

INSTITUT DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES DU CAMEROUN

C.C.T.A./C.S.A.

CONFERENCE DE FORT LAMY
DU 23 AU 25 OCTOBRE 1962

BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX
DU NORD-CAMEROUN

par

D. LE GOURIERES
Chef de la Section Hydrologie
de l'INSTITUT DE RECHERCHES
DU CAMEROUN

I. R. CAM.
YAOUNDÉ
B. P. 193

C.C.T.A./C.S.A.

CONFERENCE DE FORT LAMY
DU 23 AU 25 OCTOBRE 1962

BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX
DU NORD-CAMEROUN

par

D. LE GOURIERES
Chef de la Section Hydrologie
de l'INSTITUT DE RECHERCHES
DU CAMEROUN

BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX
DU NORD-CAMEROUN

Un certain nombre de bassins versants expérimentaux du Nord-Cameroun ont fait l'objet d'observations de la part du Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M. :

- Le bassin versant du Bouloré aux environs de Maroua,
- Les bassins versants de Mogodé,
- Les bassins versants du Mayo Kéreng à Figuil,
- Le bassin versant du Mayo Mokolo à Mokolo,
- Le bassin versant du Mayo Binder à Mombaroua,
- Le bassin versant du Mayo Mombaroua à Mombaroua,
- Le bassin versant du Mayo Bangaye au Nord de Garoua.

La plupart et plus particulièrement les derniers ne sont pas situés à proprement parler sur le bassin du Tchad mais seulement à proximité. Cependant, comme les résultats qui y ont été obtenus, peuvent être facilement étendus aux régions voisines, il nous a semblé souhaitable d'en rappeler rapidement les conclusions essentielles.

1/- Caractéristiques principales

Si l'on désigne par K_f et K_p les coefficients de forme et de pente

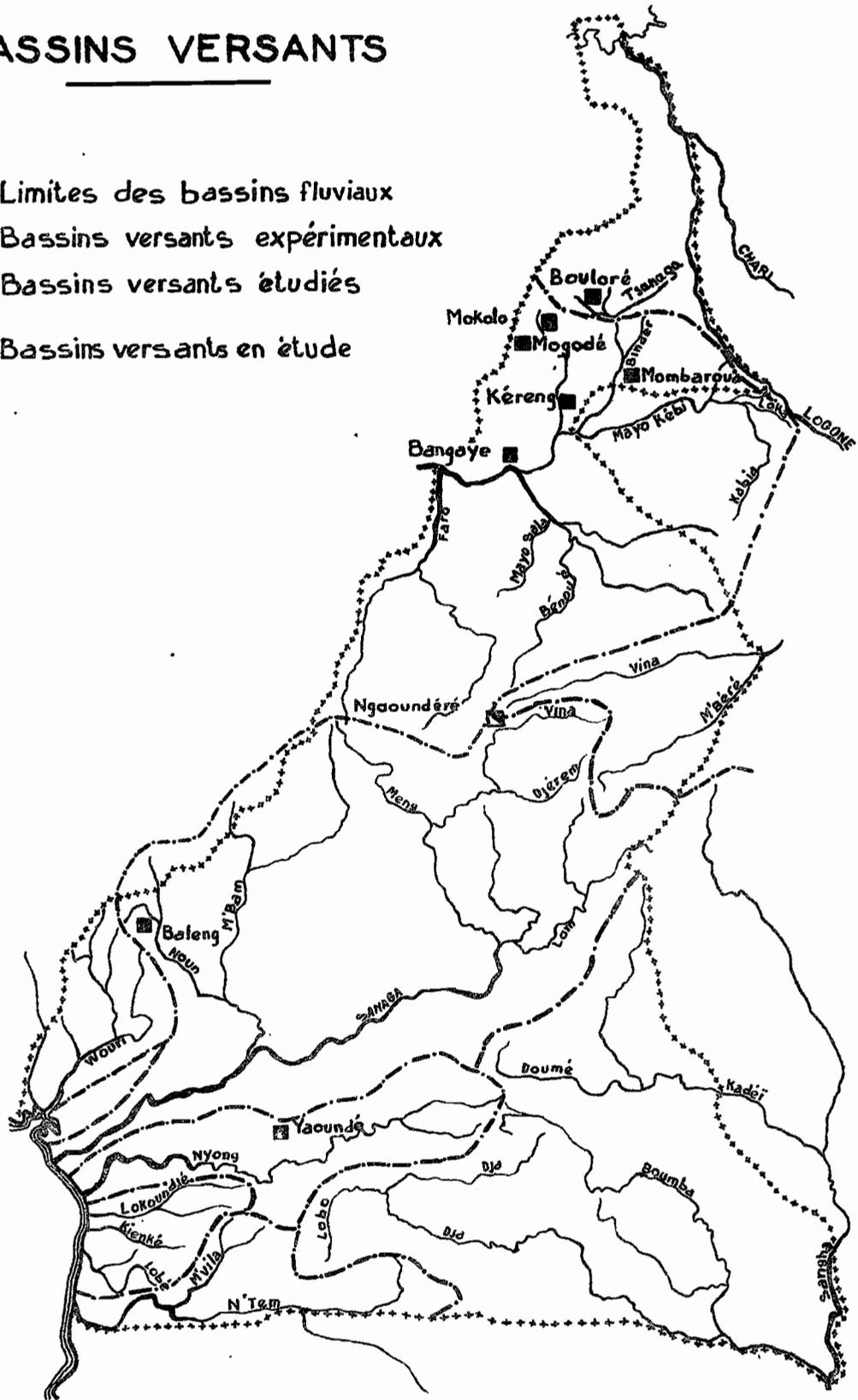
$$K_f = \frac{P}{2\sqrt{\pi} S} \quad \text{et} \quad K_p = \frac{dl}{S}$$

P : représentant le périmètre des bassins,
 S : leur surface,
 d : les intervalles d'altitude entre courbes de niveau,
 l : la longueur de ces courbes de niveau,

les caractéristiques principales des différents bassins versants précités peuvent être résumées comme suit :

BASSINS VERSANTS

- Limites des bassins fluviaux
- Bassins versants expérimentaux
- Bassins versants étudiés
- Bassins versants en étude



Echelle : 1/6.000.000

! Désignation	! Bassin versant ! Bassins de Mogodé		! Bassin du Mayo Kéreng		
	! du	! A	! B	! M.Kéreng A	! M.Kéreng B
! Situation	! Région de Ma- ! roua. Le mayo ! Bouloré est un ! affluent de mayo ! Kalliao qui se ! jette lui même ! dans la Tsanaga	! Région de Mogodé ! Sud Est de Mokolo ! En bordure de la ! cuvette Tchadien- ! ne sur le bassin ! du mayo Louti	! Le mayo Kéreng est ! un affluent du mayo ! Louti. Il rejoint ce- ! lui-ci à 5 km à l'Ou- ! est de la route Fi- ! guil-Bidsar. Le mayo ! B est un affluent du ! mayo Kéreng		
! Superficie	! 3,75 km ²	! 1,08	! 0,944	! 4	! 10,066
! Kf	! 1,65	! 1,19	! 1,42	! 1,3	! 1,16
! Kp	! 0,25	! 0,101	! 0,045	! 0,04	! 0,063
! Pluviométrie ! inter annuel	! 800 mm	! 950 mm		! 950 mm	
! Nature du sol ! et du sous- ! sol.	! Sol argileux ! sur roches ! andésitiques	! Sableux et sablo- ! argileux un ! granit		! Sablo-argileux sur ! micachiste et ! embréchite	
! Végétation	! Savane arbusti- ! ve mixte. Feuil- ! lus sur les pent- ! tes, épineux dans ! la plaine	! Savane arbustive ! claire		! Savane boisée assez ! claire plus fournie ! sur A que sur B	

Particularités concernant les bassins de Mogodé :

Le bassin A a été aménagé par les Eaux et Forêts (plantations de 24 ha sur banquettes en courbe de niveau, barrages dans le lit du mayo). Le bassin B a été laissé à l'état naturel.

! Désignation	! Bassin versant ! ! de Mokolo	! B.V. de Mambaroua ! M. Binder ! M. Mambaroua	! Bassin versant ! du mayo Bon- ! gaye.
! Situation	! à 3 km à l'Ou- ! est de Mokolo	! Région de Kaélé. Le mayo ! Mombaroua est un affluent ! du mayo Binder qui se ! jette lui même dans le ! mayo Kébi	! Le mayo Bangaye- ! rejoint la ! Benoué à pro- ! ximité de Ga- ! roua
! Superficie ! km ²	! 15,65 km ²	! 1220	! 54
! Kf	! 1,29	! 1,21	! 1,26
! Kp	!	! 0,0075	! 0,017
! Pluviométrie ! Interannuel.	! 960 mm	!	! 900 mm
! Nature du ! sol et du ! sous-sol	! Sol peu profond ! sableux et sablo ! argileux sur ! granit	! Sol argilo-sableux sur ! gneiss. Inselbergs ! granit	! Sablo-argileux ! peu profond sur ! embréchite
! Végétation	! Savane arbusti- ! ve claire avec ! cultures de mil	! Savane arbustive avec ! épineux.	! Savane boisée

2/- Crués maximales observées

Les tableaux ci-après indiquent les débits de pointe maximums observés sur les bassins versants précités, les caractéristiques des averses qui en sont à l'origine ainsi que la durée des périodes d'observations.

H_m et H_M : désignent les précipitations moyenne et maximale en mm relevées sur le bassin au cours de l'averse ;

P_u et T_u : la hauteur en mm et la durée de la pluie utile ;

I_e et T_e : l'intensité en mm/h et la durée de la pluie efficace

$E.P_a$: l' : intervalle de temps écoulé depuis la précipitation antérieure

L_e : la lame d'eau écoulée en mm

K_r : le coefficient de ruissellement en %

Q_M et q : le débit maximum et le débit spécifique correspondant en m^3/s et $m^3/s/km^2$

Bassin versant du Bouloré : 1954 - 1955

s = 3,75 km²

Date	Hm	Ie	Te	E.Pa	Le mm	Kr %	QM en m ³ /s	Qm ³ /s km ²	Lag	Rise
28-8-54	63,5	77	45'	2 j	29,4	47,5	39	10,4	23	35
1-9-54	35,4	35,4	50'	2 j	13,5	38	27,6	7,4	-	20

Bassins versants de Mogodé : 1960

Bassin A s = 1,08 km²

Date	Hm	HM	Pu	Tu	E.Pa	Le	Kr %	QM en m ³ /s	q	Lag	Rise
26-8-60	36,6	38	30	22	1 j.	2,9	9,6	0,68	0,63	55	75
18-9-60	48,8	52	28,5	22	1 j.	2,55	9	0,59	0,55	67	110

Bassin B s = 0,944 km²

Date	Hm	HM	Pu	Tu	E.Pa	Le	Kr %	QM en m ³ /s	q	Lag	Rise
26-8-60	33,1	38	15,8	12	1 j	6,2	18,4	3,06	3,2	50	37
4-9-60	42,6	43,8	37	63	4 j	11,8	27,7	4,06	4,3	28	45
18-9-60	43,2	46,6	22,5	22	1 j	8,1	18,7	3,20	3,4	36	40

Bassins versants du Mayo Kéréng : 1955 - 1956

Mayo Kéréng A s = 4 km²

Date	Hm	HM	Ie	Te	E.Pa	Le mm	Kr %	QM en m ³ /s	q	Lag	Rise
29-7-55	75	96,4	64,5	56'	20h	30,3	40,5	40,4	10,1	93	28
14-8-56	87,5	100,5	78,2	39'	3h30	28,1	32	52	13	36	30

Mayo Kéréng B s = 0,066 km²

Date	Hm	HM	Ie	Te	E.Pa	Le mm	Kr %	QM en m ³ /s	q	Lag	Rise
4-8-56	68,4	71,8	126	12'	36h	22,1	32,5	1,74	26	!	9'
9-9-56	79	84,2	80,8	30'	4h30	33,6	41,4	1,68	25	22'	9'
13-9-56	49,2	51	82,9	22'	18h	17,3	35	1,66	25	13'	6'

Bassin versant du Mayo Mokolo : 1961 s = 15,65 km²

Date	Hm	HM	Pu	Tu	E.Pa	Le	Kr %	QM en m ³ /s	q	Lag	Rise
2-9-61	36,1	52,6	32	2h15'	3 j	4,5	12,5	11,5	0,74	90	90
12-9-61	29,2	41	29,2	1h50'	2 j	4,2	14,3	10,98	0,70	40	67'

Bassin versant du Mayo Binder à Mombaroua : 1950 s = 1220 km²

La crue du 4 Juillet 1950 a été la plus importante de l'année. Elle faisait suite à une averse de 24,5 mm à peu près uniformément répartie sur le bassin et tombée de 2 heures à 5 heures.

Date	Hm	Le mm	KR %	QM	qm ³ /s/km ²	Lag	Rise	T.R.
4.7.50	24,5	5,9	24	230	0,19	8h30	6 h.	35 h.

Bassin versant du Mayo Mombaroua (du 20-8-51 au 30-9-51) s = 54 km²

Date	Hm	HM	Pu	Tu	E.Pa	Le mm	Kr %	QM	qm ³ /s/km ²	Lag	Rise
20-9-51	77	104,2	(journée entière)								
20-9-51	55	76	68	2h	2 j	22,8	40	110	2,04	100'	100'
20-9-51	22	28,2	20,4	4h	6 h	9,35	42,5	42,5	0,8		4h
27-9-51	46,7	52	34	42	-	8,35	18	64	1,2	75'	30'

Bassin versant du Mayo Bangaye : 1957 s = 29,4 km²

Date	Hm	HM	Le mm	Kr %	QM	qm ³ /s/km ²
30-7-57 (1)	66,1	103,9	13,7	21	53	1,8
30-7-57 (2)	27		10,7	40	53	1,8
2-8-57	44,9	54,5	5,6	12,5	35	1,2

Autres débits de pointe connus.

Mayo Kalliao à Maroua (BV = 350 km²) : 184 m³/s le 28/8/54 (débit spécifique correspondant 530 l/s/km²).

Mayo Tsanaga à Maroua (BV = 930 km²) : 160 m³/s le 28/8/54

Mayo Tsanaga à Bogo (BV = 1680 km²) : 296 m³/s le 29/8/54.

Les deux dernières valeurs correspondent toutes deux à des débits spécifiques de 180 l/s/km².

- (1) journée complète
 (2) 4ème crue de la journée

Remarques. Les tableaux qui précèdent, suggèrent les remarques suivantes :

Bassins de Mogodé. En raison de la présence des aménagements effectués par les Eaux et Forêts, les crues sont considérablement amorties sur le bassin A. Les débits maximums sur A et sur B sont dans le rapport de 1 à 5. Par ailleurs, le ruissellement sur A est 2 fois moins important que sur B.

Bassin versant de Mokolo. Les coefficients de ruissellement semblent assez faibles. Cette remarque est également valable pour le bassin B de Mogodé (nous ne parlerons pas du bassin A qui est un cas très particulier). Ceci ne doit pas être attribué à la nature géologique du terrain ni à sa configuration mais à la faiblesse des précipitations tombées pendant la période d'observations. Pour des précipitations de l'ordre de 100 mm, on aurait très vraisemblablement observé sur ces bassins, des coefficients de ruissellement d'environ 40 % comme sur les autres bassins.

3/- Hydrogrammes unitaires

! Cours d'eau	! S km ² ! en min.	! Lag en ! min.	! Rise ! en min.	! T. de ruisselle- ! ment en min. ou ! en heures	! Pointe en ! m ³ /s pour ! VR=10000m ³
! Mayo Bouloré	! 3,75	! 29	! 19	! 160'	! 5,1
! Bassin B de Mogodé	! 0,944	! 35	! 50	! 120'	! 3,65
! Mayo Kéreng A	! 4	! 50'	! 7'	! 60'	! 6,4
! Mayo Kéreng B	! 0,066	! 8'	! 4'	! 14'	! 23,6
! Mayo Mokolo	! 15,65			! 4h	
! Mayo Binder	! 1220	! 8h	! 7h	! 35h	! 0,27
! Mayo Mombaroua	! 54	! 110'	! 30'	! 7h30	! 1,2
! Mayo Bangaye	! 29,4	! 75'	! 90'	! 5h30	! 1,5

Le tableau montre que pour les bassins versants d'une certaine superficie le lag et le temps de ruissellement TR croissent approximativement comme la racine carrée de la surface du bassin.

En particulier, le temps de ruissellement en heures est sensiblement égal à la racine carrée de la surface du bassin en km².

Les bassins de petites superficie échappent en partie à cette règle, les conditions d'écoulement pouvant être assez particulières.

A noter que la pointe de l'hydrogramme unitaire pour un volume de ruissellement donné, décroît en général lorsque la superficie du bassin croît et ceci approximativement comme $1/\sqrt{s}$.

4/- Evaluation des crues annuelles, et décennales

La fréquence des précipitations a été estimée en appliquant la méthode des stations années :

Précipitation ponctuelle journalière maximale

- de fréquence annuelle : H = 65 mm
- de fréquence décennale : H = 105 mm.

La variation du coefficient d'abattement H_m / H_M en fonction de la surface des bassins a, par ailleurs, été étudiée et les courbes "intensité-durée" tracées.

A l'aide des chiffres obtenus, des hydrogrammes unitaires et des tableaux précédents, la valeur des débits de pointe des crues annuelle et décennale a été déterminée.

Résultats obtenus

! Fréquence !	! Annuelle !		! Décennale !		
	! S km ² !	! Q _{max} !	! q _{m3/s/Km² !}	! Q _{max} !	! q _{m3/s/Km² !}
! Bouloré !	! 3,75 !	! 30 !	! 8 !	! 55 !	! 15 !
! Mogodé B !	! 0,944 !	! 7 !	! 7,5 !	! 14 !	! 15 !
! Mayo Kéreng A !	! 4 !	! 35 !	! 9 !	! 60 !	! 15 !
! Mayo Kéreng B !	! 0,066 !	! 1,7 !	! 25 !	! 2,3 !	! 35 !
! Mayo Nokolo !	! 15,65 !	! 50 !	! 3,2 !	! 100 !	! 6,4 !
! Mayo Binder !	! 1220 !	! 340 !	! 0,28 !	! 680 !	! 0,55 !
! Mayo Mombaroua !	! 54 !	! 110 !	! 2 !	! 220 !	! 4,1 !
! Mayo Bangaye !	! 29,4 !	! 35 !	! 1,2 !	! 70 !	! 2,4 !

En définitive, il semble prudent d'adopter, en fonction de la surface des bassins, pour les débits spécifiques de pointe de la crue décennale, les chiffres suivants :

S = 0,05 km ²	q = 35 m ³ /s/km ²
S = 1 km ²	q = 20 m ³ /s/km ²
S = 4 km ²	q = 15 m ³ /s/km ²
S = 10 km ²	q = 10 m ³ /s/km ²
S = 25 km ²	q = 6 m ³ /s/km ²
S = 64 km ²	q = 4 m ³ /s/km ²
S = 100 km ²	q = 2,8 m ³ /s/km ²
S = 400 km ²	q = 1,2 m ³ /s/km ²
S = 1000 km ²	q = 0,7 m ³ /s/km ²
S = 2000 km ²	q = 0,5 m ³ /s/km ²

5/- Coefficient d'écoulement

Bassin versant du Bouloré. En raison de l'absence d'écoulement permanent les coefficients d'écoulement annuels sont assez faibles 12,6 % en 1954, valeur gonflée par 2 crues exceptionnelles, 5,6 % en 1955, valeur plus normale. Ainsi sur une pluviométrie annuelle de 800 mm, seuls ruissellent 50 à 100 mm. Les pertes de l'ordre de 700 à 750 mm se résolvent sous forme d'évaporation ou d'évapotranspiration.

Bassins versants de Mogode: 1956.

Bassin A : 26 % Bassin B : 58 %

Les aménagements effectués sur le bassin "A" ont permis d'emmagasiner un supplément de 30 % environ du volume des précipitations.

Bassin versant de Mokolo (1960) : 30 %

Bassin versant du mayo Binder à Mombaroua

Valeur 1950 : 27 %

Les coefficients d'écoulement relatifs aux mayo Kéreng A et B, au mayo Mombaroua et au mayo Bangaye n'ont pas été calculés pour diverses raisons : observations incomplètes etc...

A titre indicatif, citons encore les coefficients d'écoulement suivants :

Mayo Kébi à Cossi : 11,9 %
Bénoué à Garoua : 16,6 %.

6/- Transports solides

Quelques mesures de transports solides ont été effectuées. Elles ont conduit aux chiffres suivants :

Bassin versant du Bouloré : $s = 3,75 \text{ km}^2$

Transports en suspension : 15 à 20 t/ an soit 4,5 t/an/km²

Mayo Kéreng B : $s = 0,066 \text{ km}^2$

Transports totaux : 42 t/an ce qui correspond à une dégradation spécifique de 640 t/an/km² dont 11 t/ an en suspension
et 31 t/ an en charriage de fond.

Notons encore :

Le Logone à Laï : BV = 60300 km².

Transports en suspension : 2.600.000 t/an soit 43 t/an/km².

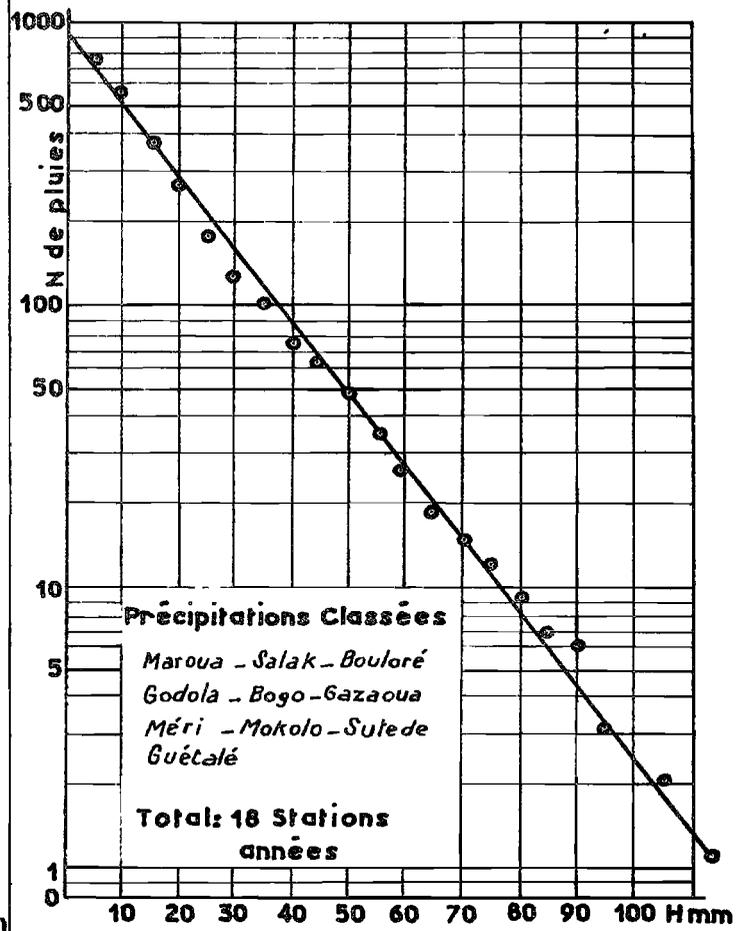
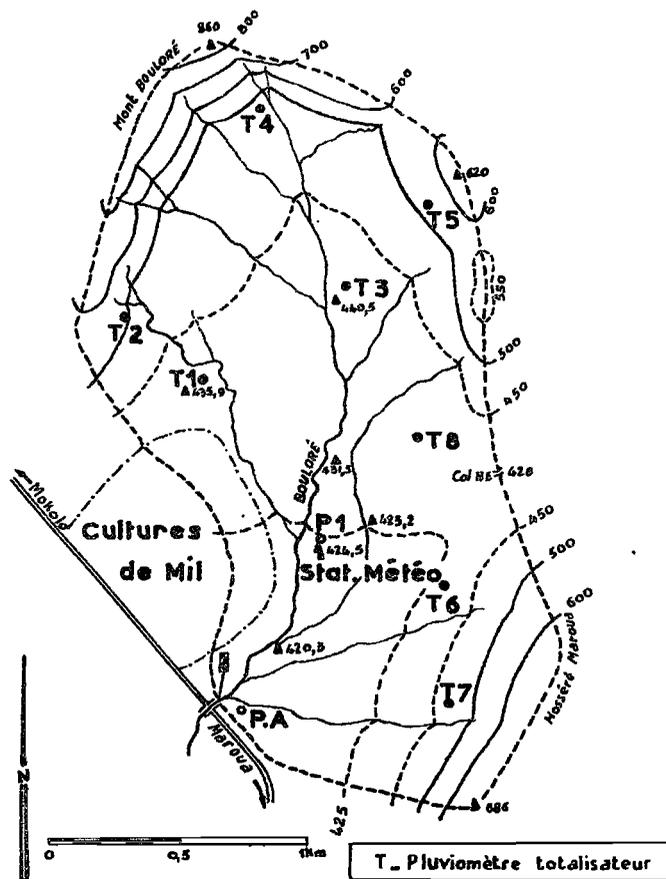
La Bénoué à Garoua : BV = 64.000 km²

Transports en suspension : 1.200.000 t/an soit 19 t/an/km².

Références Bibliographiques

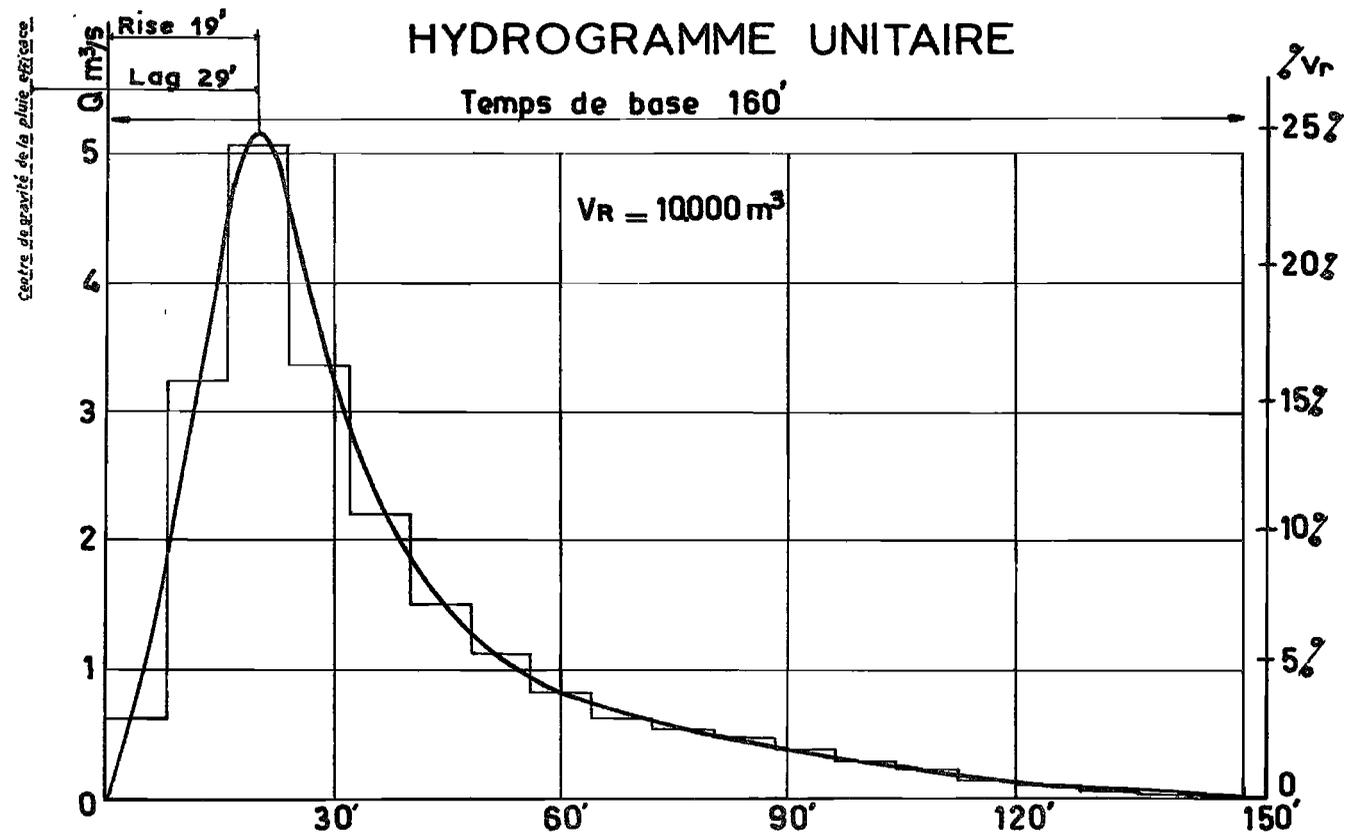
- Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'Ouest du Congo
par J. RODIER
- Etude des crues des Mayos du Nord-Cameroun : Le Mayo Binder
par A. BOUCHARDEAU
- Etudes de crues sur un petit bassin de la région de Maroua :
Le Bouloré par P. DUBREUIL
- Etude des crues du mayo Mombaroua par BERTHELOT
- Hydrologie de surface dans le Diamaré (Cameroun) par D. DUBREUIL
- Etude des bassins versants expérimentaux du Mayo Kéreng
par H. PELLERAY
- Etude du Mayo Bangaye par C. ROCHETTE
- Influence des aménagements antiérosifs sur l'écoulement
des mayos des Kapsikis - Bassins versants de Mogodé
par J. GUISCAFRE
- Etudes de transports solides en Afrique Noire et à Madagascar
par P. TOUCHEBEUF de LUSSIGNY.

BASSIN VERSANT DU BOULORÉ



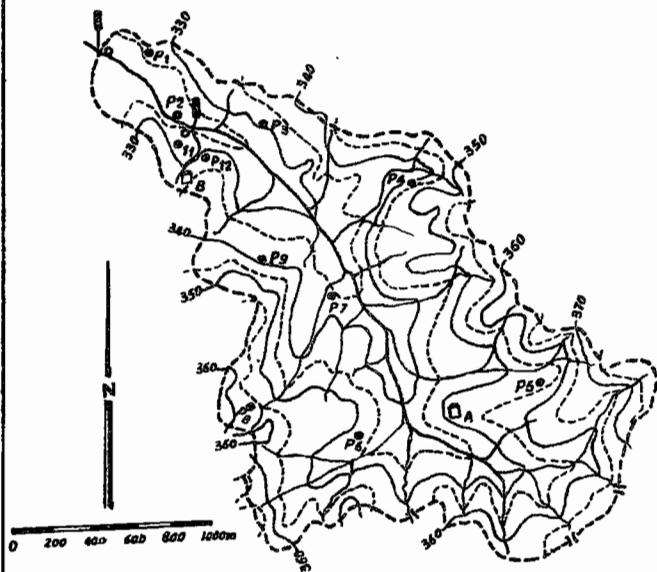
HYDROGRAMME UNITAIRE

Temps de base 160'

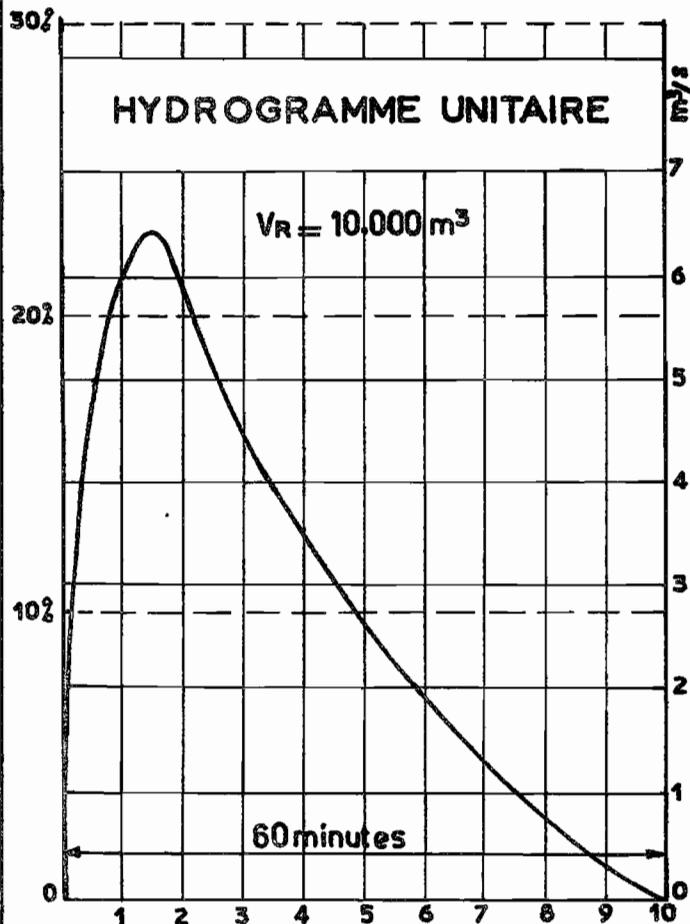


BASSINS VERSANTS DU MAYO KERENG

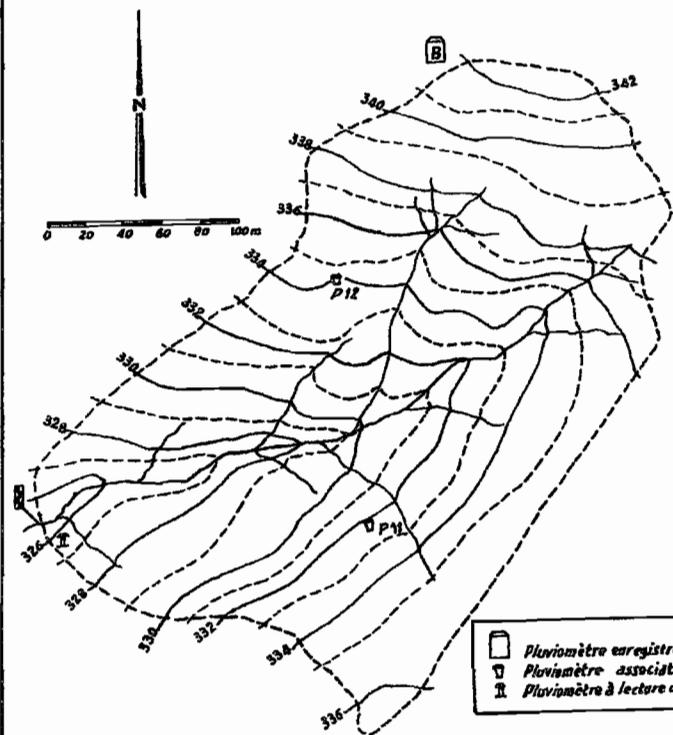
MAYO KERENG A



- Pluviomètre enregistreur
- Pluviomètre association
- Pluviomètre à lecture directe

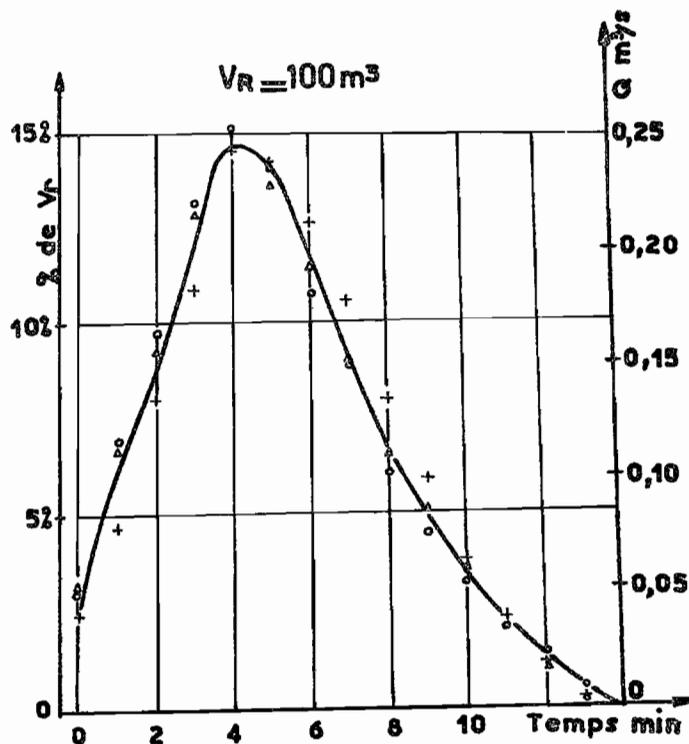


MAYO KERENG B



- Pluviomètre enregistreur
- ▽ Pluviomètre association
- ⊕ Pluviomètre à lecture directe

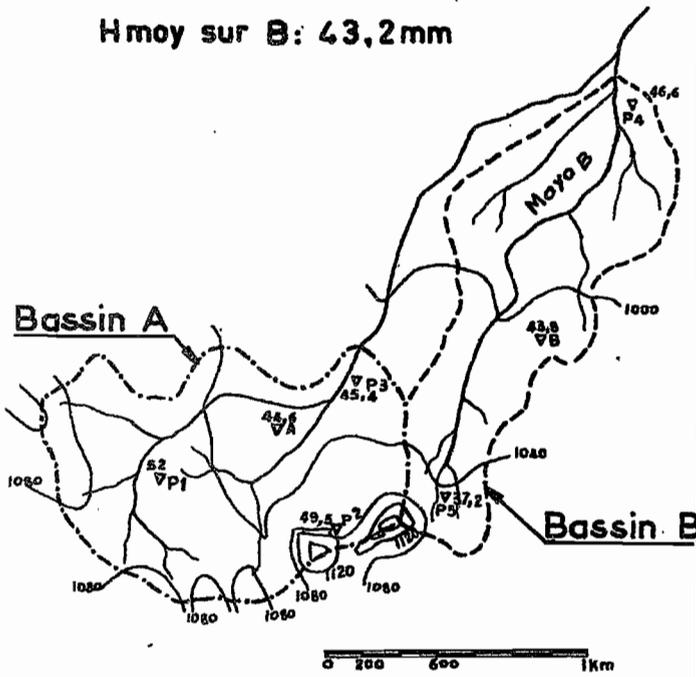
HYDROGRAMME UNITAIRE



BASSINS VERSANTS DE MOGODE

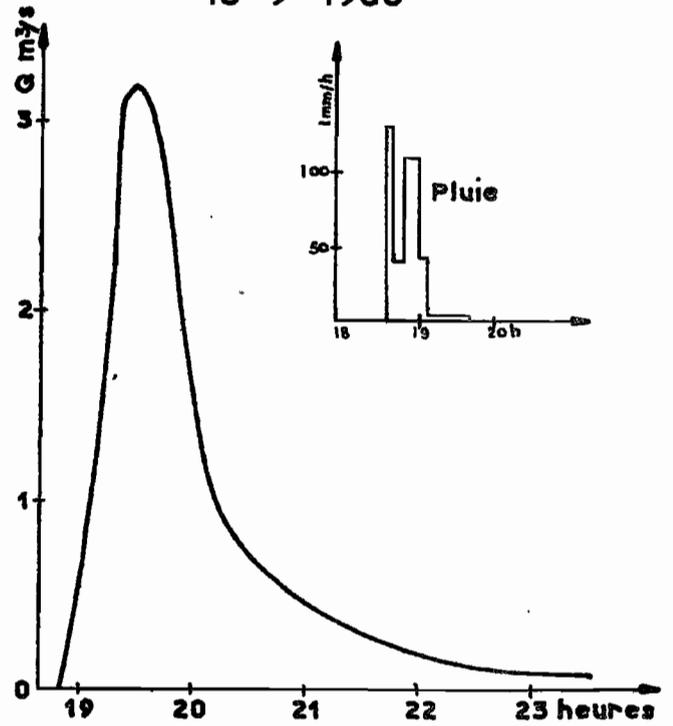
AVERSE DU 18-9-1960

Hmoy sur B: 43,2mm



CRUE DU MAYO B

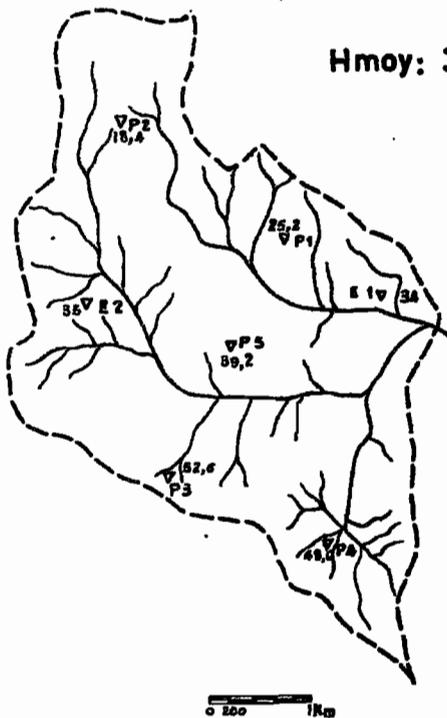
18-9-1960



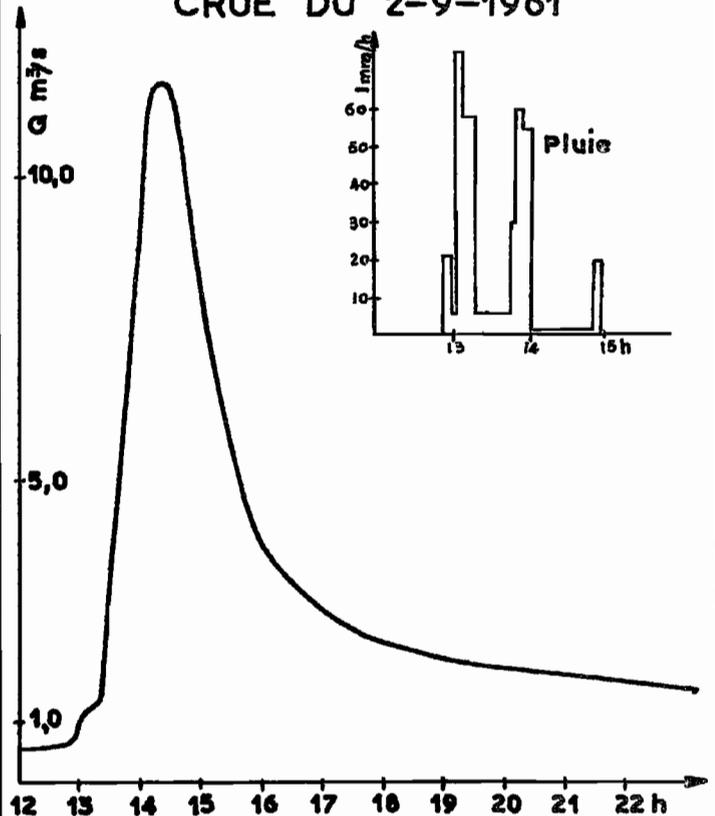
BASSIN VERSANT DE MOKOLO

AVERSE DU 2-9-61

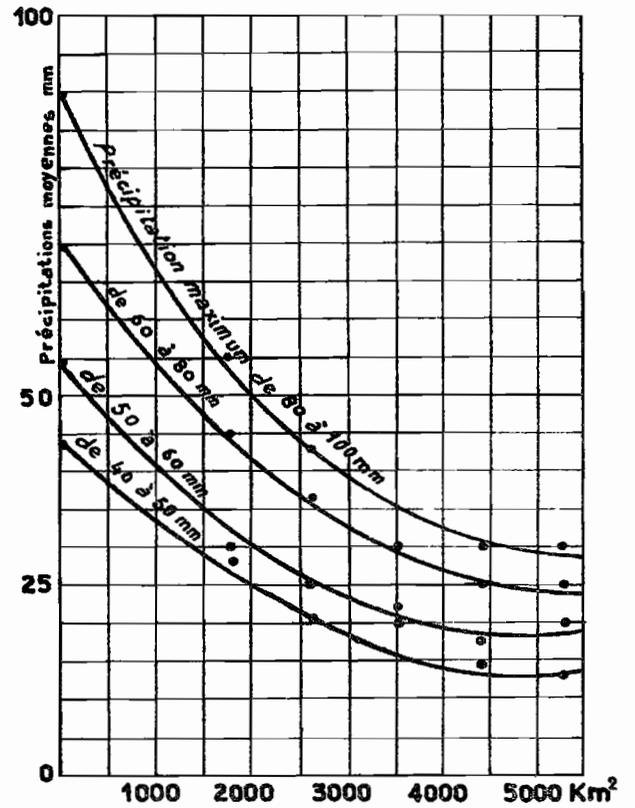
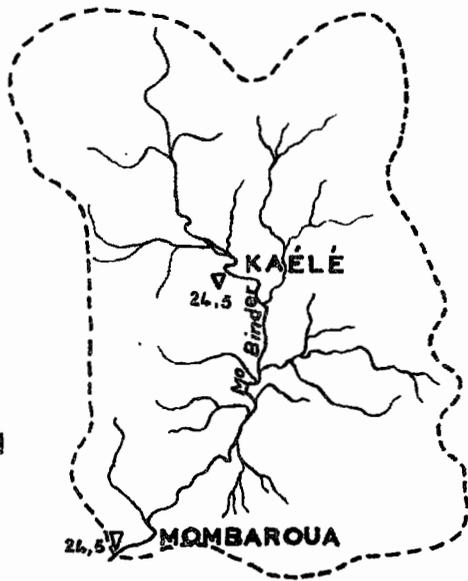
Hmoy: 36,1mm



CRUE DU 2-9-1961

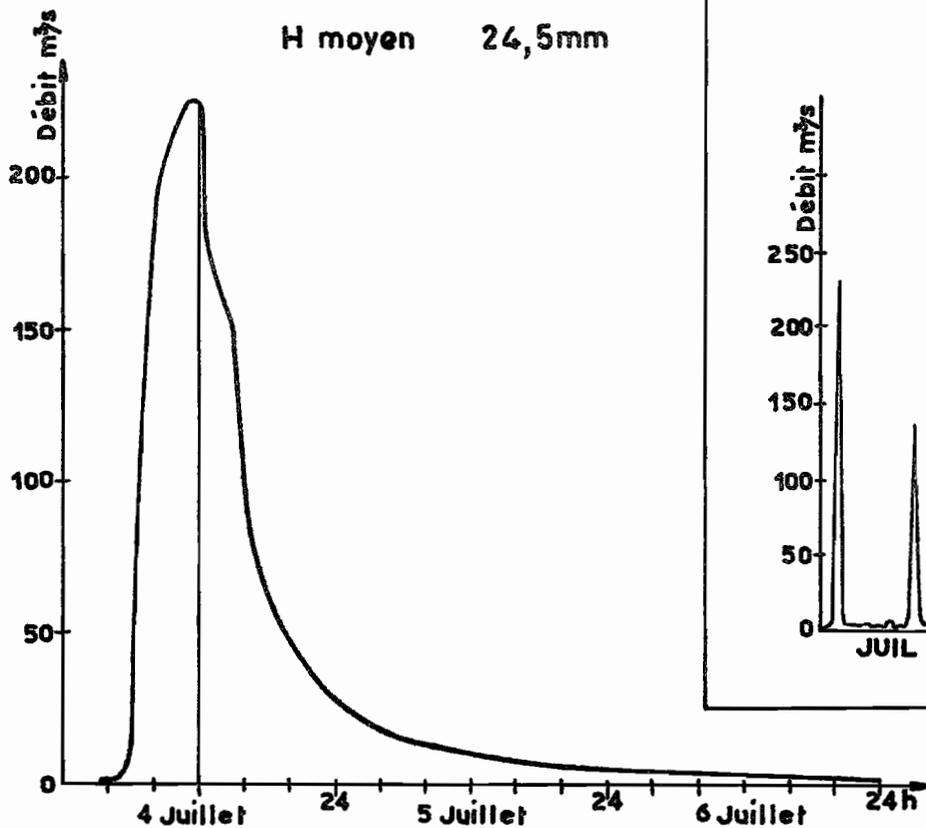


BASSIN VERSANT DU MAYO BINDER

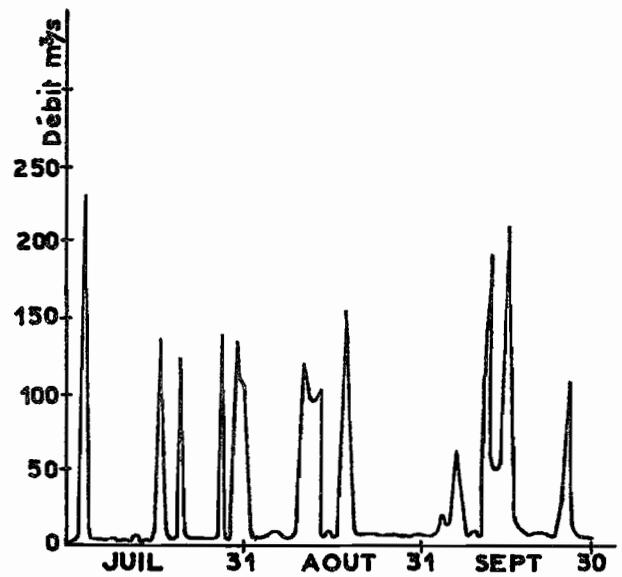


CRUE DU 4 JUILLET 1950

H moyen 24,5 mm

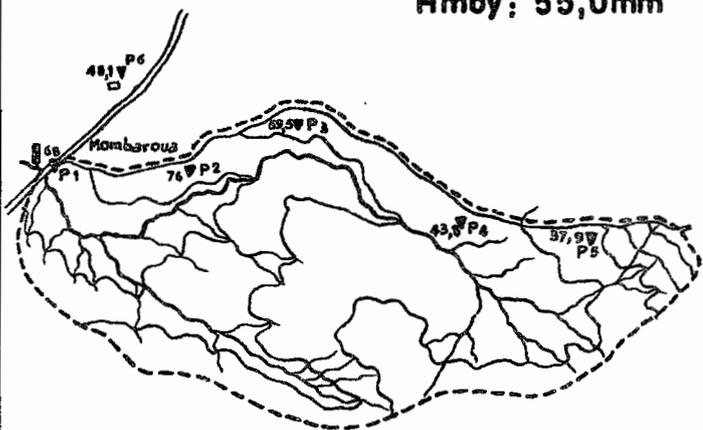


DEBITS EN M³/S



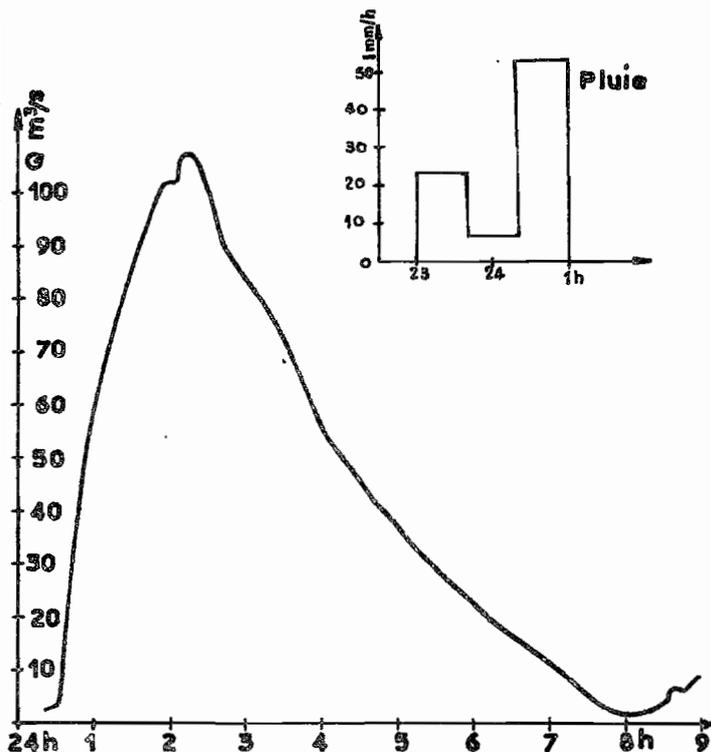
BASSIN VERSANT DU MAYO MOMBAROUA

Hmoy: 55,0mm



AVERSE DU 20-9-61

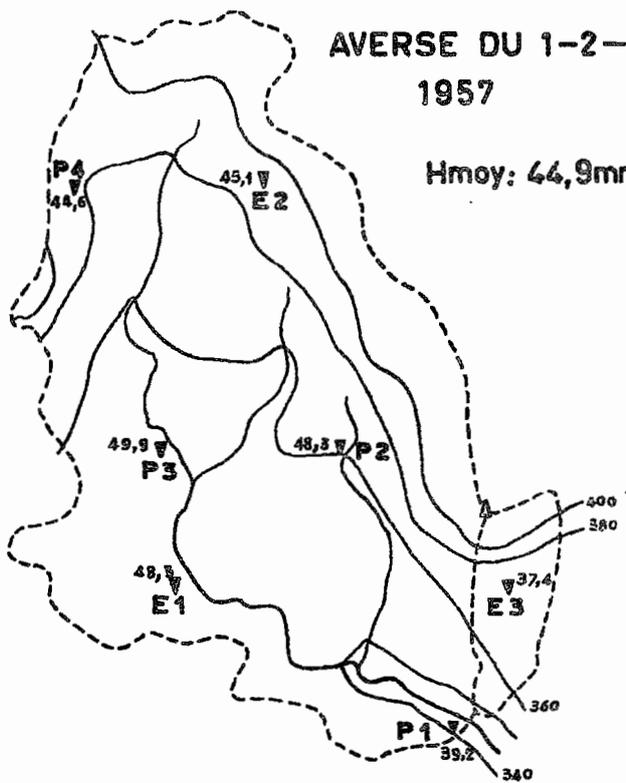
CRUE DU 20-9-1951



BASSIN VERSANT DU MAYO BANGAYE

AVERSE DU 1-2-1957

Hmoy: 44,9mm



CRUE DU 1-2-1957

