

**HYDROLOGIE DES MAYOS
DU NORD CAMEROUN**

LE BASSIN DE LA TSANAGA

CAMPAGNE 1967

J. F. NOUVELOT

G. DELFIEU

Janvier 1968

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE YAOUNDE

S O M M A I R E

Introduction

- 1 - Déroulement de la Campagne 1967
- 2 - Rappel sommaire de la climatologie du bassin de la TSANAGA
- 3 - Equipement hydrologique
- 4 - Observations pluviométriques en 1967
- 5 - Etude des crues
 - 5 - 1 Description des principales crues
 - 5 - 2 Temps de montée et temps de propagation
 - 5 - 3 Evolution des crues entre MAROUA et BOGO
- 6 - Bilan hydrologique
- 7 - Conclusion

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

Nous avons poursuivi en 1967 les études de la TSANAGA commencées il y a une douzaine d'années et reprises au début de 1966.

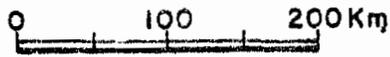
Les descriptions géographiques ayant été traitées en détail dans le rapport relatif à la campagne 1966, nous nous contenterons de rappeler que par sa géomorphologie, ses caractéristiques géologiques et pédologiques le bassin de la TSANAGA à MAROUA présente tous les caractères favorables à un écoulement torrentiel et à une érosion active.

Par contre, en aval de MAROUA et jusqu'à BOGO l'absence de relief et l'augmentation progressive des alluvions sableuses régularisent l'écoulement. Quelques kilomètres après BOGO la TSANAGA va se perdre dans les vastes plaines de la cuvette Tchadienne (Yaerès).

CAMEROUN

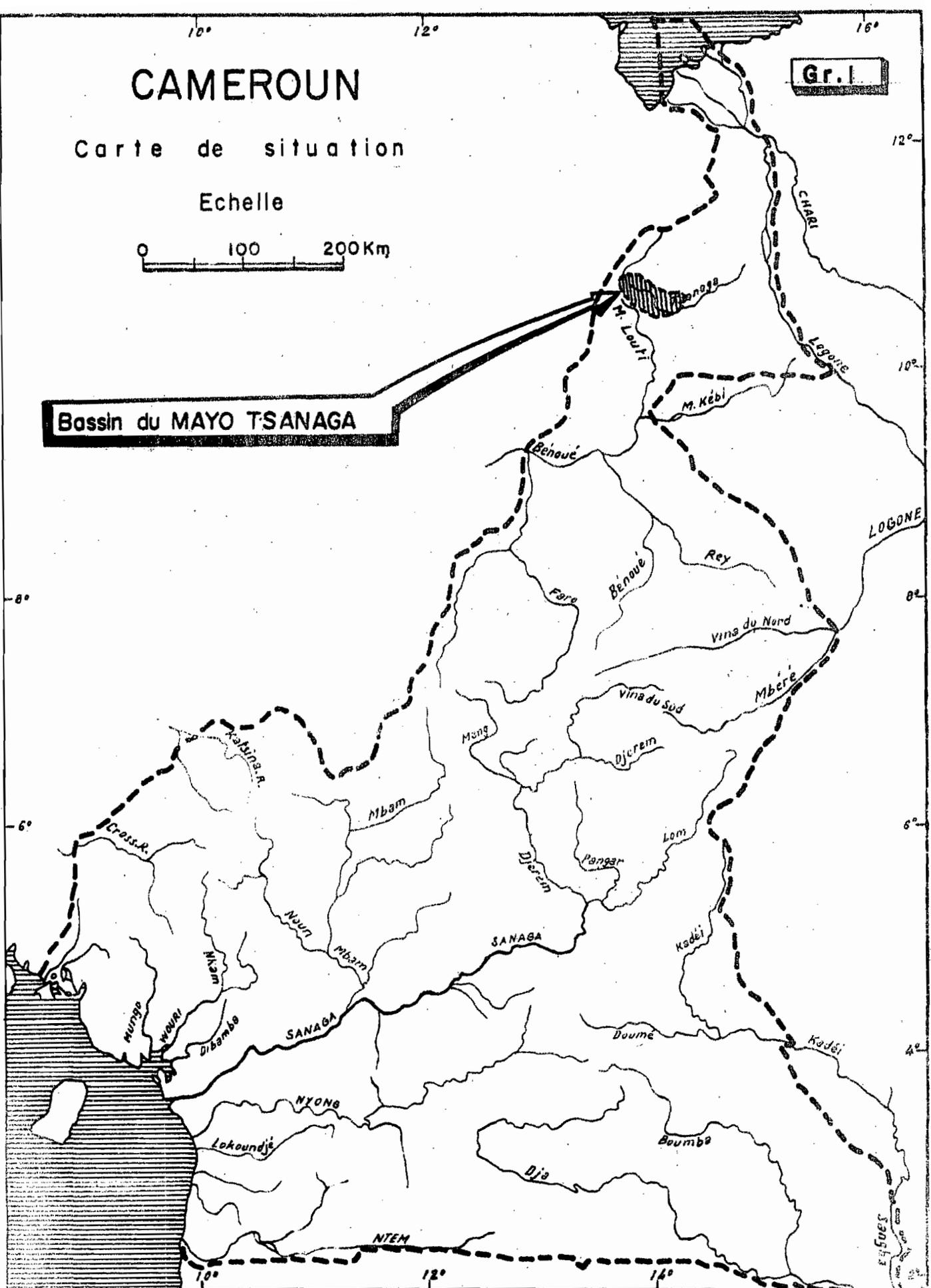
Carte de situation

Echelle



Gr. I

Bassin du MAYO TSANAGA



1. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE 1967

Les observations de la campagne 1967 ont été menées à bien par M. DELFIEU, agent technique, basé en permanence à MAROUA.

Les limnigraphes installés aux différentes stations ont commencé à fonctionner aux dates suivantes :

TSANAGA à BOGO le 27 Juin

TSANAGA à MAROUA le 9 Juin

KALLIAO à MAROUA le 12 Juin

ainsi, tous les écoulements ont pu être enregistrés.

Etant donné les difficultés d'accès, en saison des pluies, à la station de GAZAWA, le limnigraphe installé en 1966 a été supprimé en 1967.

La répartition du réseau pluviométrique est sensiblement resté le même qu'en 1966, signalons, toutefois, la fermeture des postes de MOKOLO et GAZAWA et l'ouverture, par la CFDT, du poste de DOYANG (Sud du bassin).

Le bilan des observations et des mesures effectuées durant cette campagne est satisfaisant. C'est ainsi que nous avons pu très nettement préciser les tarages des différentes stations plus particulièrement, pour les hautes eaux. Les tarages sont restés stables entre 1966 et 1967.

Signalons, enfin, que de nombreuses mesures de débits solides (matières en suspension) ont été effectuées tant sur la TSANAGA que sur le KALLIAO. Leurs résultats feront l'objet d'un rapport spécial.

2. RAPPEL SOMMAIRE DE LA CLIMATOLOGIE DU BASSIN DE LA TSANAGA

Le bassin de la TSANAGA est soumis au climat tropical caractérisé par l'alternance d'une saison absolument sèche de Novembre à Mars et d'une saison des pluies d'Avril à Octobre.

La pluviométrie annuelle moyenne (34 années) à MAROUA est de 793 mm. :

Ecart type 140 mm.

Coefficient de variation 0,175

La distribution des ces 34 pluviométries suit assez bien la loi normale. Une année sur 10 la pluviométrie annuelle pourra dépasser 996 mm ou ne pas atteindre 606 mm.

Toutefois, nous devons noter une augmentation de la pluviométrie sur les monts MANDARA. En tête de bassin la pluviométrie annuelle moyenne est supérieure à 950 mm.

- La température moyenne (station de MAROUA) est de 27°7 avec une amplitude thermique annuelle moyenne de 7°4, tandis que l'amplitude maximale atteint 32°5.

A MOKOLO, altitude (770 m), la température annuelle n'est plus que de 26°.

Au cours de l'année la température passe par 2 maximums :

un en Avril (le plus important), l'autre en Octobre en fin de saison des pluies. C'est un des caractères essentiels du climat tropical.

- Au cours de l'année l'humidité atmosphérique passe par un seul maximum (Août - Septembre).

Les variations journalières de la tension de vapeur sont peu importantes.

- Les vents sont généralement faibles. De Novembre à Mars un vent de secteur Nord à Nord-Est (harmattan) s'établit. De Mai à Septembre, l'air humide équatorial souffle de secteur Sud-Ouest. En Avril et Octobre, lors du passage du FIT les directions préférentielles coexistent.

Signalons que les vents les plus forts se rencontrent en début de saison des pluies.

- La lame d'eau évaporée annuellement dans les bacs est de l'ordre de 2750 mm.

3. EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE

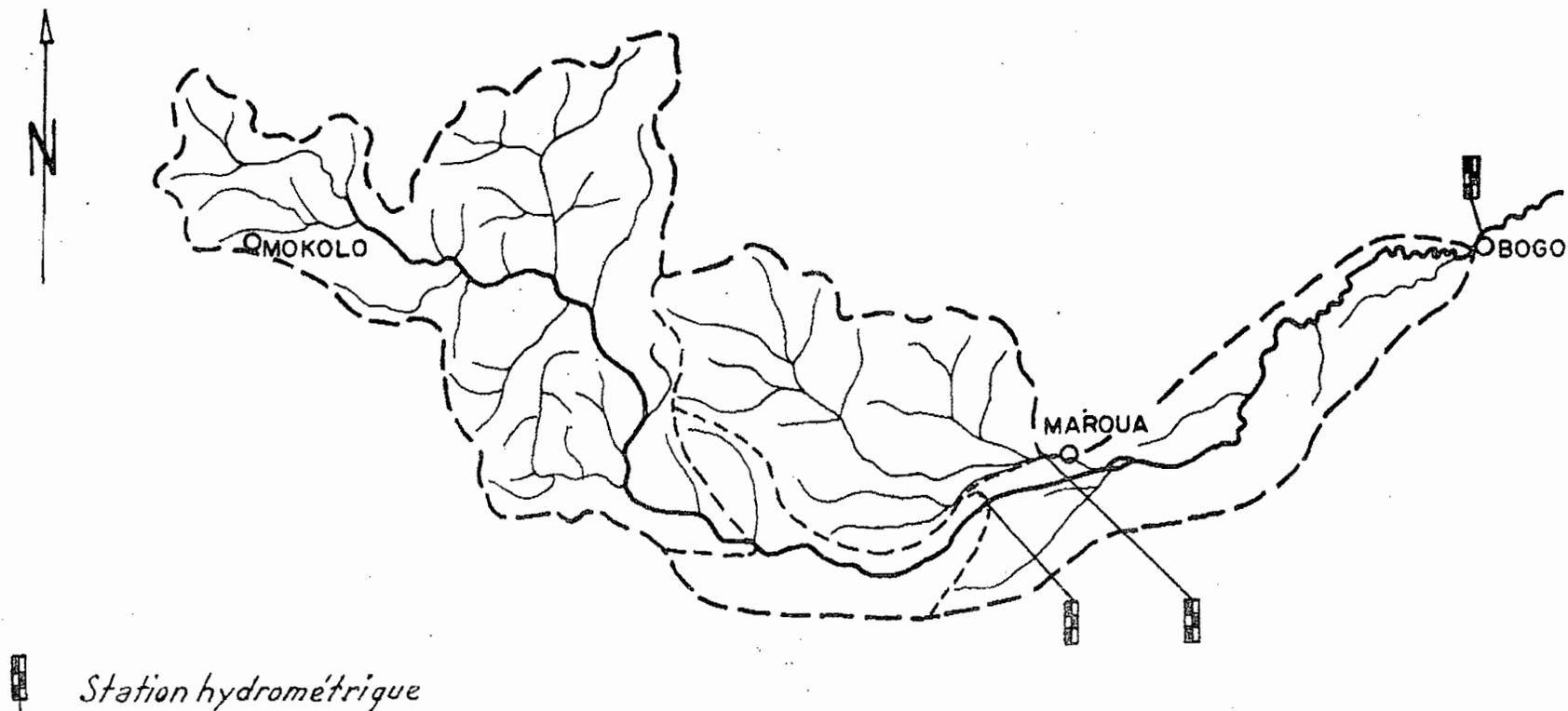
L'équipement hydrométrique est resté sensiblement le même qu'en 1966 mis à part la suppression du limnigraphe de la station de GAZAWA. (Graphique 2)

3.1. LA TSANAGA A MAROUA

Cette station contrôle un bassin de 830 km². Entre 1966 et 1967 le tarage étant resté stable nous avons tracé une courbe hauteur-débit valable pour les deux années (graphique 3).

La hauteur d'eau maximale enregistrée a été de 197 cm pour un jaugeage effectué à 148 cm ($Q = 161 \text{ m}^3/\text{s}$). Par contre, la deuxième pointe par ordre d'importance n'a atteint que la cote 158 cm ; la courbe de tarage n'a donc été vraiment extrapolée que pour une seule crue (27 - 28 Août 67).

BASSIN VERSANT DE LA TSANAGA



Station hydrométrique

Echelle : 1 / 500.000

TABLEAU I. TSANAGA A MAROUA

Liste des jaugeages

Date	Hauteur (cm)	Débits m ³ /s
30. 7. 66	61	4,8
6. 8. 66	65	7,7
11. 8. 66	80	24,9
14. 8. 66	95	43,3
25. 8. 66	99	43,8
29. 8. 66	110	60,4
31. 8. 66	86	33,6
2. 9. 66	72	18,1
4. 9. 66	134	124,6
4. 9. 66	129	115,2
16. 9. 66	119	89,7
16. 9. 66	86	28,7
17. 10. 66	95	41,4
21. 10. 66	57	1,14
31. 10. 66	55	0,48
	52	0,01
7. 7. 67	65	8,9
10. 7. 67	86	33,8
15. 7. 67	110	64,4
15. 7. 67	128	95,0
19. 7. 67	107	57,0
25. 7. 67	73	20,1
27. 7. 67	84	29,4
29. 7. 67	148	161
25. 8. 67	95	40,2

TSANAGA à MAROUA

Courbe de tarage

200

Débit en m³/s

150

100

50

0

50

100

150

H en cm

○ Jaugeages 1966

● Jaugeages 1967

3.2. LE KALLIAO A MAROUA

Cette station contrôle un bassin de 359 km².

Avec les 28 jaugeages de la campagne 1966 et les 8 jaugeages de la campagne 1967 nous pouvons tracer une courbe de tarage valable jusqu'à 230 m³/s soit une hauteur à l'échelle de 190 cm environ (graphique 4).

TABLEAU II. KALLIAO A MAROUA

Liste des jaugeages

Date	Hauteur (cm)	Débits m ³ /s
23. 7. 66	60	0,90
29. 7. 66	63	1,95
30. 7. 66	52	0,05
10. 8. 66	106	34,0
10. 8. 66	119	49,9
10. 8. 66	148	103
10. 8. 66	175	180
17. 8. 66	82	10,5
17. 8. 66	92	17,9
2. 9. 66	66	2,1
3. 9. 66	62	0,92
6. 9. 66	75	4,9
12. 9. 66	61	0,72
13. 9. 66	68	2,28
15. 9. 66	64	0,85
16. 9. 66	72	3,35
16. 9. 66	77	5,5
16. 9. 66	78	6,0
18. 9. 66	131	71,5
18. 9. 66	125	60,2
18. 9. 66	110	32,4

TABLEAU II. KALLIAO A MAROUA

Liste des jaugeages (suite)

Date	Hauteur (cm)	Débits m ³ /s
18. 9. 66	96	18,1
21. 9. 66	81	10,1
4. 10. 66	59	0,35
14. 10. 66	55	0,11
21. 10. 66	51	0,01
7. 7. 67	72	7,5
19. 7. 67	106	35,5
19. 7. 67	125	56,4
22. 7. 67	127	70,4
29. 7. 67	98	36,0
8. 8. 67	134	77,6
24. 8. 67	132	77,6
31. 8. 67	186	224

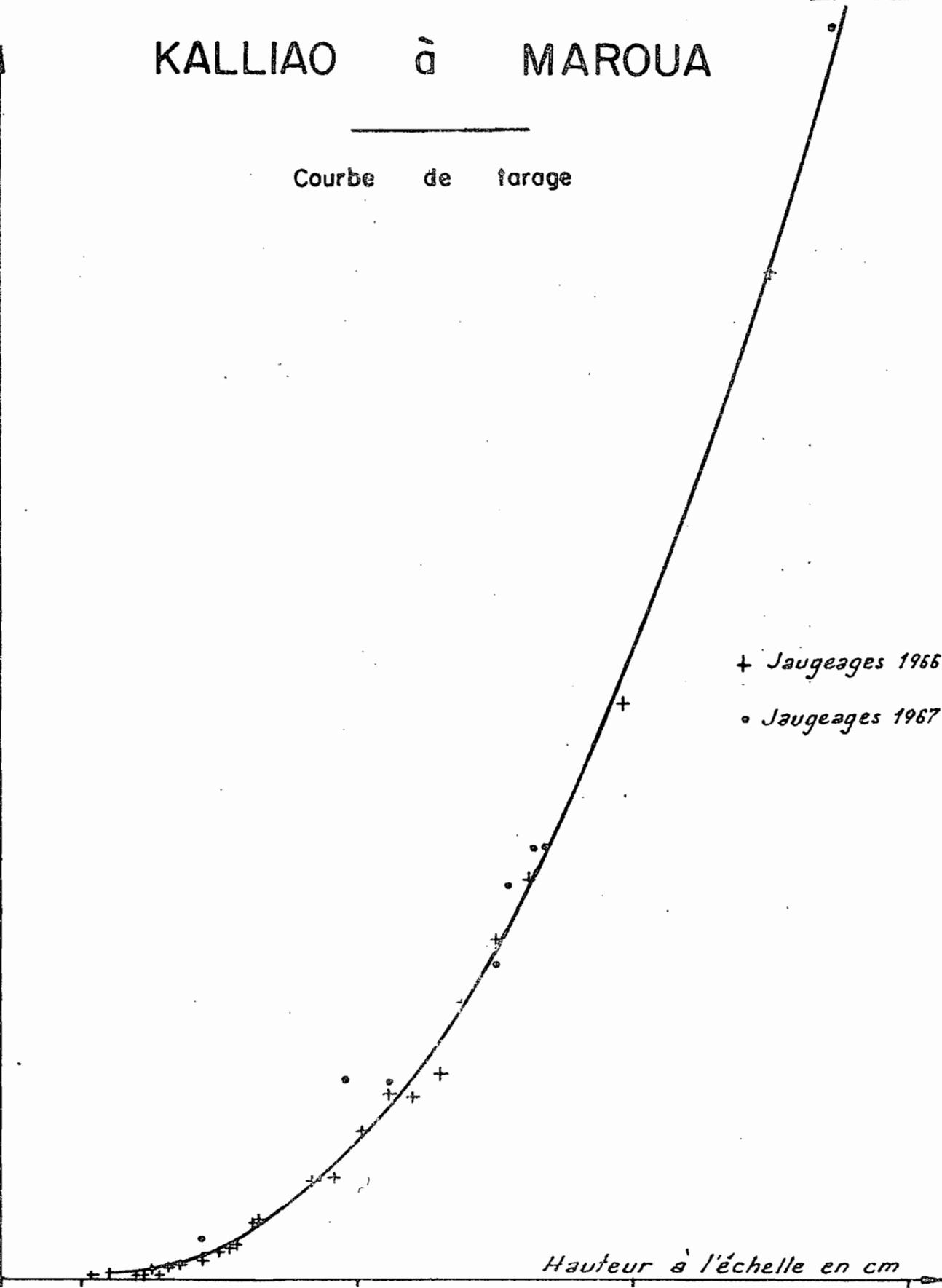
La plus forte hauteur enregistrée en 1967 a été de 186 cm soit $Q = 217 \text{ m}^3/\text{s}$ sur la courbe de tarage qui comme celle de la TSANAGA à MAROUA est assez stable.

Un jaugeage effectué à cette cote avait donné $Q = 224 \text{ m}^3/\text{s}$.

KALLIAO à MAROUA

Courbe de tarage

Débit en m³/s



+ Jaugeages 1966
o Jaugeages 1967

Hauteur à l'échelle en cm

3.3. LA TSANAGA A BOGO

Cette station située en aval de MAROUA contrôle un bassin de 1526 km².

C'est peu après BOGO que la TSANAGA répand ses eaux dans les Yaerès de la cuvette Tchadienne.

9 jaugeages effectués en 1967 permettent avec les 8 jaugeages de la campagne 1966 de tracer une courbe de tarage satisfaisante jusqu'à 180 cm à l'échelle soit $Q = 250$ m³/s alors que la plus forte hauteur d'eau enregistrée a été de 210 cm (graphique 5). Nous avons, là encore, une courbe de tarage relativement stable.

Précisons, toutefois, que la hauteur 180 cm n'a été dépassée que deux fois :

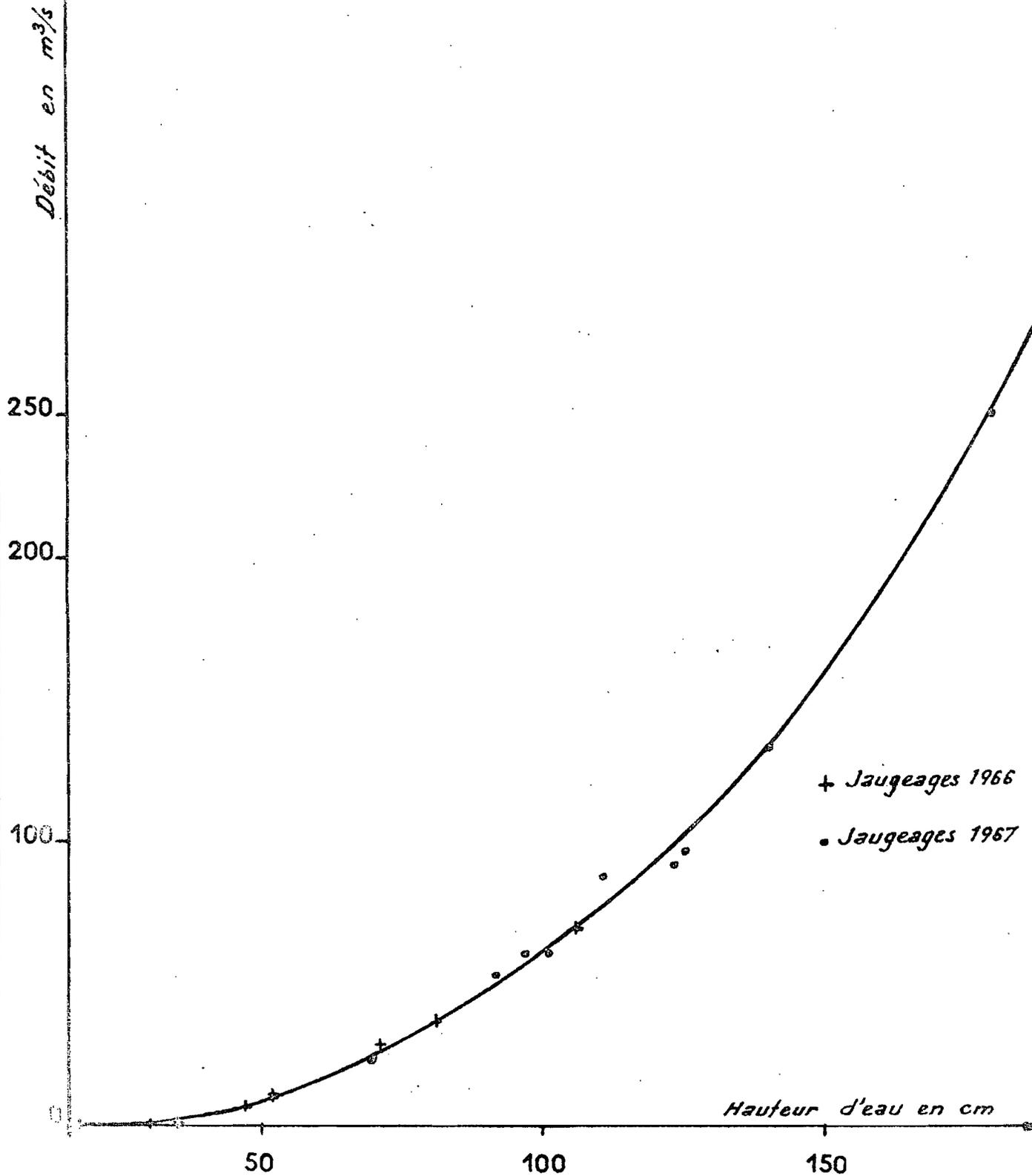
- le 28 Août 67 avec 199 cm
- le 1 Septembre avec 210 cm.

TABLEAU III. TSANAGA A BOGO - Liste des jaugeages

Date	Hauteur (cm)	Débits (m ³ /s)
16. 8. 66	71	29,4
25. 8. 66	106	69,3
29. 8. 66	81	37,3
4. 9. 66	52	10,0
4. 10. 66	47	6,5
17. 10. 66	35	0,85
22. 10. 66	30	0,42
28. 10. 66	17	0,004
19. 7. 67	123	92,0
19. 7. 67	140	132,4
23. 7. 67	125	97,0
27. 7. 67	70	23,4
29. 7. 67	97	60,0
9. 8. 67	101	61,2
9. 8. 67	92	52,2
25. 8. 67	111	87,6
30. 8. 67	180	<u>250</u>

TSANAGA à BOGO

Courbe de tarage



4. OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES EN 1967

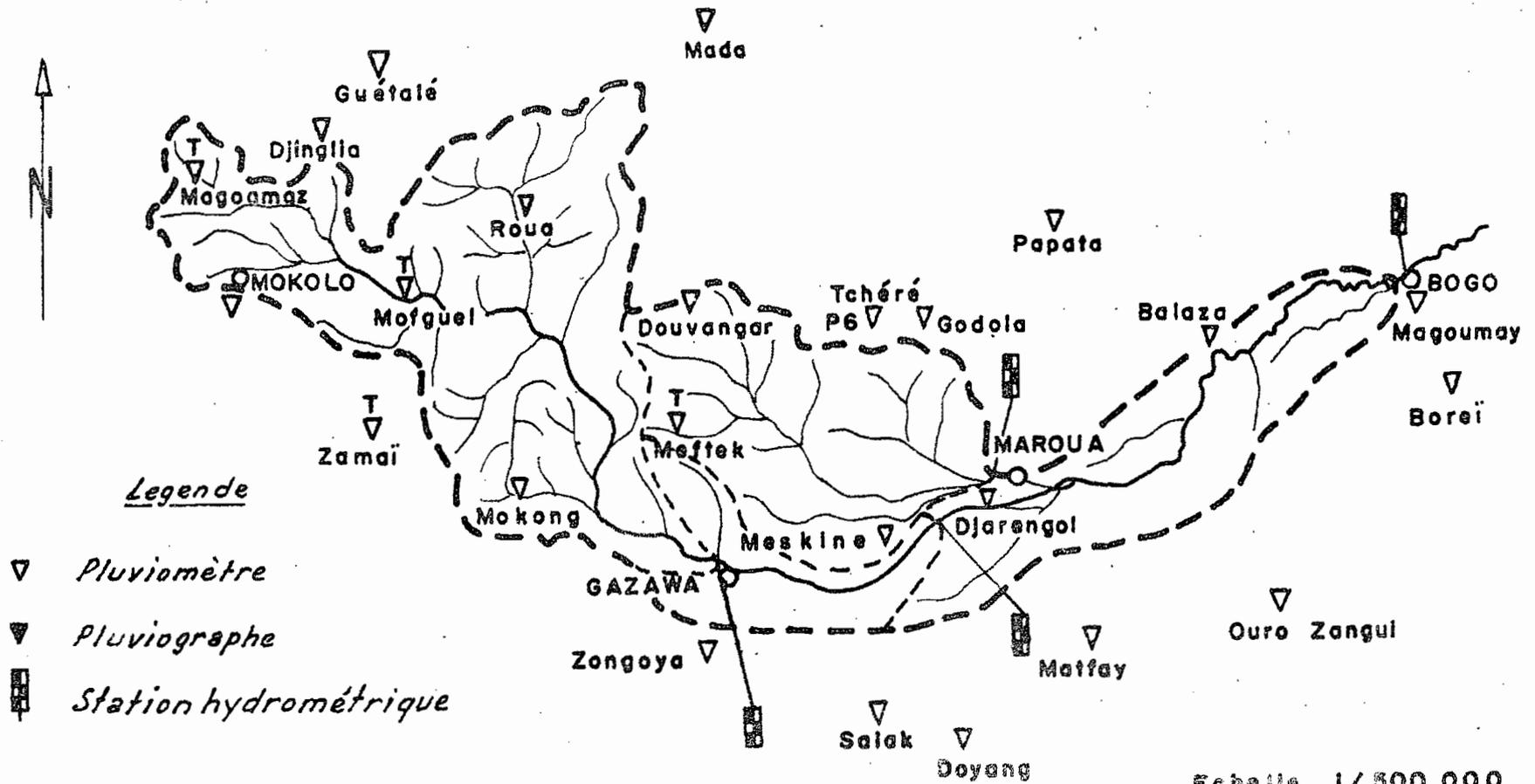
Le réseau pluviométrique est resté sensiblement le même qu'en 1966 (voir graphique 6).

La pluviométrie de l'année 1967 est excédentaire sur toute la partie Sud-amont du bassin de la TSANAGA et déficitaire partout ailleurs. En faite, ce déficit est dû principalement à la faible pluviosité des premiers mois de la saison des pluies et du mois d'Octobre, les mois de Juillet, Août et Septembre les plus intéressants quant à l'étude du ruissellement sont, suivant les stations, proches de la moyenne ou même excédentaires.

Stations	Pluviométrie annuelle moyenne (20 ans)	1967
MAROUA	797	655
MAROUA-SALAK	874	847
MOKOLO	(961)	fermé
GUEFALE	817	753
DOUVANGAR	(889)	867
GODOLA	(856)	781
PAPATA	(738)	596
ZONGOYA	(820)	725

Le tableau ci-dessus ne concerne que le Nord et l'aval du bassin. MOKOLO, le seul poste pluviométrique situé à l'amont a été fermé en 1967. Il est fort probable que la hauteur pluviométrique annuelle y a été supérieure à 1050 mm.

BASSIN VERSANT DE LA TSANAGA



Legende

- ▽ Pluviomètre
- ▼ Pluviographe
- ▣ Station hydrométrique

Echelle 1/300.000

Nous donnons ci-dessous les résultats des observations mensuelles 1967 à MAROUA Agriculture - MAROUA SALAK et GUETALE comparés aux moyennes interannuelles. (Graphiques 7 - 8 et 9).

Précisons, toutefois, que ces trois stations ne sont représentatives que de la partie du bassin la moins arrosée.

Stations	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Maroua 1967	0	0	13	16	36	165	295	121	9	0	0	655
Moyenne (1948-67)	0	0	17	62	115	209	246	128	19	0	0	796
Guetalé 1967	0	0	16	67	64	226	241	137	2	0	0	753
Moyenne (1948-67)	0	1	17	88	126	179	231	149	24	0	0	817
Maroua-Salak 67	0	0	42	46	49	194	277	229	9	0	0	846
Moyenne (1953-67)	0	4	21	63	134	234	230	162	34	0	0	882

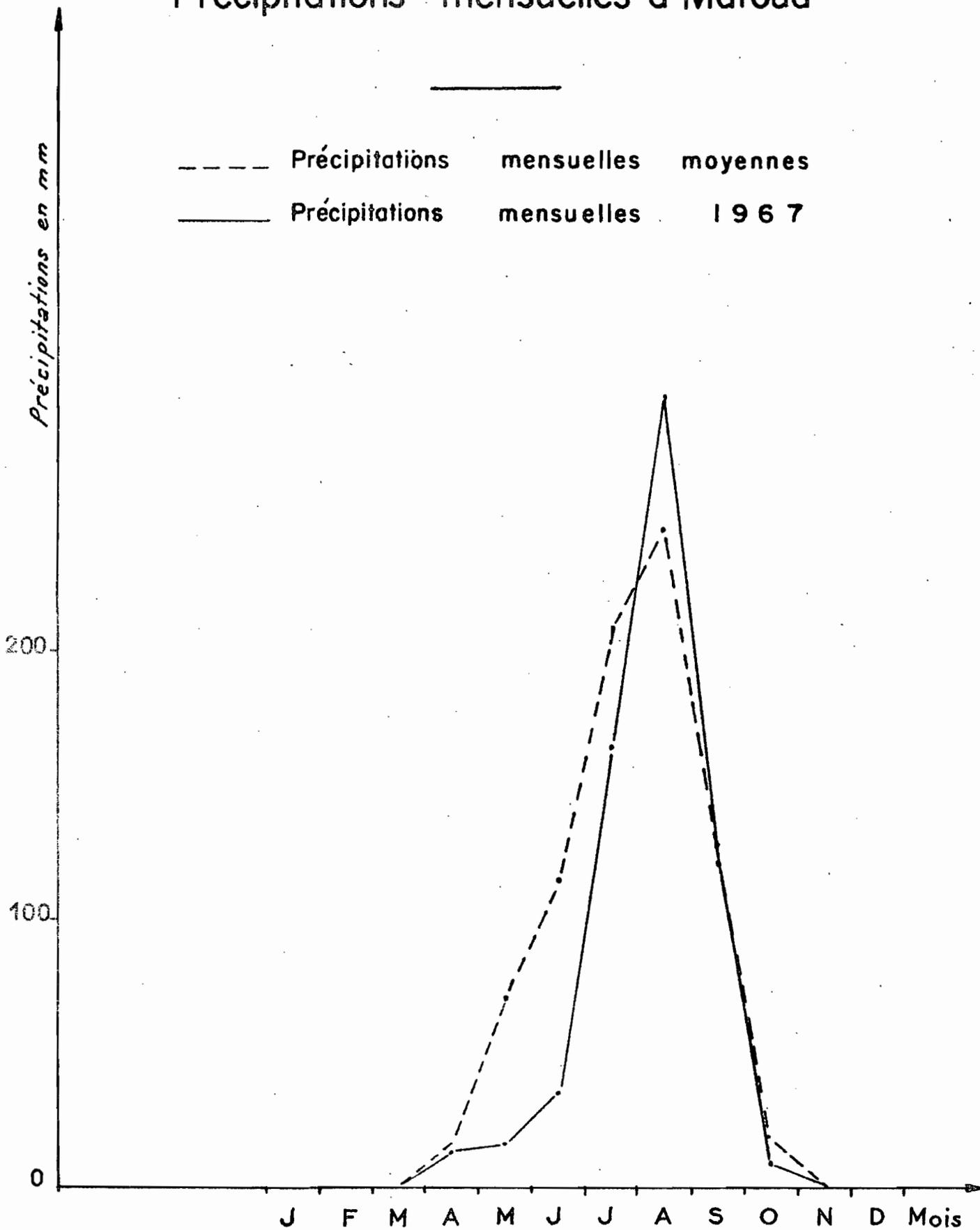
La pluviométrie moyenne sur les trois bassins versants, déterminée à l'aide des isohyètes annuelles, a les valeurs suivantes :

- Bassin du KALLIAO à MAROUA : 735 mm
- Bassin de la TSANAGA à MAROUA : 957 mm
- Bassin de la TSANAGA + KALLIAO : 888 mm
- Bassin de la TSANAGA à BOGO : 836 mm

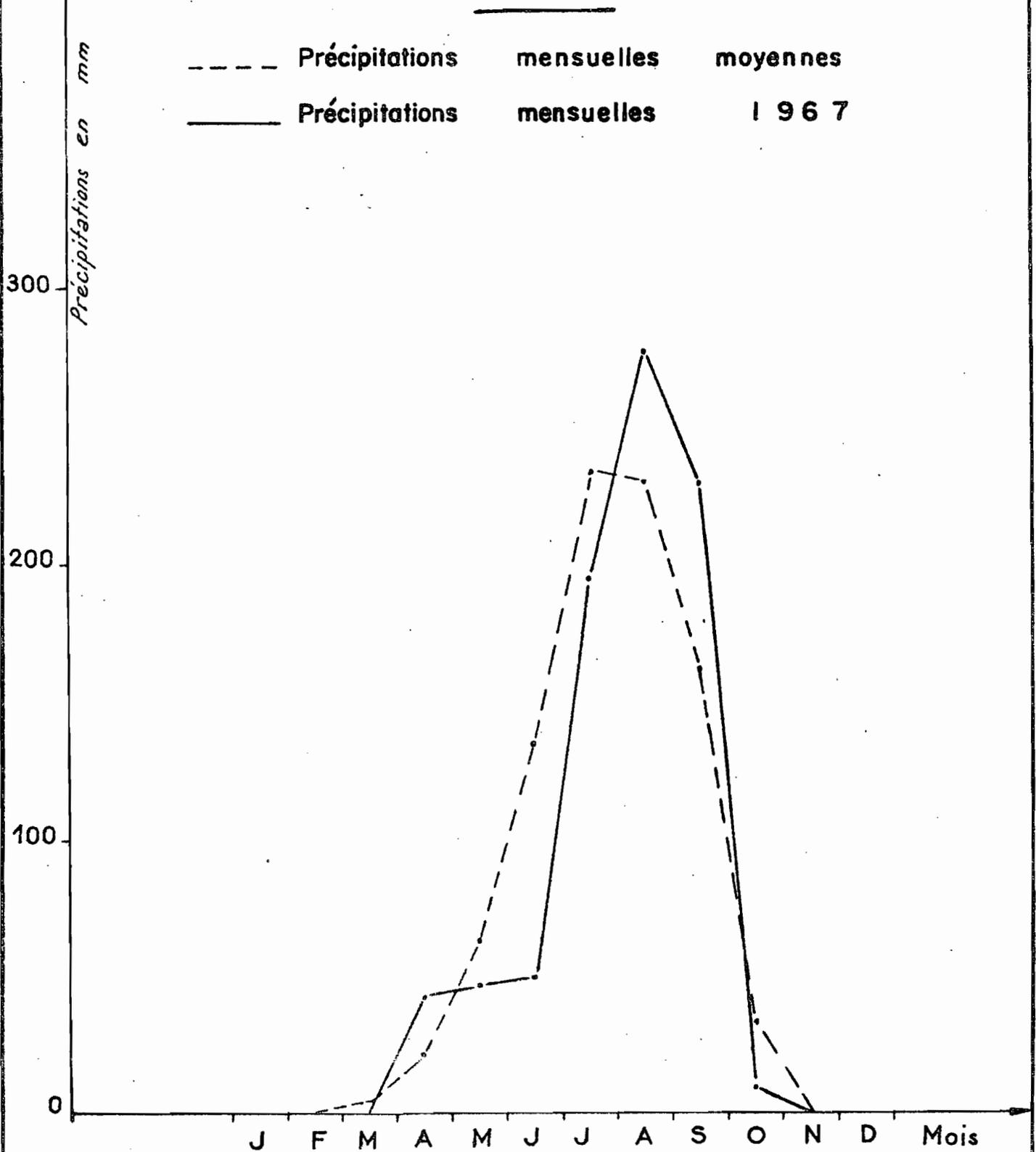
Les graphiques 10 à 14 donnent les isohyètes annuelles et mensuelles pour la campagne 1967.

Précipitations mensuelles à Maroua

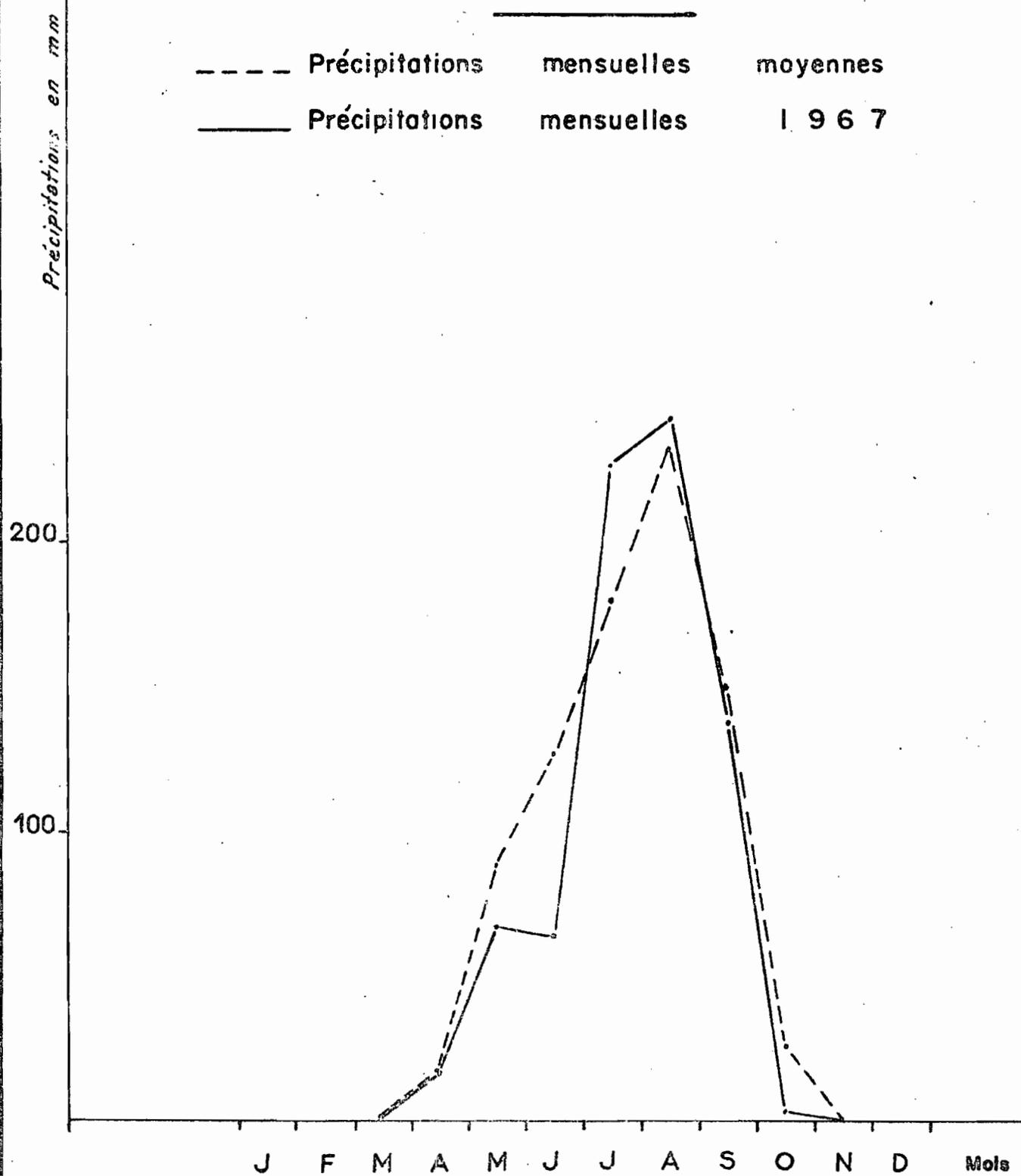
Gr. 7



Précipitations mensuelles à Maroua Salak



Précipitations mensuelles à Guetalé

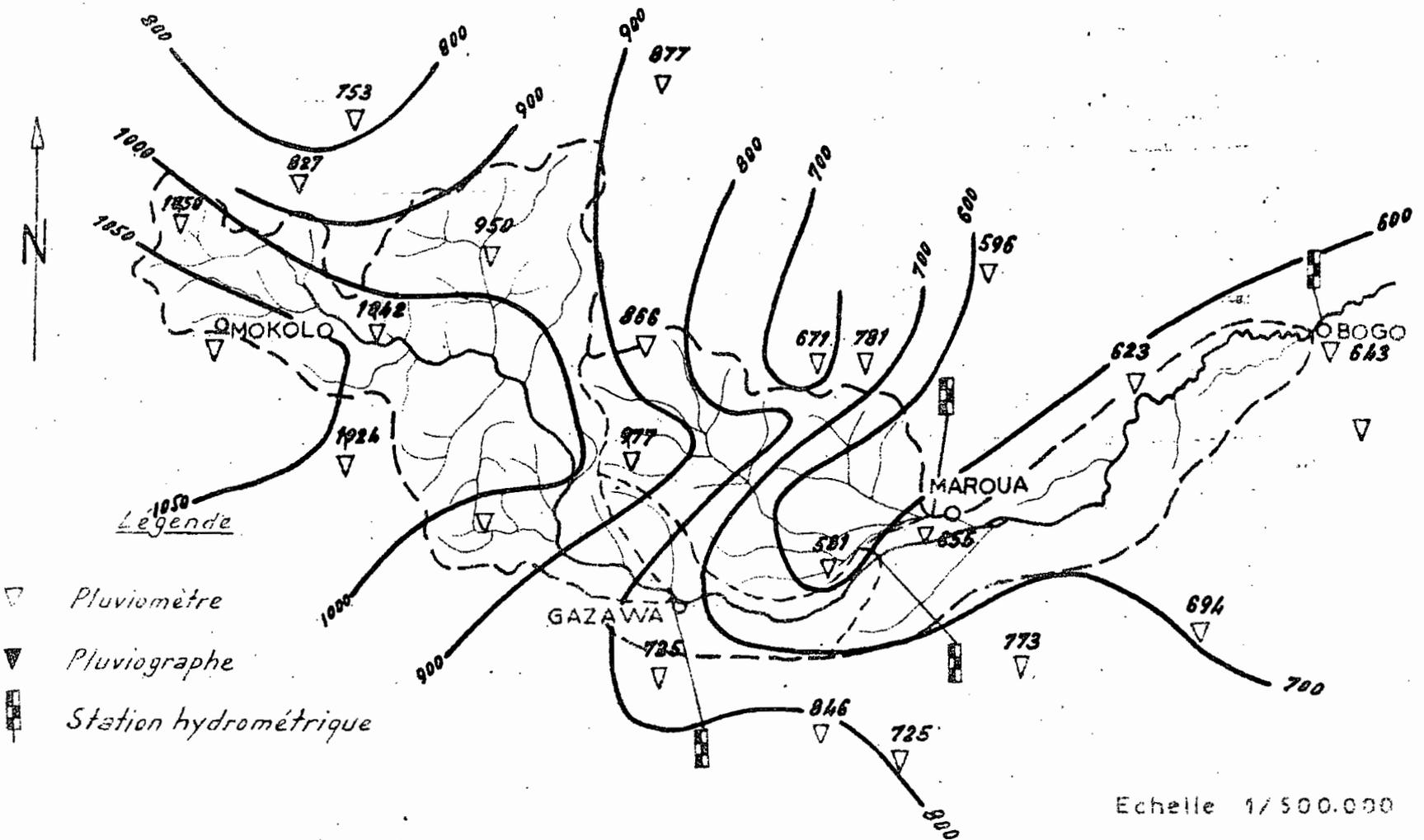


Nous donnons ci-après, les relevés mensuels et annuels des différents postes installés sur le bassin ou à proximité.

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année 1967
MAROUA	0	0	0	13	16	36	165	295	121	9	0	0	655
MAROUA-SALAK	0	0	0	42	46	49	194	277	229	9	0	0	846
MOKOLO	0	0	0	26	98	118	369		FERME				-
GUET ALE	0	0	0	16	67	64	226	241	137	2	0	0	753
DOUVANGAR	0	0	0	34	18	42	261	363	133	15	0	0	866
GODOLA	0	0	0	9	3	39	200	386	143	1	0	0	781
PAPATA	0	0	0	16	5	66	136	208	165	0	0	0	596
ZONGOYA	0	0	0	44	13	72	218	260	118	0	0	0	725
MADA	0	0	0	21	19	22	308	355	139	13	0	0	877
MAGOUMAZ	0	0	0	18	37	51	406	252	265	1	0	0	1030
MESKINE	0	0	0	8	32	40	164	233	86	18	0	0	581
ROUA	0	0	0	24	31	63	286	399	117	30	0	0	950
DOYANG	0	0	0	21	75	62	206	256	105	0	0	0	725
BALAZA	0	0	0	0	16	43	147	268	148	0	0	0	623
OURO-ZANGUI	0	0	0	0	72	89	201	202	129	1	0	0	694
TCHERE	0	0	0	24	10	80	145	290	120	2	0	0	671
MAGOUMAY	0	0	0	0	7	56	131	325	124	0	0	0	643
MEPTEK	0	0	0	89	→	69	276	360	169	14	0	0	977
MOFGUEL	0	0	0	82	→	70	405	297	166	22	0	0	1042
ZAMAI	0	0	0	64	→	83	409	312	137	-	0	0	-
DJINGLIA	0	0	0	5	53	74	326	227	108	34	0	0	827
MATFAY	0	0	0	18	76	36	169	302	161	11	0	0	773
BOREI	0	0	0	0	19	79	-	-	150	0	0	0	-
MOKONG	0	0	0	32	51	137	291	-	137	19	0	0	-

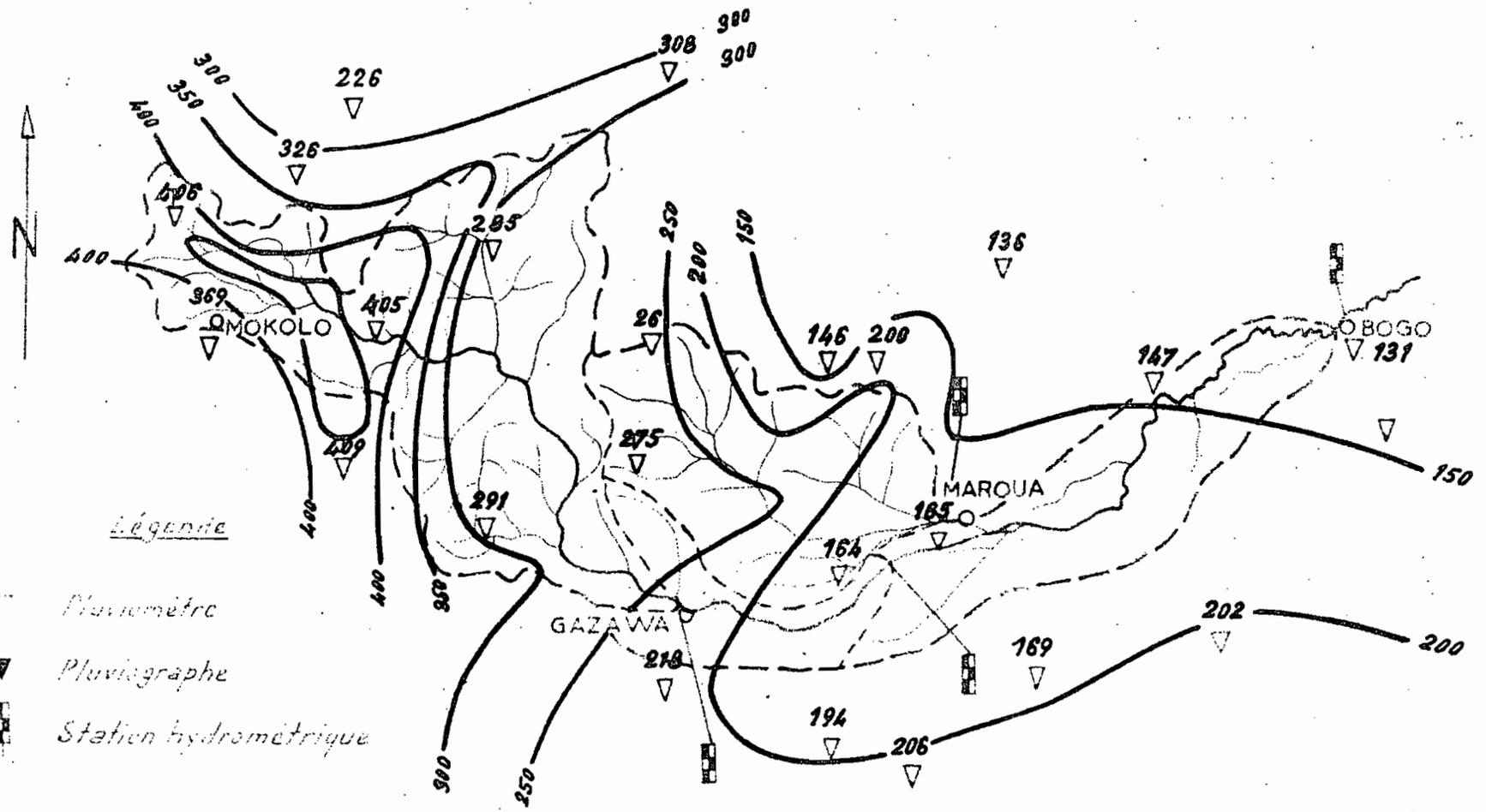
BASSIN VERSANT DE LA TSANAGA

Isohyètes annuelles 1967



BASSIN VERSANT DE LA TSANAGA

Pluviométrie de Juillet 1967

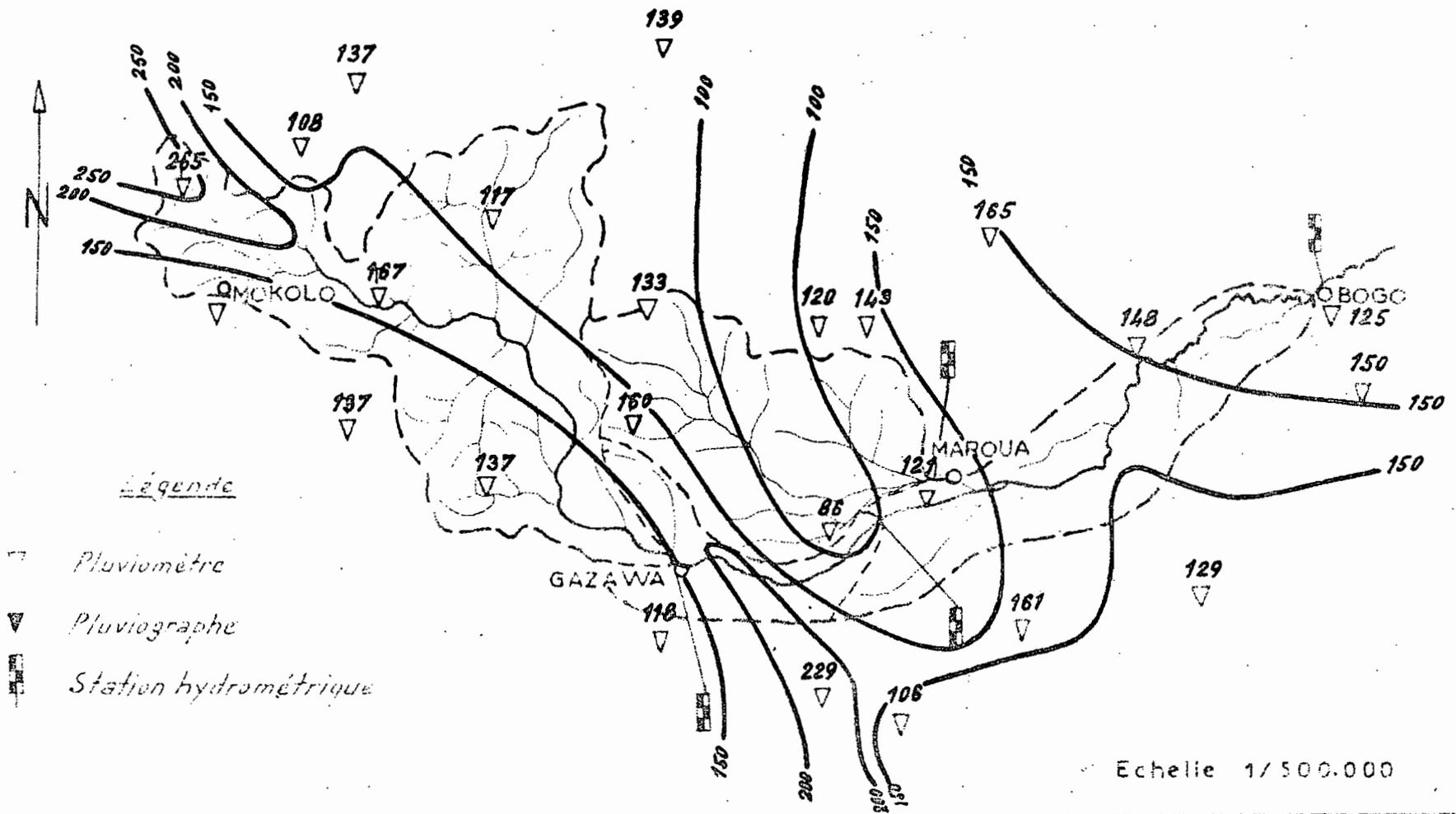


Echelle 1/500.000

Ouvrage de la Recherche Scientifique et Technique O.N.R. Mali

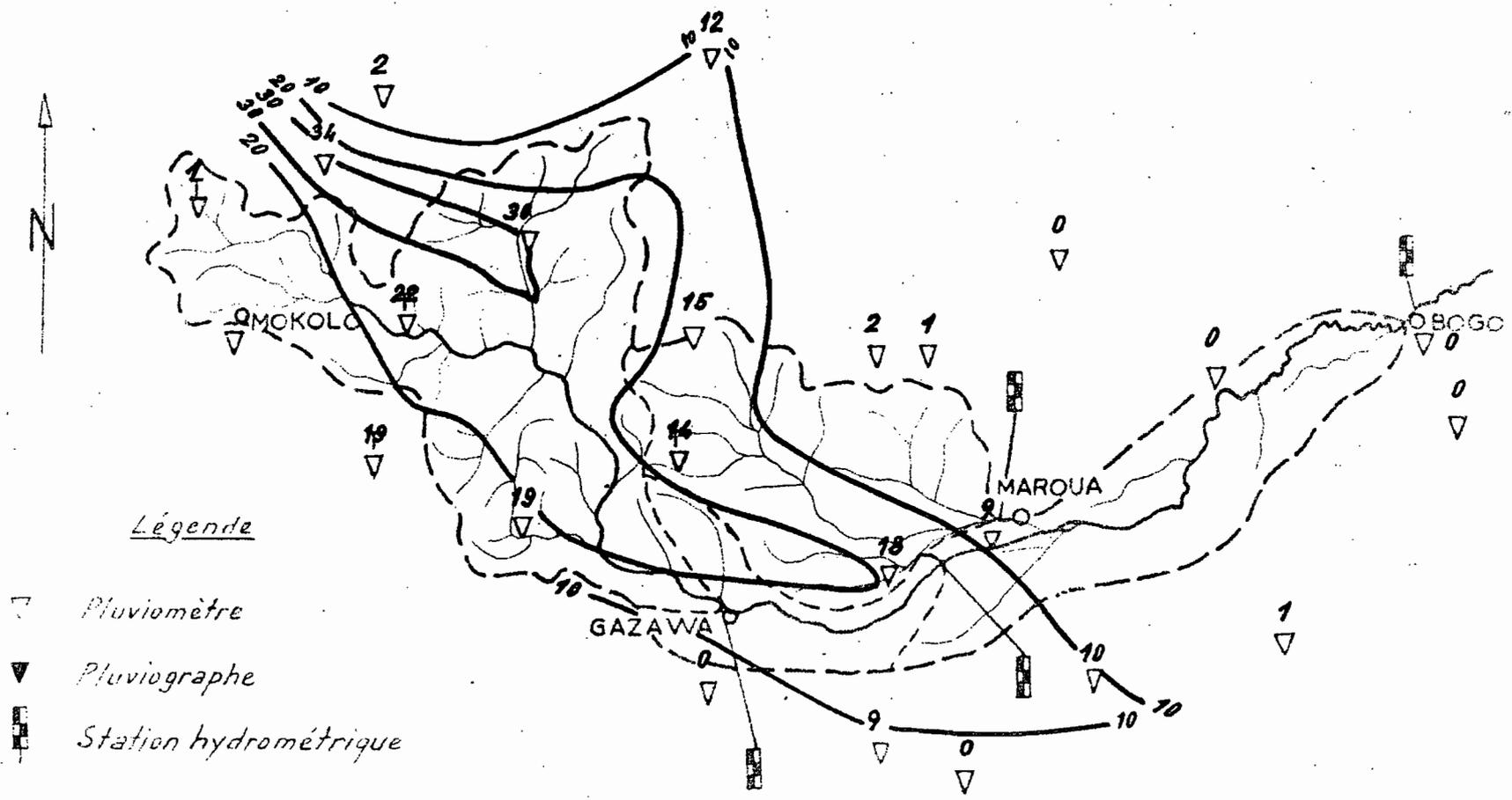
BASSIN VERSANT DE LA TSANAGA

Pluviométrie de Septembre 1967



BASSIN VERSANT DE LA TSANAGA

Pluviométrie d'Octobre 1967



Légende

- ▽ Pluviomètre
- ▼ Pluviographe
- ▬ Station hydrométrique

Echelle 1/500.000

5. ETUDE DES CRUES EN 1967

Les débits maximums observés en 1967 sont :

KALLIAO à MAROUA : 217 m³/s soit 583 l/s/km² le 31 Août 67
TSANAGA à MAROUA : 313 m³/s soit 375 l/s/km² le 28 Août 67
TSANAGA à BOGO : 362 m³/s soit 237 l/s/km² le 1 Septembre 67.

Ces valeurs sont très supérieures à celles observées en 1966.

5.1. Description des principales crues

Les principales crues observées ont présentée les caractères suivants :

Crue des 15 et 16 Juillet

Cette crue ne s'est manifestée que sur la TSANAGA. A MAROUA, l'hydrogramme présente, à la montée, un petit palier qui dure 4 heures, par contre, la montée qui fait passer le débit de 27 m³/s à 131 m³/s (maximum) ne dure que 2 heures (de 11 heures à 13 heures).

A BOGO, l'hydrogramme de crue est bien régulier avec un temps de montée de 4 heures 30. Le maximum, égal à 70,5 m³/s, est atteint à 3 heures le 7 Juillet, ce qui donne un temps de propagation de 14 heures.

Crue du 19 Juillet

Cette crue s'est manifestée sur l'ensemble des bassins de la TSANAGA et du KALLIAO.

A MAROUA, l'hydrogramme de la TSANAGA présente deux pointes ($Q_1 = 152$ m³/s et $Q_2 = 156$ m³/s) séparés par 1 heure (7 et 8 heures).

Le temps de montée du premier maximum est à peine supérieur à 1 heure.

L'hydrogramme du KALLIAO n'a qu'une seule pointe mais marque malgré tout, un petit ressaut aux environs de 150 m³/s (Q max = 160 m³/s) ce qui donne un temps de montée un peu long : 3 h 30.

A BOGO, l'hydrogramme résultant a une forme régulière :

- temps de montée : 5 heures 30
- Q max : 153 m³/s.

Crue des 24 - 25 Août

Cette crue est issue du Mayo KALLIAO. L'hydrogramme est assez régulier avec un temps de montée de 2 h 30. Le débit maximum (Q max = 112 m³/s) a lieu à 15 h 30 le 24 Août.

A BOGO, l'hydrogramme présente une montée rapide (4 h 15) le maximum, égal à 77,7 m³/s, est atteint à 5 heures le 25 Août, ce qui nous donne un temps de propagation de 13 heures 30.

Crue des 27 et 28 Août

Cette crue est la plus forte enregistrée en 1967 sur la TSANAGA à MAROUA (Q max = 313 m³/s). L'hydrogramme est assez régulier bien que présentant un palier dans la montée (t montée = 8 h). Par contre, l'hydrogramme du KALLIAO à MAROUA est irrégulier avec un temps de montée très long (tm = 6 heures). Le maximum enregistré est le deuxième de l'année (Q max = 186 m³/s).

L'hydrogramme résultant, à BOGO, a un temps de montée également très long (tm = 36 heures) ce qui lui donne une forme assez molle bien que le débit maximum atteigne 321 m³/s.

Crue des 31 Août et 1er Septembre

C'est la plus forte crue enregistrée en 1967 sur le KALLIAO ($Q_{\max} = 217 \text{ m}^3/\text{s}$). L'hydrogramme est assez régulier avec un temps de montée un peu long ($t_m = 5$ heures). La TSANAGA à MAROUA n'a qu'un débit maximum de $198 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui nous donne, malgré tout, à BOGO le plus fort débit enregistré en 1967 ($Q_{\max} = 362 \text{ m}^3/\text{s}$).

Ces forts débits s'expliquent par le fait que quatre crues importantes se sont succédées en à peine deux jours et demi, les écarts entre chaque crue n'étant pas suffisants pour permettre un retour au niveau de base.

Crue des 13 et 14 Septembre

Cette crue s'est surtout manifestée sur la TSANAGA. A MAROUA, l'hydrogramme est assez régulier. Le temps de montée est de 4 heures et le débit maximum égal à $189 \text{ m}^3/\text{s}$ est atteint à 3 heures le 14 septembre.

Le KALLIAO ne donne qu'un hydrogramme mou dont le débit maximum n'est que de $63 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'hydrogramme de BOGO, malgré un petit palier à la montée est assez régulier. Le débit maximum égal à $192 \text{ m}^3/\text{s}$ est atteint à 16 heures le 14 Septembre, ce qui nous donne un temps de propagation de 13 heures entre les deux stations de MAROUA et BOGO.

5.2. Temps de montée et temps de propagation des crues.

Le Tableau IV récapitule les heures de passage des maximums et les temps de montée aux divers stations ainsi que les temps de propagation entre les 2 stations de MAROUA et celle de BOGO.

Les temps de montée sont :

- KALLIAO à MAROUA : voisin de 2 heures ou 2 heures 30 en pleine saison des pluies et proche de 1 h 30 en début de saison des pluies.

- TSANAGA à MAROUA : voisin de 4 heures en pleine saison des pluies, peut être même inférieur à 3 heures en début de saison des pluies.

- TSANAGA à BOGO : proche de 7 heures.

Le temps de propagation entre MAROUA et BOGO serait voisin de 14 heures.

TABLEAU IV

TSANAGA - MAROUA			KALLIAO - MAROUA				TSANAGA - BOGO					
Date	Heure	Temps de	Date	Heure	Temps de	Ecart avec	Date	Heure	Temps de	Temps	Temps	
	du Max	montée		du Max	montée	TSANAGA à		de Max	montée	prop	prop	
						MAROUA				(1)	(2)	
1	13-7	14 h	9h30(c)	13-7	11h	1h30	- 3 h	14-7	6 h	8h	16 h	19h
2	15-7	13 h	7h (c)	15-7	6h	14h	- 7 h	16-7	3 h	4h30	14 h	21h
3	19-7	8 h	5h (c)	19-7	5h	3h30(c)	- 3 h	19-7	18 h	5h30	10 h	23h
4	23-7	2 h	6h (c)	22-7	19h	1h45	- 7 h	23-7	14 h	8h45	12 h	19h
5	24-7	8 h30	2h (c)	23-7	23h30	1h45	- 9 h	24-7	21 h	5h	12 h30	21h30
6	29-7	11 h	8h (c)	29-7	7h	2h15	- 4 h	29-7	24 h	6h30	13 h	17h
7	29-7	23 h	2h30	29-7	22h30	1h	-1/2 h	30-7	12 h	4h30	13 h	13h30
8	5-8	22 h	7h (c)					6-8	15 h	5h	17 h	
9	7-8	8 h	6h30(c)	7-8	3h	5h30(c)	- 5 h	7-8	22 h	10h (c)	14 h	19h
10	8-8	14 h	3h30	8-8	11h	3h (c)	- 3 h	8-8	24 h	15h (c)	10 h	13h
11	20-8	23 h	2h15	20-8	19h	4h (c)	- 4 h	21-8	12 h	7h30	13 h	17h
12				24-8	15h30	2h30		25-8	5 h	4h15		13h30
13	25-8	0 h	3h					25-8	14 h	4h	10 h	
14	27-8	16 h	8h	27-8	13h	6h (c)	- 3 h	28-8	15 h	37h (c)	23 h	26h
15	30-8	2 h	3h	29-8	19h	2h30	- 7 h	30-8	10 h	8h30	8h	15h
16	31-8	20 h	7h (c)	31-8	14h	5h (c)	- 6 h	1-9	16 h	36h (c)	20h	26h
17	7-9	6 h	5h	6-9	23h	2h	- 7 h	7-9	19 h	14h (c)	13h	20h
18	12-9	17 h	10h30(c)	12-9	13h	5h (c)	- 4 h	13-9	1 h	14h (c)	8h	12h
19	14-9	3 h	4h	13-9	21 h	3h (c)	- 6 h	14-9	16 h	12h (c)	13h	19h

(1) entre BOGO et MAROUA (TSANAGA)

(2) entre BOGO et MAROUA (KALLIAO)

(o) crue complexe.

5.3. Evolution des crues entre MAROUA et BOGO

La diminution du débit maximum de crue entre MAROUA et BOGO est loin d'être une règle. Nous pouvons constater sur le tableau V que dès la première quinzaine d'Août les Q max. enregistrés à BOGO ont été supérieurs à ceux enregistrés à MAROUA, tant sur le KALLIAO que sur la TSANAGA.

Afin d'avoir une meilleure idée de l'évolution des crues nous avons essayé de calculer pour chaque crue étudiée le débit de pointe juste après le confluent de la TSANAGA et du KALLIAO. Pour cela nous avons estimé qu'en partant des deux stations de MAROUA à la même heure l'onde de crue du KALLIAO arrive au confluent environ une heure avant celle de la TSANAGA. Pour calculer les coefficients d'amortissement du tableau VI nous avons pris le plus fort débit maximum, soit Q_1 soit Q_2 .

TABLEAU V

	Date de la crue	Q max à BOGO m3/s	TSANAGA A MAROUA		KALLIAO A MAROUA	
			Q max m3/s	Q BOBO 100 $\frac{Q \text{ MAROUA}}{Q \text{ MAROUA}}$ ou 100 $\frac{Q \text{ MAROUA}}{Q \text{ BOGO}}$	Q max m3/s	Q BOGO 100 $\frac{Q \text{ MAROUA}}{Q \text{ BOGO}}$
1	13-14.7	60,3	110	- 45 %	20,0	
2	15-16.7	70,5	131	- 46 %	7,08	
3	19- .7	153	156		160	- 4 %
4	22-23.7	113	128	- 12 %	77,6	
5	23-24.7	132	189	- 30	44,5	
6	29- .7	132	156	- 15 %	23,7	
7	29-30.7	79,4	60,0	+ 32 %	14,4	
8	5-6 .8	39,4	63,5	- 38 %		
9	7- .8	63,0	71,5	- 12 %	24,3	
10	8- .8	107	67,5		78,0	+ 37 %
11	20-21.8	104	73,5	+ 42 %	59,4	
12	24-25.8	77,7			112	- 31 %
13	-25.8	81,1	77,5	+ 5 %		
14	27-28.8	321	313	+ 3 %	186	
15	-30.8	247	69,5		183	+ 35 %
16	31-8.1.9	362	198		217	+ 67 %
17	6-7. 9	243	137		141	+ 72 %
18	12-13.9	198	60,0		147	+ 35 %
19	13-14.9	192	189	+ 2 %	63,0	

TABLEAU VI

	Date de la crue	Q max à BOGO m3/s	Q ₁ m3/s	Q ₂ m3/s	Coefficient d'amortissement
1	13 - 14. 7	60,3	118	37,4	- 49 %
2	15 - 16. 7	70,5	135		- 48 %
3	19. 7	153	192	176	- 20 %
4	22 - 23. 7	113	144	96	- 22 %
5	23 - 24. 7	132	199	66	- 34 %
6	29. 7	132	163	93	- 19 %
7	29 - 30. 7	79,4	70,4		- 12 %
8	5 - 6 . 8	39,6	63,5		- 37 %
9	7 . 8	63,0	76,7	43,9	- 18 %
10	8. 8	107	96	115	- 7 %
11	20 - 21. 8	104	104	92	- 0 %
12	24 - 25. 8	77,7		136	- 43 %
13	25. 8	81	91		- 11 %
14	27 - 28. 8	321	382	356	+ 16 %
15	30. 8	247	108	226	+ 9 %
16	31.8-1 . 9	362	243	342	+ 6 %
17	6 - 7 . 9	243	266	161	- 9 %
18	12 - 13. 9	198	98	183	+ 8 %
19	13 - 14. 9	192	207	97	- 7 %

Q₁ = Q max de la TSANAGA à MAROUA + Q du KALLIAO à MAROUA
une heure après

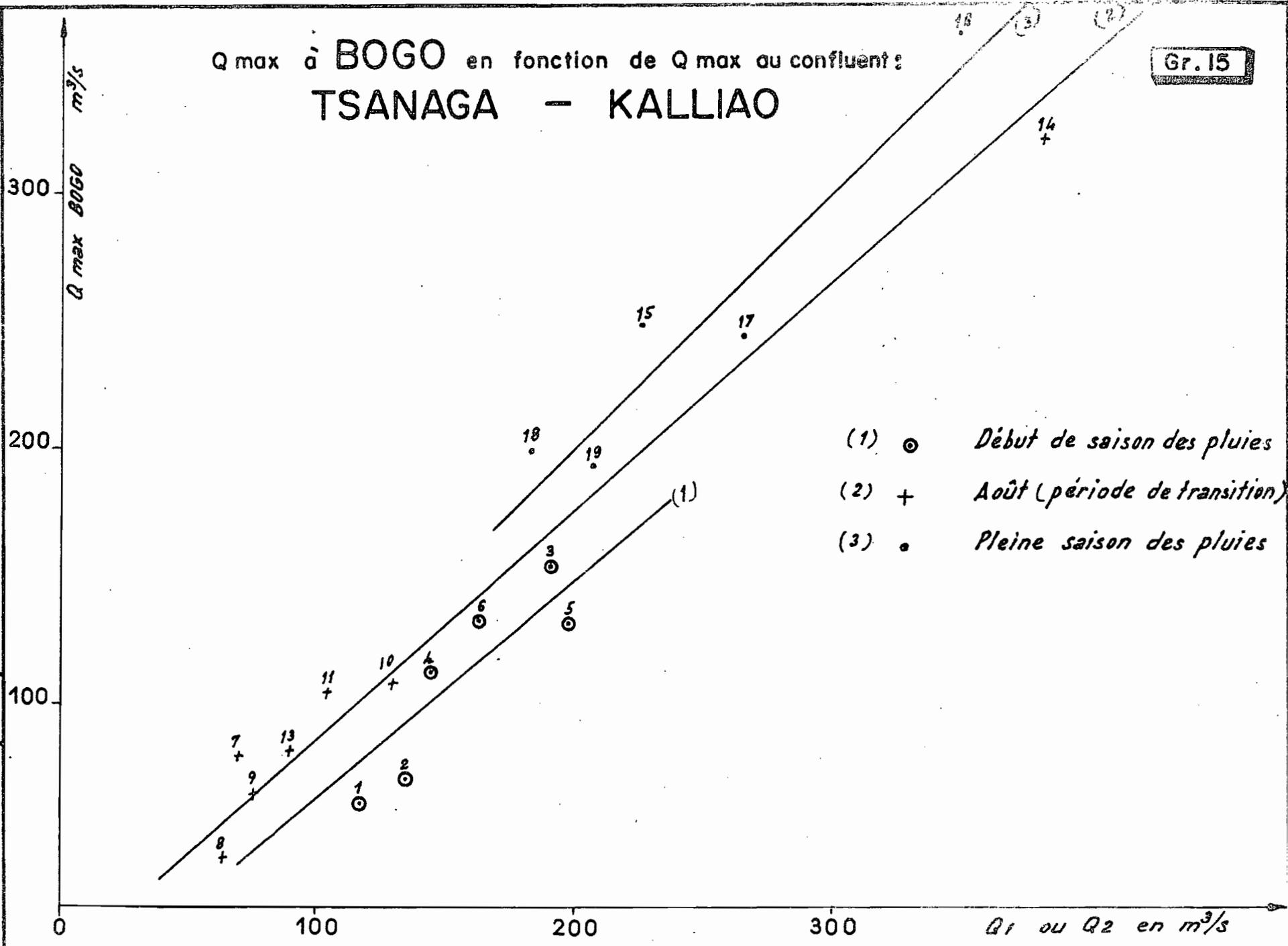
Q₂ = Q max du KALLIAO à MAROUA + Q de la TSANAGA à MAROUA
une heure avant

Il apparaît ainsi nettement, comme d'ailleurs sur le graphique 15, que l'amortissement des crues est net en début de saison des pluies, il se situerait alors aux environs de 30 %, au mois d'Août il ne serait plus que de 15 %, pour s'annuler en pleine saison des pluies.

Cette évolution correspond à une lente recharge de la nappe qui permet d'éviter, partiellement du moins, en pleine saison des pluies, les pertes par percolation entre MAROUA et BOGO, les apports dû à l'augmentation de bassin entre ces deux stations restant faibles mais tout de même sensibles (crues de fin - Août et de Septembre).

Q max à BOGO en fonction de Q max au confluent :
 TSANAGA — KALLIAO

Gr. 15



- (1) ⊙ Début de saison des pluies
- (2) + Août (période de transition)
- (3) • Pleine saison des pluies

6. BILAN HYDROLOGIQUE

Tous les appareils ayant fonctionnés de façon satisfaisante nous pouvons donner pour 1967 un bilan hydrologique valable :

- volume écoulé	:	10 ⁶ m3
- lame d'eau équivalente	:	mm
- pluviométrie	:	mm
- coefficient d'écoulement	:	%
- Déficit d'écoulement	:	mm
- Module annuel	:	m3/s
- Module spécifique annuel	:	l/s/km2

Stations	Volume écoulé (1967) 10 ⁶ m3	lame d' eau équi- valente mm	pluvio- métrie 1967 mm	coef. écou. %	Déficit d'écoul. mm	Module annuel m3/s	Module annuel spécif. l/s/km2
<u>MAROUA</u>							
TSANAGA	238,0	287	957	30	670	7,6	9,2
KALLIAO	64,9	181	735	25	554	2,1	5,8
TSANAGA + KALLIAO	302,9	255	888	29	633	9,7	8,2
<u>BOGO</u>							
TSANAGA	348,0	228	836	27	608	11,0	7,2

Nous rappelons ci-après les valeurs trouvées en 1966.

Stations	Volume écoulé (1966) 10 ⁶ m ³	lame d'eau équivalente mm	Pluviométrie 1966 mm	Coef. écoulé %	Déficit d'écoulé mm	Module annuel spécif. m ³ /s l/s/km ²
<u>MAROUA</u>						
TSANAGA	165,8	200	856	23	656	5,3
KALLIAO	41,6	116	793	15	677	1,3
TSANAGA + KALLIAO	207,4	174	837	21	663	6,6
<u>BOGO</u>						
TSANAGA	219,9	144	828	17	684	7,0

Seul le bassin de la TSANAGA à MAROUA a eu une pluviométrie nettement plus forte en 1967 qu'en 1966, les autres valeurs sont tout à fait comparables. Par contre les volumes écoulés et consécutivement les coefficients d'écoulement et les modules annuels sont largement supérieurs en 1967. Ceci peut s'expliquer par le fait que les mois de pleine saison des pluies sont souvent excédentaires et que nous avons eu de nombreuses averses d'importance moyenne assez rapprochées dans le temps, ce qui est très favorable au ruissellement.

Contrairement à ce qu'avait révélé les précédentes études nous n'avons pas en 1967, comme d'ailleurs en 1966, observé une dégradation du volume écoulé entre MAROUA et BOGO, bien que nous ayons eu en 1966, une distribution des pluviométries mensuelles tout à fait défavorable puisque les précipitations qui ont commencé à tomber en avril, sont devenues très abondantes en mai et durant la première quinzaine de juin la pluviométrie annuelle restant, malgré ceci, déficitaire.

Le gain a été de 45 millions de m3 en 1967 et 13 millions en 1966.

Des pertes ne s'observent dans le lit de la TSANAGA que durant les mois les moins pluvieux de la saison des pluies, à savoir, Juillet et Octobre.

Les Tableaux VII - VIII et IX

et les graphiques 16 - 17 et 18 donnent les débits moyens journaliers aux trois stations.

TABLEAU VII

TSANAGA A MAROUA

ANNEE 1967

Débits moyens journaliers en m³/s.

Jours	J	J	A	S	O
1			33,8	52,3	4,9
2		13,7	24,7	37,1	3,0
3		23,2	18,3	31,6	3,0
4		2,0	19,6	25,0	2,8
5		0,4	33,8	19,6	1,0
6		3,6	35,1	59,7	2,1
7		5,5	38,3	48,7	0,6
8		23,5	41,2	37,8	2,0
9		21,6	24,6	35,2	1,5
10		12,5	29,2	40,2	6,6
11		10,0	22,2	29,3	8,0
12		13,0	18,7	48,2	4,4
13		44,3	17,5	72,3	5,9
14		19,7	20,5	40,5	4,0
15		45,7	20,8	20,7	1,0
16		18,0	20,4	19,6	0,5
17		17,4	21,6	17,4	0,49
18		44,2	18,5	16,4	0,20
19		32,2	27,3	15,3	0,20
20		20,7	48,5	13,1	0,10
21		19,6	31,3	19,5	
22		48,5	21,7	11,0	
23		51,3	18,5	8,9	
24		34,6	40,4	7,9	
25		16,8	32,2	7,9	
26		31,8	38,1	5,9	
27		19,7	143,8	6,5	
28		44,2	48,2	15,2	
29		49,2	67,8	7,9	
30		27,9	92,0	5,9	
31		18,3	124,3		
Q MOY.		23,6	38,5	25,9	1,69
V 10 ⁶ m ³		63,2	103,1	67,1	4,5

Module : 7,55 m³/s.

TSANAGA à MAROUA

Débits moyens journaliers en 1967

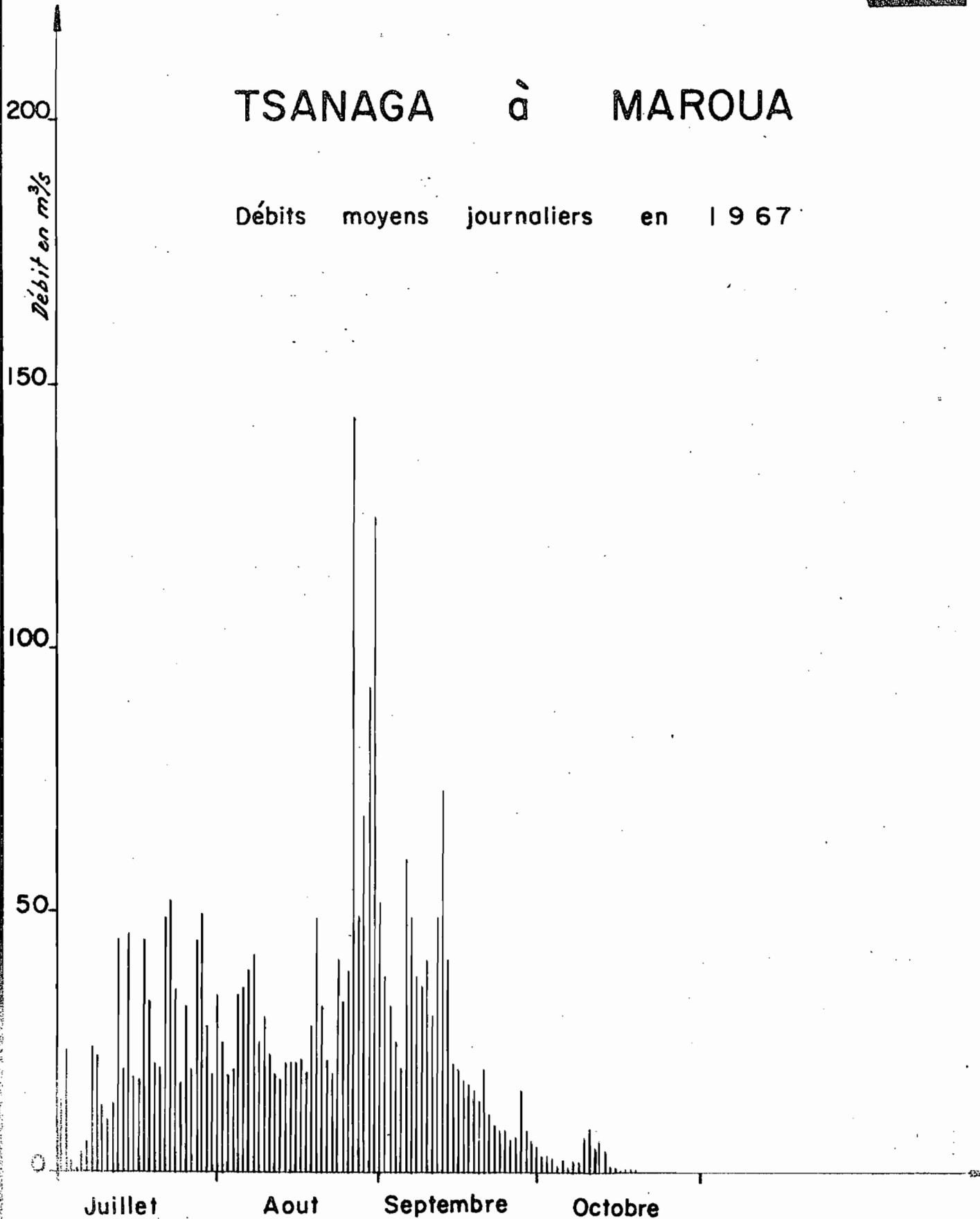


Tableau VIII

KALLIAO A MAROUAANNEE 1967Débits moyens journaliers en m³/s

Jours	J	J	A	S	O
1		0,45	0,30	7,90	0,39
2		1,30	0,01	2,90	0,24
3				1,40	0,19
4				0,70	0,17
5			0,08	0,60	0,14
6			6,06	60,0	0,14
7		1,95	15,0	11,2	0,14
8		0,02	12,6	7,25	0,14
9			0,25	5,10	0,14
10		1,86	0,03	16,0	10,4
11				10,3	3,95
12	0,06	6,41	2,81	36,4	0,32
13		2,65	0,65	19,7	0,19
14		1,19	0,22	5,80	0,55
15		1,16	0,12	2,23	0,14
16			0,01	0,19	0,10
17				0,18	0,10
18			30,4	0,10	0,06
19			4,19	12,7	0,06
20			14,0	21,0	0,04
21			1,65	2,90	0,39
22			19,8	0,85	0,24
23			13,3	0,47	0,22
24			0,14	27,7	0,17
25			0,12	2,35	0,14
26	0,02	0,10	55,9	0,14	
27			49,0	17,3	
28			6,55	19,3	1,86
29	0,18	6,64	60,0	0,65	
30		2,05	43,4	0,50	
31		0,14	70,6		
Q MOYEN	0,01	3,74	13,0	7,1	0,57
Vx10 ⁶ m ³	0,02	10,0	34,8	18,4	0,53

Module 2,06 m³/s.

KALLIAO à MAROUA

Débites moyens journaliers en 1967

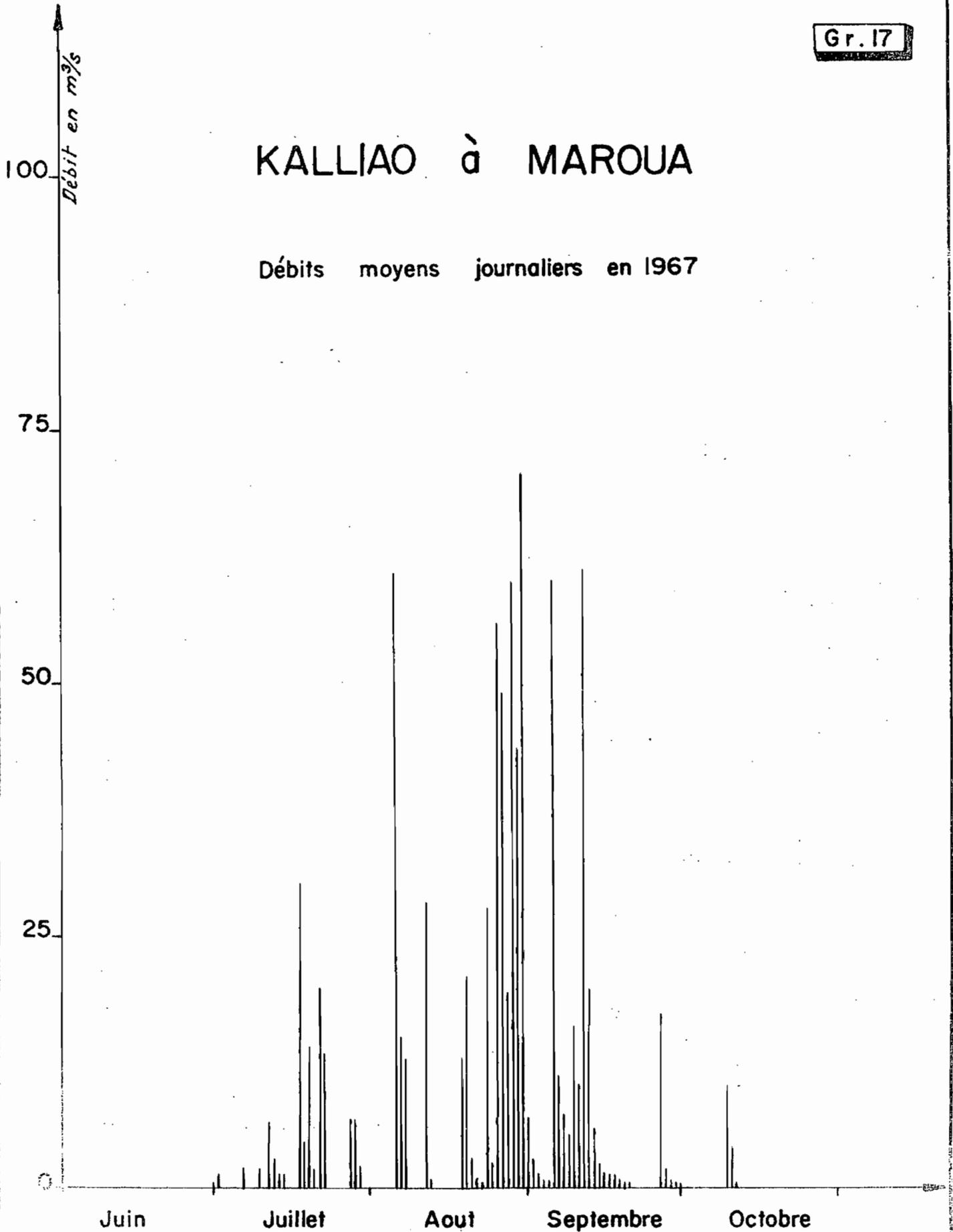


TABLEAU IX

TSANAGA A BOGO

ANNEE 1967

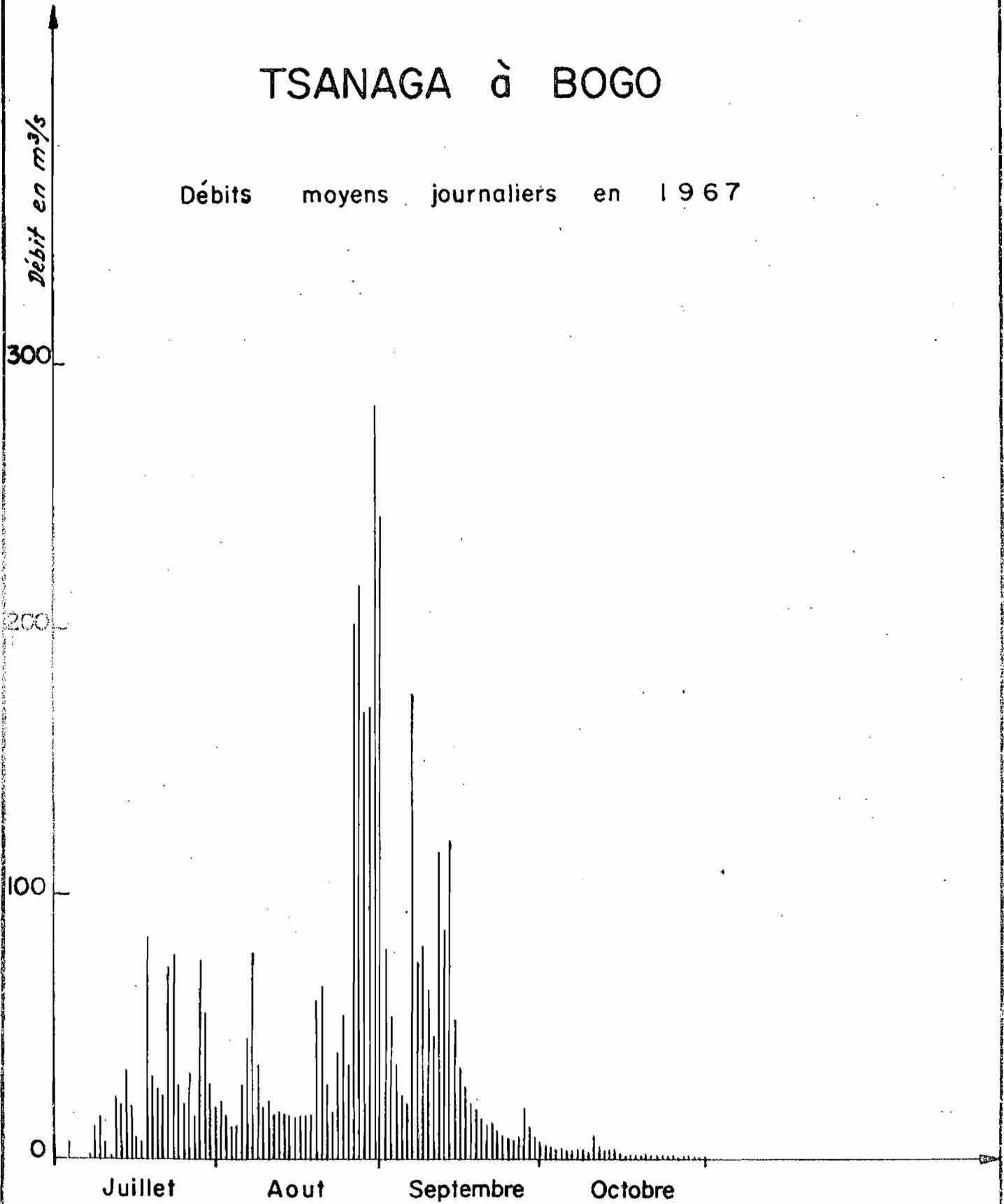
Débits moyens journaliers en m³/s

Jours	J	J	A	S	O
1			18,9	242	6,1
2			20,6	89,2	4,9
3			16,4	52,7	4,3
4		6,4	11,0	35,4	3,3
5			12,3	23,5	2,6
6			26,9	19,6	2,3
7			45,1	175	2,5
8		0,9	78,4	74,4	2,15
9		12,3	34,8	80,2	2,16
10		16,3	19,1	62,9	1,90
11		5,5	21,4	45,0	8,4
12		0,40	15,7	115	4,3
13		22,9	17,4	86,0	2,5
14		20,1	15,8	120	3,3
15		33,0	16,0	52,5	2,7
16		20,0	15,4	33,8	1,35
17		8,0	14,9	25,6	0,85
18		5,9	14,8	19,8	0,70
19		83,5	15,6	18,2	0,50
20		31,2	59,4	14,2	0,35
21		26,5	64,8	11,8	0,42
22		22,9	27,4	12,6	0,23
23		71,9	16,6	10,0	0,17
24		77,3	38,8	8,4	0,15
25		26,8	53,5	6,8	0,12
26		20,2	34,5	6,1	0,10
27		31,8	201	8,4	0,08
28		14,7	216	18,9	0,06
29		74,8	168	11,6	0,04
30		54,7	170	7,6	0,02
31		27,6	284		0,01
Q MOYEN		23,1	56,9	49,6	1,89
Vx10 ⁶ m ³		61,9	152,4	128,6	5,1

Module 11,0 m³/s.

TSANAGA à BOGO

Débits moyens journaliers en 1967



7. CONCLUSION

La TSANAGA se situe à la limite des régimes tropical et sahelien, bien que son caractère endoreïque soit typiquement sahelien.

A sec de Novembre à Juin, elle ne recommence à couler d'une manière intermittente que vers la fin Juin-début Juillet. Même durant la saison des pluies qui s'étend de Juillet à Septembre le débit de base reste faible ; les crues se présentent alors sous formes de gonflements brutaux séparés par des accalmies au cours desquelles le tarissement peut descendre à quelques m³/s seulement.

Les modules spécifiques annuels sont tout à fait caractéristiques du régime tropical. Par contre, les coefficients d'écoulement sont nettement plus élevés que ceux rencontrés ordinairement sous ces climats. Il ne faut, toutefois, pas perdre de vue que la TSANAGA et ses affluents descendent par de fortes pentes des Monts MANDARA et coulent souvent sur des terrains assez peu perméables.

La campagne 1967 nous a confirmés ce que nous avons déjà observé en 1966, à savoir, que les volumes écoulés annuellement ne subissent pas systématiquement une dégradation entre MAROUA et BOGO. Elle nous a appris qu'avec une bonne saturation du sol consécutive, par exemple, à des averses de moyenne ou forte importance assez rapprochées dans le temps, les crues pouvaient très bien en pleine saison des pluies ne pas subir d'amortissement entre MAROUA et BOGO.