MED.	2.85	3.51	3.96	1.86	2.00	3.01	6.77	7.77	2.56	1.74	1.47	1.89	3.10
ET	0.95	1.69	1.71	0.94	0.95	1.50	2.39	2.91	2.85	0.81	0.54	1.24	0.89
Q1	3.13	5.10	5.20	2.57	2.64	3.99	8.96	10.90	3.39	2.74	2.11	3.13	3.53
Q3	1.99	3.04	2.32	1.41	0.98	2.32	5.25	4.32	2.19	1.17	0.96	1.35	2.84

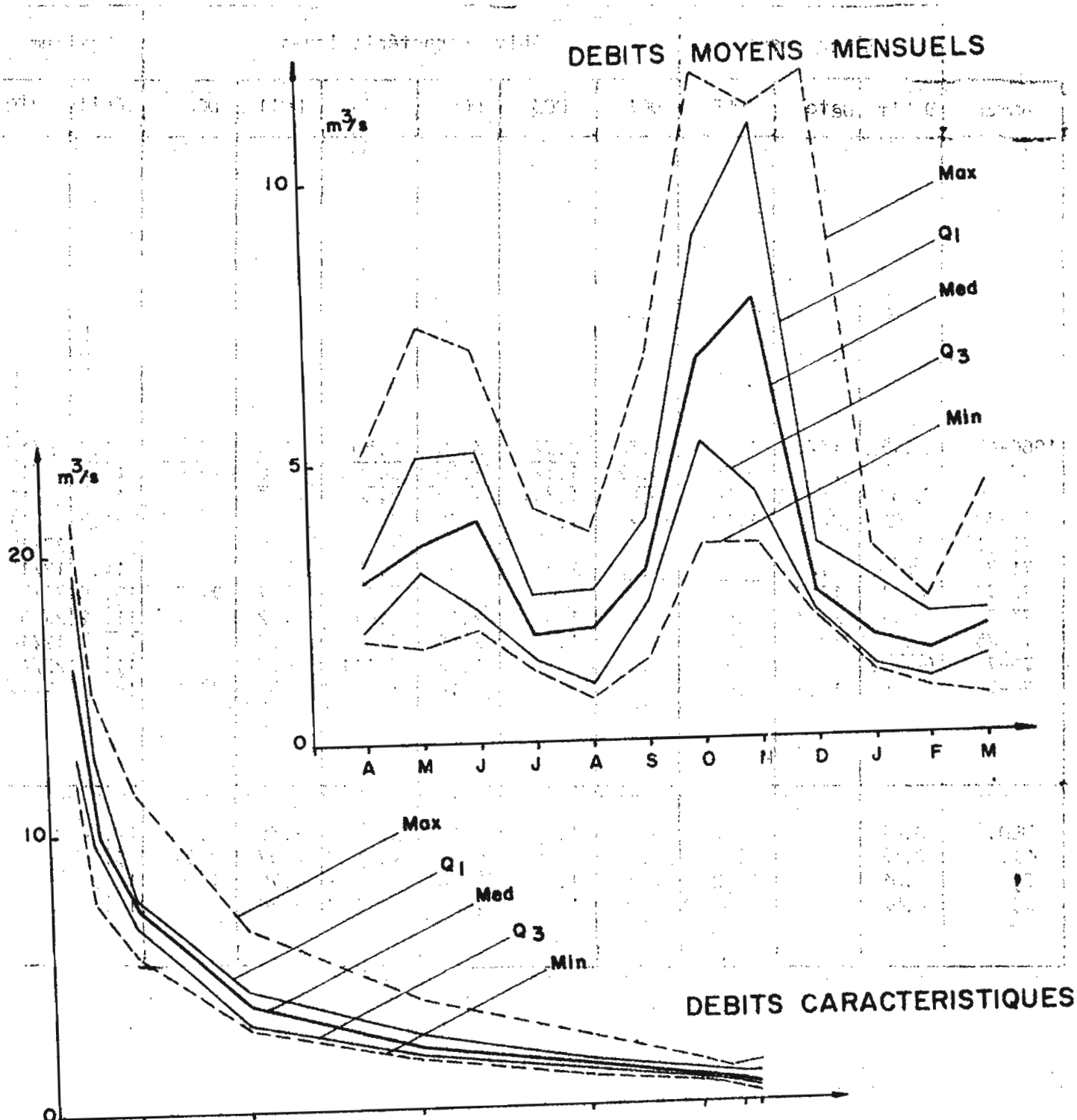
TABLEAU N° 42

NYONG A ETOA

	Etiage absolu			Débits caractéristiques						Maximum	
ANNEE	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Débit	Date
1966-67	1.12	13/3	1.12	1.30	2.52	3.90	6.50	11.5	14.6	21.2	6/10
67-68	0.57	14/2	0.76	0.82	1.12	1.80	3.00	5.6	7.6	16.4	16/10
68-69	0.52	23/8	0.71	0.82	1.34	2.52	4.00	6.6	9.0	16.0	2/11
69-70	1.06	22/7	1.12	1.23	1.72	2.76	4.40	7.4	9.9	21.2	4/11
70-71	1.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27/10
71-72	089	8.2	1.18	1.48	1.76	2.69	4.26	7.5	9.8	14.9	12/10
72-73	0.61	12.3	-	-	-	1.92	3.11	7.7	22.7	15.96	27/10
73-74	0.51	28.3	0.64	0.86	1.44	2.14	3.61	7.2	9.0	11.72	24/5
74-75	0.42	12.8	0.54	-	1.56	2.25	3.99	7.3	9.9	11.7	12/10
75-76	(0.61)	22.8	0.78	0.93	1.20	1.92	3.111	6.7	9.7	11.8	22/11
76-77	0.56	18.2	0.68	0.86	1.25	2.14	3.30	8.54	14.12	18.2	7/11
MED.	0.61		0.76	0.89	1.44	2.19	3.80	7.35	9.90	16.00	
ET.	0.32		0.24	0.26	0.43	0.62	1.04	1.57	2.29	3.42	
Q1	1.06		1.12	1.26	1.74	2.69	4.26	7.70	12.70	19.30	
Q3	0.52		0.66	0.84	1.22	1.92	3.11	6.70	9.70	12.70	

Fig.53

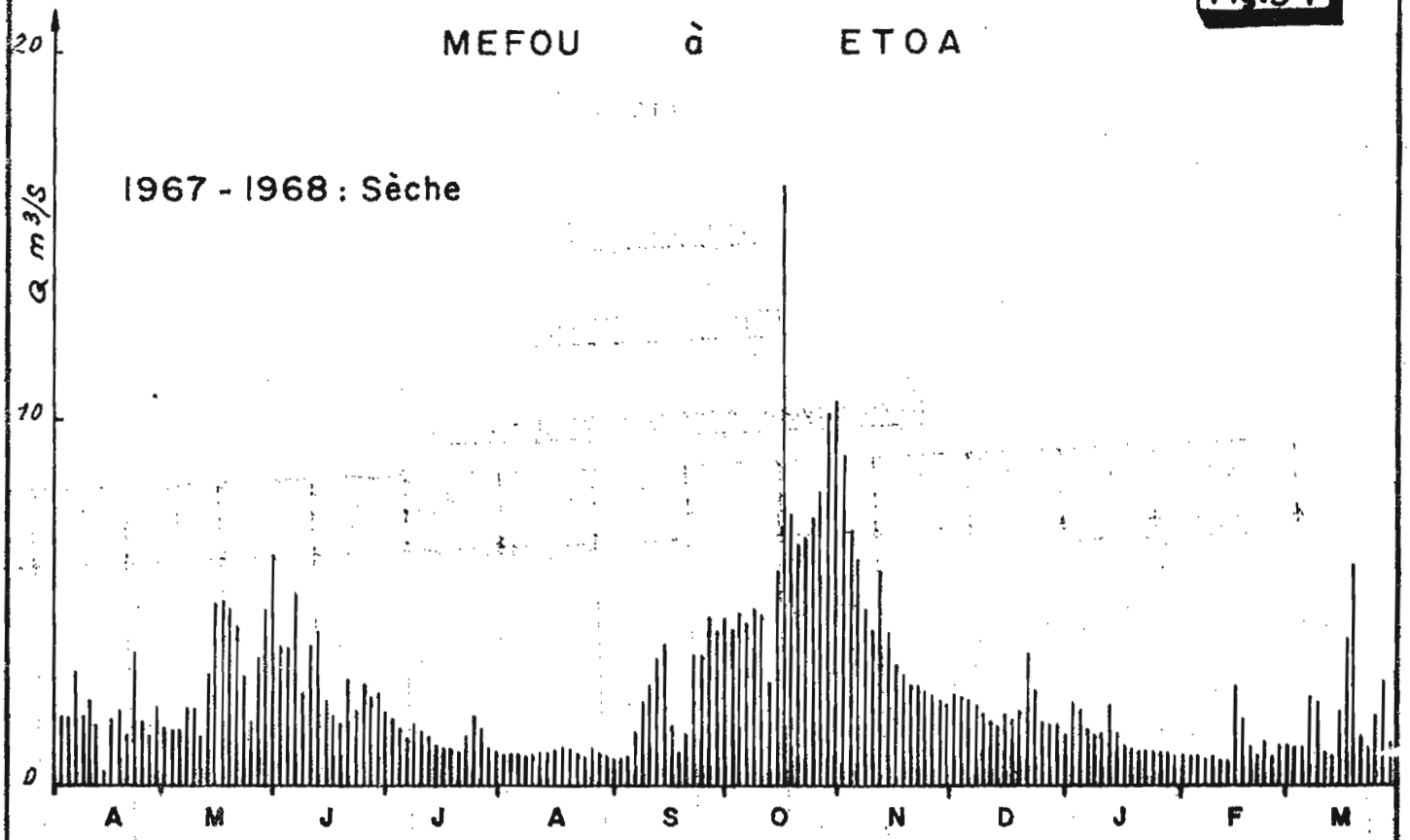
MEFOU à ETOA

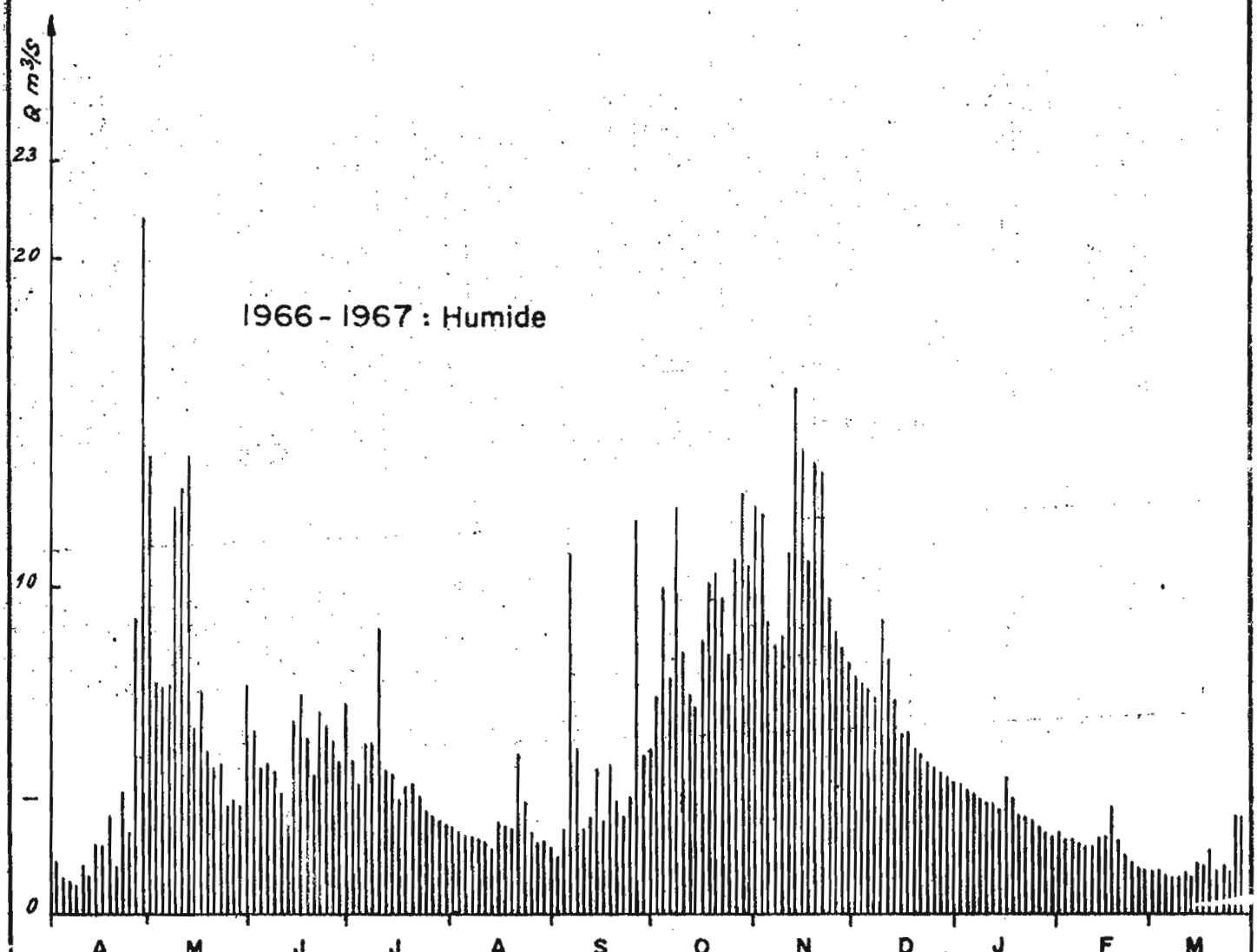


DEBITS MOYENS JOURNALIERS

MEFOU à ETOA

Fig.54





date	dés.	78/5-17

TABLEAU N° 43

MEFOU A NSIMALEN

Débits moyens mensuels et annuels.

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1962-63										4.45	4.31	4.10	
63-64	4.72											3.44	
64-65	6.72	5.58	7.14	4.06	2.62	6.60	10.9	10.8	5.40	3.35	3.82	3.88	5.90
65-66	3.82	4.50	5.32	3.02	3.80	5.50	9.26	7.52	3.60	2.70	1.79	1.51	4.32
66-67	5.72	11.5	8.84	8.20	5.82	9.14	16.8	17.3	11.1	6.54	4.47	4.45	9.12
67-68	5.34	7.37	7.96	3.96	3.02	7.70	13.5	9.46	5.53	3.95	2.96	4.97	6.30
68-69	4.80	8.41	5.80	3.51	2.60	7.67	10.0	13.4	6.42	4.16	3.75	7.89	6.54
69-70	6.19	7.10	4.79	3.55	5.16	8.86	11.8	13.3	6.75	4.00	2.89	6.11	6.71
70-71	5.45	7.45	6.78	4.18	4.92	11.6	16.7	14.9	7.55	5.15	3.95	6.54	7.93
71-72	4.34	6.73	8.20	4.49	3.81	6.03	13.3	7.74	5.63	3.26	2.55	4.79	5.91
72-73	5.68	5.07	7.00	4.27	2.94	5.74	15.6	10.6	5.18	4.13	2.85	3.92	6.08
73-74	5.08	9.07	9.73	7.43	5.96	6.07	9.21	7.76	5.03	2.75	2.13	3.33	6.13
74-75	6.58	4.84	6.73	2.46	3.01	7.39	11.5	10.2	4.24	3.09	3.83	4.54	5.70
75-76	4.63	5.41	4.09	4.37	2.15	3.09	7.32	8.27	3.04	2.05	2.50	3.20	4.17
76-77	4.20	4.25	5.54	2.50	2.20	3.00	8.47	12.1	4.00	3.05	2.25	2.86	4.54
MED.	5.21	6.73	6.78	4.06	3.02	6.60	11.50	10.60	5.40	3.65	2.93	4.10	6.08
ET	0.89	2.09	1.64	1.70	1.35	2.36	3.12	3.04	2.07	1.14	0.86	1.58	1.32
Q1	5.72	7.93	8.08	4.43	5.04	8.28	14.55	13.55	6.59	4.16	3.83	4.97	6.64
Q3	4.63	4.95	5.43	3.27	2.61	5.62	9.23	8.02	4.22	3.05	2.50	3.33	5.12

TABLEAU N° 44

MEFOU A NSIMALEN

	Etiage absolu			Débits caractéristiques						Maximum	
ANNEE	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Débit	Date
1964-65	1.74	25/2									
65-66	2.10	26/3	2.34	2.58	3.25	4.63	7.17	12.41	15.4	19.4	3/11
66-67	1.00	20/3	1.12	1.48	2.34	3.35	5.47	9.05	11.9	17.1	15/11
67-68	2.76	8/3	2.90	3.40	4.81	8.07	12.2	17.9	20.3	22.8	13/11
68-69	2.13	24/8	2.31	2.58	3.55	5.54	8.55	12.8	14.9	20.0	3/11
69-70	1.80	5/3	2.45	2.81	3.65	5.26	8.95	13.7	16.1	22.0	4/11
70-71	3.15	31/7	3.35	3.55	4.34	6.31	9.98	16.1	19.2	21.0	3/11
71-72	1.70	25/2	2.17	2.81	3.45	4.63	6.99	12.8	16.1	20.6	6/10
72-73	1.60	11/3	2.34	2.58	3.25	4.51	7.08	14.7	18.8	20.0	13/11
73-74	1.48	8/3	1.65	2.24	3.70	5.19	7.80	12.8	15.5	19.2	18/6
74-75	1.53	4/8	2.05	2.24	2.90	4.45	7.17	12.3	15.5	18.2	14/10
75-76	1.28	7/3	1.56	1.85	2.27	3.45	5.12	8.35	10.6	16.0	5/11
76-77	1.28	13/3	1.40	1.70	2.41	3.40	4.93	9.67	17.6	21.6	5/11
MED.	1.72		2.31	2.58	3.45	4.63	7.17	12.8	16.10	20.0	
ET.	0.59		0.62	0.61	0.75	1.29	2.01	2.67	2.70	1.92	
Q1	2.13		2.49	2.85	3.67	5.40	8.75	14.2	18.2	21.3	
Q3	1.48		1.60	2.05	2.65	3.95	6.23	11.0	15.1	18.7	

Fig.55

MEFOU à NSIMALEN

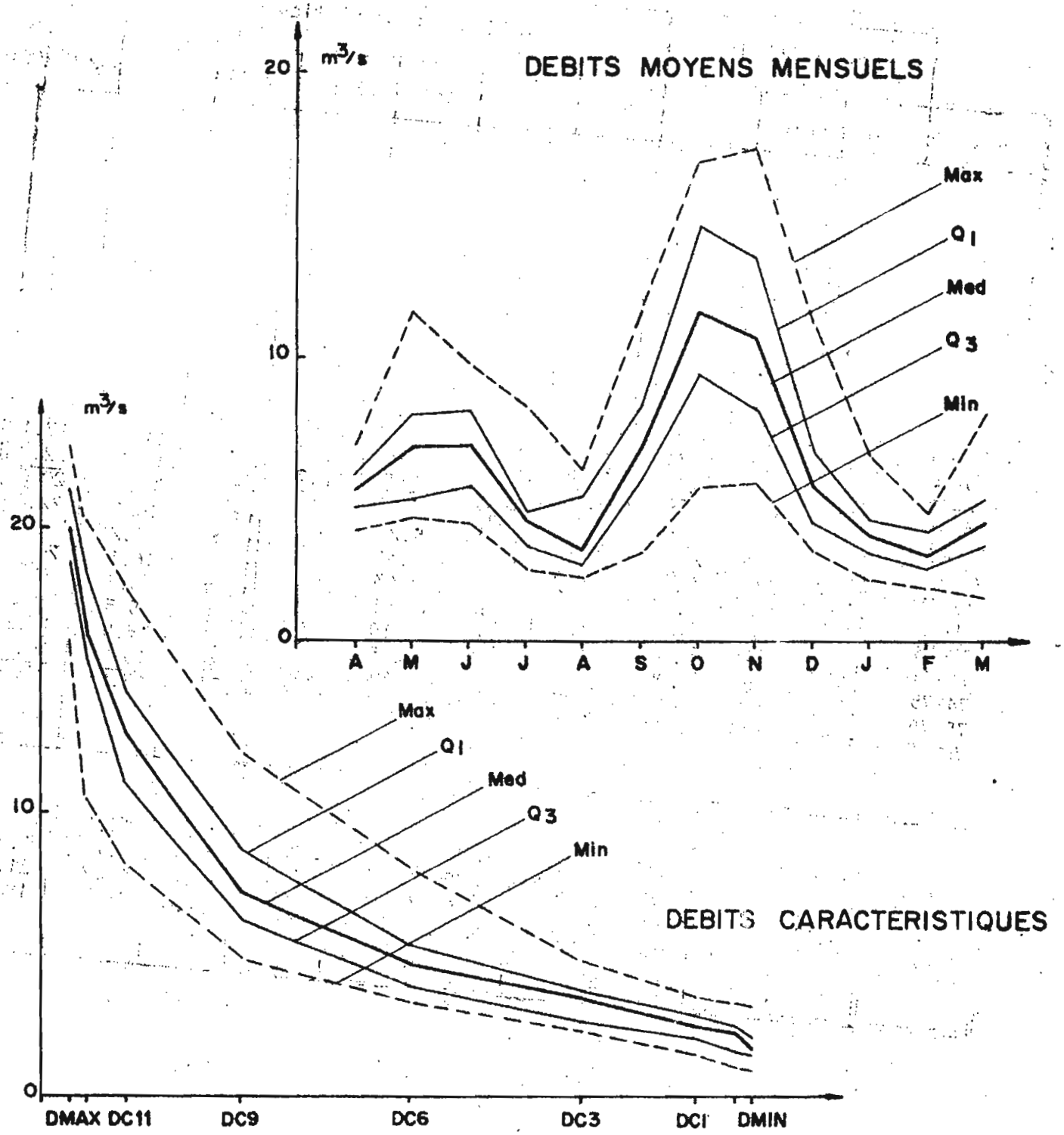
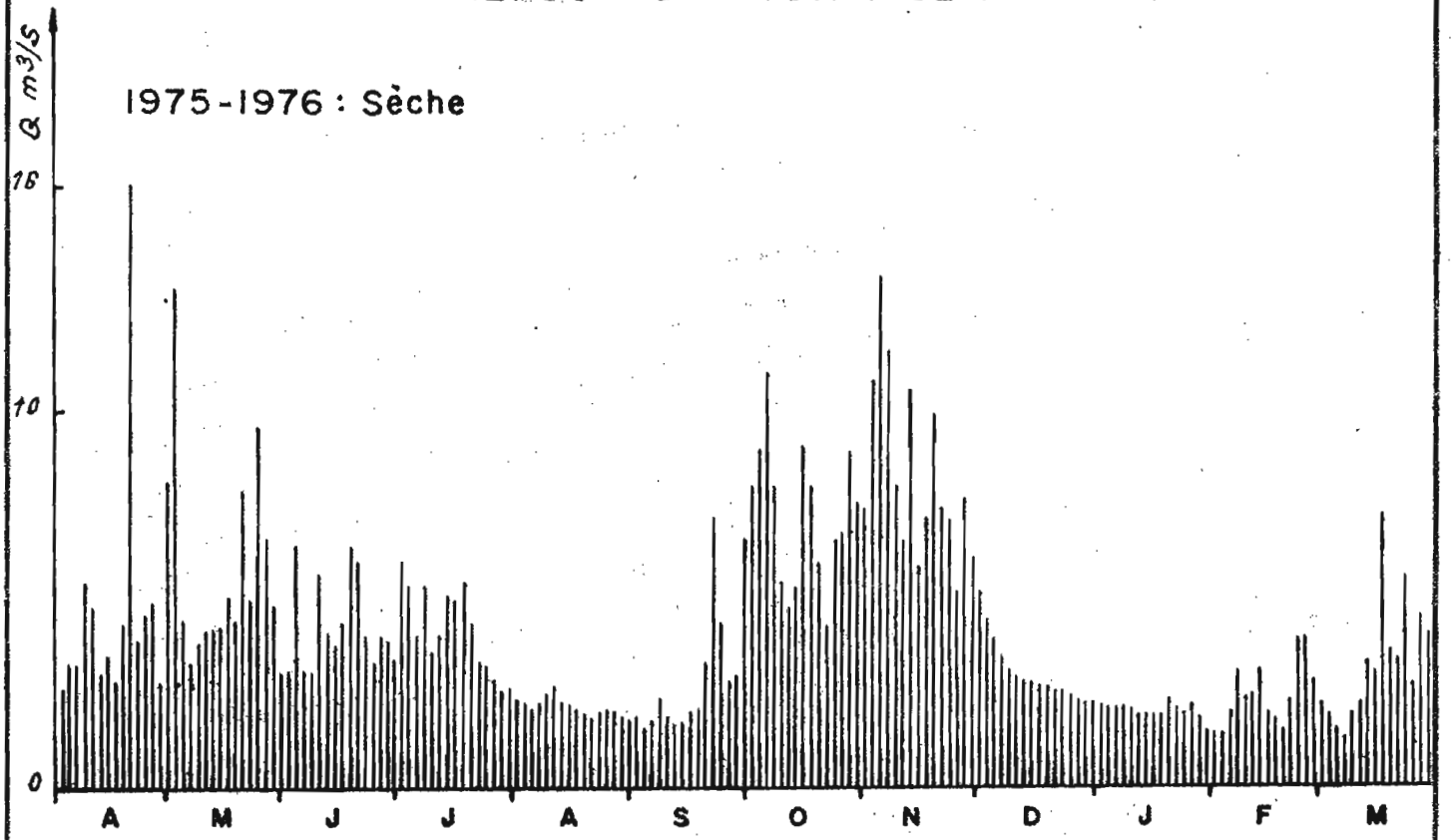
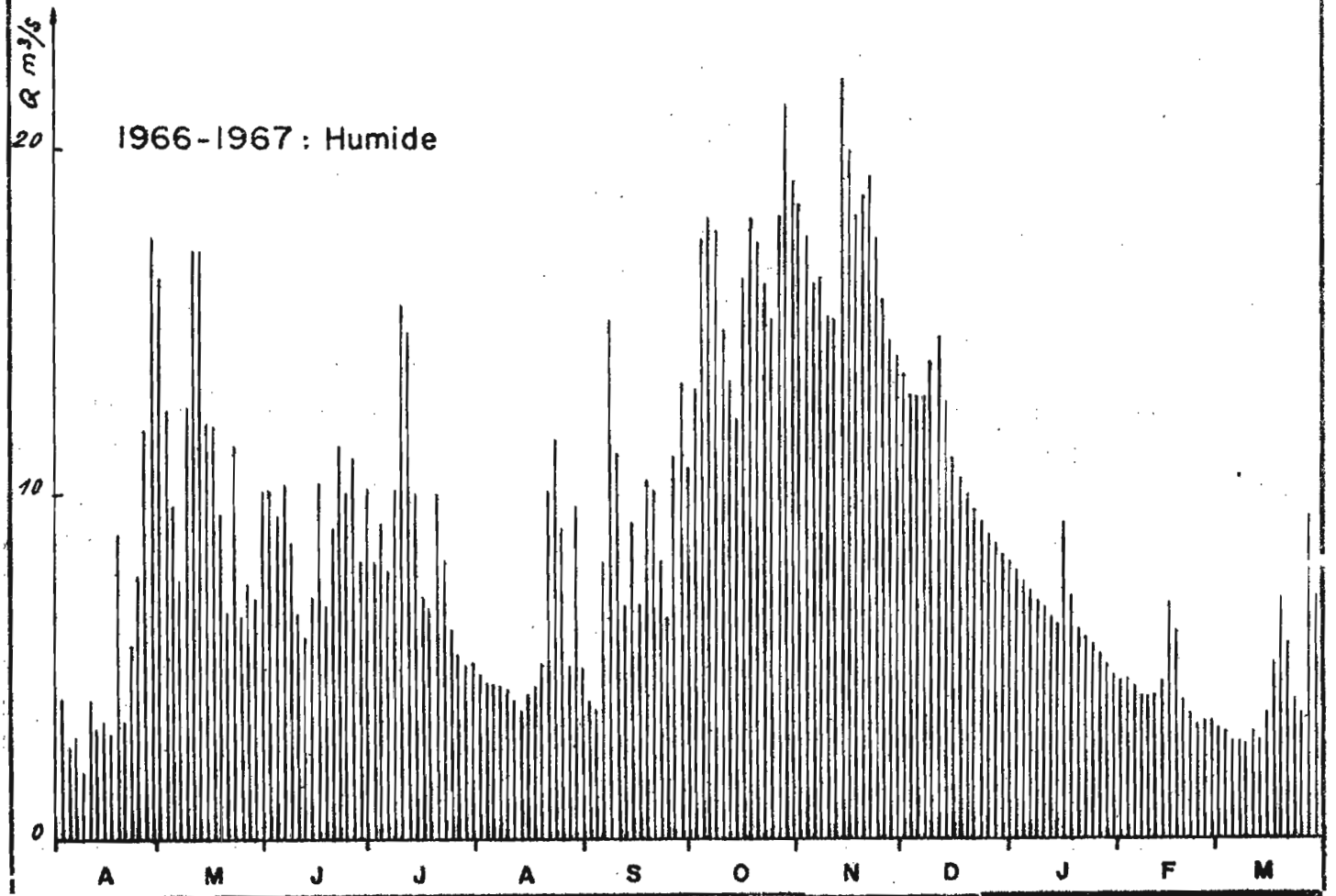


Fig.56

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

MEFOU à NSIMALEN





2.3 - CONCLUSIONS

Les stations de la Mefou ne présentent qu'un intérêt secondaire, celui de préciser le régime des rivières issues de la région de Yaoundé (rive droite du NYONG), de l'AFAMBA à la rivière LIYEKE, et à ce titre, l'interprétation des données n'occupe d'une modeste place par rapport aux données du NYONG.

L'examen des données de base met en évidence des variations saisonnières du NYONG, caractéristiques du régime équatorial avec deux saisons sèches et deux saisons humides annuelles. L'influence tropicale boréale se manifeste cependant par la dissymétrie des deux périodes de basses eaux, celle du début de l'année étant généralement plus marquée et plus prolongée que la seconde. Inversement, la seconde période de hautes eaux (octobre-novembre) est toujours nettement plus abondante que la première (mai-juin).

Le débit moyen mensuel le plus bas, se situe en février ou mars pour la première saison sèche, et en août pour la seconde saison sèche.

Le débit moyen mensuel le plus fort de la première saison des pluies s'observe généralement en juin, mais parfois en mai ou juillet ; pour la seconde saison des pluies, le mois le plus fort de toute l'année se situe le plus souvent en novembre rarement en octobre.

Toutes ces variations s'articulent bien entendu sur celles des précipitations, dont nous avons déjà parlé. L'irrégularité saisonnière est relativement modérée, ce qui constitue une des caractéristiques du régime équatorial par rapport au régime tropical. Le mois le plus faible représente 35 % du module, le mois le plus fort 220 % dans le cas d'ESEKA.

Nous avons réuni ci-dessous quelques valeurs qui témoignent de l'irrégularité saisonnière : rapport du débit mensuel le plus faible (généralement février, parfois mars) au module, rapport du débit mensuel le plus fort (octobre ou novembre) au module du nombre de mois et de jours pendant lesquels le débit est supérieur au module interannuel.

	Débit mensuel le plus faible/ module	Débit mensuel le plus fort/module	Durée pendant laquell~ Q > Module
AYOS	0.293	2.47	5 mois
AKONOLINGA	0.237	2.39	5 mois 5 jours
MBALMAYO	0.350	2.31	4 mois 20 jours
BLAMA	0.32	2.24	4 mois 15 jours
KAYA	0.30	2.19	4 mois 3 jours
ESEKA	0.35	2.21	4 mois 12 jours
DEHANE	0.33	2.10	4 mois 25 jours
MEFOU à ETOA	0.47	2.51	4 mois 15 jours
NSIMALEN	0.48	1.89	4 mois 10 jours

L'irrégularité interannuelle est peu élevée au niveau des modules et varie peu d'une station à l'autre ; elle est comprise entre 0.168 et 0.2, pour AKONOLINGA et DEHANE.

Au niveau des débits mensuels, elle est plus faible en période de hautes eaux qu'en basses eaux et devient forte pour les mois de transition (mars). Elle diminue de l'amont vers l'aval, sauf pour la station de DEHANE, (pour laquelle les apports de la partie aval du bassin constituent un facteur d'irrégularité) (cf. figure 57).

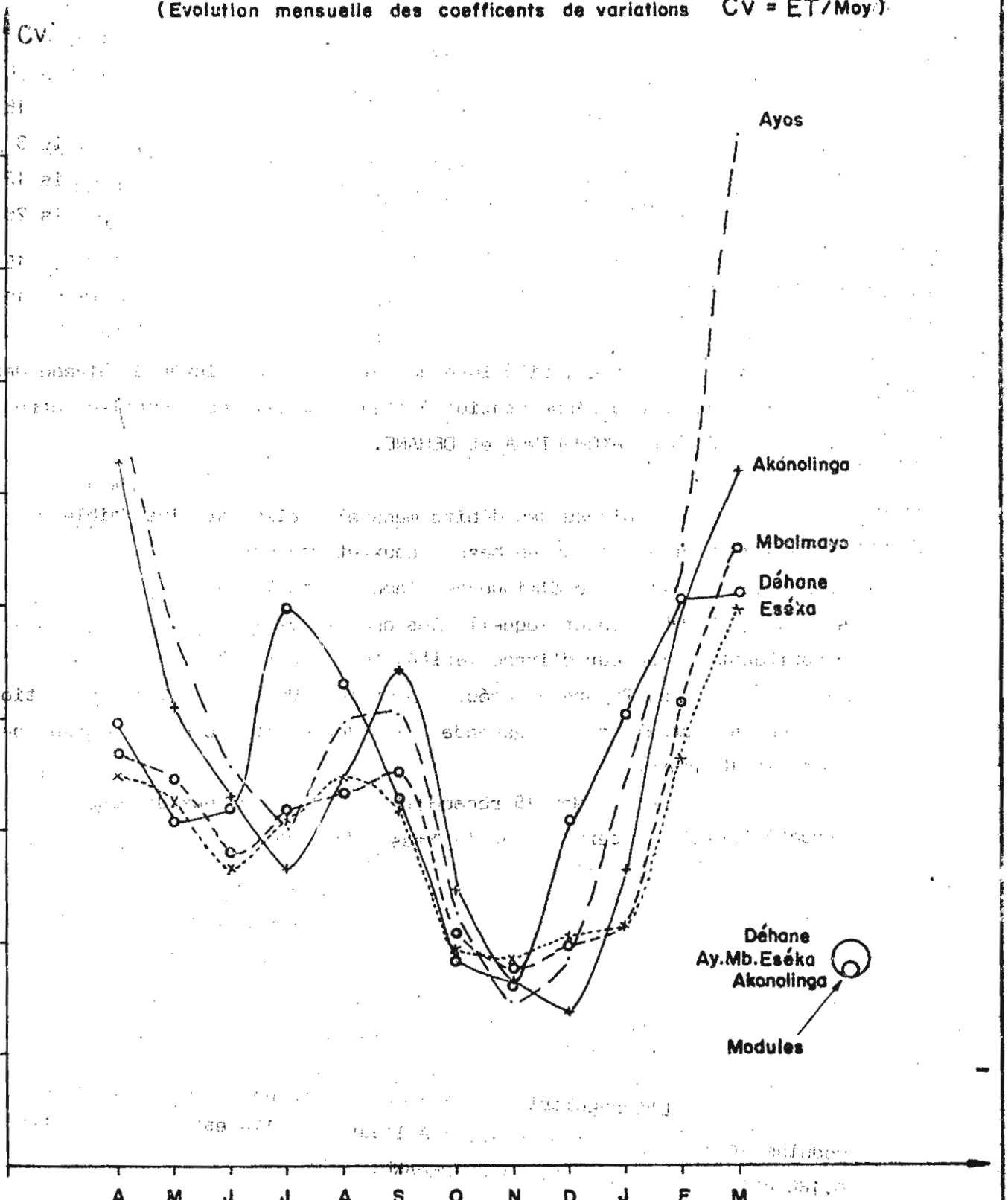
La figure 58 précise pour le NYONG à ESEKA, les variations des débits journaliers correspondant à diverses fréquences, observés de 10 jours en 10 jours.

Le tableau 45 récapitule quelques données de base caractéristiques observées sur le bassin du NYONG.

Fig.57

IRREGULARITE INTERANNUELLE DES DEBITS MENSUELS OBSERVES AUX CINQ STATIONS PRINCIPALES DU NYONG

(Evolution mensuelle des coefficents de variations CV = ET/Moy)

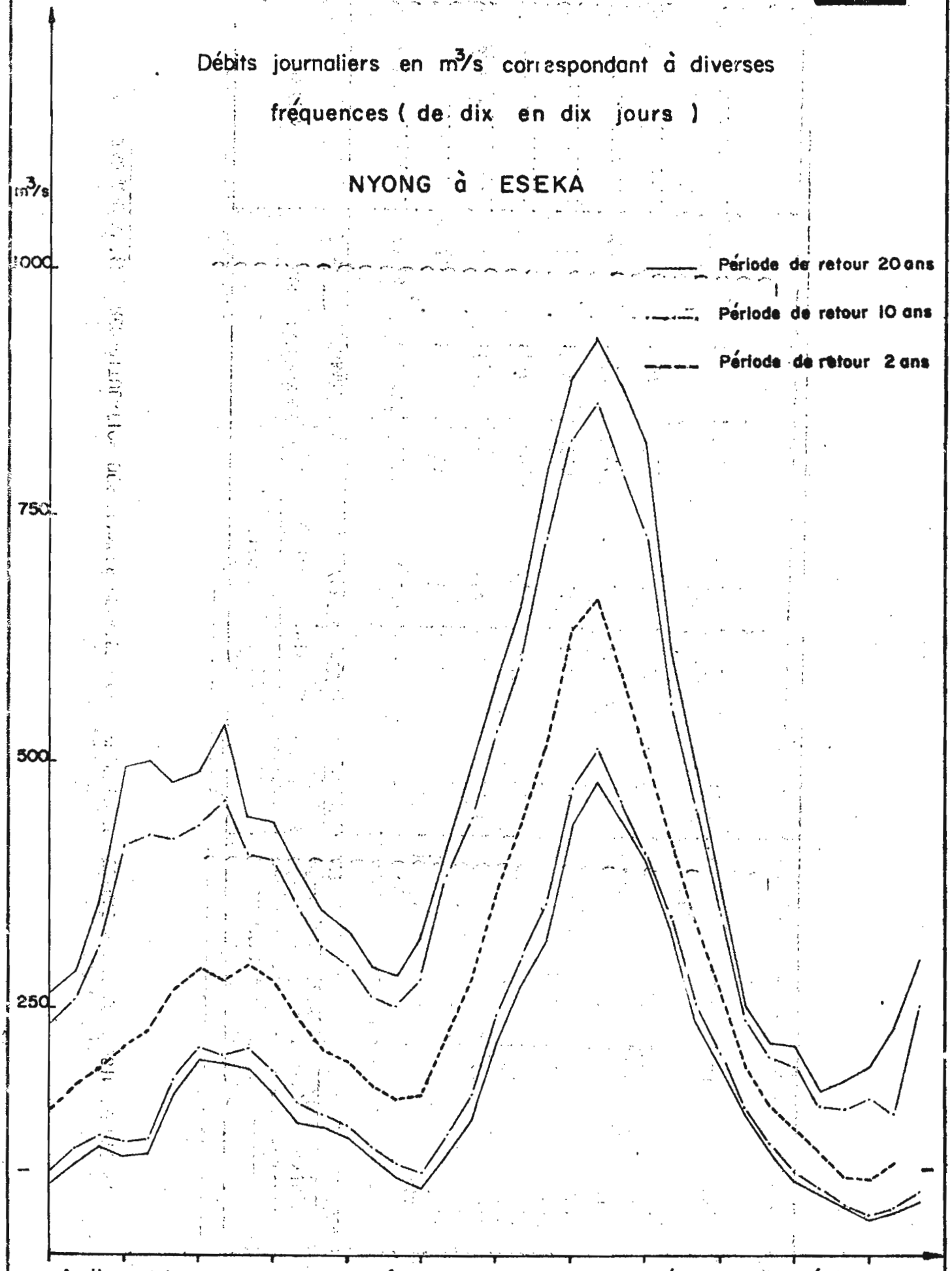


date | dés.

Fig.58

Débits journaliers en m^3/s correspondant à diverses fréquences (de dix en dix jours)

NYONG à ESEKA



	date	dés.	78/4-4

TABLEAU N° 45 : RECAPITULATION DES DONNEES DE BASE CARACTERISTIQUES OBSERVEES SUR LE BASSIN DU NYONG.

STATION	MODULE INTERANNUEL		ETIAGES ABSOLUS				MAXIMUMS DE CRUE			
			DEBIT MEDIAN		MINIMUM	MINIMORUM	DEBIT MEDIAN		MAXIMUM	MAXIMORUM
	m3/s	l/skm2	m3/s	l/skm2	m3/s	l/skm2	m3/s	l/skm2	m3/s	l/skm2
ABONG MBANG.....	(7.8)	(8.07)	(2.0)	(2.07)	-	-	(24.0)	(24,9)	-	-
AYOS.....	57.6	10.9	8.1	1.53	3.2	0.60	160	30.2	237	44.7
AKONOLINGA.....	93	11.1	14.5	1.74	5.4	0.65	240	28.7	374	44.8
MBALMAYO.....	154	11.3	26.6	1.96	10.0	0.74	376	27.7	575	42.4
OLAMA.....	228	12.3	39.5	2.13	19.0	1.03	638	34.7	786	42.5
KAYA	257	12.9	46.5	2.33	21.5	1.08	654	32.7	834	41.7
ESEKA.....	275	12.7	54.2	2.51	23.7	1.10	937	43.4	1152	53.3
DEHANE.....	442	16.7	74.8	2.83	31.0	1.14	1356	51.4	1930	73.1

CHAPITRE VI INTERPRETATION DES DONNEES

1 - INTRODUCTION

Les données qui précèdent constituent un premier stade de l'analyse du régime hydrologique du NYONG.

Les moyennes, médianes, écarts-types et quartiles et autres paramètres ont été directement déterminés à partir des séries observées. Les tableaux indiquent les variations annuelles des débits mensuels ou des débits caractéristiques, informations non dénuées d'intérêt, mais ne permettant que des comparaisons empiriques entre les stations, ou d'une année à l'autre.

Dans cette phase d'interprétation des données, nous allons nous attacher à définir, à partir des séries observées, jugées statistiquement représentatives, des paramètres significatifs du régime hydrologique du NYONG et indépendants autant que possible de la période d'observation.

L'analyse statistique que cette détermination implique comprend :

- une étude fréquentielle des débits, de leur date d'apparitions pour les étiages et les crues, avec ajustement de différentes lois de distribution, aux échantillons, que nous préciserons plus loin ;
- la prédétermination de valeurs de récurrences données et le calcul de leurs intervalles de confiance ;
- la recherche de corrélations entre stations, entre paramètres d'une même station.

Les résultats de cette analyse permettant alors de mieux appréhender le comportement hydrologique du fleuve et de rattacher les éventuelles disparités spatiales au contexte géographique ou climatique du bassin versant.

2 - ETUDE DES BASSES-EAUX

2.1 - ETUDE DU TARISSEMENT

2.1.1 - Généralités et calcul des coefficients de tarissement

La grande saison sèche est bien marquée sur le bassin du NYONG. En décembre et janvier, les débits observés correspondent de manière pratiquement exclusive à des débits de vidange des nappes et des chenaux plus ou moins encombrés d'herbes.

Pendant cette période, la décroissance des débits est rarement perturbée, mais dès février, le ruissellement d'averses plus nombreuses peut entrainer des petites crues et dans le courant du mois de mars, il est assez rare d'observer un tarissement pur prolongé même, si les étiages absolus apparaissent à cette époque.

On admet généralement que la décroissance des débits suit une loi de tarissement exponentielle, de la forme

$Q = Q_0 \times e^{-\alpha(t - t_0)}$ dans laquelle, Q_0 est le débit initial à l'instant t_0, $(t - t_0)$ est le temps exprimé en jours entre l'observation du débit Q_0 et celle du débit Q, et α un coefficient appelé coefficient de tarissement qui a pour dimension l'inverse d'un temps.

Pour chaque année d'observation, les débits de saison sèche de chaque station ont été reportés en ordonnées logarithmiques en fonction du temps exprimé en jours, en abscisses arithmétiques. La courbe exponentielle de décroissance des débits se traduit graphiquement par une droite qui permet un calcul aisé du coefficient de tarissement. La détermination de celui-ci, est donc faite à partir de l'ajustement d'une droite (ou de plusieurs droites, si on se trouve en présence de plusieurs lois de tarissement successives) à la série chronologique des débits.

Les figures 59, 60, 61 donnent pour quelques stations du NYONG quelques exemples des tarissements observés sur ce fleuve. Le calcul des coefficients de tarissement aboutit pour chaque station, à un échantillon de valeurs dont la plus ou moins grande dispersion, autour de la médiane ou de la moyenne, traduit la plus ou moins grande hétérogénéité du comportement des différents aquifères du bassin, d'une année à l'autre. D'une année à l'autre, en effet le remplissage et l'extension de certaines nappes, par exemple, peuvent varier différemment sur les différentes parties du bassin.

Rappelons que le coefficient de tarissement d'une nappe traduit à la fois ses caractéristiques géométriques (dimensions) et ses caractéristiques physiques (perméabilité). L'application de la loi de Darcy permet d'écrire :

$\alpha = \frac{KPs}{S1}$ dans laquelle K est la perméabilité, P la porosité du matériau aquifère, s la section d'échange nappe-rivière, 1 la largeur de la nappe et S la superficie du bassin versant.

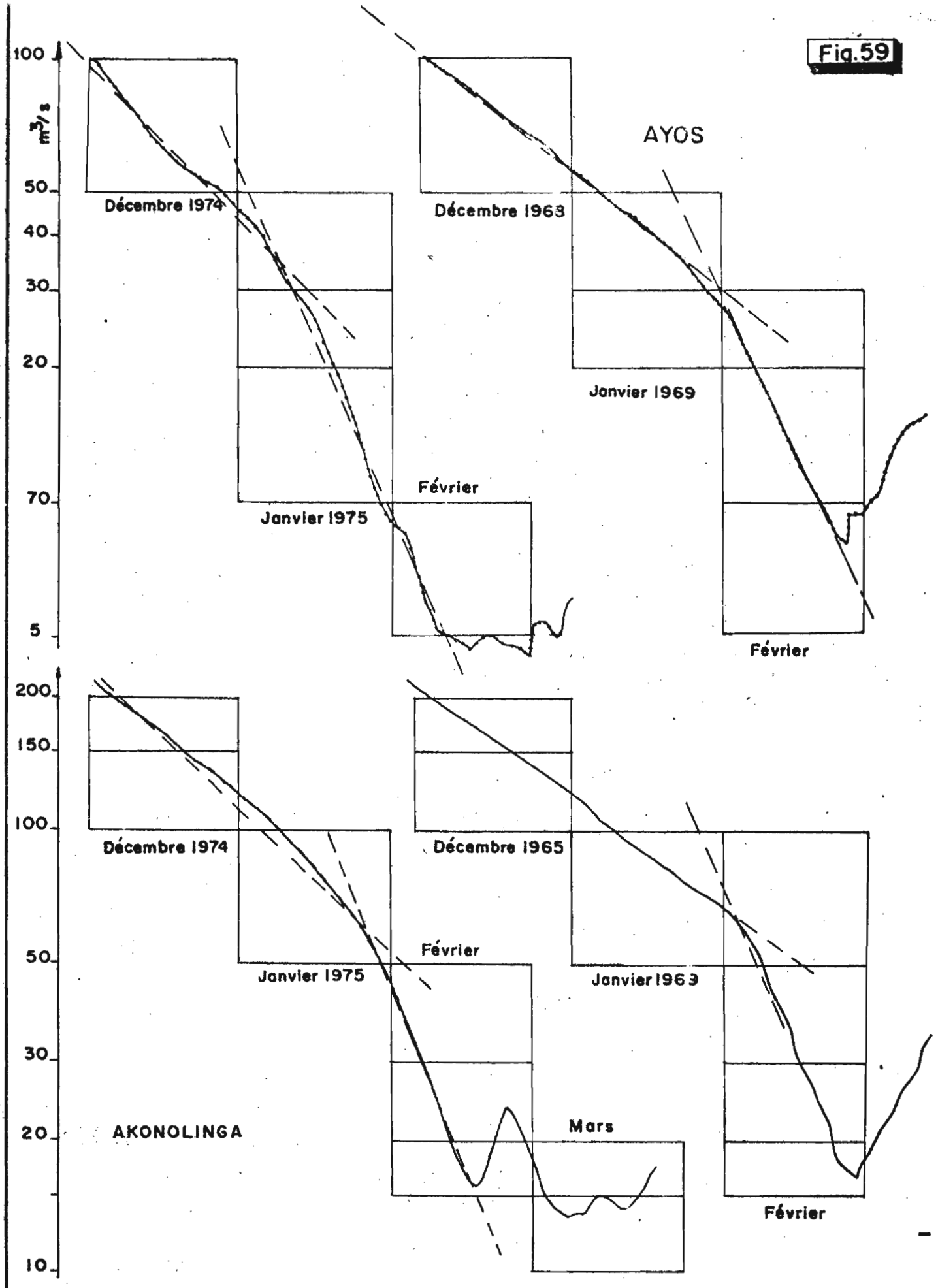
L'étude du tarissement a été limitée pour le NYONG à la période de basses-eaux de la grande saison sèche. Au cours de la petite saison sèche, on observe parfois de courtes périodes de tarissement. Mais le plus souvent, après la décrue de juin, les débits de juillet-août diminuent de manière très irrégulière (pluies "parasites") et la détermination des coefficients de tarissement sur cette période n'est pas très significative d'autant, qu'à la limite, la petite saison sèche, peut ne pas être observée.

Dans le tableau 46 présenté ci-après, nous avons regroupé les principaux résultats obtenus sur les stations du NYONG.

Le tarissement principal est observé de décembre à février. Le tarissement secondaire n'apparaît que pour quelques stations dans la mesure où la saison sèche se prolonge ; il n'est donc pas observé chaque année.

Nous avons indiqué entre parenthèses à la suite de la valeur moyenne du coefficient de tarissement principal, les valeurs extrêmes observées.

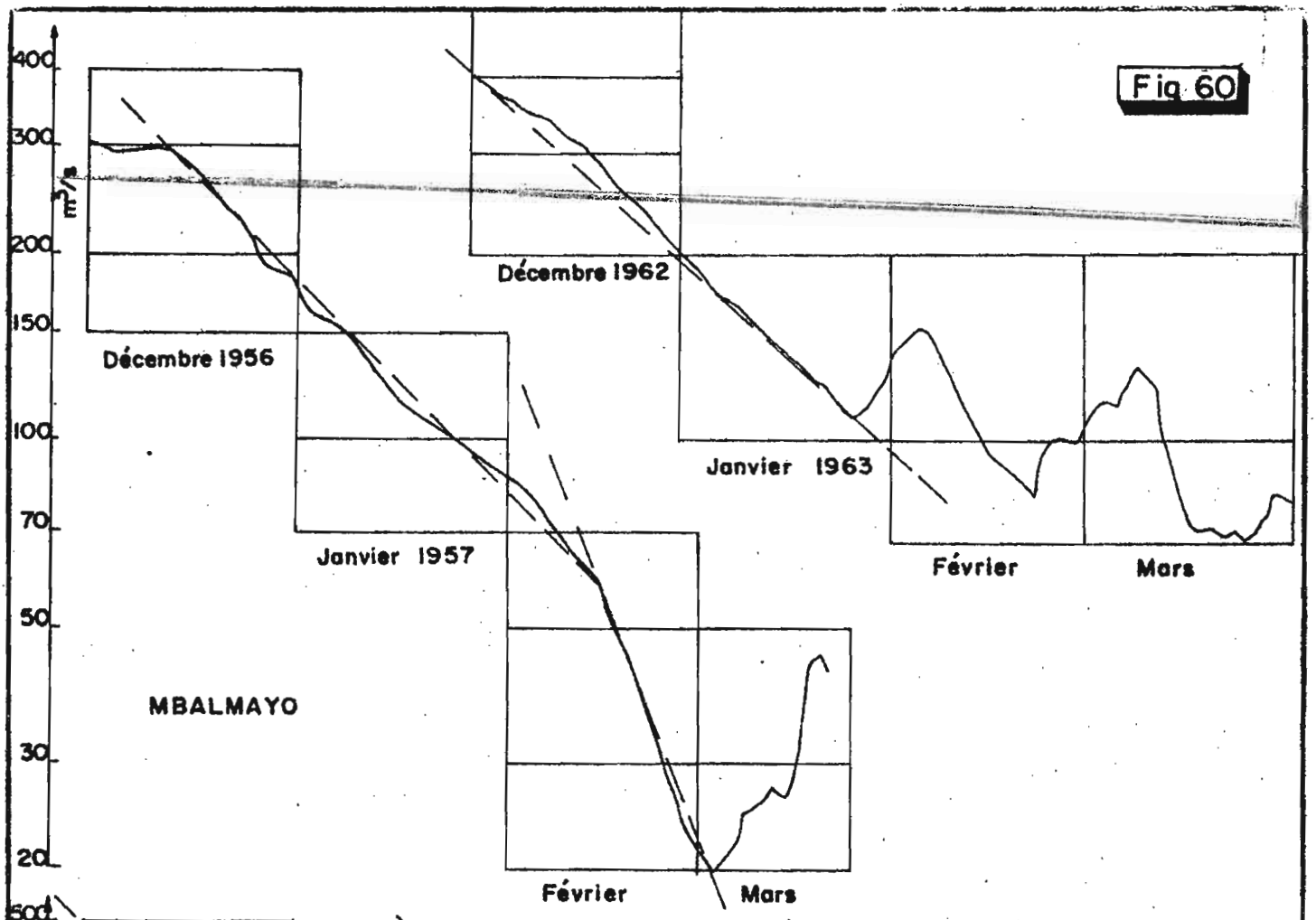
Fig.59

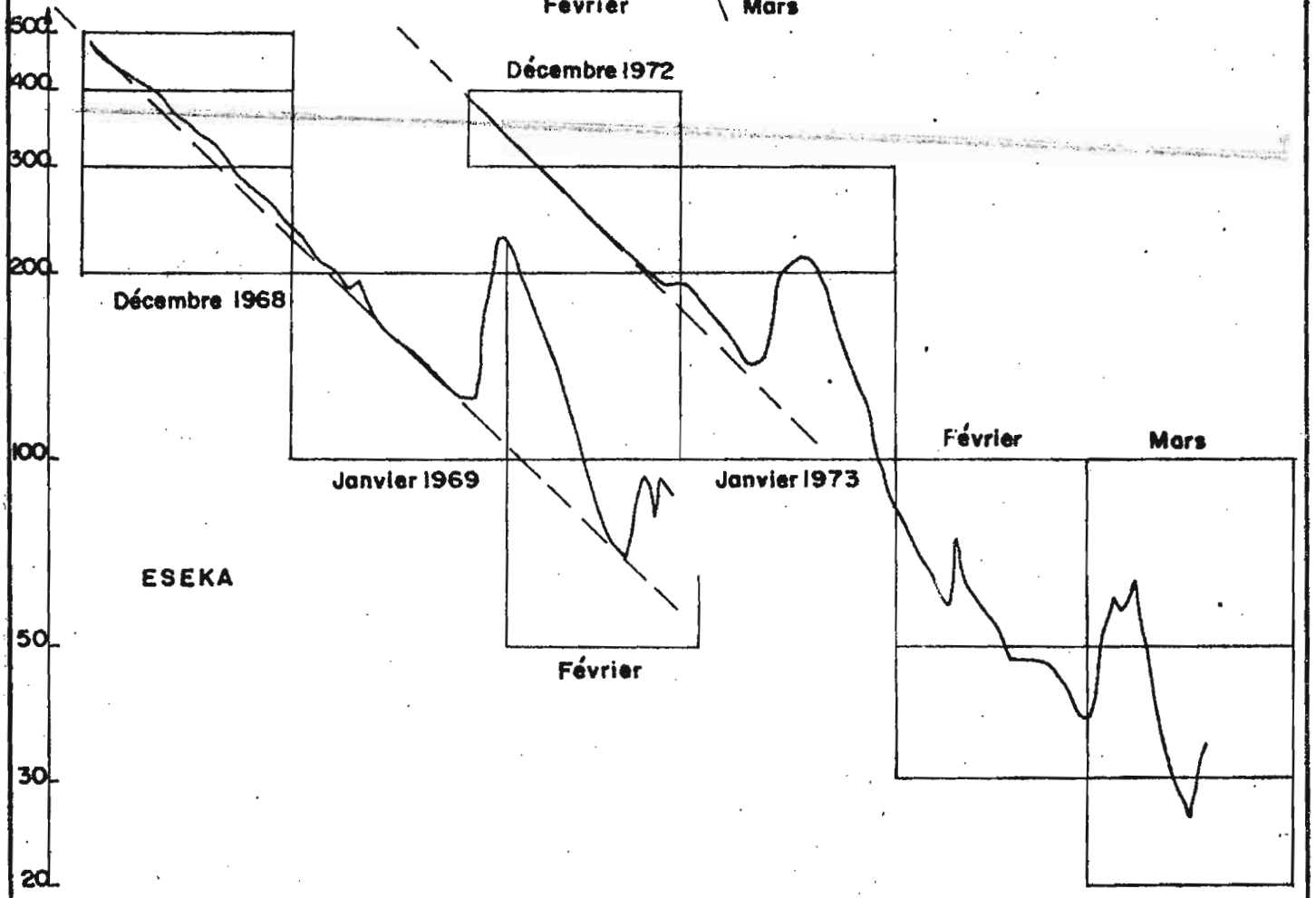


Exemples de Tarissement sur le NYONG

	date	dés.	78/6-49

Fig 60



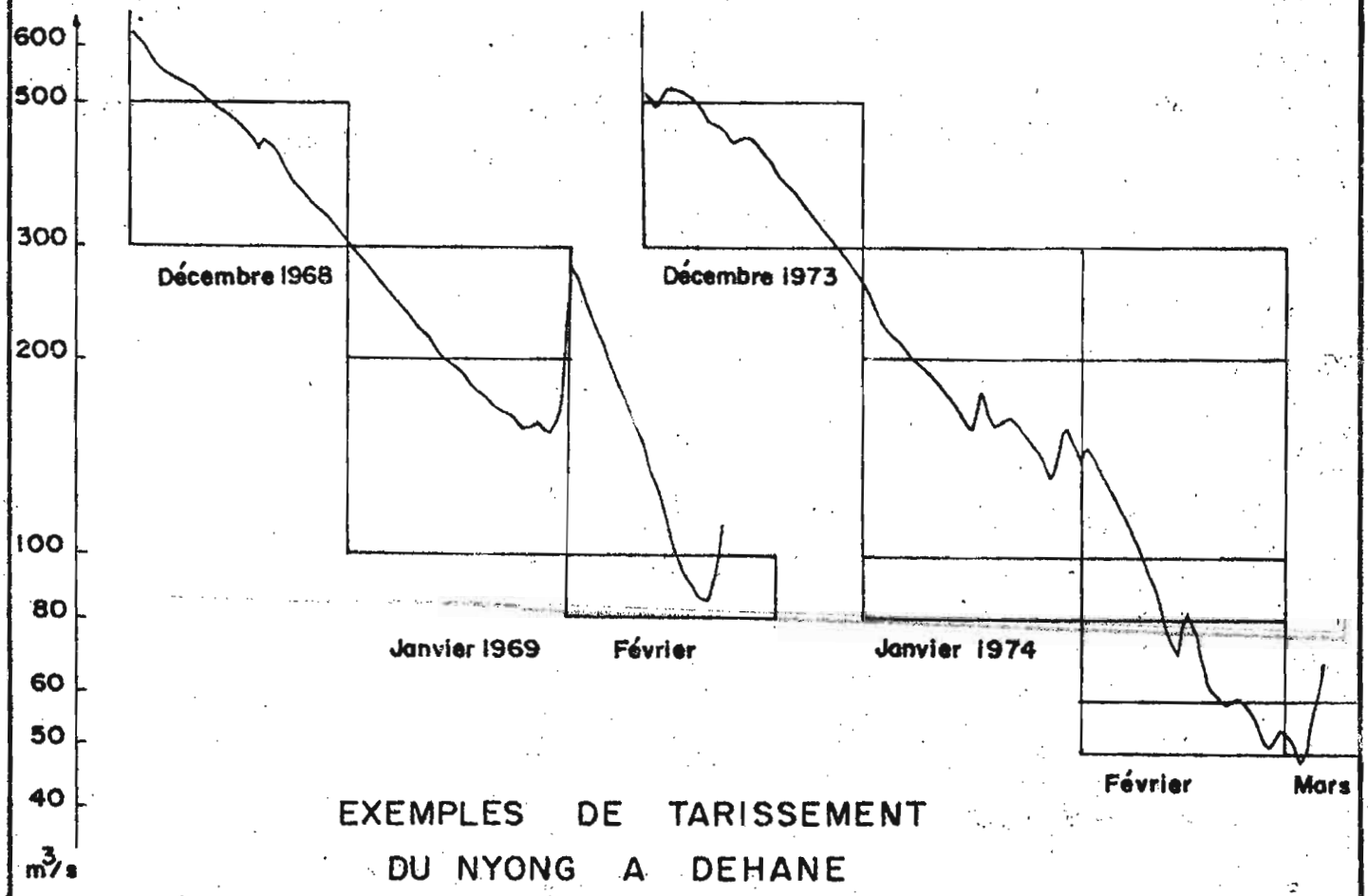


Exemples de Tarissement sur le NYONG

date	dés.

781 6- 46

Fig.61



EXEMPLES DE TARISSEMENT
DU NYONG A DEHANE

date	des.

TABLEAU N° 46

COEFFICIENTS DE TARISSEMENT SUR LE BASSIN DU NYONG

STATIONS	TARISSEMENT PRINCIPAL			TARISSEMENT SECONDAIRE	
	1 (max, min)		t10o/10 en J	2	t20o/10
AYOS.....	0.0261	(.0339,0.168)	88	0.0540	42.5
AKONOLINGA....	0.0207	(.0280,.0142)	111	0.513	45
MBALMAYO.....	0.0241	(.0315,.0141)	95	0.0494	46
OLAMA.....	0.0268	(.0333,.0230)	87	-	-
KAYA.....	0.0239	(.0291,.0181)	96	(0.0396)	(58)
ESEKA.....	0.0261	(.0311,.0207)	88	-	
DEHANE.....	0.0266	(.0315,.0227)	86	-	-
	M E F O U				
MEFOU A ETOA	(0.0192)		(120)		
MEFOU NSIMALEN	(0.0157)		(147)		

(1) Le tarissement lent de la MEFOU est dû, dans la mesure où il est observé, à l'alimentation soutenue de la rivière par le barrage du MOPFOU et les eaux usées du MFOUNDI drainant YAOUNDE.

Nous indiquons aussi, le temps nécessaire en jours pour que le débit Q_o passe de 10 à 1 = t Q_o/10. Cette valeur que nous préférons à l'indication habituelle $\frac{4}{\alpha}$ temps nécessaire pour que $Q = \frac{Q_o}{e}$, traduit tout aussi bien le tarissement plus ou moins lent du bassin, et présente l'intérêt d'être immédiatement utilisable pour la construction d'abaques de droites de tarissement pour des débits initiaux Q_o donnés.

2.1.2 - Tarissement principal

Les coefficients moyens du tarissement principal sont assez voisins d'une station à l'autre, et compris entre 0.024 et 0.027. Sauf pour AKONOLINGA où il est de 0.021.

La dispersion spatiale de ces valeurs, est de loin inférieure à celle qui a été relevée pour chaque station sur la période d'observation ; elle peut être aussi en partie, imputable à des échantillons de taille différente (KAYA, OLAMA).

L'interprétation des variations de α de l'amont vers l'aval doit être faite avec réserves. Il semble cependant que quelques traits significatifs apparaissent dans cette analyse.

Ainsi entre AYOS et AKONOLINGA, le passage de α de 0.026 à 0.021, conduisant à un tarissement plus lent, serait imputable à l'affluent LON MAFOK, qui draine la région de MESSAMENA, et dont le bassin versant pourrait être constitué de sols plus imperméables et posséder des aquifères plus importants que sur le Haut-NYONG. A MBALMAYO, le tarissement est redevenu plus rapide, α = 0.024 ; les affluents du type AFAMBA, ATO (RD) auraient des réserves d'extension plus réduites. Ce phénomène serait encore plus marqué avec les affluents de rive gauche SOO, SOUMOU et KAMA ; α = 0.027 à OLAMA. A KAYA, α revient à 0.024 (AKOMO, LIYERE). A ESEKA, puis à DEHANE, le tarissement est plus rapide (0.026 et 0.027) ; ceci peut être dû au relief et à la densité du chevelu hydrographique qui limitent dans la moitié aval l'extension des petites unités hydrogéologiques.

En conclusion, l'évolution du tarissement, d'AYOS à DEHANE montre que le bassin du NYONG ne possède pas de nappe généralisée et que les débits de basses-eaux sont fournis, comme pour la SANAGA, par la vidange de multiples petites nappes individuelles dont les variations de taille, de perméabilité et de remplissage d'une année à l'autre, suffisent à expliquer les variations dans le temps et dans l'espace des coefficients de tarissement.

2.1.3 - Tarissement secondaire

Ce tarissement secondaire s'observe sur les stations amont du NYONG. Il est plus rapide que le tarissement principal, mais son observation dépend de la durée de la saison sèche. Il apparaît généralement dans le courant du mois de février si les pluies ne sont pas trop importantes.

Ce phénomène couramment remarqué au Cameroun, notamment pour les cours d'eau traversant des zones marécageuses, est difficile à interpréter. En général, on observe que les nappes à fort coefficient de tarissement tarissent les premières, laissant aux nappes à coefficients plus faibles, le soin de fournir les débits de basses-eaux dans la seconde partie de la saison sèche.

Ici donc, le tarissement rapide apparait en fin de saison sèche. Une des explications, les plus vraisemblables du phénomène impliquerait une diminution de la largeur moyenne de l'aquifère drainé par la rivière. Ceci suppose une inversion du sens dominant de l'écoulement de la nappe, sur une partie de celle-ci, les débits de la rivière n'étant plus fournis que par le drainage d'une bande étroite de l'aquifère. Une autre hypothèse a été envisagée : la première partie du tarissement pourrait correspondre à la vidange relativement lente des réservoirs naturels, créés par les barrages d'herbes à Abong-Mbang et en amont. Le passage au deuxième tarissement traduirait alors la seule vidange des nappes, et la fin de la vidange des réservoirs naturels. Dans cette optique, nous avons

recherché dans les variations des hauteurs d'eau de la station d'Abong-Mbang à quelle époque se situait une éventuelle stabilisation des cotes du plan d'eau, significative de l'épuisement des réserves accumulées en amont des barrages d'herbes. Aucune liaison n'apparaît soit que le niveau du plan d'eau à la station d'Abong-Mbang diminue régulièrement, soit qu'une tendance à la stabilisation soit bien observée, mais pas en concommitance avec les variations du tarissement aux stations aval.

Mais les observations d'Abong-Mbang (cf. chap. V, 2221) sont peu significatives ; de fait, l'absence de liaison entre Abong-Mbang et Ayos n'entraine pas automatiquement le rejet de l'hypothèse envisagée.

Ce deuxième tarissement apparait à partir d'un certain seuil de débit, régulier pour chaque station, d'une année à l'autre.

Ainsi, ce débit-limite se situe entre 30 et 35 m3/s, pour Ayos, entre 50 et 60 m3/s pour Akonolinga, et se situe autour de 60 m3/s pour Mbalmayo où il apparait d'ailleurs moins nettement.

Il correspondrait à un niveau de base de drainage à partir duquel, seule la zone marécageuse voisine du cours d'eau alimente celui-ci.

On notera que le tarissement secondaire n'est pratiquement plus observé à Olama, et à Kaya (valeur donnée pour 4 années seulement) et a disparu pour Eséka et Dehane, où la saison des pluies plus précoce limite la durée de la période de tarissement.

Les coefficients moyens de tarissement de fin de saison sèche diminuent de l'amont vers l'aval, ce qui tend bien à montrer le rôle essentiel joué par les zones marécageuses, dont l'extension n'est importante que sur le cours supérieur du Nyong.

2.1.4 - CONCLUSIONS

Sur le bassin du Nyong, il est rare que l'étiage absolu corresponde à un débit de tarissement pur. L'étiage absolu survient généralement après quelques épisodes pluvieux mineurs qui ont cependant suffit à perturber le tarissement, et est bien entendu plus élevé que le débit de tarissement pur qui aurait pu être observé à la même date.

Les variations du coefficient de tarissement, d'une année à l'autre, rendent difficile par ailleurs la prévision des débits pour des dates données à partir d'un débit initial de tarissement, l'utilisation du coefficient moyen pouvant conduire à des résultats divergeant beaucoup de la réalité. Par ailleurs, le débit initial Q_o pris à une date donnée (1° décembre) doit correspondre à un débit de tarissement pur, ce qui n'est pas toujours le cas lorsque la saison des pluies précédente a été très abondante ou s'est prolongée tardivement.

En conclusion, si l'étude du tarissement permet de préciser, le comportement hydrologique des bassins du Nyong, elle présente peu d'intérêt sur le plan de la prévision des débits d'étiages.

2.2 - ANALYSE STATISTIQUE DES ETIAGES

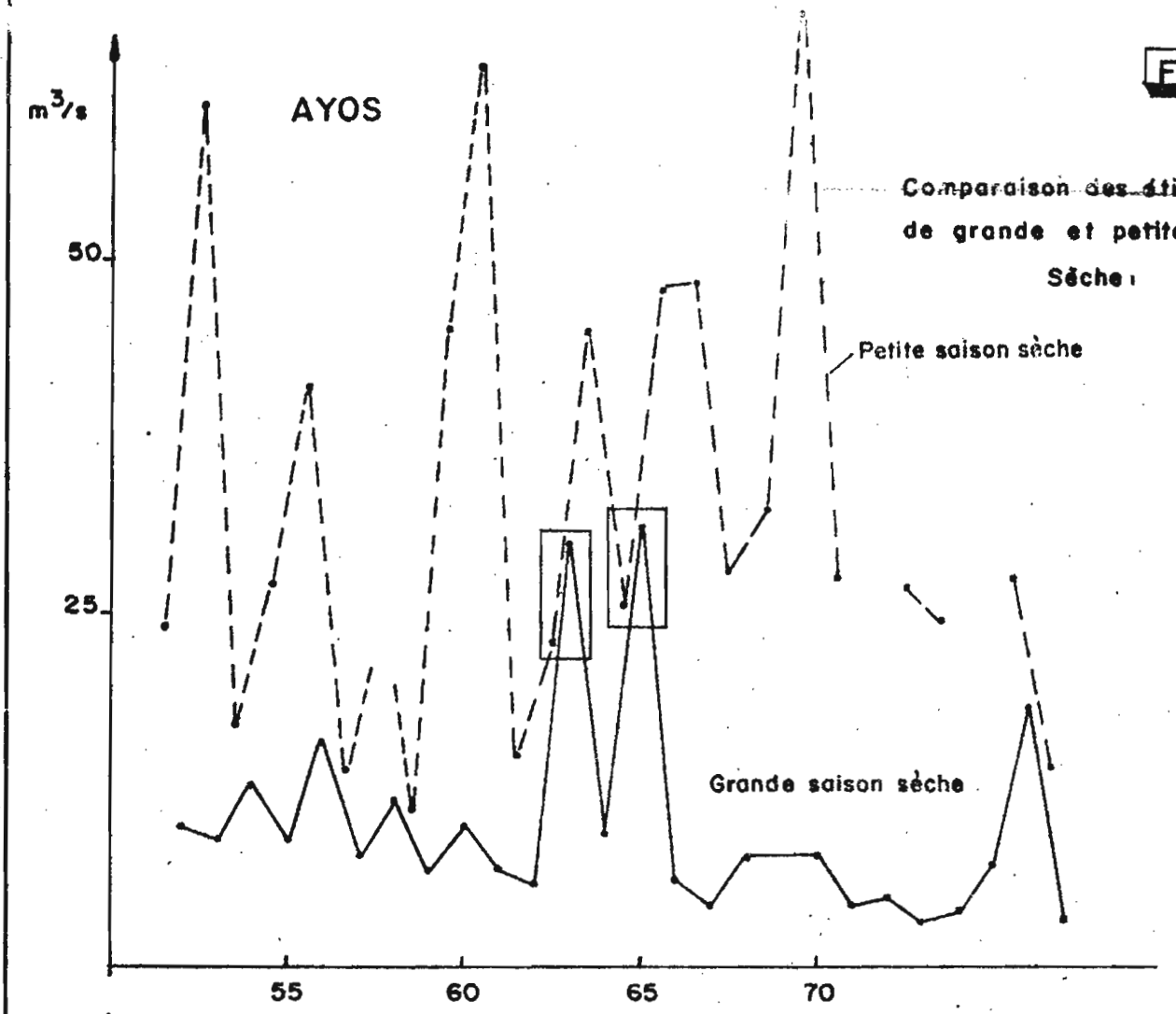
2.2.1 - Comparaison des étiages minimum de grande et petite saison sèche

Le climat équatorial de transition nord donne lieu à deux saisons sèches d'inégale importance, la grande saison sèche se situant de décembre à mars, la petite saison sèche étant observée en juillet-août. Les périodes de basses-eaux suivent bien entendu le même schéma et la prédominance de la grande saison sèche est mise en évidence dans le tableau ci-après, donnant le nombre d'observations de l'étiage absolu en grande et petite saison sèche.

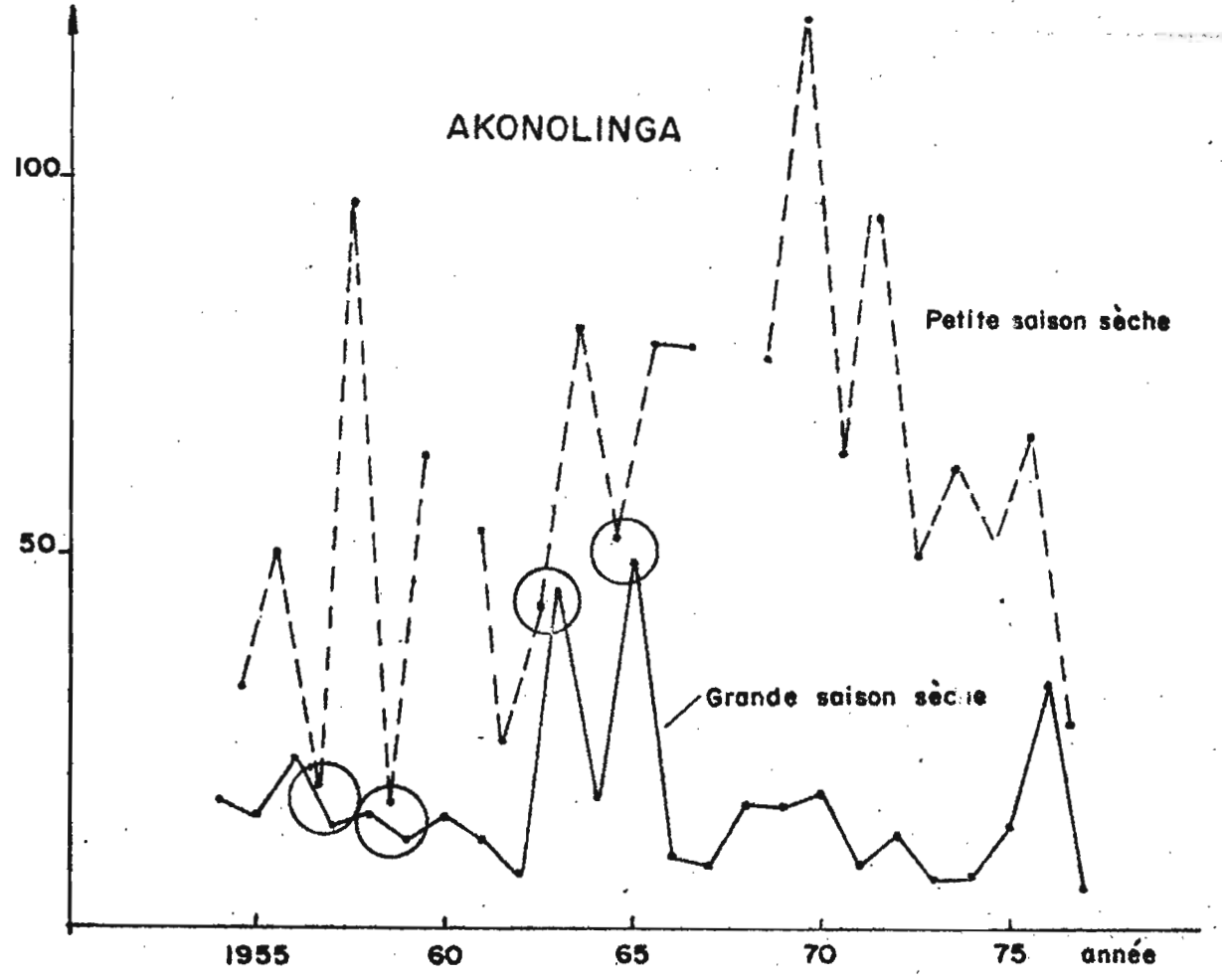
STATION	GRANDE SAISON SECHE	PETITE SAISON SECHE	N. ANNEES
AYOS	24	2	26
AKONOLINGA	23	1	24
MBALMAYO	26	1	27
OLAMA	12	0	12
KAYA	12	0	12
ESEKA	24	1	25
DEHANE	25	1	26
ETOA	6	4	10
NSIMALEN	10	3	13

Grosso-modo, l'étiage absolu apparaît dans 95 % des cas au cours de la grande saison sèche, sur les stations du NYONG, mais seulement dans 75-60 % des cas sur la MEFOU, dont le bassin le plus petit est évidemment plus sensible à une petite saison sèche bien marquée. Une série de graphes (fig.62 à 64), montre l'évolution des étiages des deux saisons sèches pour la période d'observation. D'une manière générale, les débits minimums de la petite saison sèche sont nettement supérieurs aux débits de la grande saison sèche. Ceci apparaît nettement dans le

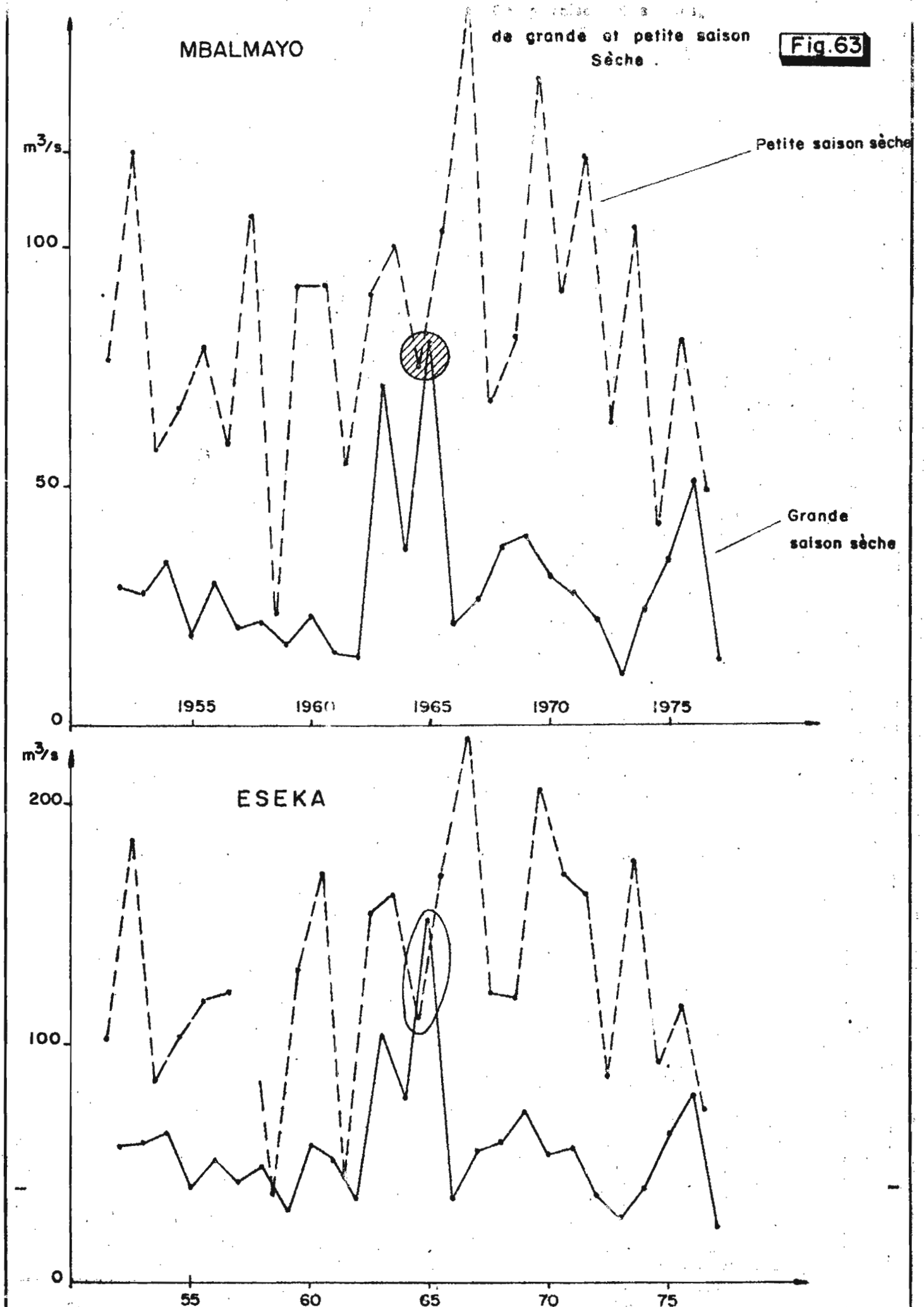
Fig. 62



Comparaison des étiages de grande et petite saison Sèche :



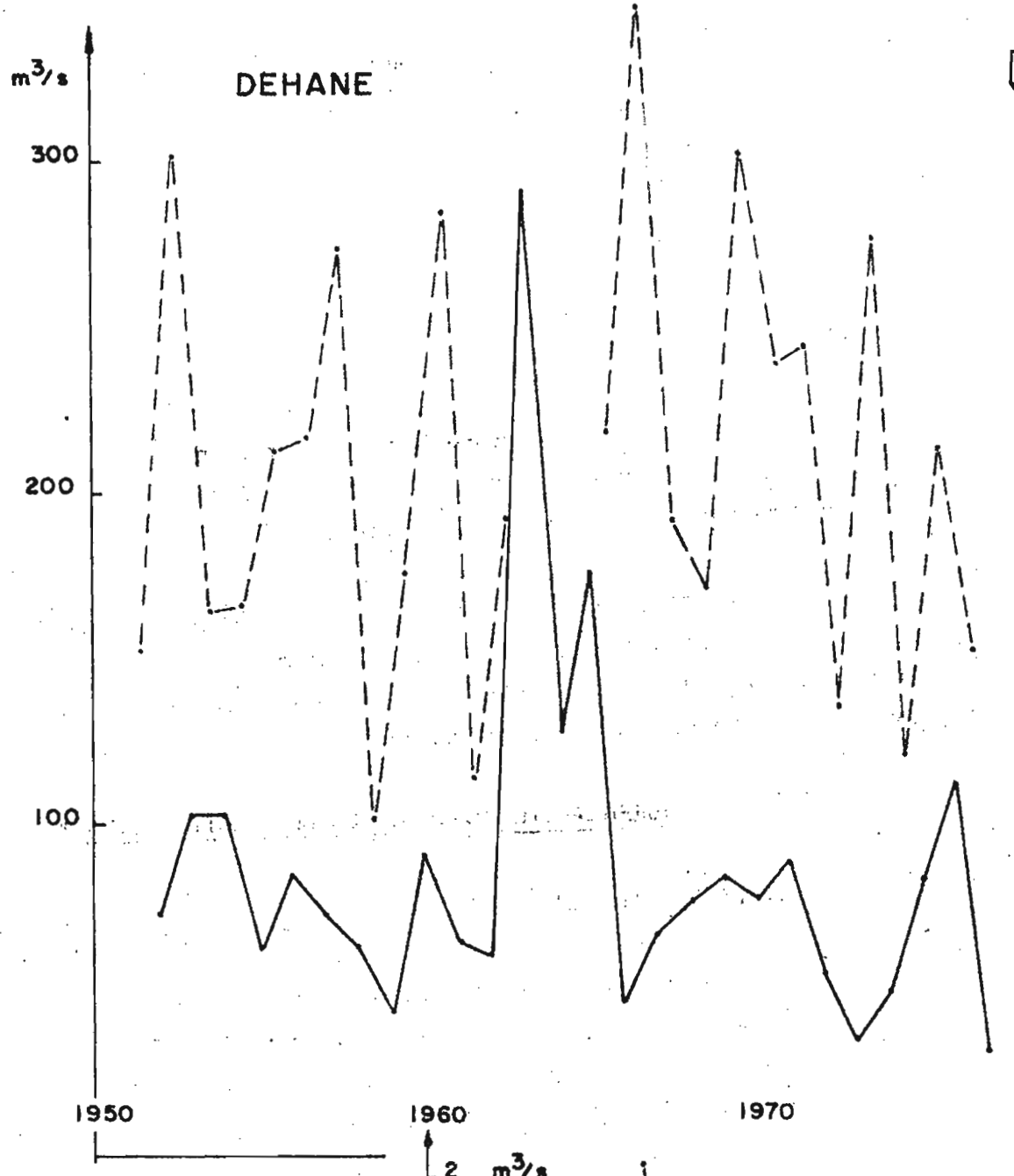
date	dés.	78/6-51



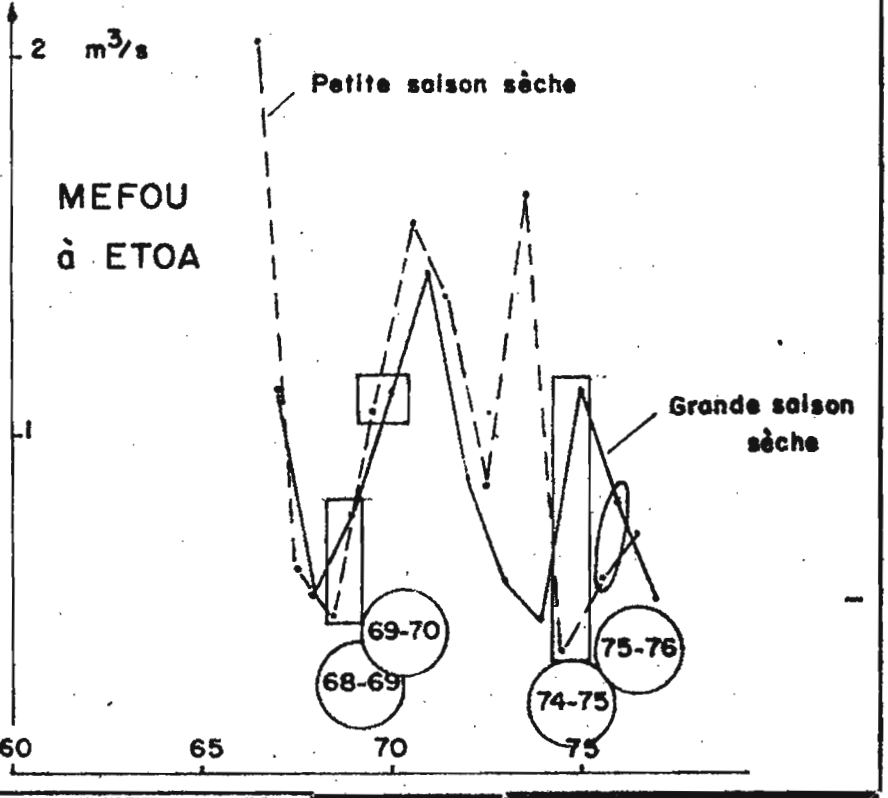
date | lés.

78/6-52

Fig.64



COMPARAISON DES ETIAGES DE GRANDE ET PETITE SAISON SECHE .



	date	dés.	78/6 – 50

tableau 47 ci-après où les valeurs de l'étiage absolu moyen observé de chaque station, des minimums de grande et petite saison sèche, et de leurs écartstypes respectifs ont été reportées.

On constate aussi une assez faible divergence entre les résultats des étiages absolus, et ceux des minimums de grande saison sèche (les fortes valeurs de OLAMA et KAYA pour la petite saison sèche sont imputables à l'échantillon réduit de données).

2.2.2 - EVENTUALITE D'APPARITION DES DEBITS MINIMUMS

2.2.2.1 - Date d'apparition du minimum de petite saison sèche

Dans le cas de la petite saison sèche, la date d'apparition de l'étiage absolu de l'année, se situe généralement fin août ou même en septembre pour les stations de l'amont. Le minimum de la petite saison sèche ne devient en fait l'étiage absolu qu'en cas de retard exceptionnel de la grande saison des pluies. La date d'apparition du minimum de saison sèche se répartit comme suit (décomptée par decades).

STATION (n années)	JUIL.	AOUT			SEPT.	
	3 déc	1 déc	2 déc	3 déc	1 déc	2 déc
AYOS (23)	1	0	3	7	7	5
AKONOLINGA (21)	3	1	1	4	6	6
MBALMAYO (26)	3	3	2	8	8	2
KAYA (12)	2	1	3	3	3	0
OLAMA (12)	3	1	1	3	3	1
ESEKA (24)	4	1	4	9	4	2
DEHANE (25)	6	3	8	7	1	0
EIDA (10)	3	0	2	4	2	0
NSIMALEN (13)	1	2	5	3	2	0

Le tableau montre que le minimum de petite saison sèche a plus de chance d'apparaitre - début septembre à l'amont - dans la deuxième quinzaine d'août à l'aval du bassin du NYONG.

TABLEAU N° 47

MOYENNES OBSERVEES DES ETIAGES DU NYONG ET ECARTS-TYPES CORRESPONDANTS

ETIAGES	AYOS	AKONOLIN-	MBALMAYO	OLAMA	KAYA	ESEKA	DEHANE
Etiage absolu							
Moyenne.....	9.46	16.5	29.5	37.2	43.3	54.8	81.3
Ecart-type...	5.67	10.9	15.8	12.8	15.4	21.6	38.2
Etiage de grande saison sèche.							
Moyenne.....	9.97	16.6	29.7	37.2	43.3	56.5	85.1
Ecart-type...	7.14	11.0	16.4	12.8	15.4	26.4	52.1
Etiage de petite saison sèche							
Moyenne.....	33.0	59.4	83.7	(111.9)	(136.6)	130	206.5
ECart-type...	16.7	27.3	29.3	40.3	48.8	48.2	65.8

2.2.2.2 - Date d'apparition du minimum de grande saison sèche assimilable à l'étiage absolu

La date d'apparition du minimum de grande saison sèche est intéressante à préciser puisque, cet étiage est dans 95 % des cas, l'étiage absolu de l'année hydrologique considérée.

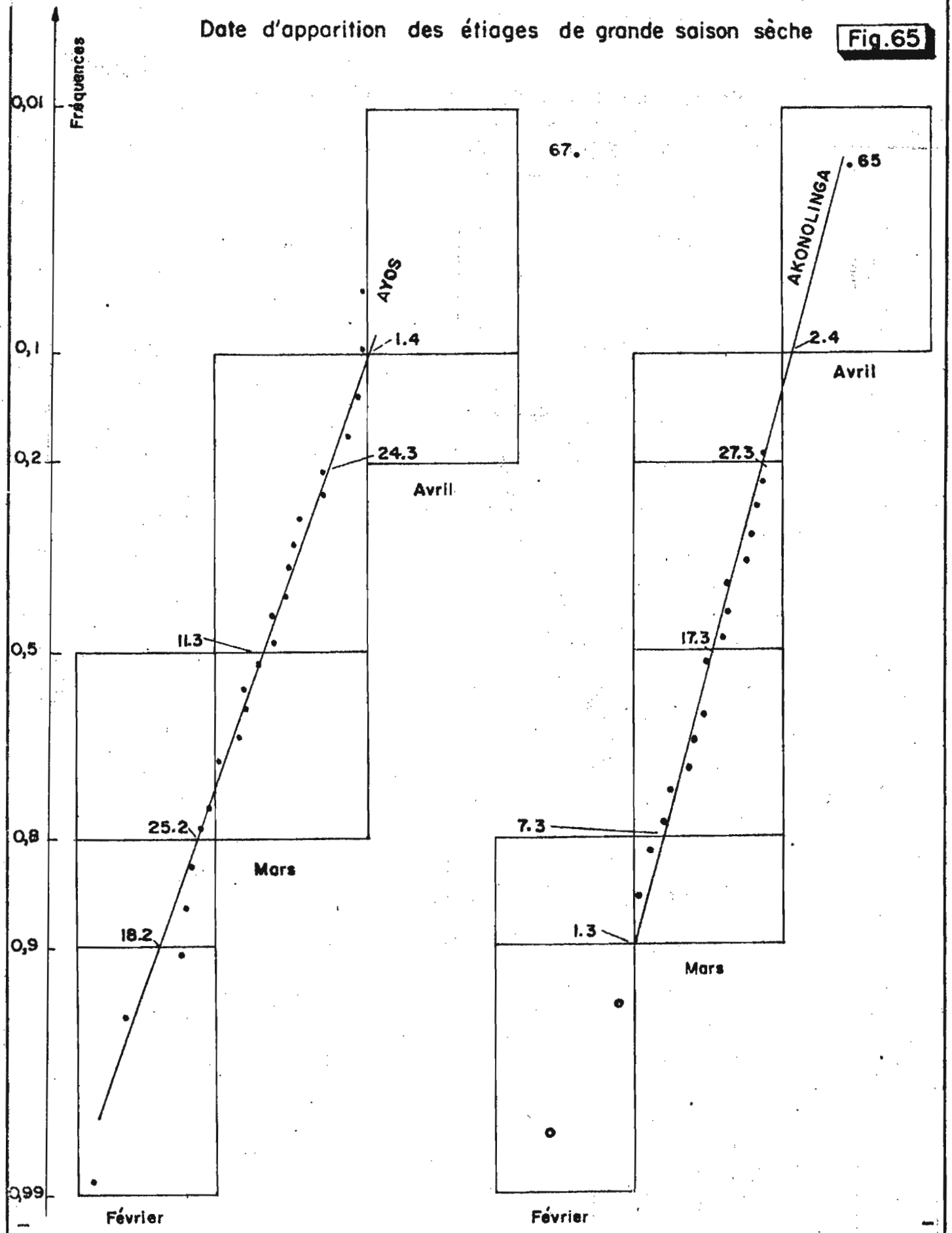
L'échantillon des dates a été traité statistiquement par ajustement graphique d'une loi normale (Gauss). Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-après. (figures 65 à 67).

STATIONS	DATE MEDIANE	ECART-TYPE EN JOURS	LIMITES DE PERIODE à 60 % D'OCCURRENCE	LIMITES DE PERIODE à 80 % D'OCCURRENCE
	$t_{FO,5}$		$t_{Fo.8}, t_{Fo.2}$	$\{t_{Fo.9}, t_{Fo.1}\}$
NYONG				
AYOS	11/3	17	25/2 - 24/3	18/2 - 1/4
AKONOLINGA	17/3	12	7/3 - 27/3	1/3 - 2/4
MBALMAYO	8/3	13	24/2 - 18/3	18/2 - 25/3
OLAMA	5/3	6	1/3 - 11/3	26/2 - 13/3
KAYA	5/3	8	26/2 - 11/3	23/2 - 15/3
ESEKA	4/3	11	24/2 - 13/3	19/2 - 18/3
DEHANE	6/3	10	26/2 - 13/3	21/2 - 18/3
MEFOU				
ETOA	25/2	27	3/2 - 19/3	21/1 - 1/4
NSIMALEN	5/3	10	25/2 - 15/3	21/2 - 24/3

D'une manière générale, le débit minimum apparait, début mars, avec d'autant plus de probabilité que l'on va vers l'aval.

Date d'apparition des étiages de grande saison sèche

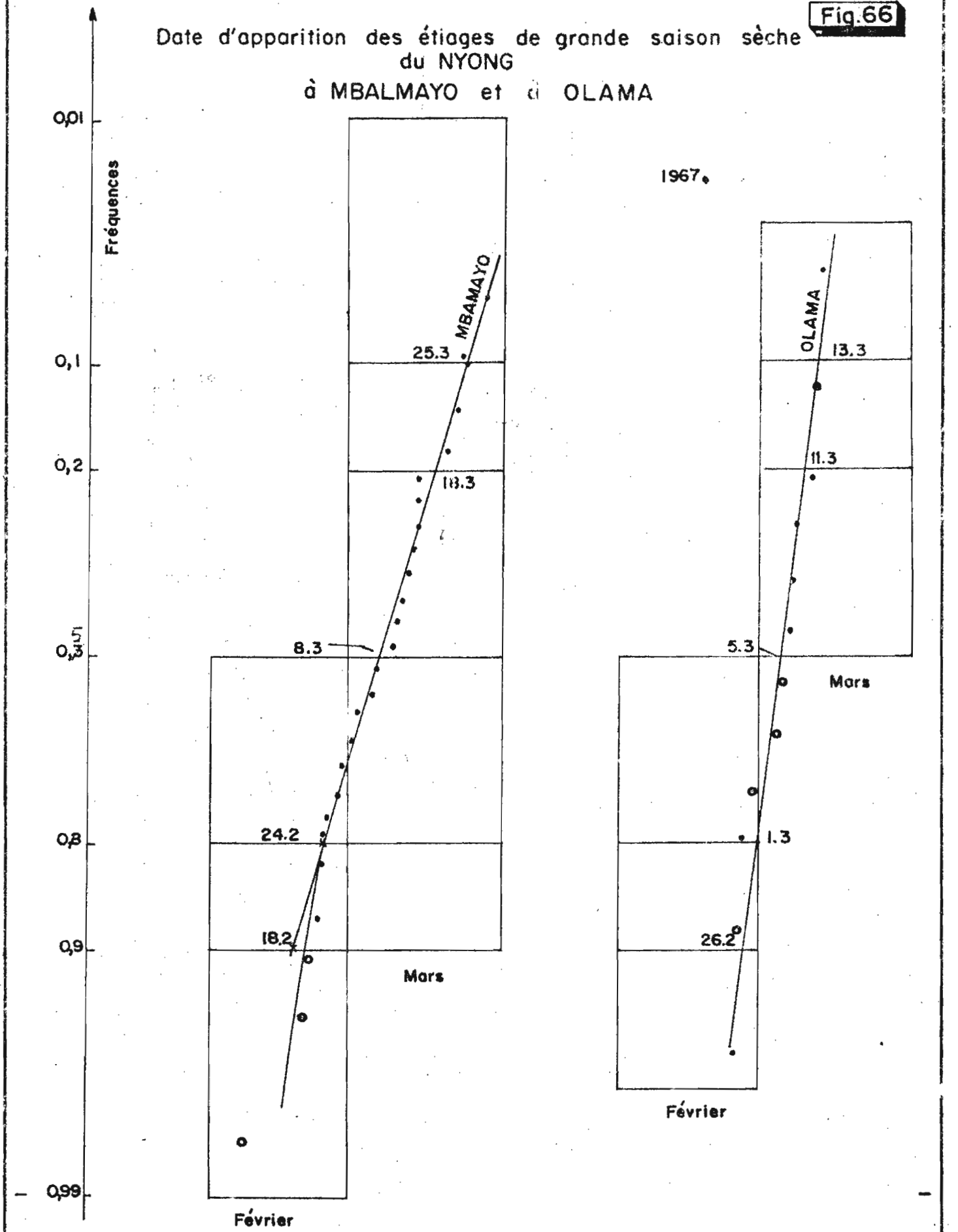
Fig.65



	date	dés.	78/6 - 49

Fig.66

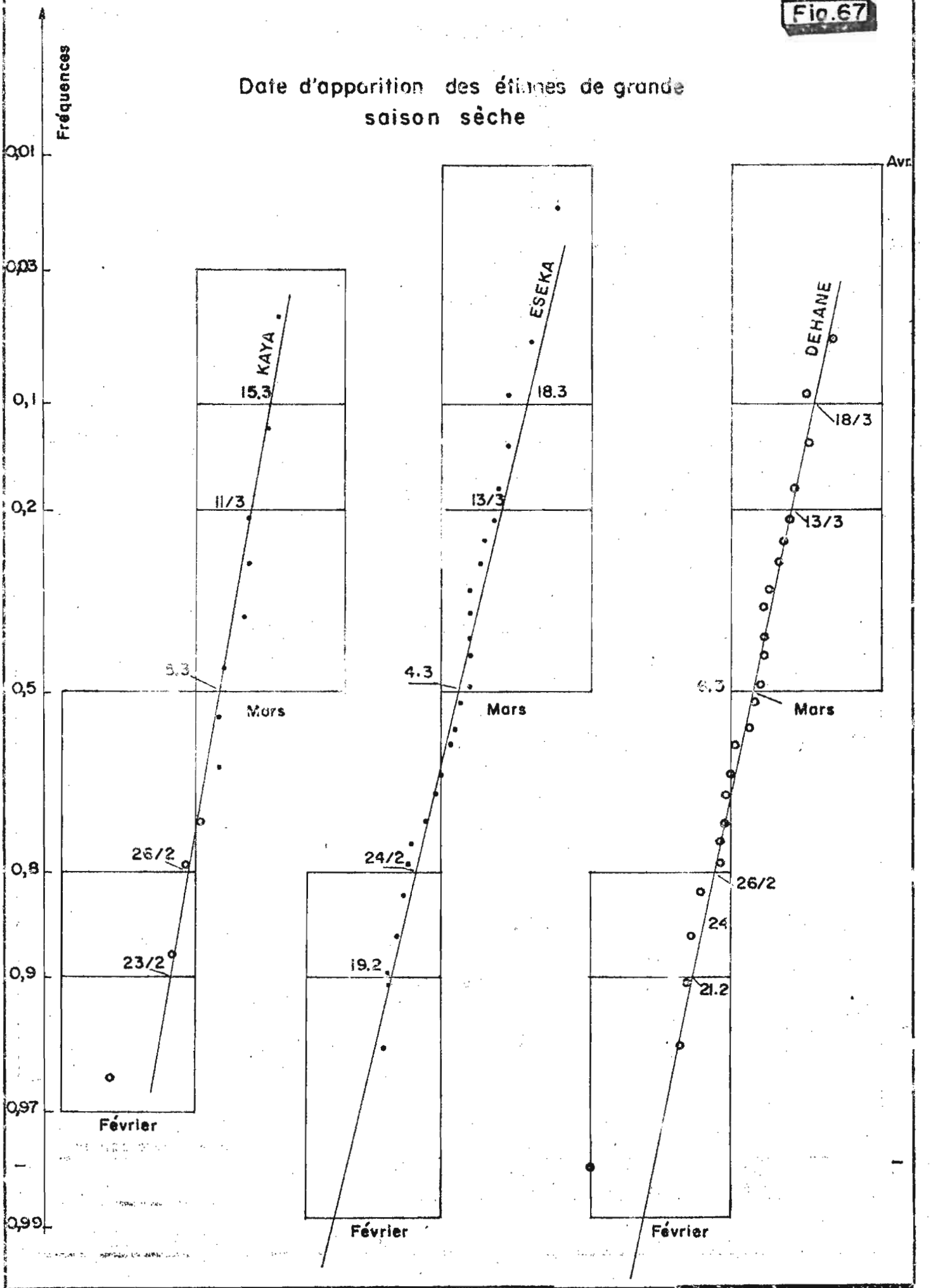
Date d'apparition des étiages de grande saison sèche du NYONG à MBALMAYO et à OLAMA



date	dés.	78/6-48

Fig.67

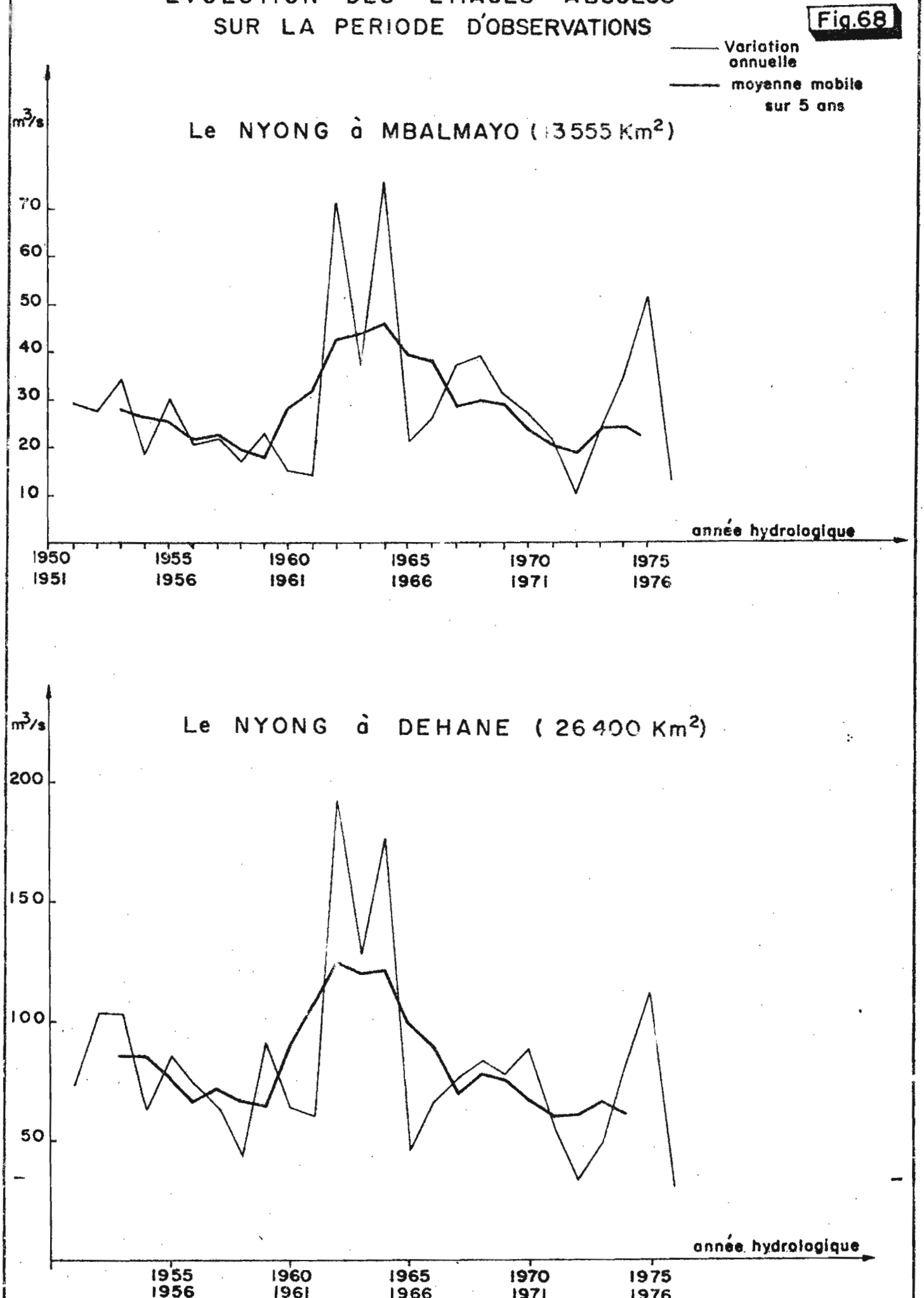
Date d'apparition des étiages de grande saison sèche



	date	dés.	78/6-47

EVOLUTION DES ETIAGES ABSOLUS SUR LA PERIODE D'OBSERVATIONS

Fig.68



date	clés.
	78/6-50

2.2.3 - Evolution des étiages absolus sur la période d'observation

La période d'observation porte sur 26 ans. L'évolution des étiages absolus a été étudiée pour le NYONG à MBALMAYO, et le NYONG à DEHANE. Elle est comparable d'une station à l'autre. Le dessin ou dents de scie de l'évolution annuelle, a été "lissé" par le calcul des moyennes mobiles sur années. (fig. 68)

L'évolution des moyennes mobiles montre :

- une période d'étiages bas dans la deuxième moitié de la décennie des années 1950 ;
- une période d'étiages soutenus dans la première moitié de la décennie des années 1960, avec diminution progressive jusqu'en 1970 ;
- une période d'étiages bas depuis les années 1970, qui se prolonge jusqu'aujourd'hui. (déficits hydropluviométriques exceptionnels des années 1972, 1973, 74 et 77-78).

On notera cependant que la saison sèche des années 50 est plus marquée sur le NYONG à MBALMAYO que celle des années 70, alors qu'on observe le contraire sur le NYONG à DEHANE.

Ces variations dans le temps impliquent bien entendu de considérer avec les réserves d'usage, les résultats de stations observées sur une courte période (KAYA, OLAMA, MEFOU).

2.2.4 - Distribution statistique des étiages absolus

L'étude des lois de distribution des étiages absolus annuels doit tenir compte d'une borne inférieure non nulle, et par suite d'une certaine dissymétrie de la distribution. Cette dissymétrie est positive ; cela signifie que les courbes ont leur concavité tournée vers les débits croissants ; la loi est "hypernormale ou hypergaussique" et le mode (valeur la plus fréquente) est inférieur à la médiane elle-même inférieure à la moyenne.

Différentes lois de ce type ont été ajustées à l'échantillon et testées.

- loi de Gauss, normale, pour mémoire ;
- loi de Galton ;
- loi de Gumbel ou doublement exponentielle ;
- loi Gamma incomplète ou Pearson III ;
- lois exponentielles généralisées dont la loi de Goodrich et la loi de Frechet.

Les ajustements à ces six distributions ont été déterminés en calcul automatique. Le test du X2 étant généralement inadéquat, le report graphique de l'échantillon et des différentes courbes en diagramme gausso-arithmétique permet à l'opérateur de choisir la loi, la mieux appropriée sur la base de deux tests simples :

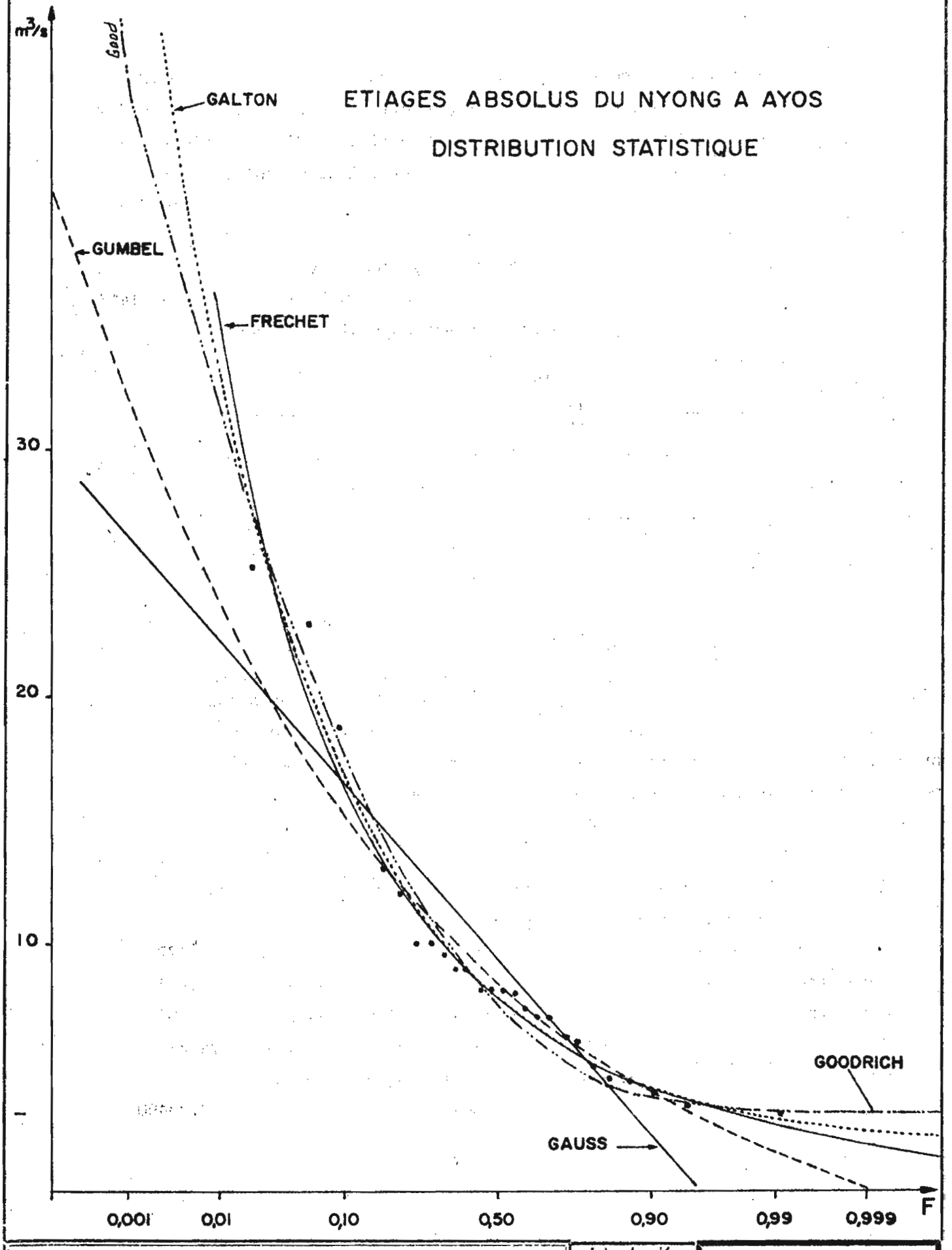
- examen de la concordance graphique des valeurs extrêmes avec les branches de courbes significatives (visuellement) de la dissymétrie.
- entre les fréquences au dépassement 0.9 et 0.10, l'ajustement sera jugé d'autant plus satisfaisant que la ligne joignant les points expérimentaux aura un nombre d'intersections plus important avec la courbe théorique.

2.2.4.1 - NYONG à AYOS

La figure 69 reproduit les courbes obtenues à partir de l'ajustement aux six distributions retenues.

Trois lois peuvent être retenues à l'examen. Goodrich, Galton et Frechet. Cependant, le test empirique qui a été retenu montre que le choix de la fonction de répartition doit se porter sur la loi de Galton, dont les caractéristiques sont données ci-dessous :

Fig.69



	date	dés.	78/6-52

Paramètre d'échelle s	6.025	variance	39.238
Paramètre de position q	1.786	Coefficient de variation	0.657
Paramètre de forme	0.709	Coefficient d'Assymétrie	2.954
Moyenne	9.533	Coefficient d'applatissement	18.729
Médiane	7.811		
Mode	5.429	Sy (écart-type de la série des log)	0.31412

Ce qui donne les résultats suivant pour diverses périodes de retour en années sèches.

Période de retour ans	2 (med)	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Etiage absolu m3/s	7.81	5.10	4.21	3.66	3.19	2.94

Rappelons que le minimum absolu observé est de 3 m3/s (en 1973) sur 26 années.

2.2.4.2 - NYONG à AKONOLINGA

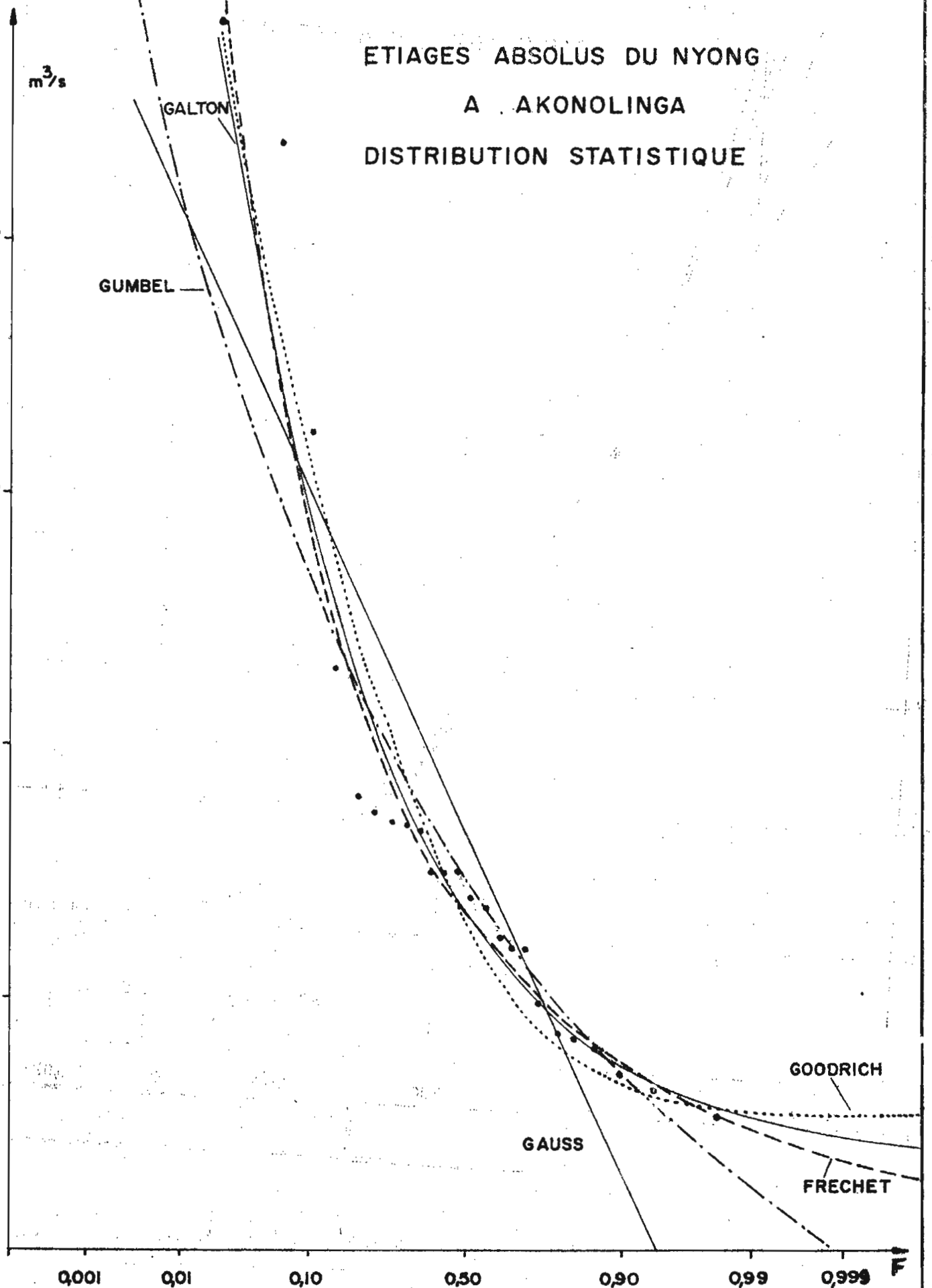
Ici encore, les lois de Gauss, de Gumbel et de Pearson III s'adaptent mal à l'échantillon. A un degré moindre, c'est le cas aussi de la loi de Goodrich. Les lois de Frechet et de Galton sont d'égale probabilité et les résultats ne diffèrent que très peu et seulement à partir des fréquences plus rares que les fréquences centennales. (fig. 70). On a retenu la loi de Galton.

Les fonctions de répartition et de densité de la loi de Galton ont les caractéristiques suivantes :

Paramètre d'échelle	9.827	Variance	131.172
Paramètre de position	3.515	Coefficient de variation	0.691
Paramètre de forme	0.755	Coefficient d'assymétrie	3.303
Moyenne	10.583	Coefficient d'ap latissement	24.210
Mode	9.073	Sy (écart-type de la série des log)	0.33490

Fig.70

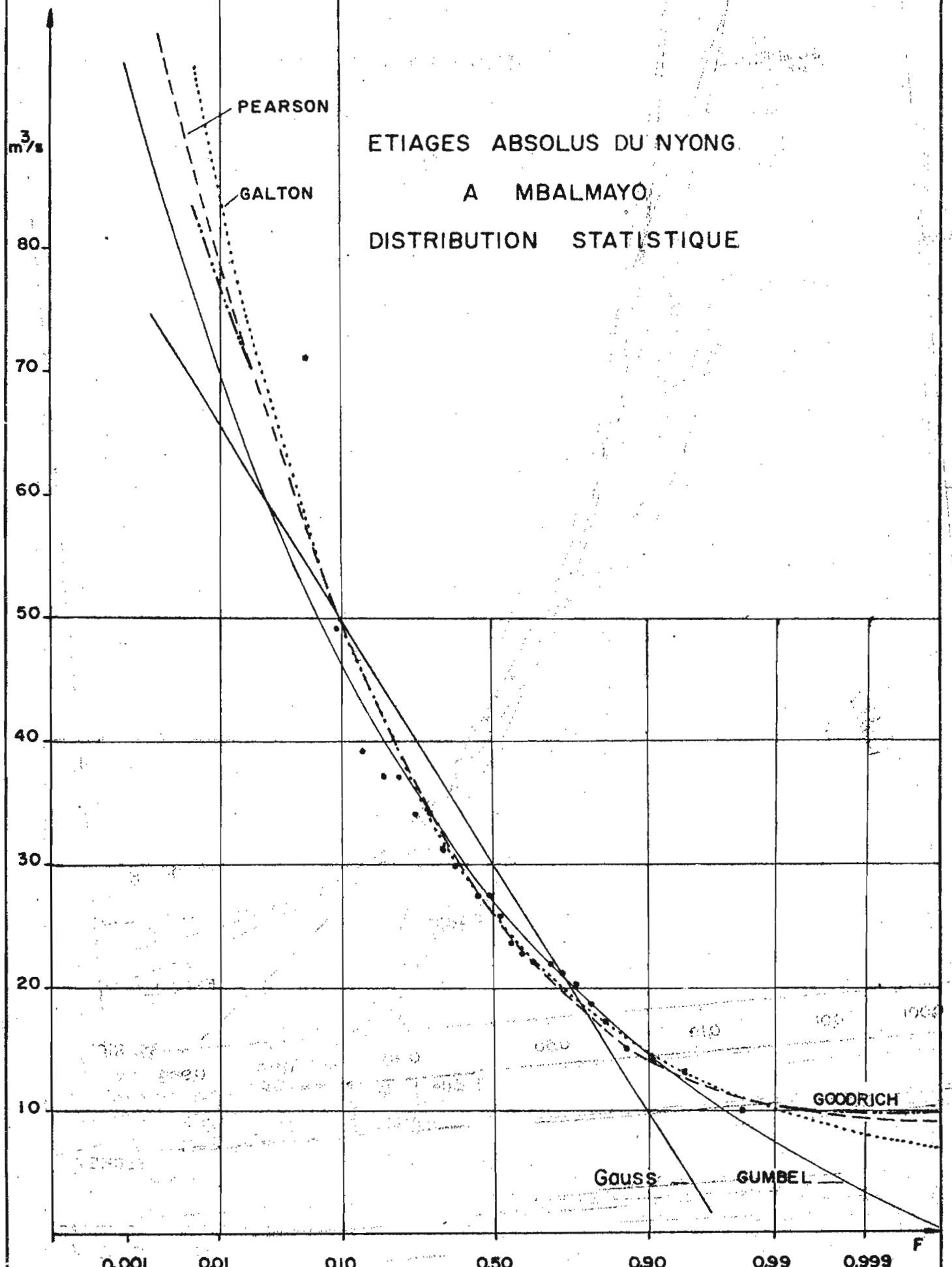
ETIAGES ABSOLUS DU NYONG A . AKONOLINGA DISTRIBUTION STATISTIQUE



date	dés.	78/6-53

Fig.71

ETIAGES ABSOLUS DU NYONG A MBALMAYO DISTRIBUTION STATISTIQUE



date	dés.	78/6-54

La prédétermination des étiages de périodes de retour données (années sèches) est la suivante :

Période de retour (années)	2 (médiane)	5	10	20	50	100
Etiage absolu m3/s	13.34	8.72	7.25	6.35	5.60	5.21

Le débit minimal observé sur 24 ans est de 5.4 m3/s (1977).

2.2.4.3 - NYONG à MBALMAYO

A l'exception de la loi de Gauss, les cinq autres distributions s'ajustent de manière satisfaisante à l'échantillon des débits du NYONG à MBALMAYO, la probabilité étant plus forte pour les lois de Galton et Frechet (fig. 71). Par souci d'homogénéité, la loi de Galton a été retenue. Les caractéristiques des fonctions de répartition et de densité sont :

Paramètre d'échelle	21.560	Variance	247.346
Paramètre de position	4.127	Coefficient de variation	0.533
Paramètre de forme	0.570	Coefficient d'assymétrie	2.098
Moyenne	26.494	Coefficient d'aplatissement	8.729
Médiane	25.687		
Mode	19.701	Sy (écart-type de la série des log)	0.25258

La prédétermination des étiages de périodes de retour données est la suivante (années sèches) :

Période de retour (ans)	2 (médiane)	5	10	20	50	100
Etiage absolu m3/s	25.7	17.47	14.51	12.57	10.81	9.85

L'étiage le plus faible observé est de 10 m3/s (1973), sur 26 années.

2.2.4.4 - NYONG à ESEKA

A l'exception des lois de Gauss et de Frechet, l'ajustement des autres lois de distribution donne des courbes voisines qui ne divergent que pour des fréquences plus rares que la fréquence décennale sèche. Les lois de Gumbel et de Galton correspondent au meilleur ajustement (fig. 72).

Pour la loi de Galton, on a les caractéristiques suivantes :

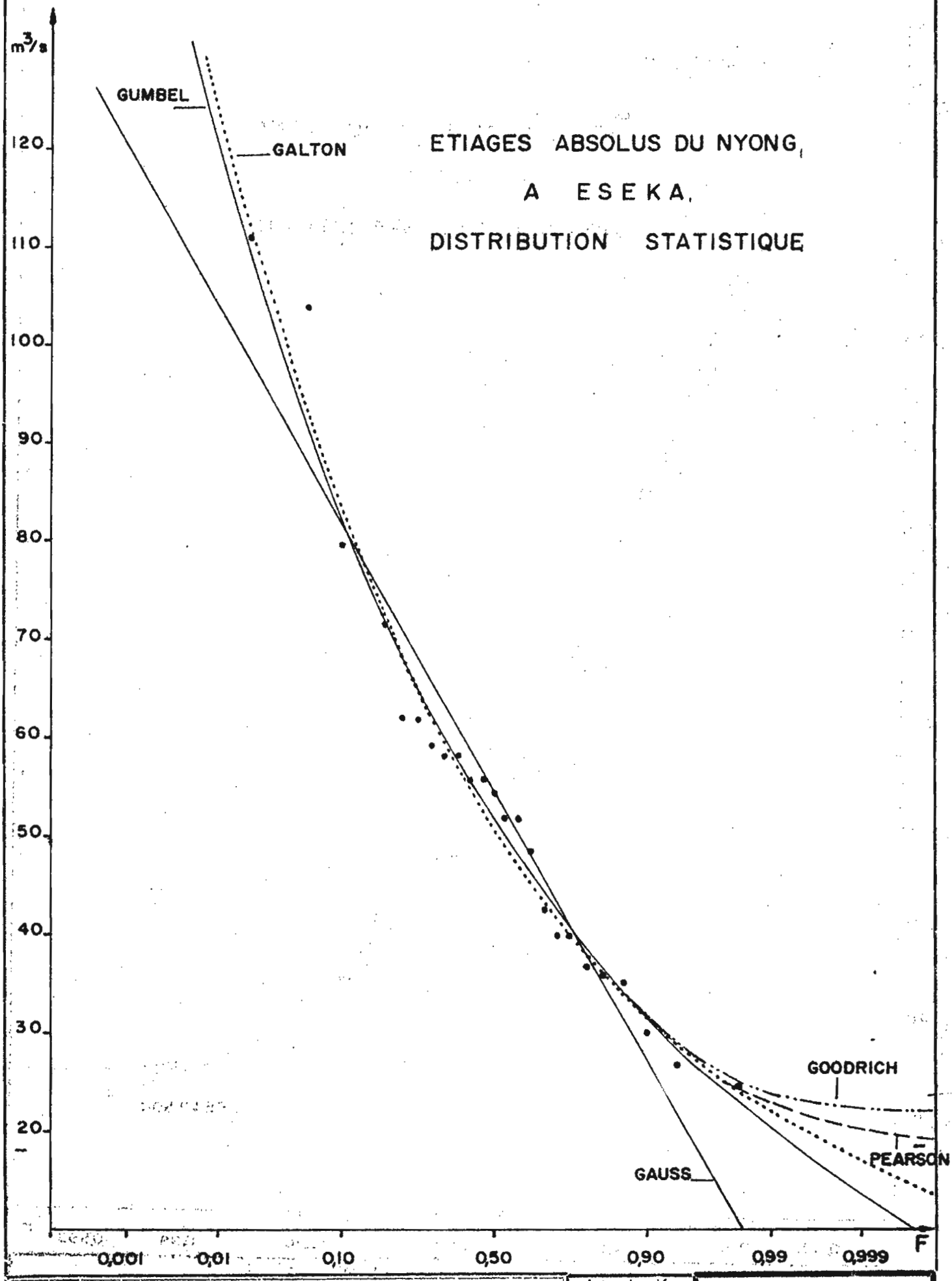
Paramètre d'échelle	48.289	Variance	472.856
Paramètre de position	2.579	Coefficient de variation	0.396
Paramètre de forme	0.399	Coefficient d'assymétrie	1.319
Moyenne	54.876	Coefficient d'aplatissement	3.247
Médiane	50.868		
Mode	43.750	Sy (écart-type de la série des log)	0.17701

La prédétermination des étiages de périodes de retour données est la suivante (années sèches) :

Période de retour (ans)	2 (médiane)	5	10	20	50	100
Etiage absolu m3/s	50.87	37.08	31.53	27.62	23.84	21.65

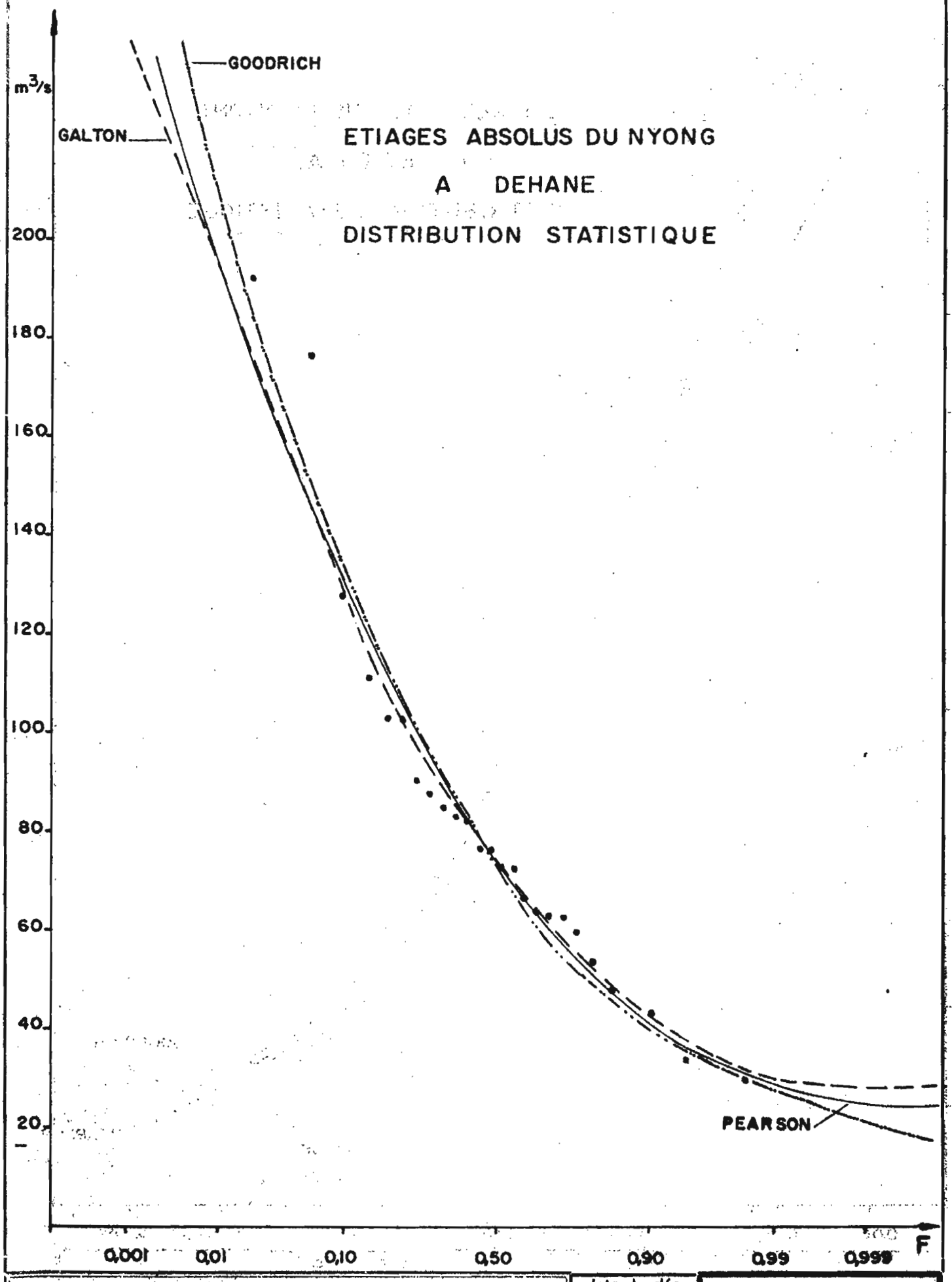
L'étiage observé le plus bas est de 23.7 m3/s (1977), sur 25 années.

Fig. 72



	date	dés.	78/6-45

Fig. 73



	date	dés.	78/6-46

2.2.4.5 - NYONG à DEHANE

La distribution des étiages du NYONG à DEHANE est assez bien représentée par les cinq lois hypernormales retenues. Le faisceau de courbes est relativement serré (médianes comprises entre 75 et 73,5 m3/s). Les meilleurs ajustements sont obtenus avec les lois de Galton et de Frechet (fig. 73).

Pour la loi de Galton, on a les caractéristiques suivantes :

Paramètre d'échelle	67.789	Variance	1.398.742
Paramétre de position	5.675	Coefficient de variation	0.460
Paramètre de forme	0.468	Coefficient d'assymétrie	1.285
Moyenne	81.301	Coefficient d'aplatissement	2.478
Médiane	73.464		
Mode	60.143	Sy (écart-type de la série des log)	0.20716

La prédétermination des étiages absolus pour des périodes de retour données (années sèches) est indiquée ci-après :

Période de retour (ans)	2 (médiane)	5	10	20	50	100
Etiage absolu m3/s	73.5	51.4	42.9	37.1	31.6	28.5

L'étiage minimum observé sur la période de 26 ans est de 30 m3/s (1977).

2.2.4.6 - STATIONS SECONDAIRES

Pour ces stations l'échantillon a un effectif trop réduit pour justifier une analyse détaillée des divers ajustements possibles. De toute évidence, la loi de Galton parait la mieux appropriée, et a été retenue.

Les résultats de la prédétermination des étiages pour diverses périodes de retour sont données ci-après :

Pour le NYONG à OLAMA, on a :

Période de retour (ans)	2 (médiane)	5	10	20	50	100
Etiage absolu m3/s	73.5	51.4	42.9	37.1	31.6	28.5
	35.9	25.6	22.3	19.1	15.8	13.7

Le coefficient de variation est 0.337

L'étiage le plus bas observé sur 12 ans est de 19 m3/s.

Pour le NYONG à KAYA, on a :

Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Etiage en m3/s	42.6	30.8	25.0	20.4	15.5	12.3

Le coefficient de variation est de 0.344.
L'étiage le plus bas observé sur 12 ans est de 21.5 m3/s.

On remarquera les limites de crédibilité de ces résultats obtenus sur un échantillon aussi court en comparant les valeurs médianes des 2 stations (30 % de plus pour KAYA, pour un gain de superficie du BV de 8 % seulement) et surtout les valeurs cinquantennale et centennale inférieures à celles d'OLAMA.

Pour les stations de la MEFOU, on trouve les résultats suivants

Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Etiage MEFOU-ETOA m3/s	0.643	0.503	0.461	0.437	0.418	0.408
Etiage MEFOU-NSIMALEN m3/s	1.737	1.361	1.208	1.100	0.995	0.934

Avec des coefficients de variations respectifs de 0.548 et 0.318 de débit minimal observé et de 0.420 m3/s sur 11 ans à ETOA, et de 1 m3/s à NSIMALEN pour 14 années.

Ici encore, ces résultats doivent être pris avec beaucoup de réserves.

2.2.4.7 - SIGNIFICATION DES RESULTATS

La distribution de Galton est une des distributions les plus communes aux échantillons d'étiages absolus des rivières perennes du CAMEROUN (et d'ailleurs). Il n'est donc pas surprenant de la retrouver sur les stations du NYONG. La loi de Frechet permet généralement de bons ajustements et, on l'a vu, donne des résultats comparables à ceux obtenus par la loi de Galton pour une majorité de stations du NYONG. On a remarqué également que les ajustements des échantillons tendent à s'améliorer pour les distributions de Gumbel, Pearson III et Goodrich, lorsque la superficie du bassin augmente.

Ceci pour dire que la prédétermination d'étiages de diverses récurrences qui a été indiquée, voit sa signification diminuer, lorsque les récurrences deviennent de plus en plus faibles.

Trois valeurs sont particulièrement intéressantes et peuvent être considérées comme significatives de la distribution des étiages, sur le NYONG ; ce sont la moyenne, la médiane et l'étiage decennal sec.

Du fait de la dissymétrie hypergaussique, la moyenne est toujours supérieure à la médiane : les débits extrêmes augmentent davantage pour les fortes valeurs qu'ils ne siminuent pour les faibles valeurs.

La moyenne est représentative du débit moyen d'un échantillon théoriquement infini.

La médiane indique le débit qui ne sera pas dépassé une année sur deux (F = 0.5).

L'étiage decennal sec indique le débit non dépassé une année sur 10 (dans les graphes, dépassé 9 fois sur 10 F = 0.9).

Ces valeurs sont connues avec une approximation dépendant du degré de confiance retenu, et de la taille de l'échantillon d'observations, intervalles de confiances que nous allons préciser.

2.2.4.7.1 - Intervalles de confiance

L'intérêt de la loi de Galton est de dériver directement de la loi normale classique de Gauss, par transformation logarithmique de la variable débit. Aussi, la variable transformée yi = log (xi - xo) suit une loi normale et il est alors relativement aisé de procéder à une évaluation des intervalles de confiance des différentes valeurs prédéterminées pour diverses récurrences.

Le calcul de ces intervalles implique la connaissance de x_o, paramètre de position, de $\bar{y}$ et sy, moyenne et écart-type de la série des logarithmes. L'intervalle de confiance, $\Delta yi = \pm t \frac{sy}{\sqrt{2N}} \sqrt{u^2 + 2}$ (où u est la variable réduite $(yi - \bar{y})/sy$ et t, paramètre de Student dépendant du degré de confiance choisi et de l'effectif N de l'échantillon), ramené à yi, et transformé en valeurs arithmétiques indiquant des débits, devient bien entendu dissymétrique par rapport à la valeur calculée.

Pour des échantillons d'effectif inférieur à 30, t est donné par les tables de Student en fonction de U = N - 1 et de l'intervalle de confiance choisi. Pour des échantillons de la taille de ceux recueillis sur le NYONG, on retient généralement un intervalle de confiance à 80 %, indiquant que la valeur vraie a 80 chances sur 100 de se trouver dans l'intervalle calculé. De 24 à 26 valeurs annuelles des débits t varie peu, et est voisin de 1.32 (pour IC 80 %).

Le calcul des intervalles de confiance à 80 % a été fait pour les 5 stations principales du NYONG, pour l'étiage moyen, l'étiage médian et l'étiage decennal. Les résultats sont donnés dans le tableau 48.

On notera que le débit moyen varie à

AYOS	de	- 14 % à + 17 %
AKONOLINGA	de	- 15 % à + 19 %
MBALMAYO	de	- 12 % à + 14 %
ESEKA	de	- 10 % à + 11 %
DEHANE	de	- 11 % à + 12 %

On notera que pour AYOS, AKONOLINGA et MBALMAYO, la moyenne calculée n'est pas comprise dans l'intervalle de confiance à 80 % de la médiane, et vice versa.

Le lecteur trouvera dans ce chapitre les éléments nécessaires au calcul des intervalles de confiance d'autres étiages de récurrence de son choix.

2.2.4.7.2 - Irrégularité interannuelle

Dans la dernière colonne du tableau 48 est indiquée la valeur du rapport, étiage décennal sec/Etiage médian. Ce rapport exprime l'irrégularité interannuelle, d'autant plus faible qu'il se rapproche de 1.

Il augmente de l'amont vers l'aval, avec la superficie du bassin et la richesse de l'aquifère drainé. La valeur de DEHANE, plus faible que celle d'ESEKA, traduit sans doute l'influence du régime hydrologique aval sur le régime général du NYONG.

Pour la MEFOU, les valeurs mentionnées indiquent une régularisation du régime de basses eaux.

2.2.4.8. - ETIAGES ABSOLUS SPECIFIQUES

Ceux-ci ont été indiqués pour la moyenne, la médiane et l'étiage décennal sec, dans la seconde partie du tableau.

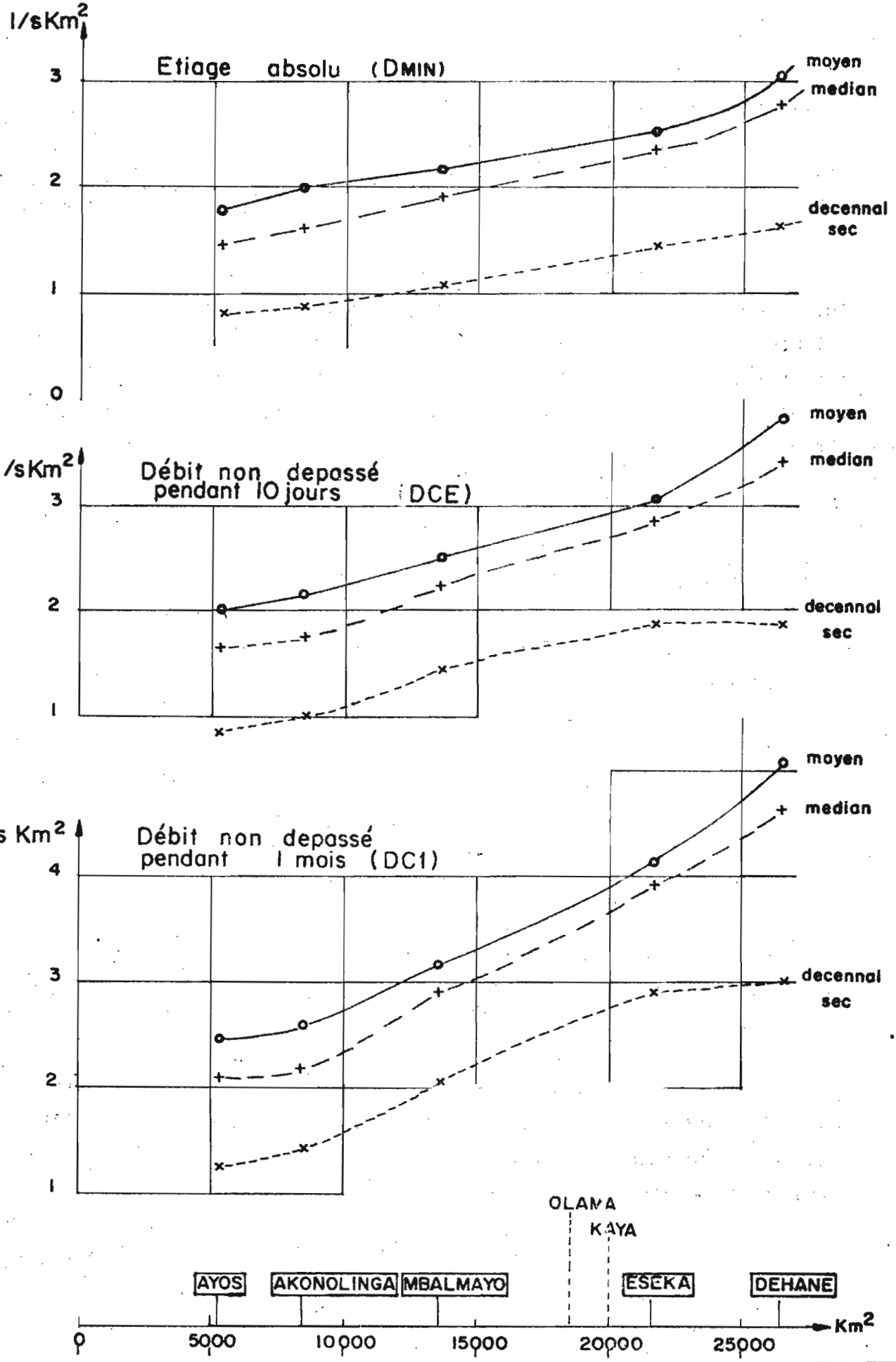
TABLEAU N° 48 : ETIAGES ABSOLUS DU NYONG - RECAPITULATION DE L'ETUDE STATISTIQUE

STATIONS	Débits en m3/s						Débits spécifiques l/s km2			
	Moyenne		Médiane		Etiage décennal sec		Moyenne	Médiane	Etiage décen. sec	Décennal sec médian
	Calculée	IC à 80 %	Calculée	IC à 80 %	Calculée	IC à 80 %				
Le NYONG à AYOS	9.53	8.18,11.18	7.81	6.78, 9.05	4.21	3.67, 4.91	1.80	1.47	0.79	0.537
AKONOLINGA	16.58	14.06,19.71	13.34	11.50-15.61	7.25	6.34- 8.45	1.99	1.60	0.87	0.544
MBALMAYO.....	29.5	25.9 - 33.7	25.7	22.7 - 29.2	14.5	12.6 - 16.8	2.18	1.90	1.07	0.563
EDEKA.....	54.9	49.5 - 60.9	50.9	45.9 - 56.4	31.5	27.6 - 36.0	2.54	2.36	1.46	0.619
DEHANE.....	81.3	72.4 - 91.4	73.5	65.6 - 82.4	42.9	37.2 - 49.6	3.08	2.78	1.63	0.586
OLAMA (1)	37.3	(43.9	35.9	(40.0)	22.3	(24.2)	2.02(2.37)	1.94(2.16)	1.20(1.31)	0.619 (0.6
KAYA.	43.3	(49.0)	42.6	(45.0)	25.0	(27.4)	2.17(2.45)	2.13(2.25)	1.25(1.37)	0.587(0.6
MEFOU ETOA	0.768		0.643		0.461		3.27	2.74	1.96	0.715
MEFOU NSIMALEN	1.843		1.737		1.208		4.34	4.09	2.84	0.694

(1) OLAMA et KAYA, les valeurs entre parenthèses constituent les valeurs les plus probables. Elles ont été obtenues à partir de la comparaison des étiages des 5 stations principales.

DEBITS SPECIFIQUES D'ETIAGE ET SUPERFICIE DES BASSINS (NYONG)

Fig.74



date	dés.	78/6-46

Pour ces trois étiages, le débit spécifique augmente régulièrement de l'amont vers l'aval, de l'Est vers l'Ouest, ce qui correspond à une pluviométrie plus importante vers l'océan avec notamment un démarrage plus précoce de la saison des pluies, qui abrège d'autant la période des basses-eaux (fig. 74).

Cette relation entre étiages spécifiques permet de corriger les valeurs calculées pour OLAMA et KAYA, sur 13 ans et de la ramener aux valeurs plus probables indiquées dans le tableau entre parenthèses, puis transformées en m3/s. On notera les fortes valeurs obtenues sur le bassin de la MEFOU; il convient de rappeler ici, comme pour le tarissement, les perturbations apportées à l'écoulement naturel de cette rivière :

- barrage de la MEFOU, avec débit de base de lâchûre relativement constant ;
- drainage de la ville de YAOUNDE, dont le MFOUNDI est le collecteur principal des eaux usées.

La figure 74 indique aussi les débits spécifiques moyens, médian et decennal sec, pour des débits caractéristiques non dépassés pendant 10 jours et 1 mois, en fonction de la superficie des bassins. Ces valeurs ont été déterminées à partir des résultats du paragraphe suivant.

2.2.5 - RELATIONS ENTRE L'ETIAGE ABSOLU ET LES DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE

La connaissance des basses-eaux ne se limite pas à celle de l'étiage absolu et du tarissement. Il est intéressant de connaitre aussi la liaison existant entre l'étiage absolu et les débits caractéristiques d'étiage.

Dans ce but, une étude de régressions linéaires a été faite poue les stations principales entre les étiages absolus d'une part et les débits correspondant non dépassés pendant 10 jours (DC10) et non dépassés pendant 1 mois (DC1).

Outre les paramètres de la droite de régression (DC = a (étiage absolu) + b) permettant la détermination des débits caractéristiques à partir d'un étiage absolu donné, nous indiquons la valeur du coefficient de corrélation qui traduit le degré de perfection de l'ajustement, et par suite la confiance que l'on peut accorder aux déterminations effectuées.

Ces résultats sont réunis dans le tableau ci-après, avec indication des valeurs DCE et DC1, correspondant aux étiages absolus moyen, médian et décennal sec (cf. fig. 74 pour débits spécifiques correspondants).

STATION	DC	Paramètres a	Paramètres b m3/s	Coefficient de corrélation r	DC moyen m3/s	DC médian	DC décennal sec m3/s
AYOS	DCE	1.137	-0.244	0.990	10.6	8.64	4.54
	DC1	1.226	+1.343	0.945	13.0	10.9	6.51
AKONOLINGA	DCE	1.009	1.218	0.994	18.0	14.7	8.53
	DC1	1.040	+4.46	0.940	21.7	18.3	12.0
MBALMAYO	DCE	0.949	+6.0	0.983	34.0	30.4	19.8
	DC1	1.010	+13.3	0.875	43.1	39.3	27.9
ESEKA	DCE	1.122	+4.92	0.975	66.5	62.0	40.3
	DC1	1.123	+27.6	0.841	89.3	84.8	63.0
DEHANE	DCE	1.360	-10.13	0.961	100.5	89.8	48.2
	DC1	1.447	+16.7	0.918	134	123	78.7

L'examen des coefficients de corrélation (r) montre une liaison étroite prévisible, entre l'étiage absolu et le débit caractéristique non dépassé pendant 10 jours. Le coefficient de corrélation diminue légèrement toutefois d'AKONOLINGA à DEHANE. La liaison entre étiage absolu et caractéristique non dépassé pendant 1 mois est beaucoup plus lâche mais reste acceptable. Le coefficient de corrélation (r) diminue régulièrement d'AYOS à ESEKA.

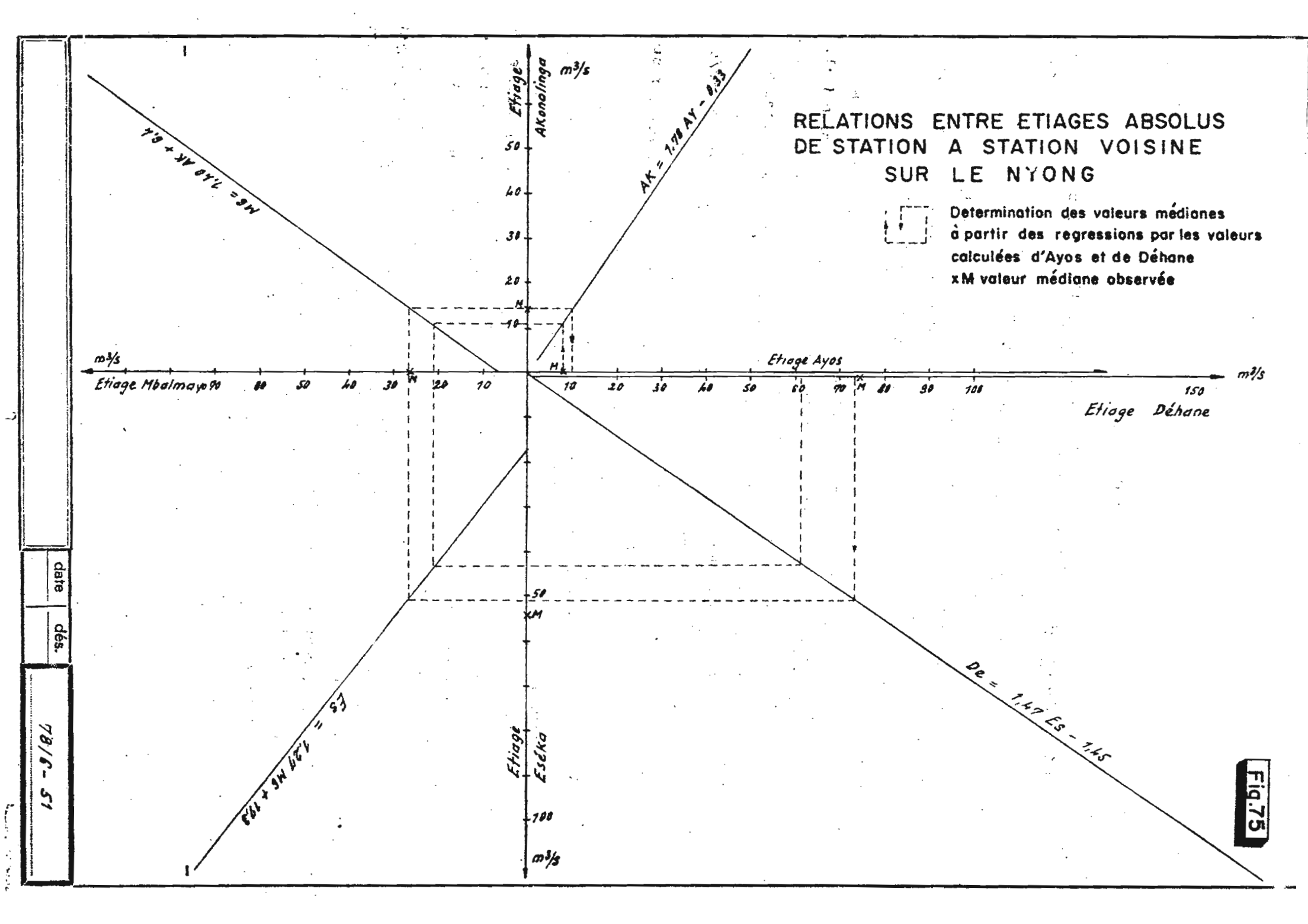
Une comparaisons des débits caractéristiques médians calculés avec ceux observés, et indiqués dans le chapitre "Données de base", montre des résultats voisins : moins de 2 % d'écart pour les trois stations à aval, et de l'ordre de 5 à 8 % pour les 2 stations amont.

2.2.6 - RELATIONS ENTRE LES ETIAGES ABSOLUS DE STATIONS VOISINES

L'étude des régressions linéaires a permis d'établir les relations suivantes :

Q Min AKONOLINGA = 1.78		Q Min AYOS	+ 0.83	r = 0.970
Q Min MBALMAYO = 1.40		Q Min AKONOLINGA	+ 6.4	r = 0.928
Q Min ESEKA = 1.27		Q Min MBALMAYO	+ 17.3	r = 0.949
Q Min DEHANE = 1.47		Q Min ESEKA	- 1.45	r = 0.848

Ces trois relations présentées figure 75, doivent être utilisées avec réserves, compte tenu de la faible valeur des coefficients de corrélation ; ceux-ci traduisent en effet une liaison évidente, mais assez lâche.


RELATIONS ENTRE ETIAGES ABSOLUS
DE STATION A STATION VOISINE
SUR LE NYONG
Determination des valeurs médianes
à partir des regressions par les valeurs
calculées d'Ayos et de Déhane
xM valeur médiane observée
Etiage Akonolinga m³/s
AK = 1.78 AY - 0.33
ME = 1.19 AK + 6.4
Etiage Ayos
Etiage Mbalmayo
Etiage Déhane
Etiage Eséka
ES = 1.27 ME + 19.3
De = 1.47 Es - 1.45
m³/s
Fig.75
date
dés.
78/6 - 51

3 ETUDE DES CRUES

3.1 - EVENTUALITE D'APPARITION DES MAXIMUMS DE LA CRUE ANNUELLE

3.1.1 - Maximums annuels et maximums secondaires

Sur le Nyong, l'apparition du maximum annuel de crue est toujours consécutive, au moins sur la période d'observation, aux fortes précipitations de la "grande saison des pluies" septembre-octobre.

La "petite saison des pluies" provoque un maximum de crue secondaire, d'une manière générale nettement inférieur au maximum principal.

- Pour Ayos, si le maximum secondaire dépasse 100 m3/s sur 6 années de la période d'observation, il n'atteint pas la valeur minimale de 109 m3/s du maximum principal.

- Pour Akonolinga, le maximum de 30 juin 1966, avec 159 m3/s atteint la valeur minimale observée en novembre 1954.

- Pour Mbalmayo, la crue de juillet 1966 avec 292 m3/s, reste inférieure à la crue la plus faible 304 m3/s d'octobre 1954.

- Pour Olama, et Kaya les valeurs maximales de la crue secondaire sont toujours inférieures aux valeurs minimales de la crue principale.

- Pour Eséka, cinq valeurs maximales de la crue secondaire sont supérieures au minimum minimorum de la crue principale dont une atteint la valeur du quartile inférieur. En 1952, le maximum du 12/6 (660 m3/s) approche le maximum annuel de 663 m3/s observé le 5 novembre.

- Pour le Nyong à Dehane, on note que 4 valeurs de l'échantillon de maximums secondaires dépassent la valeur minimum de l'échantillon de maximum annuel, dont une valeur approche celle du quartile inférieur. En 1973, la crue du 26 mai atteint 1042 m3/s, alors que celle du 8 octobre ne dépasse pas 1092 m3/s.

En conclusion, si le maximum de la crue annuelle a toujours été observé, consécutivement à la grande saison des pluies, l'occurrence de l'observer pendant la petite saison des pluies n'est pas nulle, notamment pour le Nyong à Eséka et Dehane. (Cette occurrence reste toutefois nettement plus faible que celle de voir apparaître l'étiage absolu pendant la petite saison sèche). La date d'apparition du maximum secondaire se situe le plus souvent en juin, mais elle peut fortement varier entre avril et août, ce qui ne doit pas surprendre, la petite saison des pluies s'étalant de mars à juillet.

Dans le cas des stations de la Mefou à Etoa et Nsimalen, le maximum annuel n'a été observé qu'une seule fois en mai et juin 1973 pour une dizaine d'années d'observations.

Les bassins étant de taille modeste et les crues, résultant d'épisodes pluvieux brefs (1 à quelques jours), on aurait pu supposer que l'occurrence de voir survenir le maximum annuel pendant la petite saison des pluies était plus grande.

3.1.2 - Date d'apparition des maximums annuels

Pour chaque station nous avons procédé dans un premier temps au décompte par décades du nombre d'apparitions du débit maximal et réuni les résultats ci-dessous.

Bassin du Nyong	Nombre années	Septembre			Octobre			Novembre		
		1:11	20:21	30:	1:	10:11	20:21	31:	1 10:	11 20:21 30
Ayos	26	0	0		0	0	6		14	6 0
Akonolinga	23	0	0		0	0	2		9	9 3
Mbalmayo	26	0	0		0	1	1		10	12 2
Olama	12	0	0		0	1	2		4	4 1
Kaya	11	0	0		0	0	1		6	3 1
Eséka	25	0	0		0	1	7		10	7 0
Dehane	23	1	0		1	2	10		5	4 0

L'éventail des dates d'apparition du débit maximal annuel s'élargit d'Ayos à Eséka puis Dehane. Pour cette dernière station, les apports de la partie aval du bassin sont parfois suffisamment importants pour susciter l'apparition du débit maximal annuel sans que celle-ci coincide avec celle des apports maximaux de la partie amont : d'où les crues précoces du 19/9/59 ou du 8/10/73 par exemple.

On notera également que la date d'apparition la plus probable du maximum se déplace, de la première décade de novembre pour Ayos, à la seconde décade pour Mbalmayo, pour revenir à la première décade à Eséka (Incidence des affluents sud : SOO) et à la dernière décade d'octobre pour Dehane.

Une étude statistique précise les résultats de cette première analyse. L'échantillon de dates du maximum annuel a été classé pour chaque station. Les valeurs affectées de leur fréquence sont distribuées suivant une loi normale sans dispersion notable sauf pour le Nyong à Dehane où l'on observe une distribution hypogaussique, montrant que les dates d'apparition du maximum de faibles occurrences tendent à être plus précoces que tardives par rapport à la date médiane.

Les résultats de cette analyse statistique sont donnés ci-après :

Stations	Date médiane F = 0.5	Ecart-type s en jours	Limite de la période à 60 % d'occurrence {tFO.8 ; tFO.2}	Limite de la période à 80 % d'occurrence {t FO.9 -tFO.1}
Ayos	5/11	7.3	30/10 ; 11/11	27/10 ; 14/11
Akonolinga	11/12/11	7.7	5/11 ; 18/11	1/11 ; 22/11
Mbalmayo	11712/11	8.1	5/11 ; 18/11	31/10 ; 23/11
Olama	6/11	10.1	29/10 ; 14/11	23/10 ; 19/11
Kaya	8/11	8.6	1/11 ; 15/11	28/10 ; 19/11
Eseka	5/11	7.6	30/10 ; 11/11	26/10 ; 15/11
Dehane	30/10 (moyenne) 28/10	(12.6)	21/10 ; 6/11	13/10 ; 10/11

Pour la Mefou, 9 maximums sur 10, auront :

- à Etoa, une date d'apparition moyenne située le 26/10 (s = 14.5 jours)

- à Nsimalen, une date d'apparition moyenne située le 30/10 (s = 13 jours).

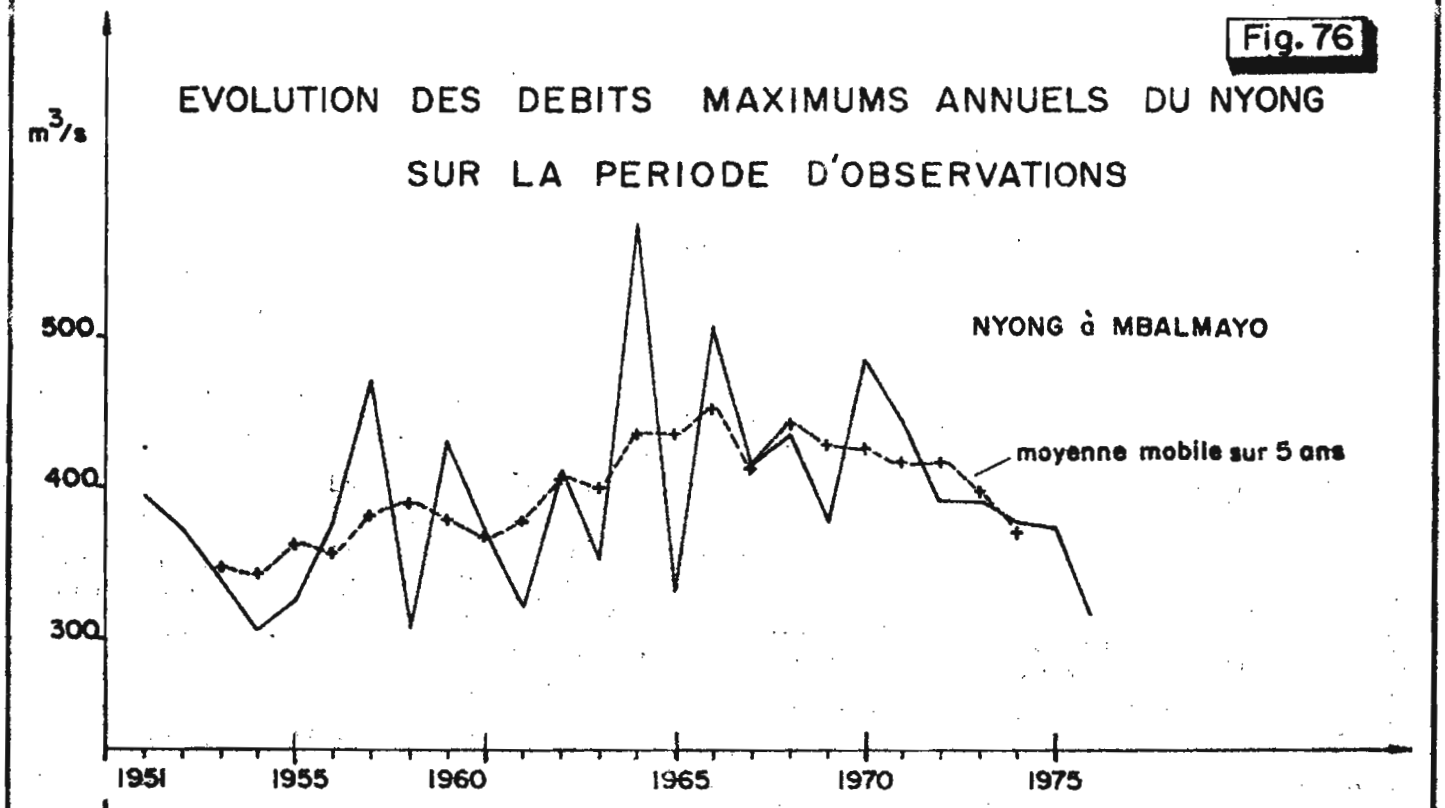
3.2 - EVOLUTION DES DEBITS MAXIMUMSANNUELS SUR LA PERIODE D'OBSERVATION

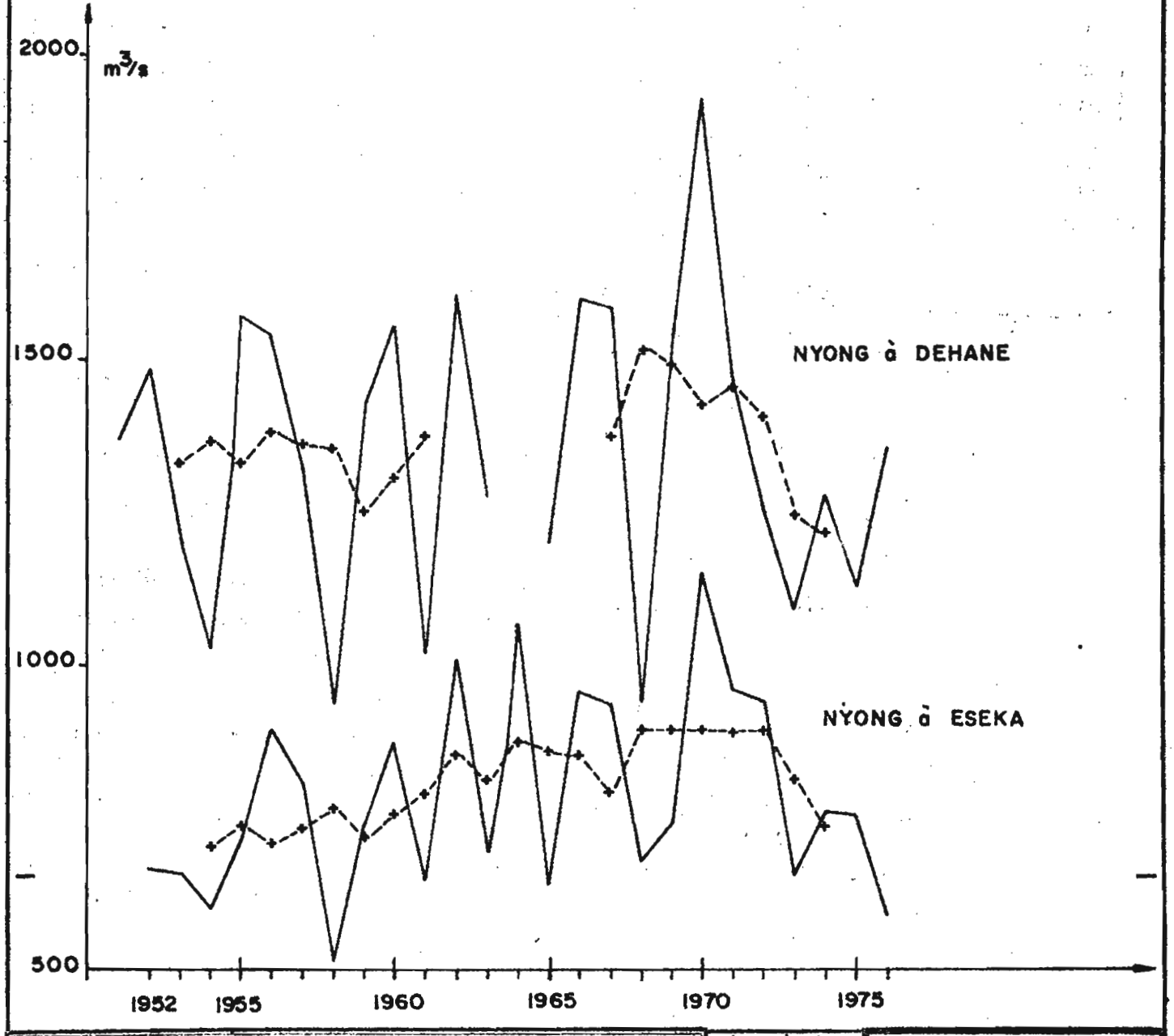
La figure 76 retrace l'évolution des débits maximums annuels du Nyong à Mbalmayo, à Eséka et Dehane ainsi que celle des moyennes mobiles calculées sur 5 ans.

On note des valeurs assez faibles jusqu'au début des années 60, montrant toutefois une croissance constante au niveau des moyennes mobiles.

Fig. 76

EVOLUTION DES DEBITS MAXIMUMS ANNUELS DU NYONG SUR LA PERIODE D'OBSERVATIONS





	date	des.
		78/10-29

De 1962 à 1972, les débits maximums sont en moyenne nettement plus élevés. L'ensemble de la décennie se caractérise par une hydraulicité des crues plus forte.

Depuis 1972, la tendance vers une hydraulicité des crues comparable ou plus faible à celle du début des années 50, apparaît nettement? Pour le Nyong à Dehane, la période de forte hydraulicité des crues pourrait se limiter à la période 1967-1972. Ces tendances sont comparables à celles observées dans toute la zone tropicale humide de l'Afrique occidentale et centrale.

3.3 - ANALYSE STATISTIQUE

3.3.1 - Distribution statistique des débits maximums de crue.

La distribution des séries de débits maximums annuels de crue a été étudiée en comparant l'ajustement des échantillons suivant différentes lois statistiques.

- loi de GAUSS
- loi de GALTON
- loi de GUMBEL
- loi de PEARSON III
- loi de GOODRICH
- loi de FRECHET.

Les ajustements à ces six distributions ont été déterminés en calcul automatique. Le report graphique de l'échantillon et des différentes courbes en diagramme gausso-arithmétique permet de choisir la loi la mieux appropriée, en se basant :

- d'une part sur la concordance graphique des valeurs extrêmes avec les branches de courbes significatives d'une éventuelle dissymétrie ;
- d'autre part sur l'ajustement graphique le plus adéquat dans la partie moyenne de la courbe.

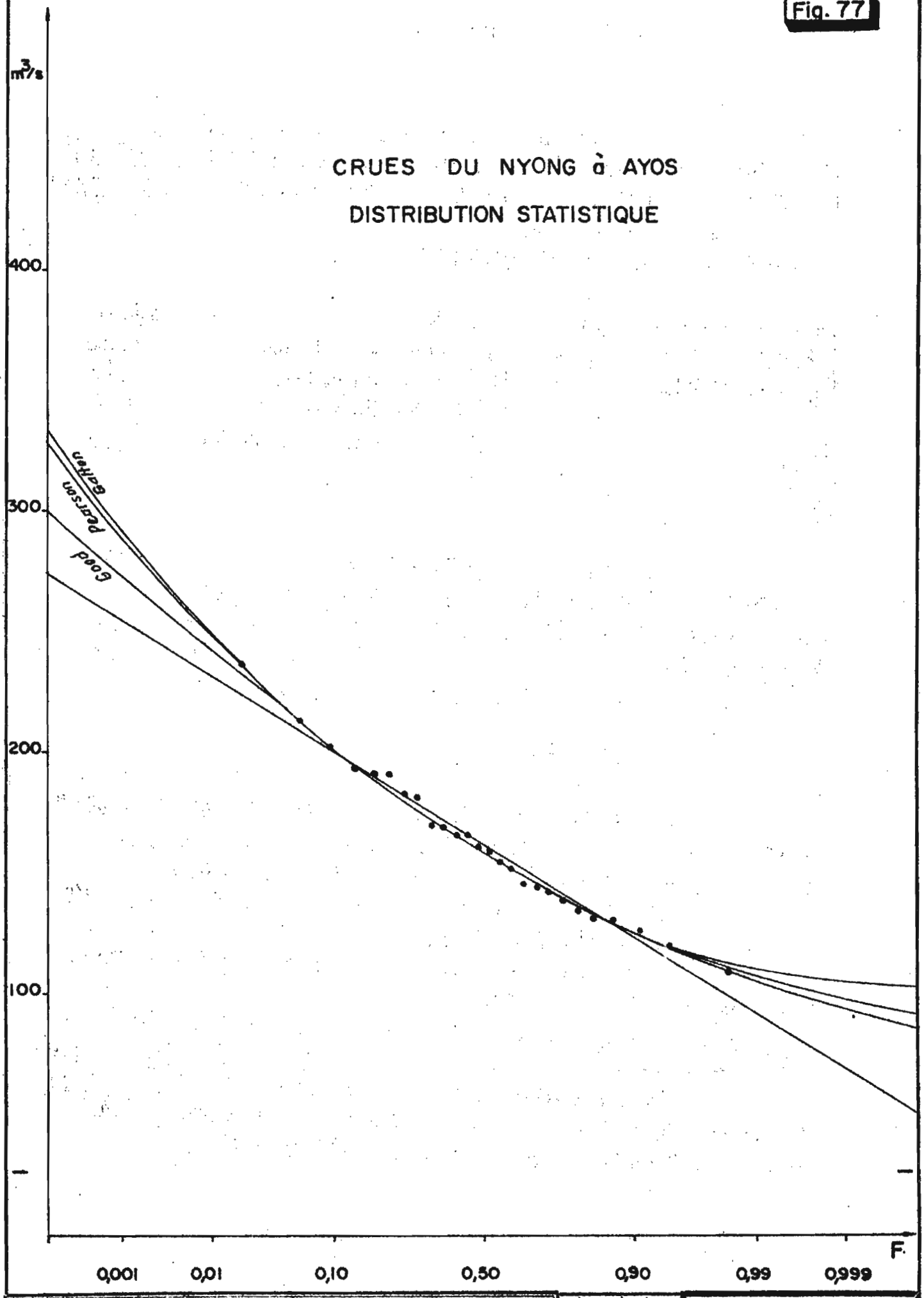
3.3.1.1 - NYONG à AYOS

La figure 77 illustre la distribution statistique de l'échantillon de 26 valeurs. Le meilleur ajustement est obtenu avec les lois de GALTON et de PEARSON III. La distribution est légèrement hypernormale. Le fait mérite d'être souligné, car ceci implique que les zones marécageuses du haut bassin ne jouent pas vraiment le rôle "amortisseur des crues" que l'on rencontre pour d'autres cours d'eau, et qui se traduit alors par une distribution hypogaussique. Les zones marécageuses du Nyong sont inondées dès les moyennes eaux et ne correspondent, pas à des plaines d'inondation de très hautes eaux dont le rôle amortisseur est souvent important.

Fig. 77

CRUES DU NYONG à AYOS

DISTRIBUTION STATISTIQUE



	date	des.	78/10-5

Sur le Nyong, la crue annuelle "glisse" sur une zone d'inondation préexistante et est transférée à l'éxutoire du bassin pratiquement sans retard. Ceci dit, précisons que la distribution des crues du Nyong à Ayos est peu dissymétrique. La loi de GALTON a été retenue.
Ses caractéristiques sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	124.5	Variance	946.34
Paramètre de position	33.96	Coefficient de variation	0.190
Paramètre de forme	0.237	Coefficient d'assymétrie	0.735
		Coefficient d'aplatissement	0.975
Moyenne	162.0	Ecart-type de la série des log	0.10208
Médiane	158.4		
Mode	151.6		

Les résultats de la prédétermination des débits de crues correspondant à diverses périodes de retour sont donnés ci-après :

Période de retour (ans)	2(médiane)	5	10	20	50	100
Débit de crue m3/s	158	186	203	218	236	250

Rappelons que le maximum observé est de 237 m3/s.

3.3.1.2 - NYONG à AKONOLINGA

A l'exception d'une valeur qui pourrait montrer une tendance hypergaussique de la distribution des crues à Akonolinga, l'échantillon s'ajuste sans grande dispersion autour d'une loi normale (figure 78).

La moyenne est de 240.1 m3/s, l'écart-type est de 45.1 m3/s.

Le coefficent de variation est de 0.188.

La prédétermination des débits de crue de période de retour données donne les résultats suivants :

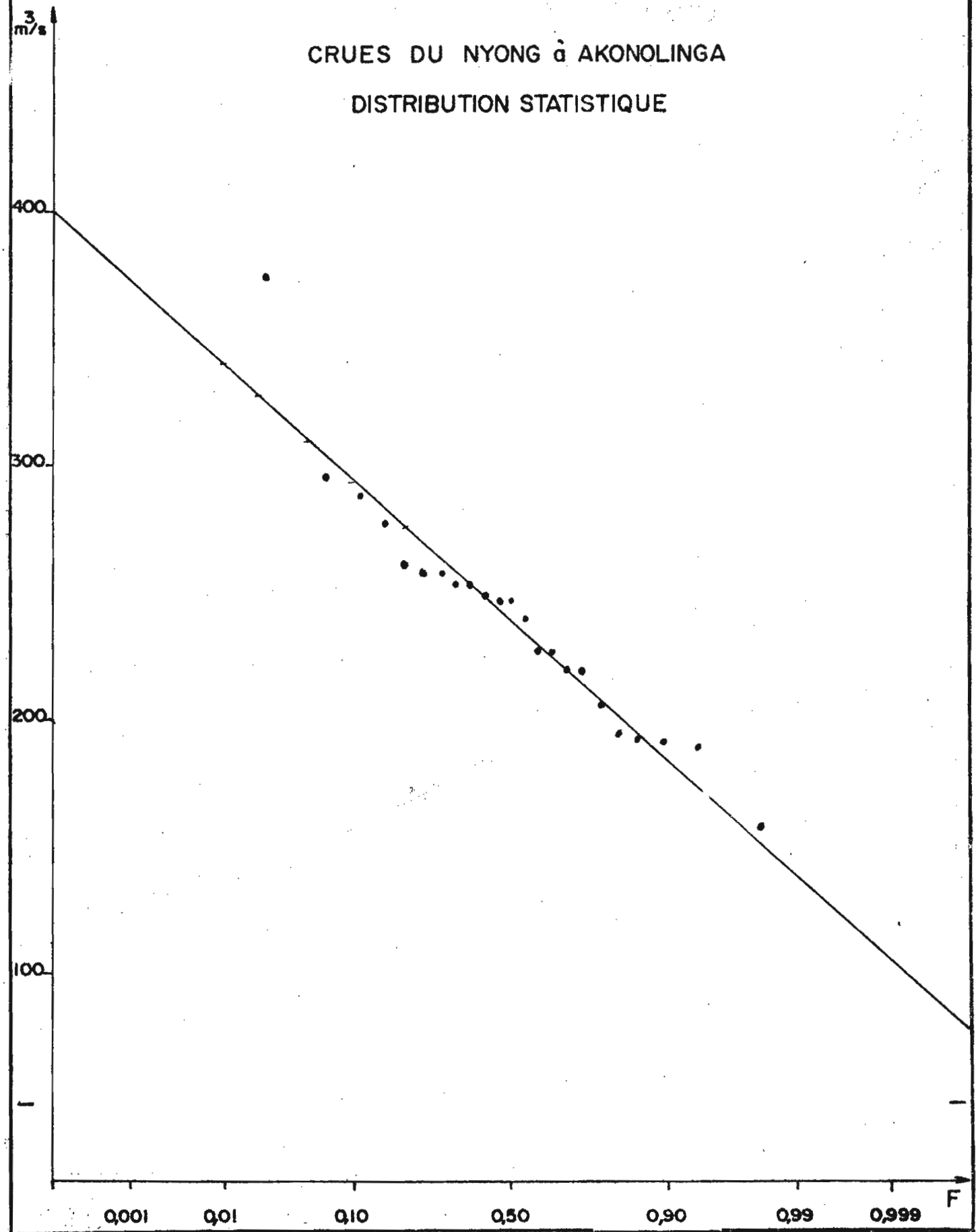
Période de retour (ans)	2(médiane)	5	10	20	50	100
Débit de crue m3/s	240	276	295	310	(328)	(340)

La crue maximale observée est de 374 m3/s en 1964, ce qui indique probablement une sous estimation des valeurs de fréquence cinquantennale et centennale (mentionnées entre parenthèses ci-dessus).

Fig. 78

CRUES DU NYONG à AKONOLINGA

DISTRIBUTION STATISTIQUE

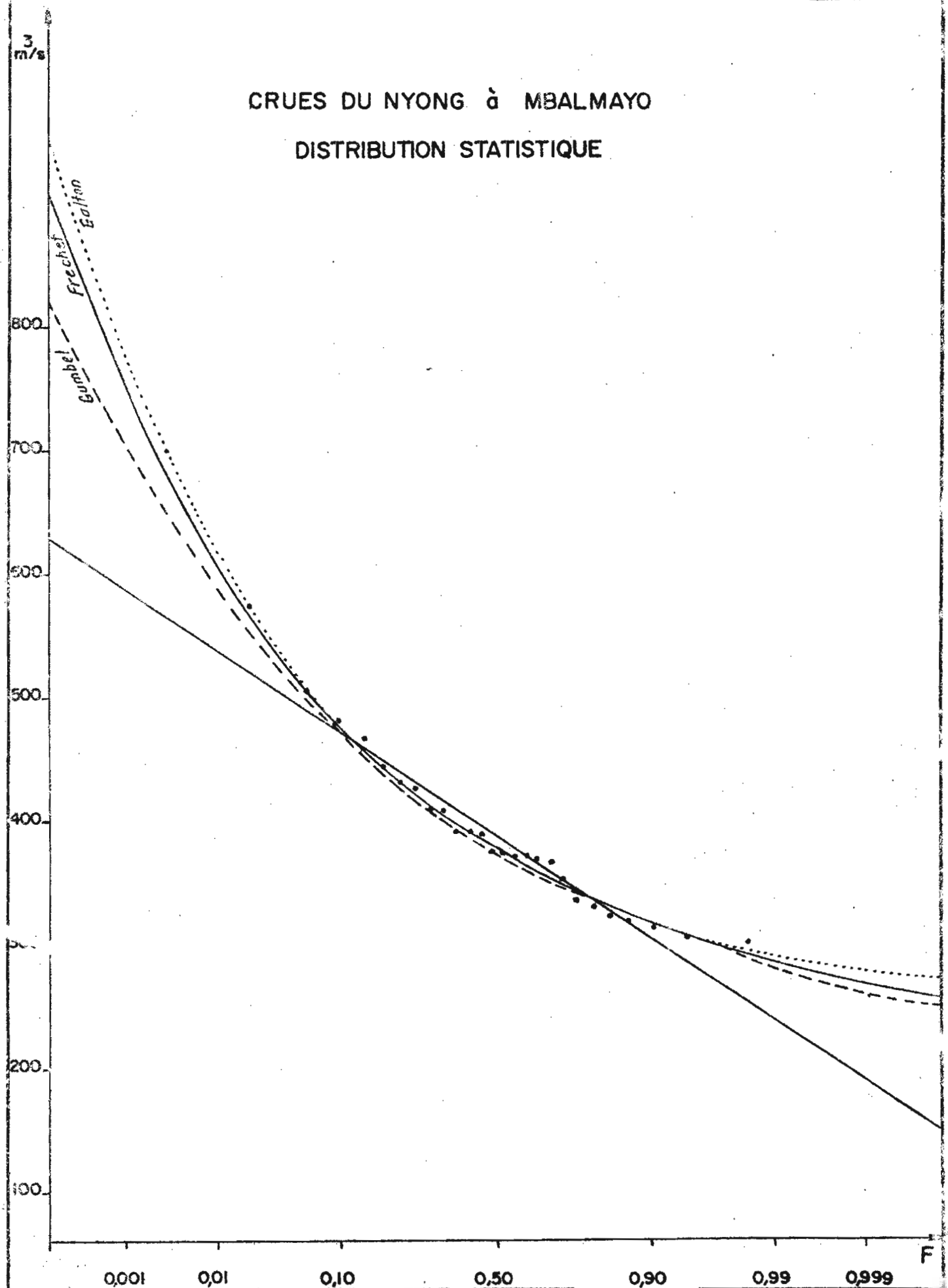


	date	des.	78/10-9

Fig. 79

CRUES DU NYONG à MBALMAYO

DISTRIBUTION STATISTIQUE



	date	des.

78/10-1

3.3.1.3 - NYONG à MBALMAYO

La qualité des ajustements obtenue suivant les distributions de GUMBEL, FRECHET et GALTON, est comparable (figure 79). Nous avons retenu pour des commodités d'exploitation la distribution de GALTON, dont les caractéristiques sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	126.23	Variance	4705.98
Paramètre de position	250.6	Coefficient de variation	0.175
Paramètre de forme	0.462	Coefficient d'assymétrie	1.581
		Coefficient d'aplatissement	4.753
Moyenne	391.1		
Médiane	376.9	Ecart-type de la série des log	0.20368
Mode	352.6		

La figure 79 montre une distribution fortement dissymétrique. Les résultats de l'étude de prédétermination des crues sont indiqués ci-après.

Période de retour	2(médiane)	5	10	20	50	100
Débit de crue m3/s	377	437	479	521	577	621

Le débit maximal observé est de 575 m3/s.

3.3.1.4 - NYONG à ESEKA (25 ans)

Les meilleurs ajustements sont obtenus avec les distributions de GALTON et PEARSON III (figure 80).

Les caractéristiques de la distribution de GALTON sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	463.5	Variance	27958
Paramètre de position	295.6	Coefficient de variation	0.213
Paramètre de forme	0.332	Coefficient d'assymétrie	1.064
		Coefficient d'aplatissement	2.078
Moyenne	785.4		
médiane	759.1	Ecart-type de la série des log	0.14697
mode	710.7		

L'étude de prédétermination des crues aboutit aux résultats indiqués ci-après :

Période de retour (ans)	2(médiane)	5	10	20	50	100
Débit de crue m3/s	759	909	1005	1093	1212	1299

Avec PEARSON III, la crue centennale aurait une valeur de 1278 m3/s, soit une différence de 1.6 % seulement. La crue maximale observée a atteint 1152 m3/s en 1970.

A titre indicatif, et dans le cadre du projet d'aménagement hydroélectrique de NJOCK, proche d'Eséka, qui implique un calcul de prédétermination de la crue dite "exceptionnelle" ou "crue de projet", nous donnons les valeurs de la crue dix-millénale suivant plusieurs distributions étudiées ici.

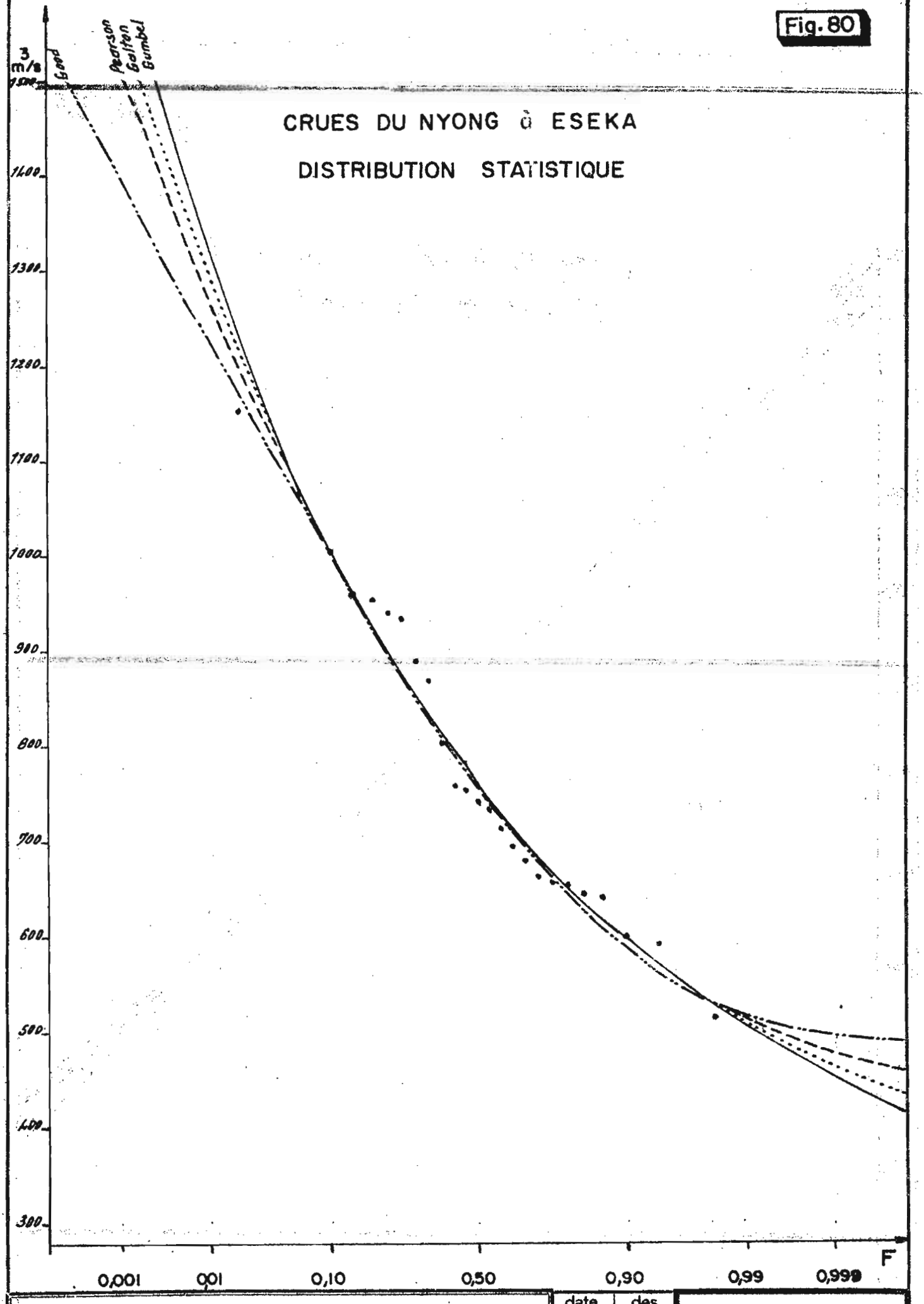
	GALTON	PEARSON	GUMBEL	GOODRICH	FRECHET
Maximum de crue m3/s Période de retour 10000 ans	1 890	1 740	1 920	1 555	2 100

La validité de ces résultats ne doit pas faire illusion. Les meilleurs ajustements obtenus pour 25 années, avec les lois de GALTON et de PEARSON III, auraient pu l'être avec d'autres lois pour une série plus longue. A ce niveau de prédétermination, des considérations économiques et de sécurité prennent le pas sur les considérations hydrologiques (Intervalle de confiance à 80 % pour GALTON : 1541-2334 m3/s soit entre -18 % et + 23 %).

3.3.1.6 - NYONG à DEHANE (25 ans)

La distribution de l'échantillon des crues observées à Dehane paraît montrer une très faible dissymétrie positive qui ne s'appuie en fait que sur les 2 valeurs extrêmes. Sans ces 2 valeurs, l'échantillon présenterait même un caractère d'hyponormalité, assez net (figure 81). Dans ces conditions, qui situent les limites de l'analyse statistique effectuée sur des séries relativement courtes, l'adéquation d'une loi normale beaucoup plus maniable, paraît plus raisonnable. La distribution gaussique a pour moyenne 1358 m3/s et pour écart-type 248 m3/s.

Fig. 80

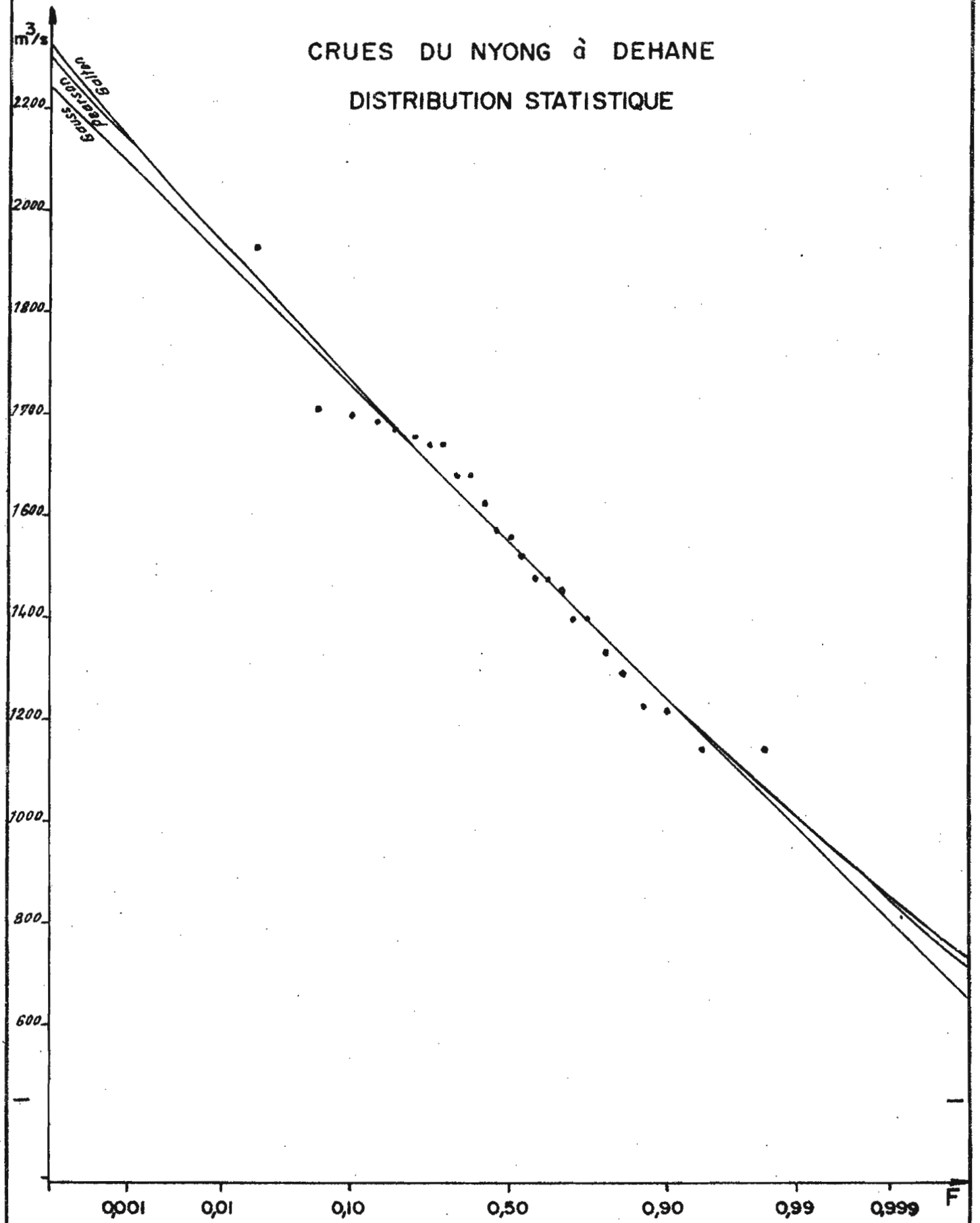


	date	des.	78/10-11

Fig. 81

CRUES DU NYONG à DEHANE

DISTRIBUTION STATISTIQUE



date	des.
	78/10 - 8

Le coefficient de variation est de 0.181.

Les débits correspondants à diverses périodes de retour ont été réunis ci-après.

Période de retour (ans)	2(médiane)	5	10	20	50	100
Débit de crue m3/S	1349	1552	1658	1746	1844	1910

Le débit maximal observé est de 1930 m3/s en 1970.

3.3.1.6 - STATIONS SECONDAIRES

Pour ces stations les séries d'observations sont trop courtes pour justifier une analyse détaillée des divers ajustements possibles. Pour les stations d'Olama et de Kaya, des séries étendues, par reconstitution des maximums de crue à partir de corrélation interstations, n'amèneraient pas de gain considérable dans la confiance des études de prédétermination.

Pour le Nyong à Olama, on a, avec une loi de GOODRICH :

Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Débit de crue m3/s	639	729	781	826	878	914

Le coefficient de variation est de 0.145. Le débit maximal observé sur 12 ans est de 786 m3/s.

Pour le Nyong à Kaya, avec une loi de FRECHET on aurait :

Période de retour (ans)	2(médiane)	5	10	20	50	100
Débit de crue m3/s	658	743	807	877	980	1068

Le coefficient de variation est de 0.157.

Le débit maximal observé est de 834 m3/s sur 11 ans.

Les débits de Kaya sont plus faibles en valeur spécifique que ceux d'Olama, ce qui enlève beaucoup de crédit aux prédéterminations effectuées (cf. § "débits spécifiques"...).

Dans le cas de la Mefou, à l'inconvénient de séries courtes s'ajoute celui de bassins versants de superficie réduite, pour lesquels la prédétermination des crues ressort généralement d'une autre méthodologie (évènements épisodes pluvieux - crues).

C'est donc avec réserves que nous indiquons les résultats de prédétermination des crues, suivant une loi normale :

Période de retour (ans)	2(médiane)	5	10	20	50
Mefou à Etoa 11 ans	16.3	19.1	20.5	21.7	23.0
Mefou à Nsimalen (13 ans)	19.8	21.4	22.2	22.9	23.6

Les coefficients de corrélation sont de 0.2 pour Etoa et de 0.1 pour Nsimalen. Les débits maximums observés sont respectivement de 21.2 m3/s et de 22.8 m3/s.

Ajoutons que le barrage de la Mefou supérieure lamine les crues, d'un bassin versant de 70 km2.

3.2 - SIGNIFICATION DES RESULTATS DE L4ETUDE DE PREDETERMINATION DES CRUES.

3.2.1 Distribution statistique et comportement des stations du NYONG

L'analyse des échantillons des débits maximum annuels montre une distribution qui évolue d'une loi normale ou quasi-normale pour Ayos et Akonolinga à une loi hypernormale pour Mbalmayo et Eséka pour revenir à une loi normale à Dehane.

Les distributions hypernormales correspondent aux ajustements les plus fréquents d'échantillons de crues et concernent des bassins généralement homogènes, ou dont les rivières principales réagissent simultanément, conjuguant à l'exutoire leurs maximums de crues. De Mbalmayo à Eséka, la branche majeure du Nyong et ses affluents principaux (M'oumou, Soo...) présentent des maximums en conjonction, conjonction bien traduite par une période d'apparition des pointes de crues assez brève dans le temps (moins de 15 jours dans 60 % des cas?)..

Les distributions normales ou quasi-normales peuvent correspondre à deux types de comportement hydrologique. Dans le cas d'Ayos et d'Akonolinga, la faible hypernormalité des distributions des débits de pointe pourrait correspondre à une atténuation de la dissymétrie positive, due à l'influence non nulle des zones marécageuses (influence toutefois limitée, nous l'avons souligné pour Ayos).

Dans le cas du Nyong à Dehane, la distribution normale des débits de pointe traduit un comportement hydrologique différent entre les parties amont et aval du bassin. Il n'y a pas forcément conjonction des débits de pointe observés à Eséka et des apports maximaux de la Kellé, du Likouk, de la Maloumbe et de la Koubela. Ainsi sur 24 années communes, les dates ne présentent aucune correspondance dans 13 cas. (voir aussi corrélation Eseka-Dehane). Cette non coïncidence des débits de pointe a déjà été signalée ( ) ; elle explique que les débits maximums de Dehane, soient inférieurs à ce qu'ils auraient dû être en distribution hypernormale.

D'ailleurs, à l'inverse des hydrogrammes d'Eséka, les hydrogrammes annuels de Dehane présentent pour la période de hautes eaux plusieurs pointes de crue, témoignant de l'arrivée à l'exutoire des différents apports.

Dans la monographie de la Sanaga, nous avions aussi été amené à expliquer l'hypernormalité des crues observée à Edéa, par l'absence de conjonction entre crues de Mbam et de la Sanaga.

3.3.2.2 - INTERVALLES DE CONFIANCE

Le calcul des intervalles de confiance, choisis à 80 % a été effectué pour les valeurs médiane, moyenne et décennale. Ces valeurs ont donc 80 chances sur 100 d'être comprises entre des limites définies par les écarts relatifs en plus ou en moins des valeurs retenues dans l'étude de prédéterminations.

Ces écarts relatifs indiqués en pourcentages (%) sont donnés ci-après :

	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	ESEKA	DEHANE
Maximum médian	± 4.4	± 5	- 3.7 ++ 4.5	- 5.3 + 5.7	± 4.8
Maximum moyen	± 4,9	± 5	- 4.1 + 4.9	- 5.4 + 5.9	± 4.8
Maximum décennal	- 6.4 + 6.9	± 5.8	- 7.1 + 8.6	- 8 + 9	± 5.3

Le tableau qui précède met en évidence, la dissymétrie des écarts en plus ou en moins, traduisant la plus ou moins forte hypernormalité des distributions.

On notera que le débit de crue moyen ou médian est connu dans un intervalle de confiance de ± 4 à ± 6 %.

Le débit de crue décennal est déterminé avec une incertitude statistique de ± 5 à ± 9 %.

Dans le tableau récapitulatif 49, nous avons porté à la suite du débit médian, moyen et décennal, les limites en débits de l'intervalle de confiance à 80 % correspondant.

3.3.2.3 - IRREGULARITE INTERANNUELLE

Elle est caractérisée par le coefficient de variation des lois de distribution qui ont été retenues.

Elle est également illustrée par un coefficient de passage entre les débits maximaux des crues décennale et centennale (KC/D).

	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	OLAMA	KAYA	ESEKA	DEHANE
C_v	0.190	0.188	0.175	(0.145)	(0.157)	0.213	0.181
K_c/d	1.23	(1.15)	1.30	(1.17)	(1.32)	1.29	1.15

L'examen de ces valeurs montre que ces coefficients sont assez faibles, et que le bassin du Nyong présente des maximums de crues relativement peu variables d'une année à l'autre, notamment pour le Nyong à Dehane (les valeurs entre parenthèses se rattachent à des prédéterminations de crues données avec réserves). L'irrégularité interannuelle est toutefois légèrement plus marquée sur le bassin de la Sanaga.

3.3.2.4 - DEBITS SPECIFIQUES DE CRUES

Les débits spécifiques des crues médiane, moyenne et décennale ont été reportés dans le tableau rédapitulatif 49. La figure 82 présente les variations de ces débits en fonction de la superficie des bassins.

Ces débits spécifiques de crue sont peu élevés par rapport à ceux observés sur le bassin de la Sanaga, en particulier pour les bassins de superficie inférieure à 1 500 km2. (valeurs médianes de 30 à 28 1/s km2 sur le Nyong, supérieures à 50 1/s km2 sur la Sanaga).

Les faibles pentes d'une part, le couvert forestier d'autre part, expliquent ces faibles débits spécifiques de crue.

L'augmentation importante des débits spécifiques de Mbalmayo à Dehane (de 28 à 51 1/s km2 pour la médiane, de 35 à 63 1/s km2 pour la crue décennale) traduit un phénomène inverse de ce que l'on observe le plus communément, et en particulier sur la Sanaga, à savoir. l'atténuation régulière de la puissance relative des crues, avec l'augmentation de la superficie des bassins versants.

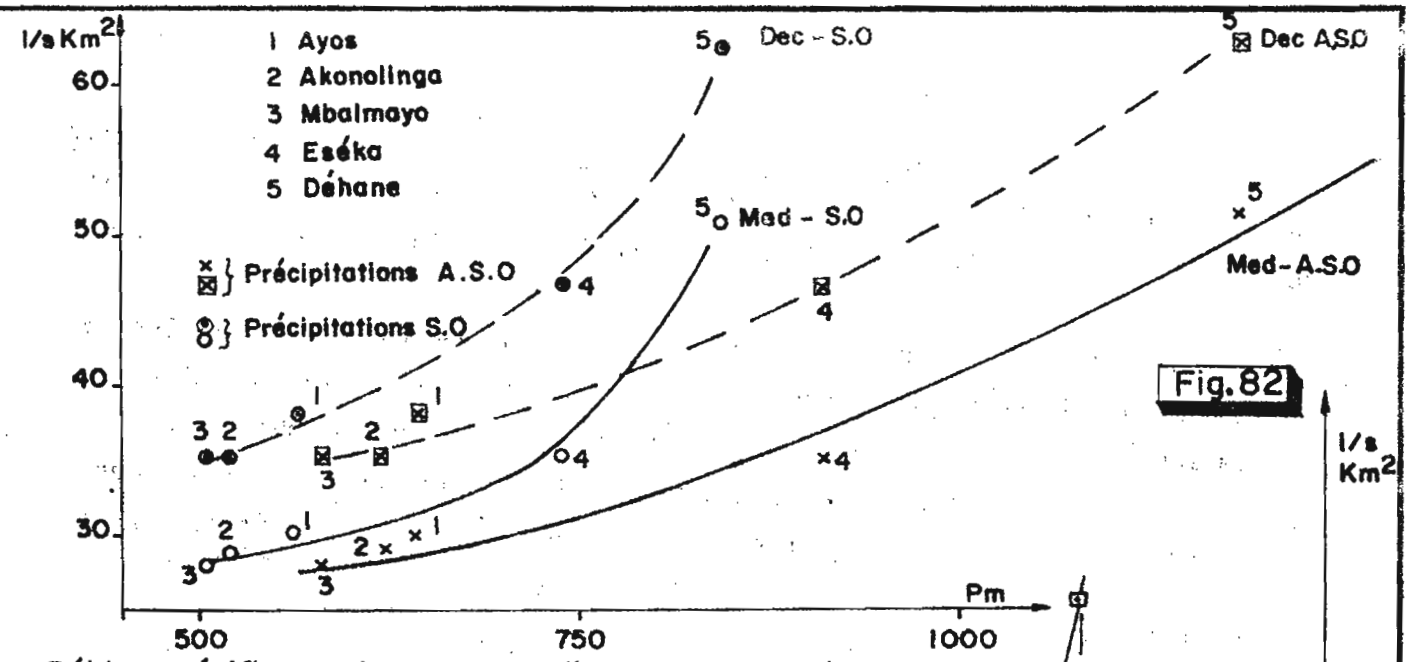
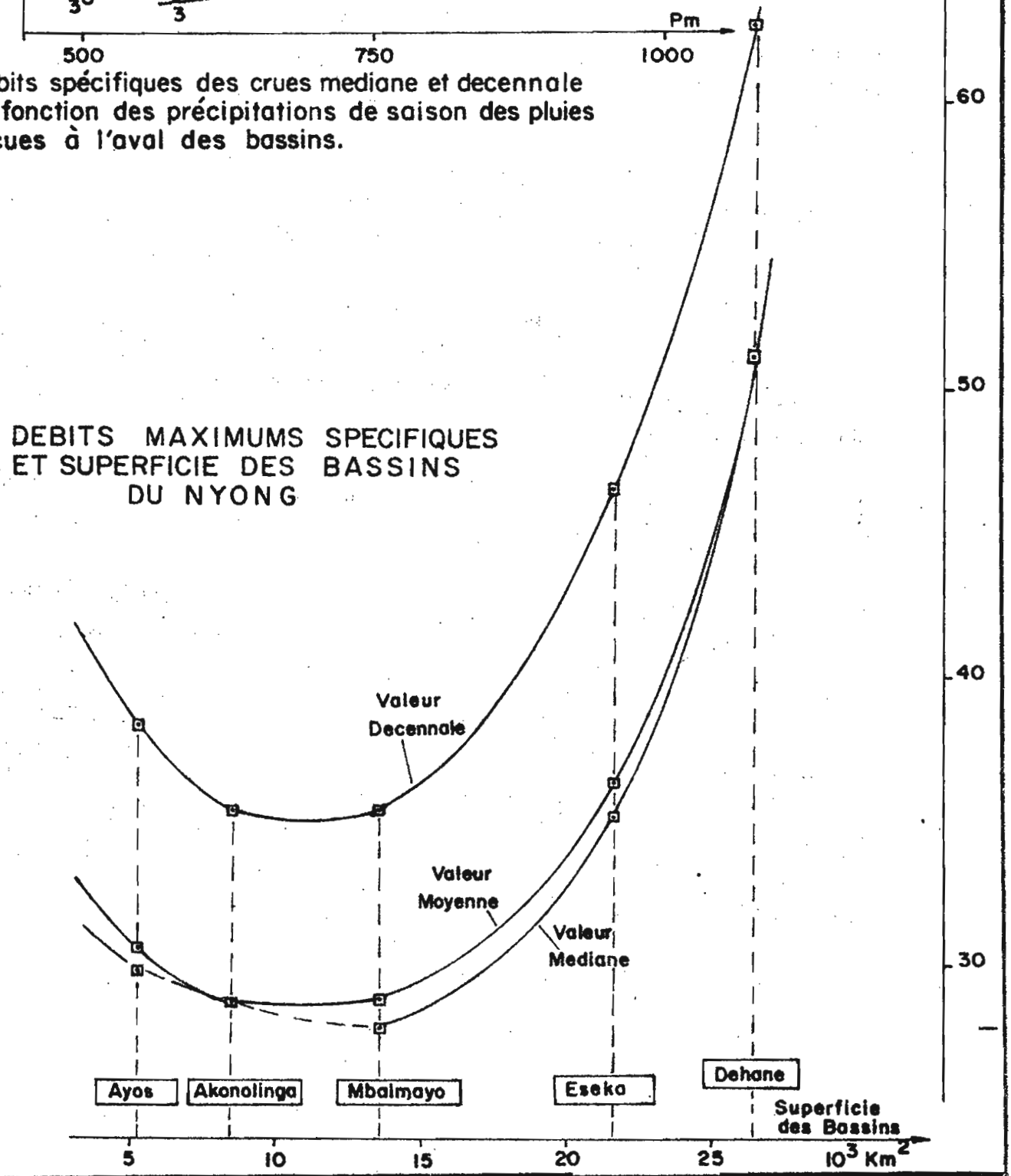


Fig. 82

Débits spécifiques des crues mediane et decennale en fonction des précipitations de saison des pluies reçues à l'aval des bassins.



	date	des.	78/11-1

TABLEAU N° 49 : RECAPITULATION DE L'ETUDE DES DEBITS MAXIMUMS ANNUELS SUR LE BASSIN DU NYONG.

	Maximum Médian			Maximum Moyen			Maximum Décennal		
	l/s km2	m3/s	IC 80 %	l/s km2	m3/s	IC 80 %	l/s km2	m3/s	IC 80 %
AYOS 5 300 km2	29.8	158	151 - 165	30.6	162	154 -170	38.3	203	190 - 217
AKONOLINGA 8350	28.7	240	228 - 252	28.7	240	228-252	35.3	292	278 - 312
MBALMAYO 13555KM2	27.8	377	363 - 394	28.8	391	375-410	35.3	479	445- 520
ESEKA 21 600	35.1	759	719 - 802	36.3	785	743-831	46.5	1005	925 - 1095
DEHANE 26 400	51.1	1349	1284 -1414	51..	1349	1284-1414	62.8	1658	1570 - 1746
+ OLAMA : 18 510	31.0	(574)	- (639)	(32.0)	(592)	- (639)	(40.5)	(750)	- (781)
+ KAYA : 19 985	32.8	(656)	- (658)	(33.8)	(675)	- (654)	(43.1)	(861)	- (807)
MEFOU ETOA 235 km2	(69.2)	-	(16.3)	(69.2)	(16.3)		(87.0)	(20.5)	
NSIMALEN 425	(47.1)	-	(19.8)	(47.1)	(19.8)		(51.1)	(22.2)	

+ Pour les stations d'OLAMA et de KAYA, la valeur en l/s km2 a été déduite des variations de l'amont vers l'aval des débits spécifiques des autres stations. La première valeur en m3/s correspond à cette détermination ; la seconde valeur a été obtenue dans l'étude statistique faite sur 12 ou 11 ans.

Pour le débit de crue médian, on passe :

- de 28 à 35 l/s km2, de Mbalmayo à Eseka soit + 7 l/s km2, pour un gain de superficie des bassins versants de 8 000 km2.
- de 35 à 51 l/s km2 d'Eseka à Dehane, soit + 16 l/s km2 pour un gain de superficie des bassins versants de 4 800 km2.

Pour le débit de crue décennal, on observe un gain de + 11 l/s km2, entre Mbalmayo et Eseka, et de + 16 l/s km2, entre Eseka et Dehane.

Le phénomène d'augmentation des débits spécifiques avec la superficie des bassins versants, s'accentue considérablement de l'amont vers l'aval (un peu moins pour la crue décennale du fait de la normalité de la distribution des crues de Dehane).

Une explication a été recherchée dans les variations des précipitations reçues pendant la grande saison des pluies, de l'amont vers l'aval. Si l'on s'en tient à la hauteur de précipitations moyennes reçues par les bassins, on a pour septembre-octobre : BV Ayos : 536 mm, BV Akonolinga : 526, BV Mbalmayo : 520, BV Eseka : 522 mm, BV Dehane : 572 mm variations bien peu significatives de celles des débits spécifiques.

Si l'on ne considère, par contre, que la station pluviométrique représentative de la partie aval des bassins (qui s'ajoute au précédent bassin amont), on constate une liaison nette entre les débits spécifiques de crue et la hauteur interannuelle de précipitations des mois de septembre-octobre ou d'août-octobre. On a en effet :

Poste pluv.	ABONG MBANG	AKONOLINGA	YAOUNDE-MBALMAYO	ESEKA	EDEA
Pm S + O	561	519	510	738	845
Pm A + S + O	639	620	580	910	1185
B. du Nyong à Ayos		AKONOLINGA	MBALMAYO	ESEKA	DEHANE
Qs méd. l/s km2	29.8	28.7	27.8	35.1	51.1
Qs déc.	38.3	35.3	35.3	46.5	62.8

La figure 82 montre les variations des débits spécifiques en fonction des précipitations de saison des pluies à l'aval des bassins. Ainsi les variations de la pluviosité sur la partie aval des bassins ont une grande incidence sur celles des débits spécifiques de crue. De Mbalmayo à Dehane, la rapide augmentation des hauteurs de précipitations en grande saison des pluies entraine de facto une saturation de plus en plus grande des sols et par suite une augmentation de leur aptitude au ruissellement.

A cela s'ajoute des critères morphologiques jouant également dans le sens d'un plus fort ruissellement : relief plus prononcé des sous-bassins à l'aval de Mbalmayo, augmentation des indices des pentes.

Enfin, à partir d'Olama, mais surtout de Kaya, le Nyong montre un bassin versant étroit où il ne reçoit, à l'exception de la Kellé, que de petits affluents courts et à forte pente, générateurs de crues dont les maximums sont en valeur relative plus forts que ceux observés sur le bassin amont et dont l'incidence se retrouve au niveau des débits de crue du Nyong.

Compte-tenu des remarques qui ont été faites sur l'évolution dans le temps des débits maximums, (3.2) il paraitrait raisonnable de penser que les valeurs médianes, moyennes et décennales du Nyong à Olama et Kaya, prédéterminées dans l'étude statistique sont surestimées.

Sur la base de la figure 82 (Q 1/s km2 = f (S km2)), l'estimation des débits spécifiques de crue aboutit à des résultats en continuité avec le comportement hydrologique du fleuve à l'aval de Mbalmayo.

Ces résultats sont indiqués dans le tableau récapitulatif 49. Ils correspondent à des débits de pointe inférieurs de 10 à 4 % pour Olama aux débits médian et décennaux déterminés dans l'étude statistique. Mais pour Kaya, l'estimation graphique donne des résultats supérieurs de 0.3 à 6.5 %, à l'estimation statistique.

Le tableau met en évidence l'imprécision des déterminations faites pour Olama et Kaya, soit par la méthode graphique (débit spécifique indiqué et première valeur en m3/s) soit par la méthode statistique (2ème valeur m3/s) effectuée sur un échantillon d'effectif réduit.

Dans le cas de la Mefou, les valeurs des débits spécifiques de crue sont assez faibles, par comparaison avec celles de bassins de superficies comparables étudiés dans les régions de la Sanaga. La crue décennale est de 87 et 51 1/s km2 pour Etoa (235 km2) et Nsimalen (425 km2), alors qu'elle est de 105 et 135 1/s km2 pour le bassin de l'Avea (375 km2) près de Nanga-Eboko, de 109 1/s km2 pour la Mifi à Bamoungoum (307 km2) et de 82 1/s km2 pour la Metchié (480 km2) en pays Bamiléké. Ceci tient au couvert forestier à peu près continu sur des deux petits bassins du Nyong (les cultures dans ces régions couvrent beaucoup mieux le sol que les éléments de savane sur l'Avea et surtout au pays bamiléké).

Citons aussi pour terminer les résultats de prédétermination des crues décennales, sur de petits bassins inclus dans le bassin du Nyong.

Bassin du Mfoundi 38.8 km2 en partie urbanisé (YAOUNDE) : 1 080 1/s km2.

Bassin d'Ottotomo :

S1 1.8 km2 sous forêt protégée .....720 1/s km2 ;

S2 2.4 km2 sous forêt dégradée .....680 1/s km2 ;

S3 23.6 km2 sous forêt dense.....267 1/s km2.

Mais ici, les très petites surfaces jouent leur rôle ainsi que le sol relativement imperméable.

3/4 - RELATIONS ENTRE LES DEBITS MAXIMUM DE STATIONS VOISINES

L'intérêt de telles relations est de permettre l'extension de séries connues sur une courte période. Pour cinq stations principales, les séries d'observations sont pratiquement identiques. Pour deux autres, le gain d'une éventuelle extension ne paraît pas probant.

C'est donc à titre purement indicatif que sont donnés ici les résultats des études de régression effectuées sur les débits maximums.

- Pour les stations principales les équations de la droite de régression entre le débit maximum de la station amont et celui de la station aval, ainsi que le coefficient de corrélation sont indiqués ci-après :

QMAX AKONOLINGA	= 1.27	QMAX AYOS	+ 33.5	avec r = 0.909 ;
QMAX MBALMAYO	= 1.19	QMAX AKONOLINGA	+108	avec r = 0.778 ;
QMAX ESEKA	= 1.89	QMAX MBALMAYO	+ 47	avec r = 0.770 ;
QMAX DEHANE	= 1.22	QMAX ESEKA	+401	avec r = 0.766.

La liaison inter stations des débits maximum est très lache, soit du fait de variations de l'hydraulicité ressenties suivant des degrés différents de station à station, soit du fait de l'hydrologie particulière de certains affluents (au Sud, SOO, en aval de MBALMAYO, à l'Ouest en aval d'ESEKA).

Pour les stations intermédiaires d'OLAMA et de KAYA :

- la relation OLAMA-KAYA est de bonne qualité, mais établie sur 11 couples seulement.
  QMAX KAYA = 0.96 QMAX OLAMA + 66 avec r = 0.990.
- la relation est médiocre entre MBALMAYO et OLAMA (12 couples)
  QMAX OLAMA = 1.36 QMAX MBALMAYO +106 avec r = 0.789.
- la relation entre KAYA et ESEKA est meilleure (11 couples)
  QMAX ESEKA = 1.79 QMAX KAYA - 420 avec r = 0.962.

A supposer que les liaisons soient étroites, n'oublions pas que l'étude de corrélation a été faite sur les 12 dernières années communes de plus forte hydraulicité, pour lesquelles, le débit maximum moyen est de 402 m3/s pour MBALMAYO et 814 m3/s pour ESEKA. Ceci explique que nous ayons renoncé à toute extension des échantillons d'OLAMA et de KAYA.

3.5 - RELATIONS ENTRE LE DEBIT MAXIMUM ET LES DEBITS CARACTERISTIQUES DE CRUE

Une étude de régressions linéaires a été faite pour les stations principales du Nyong entre le débit maximal annuel (QMAX) et les débits caractéristiques de crue dépassé pendant 10 jours (DCC) et dépassé pendant 1 mois (DC 11).

De ces régressions nous en avons déduit les valeurs médiane, moyenne et décennale de ces débits caractéristiques. Ils sont réunis dans le tableau ci-après avec les paramètres a et b de la droite de régression et le coefficient de corrélation r.

STATIONS	DC	Paramètres de la droite (DC = aQMAX+b) a	b m3/s	r	DC médian m3/s	DC médian 1/skm2	DC moyen m3/s	DC moyen 1/skm2	DC décennal m3/s	DC décennal 1/skm2
AYOS	DCC	0.96	0.5	0.992	152	28.7	156	29.4	195	36.8
(5 300 km2)	DC11	0.62	32.2	0.907	130	24.5	133	25.1	158	29.8
AKONOLINGA	DCC	0.94	7.8	0.992	233	27.9	233	27.9	285	34.5
(8 350 km2)	DC11	0.72	31	0.823	204	24.4	204	24.4	243	29.1
MBALMAYO	DCC	0.98	-6.8	0.995	363	26.8	376	28.0	463	34.2
(13 555 km2)	DC11	0.74	45.3	0.914	324	23.9	335	24.7	400	29.5
ESEKA	DCC	0.78	85.6	0.959	678	31.4	698	32.3	870	40.3
(21 600 km2)	DC11	0.42	232	0.765	551	25.5	562	26.0	654	30.3
DEHANE	DCC	0.66	211	0.909	1101	41.7	1101	41.7	1305	49.4
(26 400 km2)	DC11	0.50	239	0.808	914	34.6	914	34.6	1068	40.5

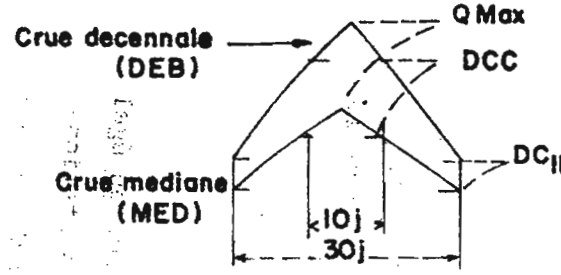
Si les liaisons entre QMAX et DCC sont de bonne qualité, elles sont par contre beaucoup plus lâches entre QMAX et DC11 ; ce qui est normal. La liaison entre le débit maximum et le débit dépassé pendant 10 jours, devient moins étroite lorsque l'on va vers l'aval de MBALMAYO, cette tendance ne se retrouve pas au niveau du DC11.

Pour conclure cette étude des crues, nous proposons dans la figure 83 , de suivre l'évolution de l'amont vers l'aval en fonction des superficies des bassins, des débits de crue maximum, dépassés pendant 10 jours et 1 mois en année médiane (F = 0.5) et décennale humide.

On notera que le débit maximum médian est inférieur ou égal au débit dépassé pendant 1 mois de fréquence décennale, pour les stations amont. Il est nettement supérieur à ESEKA et DEHANE. Pour cette dernière station, il est même supérieur au débit dépassé pendant 10 jours de fréquence décennale.

Par ailleurs, l'hydrogramme de crue devient en valeur relative plus aigu à l'aval de MBALMAYO, comme le montrent les rapports QMAX/DCC des crues médiane et décennale.

Déc. QMAX/DCC	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	ESEKA	DEHANE
Crue médiane	1.04	1.03	1.04	1.12	1.23
Crue décennale	1.04	1.04	1.03	1.16	1.27



DEBITS CARACTERISTIQUS DE CRUE DU NYONG ET SUPERFICIE DES BASSINS

Fig.83

date
des.

08/11-3

4 - ETUDE DES MODULES ET DU BILAN HYDROLOGIQUE

4.1 - Hydraulicité du Nyong sur la période d'observation

L'évolution des modules au cours de la période d'observation a été étudiée pour le NYONG à Mbalmayo, Eseka et Dehane. La figure 84 montre les variations des modules annuels ainsi que celle des moyennes mobiles calculées sur 5 ans. Les variations des moyennes mobiles permettent d'interpréter plus facilement le dessin en dents de scie des variations annuelles. On constate pour Mbalmayo, une croissance progressive des moyennes mobiles de l'origine des observations jusqu'au milieu des années 60, avec des valeurs supérieures au module interannuel dès le début des années 60 (Hydraulicité supérieure à 1). Une phase de décroissance des moyennes mobiles s'amorce dès le début des années 70, pour aboutir pour les cinq dernières années à une hydraulicité nettement inférieure à 1. Ceci est bien en rapport avec la sécheresse générale observée cette année dans les régions tropicales.

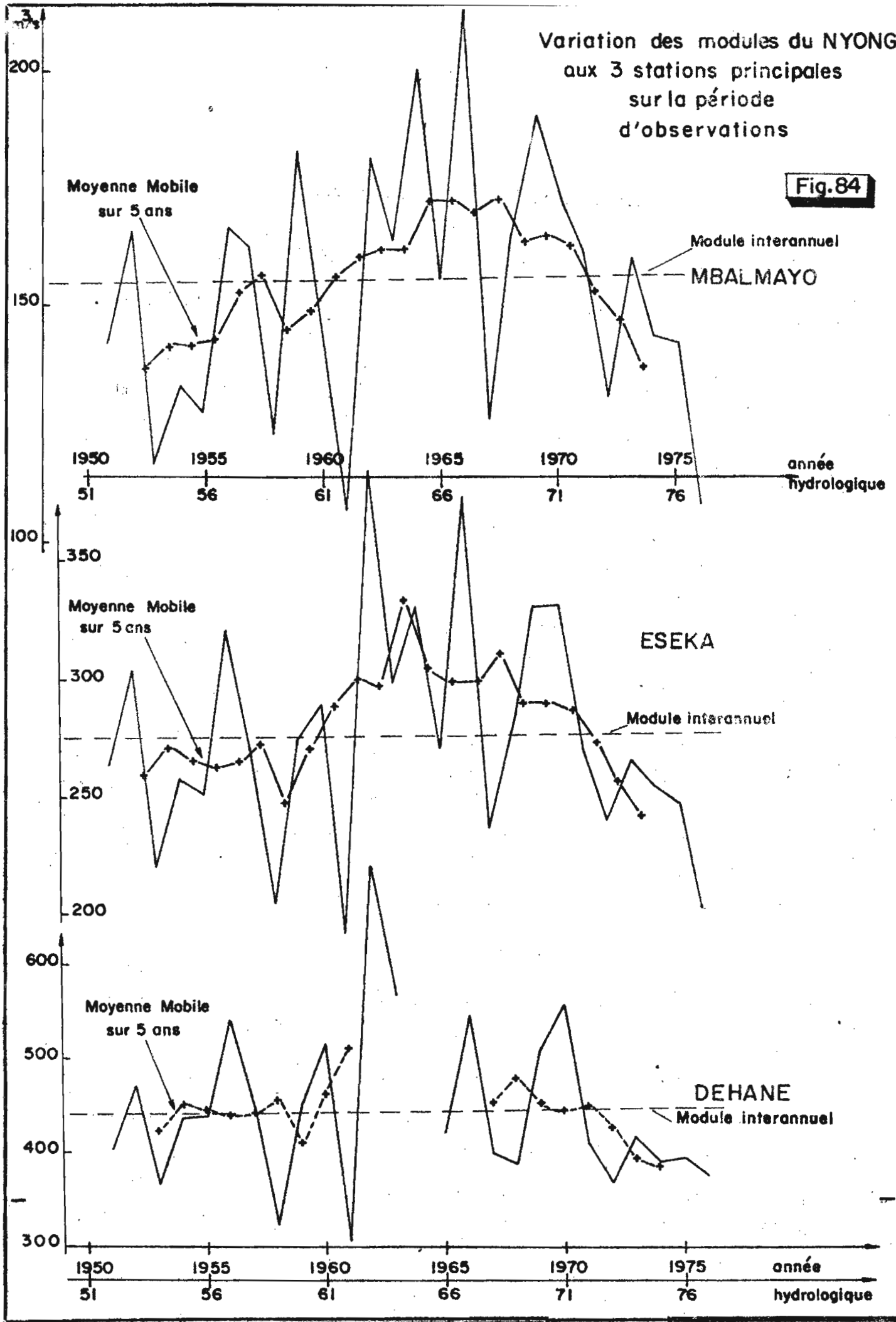
Pour Eseka, on a le même schéma de variation avec des hydraulicités inférieures à 1 jusqu'en 1960, puis 12 années de forte hydraulicité moyenne et de nouveau de très faibles hydraulicités depuis 1972. On notera cependant que le passage aux fortes hydraulicités n'est pas progressif comme pour Mbalmayo, mais est consécutif aux fortes valeurs observées pour les modules de 1962-1963 et des années suivantes.

Il en est de même pour la station de Dehane où l'on note des hydraulicités moyennes avant 1960, fortes pendant les années 60, et rapidement décroissantes pour devenir très faibles depuis 1970. Quoique basées sur un même schéma général, les variations d'hydraulicité ne sont pas exactement concomitantes d'une station à l'autre.

Si l'on considère parallèlement l'évolution dans le temps des étiages et des crues, on constate des disparités assez marquées, dans le comportement d'une année à l'autre des stations du NYONG à Mbalmayo, et du NYONG à Eseka et Dehane.

Variation des modules du NYONG aux 3 stations principales sur la période d'observations

Fig.84



	date	des.	78/11-2

4.2 - ANALYSE STATISTIQUE DES MODULES

4.2.1 - Etude fréquentielle des modules

L'étude de la distribution statistique des modules a été effectuée en comparant l'ajustement de différentes lois aux échantillons observés :

- loi de GAUSS ou loi normale ;
- loi de GALTON ou gaussologarithmique ;
- loi de GUMBEL ou doublement exponentiel ;
- loi Gamma Incomplète ou PEARSON III ;
- loi de GOODRICH exponentielle généralisée ;
- loi de FRECHET exponentielle généralisée.

Déterminés en calcul automatique ces ajustements ont été comparés après report graphique des échantillons et des différentes courbes en diagramme gausslogarithmique. Cette comparaison permet à l'opérateur de choisir la loi la mieux appropriée à l'échantillon tant pour les valeurs aux extrêmes que pour les valeurs intermédiaires. Les figures 85 à 89 montrent pour les stations principales les résultats de cette analyse.

4.2.1.1 - NYONG à AYOS

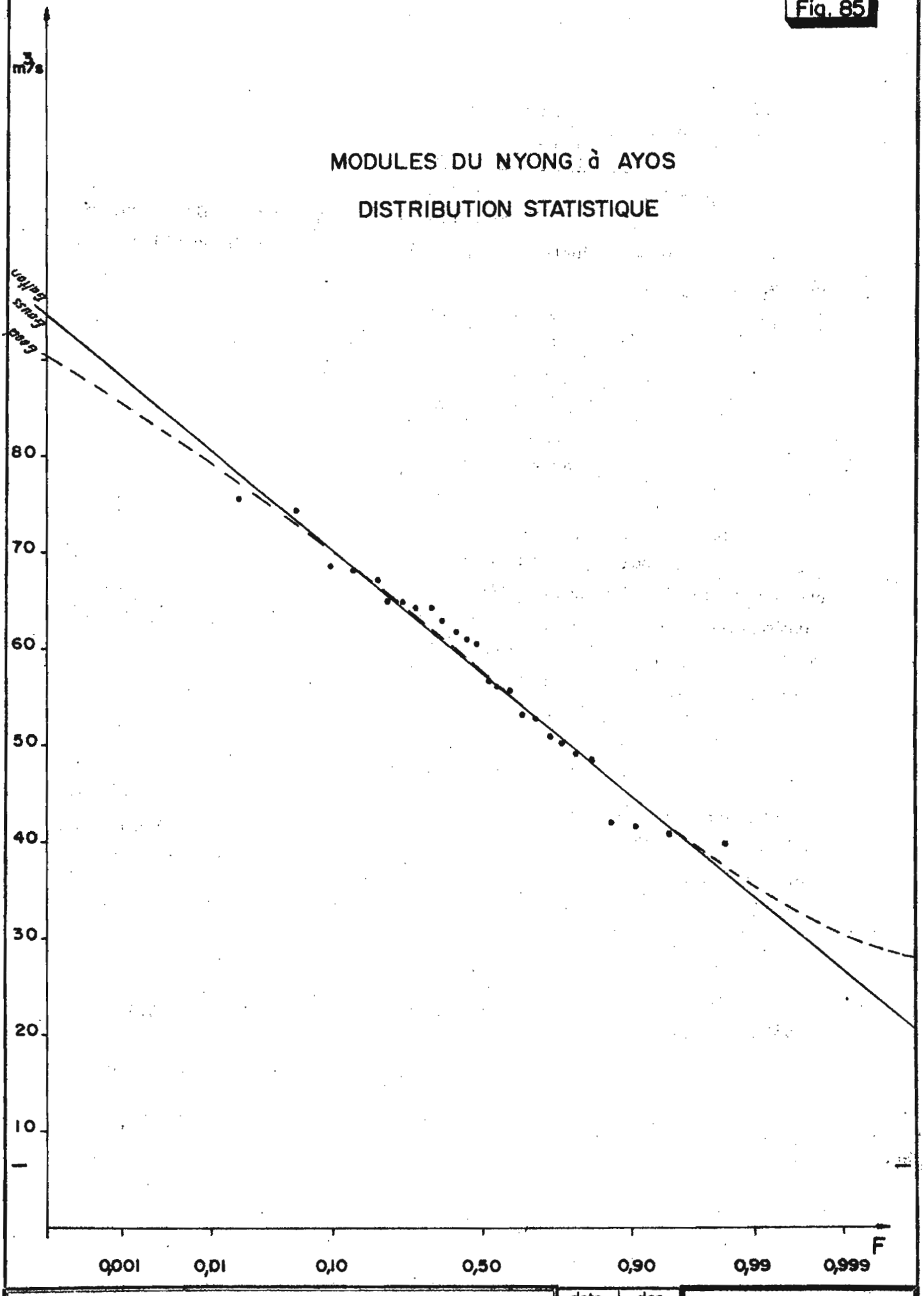
La distribution des modules ne présente pas de dissymétrie marquée, Les ajustements des lois de GALTON et de GOODRICH dont les courbes ne présentent que des faibles divergences avec la loi normale n'ont pas été retenus. La loi normale de GAUSS a donc été adoptée, elle donne les modules suivants pour diverses périodes de retour, en années sèches et humides.

L'écart-type est de 10.2 m3/s.

Période de retour	100	Années sèches 20	10	5	Moyenne 2	Années humides 5	10	20	100
Débits	34.2	41.1	44.7	49.1	57.6	66.0	70.5	74.1	81

Rappelons que les modules extrêmes observés sont de 39.9 et de 75.6 m3/s.

Fig. 85

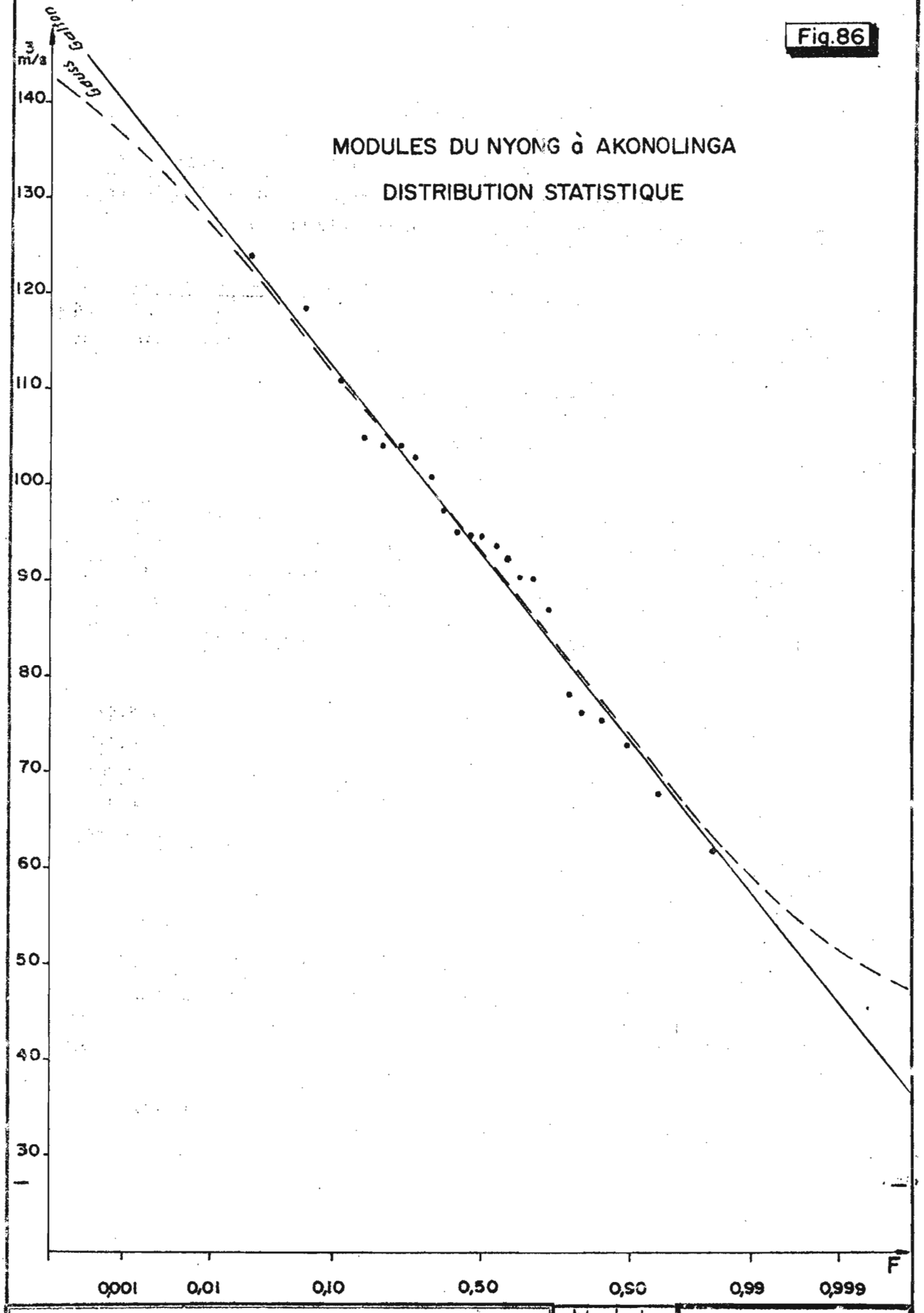


	date	des.	78/10-1

Fig.86

MODULES DU NYONG à AKONOLINGA

DISTRIBUTION STATISTIQUE



	date	des.	78/10-2

4.2.1.2 - NYONG à AKONOLINGA

Ici encore, l'ajustement d'une loi normale parait le mieux approprié à l'échantillon de données. L'écart-type est de 15.6 m3/s. On a pour diverses périodes de retour, les valeurs suivantes :

	Années sèches				Moyenne	Années humides			
Période de retour	100	20	10	5	2	5	10	20	100
Débits	57.5	67.9	73.4	80.2	93.0	106	113	118	128

Les modules extrêmes observés sont de 61.8 et 124 m3/s.

4.2.1.3 - NYONG à MBALMAYO

La distribution de l'échantillon des modules du Nyong à Mbalmayo ne suit plus rigoureusement une loi normale, et présente une légère dissymétrie positive, elle est hypergaussique. L'ajustement des différentes lois de ce type montre que les distributions suivant les lois de GALTON et de PEARSON III sont les plus satisfaisantes. Pour la loi de GALTON, on a les caractéristiques suivantes :

Paramètre d'échelle	270.25	Variance	735.47
Paramètre de position	17.97	Coef. de variation	0.177
Paramètre de forme	0.100	Coef. d'assymétrie	0.301
		Coef. d'aplatissement	0.161
Moyenne	153.6	Sy (écart-type de la série des log)	0.04411
Médiane	152.3		
Mode	149.0		

Le tableau ci-dessous précise les valeurs des modules correspondantà diverses périodes de ratour en années sèches et humides.

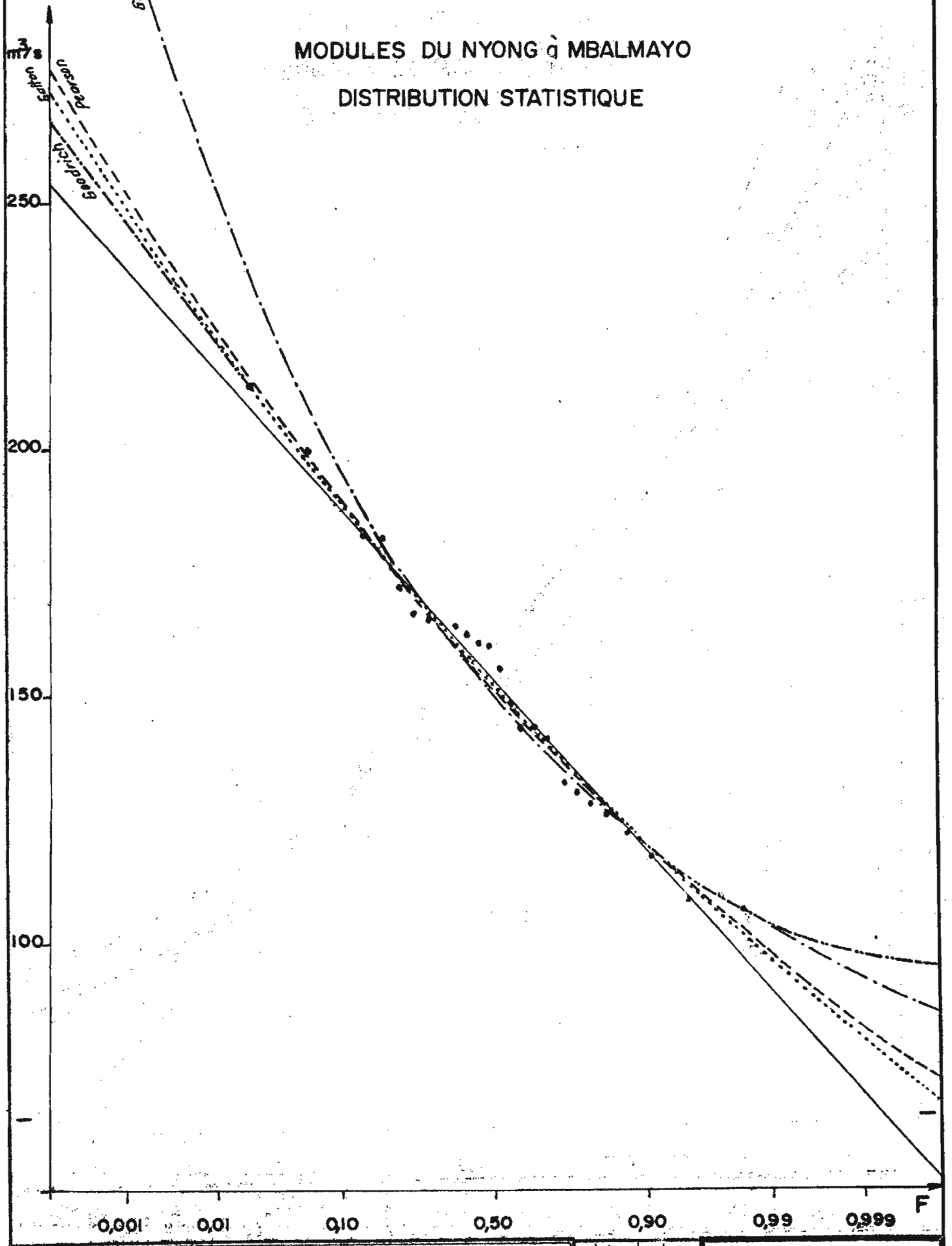
	Années sèches			Médiane	Années humides			
Période de retour	100	20	10	5	2	5	10	20	100
Débit	96.4	111	120	131	152	176	189	200	223

Les modules extrêmes observés sont de 107 et 213 m3/s.

Fig.87

MODULES DU NYONG à MBALMAYO

DISTRIBUTION STATISTIQUE

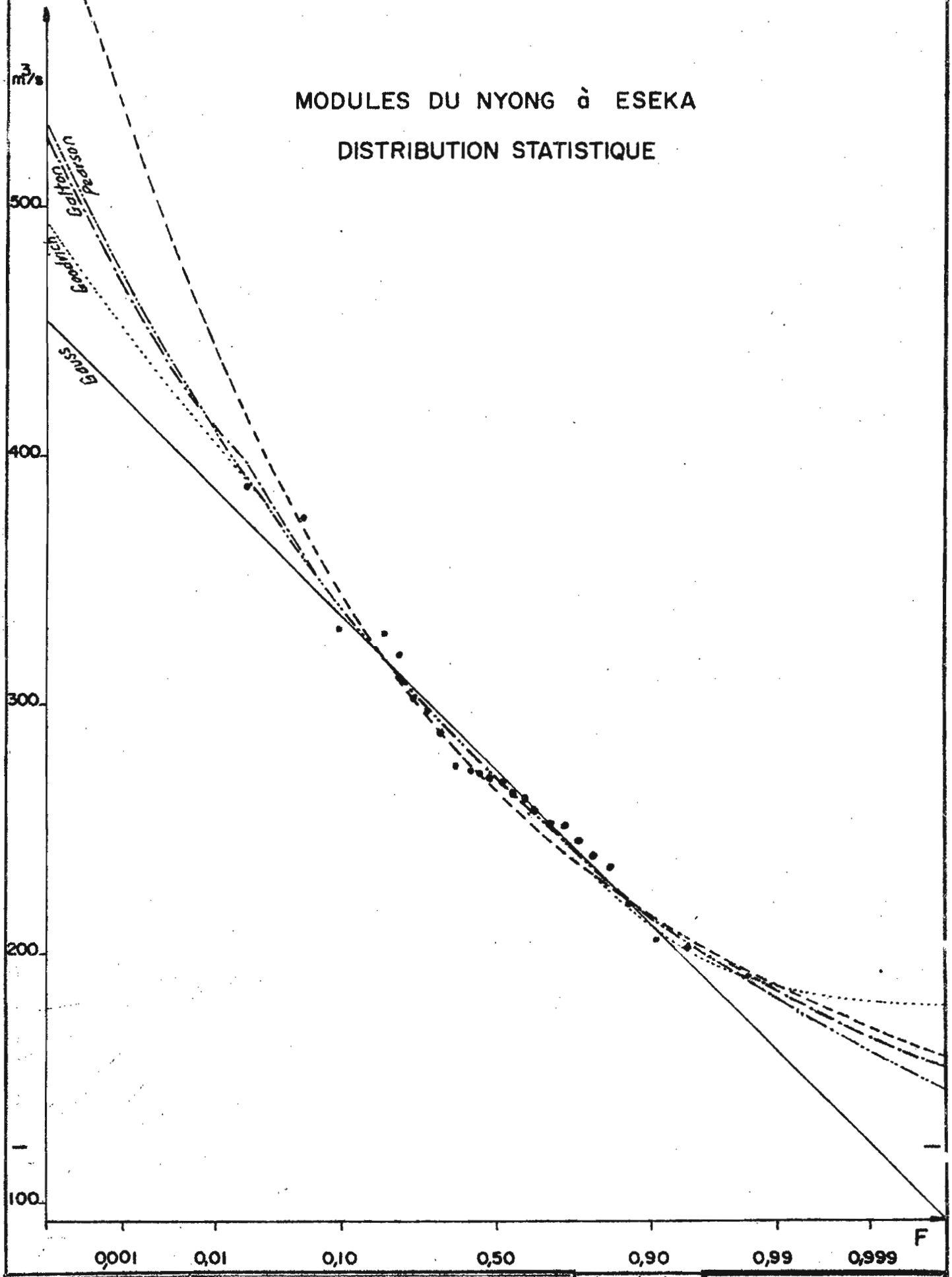


	date	des.	
			78/10-7

Fig.88

MODULES DU NYONG à ESEKA

DISTRIBUTION STATISTIQUE



	date	des.	78/10-6

4.2.1.4 - NYONG à ESEKA

Le caractère dissymétrique de la distribution fréquentielle des modules apparaît plus nettement pour le NYONG à ESEKA. La loi de GALTONsemble correspondre au meilleur ajustement de l'échantillon (sans grande différence avec la distribution de PEARSON III, cependant).

Les caractéristiques retenues suivant une distribution de GALTON sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	230.94	Variance	2 376.64
Paramètre de position	38.76	Coef. de variation	0.178
Paramètre de forme	0.205	Coef. d'assymétrie	0.629
		Coef. d'aplatissement	0.712

Moyenne 274.6 Médiane 269.7 Sy (écart-type de la série des log) 0.09064

Médiane 269.7

Mode 260.2

Les valeurs des modules correspondant à diverses périodes de retour sont indiquées ci-après :

	Années sèches				Médiane	Années humides			
	100	20	10	5	2	5	10	20	100
Débit	182	204	216	233	270	313	339	362	410

Les modules extrêmes observés sont de 191 et 387 m3/s.

4.2.1.5 - NYONG à DEHANE

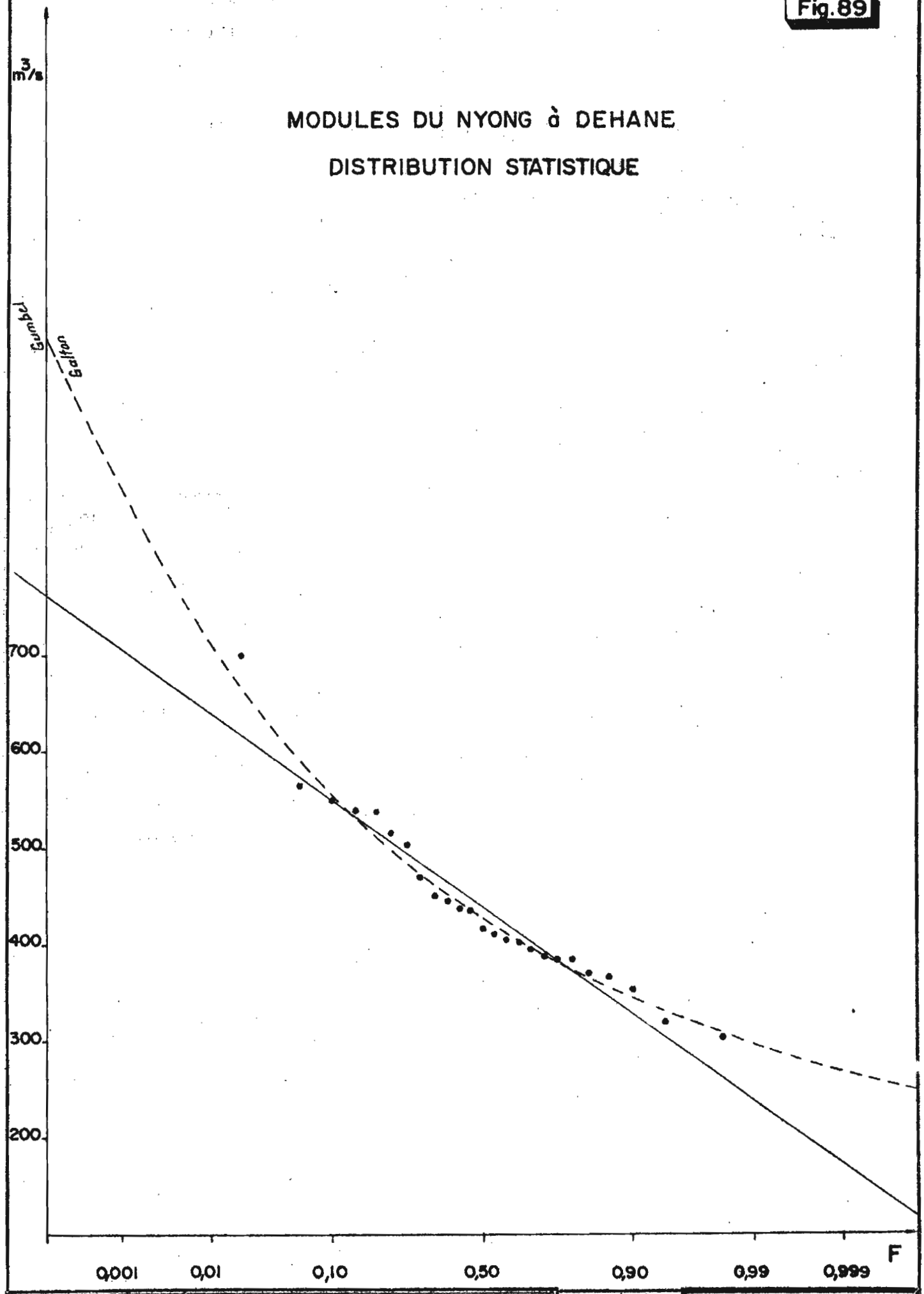
L'échantillon des modules de Dehane présente une hypernormalité encore plus marquée que pour le Nyong à Eseka.

L'ajustement le plus satisfaisant est obtenu par les lois de GALTON et de GUMBEL(coïncidence des 2 courbes). Pour la distribution de GALTON, on a les caractéristiques suivantes :

Fig.89

MODULES DU NYONG à DEHANE

DISTRIBUTION STATISTIQUE



	date	des.	
			78/10-4

Paramètre d'échelle		227.42	Variance	7 770
	de position	200.29	Coef. de variation	0.198
	de forme	0.353	coef. d'assymétrie	1.141
Moyenne		442.3	coef. d'aplatissement	2.400
Médiane		427.3	Sy (écart-type de la série des log	0.15661
Mode		401.1		

La prédétermination des modules de diverses récurrences est indiquée ci-après :

	Années sèches				Médiane			Années humides	
Période de retour	100	20	10	5	2	5	10	20	100
Débit	300	328	345	369	428	506	558	607	717

Les modules extrêmes observés sont de 304 et 700 m3/s.

4.2.1.6 - STATIONS SECONDAIRES

L'effectif réduit des échantillons de modules recueillis sur le Nyong à Olama et Kaya, et sur les stations de la Mefou ne permet pas une analyse statistique précise.

Les recherches effectuées montrent toutefois que la loi de GALTON semble la mieux adaptée aux échantillons de données et nous proposons ci-après les résultats de la prédétermination des modules pour diverses périodes de retour.

Pour le Nyong à Olama on a :

	Années sèches				Médiane.		Années humides		
Période de retour	100	20	10	5	2	5	10	20	100
Débit	183	186	189	194	212	253	291	337	482

Le module moyen est de 228 m3/s, et les extrêmes observés se situent à 185 et 317 m3/s.

Pour le Nyong à Kaya on a

	Années sèches				Médiane	Années humides			
Période de retour	100	20	10	5	2	5	10	20	100
Débit	179	194	204	217	249	293	322	350	413

Le module moyen est de 257 m3/s, et les extrêmes observés se situent à 189 et 348 m3/s.

La très forte dissymétrie entre modules d'années sèches et d'années humides à Olama est suspecte en soi ; elle conduit en outre pour de très faibles récurrences à des valeurs supérieures à celles de Kaya station aval. C'est dire les limites de crédibilité de recherches statistiques effectuées sur des échantillons trop courts.

Pour la Mefou, les conditions d'analyse ne sont pas plus favorables et ses résultats doivent être considérées avec la plus grande réserve.

	Années sèches				Médiane	Années humides		
Période de retour	100	20	10	5	2	5	10	20
Module Etoa	2.50	2.59	2.66	2.77	3.10	3.66	4.10	4.56
Module Nsimalen	3.67	4.21	4.54	4.98	5.95	7.14	7.86	8.52

Les modules moyens étant respectivement de 3.28 et 6.10 m3/s pour Etoa et Nsimalen, et les modules extrêmes observés de 2,54 et 5.18 m3/s et de 4.17 et 9.12 m3/s.

4.2.2 - SIGNIFICATION DES RESULTATS : RESULTATS DE L'ETUDE DE REGIONALISATION DES MODULES

L'étude statistique des modules du Nyong montre une distribution évoluant, de l'amont vers l'aval, d'une loi normale à une loi hypernormale. La dissymétrie est d'autant plus forte que l'on va vers l'aval. Ceci constitue une caractéristique du bassin du Nyong, que nous tenterons d'interpréter en fin de chapitre, d'autant plus intéressante que l'on observe l'inverse sur le bassin de la Sanaga (des lois de distributions hypergaussiques sont observées sur le haut bassin et les modules suivent des lois normales pour les stations aval.

Le tableau 50 résume l'étude de prédétermination des modules en précisant les intervalles de confiance et les valeurs en débits spécifiques.

4.2.2.1 - CALCUL DES INTERVALLES DE CONFIANCE

Ce calcul simple pour la distribution normale implique pour la loi de GALTON, une anamorphose par les logarithmiques (avec introduction du paramètre de position Q°) puis retour aux valeurs arithmétiques. Avec des effectifs de 24 à 26 valeurs, le paramètre de la loi de STUDENT-FISHER est voisin de 1.32 pour un intervalle de confiance choisi à 80 %.

Le choix de cet intervalle à 80 % correspond à des variables assez dispersées.

Les calculs ont été effectués pour les modules, médian, moyen, décennal sec, décennal humide des 5 stations principales.

Les résultats sont indiqués dans le tableau 50. Après indication de la valeur du module prédéterminé dans l'étude statistique, figurent les valeurs limites de l'intervalle de confiance à 80 %.

Nous résumons ci-après l'importance relative de ces intervalles en %.

	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO		ESEKA		DEHANE	
Module décennal sec	± 8 %	± 7.9 %	-6.83 %	+ 7.08 %	-5.74 %	+6.16%	-5.01%	+5.08%
Module médian	± 4.6 %	± 4.5 %	-4.6 %	+ 4.7 %	-4.52%	+4.75%	-4.84%	+5.33%
Module moyen			-4.59%	+4.69%	-4.52%	+4.77%	-5%	+5.52%
Module décennal humide	± 5.1 %	± 5.1 %	-5.6 %	+5.8 %	-6.17%	+6.61%	-7.67%	+8.71%
	distribution normale		distribution gaussologarithmique					

La progression des écarts entre borne inférieure (-) et borne supérieure (+) exprimés en pourcentages, des intervalles de confiance, de Mbalmayo et Dehane, montre bien que la dissymétrie positive de la distribution des modules augmente en allant vers l'aval.

4.2.2.2 - MODULES SPECIFIQUES

Ceux-ci ont été reportés dans le tableau, 50 pour les valeurs médiane, moyenne, décennale sèche et humide des cinq stations principales.

La figure 90 illustre les variations de ces différentes valeurs en fonction de la superficie des bassins. Elle met en évidence une augmentation des débits spécifiques, d'autant plus rapide que l'on va vers l'aval du Nyong. On observe l'inverse sur le bassin de la Sanaga. L'utilisation du graphe permet de proposer de nouvelles valeurs des modules de diverses récurrences du Nyong à Olama et Kaya, que l'on comparera aux résultats de l'analyse statistique (cf. 4.2.1.6) pour laquelle, l'insuffisance de l'effectif des échantillons a été soulignée.

	Décennal sec	Médiane	Moyenne	Décennal humide
Olama 1/skm2	9.4	11.8	11.9	14.9
m3/s	174	218	220	276
Kaya 1/skm2	9.6	12.1	12.3	15.2
m3/s	192	242	246	305

Ces valeurs sont d'une manière générale inférieures à celles précédemment déterminées et traduisent une faible dissymétrie de la distribution probable, d'un échantillon qui aurait porté sur 25 années.

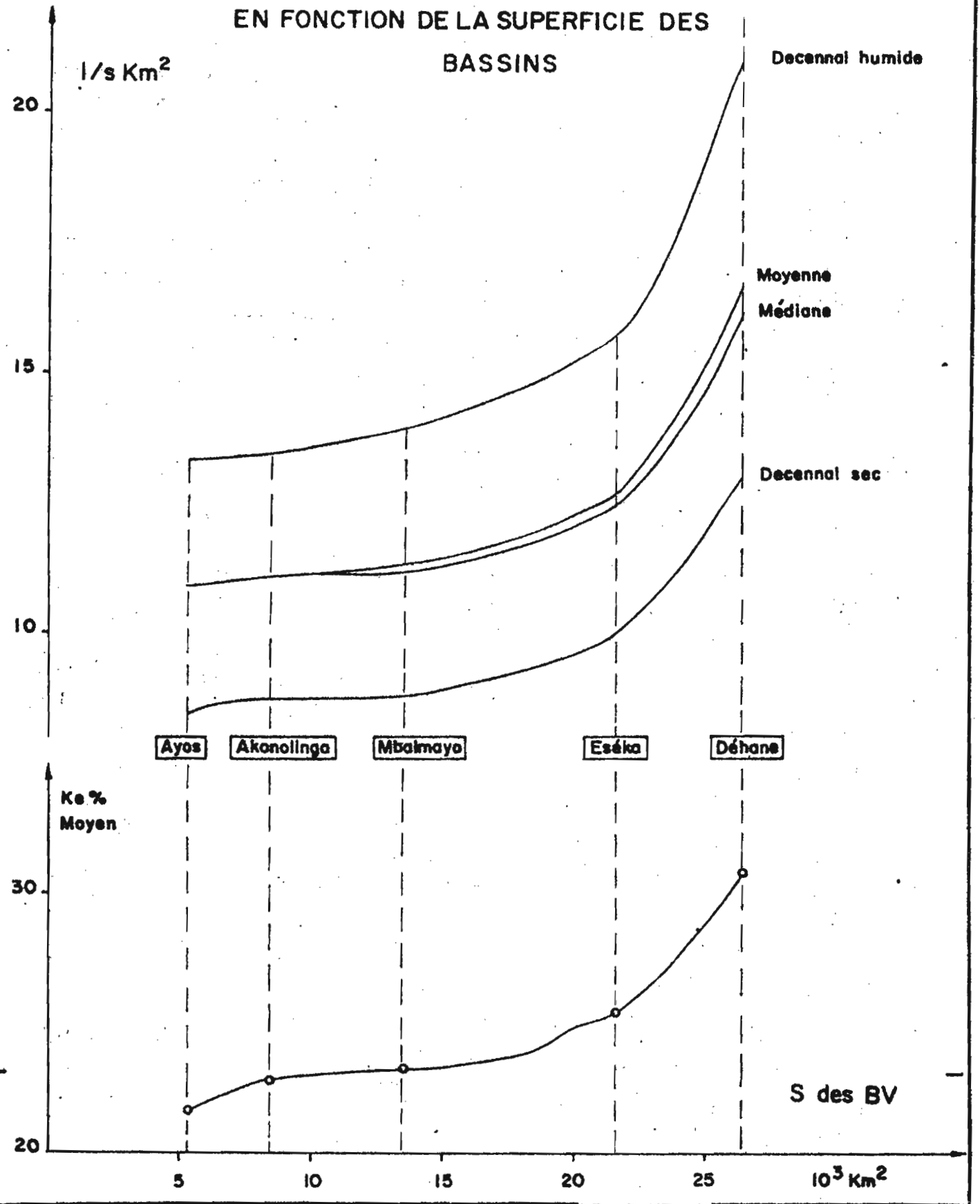
Dans le cas de la Mefou, nous nous en tiendrons aux valeurs de l'analyse statistique, donnant des débits spécifiques médianes de 13.2 1/skm2 pour la Mefou à Etoa et 14.0 1/skm2 pour la Mefou à Nsimalen.

2.3 - IRREGULARITE INTERANNUELLE

Abordée dans la conclusion du chapitre "Donnée de Base" avec le coefficient de variation (CV = ET/MOY), l'irrégularité interannuelle des modules s'exprime également par le paramètre K3 qui est le rapport de la valeur décennale humide à la valeur décennale sèche.

Fig.90

VARIATIONS DES MODULES SPECIFIQUES ET DES COEFFICIENTS D'ECOULEMENT DU NYONG EN FONCTION DE LA SUPERFICIE DES BASSINS



	date	des.	
			78/10 - 14

TABLEAU N° 50 : RECAPITULATION DE L'ETUDE STATISTIQUE DES MODULES

STATIONS	MODULE DECENNAL SEC				MODULE MEDIAN				MODULE MOYEN				MODULE DECENNAL HUMIDE			
	l/skm2	m3/s	IC à 80 %	m3/s	l/skm2	m3/s	IC à 80 %	m3/s	l/skm2	m3/s	IC à 80 %	m3/s	l/skm2	m3/s	IC à 80 %	m3/s
AYOS.....	8.43	44.7	41.1	[illegible]	10.9	57.6	55	60.2	10.9	57.6	55	60.2	13.3	70.5	66.9	74.1
AKONOLINGA.....	8.79	73.4	67.6	79.2	11.1	93.0	88.8	97.2	11.1	93.0	88.8	97.2	13.5	113	107.2	118.8
M MBALMAYO.....	8.85	120	112	128	11.2	152	145	159	11.3	154	147	161	13.9	189	178	200
ESEKA.....	10.0	216	204	229	12.5	270	258	283	12.7	275	262	288	15.7	339	318	361
DEHANE.....	13.1	345	328	365	16.2	428	407	451	16.7	442	420	466	21.1	558	515	607

Les valeurs de K3, et les limites de son intervalle de confiance à 80 % sont données ci-dessous :

AYOS	1.58	1.44	1.74
AKONOLINGA	1.54	1.40	1.69
MBALMAYO	1.58	1.39	1.79
ESEKA	1.57	1.39	1.77
DEHANE	1.62	1.41	1.85

Ces valeurs traduisent une faible irrégularité interannuelle, toutefois supérieure à celle observée sur le bassin de la Sanaga (voisin de 1.41). Les variations d'une station à l'autre ne sont guère significatives.

2.4 - CORRELATIONS ENTRE LES MODULES DES DIFFERENTES STATIONS DU NYONG

Calculée de station à station voisines pour les 5 stations principales ces corrélations se proposaient de déterminer les paramètres de la droite de régression et de préciser la qualité de la liaison interstations (coefficient r).

Le tableau ci-après résume ces résultats ainsi que ceux obtenus pour les corrélations avec les stations secondaires (dont la qualité ne doit pas faire illusion la confiance étant d'autant plus limitée que l'échantillon de couples est court).

y en m3/s	a	x (m3/s)	+	b(m3/s	r corrélation (coef.)
Module Akonolinga	= 1.28	Module Ayos	+	19.25	r = 0.864
Module Mbalmayo	= 1.54	Module Akonolinga	+	11.87	r = 0.856
Module Eseka	= 1.61	Module Mbalmayo	+	27.6	r = 0.899
Module Dehane	= 1.66	Module Eseka	-	8.64	r = 0.911
Module Olama	= 1.51	Module Mbalmayo	-	10.6	r = 0.982
Module Kaya	= 1.01	Module Olama	+	28.8	r = 0.997
Module Eseka	= 1.08	Module Kaya	-	3.02	r = 0.997

4.3 - LES TERMES DU BILAN HYDROLOGIQUE

4.3.1 - GENERALITES

L'équation du bilan hydrologique s'écrit : P = He + Er + R1 - Ro dans laquelle P est la hauteur de précipitation en mm, He est la lame d'eau écoulée en mm (c'est-à-dire le volume écoulé ramené par la superficie du bassin à une hauteur comparable à la hauteur de précipitation).

Er est la lame d'eau prélevée par l'évapotranspiration en mm, R1 et Ro, respectivement les lames en mm mises en réserves, stockées dans le sol ou les nappes souterraines, et restituées par ces mêmes aquifères, au cours d'une période donnée.

Er + R1 - Ro = P - He = De, appelé déficit d'écoulement.

Deux termes du bilan annuel sont connus P et He et permettent la détermination du coefficient d'écoulement $Ke\ \% = \frac{He}{P} \cdot 100$.

La pluviométrie moyenne P reçue par les différents bassins a été obtenue par la méthode de THIESSEN à partir des observations effectuées aux différents postes (cf. chap. II 3 et chap. V 1). La lame d'eau écoulée He, se déduit facilement de l'étude des modules.

4.3.2 - LAMES D'EAU ECOULEES ET PRECIPITATIONS ANNUELLES - CORRELATIONS HYDROPLUVIOMETRIQUES

Les lames écoulées ont été calculées pour chaque année hydrologique et mises en régression avec la hauteur de précipitations de l'année correspondante pour les différents bassins étudiés.

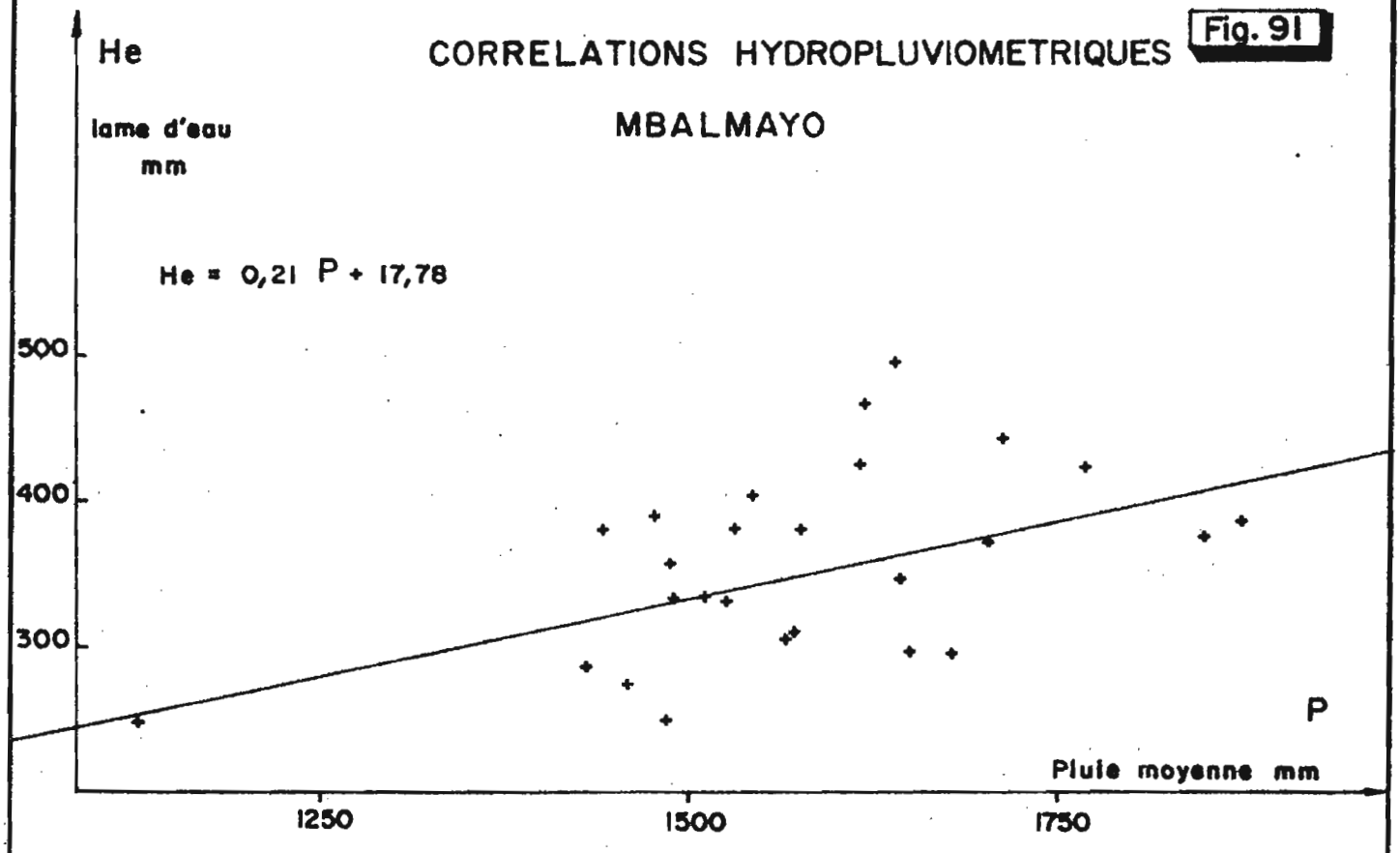
Coefficients de corrélation et équations de la droite de régression sont donnés ci-après :

AYOS	He = 0.06 P + 249	r = 0.194
AKONOLINGA	He = 0.18 P + 70	r = 0.576
MBALMAYO	He = 0.21 P + 18	r = 0.514
OLAMA	He = 0.25 P - 29	r = 0.526
KAYA	He = 0.27 P - 24	r = 0.54
ESEKA	He = 0.30 P - 86	r = 0.537
DEHANE	He = 0.43 P - 233	r = 0.487

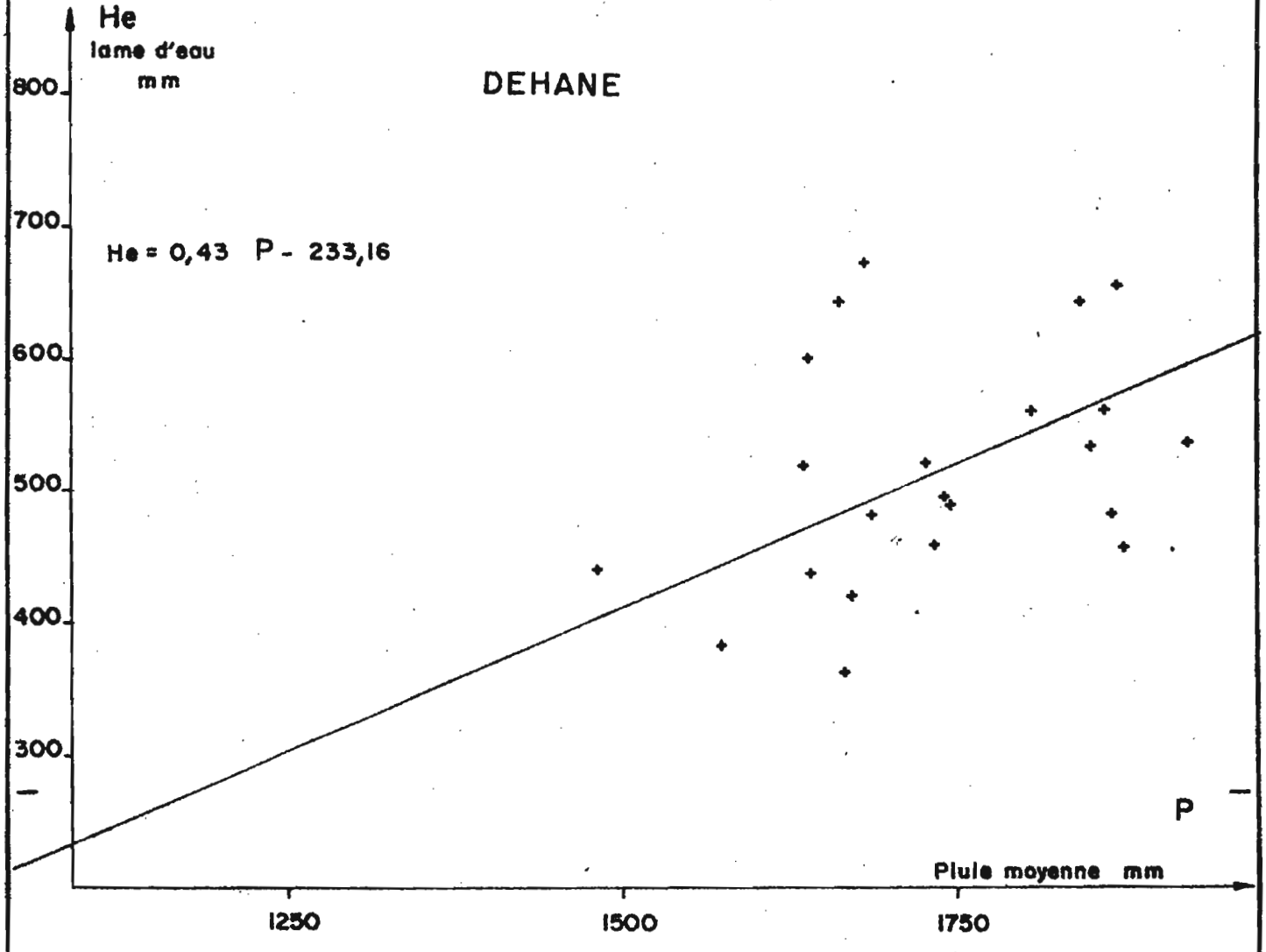
CORRELATIONS HYDROPLUVIOMETRIQUES

Fig. 91

MBALMAYO



DEHANE



	date	des.	78/10-19

Un simple examen des coefficients de corrélation obtenus montre qu'il n'y a pas de corrélation étroite entre les lames écoulées et la pluviosité. Il y a bien entendu une certaine dépendance entre les deux termes, mais la liaison reste très lache, en particulier pour le Nyong à AYOS. Ceci s'explique probablement par la répartition des pluies au cours de l'année, variant d'une année à l'autre et suscitant au niveau de la lame écoulée des réactions différentes suivant, par exemple, qu'un excédent pluviométrique sera observé en début ou en fin de saison des pluies.

Il est probable également que la faiblesse du réseau pluviométrique (2 postes pour le bassin d'AYOS par exemple) ne donne pas toujours une image exacte des précipitations annuelles reçues par le bassin.

Il serait vain dans ce cas d'espérer une nette amélioration de ces corrélations hydropluviométriques en traitant l'information à l'échelle du mois.

La figure 91 illustre la dispersion des corrélations hydropluviométriques annuelles du Nyong à MBALMAYO et du Nyong à DEHANE.

4.3.3 - COEFFICIENTS D'ECOULEMENT - TERMES DU BILAN ANNUEL

De l'étude des corrélations hydropluviométriques qui précède, il s'en suit un échantillon de coefficients d'écoulement annuels très dispersé présentant peu d'intérêt en soi (de 14 à 28 % pour Ayos par exemple).

En effet, après l'étude de prédétermination des modules, une étude statistique des coefficients d'écoulement n'apporterait pas d'information complémentaire, l'occurrence de tel ou tel coefficient n'étant pas liée étroitement à l'occurrence de telle ou telle hauteur de précipitations.

Le coefficient d'écoulement interannuel constitue une caractéristique des régimes des bassins, ne dépendant que de la lame d'eau écoulée interannuelle et de la hauteur de pluie moyenne interannuelle reçue par les bassins, valeurs moyennes définies dans l'étude statistique, d'où l'on déduit le déficit d'écoulement interannuel.

Le tableau ci-après réunit ces valeurs moyennes et des valeurs extrêmes observées pour Ke et De.

TABLEAU 51

STATIONS	N Années	Année moyenne P mm	He mm	De mm	Ke %	Valeurs extrêmes Maximum De	Maximum Ke	Minimum De	Minimum Ke
AYOS	26	1 581	343	1 238	21.7	1 652	27.7	800	14.6
AKONOLINGA	23	1 544	352	1 192	22.8	1 548	28.2	783	16.1
MBALMAYO	26	1 538	359	1 179	23.3	1 492	28.8	872	16.8
OLAMA +	12	1 563	(374)	(1 189)	(23.9	1 455	31.0	982	18.4
KAYA +	10	1 565	(389)	(1 176)	(24.9	1 428	31.3	959	19.8
ESEKA	26	1 581	402	1 179	25.4	1 468	30.7	985	17.9
DEHANE	25	1 732	528	1 204	30.5	1 420	42.3	1 038	21.7
MEFOU à ETOA		1 597	(416)	(1 181)	(26;0)				
MEFOU à NSIMALEN		1 597	441	1 156	(27.6)				

(+ Pour OLAMA et KAYA, les lames moyennes de la période d'observation sont de 388 et 406 mm,

P : 1 629 et 1 640 mm et De = 1 241 et 1 234 mm.)

La lame écoulée et le coefficient d'écoulement augmentent de l'amont vers l'aval avec la superficie des bassins, mais aussi la pluviosité. Cependant pour le haut bassin, la pluviosité moyenne diminue d'AYOS à MBALMAYO, quand He et Ke augmentent.

Cette "anomalie" s'explique par la morphologie des bassins et en particulier leur pente. Très faible à l'amont, la pente du réseau hydrographique, en retardant les vitesses d'écoulement (zones marécageuses), favorise l'évapotranspiration. On notera la forte augmentation de Ke,

d'Eseka à Dehane ; la partie du bassin située à l'aval d'Eseka (4 800 km2) reçoit, il est vrai, des précipitations beaucoup plus importantes que le bassin amont et son coefficient d'écoulement moyen dépasse 53 %.

Sur le bassin de la Sanaga, on observe une tendance générale à la diminution du coefficient d'écoulement lorsque la superficie des bassins augmente.

L'observation inverse constatée sur le Nyong, ne constitue pas une caractéristique des régimes hydrologiques en zone forestière. Elle est seulement la conséquence de la conjonction de 2 facteurs déterminants : pluviosité et hypsométrie (traduite par Ip) qui augmentent de l'amont vers l'aval avec la superficie des bassins.

Géographie et climatologie font que cette observation tend à se généraliser, on le verra, pour l'ensemble des fleuves côtiers.

4.3.4 - DEFICIT D'ECOULEMENT

Le déficit d'écoulement correspond à la consommation d'eau par évapotranspiration d'une part, à laquelle s'ajoute, d'autre part, la différence entre le stock d'eau mis en réserves dans les aquifères souterrains (R1) et le volume restitué provenant de ces mêmes réserves (R°).

$$De = Er + R1 - Ro$$

Les variations de De d'une année à l'autre sont relativement importantes. La différence entre les valeurs extrêmes tend toutefois à diminuer de l'amont vers l'aval (de 852 mm à Ayos à 382 mm à Dehane).

Ces variations tiennent en partie à celles de Er, mais surtout aux conditions de stockage ou de restitution des réserves très variables suivant la configuration de l'année hydrologique considérée.

Dans le bilan interannuel, stockage et restitution des réserves tendent à s'équilibrer (R1 ≠ Ro) d'autant mieux que la période d'observation est longue, et le déficit d'écoulement moyen représente alors le seul paramètre Er, valeur moyenne de l'évapotranspiration réelle de la région.

Les résultats varient d'une station à l'autre entre 1 176 et 1 238 mm (tableau 51 ; De = Er), variations assez peu significatives (imprécision sur la détermination de P), mais montrant toutefois de plus faibles valeurs pour les stations intermédiaires de Mbalmayo à Eséka.

Sur le bassin du Nyong, l'évapotranspiration réelle serait donc d'environ 1 200 mm.

Ces résultats sont à rapprocher du calcul de l'évapotranspiration potentielle calculée mois par mois par la formule empirique de L. TURC (cf. chap. II 2.4.3) et dont la valeur annuelle est de l'ordre de 1 200 mm... dans la région du Nyong (cf. figure 13), avec, là aussi, des valeurs légèrement inférieures sur le cours moyen du Nyong.

Cette coïncidence entre les valeurs du déficit d'écoulement interannuel et de l'évapotranspiration potentielle, jusque dans ses nuances géographiques (cours moyen du Nyong), mérite d'être soulignée.

Elle implique que l'évapotranspiration potentielle est quasiment satisfaite, sur le bassin du Nyong.

Les études effectuées sur les bassins représentatifs sous forêt d'Ottotomo près de Yaoundé ont d'ailleurs conduit aux mêmes résultats. Ces résultats montrent par ailleurs que pour les régions étudiées, la formule de L. TURC donnant l'ETP mensuelle constitue une très bonne approche de ce paramètre.

On retrouve sur le Nyong une valeur de l'évapotranspiration assez commune dans les régions forestières bien arrosées.

L'étude du bilan mois par mois, va nous permettre de préciser le comportement des bassins tout au long de l'année.

3.5 - BILAN MOIS PAR MOIS

L'équation du bilan P = He + Er + R1 - Ro, dans laquelle De = Er + R1 - Ro, permet à partir d'hypothèses simples de préciser le cycle de l'eau à l'échelle du mois tout au long de l'année.

On suppose avec PENMAN que l'évapotranspiration potentielle est satisfaisante, lorsqu'elle est inférieure à la hauteur de précipitations : hypothèse vraisemblable surtout en région forestière. Pour 8 mois de l'année (mars, avril, mai, juin puis août, septembre, octobre et novembre), on aura Er = ETP.

On en déduit alors (R1 -Ro) = ΔR, en vérifiant l'équation du bilan :

- si ΔR est positif, il y a globalement mise en réserves, c'est-à-dire plus d'eau stockée que d'eau restituée dans l'écoulement général de la rivière.

- si ΔR est négatif, il y a au contraire excédent de la restitution de réserves antérieurement stockées, par rapport au stockage de nouvelles réserves.

- Pour le mois de juillet (petite saison sèche), l'humidité de la forêt, de son sol incitent à penser que l'ETP est encore satisfaite (d'autant plus qu'elle est relativement peu importante en juillet) ΔR participe à la lame écoulée et à l'évaporation.

- Pour les mois de décembre, janvier, février (grande saison sèche), on est conduit à équilibrer le bilan annuel en admettant, si l'ETP annuelle n'est pas totalement satisfaite (E > Oe), que Er décroît régulièrement en même temps que le stock d'eau disponible dans le sol.

La restitution des réserves (- ΔR) assure alors l'essentiel de l'écoulement et de l'évaporation. Mais dans ce cas, la différence entre les valeurs annuelles de Er et ETP est si faible que seuls les mois de janvier et février paraissent devoir être réellement touchés par ce faible déficit d'évapotranspiration. La constance du couvert végétal aux divers étages de la forêt, sans jamais de traces d'un quelconque dépérissement, avec même, pour certaines espèces végétales, une activité biologique intense, consommatrice d'eau (floraison et fructification) pendant les mois de faible pluviométrie , montre bien d'ailleurs que tout au long de l'année, les réserves en eau du sol sont pratiquement suffisantes pour garantir la fourniture de la demande potentielle de l'évapotranspiration.

Le bilan mois par mois a été calculé pour les bassins du Nyong à Mbalmayo, et du Nyong à Dehane.

Les différents termes du bilan, ont été réunis dans le tableau 52 (où figurent également mois par mois pour Ayos, Akonolinga, Eseka, les termes P, He et De). Les hauteurs pluviométriques mensuelles ont été obtenues par la méthode de THIESSEN. Les lames écoulées sont calculées à partir des débits moyens mensuels. Le déficit d'écoulement obtenu par différence peut devenir négatif (excédent d'écoulement pendant la saison sèche) ; c'est le cas en décembre.

L'évapotranspiration potentielle a été calculée par la formule de TURC. Pour le Nyong à Mbalmayo, nous avons retenu les résultats de l'ETP à Yaoundé. Pour le Nyong à Dehane, l'ETP est une moyenne des valeurs calculées pour Yaoundé et Douala.

Les termes + ΔR et -ΔR ont été séparés afin de mettre en évidence les périodes de stockage et les périodes de restitution.

Ainsi pour Mbalmayo, le bilan hydrologique mensuel s'écrit :

- en avril : 166 = 16 + 109 + ΔR D'où ΔR = + 41 mm, donc mise en réserve de 41 mm.

- mai et juin le stockage est de 68 et 33 mm, soit pour les 3 mois de 142 mm (143 mm avec le mois de mars qui a précédé).

- en juillet et août (petite saison sèche), évapotranspiration et écoulement sont supérieurs aux précipitations, d'où restitution des réserves de 37 mm en juillet et 13 mm en août, soit -50 mm. La lame restée en réserves est encore de 93 mm.

- en septembre-octobre (grande saison des pluies), les précipitations sont en partie stockées : septembre 236 = 28 + 87 + ΔR d'où ΔR = 121 mm.

Octobre : 284 = 54 + 97 + ΔR d'où ΔR = 133 mm, soit une mise en réserves de 254 mm, qui s'ajoute aux 93 mm de réserves antérieures, soit une lame stockée de 347 mm qui va être restituée pendant la grande saison sèche.

- en novembre-décembre : on a respectivement

113 = 68 + 112 + ΔR d'où ΔR = - 67

32 = 46 + 113 + ΔR d'où ΔR = - 127, soit 194 mm restitués, soit dans l'écoulement (tarissement), soit dans l'évapotranspiration de la forêt.

- en janvier-février, on équilibre le bilan annuel en admettant un déficit dans l'évapotranspiration, estimée à 102 et 93 mm. La restitution des réserves est respectivement de 99 et 54 mm pour janviet et février, soit épuisement du stock de 347 mm.

- en mars, les précipitations sont de nouveau abondantes et il y a stockage de 1 mm (déjà pris en compte) - mars constitue, au niveau du bilan, le 1er mois de l'année hydrologique.

On note donc pour le Nyong à Mbalmayo, 6 mois pendant lesquels il y a excédent des mises en réserves par rapport à leur restitution, les mois de plus forte pluviométrie, et six mois pendant lesquels s'observe la situation inverse (saisons sèches).

Pour le Nyong à Dehane, la détermination du bilan mois par mois aboutit à des résultats voisins. La petite saison sèche se traduit par une phase de restitution des réserves de 1 mois seulement, (pour 2 sur Mbalmayo) ce qui correspond sur l'année à 7 mois de stockage, pour 5 mois de restitution.

TABLEAU N° 52

BILAN MOIS PAR MOIS SUR LE NYONG

		A	M	J	J+	A+	S	O	N	D	J	F	M	Année
Mbalmayo	P	166	199	151	68	89	236	284	113	32	25	49	126	1 538
	He	16	25	29	28	21	28	54	68	46	22	10	11	359
	De	150	174	122	40	67	208	230	45	-14	3	39	115	1 179
	ETP	109	106	89	77	80	87	97	112	113	117	117	114	1 218
	Er	"	"	"	"	"	"	"	"	"	102	93	"	1 179
Stockage	+ΔR	41	68	33	-	-	121	133	-	-	-	-	1	+ 397
Restitut	-ΔR	-	-	-	37	13	-	-	67	127	99	54	-	- 397
DEHANE	P	191	219	162	82	111	263	309	133	37	29	52	141	1 732
	He	28	42	46	37	32	59	94	87	49	25	13	16	528
	De	163	177	166	45	79	204	215	46	-12	4	39	128	1 204
	ETP	117	112	90	72	74	83	100	112	110	120	121	122	1 233
	Er	"	"	"	"	"	"	"	"	"	109	103	"	1 204
Stockage	+ΔR	46	65	26		5	121	115					6	+ 384
Restitut	-ΔR				27				66	122	105	64		- 384
AYOS	P	164	202	162	75	95	246	290	108	34	26	56	123	1 581
	He	12	20	28	31	24	25	58	69	40	19	8	9	343
	De	152	182	134	44	71	221	232	39	-14	7	48	114	1 238
AKONOLINGA														
	P	162	199	156	71	92	242	284	107	34	25	53	119	1 544
	He	12	19	26	31	27	26	52	69	48	25	10	7	352
	De	150	180	130	40	65	216	232	38	-16	0	43	112	1 192
ESEKA	P	178	203	151	67	85	232	290	124	35	27	52	137	1 581
	He	23	33	36	28	22	33	65	73	43	21	11	14	402
	De	155	170	115	39	63	199	225	51	-8	6	41	123	1 179

La figure 92 illustre pour ces deux bassins les variations des termes principaux du bilan mois par mois déterminés dans cette étude.

La même étude pour les bassins d'Ayos, Akonolinga et d'Eseka n'apporte, pas d'information complémentaire sur les variations des termes du bilan mensuel.

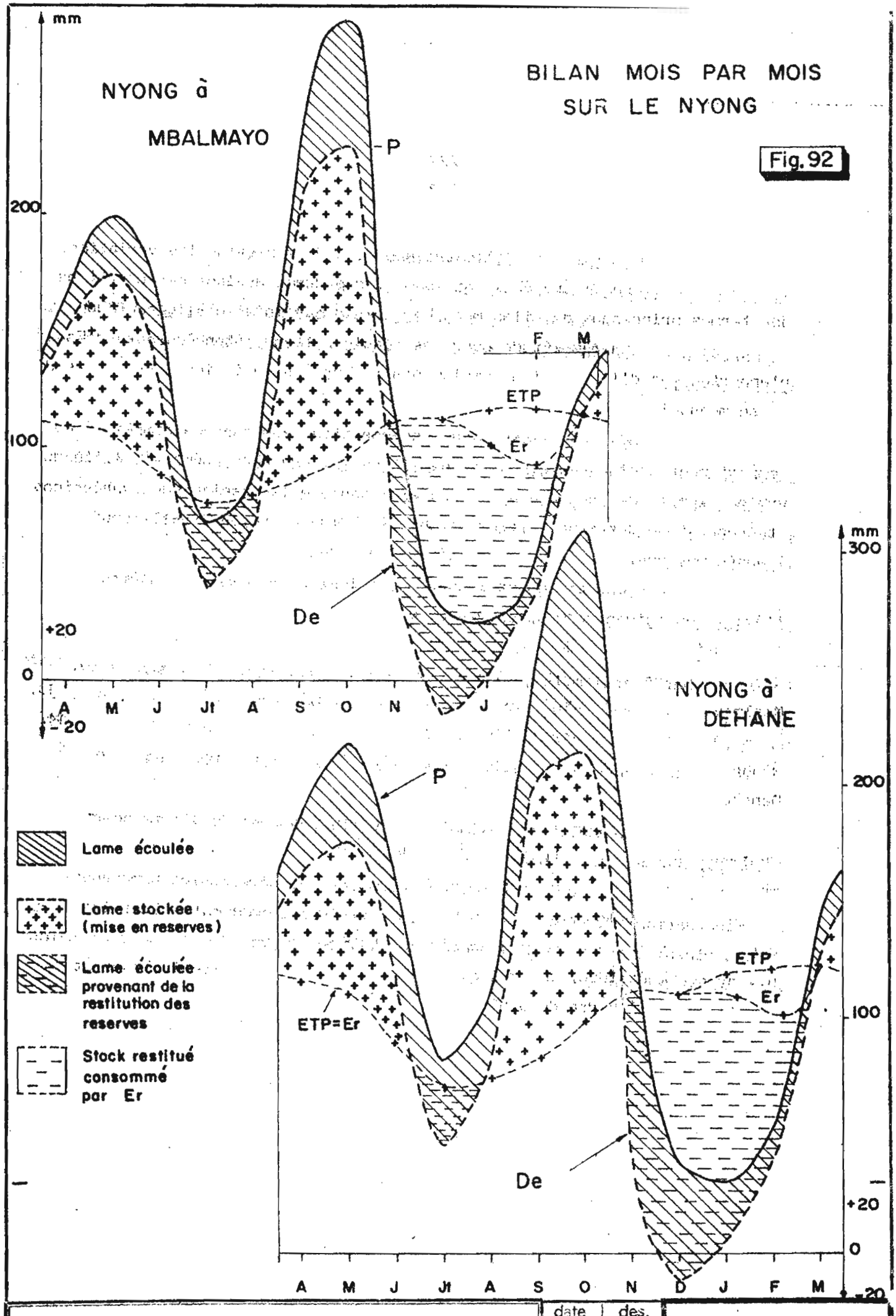
Bien que cette étude ne constitue qu'un schéma simplifié du comportement réel des bassins, il parait possible de préciser les variations vraisemblables des réserves du sol, par le cumul mois par mois des phases de stockage et de restitution (±ΔR) déterminées dans ce bilan établi sur l'année moyenne.

En commençant l'année hydrologique en mars on a alors l'évolution suivante des réserves en mm.

Nyong à	Mars	avril	mai	juillet	août	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	juin
Mbalmayo	1	42	110	106	93	214	347	280	153	54	0	143
Nyong à			112									143
Dehane	6	52	[illegible]	116	121	242	357	291	169	64	0	

L'amplitude maximale des variations est de 347 mm pour Mbalmayo, 357 mm pour Dehane.

On peut s'attendre à retrouver sur des bassins homogènes des fluctuations moyennes des nappes souterraines comparables. La balance du niveau piézométrique, dans un matériau aquifère de porosité 10 % serait alors en moyenne de l'ordre de 3.50 m.



	date	des.
		78/10-18

5 - CONCLUSIONS

Au terme de ce chapître d'interprétation des données hydrologiques du NYONG, nous indiquons un certain nombre de rapports entre modules, étiages et crues significatifs de l'amplitude des variations saisonnières.

	AYOS	AKONOLINGA	MBALMAYO	ESEKA	DEHANE
Module médian / Etiage médian	7.38	6.97	5.91	5.30	5.82
Module décennal humide / Etiage décennal sec	16.7	15.6	13.0	10.8	13.0
Module médian / crue médiane	0.365	0.388	0.403	0.356	0.317
Module déc. sec / crue déc. humide	0.220	0.249	0.250	0.215	0.208
Crue médiane / Etiage médian	20.2	18.0	14.7	14.9	18.4
Crue déc. humi de Etiage décennal sec	48.2	40.7	33.0	31.9	38.6

Les variations de ces différents rapports de l'amont vers l'aval confirment ce qui a été souligné tout au long de ce chapître, à savoir la mise en évidence de régimes hydrologiques différents dans le détail, entre les parties amont et aval du bassin du NYONG. MBALMAYO constitue la charnière des deux types de comportement qui ont été définis. Rappelons que ces comportements hydrologiques différents s'expliquent par les variations des hauteurs de précipitation et des formes de relief différentes :

Bassin amont	Bassin aval
Précipitations moyennes	Fortes précipitations
Très faibles pentes	Fortes pentes

A la suite de l'analyse des données recueillies sur les fleuves côtiers, nous reprendrons l'ensemble des résultats pour les replacer dans leur contexte géographique général.

O

N

A

R

E

S

T

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LES TECHNIQUES
L'INDUSTRIE ET LE SOUS-SOL

MONOGRAPHIE DU NYONG ET DES FLEUVES COTIERS

TOME III

(3e Partie : Hydrologie des Fleuves Côtiers)

(4e Partie : Conclusions)

Jean-Claude OLIVRY
Maître de Recherches de l'ORSTOM

Juillet 1979

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LES TECHNIQUES
L'INDUSTRIE ET LE SOUS - SOL

MONOGRAPHIE DU NYONG
ET DES FLEUVES COTIERS

TOME III

(3ème Partie : Hydrologie des Fleuves Côtiers)

(4ème Partie : Conclusions)

Jean-Claude OLIVRY
Maître de Recherches de l'ORSTOM

Juillet 1979

IIIe PARTIE

REGIMES HYDROLOGIQUES DES AUTRES FLEUVES COTIERS

L'étude des régimes hydrologiques des fleuves côtiers, autres que le NYONG a été divisée en deux chapitre regroupant :

1° Les fleuves côtiers au Sud du NYONG, pour lesquels le régime assez voisin de celui du NYONG est caractérisé par le climat équatorial de transition à 4 saisons.

2° Les fleuves côtiers à l'Ouest de la Sanaga dont le régime climatique est essentiellement marqué par 2 saisons, dont une longue et abondante saison des pluies.

Pour chaque fleuve ou cours d'eau, le plan de l'étude a été calqué sur celui du NYONG, de même que les méthodes d'analyse et la présentation des résultats sur lesquelles nous ne revenons pas. Cependant, pour certaines stations, quelques aspects des régimes hydrologiques n'ont pu être developpés, faute d'observations suffisamment longues.

Cette troisième partie fait la synthèse des connaissances actuelles qui devront toutefois être précisées dans l'avenir, notamment dans les provinces du Sud-Ouest et du Nord-Ouest où le réseau hydrométrique est d'implantation récente.

CHAPITRE VII: LES FLEUVES COTIERS AU SUD DU NYONG

Les fleuves côtiers camerounais au Sud du NYONG sont la Lokoundjé, la Kienké, la Lobe et le Ntem.

Ils drainent l'ensemble du bassin versant atlantique camerounais au Sud du NYONG, les régions Est étant drainées par des tributaires du fleuve Congo (et pour une faible part de l'Ogoué). Seules quelques petites rivières échappent à ces fleuves côtiers, drainant une petite frange côtière de moins de 500 km2 au total. L'infrastructure hydrométrique est des plus réduites. Elle comprend, une seule station pour la Lokoundjé (haut bassin), la Kienké et la Lobe.

Pour le Ntem, la partie camerounaise du bassin versant comprend 3 stations, dont deux sur le fleuve lui-même et une sur le Seng, petit affluent représentatif de la région d'Ebolowa. L'information hydrologique est donc relativement limitée. Elle va cependant permettre de préciser le régime de ces fleuves côtiers, par rapport à celui du NYONG, régime hydrologique qui s'articule :

1°/ Sur une tendance équatoriale de plus en plus marquée en allant vers le Sud ;

2°/ Sur des précipitations de plus en plus abondantes en allant vers le Littoral, vers l'Ouest.

1 - LA LOKOUNDJE

1.1 - GENERALITES

Immédiatement au Sud du cours inférieur du NYONG, la Lokoundjé se jette dans l'océan à quelques kilomètres seulement de l'embouchure du NYONG après un parcours de 216 km.

Issue des contreforts Ouest du plateau du Centre-Sud, la Lokoundjé draine une région au relief bien marqué sur des terrains essentiellement métamorphiques, constitués en majeure partie de gneiss leucomésocrates à texture rubannée prédominante, et de gneiss leptinitiques ou d'orthogneiss calcoalcalins . Le réseau hydrographique du haut bassin, en amont de Lolodorf est constitué de deux branches principales : la Lokoundjé proprement dite dont les affluents montrent un cours général, orienté Est-Ouest, et l'Akié venant du Sud-Est.

Le chevelu hydrographique individualise de nombreux petits massifs de plus de 900 m d'altitude (point culminant 983 m). Les vallées sont encaissées. Des pentes fortes amène la Lokoundjé à 436 m d'altitude à Lolodorf. Le fleuve a alors pris une orientation Est-Sud-Ouest, qu'il va suivre sur 50 km, en longeant le pied de la chaîne de Ngovayang qui atteint 1 090 m d'altitude, point haut de l'ensemble du bassin de la Lokoundjé. L'obstacle de cette chaine de montagne est franchi à Bipindi où le fleuve n'est plus qu'à 70 m d'altitude. A Bipindi, le fleuve reçoit en rive droite la Mougue drainant le versant Sud-Est de la chaine de Ngovayang, et la Tchangue en rive gauche. La Lokoundjé prend une direction générale Est-Ouest et sa pente devient faible ; elle franchit les derniers rapides à Elon (route Edéa-Kribi) ; les reliefs du bassin en aval de Bipindi sont peu prononcés et il n'y a pas d'affluents importants.

Le bassin versant de la Lokoundjé couvre une superficie totale de 5 200 km2.

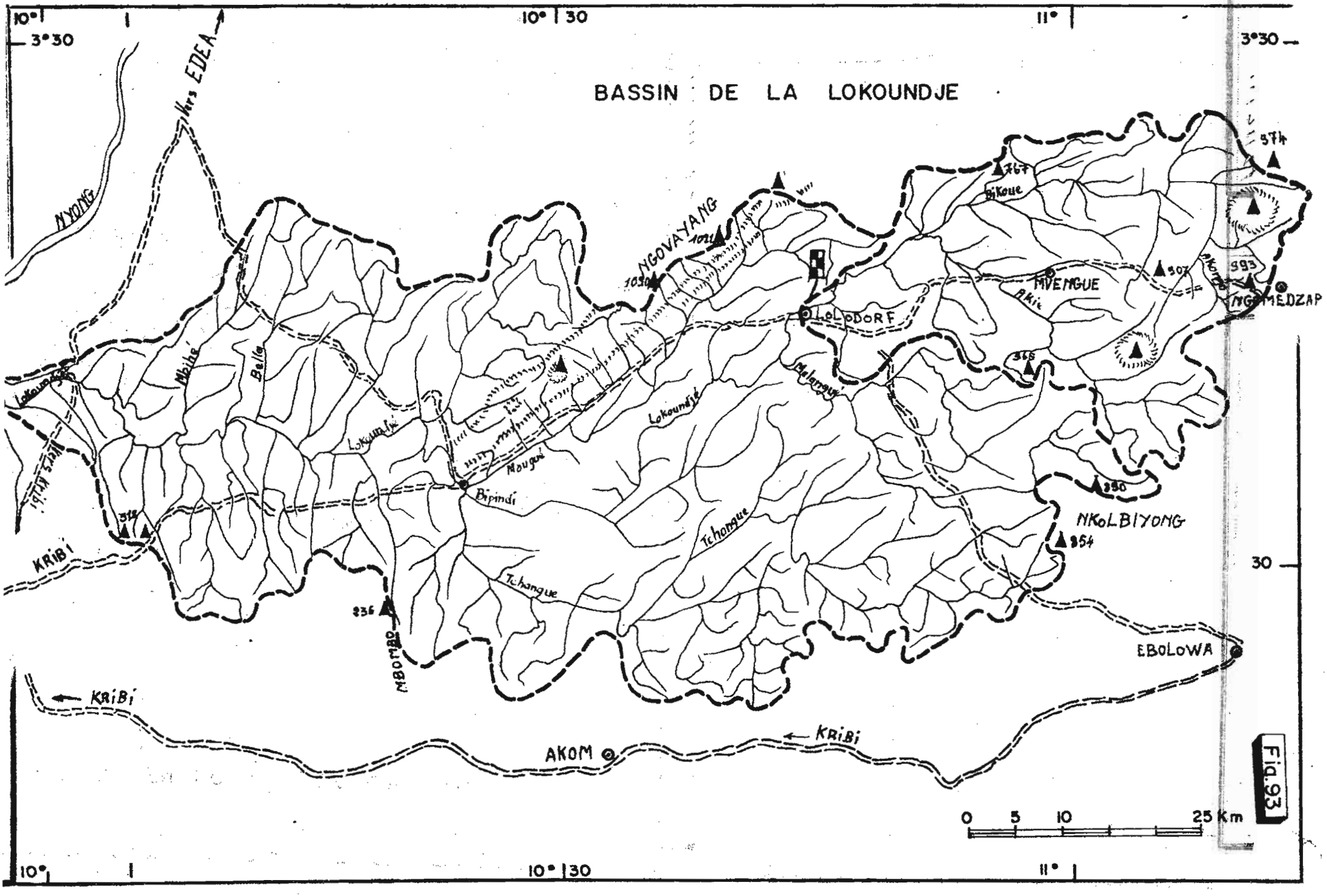

BASSIN DE LA LOKOUNDJE
10°
10° 30
11°
3°30
30
Vers EDEA
NYONG
NGOVAYANG
LOLODORF
MVENGUE
NGOMEDZAP
NKOLBIYONG
EBOLOWA
AKOM
KRIBI
Bipindi
Lokoundjé
Mouguè
Tchangue
Melanguè
Bikoue
Akie
Akombo
Mbihé
Bella
MBOMBO
0 5 10 25 Km

Fig. 93

PROFIL EN LONG DE LA LOKOUNDJE

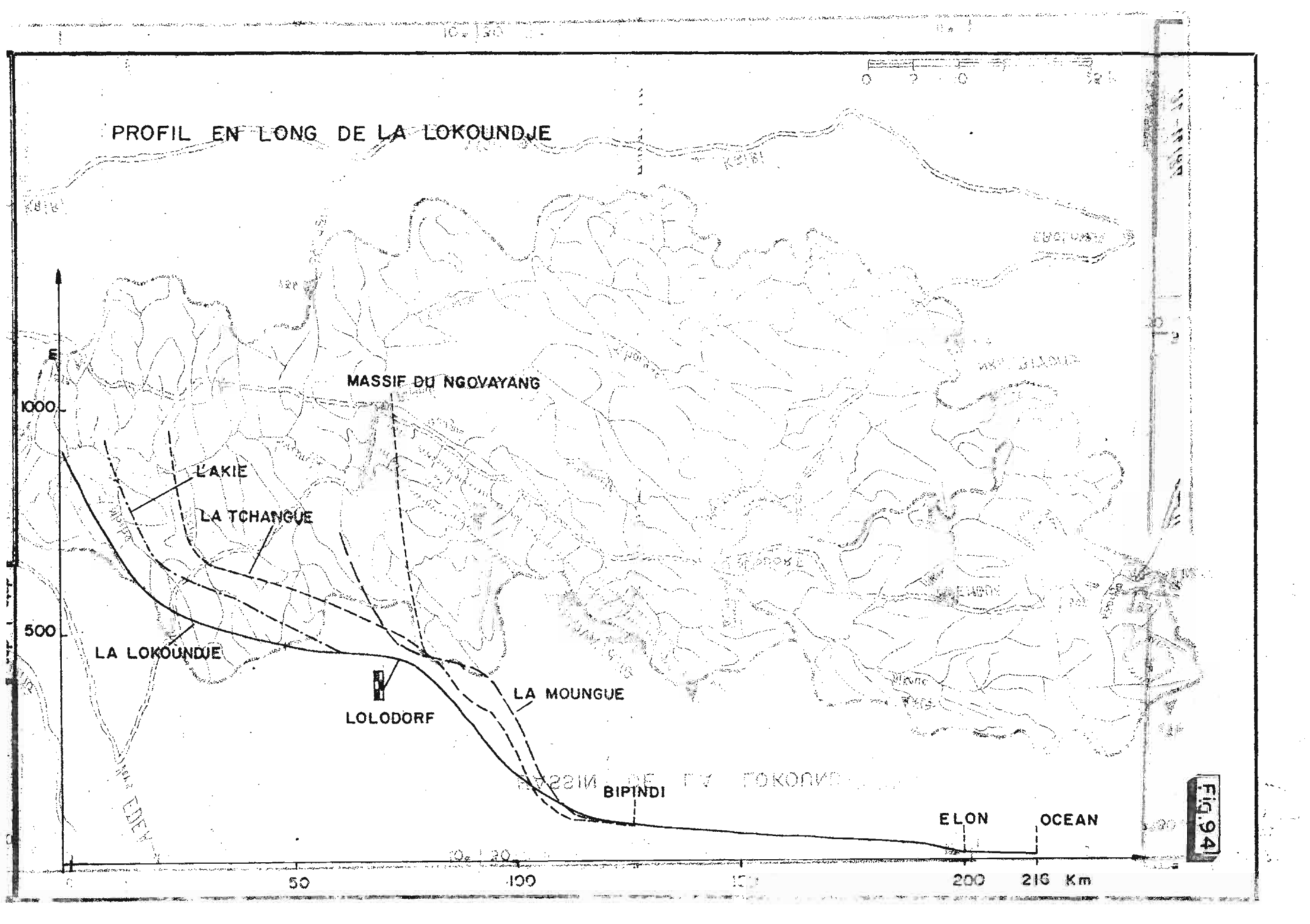


Fig. 94

.1.2 - LE BASSIN DE LA LOKOUNDJE A LOLODORF

Le bassin de la Lokoundjé à Lolodorf a une superficie de 1 150 km2. Ses caractéristiques de forme sont les suivantes :

S km2	Périmètre km	Kc	Rectangle équivalent L	l
1 150	150	1.24	53	22

Le profil en long a été donné figure 94.

La pente moyenne des 60 % médian du profil est de 3.8 m/km.

1.2.1 - EQUIPEMENT HYOROLOGIQUE ET MESURES

La Lokoundjé n'a été étudiée qu'à Lolodorf. Son bassin versant n'est alors que de 1 150 km2 et correspond sur les plan climatique et morphologique à la partie aval du bassin du NYONG comprise entre les stations de Kaya et d'Eseka. Les relevés d'une première station installée en 1945 n'ont pas été exploités, le zéro des échelles n'ayant pu être recalé lors de l'installation en 1951 d'une nouvelle station par l'ORSTOM, et les relevés étant très suspects.

Le 15 mars, une station hydrométrique est installée côté aval de la première pile du pont en rive droite ; elle est composée d'éléments d'échelle de 0 à 5 m, dont le zéro est à 5.788 m sous une borne IGN côtée 442.396 m. Le 6 mars 1971, le zéro de l'échelle est descendu à 5.895 sous la borne.

Une réfection complète de la station est effectuée en 1977 avec même calage du zéro.

Le zéro actuel est à l'altitude 436.501

La station a pour coordonnées : latitude 3° 14 N

longitude 10° 44 E.

Trente neuf jaugeages ont été faits de 1951 à 1977 (tableau53) entre les côtes 033 et 201, pour les débits variant de 3.36 à 99.4 m3/s.

TABLEAU N° 53

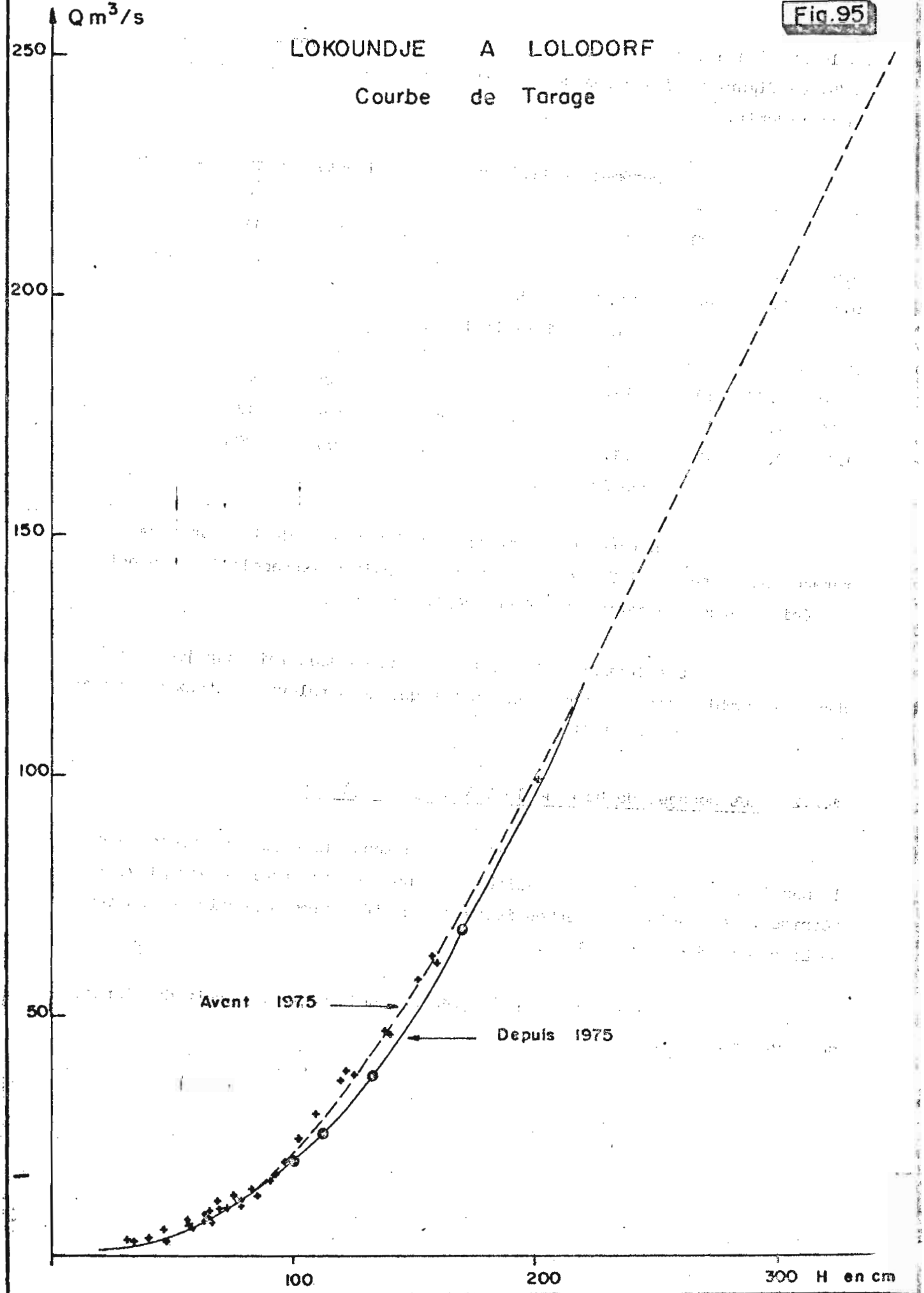
Liste des jaugeages
[illegible]KOUNDJE A LOLODORF.

N°	Date	H. cm	Q m3/s	N°	Date	H. cm	Q m3/s
1	15/3/51	70	11.4	21	8/12/67	92	15.3
2	23/10/51	152	57.1	22	15/1/68	64	7.6
3	3/4/52	57	7.8	23	27/2/68	64	8.5
4	1/53	47	5.1	24	26/11/69	112	25.1
5	22/11/53	140	46.6	25	29/12/70	84	13.3
6	24/11/53	120	36.4	26	6/3/77	65	8.22
7	7/11/53	58	6.3	27	23/2/72	37.5	3.36
8	14/4/54	76	12.9	28	18/2/73	41	3.82
9	31/10/54	158	62.9	29	23/1/74	57	7.00
10	28/5/55	110	28.3	30	31/10/74	200-201	99.4
111	28/5/56	123	38.4	31	9/2/75	67	7.0
12	7/12/56	103	24.1	32	15/3/75	71.5	9.30
13	27/2/57	33	3.6	33	8/1/76	74	9.40
14	7/2/61	79	11.9	34	1/2/76	58	6.3
15	27/8/62	66	9.2	35	27/9/76	133-134	37.6
16	10/11/62	126	37.7	36	6/[illegible]	0.86	12.2
17	14/8/65	93	16.7	37	14/3/77	0.79	10.95
18	30/7/65	77	12.5	38	25/6/77	97	19.3
19	29/10/65	160	61.0	39	1/11/11	171.5	67.2
20	11/11/65	141	46.0				

Fig.95

LOKOUNDJE A LOLODORF

Courbe de Tarage



date des. 79/11-20

Un léger détarage de la section est apparu pour les moyennes eaux depuis 1975. La figure 95 donne les deux courbes d'étalonnage de la relation hauteur-débit.

Les barêmes utilisés sont les suivants : H cm Q en m3/s

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
0.20	1.00	100	20.9	175	75	250	150
0.50	5.5	125	36.0	200	99	275	175
0.75	11.4	150	54.0	225	125	300	200

de 1951 à 1974 inclus ;

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
0.20	1.00	100	19.4	175	70.5	250	150
0.50	4.3	125	32.8	200	96.2	275	175
0.75	10.0	150	51.1	225	123.5	300	200

depuis 1975.

On notera une extrapolation importante de la courbe de tarage, au-dessus de 100 m3/s, soit H = 200 environ extrapolation rendant imprécise la détermination des forts débits de crue.

Les lectures d'échelle effectuées deux fois par jour sont dans l'ensemble bonnes. On note cependant quelques relevés douteux ou incomplets en 1968, 1969 et 1971.

1.2.2 - Les données de base de la Lokoundjé à Lolodorf

La hauteur de précipitation annuelle reçue en moyenne par le bassin est mal connue, par suite de l'absence d'un réel réseau pluviométrique. Le dessin des courbes isohyètes a été estimé à partir des postes de Lolodorf, Makak et Ebolowa.

La lame d'eau précipitée en année moyenne serait de l'ordre de 1 880 mm.

TABLEAU N° 54

LOKOUNDJE A LOLODORF.

Débits moyens mensuels et annuels.

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1950-51										6.6	9.1	19.4	
51 52	17.6	9.0	10.1	14.6	8.5	15.9	63.5	61.2	15.2	7.2	6.1	6.2	19.8
52-53	20.8	34.1	31.7	21.9	11.5	17.5	60.8	39.4	16.1	8.4	6.6	13.8	23.6
53-54	24.3	28.8	29.3	19.0	9.3	19.4	38.7	50.0	13.1	6.8	10.3	12.3	21.8
54-55	26.8	32.0	71.9	22.6	11.5	22.7	55.9	49.9	20.6	9.0	7.7	20.5	29.3
55 56	32.3	32.9	29.5	15.3	10.5	25.2	45.0	51.7	15.4	7.4	8.5	20.9	24.6
56 57	55.4	46.1	48.4	15.8	8.0	21.9	58.1	55.1	20.9	10.0	3.8	14.2	29.9
57 58	25.5	24.6	18.1	10.5	7.4	29.8	51.3	74.1	34.4	12.7	6.7	8.8	25.4
58 59	25.0	29.1	14.7	6.3	4.2	11.2	39.1	40.8	20.4	8.1	4.0	6.0	17.5
59 60	17.8	27.9	14.4	7.8	11.2	30.6	63.9	61.9	21.6	10.0	6.0	11.2	23.7
60 61	20.5	32.5	30.1	20.4	14.4	36.7	67.5	61.2	24.7	12.5	5.9	7.3	27.9
61 62	25.5	20.1	14.2	6.5	3.1	24.2	49.1	37.9	11.4	4.3	2.8	19.0	18.3
62 63	42.2	42.6	38.4	19.8	9.3	43.1	67.6	55.5	26.5	11.3	8.1	12.1	31.4
63 64	30.5	32.3	25.4	24.4	10.0	69.9	72.0	53.3	14.7	8.8	8.5	15.6	30.4
64 65	40.1	51.4	52.1	13.7	13.9	61.9	131	178	108.1	4.9	16.5	57.8	47.8
65 66	26.6	20.8	63.7	22.1	20.0	61.3	73.9	34.3	22.7	14.8	20.1	25.5	34.6
66 67	28.6	58.0	61.2	49.9	26.9	21.3	76.7	94.5	32.5	18.1	10.8	6.72	40.6
67 68	9.15	33.6	80.8	13.1	16.1	29.4	56.5	112.8	(30)	8.1	6.0	19.1	(34.5)
68 69	20.20	29.3	(35)	11.3	8.7	24.6	49.5	48.3	22.1	8.7	8.0	32.9	(25.1)
69 70	37.0	37.9	30.2	14.4	18.2	43.7	54.8	51.9	21.3	9.7	6.1	12.7	28.3
70 71	32.8	46.6	44.4	19.3	29.3	56.0	101	79.3	21.4	10.3	6.0	11.2	38.3
71 72	18.30	39.2	33.7	17.1	26.6	30.5	93.0	53.8	(20)	7.5	6.5	20.0	(30.7)
72 73	30.30	29.0	38.1	12.9	10.9	28.7	63.0	47.3	17.4	7.6	5.7	9.70	25.0
73 74	27.20	33.4	49.0	21.6	17.0	32.8	69.7	29.1	14.4	8.5	6.9	12.5	26.9
74 75	22.6	24.1	22.5	6.5	5.0	48.8	42.8	8.9	24.1	7.4	5.8	11.2	19.2
75 76	29.20	29.9	24.1	32.8	9.7	17.3	44.7	72.8	21.5	8.5	9.7	19.2	26.6
76 77	30.3	31.8	36.0	15.4	10.2	20.6	108.0	87.9	23.5	11.4	9.70	8.60	32.9
MED	26.7	32.1	32.7	15.6	10.7	29.0	61.9	53.5	21.3	8.50	6.70	12.7	27.4
ET	9.24	10.2	18.3	9.10	7.38	15.8	22.1	32.0	18.0	2.91	3.59	10.5	7.1
MOYE	27.6	33.0	36.4	17.5	13.1	32.5	65.3	61.2	24.4	9.21	7.84	16.1	282
Q1	30.5	37.9	48.4	21.6	16.1	43.1	72.0	72.8	24.1	10.3	9.10	19.4	32.1
Q3	20.8	28.8	24.1	12.9	8.70	21.3	49.5	47.5	16.1	7.50	6.00	9.70	23.6

TABLEAN N° 55

LOKOUNDJE A LOLODORF.

Débits caractéristiques en m3/s.

ANNEE	Etiage	Date	10	30	90	180	95	30	10	Crue	Date
1951 52	2.8	5/3	3.6	5.3	7.2	10.0	20.9	66.0	82.0	100	1/11
52 53	3.3	22/2	4.0	5.5	10.6	16.4	31.0	54.0	71.0	111	21/10
53 54	3.2	10/3	4.5	7.2	9.8	16.4	28.9	46.0	62.0	89.0	17/11
54 55	3.2	22/2	4.2	7.2	12.0	20.4	40.0	64.0	87.0	216	9/6
55 56	3.6	20/2	5.1	6.8	11.4	20.0	33.0	49.0	66.0	120	6/11
56 57	2.2	14/2	3.0	4.9	10.0	22.0	46.0	69.0	89.0	109	27/10
57 58	3.5	6/3	4.5	5.5	8.8	15.7	36.0	62.0	80.0	118	3/11
58 59	1.7	26/2	2.8	3.3	4.9	11.2	25.4	42.0	54.0	67.0	11/5
59 60	3.3	2/3	3.6	5.1	7.6	14.3	34.0	64.0	75.0	114	31/10
60 61	3.3	16/3	4.5	6.5	12.3	20.9	36.0	69.0	84.0	120	4/11
61 62	1.0	4/3	2.0	2.8	5.1	11.4	26.5	49.0	58.0	69.0	27/10
62 63	3.0	17/3	5.9	7.6	11.2	26.5	49.0	69.0	76.0	114	21/4
63 64	2.9	29/2	5.5	7.6	10.0	16.4	42.0	71.0	89.0	120	7/10
64 65	2.2	31/1	2.9	3.6	11.4	46.0	78.0	166	190	200	9/11
65 66	8.8	1/8	11.4	14.6	20.0	25.4	45.0	75.0	89.0	99.0	22/9
66 67	2.9	11/3	4.5	8.8	18.6	29.5	62.0	71.0	150	160	7/11
67 68	(4.2)	12/3	4.9	6.1	(8.8)	(20.9)	(39.0)	93.0	120	160	26/11
68 69	3.0	15/2	3.8	7.2	(10.3)	(20.4)	(33.0)	(54.0)	(67.0)	(78.0)	11/10
69 70	3.5	17/2	4.7	7.4	11.7	20.0	39.0	62.0	78.0	91.0	19/9
70 71	4.7	10/2	5.3	7.4	12.9	25.4	49.0	88.0	133	183	4/11
71 72	3.3	10/1	5.5	6.3	(13.6)	(28.3)	(35.0)	84.0	104	127	13/10
72 73	3.5	18/3	4.7	6.1	9.5	19.5	34.0	56.0	75.0	86.0	24/10
73 74	3.8	21/2	5.3	7.2	11.7	19.1	36.0	57.0	77.0	125	22/10
74 75	2.9	15/8	3.3	4.7	7.0	16.4	34.0	66.0	92.0	119	28/10
75 76	3.3	5/2	5.5	7.6	10.6	20.4	34.0	60.0	83.0	136	7/11
76 77	5.1	14/2	6.3	7.4	10.9	18.6	37.0	89.0	118	220	28/10
MED	3.30		4.50	6.65	10.6	20.0	36.0	65.0	82.5	118.5	
ET	1.38		1.73	2.22	3.35	7.19	11.6	23.7	30.4	41.8	
Q1	3.50		5.30	7.40	11.7	22.0	42.0	71.0	92.0	136	
Q3	2.90		3.60	5.30	8.80	16.4	33.0	56.0	75.0	99.0	

Fig.96

LOKOUNDJE à LOLODORF

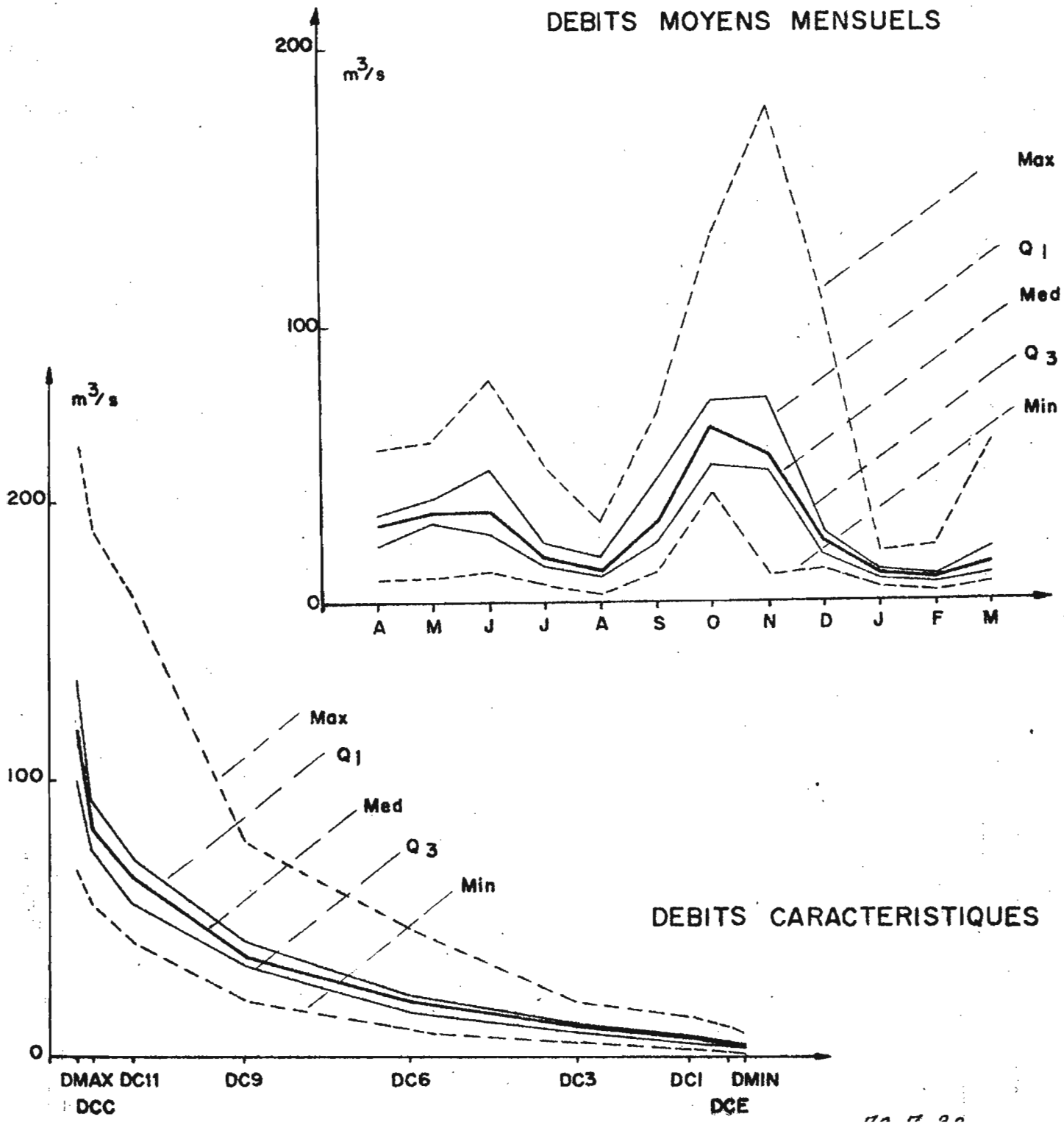
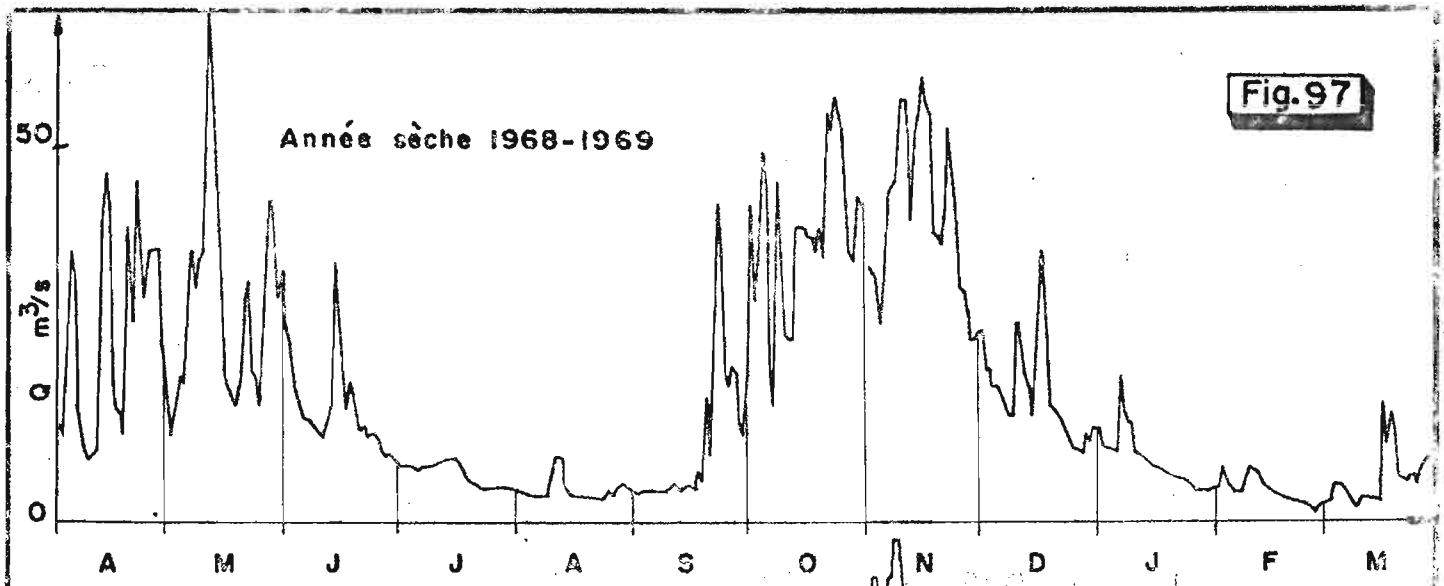


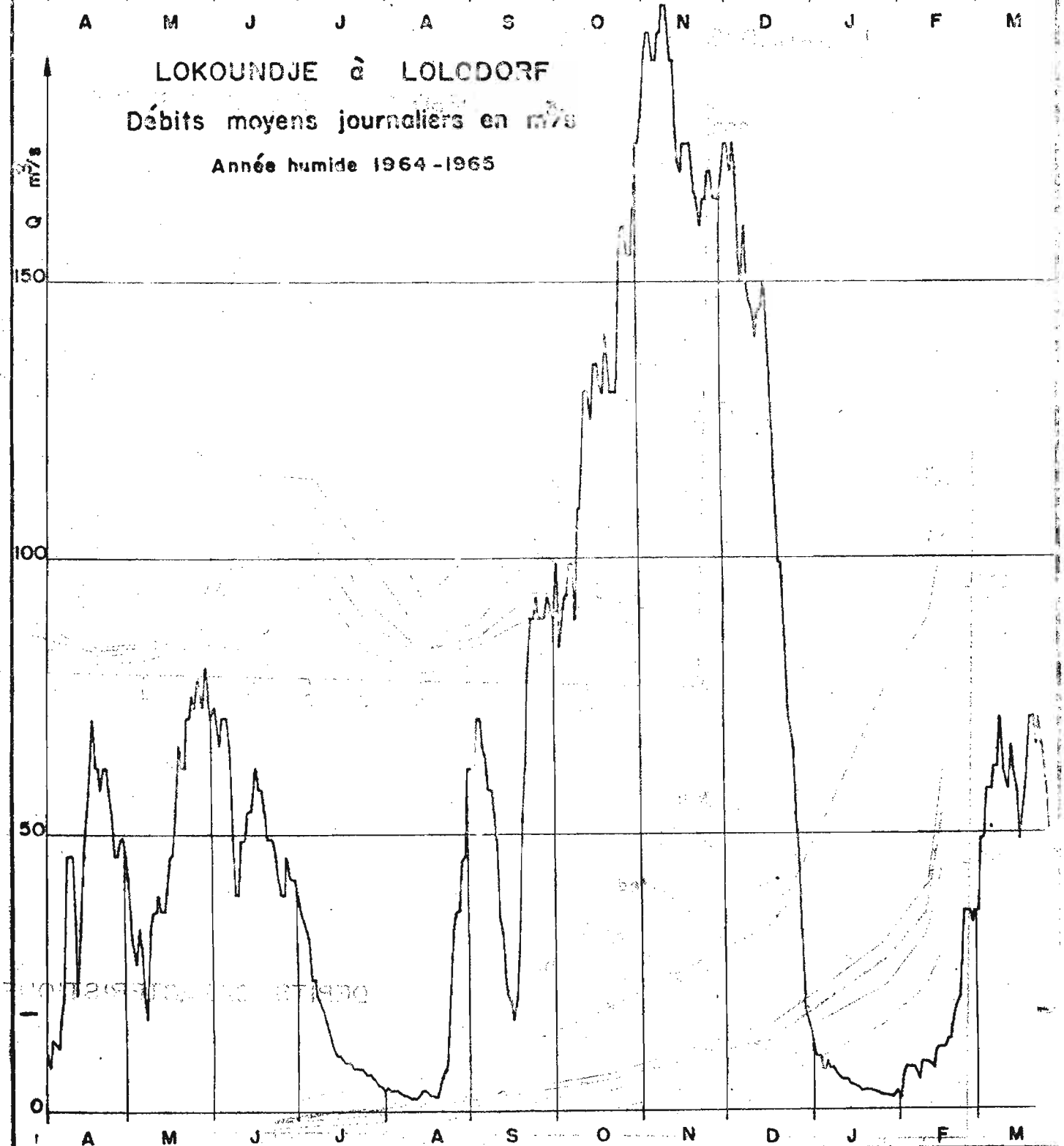
Fig. 97



LOKOUNDJE à LOLODORF

Débits moyens journaliers en m³/s

Année humide 1964-1965



date	des.
78/12-25	

Les données de base indiquées dans les tableaux 54 et 55 portant sur les débits mensuels et les débits caractéristiques pour 26 années d'observation montrent :

- un module interannuel de 28.2 m3/s, soit 24.5 1/s km2 ;
- un étiage médian observé de 3.30 m3/s, soit 2.87 1/s km2, avec un débit minimum sur la période de 1.0 m3/s 0.87 1/s km2 (1962) ;
- un maximum de crue médian de 118.5 m3/s, soit 103 1/s km2 ; et un maximum sur la période de 220 m3/s, soit 191 1/s km2 (1976)

Les graphes de la figure 96 montrent les variations des débits mensuels et caractéristiques pour les valeurs extrêmes, les quartiles et médianes. La figure 97 donne 2 exemples d'hydrogrammes annuels.

1.3 - ETUDE DES BASSES-EAUX

1.3.1 - Le tarissement

Pendant la période des basses-eaux, les débits de la rivière sont essentiellement alimentés en décembre et janvier par le tarissement des nappes du bassin. Les épisodes pluvieux de saison sèche sont cependant assez nombreux pour masquer certaines années le tarissement pur. Celui-ci n'est pratiquement jamais observé pendant la petite saison sèche. D'une année à l'autre, les coefficients de tarissement sont très variables, de 0.036 à 0.021, avec une valeur moyenne de 0.0286. Exceptionnellement, et en dessous de 4 à 5 m3/s, on peut observer un tarissement secondaire plus lent (α = 0.011 à 0.015).

1.3.2 - Les étiages absolus

Les étiages absolus apparaissent 24 fois sur 26 pendant la grande saison sèche, répartis sur janvier, février,mars et 2 fois en août.

Mois	Janvier			février			mars			août	
Décade	:1-10	11-31	21-3	1-10	11-20	21-28	1-10	11-20	21-2	1-10	11-20
Nombres d'étiages	1	0	1	2	5	5	5	5	0	1	1

La distribution statistique des dates d'apparition des étiages montrent que les étiages absolus de grande saison sèche apparaissent, avec 60 % d'occurrence entre le 14 février et le 9 mars, la date médiane se situant le 26 février.

Par rapport à cette date, l'occurrence d'observer sous ces latitudes un démarrage précoce de la saison des pluies, est plus grande que d'observer un retard. Ceci explique la dissymétrie hypogaussique de la distribution des dates d'étiages absolus, celles-ci étant plus précoces qu'elles ne seraient tardives, pour une même fréquence de retour.

L'échantillon des étiages absolus présente une forte dispersion pour laquelle l'ajustement hypergaussique de lois dissymétriques ne s'est pas révélé très satisfaisant ; ceci peut être dû à une mauvaise extrapolation vers les plus basses eaux de la relation hauteur-débit.

L'ajustement par les lois de GALTON et de GUMBEL donne des résultats voisins (voir figure 97a).

Période de retour (années sèches)

Etiage absolu	Moyenne	Médiane	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
m3/s	3.42	3.21	2.36	1.99	1.72	1.45
1/s km2	2.97	2.79	2.05	1.73	1.50	1.26

Le débit le plus faible ayant été estimé à 1/m3/s, sa faible occurrence nous a incité à corriger les 4 débits les plus bas suivant un ajustement graphique à l'échantillon de valeurs dépassées dans 80 % des cas. On aboutit à une nouvelle prédétermination des étiages.

Période de retour (années sèches)

Etiage absolu	Moyenne	Médiane	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
m3/s	3.5	3.2	2.80	2.55	2.35	2.15
1/s km2	3.04	2.79	2.43	2.22	2.04	1.87

L'ensemble des valeurs ainsi indiquées donne une fourchette probable des étiages de la Lokoundjé pour diverses périodes de retour.

Nous retiendrons, les valeurs moyennes des étiages absolus spécifiques :

- de 3 1/s km2 pour l'étiage absolu moyen ;
- de 2.8 1/s km2 pour l'étiage absolu médian ;
- de 2 1/s km2 pour l'étiage absolu décennal sec.

L'étude de corrélations entre débits caractéristiques montre des relations de qualité moyenne, qualité moyenne due probablement à l'incidence des basses eaux de la 2ème saison sèche.

On a pour le débit d'étiage non dépassé pendant 10 jours

DCE = 1.16 Dmin + 0.74 r = 0.923

et pour le débit non dépassé pendant 30 jours

DC1 = 1.37 Dmin + 1.89 r = 0.852.

1.4 - ETUDE DES CRUES

L'hydrogramme annuel présente deux périodes de hautes eaux aux deux saisons des pluies d'inégale ampleur.

Le maximum annuel apparait généralement au cours de la grande saison des pluies. Le maximum de la petite saison des pluies est cependant plus fort que sur le NYONG. Ainsi sur l'ensemble des 26 années d'observation, le maximum principal est apparu 3 fois pendant la petite saison des pluies. La crue de printemps dépasse 21 fois sur 26, la crue minimale de grande saison des pluies, 4 fois, la valeur du quartile annuel moyen. La crue du 9 juin 1954 constitue le 2è plus fort débit de l'échantillon de 26 années.

Le carectère équatorial du climat est plus marqué que sur le NYONG. La date d'apparition du maximum de "petite saison des pluies" généralement secondaire, peut varier de début avril à la mi-juillet. Elle a été décomptée par décades ci-dessous.

	avril			mai			juin			juillet	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
n Max	1	1	2	1	2	8	5	1	2	2	1
Max annuel		1			1			1			

Le maximum secondaire est centré sur la dernière décade de mai et la première de juin.

Le maximum de grande saison des pluies, maximum annuel dans 90 % des cas, apparaît de septembre à novembre suivant le décompte donné ci-dessous par décades.

Mois	septembre			octobre			novembre		
décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3
n	0	1	2	1	2	8	9	2	1

La distribution des dates d'apparition de la crue maximale est hypogaussique. La date médiane se situe le 30 octobre et est comprise dans 60 % des cas entre le 15 octobre et le 12 novembre.

L'échantillon des débits maximums a été ajusté à diverses lois de distribution. Les meilleurs ajustements sont obtenus avec les lois de GUMBEL, GALTON et FRECHET. La figure 97a donne l'ajustement des maximums annuels suivant une loi de GALTON.

Les résultats de prédétermination des débits de pointes de diverses récurrences sont donnés ci-après :

		Années humides					
Période de retour	Médiane 2 ans	Moyenne 5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
m3/s	117	125	153	179	204	239	266
1/s km2	102	109	133	156	177	208	231

L'étude de corrélations entre les débits caractéristiques de crue aboutit à des relations assez lâches qui s'expliquent par la taille du bassin favorisant l'occurrence d'évènement de crue indépendantes les unes des autres.

Les équations des droites de régression sont les suivantes :

Pour le débit dépassé pendant 10 jours

$DCC = 0.54 \ Dmax + 23.2 \qquad r = 0.739$

Pour le débit dépassé pendant 30 jours

$DC_{11} = 0.37 \ Dmax + 23.4 \qquad r = 0.644$

1.5 - MODULES ET TERMES DU BILAN

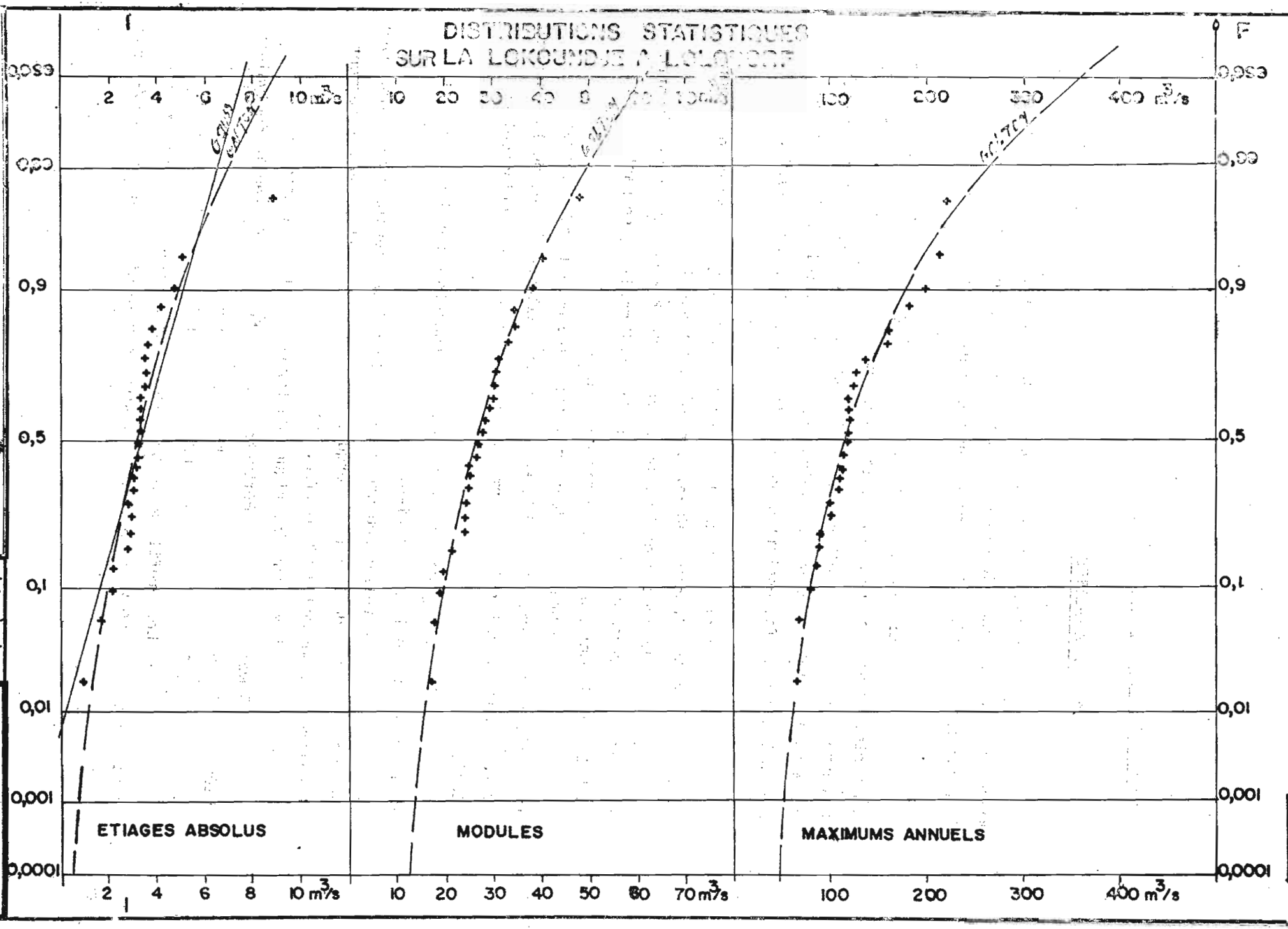
L'étude fréquentielle des modules met en évidence une dissymétrie positive assez marquée, pour laquelle un ajustement suivant une loi de GALTON parait le mieux approprié (figure 97a).

Les caractéristiques de la distribution des modules de récurrences données, en années sèches et humides sont donnés ci-après en m3/s, 1/s km2 et lames d'eau écoulées (He en mm).

	Années sèches			Médiane moyenne		Années humides		
Récurrence	100	50	10	2	-	10	50	100
m3/s	16.3	17.2	20.2	27.2	28.2	37.5	46.0	49.5
1/s km2	14.2	15.0	17.6	23.7	24.5	32.6	40	43
He mm	448	473	555	747	773	1028	1261	1356

Le coefficient K3 est égal à 1.85.

Avec une hauteur de précipitations moyennes annuelles de 1 880 mm, le déficit d'écoulement, représentant l'évapotranspiration réelle, serait de 1 107 mm, valeur qui ne couvre pas complètement les besoins de l'évapotranspiration potentielle estimée à environ 1 180 mm pour la région. Le coefficient d'écoulement est de 41 %.


DISTRIBUTIONS STATISTIQUES
SUR LA LOKOUNDJE A LOLOMORF
F
0,999
0,99
0,9
0,5
0,1
0,01
0,001
0,0001
2 4 6 8 10 m³/s
10 20 30 40 50 60 70 m³/s
100 200 300 400 m³/s
ETIAGES ABSOLUS
MODULES
MAXIMUMS ANNUELS
date
des.
78/4-18
Fig.97a

2 - LA KIENKE ET LA LOBE A KRIBI

2.1 - GENERALITES

Ces deux petits fleuves se jettent dans l'océan à quelques kilomètres de distance, la Kienké au Nord par une succession de rapides dans le petit port de Kribi, la seconde par des chutes directement dans la mer.

Leurs bassins versants sont entièrement occupés par la forêt équatoriale dense encore peu exploitée, peu habitée. La récente publication de cartes en courbes de niveau a permis de préciser les limites des bassins versants jusqu'alors estimées à partir du chevelu hydrologique principal et des quelques reliefs, assimilés un peu vite aux limites de bassins.

C'est ainsi que le bassin versant de la Kienké a une superficie de 1 435 km2 (contre 940 km2 estimés auparavant).

Le bassin de la Lobe couvre 2 305 km2 de superficie (contre 1 940 km2 précédemment estimés). Le massif des Mammelles, en particulier, fait intégralement partie du bassin de la Lobe.

La branche majeure des deux fleuves a la même longueur (130 km), mais tandis que la Kienke a un bassin allongé au Sud de la Lokoundjé aval, la Lobé a un bassin de forme compacte ; son affluent principal est la Niété.

Le substratum géologique est constitué par les gneiss et embréchites du socle précambrien.

Le relief peu prononcé sur la majeure partie des bassins avec de faibles pentes devient bien marqué, à l'amont et à l'Est avec notamment des sommets dépassant 1 000 m (fig. 98).

Les caractéristiques de forme sont les suivantes :

	S km2	Périmètre km	Kc	Rectangle équivalent L km	l km
Kienké	1 435	190	1.40	76	19
Lobe	2 305	195	1.14	58	40

Les profils en long donnés dans la figure 99 présentent des pentes moyennes (60 % médians) de 2.5 m/km pour la Kienke et de 2.1 m/km pour la Lobe.

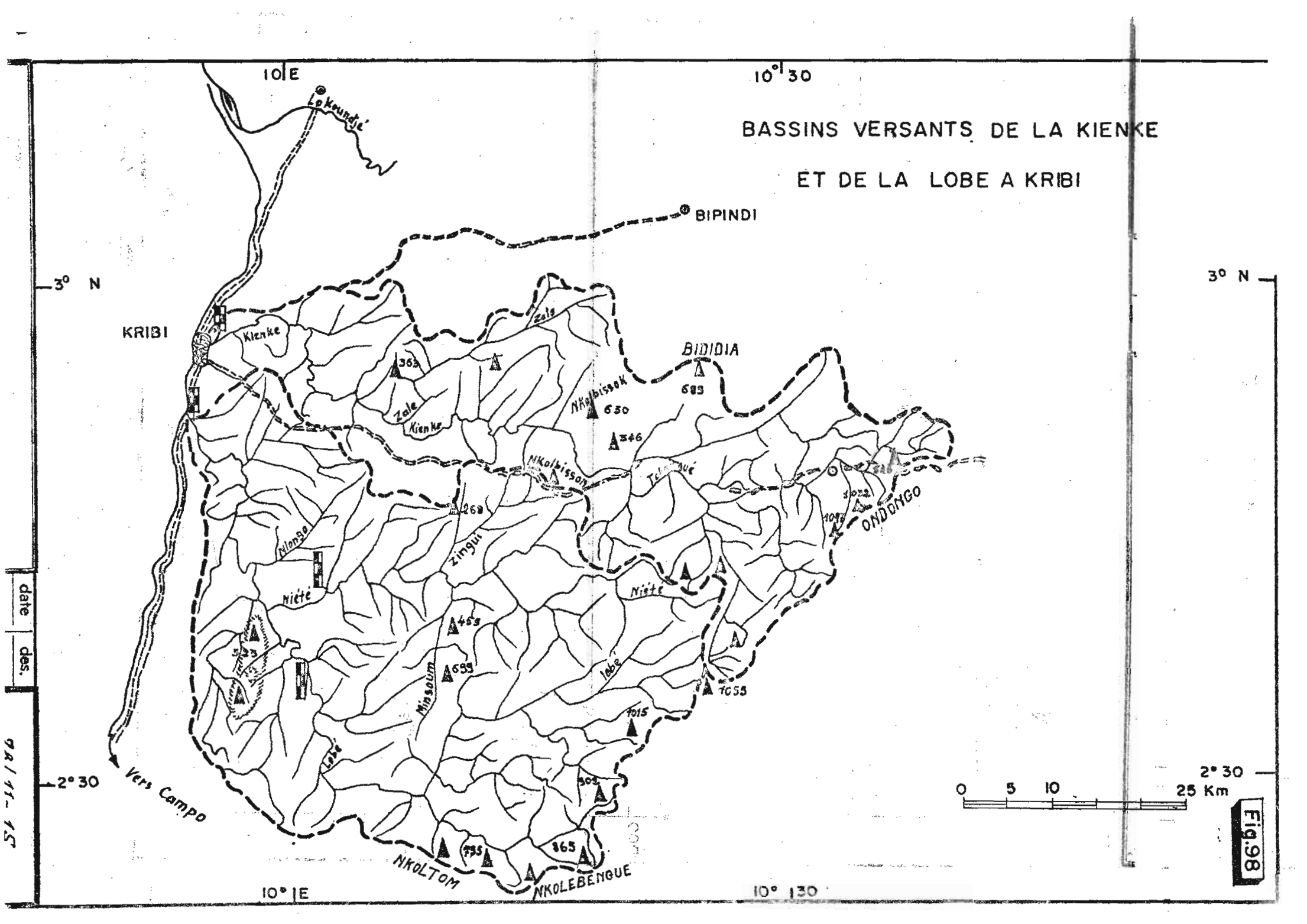
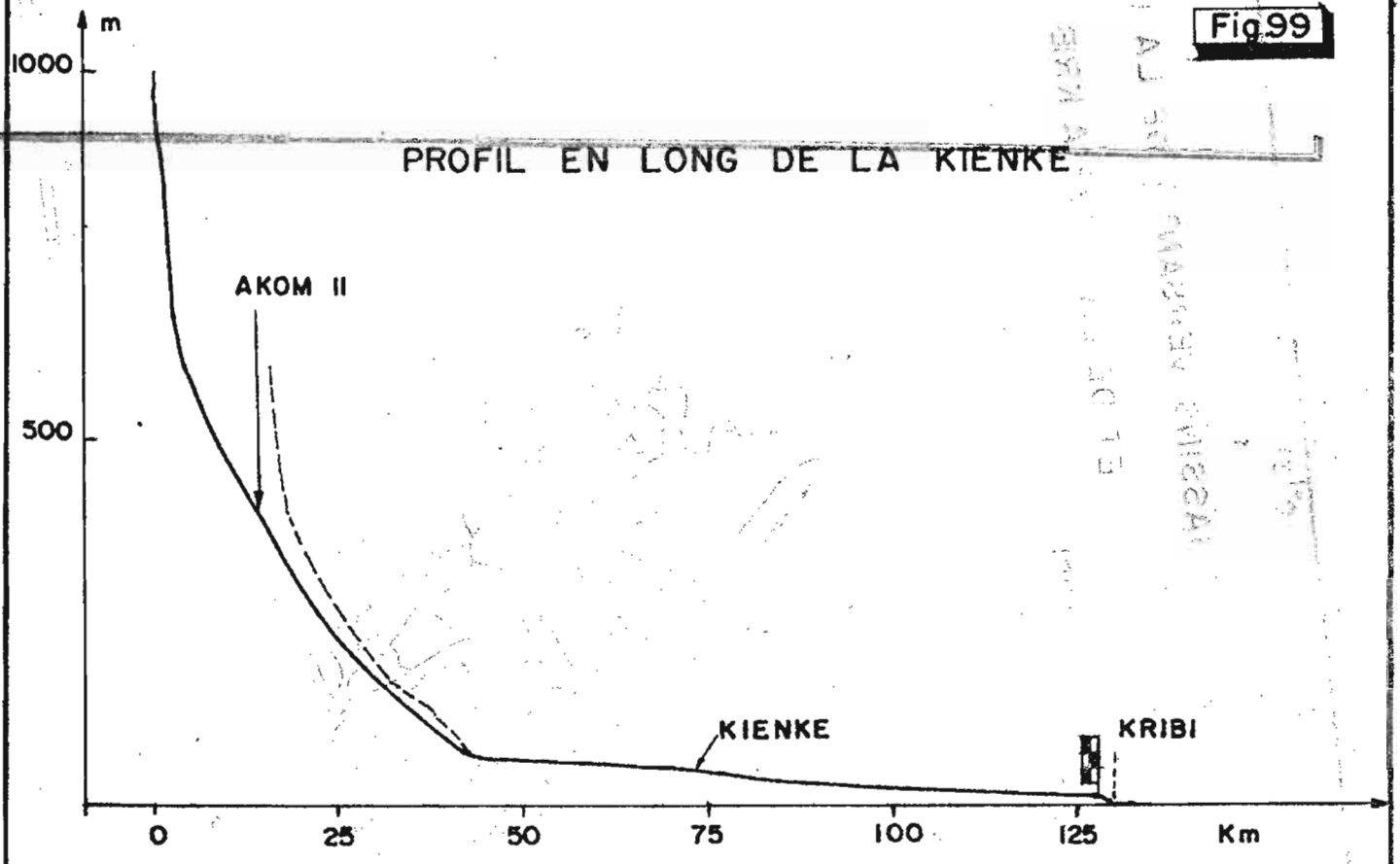
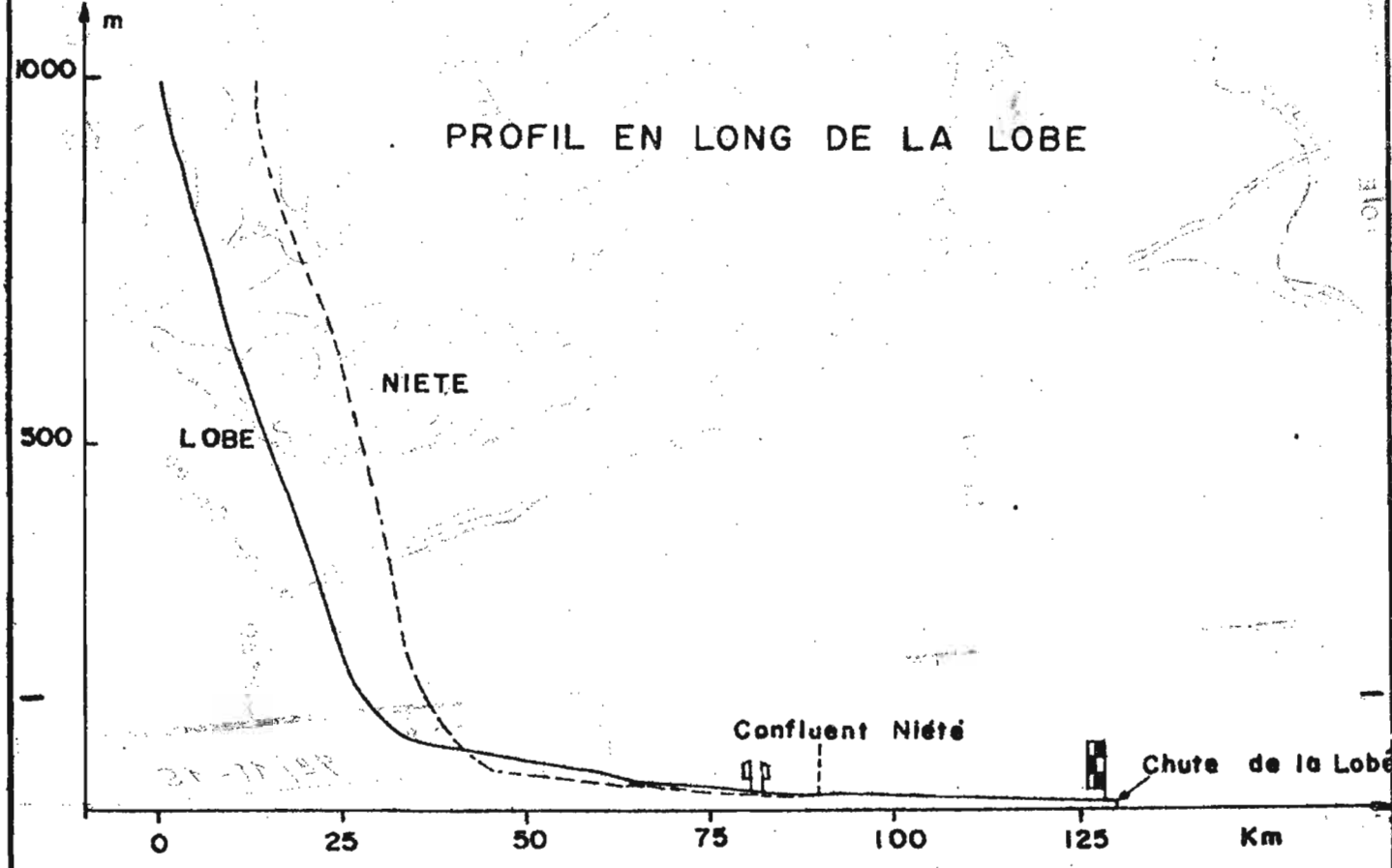

BASSINS VERSANTS DE LA KIENKE
ET DE LA LOBE A KRIBI
10 E
10° 30
3° N
2° 30
10° E
10° 30
Lokoundjé
BIPINDI
KRIBI
Kienke
Zale
Kienke
Zale
363
BIDIDIA
683
NKolbissok
630
346
NKolbisson
Tchangué
269
Zingui
Nlongo
Niété
Niété
ONDONGO
1032
1097
453
699
Minsoum
Lobé
Lobé
1055
1015
305
865
735
Vers Campo
NKOLTOM
NKOLEBENGUE
0 5 10 25 Km
date
des.
Fig.98

Fig 99

PROFIL EN LONG DE LA KIENKE



PROFIL EN LONG DE LA LOBE



	date	des.
	18/12/87	

2.2 - EQUIPEMENTS ET MESURES HYDROMETRIQUES

La Kienké à Kribi :

La station hydrométrique, contrôlant un bassin versant de 1 435 km2, a pour coordonnées : latitude 2° 56' N ; longitude 9° 54' E.

Elle a été installée le 5 juin par l'ORSTOM en 1955 en rive droite au droit de la scierie (SEFA) aujourd'hui désaffectée, située près du marché. Elle est composée d'éléments de 0 à 5 m.

Une autre station installée à la Mission Catholique a été abandonnée.

Vingt et un jaugeages effectués de 1962 à 1977, entre les côtes 208 et 404, pour des débits variant de 8.93 à 149 m3/s (cf. tableau 56) ont permis de tracer une courbe d'étalonnage acceptable (voir fig. 100) et de retenir un seul barème de traduction hauteurs-débits, donné ci-après :

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
180	5.4	260	37.6	340	96.2	420	161
200	7.6	280	52.0	360	112	440	177
220	11.7	300	66.2	380	129	460	193
240	23.0	320	80.8	400	145	480	(209)
						500	(225)

L'extrapolation de la courbe de hautes eaux est relativement importante. Celle des basses eaux s'appuie sur les jaugeages les plus bas, mais reste imprécise.

Les lectures sont effectuées une fois par jour. Les relevés de 1961 à 1965 (5 ans) visiblement douteux n'ont pas été pris en compte ici. Le lecteur a été remplacé et les relevés quoique de meilleure qualité montrent quelques lacunes et sont parfois approximatifs.

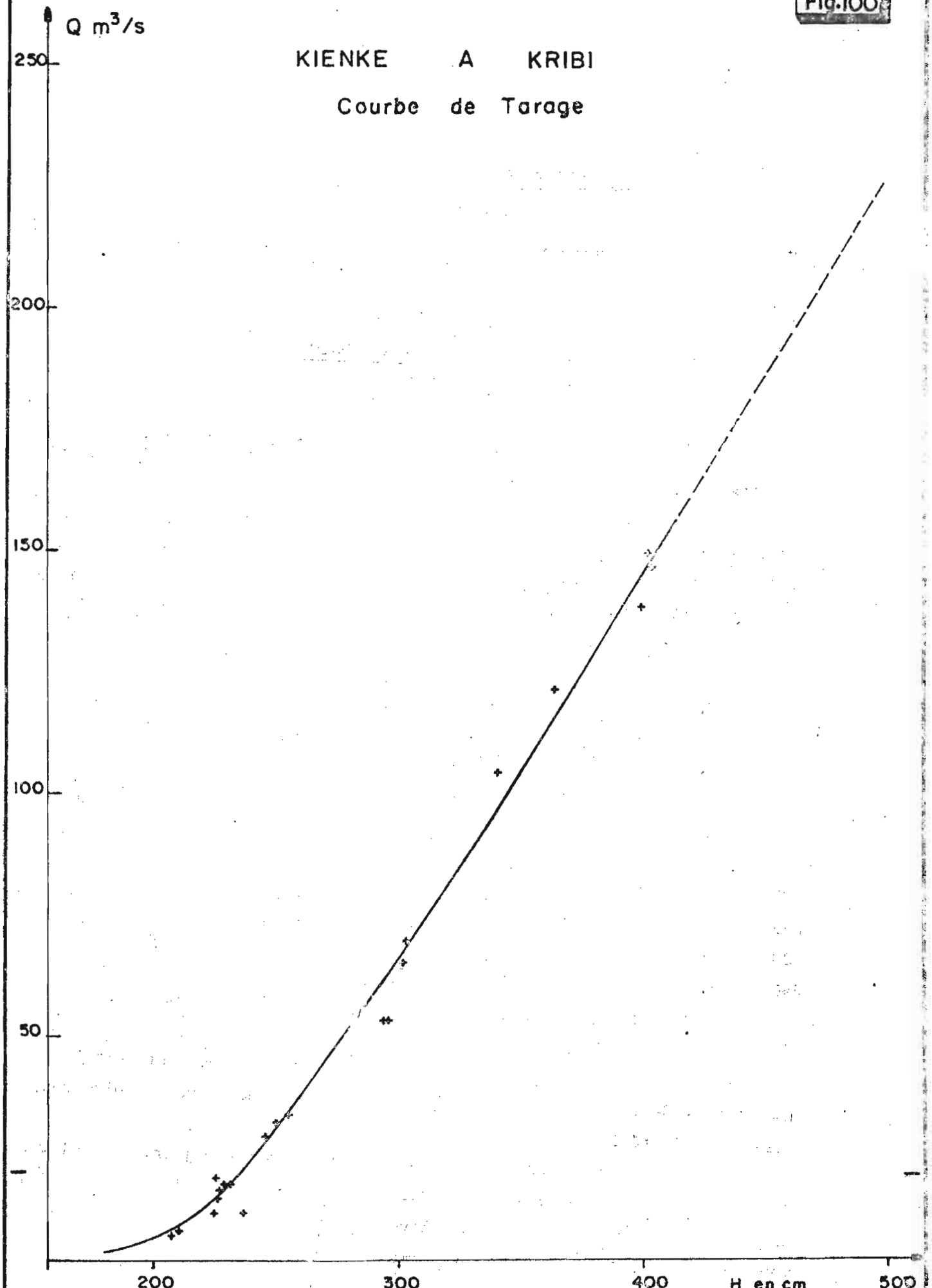


Fig.100
Q m³/s
KIENKE A KRIBI
Courbe de Tarage
250
200
150
100
50
200
300
400
H en cm
500
date
des.
18/11/22

TABLEAU 56

LA KIENKE A KRIBI

Liste des jaugeages

N°	Date	H. cm	Q m3/s	N°	Date	H. cm	Q m3/s
1	26/8/62	225	13.6	11	30/11/71	283	54.0
2	26/3/64	229-231	19.8	12	18/10/73	404	146
3	31/3/64	246	29	13	18/10/73	403	149
4	19/1/68	227	18.9	14	31/10/74	364	121
5	1/8/68	210	9.45	15	9/ 2/75	226	16.2
6	28/11/69	302	65.8	16	12/ 9/75	250	31.8
7	5/4/70	297-295	53.6	17	28/10/75	400	138
8	22/11/70	304	69.0	18	7/ 1/76	238	13.8
9	5/ 3/71	226	10.30	19	25/ 6/77	255	33.3
10	19/2/73	208	8.93	20	2/11/77	341.5-341	104.5

LA LOBE A KRIBI

Contrôlant un bassin versant de 2 305 km2, la station a pour coordonnées : latitude 2° 52' N ; longitude 9° 53' E.

Elle est située en rive droite à l'amont du bac de la route Kribi-Campo à environ 10 km de Kribi.

Une première station implantée par ENELCAM (potentiel hydro-électrique des chutes) a été suivie du 15 janvier 1950 au 10 mai 1952, date à laquelle elle a été détruite.

Une seconde station a été installée par l'ORSTOM, le 12 avril 1953. Elle est composée d'éléments d'échelle de 0 à 4 m. Son zéro est à 3.439 m sous une borne repère.

Le zéro de la première station n'a pu être rattaché au zéro de l'échelle actuelle. Il semblerait cependant que la côte 100 actuelle corresponde à la côte 664 de l'ancienne échelle. Les relevés de 1950-1951 n'ont pas été utilisés.

Six mesures de débit ont été effectuées en 1950 et 1951 et recalées en hauteurs de la nouvelle échelle suivant la correspondance probable. Trente neuf jaugeages, effectués depuis 1953 entre les côtes 071 et ? 264, pour des débits variant de 12.3 à 331 m3/s, permettent de tracer une courbe d'étalonnage précise sans dispersion notable (voir tableau des jaugeages n° 57 et fig. 101) sauf pour les basses eaux.

Le barême utilisé est le suivant :

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
30	2.00	100	20.0	175	114	250	308	325	516
50	4.40	125	42.6	200	171	275	377	350	586
75	8.90	150	74.0	225	239	300	446		

Les lectures sont effectuées deux fois par jour. Elles sont régulières et paraissent de bonne qualité. Les lacunes sont relativement peu nombreuses. Signalons aussi l'existance pendant plusieurs années de deux stations amont, installées à la demande de la Direction des Mines et de la Géologie, qui prospectait le massif des Mamelles, sur la Niété et sur la Lobe en amont du confluent de la Niété. Ces stations dites "au Bac des Mines" et "au Bac D.M.G." ont fonctionné plus ou moins régulièrement de 1957 à 1964 pour la Niété et 3 jaugeages sur la Lobe supérieure n'ont pas permis une exploitation des relevés effectués.

Fig.101

LOBE A KRIBI

Courbe de Tarage

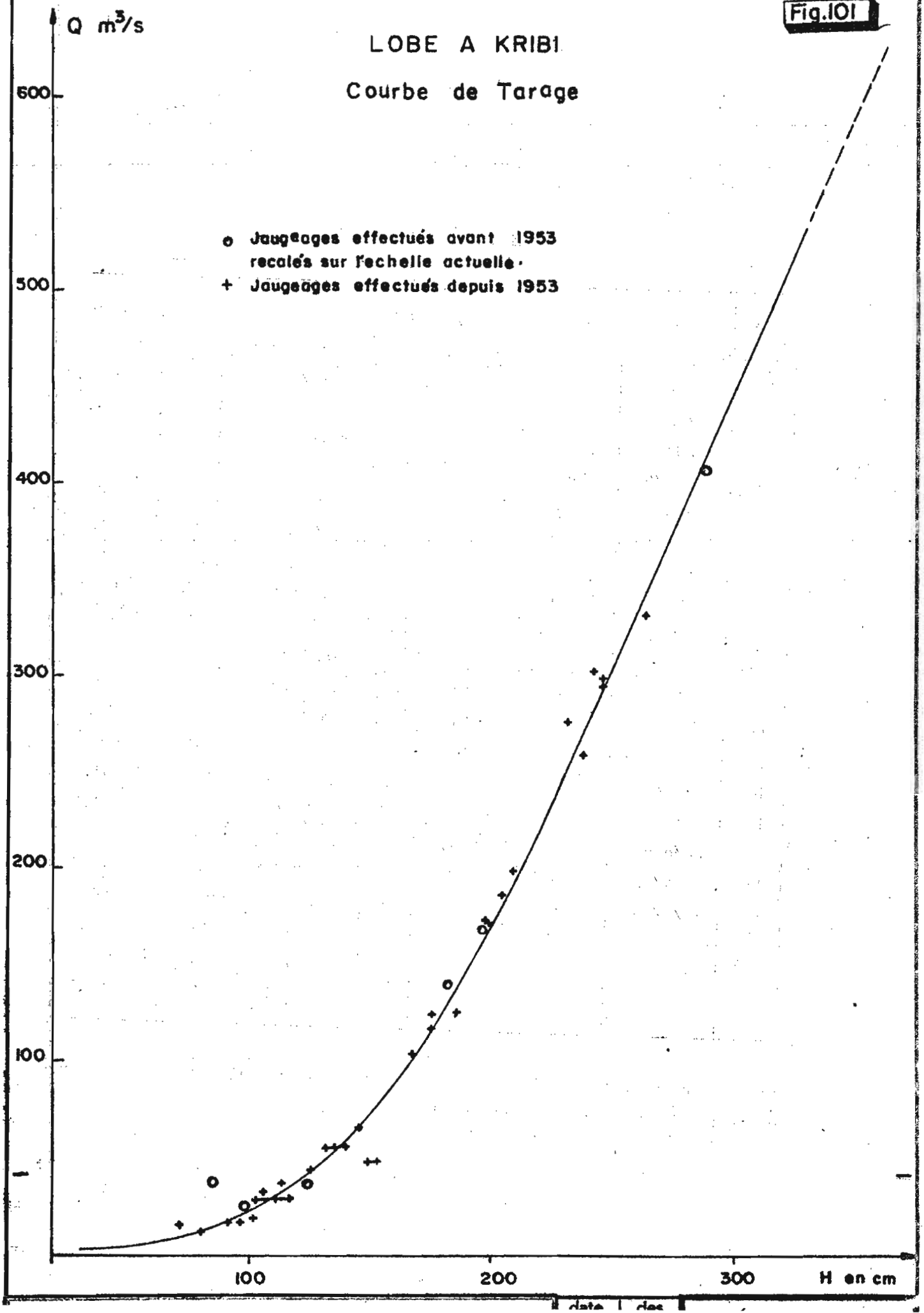


TABLEAU 57

LA LOBE A KRIBI

Liste des jaugeages

N°	Date	H. cm	Q m3/s	N°	Date	H. cm	Q m3/s
(1)	14/1/50	650	39	19	31/3/64	145	67
2	5/5/50	746	141	20	25/7/64	102	17.6
3	28/9/50	760	168	21	15/8/65	114	36
4	20/10/50	850	405	22	19/1/68	106	32
5	23/2/51	688.35	39	23	27/1/69	175	117
6	26/2/51	663	23	24	4/4/70	148-153	47.9
7	25/11/53	186	126	25	22/11/70	200	171
8	13/4/54	126	44.6	26	15/3/71	130-140	55.1
9	2/11/54	237	259	27	19/2/73	80	12.2
10	30/5/55	198	172	28	18/10/73	246	295
11	22/11/55	175	124	29	18/10/73	246	299
12	2/4/56	209	198	30	24/1/74	91	15.6
13	25/5/56	206	187	31	30/10/74	231	275
14	8/12/56	167	103	32	10/2/75	123	31.2
15	1/3/57	96	16.4	33	12/9/75	141	61.5
16	26/8/62	71	(14.9)	34	27/10/75	236	266
17	8/11/62	264-262	331	35	8/1/76	108	13.12
18	23/3/64	118-104	28	36	28/9/76	234-235	256
				37	26/6/77	129	48.1
				38	2/11/74	242	301
				39	27/11/78	161	95.7

(1) Jaugeages de 1 à 6 effectués sur ancienne échelle dont la cote 564 correspondrait au zéro de l'échelle actuelle.

2.3 - LES DONNEES DE BASE

La pluviométrie reçue par les bassins versants est mal connue par suite de l'absence de postes pluviométriques sur les bassins autre que Kribi.

Les deux bassins s'inscrivent cependant dans un quadrilatère : Kribi, Campo, Nyabessan, Lolodorf qui nous a permis d'esquisser un réseau de courbes isohyètes en considérant les marges montagneuses au vent à l'Est des bassins. A partir de ces courbes isohyètes, nous en avons déduit la hauteur pluviométrique moyenne interannuelle reçue par les bassins. Elle est de 2 425 mm dans les deux cas. Cette détermination doit cependant être considérée avec réserves du fait de la position respective des bassins : celui de la Kienké ne présente qu'une petite pointe dans la zone littorale alors que pour la Lobé la proportion de bassins dans cette zone littorale est beaucoup plus grande. La hauteur de précipitations annuelles moyennes reçue par la Lobé pourrait être plus élevée que sur la Kienké. Ceci pourrait expliquer l'anomalie qui sera soulignée plus loin entre les débits spécifiques de ces deux rivières.

Les données hydrologiques ont été résumées dans les tableaux 58 à 61 donnant les débits moyens mensuels, et les débits caractéristiques de la période d'observation.

Nous indiquons aussi les valeurs correspondantes de la médiane observée, de l'écart-type, de la moyenne et des quartiles supérieurs et inférieurs observés. (figures 102 et 103)

Pour la Kienké sur 17 années d'observation, le module moyen est de 49.2 m3/s soit 34.3 1/s km2 ; l'étiage médian observé est de 7.8 m3/s, soit 5.4 1/s km2 ; l'étiage minimum est de 4.6 m3/s, soit 3.2 1/skm2.

Le maximum de crue médian atteint 177 m3/s, soit 123 1/s km2 et le maximum observé est de 226 m3/s, soit 159 1/s km2.

TABLEAU N° 58

KIENKE A KRIBI.

Débits moyens mensuels en m3/s.

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1955-56	-	-	78.3	30.4	14.2	58.7	64.8	76.6	24.1	45.7	41.5	49.7	(47.8)
56 57	62.7	59.7	76.1	29.3	26.5	72.3	97.1	41.0	41.2	42.1	41.4	54.1	53.6
57 58	49.6	46.9	46.7	45.5	31.4	61.4	118	116	65.7	21.8	11.6	15.3	52.6
58 59	45.2	49.3	18 ?	10.7	7.6	28.7	98.8	71.6	44.2	24.3	13.2	8.9	35.1
59 60	43.5	47.5	11.8	29.2	23.8	88.9	62.7	51.7	15.4	6.2	8.3	6.8	32.9
60 61	8.8	39.5	57.2	28.9	13.5	74.5	114	71.3	17.2	-	-	-	(47.2)
61 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62 63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65 66	30.3	74.1	79.2	24.7	22.0	68.5	157	625	34.4	13.9	11.3	11.2	49.3
66 67	39.8	76.4	117	51.9	26.3	56.9	131	150	51.8	16.3	10.4	9.1	60.6
67 68	11.5	43.7	53.8	26.9	18.0	81.0	136	96.8	36.4	21.8	12.2	22.4	46.7
68 69	39.0	55.2	25.6	10.1	8.4	25.3	85.9	75.7	36.0	13.5	14.4	41.8	36.0
69 70	82.6	82.2	57.0	21.9	20.4	119	116	140	38.9	16.3	11.6	17.2	60.0
70 71	55.7	65.4	50.0	17.4	35.9	129	148	107	33.1	17.0	9.6	13.6	56.9
71 72	26.3	53.0	62.4	28.3	25.1	78.2	163	85.7	34.9	15.4	9.9	16.0	49.9
72 73	27.8	53.0	47.1	12.1	10.5	62.4	105	109	33.7	17.8	9.4	16.5	42.1
73 74	45.1	75.1	63.3	38.4	35.0	78.6	129	60.5	29.6	12.5	14.1	14.5	49.8
74 75	25.9	72.6	76.7	24.4	14.7	87.9	148	108	46.7	15.5	18.2	18.6	55.0
75 76	34.1	61.1	48.0	35.4	16.2	73.5	130	110	50.1	26.5	20.7	35.0	53.5
76 77	43.8	50.8	82.2	31.7	38.7	71.6	172	73.6	40.3	24.6	11.2	11.1	54.3
MED.	39.8	55.2	57.1	28.6	21.2	72.9	123	81.1	36.2	17.0	11.6	16.0	49.9
ET	18.0	13.0	25.3	11.1	9.62	25.1	31.4	28.6	12.1	10.1	10.2	14.6	8.34
MOY.	39.5	59.2	58.4	27.6	21.6	73.1	120.9	88.7	37.4	20.7	15.8	21.3	49.2
Q1	47.4	73.3	76.7	31.7	26.5	81.0	148	109	44.2	24.4	16.3	28.7	54.0
Q3	27.0	48.5	47.1	21.9	14.2	61.4	98.8	71.3	33.1	14.7	10.0	11.1	47.0

TABLEAU N° 59

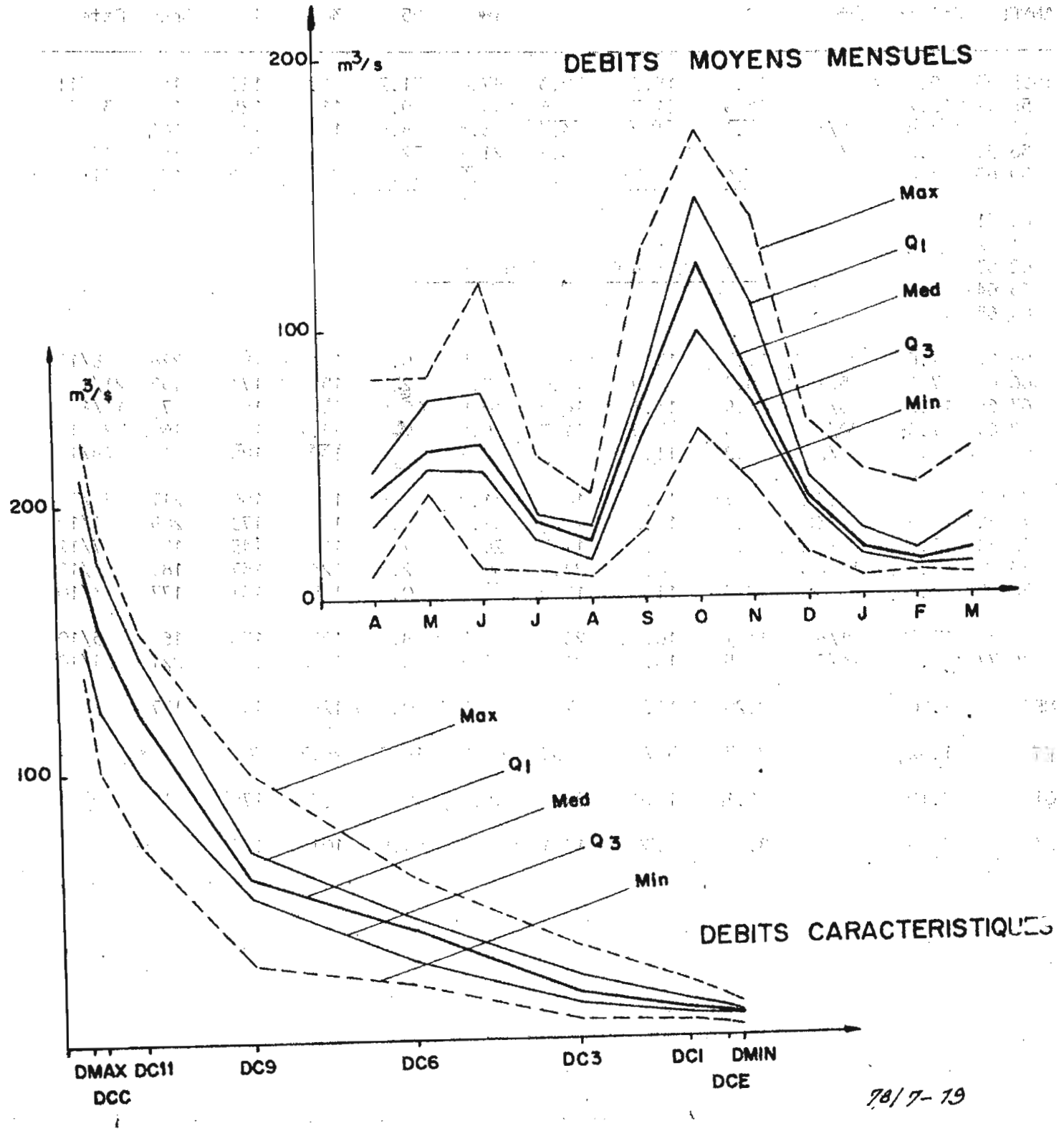
KIENKE A KRIBI

Débits caractéristiques en m3/s.

ANNEE	Etiage	Date	10	30	90	180	95	30	10	Crue	Date
1955 56	9.0	29/8	11.4	15.5	29.3	47.0	51.3	91.6	123	144	4/11
56 57	12.2	31/7	15.9	21.7	34.6	44.8	59.9	110	125	142	30/4
57 58	7.8	5/3	8.9	11.2	23.7	43.4	58.5	124	144	161	6/11
58 59	6.8	5/8	7.3	7.6	9.7	21.7	52.0	77	104	144	23/10
59 60	4.6	3/2	5.6	6.3	7.6	26.5	49.1	74.7	110	137	21/9
60 61											
61 62											
62 63			R E S U L T A T S D O U T E U X								
63 64											
64 65											
65 66	7.6	29/1	11.7	15.0	19.7	40.5	66.2	128	189	228	8/10
66 67	7.6	25/1	8.4	8.9	17.0	40.5	92.4	153	173	192	21/10
67 68	10.2	3/3	10.9	13.1	14.5	30.8	60.6	130	155	179	11/10
68 69	7.3	20/7	7.9	8.5	11.7	26.5	50.6	74.7	102	167	27/10
69 70	9.2	19/2	10.2	11.7	28.6	47.7	100	139	189	211	28/10
70 71	8.4	13/3	9.7	11.2	16.4	41.2	71.8	149	190	217	30/9
71 72	7.9	17/3	8.7	10.2	16.4	32.2	60.6	149	173	209	1/10
72 73	7.6	23/2	8.9	9.7	11.7	26.5	57.8	112	145	153	7/11
73 74	8.2	19/2	9.2	10.4	24.4	60.6	62.7	124	157	185	5/10
74 75	7.6	3/3	9.7	11.2	15.9	39	80.8	145	161	177	3/10
75 76	11.7	21/8	13.1	16.4	23	40.5	68.3	128	153	169	5/10
76 77	5.4	24/2	8.5	10.4	24.4	41.2	66.2	142	185	221	24/10
MED.	7.80		9.20	11.2	17.6	40.5	60.6	128	155	177	
ET	1.92		2.37	3.74	7.53	66.0	14.3	26.7	30.1	29.7	
Q1	9.10		11.1	14.0	24.4	45.9	70.0	143	179	210	
Q3	7.45		8.45	9.30	13.1	29.3	54.9	101	124	148	

Fig.102

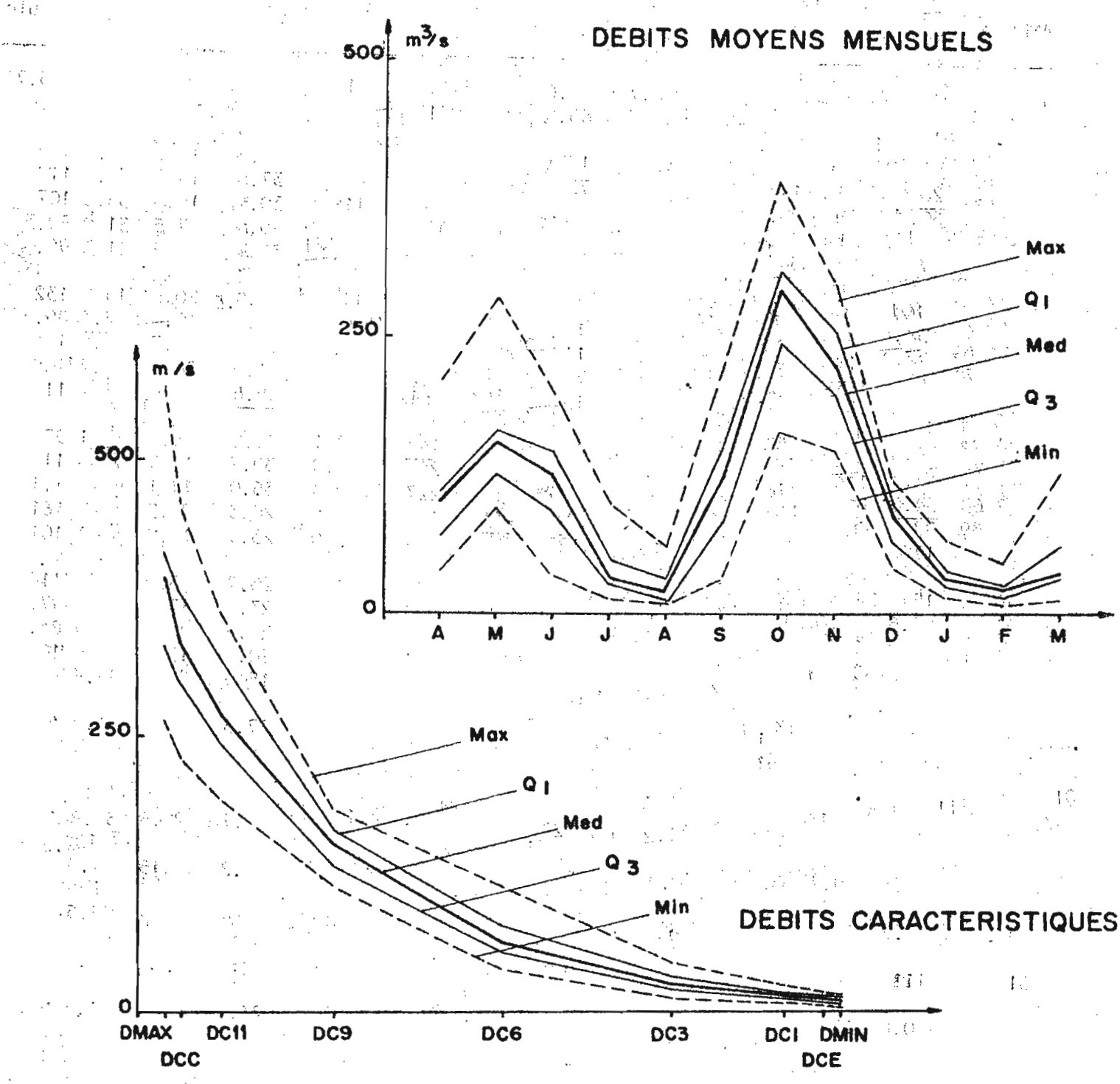
KIENKE à KRIBI



78/7-79

Fig.103

LOBE à KRIBI



78/6-53

TABLEAU N° 60

LOBE A KRIBI

Débits moyens mensuels en m3/s.

ANNEE	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1953 54		206	130	24.8	9.7	40.6	195	217	41.9	13.1	9.4	33.1	(83.7)
54 55	98.3	166	122	27.2	9.7	63.9	253	212	74.2	37.1	21.1	39.0	93.6
55 56													
55 56	86.0	136	146	34.1	11.3	137	289	217	79.0	27.4	17.7	88.6	106
56 57	208	283	147	51.5	20.8	72.3	263	259	-	37.8	15.2	54.7	119
57 58	60.6	121	90.4	29.9	(14.9)	105	358	298	118	30.5	16.0	36.3	107
58 59	99.8	121	40.2	16.2	10.4	51.7	219	184	115	49.9	27.6	31.0	80.5
59 60	77.8	165	34.3	16.0	46.5	135	242	282	90.1	38.4	22.9	41.3	99.3
60 61	121	162	157	43.2	50.4	224	388	236	112	51.4	20.6	15.2	132
61 62	105	105	59.2	29.1	9.3	135	301	205	80.9	18.2	19.9	12.4	89.4
62 63	78.0	157	89.6	13.4	9.3	114	264	286	121	36.4	20.7	63.9	104
63 64	119	161	195	99.8	28.6	78.3	187	224	97.1	41.4	28.8	86.2	108
64 65	111	154	122	34.6	22.9	159	295	201	94.1	65.6	46.6	71.5	115
65 66	70.8	128	156	30.9	31.2	119	311	148	58.1	23.2	24.4	26.1	93.9
66 67	101	187	158	70.0	30.2	91.0	301	284	80.9	30.7	18.5	17.8	114
67 68	34.0	138	143	46.5	21.0	165	364	227	80.4	36.0	17.1	62.5	111
68 69	92.0	148	62.4	18.0	10.2	31.7	163	183	93.9	26.3	20.5	126	81
69 70	175	153	84.0	24.3	22.4	127	248	235	74.0	23.9	12.8	35.1	101
70 71	134	164	98.2	26.1	61.9	210	371	230	51.0	20.7	15.9	34.5	118
71 72	54.6	93.0	141	46.8	31.2	153	315	163	90.8	23.4	17.0	43.0	97.7
72 73	70.0	119	116	25.3	14.8	85.2	215	212	63.8	28.9	20.6	37.9	84.0
73 74	110	169	110	60.2	56.4	192	304	161	81.5	20.7	15.0	20.6	108
74 75	60.2	112	123	30.0	14.9	137	275	189	52.2	15.3	31.3	36.8	89.7
75 76	80.9	182	121	47.3	16.7	122	324	247	74.5	27.3	33.7	61.4	111
76 77	101	126	151	53	61	115	363	288	64.4	36.8	24.5	-	126
MEB	98.3	153	122	30.4	20.9	120	292	220	80.9	29.7	20.5	36.8	105
ET	38.3	39.1	40.3	19.8	17.3	50.2	61.4	42.6	21.7	12.2	8.15	25.9	13.6
MOY.	97.7	152.3	116	37.4	25.6	119	284	224	82.1	31.7	21.2	44.5	102.2
Q1	111	165	146	47.0	31.2	145	319	253	94.1	37.4	24.4	61.4	109
Q3	70.8	123	90.0	25.0	10.8	81.7	245	195	64.4	23.2	15.9	31.6	94.0

TABLEAU N° 6 1

LOBE A KRIBI

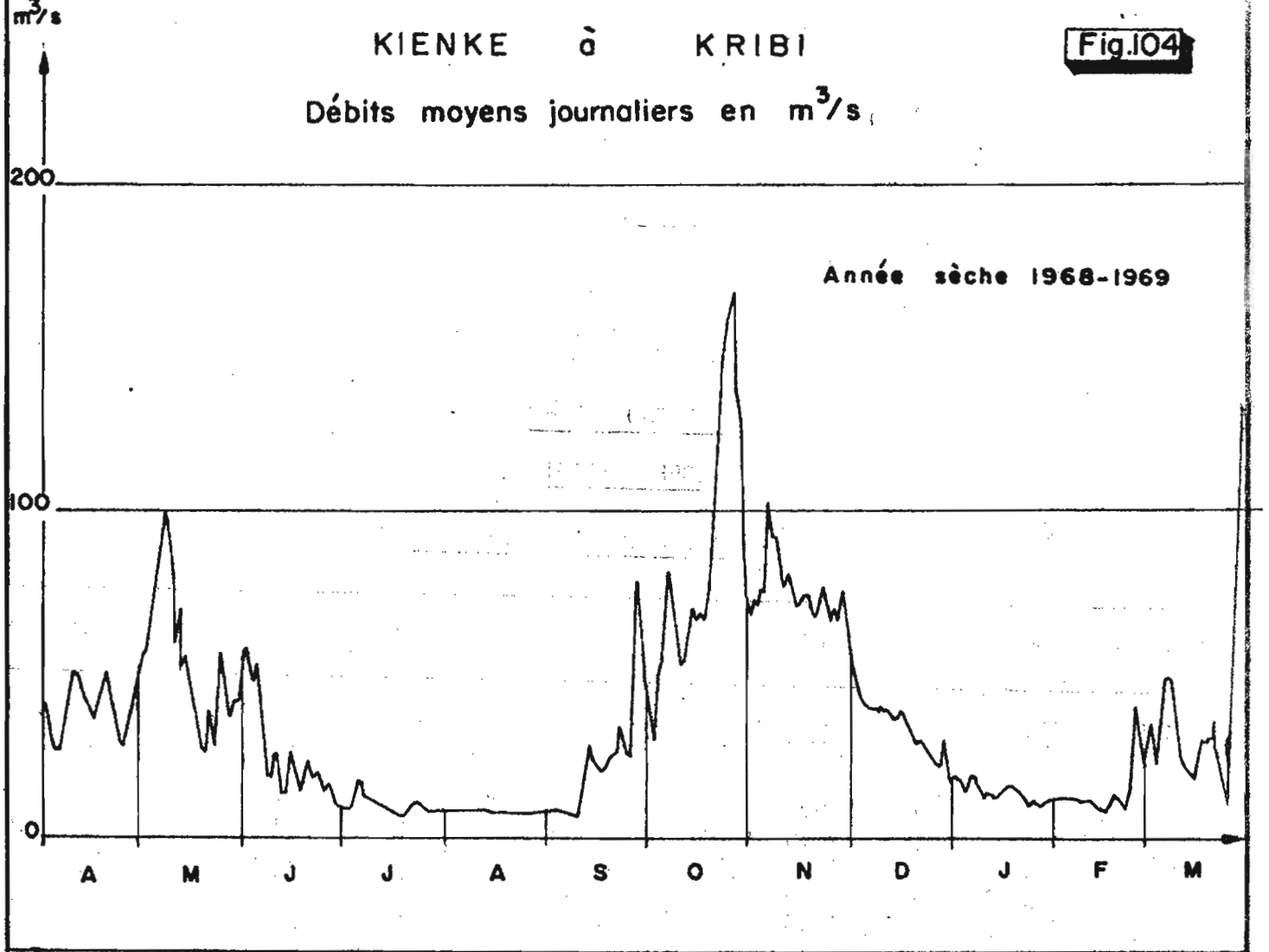
Débits caractéristiques en m3/s.

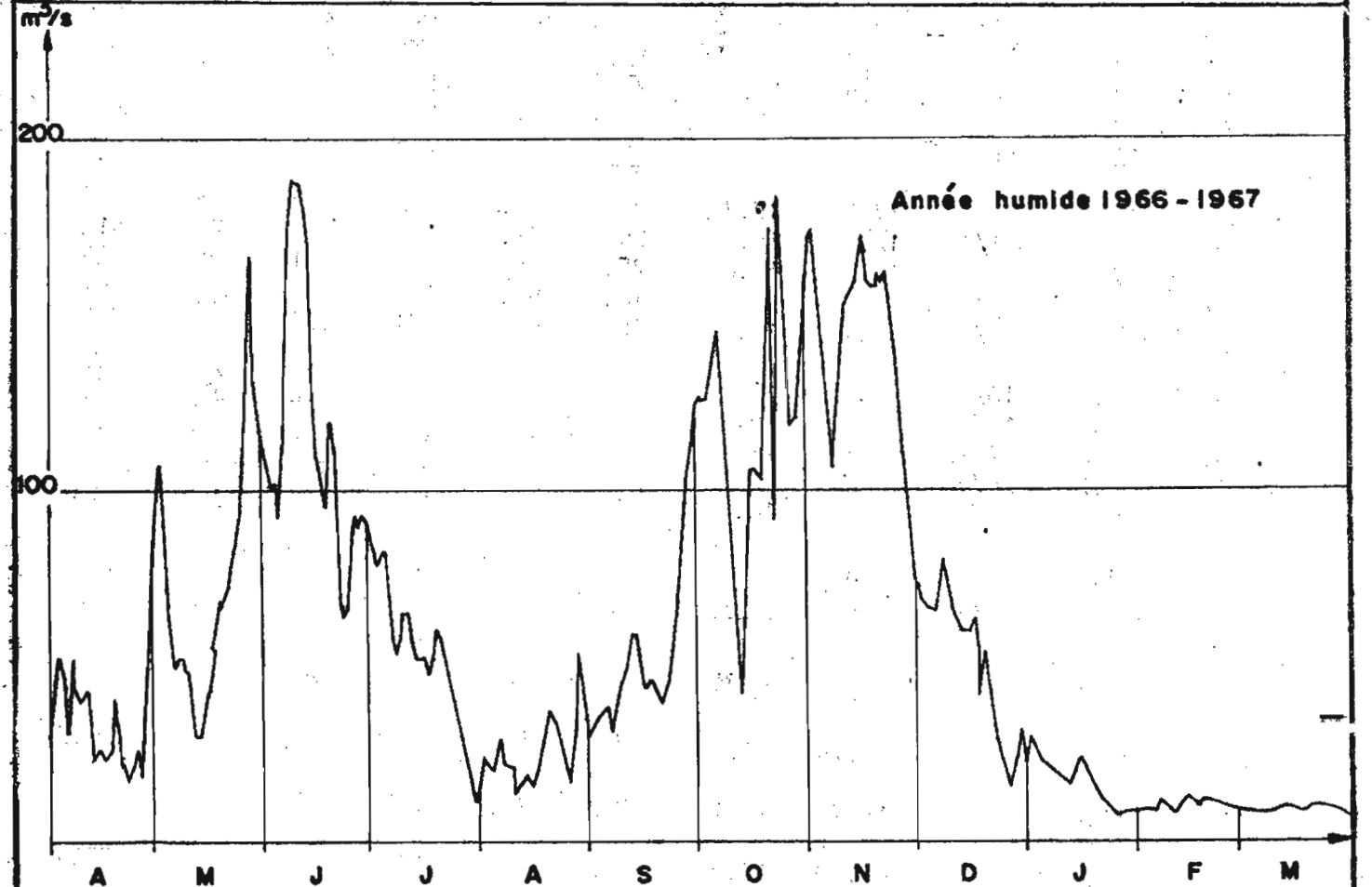
ANNEE	Etiage	Date	10	30	90	180	95	30	10	Crue	Date
1953 54	(3.5)	5/2	6.0	8.5	12.6	39.7	(152)	243	293	323	21/11
54 55	6.7	20/8	8.0	10	24.2	50.8	152	243	267	323	8/10
55 56	8.2	29/8	9.8	12	25.4	71.2	152	277	317	338	13/10
56 57	11.0	25/2	12.6	17.5	30.7	(114)	(174)	267	323	398	29/10
57 58	10.6	17/8	12.2	(15.7)	(29)	(54.2)	130	338	428	461	28/10
58 59	8.5	20/8	9.8	11	20.8	48.5	122	215	257	277	17/11
59 60	11	5/8	12.6	13.9	26	55.4	163	255	329	413	6/11
60 61	10.6	10/3	11.8	14.8	37.5	100	183	338	428	491	18/10
61 62	7.2	27/8	8.5	9.4	12.2	46.3	139	267	308	385	29/10
62 63	7.2	31/7	8.5	10.	20.2	67	165	277	335	389	5/11
63 64	8	5/3	11	15.7	39.7	84.2	174	234	248	288	18/5
64 65	12.8	18/8	14.3	23	44.1	91	165	270	305	389	18/10
65 66	13	1/3	17.5	19.7	23	48.5	132	232	398	467	4/10
66 67	11	6/3	12.8	15.7	29	75.7	163	335	371	413	21/10
67 68	12.8	24/2	14.8	16.6	25.4	54.2	171	341	386	428	25/10
68 69	8	24/8	8.7	10	16.1	54.1	134	191	229	262	25/10
69 70	6.4	5/3	8.2	10.4	20	63	151	253	344	380	3/11
70 71	7.8	10/2	9.1	12	28	63	177	363	391	418	25/10
71 72	10	17/2	11.6	15.2	24	63	124	297	336	391	6/10
72 73	7.8	24/2	9.6	11.6	19.4	57	114	226	286	314	6/11
73 74	8.2	25/2	9.1	12	23.2	85.8	151	266	363	404	5/10
74 75	8.2	4/9	9.6	10.6	21.6	60.2	114	253	322	349	13/10
75 76	11.6	26/8	14.0	18.8	33.6	67.1	146	286	358	402	8/10
76 77	(10)	17/3	15.2	23.2	42.6	79.9	133	349	460	564	23/10
MED.	8.35		10.4	12.9	24.81	63.0	151	267	332	390	
ET	2.34		2.79	4.18	8.54	18.3	20.5	46.6	59.4	70.3	
Q1	11.0		12.7	16.1	29.8	77.8	165	316	378	415	
Q3	7.80		8.90	10.5	20.5	54.1	132	243	299	330	

KIENKE à KRIBI

Fig.104

Débits moyens journaliers en m^3/s





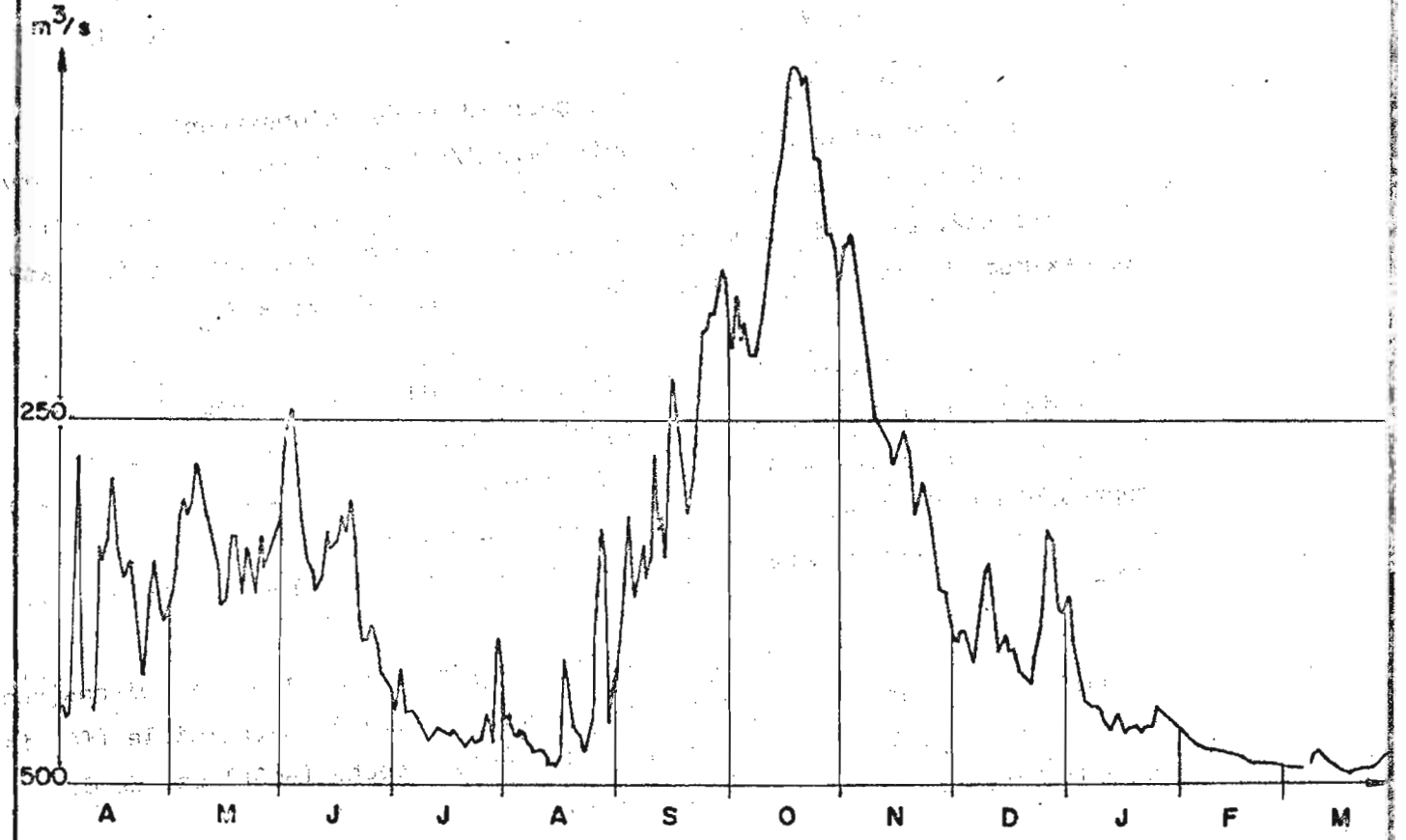
date	des.
78/11-23	

Fig.105

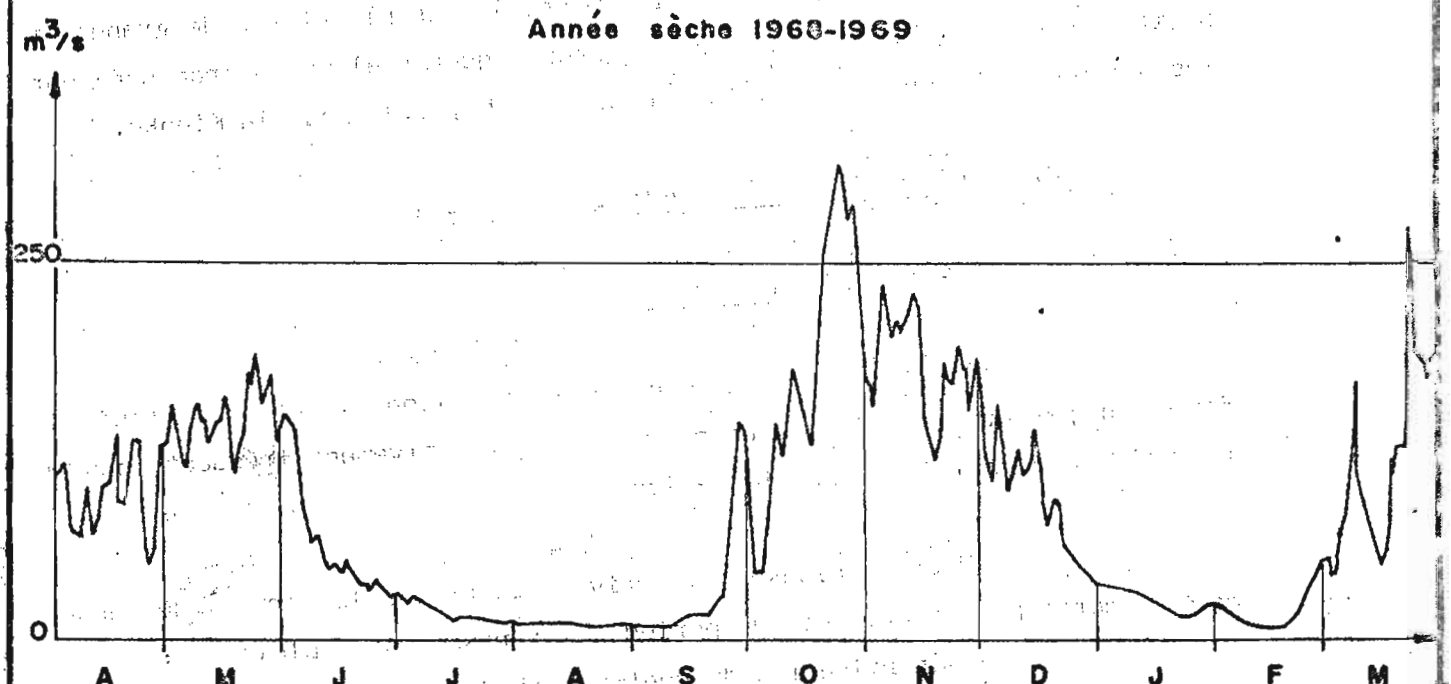
LOBE à KRIBI

Débits moyens journaliers en m^3/s

Année humide 1960-1961



Année sèche 1968-1969



date	des.
	78/12 - 28

Pour la Lobé à Kribi pour 23 années d'observations, on a un module interannuel de 102 m3/s, soit 44.3 1/s km2. L'étiage médian observé est de 8.35 m3/s, soit 3.62 1/s km2 et le minimum est de 3.5 m3/s, soit 1.52 1/s km2. Le maximum de crue médian est de 390 m3/s, soit 169 1/s km2 ; le maximum observé ayant atteint 564 m3/s, soit 245 1/s km2.

L'examen des variations des débits moyens mensuels montre que le débit mensuel le plus faible (février) représente 21 % du module de la Lobé, 32 % du module de la Kienké, le débit mensuel le plus fort (octobre) représentant 278 % et 300 % des modules respectifs.

Les figures 104 et 105 donnent des exemples d'hydrogrammes annuels.

Le caractère équatorial du régime tend vers deux saisons sèches d'amplitude comparable : le rapport de débit mensuel le plus faible (février) au débit mensuel le plus faible en petite saison sèche (août) est de 0.83 pour la Lobé et de 0.73 pour la Kienké.

Le rapports des débits mensuels les plus forts de grande et petite saison de pluies montre un caractère équatorial moins prononcé pour les périodes de hautes-eaux : 1.86 pour la Lobé, 1.93 pour la Kienké.

2.4 - ETUDE DES BASSES EAUX

2.4.1 - Le tarissement

Il est observé au cours de deux saisons sèches mais toujours fortement perturbé par l'écoulement d'averses relativement fréquente pendant les mois de plus faibles précipitations.

- Pour la Kienké, il arrive souvent que la période de basses-eaux ne mette pas en évidence de période de tarissement exploitable.

La détermination du coefficient de tarissement en grande saison sèche et en petite saison sèche aboutit à des valeurs moyennes respectives de 0.0325 et 0.0335, soit $\alpha = 0.033$.

Un tarissement plus lent est parfois mis en évidence lorsque le débit tombe à 10-12 m3/s, son coefficient est de l'ordre de 0.01 à 0.02.

- Pour la Lobé, le tarissement est plus régulièrement observé que sur la Kienké ; la détermination de la loi de tarissement reste cependant souvent aléatoire. Elle aboutit à un coefficient de tarissement moyen en grande saison sèche de 0.036, en petite saison sèche de 0.035, soit une valeur α = 0.035 comparable à celle de la Kienké.

Ici aussi un tarissement plus lent peut apparaître lorsque les débits tombent à 15-25 m3/s ; son coefficient est de l'ordre de 0.015.

2.4.2 - ETUDE DES ETIAGES ABSOLUS

2.4.2.1 - La date d'apparition des étiages absolus

Ceux-ci n'apparaissent plus que dans 55 % des cas, pendant la grande saison sèche sur la Lobé. L'échantillon de la Kienké pour lequel les années 1960-1965 n'ont pas été retenues est tronqué et n'est pas significatif.

Nous avons reporté ci-après décades par décades, le décompte des dates d'apparition des étiages absolus.

SAISON	Grande saison sèche									Petite saison sèche							
Mois	janv		février			mars		TOtal		juil			août			sept	total
n° décade	3		1	2	3	1	2			1	2	3	1	2	3	1	
Lobé (24 ans)	0		2	1	4	5	1	13		0	1	1	1	4	1	11	
Kienké (17 ans)	2		1	2	2	3	2	12		1	1	1	1	0	2	(5)	

En grande saison sèche, l'étiage absolu apparaît le plus souvent pendant la dernière décade de février ou la 1ère décade de mars, avec pour date médiane le 27 février pour la Lobé, le 24 février pour la Kienké. En petite saison sèche, l'étiage absolu apparaît le plus souvent pendant les deux dernières décades du mois d'août, avec pour date médiane le 22 août.

2.4.2.2 - Etude fréquentielle

La comparaison d'ajustement de diverses distributions statistiques à l'échantillon de 17 valeurs de la Kienké, nous a permis de retenir la loi de GALTON. La dissymétrie positive est assez peu prononcée. Les caractéristiques de l'ajustement sont données ci-après : (voir figure 105a)

Paramètre d'échelle : 14.4 Paramètre de position : - 6.33

Paramètre de forme : 0.128 Moyenne 8.18 m3/s Médiane : 8.06 m3/s

mode : 7.83 m3/s variance : 3.471 coef. de variation : 0.228

coef. d'assymétrie : 0.387 coef. d'aplatissement : 0.268

Précisons que l'échantillon présente une dispersion assez marquée. La prédétermination des étiages absolus de la Kienké à Kribi pour diverses récurrences est indiquée ci-dessous en m3/s et 1/s km2.

			Années sèches			
	Moyenne	Médiane	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
m3/s	8.18	8.06	6.60	5.89	5.33	4.74
1/s km2	5.70	5.62	4.60	4.10	3.71	3.30

L'étiage le plus faible observé est de 4.6 m3/s.

L'échantillon de la Lobé s'ajuste suivant une loi définie par la moyenne : 9.17 m3/s et un écart-type de 2.29 m3/s. Le coefficient de variation est de 0.250.

La prédétermination des étiages absolus de la Lobé au Bac de la route Kribi-Campo donne pour diverses récurrences les résultats ci-après (figure 105b) :

		Années sèches			
	Moyenne	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
m3/s	9.17	7.24	6.24	5.40	4.47
1/s km2	3.98	3.14	2.71	2.34	1.94

L'étiage le plus faible observé est de 3.5 m3/s.

La comparaison des deux séries de résultats appelle quelques remarques critiques sur la validité des observations, et des mesures effectuées sur les deux fleuves. En effet, il paraît tout à fait anormal de trouver sur la Kienké un étiage moyen de 40 % supérieur à celui de la Lobé. Rien dans la morphologie des bassins ne paraît justifier une telle différence. Celle-ci tiendrait en fait à l'imprécision du tarage de basses-eaux. Sur la Lobé par exemple les vitesses du courant sont extrêmement faibles en basses eaux et ont pu être considérées comme nulles par endroits avec les moulinets employés, d'où sous-estimation des débits.

Sur la Kienké l'absence de sections régulières peut être également à l'origine d'erreurs systématiques.

Les débits de basses-eaux pourraient être sous-estimés pour la Lobé et surestimés sur la Kienké.

Compte tenu de ces remarques, nous avons admis arbitrairement que les débits spécifiques d'étiage de diverses récurrences étaient les mêmes sur les deux fleuves, et choisi les valeurs moyennes de celles prédédemment déterminées sur la Kienké et la Lobé. D'où l'on obtient les débits d'étiage en m3/s. (1)

			Années sèches			
	Moyenne	Médiane	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
l/s km2	4.8	4.75	3.9	3.4	3.0	2.6
Kienké m3/s	6.89	6.82	5.60	4.88	4.30	3.73
Lobé m3/s	11.1	10.9	8.99	7.84	6.91	5.99

L'étude de corrélation entre les débits caractéristiques de la Lobé aboutit aux résultats suivants :

L'équation de la droite de régression s'écrit :

Pour le débit d'étiage non dépassé pendant 10 jours

$DCE = 1.11\ Dmin + 0.88 \qquad r = 0.932$

Pour le débit d'étiage non dépassé pendant 1 mois :

$DC1 = 1.45\ Dmin + 0.72 \qquad r = 0.814$

(1) Cette analyse, pour satisfaisante qu'elle paraisse, demande à être confirmée par des mesures de débit précises au cours de campagnes complémentaires.

(1) [illegible] mande à être confiée par [illegible] [illegible] complémentaires.

Les barêmes hauteurs-débits correspondants deviendraient en basses-eaux :

Kienké : H = 160 Q = 2.5 H = 170 Q = 3.4 H = 180 Q = 4.3 =
H = 190 Q = 5.3
H = 200 Q = 6.3 H = 210 Q = 7.7 H = 220 Q = 11.0

Lobé : H = 0.30 Q = 3.2 H = 0.40 Q = 4.2 H = 0.50 Q = 5.6
H = 0.60 Q = 7.2
H = 0.70 Q = 9.6 H = 0.80 Q = 11.8 H = 0.90 Q = 14.6
H = 100 Q = 20.0

2.5 - ETUDE DES CRUES

Le maximum annuel de crue est observé dans 95 % des cas pendant la "grande saison des pluies", en octobre-novembre.

Le maximum secondaire de la "petite saison des pluies" est le plus souvent nettement inférieur. S'il devient maximum annuel (5 %) il correspond alors aux aleurs les plus faibles de l'échantillon de maximums annuels. (de 200 à 250 m3/s pour la Lobé, de l'ordre de 100 m3/s pour la Kienké). Ce maximum secondaire peut s'observer d'avril à juin. Le maximum annuel de 142 m3/s observé sur la Kienké le 30 avril 1956 correspond au 2e débit le plus faible de l'échantillon. Le maximum annuel de 288 m3/s observé le 18 mai 1963 sur la Lobé occupe le 3e rang des débits les plus faibles de l'échantillon. L'inégale répartition des précipitations des mois de petite ou grande saison des pluies - plus marquée, sous ces latitudes, vers le littoral - explique que le maximum annuel apparaisse dans la majorité des cas pendant la grande saison des pluies. Le décompte par décades des dates d'apparition du maximum annuel de grande saison des pluies est donné ci-dessous.

	septembre			octobre			novembre		
n° décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Kienké (16/17)			2	5	1	5	3	0	0
Lobé (23/24)			0	5	4	8	4	1	1

La date médiane de l'ajustement à la distribution se situe le 24 octobre pour la Lobé, le 17 octobre pour la Kienké.

L'étude fréquentielle des débits maximums de la Kienké et de la Lobé montre que les ajustements suivant des lois de GALTON sont les plus satisfaisants. Les caractéristiques de ces distributions sont les suivantes (fig. 105 a et b) :

Paramètre d'échelle	Kienké 93.6	Lobé 577.4
de position	80.4	-195.2
de forme	0.304	0.118
Moyenne	178.4	386.2
Médiane	174.0	382.1
Mode	165.7	374.1
Coefficient de variation	0.171	0.178
d'assymétrie	0.962	0.357
d'aplatissement	1.690	0.227

L'étude de prédétermination des crues de diverses récurrences aboutit aux résultats suivants :

					Années humides		
	Médiane	Moyenne	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
KIENKE m3/s	174	178	201	218	235	255	270
1/s km2	121	124	140	152	164	178	188
LOBE m3/s	382	386	442	476	506	540	565
1/s km2	166	167	192	207	220	234	245

Les maximums observés sont, rappelons le, de 223 m3/s sur la Kienké et de 564 m3/s sur la Lobé.

Les valeurs spécifiques de la Lobé sont de 30 à 35 % supérieures à celles de la Kienké. Il n'est pas impossible là encore que le tarage des stations doive être incriminé. L'extrapolation de la courbe de la Kienké pourrait aboutir à des débits sous-estimés. La courbe de la Lobé paraît, quant à elle, traduire d'assez près la relation hauteurs-débits des hautes-eaux.

Mais les plus forts débits spécifiques de pointe de la Lobé pourraient aussi s'expliquer par les différentes formes des bassins. Le bassin de la Lobé de forme compacte, avec l'affluent principal de la Niété, favorisent la concentration des pointes de crues, tandis que le bassin allongé de la Kienké entrainerait un étalement des crues.

L'étude de corrélation entre débits caractéristiques de crue de la Lobé aboutit aux équations des droites de régression suivantes :

- Pour le débit de crue dépassé pendant 10 jours

DCC = 0.80 D max + 26.1 r = 0.951

- Pour le débit de crue dépassé pendant 30 jours

DC_{11} = 0.5 D max + 81.2 r = 0.756

2.6 - ETUDE DES MODULES ET DES TERMES DU BILAN

L'étude fréquentielle des modules, nous a conduit à ajuster l'échantillon des débits de la Kienké suivant une loi normale et l'échantillon des débits de la Lobé suivant une distribution de GALTON : (fig. 105a)

- Pour la Kienké, le module interannuel est de 49.2 m3/s et l'écart-type est de 8.09 m3/s. Le coefficient de variation est de 0.165. La prédétermination des modules de diverses récurrences en années sèches ou humides donne les résultats suivants :

	Années sèches					Années humides			
	100	50	20	10	Moyenne	10	20	50	100
m3/s	30.4	32.6	35.9	38.8	49.2	59.6	62.5	65.8	68.0
l/s km2	21.2	22.7	25.0	27.0	34.3	41.5	43.6	45.9	47.4

Les modules extrêmes sont de 32.9 et 60.6 m3/s.

- Pour la Lobé, les caractéristiques de la distribution de GALTON sont les suivantes : (fig. 105b)

Paramètre d'échelle	142.3	coef. de variation	0.130
Paramètre de position	-40.72	d'assymétrie	0.280
Paramètre de forme	0.093	d'aplatissement	0.140
Moyenne 102.2	Médiane 101.6	Mode 100.4	

La dissymétrie positive de l'échantillon est assez peu marquée. On pourrait quasiment retenir pour la Kienké et la Lobé la normalité des distributions des modules, normalité qui est logique lorsqu'il s'agit de bassins recevant nettement plus de précipitations que l'ETP, l'hypernormalité n'apparaissant en principe de manière plus évidente que lorsque la différence entre P et ETP diminue. Les résultats des calculs de prédétermination sont indiqués ci-après :

	Années sèches						Années humides			
	100	50	20	10	Médiane	Moyenne	10	20	50	100
m3/s	73.9	78.8	81.4	85.6	101.6	102.2	120	125	132	138
1/s km2	32.1	33.3	35.3	37.1	44.1	44.3	52.1	54.2	57.3	59.8

Les modules extrêmes observés sont de 80.5 et 132 m3/s.

La comparaison des modules spécifiques interannuels des deux fleuves montre que la valeur de la Kienké est de 23 % inférieure à celle de la Lobé. L'incidence de tarages mal définis en très hautes et basses eaux, est faible sur le calcul de débits moyens annuels ; faut-il incriminer la qualité des lectures effectuées sur la Kienké, lectures qui seraient systématiquement sous-estimées ? Faut-il supposer que la restitution cartographique récente de la région pourrait être entachée d'erreurs ? Il paraît plus vraisemblable d'envisager une surestimation des précipitations sur la Kienké. En année moyenne, la lame écoulée serait donc :

He Lobé = 1 397 mm ;

He Kienké = 1 082 mm.

Avec une hauteur de précipitations interannuelle de 2 425 mm, le déficit d'écoulement interannuel est de 1 025 mm sur la Lobé (1 345 mm pour la Kienké, valeur bien supérieure à celle de l'évapotranspiration potentielle de la région).

L'évapotranspiration potentielle estimée à 1 200 mm d'après TURC n'est pas satisfaisante sur la Lobé.

Le coefficient d'écoulement sur la Lobé est de 58 %.

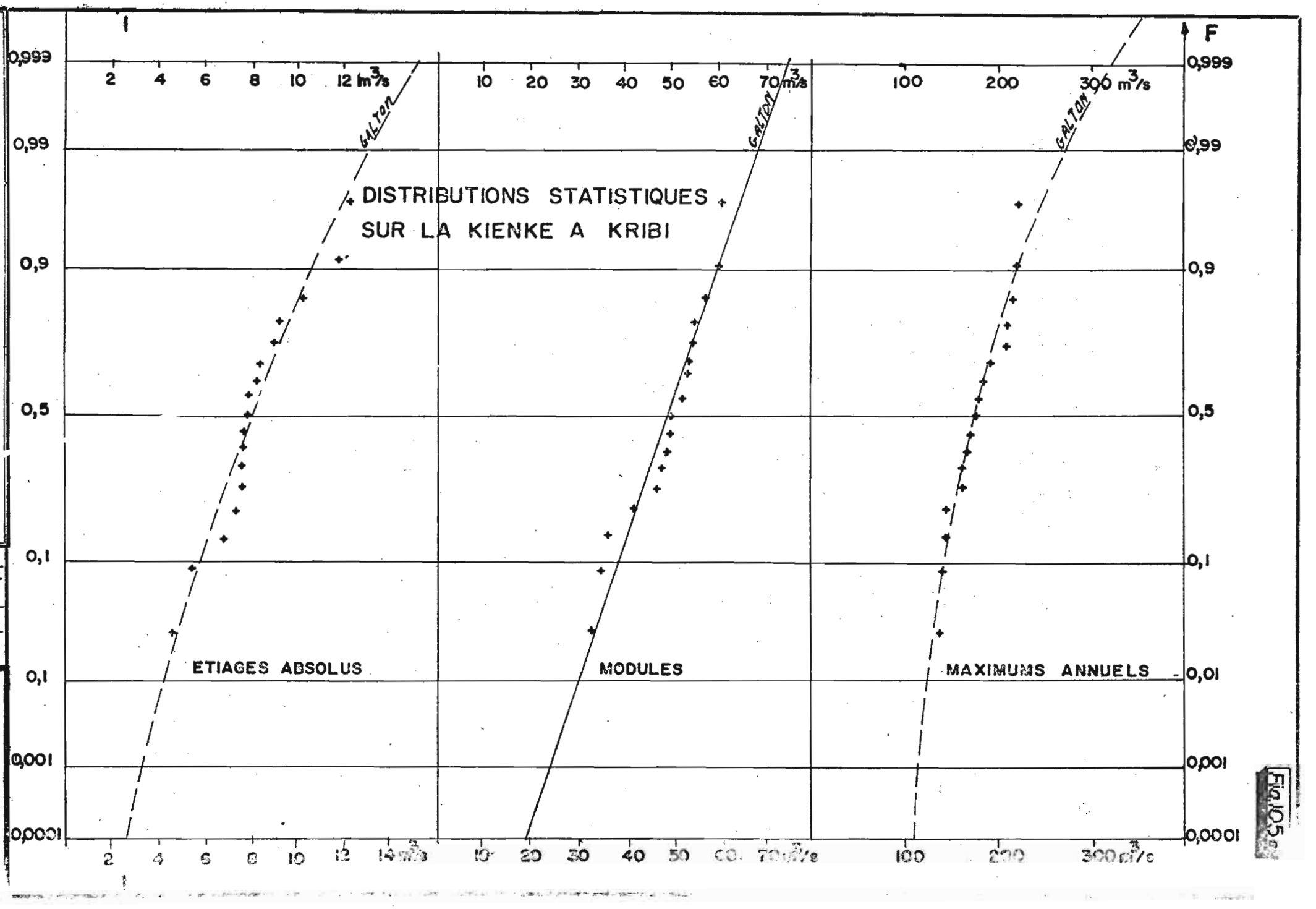


Fig.105

date

des.

79/4 - 14

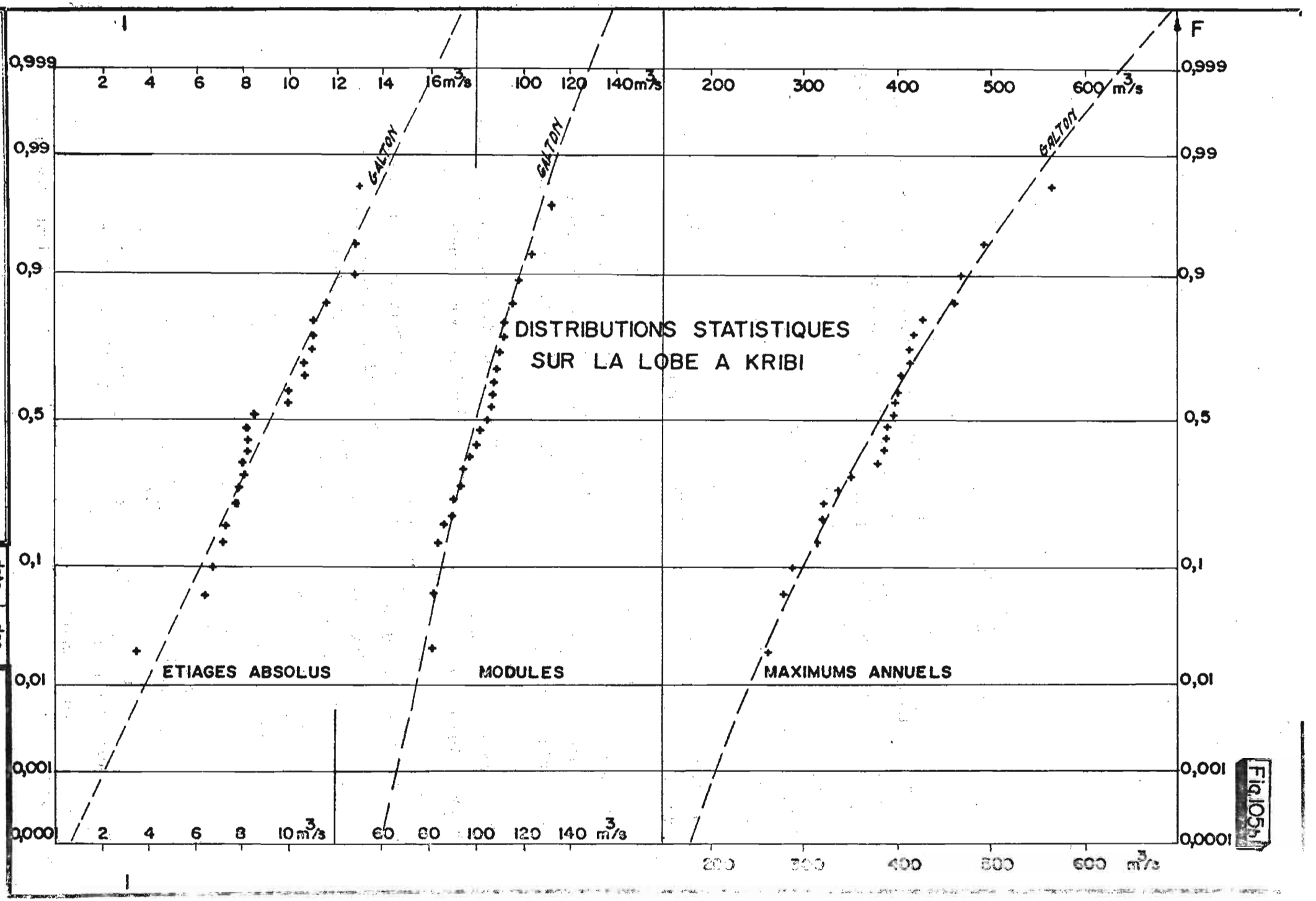


Fig.105b

date

des.

79/4-18

2.7 - CONCLUSIONS

L'analyse des données recueillies sur la Lobé et la Kienké met en évidence de sérieuses anomalies dans la détermination des caractéristiques hydrologiques de ces fleuves et en particulier de la Kienké, anomalies imputables à la qualité des observations et à la qualité des mesures pour les valeurs extrêmes, et probablement à une surestimation des précipitations annuelles sur la Kienké pour le bilan.

Il n'est pas superflu d'ajouter que ces anomalies ne sont apparues qu'à la lumière d'une nouvelle délimitation des bassins versants obtenue à partir des travaux cartographiques les plus récents.

En effet, à l'exception des étiages absolus, les débits spécifiques calculés d'après les superficies présumées des bassins versants montraient un ensemble cohérent, traduisant la similitude des régimes hydrologiques des deux fleuves.

Dans ces conditions, on conçoit que de nouvelles observations et mesures doivent être effectuées sur ces fleuves avant reprise d'une analyse plus précise.

Le régime hydrologique de la Lobé parait toutefois défini avec une bonne approximation par les caractéristiques suivantes :

Module interannuel	100 m3/s	44 l/s km2
Module décennal	85 "	37 "
Module décennal humide	120 "	52 "
Etiage moyen	11 "	4.8 "
Etiage décennal sec	7.8 "	3.4 "
Crue moyenne	386 "	167 "
Crue décennale humide	476 "	207 "

Hauteur de précipitations interannuelle : 2 425 mm

Evapotranspiration réelle : 1 025 mm.

Lame écoulée interannuelle : 1 400 mm Coefficient d'écoulement 58 %.

3 - LE BASSIN DU NTEM

3.1 - GENERALITES

Le NTEM draine un bassin versant de 31 000 km2 partagé entre 3 pays : le CAMEROUN, le GABON et la GUINEE EQUATORIALE. Le NTEM lui-même prend sa source au GABON. Son bassin versant est limité au Nord et à l'Ouest par les bassins du NYONG, de la LOKOUNDJE, de la KIENKE et de la LOBE, au Nord-Est par le bassin de l'Ayina affluent de l'Ivindo tributaire de l'Ogoué (dont une petite partie du bassin du CAMEROUN), au Sud-Ouest par le bassin du Rio Benito et de la Mbia en GUINEE EQUATORIALE (fig. 106).

La branche majeure du NTEM a une longueur de 460 km ; sa direction est Est-Ouest. Le haut bassin, comme celui du NYONG, situé sur le plateau du Centre-Sud, est caractérisé par un écoulement lent des rivières dans de larges zones marécageuses aux altitudes 560 - 600 m, avec cependant aux limites Sud et Nord des reliefs pouvant dépasser 1 000 m d'altitude (Mt-Tembo au GABON 1 200 m).

Les premiers rapides sont observés en amont du confluent NTEM Kom. Le Kom principal affluent de rive droite (frontière CAMEROUN-GABON) présente à l'amont une physionomie tout à fait comparable à celle du NYONG en amont d'Ayos. (limites imprécises des bassins, captures possibles par l'Ayina).

Avant son confluent avec le Kom, le NTEM a reçu les apports de deux rivières importantes du GABON ; la Kyé et le Nyé ou Bolo, et le Kom a reçu la Mboua et le Nlobo.

En aval les zones marécageuses sont encore présentes dans les bas fonds des petits affluents, alors que le cours du NTEM est entrecoupé de rapides séparant des biefs à très faible pente. Le NTEM reçoit en rive gauche la Kyé au kilomètre peu en amont de Ngoazik. La Kyé draine les régions frontalières du GABON et de la GUINEE.

A Ngoazik, le NTEM est à 538 m d'altitude. A l'aval de Ngoazik, les principaux tributaires du NTEM sont des affluents de rive droite (CAMEROUN) : la Mboro conflue au kilomètre 245 ; la Mvila conflue au kilomètre 310 ; cet affluent important est issu de la région d'Ebolowa où il a reçu le Seng. Peu avant le confluent avec la Mvila, le NTEM se ramifie en un chevelu complexe de multiples bras qui divaguent sur une bande large jusqu'à 8 km et longue de 25 km.

Cette zone sépare le haut bassin à faible pente du bassin à aval à pente rapide. L'altitude du NTEM passe de 518 m à 405 m (pente 4.5/1000) en traversant cette zone (région de Ma'an). Il retrouve un lit unique à l'aval de Nyabessan (km 360) où il n'est plus qu'à 384 m d'altitude, et reçoit la Biwome, affluent orienté NE-SW issu du Mt-Kenlé (1 020 m) et Bingalawoa (1 059 m). Le NTEM prend lui-même une orientation NE-SW pendant quarante kilomètres de gorges coupées de rapides. La pente est particulièrement forte puisque le NTEM perd 200 m en altitude sur ce bief (pente 5/1000) qui se termine, après le passage du verrou montagneux, par une dichotomie du cours principal du fleuve et une série de chutes amenant rapidement le fleuve à la côte 100. Les deux bras du NTEM (NTEM et Bongola) isolent une île, l'île DIPIKAR, qui atteint 16 km dans sa plus grande largeur et a 40 km de longueur, puis se rejoignent dans l'estuaire appelé aussi Rio Campo, 8 kilomètres avant de se jeter dans l'Océan.

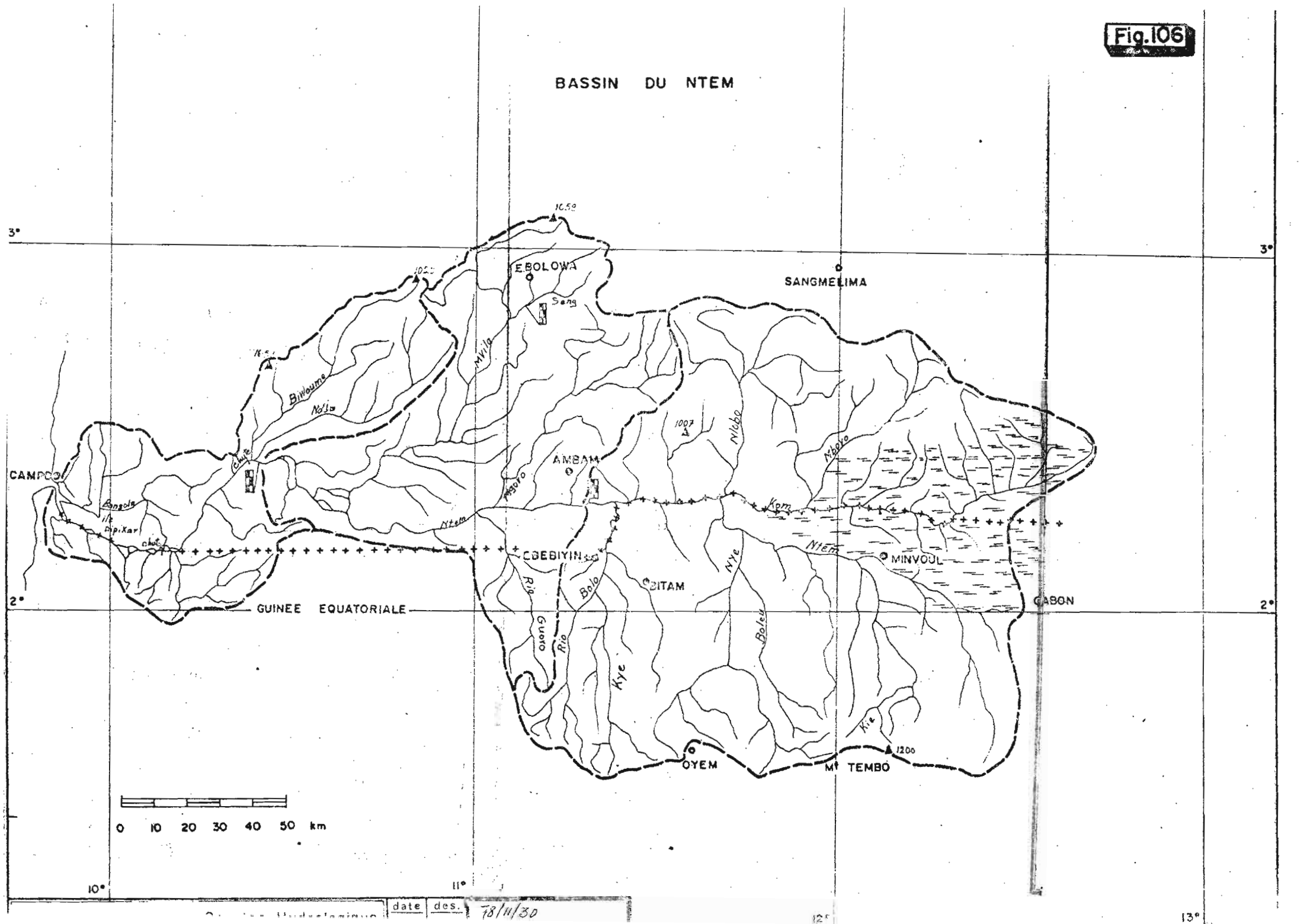
A NGOAZIK, le Ntem a un bassin d'une forte compacité. Ses caractéristiques de forme sont les suivantes :

S km2 : 18 100 Périmètre 550 km Kc : 1.14 Rectangle équivalent
L : 161 km l : 112 km

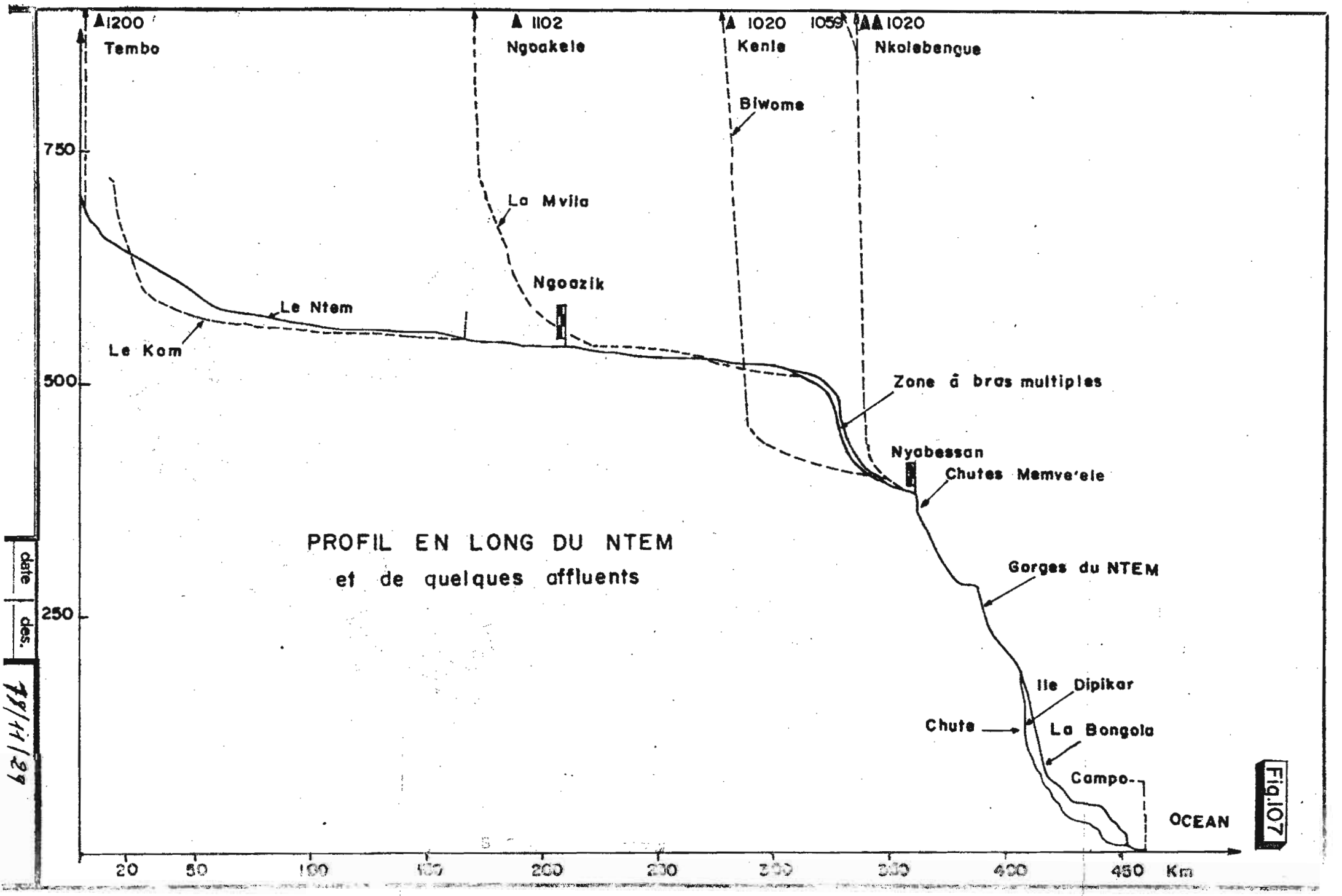
Le profil du Ntem (fig. 107) montre une grande analogie avec celui du NYONG ; cette analogie se retrouve dans la morphologie générale des deux bassins, analogie qui se retrouverait aussi dans les régimes hydrologiques si la situation plus équatoriale du NTEM n'avait pas d'incidence sur la répartition saisonnière des précipitations. A Ngoazik la pente moyenne des 60 % médian du profil est de 0.48 m/km.

Fig.106

BASSIN DU NTEM



	date	des.	78/11/30


1200
Tembo
1102
Ngoakele
1020
Kenie
1059
1020
Nkolebengue
Biwome
750
La Mvila
Ngoazik
Le Ntem
Le Kom
500
Zone à bras multiples
Nyabessan
Chutes Memve'ele
PROFIL EN LONG DU NTEM
et de quelques affluents
Gorges du NTEM
250
Ile Dipikar
Chute
La Bongola
Campo-
OCEAN
20
50
100
200
400
450
Km
date
des.
28/11/29
Fig.107

3.2 - EQUIPEMENTS ET MESURES

Ceux-ci concernent la partie camerounaise du bassin du NTEM.

3.2.1 - Le NTEM à Ngoazik

La station contrôle un bassin versant de 18 100 km2. Elle a pour coordonnées : latitude 2° 18' N ; longitude : 11°18' E ; altitude 535 m.

Installée par l'ORSTOM le 17 juin 1953, en rive droite à l'amont du bac, de la route vers la GUINEE EQUATORIALE, à 13 km d'Ambam, la station est équipée d'éléments d'échelle de 0 à 5 m. Son zéro est à 3.765 m, sous une borne repère, et n'a pas varié au cours de la période d'observation. D'anciennes observations faites en 1947, et un jaugeage au flotteur (1946) n'ont pu être rattachés à l'échelle actuelle.

Vingt huit jaugeages effectués de 1954 à 1977 entre les côtes 028 et 311, pour une variation des débits de 32 à 770 m3/s (tableau 62) ont permis de définir la relation hauteurs-débits de la station, la courbe d'étalonnage est obtenue avec une bonne précision, les deux dernières mesures indiquant toutefois des valeurs un peu faibles (fig. 108).

L'extrapolation de la courbe, peu importante pour les basses-eaux, a été prolongée jusqu'à plus de 1 300 m3/s pour les hautes eaux, ce qui constitue un facteur d'imprécision notable pour la plus forte crue observée.

Le barême hauteurs-débits est indiqué ci-après, H en cm, Q en m3/s.

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
-40	14	75	77	175	289	275	654
0	21	100	108	200	375	300	747
25	34.5	125	152	225	466	350	939
50	54.0	150	213	250	560	400	1138

TABLEAU N° 62

NTEM A NGOAZIK

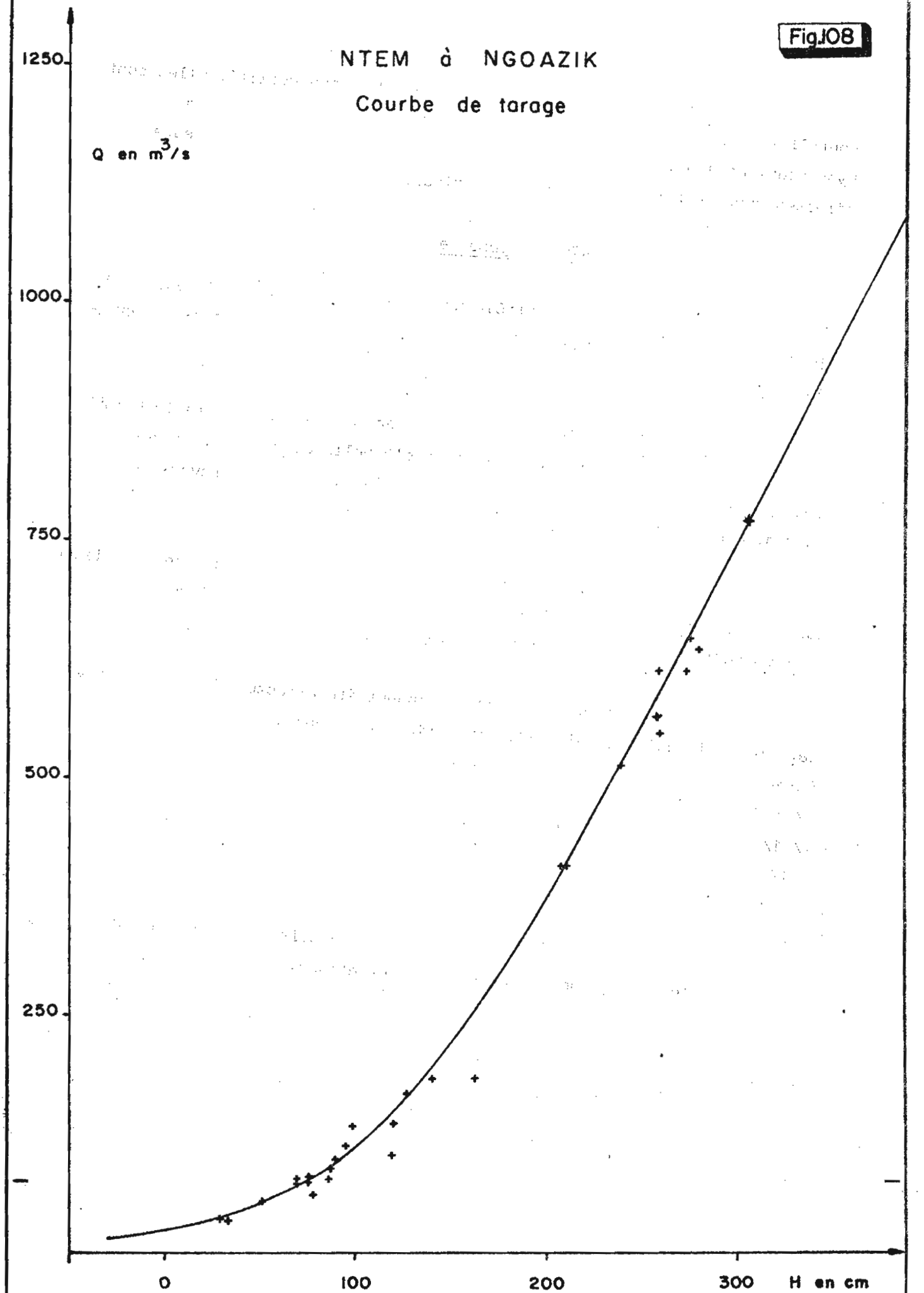
LISTE DES JAUGEAGES.

N°	Date	H. cm	Q m3/s	N°	Date	H. cm	Q m3/s
1	12/1/54	77	61	15	24/11/69	259	560
2	11/4/54	140	182	16	7/3/71	76	80
3	30/10/54	258	546	17	27/11/71	208	408
4	29/5/56	238	513	18	22/2/72	28	35
5	6/12/56	258	612	19	17/2/73	70	73
6	25/2/57	51	55	20	21/8/73	75	74
7	9/1/58	127	167	21	22/1/73	69.5	79.8
8	30/8/62	89	99	22	1/11/74	275.5	649
9	16/11/62	210	406	23	6/2/75	120	139
10	28/7/65	87	86	24	12/3/75	98	134.5
11	28/10/65	311	770	25	10/9/75	34-32.5	32.25
12	12/11/65	280	638	26	25/10/75	268	611
13	24/1/68	95	111	27	9/1/76	118.5	103
14	30/7/68	86	78	28	23/06/77	163	185

Fig.108

NTEM à NGOAZIK

Courbe de tarage



	date	des.	
			78/7-17

Les lectures sont régulières et de bonne qualité. Elles sont contrôlées par correspondance des variations avec la station aval de Nyabessan. En 1958, les côtes négatives ont été déterminées par mesures directes sous le zéro de l'élément inférieur.

3.2.2 - Le NTEM à Nyabessan

Cette station contrôle un bassin versant de 26 350 km2. Elle a pour coordonnées : latitude 2°24 N ; longitude : 10°24 E ; altitude 385 m environ.

Située en rive droite au passage des pirogues vers la GUINEE EQUATORIALE, elle est composée d'éléments d'échelle de 0 à 5 m. Le zéro était jusqu'en 1973 à 5.66 m sous la borne ORSTOM. Lors des travaux de réfection du 16/2/73, le zéro a été placé à 5.58 m sous la borne.

D'accès très difficile, la station a été quelque peu délaissée par les hydrologues, d'autant qu'elle n'offre pas de section de mesures satisfaisante ou accessible aux très hautes eaux.

Quatre jaugeages ont cependant été effectués, dont 3 réalisés dans les mois qui ont suivi l'installation de l'échelle (G.ROCHETTE).

Dates	Hauteurs	Débits
7/9/57	187	91
7/11/57	372	1050
8/1/58	234	251
29/8/62	218	173

Le tarage qui pourrait en être déduit reste trop incomplet pour permettre l'exploitation actuelle des observations.

Celles-ci, relevées par les chefs successifs du poste des Douanes, sont de bonne qualité. La station de Nyabessan a été utilisée dans cette étude aux seules fins de contrôle de celle de Ngoazik. Les côtes extrêmes relevées sont 114 et 498.

3.2.3 - Le SENG à Assosseng

D'intérêt très secondaire, cette station n'apparaît ici que pour compléter l'inventaire des stations hydrométriques du bassin du NTEM. Plus septentrional, le Seng draine la région d'EBOLOWA et contrôle à Assosseng un bassin versant de 440 km2. La station a pour coordonnées : latitude : 2°50 N ; longitude : 11°09 E ; son altitude est de 570 m.

La station a été installée le 13 avril 1955 ; elle est située sur la culée du pont de la route Ebolowa-Ambam ; côte rive droite et en aval. Elle est composée d'éléments d'échelle de 0 à 5 m depuis 1965. Le zéro des premières échelles a été descendu de 1 m le 6 février 1959. Un élément de 4 à 5 m est rajouté en 1965. Le zéro est à 6.503 sous une borne repère ORSTOM située en rive droite et à 5.897 m sous une borne située en rive gauche.

Trente jaugeages ont été effectués de 1955 à 1977. Réalisés entre les côtes 073 et 338, ils permettent un étalonnage précis, compris entre les débits 0.33 m3/s et 23.5 m3/s, (tableau 63, fig. 109). L'extrapolation de la courbe a dû être faite jusqu'à 38 m3/s pour une côte de 460.

Le barème d'étalonnage unique sur toute la période est le suivant

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
30		125	2.70	225	11.25	325	21.85
50	0.110	150	4.40	250	13.7	350	24.9
75	0.335	175	6.65	275	16.2	375	30.9
100	0.925	200	8.90	300	18.8	400	27.9
						460	38.1

T A B L E A U 63

S E N G A A S S O N S E N G

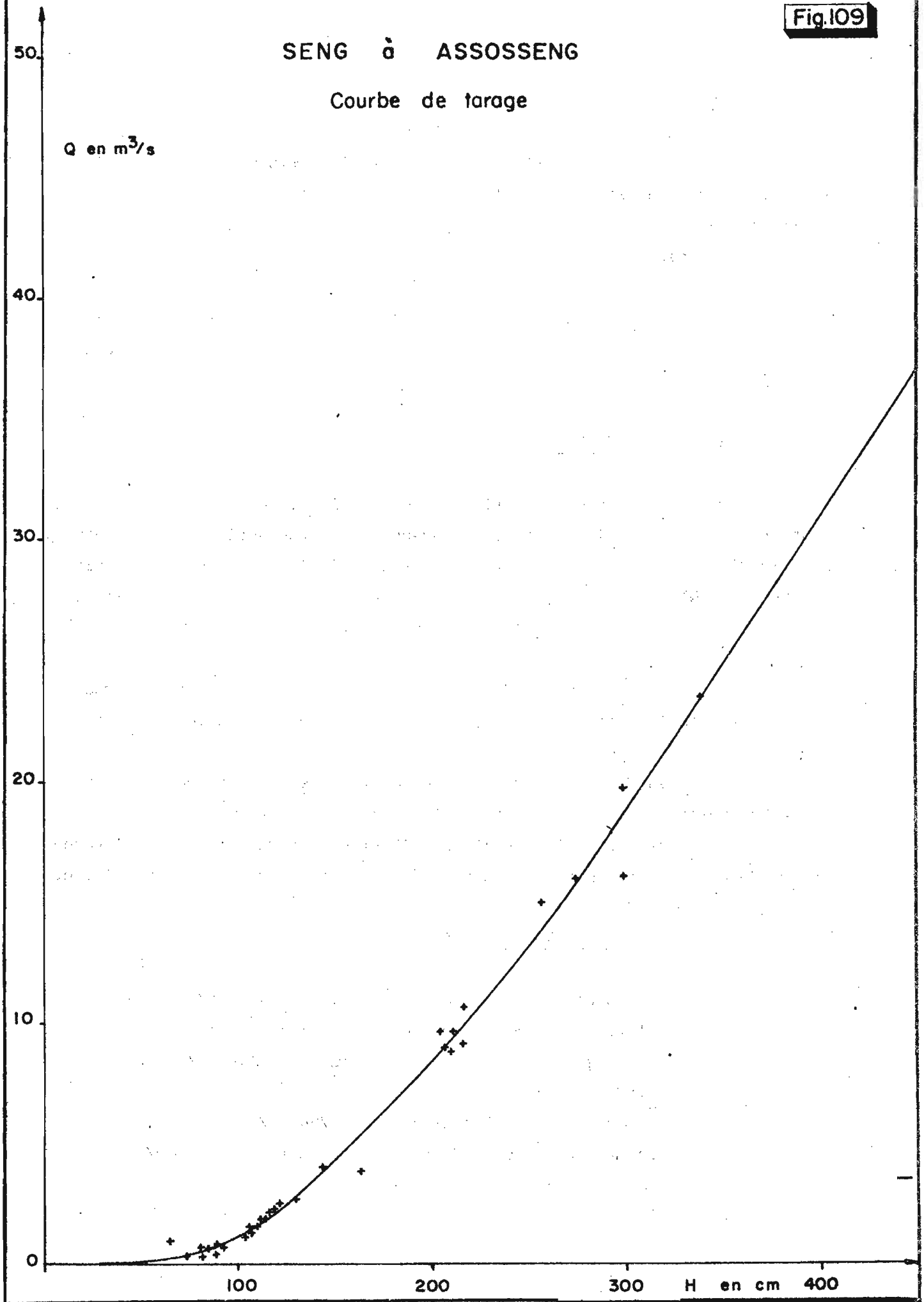
Liste des Jaugeages

N°	Date	H. cm	Q m^3/s	N°	Date	H.cm	Q m^3/s
1	26/5/55	204	9.65	17	21/8/73	122	2.52
2	5/12/56	298	16.04	18	15/10/73	274	16.0
3	24/2/57	88	0.383	19	16/10/73	299	19.7
4	4/2/60	92	0.652	20	17/2/73	104	1.12
5	12/11/62	210	8.8	21	6/2/75	114	1.86
6	29/7/65	143	4.0	22	11/9/75	73	0.329
7	29/10/65	338	23.5	23	24/10/75	216	9.02
8	12/11/65	216	10.5	24	10/1/76	112	1.90
9	24/1/68	107	1.23	25	26/2/76	118	2.22
10	29/7/68	110	1.50	26	27/9/76	130	2.72
11	25/11/69	207	9.11	27	2/11/76	210.5	9.60
12	6/3/71	116	2.19	28	14/3/77	105	1.58
13	26/11/71	164	3.92	29	23/6/77	182	7.00
14	22/2/72	81	0.345	30	31/10/77	256-256.5	15.0
15	15/2/73	84	0.663	31	19/01/78	81	0.718
16	17/2/73	89	0.810				

Fig.109

SENG à ASSOSSENG

Courbe de tarage



	date	des.
		78/7-13

Les lectures sont régulières mais imprécises, les premières années compte tenu des installations initiales insuffisantes pour couvrir l'amplitude des variations annuelles. Depuis 1965, le problème des amplitudes ayant été réglé, les relevés sont de meilleure qualité, mais souvent irrégulières.

Signalons qu'un petit affluent du Seng, le MFIANDE à Ebolowa, utilisé pour l'adduction d'eau de cette ville a été suivi pendant les basses eaux de 1975 et 1976.

3.3 - DONNEES DE BASE

Déterminées à partir des courbes isohyètes interannuelles, les hauteurs de précipitations annuelles moyennes sont respectivement de 1 640 mm pour le NTEM à Ngoazik et de 1 675 mm pour le NTEM à Nyabessan. L'ensemble du bassin du NTEM recevrait une lame d'eau de 1 695 mm. Le petit bassin du Seng reçoit une lame d'eau de 1 750 mm environ.

Sur le plan des débits les données de base ont été résumées dans les tableaux 64 et 65 pour le NTEM à Ngoazik, et les tableaux 66 et 67 pour le Seng à Assosseng.

Les figures 110 et 111 résument l'essentiel de cette information concernant les débits caractéristiques et les débits mensuels.

Enfin les figures 112 et 113 proposent deux exemples d'hydrogrammes annuels, correspondant à des années de faible et forte hydraulicité.

- Pour le NTEM à Ngoazik

- le module moyen est de 276 m3/s, soit 15.2 1/s km2 ;
- l'étiage médian observé est de 50 m3/s, soit 2.76 1/s km2 ; l'étiage le plus bas observé étant de 14.4 m3/s, soit 0.80 1/s km2 ;
- le maximum annuel médian est de 764 m3/s, soit 42.2 1/s km2 le maximum le plus fort observé étant de 1 318 m3/s, soit 72.8 1/s km2.

TABLEAU 64

NTEM A NGOAZIK

Débits moyens mensuels et annuels

Année	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1953 54				95.1	40.2	139	321	523	152	61.2	122	141	-
54 55	190	294	256	121	31.7	133	442	505	209	77.5	86.3	173	208
55 56	359	264	287	131	76.0	248	342	521	218	177	72.6	250	245
56 57	402	506	481	181	71.1	178	577	670	424	207	97.3	111	325
57 58	213	315	347	197	77.0	188	709	584	419	134	82.6	67.3	278
58 59	129	241	146	31.9	15.9	59.2	409	347	197	87.7	85.2	56,8	151
59 60	120	345	209	99.8	67.0	294	737	687	471	304	213	1.	306
60 61	266	311	350	170	138	479	664	826	382	207	218	144	346
61 62	255	163	214	100	102	127	430	529	253	72.3	65.1	196	209
62 63	519	520	384	165	80.7	168	563	523	418	152	137	432	338
63 64	270	418	254	323	169	419	738	503	294	159	112	161	318
64 65	415	439	(270)	(143)	74.2	175	594	790	(792)	(199)	163	279	(324)
65 66	363	335	340	165	123	281	704	639	302	124	116	125	301
66 67	420	624	717	534	247	360	564	674	363	137	108	90.1	405
67 68	122	173	407	186	72.0	219	784	729	377	155	146	186	305
68 69	273	579	419	157	88.0	254	533	546	640	108	180	410	355
69 70	514	336	275	157	121	301	654	581	280	106	85.0	176	307
70 71	195	233	440	199	117	264	659	957	262	132	67.0	105	303
71 72	232	168	131	890	80.9	225	558	556	242	71.4	71.3	108	211
72 73	290	230	206	88.3	76.8	205	597	639	202	143	97.7	115	241
73 74	204	292	384	148	111	182	411	412	177	79.4	84.3	114	217
74 75	188	434	303	111	125	228	506	572	268	84.2	115	115	254
75 76	334	259	172	156	54.0	84.2	430	646	385	120	115	136	241
76 77	260	278	355	173	79.7	135	583	583	336	233	112	84.1	268
MED	260	311	287	156	78.3	212	570	183	298	135	109	131	288.5
ET	109	125	135	96.4	48.0	101	130	133	112	59.9	43.5	95.2	62.1
MOY	267	342	307	163	92.4	224	563	610	318	142	114	163	276
Q1	359	434	384	177	119	272	661	677	383	187	129	181	321
Q3	190	259	209	105	69.5	153	436	523	230	35.9	83.4	109	229

TABLEAU 65

NTEM A NGOAZIK

Débits caractéristiques en m3/s

Année	Etiage	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	CRUE	Date
1953 54	29.5	27/8	33.1	42.8	-	-	-	478	523	616	19/11
54 55	23.0	27/8	24.0	47.6	74.0	163	299	455	560	665	5/11
55 56	50.0	3/9	61.2	70.2	115	242	325	448	597	635	11/11
56 57	51.6	28/2	57.6	69.3	118	299	496	642	695	729	13/11
57 58	47.6	2/3	58	63	96.3	208	414	624	784	877	17/10
58 59	14.4	12/9	14.8	15.6	45.5	102	205	368	523	627	22/10
59 60	33.1	13/8	40.4	88.5	111	173	382	769	861	896	1/12
60 61	82.0	14/7	108	121	171	273	463	784	920	978	14/11
61 62	33.1	27/8	35.2	50	78	171	292	534	612	646	10/11
62 63	55.8	24/8	68.4	100	141	251	496	612	650	672	14/10
63 64	108	11/2	111	114	152	283	410	654	758	830	18/10
64 65	48.4	31/8	65.7	107	150	261	410	605	939	1034	6/11
65 66	78.0	3/9	85.9	95	128	236	421	683	758	799	11/10
66 67	65.7	28/3	98.9	163	429	616	725	766	834	882	25/6
67 68	55.8	24/8	62.1	76	128	196	429	773	908	1006	31/10
68 69	48.4	27/8	63	85.9	152	396	545	665	695	717	14/5
69 70	53.2	17/2	66.6	91.1	130	219	429	717	747	815	6/11
70 71	49.2	10/2	58.7	78	114	139	371	799	1074	1318	11/11
71 72	35.2	21/2	48.4	58.5	72	145	248	597	740	807	28/10
72 73	50.0	21/8	63	72	104	161	305	654	758	799	24/10
73 74	63.0	27/1	67.5	74	97.6	176	302	425	538	593	5/11
74 75	64.8	22/1	70.2	78	105	183	398	560	654	702	6/11
75 76	26.0	3/9	28.5	46	112	181	(299)	597	695	710	20/11
76 77	55.8	16/8	57.6	72	105	242	389	597	657	710	24/11
MED	50.0		61.6	75.0	114	208	389	618	717	764	
ET	20.5		23.4	24.8	31.2	76.1	97.3	119	141	167	
Q1	59.4		67.9	93.0	141	261	429	700	775	855	
Q3	34.1		44.4	60.7	97.6	173	302	547	631	668	

TABLEAU 66

SENG A ASSOSSENG

Débits moyens mensuels et annuels

Année	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1955 56	2.83	4.75	8.27	3.49	2.40	6.21	20.7	19.2	5.60	1.91	3.15	8.80	(7.40)
56 57	12.9	13.7	10.30	8.04	2.00	6.68	24.7	20.6	8.47	1.14	3.65	4.00	9.68
57 58	8.77	8.72	10.94	8.39	3.36	6.81	17.0	19.6	8.63	2.36	1.64	2.21	8.29
58 59	6.07	9.41	2.25	-	-	-	12.0	10.4	6.91	2.57	1.21	1.18	
59 60	4.79	9.43	5.09	2.41	2.91	11.1	19.8	17.2	6.25	1.93	1.60	6.75	7.44
60 61	9.47	9.61	8.32	2.78	1.57	7.97	20.5	21.3	11.2	9.38	3.43	2.79	9.04
61 62	6.71	6.82	6.39	2.23	0.54	7.46	16.7	20.5	6.79	1.72	1.33	7.86	7.09
62 63	13.7	10.9	9.94	5.49	2.43	6.72	9.15	13.0	6.13	2.19	2.19	5.40	7.27
63 64	6.27	6.36	11.62	13.20	3.67	6.04	11.6	11.6	4.5	1.90	1.34	2.99	6.81
64 65	9.59	9.90	8.22	2.53	7.01	3.03	17.2	16.7	5.7	2.56	3.28	7.25	(6.02)
65 66	6.28	13.2	13.9	5.01	5.43	8.85	17.6	10.0	3.21	1.31	1.20	1.64	7.33
66 67	7.63	13.9	18.6	11.07	5.03	7.80	17.4	25.7	8.89	4.49	1.91	2.01	10.4
67 68	3.50	12.3	16.5	4.98	2.12	21.2	20.5	15.5	8.68	3.02	2.18	3.13	8.48
68 69	5.73	8.42	9.41	-	1.24	6.30	12.4	-	8.59	2.91	1.94	11.49	-
69 70	8.38	9.66	8.23	6.55	6.10	19.6	15.7	20.6	5.35	2.42	2.89	10.41	9.66
70 71	13.1	13.28	11.6	4.94	6.98	12.7	22.0	21.2	6.26	2.67	1.60	3.30	9.84
71 72	3.28	3.44	5.21	3.62	1.31	7.38	27.1	12.0	5.07	1.16	0.68	5.61	6.32
72 73	4.80	6.57	7.05	1.40	1.19	9.12	22.4	17.9	4.37	2.00	0.61	3.23	6.74
73 74	5.68	8.78	14.0	6.09	4.33	6.35	11.7	4.94	1.82	1.02	1.31	2.17	5.69
74 75	4.66	8.43	4.86	0.66	1.79	9.60	14.0	15.8	3.38	0.81	2.34	1.90	5.72
75 76	7.41	5.60	7.18	8.39	0.73	3.40	15.4	25.5	6.36	2.10	2.10	3.64	7.00
76 77	7.80	6.00	10.0	4.00	0.80	2.30	16.2	22.8	11.40	8.45	1.60	1.50	7.74
MED	6.27	9.09	8.86	4.99	2.43	7.46	17.3	17.9	6.26	2.14	1.77	3.26	7.37
ET	8.14	2.98	3.92	8.40	2.27	5.45	3.12	4.63	2.40	2.16	0.86	3.02	1.41
MOY	7.02	9.05	9.45	7.06	3.35	9.39	17.35	17.24	6.44	2.73	1.96	4.51	7.70
Q1	8.38	10.9	11.6	8.22	5.23	10.3	20.7	20.9	8.47	2.67	2.34	6.75	8.76
Q3	4.79	6.57	7.05	2.65	1.44	6.32	14.00	12.50	5.07	1.72	1.33	2.17	6.77

TABLEAU 67

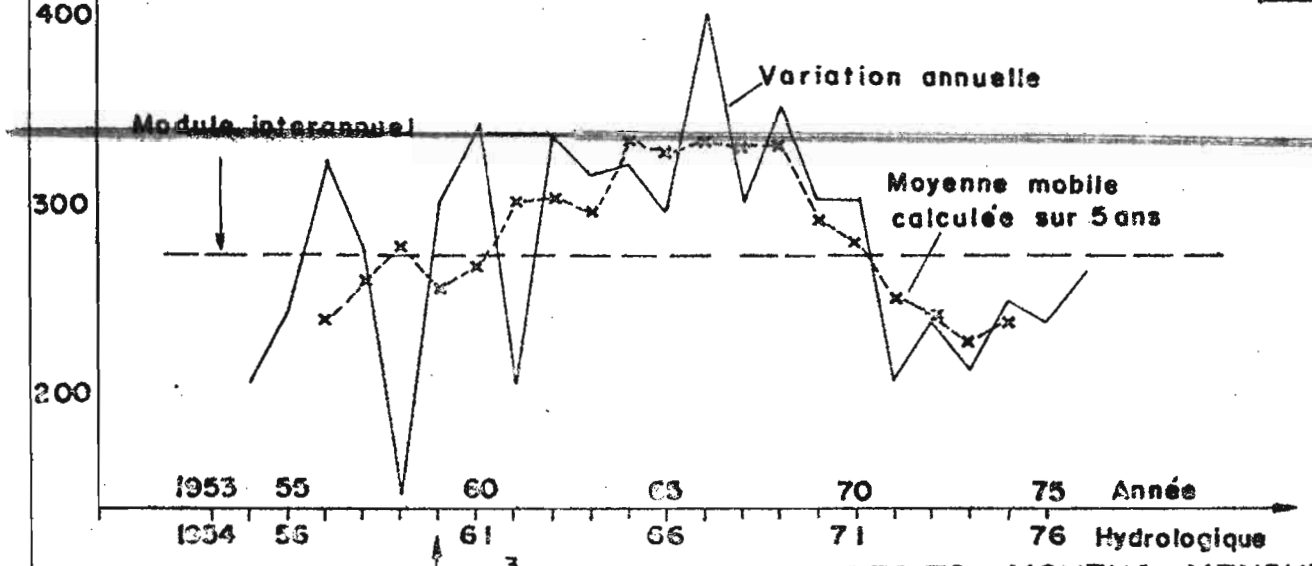
SENG A ASSOSSENG

Débits caractéristiques en m3/s

nnée	Etiage	Date	B66	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Crue	Année
955 56	0.73	1/2	(0.92)	(0.98)	3.56	(6.20)	(8.18)	(20)	(29.70)	(30.90)	8/11
56 57	0.92	12/3	0.92	1.04	2.40	7.64	14.60	22.98	31.38	32.10	22/10
57 58	(0.92)	1/3	0.92	1.08	2.64	4.05	12.90	20.00	22.11	30.54	7/11
58 59	0.35	11/3	0.57	0.75	0.92	2.40	6.02	12.30	19.40	28.02	21/11
59 60	0.57	3/3	0.73	0.90	2.46	4.26	15.50	19.04	22.62	29.70	6/9
60 61	0.90	24/8	1.10	1.39	2.88	5.21	13.20	21.85	29.46	30.90	5/11
61 62	0.14	31/8	0.42	0.73	1.95	4.05	10.35	20.60	25.14	30.90	
62 63	0.64	14/2	1.21	1.59	2.70	5.75	10.62	15.30	18.80	24.42	22/4
63 64	0.75	18/2	0.87	1.10	2.82	5.03	8.90	16.40	20.60	30.90	2/7
64 65	0.50	27/8	0.59	1.04	3.21	5.48	10.44	17.50	25.26	33.20	4/11
65 66	0.48	4/3	0.67	0.87	2.58	4.40	10.71	17.60	24.66	29.70	31/5
66 67	0.64	8/3	0.84	1.59	3.91	7.64	14.30	26.10	29.40	36.90	29/10
67 68	0.75	4/2	0.90	1.27	2.70	4.67	13.00	21.85	26.22	37.86	2/11
(68 69)	(0.57)	27/8	(0.78)	(1.38)							
69 70	0.59	16/2	1.15	2.13	3.56	7.64	13.60	22.24	27.78	33.42	6/11
70 71	0.75	12/2	1.10	1.95	3.49	7.82	15.20	21.59	28.86	35.70	4/11
71 72	0.38	16/2	0.53	0.90	1.38	3.33	7.37	23.10	28.38	31.86	6/10
72 73	0.38	7/2	0.55	0.70	1.27	3.84	7.91	21.98	26.58	29.46	7/11
73 74	0.29	9/1	0.48	0.73	1.95	3.84	7.46	15.00	18.03	24.42	19/6
74 75	0.10	12/8	0.38	0.50	1.10	3.42	7.55	16.10	20.96	25.62	10/10
75 76	0.23	17/9	0.35	0.57	1.95	4.58	10.08	18.58	28.50	35.10	15/11
76 77	0.40	10/3	0.55	0.78	1.86	5.21	11.25	17.70	28.60	31.50	18/11
MED	0.57		0.75	1.01	2.58	4.67	10.6	20.0	26.2	30.9	
ET	0.24		0.26	0.43	0.85	1.56	2.89	3.33	4.07	4.48	
Q1	0.75		0.92	1.35	3.05	5.97	13.4	12.9	28.7	33.4	
Q3	0.38		0.55	0.75	1.90	3.94	8.05	16.9	21.5	29.6	

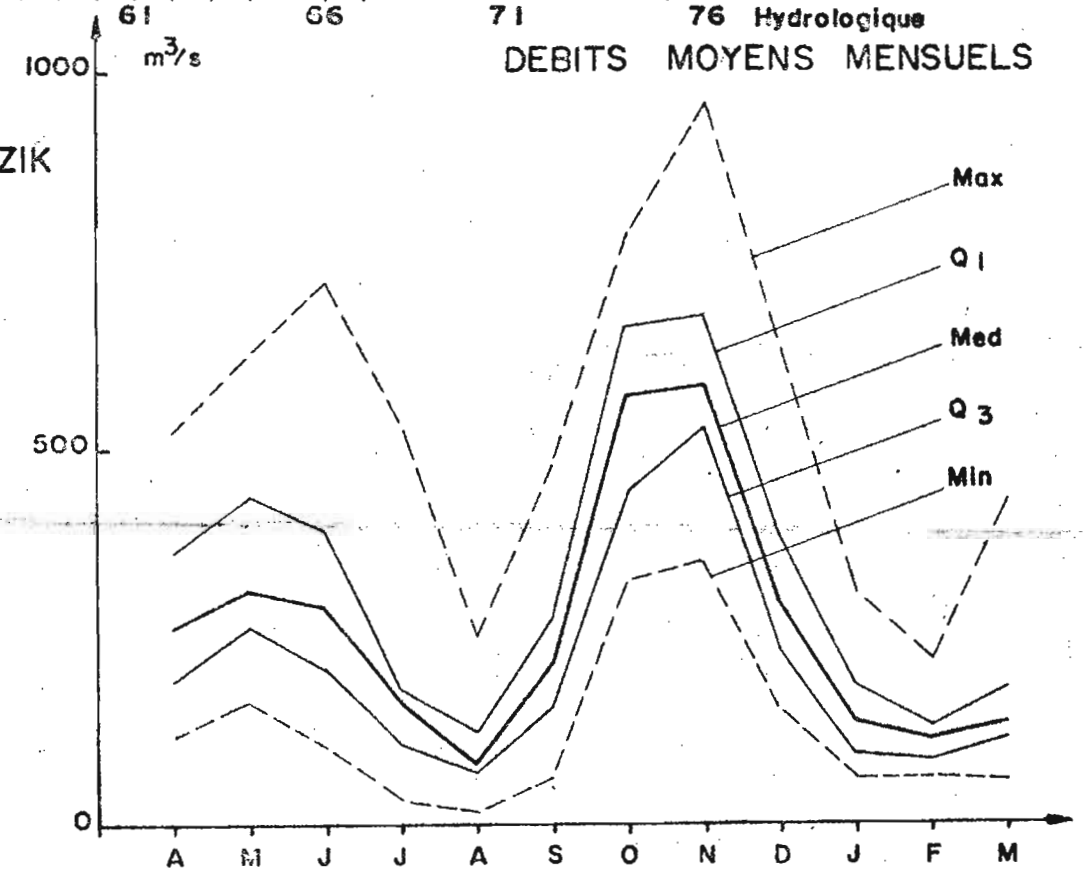
VARIATIONS DE L'HYDRAULICITE DU NTEM SUR LA PERIODE D'OBSERVATIONS

Fig.110

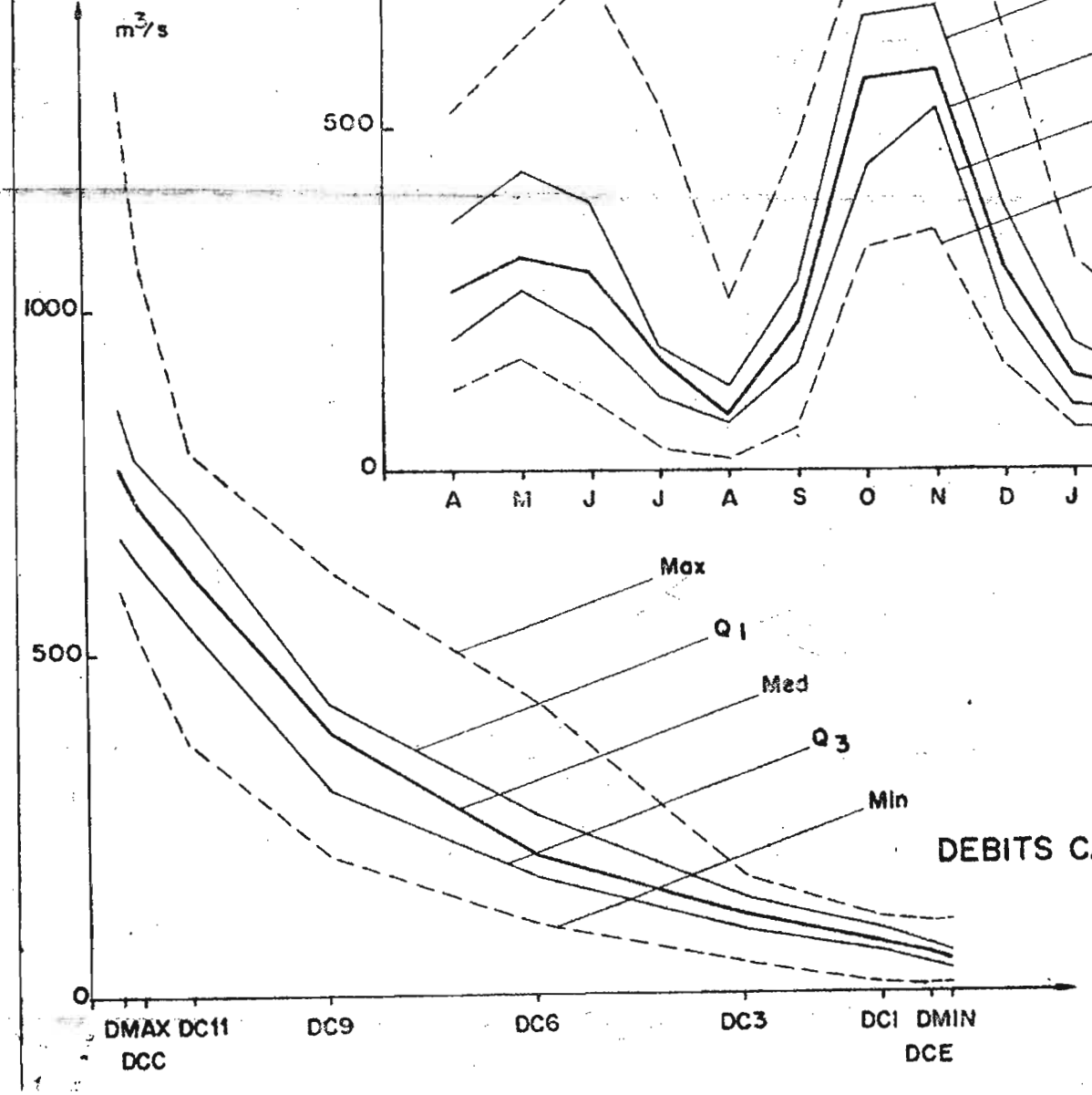


DEBITS MOYENS MENSUELS

NTEM à NGOAZIK



DEBITS CARACTERISTIQUES

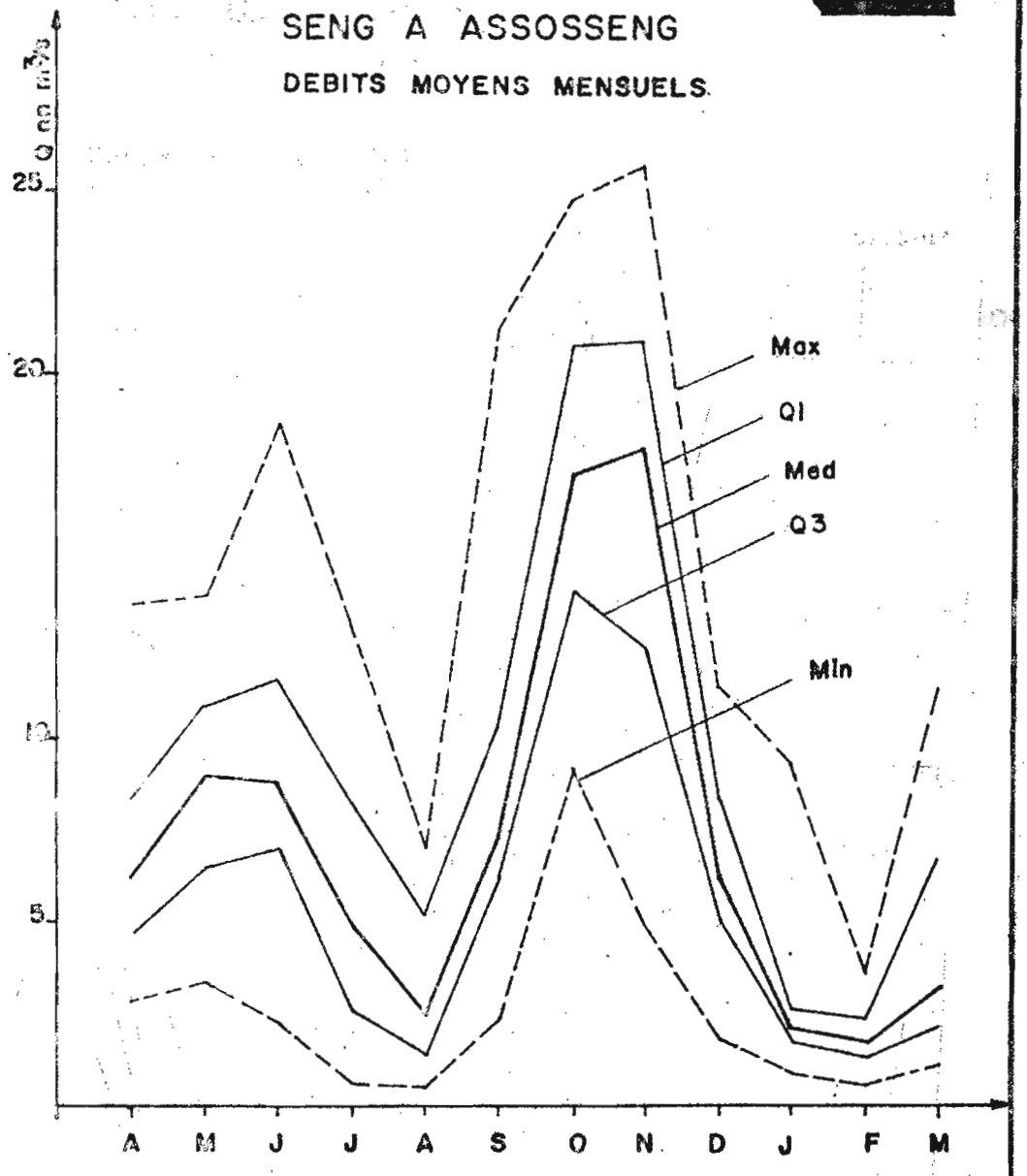


78/6-54

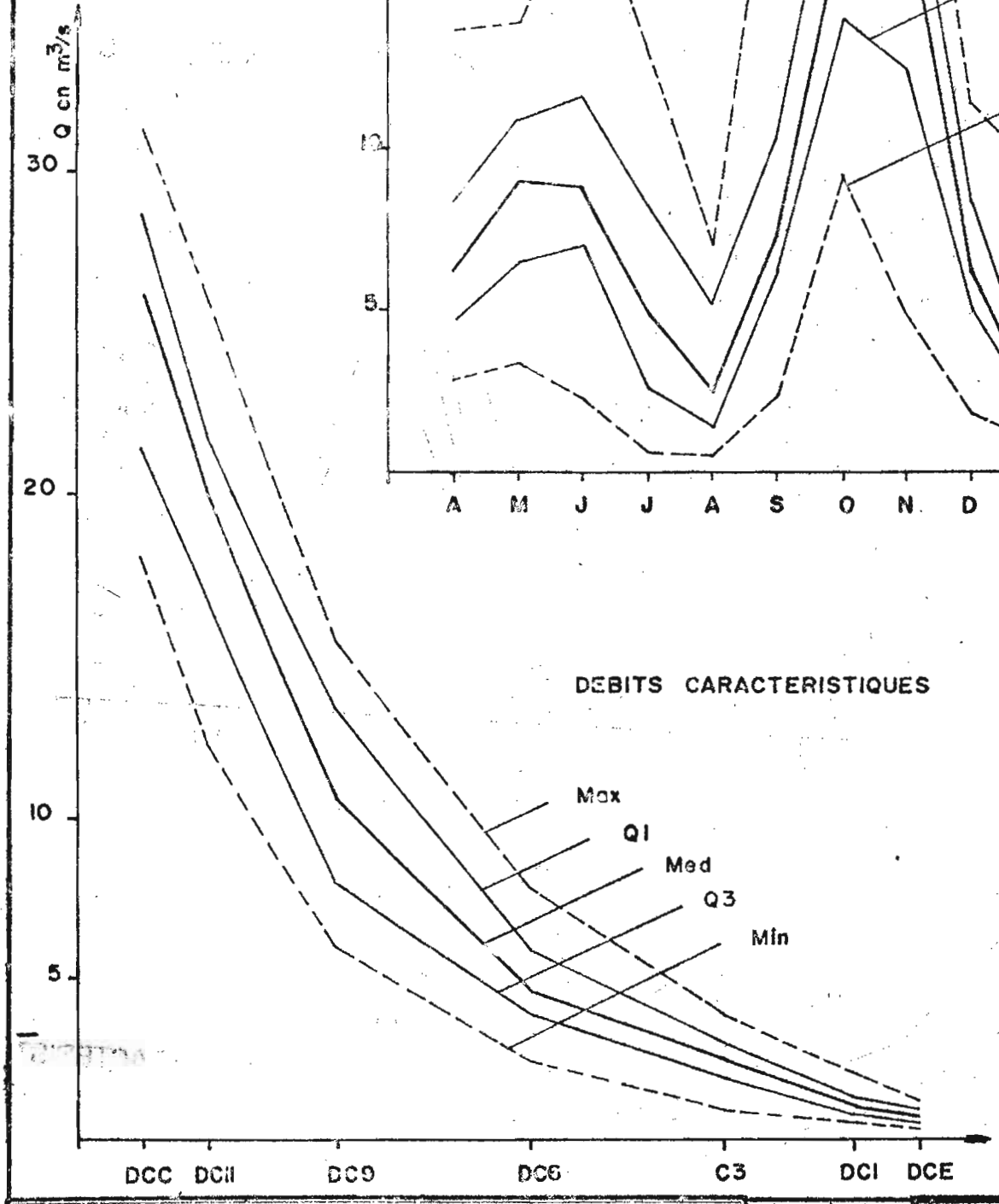
Fig. III

SENG A ASSOSSENG

DEBITS MOYENS MENSUELS



DEBITS CARACTERISTIQUES



date	des.
	79/2/3

On notera la faible valeur du débit spécifique par rapport à celui de la Lobé ; ceci est en rapport avec les régimes pluviométriques.

Le caractère équatorial du régime est particulièrement prononcé avec, ce qui peut surprendre puisque le NTEM est encore au Nord de l'équateur, le débit mensuel le plus faible observé en août et un rapport des débits mensuels les plus faibles des saisons sèches, Q août/Q février = 0.81.

Le débit mensuel le plus élevé est observé en novembre. Il est nettement supérieur au débit mensuel le plus élevé de la première saison des pluies de l'année (mai). Le rapport Q novembre/Q mai = 1.78.

Les périodes de hautes eaux traduisent bien le caractère équatorial nord du régime du NTEM.

Le débit mensuel le plus faible (août) représente 33 % du module. Le débit mensuel le plus fort représente 221 % du module.

- Pour le Seng à Assosseng

- le module moyen est de 7.70 m3/s, soit 17.5 1/s km2 ;
- l'étiage médian observé est de 0.57 m3/s, soit 1.30 1/s km2 ; l'étiage médian le plus fort observé étant de 0.100 m3/s, soit 0.23 1/s km2 ;
- le maximum annuel médian est de 30.9 m3/s, soit 70.2 1/s km2 ; et le maximum le plus fort observé étant de 37.9 m3/s, soit 86.0 1/s km2.

Le rapport des deux débits mensuels les plus faibles des deux saisons sèches Q février/Q août est de 0.73.

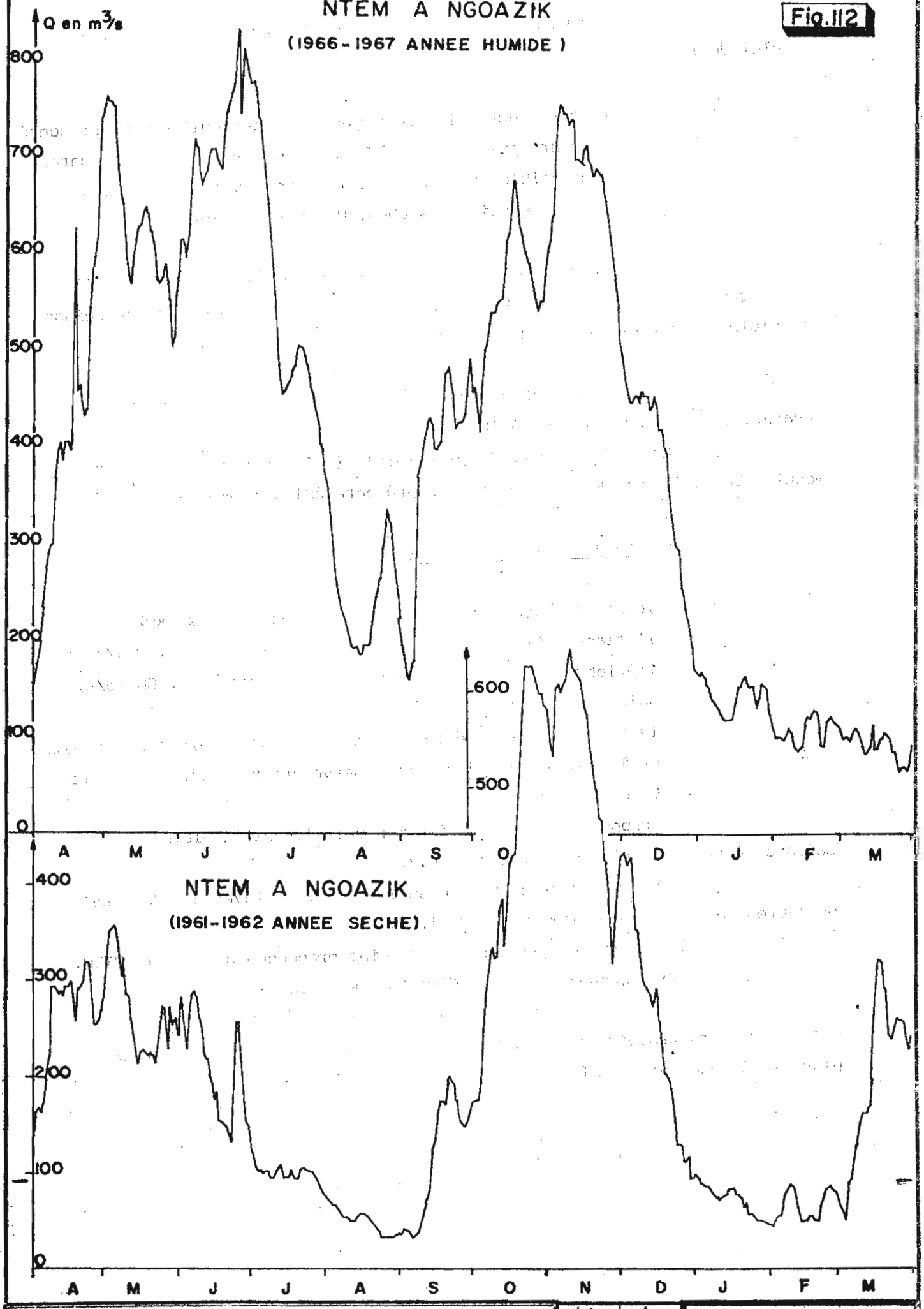
Celui des deux débits mensuels les plus élevés des deux saisons de hautes eaux ; Qnovembre/Qmai est de 1.97.

La tendance équatoriale est moins prononcée que sur le NTEM.

Les rapports Qfévrier/Module = 0.23 ;
Qnovembre/Module = 2.32 ;

ont des valeurs traduisant une amplitude des variations mensuelles un peu plus élevée que sur le NTEM.

Fig.112



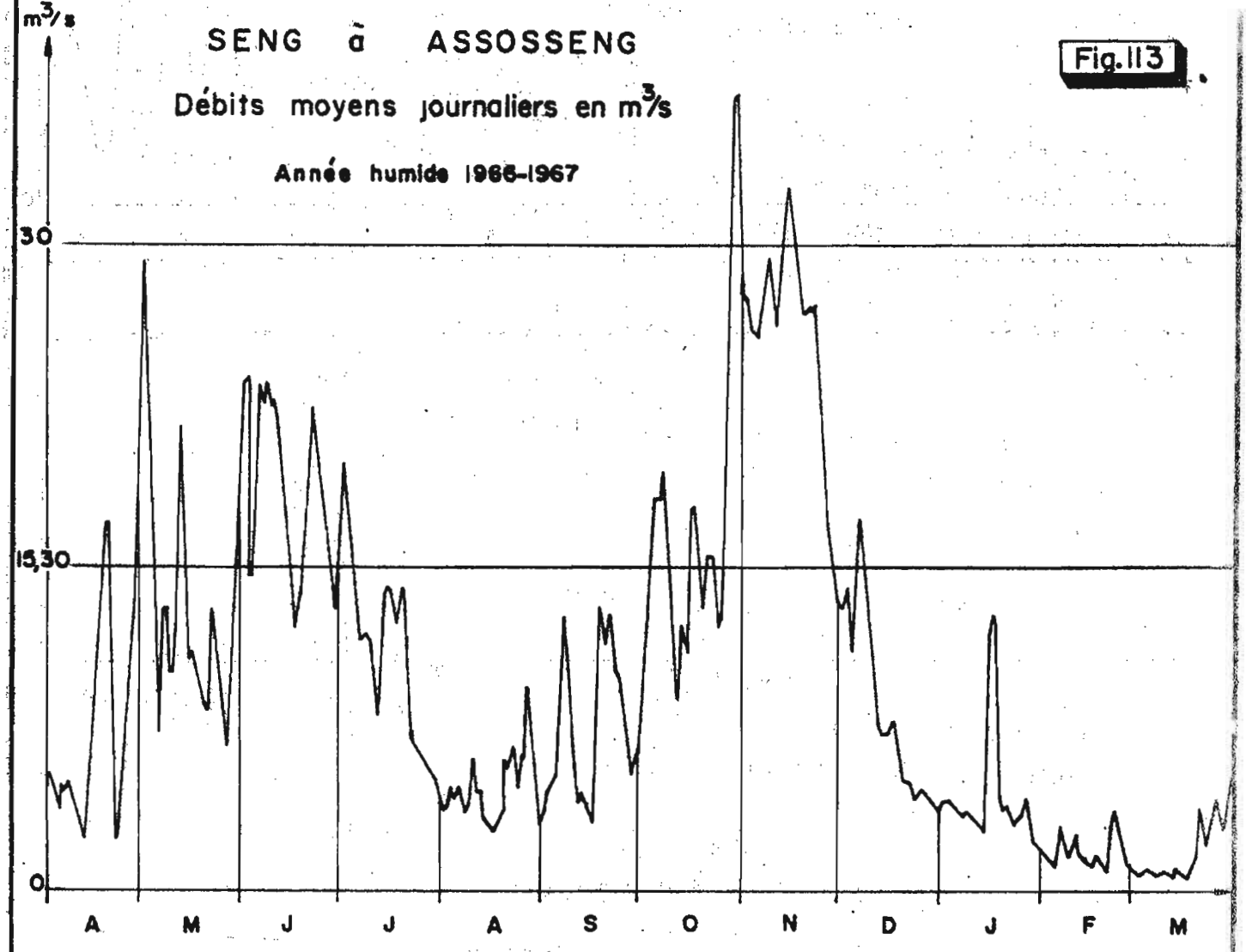
date	des.
	79/2-2

Fig. 113

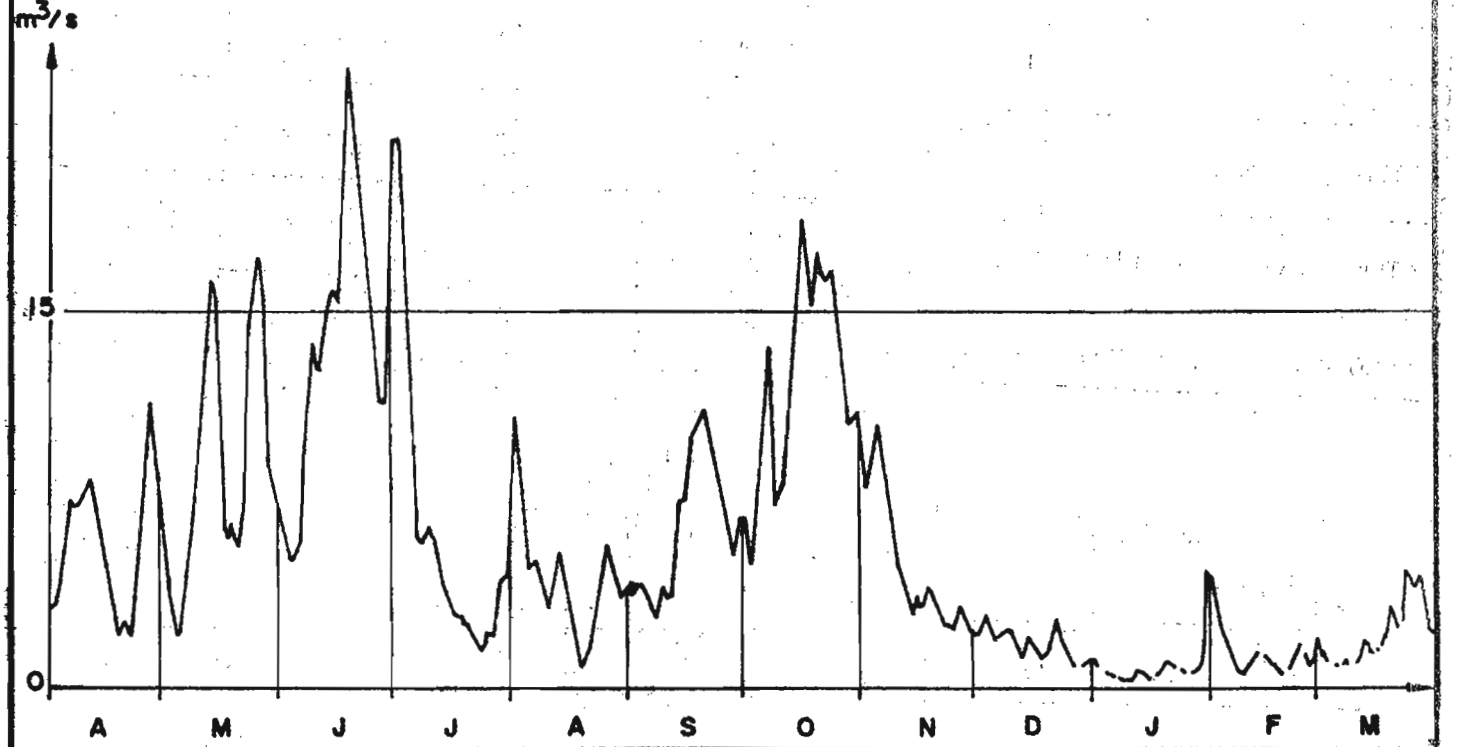
SENG à ASSOSSENG

Débits moyens journaliers en m^3/s

Année humide 1966-1967



Année sèche 1973-1974



	date	des.	78/12-24

3.4 - ETUDE DES BASSES EAUX

3.4.1 Le tarissement

Si les périodes de basses eaux du NTEM présentent bien une décroissance parfois régulière des débits, celle-ci s'apparente davantage à une phase de décrue qu'à une période de réel tarissement. Cela tient à l'origine diverse des affluents (Nord et Sud). Cependant pour les deux saisons sèches, on a pu mettre en évidence certaines années des phases de tarissement dont le coefficient varie de 0.025 à 0.035.

Sur le Seng, les périodes de tarissement sont aussi très souvent perturbées ; le coefficient de tarissement observé sur les deux saisons sèches traduit un tarissement rapide de la rivière ; il varie de 0.03 à 0.045.

3.4.2 - Les étiages absolus

Sur le Seng à Ngoazik, ceux-ci apparaissent 15 fois sur 24 pendant la "petite saison sèche" (63 % des cas) et pour le Seng plus au Nord 6 fois sur 22 (27 % des cas).

Les dates d'apparition de l'étiage absolu ont été décomptées par décades dans le tableau ci-dessous :

SAISON	GRANDE SAISON SECHE									TOTAL	PETITE SAISON SECHE									TOTAL
Mois	Janv.			Février			mars				Juillet			Août			septem			
Décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2		
NTEM à Ngoazik (24)		2		1	2	2	1		1	9	1	0	0	2	0	8	3	1		15
NTEM à Nyabessan (18)					3	2	1			6				4	4	3	1			12
SENG à Assosseng (23)	1	0	0	3	6	0	5	2		17	0			1	4			1		6

L'étiage absolu apparaît donc le plus souvent dans la 3e décade du mois d'août, sur le NTEM.

Lorsqu'il est observépendant la grande saison sèche, l'occurence de son apparition est plus grande pendant la 2e décade de février. Dans le même temps, on note un éventail plus large de l'éventualité d'apparition de l'étiage absolu qui traduit une certaine interférence des influences australes et boréales du climat équatorial, bien que le bassin du NTEM soit entièrement situé au Nord de l'équateur.

Ajoutons que les périodes de basses-eaux succédant à des périodes de hautes eaux très dissymétriques et les saisons sèches tendant vers une même durée, il paraît normal que l'étiage le plus bas soit le plus souvent consécutif à la période de hautes eaux de moindre ampleur, et apparaisse en août.

L'étude fréquentielle des étiages absolus du NTEM à Ngoazik a abouti à l'ajustement de l'échantillon à une distribution de GALTON dont les caractéristiques sont les suivantes (figure 114) :

Paramètre d'échelle	97.3	Coef. de variation	0.394
de position	-48.4	d'assymétrie	0.614
de forme	0.200	d'aplatissement	0.677

Moyenne 50.9 Médian : 48.9 Mode : 45.1

Les calculs de prédétermination des étiages absolus de récurrence donnée aboutit aux résultats suivants :

			Années sèches				
	Moyenne	Médiane	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
NTEM Etiage m3/s	50.9	48.9	33.9	26.9	21.7	16.2	12.8
l/s km2	2,81	2.70	1.87	1.49	1.20	0.90	0.71

L'étiage le plus bas observé est de 14.4 m3/s.

Pour l'échantillon d'étiages du Seng, l'ajustement d'une loi de GOODRICH s'écartant peu de la loi normale aboutit aux calculs de prédétermination suivants :

		Années sèches			
	Médiane	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
Etiage du Seng m3/s	0.547	0.345	0.243	0.163	0.082
l/s km2	1.24	0.78	0.55	0.37	0.19

Si les étiages spécifiques du NTEM se situent bien dans la gamme de ceux déterminés pour le NYONG, on notera que ceux du Seng sont particulièrement faibles. Le bassin du Seng est plus petit et il est assez logique que le débit d'étiage spécifique soit plus faible.

L'étude de corrélations entre les débits d'étiage est résumée ci-dessous :

Pour le NTEM	DCE = 1.13 Dmin + 2.9	r = 0.952
	DC1 = 1.07 Dmin + 23.6	r = 0.730
Pour le SENG	DCE = 0.91 Dmin + 0.26	r = 0.845
	DC1 = 1.06 Dmin + 0.51	r = 0.597

La liaison entre les débits caractéristiques est très lâche sur le Seng.

ETUDE DES CRUES

Le régime des crues du NTEM montre que 22 fois sur 24 (92 % des cas), le maximum annuel survient pendant la grande saison des pluies c'est-à-dire en octobre-novembre.

Un maximum annuel de 882 m3/s a été observé le 25 juin 1966, et un autre de 717 m3/s a été observé le 14 mai 1968.

Le décompte par décades du maximum annuel survenu en grande saison sèche est indiqué ci-dessous :

Mois	octobre			novembre			décembre			Total
Décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
NTEM à Ngoazik	4	4		6	6	1	1			22/24
NTEM à Nyabessan	2	4		10	2		0			19/20

La date médiane se situe le 5 novembre à Ngoazik et la crue annuelle apparait dans 60 % des cas entre le 26 octobre et le 17 novembre. A Nyabessan plus de la moitié des maximums apparaissent entre le 1er et le 10 novembre.

Sur le SENG, la petite taille du bassin (440 km2) explique que l'apparition du maximum annuel soit plus aléatoire, compte tenu de ce que les crues sont consécutives à de brefs épisodes pluvieux qui peuvent s'observer en dehors du maximum de la saison des pluies.

Le maximum annuel est toutefois le plus souvent observé en octobre-novembre, 9 fois pendant la 1ère décade de novembre, 1 fois en septembre. On l'observe aussi 1 fois en avril, en mai, en juin et en juillet.

L'étude fréquentielle des maximums annuels du NTEM aboutit à un très bon ajustement de l'échantillon suivant les lois de distribution de GALTON et de FRECHET.

Pour la distribution de GALTON on a les caractéristiques suivantes

Paramètre d'échelle	203.8	Coef. de variation	0.233
de position	542.1	d'assymétrie	2.588
de forme	0.655	d'aplatissement	13.89
Moyenne	794.7	Médiane 746.0	Mode 674.8

ETUDE DES MODULES ET DES TERMES DU BILAN

L'étude fréquentielle des modules du NTEM à Ngoazik aboutit à des ajustements pratiquement de même qualité suivant les distributions de GOODRICH, GALTON et PEARSON III. La loi normale a été retenue ; elle est caractérisée par la moyenne 276 m3/s et l'écart-type 60.8 m3/s ; le coefficient de variation est 0.220.

L'étude de prédétermination des modules du NTEM aboutit aux résultats suivants :

	Années sèches					Médiane	Années humides				
Module NTEM	100	50	20	10	5	Moyenne	5	10	20	50	100
m3/s	134	151	176	198	225	276	327	354	376	401	417
1/s km2	7.4	8.3	9.7	10.9	12.4	15.3	18.1	19.6	20.8	22.2	23.0
He mm	233	262	306	344	391	482	571	618	656	700	725

Les modules extrêmes observés sont de 151 et de 405 m3/s.

L'irrégularité interannuelle, traduite par K3 rapport des modules decennaux humide et sec (K3 = 1.79), est plus élevée que sur le NYONG.

L'étude des modules du Seng aboutit à un ajustement de l'échantillon suivant une loi de GALTON dont les caractéristiques sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	3.932	Coefficient de variation		0.188
de position	3.539	d'assymétrie		1.084
de forme	0.337	d'aplatissement		2.158
Moyenne	7.70	Médiane 7.47	Mode 7.05	

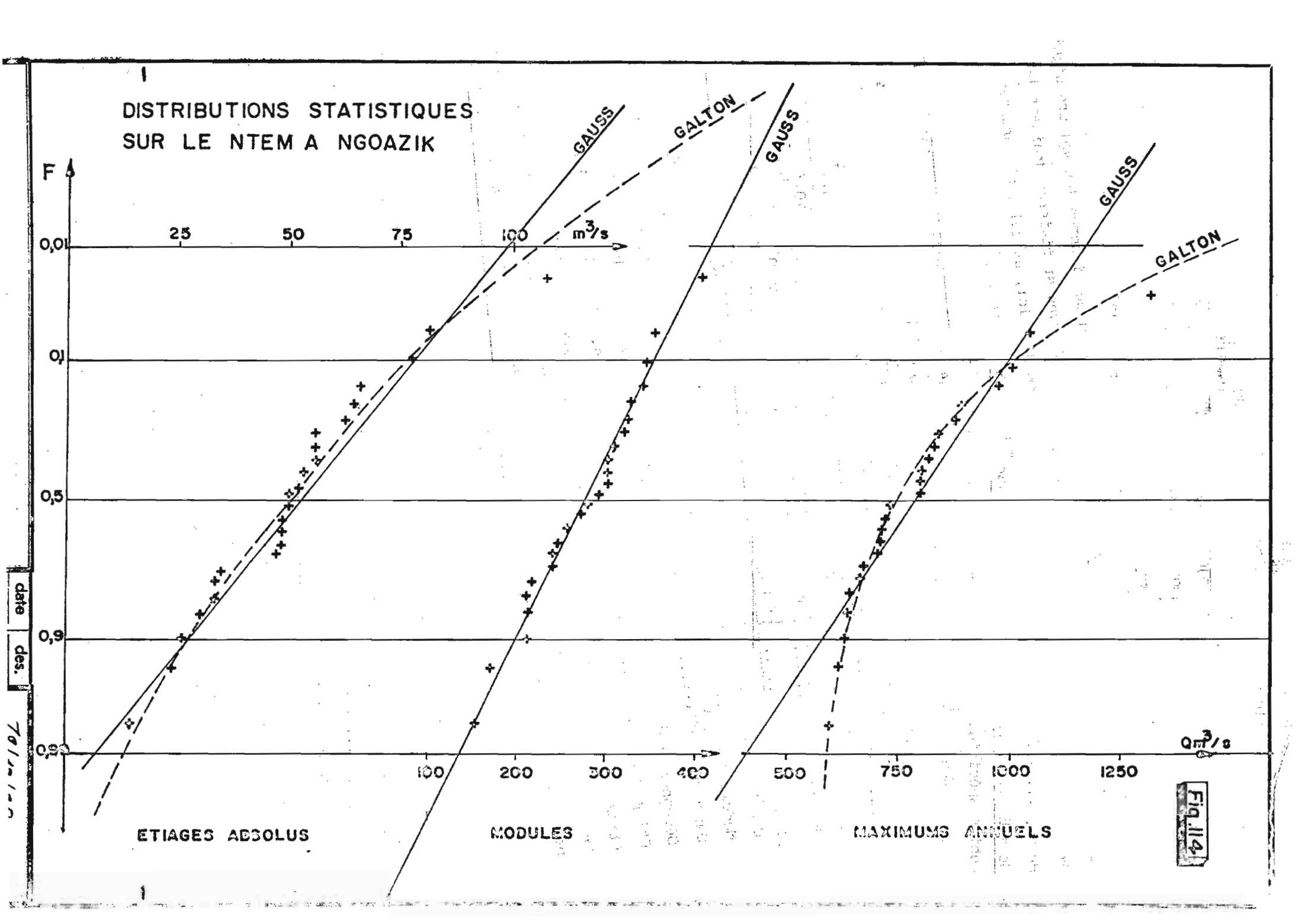
Les calculs de prédétermination des modules sont indiqués ci-après :

	Années sèches						Années humides				
Modules Seng	100	50	20	10	5	Médiane	Moyenne	5	10	20	50	100
m3/s	5.33	5.50	5.80	6.09	6.50	7.47	7.70	8.76	9.60	10.4	11.4	12.2
1/s km2	12.1	12.5	13.2	13.8	14.8	17.0	17.5	19.9	21.8	23.6	25.9	27.7
He mm	382	394	416	435	467	536	552	628	687	744	817	874

L'étude des termes du bilan montre pour le NTEM un déficit d'écoulement interannuel de 1640-482 = 1158 mm, valeur assez élevée qui implique que l'évapotranspiration potentielle est satisfaite sur le bassin du NTEM. On notera que la formule de TURC donnant pour Bitam une ETP de 1087 mm aboutit à une ETP estimée du bassin du NTEM, légèrement inférieure aux 1158 mm déterminés dans le calcul du bilan hydrologique. L'estimation de la hauteur de précipitation a pu être légèrement surestimée, mais la formule de TURC, elle-même, ne donne des résultats qu'à 50 ou 80 mm près. Le coefficient d'écoulement Ke est de 29 %.

Le bilan du Seng présente un déficit d'écoulement de 1750 - 552 = 1198 mm, soit 1200 mm, valeur de l'ETP correspondant à ce que l'on a déterminé sur le bassin du NYONG. Ke = 32 %.

Les variations des modules du NTEM sur la période d'observation montrent une physionomie tout à fait comparable à celle du NYONG (voir fig. 110). La figure 114 résume l'étude statistique effectuée sur le Ntem.


DISTRIBUTIONS STATISTIQUES
SUR LE NTEM A NGOAZIK
F
0,01
0,1
0,5
0,9
0,99
25
50
75
100
m3/s
GAUSS
GALTON
100
200
300
400
500
750
1000
1250
Q m3/s
ETIAGES ABSOLUS
MODULES
MAXIMUMS ANNUELS
Fig II 4

CONCLUSIONS

Nous avons réuni dans le tableau ci-après les valeurs significatives des régimes hydrologiques des fleuves et rivières drainant les régions au Sud du NYONG, qui ont été étudiés ici, et qui sont caractérisés par l'influence du climat équatorial à 4 saisons.

Cours d'eau	LOKOUNDJE	KIENKE	LOBE	NTEM	SENG
Stations Station	LOLODORF	KRIBI	KRIBI	NGOAZIK	ASSOSSENG
S km2	1150	1435	2305	18100	440
Pm	1880	2425	2425	1640	1750
He mm	773	(1082)	1397	482	552
De = Er	1107	(1345)	1025	1158	1198
Débits spécifiques					
Module moyen	24.5		44	15.3	17.5
Décennal sec.....	17.6		37	10.9	13.8
Décennal humide.....	32.6		52	19.6	21.8
Etiage moyen.....	3.04		4.8	2.81	1.24
Etiage décennal sec	2.22		3.4	1.49	0.55
Crue moyenne.....	109		167	43.9	70.7
Décennale humide.....	156		207	56.0	84.1

CHAPITRE VIII : FLEUVES COTIERS A L'OUEST DE LA SANAGA

Ces fleuves peuvent se classer en plusieurs catégories :

1 - Tributaires de l'estuaire du CAMEROUN (ou du wouri) ;
2 - Torrents issus du Mont-Cameroun ;
3 - Tributaires de la mangrove Ouest de Rio del Rey ;
4 - Bassin de la Cross River qui se jette dans le golfe de Biafra à Calabar au NIGERIA.

Les régions drainées reçoivent généralement plus de 2 000 mm de précipitations annuelles, et souvent bien davantage, en une seule saison des pluies qui va de mars à novembre.

L'hydrogramme annuel est marqué par une seule période de basses eaux et une seule saison de hautes eaux.

Le climat équatorial côtier Nord est donc très différent du climat équatorial du NYONG et des fleuves du Sud CAMEROUN, et ne doit en fait son appellation qu'à la latitude des bassins et à l'abondance des précipitations reçues.

Excepté pour le Wouri et le Mungo, l'information qui va être analysée ici, reste très embryonnaire.

Cependant elle va permettre de dégager les caractéristiques des régimes hydrologiques de ces régions de forêt au relief généralement bien accusé, aux précipitations très abondantes et au substratum souvent volcanique.

1 - LES TRIBUTAIRES DU WOURI

1.1 - LE BASSIN DU WOURI

1.1.1 - Généralités

Le bassin du Wouri à Douala (11 700 km2) comprend un bief maritime important envahi par les marées qui se font encore sentir au-delà de Nono (confluent de la Dibombe). Sa partie "continentale" est drainée par deux affluents principaux :

- le Nkam, provenant des montagnes de la partie Nord-Ouest du bassin (Bamboutos, Manengouba) et du plateau bamiléké, constituant la branche majeure du réseau ;
- la Makombe, provenant des régions de Bangangté, Ndikinimeki et Ngambe.

Au confluent de ces deux rivières, le cours d'eau prend le nom de Wouri.

A Nono, en aval de Yabassi, le Wouri reçoit en rive droite un affluent important, la Dibombé, qui draine le flanc sud du Manengouba, les Mts Koupé de Loum et la région de Mbanga (fig. 115).

Les mesures hydrologiques concernent le bassin du Wouri à Yabassi dont la superficie est de 8 250 km2 et le haut bassin du Nkam à Melong dont la superficie est de 2 275 km2.

La géométrie des bassins est résumée ci-dessous.

	S km2	Périmètre	Kc	Rectangle équivalent	
				L	l
Wouri à Yabassi	8 250	400	1.23	142	58
Nkam à Melong	2 275	205	1.20	69	33

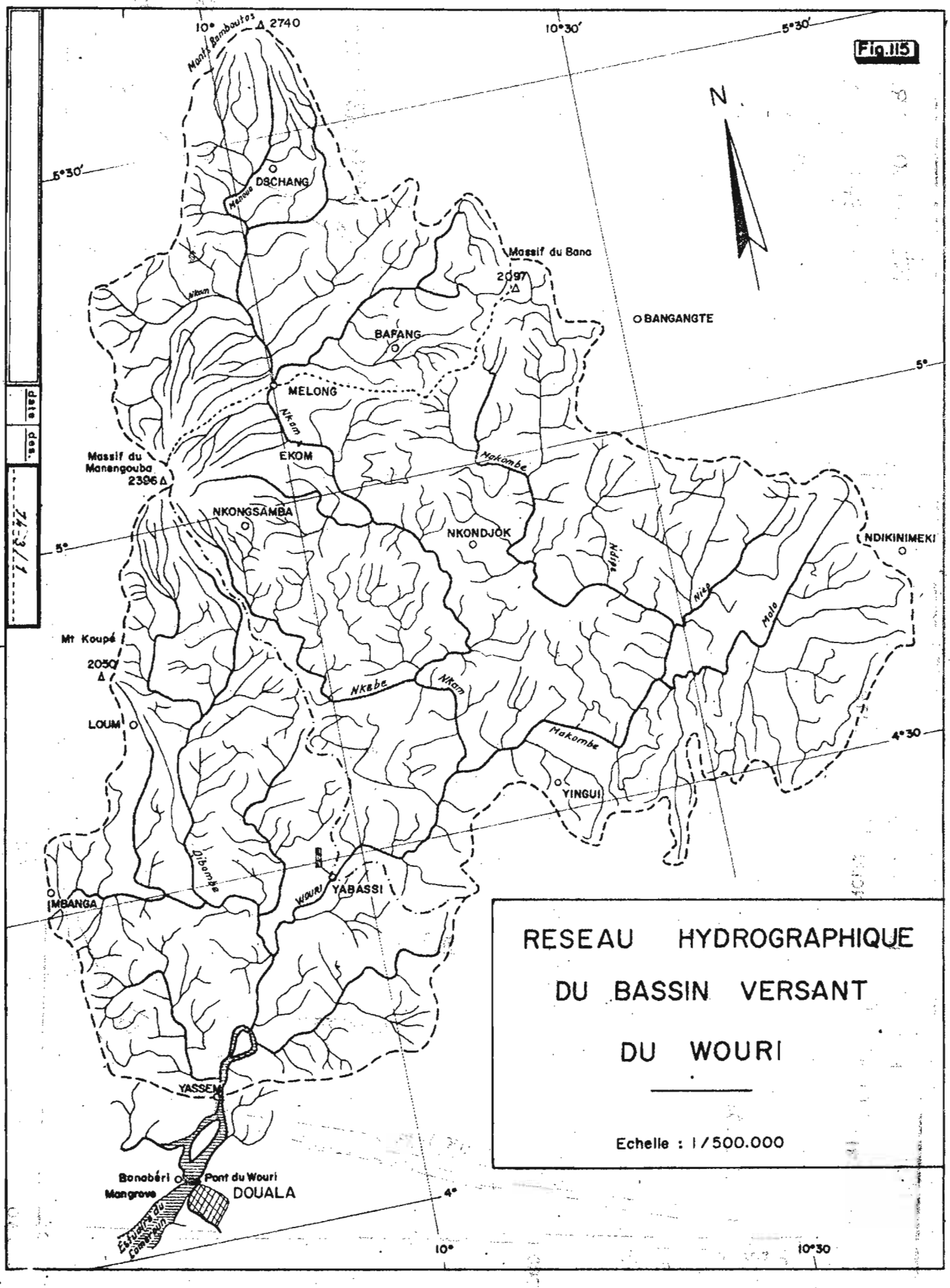
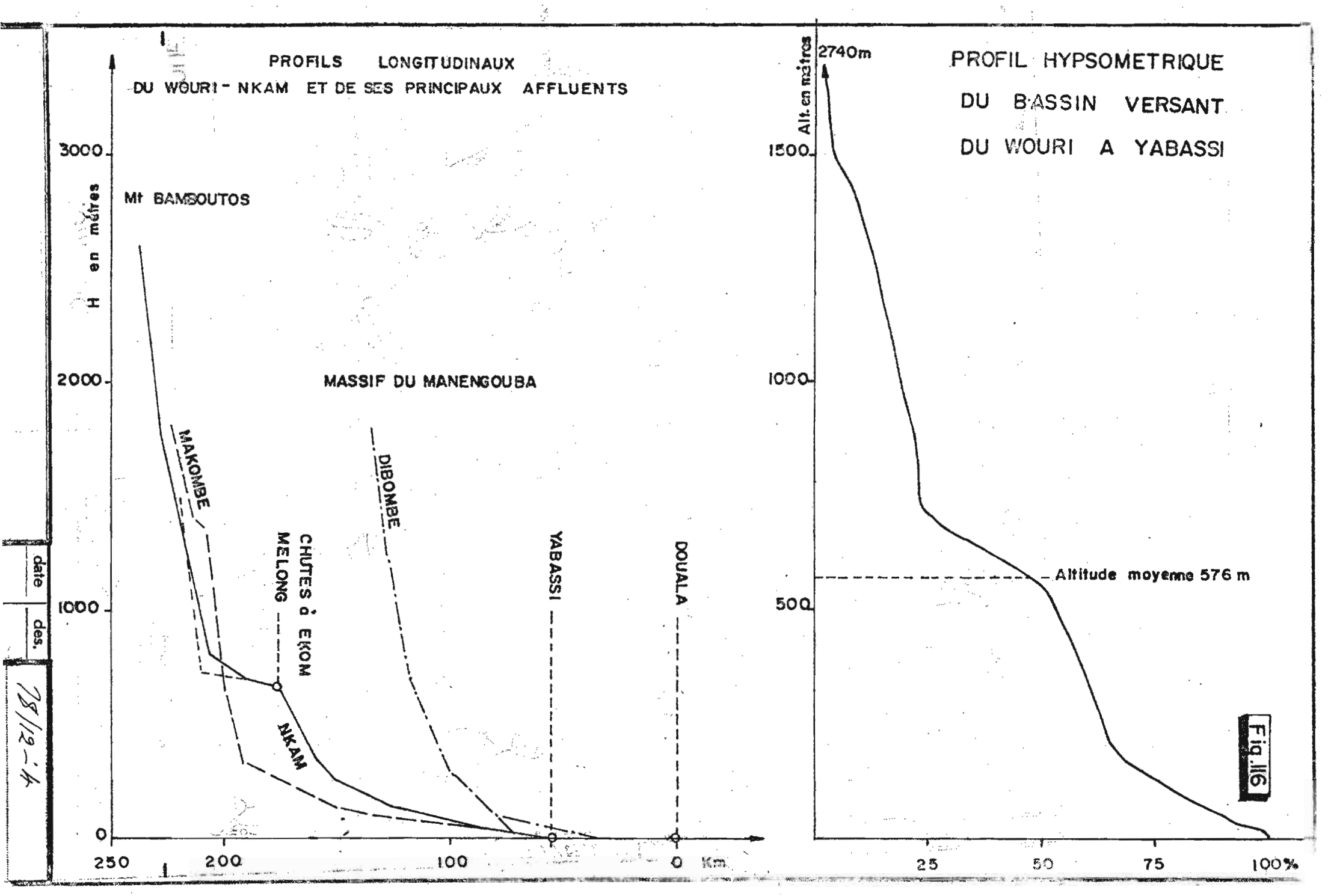


Fig.115
N
10°
10°30'
5°30'
5°
4°30
4°
Monts Bamboutos
2740
DSCHANG
Menoua
Nkam
Massif du Bana
2097
BANGANGTE
BAFANG
MELONG
EKOM
Massif du Manengouba
2396
NKONGSAMBA
NKONDJOK
Makombe
Ndipe
Niep
Mala
NDIKINIMEKI
Mt Koupé
2050
LOUM
Nkebe
Nkam
Makombe
YINGUI
Dibombe
Wouri
YABASSI
MBANGA
YASSEM
Bonabéri
Pont du Wouri
Mangrove
DOUALA
Estuaire du Cameroun
RESEAU HYDROGRAPHIQUE
DU BASSIN VERSANT
DU WOURI
Echelle : 1/500.000
date
des.
74-3/1


PROFILS LONGITUDINAUX
DU WOURI - NKAM ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS
H en mètres
3000
2000
1000
0
Mt BAMBOUTOS
MASSIF DU MANENGOUBA
MAKOMBE
DIBOMBE
CHUTES d EKOM
MELONG
NKAM
YABASSI
DOUALA
250
200
100
0 Km
PROFIL HYPSOMETRIQUE
DU BASSIN VERSANT
DU WOURI A YABASSI
Alt. en mètres
2740m
1500
1000
500
Altitude moyenne 576 m
25
50
75
100%
Fig. 116
date
des.
28/12-4

L'hypsométrie du bassin du Wouri à Yabassi montre que 25 % de sa superficie est comprise au dessus de 700 m, 50 % au dessus de 500 m et seulement 1/3 de sa superficie en dessous de 200 m.

Le profil hypsométrique (figure 116) montre plusieurs cassures : la première montre le passage des zones montagneuses et du plateau bamiléké à la zone intermédiaire correspondant à l'ensemble du haut bassin de la Makombé et également à la plaine des Mbos pour le Nkam. Cette zone est interrompue à la côte 700 environ par une seconde cassure qui fait la transition avec les zones de collines situées entre Nkongsamba, Nkondjok et Ndikinimeki. A la côte 200 environ la plaine côtière du Wouri est atteinte. L'altitude moyenne du bassin versant du Wouri à Yabassi est de 576 m. L'altitude élevée de la partie amont du bassin a une influence nette sur le déficit d'écoulement qui tend à décroître, on le verra plus loin. L'indice global de pente est de 7.6 m/km.

Le réseau hydrographique présente plusieurs particularités. Dans la partie orientale du bassin et principalement pour le bassin de la Makombé, le réseau montre un chevelu extrêmement complexe marqué de brusques changements de direction perpendiculaires. Les directions privilégiées sont orientées SSW-NNE à SW-NE et WNW-ESE à NW-SE correspondant aux lignes de fractures bien connues dans la région appelées respectivement "ligne du Cameroun" et "ligne de la Bénoué". Bien que ces accidents tectoniques n'aient pas tous été reconnus sur le terrain (forêt dense), ils semblent confirmés par le réseau hydrographique de la zone de collines entre Nkondjok, Yingui et Ndikinimeki.

Dans la partie Nord-Ouest du bassin, le tracé du réseau présente l'aspect bien connu de longues lanières au flanc des appareils volcaniques importants comme le Manengouba ou les Bamboutos (voir carte 115).

Les profils longitudinaux du Wouri-Nkam et de ses principaux affluents sont donnés dans la figure 116. La pente moyenne du Wouri-Nkam, obtenue après élimination des 20 % aval et amont du profil est de 5.7 m/km.

La majeure partie du bassin du Wouri à Yabassi a une couverture géologique constituée par les formations du socle essentiellement représentées par des gneiss-embrechites à biotite et secondairement par des anatexites, des granites syntectoniques non circonscrits. Ces derniers s'orientent sur un axe d'anticlinorium orienté SW-NE affleurant à l'Est de Loum et dans le massif du Batie entre Bafang et Bandjoun.

Les recouvrements volcaniques sont importants au Nord et à l'Ouest du bassin. Il sont surtout constitués de basaltes aphyriques de la série noire inférieure (début du tertiaire), de quelques trachytes (série blanche moyenne) et de basaltes de la série noire supérieure (quaternaire) de Mbanga à Melong.

En aval de Yabassi, le bassin du Wouri a une couverture constituée par la série sédimentaire côtière du crétacé-inférieur au miopliocene en passant par l'éocène. Enfin signalons que l'ensemble de la région a été soumis à une tectonique cassante intense antérieure et contemporaine du volcanisme.

Les sols dérivés de ces roches sont évidemment très variés ; ce sont surtout : des sols ferrallitiques rouges dérivés de roche métamorphiques ou de basaltes et des sols bruns dérivés de basaltes dont la grande perméabilité doit être soulignée.

La végétation du bassin du Wouri est essentiellement constituée par une forêt dense sempervirente atlantique de basse et moyenne altitude. Forêt ombrophile, elle est caractérisée par Lophira alata dans la zone littorale, et de nombreuses espèces de légumineuses en moyenne altitude (voir première partie).

Elle est très dégradée dans la région de Yabassi (palmeraies) et de Mbanga à Nkongsamba (bananeraies et café robusta). Au-dessus de 1 200 m dans le Nord et l'Ouest, on note des forêts clairsemées et des prairies de montagnes ainsi que d'importantes zones de cultures (vivrières et café arabica).

L'étude des paramètres climatologiques (1ère partie) montre que les différentes observations effectuées à Nkongsamba et à Nkondjok se rapprochent davantage de celles de Douala que de celles de Dschang. La vallée du Wouri et la plaine côtière favorisent la pénétration profonde des influences maritimes jusqu'aux obstacles orographiques de la dorsale camerounaise, du plateau bamiléké et du plateau du Centre-Sud. La variante montagnarde du climat tropical de transition, ou du climat tropical de l'Ouest, n'intéresse qu'une petite partie du haut bassin du Nkam au Nord de Melong.

1.1.2 - EQUIPEMENTS DES STATIONS ET MESURES

1.1.2.1 - Les stations hydrologiques

La station hydrologique de Yabassi contrôle un bassin versant de 8 250 km2. Elle a pour coordonnées géographiques : latitude 4° 28' N longitude : 9° 58' E.

Les relevés d'une première station antérieure à 1951 n'ont pu être utilisés. Cette première station installée par les T.P. est rappelée ici pour mémoire.

L'échelle limnimétrique ORSTOM a été installée le 26 janvier 1951 en rive droite du fleuve près du quai des Chargeurs réunis. Détruite, elle a été remplacée le 2 juillet 1959 sur un fer IPN d'un seul tenant de 0 à 6 m.

Les lectures d'échelle sont continues depuis 1951. Différents contrôles ont permis de vérifier la bonne qualité de l'ensemble des relevés limnimétriques. Seuls les mois de l'été 1961 ont des relevés visiblement erronés.

La station hydrologique de Melong sur le Nkam contrôle la partie septentrionale du bassin du Wouri sur une superficie de 2 275 km2. Elle a pour coordonnées géographiques : latitude : 5° 09' N
longitude : 10° 30' E.

La station est à environ 700 m d'altitude. Elle a été installée le 23 janvier 1951 et se compose d'éléments d'échelle de 0 à 5 m dont le zéro est à 8.26 m sous une borne IGN côtée 707.486 et située sur le parapet du pont côté aval (zéro à l'altitude 699.23). Les lectures sont régulières et de bonne qualité. Cette station montre une bonne corrélation entre ses relevés et ceux de Yabassi. D'autres stations permanentes ou temporaires ont été installées.

En aval de Melong, la station d'Ekom sur le Nkam a été installée le 5 mars 1952, et contrôle un bassin de 2 440 km2. Elle a pour coordonnées : latitude : 5° 04' N ; longitude 10° 02' E.

Les échelles sont scellées sur une pile de l'ancien pont allemand et en rive droite. Directement à l'maont des chutes (80 m), cette station se justifiait par les préoccupations des hydrauliciens qui ont projeté l'aménagement hydroélectrique des chutes. Les mesures de débits effectuées ne concernent que les basses-eaux ; les jaugeages de hautes eaux supposent des risques sans communes mesures avec leur intérêt, le bassin versant à Ekom ne concernant que 165 km2 de plus qu'à Melong (7 % du BV).

Cette station permet de contrôler la validité des relevés effectués à la station de Melong. Citons aussi la station de la Ménoua à Dschang, suivie de 1951 à 1965. Elle contrôle un petit bassin de 114 km2. Cette station suivie dans le but de préciser les débits d'étiage n'a été étalonnée qu'en basses-eaux.

La Mouankeu à Bafang et son affluent le Djanga ont fait l'objet de quelques mesures ponctuelles de 1956 à 1959, liées au débit minimum d'exploitation de l'éventuel aménagement d'une chute d'une hauteur de 20 m.

Les étiages de la rivière Baréko ou Moum à Baré (27.6 km2) ont été observés et mesurés en 1976.

Enfin sur la Dibombé à Solle, une station a été installée le 23/1/51 ; elle contrôlait un bassin de 690 km2 et son zéro était à 8.632 m. sous un repère. Elle a été abandonnée à la fin des années 50, et les relevés n'ont pu être exploités faute d'étalonnage.

Une station installée à Nono par les Voies Navigables pour la navigation a été abandonnée.

Les données exploitables sur le bassin du Wouri se limitent donc aux stations de Melong et de Yabassi.

1.1.2.2 - Mesures de débits-étalonnage

Quarante quatre jaugeages ont été effectués sur le Wouri à Y Yabassi entre 1951 et 1977 entre 31 m3/s et 1 097 m3/s (voir tableau 68).

Ces jaugeages ont permis d'établir la relation hauteur-débit et l'exploitation des observations de hauteurs d'eau.

La figure 117 montre les différentes courbes d'étalonnage du Wouri à Yabassi. En effet cette station est caractérisée par un tarage évolutif.

Celui-ci se traduit par une diminution des débits pour une même hauteur d'eau et le détarage est relativement important pour les mesures de basses eaux.

Les profondeurs de la section de mesure ont diminué depuis l'origine de nos observations. Quelques informations complémentaires expliquent ce détarage évolutif chronique. Le Wouri n'est actuellement plus navigable jusqu'à Yabassi alors qu'en 1950, le trafic de marchandises empruntant le fleuve était important. Ceci est dû à un alluvionnement important en aval de Yabassi. La crue annuelle du Wouri inonde chaque année de vastes zones de débordement qui n'étaient envahies que très exceptionnellement il y a 25 ans.

A un même débit correspond aujourd'hui une côte plus haute. Ceci montre une réduction du lit majeur dû justement à l'alluvionnement.

TABLEAU 68

WOURI A YABASSI

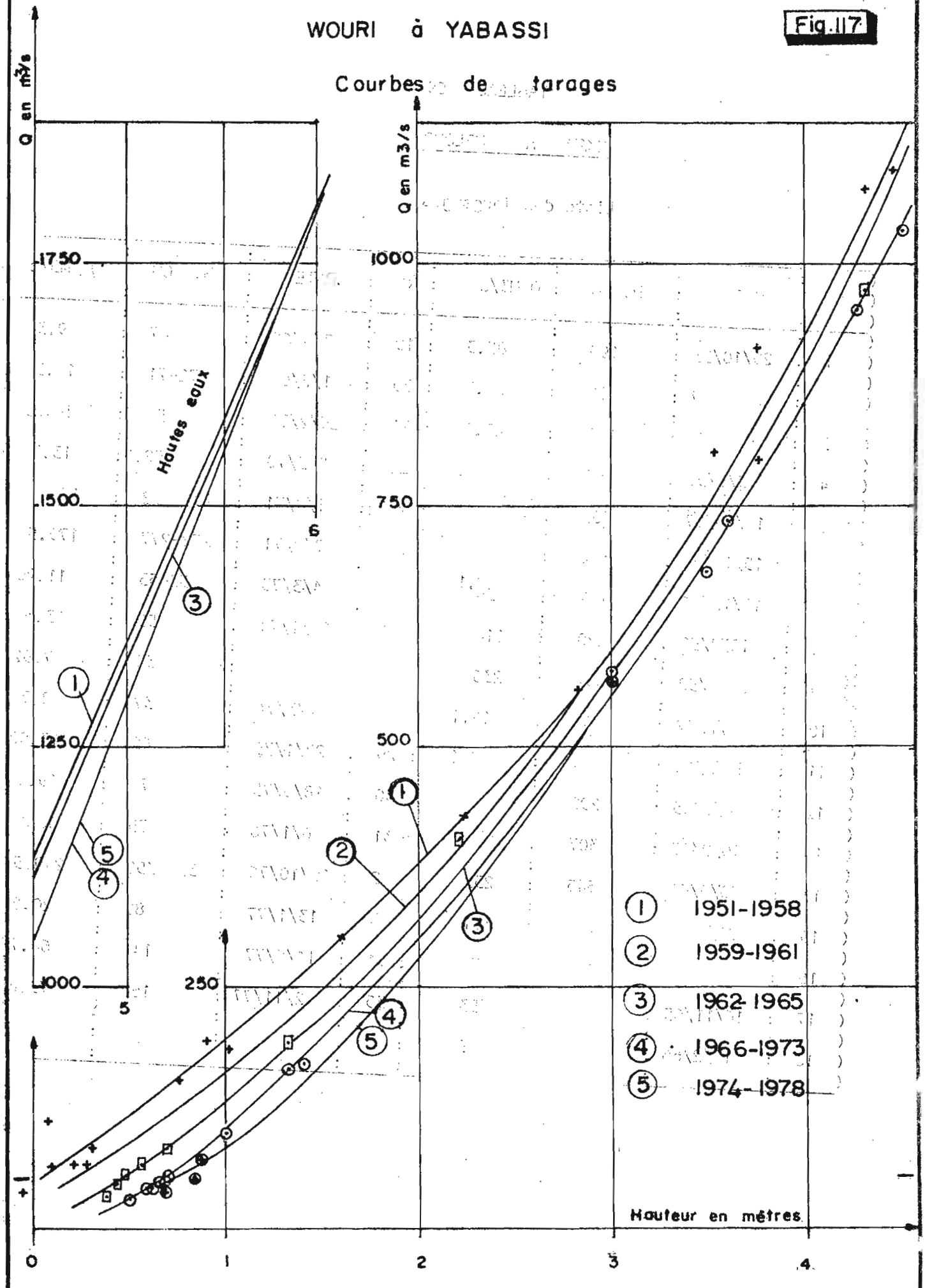
Liste des jaugeages

N°	DATE	H. CM	Q M3/s	N°	DATE	H. CM	Q M3/s
1	26/1/51	19	113	23	19/7/67	279	518
2	2/3/51	- 3	41	24	18/10/67	430-428	970
3	14/12/51	75	154	25	31/1/68	62	67
4	13/1/53	28	86	26	26/7/68	220	406
5	3/4/53	10	65	27	22/4/69	133-131	195
6	15/10/53	222	429	28	10/12/69	141	171
7	26/10/53	246	415	29	27/8/70	299-298	578
8	27/10/53	284	560	30	16/9/70	347	680
9	2/6/55	90	197	31	23/2/71	58	45
10	31/1/56	26	68	32	28/8/71	358	732
11	19/6/56	158-153	303	33	3/9/71	450-447	1030
12	12/12/56	102-101	188	34	15/9/71	424-426	950
13	11/3/57	24	66	35	29/12/71	100	100
14	16/10/57	375-371	913	36	4/2/72	70	60
15	21/10/57	353-351	805	37	17/7/72	133	165
16	19/9/58	454-436	1097	38	15/2/73	605	44.8
17	19/9/58	375-370	797	39	16/3/73	66-65	51
18	17/9/58	429-430	1078	40	13/2/74	50	31
19	15/2/66	48	54	41	14/9/75	300	565
20	18/1/67	72	79	42	21/2/76	87	71.6
21	22/2/67	45	47	43	21/2/76	99	94.1
22	22/3/67	39	39	44	12/3/77	68	36.4

Fig.117

WOURI à YABASSI

Courbes de tarages



date	des.	78/12-2

TABLEAU 69

NKAM A MELONG

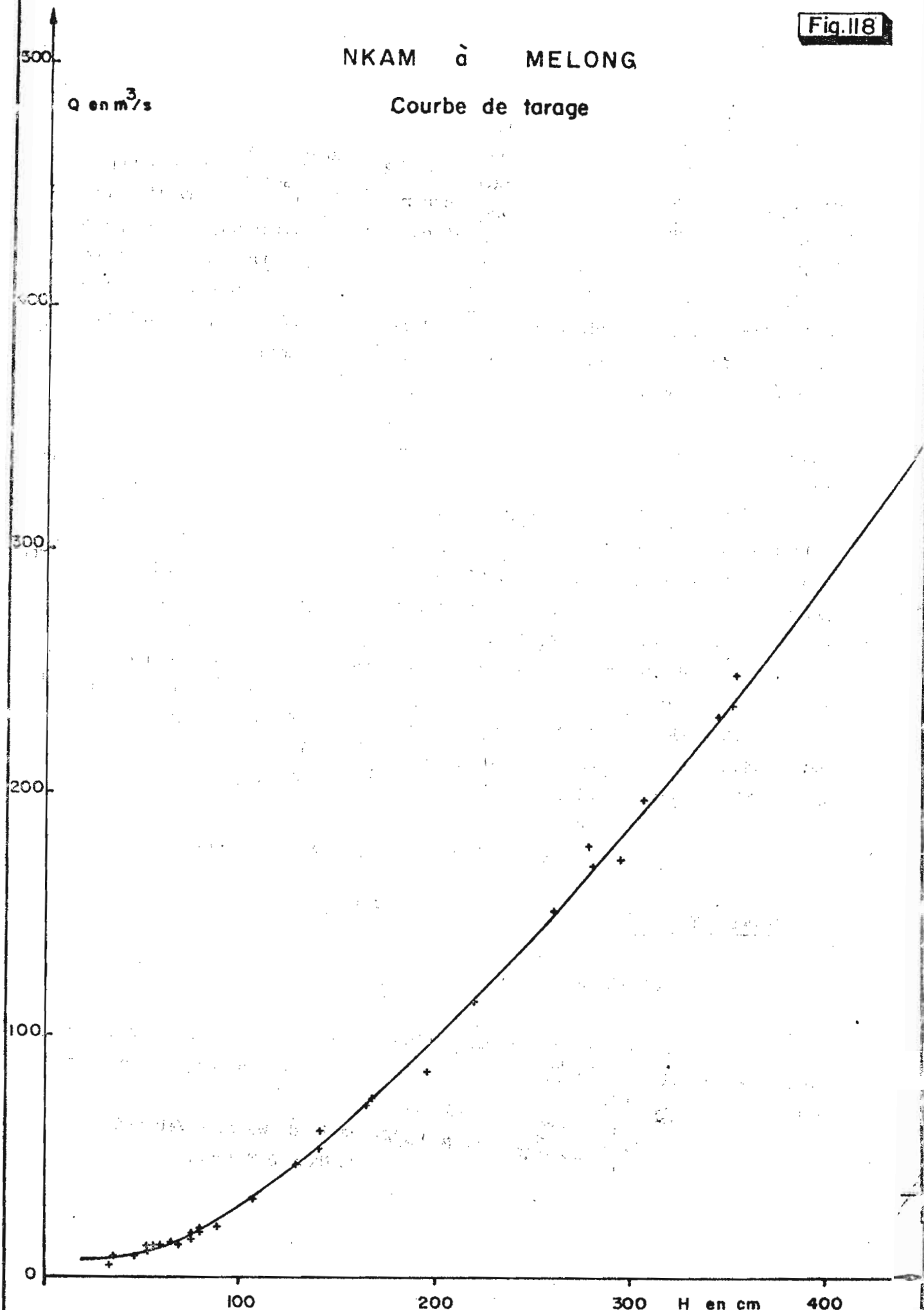
Liste des jaugeages

N°	DATE	H. CM	Q M3/s	N°	DATE	H. CM	Q M3/s
1	29/10/53	196	85.3	19	7/3/66	47	9.3
2	[illegible]/7	80-79	20.3	20	1/2/68	72-71	14.5
3	17/6/56	129	47.2	21	25/2/70	58	14.25
4	13/5/57	104		22	5/3/70	52.5	13.70
5	14/10/57	305		23	1/9/71	281-282	170
6	15/10/57	302		24	7/9/71	278-277	179.5
7	17/12/56	107	34.1	25	4/3/73	52-53	11.20
8	10/8/58	220	114	26	17/1/74	55	13.3
9	20/9/58	352	236	27	10/2/74	34	7.92
10	4/2/62	68	12.1	28	22/3/74	37	8.7
11	14/2/64	65	13.1	29	28/1/75	65	13.98
12	4/9/65	292	173	30	18/3/75	79	19.4
13	10/9/65	307	197	31	6/1/76	75	15.93
14	20/9/65	345	232	32	19/10/76	352	249.5
15	28/9/65	260	151	33	13/1/77	89	20.5
16	6/11/65	165	71	34	14/6/77	141	60.75
17	16/11/65	140	53.4	35	2/11/77	167	73.8
18	18/2/66	75	19				

Fig.118

NKAM à MELONG

Courbe de tarage



date	des.	78/7-14

La construction du pont du Wouri à Douala est probablement responsable de ce phénomène. La digue centrale du pont aurait favorisé le dépôt d'alluvions en amont. Ceci aurait entrainé une diminution de la pente du bief aval de Yabassi, qui, si minime qu'elle ait pu être, aurait réduit les vitesses du courant provoquant l'alluvionnement des sédiments dont le dépôt s'effectuait antérieurement dans l'estuaire du CAMEROUN. A Yabassi, depuis l'origine des mesures, on observe bien une réduction des vitesses moyennes du courant.

Les lectures sont dans l'ensemble de bonne qualité sauf de juillet à décembre 1961.

Sur le Nkam à Melong, 35 jaugeages ont été effectués de 1953 à 1977 entre les cotes 034 et 354 pour les débits de 8 à 250 m3/s (voir liste des jaugeages, tableau 69). L'étalonnage obtenu est de très bonne qualité ; l'extrapolation vers les hautes eaux est peu importante. La courbe de tarage est indiquée figure 118.

Le barême de traduction hauteurs-débits est le suivant :

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
020	6.8	125	44.8	225	119	325	209	425	316
050	11.6	150	62.0	250	140	350	234	450	345
075	17.2	175	79.0	275	163	375	260		
100	29.3	200	98.0	300	186	400	288		

Les relevés sont continus depuis 1951, et de bonne qualité.

3 - DONNEES DE BASE

3.1 - Précipitations

La hauteur de précipitations reçue en année moyenne sur les bassins du Wouri et du Nkam a été déterminée à partir des cartes isohyètes interannuelles.

Elle est de 2 200 mm, sur le bassin du Wouri à Yabassi
et de 2 100 mm, sur le bassin du Nkam à Melong.

Le dessin des courbes isohyètes s'appuie sur un nombre de postes pluviométriques réduit. Compte tenu des anomalies possibles du fait du relief ces valeurs doivent être considérées comme une estimation. Il n'est pas superflu de souligner ici que la pluviométrie annuelle diminue de l'aval vers l'amont, vers le Nord et l'Est, un peu à l'image de ce qui a été observé d'Ouest en Est sur le bassin du NYONG.

3.2 - Les données hydrologiques

Nous avons réuni dans le tableau 70 les valeurs des débits moyens mensuels et modules de toute la période d'observation du Wouri à Yabassi, avec indication des valeurs médianes, moyennes, quartiles et écart-type. Le tableau 71 donne les débits caractéristiques relevés pour chaque année, avec indication des valeurs médianes et des quartiles.

Les graphes de la figure 119 retracent les variations de ces débits pour diverses fréquences. Les valeurs journalières des débits pour deux années ont été indiquées à titre d'exemple dans la figure 120 : 1969-70 année forte et 1973-74 année exceptionnellement déficitaire. De décembre à juin les débits sont faibles. La reprise de la pluviométrie en mars n'amène pas d'augmentation importante du débit. L'accroissement des débits augmente rapidement à partir de juin-juillet pour atteindre des maximums en août-septembre et octobre, liés aux maximums de la pluviométrie. Ce temps de latence entre la réponse du fleuve aux précipitations déjà importantes de mars-avril, mai-juin et ces dernières, est dû à la reconstitution des réserves des nappes souterraines et du sol épuisées par le tarissement de la saison sèche.

L'examen de ces variations montre par ailleurs des fluctuations extrêmement rapides de la rivière. Du jour au lendemain on peut observer une augmentation de débit de plus de 1 000 m3/s. Des décrues du même ordre de grandeur, quoique moins rapides, n'excèdent pas deux ou trois jours.

TABLEAU 70

WOURI A YABASSI

Débits Moyens Mensuels en m^3/s

Année	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1951-52	79.5	104	241	318	536	679	780	385	155	90.3	75.5	[illegible]	293
52-53	90.0	116	193	409	560	821	553	309	146	85.4	[illegible]	77.2	288
53-54	78.6	111	304	429	513	763	548	279	131	87.7	75.0	74.6	284
54-55	106	152	324	531	485	800	744	355	154	92.9	66.9	101	327
55-56	119	204	259	486	622	737	778	410	178	108	78.2	133	344
56-57	148	148	232	474	575	952	790	391	[illegible]	126	83.1	95.6	352
57-58	150	(200)	354	549	705	883	[illegible]	[illegible]	236	137	73.6	74.4	(380)
58-59	145	178	299	326	495	963	642	[illegible]	162	90.9	53.1	65.2	313
59-60	92.6	150	207	408	541	973	689	378	162	104	59.1	60.9	319
60-61	105	177	189	439	829	810	636	377	166	101	62.8	57.4	331
61-62	107	107	272	292	300	325	290	151	104	48.1	44.7	77.9	177
62-63	110	69..	292	412	703	920	722	417	183	96.1	72.3	61.5	339
63-64	91.9	132	120	366	457	673	549	270	129	78.0	54.9	64.2	249
64-65	131	129	241	490	316	[illegible]	854	455	170	103	79.9	75.6	337
65-66	116	153	216	374	672	935	750	272	114	68.5	49.3	54.6	316
66-67	106	224	275	392	662	726	646	341	136	73.5	53.3	47.8	309
67-68	56.3	73.4	178	408	902	833	794	355	144	88.4	52.5	71.3	331
68-69	73.1	126	296	394	690	826	535	269	138	82.8	65.7	105	301
69-70	132	215	254	526	893	966	775	412	162	85.2	63.0	65.6	381
70-71	87.1	146	200	417	646	706	692	381	138	88.0	67.9	68.0	347
71-72	76.3	85.9	140	495	676	879	764	288	[illegible]	104	68.2	81.2	320
72-73	94.8	162	176	199	580	766	541	279	130	94.4	63.3	62.7	263
73-74	95.7	130	154	216	326	494	379	249	95.1	46.1	34.3	37.8	188
74-75	85.6	113	250	334	571	995	719	324	138	70.5	56.4	49.3	310
75-76	79.9	116	102	327	471	704	869	358	171	90.8	[illegible]	70.7	289
76-77	167	153	201	542	903	900	944	511	218	126	56.8	45.8	406
MED	100	139	236	408	577	823	720	355	154	90.5	64.50	66.9	317,5
ET	27.3	41.1	63.9	93.2	167	161	150	75.3	32.1	20.9	13.6	20.3	51,7
MOY	105	141	230	406	601	811	684	344	155	91.0	64.9	70.9	311,3
Q1	119	162	275	486	690	935	780	391	170	103	75.0	77.2	341
Q3	85.6	113	189	334	495	726	553	279	136	82.8	54.9	60.9	288,5

TABLEAU N° 71

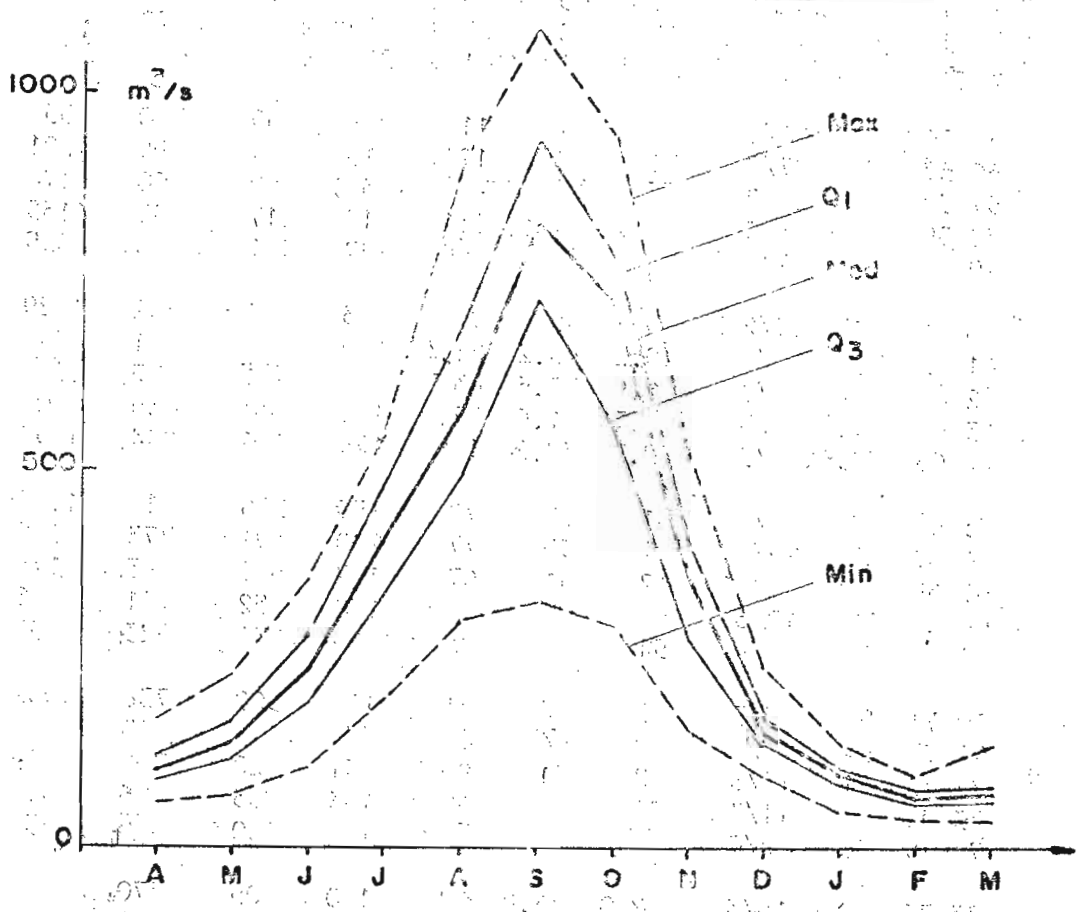
WOURI A YABASSI

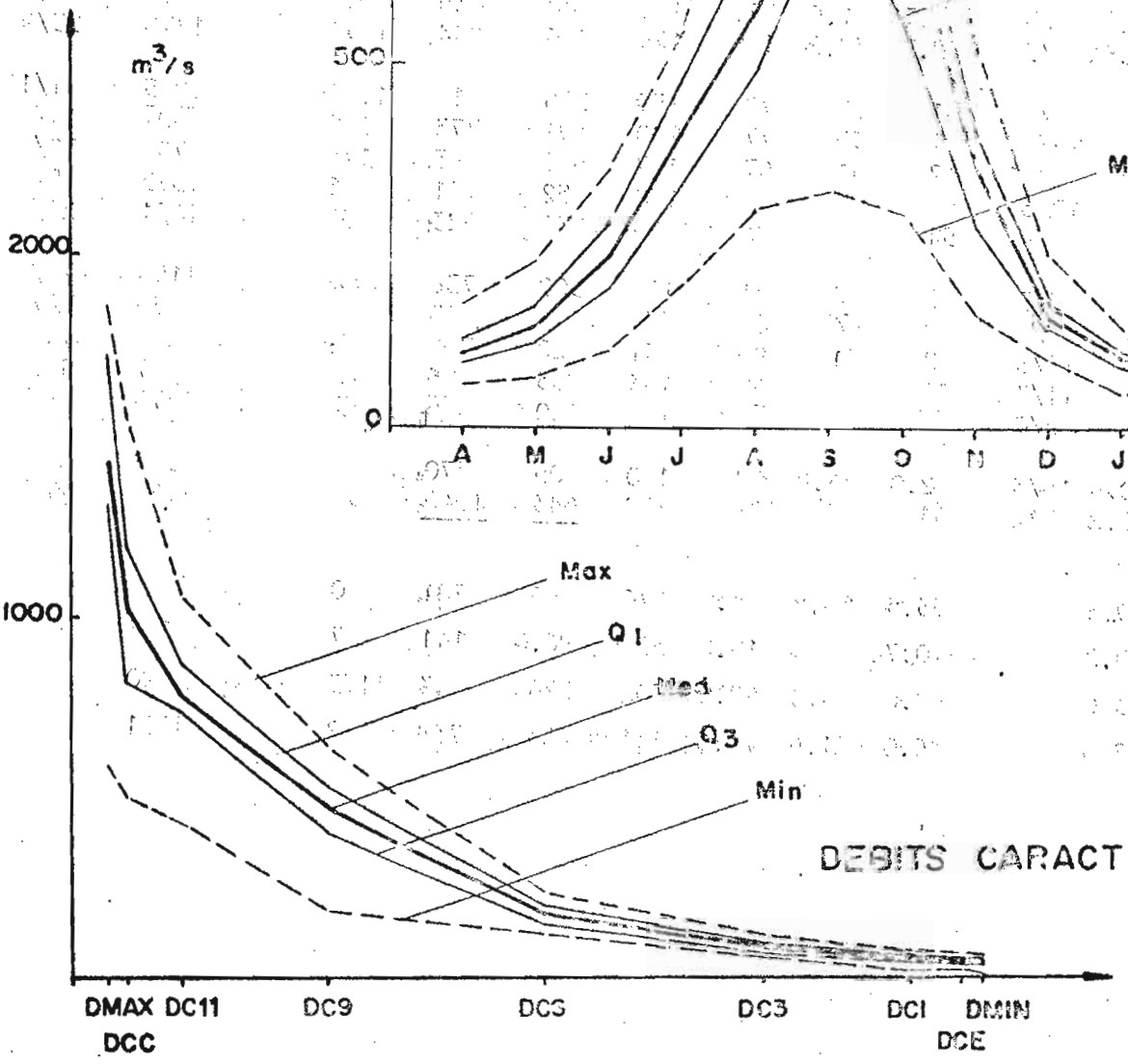
Année	Etiage Débit	Date	Débits caractéristiques en m3/s DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Maximum Débit	Date
1951 52	47	9/3	53	59	84	179	426	769	975	1406	28/10
52 53	54	11/3	60	69	90	160	449	738	916	1135	15/9
53 54	50	9/3	56	63	82	170	384	678	898	1350	30/8
54 55	55	2/3	56	72	101	219	481	808	975	1329	15/9
55 56	67	16/2	73	82	118	227	539	790	935	1444	4/10
56 57	68	27/2	73	84	120	219	414	999	1221	1609	13/9
57 58	62	24/2	66	71	-	(236)	550	860	1178	1753	4/9
58 59	46	13/3	50	54	111	213	417	755	1135	1585	9/10
59 60	49	7/3	54	58	96	187	491	853	1035	1329	22/9
60 61	47	17/2	50	55	96	193	504	762	1329	1825	25/8
61 62	36.9	4/2	39.2	45.2	81.2	129	196	441	504	578	23/10
62 63	49.6	18/3	56.9	58.6	83.8	186	554	835	1065	1348	21/9
63 64	41.7	4/3	48.7	51.6	72.2	142	348	635	808	1250	26/9
64 65	53.6	7/3	62.7	72.2	108	174	446	944	1353	1770	25/9
65 66	33	6/3	41	50	72	159	526	818	1114	1845	1/10
66 67	35	25/4	41	50	77	200	491	773	876	1301	14/8
67 68	42	20/2	42	51	67	137	509	893	1173	1799	30/8
68 69	52	17/3	54	63	87	170	452	741	965	1375	5/9
69 70	44	4/4	54	60	95	218	536	923	1338	1651	20/8
70 71	52	5/3	55	30	81	158	509	738	902	1153	24/8
71 72	44	15/3	60	64	81	150	515	863	1085	1550	8/9
72 73	51	12/3	52	61	90	151	328	708	905	1244	1/9
73 74	22	11/3	28	32	62	133	293	426	591	1007	16/9
74 75	40	18/3	46	52	67	187	400	896	1143	1773	6/9
75 76	50.8	18/3	52.0	56.8	72	140	405	770	1109	1577	19/10
76 77	59.2	5/2	64	73	100	202	643	1048	1534	1720	23/10
MED	49.3		53.5	58.8	84.0	176	446	781	1050	1425	
ET	10.2		10.7	12.9	15.8	32.6	96.0	141	227	297	
Q1	53.6		60.0	69.0	98.0	202	526	863	1173	1720	
Q3	42.0		46.0	51.6	74.6	151	405	738	902	1301	

Fig. 119

WOURI à YABASSI

DEBITS MOYENS MENSUELS

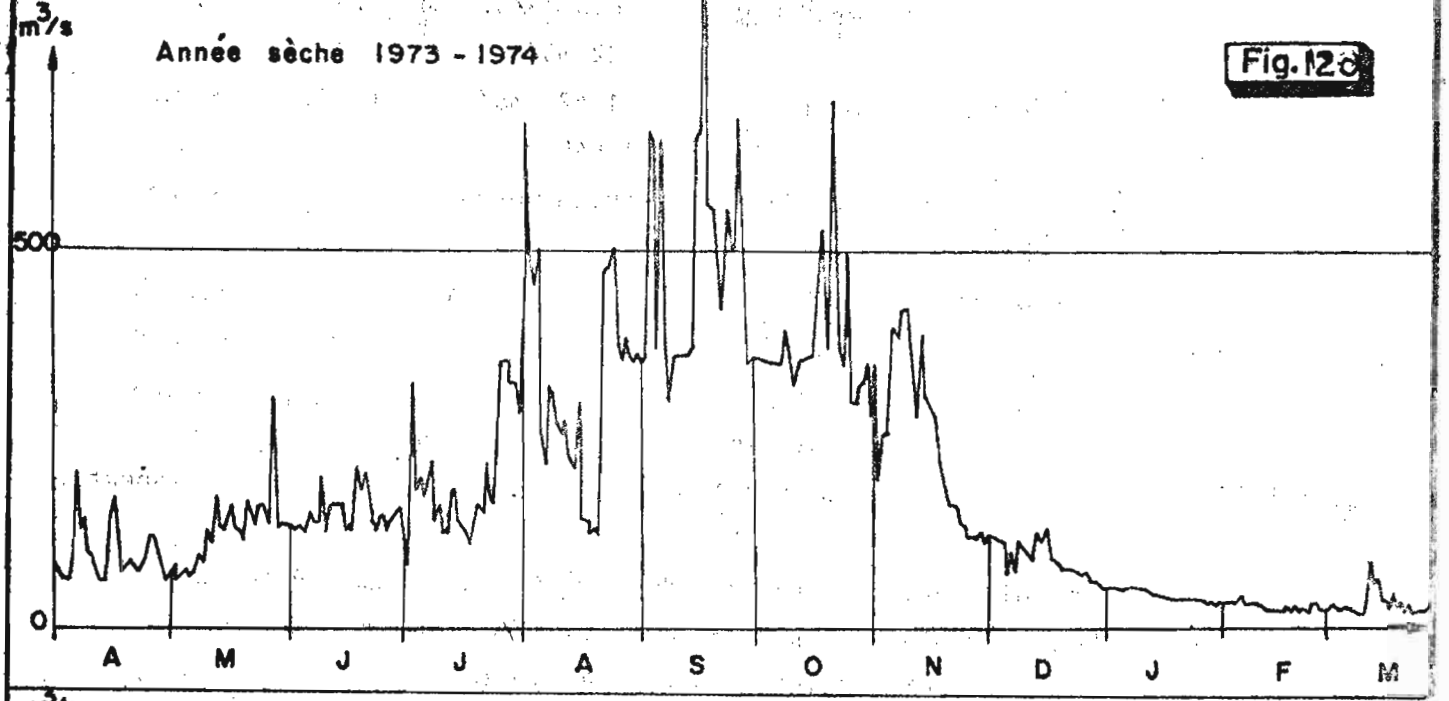


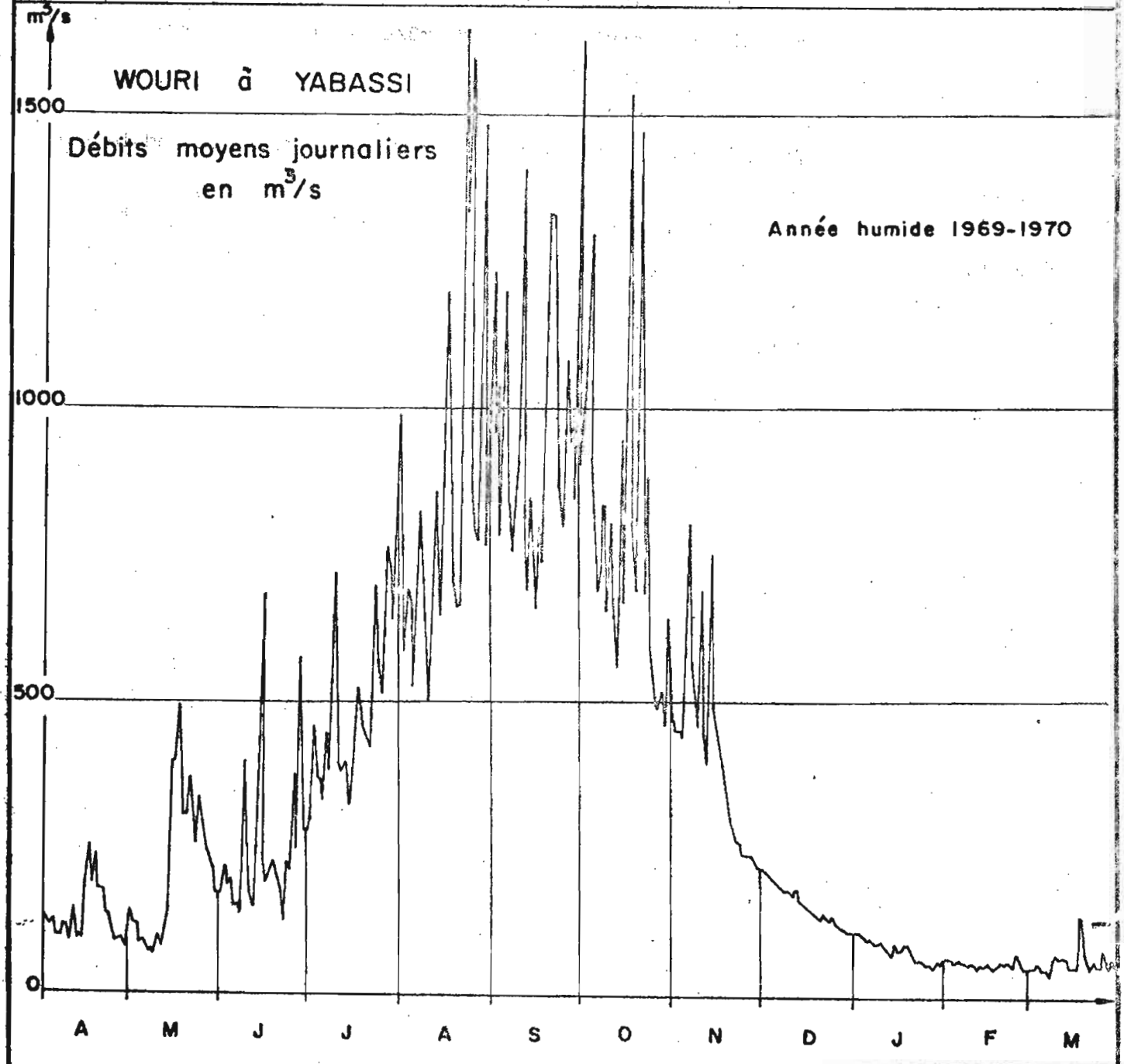


DEBITS CARACTERISTIQUES

78/7-1

Fig. 12c





	date	des.
	78/11-25	

Le module moyen observé est de 311 m3/s, soit 37.7 1/s km2.
L'étiage médian observé est de 49.3 m3/s, soit 6.0 1/s km2.
Le plus faible étiage étant de 22 m3/s, soit 2.67 1/s km2.
La crue médiane observée est de 1 425 m3/s, soit 173 1/s km2.
La crue maximale ayant atteint 1 845 m3/s, soit 224 1/s km2.

Les variations mensuelles des débits moyens sont traduites par les rapports suivants :

- débit moyen mensuel le plus faible (février) / module = 0.21
- débit moyen mensuel le plus fort (septembre) / module = 2.61

Les données hydrologiques du Nkam à Melong ont été indiquées dans les tableaux 72 et 73. Les figures 121 et 122 en illustrent certains aspects.

Le module moyen observé est de 71 m3/s, soit 31.2 1/s km2.
L'étiage médian observé est de 11.4 m3/s, soit 5.0 1/s km2.
L'étiage le plus faible étant de 8.15 m3/s, soit 3.58 1/s km2.
La crue médiane observée est de 282 m3/s, soit 124 1/s km2.
La crue maximale ayant atteint 332 m3/s, soit 146 1/s km2.

Le rapport du débit mensuel le plus faible (février) au module est de 0.22.

Celui du débit mensuel le plus fort (septembre) au module est de 2.55.

TABLEAU 72

NKAM A MELONG

Débits Moyens Mensuels

Année	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Module
1950-51										19.0	14.0	16.1	
51-52	23.0	27.8	54.1	71.4	119	153	180	88.5	35.3	20.4	17.7	16.3	67.5
52-53	34.2	42.1	63.1	118	167	168	155	84.9	36.5	20.8	18.3	17.4	77.5
53-54	19.8	24.9	70.7	95.1	120	194	121	57.7	32.3	19.5	18.0	20.0	66.2
54-55	28.0	44.1	82.2	158	179	236	179	99.2	40.8	23.4	16.3	20.8	92.7
55-56	41.0	53.4	64.9	95.4	180	207	161	90.1	35.6	20.6	17.4	25.9	82.8
56-57	36.9	42.7	53.4	126	113	224	174	64.4	36.0	21.1	14.8	21.6	77.6
57-58	38.6	62.0	103	131	153	205	192	86.9	51.0	26.7	17.1	18.6	90.8
58-59	28.5	31.3	67.2	68.9	115	184	128	72.1	34.6	23.6	14.2	15.7	65.5
59-60	30.9	53.4	64.5	84.3	113	193	174	95.3	38.8	23.6	15.2	17.8	75.5
60-61	28.8	46.3	47.3	97.0	151	165	145	72.3	39.4	25.1	16.7	12.7	66.5
61-62	21.9	18.7	20.9	80.0	90.8	184	158	64.1	30.5	18.9	13.9	26.0	60.9
62-63	43.5	46.2	60.6	126	127	215	212	106	47.7	27.8	21.1	19.8	88.1
63-64	33.2	47.5	40.8	80.8	96.3	144	141	62.1	32.0	19.5	15.3	20.7	61.3
64-65	38.4	32.3	45.0	75.1	57.4	189	196	120	42.9	28.0	20.1	22.5	72.4
65-66	36.1	44.1	72.5	95.5	171	204	160	60.6	31.0	18.4	14.4	15.4	77.3
66-67	45.5	65.6	92.9	79.5	129	162	130	70.3	32.8	19.4	14.2	13.6	71.4
67-68	20.3	25.1	58.8	128	176	196	162	72.7	34.6	22.0	14.9	27.5	78.4
68-69	25.7	42.2	55.6	75.9	161	184	107	53.4	26.0	16.1	12.1	32.7	65.9
69-70	33.8	59.3	49.5	113	147	189	160	82.3	36.1	20.6	13.8	12.5	76.8
70-71	20.5	29.9	45.1	83.6	130	148	147	72.4	29.1	17.4	12.8	14.9	62.8
71-72	18.5	26.6	39.8	120	128	181	169	53.9	33.5	17.7	13.2	15.1	68.2
72-73	25.2	24.8	32.9	29.9	84.3	141	114	45.6	20.5	14.7	10.8	12.3	46.5
73-74	17.9	40.4	46.8	49.8	80.1	114	79.3	39.8	18.1	12.2	9.6	11.3	43.4
74-75	25.7	24.0	58.0	71.0	123	214	148	61.0	27.7	16.1	15.2	14.7	66.7
75-76	21.8	21.7	22.3	51.2	98.5	145	189	72.5	37.8	19.5	18.4	19.7	69.8
76 77	24.7	19.3	22.5	116	151	175	207	103	40.8	24.7	16.1	11.8	77.2
MED	28.2	41.2	54.8	89.7	127	184	160.0	72.3	34.9	20.4	15.2	17.4	70.6
ET	8.12	13.7	19.5	29.5	33.0	29.0	31.6	19.6	7.25	4.17	2.65	5.30	11.6
MOY.	29.3	38.3	55.5	93.1	129	181	157	75.0	34.7	20.5	15.4	18.3	71.1
Q1	36.1	46.3	64,9	118	153	204	179	88.5	38.8	23.6	17.4	20.8	77.6
Q3	21.9	25.1	45.0	75.1	113	162	141	61.0	31.0	18.4	13.9	14.7	65.7

TABLEAU 73

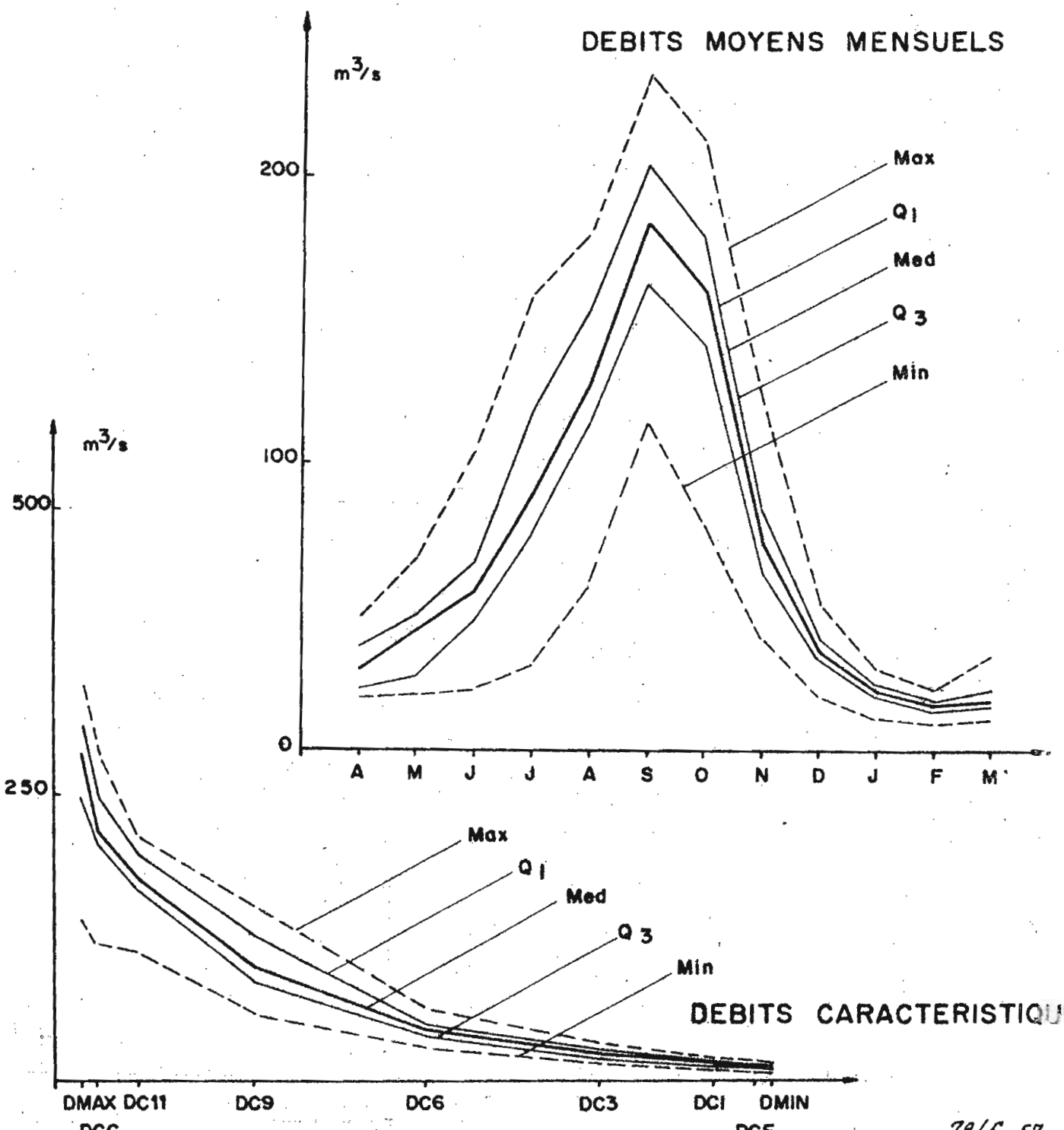
NKAM A MELONG

Etiage Débits caractéristiques en m3/s Maximum

Année	Débit	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DC	Débit	Date
1951-52	11.4	1/3	12.6	14.2	22.0	45.0	92	174	190	229	18/10
52 53	11.4	11/3	13.0	16.0	26.0	47.0	121	180	205	251	24/8
53 54	11.4	7/3	12.6	14.6	20.5	44.5	89.0	150	232	300	29/8
54 55	11.8	7/3	13.0	17.0	26.0	44.0	154	214	279	310	2/9
55 56	13.0	17/3	15.0	18.5	28.0	51.0	134	195	241	263	6/9
56 57	10.1	25/2	11.0	14.6	26.0	47.0	101	203	262	323	20/9
57 58	13.0	13/3	13.2	19.0	33.5	65.0	129	201	226	269	7/10
58 59	11.0	14/3	12.3	13.7	24.5	40.0	81.0	165	207	289	18/9
59 60	12.3	7/3	13.7	14.7	25.0	57.0	100	176	233	301	11/9
60 61	11.6	24/3	11.6	13.7	25.5	46.7	110	169	204	283	28/9
61 62	11.8	27/2	12.0	13.9	17.6	30.5	79.0	170	217	266	21/9
62 63	15.0	22/3	17.0	19.2	30.5	59.0	132	209	255	308	19/9
63 64	12.7	12/3	13.0	15.0	27.1	42.8	80.0	144	167	214	27/9
64 65	15.5	25/3	17.6	20.1	28.2	43.5	83.0	195	253	316	7/10
65 66	11.1	7/3	12.1	14.2	20.6	48.1	117	193	241	288	13/9
66 67	10.8	13/3	11.3	13.7	24.4	58.0	102	165	187	196	16/9
67 68	13.4	18/2	13.9	15.2	21.3	40.3	130	188	222	300	1/9
68 69	11.0	23/2	11.8	13.7	22.0	43.5	86.0	173	207	282	9/9
69 70	10.8	31/3	12.0	12.9	23.3	49.4	126	184	209	245	24/9
70 71	11.8	22/2	12.4	13.0	17.6	44.1	97.0	156	186	251	23/8
71 72	11.3	28/3	12.1	13.4	17.6	32.4	118	174	206	308	13/10
72 73	8.15	13/3	9.83	10.8	16.5	35.4	59.0	132	150	181	13/9
73 74	8.15	8/3	8.47	9.62	14.7	36.0	60.0	110	121	134	18/9
74 75	11.3	8/3	12.5	14.5	18.4	37.8	86.0	231	244	345	23/9
75 76	13.9	8/3	15.0	16.2	19.2	28.8	91.0	166	204	229	10/10
76 77	10.2	24/3	10.6	13.2	21.1	39.1	137	198	245	332	24/10
MED	11.4		12.5	14.2	22.9	44.0	100	175	213	282	
ET	1.69		1.95	2.43	4.61	8.78	24.6	24.2	35.5	50.0	
Q1	12.7		13.2	16.0	26.0	48.1	126	195	241	308	
Q3	11.0		11.8	13.7	19.2	39.1	86.0	166	204	245	

Fig.121

NKAM à MELONG

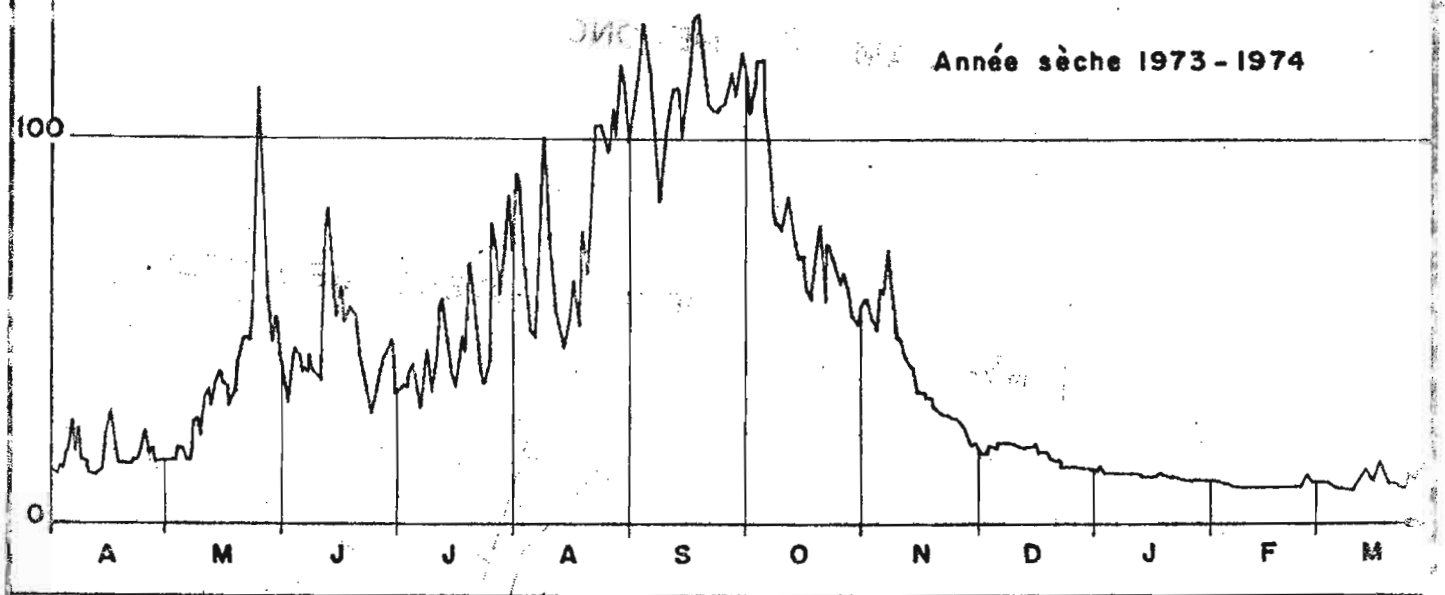


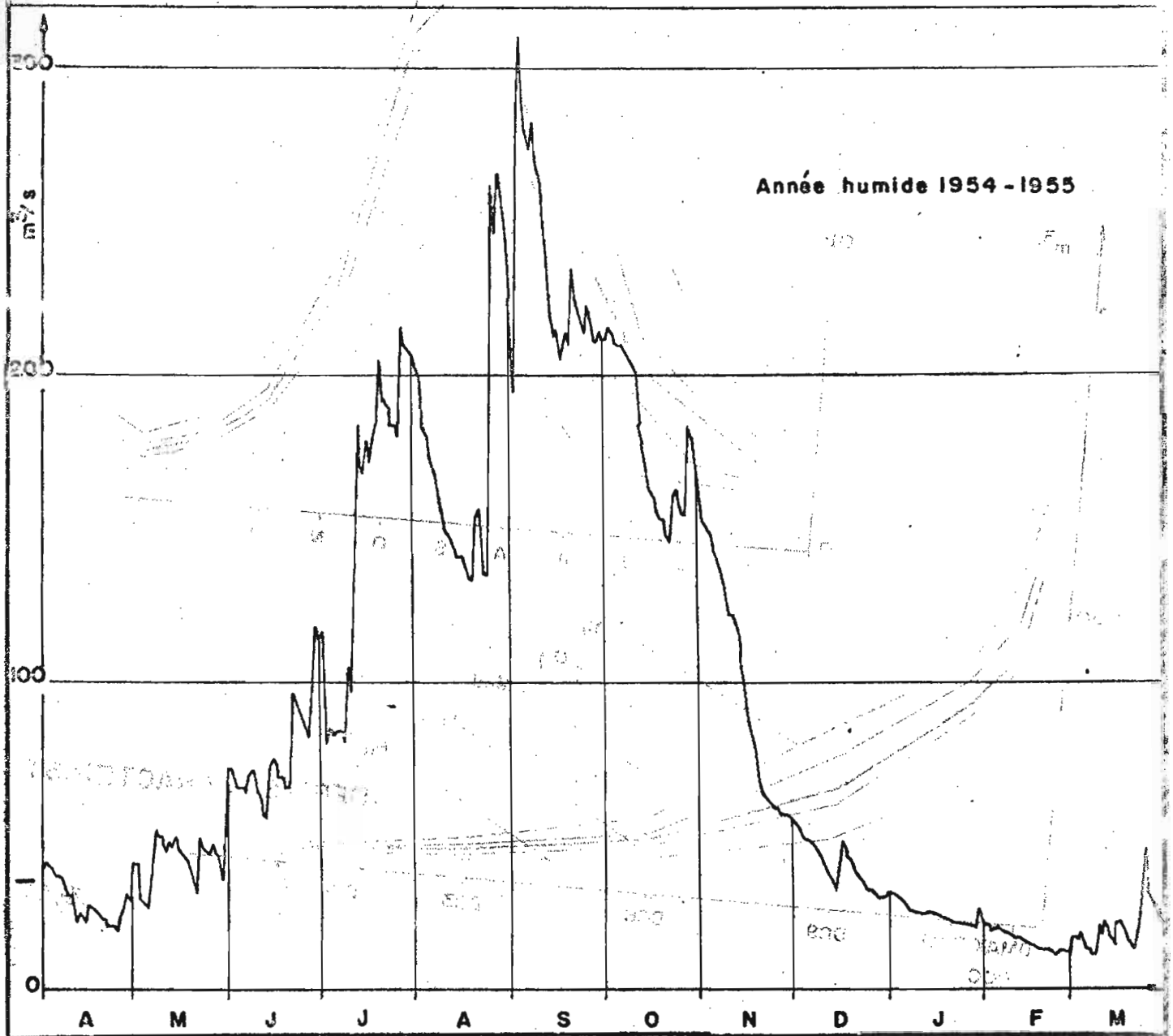
78/6-57

Fig.122

NKAM à MELONG

Débits moyens journaliers en m^3/s





	date	des.
		78/11-27

1.1.4 - ETUDE DES BASSES EAUX

1.1.4.1 - Le tarissement

Sur le Wouri à Yabassi, le tarissement s'observe en décembre et en janvier et février avec toutefois de fréquentes perturbations dues aux précipitations reçues au cours de ces mois de saison sèche. De ce fait, il est souvent délicat d'interpréter les courbes de variation des débits dans le sens d'une décroissance exponentielle de leurs valeurs.

Pour chaque période d'étiage, dans la mesure où les perturbations signalées ne sont pas trop importantes ou tardives, on observe deux lois de tarissement.

La première s'applique à la période décembre-janvier. Son coefficient de tarissement varie de 0.017 à 0.026 et a pour valeur moyenne 0.021.

La seconde loi met en évidence un tarissement moins rapide avec des valeurs du coefficient de 0.010 à 0.012.

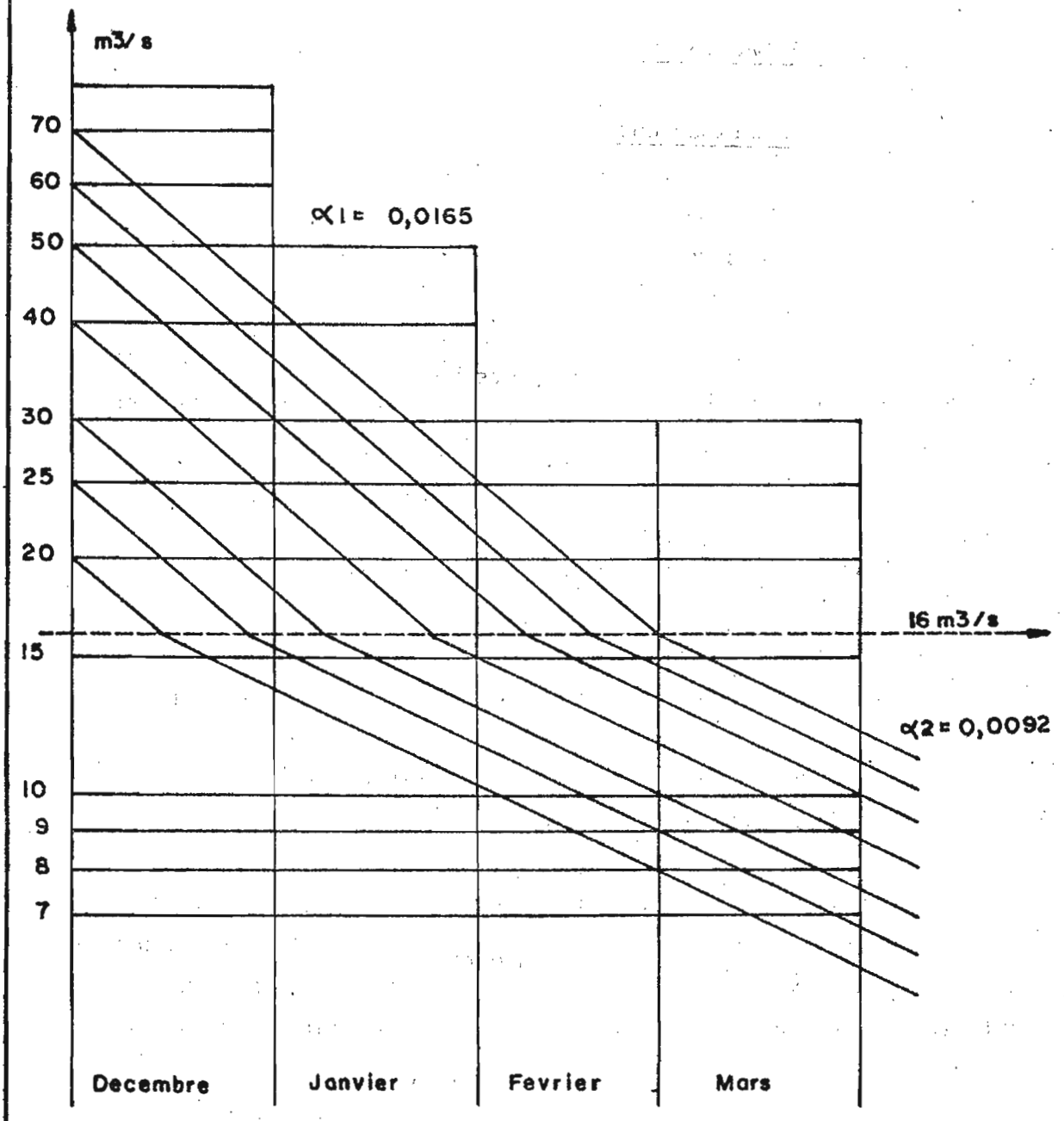
Le tarissement de début de saison sèche est comparable à ce qui a été observé sur les autres cours d'eau de cette étude, ainsi que sur la Sanaga (un peu moins rapide toutefois). Il semble correspondre pour une part importante à la vidange des nappes de la partie cristalline du bassin (Makombé).

Le second tarissement plus lent est probablement dû à l'importance des réserves dans les zones volcaniques de la partie occidentale du bassin.

Sur le Nkam à Melong, la période de tarissement apparait plus nettement du fait de la position septentrionale du bassin et d'une saison sèche plus prononcée. De ce fait, un second tarissement est observé dans plus de 70 % des cas et l'étiage absolu est constitué dans 40 % des cas par un débit de tarissement pur.

LE NKAM A MELONG

Fig.123



ABAQUE DE PREVISION DES DEBITS
DU TARISSEMENT MOYEN A PARTIR
DU DEBIT DE TARISSEMENT CONNU
A UNE DATE DONNEE

	date	des.	78/12/18

Le premier tarissement a un coefficient variable entre 0.02 et 0.012, valeurs extrêmes observées, mais nettement centré autour de la valeur moyenne de 0.0165.

Le second tarissement apparait lorsque le débit devient inférieur à 18-14 m3/s, 16 m3/s en moyenne à une date variable suivant l'année.

La valeur du 2e coefficient de tarissement est comprise entre les valeurs 0.006 et 0.012, la valeur moyenne étant de 0.0092.

Ces deux lois de tarissement montrent une lente décroissance des débits qu'il faut rattacher :

- d'une part à l'importance des aquifères des massifs volcaniques
- d'autre part aux réserves importantes stockées dans la plaine des MBOS.

Il a paru intéressant d'indiquer, figure 123, un abaque de prévision des débits de tarissement à partir d'un débit de tarissement connu à une date donnée (obtenu par lecture de l'échelle le 1er décembre par exemple). Cet abaque doit être manipulé avec précautions : il suppose des coefficients de tarissement moyen et débit moyen de passage au 2e tarissement (1e cause d'erreur) et l'absence de perturbations dans le tarissement (écoulement de précipitations de saison sèche) (2e cause d'erreur).

1.1.4.2 - Les Etiages Absolus

1.1.4.2.1 - Dates d'apparition

L'échantillon des dates d'apparition des étiages absolus se répartit par décades suivant le décompte suivant :

Mois	Janvier			Février			Mars			Avril			N
Décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Wouri à Yabassi		0	1	3	2	8	9	0	2	0	1		26
Nkam à Melong		0	0	1	4	8	7	6	0	0	0		26

La période d'apparition des étiages est nettement plus large sur le Wouri que sur le Nkam. On note en particulier pour le Wouri 3 étiages absolus survenus en avril, qui portent la date moyenne de l'étiage absolu au 10 mars, comme sur le Nkam. Les écarts-types des échantillons du Wouri et du Nkam sont respectivement de 16 et 11 jours.

Mais on conçoit dans le cas du Wouri, une date médiane un peu plus précoce, correspondant à la distribution de 90 % de l'échantillon, qui se situerait vers le 7 mars ; la distribution présente une nette dissymétrie négative, signifiant que pour une même occurrence un étiage précoce sera plus éloigné de la date médiane qu'un étiage tardif. Les limites de la période à 55 % d'occurrence (60 % de l'échantillon réduit) se situent le 25 février et le 14 mars.

L'échantillon des dates de l'étiage absolu du Nkam présente une distribution normale. La période à 60 % d'occurrence a pour limites le 1e et le 20 mars, centrée sur le 10 mars.

1.1.4.2.2 - Etude Fréquentielle

La distribution des étiages absolus du Wouri s'ajuste à une loi normale dont les caractéristiques sont les suivantes : moyenne = 48.15 m3/s Ecart-type : 10.05 m3/s ; Coefficient de variation : 0.209 valeur assez faible.

La prédétermination des étiages de récurrence donnée aboutit aux résultats suivants :

	Moyenne	Etiage d'années sèches				
Période de retour	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Wouri à Yabassi m3/s	48.1	39.7	35.3	31.6	27.5	24.8
l/s km2	5.83	4.81	4.28	3.83	3.33	3.01

L'étiage le plus bas observé est de 22 m3/s. Il correspond à l'année exceptionnelle 73-74.

La distribution des étiages du Nkam à Melong présente des ajustements aux diverses lois retenues assez peu satisfaisants du fait d'une relative dispersion des valeurs et du poids excessif des deux étiages exceptionnels de 1973-1974, années de fort déficit hydrologique.

Les ajustements aux distributions de Gauss, Galton et Pearson sont les meilleures avec un léger avantage à la distribution de Galton, qui rend compte d'une dissymétrie positive plus évidente dans un échantillon ne comportant pas les années 73 et 74. Les caractéristiques de la distribution de Galton sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	52.99	Coefficient de variation	0.142
de position	-41.33	d'assymétrie	0.094
de forme	0.031	d'aplatissement	0.016
Moyenne	11.69	Médiane 11.66	Mode 11.61

Les résultats de prédétermination des étiages sont indiqués ci-dessous.

	Moyenne 2 ans	Médiane	5 ans	Etiages d'années sèches 10 ans	20 ans	50 ans	100
Nkam à Melong m3/s	11.69	11.66	10.29	9.58	9.01	8.37	7.95
l/s km2	5.14	5.13	4.52	4.12	3.96	3.68	3.49

Rappelons les étiages absolus les plus bas de 8.15 m3/s en 1973 et 1974. On notera la faible irrégularité interannuelle des étiages du Nkam imputable aux réserves du bassin et aussi sans doute au rôle régulateur de la plaine des Mbos.

Nous citerons pour mémoire les résultats obtenus sur la Menoua à Dschang (114 km2) sur 14 années d'observations et qui rattachent déjà cette rivière au régime des rivières bamiléké.

La pluviométrie annuelle reçue par le bassin de la Menoua est de 2 000 mm. L'étiage médian de la Menoua est de 374 l/s soit 3.28 l/s km2

L'étiage quinquennal sec est de 262 l/s soit 2.30 l/s km2 ;

L'étiage décennal sec est de 205 l/s soit 1.8 l/s km2 ;

L'étiage vicennal sec est de 160 l/s soit 1.4 l/s km2.

1.1.5 - ETUDE DES CRUES

1.1.5.1 - Date d'apparition du maximum annuel

Les dates d'apparition du maximum annuel se répartissent sur la période d'observation suivant le décompte par décades indiqué ci-après :

Mois	Août			Septembre			Octobre			N
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Wouri à Yabassi		2	4	5	4	4	3	1	3	26
Nkam à Melong			3	4	8	5	3	2	1	26

La date moyenne de l'apparition du maximum annuel se situe :

- le 17 septembre pour le Wouri à Yabassi (écart-type 21 jours)
- le 19 septembre pour le Nkam à Melong (écart-type 17 jours).

Pour le Wouri, la distribution des dates de la crue présente une forte dissymétrie positive ; pour une même occurrence une crue tardive sera plus éloignée de la date médiane, qu'une crue précoce. La période d'apparition du maximum à 60 % d'occurrence se situe entre le 30 août et le 6 octobre, la médiane étant le 15 septembre. Pour le Nkam à Melong, la distribution des dates de la crue est normale. La période d'apparition du maximum à 60 % d'occurrence est comprise entre le 5 septembre et le 3 octobre.

1.1.5.2 - Etude Fréquentielle

La forme de la distribution des crues du Wouri est hypogaussique (dissymétrie négative). Le meilleur ajustement est obtenu suivant une loi de Goodrich dont les caractéristiques sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	3806	Coefficient de variation	0.195
de position	- 2229	d'assymétrie	- 0.807
de forme	0.063	d'aplatissement	1.049

Moyenne 1453 m3/s Médiane 1490 Mode 1561

Les résultats des calculs de prédétermination pour des récurrences données sont indiqués ci-après :

	Moyenne	Médiane	Crues d'années humides			
Période de retour		2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50	100
Wouri à Yabassi m3/s	1453	1490	1692	1780	1847	1915	1958
1/s km2	176	181	205	216	224	232	237

Le maximum observé sur la période de 26 ans a atteint 1845 m3/s. On notera les fortes valeurs du débit spécifique dues aux précipitations abondantes et à la pente. Une valeur de 216 l/s km2 pour un bassin de 8 250 km2 en crue décennale doit être considérée comme très forte en Afrique de l'Ouest.

Dans le cas du Nkam à Melong, on remarque également une tendance hyponormale ; cependant l'ajustement aux diverses distributions nous a conduit à retenir pour l'échantillon de crues du Nkam une distribution normale, dont les caractéristiques sont les suivantes : Moyenne : 269.7 m3/s. Ecart-type : 49.1 ; Coefficient de variation : 0.182

Les calculs de prédétermination des crues aboutissent aux résultats suivants :

	Moyenne	Crues en années humides				
Période de retour	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Nkam à Melong m3/s	270	311	333	350	370	384
1/s km2	119	137	146	154	163	169

Le maximum observé sur 26 ans est de 345 m3/s (1)

On remarque que les débits spécifiques de crue du Nkam à Melong sont nettement inférieurs à ceux du Wouri à Yabassi. Ceci s'explique par le laminage des crues dans les zones d'inondation de la plaine des Mbos qui explique également la tendance hyponormale de la distribution. Mais on sait aussi - nous avons été amené à le montrer pour la Mifi et la Metchié en pays bamiléké (H 128) - que les capacités de laminage des zones d'inondation sont limitées qu'à partir d'un certain seuil de remplissage, il n'y a plus amortissement de la crue.

(1) Fin août 1978, une crue exceptionnelle a atteint 430 m3/s, soit 190 l/s km2.

Ceci conduit à observer des crues exceptionnelles d'occurrence moins rare que celle qui découle de l'analyse statistique d'un échantillon relativement court et tronqué pour les fortes valeurs. Pour ce type de bassin, il faut donc être extrêmement prudent dans la détermination des débits de faible fréquence.

L'hyponormalité de l'échantillon des crues du Wouri trouve son explication par la non-simultanéité des crues provenant de la Makombe et du Nkam. Cette explication a aussi été retenue pour la Sanaga à Edéa (Mbam et Sanaga) et le NYONG à Dehane (apports amont et aval).

1.1.6 - ETUDE DES MODULES ET DES TERMES DU BILAN

1.1.6.1 - Etude fréquentielle des modules

L'échantillon de modules du Wouri à Yabassi a été ajusté suivant une distribution de GODDRICH. La distribution est hyponormale. Les caractéristiques de l'ajustement sont les suivantes :

Paramètre d'échelle 507.25 Coefficient de variation 0.162

de position - 174.58 d'assymétrie - 0.701

de forme 0.085 " d'aplatissement 0.739

Moyenne : 311.0 Médiane : 317.0 Mode : 328.8

Les résultats des calculs de prédétermination sont indiqués ci-dessous :

	Années sèches				Moyenne	Médiane	Années humides			
Période de retour	100	20	10	5	2	2	5	10	20	100
Wouri à Yabassi										
m3/s	168	220	244	272	311	317	354	370	382	403
l/s km2	20.4	26.7	29.6	33.0	37.7	38.4	42.9	44.9	46.3	48.9
He mm	643	842	933	1041	1189	1211	1353	1416	1460	1542

Rappelons que les modules extrêmes observés sont 177 et 406 m3/s. Le rapport K3 des modules décennaux est de 1.52.

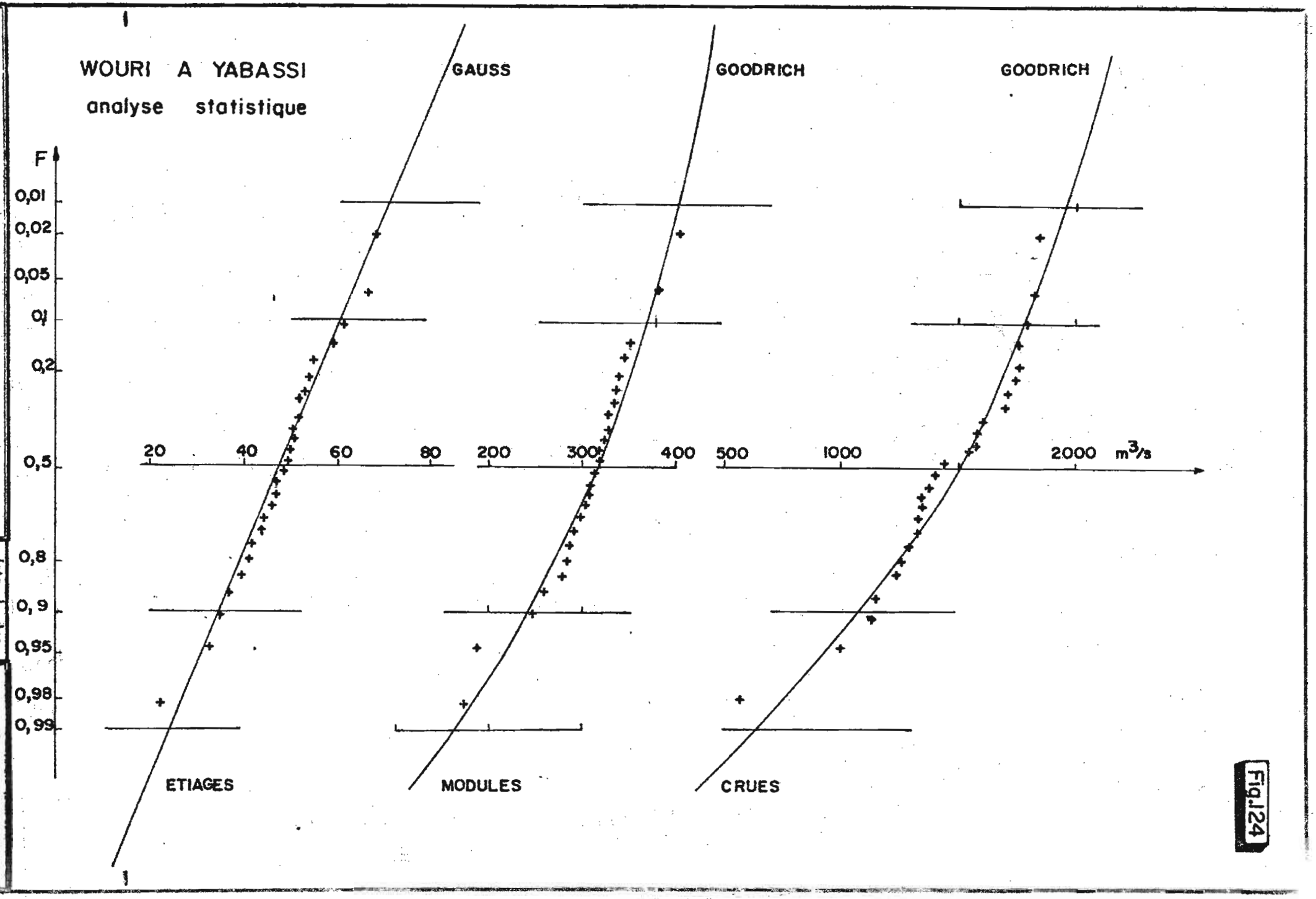
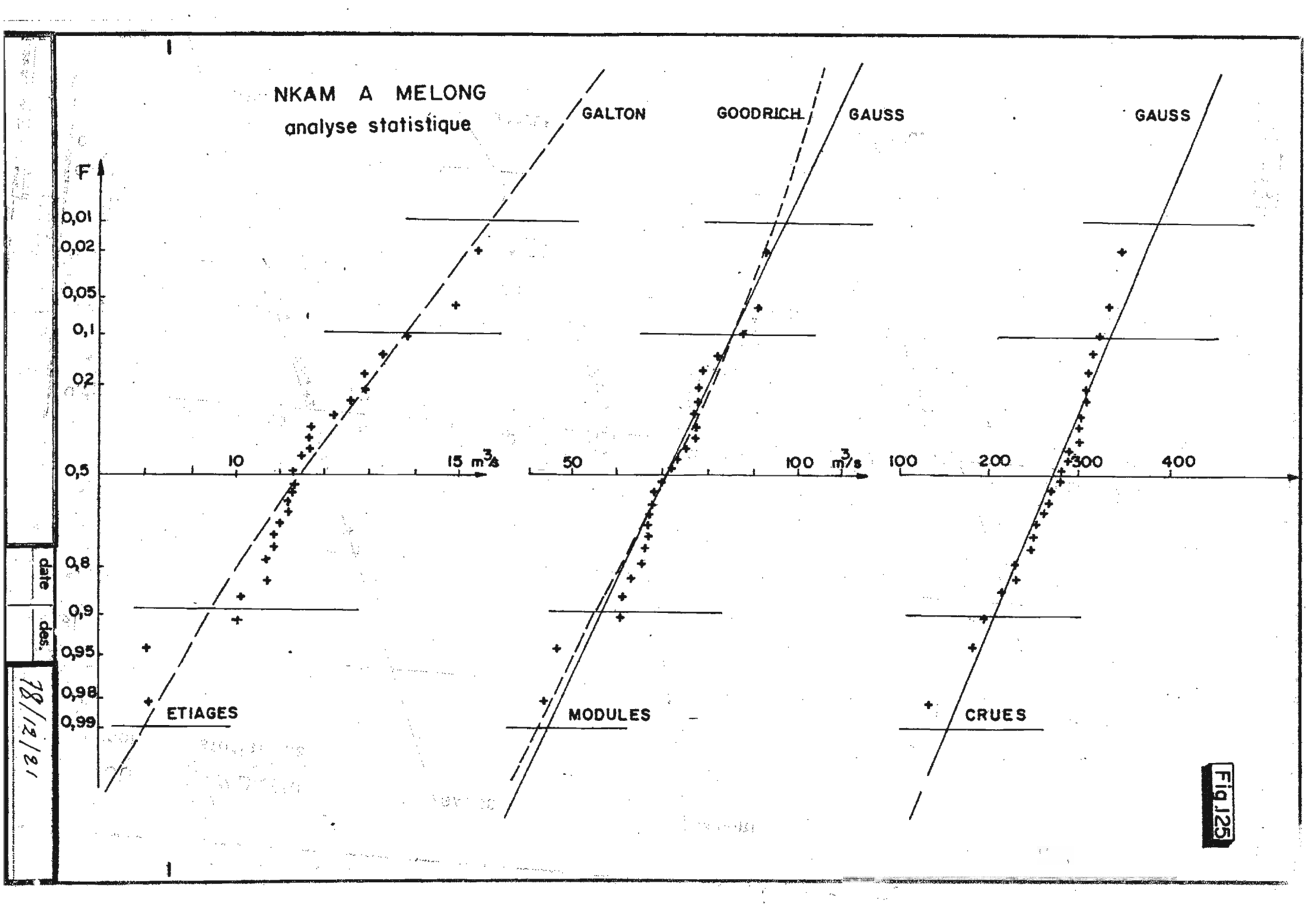


Fig.124

date
des.

78/12/19


NKAM A MELONG
analyse statistique
GALTON
GOODRICH
GAUSS
GAUSS
F
0,01
0,02
0,05
0,1
0,2
0,5
0,8
0,9
0,95
0,98
0,99
10
15 m³/s
50
100 m³/s
100
200
300
400
ETIAGES
MODULES
CRUES
Fig.125
date
des.
18/12/81

L'échantillon de modules du Nkam à Melong traduit une légère hyponormalité qui a conduit à retenir un ajustement suivant une loi de GOODRICH, dont les caractéristiques sont données ci-après :

Paramètre d'échelle	57.68	Coefficient de variation	0.160
de position	17.90	" d'assymétrie	- 0.305
de forme	0.186	" d'aplatissement	- 0.060

Moyenne : 71.1 Médiane : 71.8 Mode : 73.4

Les résultats des calculs de prédétermination sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

	Années sèches				Moyenne	Médiane	Années humides			
Période de retour	100	20	10	5	-	2	5	10	20	100
NKAM-Melong										
m3/s	42.5	51.1	55.9	61.6	71.1	71.8	80.9	85.2	88.6	94.5
l/s km2	18.7	22.5	24.6	27.1	31.3	31.6	35.6	37.4	39.0	41.5
He mm	590	710	776	855	987	997	1123	1179	1230	1309

Les modules extrêmes observés sont de 43.4 et 92.7 m3/s. Le rapport K3 vaut 1.58.

Les modules spécifiques du NKAM à Melong sont plus faibles que ceux du WOURI à Yabassi. Les figures 124 et 125 résument les études fréquentielles des débits du Wouri et du Nkam.

1.1.6.2 - BILAN HYDROLOGIQUE

La détermination du bilan hydrologique moyen s'appuie sur une estimation précise des précipitations reçues sur le bassin. Nous avons souligné le caractère imprécis des déterminations effectuées, sur le bassin du Wouri (faible densité des postes, effets des reliefs) et de ce fait l'équation du bilan doit être considérée avec réserves :

Sur le Wouri à Yabassi p = He + De, s'écrit 2 200 mm + 1 000 mm

Pour le NKAM à Melong, on a 2 100 = 990 + 1 110, d'où

De = Er = 1 110 mm.

L'ETP calculée par la formule de TURC aboutit pour l'ensemble de la région à des valeurs de l'ordre de 1 250 mm, ce qui pourrait indiquer qu'elle n'est pas satisfaite sur le bassin du Wouri mais plus vraisemblablement que l'ETP TURC est nettement surestimée sur bassin de montagne. Nous reviendrons plus loin sur ce problème (chap. IX). Pour le bassin du NKAM, l'ETP a diminué avec l'altitude d'une partie du haut bassin et le déficit d'évaporation serait finalement assez réduit. On notera d'ailleurs une assez proche parenté avec les valeurs du déficit d'écoulement déterminées en pays bamiléké.

Les coefficients d'écoulement annuel sont respectivement :

- de 55 % pour le WOURI à Yabassi ;
- de 47 % pour le NKAM à Melong.

Le bilan mois par mois a été estimé pour le WOURI à Yabassi à partir de la répartition mensuelle des précipitations des principaux postes du bassin, de l'évapotranspiration potentielle calculée pour chaque mois par la formule de TURC, et une estimation de Er pour les mois de saison sèche. Le bilan permet une approche des phases de stockage et de vidange des réserves du bassin (voir NYONG).

Le tableau ci-dessous résume ces résultats.

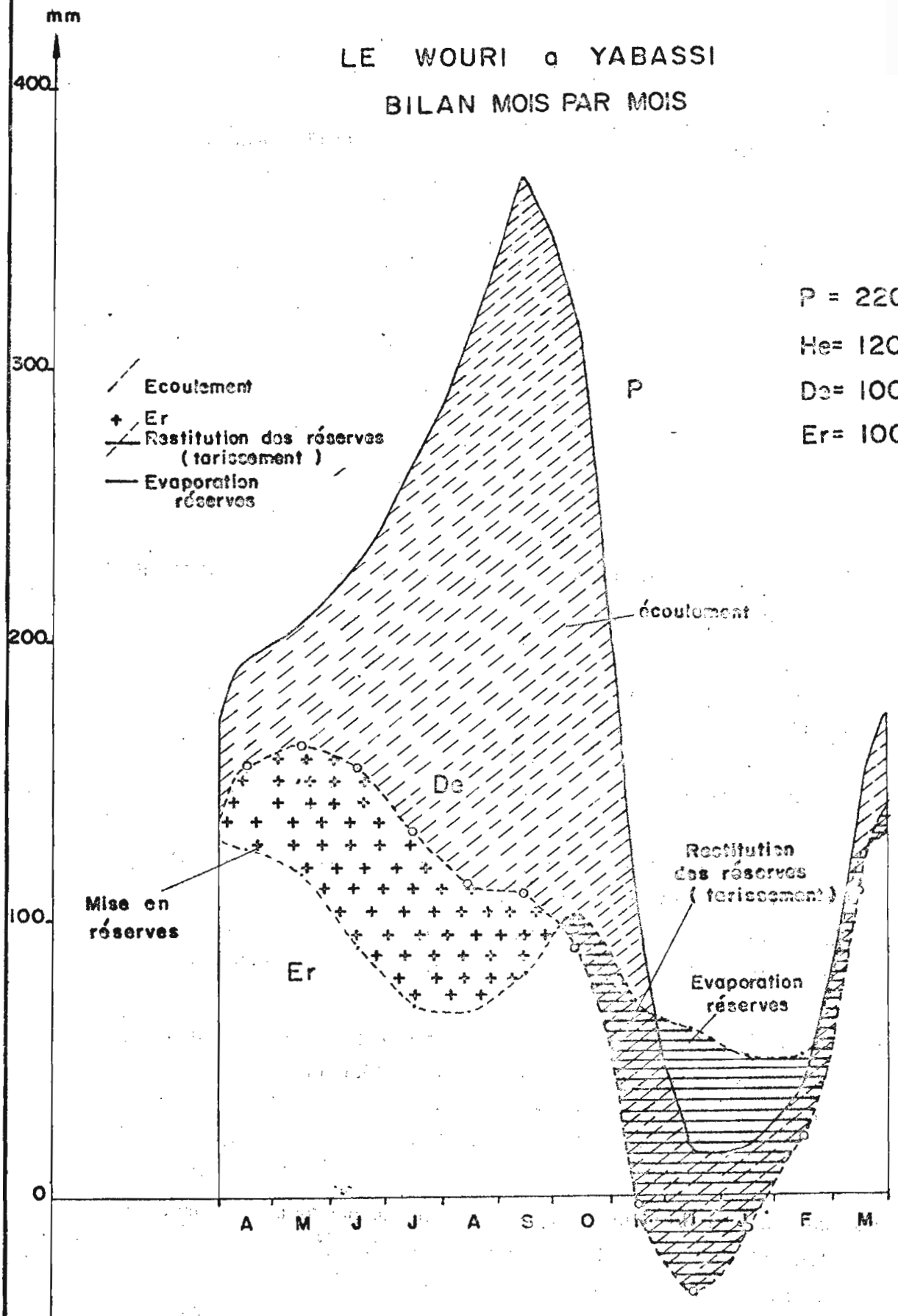
	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	J	F	M	Année
P	195	208	230	265	310	368	308	105	17	19	40	135	2 200
He	40	45	75	133	197	258	220	107	52	30	19	24	1 200
De	155	163	155	132	113	110	88	- 2	-35	-11	+21	111	1 000
Er	125	116	90	68	67	81	102	70	60	50	50	121	1 000
R1	30	47	65	64	46	29							281
R2							14	72	95	61	29	10	281

R1 correspond au stockage, R2 à la vidange. La figure 126 propose une illustration de ces variations.

Fig.126

LE WOURI a YABASSI

BILAN MOIS PAR MOIS



date	dess.	78/12 - 33

1.1.6.3 - CORRELATIONS ENTRE LES DEBITS CARACTERISTIQUES D'UNE MEME STATION ET DE STATION A STATION

1°/ Etiage absolu - Débit caractéristique non dépassé pendant 10 jours.

L'équation de la droite de régression s'écrit :

Sur le Nkam DCE = 1.11 Dmin - 0.24 r = 0.958

Sur le Wouri DCE = 0.94 Dmin + 7.55 r = 0.894

2°/ Etiage absolu - Débit caractéristique non dépassé pendant 30 jours.

L'équation de la droite de régression s'écrit :

Sur le Nkam DC1 = 1.25 Dmin + 0.19 r = 0.869

Sur le Wouri DC1 = 1.01 Dmin + 10.7 r = 0.801

3°/ Maximum de crue - Débit caractéristique dépassé pendant 10 jours.

L'équation de la droite de régression s'écrit.

Sur le Nkam DCC = 0.62 Dmax + 47.5 r = 0.877

Sur le Wouri DCC = 0.67 Dmax + 64.7 r = 0.881

4°/ Maximum de crue - Débit caractéristique dépassé pendant 30 jours.

L'équation de la droite de régression s'écrit :

Sur le Nkam DC11 = 0.42 Dmax + 65.4 r = 0.790

Sur le Wouri DC11 = 0.37 Dmax + 248 r = 0.782

5°/ Débits caractéristiques du Nkam, débits caractéristiques du Wouri.

L'équation de la droite de régression s'écrit :

Pour les étiages absolus : Dmin = 1.66 Dmin Nkam + 28.8 r = 0.273

Pour les modules : Mod Wouri = 3.1 Mod. Nkam + 90.9 r = 0.692

Pour les crues : Dmax Wouri = 2.94 Dmax Nkam + 658 r = 0.495.

1.2 - LE BASSIN DU MUNGO

1.2.1 - GENERALITES

A l'Ouest du Wouri, le MUNGO prend sa source dans les Mts Bakossi à 1 755 m d'altitude, et rejoint la mangrove du WOURI, après un parcours de 200 km. Il draine un bassin de 4 200 km2. Le bassin supérieur, contrôlé à Mundame près de Kumba, a une superficie de 2 420 km2. Le haut - Mungo reçoit en rive droite de courts affluents issus des versants Est des Mts RUMPI. En rive gauche, il reçoit de petits torrents, nés dans les Mts Bakossi et surtout la Jide qui draine les versants Ouest des Mts Koupé et le Sud-Ouest du massif de Manengouba (fig. 127).

En aval de Mundame, le Mungo traverse une région de basses collines, avant de recevoir les torrents issus des versants Ouest et Nord du Mt-Cameroun. Il se jette dans la mangrove par un delta aux chenaux étroits qui limitent l'amplitude des marées dans le bief maritime qui remonte jusque dans la région du Mondoni.

Le bassin est entièrement recouvert par la forêt avec cependant de grandes plantations (hévéas, palmistes, bananeraies de la CDC). Les terrains sont en majorité volcaniques, avec cependant de larges affleurements du socle et l'apparition des séries sédimentaires sur le bassin aval.

Les caractéristiques morphologiques du bassin du Mungo à Mundame sont les suivantes :

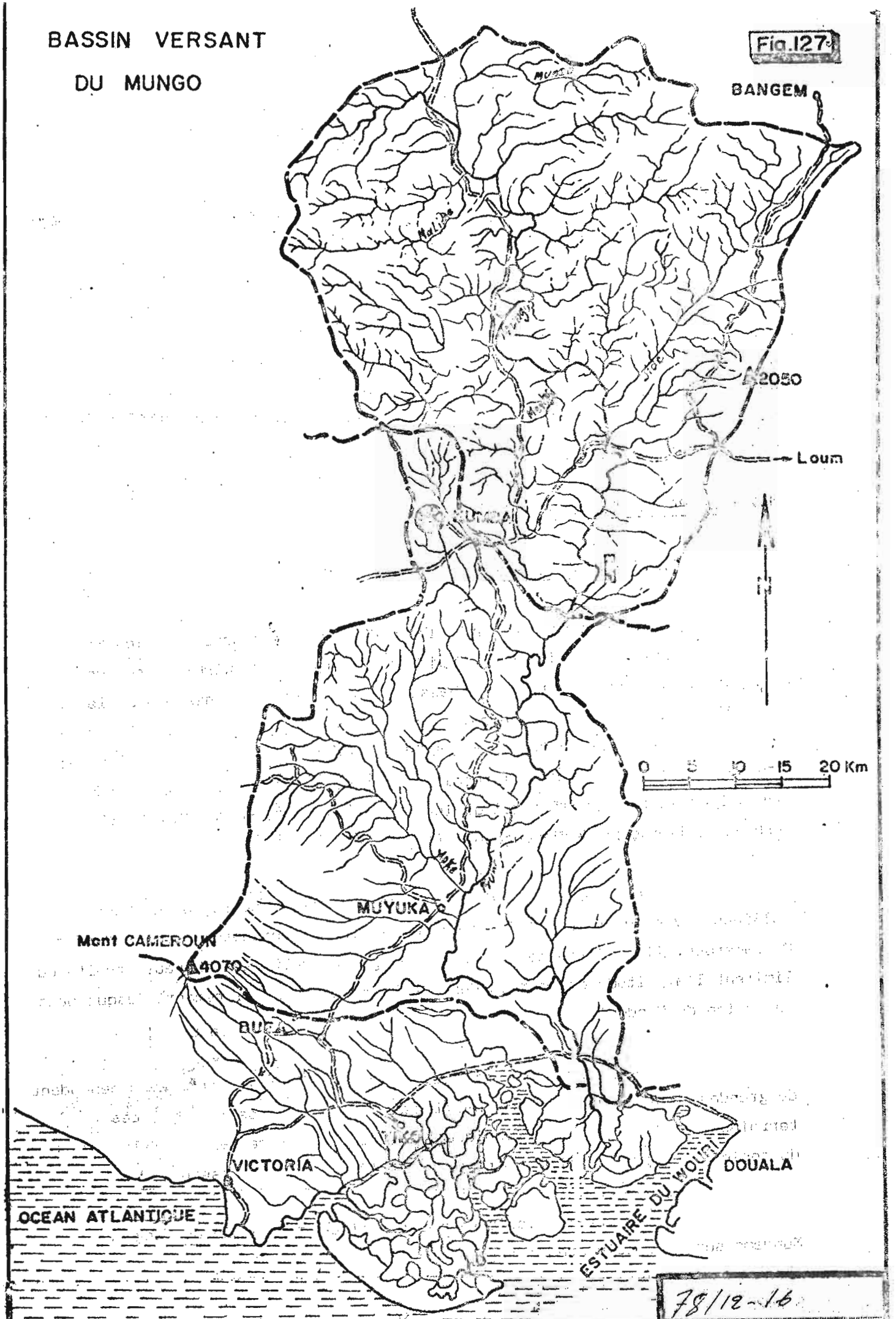
S km2	P	Kc	Rectangle équivalent	
			L	l
2 420	200	1.14	59	41

L'hypsométrie du bassin donne une altitude moyenne de 585 m. L'indice de pente global est de IG = 21.7 m/km ; l'indice de pente de ROCHE est de Ip = 0.159

Le profil en long du Mungo (60 % médians) a une pente moyenne de 5.15 m/km. Son affluent la Jide a une pente beaucoup plus forte encore : 25 m/km (fig. 128).

BASSIN VERSANT DU MUNGO

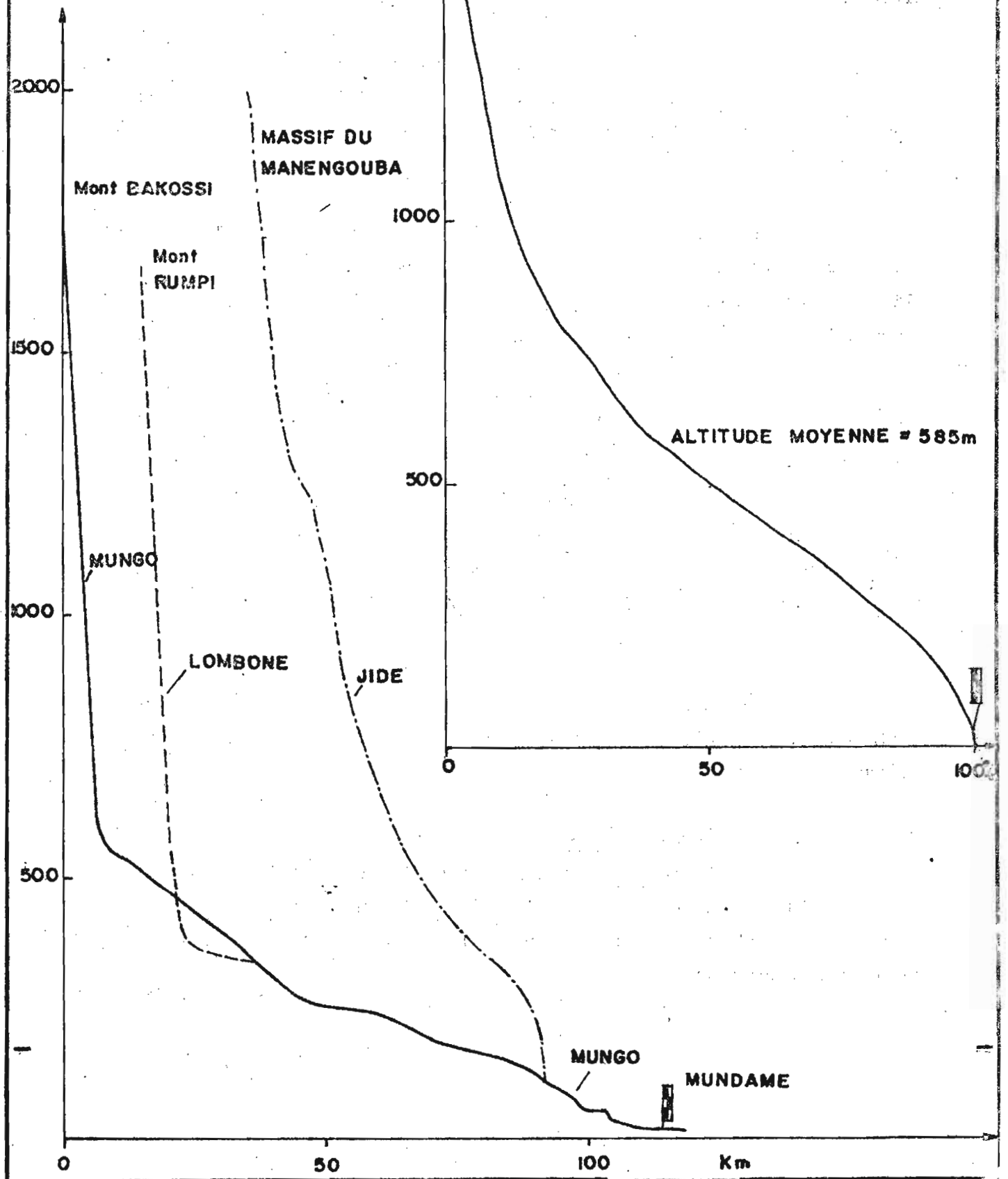
Fig.127



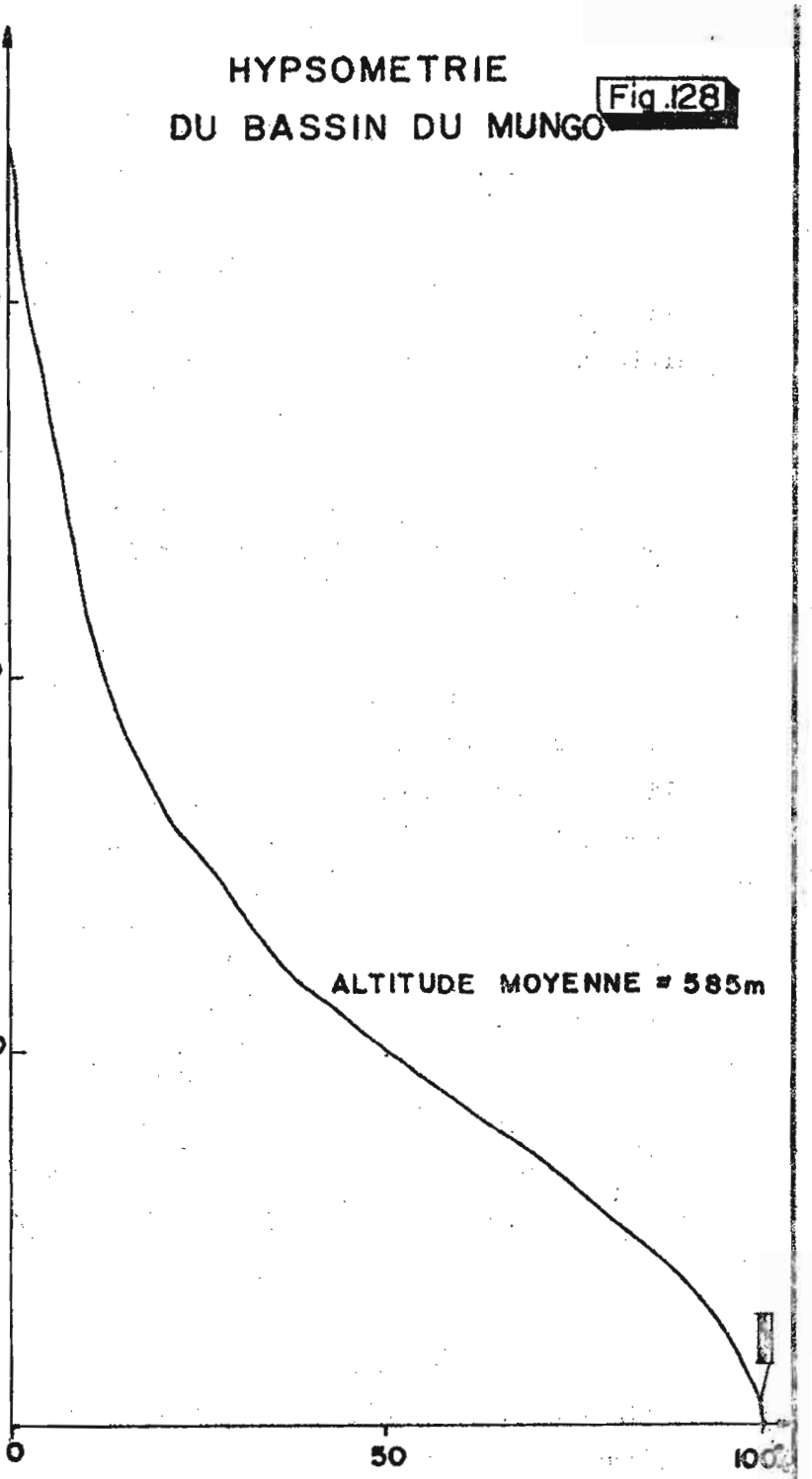
78/12-16

Fig .128

PROFIL EN LONG DU MUNGO A MUNDAME.



HYPSOMETRIE DU BASSIN DU MUNGO



	date	des.	78/12/29

1.2.2 - EQUIPEMENTS ET MESURES

La station de Mundame contrôle un bassin versant de 2 420 km2. Elle a pour coordonnées : latitude : 4° 34' N : longitude : 9° 32' E. Son altitude est à environ 17 m.

Elle a été installée le 1er décembre 1951 en rive gauche, au poste de l'ancienne douane française. Déplacée en 1952, elle est installée sur le mur du quaicôté aval en rive droite, et se compose d'éléments d'échelle de 0 à 10 m.

Le zéro des échelles est à l'altitude 16.507 m. Trente trois jaugeages ont été effectués de 1953 à 1977 entre les cotes 059 et 586 (liste des jaugeages, tableau 74). Les mesures de débits s'ordonnent autour d'une unique courbe d'étalonnage sans grande dispersion (fig. 129). L'extrapolation de la relation des hauteurs-débits est importante pour les hautes eaux. Le barême utilisé est indiqué ci-dessous :

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
040	12.0	200	127	400	317	600	537	800	800
050	17.0	250	173	450	367	650	600	850	873
100	49.0	300	220	500	420	700	665	900	950
150	85.0	350	267	550	477	750	730		

On note dans les lectures des lacunes ou relevés douteux en 1952, 53, en 1956, 59, 63, 64 et 1968, ce qui réduit d'autant l'échantillon de données de base.

1.2.3 - DONNEES DE BASE

Les hauteurs de précipitations interannuelles reçue par le bassin du Mungo à Mundame a été estimée à partir du dessin des courbes isohyètes de la région. Elle reste relativement imprécise du fait de la faible densité des postes pluviométriques.

T A B L E A U 74

M U N G O A M U N D A M E

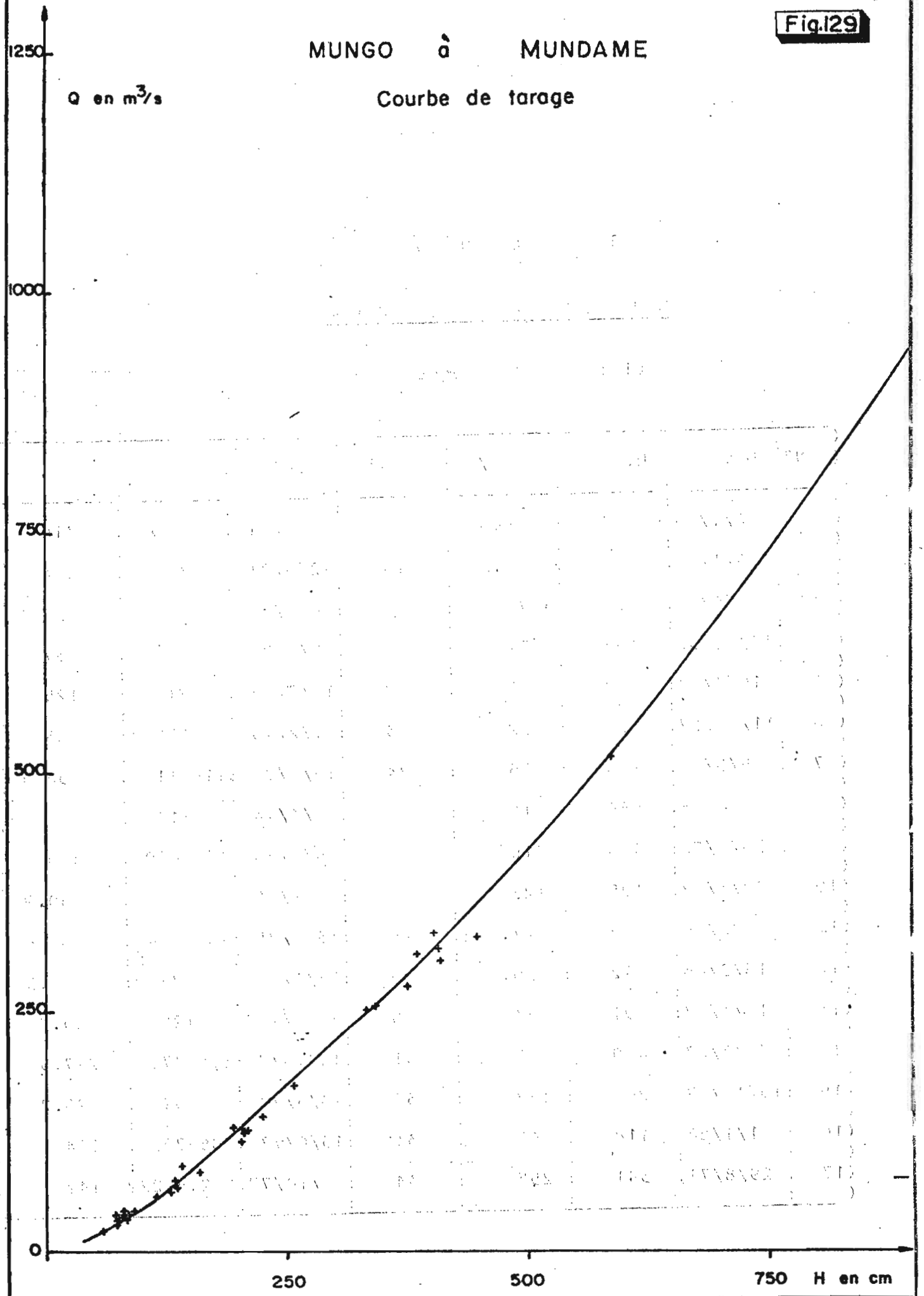
Liste des Jaugeages

N°	Date	H. cm	Q m^3/s	N°	Date	H. cm	Q m^3/s
1	15/1/53	73	38.3	18	1/9/71	385	310
2	29/1/56	72	38.2	19	22/9/71	403	334
3	18/6/56	256	173	20	20/1/72	82	32
4	14/12/56	134	72	21	18/3/72	84	37
5	10/3/57	80	41	22	14/7/72	210	125
6	11/10/57	331	252	23	21/2/73	159	83
7	15/5/57	140	86	24	16/3/74	114-111	56.4
8	8/8/58	586	516	25	3/4/74	116	
9	26/9/58	406	316	26	5/9/74	448-450	380
10	20/5/62	195	128	27	27/1/75	74	30/9
11	6/2/66	72	27.2	28	13/3/75	135-134	66.8
12	16/2/66	72	30.8	29	28/1/76	78	35.5
13	17/1/67	91	43.4	30	23/2/76	125	65.7
14	20/7/67	409	303	31	14/10/76	375-373	227.5
15	19/11/67	201	128	32	13/3/77	59	20.2
16	11/1/68	118	62	33	13/6/77	206-205	124
17	29/8/71	341	255	34	28/10/77	222.5-222	142

Fig.129

MUNGO à MUNDAME

Courbe de tarage



	date	des.	
			78/7-15

TABLEAU N° 75

MUNGO A MUNDAME

Débits moyens mensuels en m3/s.

An	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Modul
52-53	-	80.1	170	245	304	330	241	-	-	-	34.9	44.2	-
53-54	67.7	235	232	283	296	369	274	138	54.5	30.2	75.3	79.8	178
54 55	83.1	127	244	255	305	440	318	169	78.5	71.0	57.3	108	188
55 56	141	217	248	355	458	398	303	161	65.3	53.8	50.3	52.6	209
56 57	99.9	159	207	288	355	458	457	-	80.5	56.5	90.2	64.4	-
57 58	98.9	125	265	393	307	287	230	194	175	46.5	40.6	59.0	185
58 59	75.2	80.1	189	122	279	395	232	173	74.3	-	-	45.4	-
59 60	113	92.1	236	326	301	396	328	203	75.0	51.1	36.5	52.6	184
60 61	57.0	143	172	224	389	233	283	261	84.9	60.9	59.1	51.2	[illegible]
61 62	62.1	59.0	120	252	170	403	337	212	63.0	59.3	57.6	60.0	156
62 63	111	104	193	330	291	407	305	199	104	52.6	-	42.9	-
63 64	104	95.6	104	192	245	262	219	146	63.2	50.5	36.1	86.4	134
64 65	-	163	214	277	200	432	271	159	99.6	72.1	48.4	73.8	-
65 66	107	113	172	337	477	322	284	129	60.8	37.3	31.7	46.0	176
66 67	139	162	171	212	325	368	250	200	86.3	39.7	29.1	34.2	168
67 68	55.2	74.4	172	422	494	345	324	144	91.5	53.5	33.8	71.7	190
68 69	71.9	138	319	324	377	347	313	-	-	44.3	32.6	69.5	-
69 70	106	119	201	358	384	368	315	164	75.6	42.9	32.1	30.1	183
70 71	85.0	107	136	257	290	272	264	154	57.8	37.2	31.4	39.5	144
71 72	60.1	75.0	85.0	259	297	348	280	121	90.7	40.0	31.0	50.4	145
72 73	65.4	86.8	111	200	367	[illegible]	287	141	65.7	41.3	33.0	36.4	149
73 74	56.5	88.6	82.7	115	209	258	232	119	53.9	31.3	22.4	40.8	110
74 75	87.8	104	143	172	302	394	304	142	60.2	36.7	35.9	50.6	153
75 76	69.1	76.5	105	165	254	248	275	152	80.6	43.4	63.3	62.8	133
76 77	80.0	69.7	151	259	346	317	295	233	76.0	51.7	33.3	27.8	162
MED.	83.1	104	172	259	304	356	284	160	75.6	46.5	36.1	52.6	169
ET	25.2	44.7	60.0	79.5	79.5	62.8	70.0	37.0	25.2	11.2	16.8	18.8	24.1
MOY.	86.8	116	178	265	321	350	281	169	79.0	48.0	43.3	55.5	164
	106	140	223	328	372	397	314	199	86.3	53.8	57.6	70.6	184
	65.4	80.1	128	206	284	302	257	142	63.0	39.7	32.1	41.8	145

TABLEAU N° 76

MUNGO A MUNDAME

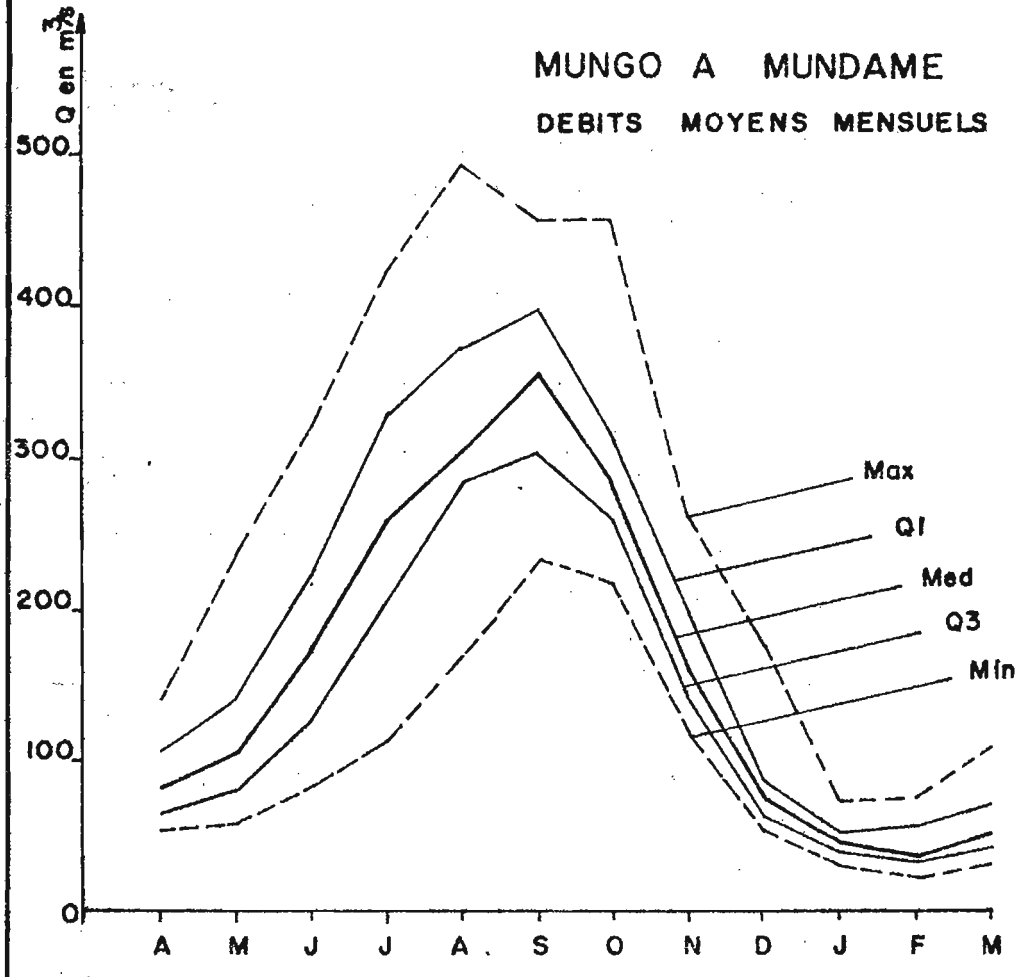
Débits caractéristiques en M3/s.

Année	Etiage	Date	DCE	DC1	DC3	DC6	DC9	DC11	DCC	Crue	Date
(1952-53)	27.8	10/2	29.7	34.4	-	-	248	336	404	507	12/6
53 54	28.8	10/2	30.6	34.9	50.4	180	251	380	453	513	28/8
54 55	36.5	19/2	42.1	49.2	75.5	149	229	407	509	616	16/9
55 56	34.9	6/3	38.2	43.2	58.7	201	326	458	517	535	30/7
(56 57)	36.6	21/1	41.5	50.4	70.5	-	302	490	593	636	4/10
57 58	33.3	19/2	37.5	41.5	67.7	155	259	384	457	525	25/7
(58 59)	28.3	8/3	31.1	-	60.0	89.0	190	347	513	588	13/8
59 60	26.9	13/2	27.8	34.9	60.0	137	291	398	523	652	13/8
60 61	57.4	15/3	57.4	58.7	62.8	128	238	357	451	797	18/8
61 62	57.4	13/2	57.4	58.0	59.3	64.2	248	398	465	772	16/9
(62 63)	28.0	13/3	33.5	-	61.4	164	277	387	489	678	15/7
63 64	23.0	7/2	23.0	33.5	60.0	118	173	267	327	613	15/9
64 65	34.0	10/2	42.0	47.4	-	175	(220)	377	465	525	8/9
65 66	26.0	10/3	26.5	32.9	45.3	108	281	367	612	950	5/8
66 67	22.0	13/3	24.5	29.6	55.1	144	227	367	451	639	7/9
67 68	27.5	17/2	30.2	32.9	52.3	117	316	475	635	727	11/8
68 69	27.5	15/2	30.2	36.2	(64.8)	-	301	398	467	586	10/8
69 70	26.0	5/3	27.5	30.7	51.6	131	294	402	497	716	19/7
70 71	24.0	13/2	26.5	30.7	47.4	96.8	232	317	383	467	30/6
71 72	24.5	22/2	27.5	31.8	48.8	88.8	232	329	436	700	14/8
72 73	22.0	13/3	25.5	30.2	49.5	85.6	239	390	459	636	23/8
73 74	15.5	8/3	19.5	24.0	42.7	73.6	167	253	287	523	4/9
74 75	24.2	7/3	29.0	34.6	52.5	111	190	381	481	647	26/8
75 76	32.5	1/2	38.3	45.4	58.8	94.6	185	274	357	518	6/8
76 77	20.6	17/3	22.4	29.7	53.2	102	260	355	457	645	5/9
MED	27.5		30.2	34.6	58.7	117	248	380	465	636	
ET	9.70		9.69	9.42	8.21	36.5	44.6	57.4	79.9	110	
Q1	33.6		38.5	45.4	61.4	149	286	398	511	589	
Q3	24.1		26.5	30.7	50.4	94.6	223	341	443	525	

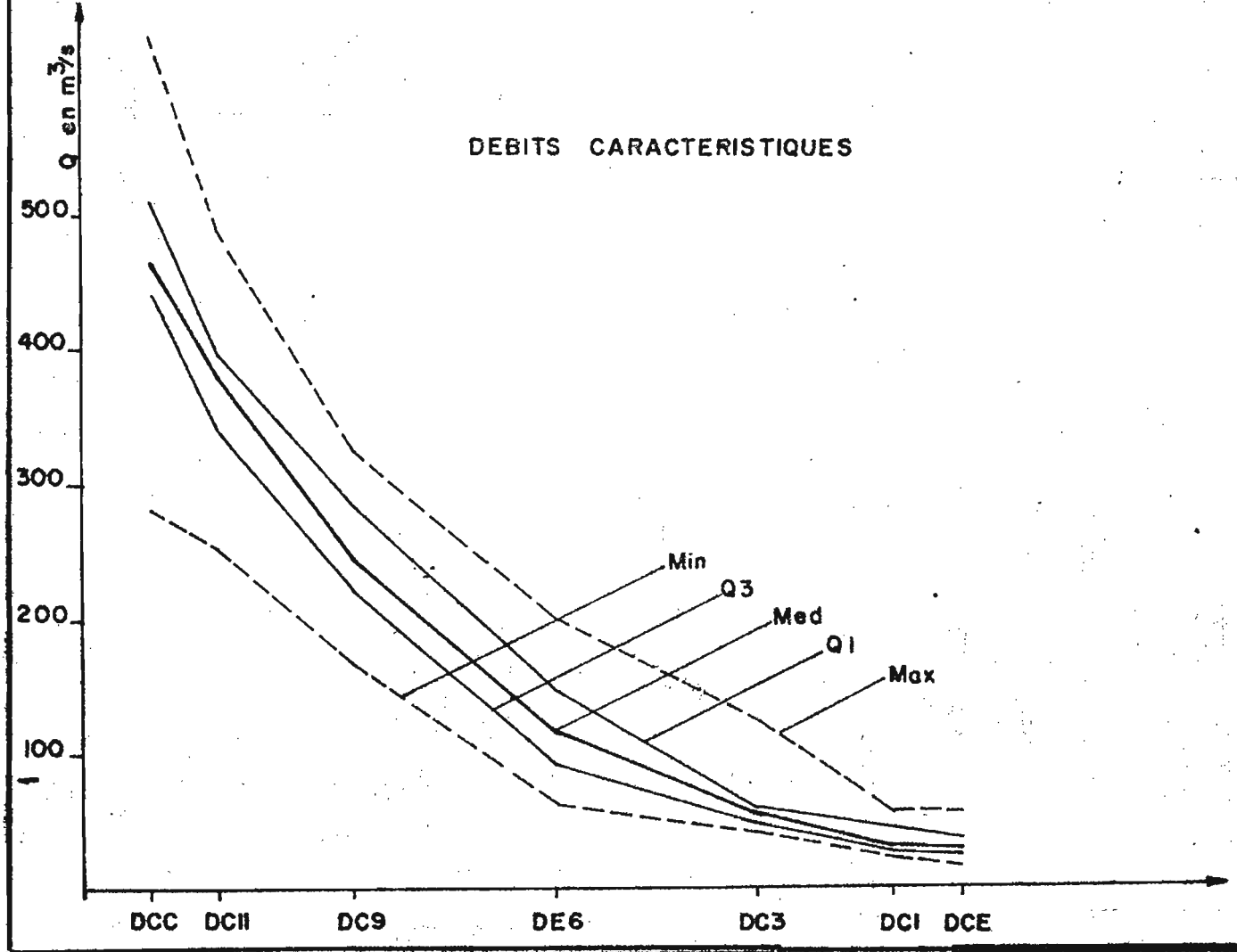
Fig .130

MUNGO A MUNDAME

DEBITS MOYENS MENSUELS



DEBITS CARACTERISTIQUES

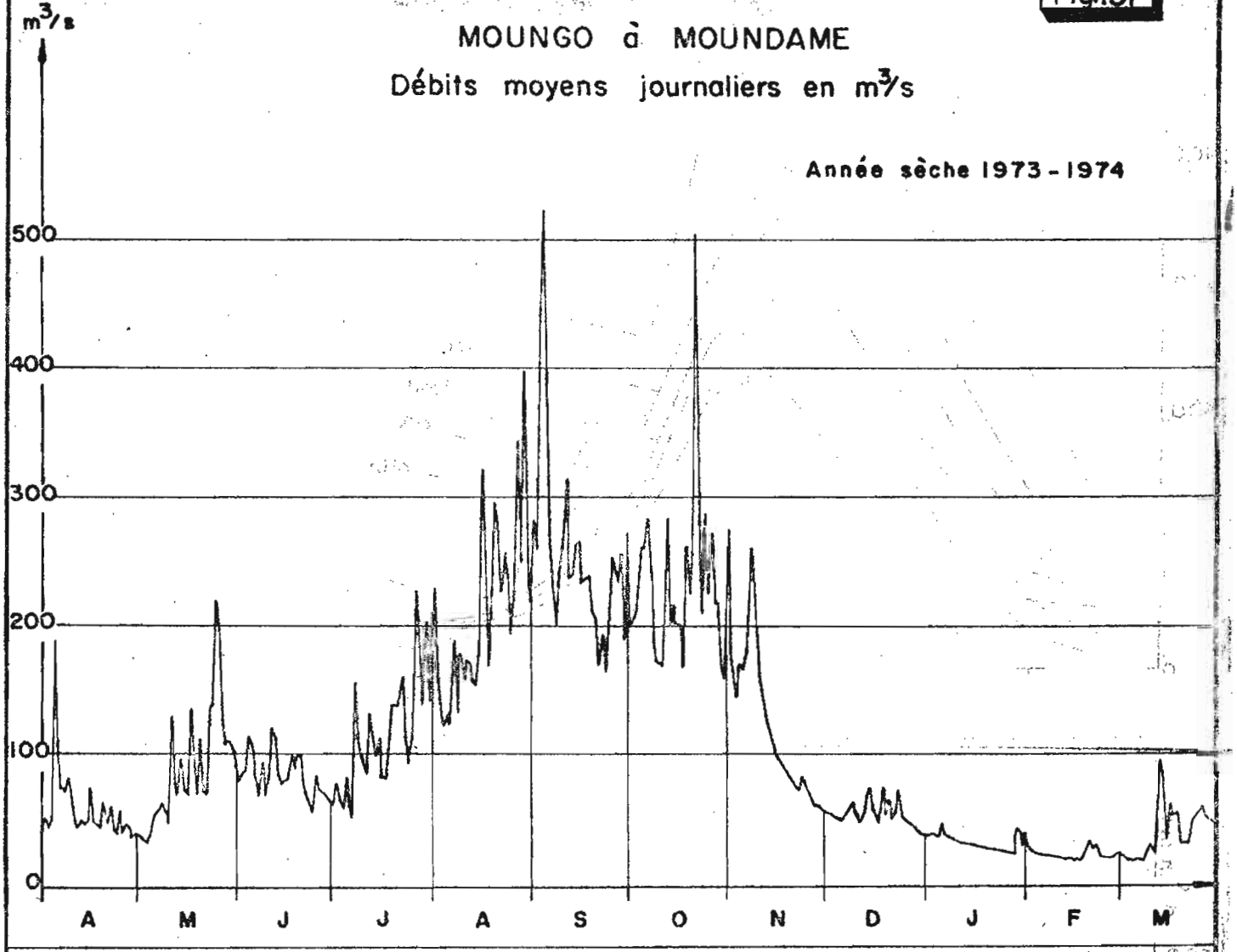


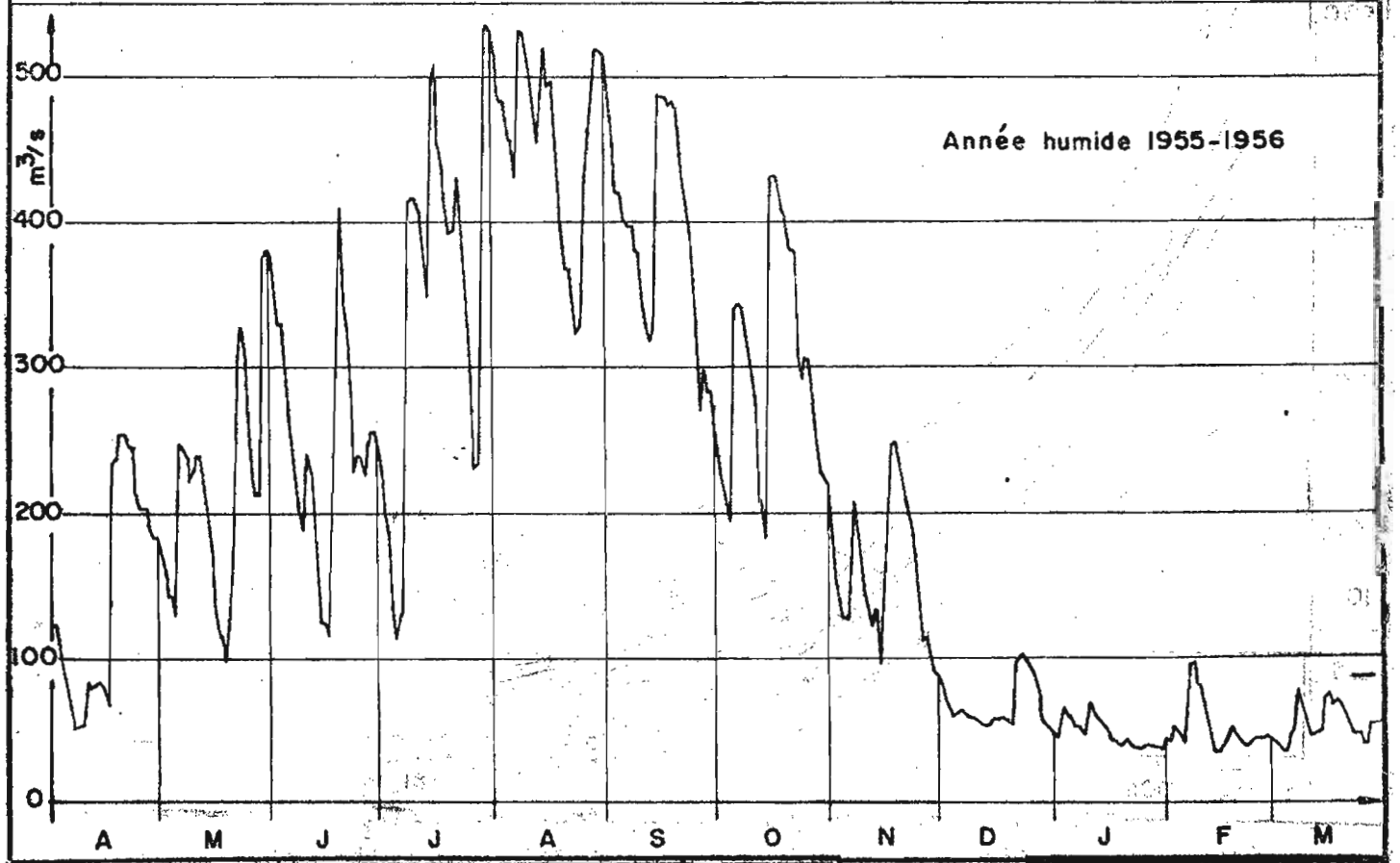
	date	des.
		79/2-4

Fig.131

MOUNGO à MOUNDAME

Débits moyens journaliers en m^3/s





	date	des.	
			78/11-24

Elle serait de 3 200 mm. Le bassin aval est beaucoup moins arrosé (en partie sous le vent du Mt-Cameroun) et la hauteur moyenne de précipitation annuelle reçue par l'ensemble du bassin est de 2 885 mm, soit 2 900 mm environ.

Les données hydrologiques ont été résumées pour l'essentiel dans les tableaux 75 et 76. Les figures 130 et 131 en indiquent les variations pour quelques fréquences observées.

Le module moyen est de 164 m3/s, soit 67.8 1/s km2.
L'étiage médian observé est de 27.5 m3/s, soit 11.4 1/s km2.
L'étiage le plus faible observé étant de 16.5 m3/s, soit 6.82 1/s km2.
Le maximum de crue médian est de 636 m3/s, soit 263 1/s km2.
Le maximum observé ayant atteint 950 m3/s, soit 393 1/s km2.

Les variations saisonnières traduites par les débits moyens mensuels s'inscrivent dans les rapports du débit mensuel le plus faible (janvier) au module de 0.29 et du débit mensuel le plus fort (septembre) au module de 2.13.

1.2.4 - ETUDE DES BASSES EAUX

1.2.4.1 - Le Tarissement

Le tarissement est régulièrement observé sur le Mungo en décembre, janvier. Il commence à être perturbé par l'écoulement des premières pluies à partir de février, rarement en janvier. Le coefficient de tarissement varie relativement peu d'une année à l'autre ; sa valeur moyenne est de 0.014. L'étiage absolu est rarement un débit de tarissement pur.

1.2.4.2. Les étiages absolus

Ceux-ci apparaissent généralement en février et en mars. Le décompte par décades des dates d'apparition est indiqué ci-après :

Mois	janvier			février			mars			Total
Décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
n		1	0	5	8	1	6	4		25

La distribution est assez régulière et semble indiquer l'occurrence des 2 périodes correspondant aux 2 premières décades de février et mars, avec plus forte probabilité pour la 2e décade de février et la 1ère décade de mars. En admettant une distribution de GAUSS, la date médiane serait le 21 février (écart-type 13 jours) ; la période à 60 % d'occurrence se situerait alors entre le 10 février et le 4 mars, ce qui ne correspond pas à l'échantillon recueilli.

L'ajustement graphique à l'échantillon d'une portion de courbe normale pour les étiages précoces, et hyponormale pour les étiages tardifs, la période d'occurrence à 60 % se situerait entre le 10 février et le 10 mars ; (72 % de l'échantillon).

L'étude fréquentielle des étiages absolus aboutit à l'ajustement à une distribution hypergaussique suivant une loi de GALTON. Le poids des deux étiages les plus forts entraine une forte dissymétrie positive.

Les caractéristiques de la distribution de GALTON sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	16.80	Coefficient de variation	0.298
de position	11.17	d'assymétrie	1.540
de forme	0.453	d'aplatissement	4.491

Moyenne : 29.78 Médiane : 27.97 Mode 24.85

Les résultats des calculs de prédétermination pour des périodes de retour sont indiqués ci-après :

Moyenne	Moyenne	Médiane	Etiages d'années sèches			
Période de retour ans		2	5	10	20	50
Mungo à Mundame						
m3/s	29.8	28.0	22.6	20.6	19.1	17.8
l/s km2	12.3	11.6	9.34	8.51	7.89	7.36

L'étiage le plus faible observé est de 16.5 m3/s ; il correspond au déficit hydrométrique exceptionnel de l'année 73-74.

L'étude de corrélation entre les débits caractéristiques d'étiage montre des relations serrées.

L'équation des droites de régression s'écrit :

Pour le débit d'étiage non dépassé pendant 10 jours

DCE = 0.98 Dmin + 3.65 r = 0.977

Pour le débit d'étiage non dépassé pendant 30 jours

DC1 = 0.88 Dmin + 11.7 r = 0.943

1.2.5 - ETUDE DES CRUES

L'examen des dates d'apparition du maximum annuel montre une assez grande dispersion de l'échantillon, de juin à octobre. Les hydrogrammes annuels présentés figure 131 montrent que l'on a une succession de crues résultant d'épisodes pluvieux relativement courts. Le bassin, de petite taille, réagit immédiatement et pratiquement indépendamment des crues antérieures.

Le décompte par décades des dates d'apparition du maximum annuel est indiqué ci-dessous :

Mois	juin			juillet			août			septembre			octobre		
Décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
n		1	1		2	2	3	5	3	4	3	0	1		25

La distribution de l'échantillon suit une loi de GAUSS. La date moyenne se situe le 17 août et l'écart-type est de 27.5 jours. La période d'occurrence à 60 % est comprise entre le 25 juillet et le 9 septembre.

L'étude fréquentielle des débits maximums annuels a été faite en comparant les ajustements aux différentes distributions. La distribution est hypergaussique, et un ajustement suivant une loi de GUMBEL a été retenu. Les caractéristiques sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	84.07	Coefficient de variation	0.172
de position	579.35	d'assymétrie	1.139
		d'aplatissement	2.400

Moyenne : 627.9 Médiane : 610.2 Mode : 579.4

Les résultats des calculs de prédétermination sont indiqués ci-après :

	Médiane	Moyenne	Crues d'années humides			
Période de retour	2	5	10	20	50	100
MUNGO à MUNDAME m3/s	610	628	705	769	829	907	966
l/s km2	252	260	291	318	343	375	400

La crue observée la plus forte a atteint rappelons-le 950 m3/s.

L'étude de corrélations entre débits caractéristiques de crue montre des relations très lâches qui s'expliquent par la succession aléatoire de divers évènements de crues pratiquement indépendants les uns des autres. Ainsi on a les équations des droites suivantes avec des coefficients de corrélation très faibles :

Pour le débit dépassé pendant 10 jours :

DCC = 0.39 Dmax + 220 r = 0.541

et pour le débit dépassé pendant 30 jours

DC11 = 0.13 Dmax + 288 r = 0.254

1.2.6 - ETUDE DES MODULES ET DES TERMES DU BILAN

L'étude fréquentielle des modules porte sur 25 années. La distribution est légèrement hyponormale et un ajustement suivant une loi de GOODRICH, a été préféré à la distribution de GAUSS.

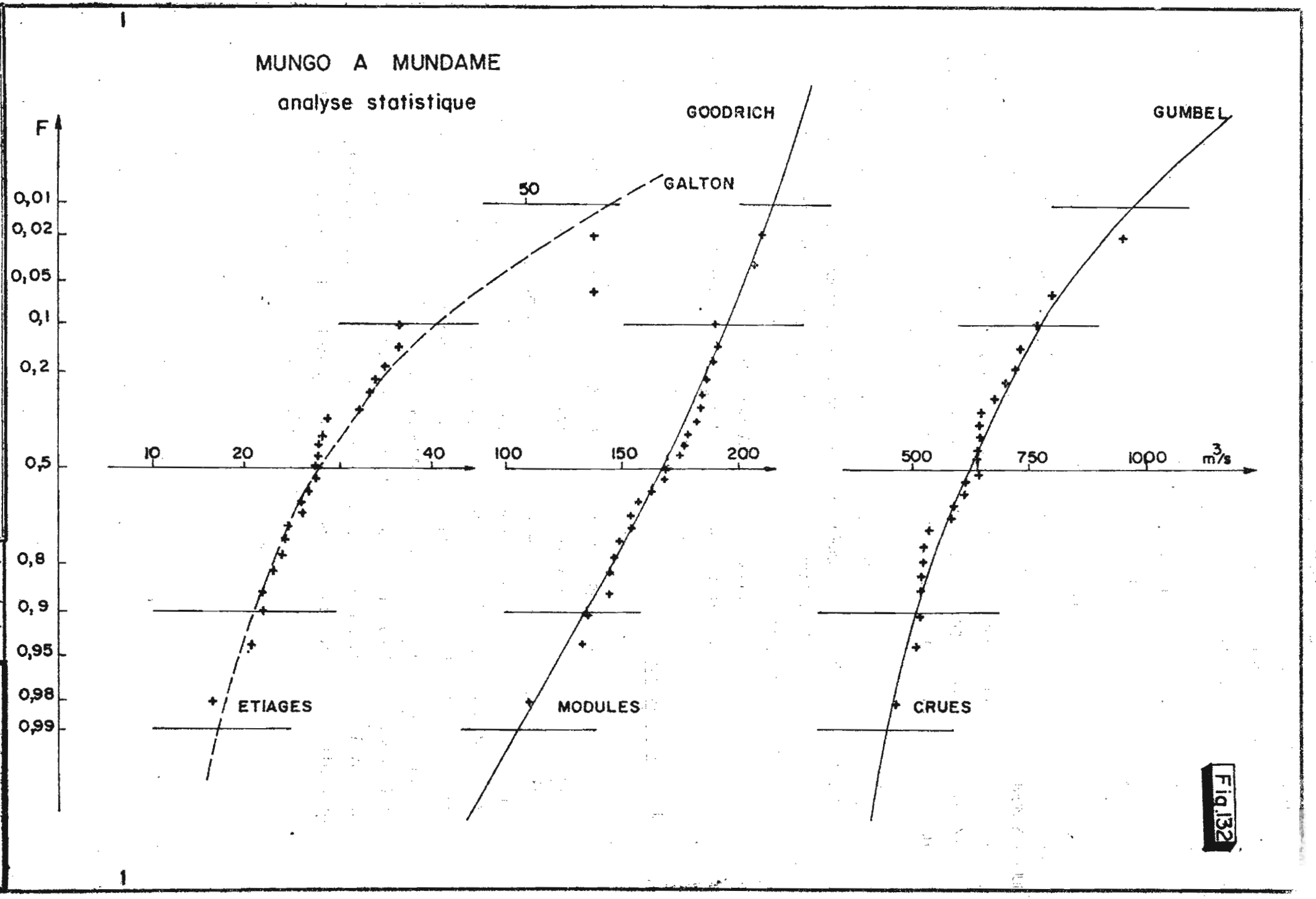


Fig.132

date
des.

78/12/20

Les caractéristiques de la distribution de GOODRICH sont les suivantes :

Paramètre d'échelle	132.44	Coefficient de variation			0.145
de position	41.63	"	d'assymétrie		- 0.373
de forme	0.167	"	d'aplatissement		0.035
Moyenne : 166.8		Médiane : 167.2		Mode : 170.1	

Les calculs de prédétermination aboutissent aux résultats suivants :

	Années sèches				Moyenne	Médiane				
Période de retour	100	20	10	5			5	10	20	100
MUNGO à MUNDAME										
m3/s	103	122	133	145	166.8	167.2	185	194	201	212
l/s km2	42.6	50.4	55.0	59.9	68.9	69.1	76.5	80.2	83.1	87.6
He mm	1343	1589	1374	1889	2170	2180	2412	2529	2620	2763

Les modules extrêmes observés sont de 110 m3/s en 1973-74 et 209 m3/s en 1955-56. Le rapport K3 des modules décennaux est de 1.46.

L'équation du bilan hydrologique moyen s'écrit :

3 200 = 2 170 + 1 030 De = Er = 1 030 mm.

Le coefficient d'écoulement interannuel est de 68 %.

La figure 132 résume l'étude fréquentielle des débits du Mungo.

1.3 - LA DIBAMBA

Le bassin de la DIBAMBA est situé au Sud du bassin du WOURI. Ce petit fleuve draine une région de collines à l'Ouest de la Sanaga inférieure, et de NGAMBE, au Sud de YINGUI. Avec ses deux affluents principaux l'Ebo et l'Ekem, la Dibamba draine un bassin versant de 2 400 km2. La Dibamba est soumise à l'influence des marées jusqu'aux premiers rapides situés en amont de Bonepoupa ; le bief ainsi influencé a une longueur de 68 km. Etudiée ponctuellement en 1974, dans le cadre de l'alimentation en eau de DOUALA, à Japoma et Bonepoupa (H 120), la Dibamba n'est connue qu'en basses eaux, aucune station accessible n'ayant pu être implantée en amont du bief maritime. La hauteur de précipitations annuelle moyenne reçue par le bassin est de 2 660 mm. L'étiage moyen a été estimé à 10 m3/s, soit 4.2 l/s km2.

La lame écoulée serait de l'ordre de 1 660 mm en année moyenne, ce qui donne un module de 125 m3/s, soit 53 l/s km2. Le coefficient d'écoulement serait de 60 %. Une estimation des maximums de crue est plus délicate. Il semble toutefois que la crue moyenne atteigne un débit de 400 à 420 m3/s.

L'étude des marées dans le bief maritime a montré le transfert de volumes importants au flot comme au jusant (10 000 000 m3) pour une marée moyenne de saison sèche, à Japoma 35 km en amont de l'estuaire du WOURI.

1.4 - ESTIMATION DES APPORTS RECUS PAR L'ESTUAIRE ET LA MANGROVE DU WOURI

A partir des valeurs de l'évaporation réelle déterminées sur le WOURI et le MUNGO, nous retiendrons la valeur de 1 000 mm comme représentative de Er sur l'ensemble des tributaires de l'estuaire du WOURI.

On en déduit la lame interannuelle écoulée sur les différents bassins dont les superficies ont été calculées à l'arrivée du cours d'eau dans l'estuaire ou la mangrove.

Les résultats sont indiqués ci-dessous :

	BV du Wouri à Douala	BV du Mungo à Tiko	BV de la Dibamba	Total
Superficie en km2	11 700	4 200	2 400	18 300
P mm.....	2 350	2 900	2 660	
Er.....	1 000	1 000	1 000	
He.....	1 350	1 900	1 660	
Valeurs écoulées (10^9 m3).....	16.0	8.0	4.0	28

La répartition de ces rapports annuels peut, sans risques de grosse erreur, être obtenue à partir de celle observée sur le Wouri à Yabassi. Elle a été indiquée ci-dessous en volumes (milliards de m3).

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Total
V(10^9m3)	0.95	1.08	1.72	3.08	4.58	6 0	5.14	2.50	1.24	0	0.45	0.56	28.0

Le débit spécifique interannuel de l'ensemble des tributaires du Wouri serait de 48 1/s km2.

Par ailleurs l'apport net dû aux précipitations reçues par l'estuaire et la mangrove sur une superficie de 1 200 km2 et après prélèvement de l'évaporation porterait sur une lame utile de 3 300 mm, soit environ 4 milliards de m3. La répartition moyenne de ces apports calquée sur l'histogramme de Douala est indiquée ci-dessous en millions de m3.

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Année
V 10^6m3	235	329	480	687	740	612	373	143	51	55	81	214	4 000

La répartition globale mensuelle des apports en eau douce dans la mangrove et l'estuaire est donc (en milliards de m3) :

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Année
V 10^9m3	1.19	1.41	2.20	3.77	5.32	6.61	5.51	2.64	1.29	0.76	0.53	0.77	32.0

L'irrégularité interannuelle des apports est traduite par un coefficient K3, (module décennal humide/module décennal sec) de 1.5 en moyenne.

Les apports écoulés varieraient donc de 33.6. 10^9m3 à 22.4 10^9 m3 en années décennales humide et sèche.

L'irrégularité des précipitations à Douala montre un coefficient K3 de 1.33 ; les apports précipités pour les fréquences décennales seraient de 4.6 et 3.4 10^9 m3.

Les variations saisonnières ont été évoquées dans la répartition mensuelle des apports. Les valeurs extrêmes supposent des évènements simultanés. Si la simultanéité des étiages est assez probable, ce qui conduit à un étiage absolu moyen de 90 à 100 m3/s pour l'ensemble des tributaires du Wouri, la simultanéité des crues à une faible probabilité et l'occurrence d'un débit global de plus de 3 000 m3/s parait exceptionnelle.

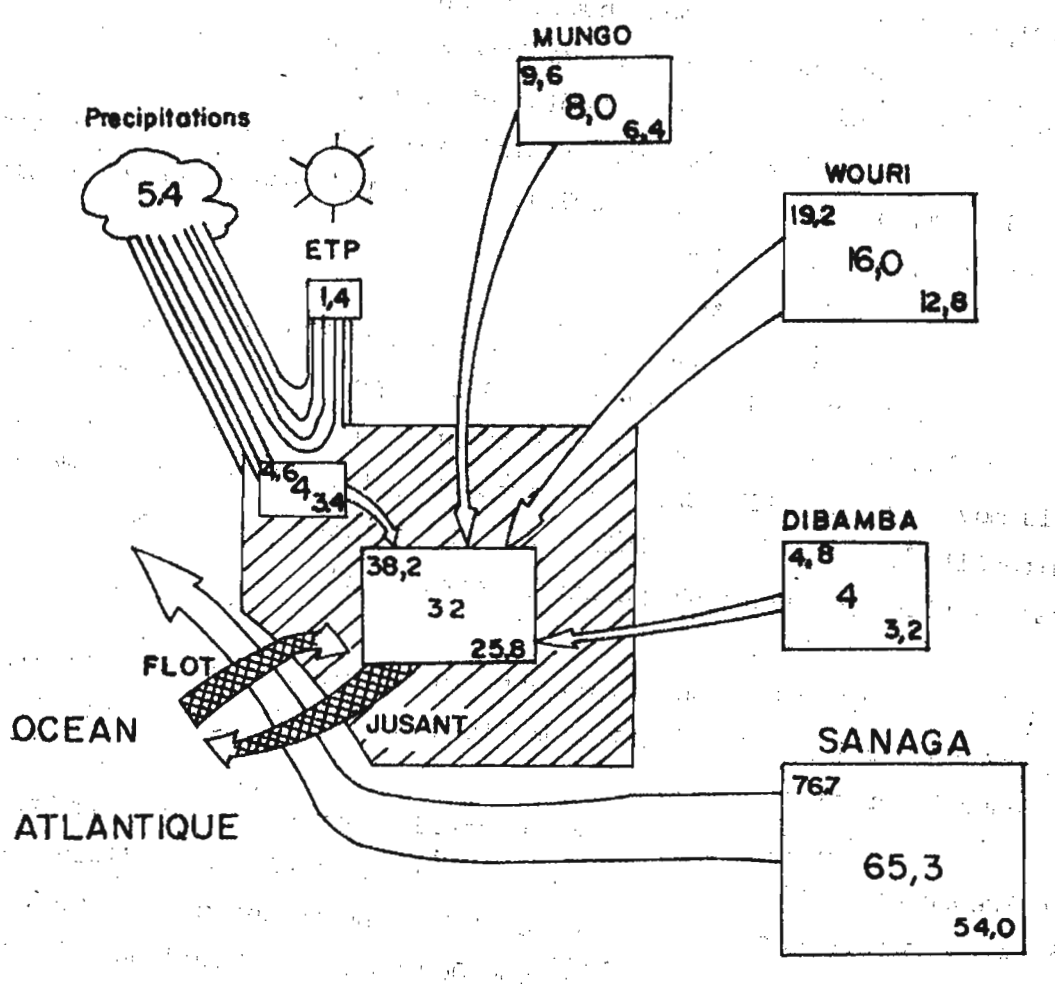
L'estimation des apports en eau douce reçus par l'estuaire et la mangrove du Wouri participe à la connaissance d'un écosystème particulier (décrit dans la première partie).

Cet écosystème est caractérisé par son milieu saumâtre et l'influence des marées. Sur le plan des marées, avec des amplitudes de 2 m à 2.50 m, l'onde de marée transfère au flot et au jusant des volumes. (A. BOUCHARDEAU a mesuré un flot de 50 000 000 m3 sur le Wouri au site du pont), plus importants que ceux provenant des plus hautes eaux.

Le milieu saumâtre est caractérisé par d'assez faibles concentrations en chlorure, qui s'expliquent par les apports d'eau douce étudiés ici, mais aussi par ceux de la Sanaga remontant le long de la côte sous l'influence d'un courant Sud-Nord. La figure 133 propose un schéma du bilan des apports hydriques annuels dans l'estuaire et la mangrove du Wouri.

Fig.133

BILAN DES APPORTS HYDRIQUES ANNUELS DANS L'ESTUAIRE ET LA MANGROVE DU WOURI



Année décennale humide → 4,9

Année moyenne → 4,1

Année décennale sèche → 3,3

en milliards de m^3

2 - LES TORRENTS ISSUS DU MONT-CAMEROUN

2.1 - GENERALITES

Petits fleuves ou rivières à pentes très fortes, les torrents issus du Mont-Cameroun (4 095 m) présentent des régimes hydrologiques qualitativement assez voisins mais quantitativement très variables suivant le versant drainé.

En effet, la masse volcanique imposante du Mt-Cameroun, frappée de plein fouet par la mousson venue du golfe de Guinée présente une opposition très nette entre ses versants : son versant Sud-Ouest, le versant maritime reçoit , par exemple, à Debunscha, 10 m de hauteur de précipitations annuelles, alors que sur son versant Nord-Est, les précipitations dépassent à peine 2 mètres.

Au-dessus de la forêt (vers 2 500 m), l'altitude limite la durée de la saison des pluies et les précipitations annuelles qui y sont recueillies varient entre 2 et 3 mètres.

On a donc une forte hétérogénéité spatiale des précipitations sur les divers bassins versants de ces torrents. Ces bassins versants eux-mêmes ne sont pas toujours représentatifs de l'aire drainée par le torrent.

Si l'on note généralement des bassins versants dont les thalwegs sont orientés dans le sens de la plus grande pente, avec confluence tangentielle des affluents, les coulées de laves récentes ont souvent modifié la physionomie de certains bassins en coupant les thalwegs, et créant des vallées sèches. Par ailleurs, la très forte perméabilité des basaltes entraine la constitution d'aquifères importants, par infiltration des précipitations, dont l'extension ne coïncide pas forcément avec les limites superficielles des bassins versants.

Ici donc l'aire d'un bassin versant n'est qu'une donnée approximative.

Précisons aussi que les écoulements permanents sont rares dans les thalwegs au-dessus de 1 000-1 500 m (infiltration). Par contre, au pied du mont et notamment sur le versant maritime, on observe une multitude de sources perennes, souvent abondantes (1), sourdant au niveau des plages, ou sous-marines, et témoignant d'un cheminement souterrain des eaux préférentielles le long de fissures ou de joints entre diverses coulées.

Bien que sans rapport avec celle des terrains calcaires, l'hydrogéologie du Mt-Cameroun est de type karstique.

2.2 - LA SANJE à IDENAU

En 1966, les hydrologues de l'ORSTOM ont installé une station hydrométrique sur la Sanjé à Idenau à 45 km au Nord Ouest de Victoria.

Cette station contrôle un bassin de 77 km2 dont la longueur est de 21 km, le périmètre de 52 km et l'indice de compacité de 1.66.

Bien que les limites du bassin remontent jusqu'au sommet du FAKO (4 100 m). Le chevelu hydrographique n'apparaît qu'à partir de la forêt vers 2 500 m. Les pentes sont très fortes :

40 % entre les altitudes 2 000 et 3 000 m ;
20 % entre les altitudes 1 000 et 2 000 m ;
5 % entre les altitudes 0 et 1 000 m.

Les premiers résultats recueillis à cette station ont fait l'objet d'une note en 1968 (H 68). Depuis, les observations de hauteurs d'eau sont continues, mais le tarage de la section, matérialisée par un seuil bétonné reste limité aux basses et moyennes eaux. Les mesures de hautes eaux impliquent la mise au point, de jaugeages par dilution avec injection ponctuelle de solution de bichromate de potassium, les crues étant extrêmement rapides.

(1) Nous avons mesuré un débit de 800 l/s aux sources de la rivière du Mile Six (mars 1976).

Les précipitations sont mesurées journalièrement à Idenau et annuellement à la station hydrométrique et à Bomana (à 460 m d'altitude). Estimé à partir des postes totalisateurs du Mt-Cameroun, le dessin des isohyètes aboutit à une hauteur de précipitations moyennes de l'ordre de 5 100 mm en année moyenne. Le module interannuel pourrait être d'environ 9.5 m3/s, soit 125 l/s km2, ce qui donne une lame écoulée de 3 950 mm.

Le déficit d'écoulement de 1 150 mm, ne correspond pas ici à la seule évapotranspiration, quel que soit le nombre d'années d'observations, on doit prendre en considération dans le bilan interannuel, les pertes par infiltration qui échappent au bassin de la Sanjé ou ne sont restituées qu'en aval de la station.

Le coefficient de l'écoulement annuel est très élevé, il semble compris suivant les années entre 70 et 85 %, avec une valeur moyenne de l'ordre de 78 %.

Les variations saisonnières de la Sanjé montrent une période de hautes eaux limitée aux mois les plus pluvieux de juillet à octobre, pour lesquels les précipitations dépassent à Idenau 1000 mm par mois. En dépit d'une saison sèche très courte de décembre à janvier sur la côte; la période de basses eaux se prolonge pratiquement jusqu'en juin, avec observation des étiages absolus centrés sur mars.

Les précipitations sont pourtant abondantes dès le mois de mars avec plus de 250 mm, en mai avec près de 500 mm, et en juin avec plus de 1 000 mm. Cette persistance des faibles débits pendant six mois de l'année s'explique d'une part, par l'énorme capacité d'infiltration des sols en terrains volcaniques qui favorise par de fortes perméabilités globales, la reconstitution des aquifères du bassin, d'autre part, par des précipitations limitées en altitude ou même inexistantes, la mousson n'ayant pas atteint au cours de ces mois de pluviométrie l'épaisseur, la puissance, qu'elle aura au paroxysme de la saison des pluies.

L'abondance des réserves conduit à observer des étiages particulièrement forts. Ceux-ci ont été indiqués ci-après.

	1967	1968	1969	lacune	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Période du	26/2	14/3	12/4		7/2	22/3	18/4	28/6	24/1	8/5
au	4/3	21/3	26/4		29/4	10/4		1/7	5/2	28/5
					(et mai)					
m3/s	3.6	3.2	2.8		(7.2)	2.8	3.5	4.9	2.3	(6.7)
l/s km2	47	42	36		(96)	36	45	64	30	(87)

Compte tenu de ces résultats et des réseves que l'on peut émettre pour les plus fortes valeurs, l'étiage absolu moyen ne paraît pas devoir être inférieur à 40 1/s km2, soit 3 m3/s. L'étiage absolu est le plus souvent observé sur une période assez longue, qui traduit encore l'abondance des réserves qui paraissent pratiquement "intarissables".

Au paroxysme de la saison des pluies, chaque averse suscite une crue calquée sur la forme d'un hyétogramme moyen, avec différentes pointes dont le temps de montée est extrêmement rapide (de 1 à 2 heures) et des temps de base de l'ordre de 6 heures pour des averses limitées dans le temps. L'abondance de ces averses, leur persistance avec diverses pointes d'intensité ( ) aboutit le plus souvent à des crues complexes, pouvant s'étendre sur plus de 24 heures. Les débits maximums peuvent être très élevés. Le maximum observé sur 10 ans, a été estimé entre 300 et 400 m3/s, soit 4 000 à 5 000 1/s km2, valeur qui pourrait être retenue, dans l'attente d'études complémentaires, pour la crue décennale. La crue annuelle est probablement beaucoup plus faible : de l'ordre de 150 m3/s à 200 m3/s, soit 2 000 à 2 500 1/s km2. Le coefficient de ruissellement ne doit dépasser 30 % que dans des circonstances exceptionnelles de précipitations, valeur faible en regard des pentes du bassin, mais qui s'explique par le rôle de tampon de la forêt, et la forte infiltration sur le bassin.

Il va de soi que les études effectuées sur la Sanjé sont encore trop embryonnaires pour que nous prétendions donner ici une information précise. Cependant la physionomie particulière du régime hydrologique de ces torrents du versant maritime du Mt-Cameroun méritait d'être soulignée dans cette étude.

2.3 - LE NDONGO A TIKO

Ce torrent, étudié en basses eaux de 1973 à 1975, draine un bassin de 28 km2 sur le versant du Mt-Cameroun. Les précipitations reçues par le bassin sont de l'ordre de 2 800 mm en année moyenne.

L'étude des étiages qui a été faite dans le cadre du projet d'adduction d'eau de la ville de Tiko, a permis d'aboutir aux résultats suivants :

Année moyenne 280 l/s soit 10 l/s

Année sèche :

période de retour	5 ans	225 l/s	soit 8 l/s km2
	10 ans	170 l/s	soit 6 l/s km2
	20 ans	140 l/s	soit 5 l/s km2

Ces valeurs recoupent celles déterminées sur le Mungo dont le bassin reçoit davantage de précipitations, mais ne possède pas de réserves aquifères comparables à celle du Mt-Cameroun.

2.4 - L'OMBE RIVER A OMBE

La station d'Ombé appartient au réseau hydrométrique général, mais n'a pu être étalonnée pour les mêmes raisons que sur la Sanjé. Le bassin versant de l'Ombé s'étend sur le flanc Sud-Est du Mt-Cameroun, et couvre 92 km2 à la station hydrologique . L'étiage moyen est de 1.3 m3/s, soit 15 l/s km2 pour une hauteur de précipitations interannuelles de 3 300 mm.

3 - LES TRIBUTAIRES DE LA MANGROVE OUEST

Ce sont, de la frontière nigérianne au Mt-Cameroun :

- le AKWA Yafe, fleuve frontière ;
- le NDIAN, venant des régions Nord de MUNDEMBA ;
- la MOKO, drainant le versant Ouest des Mts RUMPI ;
- la MEME, drainant le flanc Nord du Mt-Cameroun et le Sud des Mts RUMPI.

Ces fleuves parviennent dans la mangrove en formant de larges estuaires (AKWA Yafe, Rio Del Rey, Ngosso, Andokat, Meme). A l'exception de la Meme, abritée de la mousson par le Mt-Cameroun, les bassins des autres fleuves reçoivent une pluviométrie supérieure à 3.5 m et de l'ordre de 5 m en moyenne sur l'Akwa Yafe et le Ndian.

Avec une lame écoulée de 4 m, le Ndian qui draine un bassin de 1 215 km2 aurait un module interannuel de 127 l/s km2, soit 154 m3/s.

La Moko dont la lame écoulée doit être voisine de 3 m, aurait pour un bassin de 1 200 km2, un module de 114 m3/s, soit 95 l/s km2.

L'accès difficile de ces rivières en dehors de leursbiefs maritimes influencés par les marées laisse mal présager dans l'avenir d'une meilleure connaissance des régimes de ces cours d'eau. La Meme plus accessible n'est pas représentative de ces fleuves.

La Meme a été suivie à la station de BAI pendant 3 années par POWERCAM (Société rattachée à la SONEL aujourd'hui) qui en a effectué l'étalonnage. Le bassin couvre 975 km2 et recevrait environ 2 600 mm de précipitations moyennes interannuelles. Les débits moyens observés sont indiqués ci-après :

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	Année
1973-73										11.1	8.4	8.6	
1973-74	11.9	16.2	13.7	28.8	66.5	80.6	56.0	(30)	(20)	10.0	6.8	9.5	(29.2)
1974-75	12.2	22.0	38.1	66.5	141	150	75.8	39.6	19.0	14.1	12.5	14.5	50.5
1975-76	16.9	17.4	17.5	48.0	150	144	96.7	45.5	22.2	(12)	(8)	(12)	(49.2)

L'année 73-74 correspondant au fort déficit hydropluviométrique observé dans ces régions, il parait raisonnable d'estimer le module moyen à 50 m3/s environ, soit 50 l/s km2, soit une lame écoulée de 1 620 mm, valeur faible pour la région mais qui s'explique par le déficit pluviométrique de la région sous le vent du Mt-Cameroun.

Les étiages relevés sont de 5.3 m3/s le 12 mars 1973 et le 20 février 1974, et 9.1 m3/s le 6 mars 1974. Les étiages faibles de 73 et 74, avec 5.4 l/s km2, et moyen de 9.3 l/s km2 en 1975 correspondent à ce qui a été indiqué pour le Ndongo à Tiko (torrent du versant abrité du Mt-Cameroun comme la Meme).

Les crues ont atteint les maximums de 212 m3/s le 4/9/73, de 378 m3/s le 7/9/74 et de 416 m3/s le 6/8/75.

Le débit spécifique de crue médian pourrait être voisin de 400 l/s km2.

4 - LE BASSIN DE LA CROSS-RIVER

La Cross-River draine les régions Ouest de l'arc montagneux de la dorsale camerounaise, entre le massif du Manengouba et les Mts Bamboutos, au Nord des Mts RUMPI.

Entièrement couvert par la forêt, le bassin est particulièrement arrosé, la mousson pénétrant largement à l'intérieur des terres sur un axe SW-NE au Nord du Mt-Cameroun et venant buter sur les contreforts de montagnes de l'Ouest. Le réseau hydrométrique est d'installation récente, et comprend 3 stations : la Cross-River à Mainyu, la Cross-River à Mamfé, et en aval la Munaya à Akwem. Le caractère embryonnaire des mesures effectuées à ce jour nous a conduit à limiter l'étude à un aperçu du régime hydrologique de la Cross-River à la seule station de Mamfé.

La Cross-River est un fleuve côtier dont une partie seulement du bassin amont se trouve en territoire camerounais. La Cross-River se jette par un estuaire à Calabar (NIGERIA) dans le golfe de Guinée après avoir drainé un bassin d'environ 75 000 km2, essentiellement nigérian.

A Mamfé, le bassin ne couvre que 6 810 km2 où la forêt est omniprésente. La géologie est représentée par les séries du socle précambrien, des séries volcaniques à l'Est et au Sud et les terrains sédimentaires du crétacé correspondant aux dépôts de l'ancien golfe de Mamfé. Quatre tributaires principaux constituent le fleuve 25 km seulement en amont de Mamfé, ce sont : le Mbu et le Mfi, venant du Sud, la Mainyu issue de la Caldeira des Bamboutos à l'Est considérée comme la branche majeure et la Me au Nord (figure 134).

Le réseau hydrographique est marqué pour les 4 tributaires principaux par des pentes très fortes des profils longitudinaux. Ainsi la Mainyu passe de 2 740 m à 40 m sur 125 km de longueur. La pente du réseau calculée sur les 60 % médian du profil est de 4.6 m/km, pour le Mbu et de 3.8 m/km pour la Mainyu (voir fig. 135). Les caractéristiques de forme du bassin de la Cross à Mamfé sont les suivantes :
Superficie : 6 810 km2 Périmètre : 330 km Indice de compacité : 1.13
Rectangle équivalent : Longueur : 91 km ; largeur : 74 km.

La station de Mamfé a pour coordonnées : latitude 5° 43' N ; longitude : 9° 19' E. Elle a été installée le 11 octobre 1964 par l'ORSTOM et est composée d'éléments d'échelle de 0 à 12 m. Une borne hydrologique repère a été posée à droite du sentier à la hauteur de l'élément 10-12. Des déprédations fréquentes ont nécessité de multiples réfections sans décalage de zéro de l'échelle.

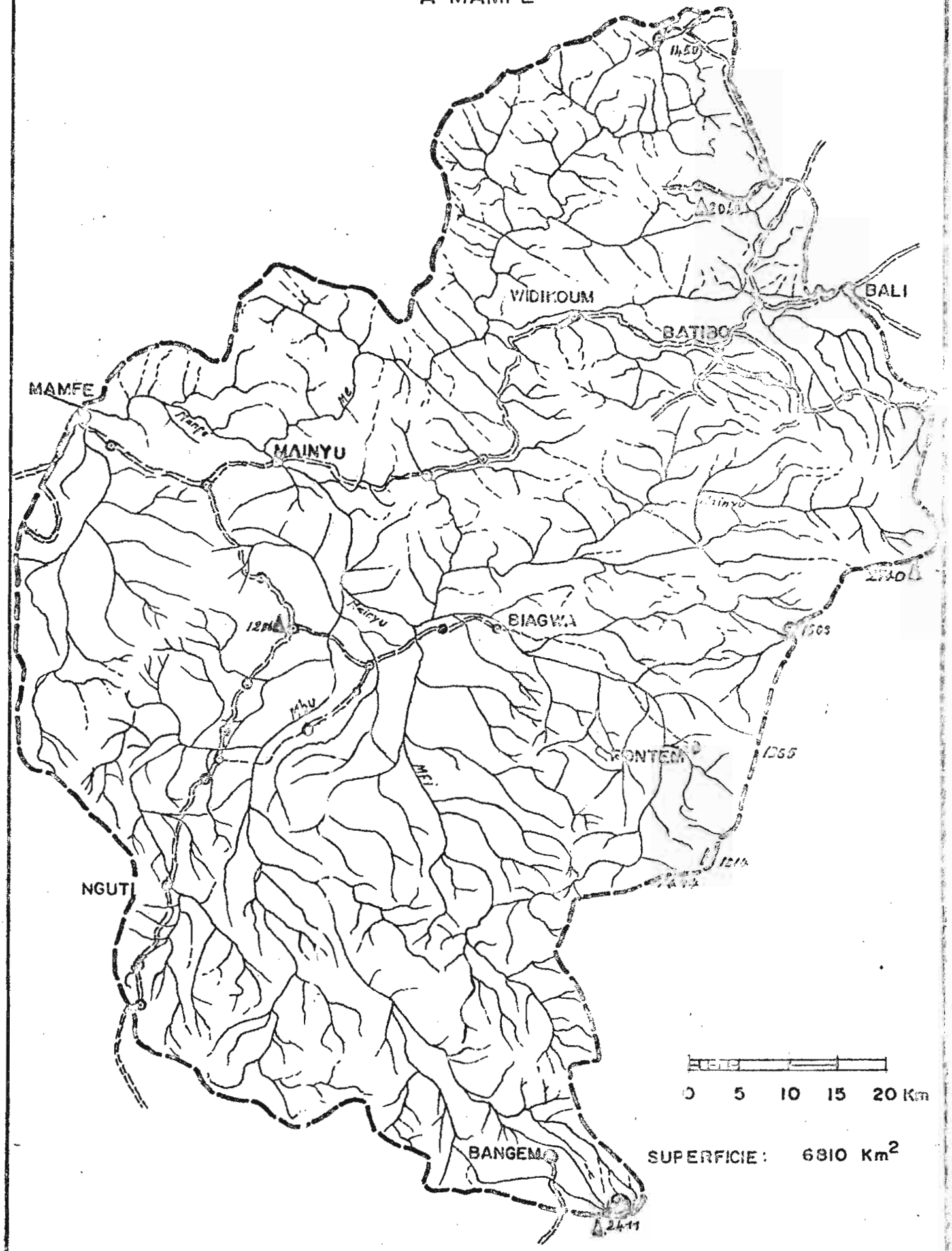
L'étalonnage de basses eaux et moyennes eaux a été réalisé par les hydrologues de l'ORSTOM, tandis que POWERCAM (Société d'Electricité rattachée à la SONEL depuis 1975) tentait avec un équipement lourd (transport téléphernique) d'étalonner les hautes eaux.

Quarante huit jaugeages ont été effectués de 1966 à 1977 entre les cotes 086 et 760, pour les débits respectifs de 26 et 1 780 m3/s (voir liste des jaugeages , tableau 77).

BASSIN VERSANT DE LA CROSS RIVER

A MAMFE

Fig.134

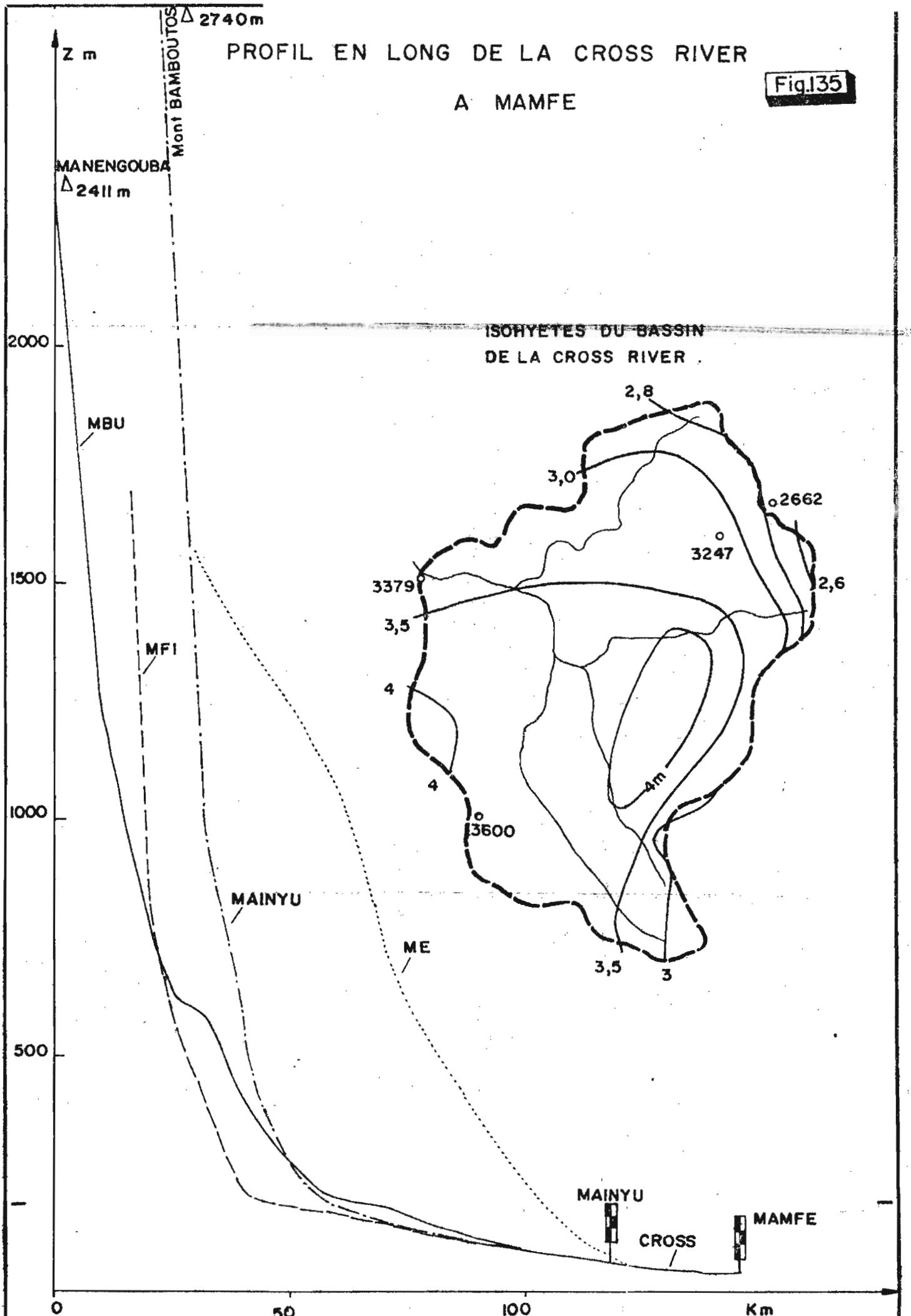


SUPERFICIE : 6810 Km²

date	dat.	78/11/28

PROFIL EN LONG DE LA CROSS RIVER A MAMFE

Fig.135



date	des.
78/12/31	

TABLEAU 77

CROSS-RIVER - MANFE

Liste des jaugeages

N°	DATE	H. CM	Q M3/s	N°	DATE	H. CM	Q M3/s
1	28/2/66	86	26	24	4/9/73	678 - 695	1300
2	26/1/67	122	67	25	14/10/73	362	469
3	10/3/67	89	27	26	1/11/73	300 - 298	364
4	7/2/68	117	49	27	2/11/73	301 - 296	348
5	21/1/72	131 - 125	65	28	4/12/73	171 - 160	132
6	17/3/72	123	58	29	31/12/73	132	74.5
7	13/7/72	309	375	30	2/2/74	105	38.5
8	23/2/73	118 - 117	54	31	2/3/74	103	34.6
9	20/8/73	507 - 502	790	32	3/4/74	224	228
10	21/8/73	439 - 438	620	33	4/5/74	188 - 197	166
11	21/8/73	446 - 445	650	34	31/5/74	265 - 292	341.5
12	21/8/73	483 - 481	687	35	5/7/74	333	428
13	25/10/73	421 - 402	495	36	1/8/74	481 - 500	805
14	6/2/74	100	33.8	37	22/10/74	492 - 456	722
15	17/3/74	115	51.3	38	28/11/74	206	190
16	21/1/75	115	47.9	39	4/1/75	135	41.2
17	29/1/76	126	62.7	40	5/2/75	109	44.4
18	27/3/73	149	110	41	6/3/75	99	34
19	26/4/73	149	103	42	12/4/75	163 - 157	117.5
20	5/6/73	287	172	43	24/5/75	182 - 180	152.6
21	3/7/73	298	340	44	24/6/75	185 - 283	290.0
22	6/8/73	760	1780	45	3/8/75	437 - 494	600
23	7/8/73	461.5-478	763	46	5/9/75	574 - 572	908
				47	15/3/77	88	28
				48	18/6/77	279	315

La courbe d'étalonnage (fig. 136) est obtenue avec une bonne précision jusqu'à 2 000 m3/s. Au delà, l'extrapolation de la courbe mériterait d'être vérifiée expérimentalement. Le barême utilisé est le suivant :

H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
050	13.2	250	260	450	650	650	1 185	900	2 625
100	33.8	300	350	500	770	700	1 400	1 000	3 245
180	100	350	440	550	890	750	1 710	1 100	
200	180	400	535	600	1 025	800	2 025	1 200	

Les lectures sont de qualité irrégulière, surtout avant 1968.

La carte générale des isohyètes de la région est évidemment imprécise. La carte du bassin de la Cross (fig. 135) propose une interprétation du dessin des courbes isohyètes dans lequel nous avons tenu compte des observations de courtes durée à Nguti, Batibo et du relief. Nous supposons avec SUCHEL que les précipitations augmentent au pied des montagnes qui forment la limite Est du bassin.

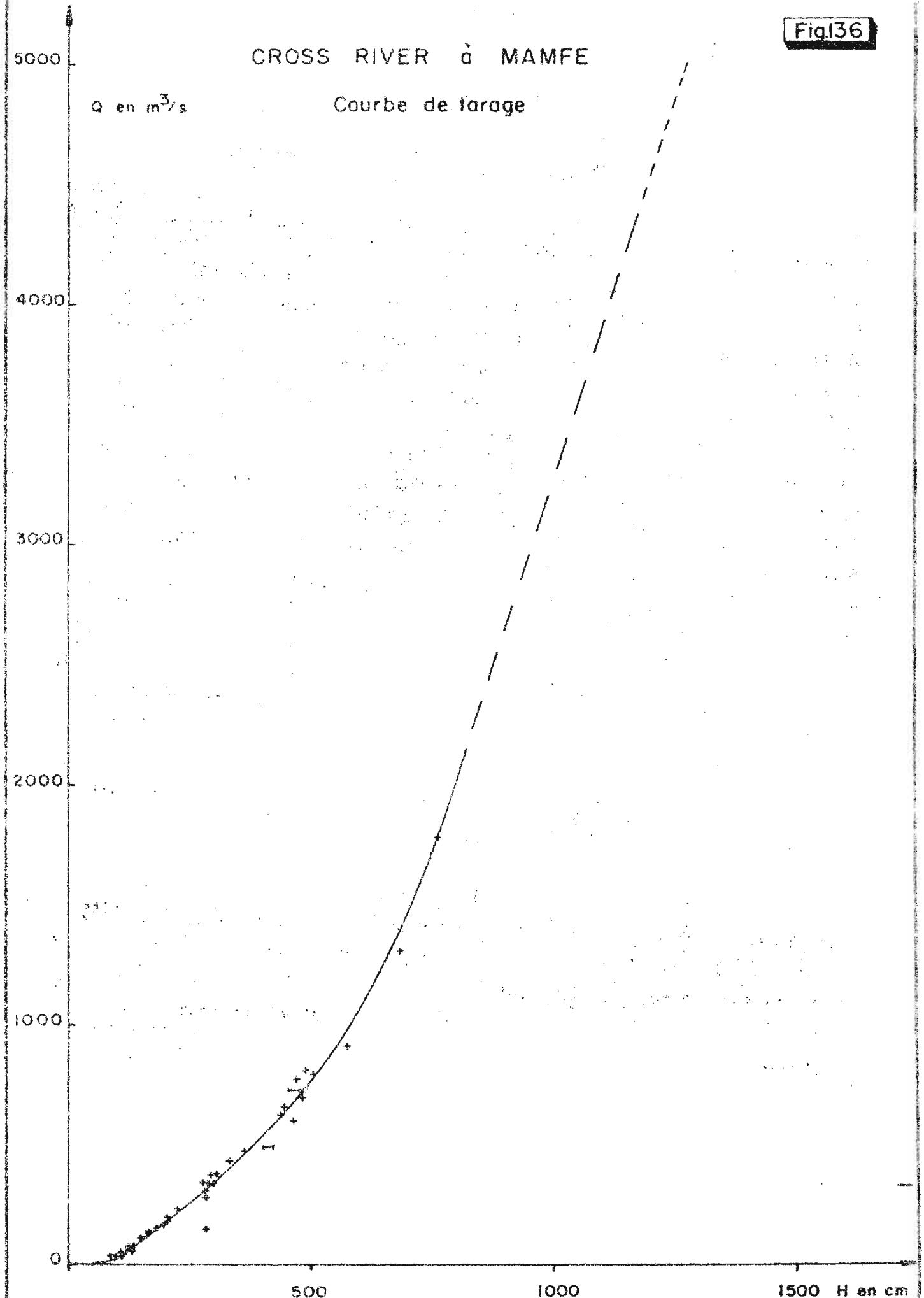
Cette analyse, subjective, aboutit à une hauteur interannuelle de précipitations moyennes reçue par le bassin de 3 600 mm.

Pour les débits, les données de base ne portent que sur 10 années. Les modules et débit mensuel ont été reportés dans le tableau 78 ci-après.

Fig.136

CROSS RIVER à MAMFE

Courbe de tarage



	date	des.
		78/7-16

TABLEAU 78

CROSS-RIVER A MAMFE

Débits moyens mensuels (m3/s) et modules

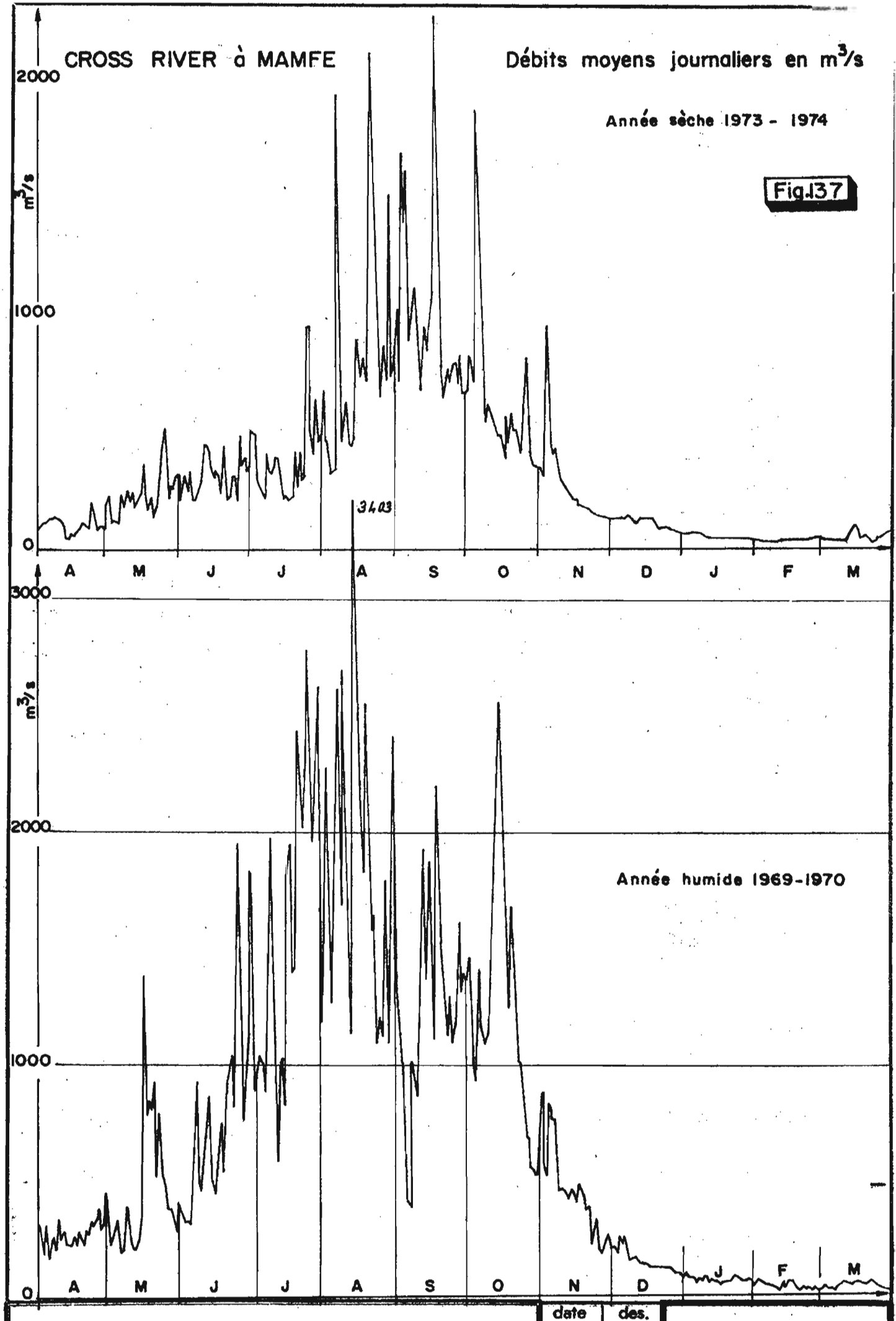
Année	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	M module
1967-68	97.1	180	581	1526	1980	1934	1246	411	165	89.5	89	-	(760)
68-69	94.1	438	698	1130	1884	-	596	393	131	65.9	41.7	206	(523)
69-70	281	471	752	1589	1897	1273	1281	467	161	77.5	47.9	45.5	701
70-71	84.3	293	772	747	2004	2270	1167	408	183	59.4	57.6	108	682
71-72	133	153	347	907	1802	1862	1547	236	126	64.5	52.1	76.7	612
72-73	122	352	428	772	1397	1351	1050	363	118	42.3	46.2	55.9	520
73-74	102	232	312	372	810	1000	625	269	107	53.1	32.3	44.2	331
74-75	153	199	549	727	1364	1821	949	337	114	61.9	52.6	64.6	543
75-76	108	180	336	546	821	1297	1210	376	177	85.3	130	159	453
76-77	200	423	538	(1239)	(1586)	1175	1163	536	168	107	57.1	36,2	569
Moy.	137.5	292	531	956	1555	1554	1083	380	145	70.6	60.7	88.5	569.4
ET	61	121	173	406	430	427	294	87.6	28.6	192	28.5	58.6	126.4
Cv	0.44	0.41	0.33	0.42	0.29	0.27	0.27	0.23	0.20	0.27	0.47	0.66	0.22

Le module moyen est de : 569 m3/s, soit 83.6 l/s km2. Le débit mensuel le plus fort est observé en août ou septembre (1555 - 1554 m3/s), rapport Qaoût/module = 2.73.

Le débit mensuel le plus faible est observé en février (60.7 m3/s). Rapport Q février/module = 0.107.

Précisons que ces valeurs moyennes établies sur 10 années seulement n'ont pas grande signification du fait de la forte irrégularité interannuelle de l'échantillon notamment pendant les premiers mois de la saison des pluies, de février à juillet (Cv > 0.4).

La figure 137 donne deux exemples d'hydrogrammes annuels de la Cross.


CROSS RIVER à MAMFE
Débits moyens journaliers en m3/s
Année sèche 1973 - 1974
Fig.137
2000
1000
0
m3/s
3403
A M J J A S O N D J F M
3000
2000
1000
0
m3/s
Année humide 1969-1970
A M J J A S O N D J F M
date
des.
78/11- 25

Les étiages absolus ont été indiqués ci-après :

Année	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Date	8/2	16/2	21/3	6/2	24/2	1/2	11/3	8/3	10/3	23/3
Débit m3/s	36.3	32.6	27.2	31.3	28.2	24.0	24.0	28.2	55.0	22.9

L'étiage moyen est de 31.0 m3/s, et l'écart-type est de 9.4 m3/s ; le coefficient de variation est de 0.303 ; la médiane observée est de 28.2 m3/s. La distribution de l'échantillon est nettement hypergaussique ; l'ajustement graphique aboutit aux estimations suivantes ;

Etiage médian 28 m3/s soit 4.11 l/s km2
Etiage quinquennal sec 24.0 soit 3.52 l/s km2
Etiage décennal sec 23.0 soit 3.38 l/s km2.

Les étiages spécifiques sont relativement faibles en regard de la pluviométrie annuelle et des résultats trouvés sur les rivières précédemment étudiées : les pentes fortes et les terrains géologiques ne se prêtent pas à la formation d'aquifères importants susceptibles de donner des débits soutenus pendant la saison sèche. Ceci est d'ailleurs traduit par l'examen des courbes de tarissement. Le tarissement apparait nettement en décembre, janvier et février.

Il n'est pratiquement pas perturbé en 73-74, 74-75 et 76-77. Le coefficient de tarissement est de 0.02. Valeur qui correspond à celles que nous avons déterminées sur les bassins sur le socle précambrien (qui couvre 60 % du BV, de la Cross).

Les maximums de crue observés sont les suivants (rappelons qu'ils ont été obtenus après une forte extrapolation de la courbe).

Année	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Date	7/9	23/8	15/8	22/9	5/10	6/9	18/9	25/9	3/10	30/8
Débits m3/s	3281	3269	3403	3852	3655	3044	2293	3643	3599	3845

Le débit maximum moyen est de 3 388 m3/s, son écart-type est de 465 m3/s, le coefficient de variation est de 0.137 ; la valeur médiane est de 3 500 m3/s soit 514 l/s.
La valeur quinquennale humide est de 3 750 m3/s, soit 550 l/s km2 ;
la valeur décennale humide est de 3 900 m3/s, soit 573 l/s km2.

Les valeurs spécifiques sont exceptionnellement fortes pour un bassin de cette taille. Elles s'expliquent par les fortes pentes du bassin avec simultanéité des apports des principaux tributaires. Les crues présentent des hydrogrammes très aigus et de courte durée.

L'étude des modules a abouti à une valeur moyenne de 569 m3/s, avec un écart-type de 126 m3/s et un coefficient de variation de 0.22. La valeur médiane observée est de 556 m3/s ; l'estimation des modules de diverses récurrences données ci-dessous, doit être considérée avec réserves :

	Années sèches		Moyenne	Années humides	
Période de retour	10	5	2	5	10
m3/s	400	460	565	670	730
l/s km2	58.7	67.5	83.0	98.4	107
He	1850	2130	2620	3100	3380

Le coefficient K3 est de 1.83, valeur relativement forte.

Avec une hauteur de précipitations de 3 600 mm, le déficit d'écoulement en année moyenne serait de 980 mm, valeur correspondant à l'évaporation réelle du bassin.

CHAPITRE IX

CONCLUSIONS

1) LES RESSOURCES HYDRIQUES DU NYONG ET DES FLEUVES COTIERS

Au terme de cette analyse des régimes hydrologiques du Nyong et des fleuves côtiers du Cameroun, nous nous proposons de comparer les principaux résultats obtenus dans l'étude des modules, des étiages et des crues.

Auparavant, il a paru intéressant de regrouper sur une carte (fig. 138) les éléments principaux témoignant de l'importance relative des différents fleuves côtiers et des particularités de leurs régimes.

C'est ainsi que l'on a stylisé le cours de chaque fleuve par un figuré d'autant plus large que le module en m3/s est important, (valeurs déterminées aux stations et estimation à l'exutoire).

Cette information est complètée par l'indication de volume annuel écoulé moyen, en milliards de m3.

Ces apports annuels sont précisés, ci-après :

- Au Nord et à l'Ouest de la Sanaga, les apports proprement camerounais, parvenant à l'océan entre l'estuaire de la Cross et celui de la Sanaga, se répartissent comme suit (en 10^9 m3) :

- Cross à Mamfé	17.8	
- Bassin camerounais de la Cross aval de Mamfé (estimation)	10	28
- Tributaires de la mangrove Ouest (Akwa Yafe, Ndian, Moko, Meme) (estimation)		14
- Drainage du Mt-Cameroun (hors Meme et Mungo) (estimation)		2
- Tributaires de l'estuaire du Wouri (Mungo, Wouri, Dibamba)		28
Total		72

- La Sanaga de son côté apporte en année moyenne 65.3 10^9 m3
- Au Sud de la Sanaga, les apports se répartissent comme suit :
- Bassin du Nyong 15
- Bassin de la Lokoundjé (estimation) 6.5
- Bassins de la Kienké et Lobé 5.2
- Bassin du Ntem (estimation 21

Soit au total..... 47.7 10^9 m3.

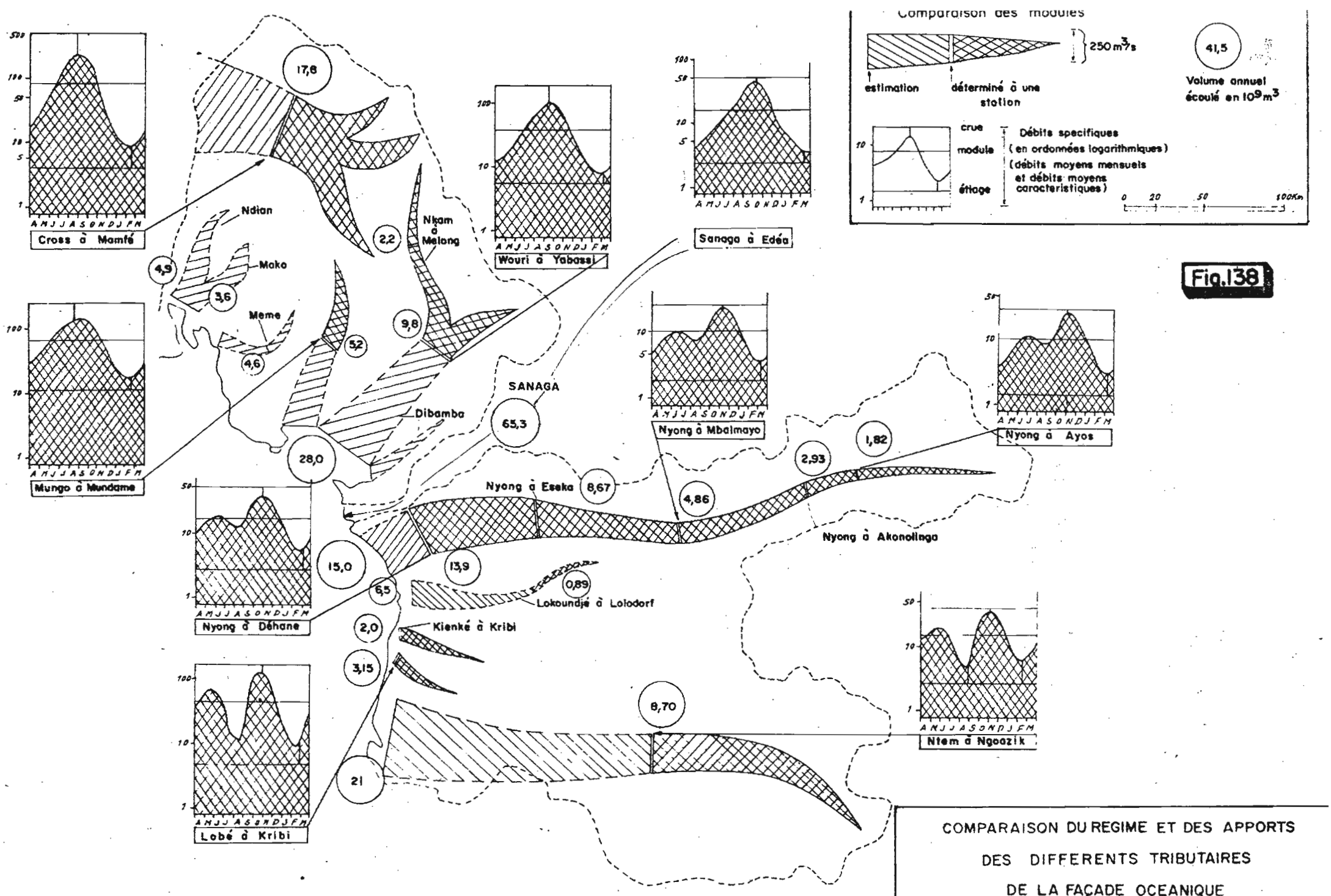
Les tributaires de la façade atlantique du Cameroun, apportent donc à l'océan en année moyenne environ un volume hydrique de 185 milliards de m3, correspondant au drainage d'une superficie de 250 000 km2.

Nous indiquons ci-dessous le poids relatif des trois régions hydrologiques individualisées.

Région hydrologique	Superficie drainée S km2	%	Apports moyens annuels V. 10^9 m3	%	Importance spécifique des apports ramenés à une même surface %V/%S	%
Fleuves côtiers Nord	45 000	18	72	39	2.17	58
Sanaga	133 000	53.5	65.3	35	0.65	18
Fleuves côtiers Sud	71 000	28.5	47.7	26	0.91	24
Total.....	249 000	100	185	100	1	100

La hauteur de précipitations annuelles reçues par chacune de ces régions constitue, bien entendu le facteur déterminant des différences qui ont été relevées.

La carte de la figure 138 indique par ailleurs les variations mensuelles, les étiages, crues et modules, exprimés en débits spécifiques (1/s km2) pour quelques stations principales. A des fins de commodités graphiques, on a retenu une échelle logarithmique pour les débits.



COMPARAISON DU REGIME ET DES APPORTS
DES DIFFERENTS TRIBUTAIRES
DE LA FAÇADE OCEANIQUE
DU CAMEROUN

Cet aspect de la carte met en évidence, ce qui par ailleurs a largement été souligné dans l'étude :

- le passage du Sud au Nord des régimes hydrologiques, des types "climat équatorial, à 4 saisons" à "climat tropical à deux saisons".
- une augmentation des débits de l'Est vers l'Ouest liée à celle des précipitations.
- un décalage d'août à novembre, du maximum annuel de crue, du Nord au Sud.

2 - COMPARAISON DES MODULES ET DES TERMES DU BILAN SUR LE NYONG ET LES FLEUVES COTIERS

Les principaux résultats concernant les modules et des termes, du bilan ont été rappelés, du Nord au Sud dans le tableau 79.

Les modules en m3/s ont été rappelés dans le seul but de comparer l'importance respective des cours d'eau étudiés.

Les modules spécifiques (1/s km2), et les coefficients d'écoulement (Ke % = 100 He/P) ont été comparés en fonction de la pluviométrie annuelle reçue par les différents bassins.

La figure 139 montre une relation parfaite dans laquelle les valeurs estimées (+) n'ont pas été utilisées dans l'ajustement.

Il est important de souligner aussi que la hauteur de précipitations interannuelle, dont la détermination est souvent imprécise, - cela a été dit -, est connue cependant avec une approximation satisfaisante qui justifie à posteriori l'ajustement des courbes qui a été retenu.

Sur bassin forestier, la hauteur de précipitations interannuelles est le facteur majeur pratiquement unique, déterminant l'importance du module interannuel. L'ajustement graphique a été préféré à l'ajustement d'une régression linéaire dont l'équation s'écrit : Q s (1/s km2) = 217 log P mm - 684 avec r = 0.993.

Précisons que ces courbes correspondent à des modules moyens et que pour la pluviométrie d'une année donnée, elles ne permettent pas de déduire le module spécifique correspondant. On se souvient en effet de la mauvaise qualité des corrélations hydropluviométriques étudiées pour le Nyong.

La figure 139 indique aussi en regard de l'échelle des modules spécifiques, celle des lames écoulées He en mm, correspondants.

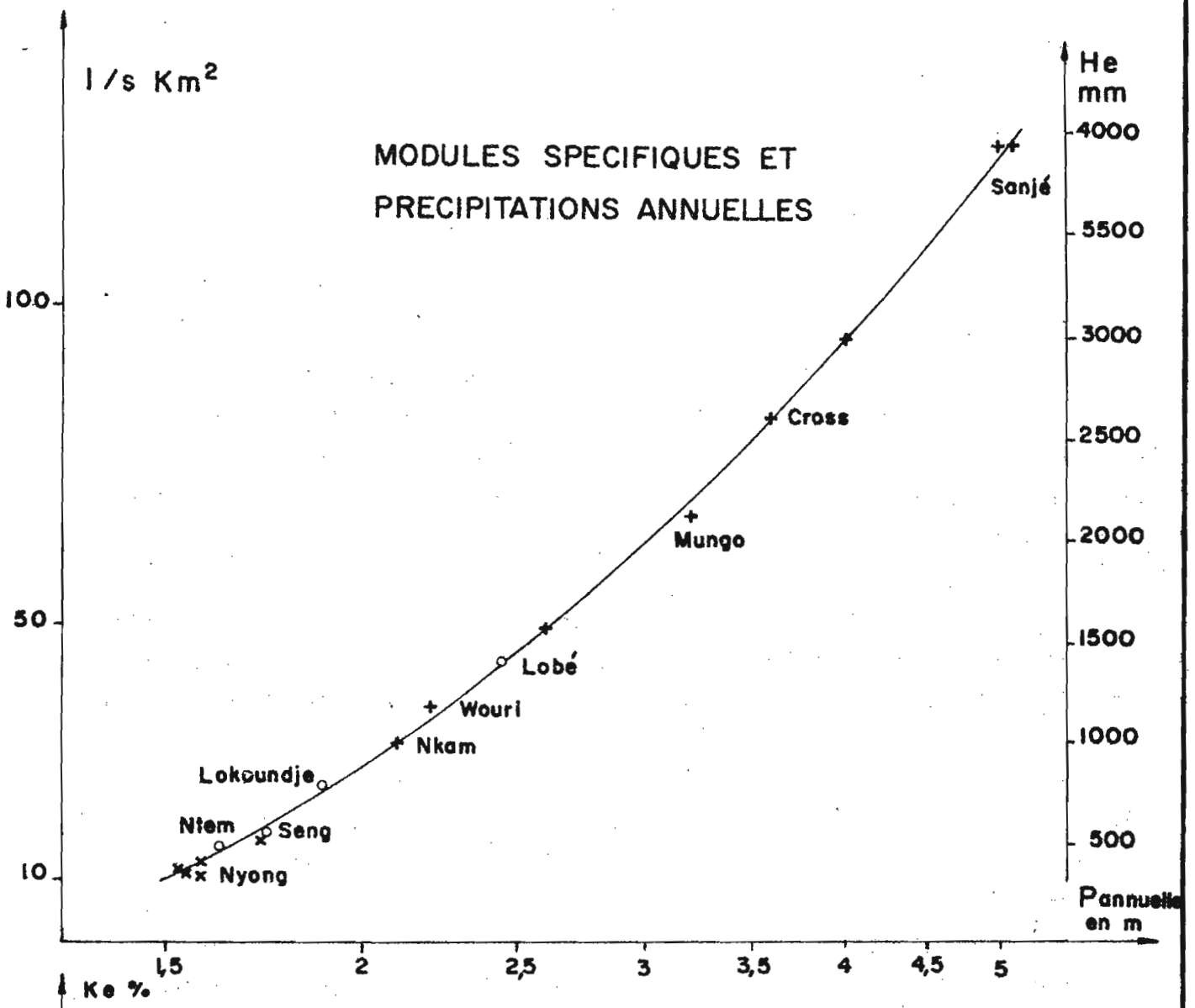
A une échelle plus fine et pour des faibles variations de la pluviométrie annuelle d'une station à l'autre, d'autres paramètres sont susceptibles d'intervenir. Ce sont les paramètres de taille, de forme et de pente des bassins qui conditionnent la vitesse de l'écoulement, le transfert plus ou moins rapide des débits à la station de mesures, limitant plus ou moins les effets de l'évaporation.

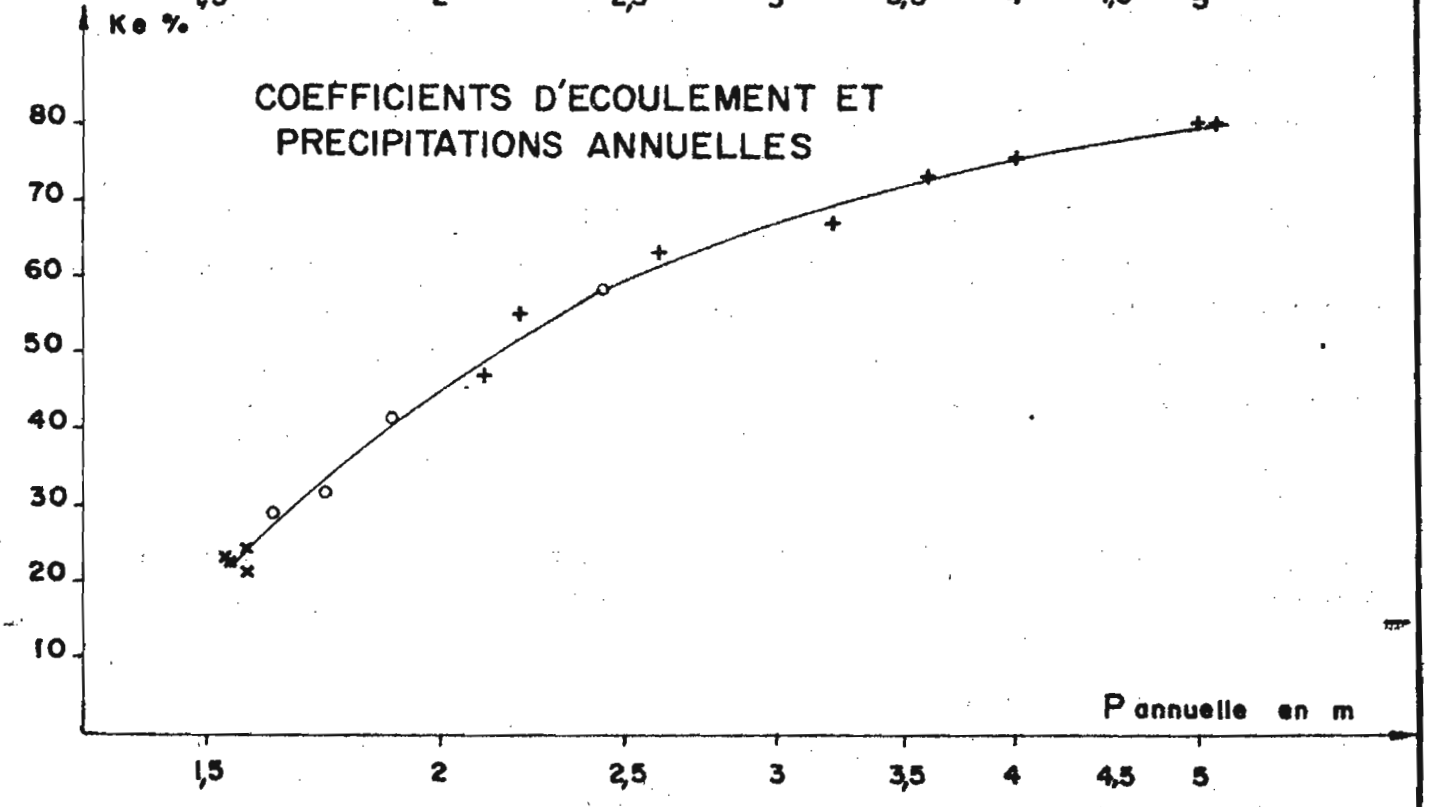
TABLEAU 79

Comparaison des valeurs caractéristiques
(modules et termes du bilan)

Bassin et Sta	S Km^2	Pmm	Modules spécifiques F 0.9	Moyenne	F 0.1	K e %	Module moyen De mm	m3/s	K3
CROSS MAM. E	6810	3600	58.7	83	107	73	980	565	1.83
NDIAN	1215	5000		(127)		80	1000	(127)	
MOKO	1200	4000		(95)		75	1000	(114)	
MEME	975	2600		(50)		63	1000	(50)	
SANJE	77	5100		125		80	1150	9.5	
MUNGO	2420	3200	55.0	68.9	80.2	68	1030	167	1.46
NKAM	2275	2100	24.6	31.3	37.4	47	1110	71.1	1.52
WOURI	8250	2200	29.6	37.7	44.9	55	1000	311	1.52
NYONG AYOS	5300	1580	8.43	10.9	13.3	21.7	1240	57.6	1.58
AKONOLINGA	8350	1545	8.79	11.1	13.5	22.8	1192	93.0	1.54
MBALMAYO	13555	1540	8.85	11.3	13.9	23.3	1179	154	1.57
ESEKA	21600	1580	10.0	12.7	15.7	25.4	1179	275	1.57
DEHANE	26400	1732	13.1	16.7	21.1	30.5	1204	442	1.61
LOKOUNDJE	1520	1880	17.6	24.5	32.6	41	1107	28.2	1.85
LOBE	2305	2425	37.0	44.0	52.0	58	1025	100	1.11
SENG	445	1750	13.8	17.5	21.8	32	1200	7.70	1.58
NT[illegible] 1	18100	1640	10.9	15.3	19.6	29	1160	276	1.80

Fig. 139





date | des.

Mais l'incidence de ces paramètres n'apparaîtrait, à notre sens, qu'en deça d'un certain seuil de précipitations annuelles de l'ordre de 1600-1700 mm, pour lequel la demande de l'évapotranspiration potentielle ne serait pas toujours satisfaite. C'est ce qui a été mis en évidence dans l'étude de la Sanaga et à un degré moindre sur le bassin du Nyong.

Le bilan annuel a conclu pour le Nyong et le Ntem à un déficit d'écoulement satisfaisant, grosso-modo, les besoins de l'évapotranspiration annuelle telle qu'elle a été calculée par la formule de TURC (LEMOINE et Prat).

Cela suppose des précipitations suffisamment abondantes et réparties dans l'année pour que la demande soit toujours pratiquement satisfaite. Cela est d'ailleurs parfaitement ressenti par l'humidité ambiante existant sous le couvert forestier pendant les mois de précipitations faibles ou nulles. A fortiori, sur les bassins des fleuves côtiers plus arrosés, on conçoit difficilement que la demande de l'ETP ne trouve pas en toute saison les ressources hydriques nécessaires. On conçoit mieux par contre que l'ETP soit plus faible du fait d'une humidité latente plus importante.

Le bilan annuel a montré des déficits d'écoulement de 1 200 mm sur le Nyong, mais de 1 100 à 960 mm, pour les bassins les plus arrosés avec pour certains d'entre eux, influence de l'altitude ; ces valeurs sont déterminées avec une certaine imprécision - il est vrai - car, ici, l'approximation faite sur P se tranfère sur De qui n'est connu qu'à quelques dizaines de mm près.

Mais quoi qu'il en soit, les résultats sont nettement inférieurs à la valeur moyenne de 1 250 mm, calculée pour l'ETP dans la zone littorale.

Rappelons que la formule empirique de TURC est basée sur deux paramètres, Ig, la radiation solaire globale dépendant de la latitude et de la durée d'insolation, et la température de l'air. En milieu forestier, les valeurs mesurées aux stations météorologiques, voient leur signification sur le plan de l'ETP diminuer sensiblement : la radiation solaire ne concerne que la partie supérieure de plumet des arbres ; l'humidité de l'air dans l'étage de la végétation n'est pas prise en compte.

De ce fait, le calcul aboutit à une surestimation de l'ETP (1) (1) qu'il conviendrait de minorer en introduisant un terme correctif prenant en considération l'humidité relative (de la forme du terme correctif utilisé quand U < 50 % ; pour U > 80 % = $(1 + \frac{80 - U}{50 ?})$.

Nous considérerons donc que sur les bassins forestiers bien arrosés, l'évapotranspiration est satisfaite.
Par suite on a De = Er = ETP.

Le bilan annuel moyen serait pour diverses hauteurs de précipitations en mm, de la forme indiquée dans le tableau ci-après :

P mm		1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	5000
He.....		430	630	880	1450	1985	2500	3000	4000
Er = ETP	Er =	1170	1170	1120	1050	1015	1000	1000	1000
	ETP =	1200							
Ke %.....		27	35	44	58	66	71	75	80

Les variations de K3 (rapport des modules décennaux) d'une station à l'autre sont peu significatives et ne dépendent ni de la taille des bassins ni de l'importance de l'écoulement. K3 est de l'ordre de 1.5 à 1.6, valeurs supérieures à celles de la Sanaga (climat tropical de transition). Trois stations montrent une irrégularité interannuelle plus forte des cours d'eau qu'elles contrôlent : K3 est supérieur à 1.8 sur le Ntem, la Lokoundjé et la Cross-River. Mais ces valeurs correspondent encore à un régime assez régulier. En régime équatorial de transition, l'irrégularité interannuelle reste faible, mais toutefois plus marquée qu'en régime tropical de transition. Ceci tient au fait que, dans le régime équatorial, un déficit des précipitations a des repercussions beaucoup plus fortes sur les débits qu'en régime tropical.

(1) Surestimation en milieu forestier naturel certes, mais pas en milieu de cultures ouvertes où d'éventuels besoins en irrigation peuvent apparaître, lesquels ont guidé la démarche de LEMOINE et PRAT.

3 - COMPARAISON DU REGIME DES BASSES EAUX

Les principaux résultats concernant les études de basses eaux effectuées sur les différents bassins ont été résumés, du Nord au Sud dans le tableau 80 .

L'étude de tarissement a mis en évidence deux familles de bassins :

- les bassins sur terrains du socle précambrien dont le coefficient de tarissement est de l'ordre de 0.02 à 0.025, et parfois 0.035, valeurs que l'on rencontre également sur le bassin de la Sanaga.

- les bassins où une couverture volcanique domine (basaltes) dont les coefficients de tarissement toujours inférieurs à 0.02 et souvent inférieurs à 0.01, traduisent des réserves importantes et un tarissement lent.

L'étude des étiages absolus montre que les débits spécifiques médians sont d'autant plus forts que la pluviométrie annuelle est élevée. Cependant, la relation reproduite figure 140 est loin d'être parfaite. Comme on l'a dit pour le tarissement, une distinction doit être faite suivant la couverture géologique des bassins. Pour les rivières dont les bassins versants possèdent des aquifères volcaniques importants, les étiages sont soutenus, varient dans le même sens que la hauteur de précipitations interannuelles, et sont plus forts que sur les rivières dont les bassins ont un substratum essentiellement cristallin.

Sur ces dernières, on note des étiages variant de manière assez dispersée en fonction de la pluviométrie interannuelle reçue par les différents bassins. De fortes pentes ne permettent pas le développement de sols épais dans lesquels les réserves seraient importantes. Les grès cénomaniens du sédimentaire de Mamfé, sont peut-être responsables d'un écoulement de nappes échappant au contrôle de la station hydrométrique, ce qui expliquerait les valeurs relativement faibles des étiages de la Cross au regard des précipitations reçues par le bassin.

TABLEAU 80

Comparaison des paramètres caractéristiques
du régime des basses eaux

STATIONS	Tarisse-ment α jours^{-1}	Période d'apparition (ou date médiane)	Etiage absolus spécifiques F=0.5	Etiage absolus spécifiques F=0.9	Irrégularité inter annuelle	Coef. de corrélation DC d'étiages r1 DCC f DMin	Coef. de corrélation DC d'étiages r2 DC1 f DMin
CROSS MAMFE	0.02	Fév.-Mars	4.1	3.38	0.303		
MEME	-	Fév.-Mars	9.3	-			
SANJE	< 0.005	Fév.-Mai	40	-			
OMBE	< 0.005	" "	15	-			
NDONGO	< 0.005	" "	10	6			
MUNGO	0.014	21/2	11.6	8.51	0.298	0.977	0.943
MENOUA	-	Mars	3.3				
NKAM	0.016	10/3	5.1	4.21	0.142	0.958	0.869
WOURI	0.021	7/3	5.8	4.28	0.209	0.894	0.801
NYONG AYOS	0.026	11/3	1.47	0.79	0.657	0.990	0.945
AKONOLINGA	0.021	17/3	1.60	0.87	0.691	0.994	0.940
MBALMAYO	0.024	8/3	1.90	1.07	0.533	0.983	0.875
ESEKA	0.026	4/3	2.36	1.46	0.396	0.975	0.841
DEHANE	0.027	6/3	2.78	1.63	0.460	0.961	0.918
LOKOUNDJE	0.029	26/2	2.8	2.0	0.420	0.923	0.852
LOBE	0.035	27/2	4.8	3.4	0.250	0.932	0.814
SENG	0.035	Mars	1.2	0.6	0.420	0.845	0.600
NTEM	0.025	Fin Août ou mi-Février	2.7	1.49	0.394	0.952	0.730

Dans le cas du Seng, les très faibles valeurs des étiages pourraient s'expliquer par un drainage insuffisant des réserves stockées dans les interfluves au niveau de thalwegs peu profonds et par suite de l'écoulement souterrain de ces réserves. Ceci a été vu sur le Nianiang (Sanaga), mais ce type d'anomalies ne concernent généralement que de petits bassins.

Ces quelques remarques impliquent que soient maniées avec beaucoup de prudence les relations générales concernant les étiages absolus.

Les étiages absolus apparaissent dans toute la région étudiée entre la mi-février et la mi-mars, avec une exception pour le Ntem, fleuve le plus méridional, où l'étiage absolu est plus fréquent vers la fin août.

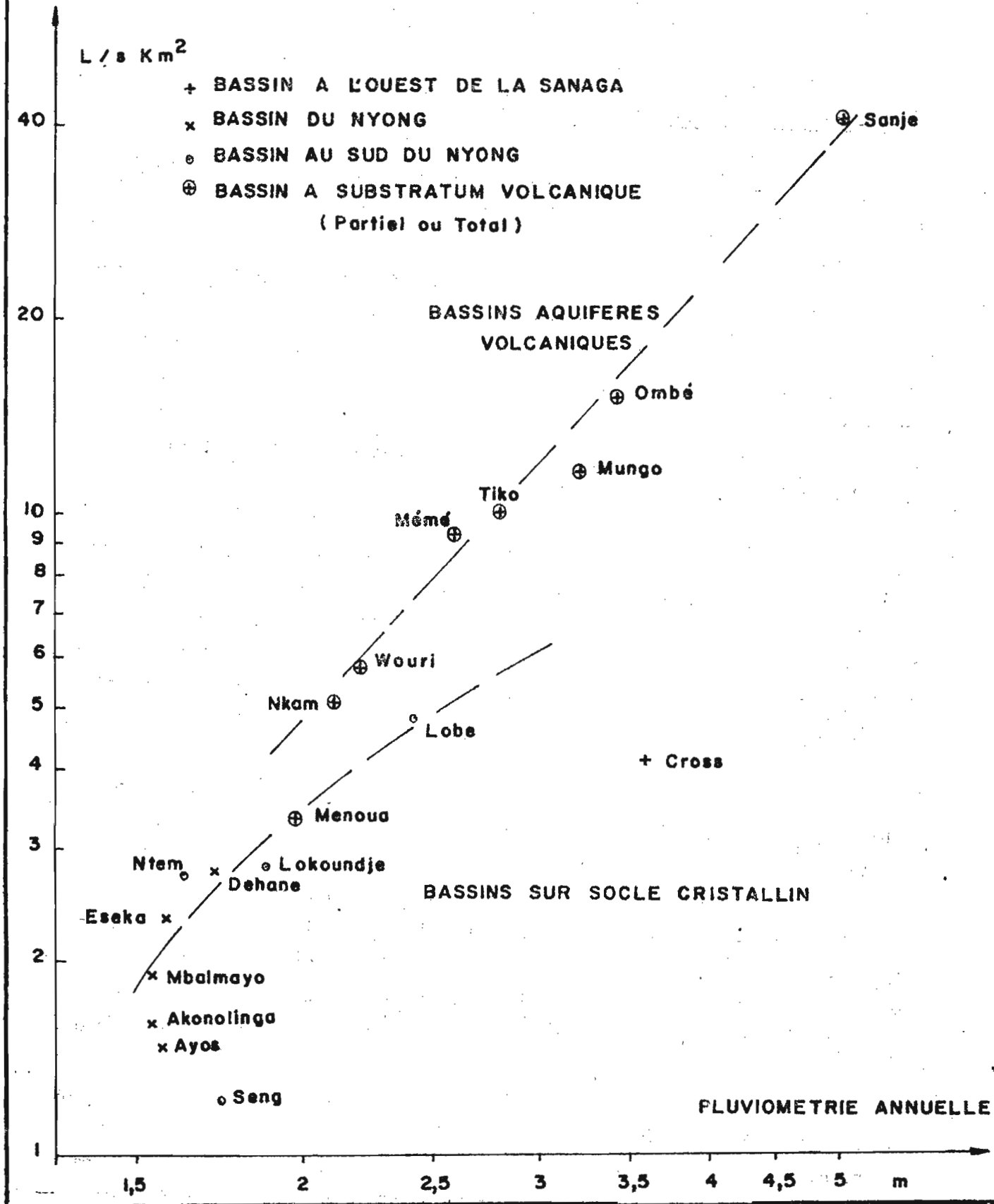
L'irrégularité interannuelle, traduite par Cv dans le tableau récapitulatif, est plus forte pour les bassins les moins arrosés, tels que le Ntem et le Nyong. En effet, l'incidence d'années sèches ou de saisons sèches prolongées est est plus grande sur des bassins dont le volant de réserves est limité, que sur des bassins toujours suffisamment arrosés, pour reconstituer chaque année les aquifères dont l'importance en zone volcanique a en outre un rôle régulateur sur les étiages.

L'étude des débits caractéristiques d'étiage (dont les coefficients de corrélation ont été rappelés dans le tableau) montre que l'on a partout une relation étroite entre le débit non dépassé pendant 10 jours et l'étiage absolu, exception faite du Wouri, où le comportement en périodes de basses eaux des parties cristallines et volcaniques du bassin est différent, et du Seng.

La relation entre le débit non dépassé pendant 1 mois et l'étiage absolu est par contre beaucoup plus lâche, surtout pour les rivières où l'on observe deux saisons sèches, les débits de la 2ème saison sèche étant indépendants de ceux de la 1ère saison sèche.

Fig.140

ETIAGES ABSOLUS SPECIFIQUES



date	des.	78/19-22

4 - COMPARAISON DU REGIME DES CRUES

Les principaux résultats concernant les études au maximum annuels des crues ont été résumés dans le tableau 81.

Les premières colonnes du tableau portent sur les caractéristiques de taille et de forme des bassins versants.

En effet, le maximum spécifique de crue dépend en premier lieu de la taille du bassin versant, exprimée par sa superficie et la longueur du rectangle équivalent, paramètres dont l'incidence se traduit par un transfert plus ou moins rapide des volumes ruisselés d'un épisode pluvieux, dont dépend la forme de l'hydrogramme de crue.

L'importance des précipitations pendant la période d'apparition du maximum joue aussi un rôle important (cf. NYONG). Ce facteur est assez bien traduit par la hauteur de précipitations interannuelles (donnée dans le tableau), les rapports hauteur de pluie du maximum de la saison des pluies, sur précipitations annuelles, étant généralement assez voisins d'un bassin à l'autre.

Enfin, la pente du bassin ou du réseau joue également un rôle non négligeable, les temps de concentration étant d'autant plus courts que la pente est forte. Le rôle de la pente a été mis en évidence dans l'étude du NYONG. Dans le tableau, l'indice choisi porte sur les 60 % médians du profil longitudinal du cours d'eau. La figure 141 illustre les variations des débits spécifiques de crues médianes, des différents cours d'eau en fonction de leur superficie et de la hauteur de précipitations annuelles, ce dernier paramètre étant introduit sous la forme d'un faisceau de courbes.

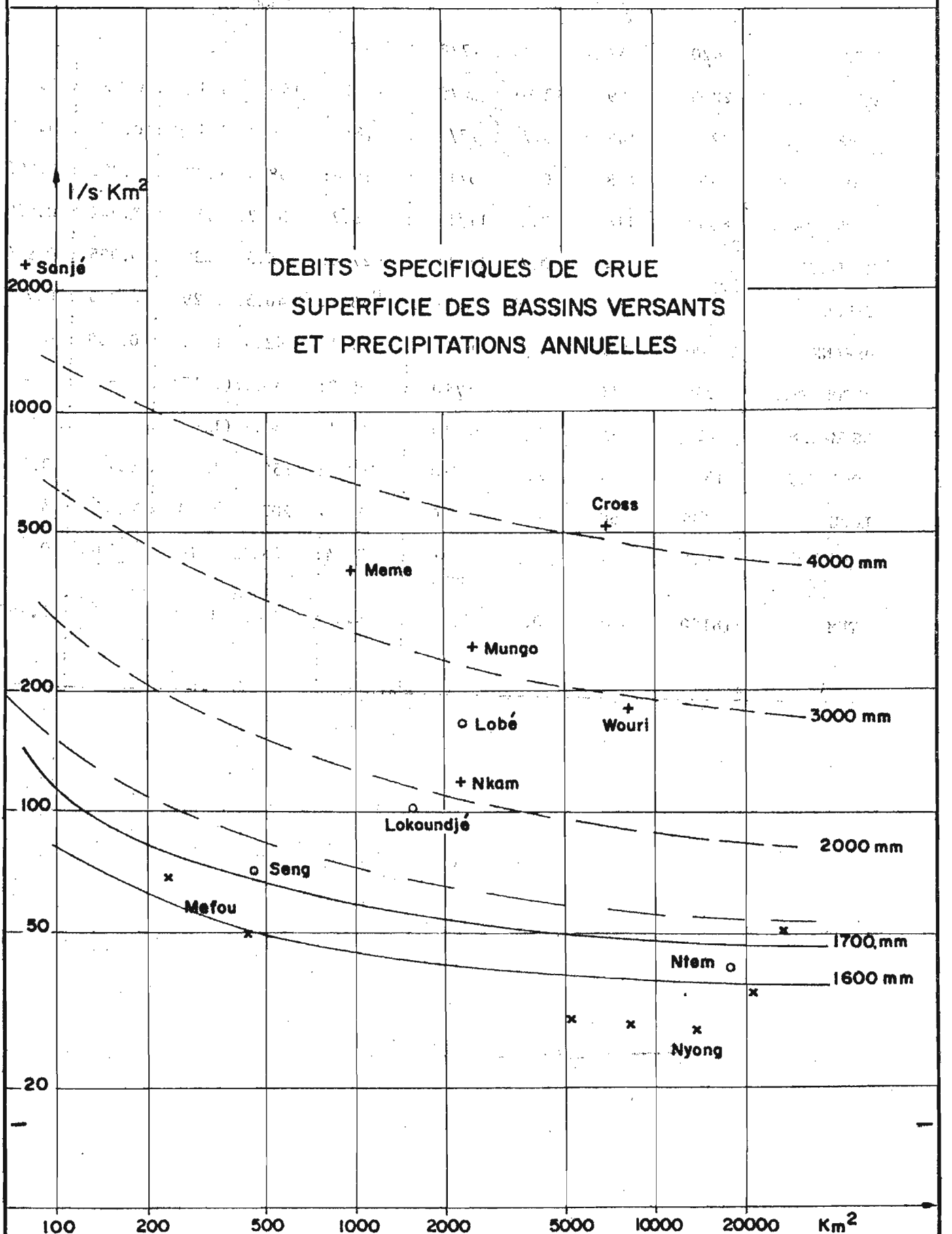
La dispersion des valeurs par rapport à ces courbes s'explique par la pente plus ou moins forte des bassins : pentes fortes pour la Meme, la Cross, le Mungo et le Wouri, d'où débits spécifiques de crue supérieurs à ceux déterminés par lecture des courbes ; pentes faibles du cours supérieur du NYONG entrainant l'effet inverse.

TABLEAU 81

Comparaison des paramètres caractéristiques du régime des hautes eaux

STATIONS	S BV Km^2	LRE Km	Pente o/oo	Période d'apparition	Maximum spécifique F =0.5	Maximum spécifique F=0.1	Crue100 Crue 10 ans	Coefficient de correlation DC de crue DCC f DMax	DCH f DMax
CROSS.....	6810	91	4.6	Août-Sep	514	573	(1.11)		
MEME.....	975	-		" "	400	-			
SANJE.....	77	20	200	" "	2000-2500	4000-5000			
MUNGO.....	2420	59	5.2	17/8	252	318	1.26	0.541	0.254
NKAM	2275	69	(2.0)	19/9	119	146	1.16	0.877	0.790
WOURI.....	8250	142	5.7	17/9	181	216	1.10	0.881	0.782
NYONG AYOS	5300	108	0.3	5/11	29.8	38.3	1.23	0.992	0.907
AKONOLINGA	8350	118	0.2	11/11	28.7	35.3	1.15	0.992	0.828
MBALMAYO	13555	224	0.2	11/11	27.8	35.3	1.30	0.995	0.914
ESEKA	21600	283	(1.0)	5/11	35.1	46.5	1.29	0.959	0.765
DEHANE	26400	356	1.1	30/10	51.1	62.8	1.15	0.909	0.[illegible]8
MEFOU ETOA	235	23	-	26/10	69.2	87.2	(1.17)	-	-
NSIMALEN	425	31	-	30/10	47.1	51.1	(1.09)	-	-
LOKOUNDJE	1520	53	2.1	24/10	102	156	1.48	0.739	0.644
LOBE	2305	58	2.1	30/10	166	207	1.18	0.951	0.758
SENG	445	-	-	début nov.	70.4	84.1	1.18	0.718	0.683
NTEM	18100	161	0.5	5/11	41.2	56.0	1.46	0.968	0.767

Fig.141



date	des.

Dans la figure 142 le débit spécifique de crue médian a été reporté en fonction du rapport longueur du rectangle équivalent sur pente du réseau médian. Le maximum spécifique est d'autant plus fort que le rapport est faible, longueur et pente intervenant en sens inverse. Le rôle des précipitations apparait nettement et explique en partie la dispersion des points.

Le maximum annuel apparait en août-septembre dans les provinces de l'Ouest et Est beaucoup plus tardif plus au Sud, où il apparait fin octobre, début novembre. Il ne s'agit là que d'un effet de latitude avec décalage dans le temps du maximum des précipitations de la saison des pluies.

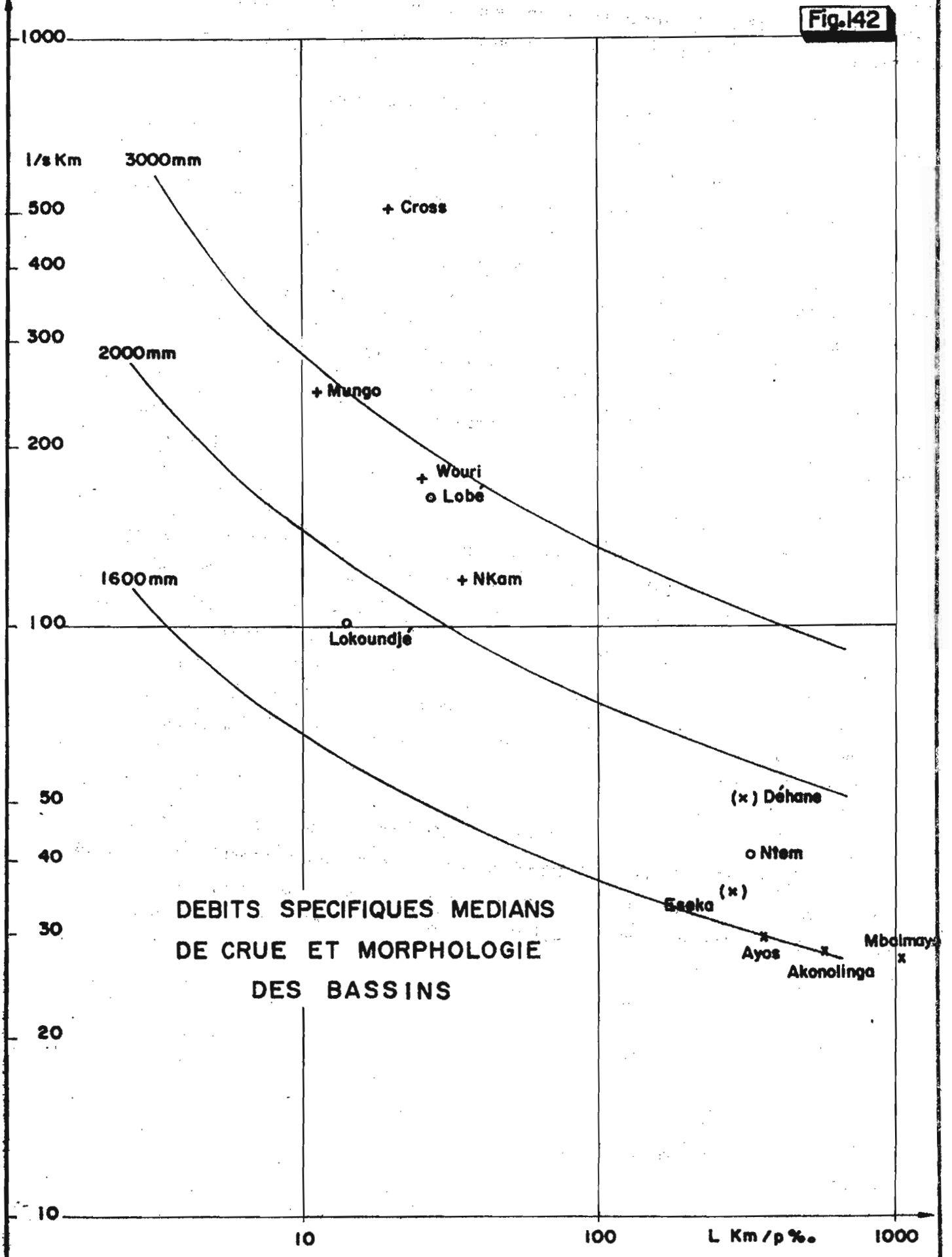
Le rapport de la crue centennale sur la crue décennale est faible, surtout pour les cours d'eau de l'Ouest qui montrent une irrégularité interannuelle comparable à celle qui a été observée sur la Sanaga, et qui semble caractériser le régime tropical de transition. Au Sud de la Sanaga, les valeurs sont généralement plus fortes. L'irrégularité interannuelle des crues est plus marquée en régime équatorial de transition (en particulier sur le NTEM et la LOKOUNDJE) surtout dans les régions de précipitations modestes (1600-1700 mm).

L'étude des corrélations entre débits caractéristiques de crue a mis en évidence une liaison étroite entre débit caractéristique dépassé pendant 10 jours et maximum de crue pour le NYONG, la LOBE et le NTEM.

Par contre, pour les rivières à l'Ouest de la Sanaga, les coefficients des corrélations sont faibles, ce qui signifie que la crue maximale annuelle n'est qu'un bref épisode parmi d'autres épisodes de crue indépendants, comme on l'observe sur de plus petits bassins à écoulement rapide tel la Lokoundjé ou le Seng...

La liaison entre débit dépassé pendant 1 mois et maximum de crue est encore plus lâche. Les coefficients de corrélation relativement faibles sur le Nyong et le Ntem montrent que même pour des grands bassins, la physionomie de l'hydrogramme annuel de crue est très variable d'une année à l'autre.

Fig.142



DEBITS SPECIFIQUES MEDIANS
DE CRUE ET MORPHOLOGIE
DES BASSINS

date	des.

79/1-1

5 - BILAN DE L'ETUDE ET ORIENTATIONS

Le bilan des ressources hydriques, les variations régionales des divers paramètres, la prédétermination de débits de récurrence faible constituent les principaux résultats d'une analyse basée sur l'exploitation de l'ensemble des observations recueillies sur le Nyong et les fleuves côtiers.

La figure 143 indique les valeurs des débits spécifiques de fréquences médiane et décennale des principaux fleuves étudiés ici, en fonction de la superficie des bassins.

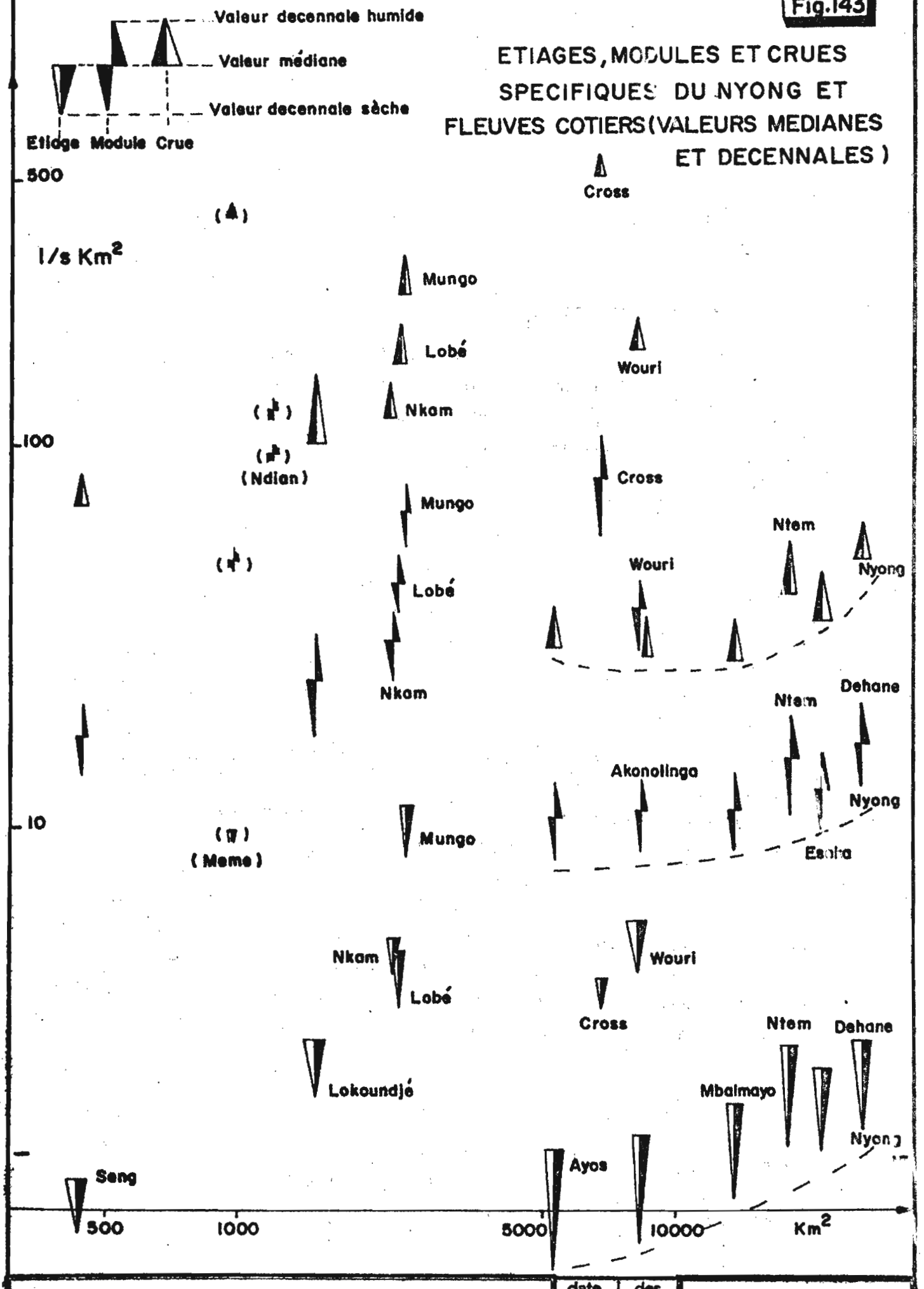
Les résultats donnés dans cette étude sont connus d'une manière générale avec une bonne précision. Mais une étude de synthèse comme celle-ci ne se substitue pas aux études ponctuelles qui ont été réalisées et dont nous donnons les références dans la bibliographie de cet ouvrage ; elle ne remplace pas non plus de futures études ponctuelles, mais constitue pour celles-ci un cadre facilitant l'orientation des recherches et permettant de saisir d'éventuels particularismes locaux.

Enfin, une monographie hydrologique ne constitue pas le point final des études d'une région, mais seulement le constat à un instant donné des connaissances acquises sur les régimes hydrologiques de cette région. Au fil des années, au fil du courant, de nouveaux débits seront mesurés, de nouvelles valeurs moyennes apparaitront ; et une actualisation de cet ouvrage deviendra nécessaire.

Cette mise à jour se justifiera encore davantage si le gain de l'information hydrologique ne porte pas uniquement sur une période d'observation plus longue, mais aussi sur une répartition spatiale plus complète du réseau hydrométrique.

Fig.143

ETIAGES, MODULES ET CRUES SPECIFIQUES DU NYONG ET FLEUVES COTIERS (VALEURS MEDIANES ET DECENNALES)



	date	des.	

Nous avons souligné à sa place l'insuffisance et parfois l'inexistance de données pour certains cours d'eau et pour conclure, nous voudrions indiquer les orientations souhaitables des travaux de l'hydrologue dans ces régions :

- Bassin du Ntem : développement des mesures à la station de Nyabessan, ouverture d'une station sur la Mvila à Ma'an ;
- Bassin de la Kienké : développement des mesures ;
- Bassin de la Lokoundjé : ouverture d'une station à Ebea (route Kribi) ;
- Bassin de la Dibamba : ouverture d'une station à Sole sur la Dibombe ;
- Bassin du Mungo : ouverture d'une station à Mondoni ;
- Rivières Ombe et Sanjé : mesures de débit par dilution ;
- Meme : Extension des mesures à Baï ;
- Ndian : ouverture d'une station à Mundemba ;
- Bassin de la Cross-River : extension des mesures à Mamfé, Mainyu sur la Cross et Akwen sur la Munaya (installation de limnigraphes).

L'installation de six nouvelles stations devrait être mise en oeuvre dès aujourd'hui. C'est dire que la tâche des hydrologues reste importante, d'autant que leurs activités se diversifient ; à côté des études classiques du cycle de l'eau, se sont développées parallèlement des études sur l'érosion continentale, et la qualité chimique des eaux naturelles.

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

1°/ Publications du Service Hydrologique du Cameroun se rapportant aux régions étudiées. (les références indiquées se rapportent à la liste complète des travaux réalisés au Cameroun par l'ORSTOM et l'ONAREST).

H 1 BOUCHARDEAU A. - "Mission hydrologique sur les rivières du Sud-Cameroun". ORSTOM, service hydrologique, Yaoundé, 1947 - 1948 103 p. Multigraphiée.

H 18 PELLERAY H. - "Fleuves et rivières du Cameroun". ORSTOM-IRCAM, Yaoundé, 1959 (atlas du Cameroun), 7 pages 360 x 470 - 1 carte - 9 graph. et 1 tableau (Multigr.), Atlas du Cameroun (publié).

H 31 SECTION D'HYDROLOGIE. "Mesures effectuées sur le OJONGOLO pour le compte de la Société Immobilière du Cameroun". ORSTOM-IRCAM, Yaoundé 1962, 5 p. + Annexes (Multigr.).

H 32 LE GOURRIERES D. "Etudes hydrologiques pour l'alimentation en eau des villes de YAOUNDE et de NGAOUNDERE". ORSTOM-IRCAM, Yaoundé, mai 1963, 25 p. + Tab. + graph. (Multigraph.).

H 33 SECTION D'HYDROLOGIE. "Le réseau général des stations limnimétriques du Cameroun et les courbes de tarage des échelles observées par l'IRCAM" - ORSTOM-IRCAM, Ydé, mai 1963, graph. + Tab. (Multigrpn.).

H 34 RODIER J. "Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'Ouest de CONGO" ORSTOM-Paris - 1964 - 137 p. + graph. + photos.

H 40 SECTION D'HYDROLOGIE. "Prévisions à long terme des débits de basses eaux de la SANAGA à EDEA - Campagne 1963 - 1964". ORSTOM-IRCAM, Service Hydrologique, Ydé, 1er déc. 1964 23 P. (Multigrph.)

H 52 LEFEVRE R. "Etude hydrologique de la MEFOU SUPERIEURE". ORSTOM, Centre de Yaoundé, Service Hydrologique, Ydé, mai 1966 - 31 p. + graph. (Multigraph.).

H 58 RODIER J. "Données sommaires sur les régimes hydrologiques du Cameroun" EDF - ORSTOM 1967 - multigraph. Paris 17 p.

H 63 LEFEVRE R. "Aspect de la pluviométrie dans la région du Mt-Cameroun". Cahier ORSTOM Série Hydrologie Vol. IV n° 1967 p. 15 à P 44.

H 67 LEFEVRE R. "Pluviométrie 1967 dans la région du Mt-Cameroun" Oct. 1968. Multigraph. Yaoundé 14 p. + graph. + annexe.

H 68 LEFEVRE R. "Hydrologie d'un petit fleuve côtier issu du Mt-Cameroun". Oct. 1968. Multigraph. Yaoundé 29 p. + graph.

H 78.8 SECTION D'HYDROLOGIE "Barrage MOPFOU" Oct. 1969 Centre ORSTOM-YAOUNDE

H 95 GUISCAFRE J. et NOUVELOT J.F. "Monographie hydrologique de la SANAGA 1ère partie, les facteurs conditionnels du régime.
Multigraph. Bureau Central Paris, 193 p., 5 cartes HT déc. 1971.

H 107 NOUVELOT J.F. , SECHET P. "Etude hydrologique du Nyong à NJOCK et de la SANAGA à NACHTIGAL. Multigraph. YAOUNDE 74 p. 56 graph. Déc. 1972.

H 109 KIET SRANG. "Hydrologie d'un bassin de zone urbaine. Le bassin versant de Yaoundé. Multigraph. YAOUNDE. 26 p. 20 graph. Déc. 1972.

H 110 ORSTOM-DAFECO. "Note sur les crues du NYONG à ESEKA". Multigraph. Bureau Central Paris. 6 p. - avril 1973

H 111 ORSTOM-DAFECO. "NYONG à ESEKA - Reconstitution des débits de basses eaux - Multigraph. Bureau Central Paris 1 p. 3 tableaux - mai 1973.

H 112 ORSTOM DAFECO. "ORSTOM-DAFECO. Note hydrologique sur le NYONG à ESEKA" Multigraph. Bureau Central Paris - 38 p. 9 graph. - nov. 1973

H 113 GUISCAFRE J., NOUVELOT J.F., OLIVRY J.C., SECHET P. - "Monographie hydrologique de la SANAGA, 4ème partie, interprétation des mesures. Dactylo YAOUNDE 66 p. 39 graph. - juin 1973.

H 117 SECHET P. "Etude hydrologique du NYONG à NJOCK et la SANAGA à NACHTIGAL - Note complémentaire. Multigr. Yaoundé 43 p. 37 graph. nov. 1973.

H 119 OLIVRY J.C. - "Régimes hydrologiques en pays bamiléké". "Etude du bassin versant de la MIFI-Sud - Tome 1 (le milieu physique de la région de l'Ouest - Généralités et données de base). Multigr. YAOUNDE 275 p. graphiques et tableaux déc. 1973.

H 120 OLIVRY J.C. "L'alimentation en eau de DOUALA en période d'étiages". Hydrologie du bief maritime de la DIBAMBA - Note sur les étiages du MUNGO. Multi. YAOUNOE. 40 p. + 12 graph. avril 1974.

H 122 OLIVRY J.C. "Les déficits hydropluviométriques au Cameroun pendant les années sèches 1972 et 1973. Multigraph. YAOUNDE. 31 p. 20 graph. Nov. 74.

H 121 OLIVRY J.C. "Régime hydrologique du fleuve WOURI et estimation des apports reçus par l'estuaire et la mangrove du WOURI. Multigr. YAOUNDE 40 p. et graph. mai 1974.

H 128 OLIVRY J.C. "Régimes hydrologiques en pays Bamiléké. La MIFI-SUD Tome 2 : Interprétation des mesures : Module et bilan - Basses aaux et Crues. Multigr. YAOYNDE 290 p. et graph. - déc. 1974.

131 OLIVRY J.C. "Estimation des étiages absolus du Mfiande à EBOLOWA 1975 7p. et graph.

132 OLIVRY J.C. "Principales caractéristiques des régimes hydrologiques en pays Bamiléké déterminées dans l'étude de la Mifi-Sud. ORSTOM-YAOUNDE ONAREST 1975. 75 p. et graph.

137 OLIVRY J.C. "Compte-rendu des mesures effectuées pendant la saison sèche 1976 sur le Mfiande à EBOLOWA, Le Moun et l'Essoua à NKONGSAMBA. Dactylo. Yaoundé 5 p. Mai 1976.

140 OLIVRY J.C. "Etude des basses eaux de 5 rivières du Sud-Cameroun (Campagnes 1974, 1975, 1976) rapport définitif".
Multigraph. Yaoundé 90 p. Déc. 1976

141 OLIVRY J.C. "Etude des étiages de la Ménoua à OSCHANG" Multi. Yaoundé 6 p. Déc. 1976.

142 OLIVRY J.C. "Transports solides en suspension au Cameroun". Multigraph. Yaoundé 19 p. Juillet 1976.

143 FONTES J. CH , OLIVRY J.C. "Composition isotopique des précipitations de la région du Mt-Cameroun.
Multigraph. Yaoundé 28 p. mars 1977.

148 OLIVRY J.C. "Recherche hydrologique et développement au Cameroun". 6 pages - multigraph. ONAREST Yaoundé - janvier 1978.

149 IKOUNGA M. "Mécanismes du ruissellement sous forêt - Etude hydrologique des bassins d'Ottotomo (région de Yaoundé)."
Offset ONAREST - ORSTOM - YAOUNDE - Paris - Fév. 1078.

150 OLIVRY J.C. "Qualité des eaux de quelques rivières du Cameroun Méridional". 39 p. + 14 fig. - Multigraph. ONAREST - YAOUNDE - Fév. 1978.

2°/ AUTRES PUBLICATIONS

A1 BOYE(M), BALTZER (F), CARATINI (C), HAMPARTZOUMIAN (A)
OLIVRY (J.C.), PLAZIAT (J.C.), and VILLIERS (J.F.)
"Mangrove of the WOURU estuary, Cameroon in proceedings of international symposium on biology an management of mangroves october 8/11/74. Honolulu Hawaï; Volume II pp 431-453.

A2 C.I.E.H. "République du Cameroun - Précipitations journalières de l'origine des stations à 1972" - Tome 1 509 p. Tome II 905 p. Ministère de la Coopération ORSTOM 1978.

A3 COMPAIN "Monographie du Nyong 1951 (fragments retrouvés par Yayer en 63).

A4 Direction des Mines et de la Géologie du Cameroun.
"Cartes géologiques de reconnaissance au 1/500 000"

CHAMPETIER de RIBES (G) et REYRE (O), et AUBAGUE (M)	Feuille Yaoundé Ouest
" et AUBAGUE (M)	Feuille Yaoundé Est
DUMORT (J)	Feuille Douala Ouest
GAZEL (J) et GUIRAUDIE (Ch)	Feuille Abong Mbang Ouest
GAZEL (J)	Feuille Batouri Ouest
WEECKSTEEN (G)	Feuille Douala Est.

A5 DUBREUIL (P), GUISCAFRE (J), NOUVELOT (JF), OLIVRY (JC)
"Le bassin de la rivière Sanaga - Monographies hydrologiques ORSTOM Paris 350 P. Janv. 1975.

A6 FONTES (J.Ch.), OLIVRY (JC) ?
"Gradient isotopique entre 0 et 4 000 m dans les précipitations du Mt-Cameroun". In 4e réunion Ann. SC. Terre Paris Soc. Géol. F1 p 171 (résumé).

A7 FONTES (J Ch), OLIVRY (JC)
"Premiers résultats sur la composition isotopique des précipitations de la région du Mt-Cameroun.
Cahiers d'hydrologie Vol XIII n° 3 1976 ORSTOM Paris.

A8 (Institut Géographique National -Paris) Cartes au 1/200 000 (Abong Mbang NA 33 XX - Bertoua NB 33 II - Nanga Eboko NB 33 I - Bafia NB 32 VI - Akonolinga NA EE XIX - Yaoundé NA 32 XXIV - Mouanko NA 32 XXII - Buéa - Douala - NB 32 IV - Ndikinimeki NB 32 X - Bafoussam NB 32 IX - Mamfé NB 32 X - Akwaya NB 32 XVI - Nkambe NB 32 XVII.

A9 INSTITUT OF PERENNAL CROPS "Summay of meteorological data" Ekona 1975.

A 10 LEMOINE (L) et PRAT (JC) "Cartes d'Evapotranspiration potentielle calculée d'après la formule de L. Turc pour les pays membres du C.I.E.E."
Publication du CIEH, série climatologie.

A 11 LETOUZEY (R) "Phytogéographie camerounaise in Atlas du Cameroun"
IRCAM Yaoundé 1958.

A 12 MARTIN (D) et SEGALEN (P)
"Carte pédologique du Cameroun oriental au 1.100 000"
ORSTOM Paris 1966 A 29 p. + c H.T.

A 13 METEOROLOGIE NATIONALE
"Résumés mensuels du temps" Mult. Douala.

A 14 OLIVRY (JC) "Transports solides en suspension au Cameroun" in "Actes du Colloque de Paris sur l'Erosion et les transports solides dans les eaux continentales, juillet 1977.

A 15 ORSTOM "Annuaires hydrologiques de la France d'Outre Mer 1949-1959"
"Annuaires hydrologiques de l'ORSTOM" 1960-1969.

A 16 SUCHEL (JB) "La Répartition et les régimes pluviométriques au Cameroun"
"Travaux et Documents de géographie tropicale n° 5 -
CEGET CNRS 283 p + 94 figures Bordeaux 1972.

A 17 SUCHEL (JB) "Régimes climatiques au Cameroun" (en préparation).

A 18 VALLERIE "Carte pédologique du Cameroun Occidental" au 1/1 000 000"
ORSTOM Yaoundé 1968 70 p. + 1 C H.T.

A 19 YAYER (J) "I Monographie du Nyong (1963) 46 p. + 32 fig. 35 tableaux"
"II Aménagements du Nyong (1963) 20 p. 5 figures.