

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Service hydrologique

SECRETARIAT D'ÉTAT AUX AFFAIRES ÉTRANGÈRES
CHARGÉ DE LA COOPÉRATION

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU LOGONE



4^{ème} PARTIE

INTERPRÉTATION DES DONNÉES
DU LOGONE SUPÉRIEUR

D8
LOG

AVRIL 1967

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE
DU LOGONE

4ème Partie

INTERPRETATION DES DONNEES
DU LOGONE SUPERIEUR

par

B. BILLON

A. BOUCHARDEAU

J. CALLEDE

S. PIEYNS

M. ROCHE

J. RODIER

Avril 1967

D 8
LOG



22 JUN 1967

7341

- SOMMAIRE -

	Page
<u>CHAPITRE I</u> - <u>CARACTERISTIQUES GENERALES DU REGIME</u> <u>HYDROLOGIQUE DU LOGONE SUPERIEUR</u>	1
<u>CHAPITRE II</u> - <u>ETUDE DES BASSES EAUX</u>	5
2.1. - Etude du tarissement	5
2.2. - Etude des basses eaux	8
<u>CHAPITRE III</u> - <u>ETUDE DES CRUES</u>	13
3.1. - Etude statistique des crues	13
3.2. - Amortissement des crues	21
3.3. - Vitesse de propagation des crues	22
3.4. - Eventualité des maximums annuels	23
3.5. - Origine des crues du LOGONE à LAÏ	24
<u>CHAPITRE IV</u> - <u>ETUDE DES APPORTS</u>	25
4.1. - Extension des données	25
4.1.1. - Extension des données par régressions hydropluviométriques	25
4.1.2. - Extension des données par corrélation sur les débits	26

	Page
4.2. - Etude des modules	29
4.2.1. - Module interannuel	29
4.2.2. - Distribution statistique des modules annuels	31
4.2.3. - Irrégularité interannuelle	35
4.3. - Débits moyens mensuels	36
4.4. - Variations saisonnières	36
4.5. - Déficits d'écoulement et coefficients d'écoulement	38
<u>CHAPITRE V - DEBITS SOLIDES DU LOGONE à LAÏ</u>	49
<u>CONCLUSION</u>	53
<u>RESUME des PRINCIPALES DONNEES</u>	
LOGONE à LAÏ	55
LOGONE à MOUNDOU	56
PENDE à DOBA	57
PENDE à GORE	58
PENDE à BEGOULADJE	59
MBERE à MBERE	60

- CHAPITRE I -

CARACTERISTIQUES GENERALES DU REGIME HYDROLOGIQUE DU LOGONE SUPERIEUR

Le régime de la majeure partie des tributaires du LOGONE en amont de LAÏ peut être classé dans la catégorie "régime tropical de transition". Pour des cours d'eau de moins de 10 000 km², c'est-à-dire avant que ne se forment les plaines d'inondation, on peut définir ce régime de la façon suivante :

La saison des pluies qui se reproduit assez régulièrement donne lieu, à partir d'Avril, à une série de petites crues qui, dès le mois de Juin, s'amplifient pour atteindre en général leur paroxysme du 15 Août au 15 Octobre. La période de hautes eaux, assez longue, dure 4 mois.

Entre le 15 Octobre et le 1er Novembre, la décrue prend une allure régulière pour former une belle courbe de tarissement troublée cependant, certaines années, par quelques petites crues tardives en Novembre.

Cette décrue se prolonge jusqu'en Mars-Avril, époque de l'étiage sur les bassins supérieurs.

Le débit d'étiage est loin d'être négligeable ; en montagne et dans les zones de piémont, il est compris entre 0,5 et 1 l/s.km².

Les débits de crue pour 10 000 km² sont assez forts mais sont très loin d'atteindre des valeurs exceptionnelles. Pour la crue décennale, on a relevé des débits compris entre 50 et 200 l/s.km².

Le module varie entre 6 et 20 l/s.km².

Dans le cas du LOGONE Supérieur, il y a lieu de distinguer plusieurs variantes :

Sur le haut des plateaux, c'est un régime montagnard à précipitations assez fortes : 1500 à 1 600 mm (beaucoup moins fortes qu'en haute Guinée pour un régime comparable), avec pertes par évaporation nettement plus faibles que dans la plaine. Si les pentes sont faibles, les débits de crues restent modérés (100 l/s.km²) ; si les pentes sont fortes, les crues atteignent des valeurs inhabituelles pour la plupart des régimes tropicaux de transition de l'Afrique de l'Ouest (crue décennale de l'ordre de

200 l/s.km²). Les étiages sont, en général, assez soutenus et les modules varient entre 15 et 20 l/s.km². Entre le pied de l'ADAMAOUA et BAÏBOKOUM ou BEGOULADJE, c'est un régime tropical de transition de plaine avec précipitations annuelles modérées (1 350 à 1 450 mm). Les modules sont plus faibles, de l'ordre de 10 à 15 l/s.km², les crues très modérées par suite de la pente, et les étiages très faibles.

Il y aurait peut-être une distinction à faire entre le régime du Haut LOGONE sur l'ADAMAOUA et celui de la haute PENDE sur le prolongement oriental de ce plateau, mais les variations locales de régime qui sont dues soit à une différence de substratum (sols granitiques peu perméables ou sols basaltiques beaucoup plus perméables), soit à des variations de pentes et surtout à une mauvaise connaissance de la pluviométrie due à une densité de stations tout à fait insuffisante, ne permettent pas de préciser les différences entre les caractères généraux de ces deux hauts bassins.

Enfin, entre MOUNDOU et LAÏ, les quelques petits affluents (NYA à ARGAO) qui rejoignent le LOGONE, ont un régime presque tropical pur avec une saison de hautes eaux assez courte et un étiage presque nul ; leurs apports sont très faibles.

Ces divers régimes se composent peu après BAÏBOKOUM et MBERE. En outre, la PENDE inondant tous les ans d'assez longues plaines d'inondation, ce phénomène vient s'ajouter à ceux résultant du remplissage et de la vidange du réseau hydrographique, ce qui conduit à une déformation de l'hydrogramme annuel type des bassins supérieurs. Les premières pointes de crues d'Avril et Mai, et même parfois Juin, disparaissent pratiquement surtout à LAÏ où on note seulement un léger gonflement des débits, les petites crues de fin Octobre s'estompent et toute cette dentelle de l'hydrogramme de hautes eaux se traduit par une courbe déjà plus régulière avec deux ou trois valeurs maximales seulement, donnant ainsi l'apparence d'un diagramme de régime tropical pur.

La restitution, après la crue, des apports absorbés par les plaines d'inondation et le lit, est très faible mais son influence sur les débits d'étiage n'est négligeable, ni à LAÏ ni à MOUNDOU. La courbe de décrue est beaucoup plus régulière qu'à l'amont.

A partir des données d'observations, on va tenter, dans les chapitres suivants, de définir des données permanentes relatives à quelques caractéristiques hydrologiques essentielles : courbes de tarissement, étiage, débits maximaux annuels, débits mensuels, débits moyens annuels. Sans prétendre étudier ainsi toutes les caractéristiques que pourraient rechercher les utilisateurs (on n'a pas étudié par exemple la courbe des débits cumulés), on

peut penser que ce que l'on trouvera ci-après répond déjà à la majeure partie des besoins. Pour ce qui a été laissé de côté, de nouvelles études pourraient être entreprises à partir des tableaux de données numériques à la fin de la présente Monographie et des tableaux des débits observés.

Il est à noter, une fois de plus, que la faible durée de la période d'observation et surtout la faible densité du réseau pluviométrique n'ont pas permis de procéder à des études statistiques avec toute la rigueur qui auraient été souhaitable. En particulier, il n'a presque pas été possible d'employer des corrélations hydropluviométriques.

A la fin de ce volume, on reprendra, avec plus de précision, l'examen des différences de régime entre certaines parties du bassin, des tableaux récapitulatifs étant donnés pour les stations les mieux connues.

- CHAPITRE II -

ETUDE DES BASSES EAUX

2.1. - Etude du tarissement

On peut admettre que le tarissement pur, c'est-à-dire la décroissance des débits correspondant à la vidange des nappes en dehors de toute précipitation, est représenté par la formule :

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

Dans cette formule, Q_t représente le débit à l'instant t et Q_0 le débit à l'instant zéro choisi arbitrairement sur la courbe de tarissement. En définissant l'unité de temps égale ici à 1 jour, on voit que la loi de tarissement est définie par la valeur k , appelée coefficient de tarissement. Il faut toutefois noter que k n'est pas tout à fait constant d'une année sur l'autre ; on utilise une valeur moyenne de ce paramètre pour caractériser le tarissement. On a déterminé ce coefficient k , moyen exprimé en jour^{-1} pour 12 bassins sur les 14 définis dans la première partie de cette Monographie, abandonnant le NGOU à BOUYAN GOU (BOUGOUY) et la LIM à OULI BANGALA pour lesquels les relevés sont de trop mauvaise qualité.

2.1.1. - La VINA (ou BINI) à BEREM

Les trois courbes de tarissement présentent des pentes sensiblement équivalentes. On peut déterminer un coefficient k moyen acceptable, égal à 0,0133 j^{-1} .

2.1.2. - La VINA à SORA MBOUM

On ne peut utiliser que deux années sur les trois de la période d'observation.

Les deux courbes de décrue ont des pentes semblables et correspondent à $k = 0,0166 \text{ j}^{-1}$.

2.1.3. - La VINA du Nord à TOUBORO

Les trois années d'observation donnent des courbes de tarissement très peu différentes les unes des autres et conduisent à un coefficient k égal à $0,0185 \text{ j}^{-1}$.

2.1.4. - Le RAO à FOUMBAN

On peut tracer deux courbes de tarissement pratiquement identiques caractérisées par un coefficient de tarissement égal à $0,0355 \text{ j}^{-1}$.

Pour un bassin versant pratiquement équivalent à celui de la VINA à BEREM, $1\,340 \text{ km}^2$ contre $1\,590 \text{ km}^2$, le RAO présente un tarissement beaucoup plus rapide. Cela tient certainement au fait que son substratum granitique est très peu perméable alors que la grande extension des roches effusives sur le bassin de la VINA à BEREM lui confère au contraire une bonne capacité de rétention.

2.1.5. - La MBERE à MBERE

La détermination du coefficient de tarissement s'appuie sur 9 années. Les courbes obtenues s'écartent peu de la valeur moyenne égale à $0,0139 \text{ j}^{-1}$.

Le bassin de la MBERE présente donc une certaine perméabilité surtout dans son cours supérieur et moyen (épanchements volcaniques et couverture crétacée dans le fossé d'effondrement).

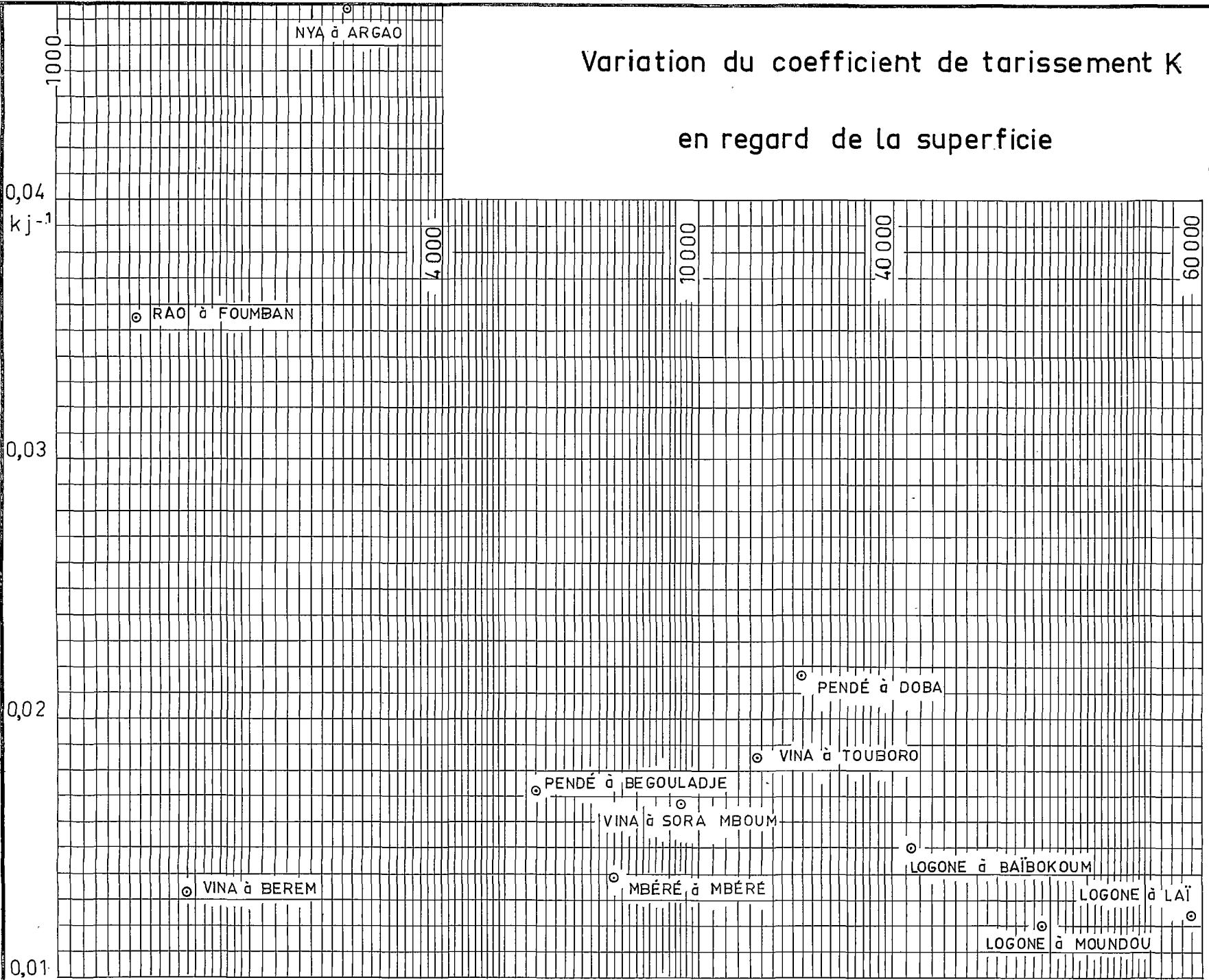
2.1.6. - La PENDE à BEGOULADJE

On peut distinguer, dans les 12 années utilisées, deux familles de courbes. L'une, qui groupe quatre années, a un coefficient k moyen de $0,0213 \text{ j}^{-1}$, l'autre permet de définir un coefficient moyen de $0,0172 \text{ j}^{-1}$.

2.1.7. - La PENDE à DOBA

Les 14 courbes utilisées ont des pentes assez semblables et le coefficient de tarissement obtenu est de $0,0217 \text{ j}^{-1}$.

Variation du coefficient de tarissement K en regard de la superficie



Superficie en km²

2.1.8. - La NYA à ARGAO

Les valeurs de k estimées pour trois années sont assez différentes ; aussi la valeur moyenne $k = 0,0475 \text{ j}^{-1}$ n'est-elle qu'une simple indication. Cependant, étant donné la diminution de la pluviométrie moyenne annuelle sur ce bassin, cette valeur du coefficient de tarissement semble correcte.

2.1.9. - Le LOGONE à BAÏBOKOUM

Les quatre années utilisables pour cette étude donnent un coefficient k égal à $0,0150 \text{ j}^{-1}$, les pentes des droites sont toutes du même ordre.

2.1.10. - Le LOGONE à MOUNDOU

Les 11 courbes de tarissement s'écartent peu de la valeur moyenne $k = 0,01204 \text{ j}^{-1}$, sauf l'année 1961-62 qui est déficitaire au point de vue pluviométrique (1 261 mm contre 1 393 mm en année normale).

2.1.11. - Le LOGONE à LAÏ

Les neuf années utilisées sont bien groupées autour de la valeur moyenne que l'on retiendra égale à $0,01245 \text{ j}^{-1}$.

Outre les deux stations précédemment citées de OULI BANGALA et de BOUYAN GOU, on a laissé de côté la station de GORE sur la PENDE, l'étalonnage de ses basses eaux n'étant pas satisfaisant.

Les coefficients de tarissement varient sur l'ensemble du bassin du LOGONE Supérieur de $0,0475 \text{ j}^{-1}$ (NYA à ARGAO) à $0,01204 \text{ j}^{-1}$ (LOGONE à MOUNDOU). Le graphique 1 montre la répartition des coefficients de tarissement en regard de la superficie des bassins.

Dans l'ensemble, le tarissement est relativement lent, dû surtout à une pluviométrie moyenne importante et à des terrains possédant une capacité de rétention non négligeable.

2.2. - Etude des basses eaux

Le LOGONE est un fleuve à écoulement permanent, l'été intervenant en Mars-Avril. Il en est de même pour ses affluents principaux mis à part le RAO et la NYA dont l'écoulement est pratiquement interrompu durant la période d'été.

L'échantillon des débits caractéristiques d'été (débit atteint ou non dépassé durant 10 jours de l'année) est généralement très faible, allant de 1 observation pour le RAO à FOUMBAN à 13 pour la PENDE à BEGOULADJE, ce qui rend souvent impossible une estimation sérieuse de la répartition statistique de cette caractéristique.

On a tenté cette estimation pour 6 stations sans autre ambition que de dégager des ordres de grandeur.

Pour la PENDE à DOBA ainsi que pour le LOGONE à BAÏBOKOUM, les valeurs sont calculées à partir de courbes tracées empiriquement, ce qui conduit à ne pas dépasser la fréquence décennale; alors que pour la MBERE à MBERE, la PENDE à BEGOULADJE, le LOGONE à MOUNDOU et à LAÏ, on a calculé les débits caractéristiques d'été en appliquant une loi normale sans toutefois dépasser la fréquence vicésimale.

On trouvera dans le tableau ci-dessous les valeurs observées du DCE aux stations non étudiées dans la suite de ce chapitre :

- TABLEAU I -

DEBITS CARACTERISTIQUES d'ETIAGE (m³/s)

(Débits observés)

RAO à FOUMBAN	VINA à BEREM	VINA à SORA MBOUM	VINA à TOUBORO	NGOU à BOUYAN GOU	NYA à ARGAO	LIM à OULI BANGAIA
0,005	5,3	9,4	8,2	(5)	0,1	(6)
	4,4		7,7	(5)	0,05	5
				(4)		5
				(4)		4

2.2.1. - La MBERE à MBERE

On possède 10 valeurs du DCE auxquelles on a ajusté une loi normale dont les paramètres sont les suivants :

Moyenne	:	$\underline{13 \text{ m}^3/\text{s}}$
Ecart-type	:	$5,6 \text{ m}^3/\text{s}$
Valeur médiane	:	DCE = $13 \text{ m}^3/\text{s}$
Valeur décennale sèche	:	DCE = $\underline{6 \text{ m}^3/\text{s}}$
pluvieuse	:	DCE = $21 \text{ m}^3/\text{s}$
Valeur vicésimale sèche	:	DCE = $4 \text{ m}^3/\text{s}$
pluvieuse	:	DCE = $23 \text{ m}^3/\text{s}$

2.2.2. - Le LOGONE à MOUNDOU

Les 12 valeurs du DCE semblent suivre une loi normale de paramètres :

Moyenne	:	$\underline{36 \text{ m}^3/\text{s}}$
Ecart-type	:	$9 \text{ m}^3/\text{s}$
Valeur médiane	:	DCE = $36 \text{ m}^3/\text{s}$
Valeur décennale sèche	:	DCE = $\underline{24 \text{ m}^3/\text{s}}$
pluvieuse	:	DCE = $48 \text{ m}^3/\text{s}$
Valeur vicésimale sèche	:	DCE = $21 \text{ m}^3/\text{s}$
pluvieuse	:	DCE = $52 \text{ m}^3/\text{s}$

2.2.3. - Le LOGONE à LAÏ

Les paramètres de la loi normale ajustée aux 12 valeurs du DCE sont :

Moyenne	:	$\underline{56 \text{ m}^3/\text{s}}$
Ecart-type	:	$10 \text{ m}^3/\text{s}$
Valeur médiane	:	DCE = $56 \text{ m}^3/\text{s}$
Valeur décennale sèche	:	DCE = $\underline{43 \text{ m}^3/\text{s}}$
pluvieuse	:	DCE = $69 \text{ m}^3/\text{s}$
Valeur vicésimale sèche	:	DCE = $40 \text{ m}^3/\text{s}$
pluvieuse	:	DCE = $72 \text{ m}^3/\text{s}$

2.2.4. - La PENDE à BEGOULADJE

On possède pour cette station, 13 valeurs du DCE, présentant un écart-type très faible :

Moyenne	:	5,0	m^3/s
Ecart-type	:	0,8	m^3/s
Valeur médiane	:	DCE = 5	m^3/s
Valeur décennale sèche	:	DCE = 4	m^3/s
pluvieuse	:	DCE = 6	m^3/s

Les valeurs vicésimales ne diffèrent pas significativement des valeurs décennales.

Pour les deux stations suivantes (DOBA et BAÏBOKOUM), on a porté les valeurs du DCE sur un graphique à abscisse gaussienne et on a tracé empiriquement les courbes de façon que les points soient à peu près équirépartis de part et d'autre.

2.2.5. - La PENDE à DOBA

Valeur médiane	:	DCE = 7	m^3/s
Valeur décennale sèche	:	DCE = 5	m^3/s
pluvieuse	:	DCE = 9	m^3/s

2.2.6. - Le LOGONE à BAÏBOKOUM

Valeur médiane	:	DCE = 20	m^3/s
Valeur décennale sèche	:	DCE = 14	m^3/s
pluvieuse	:	DCE = 26	m^3/s

Les valeurs médianes du DCE pour les six stations étudiées ont été réparties sur le graphique 2. On a porté sur ce même graphique les valeurs du DCE pour la VINA aux stations de BEREM et de TOUBORO (DCE calculé sur 2 ans), ce qui permet de tracer une courbe montrant la variation du DCE médian en fonction de la superficie le long du cours du LOGONE Supérieur (graphique 2).

Les points correspondant aux stations de la PENDE sont situés au dessous de cette courbe, alors que celui qui représente la MBERE est nettement au-dessus, ce qui est bien en accord avec les conclusions tirées de l'étude du tarissement. Cette situation résulte de modes d'alimentation différents et d'une altitude plus basse pour le bassin de la PENDE.

Les apports de la MBERE se traduisent par une inflexion vers le haut de la courbe, à droite de la station de TOUBORO.

D'autre part, on peut être surpris des valeurs relativement élevées des débits à LAÏ et MOUNDOU. Le débit d'étiage à MOUNDOU est nettement supérieur à la somme des débits d'étiage du LOGONE à BAÏBOKOUM et de la LIM, et cette différence est supérieure à la somme des apports de très petits affluents de la rive droite du LOGONE. Bien sûr, les valeurs caractéristiques moyennes d'étiage ne sont connues qu'à 3 ou 4 m³/s près, mais la différence dépasse très nettement ce chiffre et il en est de même pour celle qui apparaît entre MOUNDOU plus DOBA et LAÏ qui atteint 13 m³/s.

Il faut en chercher la cause dans le fait qu'à partir de BAÏBOKOUM, le lit apparent du LOGONE s'élargit et que le lit majeur prend d'assez vastes proportions, comme pour la PENDE à l'aval de DOBA. La restitution du réservoir constitué par le réseau hydrographique avec une baisse des plans d'eau de 40 cm par mois vers l'étiage peut expliquer, malgré les pertes par évaporation, une différence de plusieurs m³/s. De même, la restitution par les berges de l'eau accumulée dans les alluvions du lit majeur vient s'ajouter au débit d'étiage apporté par les bassins supérieurs sans que cet apport complémentaire puisse dépasser quelques m³/s : une moyenne de 1 l/s par 100 m de lit conduit déjà à près de 3 m³/s pour les biefs compris entre DOBA-MOUNDOU et LAÏ. Il serait intéressant de suivre de très près les étiages pendant plusieurs années pour préciser l'étude de ce phénomène.

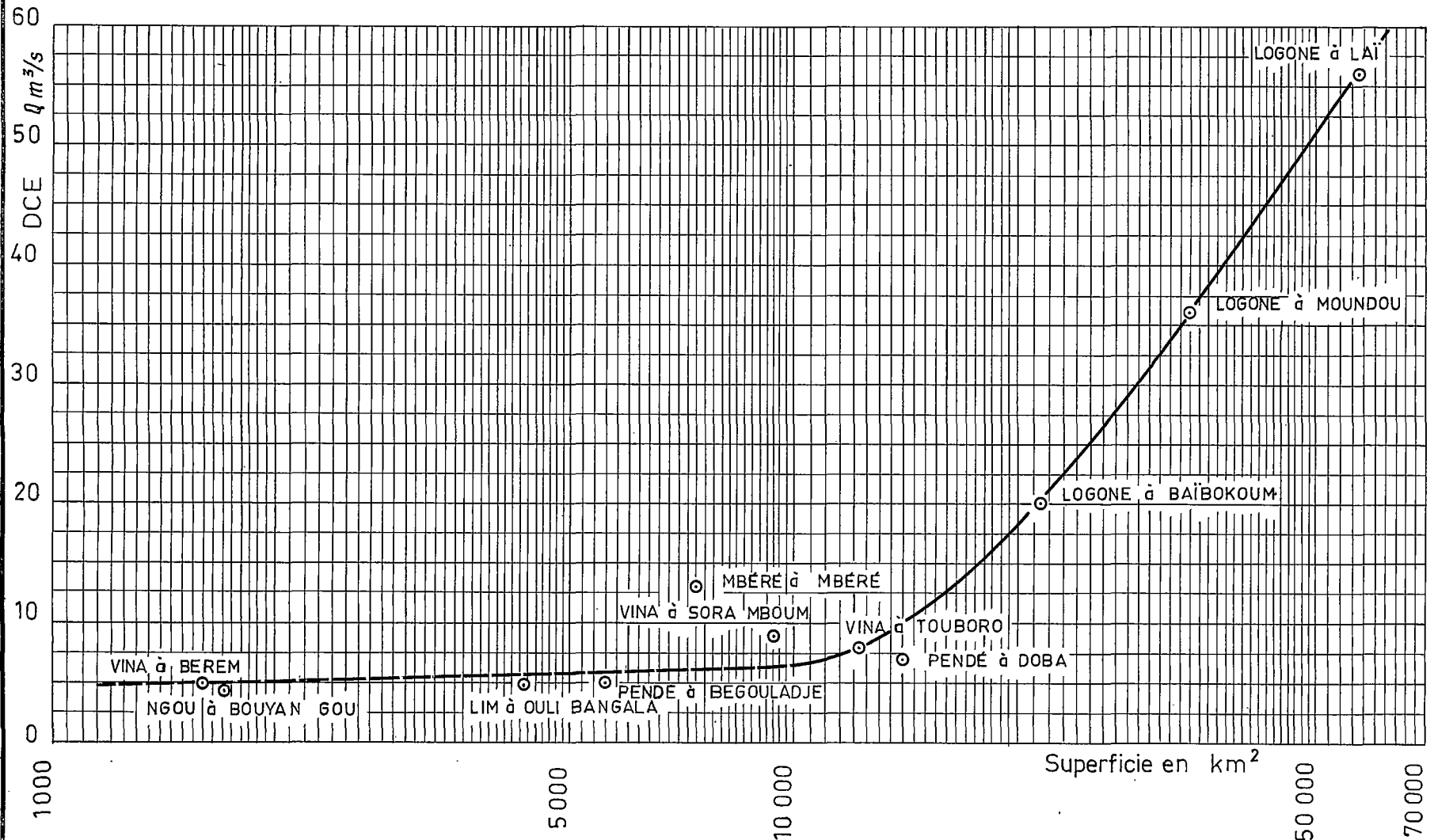
- TABLEAU II -

COEFFICIENTS de TARISSEMENT et DEBITS CARACTERISTIQUES d'ETIAGE

Station	k	Médian	Décennal				Vicésimal				
			Sec		Pluvieux		Sec		Pluvieux		
			j^{-1}	j^{-1}	j^{-1}	j^{-1}	j^{-1}	j^{-1}	j^{-1}	j^{-1}	
		m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²
VINA (ou BINI) à BEREM	0,0133	(5) : (3,0)									
VINA à SORA MBOUM	0,0166										
VINA à TOUBORO	0,0185	(8) : (0,6)									
RAO à FOUMBAN	0,0355										
MBERE à MBERE	0,0139	13 : 1,7	6	0,8	21	2,8	4	0,5	23	3,1	
PENDE à BEGOULADJE	0,0172	5 : 0,9	4	0,7	6	1,1					
PENDE à DOBA	0,0217	7 : 0,5	5	0,3	9	0,6					
NYA à ARGAO	0,0475										
LOGONE à BAIBOKOUM	0,0150	20 : 0,9	14	0,7	26	1,2					
LOGONE à MOUNDOU	0,0120	36 : 1,1	24	0,7	48	1,4	21	0,6	52	1,5	
LOGONE à LAÏ	0,0124	56 : 1,0	43	0,8	69	1,2	40	0,7	72	1,3	

(). - Valeur calculée sur 2 années

Variation du débit caractéristique d'étiage biennal en regard de la superficie



- CHAPITRE III -

ETUDE DES CRUES

3.1. - Etude statistique des crues

Cette étude, pour le bassin du LOGONE Supérieur, sera limitée aux maximums annuels observés à cinq stations qui sont, d'amont en aval :

La MBERE à MBERE ;
La PENDE à BEGOULADJE ;
La PENDE à DOBA ;
Le LOGONE à MOUNDOU ;
Le LOGONE à LAI.

En ce qui concerne les autres stations, l'information trop réduite ne permet pas l'évaluation directe, même sommaire, des crues de faible fréquence. On se contentera, pour ces dernières stations, de donner la valeur de la crue maximale observée.

3.1.1. - La MBERE à MBERE

Les 15 valeurs observées figurent dans le tableau suivant, classées par ordre décroissant avec, en regard, la fréquence de dépassement correspondante F_1 . Pour le calcul de cette fréquence, on a adopté l'expression

$$F_1 = \frac{r - 1/2}{N} \quad \text{où } N \text{ est égal au nombre d'observations.}$$

- TABLEAU III -

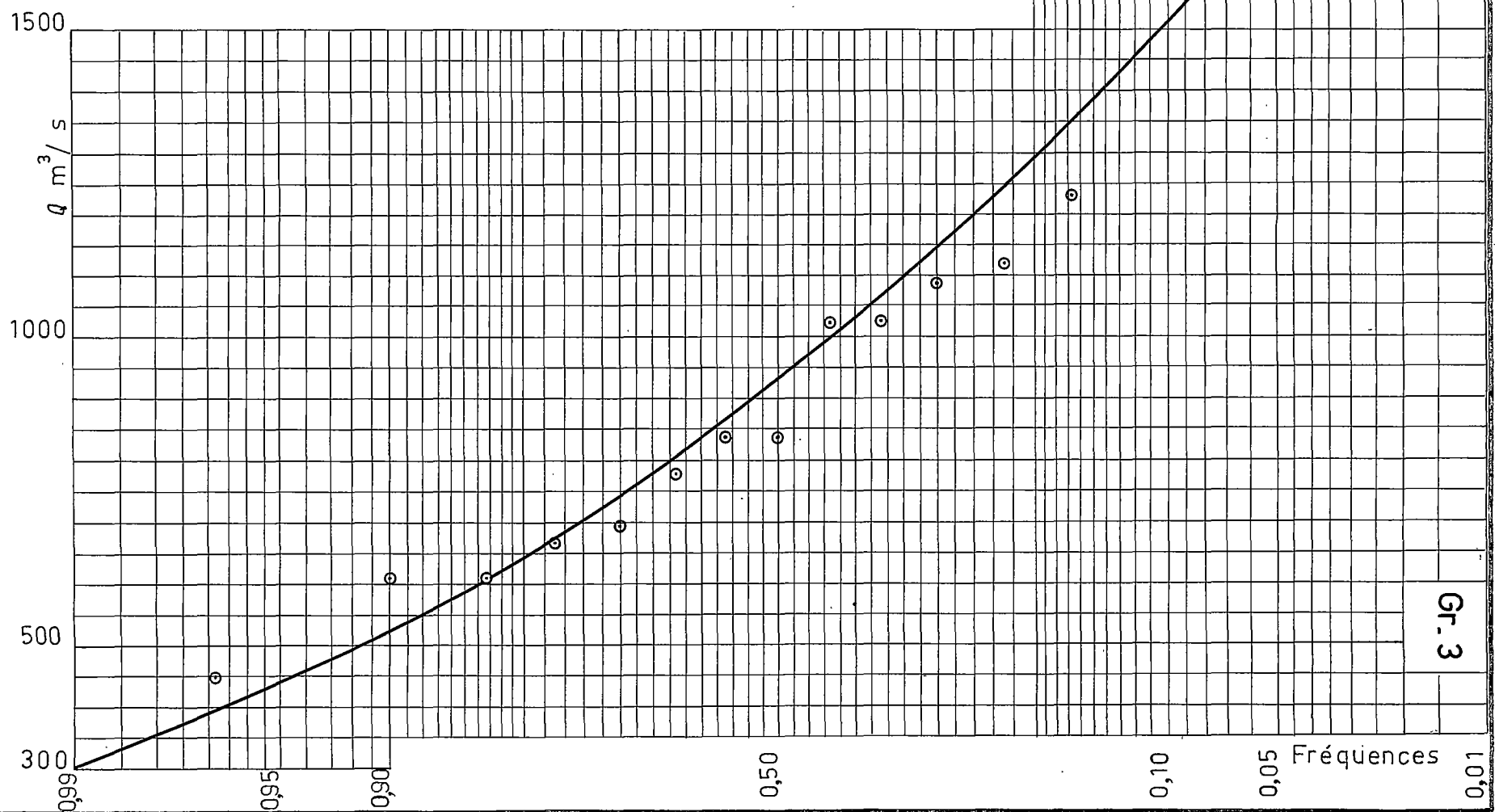
LA MBERE à MBERE

Maximums annuels classés

Rang r	Année	Débits		Fréquence
		m ³ /s	l/s.km ²	
1	1964	1 940	261	0,0333
2	1963	1 881	253	0,1000
3	1962	1 230	165	0,1667
4	1955	1 114	150	0,2233
5	1956	1 083	146	0,3000
6	1959	1 021	137	0,3667
7	1952	1 021	137	0,4333
8	1954	835	112	0,5000
9	1961	835	112	0,5667
10	1960	774	104	0,6333
11	1951	691	93	0,7000
12	1957	663	89	0,7667
13	1953	609	82	0,8333
14	1958	604	81	0,9000
15	1965	445	60	0,9667

La MBÉRÉ à MBÉRÉ

Distribution statistique des maximums annuels



2000

Gr. 3

L'ajustement à cet échantillon d'une loi de Pearson III donne, pour les paramètres, les valeurs suivantes :

$$\gamma = 6,346$$

$$a = 0,006455$$

La courbe correspondante figure sur le graphique 3. Elle conduit aux valeurs suivantes :

Crue médiane : 932 m³/s soit 125 l/s.km² ;

Crue décennale : 1 510 m³/s soit 203 l/s.km² ;

Crue centenaire : 2 100 m³/s soit 283 l/s.km².

L'estimation de la crue centenaire à partir d'un échantillon de 15 valeurs seulement doit, évidemment, être retenue avec réserve.

3.1.2. - La PENDE à BEGOULADJE

L'étude porte sur les 15 valeurs observées de 1951 à 1965, classées par ordre décroissant dans le tableau ci-dessous.

- TABLEAU IV -

La PENDE à BEGOULADJE

Maximums annuels classés :

Rang r	Année	Débits		Fréquence
		m ³ /s	l/s.km ²	
1	1963	736	130	0,0333
2	1959	636	113	0,1000
3	1956	600	106	0,1667
4	1962	590	105	0,2333
5	1955	586	104	0,3000
6	1954	530	94	0,3667
7	1960	498	88	0,4333
8	1958	485	86	0,5000
9	1961	448	79	0,5667
10	1957 (447)	79	79	0,6333
11	1952	438	78	0,7000
12	1964	421	75	0,7667
13	1953	406	72	0,8333
14	1965	375	66	0,9000
15	1951	316	56	0,9667

La distribution de ces valeurs semble obéir à une loi normale définie par :

$$\begin{aligned} \text{Moyenne} &= 501 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Ecart-type} &= 111 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

La droite représentative figure sur le graphique 4.

On obtient les résultats suivants pour les crues médiane, décennale et centenaire.

Crue médiane	: 501 m ³ /s soit 89 l/s.km ² ;
Crue décennale	: 645 m ³ /s soit 114 l/s.km ² ;
Crue centenaire	: 760 m ³ /s soit 134 l/s.km ² .

3.1.3. - La PENDE à DOBA

Les 17 débits maximums observés entre 1947 et 1965 figurent dans le tableau suivant avec leurs fréquences de dépassement :

- TABLEAU V -

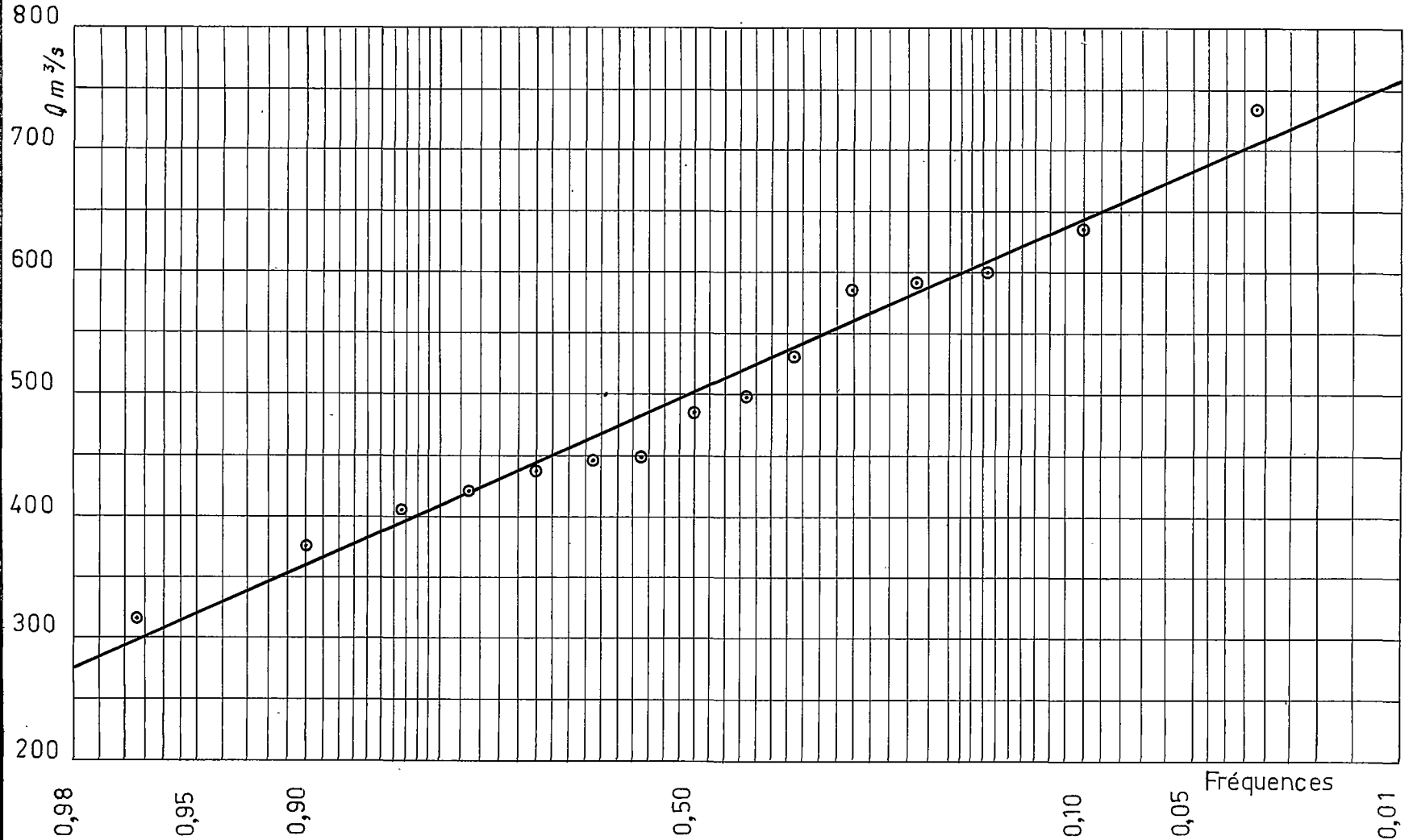
PENDE à DOBA

Maximums annuels classés

Rang r	Année	Débit		Fréquence
		m ³ /s	l/s.km ²	
1	1963	928	65	0,0294
2	1955	900	63	0,0882
3	1948	900	63	0,1471
4	1950	880	61	0,2059
5	1960	820	57	0,2647
6	1961	812	57	0,3225
7	1959	780	54	0,3824
8	1956	768	54	0,4412
9	1954	744	52	0,5000
10	1952	720	50	0,5588
11	1962	720	50	0,6176
12	1958	708	49	0,6765
13	1953	633	44	0,7353
14	1964	626	44	0,7941
15	1947	610	43	0,8529
16	1951	473	33	0,9118
17	1965	466	32	0,9706

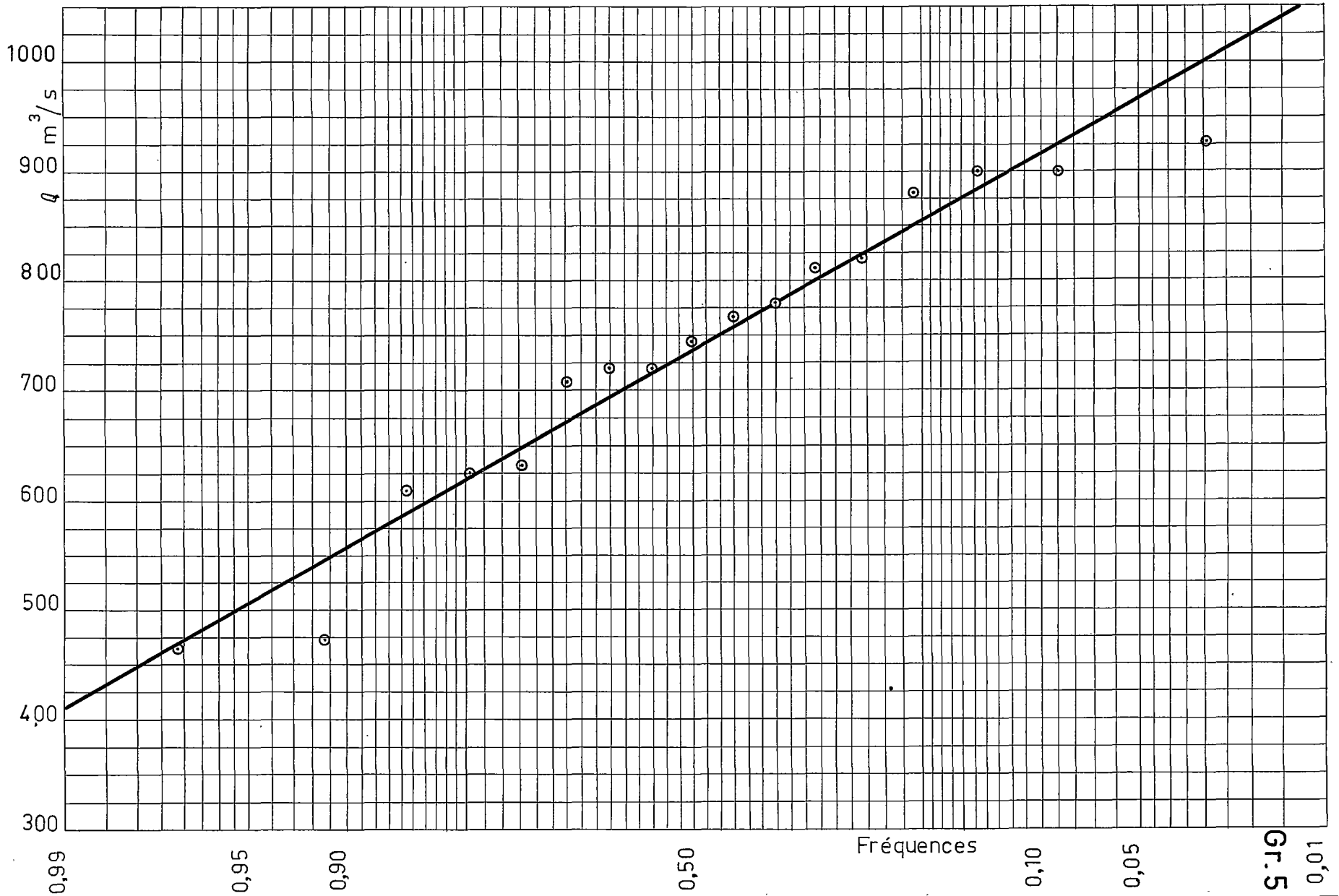
La PENDÉ à BEGOULADJE

Distribution statistique des maximums annuels



La PENDÉ à DOBA

Distribution statistique des maximums annuels



Ces valeurs, distribuées selon une loi normale, sont portées sur le graphique 5, et les paramètres de la loi de distribution sont :

$$\text{Moyenne} = 734 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{Ecart-type} = 141 \text{ m}^3/\text{s}.$$

A partir de ces valeurs, on calcule les débits de crues suivants :

$$\text{Crue médiane} : 734 \text{ m}^3/\text{s} \text{ soit } 51 \text{ l/s.km}^2 ;$$

$$\text{Crue décennale} : 915 \text{ m}^3/\text{s} \text{ soit } 64 \text{ l/s.km}^2 ;$$

$$\text{Crue centenaire} : 1\ 060 \text{ m}^3/\text{s} \text{ soit } 74 \text{ l/s.km}^2.$$

3.1.4. - Le LOGONE à MOUNDOU

Avec 27 maximums annuels, c'est la station qui possède l'échantillon le plus important de toutes les stations du LOGONE Supérieur ; cet échantillon permet de se faire une assez bonne idée de la valeur de la crue centenaire.

Ces 27 valeurs sont classées par ordre décroissant dans le tableau VI et sont portées sur le graphique 6.

On a ajusté à cet échantillon une loi de Pearson III dont les paramètres sont les suivants :

$$\text{Moyenne} : 2\ 164 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\gamma : 12,4$$

$$a : 0,0057$$

Ces paramètres permettent d'estimer les valeurs suivantes :

$$\text{Crue médiane} : 2\ 100 \text{ m}^3/\text{s} \text{ soit } 62 \text{ l/s.km}^2 ;$$

$$\text{Crue décennale} : 3\ 000 \text{ m}^3/\text{s} \text{ soit } 88 \text{ l/s.km}^2 ;$$

$$\text{Crue centenaire} : 3\ 900 \text{ m}^3/\text{s} \text{ soit } 115 \text{ l/s.km}^2.$$

- TABLEAU VI -

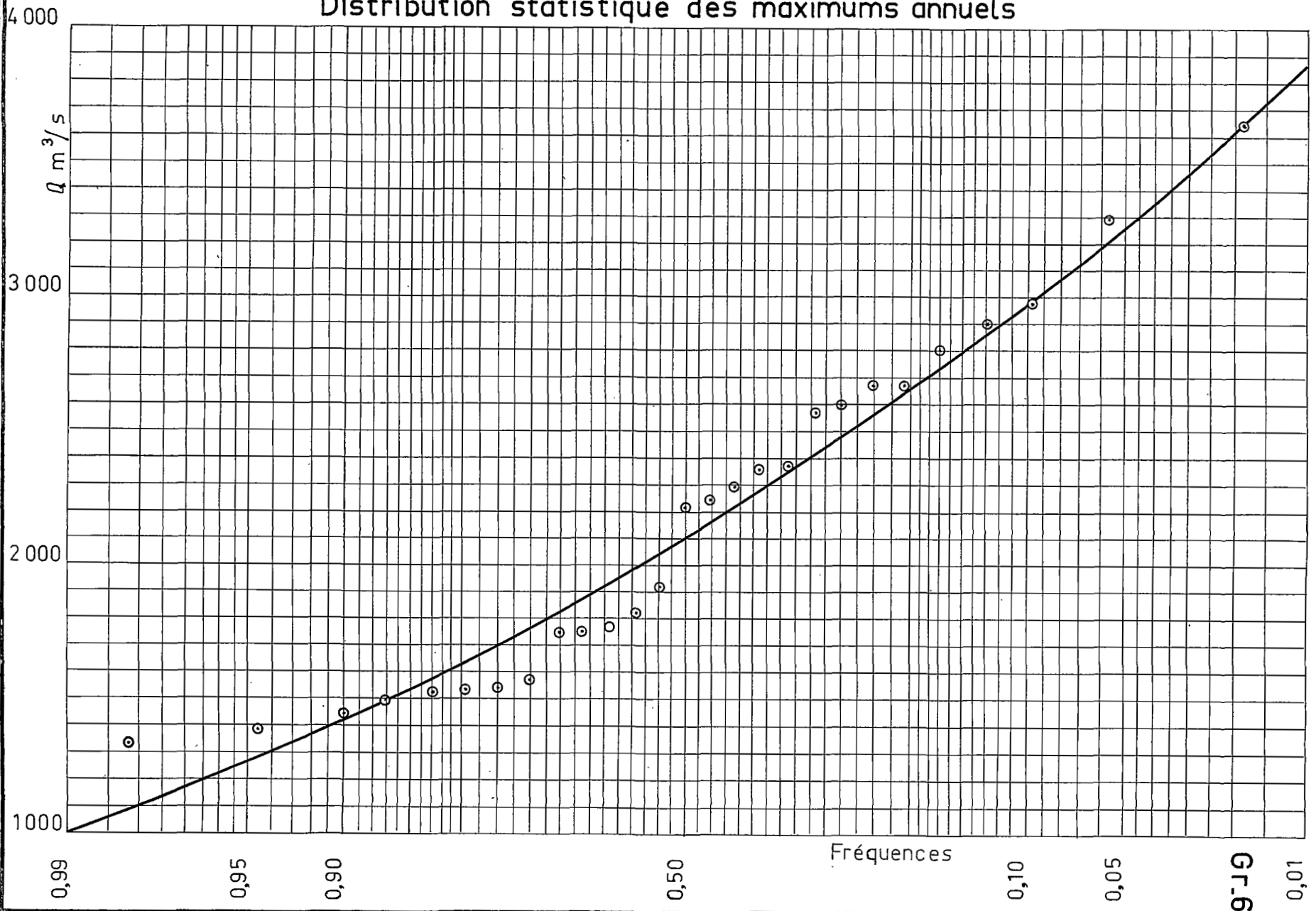
LE LOGONÉ à MOUNDOU

Maximums annuels classés

Rang	Année	Débit		Fréquence
		m ³ /s	l/s.km ²	
1	1956	3 640	107	0,0185
2	1948	3 288	97	0,0556
3	1935	2 970	87	0,0926
4	1943	2 895	85	0,1296
5	1955	2 805	82	0,1667
6	1945	2 670	78	0,2037
7	1959	2 670	78	0,2407
8	1942	2 595	76	0,2778
9	1938	2 570	76	0,3148
10	1936	2 370	70	0,3519
11	1963	2 360	69	0,3889
12	1946	2 295	67	0,4259
13	1964	2 251	66	0,4630
14	1954	2 220	65	0,5000
15	1950	1 916	56	0,5370
16	1937	1 820	53	0,5740
17	1958	1 763	52	0,6111
18	1952	1 754	51	0,6482
19	1934	1 750	51	0,6852
20	1961	1 572	46	0,7222
21	1957	1 540	45	0,7593
22	1965	1 534	45	0,7962
23	1940	1 524	45	0,8333
24	1960	1 490	44	0,8704
25	1944	1 445	42	0,9074
26	1953	1 385	41	0,9444
27	1951	1 337	39	0,9815

Le LOGONE à MOUNDOU

Distribution statistique des maximums annuels



3.1.5. - Le LOGONE à LAI

Les 20 valeurs observées ont été classées dans le tableau suivant :

- TABLEAU VII -

LE LOGONE à LAI
Maximums annuels classés

Rang	Année	Débit		Fréquence
		m ³ /s	l/s.km ²	
1	1955	3 768	66	0,0250
2	1962	3 256	57	0,0750
3	1956	3 256	57	0,1250
4	1963	3 185	56	0,1750
5	1959	3 119	55	0,2250
6	1954	2 855	50	0,2750
7	1948	2 855	50	0,3250
8	1964	2 611	46	0,3750
9	1950	2 581	45	0,4250
10	1952	2 499	44	0,4750
11	1960	2 448	43	0,5250
12	1961	2 372	42	0,5750
13	1935	2 300	40	0,6250
14	1934	2 250	40	0,6750
15	1958	2 131	37	0,7250
16	1949	2 111	37	0,7750
17	1957	1 788	31	0,8250
18	1953	1 750	31	0,8750
19	1965	1 640	29	0,9250
20	1951	1 518	27	0,9750

La distribution de ces maximums annuels suit une loi de Gauss ayant pour paramètres :

Moyenne : 2 515 m³/s.
Ecart-type : 609 m³/s.

Les valeurs obtenues pour les crues médiane , décennale et centenaire sont (graphique 7) :

Crue médiane : 2 515 m³/s soit 44 l/s.km² ;
 Crue décennale : 3 290 m³/s soit 58 l/s.km² ;
 Crue centenaire : 3 930 m³/s soit 69 l/s.km².

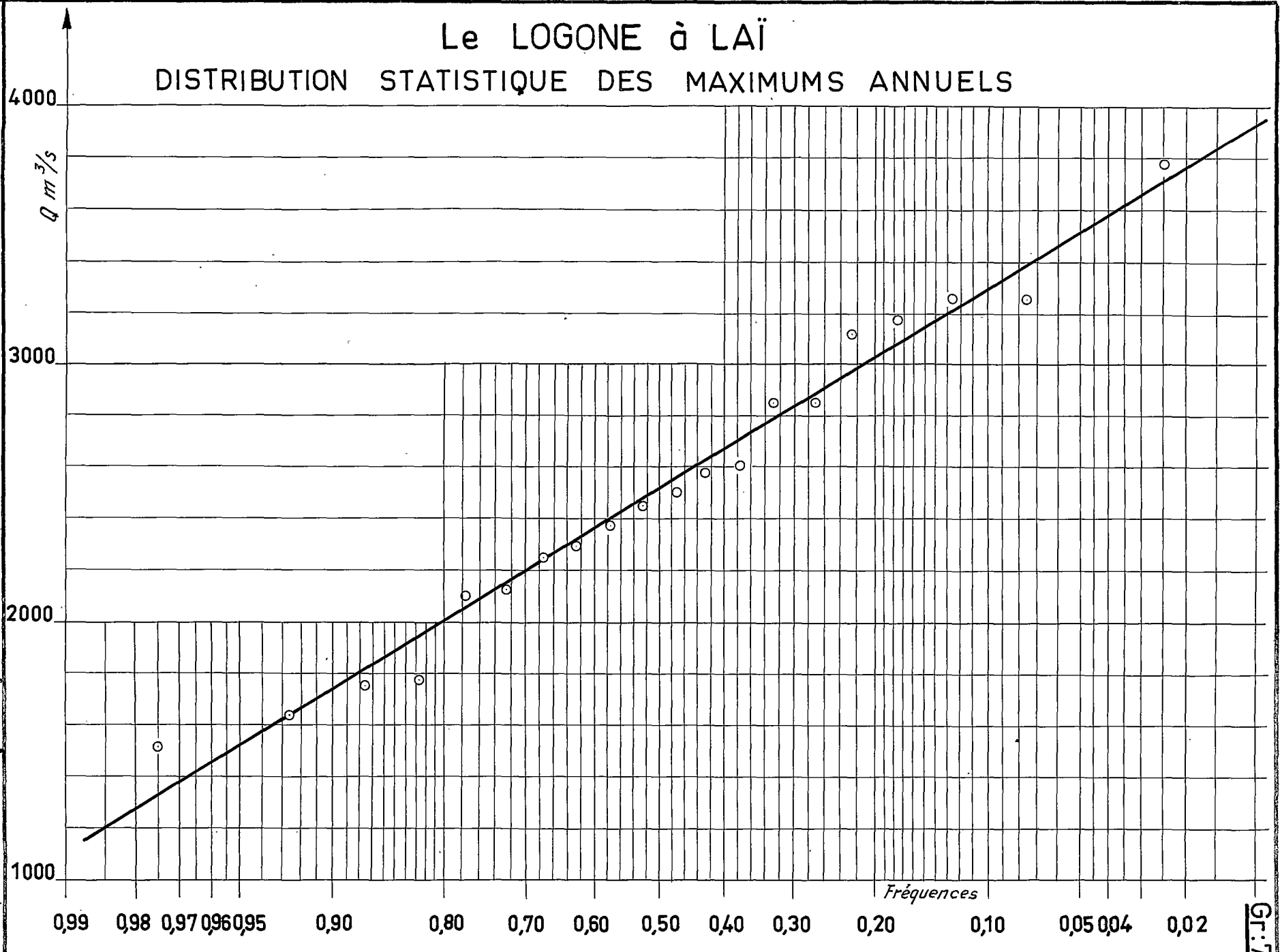
- TABLEAU VIII -

CRUES MAXIMALES OBSERVEES et CRUES CALCULEES

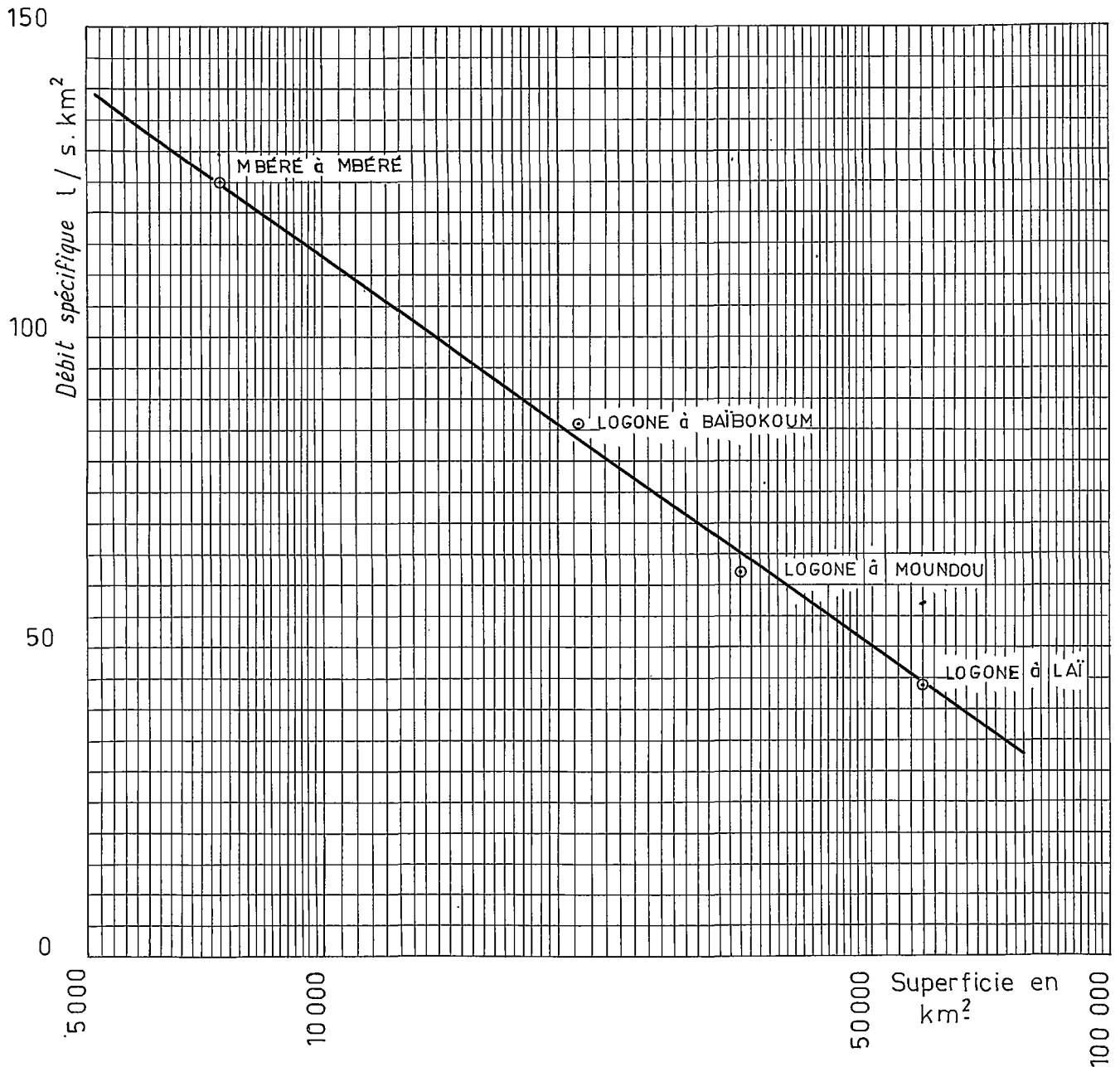
Station	Période d'obser. années	Crue maximale		Crue médiane		Crue décennale		Crue centenaire	
		m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²
Le RAO à FOUMBAN	2	361	270						
La VINA (ou BINI) à BEREM	3	(250)	160						
La VINA à SORA MBOUM	3	1268	130						
La VINA du Nord à TOUBORO	3	1005	82						
Le NGOU à BOUYAN GOU (ou BOUGOUY)	6	370	220						
La MBERE à MBERE	15	1940	261	932	125	1510	203	2106	283
La LIM à OULI BANGALA	5	675	155						
La NYA à ARGAO	3	246	86						
La PENDE à BEGOULADJE	15	736	130	501	89	645	114	758	134
La PENDE à GORE	8	875	73	652	54				
La PENDE à DOBA	16	928	65	734	51	915	64	1060	74
Le LOGONE à BAÏBOKOUM	10	4440	210	1846	86				
Le LOGONE à MOUNDOU	25	3640	107	2100	62	3000	88	3900	115
Le LOGONE à LAÏ	20	3768	66	2515	44	3290	58	3930	60

Le LOGONE à LAÏ

DISTRIBUTION STATISTIQUE DES MAXIMUMS ANNUELS



Variation du débit spécifique de la crue médiane
en regard de la superficie



En ne considérant que les bassins de superficie inférieure à 12 000 ou 15 000 km², on peut classer les cours d'eau en trois catégories :

- a) - Ceux pour lesquels la crue décennale est de l'ordre de 200 l/s.km² ou dépasse ce chiffre : MBERE à MBERE, RAO à FOUMBAN, NGOU à BOUYAN GOU et, peut-être, BINI à BEREM ; ce sont des cours d'eau de montagne, à fort ruissellement, pour lesquels on retrouve des débits spécifiques comparables à ceux qui ont déjà été observés en diverses régions montagneuses du Cameroun ou de Guinée.
- b) - Les cours d'eau de régions montagneuses mais à relief moins accentué. Ils se trouvent sur la moitié Est du Bassin. C'est notamment le cas de la LIM et de la haute PENDE, à l'amont de BEGOULADJE, dont les débits spécifiques de crues décennales sont compris entre 110 et 150 l/s.km².
- c) - Enfin les cours d'eau de moyenne importance en plaine, ou les grands cours d'eau avec des débits spécifiques de crues décennales compris entre 60 et 90 l/s.km². La PENDE se fait remarquer par ses faibles crues dues notamment à un bassin supérieur possédant des pentes plus faibles que celui du LOGONE proprement dit et à un bassin très allongé. Pour cette dernière catégorie, intervient, sur les grands bassins, l'amortissement des crues dont il est parlé ci-après, le LOGONE à BAIBOKOUM présentant des crues intermédiaires entre celles des catégories b) et c). Il faut noter que tous ces chiffres sont en bon accord avec ceux que l'on trouve ailleurs en Afrique occidentale.

3.2. - Amortissement des crues

L'amortissement des crues, de l'amont à l'aval du bassin, est renforcé par deux facteurs principaux qui sont : d'une part, l'extension du lit majeur et d'autre part, les débordements.

Le graphique 8 montre l'amortissement de la crue de fréquence médiane le long du LOGONE. Sur la PENDE, l'amortissement de la crue entre GORE et DOBA est très faible puisqu'on passe d'un débit spécifique médian de 54 l/s.km² pour GORE à 51 l/s.km² pour DOBA.

Ce phénomène prend une toute autre ampleur si l'on s'attache aux crues de faible fréquence, du fait de l'augmentation des débordements.

Le rapport du débit spécifique de crue à MOUNDOU au débit spécifique de crue à LAÏ passe de 1,4 pour la crue médiane à 1,5 pour la crue décennale et atteint 1,9 pour la crue de fréquence centenaire. Pour la PENDE, ce rapport passe, pour les mêmes fréquences, de 1,7 à 1,8 et 1,9.

Cet amortissement se traduit également par la variation du type de loi statistique employée pour l'estimation des crues de fréquence rare. Ainsi, pour la MBERE à MBERE et le LOGONE à MOUNDOU, a-t-on utilisé une loi de Pearson III, alors que pour LAÏ, les maximums annuels s'ajustent selon une loi normale qui tend à devenir hypo-gaussique pour les stations situées plus en aval.

On est ainsi conduit à considérer que les valeurs des crues centennaires à MOUNDOU et à LAÏ sont sensiblement équivalentes et égales à 4 000 m³/s.

3.3. - Vitesse de propagation des crues

Si suivre la propagation d'une crue dans le haut bassin est une chose relativement facile à réaliser, il n'en est plus de même lorsqu'on atteint BAÏBOKOUM. En effet, il se produit alors un étalement de la crue et une superposition des différentes ondes de crues en provenance des divers affluents du LOGONE, ce qui rend le phénomène très complexe.

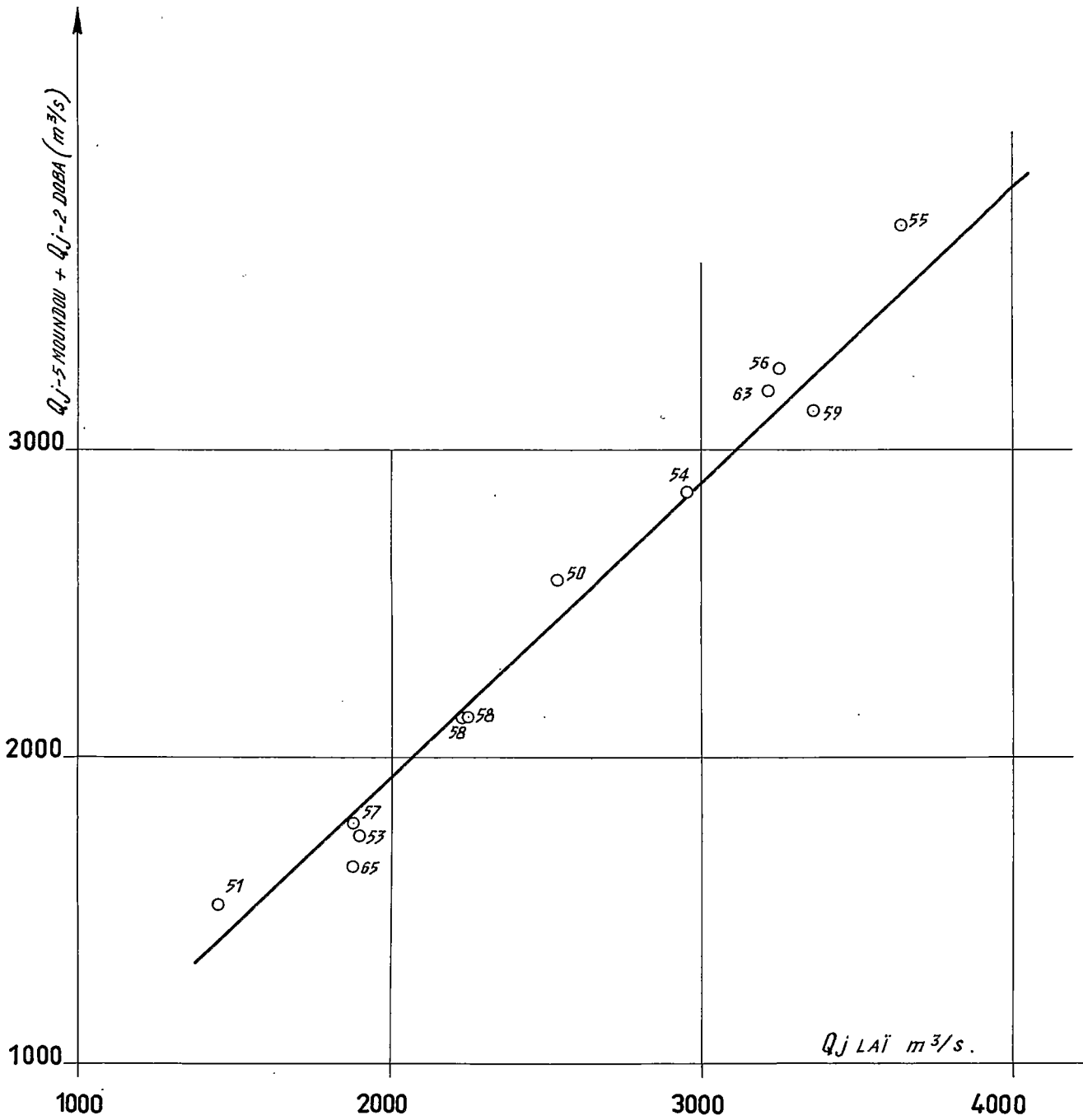
Néanmoins, la considération de crues assez bien individualisées permet de se faire une bonne idée de leurs temps de propagation entre MOUNDOU et LAÏ d'une part, DOBA et LAÏ d'autre part.

Si l'on ajoute au débit enregistré à MOUNDOU cinq jours avant que se produise le maximum annuel de LAÏ, le débit enregistré à DOBA deux jours avant ce maximum, on obtient un débit sensiblement équivalent à celui réellement observé à LAÏ.

Les points qui correspondent aux couples débits observés-débits calculés figurent sur le graphique 9 : une droite empirique a été tracée sans tenir compte des années 1950 et 1952, années de très forte pluviométrie dans la région de LAÏ ; ces temps de propagation correspondent à 36 km/jour pour le LOGONE et 60 km/jour pour la PENDE mais ne sont valables que durant la saison des hautes eaux.

Pour les mois de Juin, Juillet et même Août, le temps de propagation est réduit à trois jours entre MOUNDOU et LAÏ, du fait de la suppression de l'étalement dans le lit majeur (60 km/jour).

Relation entre Q_j à LAÏ et (Q_{j-5} à MOUNDOU + Q_{j-2} à DOBA) Septembre - Octobre



Dans le haut bassin la propagation des crues est évidemment beaucoup plus rapide. Si l'on considère les gradients de débit journaliers, on voit qu'il faut à peu près deux jours pour qu'une crue aille de BEREM à TOUBORO, soit environ 200 km.

Sur la PENDE, le temps de parcours entre BEGOULADJE et GORE est de l'ordre de 24 heures pour 44 km.

En conclusion, le temps de parcours moyen d'une crue entre la station de BEREM et celle de LAÏ est de neuf jours ; la vitesse de propagation moyenne, qui avoisine 1,8 m/s sur le haut bassin, passant à 0,40 m/s entre MOUNDOU et LAÏ.

3.4. - Eventualité des maximums annuels

Le tableau IX donne les fréquences d'apparition des maximums annuels selon les mois de hautes eaux pour les cinq stations de MBERE, BEGOULADJE, DOBA, MOUNDOU et LAÏ :

- TABLEAU IX -

Station	Nombre d'observations	Fréquence en %			
		J	A	S	O
: MBERE à MBERE	: 15	: 7	: 20	: 53	: 20
: PENDE à BEGOULADJE	: 16	: 7	: 37	: 21	: 25
: PENDE à DOBA	: 17	: 0	: 18	: 53	: 29
: LOGONE à MOUNDOU	: 25	: 0	: 24	: 56	: 20
: LOGONE à LAÏ	: 18	: 0	: 11	: 56	: 33
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:

On constate que, mis à part le haut bassin de la PENDE, les crues importantes se produisent le plus souvent aux mois de Septembre et d'Octobre, la probabilité d'apparition de telles crues avant le mois d'Août étant très faible.

Le régime du LOGONE Supérieur est caractérisé par une crue peu prononcée commençant dans le bassin supérieur avec la petite saison des pluies (Mai-Juin). Cette petite crue est presque invisible dans le bassin inférieur. La grande crue commence fin Juillet, donc avec un mois de retard sur les premières pluies importantes. Dans les bassins supérieurs, c'est une série de pointes violentes et brèves se succédant jusqu'à la fin de Septembre. Ces pointes de crues s'amortissent et se composent, produisant à LAÏ une montée régulière des eaux dont le maximum est généralement atteint vers la fin Septembre ou le début Octobre.

La décrue, qui se produit dès Octobre en l'absence de toute précipitation, est très régulière. La dernière phase, à partir de Décembre jusqu'en Avril, correspond au tarissement des nappes profondes.

3.5. - Origine des crues du LOGONE à LAÏ

On a étudié la formation des dix maximums annuels du LOGONE à LAÏ, supérieurs à 2 000 m³/s. Sur ces 10 crues, 3 seulement résultent de la conjonction du maximum annuel observé à MOUNDOU, et de celui qui a été observé sur la PENDE à la station de DOBA.

C'est notamment le cas de la plus forte crue que l'on possède, 3 770 m³/s le 9 Octobre 1955, et qui provient de la composition des crues enregistrées le 4 à MOUNDOU (2 805 m³/s), et le 6 à DOBA (900 m³/s). Il en est de même pour les crues du 19 Octobre 1954 et du 11 Octobre 1956, la première atteignant 2 855 m³/s, la seconde 3 256 m³/s.

On constate donc une tendance à une origine polygénique des crues du LOGONE à LAÏ, surtout pour les plus importantes d'entre elles, l'origine monogénique restant toutefois la règle générale tant pour les maximums annuels que pour les crues secondaires.

- CHAPITRE IV -

ETUDE DES APPORTS

4.1. - Extension des données

4.1.1. - Extension des données par régressions hydropluviométriques

Cette extension des données se heurte généralement à une mauvaise connaissance de la pluviométrie moyenne. En effet, ainsi qu'on l'a déjà précisé dans la première partie de cette Monographie, au chapitre II, peu de stations du haut bassin bénéficient d'une période d'observation suffisamment longue. Si l'on ajoute à cela le fait que la densité du réseau pluviométrique de ce haut bassin est très faible en regard de la variabilité spatiale des précipitations due au relief accidenté, on comprend que l'estimation de la pluie moyenne, ou d'un indice représentatif de cette pluie moyenne, est assez délicate dans la partie amont du bassin qui joue un rôle essentiel dans les apports.

On a tenté d'établir des corrélations hydropluviométriques à l'échelle annuelle pour les cinq stations de MBERE, BEGOULADJE, DOBA, MOUNDOU et LAÏ. Pour ces cinq stations, la mise en corrélation des modules annuels et des pluviométries moyennes annuelles est décevante (la dispersion est très importante et, à première vue, il n'apparaît aucune corrélation entre les deux paramètres, surtout pour les stations de MOUNDOU et de LAÏ).

Pour tenter d'améliorer ces corrélations, on a introduit un facteur correctif en tenant compte du fait que la pluviométrie moyenne calculée par la méthode de Thiessen ne rend pas compte de la division du bassin en deux zones : une région haute et accidentée, une région basse, beaucoup moins arrosée. Il faut donc corriger la valeur de la pluie moyenne pour introduire notamment l'effet du relief sur le ruissellement, en accordant une plus grande importance aux postes du haut bassin.

Par la méthode des déviations résiduelles, on a donc cherché un indice pluviométrique permettant de corriger les écarts à la courbe de régres-

sion module annuel-pluie moyenne annuelle. Après plusieurs essais, on s'est arrêté, pour la station de LAÏ, à l'indice suivant :

$$I_p = \frac{1}{2} (P_{\text{TOUBORO}} + P_{\text{GORE}})$$

Le facteur principal restant la pluviométrie moyenne annuelle déterminée par la méthode de Thiessen, on a introduit cet indice correctif dans l'expression suivante : $Q = a X_1 + b X_2 + c$, avec :

$$Q = \text{débit observé à LAÏ (m}^3/\text{s)},$$

$$X_1 = \text{pluviométrie moyenne annuelle (mm)},$$

$$X_2 = I_p \text{ (mm)}.$$

Les paramètres d'ajustement a , b et c ont été calculés par la méthode des moindres carrés et on obtient finalement comme expression :

$$Q = 0,660 X_1 - 0,246 X_2 - 47,0.$$

Les débits calculés à partir de cette expression sont mis en corrélation avec les débits observés. On obtient, pour 15 degrés de liberté, un coefficient de corrélation $r = 0,66$, significatif mais peu efficace.

La même méthode employée pour la station de MOUNDOU permet d'aboutir à la relation :

$$Q = 0,736 X_1 - 0,684 X_2 - 0,757.$$

Le coefficient de corrélation entre les débits observés et les débits calculés n'est que de 0,50 et n'est pas significatif.

Devant ces résultats assez médiocres, on a tenté d'étendre les données à partir de corrélations portant directement sur les débits.

4.1.2. - Extension des données par corrélation sur les débits

4.1.2.1. - Le LOGONE à LAÏ

La période d'observation commune des modules à LAÏ et à MOUNDOU comporte 14 années.

Le coefficient de corrélation, 0,89, est hautement significatif et d'une appréciable efficacité.

On peut donc calculer l'équation de régression de $Q_{\text{LAÏ}}$ connaissant

Q_{MOUNDOU} soit : $Q_{\text{LAI}} = 1,354 Q_{\text{MOUNDOU}} + 4.$

Cette formule permet l'extension de la période d'observation qui passe de 18 ans, durée totale des observations directes à LAÏ, à 27 ans. Les caractéristiques de la distribution pour ces deux périodes sont :

Période d'observation : Moyenne : 542 m³/s Ecart-type : 66 m³/s.

Période étendue : Moyenne : 544 m³/s Ecart-type : 91 m³/s.

4.1.2.2. - Le LOGONE à MOUNDOU

Les modules non observés à MOUNDOU ont été reconstitués à partir de l'équation de régression de MOUNDOU par rapport à LAÏ :

$$Q_{\text{MOUNDOU}} = 0,589 Q_{\text{LAI}} + 77.$$

Les paramètres de la distribution estimés à partir de cette série ont pour valeur :

Moyenne : 396 m³/s Ecart-type : 69 m³/s.

On considérera, pour le calcul de l'écart-type d'estimation, que la période réelle d'extension est de 27 ans sans crainte de se tromper lourdement étant donné que la période d'observation directe comporte 23 années.

4.1.2.3. - La PENDE à DOBA

La mise en corrélation directe des modules annuels de DOBA et de LAÏ donne un coefficient de corrélation de 0,77. Mais, en considérant que l'essentiel des apports à LAÏ est le fait du LOGONE proprement dit, il paraît préférable de s'intéresser à une corrélation : $Q_{\text{DOBA}} = Q_{\text{LAI}} - Q_{\text{MOUNDOU}}$ dont le coefficient est en effet bien supérieur puisqu'il atteint 0,87 pour 11 couples de valeurs.

La droite de régression est tracée sur le graphique 10, et a pour équation :

$$Q_{\text{DOBA}} = 0,508(Q_{\text{LAI}} - Q_{\text{MOUNDOU}}) + 65.$$

On peut donc calculer les modules à DOBA à partir de ceux de MOUNDOU et de LAÏ et reconstituer ainsi une série de 27 modules tout en ne perdant pas de vue que certains de ces modules seront calculés à partir de

valeurs calculées à LAÏ et à MOUNDOU. Suivant qu'on les estime à partir de la série des débits observés ou à partir de période étendue, les paramètres de la distribution ont les valeurs suivantes :

A partir des modules observés - Moyenne : 143 m³/s Ecart-type : 24 m³/s.

A partir de la période étendue - Moyenne : 140 m³/s Ecart-type : 23 m³/s.

4.1.2.4. - La PENDE à GORE

L'extension de la période d'observation a été réalisée en partant des modules observés à DOBA. La corrélation entre les valeurs observées à GORE et à DOBA est excellente $r = 0,99$, quasi fonctionnelle, si on rejette l'année 1962 à GORE.

En effet, le point représentatif de cette année particulière est nettement aberrant (graphique 11), le module étant trop fort, qu'on le compare à celui de DOBA ou à celui de BEGOULADJE pour la même année, aussi prendra-t-on, pour 1962, la valeur calculée au lieu de la valeur réellement observée.

On calculera les modules à GORE à partir de l'équation de régression :

$$Q_{\text{GORE}} = 0,854 Q_{\text{DOBA}} + 20.$$

Les paramètres de la distribution ont les valeurs suivantes :

A partir des modules observés - Moyenne : 141 m³/s Ecart-type : 27 m³/s.

A partir de la période étendue - Moyenne : 139 m³/s Ecart-type : 19 m³/s.

Sur les 27 valeurs que l'on obtient finalement pour GORE, 7 sont observées, 9 sont calculées à partir de modules réellement observés à DOBA, les 11 premières valeurs sont estimées à partir de modules à DOBA calculés.

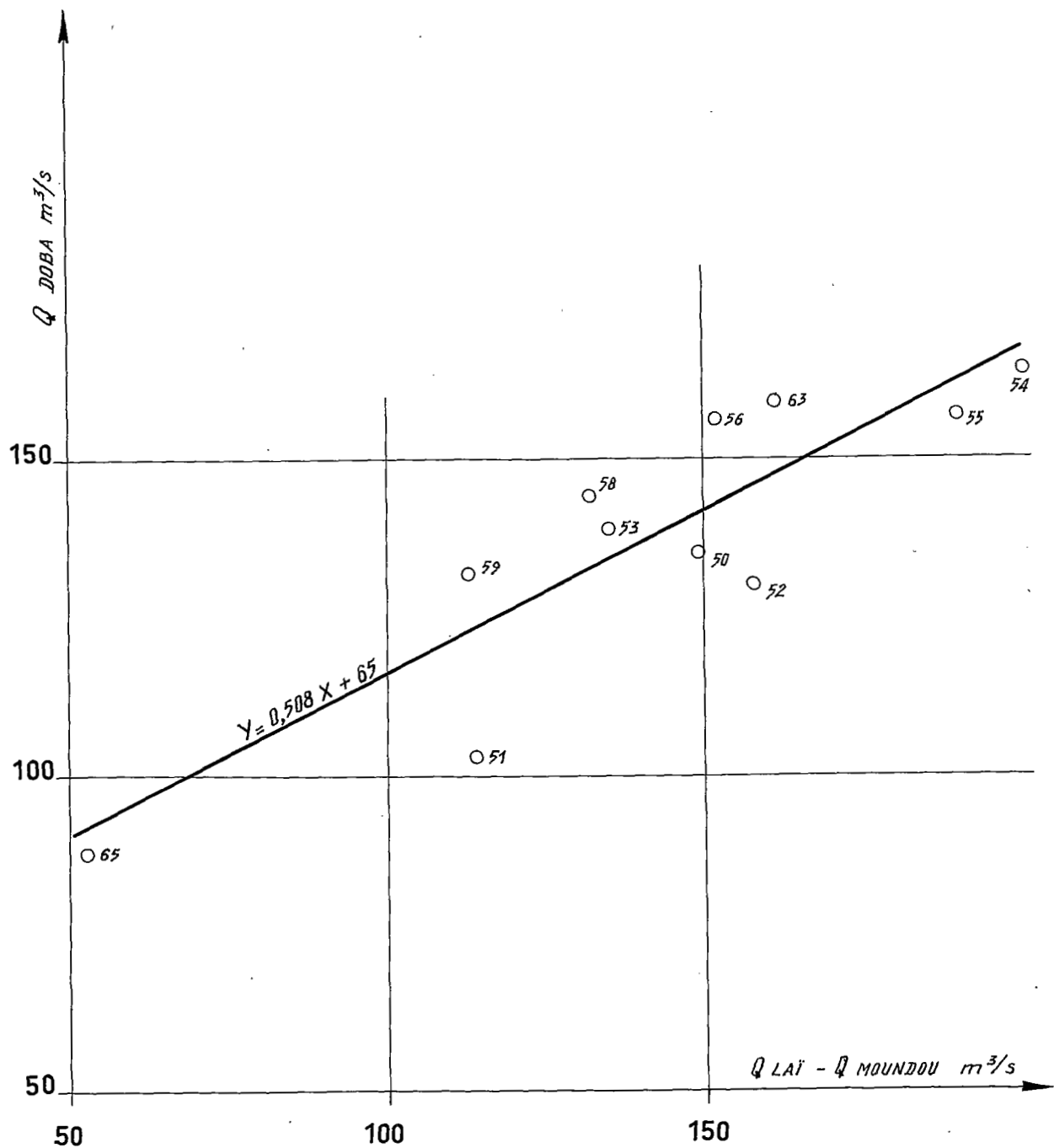
4.1.2.5. - La PENDE à BEGOULADJE

Pour cette station, on a retenu la corrélation avec DOBA qui, pour 13 couples de valeurs, donne un coefficient égal à 0,87, alors que la corrélation avec GORE, qui porte sur 7 couples, ne donne que $r = 0,83$.

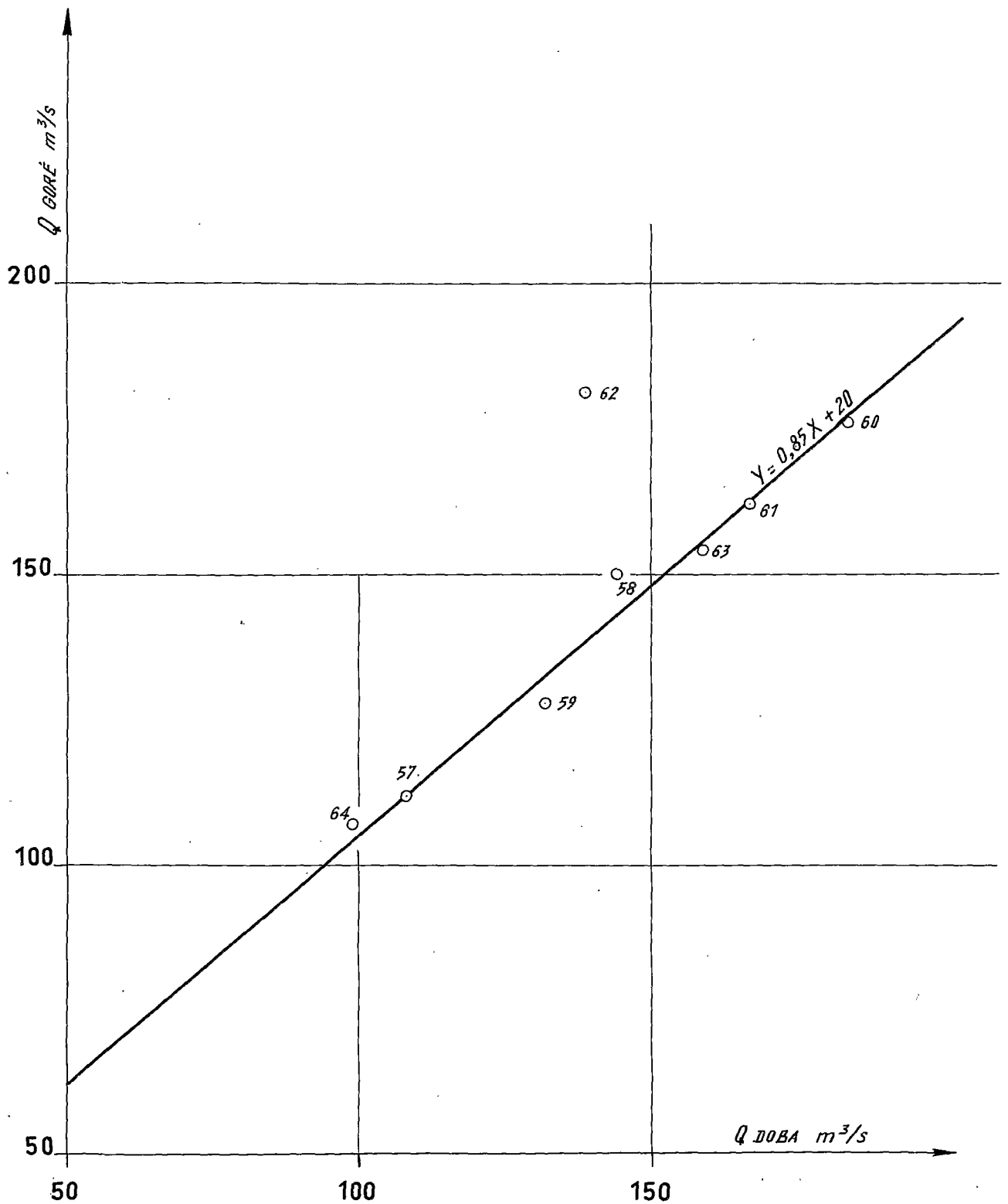
On calculera donc les modules à BEGOULADJE à partir de l'expression suivante :

$$Q_{\text{BEGOULADJE}} = 0,501 Q_{\text{DOBA}} + 6.$$

CORRELATION Q DOBA = Q LAÏ - Q MOUNDOU



CORRELATION ENTRE LES MODULES A DOBA ET LES MODULES A GORÉ



Les valeurs des paramètres de la distribution sont les suivantes :

A partir des modules observés - Moyenne : 76 m³/s Ecart-type : 17 m³/s.

A partir des modules calculés - Moyenne : 76 m³/s Ecart-type : 14 m³/s.

4.1.2.6. - La MBERE à MBERE

La MBERE est en fait le principal affluent du LOGONE dans son cours supérieur. En remarquant que le débit de la MBERE à la station de MBERE correspond en moyenne à 28 % du débit du LOGONE à MOUNDOU, on a tenté une corrélation entre ces deux stations.

Les résultats, bien que n'étant pas aussi bons que pour les autres stations, sont tout de même intéressants, le coefficient de corrélation atteignant 0,79 pour 12 couples de valeurs.

On a reconstitué les modules de la MBERE à MBERE à partir de l'équation de régression :

$$Q_{\text{MBERE}} = 0,425 Q_{\text{MOUNDOU}} - 53.$$

Les paramètres de la distribution ont les valeurs suivantes :

A partir des modules observés - Moyenne : 114 m³/s Ecart-type : 29 m³/s.

A partir de la période étendue - Moyenne : 115 m³/s Ecart-type : 32 m³/s.

4.2. - Etude des modules

4.2.1. - Module interannuel

A partir des corrélations précédentes, on a pu étendre les observations à 27 années. Les modules observés et reconstitués figurent, pour chacune des six stations principales, dans le tableau X qui couvre la période 1935-1965 mis à part les années 1938, 1939, 1941 et 1947. On sait de façon qualitative que l'année 1938 était supérieure à la moyenne, et peut-être très forte, l'année 1947, légèrement inférieure à la moyenne, l'année 1941, faible, ou très faible, l'année 1939 ne s'est distinguée ni par des débits très élevés ni par des débits très faibles. Ce qu'on peut affirmer, c'est que l'ensemble de ces 4 années n'est pas de nature à apporter un changement appréciable dans les paramètres de la distribution tels qu'ils ont été établis.

- TABLEAU X -

BASSIN DU LOGONE SUPERIEUR

Modules annuels de la période étendue (m³/s)

(Les valeurs observées sont soulignées)

Année	LOGONE à LAÏ	LOGONE à MOUNDOU	PENDE à DOBA	PENDE à GORE	PENDE à BEGOULADJE	MBERE à MBERE
1935	704	(517)	160	157	86	167
36	573	(420)	143	142	78	125
37	509	(373)	134	134	73	105
1940	460	(337)	127	128	70	90
42	540	(396)	138	138	75	115
43	678	(498)	156	153	84	159
44	307	(224)	107	111	60	42
45	619	(454)	149	147	81	193
46	564	(414)	141	140	77	123
47	(580)	(374)	170	165	91	106
49	(502)	373	130	131	71	105
1950	(543)	(394)	(135)	135	74	114
51	(442)	(328)	(103)	108	(57)	(97)
52	(510)	(352)	(130)	131	65	115
53	(423)	(288)	(139)	139	71	61
54	654	(453)	164	160	(83)	114
55	708	(513)	157	154	91	167
56	567	415	156	153	101	115
57	468	360	120	112	78	94
58	522	(390)	(144)	(150)	87	(100)
59	529	416	132	128	72	(116)
1960	650	460	(184)	176	88	(122)
61	573	414	167	162	88	100
62	538	394	(139)	139	69	(114)
63	(587)	(426)	159	154	92	180
64	(513)	(408)	118	107	56	123
65	416	363	88	95	50	(93)

NOTA. - Le calage de l'échelle de MOUNDOU n'étant pas très précis avant 1948, on ne doit pas attacher une trop grande précision aux valeurs correspondantes. Il est probable que le classement de l'année 1935 en particulier est un peu moins avantageux qu'il n'apparaît sur ce tableau.

Le tableau XI donne, pour chaque station du bassin du LOGONE Supérieur, le module interannuel sur la période d'observation et, pour les six stations étudiées particulièrement, le module interannuel sur la période étendue, ainsi que l'intervalle de confiance à 95 % de ce module.

L'étude comparative des modules spécifiques interannuels permet de dégager deux groupes de valeurs ; d'une part celles de la PENDE, d'autre part celles du LOGONE proprement dit.

Si l'on porte sur un papier semi-logarithmique les modules spécifiques interannuels de la période étendue en fonction de la superficie, on voit nettement que les valeurs obtenues pour les trois stations de la PENDE sont inférieures à celles du système MBERE-LOGONE.

Sur le graphique 12 on a porté, outre les six stations principales, celles de BOUYAN GOU sur le NGOU et de OULI BANGALA sur la LIM.

Les points du système MBERE-LOGONE s'alignent à peu près selon une droite, le débit spécifique interannuel variant en raison inverse de la superficie. Ceci est dû essentiellement à la diminution de la pluviométrie d'amont en aval, ou plutôt du Sud au Nord.

4.2.2. - Distribution statistique des modules annuels

On a procédé à l'étude statistique des modules pour les six stations de LAÏ, MOUNDOU, DOBA, GORE, BEGOULADJE et MBERE.

Comme on pouvait s'y attendre pour ce genre de régime, les 27 modules annuels sont distribués selon une loi normale entièrement définie par la moyenne et l'écart-type pour chacune de ces stations.

De façon à pouvoir donner, avec une plus grande précision, l'intervalle de confiance à 95 % pour divers temps de récurrence, on a calculé pour chaque station le nombre d'années réel de la période d'extension, compte tenu du coefficient de corrélation et de l'importance relative de la période d'observation par rapport à la période étendue.

Etant donné que les écarts-types obtenus sur les périodes étendues sont inférieurs aux écarts-types calculés sur les périodes d'observation (effet de moyenne des corrélations), on a pris, pour le calcul de l'écart-type d'estimation, l'écart-type calculé sur les valeurs observées.

- TABLEAU XI -

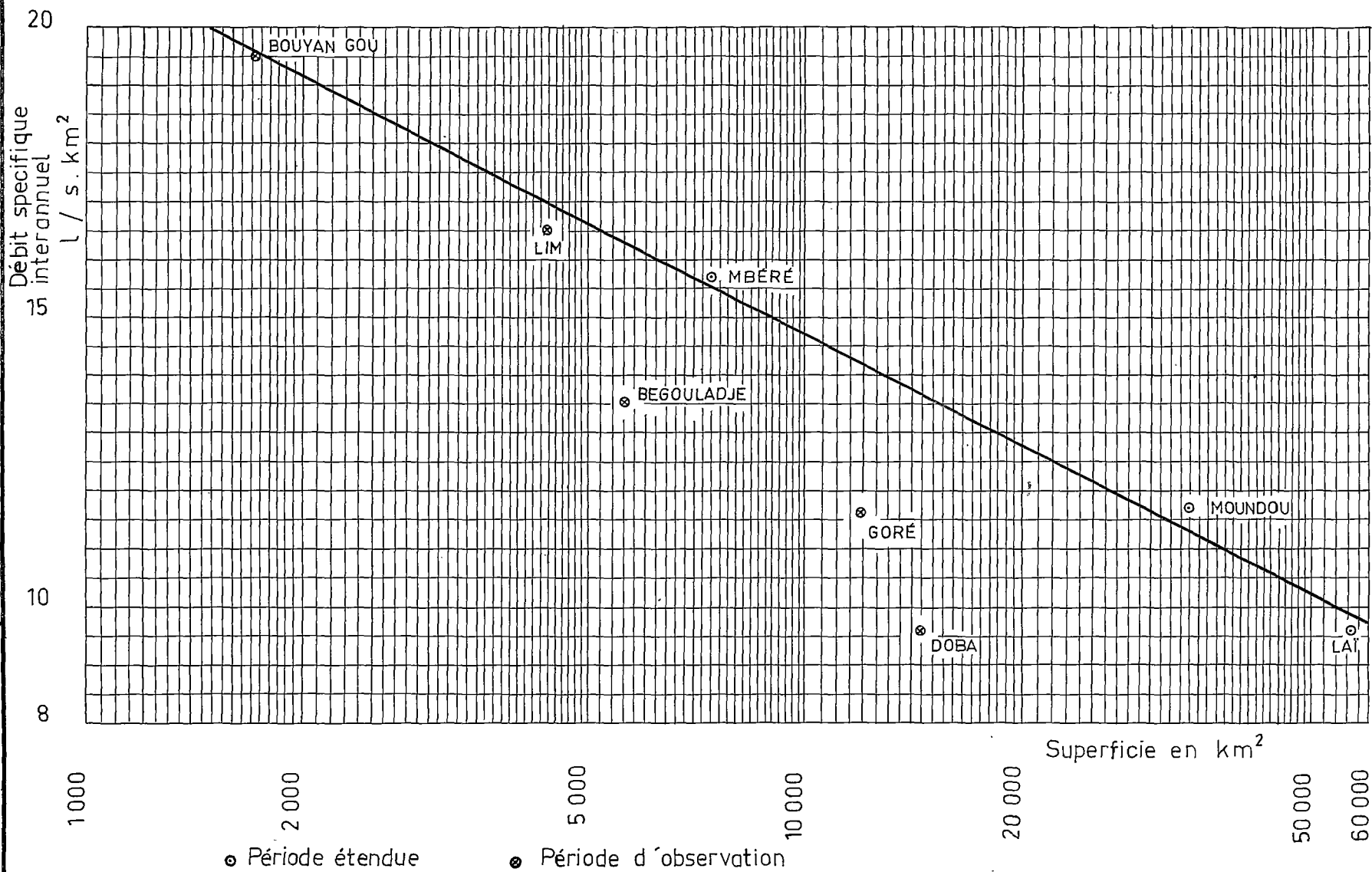
BASSIN DU LOGONE SUPERIEUR

Module interannuel

Station	Superficie du bassin km ²	Période d'obser. Années	Module interannuel sur la période d'observation		Module interannuel sur la période étendue		Intervalle de confiance à 95 % m ³ /s
			m ³ /s	l/s.km ²	m ³ /s	l/s.km ²	
LOGONE à LAÏ	56 700	18	542	9,3	544	9,6	507-581
LOGONE à MOÛDOU	33 970	23	394	11,6	398	11,7	373-423
PENDE à DOBA	14 300	14	142	9,9	140	9,8	130-150
PENDE à GORE	12 020	7	141	11,7	139	11,6	129-149
PENDE à BEGOULADJE	5 640	15	76	13,5	76	13,5	68-84
MBERE à MBERE	7 430	15	114	15,3	115	15,4	101-129
RAO à FOUMBAN	1 340	2	12,3	9,2			
VINA à BEREM	1 590	3	27,2	17,1			
VINA à CORA MBOUM	9 350	2	132	13,8			
VINA à TOUBORO	12 280	3	147	12,0			
NGOU à BOUYAN GOU	1 690	5	33	19,5			
LIM à OULI BANGALA	4 360	4	72	16,5			
NYA à ARGAO	2 840	3	21	7,4			
LOGONE à BAÏBOKOUM	21 360	4	346	16,2			

Période étendue : 27 années

Variation du débit spécifique interannuel en regard de la superficie



On a ainsi :

le LOGONE à LAÏ

Coefficient de corrélation : 0,89
Module estimé : 544 m³/s
Ecart-type : 91 m³/s
Nombre d'années réel de la période d'extension : 22 ans
Ecart-type d'estimation : $\frac{91}{\sqrt{22}} = 19 \text{ m}^3/\text{s}$
Intervalle de confiance à 95 % : 507 m³/s - 581 m³/s

le LOGONE à MOUNDOU

Module estimé : 398 m³/s
Ecart-type : 64 m³/s
Ecart-type d'estimation : $\frac{69}{\sqrt{27}} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$
Intervalle de confiance à 95 % : 373 m³/s - 423 m³/s

la PENDE à DOBA

Coefficient de corrélation : 0,86
Module estimé : 140 m³/s
Ecart-type : 23 m³/s
Nombre d'années réel de la période d'extension : 21 ans
Ecart-type d'estimation : $\frac{24}{\sqrt{21}} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$
Intervalle de confiance à 95 % : 130 m³/s - 150 m³/s

La PENDE à GORE

Coefficient de corrélation : 0,99
Module estimé : 139 m³/s
Ecart-type : 19 m³/s
Nombre d'années réel de la période d'extension : 25 ans
Ecart-type d'estimation : $\frac{27}{\sqrt{25}} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$
Intervalle de confiance à 95 % : 129 m³/s - 149 m³/s

La PENDE à BEGOULADJE

Coefficient de corrélation : 0,83
 Module estimé : 76 m³/s
 Ecart-type : 14 m³/s
 Nombre d'années réel de la période d'extension : 18 ans

Ecart-type d'estimation : $\frac{17}{\sqrt{18}} = 4 \text{ m}^3/\text{s}$
 Intervalle de confiance à 95 % : 68 m³/s - 84 m³/s

la MBERE à MBERE

Coefficient de corrélation : 0,75
 Module estimé : 115 m³/s
 Ecart-type : 32 m³/s
 Nombre d'années réel de la période d'extension : 19 ans

Ecart-type d'estimation : $\frac{32}{\sqrt{19}} = 7 \text{ m}^3/\text{s}$
 Intervalle de confiance à 95 % : 101 m³/s - 129 m³/s

La distribution statistique des modules annuels à LAÏ et à MOUNDOU est représentée sur les graphiques 13 et 14, avec l'indication graphique de l'intervalle de confiance à 95 %.

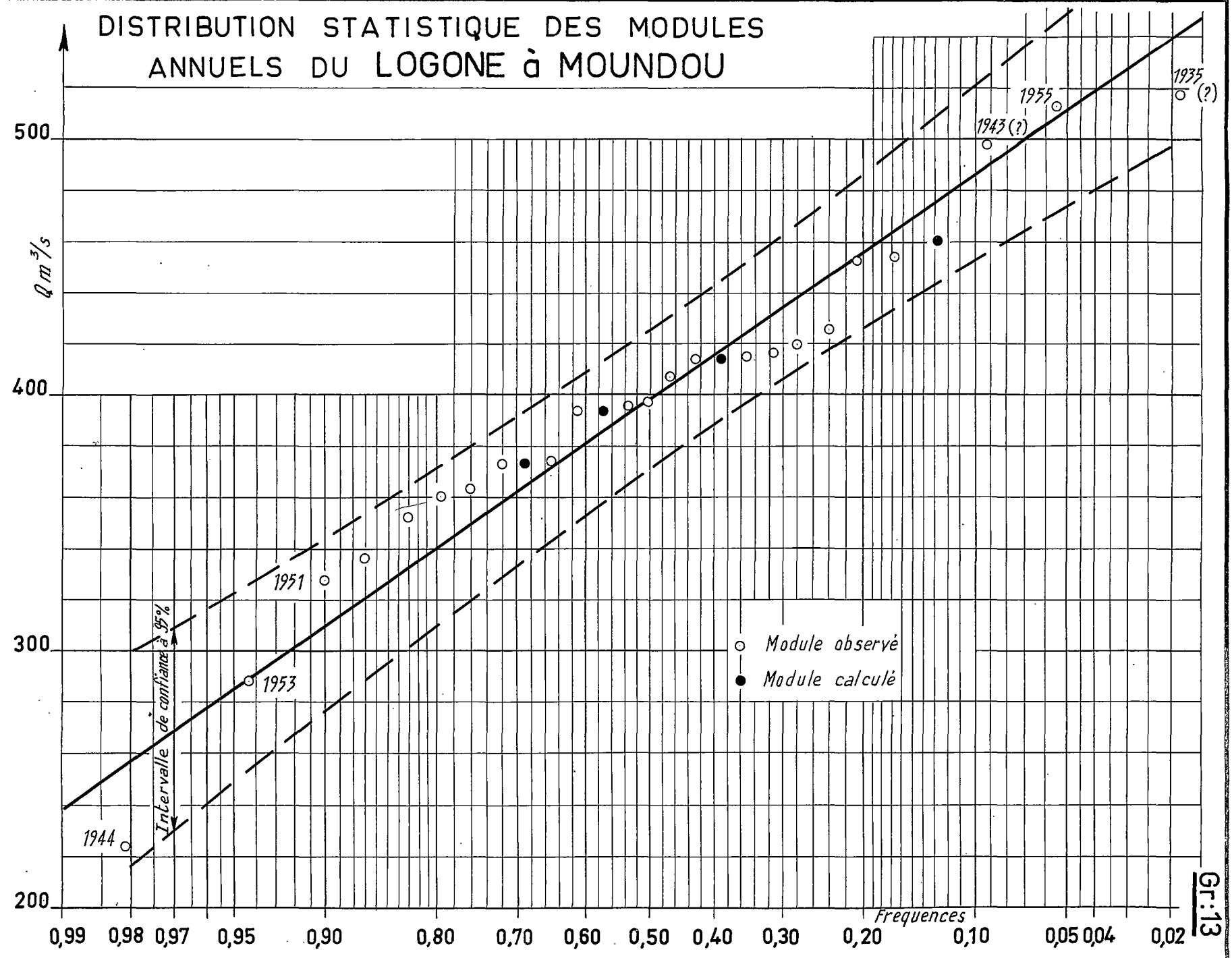
Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

- TABLEAU XII -

Module pour différentes fréquences avec un intervalle de confiance à 95 %

Station	Période d'observation (années)	Période réelle d'extension (années)	Médian m ³ /s	Décennal humide m ³ /s	Décennal sec m ³ /s	Cinquantenaire humide m ³ /s
LOGONE à LAÏ	18	22	544 ± 37	660 ± 50	428 ± 50	730 ± 67
LOGONE à MOUNDOU	23	27	398 ± 25	486 ± 35	310 ± 35	539 ± 41
PENDE à DOBA	17	21	140 ± 10	169 ± 14	111 ± 14	187 ± 18
PENDE à GORE	7	25	139 ± 10	163 ± 14	115 ± 14	178 ± 19
PENDE à BEGOULADJE	15	18	76 ± 8	94 ± 10	58 ± 10	105 ± 14
MBERE à MBERE	15	19	115 ± 14	156 ± 19	74 ± 19	180 ± 25

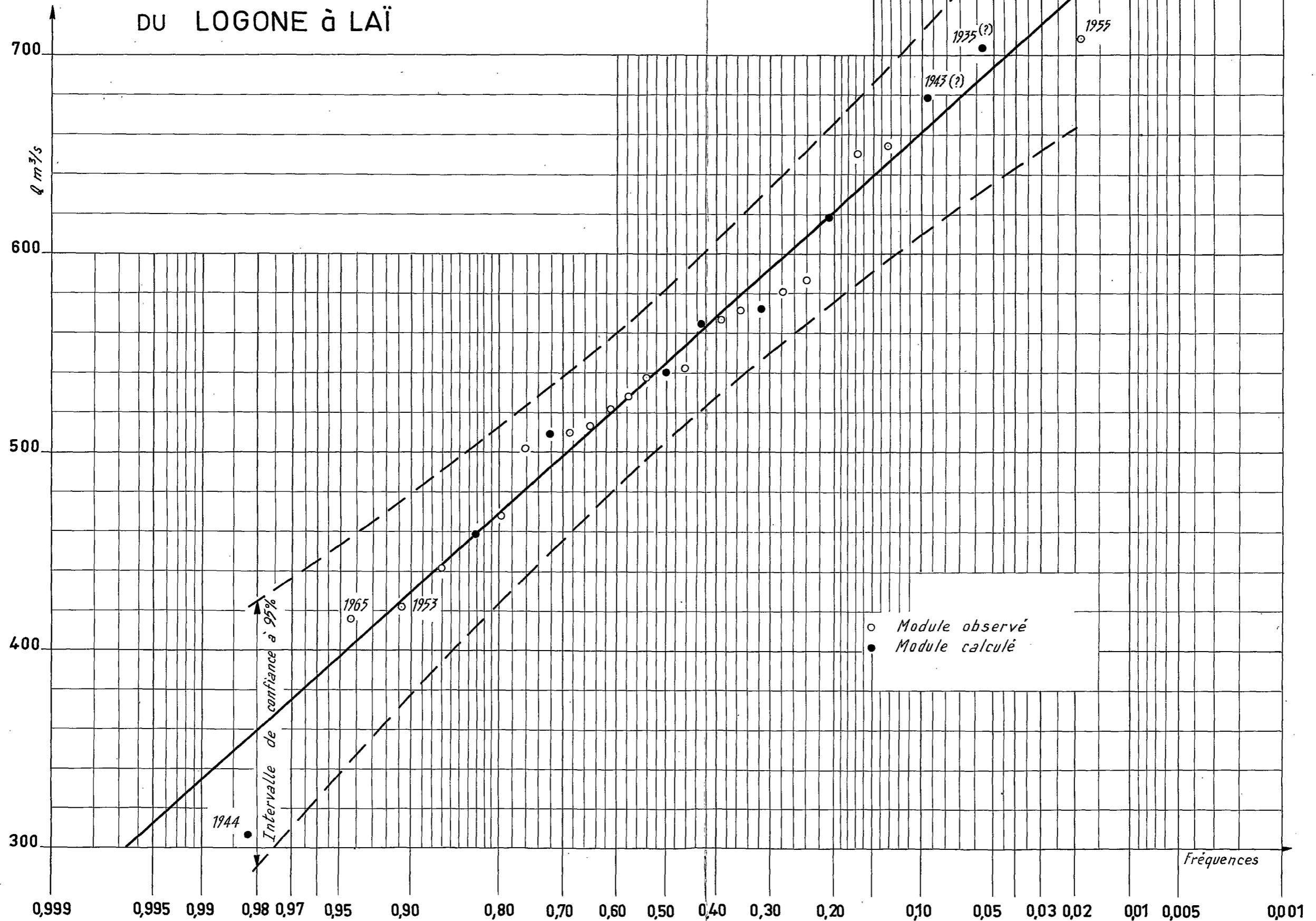
DISTRIBUTION STATISTIQUE DES MODULES ANNUELS DU LOGONE à MOUNDOU



DISTRIBUTION STATISTIQUE DES MODULES ANNUELS

Gr: 14

DU LOGONE à LAÏ



4.2.3. - Irrégularité interannuelle

L'irrégularité interannuelle est définie dans ce qui suit par le coefficient de variation C_v , rapport de l'écart-type à la moyenne.

On a calculé ces coefficients, d'une part sur la période d'observation, d'autre part sur la période étendue ainsi que le coefficient K_3 , rapport du premier décile au dernier décile.

Les écarts entre ces deux groupes de valeurs sont évidemment proportionnels à l'écart entre période observée et période estimée.

- TABLEAU XIII -

COEFFICIENTS de VARIATION

Station	Période d'observation	Période étendue	K_3
LAÏ	0,16	0,17	1,54
MOUNDOU	0,17	0,16	1,57
DOBA	0,17	0,16	1,52
GORE	0,19	0,14	1,42
BEGOUADJE	0,22	0,18	1,62
MBERE	0,25	0,28	2,11

On voit, d'après ces valeurs, que les régimes des rivières comme la MBERE, le LOGONE et la PENDE, sont des régimes réguliers.

La PENDE paraît avoir un régime plus régulier que le LOGONE proprement dit et on note une tendance à la régularisation du régime lorsque le bassin augmente en superficie. Cette régularité est aussi due en grande partie à l'extension des zones de débordement surtout en ce qui concerne la PENDE à DOBA.

4.3. - Débits moyens mensuels

On a classé, par ordre décroissant, les débits mensuels observés aux cinq stations de LAÏ, MOUNDOU, DOBA, BEGOULADJE et MBERE, de façon à calculer les débits correspondant aux fréquences de dépassement 0,25, 0,50 et 0,75. Les courbes de variation de ces débits figurent sur les graphiques 15 à 19 et le tableau XIV, ci-après, rassemble les résultats obtenus.

On voit qu'il y a en fait peu de différence entre les débits de fréquence 0,25 et ceux de fréquence 0,75, surtout pour les mois d'étiage et de très hautes eaux. On note également qu'aux stations aval, Octobre tend à devenir plus fort que Juillet, ce qui résulte de la propagation de la crue vers l'aval.

4.4. - Variations saisonnières

Les variations saisonnières du débit sont bien mises en valeur si on considère les coefficients mensuels calculés à partir des débits moyens mensuels. Soit q_i le débit moyen mensuel et Q le module interannuel, le coefficient mensuel correspondant sera donné par l'expression :

$$\frac{100 q_i}{12 Q}$$

Le tableau ci-dessous rassemble les coefficients mensuels interannuels pour les cinq stations ayant au moins 15 ans d'observation.

- TABLEAU XV -

COEFFICIENTS MENSUELS INTERANNUELS

Station	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
LOGONE à LAÏ	1,0	1,4	2,4	7,7	17,0	30,0	24,2	8,1	3,1	1,9	1,3	0,9
LOGONE à MOUNDOU	1,0	1,8	3,0	8,0	20,7	29,7	21,8	6,5	2,8	1,8	1,2	0,8
PENDE à DOBA	0,5	0,8	1,2	5,8	18,6	32,9	25,9	7,9	2,8	1,4	0,8	0,5
PENDE à BEGOULADJE	0,9	1,1	1,8	9,6	23,0	30,0	21,7	6,0	2,5	1,5	1,0	0,8
MBERE à MBERE	1,9	3,3	6,1	10,5	18,5	24,3	19,3	6,6	3,7	2,5	1,6	1,2

- TABLEAU XIV -

DEBITS MENSUELS ayant 25, 50 ou 75 CHANCES sur CENT
d'être atteints ou dépassés (m³/s)

Station	Fréquence	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
LAI	0,25	74	118	163	589	1247	2255	1967	635	245	155	101	71
	0,50	60	90	152	508	1068	1981	1436	482	197	118	83	59
	0,75	55	80	131	380	987	1791	1290	429	170	108	76	54
MOUNDOU	0,25	69	112	165	460	1187	1671	1313	361	170	100	75	47
	0,50	47	81	130	355	991	1468	877	278	133	84	55	38
	0,75	43	58	95	303	787	1238	790	219	120	71	42	30
DOBA	0,25	10	15	22	121	364	617	592	160	55	30	16	10
	0,50	9	10	16	112	307	560	426	121	42	23	12	7
	0,75	6	9	13	75	255	531	357	102	36	16	10	6
BEGOULADJE	0,25	9	10	21	126	255	327	260	65	26	16	10	7
	0,50	8	9	15	77	216	279	167	51	22	14	9	6
	0,75	7	8	9	61	150	241	140	44	19	11	7	5
MBERE	0,25	38	54	98	167	281	418	364	104	59	37	24	17
	0,50	25	45	86	147	208	313	220	92	52	33	21	13
	0,75	15	40	57	118	168	254	179	79	44	27	20	12

Les plus hautes eaux se produisent toujours, en moyenne, au mois de Septembre quelle que soit la station considérée.

Le graphique 20, qui schématise les variations des coefficients mensuels interannuels aux trois stations de LAÏ, DOBA et MBERE, montre que la saison des hautes eaux est moins longue pour la PENDE à DOBA que pour la MBERE à MBERE avec, corrélativement, un coefficient mensuel maximal beaucoup plus fort à DOBA.

La courbe, qui représente les variations du coefficient à LAÏ, est en position intermédiaire plus proche toutefois de celle de la PENDE à DOBA que de celle de la MBERE à MBERE. On peut donc dire que le régime de la PENDE à DOBA tend à se rapprocher du régime tropical pur, ce qui implique un resserrement de la saison des hautes eaux, alors que la MBERE a, sans conteste, un régime tropical de transition; ceci est dû à l'influence des affluents aval et surtout à la déformation de l'onde de crue, les premières pointes étant pratiquement effacées. Il ne s'agit pas en fait d'un véritable régime tropical pur. Le LOGONE à LAÏ a, lui, un régime à dominance tropicale de transition, avec influence du régime tropical pur due aux quelques petits affluents de la zone aval et surtout à la déformation du diagramme de hautes eaux.

4.5. - Déficit d'écoulement et coefficient d'écoulement

A partir des modules annuels observés et reconstitués, on a calculé, pour chacune des 14 stations étudiées, les lames écoulées équivalentes, ainsi que les déficits et coefficients d'écoulement année par année.

Les valeurs obtenues figurent dans les 7 tableaux numérotés XVII à XXIII.

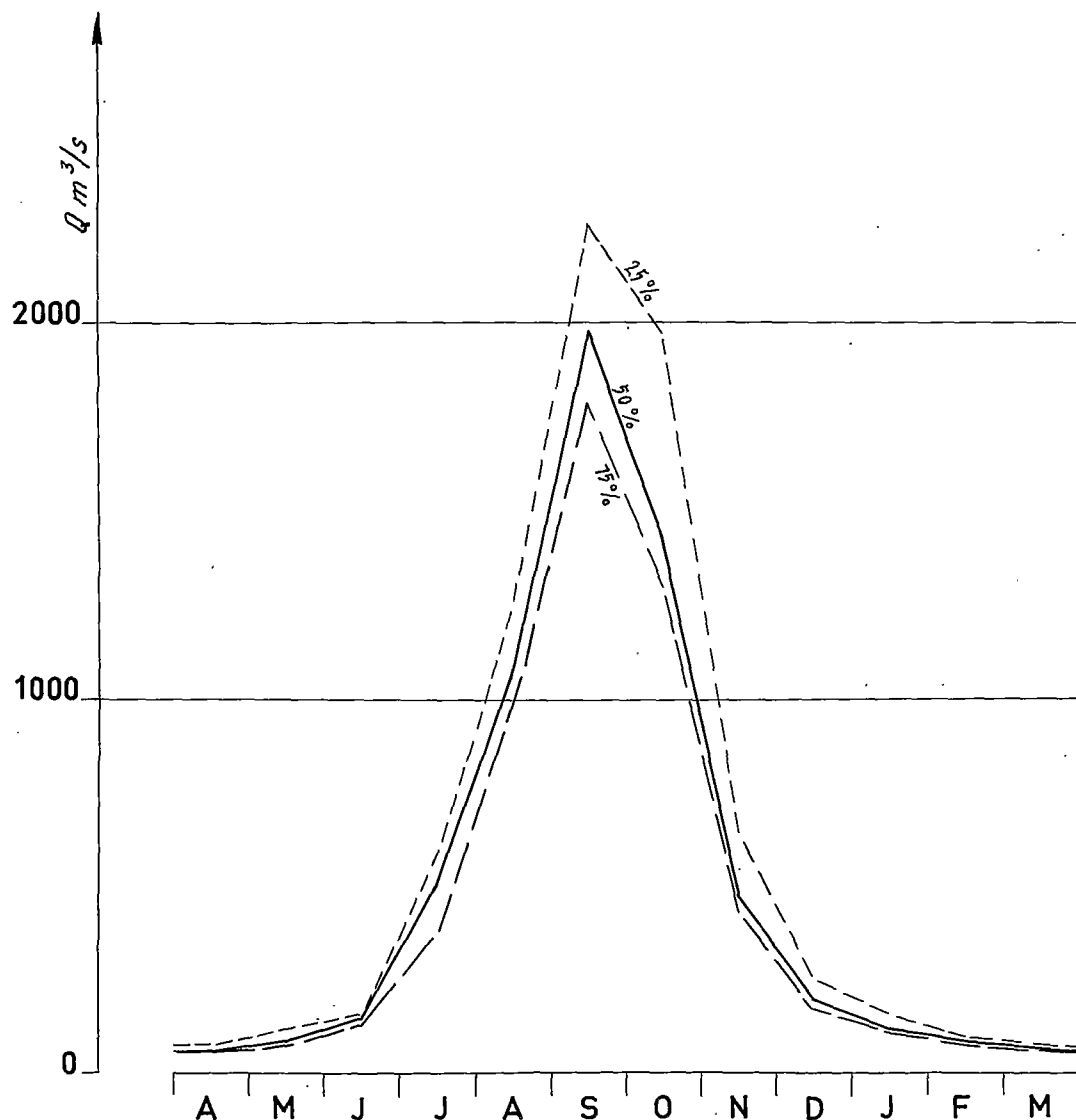
On a ensuite calculé les valeurs moyennes de ces deux facteurs, d'une part sur la période d'observation, d'autre part pour les six stations principales, sur la période étendue. Le tableau XVI résume les résultats obtenus et donne en plus, pour chaque station ayant une période d'observation suffisamment longue, la valeur minimale et la valeur maximale du coefficient et du déficit d'écoulement.

Il faut cependant bien voir que, pour 7 stations sur 14, les valeurs moyennes ne sont données qu'à titre d'indication et qu'il ne faut pas leur attribuer une valeur précise qu'elles n'ont pas.

LOGONE à LAÏ

COURBES DES DÉBITS MENSUELS D'APRÈS LEUR FRÉQUENCE

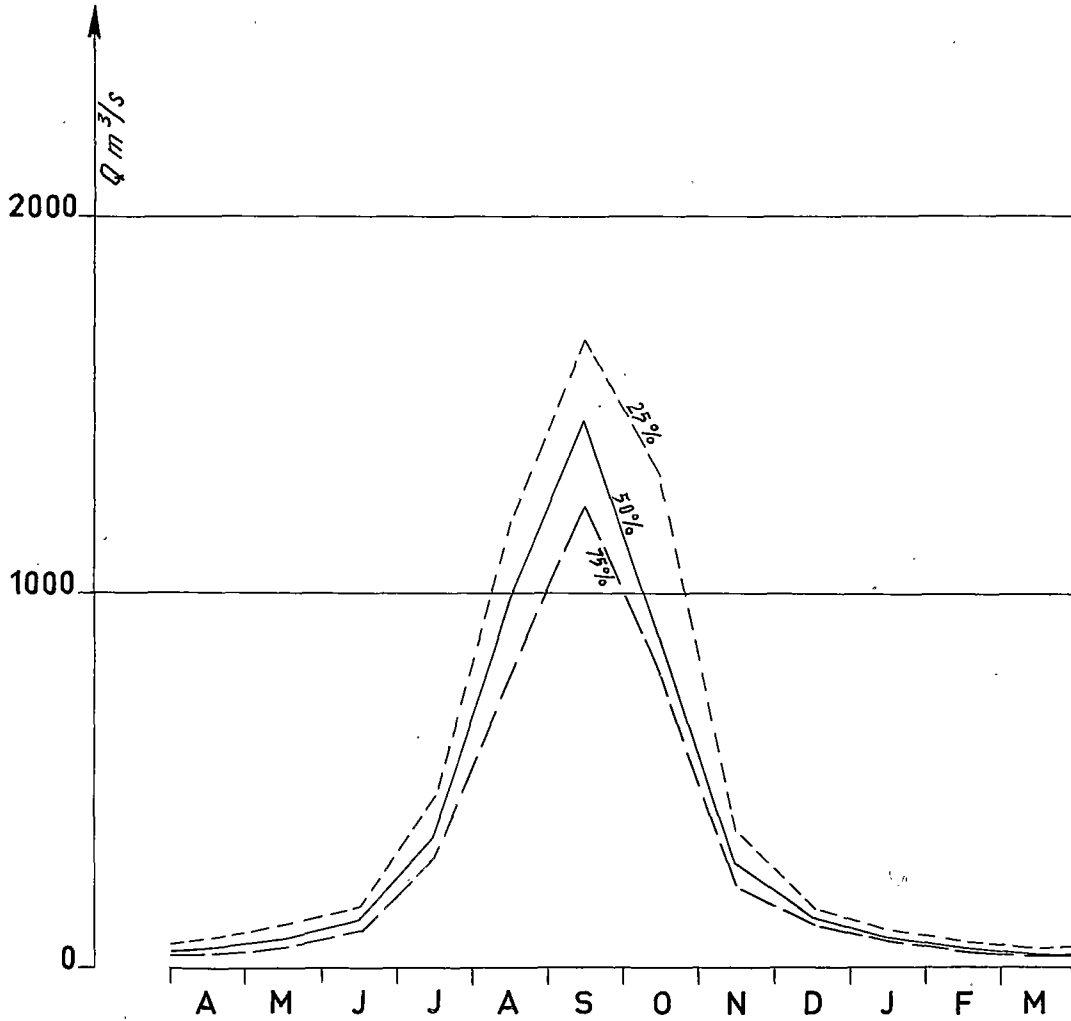
1948 - 49 à 1965 - 66



LOGONE à MOUNDOU

COURBES DES DÉBITS MENSUELS D'APRÈS LEUR FRÉQUENCE

1935 - 36 à 1965 - 66

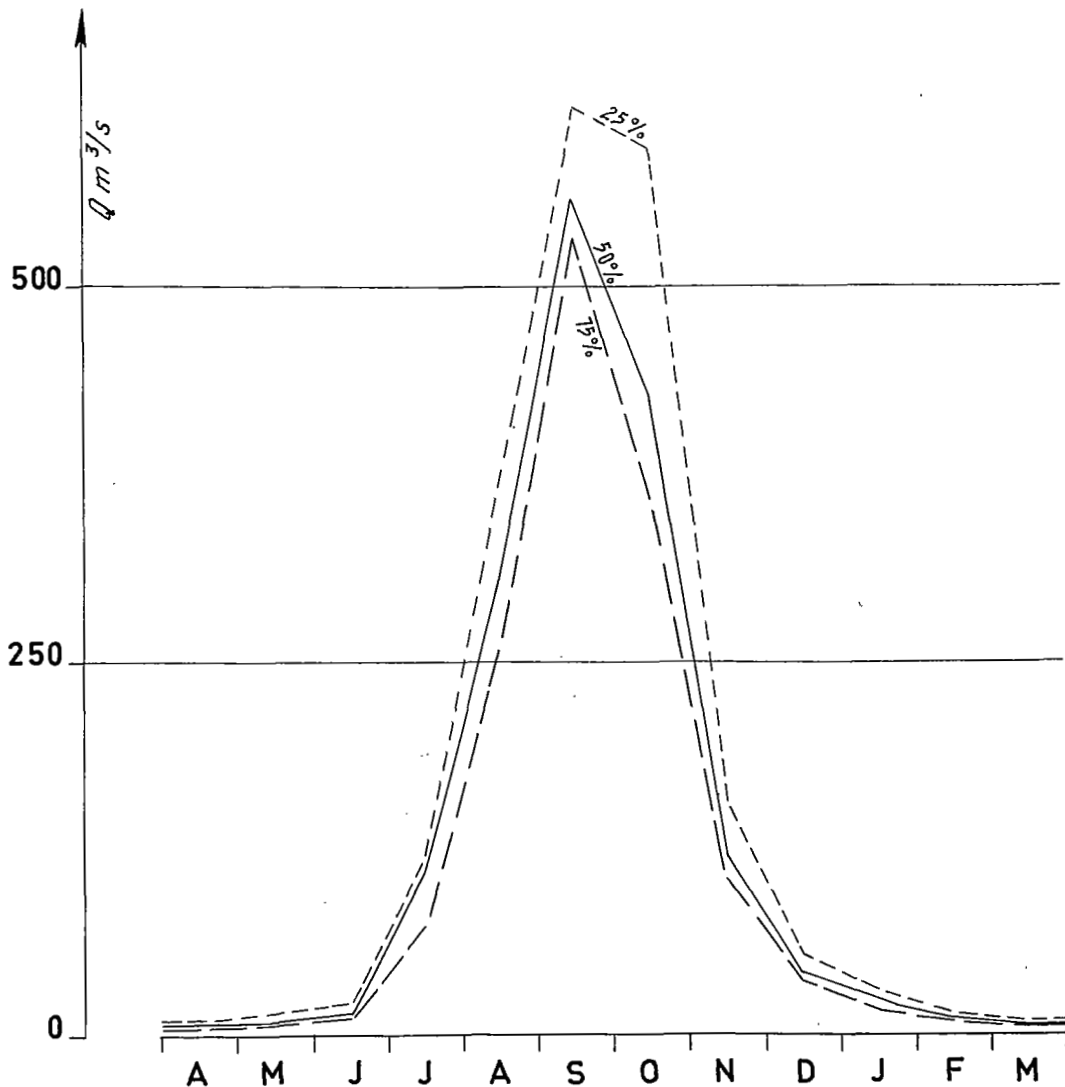


PENDÉ à DOBA

Gr:17

COURBES DES DÉBITS MENSUELS D'APRÈS LEUR FRÉQUENCE

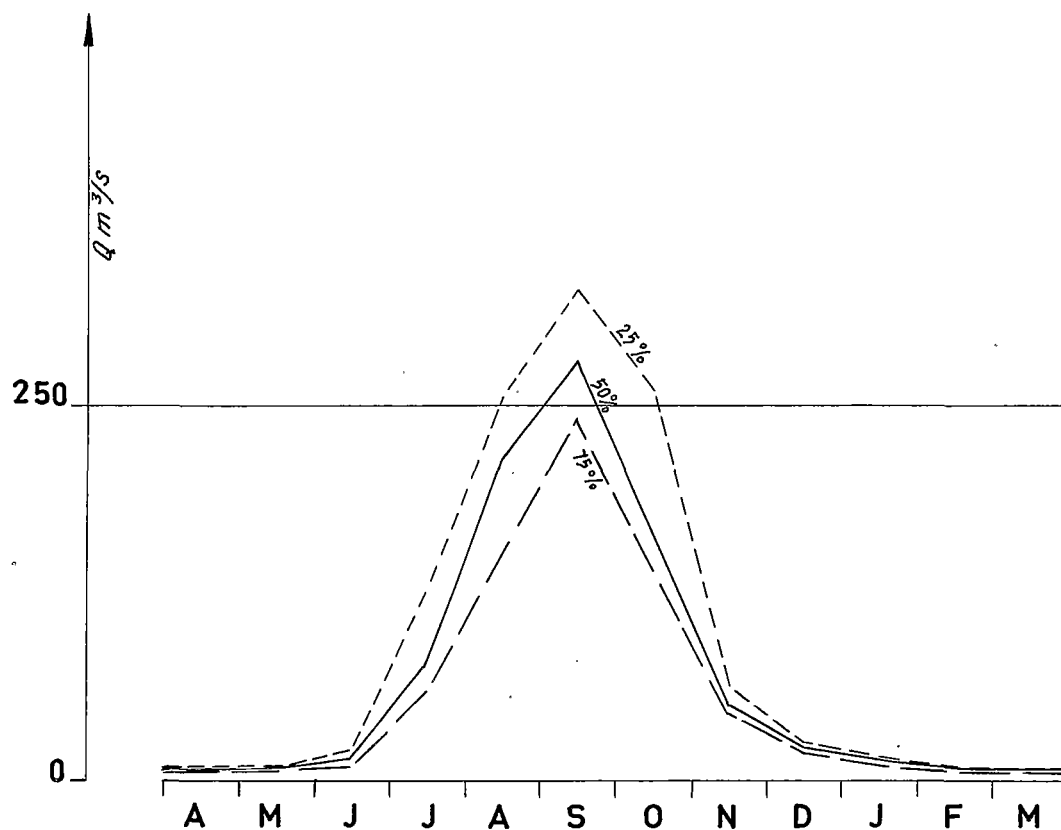
1947-48 à 1965-66



PENDÉ à BÉGOULADJÉ

COURBES DES DÉBITS MENSUELS D'APRÈS LEUR FRÉQUENCE

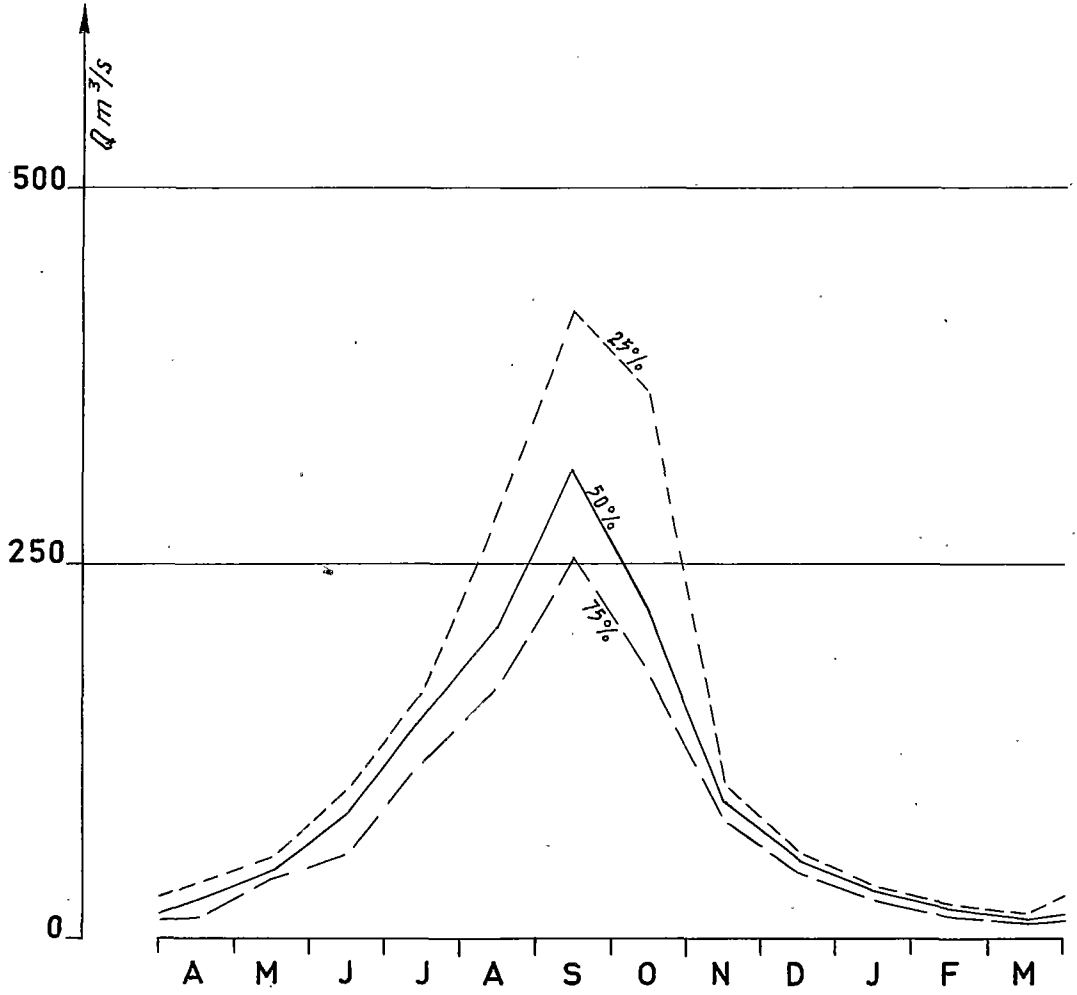
1951-52 à 1965-66.



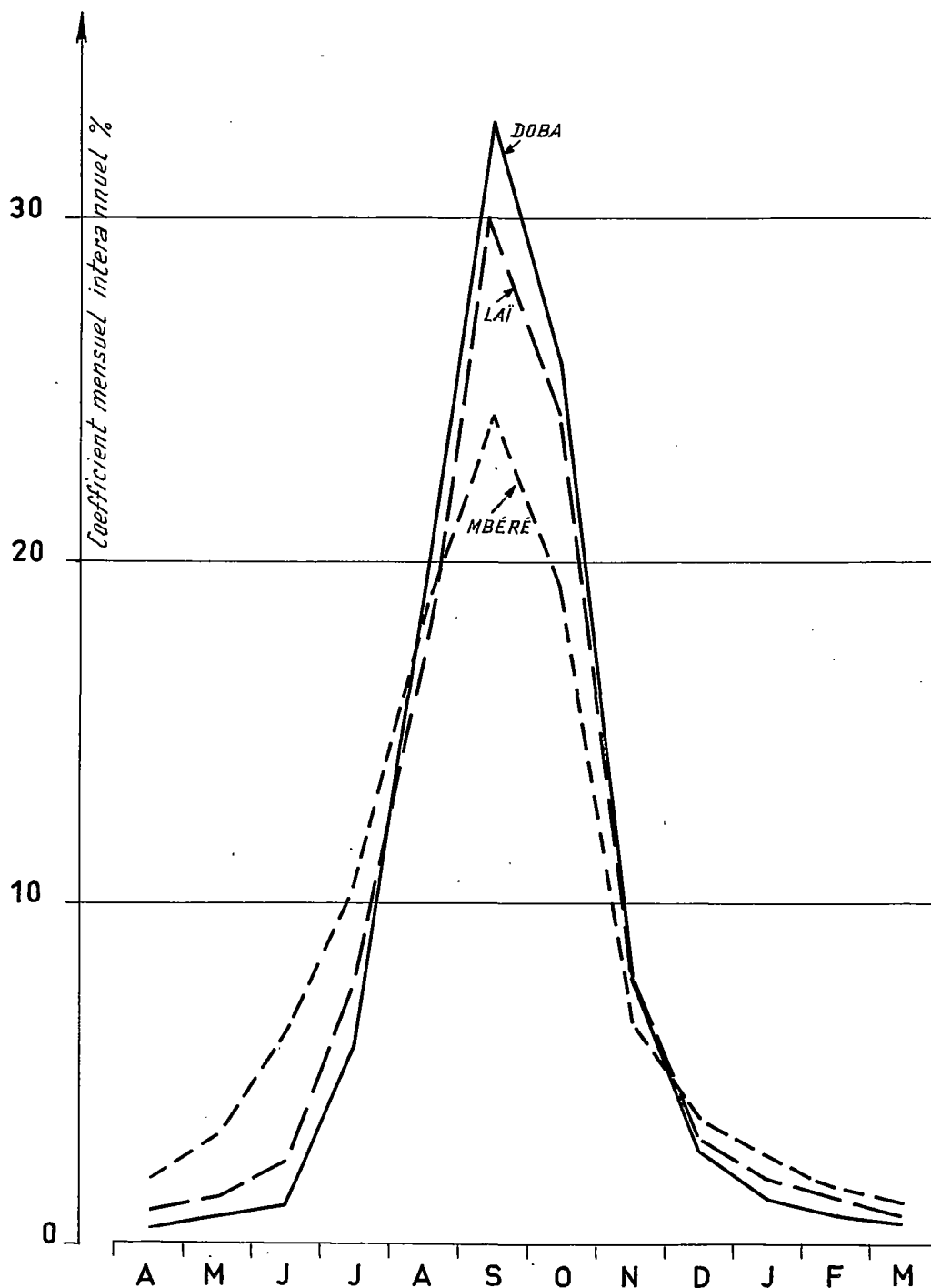
La MBÉRÉ à MBÉRÉ

COURBES DES DÉBITS MENSUELS D'APRÈS LEUR FRÉQUENCE

1951 - 52 à 1965 - 66 .



COEFFICIENTS MENSUELS INTERANNUELS



- TABLEAU XVI -

COEFFICIENTS d'ÉCOULEMENT et DEFICITS d'ÉCOULEMENT
moyens, maximaux et minimaux

Station	Période d'observation							Période étendue		
	Pluie : moyenne : (mm)	D : moyen : (mm)	D : max. : (mm)	D : min. : (mm)	K _e : moyen : (%)	K _e : max. : (%)	K _e : min. : (%)	Pluie : moyenne : (mm)	D : moyen : (mm)	K _e : moyen : (%)
LOGONE à LAÏ 18 ans	1 385	1 063	1 178	942	22,0	27,3	16,7	1 356	1 041	22,2
LOGONE à MOUNDOU 19 ans	1 385	1 005	1 197	762	26,6	35,0	18,2	1 385	1 017	26,6
PENDE à DOBA 13 ans	1 485 ⁽¹⁾	1 161 ⁽¹⁾	1 303	1058	21,8	25,5	14,9	1 448 ⁽¹⁾	1 135 ⁽¹⁾	21,6
PENDE à GORE 7 ans	1 515 ⁽¹⁾	1 145 ⁽¹⁾	1 310	1049	24,3	28,0	17,2	1 491 ⁽¹⁾	1 124 ⁽¹⁾	24,7
PENDE à BEGOULADJE 14 ans	1 620 ⁽¹⁾	1 180 ⁽¹⁾	1 443	957	27,2	34,9	17,9	1 596 ⁽¹⁾	1 163 ⁽¹⁾	27,1
MBERE à MBERE 14 ans	1 559	1 068	1 456	659	31,8	51,8	15,1	1 465	984	33,6
RAO à FOUMBAN 2 ans	1 438	1 149			20,2					
VINA à BEREM 3 ans	1 719	1 176			31,8					
VINA à SORA MBOUM 2 ans	1 530	1 090			28,7					
VINA à TOUBORO 3 ans	1 519	1 137			25,1					
NGOU à BOUYAN GOU 5 ans	1 538	917	1 263	752	40,6	50,0	31,5			
LIM à OULI BANGAIA 4 ans	1 457	963	1 114	799	33,8	42,3	20,2			
NYA à ARGAO 2 ans	1 248	1 003			19,6					
LOGONE à BAÏBOKOUM 3 ans	1 451	916			30,7					

(1). - Peut-être surestimé.

TABLEAU XVII

Le LOGONE à LAÏ (56.700 km²)

Bilan annuel

Année	Module (m ³ /s)	Volume écoulé (10 ⁶ m ³)	Lame écoulée (mm)	Pluie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1940-41	460	14 536	256	1 114	858	22,9
1942-43	540	17 064	301	1 318	1 017	22,8
1943-44	678	21 425	378	1 350	972	28,0
1944-45	307	9 701	171	1 116	945	15,3
1945-46	619	19 560	345	1 366	1 021	25,2
1946-47	564	17 882	314	1 372	1 058	22,8
1948-49	(580)	18 328	323	1 295	972	24,9
1949-50	(502)	15 863	280	1 388	1 108	20,2
1950-51	(543)	17 159	303	1 393	1 090	21,7
1951-52	(442)	13 967	246	1 390	1 144	17,7
1952-53	(510)	16 116	284	1 379	1 095	20,6
1953-54	(423)	13 367	236	1 414	1 178	16,7
1954-55	654	20 666	364	1 333	969	27,3
1955-56	708	22 373	394	1 531	1 137	25,7
1956-57	567	17 917	316	1 350	1 034	23,4
1957-58	468	14 789	261	1 332	1 071	19,6
1958-59	522	16 495	291	1 325	1 034	22,0
1959-60	529	16 716	295	1 310	1 015	22,5
1960-61	650	20 540	362	1 592	942	22,7
1961-62	573	18 107	319	1 276	957	25,0
1962-63	538	17 001	300	1 423	1 123	21,1
1963-64	(587)	18 549	327	1 461	1 134	22,4
1964-65	(513)	16 211	286	1 356	1 070	21,1

- TABLEAU XVIII -

Le LOGONE à MOUNDOU - (33 970 km²)

Bilan annuel

Année	Module (m ³ /s)	Volume écoulé (10 ⁶ m ³)	Lame écoulée (mm)	Pluie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1940-41	(337)	10 649	313	1 075	762	29,1
1942-43	(396)	12 514	368	1 294	926	28,4
1943-44	(498)	15 737	463	1 323	860	35,0
1944-45	(224)	7 078	208	1 140	932	18,2
1945-46	(454)	14 346	422	1 297	875	32,5
1946-47	(414)	13 082	385	1 312	927	29,3
1948-49	(374)	11 818	348	1 407	1 059	24,7
1949-50	373	11 787	373	1 455	1 082	25,6
1950-51	(394)	12 450	366	1 390	1 024	26,3
1951-52	(328)	10 365	305	1 501	1 196	20,3
1952-53	(352)	11 123	327	1 419	1 092	23,0
1953-54	(288)	9 101	268	1 465	1 197	18,3
1954-55	(453)	14 315	421	1 590	1 169	26,5
1955-56	(513)	16 211	477	1 451	974	32,9
1956-57	415	13 114	386	1 408	1 022	27,4
1957-58	360	11 376	355	1 438	1 103	23,3
1958-59	(390)	12 324	363	1 349	986	26,9
1959-60	416	13 146	387	1 345	958	28,8
1960-61	460	14 536	428	1 655	1 227	25,8
1961-62	414	13 082	385	1 261	876	30,5
1962-63	394	12 450	366	1 479	1 113	24,7
1963-64	(426)	13 462	396	1 506	1 110	26,3
1964-65	(408)	12 893	379	1 303	924	29,1

- TABLEAU XIX -

La PENDE à DOBA - (14 300 km²)

Bilan annuel

Année	Module (m ³ /s)	Volume écoulé (10 ⁶ m ³)	Lame écoulée (mm)	Pluie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1940-41	127	4 013	280	1 236	956	22,6
1942-43	138	4 361	305	1 493	1 188	20,4
1943-44	156	4 930	345	1 472	1 127	23,4
1944-45	107	3 381	236	1 181	945	19,9
1945-46	149	4 708	329	1 587	1 258	20,7
1946-47	141	4 456	311	1 543	1 322	20,1
1948-49	170	5 372	375	1 204	829	31,1
1949-50	130	4 108	287	1 459	1 172	19,6
1950-51	(135)	4 266	298	1 571	1 273	18,9
1951-52	(103)	3 255	228	1 531	1 303	14,9
1952-53	(130)	4 108	287	1 412	1 125	20,3
1953-54	(139)	4 392	307	1 524	1 217	20,1
1954-55	164	5 182	362	1 550	1 188	23,3
1955-56	157	4 961	347	1 499	1 152	23,1
1956-57	156	4 930	345	1 423	1 078	24,2
1957-58	120	3 792	265	1 289	1 024	20,5
1958-59	(144)	4 550	318	1 452	1 134	21,9
1959-60	132	4 171	292	1 350	1 058	21,6
1960-61	(184)	5 814	407	1 651	1 244	24,6
1961-62	167	5 277	369	1 445	1 076	25,5
1962-63	(139)	4 392	307	1 393	1 086	22,0
1963-64	159	5 024	351	1 509	1 158	23,3
1964-65	118	3 729	261	1 542	1 281	16,9

- TABLEAU XX -

La PENDE à GORE - (12 020 km²)

Bilan annuel

Année	Module (m ³ /s)	Volume écoulé (10 ⁶ m ³)	Lame écoulée (mm)	Pluie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1940-41	128	4 045	336	1 251	915	26,8
1942-43	138	4 361	363	1 553	1 190	23,3
1943-44	153	4 835	402	1 501	1 099	26,7
1944-45	111	3 508	292	1 210	918	24,1
1945-46	147	4 645	386	1 642	1 256	23,5
1946-47	140	4 424	368	1 582	1 214	23,2
1948-49	165	5 214	434	1 225	791	35,4
1949-50	131	4 140	344	1 511	1 167	22,7
1950-51	135	4 266	355	1 615	1 260	21,9
1951-52	108	3 413	284	1 562	1 278	18,1
1952-53	131	4 140	344	1 452	1 108	23,6
1953-54	139	4 392	365	1 572	1 207	23,2
1954-55	160	5 056	421	1 572	1 151	26,7
1955-56	154	4 866	405	1 563	1 158	25,9
1956-57	153	4 835	402	1 480	1 078	27,1
1957-58	112	3 539	294	1 343	1 049	21,9
1958-59	(150)	4 740	394	1 501	1 107	26,2
1959-60	128	4 045	336	1 401	1 065	24,0
1960-61	176	5 562	463	1 693	1 230	27,3
1961-62	162	5 119	426	1 523	1 097	28,0
1962-63	139	4 392	365	1 412	1 047	25,8
1963-64	154	4 866	405	1 568	1 163	25,8
1964-65	107	3 274	272	1 582	1 310	17,2

- TABLEAU XXI -

La PENDE à BEGOULADJE - (5 640 km²)

Bilan annuel

Année	Module (m ³ /s)	Volumé écoulé (10 ⁶ m ³)	Lame écoulée (mm)	Pluie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1940-41	70	2 212	392	1 331	939	29,4
1942-43	75	2 370	420	1 657	1 237	25,3
1943-44	84	2 654	471	1 600	1 129	29,4
1944-45	60	1 493	265	1 297	1 032	20,4
1945-46	81	2 560	454	1 745	1 291	26,0
1946-47	77	2 433	431	1 670	1 239	25,8
1948-49	91	2 875	510	1 302	792	39,1
1949-50	71	2 244	398	1 603	1 205	24,8
1950-51	74	2 338	415	1 839	1 424	22,5
1951-52	(57)	1 081	319	1 597	1 278	19,9
1952-53	65	2 054	364	1 563	1 199	23,3
1953-54	71	2 244	398	1 821	1 423	21,8
1954-55	(83)	2 623	465	1 551	1 086	30,0
1955-56	91	2 876	510	1 663	1 153	30,7
1956-57	101	3 192	566	1 621	1 055	34,9
1957-58	78	2 465	437	1 394	957	31,3
1958-59	87	2 749	487	1 613	1 126	30,2
1959-60	72	2 275	403	1 463	1 060	27,5
1960-61	88	2 781	493	1 750	1 257	28,2
1961-62	88	2 781	493	1 784	1 291	27,6
1962-63	69	2 180	386	1 439	1 053	26,8
1963-64	92	2 907	515	1 652	1 137	31,2
1964-65	56	1 770	314	1 757	1 443	17,9

- TABLEAU XXII -

La MBERE à MBERE - (7 430 km²)

Bilan annuel

Année	Module (m ³ /s)	Volume écoulé (10 ⁶ m ³)	Lame écoulée (mm)	Pluie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
1940-41	90	2 844	383	995	612	38,4
1942-43	115	3 634	489	1 200	711	40,7
1943-44	159	5 024	676	1 309	633	51,6
1944-45	42	1 327	179	1 205	1 026	14,8
1945-46	140	4 424	595	1 160	565	51,2
1946-47	123	3 887	523	1 151	628	45,4
1948-49	106	3 350	451	1 747	1 296	25,8
1949-50	105	3 318	446	1 808	1 362	24,6
1950-51	114	3 602	485	1 331	846	36,4
1951-52	(97)	3 065	412	1 469	1 057	28,0
1952-53	115	3 634	489	1 675	1 186	29,2
1953-54	61	1 928	259	1 715	1 456	15,1
1954-55	114	3 602	485	1 756	1 271	27,6
1955-56	167	5 277	710	1 369	659	51,8
1956-57	115	3 634	489	1 424	935	34,3
1957-58	94	2 970	400	1 527	1 127	26,2
1958-59	(100)	3 160	425	1 504	1 079	28,2
1959-60	(116)	3 666	493	1 583	1 090	31,1
1960-61	(122)	3 855	519	1 552	1 033	33,4
1961-62	100	3 160	425	1 520	1 095	28,0
1962-63	(114)	3 602	485	1 731	1 246	28,0
1963-64	180	5 688	765	1 594	829	48,0
1964-65	123	3 887	523	1 417	894	36,9

- TABLEAU XXIII -

BILAN ANNUEL

Station	Année	Module (m ³ /s)	Volume écoulé (10 ⁶ m ³)	Lame écoulée (mm)	Pluie moyenne (mm)	Déficit d'écoulement (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
Le RAO à FOUMBAN	1964-65	12,3	388,7	290	1 297	1 007	22,3
	1965-66	12,2	385,5	288	1 580	1 292	18,2
La VINA à BEREM	1963-64	23,7	748,9	471	1 778	1 307	26,5
	1964-65	29,3	925,9	582	1 567	985	37,1
	1965-66	29,0	916,4	576	1 812	1 236	31,8
La VINA à SORA MBOUM	1964-65	133	4 203	441	1 490	1 049	29,6
	1965-66	132	4 171	438	1 570	1 132	27,9
La VINA à TOUBORO	1963-64	141	4 456	363	1 538	1 175	23,6
	1964-65	156	4 930	401	1 480	1 079	27,1
	1965-66	148	4 677	381	1 540	1 159	24,7
Le NGOU à BOUYAN GOU	1951-52	25	790,0	467	1 324	857	35,3
	1953-54	(31)	979,6	580	1 843	1 263	31,5
	1954-55	(36)	1 138	673	1 603	930	42,0
	1956-57	(32)	1 011	598	1 350	752	44,3
	1963-64	(42)	1 327	785	1 570	785	50,0
La LIM à OULI BANGALA	1951-52	39	1 322	283	1 397	1 114	20,2
	1952-53	77	2 433	558	1 442	884	38,7
	1954-55	76	2 402	551	1 606	1 055	34,3
	1956-57	(81)	2 560	587	1 386	799	42,3
La NYA à ARGAO	1963-64	21	663,6	234	1 296	1 062	18,0
	1964-65	23	726,8	256	1 200	944	21,3
Le LOGONE à BAÏBOKOUM	1951-52	228	7 205	337	1 556	1 212	21,6
	1958-59	302	9 241	433	1 387	954	31,2
	1959-60	(377)	11 913	558	1 412	584	39,5

D'après le tableau XVI et en ne se basant que sur les stations ayant au moins 5 années d'observation, on voit que le déficit d'écoulement annuel moyen varie de 917 mm, pour le bassin du NGOU à BOUYAN GOU, à 1 180 mm pour le bassin de la PENDE à BEGOULADJE.

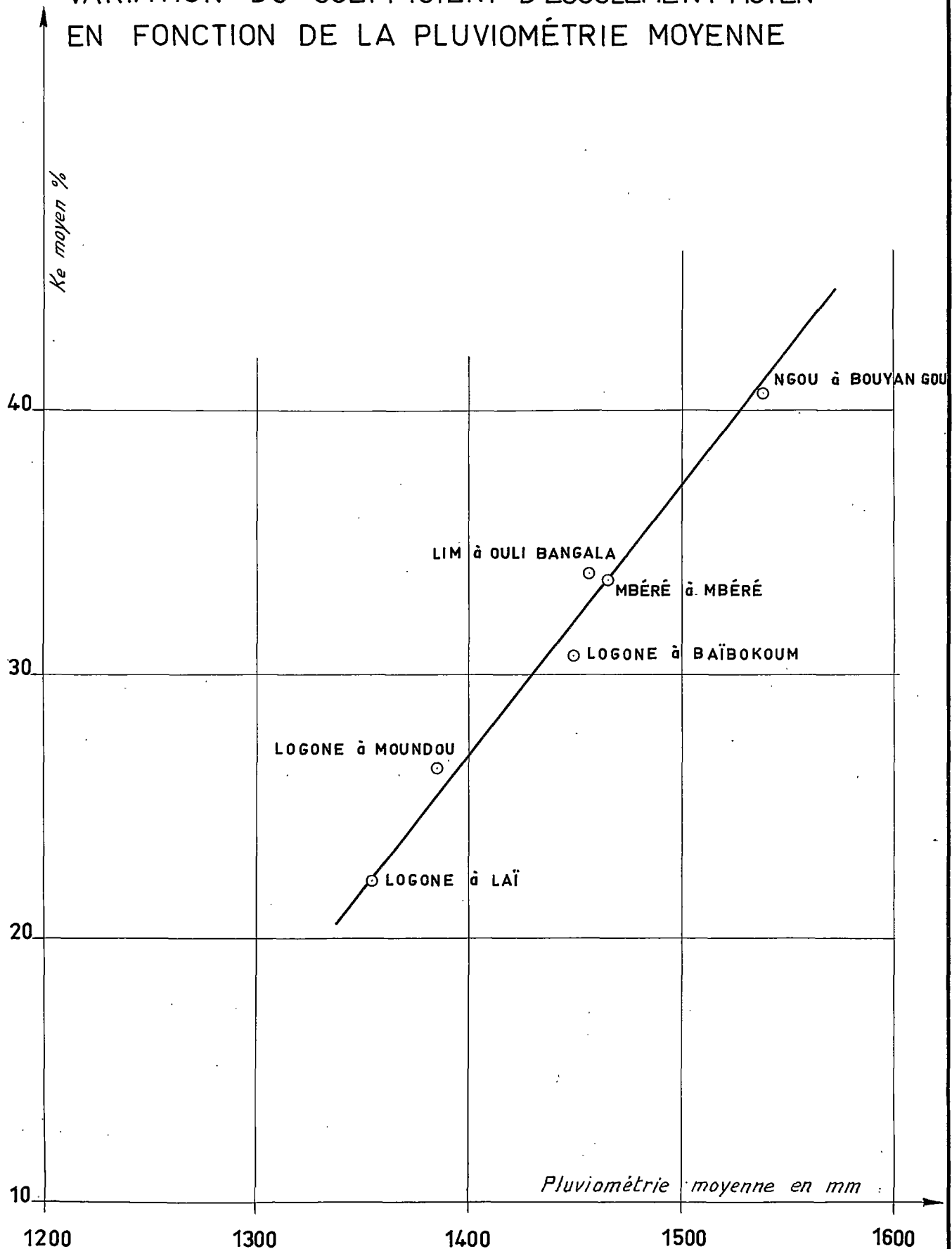
Le déficit d'écoulement est donc de l'ordre de 900 à 1 000 mm par an dans la partie amont. Sur les hauts plateaux, la hauteur de précipitation annuelle assez élevée devrait conduire à un déficit plus élevé que dans la plaine, plus au Nord et beaucoup moins arrosée. Mais, par contre, les températures nettement moins élevées conduisent à une évaporation plus faible (MBERE, NGOU) sauf lorsque la pente est faible (BINI à BEREM). Mais on devine, plus qu'on ne constate ce fait, la densité des pluviomètres étant trop faible ! Le déficit est toujours de 1 000 mm dans la région de MOUNDOU et de LAÏ (exemple de la NYA) malgré une hauteur de précipitation beaucoup plus faible. Aux stations de LAÏ et de MOUNDOU, on trouve des valeurs de 1 000 à 1 100 mm, mais ce chiffre assez élevé résulte des pertes supplémentaires dans les plaines d'inondation. Le déficit sur la PENDE est le plus élevé : 1 135 mm à DOBA contre 1 017 à MOUNDOU et 1 041 à LAÏ. Cette différence est due probablement en partie à une valeur surestimée des précipitations annuelles, mais il est assez logique qu'un bassin aussi allongé que celui de la PENDE, avec l'ampleur de ses plaines d'inondation relativement plus étendues que sur le LOGONE, présente des pertes plus importantes.

En ce qui concerne les coefficients d'écoulement moyens, ils varient de 19,6 % pour la NYA à ARGAO (régime presque tropical pur) à 40,6 % pour le NGOU à BOUYAN GOU. Sur le haut bassin, on peut tabler sur un coefficient d'écoulement annuel moyen de l'ordre de 30 à 35 % par suite de l'importance du relief et de la faiblesse relative de l'évaporation correspondant à une altitude moyenne importante.

On voit, en utilisant les stations pour lesquelles la valeur moyenne est bien établie, que ce coefficient d'écoulement varie à peu près régulièrement dans le même sens que la pluviométrie (graphique 21). Sur la PENDE, toujours pour les mêmes raisons, ce coefficient apparaît plus faible : 21,6 % pour la PENDE à DOBA.

Il faut aussi noter la relative faiblesse du coefficient d'écoulement pour la Haute VINA, due à l'existence de nombreuses zones marécageuses déjà signalées, encore que le peu de données rassemblées ne permettent pas de trancher.

VARIATION DU COEFFICIENT D'ÉCOULEMENT MOYEN Gr:21 EN FONCTION DE LA PLUVIOMÉTRIE MOYENNE



- CHAPITRE V -

DEBITS SOLIDES DU LOGONE à LAÏ

Le débit solide correspond à la quantité de matières solides (sable, argile, limon) qu'un cours d'eau transporte par roulage et suspension au travers d'une section S, dans l'unité de temps, la possibilité de transporter des grains en suspension dépendant de la vitesse du courant mais aussi de l'importance de la "composante verticale de la turbulence" (c'est le coefficient d'échange (A) de Schmidt qui mesure la cession de matière selon une certaine direction, le plus souvent vers le haut, suivant la verticale).

Ces matières solides comportent, d'une part, celles qui font initialement partie du lit, c'est la "charge du lit", d'autre part, celles qui proviennent de l'érosion du bassin par l'écoulement en nappe et le ruissellement, c'est la "charge de ruissellement".

Des mesures de débits solides ont été effectuées en 1954 sur le CHARI et le LOGONE. En 1955, une nouvelle campagne de mesures a été organisée du mois d'Août au mois de Décembre sur le LOGONE à LAÏ. Les valeurs données dans ce texte sont pour la plupart tirées des rapports de ces deux campagnes (1).

En Juillet, Août, Septembre et Octobre des échantillons ont été prélevés suivant quatre verticales, et à des profondeurs différentes. On a effectué ces prélèvements à l'aide d'une pompe JAPY, ce qui, étant donné la finesse des éléments transportés, ne risquait guère d'introduire d'erreurs appréciables dans l'évaluation de la turbidité et de la composition granulométrique.

Chaque échantillon était versé dans un récipient de 10 l et décanté sur place par adjonction de 10 cm³ d'acide chlorhydrique au 1/10°. On ne retiendra pour l'étude que les échantillons prélevés à au moins 50 cm du fond.

(1). - Premières mesures de débits solides sur le CHARI et le LOGONE.
Campagne 1954. Août 1955.

Débits solides du LOGONE à LAÏ par M. BESLON. Mars 1958.

De l'ensemble des mesures effectuées, on peut dégager les faits suivants :

- La turbidité (g/m^3) en augmentation au début de la période de crue se stabilise malgré la continuité de la courbe de crue ;
- En diminution au début de la période étale ou de décrue, la turbidité se stabilise malgré la continuité de la courbe de décrue.

Il est possible de donner quelques chiffres correspondant à la turbidité moyenne dans la section, pour les diverses périodes de la crue de 1955 :

Au début de la crue (Juillet)	: 300 g/m^3 environ	Débit 700 m^3/s
En pleine crue (Août-Septembre)	: 225 - 250 g/m^3	Débit 1 200 m^3/s
Vers le maximum (Octobre)	: 150 g/m^3	Débit 2 000 m^3/s
Débit étale ou maximum secondaire d'Août et de Septembre	: 80 - 120 g/m^3	
Décrue finale (Octobre-Novembre)	: 60 - 80 g/m^3	

La turbidité varie donc considérablement au cours de l'année, principalement du fait de l'influence de la végétation, qui, en se développant, a tendance à contrarier l'écoulement en nappe et le ruissellement, donc à freiner l'érosion. D'autre part, les zones d'inondations qui se forment aux plus hautes eaux constituent des zones d'alluvionnement, ce qui diminue d'autant le débit solide du LOGONE à LAÏ.

Pour toutes ces raisons, il n'est pas possible de lier, d'une façon rigoureuse, les transports solides aux débits liquides ; on devra donc se contenter de prendre une turbidité moyenne pour l'ensemble de la saison des pluies et de la multiplier par le volume de la crue, méthode qui s'est avérée relativement satisfaisante.

En prenant 150 g/m^3 comme valeur moyenne de la turbidité pour la période de Juillet à Novembre 1955 (volume écoulé $19 \cdot 10^9 \text{ m}^3$), on obtient un débit solide de $2,9 \cdot 10^6$ tonnes à LAÏ.

Si on considère le volume écoulé à LAÏ en année moyenne de Juillet à Décembre, soit $14,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, on peut tabler sur un débit solide de $2,2 \cdot 10^6$ tonnes (matière en suspension) auquel il convient d'ajouter le charriage de fond. On admet généralement, en Afrique tropicale, que ce charriage ne dépasse pas 20 % du transport en suspension.

On obtient donc finalement pour l'année moyenne, un transport total d'environ $2,6 \cdot 10^6$ tonnes pour un bassin de $56\ 700\text{ km}^2$, soit une dégradation spécifique annuelle de 46 tonnes par km^2 .

Les études granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés en 1955 ont montré que la composition moyenne des matières transportées en suspension était la suivante :

Sable grossier	:	3,6 %
Sable fin	:	9,3 %
Limon	:	24,5 %
Argile	:	62,6 %

(Analyses faites sur 57 échantillons de 10 litres).

La concentration argile plus limon correspond à environ 80 à 90 % de la concentration totale du matériel en suspension.

En étudiant le rapport de la concentration en argile à la concentration en limon, on voit que ce rapport $\frac{A}{L}$ croît avec la turbidité, et qu'il est plus élevé au début de la crue. D'autre part, pour la période d'inondation du LOGONE, soit pour des cotes supérieures à 4,00 m à LAÏ, ce rapport est de 45 à 50 %, ce qui correspond aux alluvionnements récents (concentrés limoneux) du LOGONE dans la plaine au Nord de BONGOR.

CONCLUSION

De tout ce qui précède, on peut tirer les conclusions suivantes :

Le LOGONE à IAÏ, formé par la réunion du LOGONE proprement dit avec, comme affluent principal, la MBERE, et de la PENDE, est une rivière à écoulement permanent possédant un régime régulier, régime tropical de transition, avec une très légère influence du régime tropical pur due aux petits affluents de la région de MOUNDOU et IAÏ et à la déformation de l'hydrogramme annuel.

Son débit caractéristique d'étiage moyen est, à IAÏ, de $56 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $1,0 \text{ l/s.km}^2$, l'étiage absolu le plus sévère que l'on ait observé sur 14 années étant de $0,73 \text{ l/s.km}^2$. Cet étiage se produit en Mars-Avril et les plus hautes eaux au mois de Septembre.

Son module interannuel, calculé sur 18 années, ressort à $54,4 \text{ m}^3/\text{s}$ soit un débit spécifique interannuel de $9,6 \text{ l/s.km}^2$ ce qui correspond à un apport voisin de $17\ 200\ 000\ 000 \text{ m}^3$, avec un coefficient de variation faible de $0,16$, $K_3 = 1,54$, par suite du caractère régulier des précipitations annuelles accentué par l'autorégularisation résultant des déversements, et du jeu des plaines d'inondation.

La crue maximale observée sur 20 années a atteint $3\ 770 \text{ m}^3/\text{s}$ le 9 Octobre 1955 et doit être de fréquence cinquantenaire. La crue centenaire a été estimée à $3\ 930 \text{ m}^3/\text{s}$ soit 69 l/s.km^2 ; la morphologie particulière de la vallée du LOGONE fait que les crues centenaires estimées pour MOUNDOU et IAÏ sont sensiblement équivalentes.

Le déficit d'écoulement moyen atteint $1\ 041 \text{ mm}$ sur la période étendue de 27 années, le coefficient d'écoulement étant de $22,2 \%$, pour une pluviométrie moyenne de $1\ 370 \text{ mm}$ et une évaporation comprise entre $1\ 300$ et $2\ 000 \text{ mm}$ par an.

Ces chiffres montrent bien que le régime du LOGONE à IAÏ correspond à la superposition des régimes des rivières du haut bassin avec le retard et la compensation que crée l'extension du bassin.

La zone septentrionale (au Nord de MOUNDOU) est soumise au régime tropical pur : dès le mois de Mars, les petits affluents sont à sec.

Ce qui précède explique bien les apports relativement faibles et réguliers de la PENDE à DOBA qui ne bénéficie pas, comme le LOGONE proprement dit, d'apports importants de son haut bassin, d'extension réduite et d'altitude moyenne peu élevée ; son régime est soumis à l'influence d'une forte tendance "tropical pur".

Les données principales recueillies au cours de l'étude sont résumées sous forme de fiches à la fin du présent volume pour les stations de LAÏ et MOUNDOU sur le LOGONE, de BEGOULADJE, GORE et DOBA sur la PENDE et de MBERE sur la MBERE.

Rivière : LOGONE
Station : LAÏ
Superficie du bassin : 56 700 km²
Pluviométrie moyenne : 1 369 mm.
sur 24 ans

Module

Moyenne de la période d'observation : 541 m³/s 9,5 l/s.km²
(18 ans)

Valeurs sur la période étendue :
(27 ans)

Intervalle de confiance à 95 %

Moyenne	:	544 m ³ /s	9,6 l/s.km ²	507 - 581 m ³ /s
Décennale humide	:	660 m ³ /s	11,6 l/s.km ²	610 - 710 m ³ /s
Décennale sèche	:	428 m ³ /s	7,5 l/s.km ²	378 - 478 m ³ /s
Cinquantenaire humide	:	730 m ³ /s	12,9 l/s.km ²	663 - 797 m ³ /s

Irrégularité interannuelle : C_v = 0,17 (27 ans) 0,16 (18 ans)

Crues

Maximum observé sur 20 ans : 3 770 m³/s 66 l/s.km²
Crue décennale estimée à : 3 290 m³/s 58 l/s.km²
Crue cinquantenaire estimée à : 3 760 m³/s 66 l/s.km²
Crue centenaire estimée à : 3 930 m³/s 69 l/s.km²

Eventualité : On a 56 % de chances que le maximum annuel se produise en
Septembre et 33 % de chances qu'il arrive à LAÏ dans la première
quinzaine d'Octobre.

Etiage : L'écoulement est permanent. DCE - décennal sec : 43 m³/s, décennal humide : 69 m³/s

Tarissement : k = 0,0124 j⁻¹

Déficit d'écoulement moyen : 1 041 mm

Coefficient d'écoulement moyen : 22,2 %

Débits moyens mensuels pour la période d'observation (m³/s) :

A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
65	97	163	501	1 109	1 950	1 572	527	204	125	87	62

...the ... of ...
 ...the ... of ...
 ...the ... of ...

...the ... of ...
 ...the ... of ...
 ...the ... of ...

...the ... of ...
 ...the ... of ...
 ...the ... of ...

...the ... of ...
 ...the ... of ...
 ...the ... of ...

Rivière : LOGONE
Station : MOUNDOU
Superficie du bassin : 33 970 km²
Pluviométrie moyenne sur 24 ans : 1 393 mm

Module

Moyenne de la période d'observation : 394 m³/s 11,5 l/s.km²
 (23 ans)

Valeurs sur la période étendue :
 (27 ans)

Intervalle de confiance à 95 %

Moyenne	:	398 m ³ /s	11,7 l/s.km ²	373 - 423 m ³ /s
Décennale humide	:	486 m ³ /s	14,3 l/s.km ²	451 - 521 m ³ /s
Décennale sèche	:	310 m ³ /s	9,1 l/s.km ²	275 - 345 m ³ /s
Cinquantenaire humide	:	539 m ³ /s	15,8 l/s.km ²	498 - 580 m ³ /s

Irrégularité interannuelle : C_v = 0,16 (27 ans) 0,17 (23 ans)

Crues

Maximum observé sur 26 ans	:	3 640 m ³ /s	107 l/s.km ²
Crue décennale estimée à	:	3 000 m ³ /s	88 l/s.km ²
Crue cinquantenaire estimée à	:	3 840 m ³ /s	113 l/s.km ²
Crue centenaire estimée à	:	3 900 m ³ /s	115 l/s.km ²

Eventualité : On a 56 chances sur cent d'observer le maximum annuel en Septembre.

Etiage : DCE - décennal sec : 24 m³/s, humide : 48 m³/s

Tarissement : k = 0,0120 j⁻¹

Déficit d'écoulement moyen : 1 017 mm

Coefficient d'écoulement moyen : 26,6 %

Débits moyens mensuels pour la période d'observation (m³/s) :

A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
49	85	143	381	983	1 406	1 035	310	135	85	59	40

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..

... ..
... ..
... ..

Rivière : PENDE
Station : DOBA
Superficie du bassin : 14 300 km²
Pluviométrie moyenne : 1 448 mm
sur 24 ans

Module

Moyenne de la période d'observation : 142 m³/s 9,9 l/s.km²
 (17 ans)

Valeurs sur la période étendue :
 (27 ans)

Intervalle de confiance à 95 %

Moyenne	:	140 m ³ /s	9,8 l/s.km ²	130 - 150 m ³ /s
Décennale humide	:	169 m ³ /s	11,8 l/s.km ²	155 - 183 m ³ /s
Décennale sèche	:	111 m ³ /s	7,7 l/s.km ²	97 - 125 m ³ /s
Cinquantenaire humide	:	187 m ³ /s	13,1 l/s.km ²	169 - 205 m ³ /s

Irrégularité interannuelle : C_v = 0,16 (27 ans) 0,17 (17 ans)

Crues

Maximum observé sur 16 ans	:	928 m ³ /s	65 l/s.km ²
Crue décennale estimée à	:	894 m ³ /s	62 l/s.km ²
Crue cinquantenaire estimée à	:	990 m ³ /s	69 l/s.km ²
Crue centenaire estimée à	:	1 031 m ³ /s	72 l/s.km ²

Eventualité : On a 53 chances sur cent d'observer le maximum annuel en Septembre.

Etiage : L'écoulement est permanent. DCE - décennal sec : 5 m³/s, pluvieux : 9 m³/s

Tarissement : k = 0,0217 j⁻¹

Déficit d'écoulement moyen : 1 135 mm

Coefficient d'écoulement moyen : 21,6 %

Débits moyens mensuels pour la période d'observation (m³/s) :

A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
9	13	20	100	317	561	442	136	48	24	13	8

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header.

Handwritten text on the left side of the page.

Handwritten text in the middle-left section.

Handwritten text in the middle-right section.

Handwritten text on the right side of the page.

Handwritten text on the far right side of the page.

Handwritten text in the middle-left section.

Handwritten text in the middle-right section.

Handwritten text on the right side of the page.

Handwritten text on the far right side of the page.

Handwritten text in the middle-left section.

Handwritten text in the middle-right section.

Handwritten text on the right side of the page.

Handwritten text on the far right side of the page.

Handwritten text in the middle-left section.

Handwritten text in the middle-right section.

Handwritten text on the right side of the page.

Handwritten text on the far right side of the page.

A large block of handwritten text at the bottom of the page, possibly a conclusion or signature.

Rivière : PENDE
Station : GORE
Superficie du bassin : 12 020 km²
Pluviométrie moyenne sur 24 ans : 1 492 mm

Module

Moyenne de la période d'observation : 141 m³/s 11,7 l/s.km²
 (7 ans)

Valeurs sur la période étendue :
 (27 ans)

Intervalle de confiance à 95 %

Moyenne	:	139 m ³ /s	11,6 l/s.km ²	129 - 149 m ³ /s
Décennale humide	:	163 m ³ /s	13,5 l/s.km ²	149 - 177 m ³ /s
Décennale sèche	:	115 m ³ /s	9,5 l/s.km ²	101 - 129 m ³ /s
Cinquantenaire humide	:	178 m ³ /s	14,8 l/s.km ²	159 - 197 m ³ /s

Irrégularité interannuelle : C_v = 0,14 (27 ans) 0,19 (7 ans)

Crue

Maximum observé sur 8 ans : 875 m³/s 73 l/s.km²
 Crue biennale estimée à : 652 m³/s 54 l/s.km²

Etiage : Mal connu du fait de l'imprécision de la courbe d'étalonnage pour les basses eaux.

Déficit d'écoulement moyen : 1 124 mm

Coefficient d'écoulement moyen : 24,7 %

Débits moyens mensuels pour la période d'observation (m³/s) :

A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
5	7	26	181	413	540	345	135	49	26	9	5



Rivière : PENDE
Station : BEGOULADJE
Superficie du bassin : 5 640 km²
Pluviométrie moyenne sur 24 ans : 1 592 mm

Module

Moyenne de la période d'observation : 76 m³/s 13,5 l/s.km²
 (15 ans)

Valeurs sur la période étendue :
 (27 ans)

Intervalle de confiance à 95 %

Moyenne	: 76 m ³ /s 13,5 l/s.km ²	68 - 84 m ³ /s
Décennale humide	: 94 m ³ /s 16,6 l/s.km ²	84 - 104 m ³ /s
Décennale sèche	: 58 m ³ /s 10,3 l/s.km ²	48 - 68 m ³ /s
Cinquantenaire humide	: 105 m ³ /s 18,6 l/s.km ²	91 - 119 m ³ /s

Irrégularité interannuelle : C_v = 0,18 (27 ans) 0,22 (15 ans)

Crues

Maximum observé sur 15 ans : 736 m³/s 130 l/s.km²
 Crue décennale estimée à : 645 m³/s 114 l/s.km²
 Crue cinquantenaire estimée à : 730 m³/s 129 l/s.km²
 Crue centenaire estimée à : 758 m³/s 134 l/s.km²

Eventualité : On a 37 chances sur cent d'observer le maximum annuel en Août.

Etiage : L'écoulement est permanent. DCE - décennal sec : 4 m³/s, humide : 6 m³/s

Tarissement : k = 0,0172 j⁻¹

Déficit d'écoulement moyen : 1 163 mm

Coefficient d'écoulement moyen : 27,1 %

Débits moyens mensuels pour la période d'observation (m³/s) :

A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
8	10	17	88	214	275	198	55	23	14	9	7

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

Rivière : MBERE
Station : MBERE
Superficie du bassin : 7 430 km²
Pluviométrie moyenne sur 24 ans : 1 465 mm

Module

Moyenne de la période d'observation : 114 m³/s 15,3 l/s.km²
 (15 ans)

Valeurs sur la période étendue :
 (27 ans)

Intervalle de confiance à 95 %

Moyenne	:	115 m ³ /s	15,4 l/s.km ²	108 - 122 m ³ /s
Décennale humide	:	156 m ³ /s	20,9 l/s.km ²	137 - 175 m ³ /s
Décennale sèche	:	74 m ³ /s	9,9 l/s.km ²	55 - 93 m ³ /s
Cinquantenaire humide	:	180 m ³ /s	24,2 l/s.km ²	155 - 205 m ³ /s

Irrégularité interannuelle : C_v = 0,28 (27 ans) 0,25 (15 ans)

Crues

Maximum observé sur 15 ans	:	1 940 m ³ /s	261 l/s.km ²
Crue décennale estimée à	:	1 510 m ³ /s	203 l/s.km ²
Crue cinquantenaire estimée à	:	1 940 m ³ /s	261 l/s.km ²
Crue centenaire estimée à	:	2 106 m ³ /s	283 l/s.km ²

Eventualité : On a 53 chances sur cent d'avoir le maximum annuel en Septembre et 7 chances sur cent de l'observer en Juillet.

Etiage : DCE - décennal sec : 6 m³/s, humide : 21 m³/s

Tarissement : k = 0,0139 j⁻¹

Déficit d'écoulement moyen : 984 mm

Coefficient d'écoulement moyen : 33,6 %

Débits moyens mensuels sur la période d'observation (m³/s) :

A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
26	45	84	145	254	333	265	91	51	34	22	16