

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer
▼
Service Hydrologique

RÉPUBLIQUE DU DAHOMEY
▼
Ministère des Travaux Publics
▼
Arrondissement de l'Hydraulique

ÉTUDE HYDROLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS

DU TIAPALOU ET DU DODOU

(DAHOMEY)

Tome I - BASSIN DU TIAPALOU

par
J. SIRCOULON
Ingénieur Hydrologue de l'O.R.S.T.D.M.

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

Service Hydrologique

REPUBLIQUE du DAHOMEY

MINISTERE des TRAVAUX PUBLICS

Arrondissement de l'Hydraulique

ETUDE HYDROLOGIQUE des BASSINS VERSANTS
du TIAPALOU et du DODOU
(Dahomey)

Tome I

Bassin du TIAPALOU

par

J. SIRCOULON

Ingénieur hydrologue de l'ORSTOM

1964

SOMMAIRE

TOME I

A - Bassin du TIAPALOU

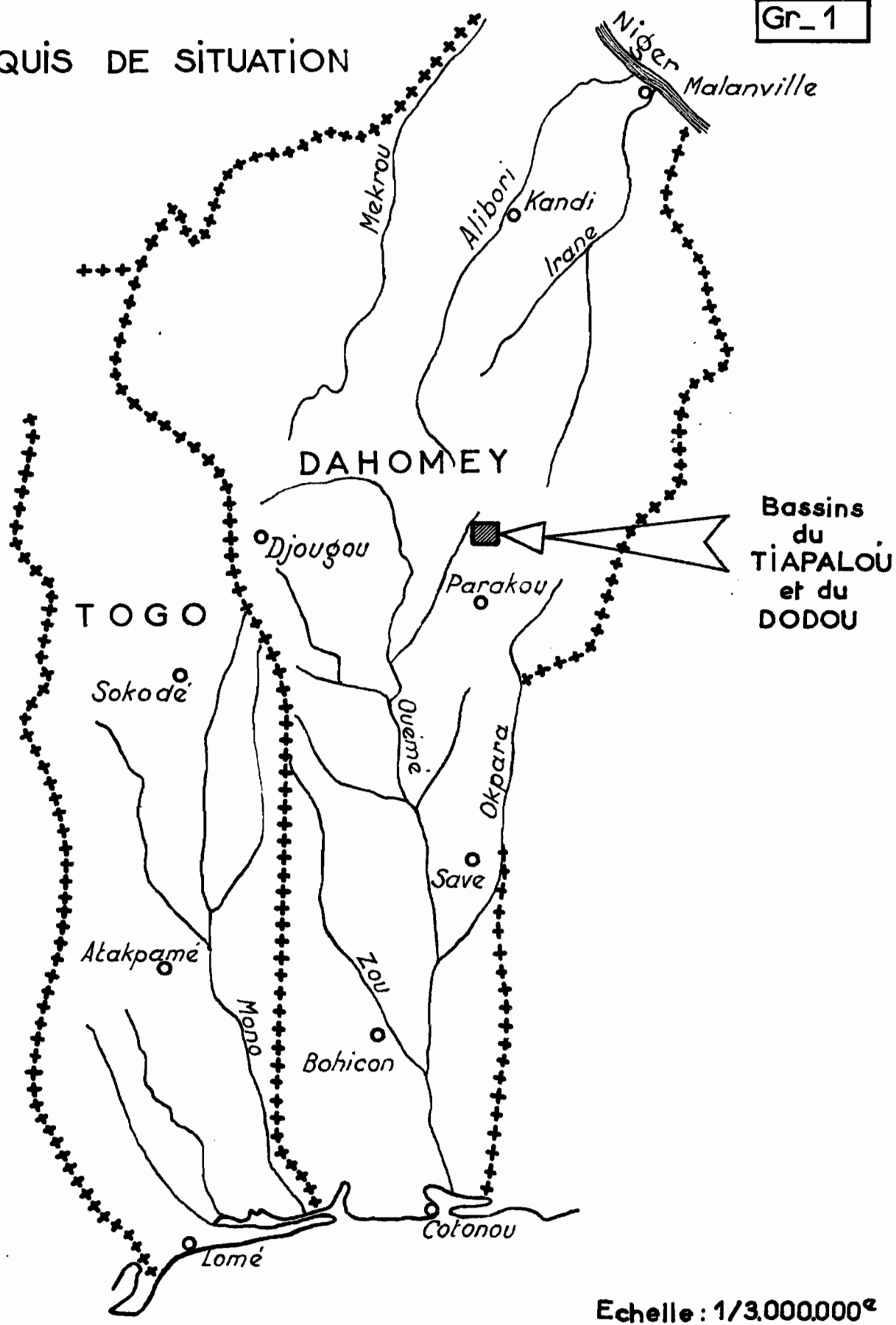
	Pages
Introduction	
Chapitre I - Caractéristiques géographiques et géologiques	2
1.1. Situation générale	2
1.2. Relief et hydrographie	3
1.3. Géologie et pédologie	4
1.4. Végétation	7
Chapitre II - Climatologie	8
2.1. Température	8
2.2. Humidité relative	10
2.3. Evaporation	11
2.4. Pluviométrie	12
Chapitre III - Déroulement des trois campagnes - Description des averses et des crues	18
3.1. Campagne 1961	18
3.1.1. Personnel et matériel de la mission - Equipement du bassin et étalonnage de la station	18
3.1.2. Conditions pluviométriques de l'année 1961	20
3.1.3. Description des averses et des crues	21
3.2. Campagne 1962	24
3.2.1. Equipement du bassin et étalonnage de la station	24
3.2.2. Conditions pluviométriques de l'année 1962	26
3.2.3. Description des averses et des crues	28
3.3. Campagne 1963	31
3.3.1. Equipement du bassin et étalonnage de la station	31
3.3.2. Conditions pluviométriques de l'année 1963	33
3.3.3. Description des averses et des crues	36

	Pages
Chapitre IV - Interprétation des observations	40
4.1. Tableaux des caractéristiques des trois années étudiées	40
4.2. Etude du ruissellement	44
4.2.1. Précipitation limite de ruissellement	44
4.2.2. Conditions d'établissement de l'écoulement	45
4.2.3. Coefficients de ruissellement	48
4.3. Estimation des crues annuelles et décennales	50
4.4. Débits observés - Bilan d'écoulement	57

Dans le cadre du programme d'études hydrologiques prévu dans la Convention 41/6/60/G entre la République Française et la République du DAHOMEY, une Convention financée par le Fonds d'Aide et de Coopération a été signée, le 2 Mai 1961, entre le Ministère des Travaux Publics du DAHOMEY, d'une part, et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, d'autre part, en vue notamment de l'étude du bassin versant expérimental du TIAPALOU, de 12,4 km². Cette Convention a été suivie de deux Avenants relatifs respectivement à la seconde et à la troisième campagnes. L'étude devait porter sur la climatologie, l'hydrologie et la pédologie, les données ainsi recueillies devant permettre de déterminer les conditions de mise en valeur des vallées du Nord-Est du DAHOMEY. Trois campagnes ont eu lieu en 1961-1962-1963. Lors de la dernière campagne et conjointement à la continuation des observations sur le TIAPALOU, deux nouveaux bassins contrôlant la rivière DODOU ont été installés et observés dans la même région. Ils comprennent le bassin du DODOU à WENOU, de 33,4 km², et le bassin du DODOU à GORI BOUNIEROU, de 119,8 km². L'extension des observations à des bassins de plus grande surface, présentant les mêmes caractéristiques que le bassin initial, doit apporter de nouveaux renseignements intéressants pour les applications.

Le présent rapport expose les résultats obtenus en climatologie et en hydrologie sur l'ensemble des bassins pendant les 3 campagnes.

CROQUIS DE SITUATION



Echelle : 1/3.000.000^e

I
Caractéristiques géographiques et géologiques

A - BASSIN du TIAPALOU

CHAPITRE I

1 - CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES et GEOLOGIQUES

1.1 - Situation générale :

Le bassin du TIAPALOU appartient au bassin de l'OUEME ; il se trouve dans sa partie septentrionale vers l'extrémité Nord-Est, non loin de la ligne de crête partageant les eaux, d'une part vers le NIGER, d'autre part vers le Golfe de GUINEE.

Le TIAPALOU, modeste cours d'eau d'orientation SSE-NNO se jette rapidement dans l'OUODORA, celui-ci rejoint le YEROU-MARO qui coule suivant la direction NNE-SSO et qui, grossi par de nombreux petits affluents, conflue cent km plus loin avec l'OUEME, un peu en amont de la station de BETEROU.

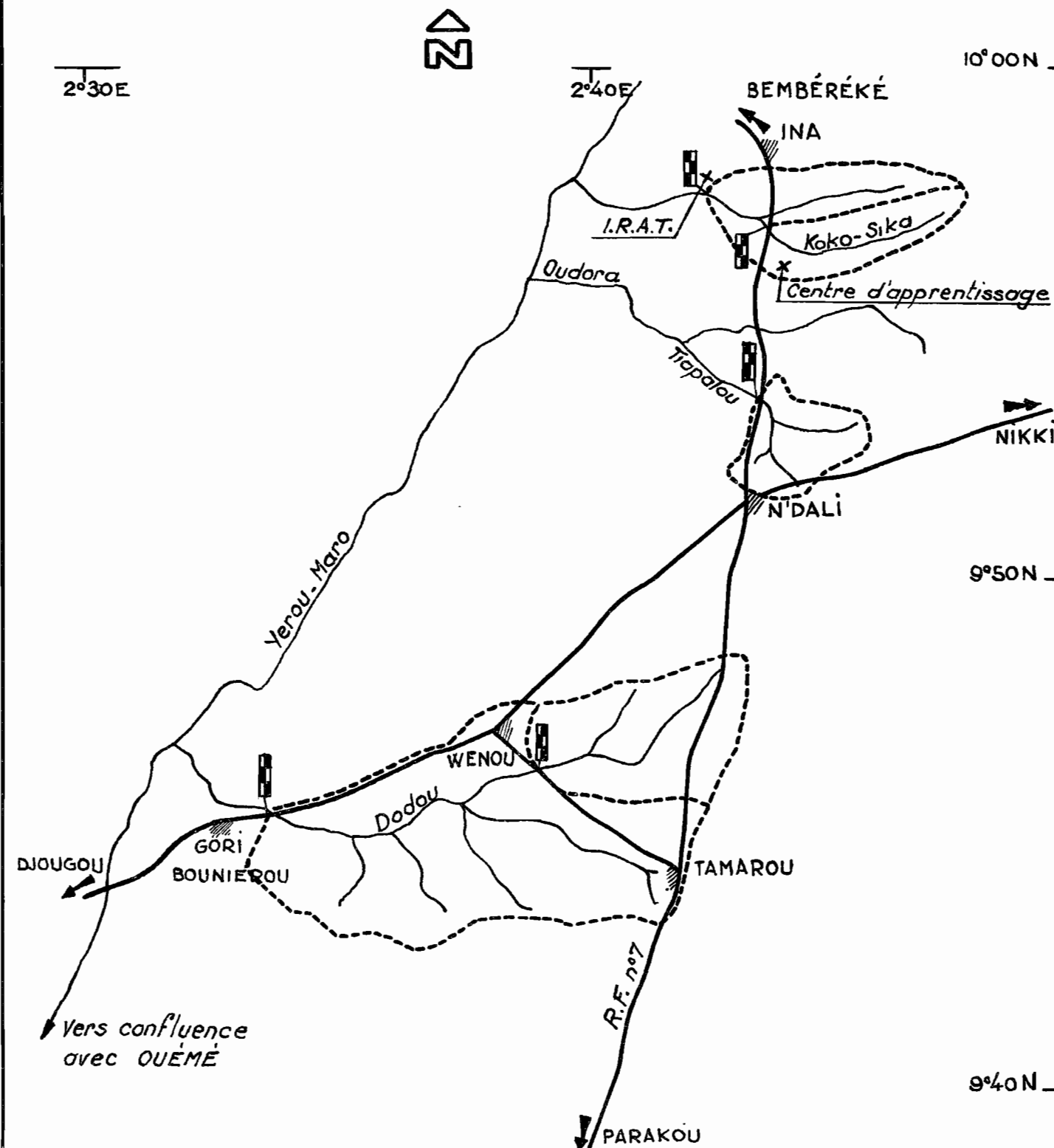
La station de jaugeage se trouve au pont enjambant le TIAPALOU, sur la route fédérale 7 joignant PARAKOU à MALANVILLE. Elle est située à 4 km au Nord du village de N'DALI (lui-même à 59 km de PARAKOU) et à 9 km au Sud du village d'INA. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes :

9° 54 de latitude Nord

et 2° 43 de longitude Est

SITUATION D'ENSEMBLE DES BASSINS D'INA

Gr_ 2



Echelle : 1/200.000 e

La surface alors drainée par ce cours d'eau est de 12,4 km² d'après les photos aériennes au 1/54 000^e (Mission 002 feuille 112 NC 31 IX TOGO 1949); elle englobe une faible portion de terrain externe au bassin naturel mais dont les eaux ruisselées vont se déverser dans le fossé bordant la route et rejoignent le TIAPALOU à la station de mesure.

Le bassin a une forme assez ramassée puisque son périmètre est de 15,1 km et son coefficient de compacité (Kc) de 1,21.

1.2 - Relief et Hydrographie :

Le point culminant se trouve à l'Est du bassin à 410 mètres d'altitude environ et l'exutoire à la cote 345 m.

La dénivelée totale est donc de 65 m ; l'altitude moyenne est de 380 m.

Les données hypsométriques du bassin sont réunies ci-dessous :

:	Altitude en mètres :	410	:	400	:	360	:	345	:
:		km ²	:	0	:	3,6	:	11,1	:
:	Surface		:		:		:		:
:		%	:	0	:	29,0	:	89,5	:
:			:		:		:		:

Un peu plus du quart est au-dessus de 400 m et correspond à la partie Est et Sud-Est. La portion comprise entre 360 et 400 est importante et correspond à de longues pentes à faible déclivité. Des pentes supérieures à 4 % ne s'observent que près des lignes de crête ou au voisinage des thalwegs qui sont parfois assez encaissés, elles restent cependant toujours courtes.

Le réseau hydrographique est peu marqué dans la partie amont avec des thalwegs assez évasés ; dans la partie aval, les bords du marigot sont plus raides mais la pente du lit est assez modérée (5 m/km pour le dernier kilomètre avant la station).

1.3 - Géologie et Pédologie :

1.3.1 - Géologie :

Le bassin repose en totalité sur un substratum constitué de granites calco-alcalins appartenant au batholite très étendu de PARAKOU. Ce granite concordant, plus ou moins melanocrate, est contemporain du Dahoméen, étage sans doute le plus ancien du Précambrien d'Afrique Occidentale. Les affleurements sont rares mais des faciès granitoïdes à forte proportion de biotite s'observent dans la partie amont et des faciès plus leucocrates, donc plus riches en feldspaths dans la partie aval.

1.3.2 - Pédologie :

(Toute l'étude pédologique qui suit résulte des campagnes effectuées sur le terrain par M. WILLAIME, Maître de Recherches en pédologie à l'ORSTOM).

La disparité pétrographique entre granites melanocrates et leucocrates entraîne l'existence de différents types de sols : sols rouges à fort cuirassement dans la première zone, sols beiges et beiges rouges à cuirassement assez peu marqué dans la seconde zone.

D'après cette répartition, nous étudierons les trois catégories suivantes :

- Sols de croupes
- Sols de versants
- Sols de bas de pente et de bas-fonds

1.3.2.1 - Sols de croupes

a) Sols peu évolués

Ne se trouvent que sur les parties hautes de la ligne de crête qui borde la partie Est du bassin et couvrent des surfaces réduites. Ils sont associés à des sols minéraux bruts qui se développent surtout aux ruptures de pentes, il existe ainsi quelques affleurements de cuirasse ancienne partiellement démantelée dominant le paysage de 5 à 10 mètres.

b) Sols à sesquioxides

Situés au pied des affleurements de cuirasses, ils ont une coloration rouge. On les considère comme des intergrades entre les sols faiblement ferrallitiques et les sols ferrugineux tropicaux lessivés.

Ces sols peuvent être profonds et dépourvus de concrétions ou assez fortement concrétionnés à partir de - 0,80 m. La perméabilité faible en surface s'accroît en profondeur grâce à la bonne structuration des horizons. Il semble que l'horizon concrétionné ne constitue pas un obstacle à la percolation des eaux de pluie. Ainsi, le ruissellement sur ces sols provient d'un mauvais drainage des horizons de surface.

1.3.2.2 - Sols de versants

On les classe dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés.

Ils présentent des profils laissant apparaître, à des profondeurs variables, une discontinuité de texture et de couleur assez nette.

Les horizons supérieurs (c'est-à-dire au-dessus de la ligne de discontinuité) sont de couleur beige clair à gris beige clair. Ils ne renferment que de rares concrétions, ils sont peu structurés et leur épaisseur est variable. Leur perméabilité est faible (6 mm/h en surface).

Les horizons inférieurs sont bariolés de rouge ou d'ocre, ils sont argilo-sableux, fréquemment indurés et très bien structurés. La perméabilité de l'horizon bariolé est bien plus importante (40 mm/h).

1.3.2.3 - Sols de bas de pente et de bas-fonds

Leur extension est très faible.

a) Sols de bas de pente, forment une frange étroite en bordure des thalwegs, là où le lit mineur est assez peu encaissé. Ces sols se sont différenciés sur un colluvium sableux grossier. Ce sont des sols ferrugineux lessivés à concrétion, très lessivés en argile et en fer, ils présentent des taches ocres s'indurant en profondeur. Leur perméabilité est faible (3 mm/h en surface), leur capacité de rétention est voisine de 6,5 %.

b) Sols de bas-fonds, ce sont des sols hydromorphes à pseudo-gley d'ensemble, ils occupent le fond de tous les thalwegs. Leur capacité de rétention est élevée et le domaine en eau utile est important (25 %).

1.3.2.4 - Caractères hydrodynamiques des sols de TIAPALOU

Catégorie	Groupe	N° profil: PND	Horizons (1)	K cm/h	Is	pF 3 pour 100 gr	pF 2,5 de terre	pF 4,2	Eu (2)
Sol de crête	Intergrade ff - sftl	3	s(0-10) a(65-80)	0,6 3,9	0,83 1,39	6,3 18,8	8,8 19,7	3,1 15,2	5,7 4,5
Sol de Versant	sftl	1	s(0-10) a(80-95)	0,6 1,5	1,03 2,70	15,1 18,2	9,4 19,5	3,8 11,9	5,6 7,6
		4	s(0-10) a(30-40)	0,6 3,9	0,45 1,38	7,2 13,8	10,7 14,7	3,8 11,1	6,9 3,6
		5	s(30-40)	0,7	1,06	6,2	7,9	2,4	5,5
Sol de bas de pente	sftl	6	s(0-10) s(60-70) s(90-100)	0,3 0,3 0,6	0,82 1,72 1,83	5,2 5,3 5,0	6,8 6,4 6,7	2,3 2,2 2,4	4,5 4,2 4,3
Sol de Bas-Fond	s.hydro.	2	a(0-10) a(30-40)	1,3 0,7	0,55 2,33	29,1 24,8	37,4 27,5	12,4 16,7	25,0 10,8

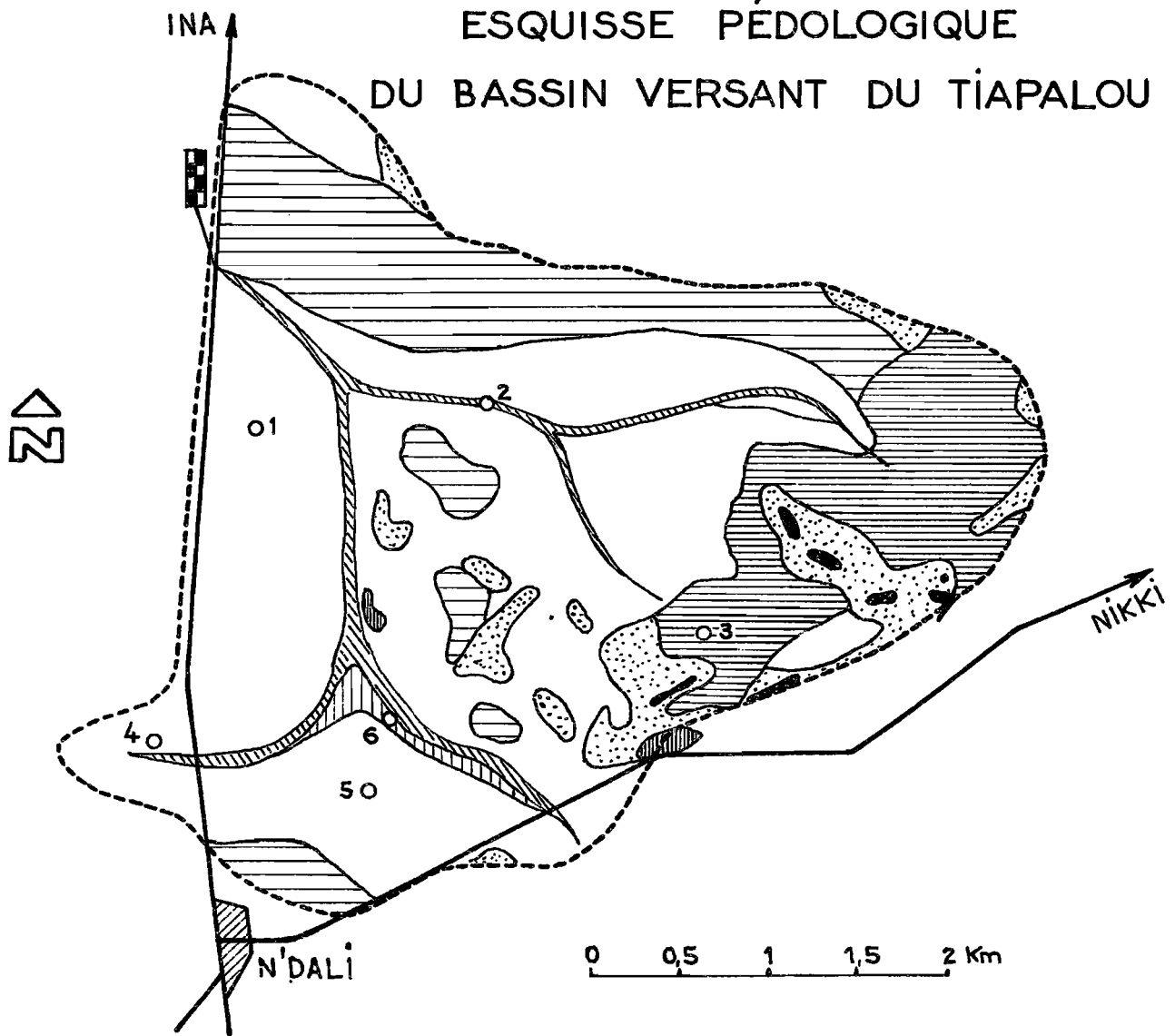
(1) s = sableux

a = argilo-sableux

(2) Eu = Eau utile = Eau (pF 2,5)

- Eau (pF 4,2)

ESQUISSE PÉDOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU TIAPALOU



PRINCIPAUX TYPES DE SOLS

SOLS MINÉRAUX BRUTS

■ Cuirasse ancienne

SOLS PEU ÉVOLUÉS

▨ Bowal sub-affluent

INTERGRADE

▨ Sol rouge

▨ Sol beige rouge

SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVÉS

▨ Concrétionnés dès la surface

□ non concrétionnés et sableux jusqu'à 50 cm -

▨ non concrétionnés et sableux jusqu'à 1m

SOLS HYDROMORPHES

▨ à pseudogley d'ensemble

D'après P. WILLAÏME

La perméabilité K n'a été mesurée que sur des échantillons remaniés. Les tests de perméabilité sont assez représentatifs quand ils se rapportent à des horizons sableux (< 10 % d'argile) si la macroporosité est négligeable.

Pour les horizons plus argileux, la nature minéralogique des argiles à dominante kaolinite ne doit pas non plus fausser trop les résultats des tests de laboratoire. Malheureusement, ceci n'est probablement pas exact pour tous les horizons argileux du bassin.

En tenant compte du fait que pour la majeure partie du bassin, les mesures de perméabilité sur échantillon remaniés sont valables, on peut affirmer que les horizons profonds bariolés argilo-sableux ont une assez bonne perméabilité (40 mm/h en moyenne, soit $K = 1,1 \cdot 10^{-5}$ m/s) alors que les horizons sableux de surface drainent mal (6 mm/h, soit $K = 1,6 \cdot 10^{-6}$ m/s).

Ainsi, il semble que le ruissellement puisse se déclencher pour des intensités pluviométriques assez faible ; d'autre part, un écoulement "hypodermique" au niveau de la discontinuité texturale ne peut se réaliser avant la saturation complète des horizons argilo-sableux de profondeur.

1.4 - Végétation :

La savane boisée claire à karite (*Butyrospermum Parkii*) s'étend sur la majeure partie du bassin. La pluviométrie élevée explique l'absence d'épineux qui n'apparaîtront que plus au Nord dans la région de KANDI. Dans le lit du TIAPALOU, la forêt galerie occupe les parties les plus resserrées, elle comporte de nombreux arbres exigeants en eau. Cette galerie freine l'écoulement et en absorbe une partie non négligeable. Dans les parties plus évasées, le tapis herbacé est très dense et comporte quelques *Mitragina-incrimis*. Sur les versants, on note des touffes d'*Andropogons* et de *Cochlospermum tinctorium* protégeant assez mal le sol et permettant à l'érosion en nappe de sévir lorsque la pente dépasse 2 %.

La partie Sud-Ouest du bassin (près du village de N'DALI) est bien cultivée avec des champs de maïs et d'igname et des jardins. Ces cultures couvrent, avec les jachères temporaires à maigre savane arbustive, une fraction importante de la surface totale.

II
Climatologie

CHAPITRE II

CLIMATOLOGIE

Le bassin du TIAPALOU se trouve soumis au régime tropical de transition (variante dahoméenne). On observe une saison des pluies, assez longue, s'étendant de Mai à Octobre et une saison sèche allant de Novembre à Avril. La position assez septentrionale du bassin donne à cette saison sèche un caractère déjà accentué avec des vents d'harmattan dominants, d'autre part il ne se produit que rarement un ralentissement des précipitations en Août, comme c'est le cas habituel dans une grande partie du DAHOMEY ; les vents de Sud-Ouest restent les plus fréquents pendant tout l'hivernage.

Les caractéristiques climatiques les plus intéressantes, à savoir la température, l'humidité relative, l'évaporation et bien entendu les précipitations, vont pouvoir être étudiées en détail grâce à l'existence de la station météorologique d'INA, située seulement à quelques kilomètres à vol d'oiseau du bassin.

2.1 - Températures :

La station d'INA fournit des relevés journaliers depuis le début de l'année 1950. On dispose donc de 12 années d'observations.

Dans le tableau ci-après ont été réunies les moyennes mensuelles des températures maximales, minimales, ainsi que la température moyenne, calculées sur la période 1950-1962.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$T_{\bar{x}}$	34,1	35,8	36,6	35,5	33,5	31,1	29,1	28,4	29,4	31,8	33,6	33,7
$T_{\bar{n}}$	15,9	17,5	21,5	22,7	22,1	21,2	20,8	20,7	20,6	20,4	18,0	15,0
$\frac{T_{\bar{x}} + T_{\bar{n}}}{2}$	25,0	26,7	29,0	29,1	27,9	26,2	24,9	24,6	25,0	26,2	26,0	24,5

La température moyenne annuelle est de 26°2 C.

Le maximum absolu a été de 39°9 en Mars 1958.

Le maximum absolu a été de 8°0 en Janvier 1962.

L'examen de ces données permet les remarques suivantes : c'est en Décembre-Janvier que s'observe la température moyenne la plus basse (24°5) ; en fin de nuit, la température descend à 15° et même parfois, certains jours, à 10°, mais dans la journée l'amplitude est maximale (18°) et le maximum diurne oscille autour de 34°.

En Mars, la température moyenne remonte fortement et culmine à 29°. L'amplitude journalière diminue progressivement, les minimums nocturnes et les maximums diurnes atteignent leurs plus fortes valeurs avec respectivement 22° 7 (en Avril) et 36°6(en Mars) .

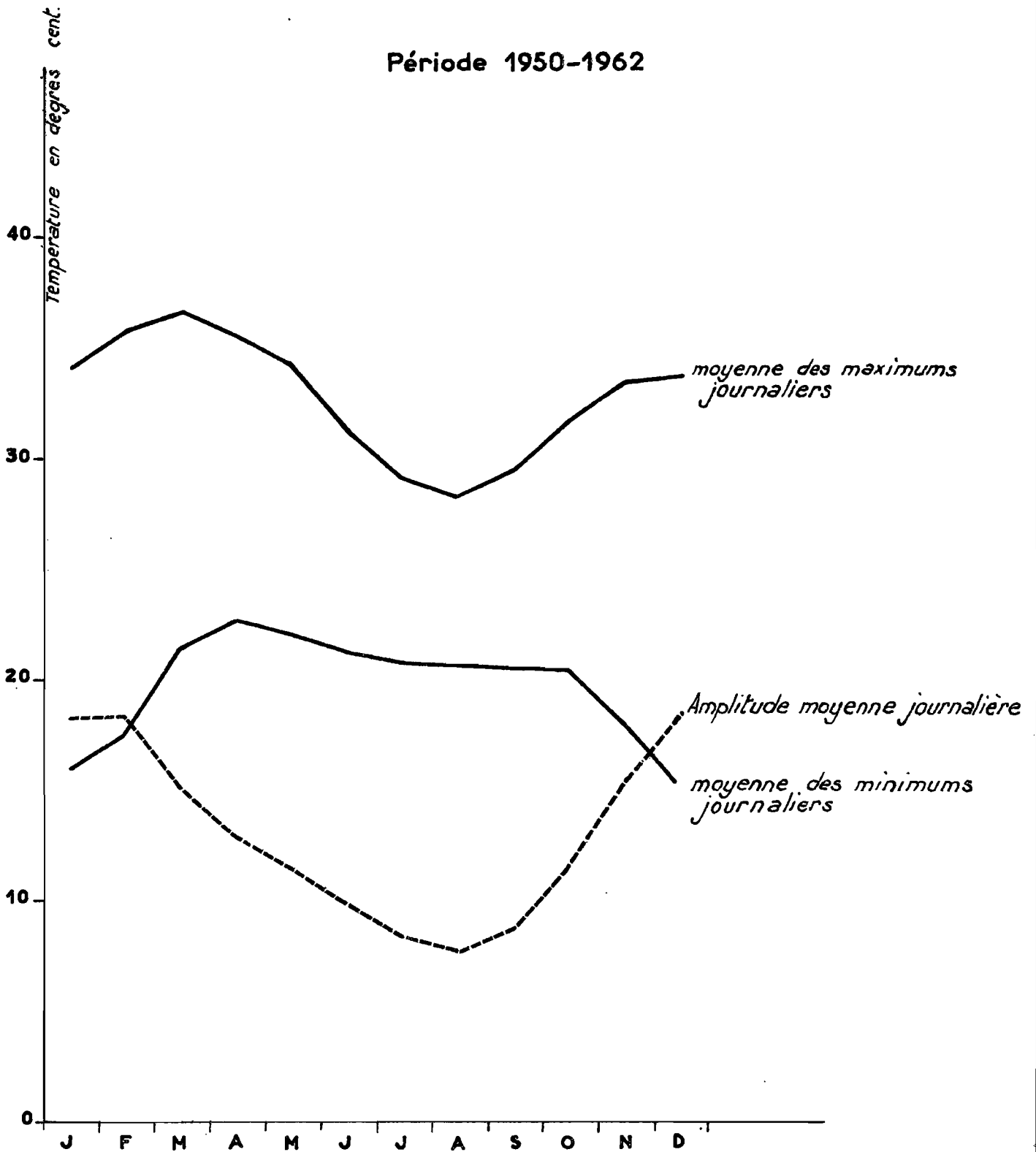
Avec les pluies, la température moyenne décroît rapidement pour arriver au second minimum de l'année, sensiblement constant de Juillet à Septembre, le minimum est en Août avec 24°6, l'amplitude est également la plus faible avec 7°5 ainsi que le maximum diurne avec 28°4 seulement.

A la fin de la saison des pluies, la température moyenne remonte à 26° en Novembre avant de s'abaisser à nouveau sous l'effet des vents d'harmattan. Le maximum diurne remonte à 33° - 34°, cependant que le minimum nocturne diminue graduellement.

VARIATIONS MENSUELLES DES TEMPÉRATURES

INA

Période 1950-1962



2.2 - Humidité relative

Les mesures d'humidité relative ont eu lieu sans interruption depuis Avril 1950. Nous avons consigné, dans le tableau suivant, les moyennes mensuelles de l'humidité relative moyenne, maximale et minimale.

Moyennes sur 12 ans

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
U_x	65	67	81	86	90	93	96	97	97	96	92	75
U_n	27	30	41	51	63	71	77	79	75	65	44	30
\bar{U}	46	48	61	68	77	82	87	88	86	80	68	53

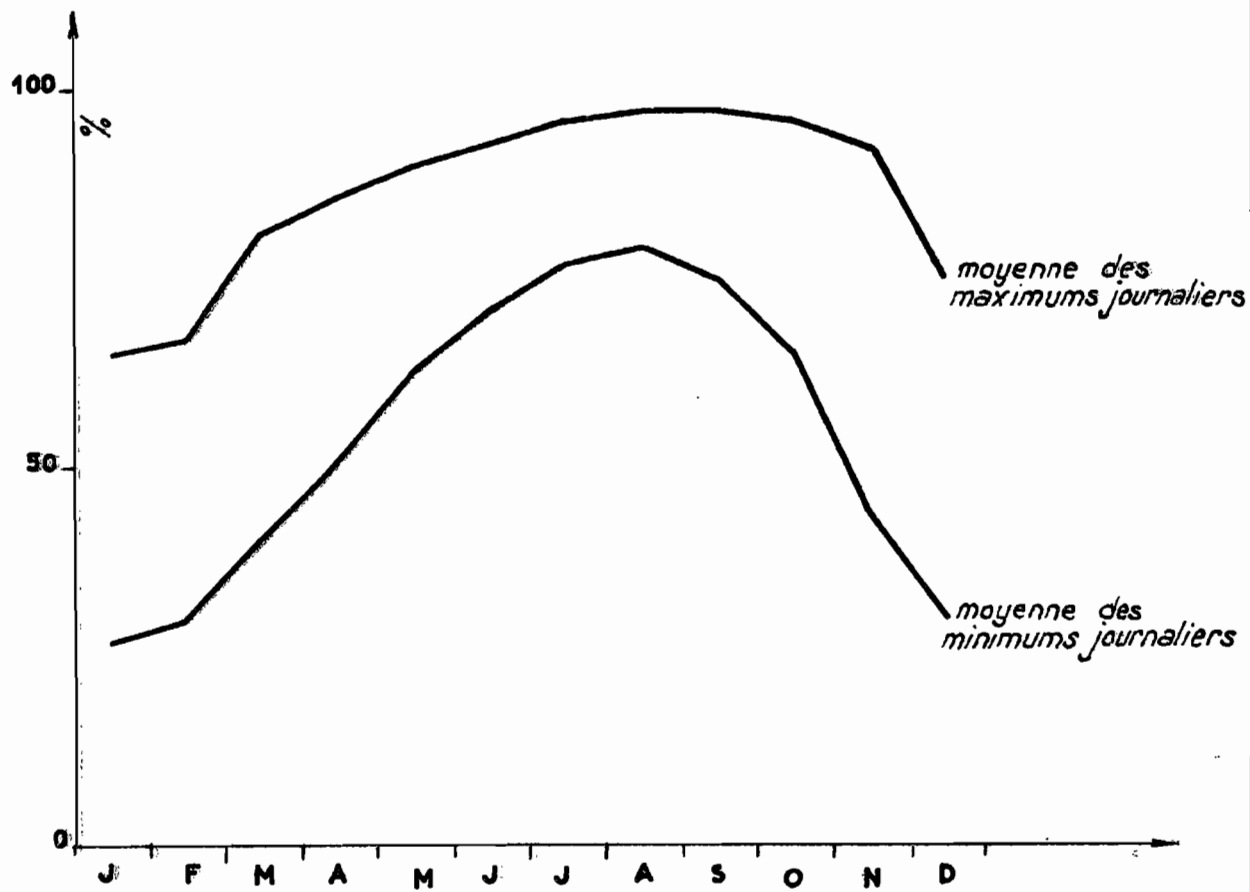
L'humidité relative moyenne, minimale en Janvier, au milieu de la saison sèche, avec 46 %, croît avec les précipitations, ce qui est normal, jusqu'au mois d'Août (maximal avec 88 %) puis redécroit ensuite.

Le maximum diurne passe pendant la même période de 65 à 97 % et le minimum nocturne de 27 à 79 %.

L'amplitude des écarts est maximale en Novembre avec 48 % (le maximum nocturne diminue beaucoup plus vite que le minimum diurne à la fin de la saison des pluies), mais elle reste assez élevée pendant toute la saison sèche et provoque très souvent pendant cette période des brumes au petit jour, vite dissipées par le soleil. L'amplitude des écarts diminue ensuite progressivement lorsque les pluies s'installent et est à son minimum en Août.

VARIATIONS MENSUELLES DE L'HUMIDITÉ RELATIVE INA

Période 1950-1962



2.3 - Evaporation

Des mesures à l'évaporomètre Piche ont lieu à la station d'INA depuis début 1950, elles donnent une idée du pouvoir évaporateur de l'atmosphère.

Voici les moyennes mensuelles de l'évaporation Piche pour la période 1950-1962.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
\bar{E}	172,9	165,9	153,0	115,6	76,8	52,7	40,4	<u>37,1</u>	37,3	56,4	97,2	147,0

Le graphique n° 6 représente les variations respectives des moyennes mensuelles des précipitations (1944-1963), de l'humidité relative (1950-1962), et de l'évaporation Piche (1950-1962).

Afin de se rendre compte de ce que peut être l'évaporation sur une grande retenue d'eau, l'ORSTOM a installé à la station météo en Avril 1961 un bac Colorado de 0,92 m de côté et il lui a été adjoint en 1963 un second bac, type ORSTOM, recouvert d'huile pour faciliter les corrections les jours de pluie.

Voici la moyenne journalière mensuelle en mm/jour pour la période considérée, de l'évaporation sur bac Colorado.

Années:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961								3,0	3,2	5,3	5,7	5,2
1962	5,7	6,7	7,1	6,5	6,0	4,4	3,8	3,1	3,2	4,0	4,5	5,0
1963	5,1	6,4	6,6	6,3	4,9	4,5	4,4	3,6	4,4	4,5	5,8	5,5
Moyenne:	5,4	6,5	6,9	6,4	5,5	4,5	4,1	3,2	3,6	4,6	5,3	5,2

C R S T O N

A 0

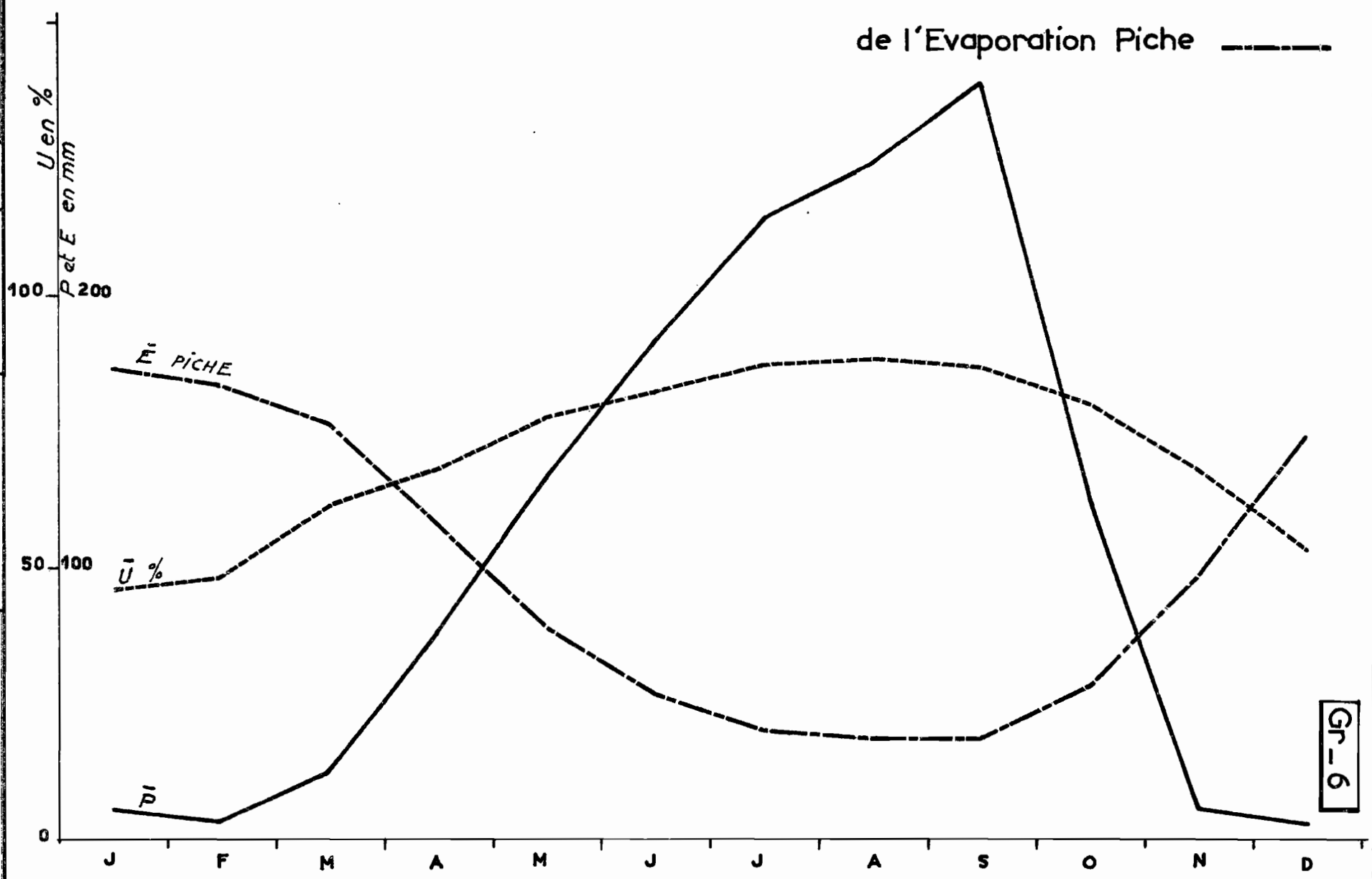
DATE:

DESSINE:

DAH-141.098

VARIATIONS DES MOYENNES MENSUELLES des Précipitations

de l'Humidité relative
de l'Evaporation Piche



Gr-6

VARIATIONS MENSUELLES DE L'ÉVAPORATION

(Bac Colorado d'INA)



La moyenne journalière mensuelle est assez élevée en saison sèche, elle atteint presque 7 mm/j en Mars, elle décroît ensuite pendant la saison des pluies et sa plus faible valeur est de 3 mm/j en Août. Elle remonte à la fin des pluies à plus de 5 mm/j à partir de Novembre.

Le total annuel évaporé est de 1818 mm en 1962 et de 1880 mm en 1963.

En admettant que le coefficient de passage du bac à la grande retenue est d'environ 90 %, on obtient sensiblement 1700 mm d'évaporation annuelle moyenne sur une nappe d'eau d'une certaine étendue.

Ce résultat est identique à celui donné par la station de FOUNGA près de DJOUGOU (bassin versant expérimental ORSTOM de la TERO, exploité en 1957-1958).

2.4 - Pluviométrie :

La station météorologique d'INA, située dans le parc de l'IRAT, ne se trouve qu'à sept km au Nord du bassin du TIAPALOU. Les observations pluviométriques ont eu lieu sans interruption depuis le 1er Avril 1944 ; elles permettent de se faire une idée satisfaisante des précipitations dans la région d'INA pendant les vingt dernières années. Le graphique n° 8 montre la place qu'occupe cette station dans la zone comprise entre les parallèles 10° et 11° de latitude Nord, correspondant à la partie la plus septentrionale du bassin de l'OUEME.

2.4.1 - Hauteurs annuelles de précipitation :

La distribution statistique des hauteurs annuelles est définie de façon correcte par une loi gaussique sauf pour les valeurs inférieures extrêmes (de sécheresse vraiment exceptionnelle, l'année 1958 a, avec 865 mm, une période de retour d'au moins 30 ans).

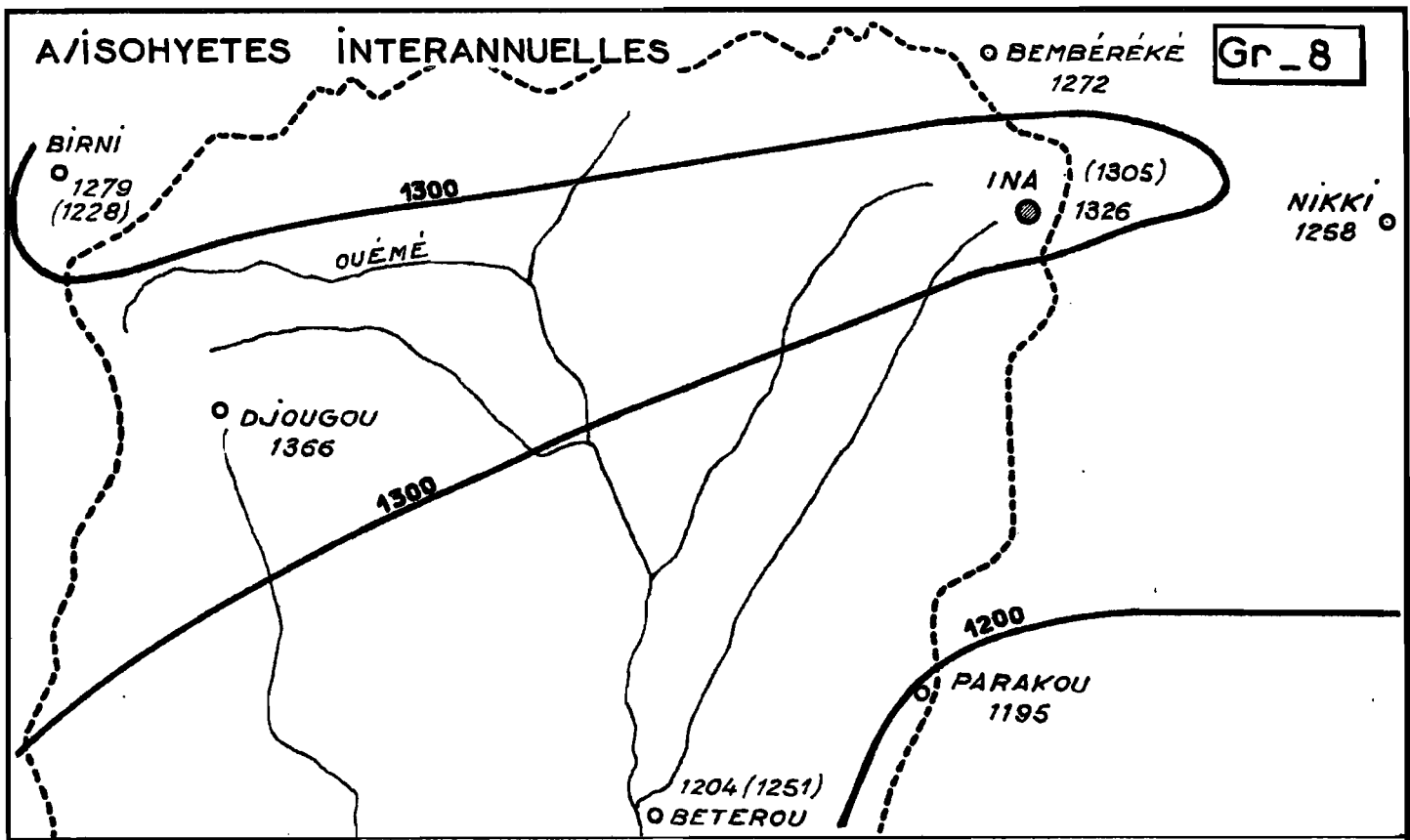
En admettant cette distribution gaussique, on obtient pour la période 1944-1963, soit 20 ans, les deux paramètres suivants :

$$\text{moyenne } \bar{x} = \underline{1326 \text{ mm}}$$

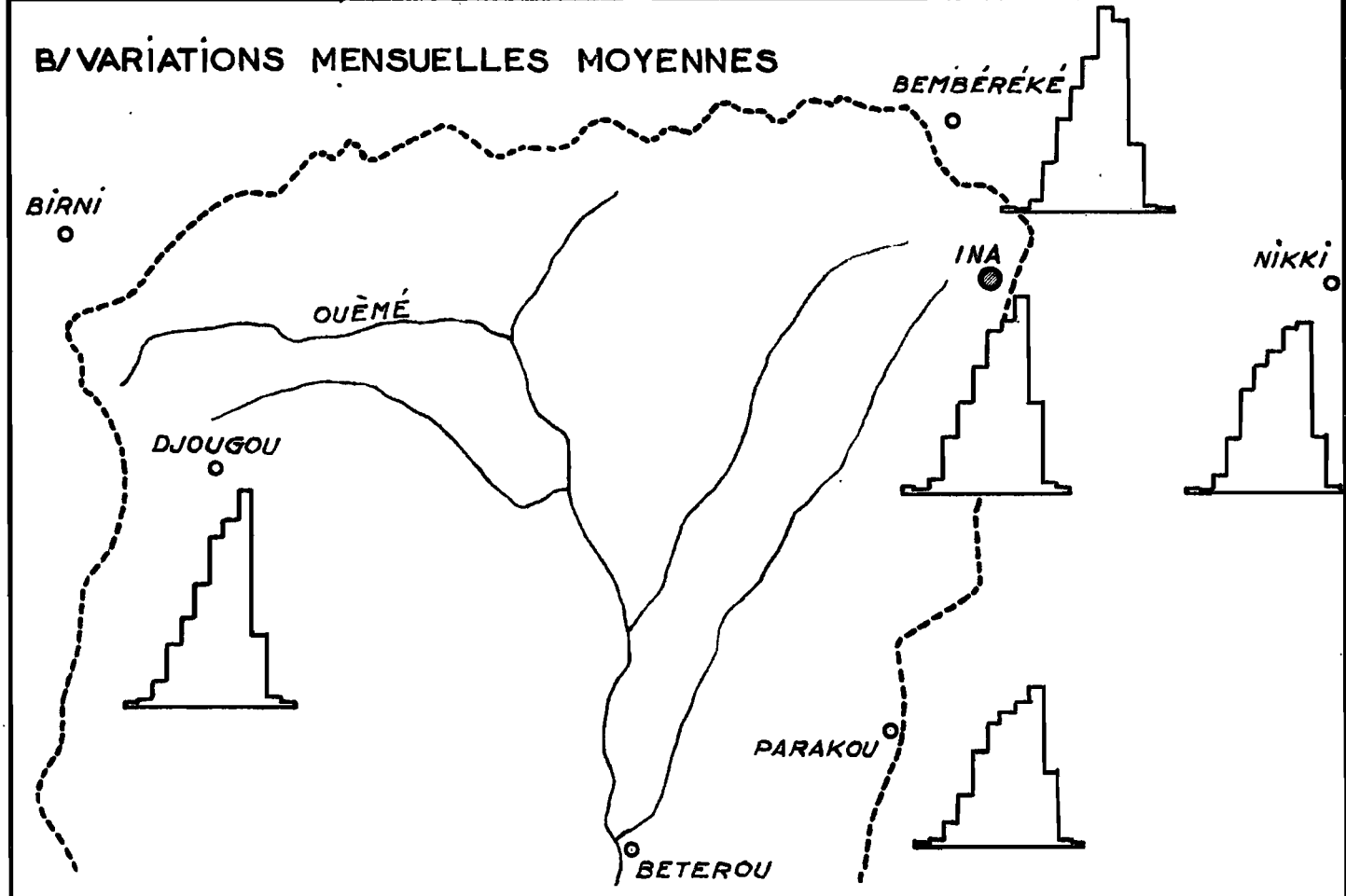
$$\text{et écart-type } \sigma = 187,0 \text{ mm}$$

A/ISOHYETES INTERANNUELLES

Gr_8



B/VARIATIONS MENSUELLES MOYENNES



PLUVIOMETRIE DU NORD DU BASSIN DE L'OUÉMÉ

La dispersion est assez faible et la moitié des hauteurs annuelles se trouve comprise entre 1208 et 1457 mm.

La plus forte hauteur annuelle a été observée en 1951 : 1632 mm.

Les autres valeurs intéressantes sont les suivantes :

- Pluviométrie année médiane	:	1346 mm
année décennale humide	:	1565 mm
année décennale sèche	:	1080 mm

- Irrégularité interannuelle

Coefficient de variation C_V	:	0,141
Coefficient K_3	:	1,45

L'irrégularité interannuelle donne des valeurs relativement faibles ; le K_3 des débits sera, lui, beaucoup plus élevé car la répartition des précipitations sur les 6 mois que dure la saison des pluies interviendra pour augmenter la dispersion.

2.4.2 - Variations saisonnières de la pluviométrie

De par sa situation septentrionale, INA se trouve à la limite entre régime tropical de transition et régime tropical pur.

La saison sèche qui dure de mi-Octobre à fin Mars ou Avril est déjà très accentuée, très souvent il ne tombe aucune précipitation pendant quatre mois.

Le début de la saison des pluies, en Avril ou Mai, est marqué par d'assez fortes tornades ; les précipitations croissent jusqu'en Septembre (mois le plus arrosé avec 277 mm en moyenne), la fin de l'hivernage est toujours très brutale.

Le creux du mois d'Août correspondant à la petite saison sèche d'été de la zone côtière dahoméenne ne s'observe plus sur les valeurs moyennes à cette latitude et il ne se produit que rarement (comme en 1961 par exemple), une année sur cinq en moyenne. Le ralentissement des pluies pendant ce mois provoque soit une diminution importante des débits, soit un retard considérable dans l'apparition de l'écoulement si Juillet a été lui-même très faible, la valeur du module annuel s'en ressentira donc de façon sensible. Le graphique n° 9 montre une répartition mensuelle moyenne tout à fait analogue à celle de DJOUGOU, ville se trouvant à la même latitude, près des sources de l'OUEME.

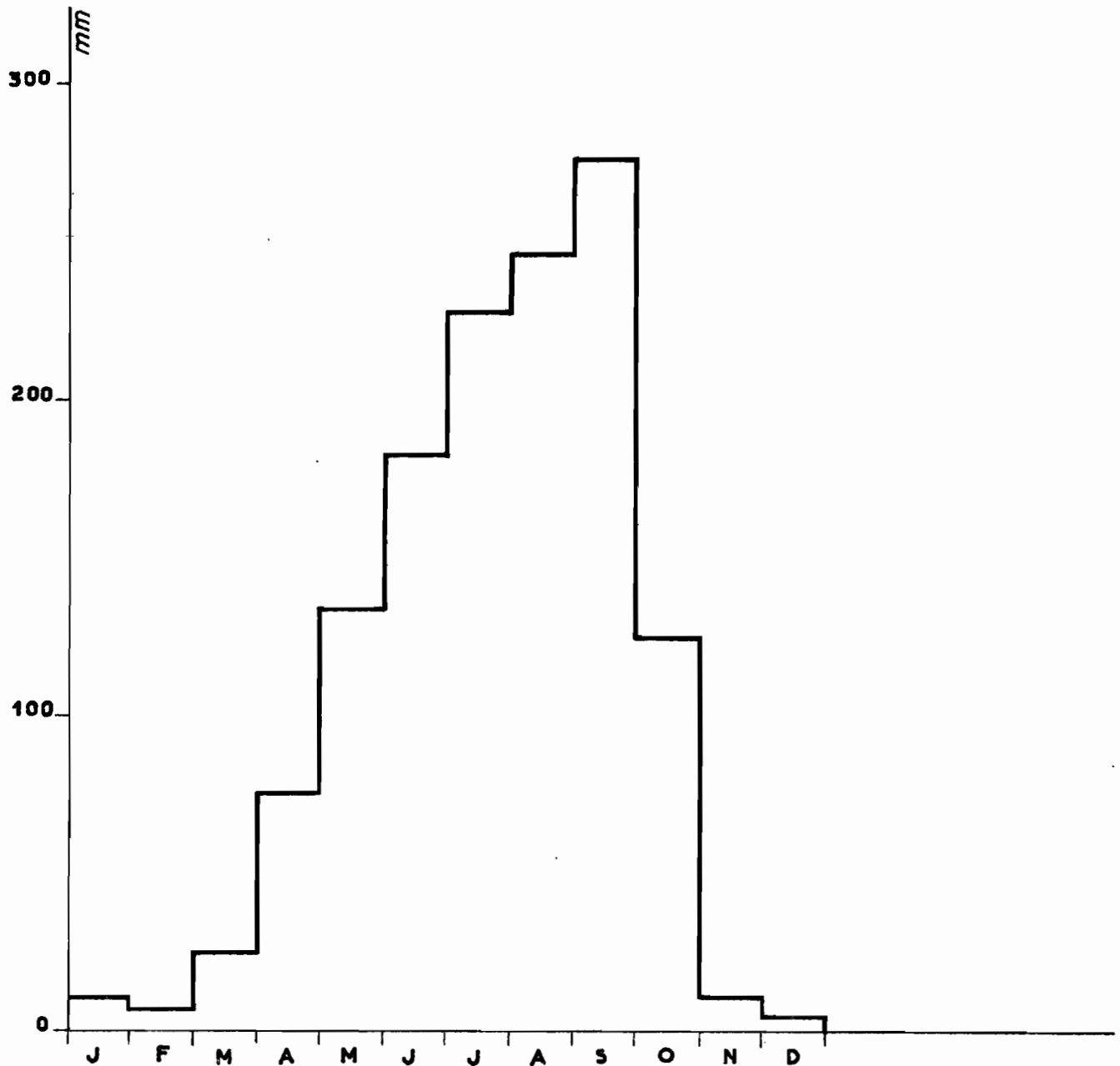
Relevés mensuels et moyenne de la période 1944-1963

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
1944	(-)	(-)	(-)	125,3	51,4	227,5	121,3	206,0	212,0	166,3	0	41,3	1151,1
1945	0	0	0	66,6	80,8	240,4	167,6	195,6	418,1	151,5	0	0	1320,6
1946	0	0	2,3	24,9	124,1	121,4	303,7	219,7	226,6	205,5	0	0	1208,2
1947	0	8,2	1,9	88,2	155,1	245,2	201,0	287,2	363,7	101,0	21,4	0	1472,9
1948	0	0	28,9	116,3	86,5	360,3	218,4	186,9	250,9	47,0	0	0	1295,2
1949	0	0	18,3	61,6	108,5	135,2	252,9	275,7	189,7	48,2	5,8	0	1095,9
1950	37,3	0	24,4	27,4	136,3	148,7	184,4	224,0	174,5	123,6	0	2,0	1082,6
1951	51,3	0	30,6	34,2	151,2	165,7	247,3	353,8	321,2	237,9	38,7	0	1631,9
1952	0	0,6	23,3	147,5	151,4	171,4	247,8	154,1	253,9	203,5	0	14,0	1367,6
1953	0	0	31,6	61,5	277,8	146,9	297,1	163,3	276,4	116,1	0	0	1370,7
1954	0	0	29,4	48,8	188,8	174,6	125,6	387,8	243,4	72,6	25,8	0	1296,8
1955	50,0	8,3	101,5	151,3	140,8	201,8	297,3	265,3	168,5	141,4	0	0	1526,2
1956	0	25,6	9,1	42,0	90,4	206,6	286,5	128,5	289,3	91,1	0	13,9	1183,0
1957	0	0	74,0	55,8	213,7	111,8	277,3	317,9	235,2	73,9	55,3	24,1	1439,0
1958	0	9,0	6,3	65,9	76,0	137,1	75,0	94,8	254,1	111,6	34,9	0	864,7
1959	0	1,8	34,9	28,4	39,9	154,9	312,2	397,9	475,2	9,0	0	0	1454,2
1960	25,8	0	32,5	64,0	115,6	187,1	192,2	312,3	416,0	240,2	0	0	1585,7
1961	45,3	0	0	144,0	74,2	216,3	326,2	107,3	287,6	13,3	0	0	1214,2
1962	0	0	2,3	95,3	195,3	219,3	248,4	323,8	230,9	139,7	35,6	0	1490,6
1963	0	77,9	21,2	63,7	223,4	104,6	177,8	329,4	244,3	209,4	4,8	0	1456,5
Moyenne mensuelle	10,5	6,5	24,8	75,6	134,1	182,9	228,0	246,6	276,6	125,2	11,1	4,8	

VARIATIONS DE LA PLUVIOMÉTRIE MENSUELLE

STATION D'INA

Période 1944-1963



2.4.3 - Pluies journalières et exceptionnelles :

Les relevés pluviométriques journaliers antérieurs à 1947 ayant disparu, nous disposons de 17 années d'observations continues (période 1947-1963).

1529 jours de pluie ont été dénombrés, donnant une moyenne annuelle de 90 jours de pluie. Le classement des pluies journalières par ordre décroissant permet l'étude de leurs différentes fréquences annuelles (tableau ci-dessous) :

Station	Nombre d'années d'observations	Moyenne annuelle des jours de pluie					
		> 100mm	> 80 mm	> 60 mm	> 40 mm	> 20 mm	< 20 mm
INA	17	0,24	0,60	1,89	6,1	24,0	66,0

Près de 75 % des précipitations sont inférieures à 20 mm et 50 % des pluies produisent moins de 10 mm. Les fortes pluies sont relativement rares car on n'observe que 2 pluies supérieures à 60 mm par an, en moyenne.

Le maximum de toute la période a eu lieu le 17 Juillet 1956 et a donné 112,7 mm.

Nous avons choisi, pour représenter la distribution de la pluviométrie journalière, une loi gausso-logarithmique tronquée (loi tronquée de M. ROCHE).

HAUTEURS de PRECIPITATIONS JOURNALIERES à INA

Rang	Hauteur de pluie mm	\log_{10}	$F_1(x)$	$\frac{F_1(x)}{F_1(0)}$ pour $F_1(0) = 0,246$	$\frac{F_1(x)}{F_1(0)}$ pour $F_1(0) = 0,15$
1	112,7	2,052	0,000161	0,00065	0,00107
2	112,5	2,051	0,000322	0,0013	0,0021
3	102,3	2,009	0,000483	0,0020	0,0032
4	100,3	2,001	0,000657	0,0027	0,0044
5	99,2	1,996	0,000806	0,0033	0,0054
6	90,3	1,957	0,000967	0,0039	0,0065
7	90,2	1,955	0,00115	0,0046	0,0077
8	83,0	1,919	0,00129	0,0052	0,0086
9	82,2	1,914	0,00145	0,0059	0,0097
10	81,0	1,908	0,00161	0,0065	0,0107
15	73,2	1,864	0,00242	0,0098	0,016
20	70,0	1,845	0,00323	0,013	0,022
32	60,0	1,778	0,00518	0,021	0,035
57	50,0	1,699	0,00928	0,038	0,062
103	40,0	1,602	0,0167	0,068	0,111
201	30,0	1,477	0,0326	0,132	0,217
406	20,0	1,301	0,0657	0,267	0,438
763	10,0	1,000	0,123	0,500	0,820
1529	0,0		0,246	1	

La lecture du graphique n° 10 donne les résultats suivants :

Pluviométrie journalière de probabilité annuelle	:	73 mm
" " " 1 an sur 2	:	85 mm
" " " 1 an sur 5	:	105 mm
" " " 1 an sur 10	:	120 mm
" " " 1 an sur 20	:	140 mm

La pluie journalière de fréquence cinquantenaire est de l'ordre de 165 mm.

La comparaison entre fréquence expérimentale et fréquence ajustée tend à indiquer que l'hypothèse gaussienne logarithmique est peut-être pessimiste, nous la conserverons néanmoins.

Ces valeurs sont identiques à celles indiquées dans la Monographie de l'OUEME Supérieur pour une période d'observations légèrement inférieure (14 ans).

Il est intéressant de comparer ces résultats avec ceux des stations les plus proches, en l'occurrence PARAKOU et BEMBEREKE.

Les valeurs décennale et cinquantenaire de PARAKOU, à 60 km plus au Sud, sont avec respectivement 115 et 160 mm, de la même importance. Celles de BEMBEREKE, 30 km plus au Nord, sont légèrement plus élevées avec 130 et 180 mm. Peut-être doit-on voir là l'influence de la ligne de crête.

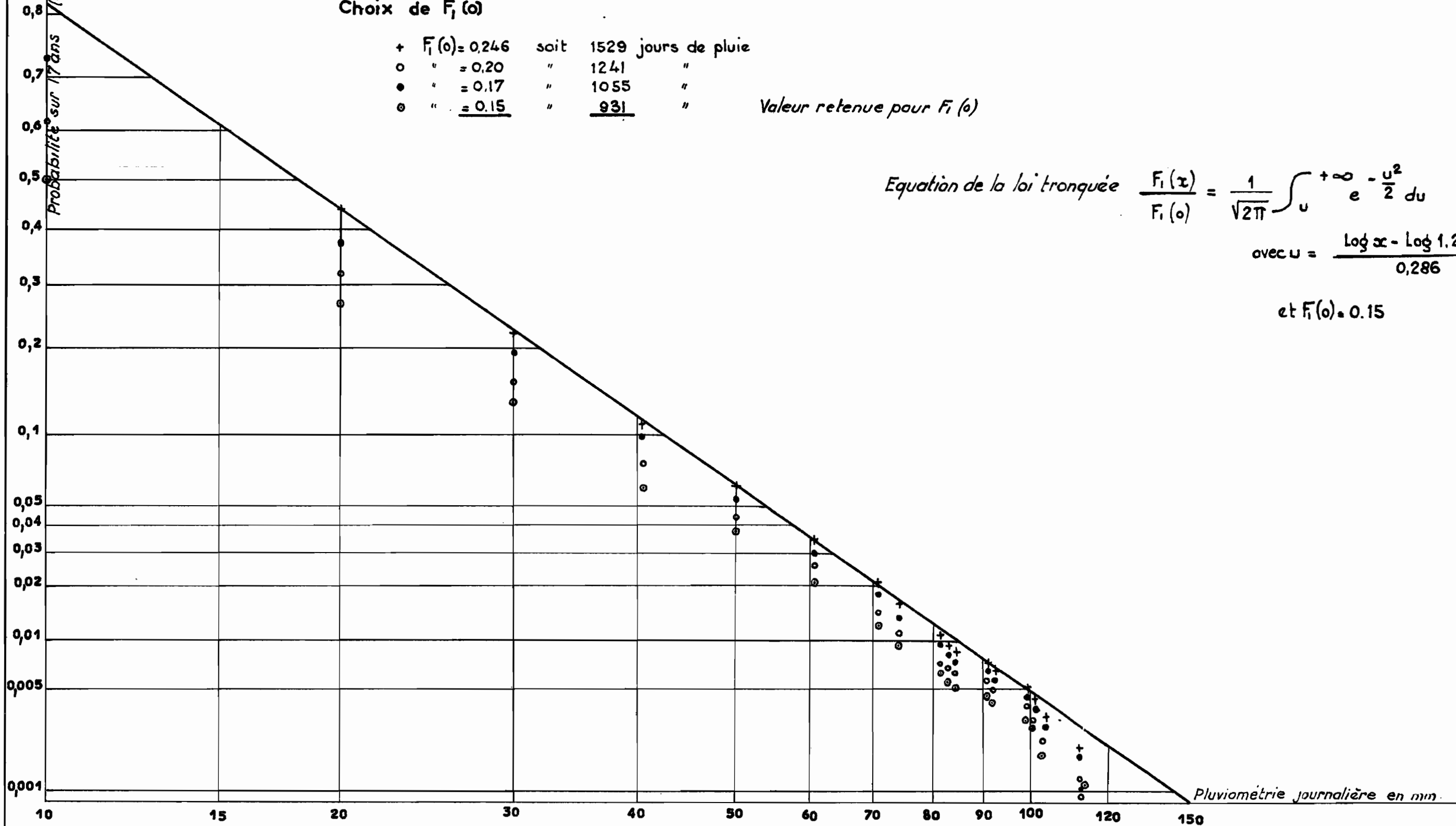
INA
DISTRIBUTION STATISTIQUE DES PLUIES JOURNALIÈRES

Choix de $F_1(x)$

+	$F_1(x) = 0,246$	soit	1529	jours de pluie
o	" = 0,20	"	1241	"
•	" = 0,17	"	1055	"
⊙	" = <u>0,15</u>	"	<u>931</u>	"

Valeur retenue pour $F_1(x)$

Equation de la loi tronquée $\frac{F_1(x)}{F_1(x_0)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{+\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du$
 avec $u = \frac{\log x - \log 1,256}{0,286}$
 et $F_1(x_0) = 0,15$



III
Déroulement des 3 campagnes
Description des Averses et des Crues

CHAPITRE III

DEROULEMENT des TROIS CAMPAGNES

DESCRIPTION des AVERSES et des CRUES

3.1 - CAMPAGNE 1961 -

3.1.1 - Personnel et matériel de la Mission - Equipement du bassin :

M. COLOMBANI, Ingénieur hydrologue, et M. ESTRUP, technicien de l'ORSTOM, reconnaissent le bassin le 15 Juin.

Le 19 est installée, sur le pont reliant N°DALI à INA (Route Fédérale n° 7), une échelle limnimétrique formée de 2 éléments métalliques d'un mètre. Il n'y a alors aucun écoulement.

Grâce à l'obligeance du Ministère de l'Education Nationale, M. ESTRUP est logé dans une villa du Centre d'Apprentissage d'INA à quelques kilomètres au Nord du bassin pendant toute la campagne.

Celle-ci a été cependant très écourtée en 1961 car le matériel indispensable n'est arrivé que fort tard, ainsi l'équipement pluviométrique n'a été complet qu'au début Août, il comprenait 2 pluviographes à augets basculeurs : le pluviographe A situé près de la station limnimétrique, le pluviographe B à quelque distance du village de N°DALI. Dix pluviomètres, numérotés de 1 à 10, régulièrement disposés sur le bassin, donnent une idée satisfaisante des précipitations sur la partie aval du bassin, mais le partie amont reste assez mal couverte.

Ces pluviomètres étaient accessibles soit par la route N°DALI-INA, ou N°DALI-NIKKI, soit par une piste cyclable. Ils étaient relevés chaque matin par un agent hydrologue d'ahoméen recruté sur place à cet effet.

Un limnigraphe OTT, type X, à rotation de 24 heures, a été installé à l'amont de la station du pont le 7 Septembre seulement. Les feuilles étaient changées quotidiennement jusqu'à la fin de l'écoulement. La cote à l'échelle était lu^e matin et soir afin de vérifier les indications du limnigraphe.

Etalonnage de la station :

En 1961, 20 jaugeages ont été effectués en aval immédiat du pont, soit à gué, soit depuis celui-ci avec un moulinet OTT monté sur perche.

La courbe de tarage est très satisfaisante, avec 4 jaugeages pendant la plus forte crue du 9 Septembre, dont un pendant le maximum.

Liste des jaugeages :

Dates	Hauteur en mètre	Débit en m ³ /s
2/8/1961	0,395	0,204
5/8/1961	0,425	0,344
12/8/1961	0,355	0,184
15/8/1961	0,325	0,136
17/8/1961	0,295	0,095
22/8/1961	0,28	0,078
25/8/1961	0,31	0,112
30/8/1961	0,255	0,060
5/9/1961	0,46	0,414
6/9/1961	0,445	0,387
8/9/1961	0,46	0,426
9/9/1961	0,575	0,852
9/9/1961	0,595	0,947
9/9/1961	0,545	0,745
9/9/1961	0,525	0,680
11/9/1961	0,50	0,539
24/9/1961	0,42	0,371
27/9/1961	0,375	0,224
7/10/1961	0,47	0,498
29/10/1961	0,235	0,049

ORSTOM

Ao

DATE :

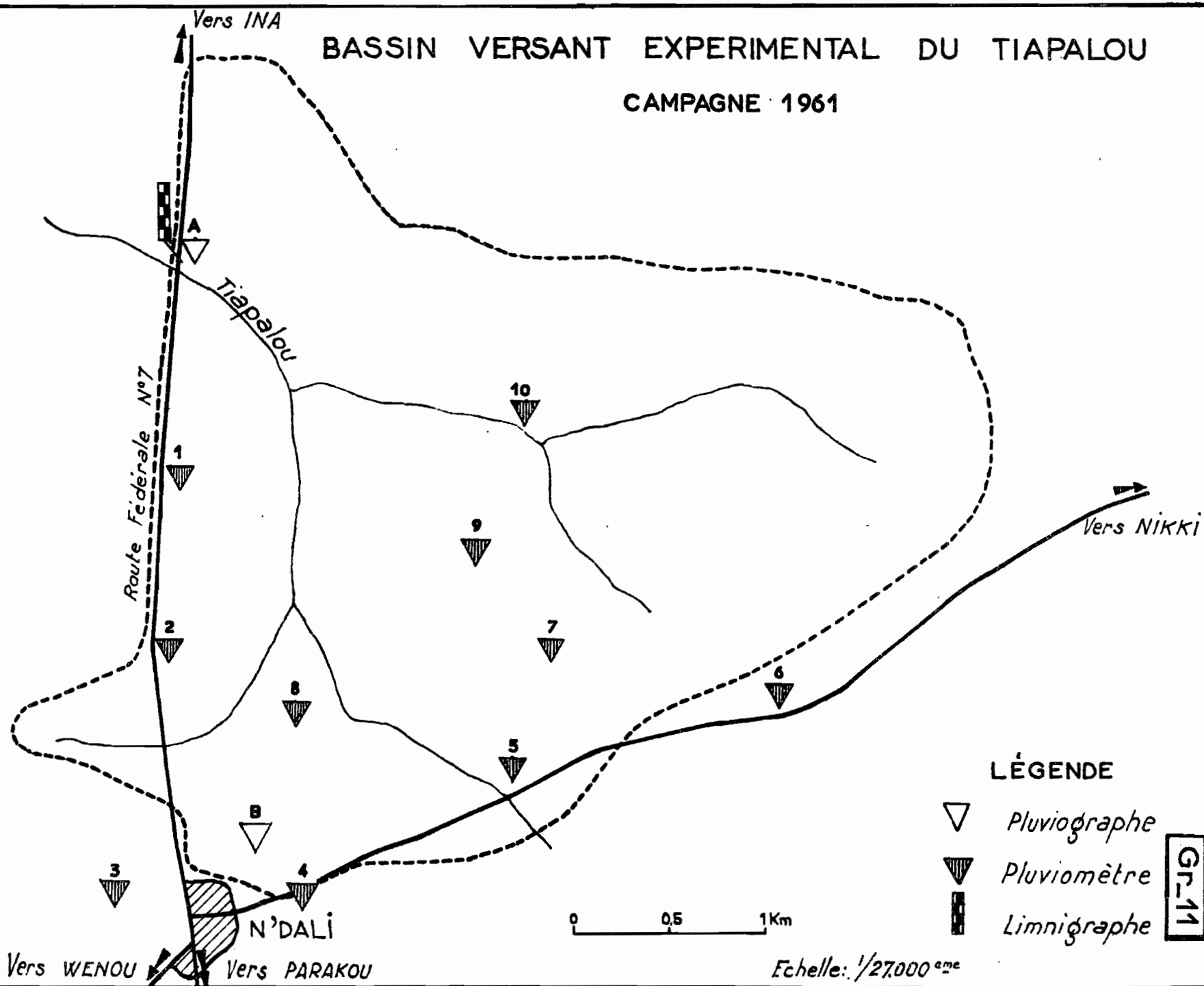
DESSINE :

DAH - 141.103



BASSIN VERSANT EXPERIMENTAL DU TIAPALOU

CAMPAGNE 1961



LÉGENDE

- Pluviographe
- Pluviomètre
- Limniographe

Gr-11

0 0,5 1Km

Echelle: 1/27.000^{ème}

3.1.2 - Conditions pluviométriques de l'année 1961 :

La pluviométrie de l'année 1961 n'est connue que de façon imparfaite sur le bassin de TIAPALOU, les observations ne commençant qu'au début Août seulement. Il est donc préférable de se référer directement à la pluviométrie de la station d'INA.

La hauteur de précipitation annuelle est de 1214 mm. Elle vient au 14ème rang des valeurs classées par ordre décroissant pour la période de 1947-1963. Cette valeur est sensiblement plus faible que la hauteur en année moyenne : 1326 mm, mais seule, elle ne permet pas de se rendre compte si véritablement l'année 1961 présente de mauvaises conditions d'écoulement, en effet, en régime tropical de transition à variante dahoméenne, la répartition mensuelle des pluies intervient de façon très sensible. Nous avons calculé pour les six mois de la saison des pluies (Mai à Octobre inclus), l'hydraulicité de chaque mois par rapport à la moyenne établie sur vingt ans. Il en résulte le tableau suivant :

:	Mai	:	Juin	:	Juillet	:	Août	:	Septembre	:	Octobre	:
:	55 %	:	118 %	:	143 %	:	43 %	:	104 %	:	10 %	:

Après un mois de Mai déficitaire, Juin et Juillet sont nettement supérieurs à la moyenne, ils permettent l'apparition de l'écoulement, mais il se produit ensuite au mois d'Août un creux très marqué et le mois de Septembre, simplement moyen, ne permet pas la formation de grosses crues. La saison des pluies s'arrête assez rapidement début Octobre.

Ainsi les pluies de 1961 sont favorables à l'établissement précoce de l'écoulement, mais ne provoquent pas de fortes crues. La crue maximale de l'année ne donnera qu'un débit faible (0,950 m³/s début Septembre) et le volume total annuel sera certainement déficitaire par rapport à la moyenne.

En ce qui concerne la pluviométrie journalière sur le bassin du TIAPALOU proprement dit, on note au mois d'Août (à partir du 12) 6 averses seulement ; la plus importante, celle du 24, donne une moyenne de 29,7 mm. En Septembre : 12 averses avec, le 5 du mois, une pluie de hauteur moyenne de 56,6 mm (maximum ponctuel 61,5 mm), les deux plus fortes averses suivantes produisent 38,1 mm le 2 et 29,2 mm le 9. Cette dernière pluie profitant des averses précédentes provoquera le plus grand écoulement de l'année. En Octobre, 4 averses ont lieu, celle du 8 présente le plus fort maximum ponctuel (63,5 mm) et une moyenne de 43,0 mm.

3.1.3 - Description des averses et des crues 1961 :

L'échantillon averses-crues est assez réduit puisque les appareils n'ont fonctionné que tard dans la saison. Mais les plus fortes crues, se produisant en fin d'hivernage, permettront tout de même de donner une idée à peu près satisfaisante de l'écoulement annuel en 1961.

Nous décrivons les averses à partir de Septembre et rappelons que le limnigraphe n'est mis en place que le 7 du même mois.

3.1.3.1 - Averse du 2 Septembre

$$P_{\max} = 40,3 \text{ mm} \qquad P_m = 38,1 \text{ mm}$$

Averse très homogène, à forte intensité initiale (72 mm/h). Le ruissellement est faible : $Q_{\max} = 0,142 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.1.3.2 - Averse du 5 Septembre

$$P_{\max} = 61,5 \text{ mm} \qquad P_m = 56,6 \text{ mm}$$

Forte averse homogène. Le diagramme des intensités présente 3 pointes à fortes intensités (la première atteint 120 mm/h, les 2 autres approchent 100 mm/h), séparées chacune par plus d'une heure sans pluie. Cette répartition est défavorable au ruissellement et le Q_{\max} relevé n'est que de $0,399 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.1.3.3 - Averse du 8 Septembre

$$P_{\max} = 18,8 \text{ mm} \qquad P_m = 14,5 \text{ mm}$$

Cette averse a son épicode sur le S.O. du bassin. Elle présente deux pointes d'intensité modeste. La première dure quinze minutes et n'atteint pas 30 mm/h, la seconde est plus faible encore. Le ruissellement est surtout hypodermique. Bien qu'il soit tombé 56,6 mm trois jours auparavant, les conditions de saturation restent médiocres, le mois d'août ayant été remarquablement déficitaire.

3.1.3.4 - Averse du 9 Septembre

$$P_{\max} = 61,5 \text{ mm}$$

$$P_m = 29,2 \text{ mm}$$

Averse homogène ($K = 94 \%$). Le corps de l'averse dure 40 mm et correspond à 56 % de la hauteur totale. La traîne dure 2 heures et demie avec une intensité de 5 mm/h. Cette pluie rencontre un sol nettement plus saturé (pluie de la veille) et donne la plus forte crue de l'averse. $Q_{\max} = 0,950 \text{ m}^3/\text{s}$ avec un coefficient de ruissellement total de 7,4 %.

3.1.3.5 - Averse du 13 Septembre

$$P_{\max} = 24,3 \text{ mm}$$

$$P_m = 15,0 \text{ mm}$$

L'averse est centrée sur l'extrémité aval du bassin ; elle est très hétérogène, avec un coefficient d'abattement de 62 %.

Seul le pluviographe B a fonctionné, mais il n'a reçu que 10 mm et son enregistrement donne des intensités très faibles; en trois heures de pluie, on note seulement un maximum de 6 mm/h en 5 minutes. Il est vraisemblable de penser que seule la partie aval du bassin a ruisselé (24,3 mm au pluviographe A). Cela explique que le temps de montée soit de 3 heures (contre 4 h.30 à 5 h en moyenne) et le temps de base assez court.

3.1.3.6 - Averse du 16 Septembre

$$P_{\max} = 16,5 \text{ mm}$$

$$P_m = 14,3 \text{ mm}$$

Averse assez homogène centrée sur l'Ouest du bassin, mais la partie du bassin moins arrosée n'a donné qu'un faible ruissellement d'où un temps de montée de 3 h.45.

3.1.3.7 - Averse du 17 Septembre

$$P_{\max} = 17,7 \text{ mm}$$

$$P_m = 15,1 \text{ mm}$$

L'averse tombant vingt heures après la précédente, provoque un ruissellement plus important (5,1 % contre 2,6 %) pour une pluviométrie moyenne sensiblement équivalente (14,3 mm pour l'averse n° 4) et un coefficient d'abattement aussi élevé (85 %).

Le corps de l'averse dure 55 mn et donne 95 % du total. La pluie débutant en A par une pointe de 66 mm/h en cinq minutes provoque un ruissellement presque immédiat au voisinage de la route d'où une montée de crue assez rapide au début, l'apport de l'amont donne finalement un t_m de 4 h.15.

Le débit maximal est $0,730 \text{ m}^3/\text{s}$, seconde valeur de l'année.

3.1.3.8 - Averse du 23 Septembre

$$P_{\max} = 24,7 \text{ mm}$$

$$P_m = 18,9 \text{ mm}$$

Une petite pluie de 4,9 mm le 20 ne donne aucun ruissellement, les sols se ressuient fortement et le débit de base commence son tarissement.

L'averse du 23, centrée sur le bassin, est assez peu homogène. Le corps dure 35 minutes et donne 80 % de l'ensemble.

Elle produit une crue faible $Q = 0,580 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.1.3.9 - Averse du 3 Octobre

$$P_{\max} = 31,7 \text{ mm}$$

$$P_m = 15,5 \text{ mm}$$

Il ne tombe que 6 mm en dix jours (pluies du 26 et du 30). Les conditions de saturation sont très mauvaises, le débit de base est tombé à $0,140 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'averse a le coefficient d'abattement le plus médiocre (49 %), elle est formée par 2 grains, le premier de 15 minutes de durée et de 40 mm/h d'intensité ne donne aucun ruissellement, le second tombe sur l'amont (quelques gouttes en A), le temps de réponse est ainsi plus long que le temps de montée (4 h.30 contre 4 h).

La crue est infime ($0,254 \text{ m}^3/\text{s}$) et le coefficient de ruissellement très faible : 1,7 % seulement.

3.1.3.10 - Averse du 7 Octobre

$$P_{\max} = 63,5 \text{ mm}$$

$$P_m = 43,0 \text{ mm}$$

L'averse est forte mais hétérogène. Elle comprend de nombreuses pointes centrées sur la partie Sud du bassin. Le temps de montée est de 5 h.30 car la partie aval est très défavorisée. La saturation étant médiocre, et le débit de base tombé à $0,095 \text{ m}^3/\text{s}$, le coefficient de ruissellement sera seulement de 2,4 % et le Q_{\max} de $0,477 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.1.3.11 - Averse du 8 Octobre

$$P_{\max} = 12,5 \text{ mm}$$

$$P_m = 9,3 \text{ mm}$$

Cette averse a le caractère d'un grain de fin d'hivernage. Elle est hétérogène, très courte, à forte intensité initiale (120 mm/h en 5 mn en A).

La P_m est faible : 9,3 mm, mais l'averse se produisant seulement 18 heures après la n° 8 et alors que le ruissellement hypodermique n'est pas terminé, provoque un nouveau gonflement de celui-ci. Il est probable que quelques jours plus tard, cette pluie n'aurait donné lieu à aucun ruissellement malgré sa forte intensité.

Ainsi, toutes les crues observées sont faibles, les pluies restent en effet médiocres et tombent sur un terrain très ressuyé en Août.

L'année 1961, à pluviométrie déficitaire, produit un écoulement modeste et la plus forte crue de l'année ne donne que $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ à son maximum.

3.2 - CAMPAGNE 1962 -

3.2.1 - Equipement du bassin et étalonnage de la station :

Un agent hydrologue dahoméen, domicilié à N'DALI, a assuré le relevé des pluviomètres à partir d'Avril. M. ESTRUP, logeant à INA, est resté sur place de Juillet à Octobre. Il a amélioré la répartition du réseau pluviométrique en posant 4 pluviomètres supplémentaires (11 à 14) sur le bassin au début Juillet et 2 autres (15 et 16) début Août sur la partie Est.

On obtient ainsi, avec 16 pluviomètres et 2 pluviographes, un quadrillage très satisfaisant.

Etalonnage :

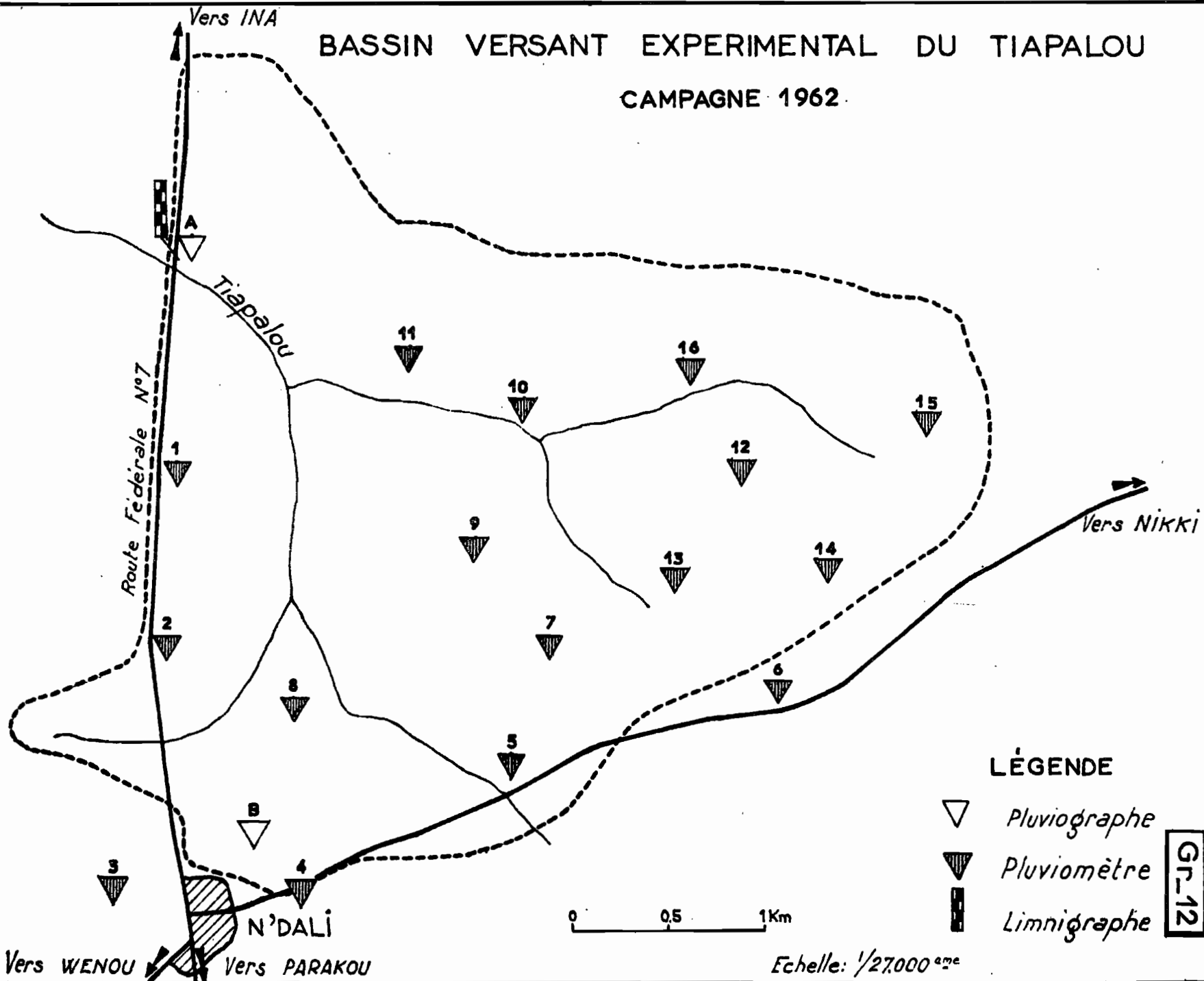
La station a été complètement réétalonnée grâce à 20 jaugeages allant de 0,039 à 1,57 m³/s. La courbe de tarage est correcte et la valeur du maximum du TIAPALOU en 1962 est estimée à 1,68 m³/s. La courbe présente un léger décalage par rapport à celle de 1961 par suite d'une faible modification de la section (graphique 15).

Liste des jaugeages




Dates	Hauteur en mètre	Débit en m ³ /s
28/7/1962	0,205	0,039
30/7/1962	0,30	0,125
2/8/1962	0,37	0,283
3/8/1962	0,355	0,236
5/8/1962	0,42	0,387
12/8/1962	0,335	0,212
16/8/1962	0,36	0,279
20/8/1962	0,44	0,469
24/8/1962	0,47	0,553
26/8/1962	0,49	0,624
28/8/1962	0,58	0,950
28/8/1962	0,55	0,817
29/8/1962	0,65	1,22
3/9/1962	0,685	1,36
3/9/1962	0,74	1,57
7/9/1962	0,53	0,725
14/9/1962	0,50	0,648
27/9/1962	0,395	0,343
30/10/1962	0,28	0,126
4/11/1962	0,26	0,096

BASSIN VERSANT EXPERIMENTAL DU TIAPALOU

CAMPAGNE 1962.



LÉGENDE

-  Pluviographe
-  Pluviomètre
-  Limniographe

Gr-12

0 0.5 1km

Echelle: 1/27000^{ème}

ORSTOM

Ao

DATE:

DESSINE:

DAH-141.104

Vers WENOU Vers PARAKOU

N'DALI

Route Fédérale N°7

Tiapalou

Vers INA

Vers NIKKI

3.2.2 - Conditions pluviométriques de l'année 1962

Les observations pluviométriques se sont poursuivies sans interruption sur le bassin depuis les premières pluies d'Avril.

Le total annuel à la station d'INA donne 1491 mm. Cette valeur vient au 4ème rang pour l'ensemble de la période 1947-1963.

Répartition mensuelle :

Les moyennes mensuelles sur le bassin du TIAPALOU sont les suivantes (en mm) :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
0	0	5,7	87,3	115,6	219,5	247,2	268,1	205,2	141,5	11,8	0	1 302

Le total annuel est nettement plus faible qu'à INA, la différence correspond en grande partie à des tornades localisées ayant affecté INA en Mai et en Novembre, donc en dehors de la saison des pluies proprement dite. D'ailleurs une comparaison d'hydraulicité entre INA et le bassin du TIAPALOU, par rapport à la moyenne établie sur 20 ans à INA, montrera pour les 6 mois de l'hivernage une grande similitude (excepté pour le mois de Mai, pour la raison décrite plus haut).

		M	J	J	A	S	O
INA	%	146	120	109	131	83	112
Bassin du TAPALOU	%	86	120	108	109	74	113

Cette analogie justifie ainsi, a posteriori, l'emploi des données pluviométriques d'INA pour étudier les conditions pluviométriques du bassin du TIAPALOU en 1961.

Pour 1962, la répartition mensuelle est bonne et légèrement supérieure à la normale, seul le mois de Septembre est sensiblement déficitaire et ceci explique que les crues du TIAPALOU se produisant essentiellement en Septembre, début Octobre, restent malgré tout modestes bien que nettement supérieures à 1961 (Q_{max} 1962 = 1,68 m³/s contre Q_{max} 1961 = 0,95 m³/s).

Les pluies sont assez bien réparties sur l'ensemble du bassin du TIAPALOU, mais les isohyètes tracées pour la période (Août-Novembre) avec le réseau pluviométrique au complet, montre que la partie aval est légèrement plus arrosée.

Le pluviographe B semble indiquer, quant à lui, une légère sous-estimation.

Averses journalières :

On trouvera, en annexe à la fin du rapport, tous les relevés à chaque pluviomètre. Les moyennes journalières établies sur le bassin permettent de dresser le tableau suivant :

26	averses	:	>	20 mm
14	"	:	>	30 mm
4	"	:	>	40 mm
1	"	:	>	50 mm

Il est difficile de comparer une fréquence de pluie moyenne établie sur 12,4 km² et une fréquence de dépassement établie avec des relevés ponctuels (sur 20 ans) à INA ; en prenant les averses au pluviographe A, nous avons les résultats suivants :

	> 20 mm	> 30 mm	> 40 mm	> 50 mm	> 60 mm
INA	24,0	11,9	6,1	3,39	1,89
Pluviographe A	28	14	9	2	1

O R S T O M

A o

DATE

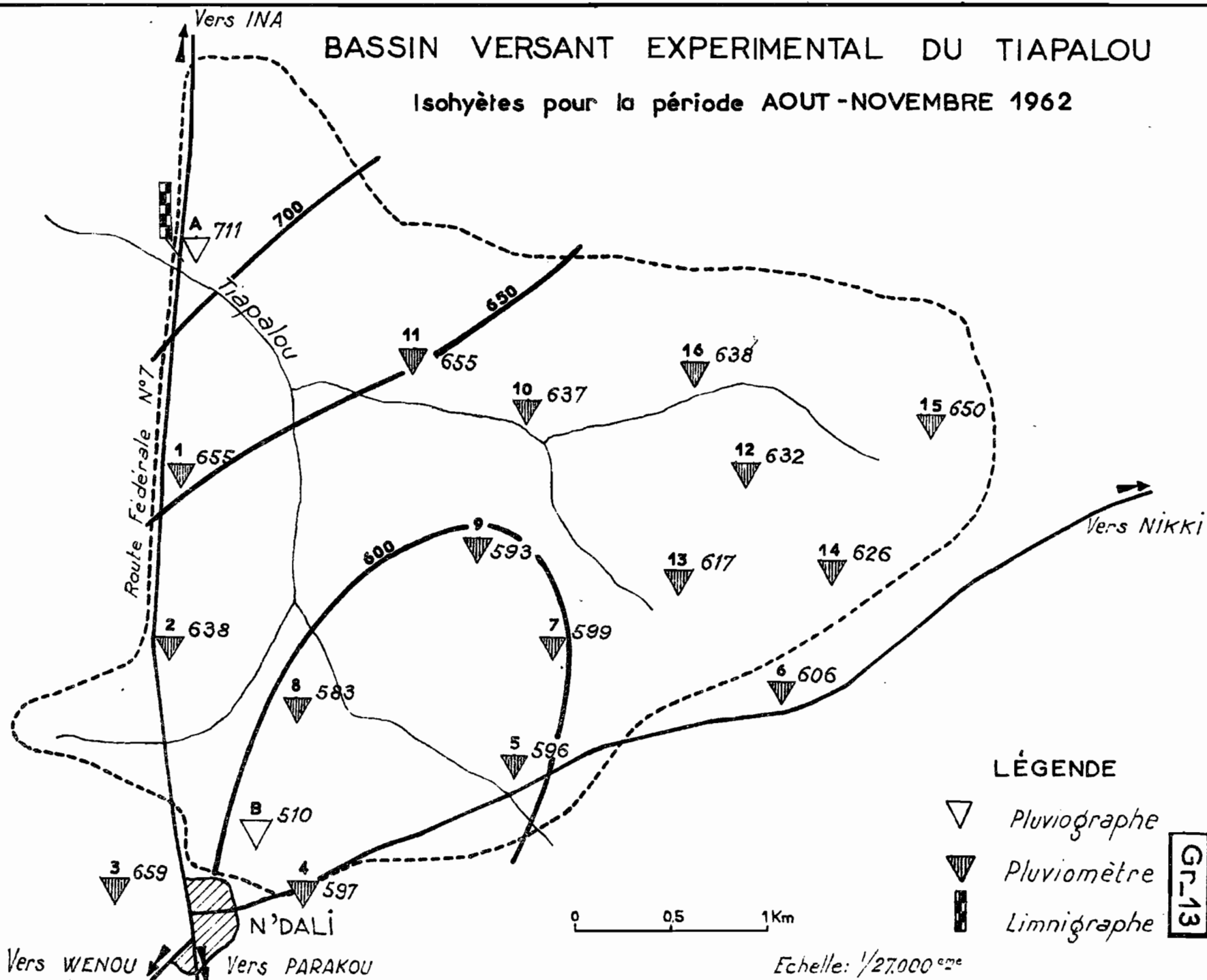
DESSINE

DAH. 147. 105



BASSIN VERSANT EXPERIMENTAL DU TIAPALOU

Isohyètes pour la période AOUT-NOVEMBRE 1962



Cette comparaison montre qu'en 1962 les fortes averses sont un peu plus rares qu'en année moyenne, mais les précipitations, comprises entre 20 et 40 mm, sont par contre plus nombreuses.

En ce qui concerne l'abattement des 26 averses supérieures à 20 mm, on trouve :

21 averses	:	K	≥	70 %
10 "	:	K	≥	80 %
1 "	:	K	≥	90 %

Ainsi, les averses moyennes, supérieures à 20 mm, sont souvent hétérogènes, mais une averse seulement atteint 90 %.

Ainsi, les caractères pluviométriques de l'année 1962, pour le bassin du TIAPALOU, sont ceux d'une année moyenne; en effet, bien que le total annuel soit légèrement supérieur à la moyenne et la répartition mensuelle plutôt excédentaire, sauf pour Septembre, les fortes averses sont rares (le plus fort maximum ponctuel est seulement de 70,7 mm et la plus forte pluie moyenne de 53,6 mm).

3.2 - Description des averses et des crues

Vingt-huit averses ont donné lieu à un ruissellement, mais d'importance très inégale. Il est parfois partiel ou uniquement hypodermique. Nous ne décrivons ici que les averses les plus importantes et en particulier celles qui provoquent des crues supérieures à 1 m³/s.

Toutes les caractéristiques des averses et des crues sont rassemblées dans le tableau page 42. .

Averse du 26 Juillet

Cette averse a la plus forte hauteur moyenne de la saison avec 53,6 mm (maximum ponctuel de 67,5 mm). Son coefficient d'abattement est de 79 %. Elle provoque le premier écoulement de l'année, qui reste cependant inférieur à 40 litres/seconde.

Averse du 30 Juillet

De 37,9 mm de hauteur moyenne, elle est centrée sur le Nord du bassin. Sa durée totale est de 3 h.30 ; elle a un corps de 30 mm représentant 65 % du total. Elle donne un léger ruissellement hypodermique, mais une augmentation sensible du débit de base. Jusqu'au 13 Août, les conditions de saturation sont mauvaises avec des pluies trop espacées ; la semaine suivante est nettement plus arrosée et le débit de base s'accroît.

Averse du 23 Août

Cette averse, de 31,9 mm de moyenne, est très hétérogène ($K = 45 \%$), elle est centrée sur N°DALI avec un maximum ponctuel de 70,7 mm. Elle survient quatre jours après une averse ayant donné 33,4 mm de pluie moyenne, celle-ci a peu ruisselé (3,4 %), mais le débit est passé de 0,205 à 0,405 m³/s. Le ruissellement du 23 Août est guère plus élevé (4,3 %), mais le débit maximal est de 0,980 m³/s. La pluie tombant surtout en amont donne une crue à montée lente au début et le temps de réponse (5 h.25) est supérieur d'une heure au temps de montée.

Averse du 27 Août

L'averse de 43,2 mm de moyenne, a son épïcentre sur le Nord du bassin (67,5 mm au pluviomètre 11). Elle est hétérogène et présente plusieurs pointes de forte intensité, dont une de 120 mm/h en 5 minutes au pluviographe A. Le corps de la pluie dure 65 minutes mais donne 86 % du total. La crue monte rapidement grâce au ruissellement immédiat au voisinage du limnigraphe qui donne lieu à un maximum secondaire. L'apport de la partie amont produit le maximum principal ($Q = 1,48 \text{ m}^3/\text{s}$). Cette crue fournit le plus gros volume ruisselé (50 000 m³), et un K_R de 9,3 %, mais les conditions générales de saturation sont restées moyennes.

Averse du 28 Août

De 20,6 mm de moyenne, elle est très hétérogène et de très longue durée (8 heures), centrée sur le pluviographe A (40,6 mm). Elle tombe sur un terrain saturé par la pluie de la veille et alors que le ruissellement hypodermique n'est pas encore terminé. Elle donne ainsi le plus fort coefficient de ruissellement de l'année (12,7 %). L'hydrogramme présente deux pointes, la première ($Q = 1,24 \text{ m}^3/\text{s}$) provient du ruissellement en bordure de la route, la seconde ($Q = 1,20 \text{ m}^3/\text{s}$) représente l'apport de l'amont et le temps de montée de l'ensemble du bassin est de 5 heures.

Averse du 31 Août - 1er Septembre

Cette averse, de 23,4 mm de moyenne tombe sur un bassin humidifié par une petite averse du matin qui a donné un ruissellement partiel en aval.

L'averse du soir est hétérogène mais de courte durée, le corps dure 30 minutes et représente 80 % de l'ensemble de l'averse. La crue donne un maximum de 1,20 m³/s avec un débit initial élevé ($Q_0 = 0,835 \text{ m}^3/\text{s}$).

Averse du 3 Septembre

Le maximum ponctuel est de 35,2 mm. Elle a une hauteur moyenne de 30,5 mm, son épicentre est sur le Nord du bassin. Elle est très homogène avec le plus fort coefficient d'abattement = 86 %. Le corps dure 33 minutes et représente 70 % du total, la traine est longue (3 heures).

Elle est nettement unitaire, commence par de fortes intensités initiales : 90 mm/h en A et 65 mm/h en B pendant 5 minutes. Elle donne la plus forte crue de l'année, non pas en volume ruisselé (3ème position), mais en maximum absolu $Q = 1,68 \text{ m}^3/\text{s}$. Ce sera le plus fort débit observé pendant la période 1961-1963. Son coefficient de ruissellement est de 7,8 %. Son temps de montée est assez long (5 h.30), mais la pluie venant du Nord n'est pas instantanée sur tout le bassin. Cette crue a profité d'une bonne saturation mise en évidence par un débit initial élevé ($Q_0 = 0,850 \text{ m}^3/\text{s}$).

Averse du 8-9 Septembre

Le maximum ponctuel est de 38,5 mm. Sa moyenne est de 31,5 mm. Elle est homogène et centrée sur le Nord du bassin. Les conditions de saturation sont moins bonnes, car il n'est tombé que quelques millimètres d'eau en six jours et le débit initial est tombé à 0,700 m³/s.

Elle présente cependant un coefficient de ruissellement de 6,5 % et un débit maximum de 1,20 m³/s.

Jusqu'à la fin du mois, les averses suivantes sont faibles et très espacées, rendant finalement Septembre assez déficitaire.

Octobre a une première quinzaine excédentaire au contraire.

Le 9 se produit une pluie de 41,2 mm de moyenne et le lendemain une averse de 16,8 mm de moyenne permettant un débit maximal de 715 l/s.

La dernière averse de l'année s'observe le 23 Octobre, elle est formée de plusieurs grains à forte intensité et donne 24,9 mm. Au pluviographe B, la première pointe de 126 mm/h en 5 mn ne donnera aucun ruissellement, mais permettra à la seconde (95 mm/h en 5 mn) de le faire, bien que l'indice de saturation soit très faible.

En définitive, les crues observées sont peu importantes car les averses, assez espacées dans le temps en général et jamais très fortes, tombent sur un sol déjà ressuyé ; la seule période où les conditions de saturation étaient **bonnes**, du 28 Août au 3 Septembre, n'a rencontré que des averses moyennes qui ont cependant présenté des coefficients de ruissellement variant de 5 à 12,7 %.

3.3 -CAMPAGNE 1963 -

3.3.1 - Equipement du bassin et étalonnage de la station

Un agent hydrologue dahoméen, demeurant à N°DALI, a assuré l'entretien du réseau pluviométrique et son bon fonctionnement jusqu'à l'arrivée, fin Juillet, de M. SIRCLOULON, ingénieur hydrologue, qui est demeuré à INA jusqu'à la fin Septembre ; M. BAUDRILLART, technicien hydrologue, est venu le rejoindre en Août et est resté sur le bassin jusqu'au début Novembre (fin de la saison des pluies).

Le réseau pluviométrique 1963 a été allégé et ne comporte plus que 11 pluviomètres qui ont conservé leur emplacement des années précédentes et leur numéro. Les pluviomètres enlevés (n° 2, 5, 10, 13 et 14) ont été choisis de façon à ce que leur absence ne nuise en rien à la connaissance de la répartition spatiale des averses sur le bassin. Les deux pluviographes ont été réétalonnés, mais le B a été déplacé et mis sur le nouveau bassin de WENOU (cf. plus loin).

Le limnigraphe OTT, type X, a fonctionné normalement avec de nombreuses vérifications et un entretien régulier.

ORSTOM

A0

DATE:

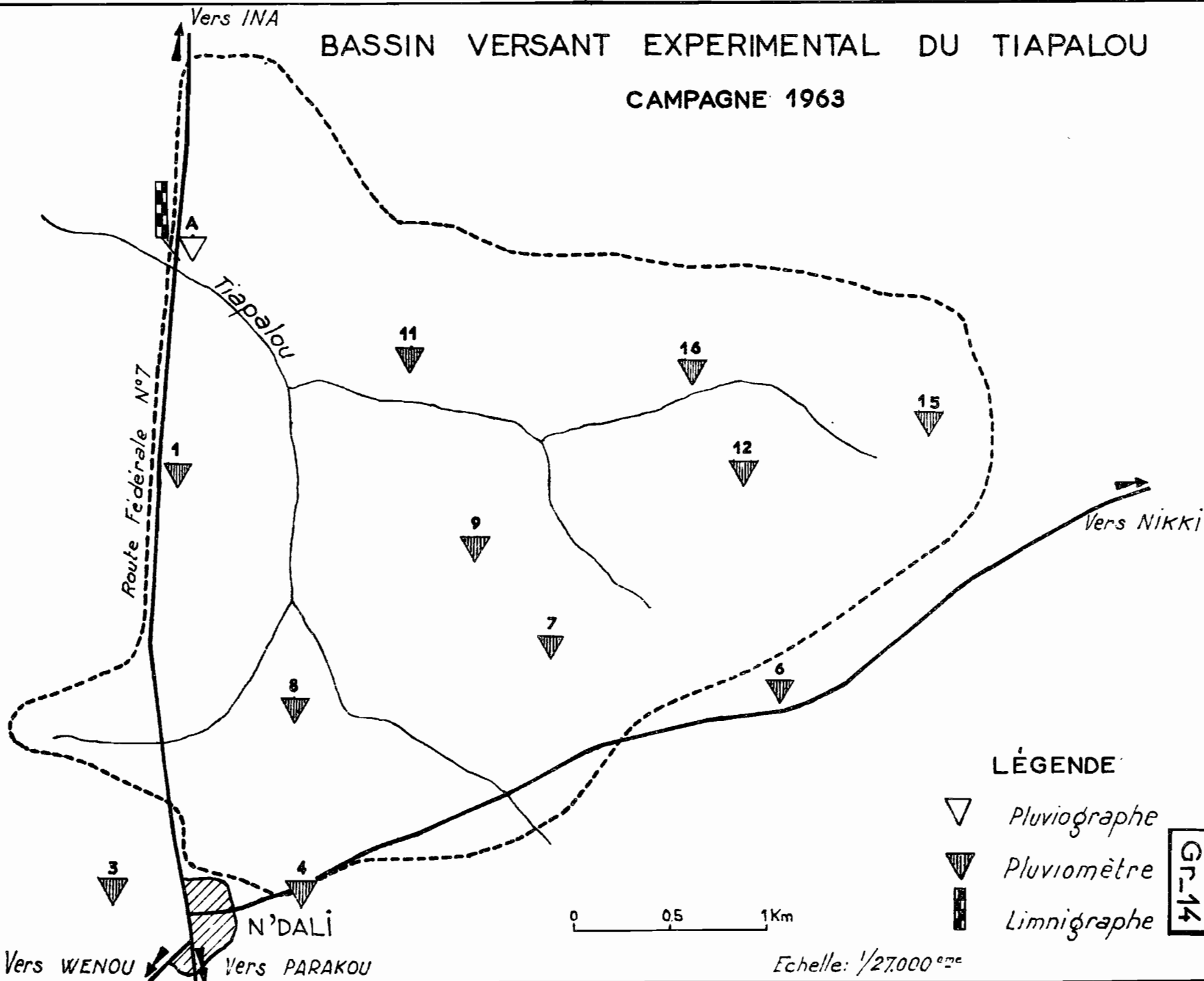
DESSINE:

DAH-147.106



BASSIN VERSANT EXPERIMENTAL DU TIAPALOU

CAMPAGNE 1963



LÉGENDE

- Pluviographe
- Pluviomètre
- Limniographe

Gr-14

Echelle: 1/27000^{ème}

Etalonnage

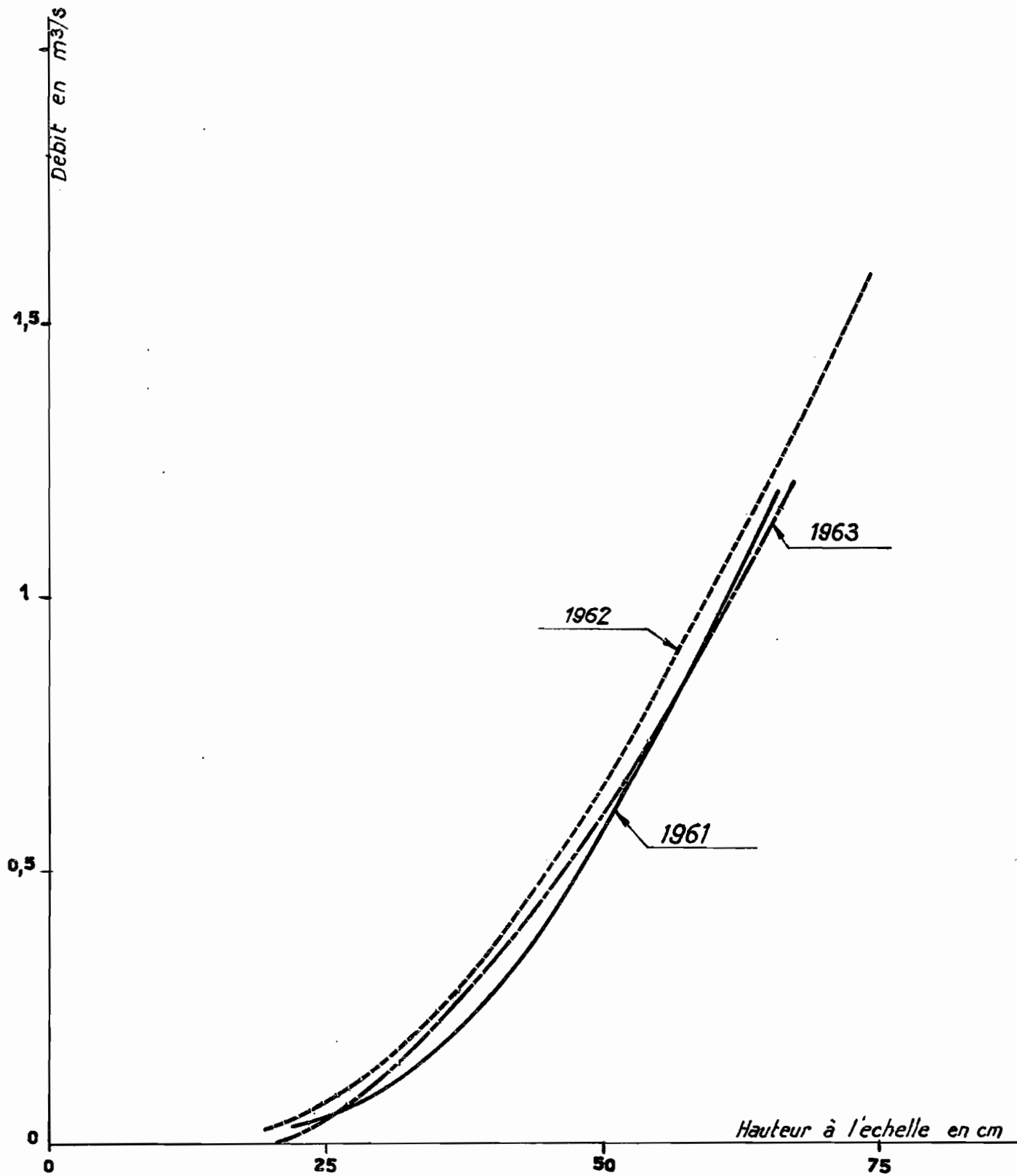
14 jaugeages (pour des débits allant de 0,009 à 1,08 m³/s) permettent l'établissement d'une nouvelle courbe de tarage, différant peu des courbes précédentes (graphique 15). La pointe de crue maximale du TIAPALOU en 1963 est estimée à 1,16 m³/s et l'étalonnage est très satisfaisant.

Ces jaugeages ont été effectués à gué, à l'aide du même moulinet OTT monté sur perche, à l'amont immédiat du pont, à proximité de l'échelle et dans une section aménagée pour les très basses eaux (jaugeages n° 1 et 2).

Liste des jaugeages 1963

N°	Date	Hauteur en mètre	Débit en m ³ /s
1	29/7/1963	0,22	0,012
2	7/8/1963	0,21	0,009
3	16/8/1963	0,29	0,112
4	21/8/1963	0,36	0,250
5	24/8/1963	0,45	0,450
6	26/8/1963	0,39	0,325
7	31/8/1963	0,33	0,175
8	4/9/1963	0,565	0,800
9	4/9/1963	0,59	0,920
10	4/9/1963	0,64	1,08
11	4/9/1963	0,51	0,610
12	24/9/1963	0,42	0,390
13	3/10/1963	0,49	0,595
14	11/11/1963	0,26	0,100

COURBES D'ÉTALONNAGE DU TIAPALOU



3.3.2 - Conditions pluviométriques de l'année 1963 -

Comme pour 1962, les relevés pluviométriques ont été assurés sans interruption pendant toute la durée des pluies.

La hauteur de précipitation annuelle est de 1457 mm à INA et la hauteur moyenne sur le bassin du TIAPALOU est de 1472 mm.

La valeur d'INA vient au 6ème rang des valeurs classées par ordre décroissant pour la période 1947-1963. (Rappelons que la hauteur moyenne est de 1326 mm).

La répartition pluviométrique sur le bassin est très hétérogène, la carte des isohyètes annuelles (graphique 16) montre que la partie Est a été particulièrement favorisée en 1963, le pluviomètre 15 recueille plus de 1700 mm, alors que le pluviomètre 1 reçoit moins de 1300 mm. Les pluies se distribuent régulièrement sur le bassin jusqu'en Juillet inclus, ensuite la partie orientale est de plus en plus arrosée. Le mois d'Octobre reflète remarquablement cette tendance : il tombe 257 mm au pluviographe et 463 mm au pluviomètre 15. Toutes les fortes pluies ont leur épiceutre en Est amenant un temps de montée et un temps de ruissellement plus longs.

Répartition mensuelle :

Les moyennes mensuelles sur le bassin du TIAPALOU sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

: J :	F :	M :	A :	M :	J :	J :	A :	S :	O :	N :	D :	Total :
: 0 :	36,8 :	0 :	23,9 :	235,9 :	104,2 :	183,6 :	309,8 :	241,8 :	331,2 :	0 :	0 :	1472 mm :

Les hydraulicités mensuelles respectives d'INA et du bassin du TIAPALOU, par rapport à la moyenne établie sur 20 ans, sont les suivantes :

ORSTOM

Ao

DATE :

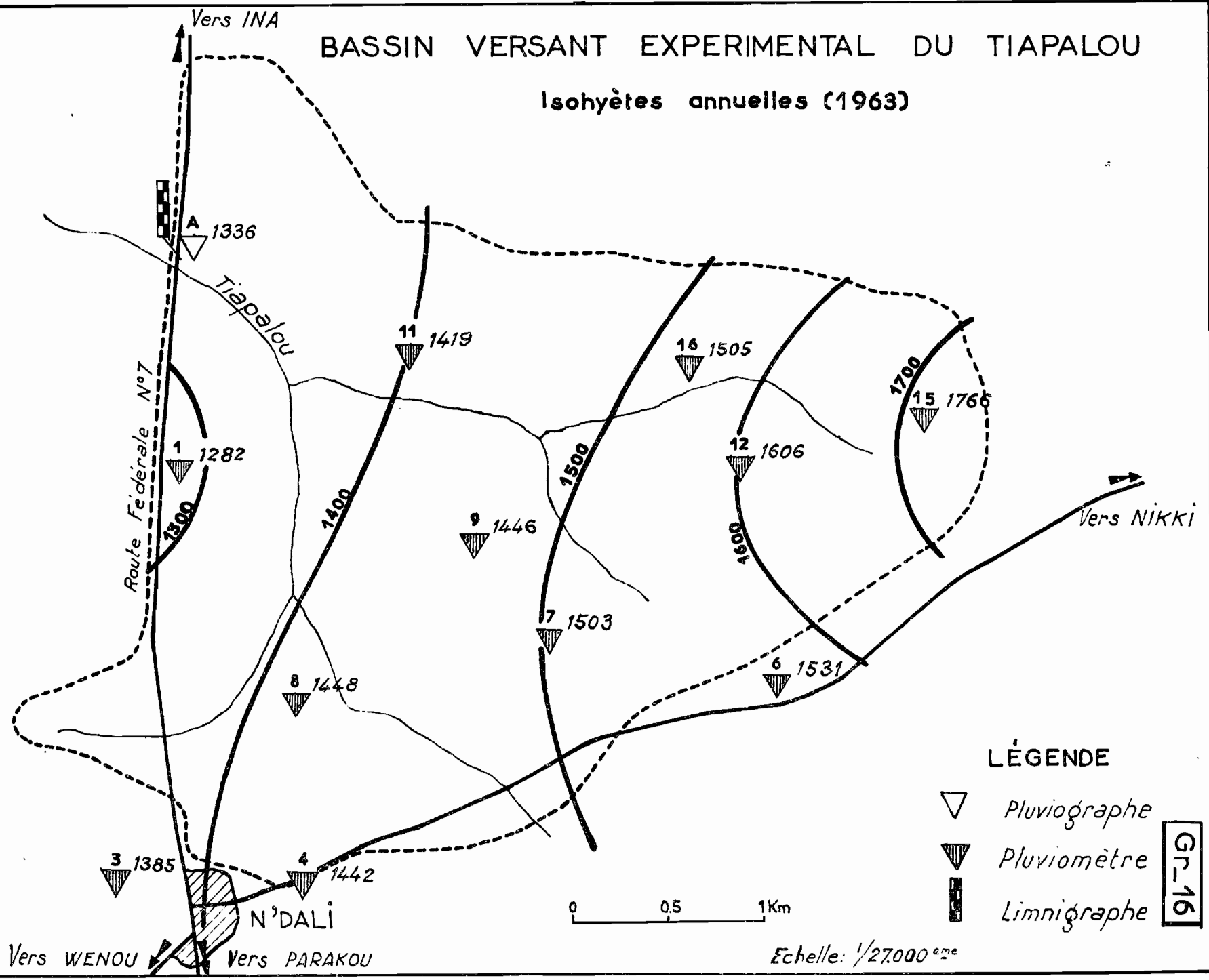
DESSINE :

DAH-141.108



BASSIN VERSANT EXPERIMENTAL DU TIAPALOU

Isohyètes annuelles (1963)



	M	J	J	A	S	O
INA	167	57	78	134	88	167
Bassin du TIAPALOU	176	57	80	126	87	264

Si l'on excepte le mois d'Octobre, nettement plus arrosé au Sud d'INA, on peut noter une étroite corrélation entre ces 2 points d'observations.

Après un mois de Mai largement excédentaire, les pluies ralentissent sérieusement en Juin et Juillet pour reprendre en Août. Septembre est déficitaire, mais la saison des pluies s'étend jusqu'à la fin Octobre. Ce mois est le plus abondant de l'année 1963 avec une moyenne de 331 mm contre 125 mm en année moyenne. Il est intéressant de remarquer d'ailleurs que la plus forte hauteur des 20 dernières années pour un mois d'Octobre à INA n'est que de 240 mm (en 1960). Ce mois exceptionnel voit les deux crues au plus gros volume ruisselé (l'une le 12, l'autre le 21, alors que les pluies s'arrêtent définitivement le lendemain), mais le creux de Septembre n'a pas été favorable au ruissellement d'Octobre.

Averses journalières :

Les moyennes journalières établies sur le bassin du TIAPALOU permettent de dresser le tableau suivant :

28	averses	>	20 mm
15	"	>	30 mm
8	"	>	40 mm
5	"	>	50 mm
3	"	>	60 mm
1	"	>	70 mm

La comparaison avec les averses ponctuelles de fréquence annuelle de la station d'INA montre que l'année 1963 est légèrement excédentaire et nettement plus favorisée que l'année précédente qui n'avait vu qu'une seule averse moyenne supérieure à 50 mm.

	> 20 mm	> 30 mm	> 40 mm	> 50 mm	> 60 mm	> 70 mm
INA	24,0	11,9	6,1	3,39	1,89	1,18
Bassin du TIAPALOU	28	15	8	5	3	1

D'autre part, en ce qui concerne l'abattement de ces averses, nous avons :

22 averses	≥	70 %
15 "	≥	80 %
2 "	>	90 %

Les coefficients d'abattement sont assez élevés et les averses sont, en général, plus homogènes que l'année précédente.

Mais seulement 18 averses supérieures à 20 mm ont véritablement profité à l'écoulement. On note par exemple, les 3 et 5 Mai, donc en début de saison des pluies, 2 averses moyennes respectivement de 69,0 mm et de 56,1 mm ne donnant aucun écoulement.

D'autre part, la plus forte averse de l'année, l'averse du 22 Juillet, de fréquence au moins tous les 2 ans, avec une moyenne de 75,4 mm et un maximum ponctuel de 94,6 mm au pluviomètre 15, ne peut que saturer le sol et donner lieu au premier écoulement de l'année. Survenue deux mois plus tard, elle aurait provoqué la plus forte crue de l'année et des débits nettement supérieurs à ceux observés jusqu'ici.

Ainsi, l'année 1963, bien que présentant un total pluviométrique annuel supérieur à la moyenne et d'assez fortes averses, ne produit que des crues modestes, inférieures à celles de 1962 ; la saison des pluies est très longue avec des mois de Juin et Juillet trop peu arrosés et l'abondance d'Octobre compense mal la faiblesse de Septembre.

3.4 - Description des averses et des crues

27 averses ont provoqué un ruissellement. Nous étudierons les plus importantes d'entre elles.

Le tableau des caractéristiques est à la page 43.

Averse du 22 Juillet

Cette averse a la plus forte valeur de l'année. Sa moyenne est de 75,6 mm, son maximum ponctuel de 94,6 mm au pluviomètre 15. Elle est homogène (K = 80 %) et de très longue durée. Elle se produit à un moment où le sol est très peu saturé. Juin a été déficitaire et il n'est tombé que quelques averses au début Juillet. Dans ces conditions très défavorables, cette précipitation ne peut que permettre l'apparition de l'écoulement. Nous verrons d'ailleurs plus en détail cette question au chapitre suivant.

Averses du 8 Août

Du 22 Juillet au 7 Août, le ralentissement des précipitations est particulièrement prononcé (moins de 30 mm en 15 jours). L'écoulement se poursuit pendant toute la période avec un débit de quelques litres/seconde, mais le sol se ressuie. Le matin du 8 se produit une tornade brève, à fortes intensité initiale : 105 mm/h en 5 minutes au pluviographe. Elle donne une moyenne de 26,3 mm. Centrée sur la partie Est, elle est hétérogène. Le ruissellement est faible et on note un simple gonflement hypodermique ($Q_{max} = 50$ l/s).

L'après-midi du 8 a lieu une nouvelle averse plus longue et plus homogène, sa moyenne est de 42,0 mm et son maximum s'observe au pluviographe avec 55,4 mm. Le ruissellement aux abords immédiats du limnigraphe donne une crue à montée rapide et le débit maximal est de 250 l/s. Le restant du bassin ruisselle peu ou pas du tout, la décrue est vite observée et le temps de base est court. Le ruissellement global n'est que de 0,6 % seulement.

Jusqu'à la fin du mois d'Août, les pluies sont trop espacées ou trop faibles pour donner des crues notables, mais le débit de base croît lentement.

Averse du 1er Septembre

L'averse est très homogène, longue, à intensité très modérée. Sa moyenne est de 41,2 mm, son maximum ponctuel de 46,9 mm.

La crue donne un débit maximum de 0,480 m³/s ; le coefficient de ruissellement global est de 2 %.

Averse du 4 Septembre

Cette averse survient alors que la saturation du sol s'est nettement améliorée, il est tombé, en effet, en moyenne 60 mm dans les 3 jours qui précèdent. Sa moyenne est de 37,9 mm avec un maximum ponctuel de 45,9 mm au pluviographe 15. Elle est homogène, possède une pointe initiale de 50 mm/h en 5 minutes et une seconde pointe de 144 mm/h en 5 minutes (au pluviographe) une demi-heure après. Le ruissellement est important (8,6 %, plus fort coefficient de l'année) et l'on observe le plus fort débit maximum ($Q = 1,16 \text{ m}^3/\text{s}$).

Averse du 11 Septembre

Elle est séparée de la précédente par une seule précipitation notable, celle du 8 (20,6 mm) mais qui ruisselle très peu. Sa moyenne est de 39,7 mm. Elle est de longue durée, à faible intensité, à part une pointe de 70 mm/h en 5 minutes, très homogène (coefficient d'abattement de 86 %), son maximum ponctuel est de 46,2 mm. Le temps de montée est très long avec 6 h.30. Son débit maximum est de 1,08 m³/s. Son volume ruisselé total est de 35 000 m³ (4ème valeur de l'année) et son coefficient de ruissellement est de 7,1 %.

Averse du 22 Septembre

Les 10 jours qui précèdent n'ont pas été marqués par de fortes pluies, le débit de base est revenu à moins de 300 l/s.

La veille, une averse de 16,4 mm de moyenne a amélioré la saturation du sol.

L'averse du 22 Septembre donne une moyenne de 31,9 mm pour un maximum ponctuel de 42,9 mm. Elle est peu homogène et est formée de plusieurs grains. Le premier le plus important, dure 55 minutes, son corps à intensités voisines de 100 mm/h dure 15 minutes et représente 65 % de l'averse totale. Le coefficient de ruissellement est de 6,8 % et le débit maximum de la crue est de 0,795 m³/s.

Averse du 2 Octobre

Pendant toute une semaine, les pluies sont rares, le débit de base diminue, les sols se ressuient. Le 1er, une averse de 23,2 mm de moyenne donne un faible ruissellement et un Q_m de 540 l/s. L'averse du 2 est forte avec 52,8 mm de moyenne et un maximum ponctuel de 65,0 mm au pluviomètre 16. Elle a une répartition assez homogène. Elle est constituée par trois grains dont les intensités maximales en 5 minutes dépassent 70 mm/h. Les deux premiers sont très brefs et l'augmentation de débit correspond uniquement au ruissellement sur la route et à l'apport des eaux drainées par son fossé. C'est le troisième grain, qui durera trois heures, qui provoque réellement un ruissellement sur l'ensemble du bassin. Le coefficient de ruissellement sera de 5,8 % et le volume ruisselé total de 30 000 m³. Le maximum du débit est de 0,826 m³/s.

Averse du 8 Octobre

Cette averse est très hétérogène, la partie aval ne reçoit que quelques millimètres de pluie alors qu'il tombe 49,0 mm au pluviomètre 15. Le terrain est cependant bien saturé, grâce à de petites averses bien réparties dans le temps depuis celle du 2 Octobre, et le débit de base est de 450 l/s. Cette averse a une hauteur moyenne de 21,5 mm. La crue résultante a un temps de montée de 5 heures et atteint à son maximum 0,892 m³/s. Le coefficient de ruissellement est de 4,5 %, il correspond vraisemblablement à la seule moitié amont car l'augmentation de débit à la station ne s'observe qu'une heure et demie après le début de la pluie au limnigraphe.

Averse du 11 - 12 Octobre

Cette averse, de 46,7 mm de moyenne, a un maximum ponctuel de 59,9 mm au pluviomètre 15, elle est peu homogène et ne présente pas de fortes intensités. Elle rencontre cependant de bonnes conditions de saturation. Le 10 Octobre sont tombées 2 averses, l'une de 20 mm, l'autre de 10 mm, à une dizaine d'heures d'intervalle. Le débit de base est élevé = 0,540 m³/s. Le coefficient de ruissellement est de 6,7 %, le volume ruisselé de 39 000 m³ (2ème valeur de l'année). Le débit maximum est également le second de l'année avec 1,12 m³/s.

Averse du 15 - 16 Octobre

Cette averse est relativement faible, sa moyenne n'est en effet que de 12,7 mm seulement, avec un maximum ponctuel de 19,9 mm au pluviomètre 15. Elle est hétérogène, très longue (7 heures) et à faibles intensités. La partie aval est défavorisée avec 6,0 mm au pluviographe. Elle va produire pourtant un maximum de crue de 0,925 m³/s et donner un coefficient de ruissellement de 10 %. Il n'a pas plu pendant quatre jours, mais l'averse du 12 a donné plus de 45 mm de moyenne et le ruissellement hypodermique s'est prolongé pendant toute la journée du 13. Le sol est resté très saturé, le débit de base est remarquablement élevé (570 l/s) et l'averse rencontre finalement de très bonnes conditions de ruissellement.

Averse du 21 Octobre

Cette averse est très homogène ($K = 87 \%$), sa moyenne est de 60,7 mm, son maximum ponctuel de 70,0 mm au pluviomètre 15. Le corps dure 33 minutes et présente 2 pointes, l'une de 75 mm/h en 5 minutes et l'autre de 112 mm/h en 8 minutes, il fournit 66 % du total de l'averse. La traine est très longue et s'étend sur plus de quatre heures.

L'indice de saturation est plus faible que 5 jours auparavant, le débit de base est revenu à 0,460 m³/s. On observe tout de même un débit maximum de 1,12 m³/s. Le volume ruisselé est le plus important de l'année, il est estimé à 42 500 m³ avec un coefficient d'écoulement estimé à 5,6 %. En effet, alors que le ruissellement hypodermique n'est pas terminé, il survient le lendemain une averse, la dernière de l'année, de 31,5 mm de hauteur moyenne, qui donnera un volume ruisselé de près de 20 000 m³.

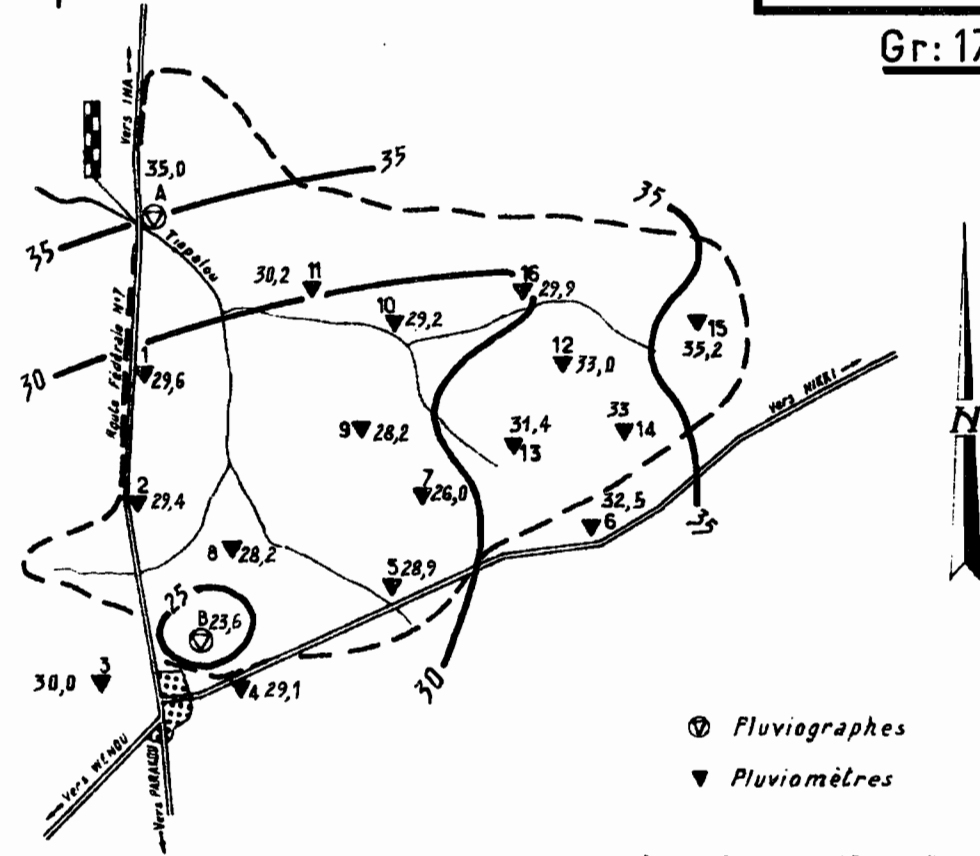
Ainsi, 4 averses produisent des crues supérieures à 1 m³/s, mais ces dernières restent modestes. Les averses sont assez fortes, mais mal réparties dans le temps et le ralentissement des pluies est trop sensible fin Juillet - début Août, et dans la seconde quinzaine de Septembre, pour permettre aux sols d'être suffisamment saturés.

Notons toutefois que le mois d'Octobre est assez exceptionnel pour cette latitude, dix de ces averses ruissellent et il voit deux des plus fortes crues de l'année.

Bassin Versant Expérimental du TIAPALOU
1962

VERSE n°:14

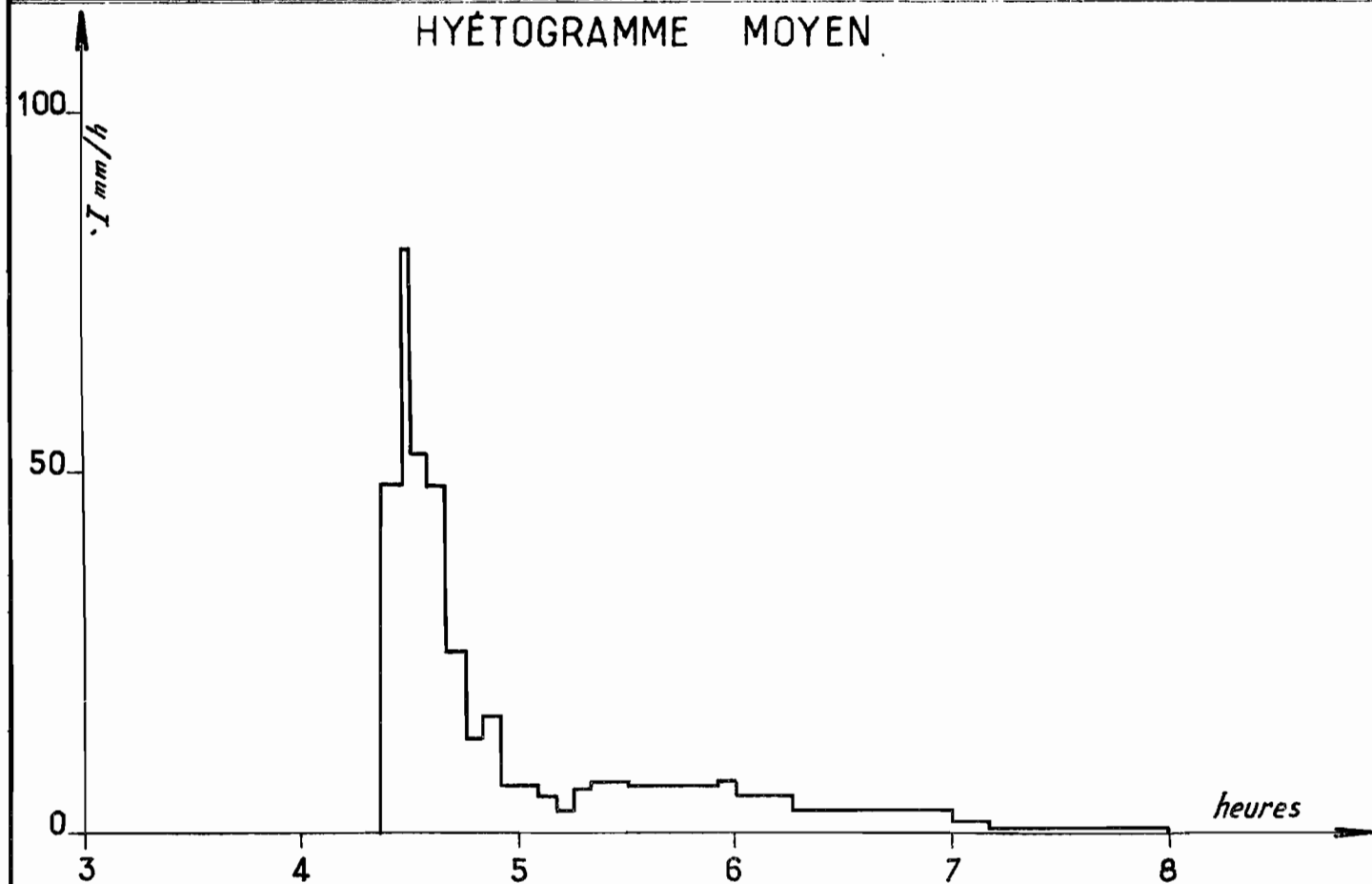
Gr:17



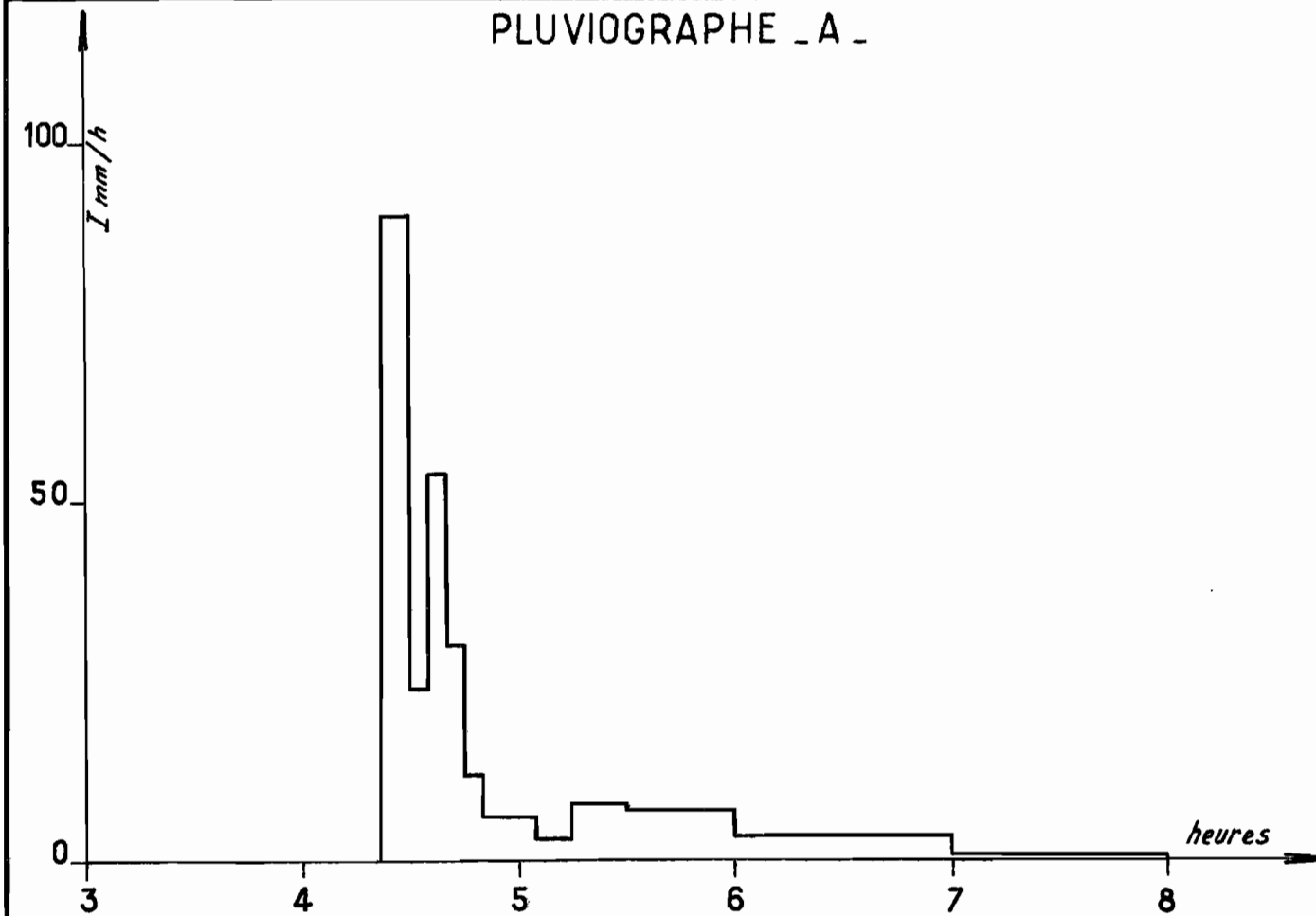
Hmin : 23,6 mm
Hmax : 35,2 mm
Hmoy : 30,2 mm

Isohyètes pour l'averse du : 3-9-1962

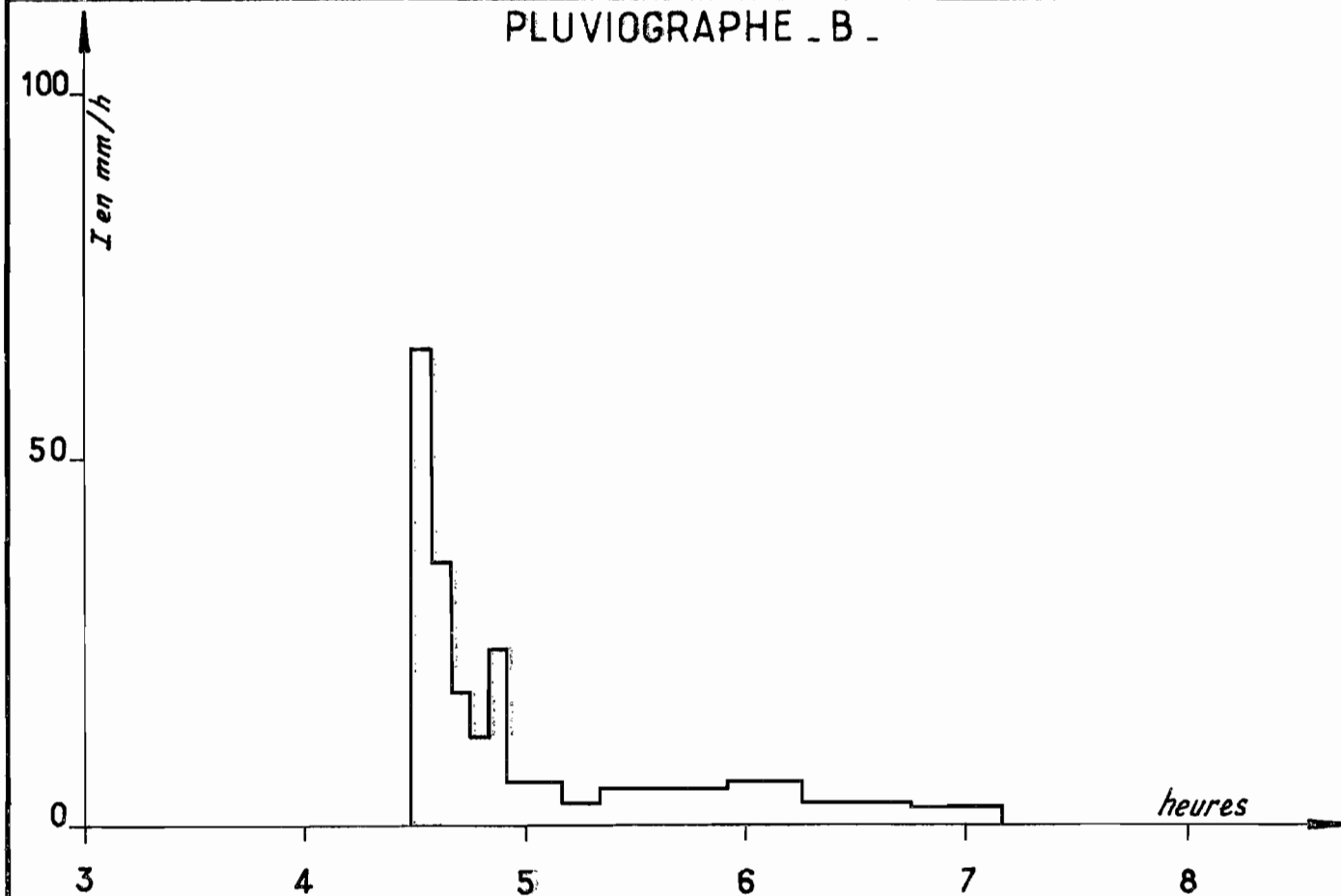
HYÉTOGRAMME MOYEN



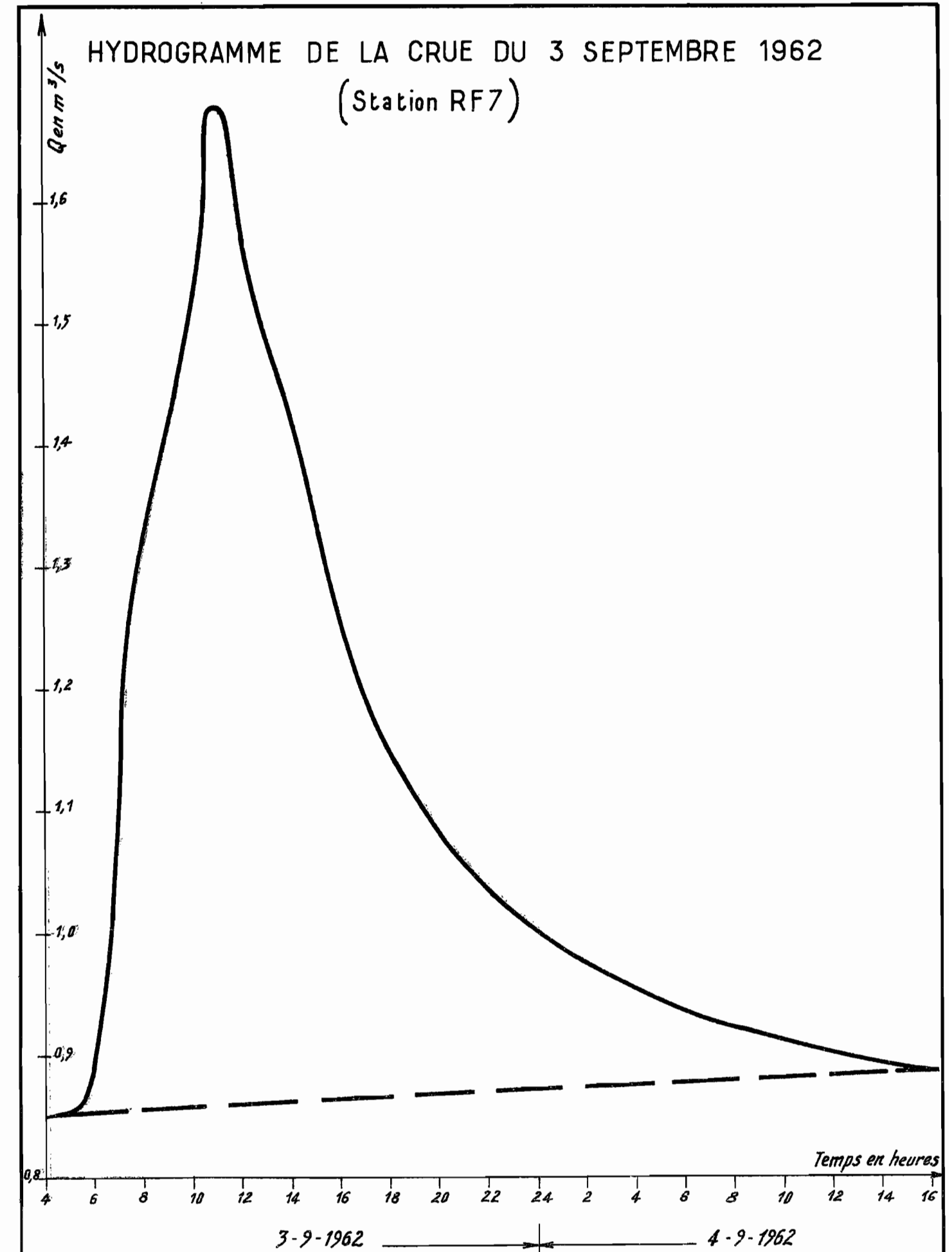
PLUVIOGRAPHE - A -



PLUVIOGRAPHE - B -



HYDROGRAMME DE LA CRUE DU 3 SEPTEMBRE 1962
(Station RF7)



IV

Interprétation des Observations

CHAPITRE IV

INTERPRETATION des OBSERVATIONS

4.1 - TABLEAUX des CARACTERISTIQUES des 3 ANNEES d'OBSERVATION -

On trouvera dans les pages suivantes les caractéristiques des averses et des crues pour les campagnes 1961, 1962 et 1963.

Les tableaux comportent les colonnes suivantes :

- 1 - Numéro de l'averse et de la crue
- 2 - Date
- 3 - Précipitation maximale ponctuelle P_{max} en mm
- 4 - Hauteur de précipitation moyenne P_m en mm
- 5 - Coefficient d'abattement $k = \frac{P_m}{P_{max}}$
- 6 - Volume précipité sur le bassin V_p ($10^3 m^3$)
- 7 - Volume ruisselé sur le bassin $V_R + H$ ($10^3 m^3$)
- 8 - Coefficient de ruissellement global $K_R + H$ en %
- 9 - Temps de montée t_m
- 10 - Temps de réponse t_p
- 11 - t_1 en jours et en fraction de jours, intervalle de temps avec l'averse antérieure
- 12 - Q_0 débit initial en mètres cubes par seconde
- 13 - Indice d'humidité $I_H = \sum \frac{P_i}{t_i^{0,5}}$
- 14 - Q_{max} , débit maximal de la crue en mètres cubes par seconde

CARACTERISTIQUES des AVERSES et des CRUES du TIAPALOU en 1961

(B.V. = 12,4 km²)

N°	Date	P _{max}	P _m	k	V _p	V _R + H	K _R + H	t _m	t _p	t _i	Q _o	I _H	Q _{max.}
1	8/9	18,8	14,5	0,77	179,8	4,05	2,3	4 h.30	4 h.30	3,0	0,340	157	0,475
2	9/9	31,0	29,2	0,94	362,1	26,1	7,4	4 h.40	4 h.40	1,0	0,410	171	0,950
3	13/9	24,3	15,0	0,62	186,0	6,2	3,3	3 h.00	-	3,7	0,510	160	0,690
4	16/9	16,5	14,3	0,87	177,3	4,5	2,6	3 h.45	4 h.30	2,6	0,510	174	0,690
5	17/9	17,7	15,1	0,85	187,2	9,5	5,1	4 h.15	4 h.20	0,8	0,510	183	0,730
6	23/9	24,7	18,9	0,77	243,4	5,6	2,4	5 h.30	5 h.20	6,1	0,385	165	0,580
7	3-4/10	31,7	15,5	0,49	192,2	3,3	1,7	4 h.00	4 h.30	10,5	0,140	154	0,255
8	7/10	<u>63,5</u>	<u>43,0</u>	0,68	533,2	<u>12,7</u>	2,4	4 h.30	4 h.10	3,6	0,095	148	0,475
9	8/10	12,5	9,3	0,74	115,3	2,8	2,5	5 h.00	5 h.05	0,7	0,210	186	0,255

n° 9 ruissellement partiel

CARACTERISTIQUES des AVERSES et des CRUES du TIAPALOU en 1962

(B.V. = 12,4 km²)

N ^o	Date	P _{max}	P _m	k	V _p	V _R + H	K _R + H	t _m	t _p	t _i	Q _o	I _H	Q _{max}
1	26/7	67,5	53,6	0,79	# 0	# 0	# 0	-	-	4,0	0	99	0,050
2	30/7	48,7	37,9	0,78	470	6,5	1,4	-	-	3,0	0,045	118	0,200
3	2/8	49,2	34,7	0,71	430,3	4,5	1,0	4 h.45	4 h.35	2,9	0,180	135	0,330
4	5/8	29,0	21,5	0,74	266,6	9,6	3,6	-	4 h.25	3,5	0,290	134	0,525
5	13/8	26,5	19,1	0,72	236,8	4,8	2,0	4 h.45	5 h.10	7,8	0,200	121	0,360
6	16/8	41,2	22,8	0,55	282,7	4,1	1,5	5 h.15	5 h.15	2,3	0,155	135	0,280
7	19-20/8	45,0	33,4	0,74	414,1	14,0	3,4	5 h.00	5 h.05	3,5	0,205	131	0,555
8	23-24/8	70,7	31,9	0,45	395,6	16,9	4,3	4 h.30	5 h.25	3,6	0,405	143	0,980
9	26/8	14,0	10,9	0,78	135,2	2,6	1,9	-	-	2,7	0,540	-	0,650
10	27/8	67,5	43,2	0,68	535,7	49,9	9,3	4 h.30	4 h.35	1,0	0,470	166	1,48
11	28/8	40,6	20,6	0,51	255,4	32,5	12,7	5 h.00	4 h.10	1,0	0,780	192	1,24
12	31/8	16,9	4,4	0,26	54,6	3,7	6,7	-	-	3,2	0,815	-	0,930
13	1/9	35,0	23,4	0,67	290,2	15,2	5,2	5 h.15	5 h.15	0,6	0,835	175	1,20
14	3/9	35,2	30,2	0,86	374,5	29,1	7,8	5 h.30	6 h.25	2,3	0,850	174	1,68
15	8-9/9	38,5	31,5	0,82	390,6	25,3	6,5	5 h.00	5 h.45	5,4	0,700	165	1,20
16	9/9	7,8	4,0	0,51	49,6	3,3	6,7	-	-	0,6	0,910	-	0,980
17	11/9	27,8	16,1	0,58	199,6	6,2	3,1	4 h.30	4 h.00	2,1	0,780	184	1,00
18	12/9	15,7	7,6	0,48	94,2	3,5	3,7	4 h.15	4 h.25	1,3	0,740	190	0,850
19	15/9	16,8	10,1	0,60	125,2	5,4	4,3	5 h.00	5 h.15	2,6	0,645	175	0,800
20	21/9	31,9	23,5	0,74	291,4	8,2	2,8	4 h.50	5 h.00	5,5	0,370	155	0,585
21	26/9	18,5	15,0	0,81	186,0	(4,1)	(2,2)	(4 h.00)	(4 h.05)	5,1	0,220	-	0,385
22	27/9	24,4	17,6	0,72	218,2	(4,0)	(1,8)	(5 h.45)	(5 h.45)	0,6	0,220	-	0,360
23	28/9	18,5	12,7	0,69	157,5	(4,2)	(2,6)	(4 h.30)	(4 h.30)	0,9	0,270	179	0,410
24	3/10	18,5	12,1	0,65	150,0	3,4	2,3	3 h.30	3 h.45	4,8	0,260	167	0,410
25	4/10	18,9	12,2	0,65	151,3	2,5	1,6	5 h.40	5 h.50	1,1	0,250	168	0,330
26	9/10	49,6	41,2	0,85	523,3	21,7	4,1	5 h.30	6 h.00	4,3	0,225	158	0,585
27	10/10	20,5	16,8	0,82	208,3	14,2	6,8	5 h.00	5 h.20	0,7	0,490	208	0,715
28	23-24/10	30,0	24,9	0,83	308,8	7,3	2,4	4 h.45	5 h.00	13,8	0,210	152	0,510

n^o 12 - 16 - 18 : ruissellement partiel

n^o 10 - 11, 26 - 27 : crues composées

CARACTERISTIQUES des AVERSES et des CRUES du TIAPALOU en 1963

(B.V. = 12,4 km²)

N°	Date	P _{max}	P _m	k	V _p	V _R + H	K _R + H	t _m	t _i	Q ₀	I _H	Q _{max}
1	22/7	94,6	75,6	0,80	# 0	#0	#0	-	8,0	0	82	0,035
2	8/8	39,8	26,3	0,66	326,1	0,8	0,3	-	1,0	0,020	106	0,050
3	8/8	55,4	42,0	0,76	520,8	3,2	0,6	1 h.45	0,5	0,030	132	0,245
4	14/8	42,8	32,8	0,77	406,7	3,7	0,9	3 h.00	5,8	0,030	129	0,128
5	16/8	25,8	19,1	0,74	236,8	2,4	1,0	5 h.00	1,2	0,055	158	0,128
6	21/8	39,3	35,7	0,91	442,7	8,0	1,8	6 h.00	4,8	0,095	150	0,245
7	22/8	19,0	16,0	0,84	198,4	5,2	2,7	0 h.45	1,3	0,195	179	0,290
8	24/8	32,9	27,3	0,83	338,5	8,5	2,2	4 h.30	1,7	0,270	167	0,450
9	1/9	46,9	41,2	0,88	510,9	10,4	2,0	5 h.30	7,6	0,185	149	0,480
10	2/9	29,8	18,8	0,63	233,1	6,4	2,8	4 h.15	1,2	0,225	186	0,340
11	4/9	45,9	37,6	0,82	466,2	29,9	8,6	4 h.45	1,7	0,320	176	1,16
12	8-9/9	29,9	20,6	0,69	255,4	6,6	2,6	4 h.30	4,6	0,430	166	0,600
13	11/9	46,2	39,7	0,86	492,3	34,9	7,1	6 h.30	1,9	0,400	179	1,08
14	17/9	24,2	22,5	0,93	279,0	5,8	2,1	4 h.15	6,1	0,425	168	0,630
15	21/9	25,5	16,4	0,64	203,4	5,2	2,6	4 h.30	3,7	0,300	161	0,480
16	22/9	42,9	31,9	0,74	395,6	26,9	6,8	5 h.15	1,3	0,285	174	0,795
17	1/10	35,9	23,2	0,65	287,7	8,3	2,9	4 h.30	8,5	0,225	160	0,540
18	2/10	65,0	52,8	0,81	654,7	37,9	5,8	6 h.00	1,0	0,285	180	0,825
19	3/10	19,9	9,1	0,45	112,8	4,5	4,0	1 h.00	1,5	0,530	-	0,665
20	8/10	49,0	21,5	0,54	328,6	14,3	4,5	4 h.30	4,8	0,450	186	0,890
21	10/10	25,9	20,7	0,80	256,7	7,7	3,0	4 h.00	1,7	0,450	197	0,665
22	10/10	15,9	10,4	0,65	129,0	8,7	6,8	4 h.00	0,4	0,540	202	0,728
23	11-12/10	59,9	46,7	0,78	579,0	39,0	6,7	5 h.30	1,3	0,540	206	1,12
24	15-16/10	19,9	12,7	0,64	157,5	15,7	10,0	4 h.30	3,9	0,570	210	0,925
25	19/10	20,5	14,5	0,71	179,8	7,1	4,0	5 h.00	3,3	0,530	199	0,760
26	21/10	70,0	60,7	0,87	752,7	42,4	5,6	4 h.30	2,2	0,460	196	1,12
27	22/10	39,0	31,5	0,81	390,6	19,0	4,9	4 h.30	0,8	0,790	255	0,895

n° 19 : ruissellement partiel

n° 15-16, 26-27 : crues composées

4.2 - ETUDE du RUISSELLEMENT -

Aucun écoulement ne se produit pendant plus de six mois de l'année, ceci est bien caractéristique du régime du Centre DAHOMEY où les étiages sont particulièrement marqués.

L'écoulement s'interrompt même sur les fleuves les plus importants en fin de saison sèche.

Les conditions nécessaires à ce qu'une pluie ruisselle sont assez sévères, mais celles à l'établissement de l'écoulement bien davantage. Les averses de début de saison des pluies ne donnent aucun écoulement même pour de fortes précipitations et il faut attendre la fin de Juillet pour voir le premier écoulement. Après cette date, seules les averses de fin Août, Septembre et Octobre peuvent donner des forts ruissellements si elles surviennent un jour ou deux au maximum après une série de fortes averses.

L'indice d'humidité choisi semble assez représentatif des conditions d'humidité, il faut qu'il dépasse 155, en général, pour que le coefficient de ruissellement devienne notable (plus de 4 %). La valeur de ce coefficient varie assez peu avec la hauteur de précipitation, une fois ce seuil de 160 dépassé.

4.2.1 - Précipitation limite de ruissellement

Les averses ne donnent lieu à un ruissellement qu'au-dessus d'une certaine hauteur limite bien nette. Cette valeur est en relation assez étroite avec l'intervalle de temps séparant l'averse considérée de l'averse précédente ou avec le total des précipitations tombées dans les trente jours qui précèdent.

La première méthode, appliquée aux années 1962 et 1963, montre qu'au-dessous de 9 mm environ aucune averse ne ruisselle. Les averses 12 - 16 - 18 de la campagne 1962 (voir tableau des caractéristiques) ont, certes, une hauteur moyenne plus faible, mais elles ne donnent un ruissellement que sur la fraction aval du bassin, partie nettement plus arrosée, pour ces averses, elles n'entrent donc pas en ligne de compte.

La valeur limite de ruissellement croît lorsque l'intervalle séparant deux pluies s'accroît et atteint 20 mm après une période de dix jours sans pluie.

La seconde méthode est appliquée, elle aussi, non seulement à l'année 1962, mais également à l'année 1963. Il existe une bonne similitude entre les résultats de ces deux années d'observations et on trouve la confirmation des valeurs avancées précédemment:

- aucun ruissellement en dessous d'une averse de 9 mm de moyenne,
- " " en dessous de 10 mm après un jour sans pluie ou moins de 250 mm dans le mois qui précède,
- " " en dessous de 20 mm après dix jours sans pluie ou moins de 150 mm dans le mois qui précède.

4.2.2 - Conditions d'apparition de l'écoulement au début de la saison des pluies

Les deux facteurs pluviométriques principaux intervenant dans l'établissement de l'écoulement sont :

- 1 - Le total des précipitations antérieures depuis le début de l'année.
- 2 - La hauteur de la pluie moyenne précédant le premier écoulement.

La distribution dans le temps des précipitations antérieures entre naturellement en ligne de compte. Il est certain notamment que les tornades fortes, mais brèves, qui se produisent parfois en Février ou en Mars sont trop isolées pour avoir une influence sur la saturation du bassin.

Le tableau suivant donne pour les 3 années d'observations hydro-pluviométriques :

- la somme des précipitations antérieures depuis le début de l'année,
 - des 3 mois précédents
 - des 2 mois précédents
- L'hydraulicité des mois de Mai et Juin en %.
- La valeur de la précipitation moyenne provoquant le 1er écoulement.

		$\sum P_i$	$\sum P_i$	$\sum P_i$	% Mai	% Juin	\bar{P}
depuis le début de l'année		3 mois	2 mois				donnant l'écoulement
1961	INA	547 mm	495 mm	333 mm	55 % (74 mm)	118 % (216 mm)	65 mm
1962	INA	632	577	383			56
	TIAPALOU	579	522	405	86 % (116 mm)	120 % (220 mm)	54
1963	INA	587	452	249			68
	TIAPALOU	502	465	254	176 % (236 mm)	57 % (104 mm)	75

L'examen de ce tableau montre que, pour une répartition pluviométrique mensuelle voisine de la moyenne (période 1944-1963), les conditions nécessaires à l'apparition de l'écoulement semblent être les suivantes :

- 1 - Le total pluviométrique des 3 mois qui précèdent doit être de l'ordre de 500 mm.
- 2 - La hauteur moyenne de l'averse donnant le 1er écoulement doit être d'environ 50 mm.

Dans le cas général d'une répartition mensuelle assez irrégulière, il est évident que la hauteur moyenne de l'averse provoquant l'écoulement, dépendant de la valeur de la somme des précipitations antérieures, devra être d'autant plus forte que cette valeur sera plus faible.

Prenons par exemple la somme des pluies des 2 mois précédents :

en 1961 , Mai est très déficitaire, Juin un peu excédentaire,
pour $\Sigma \geq 333$ mm $\bar{P} = 60$ à 65 mm

en 1962 , l'hydraulicité des mois de Juin et Juillet est voisine de 1,
pour $\Sigma \geq 405$ mm $\bar{P} = 54$ mm

en 1963 , le mois de Juin est très déficitaire, d'où des conditions très défavorables ,
 Σ est de 254 mm seulement et $\bar{P} = 75$ mm.

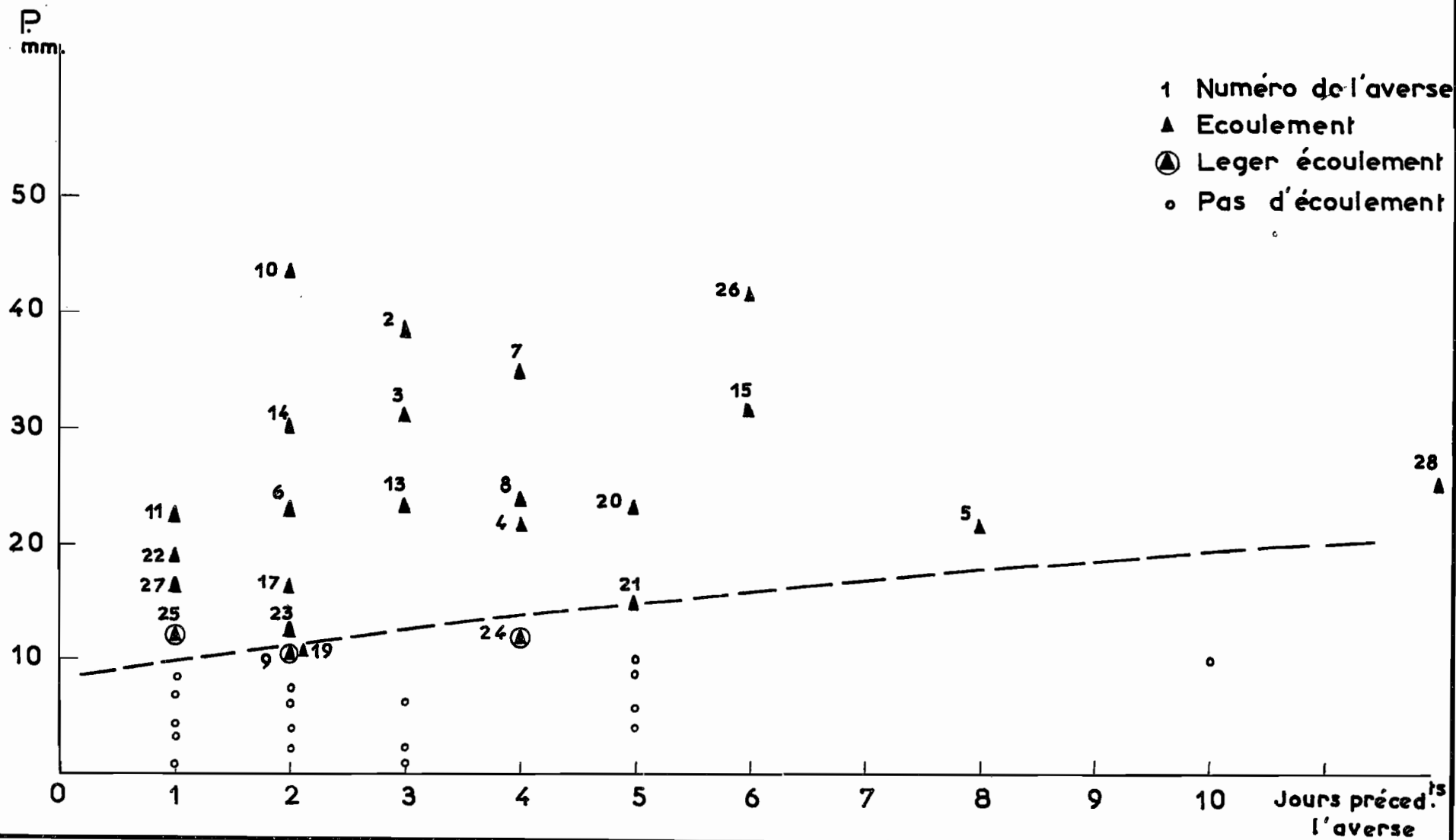
L'apparition de l'écoulement au TIAPALOU ne peut donc se produire qu'aux conditions suivantes, en prenant les 2 mois précédents:

ΣP_i 2 mois précédents =	500 mm	$\bar{P} \geq$	40 mm
	400 mm	\geq	50 mm
	300 mm	\geq	65 mm
	200 mm	\geq	80 mm

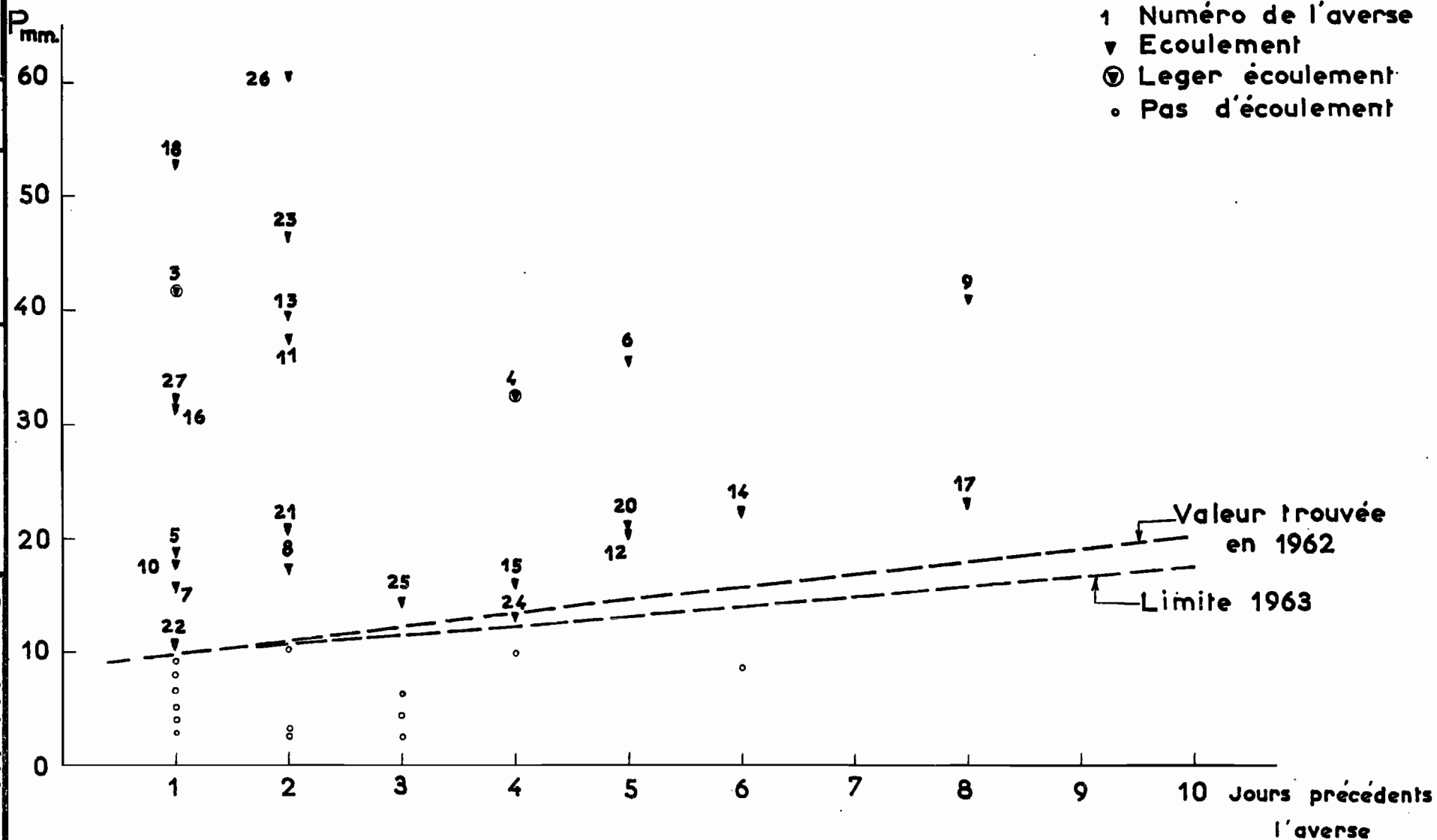
Ces conditions sont donc très rigoureuses, le début de l'écoulement est toujours assez tardif : le 11 Juillet en 1961, le 26 Juillet en 1962, le 22 Juillet en 1963 ; et en 1963 comme en 1962, la plus forte averse de l'année, qui se produit en Juillet, loin de donner lieu à une forte crue, ne peut que réaliser les conditions nécessaires à l'établissement de l'écoulement.

Une fois établi, il persiste pendant toute la saison des pluies, quelle que soit la répartition des averses et se prolonge un certain temps après la fin de l'hivernage. Le débit tombe à quelques litres/seconde au début de Novembre, mais la fin de tout écoulement ne survient qu'à la fin Décembre.

Précipitation limite de ruissellement
- 1962 -



Précipitation limite de ruissellement _1963_



O R S T O N

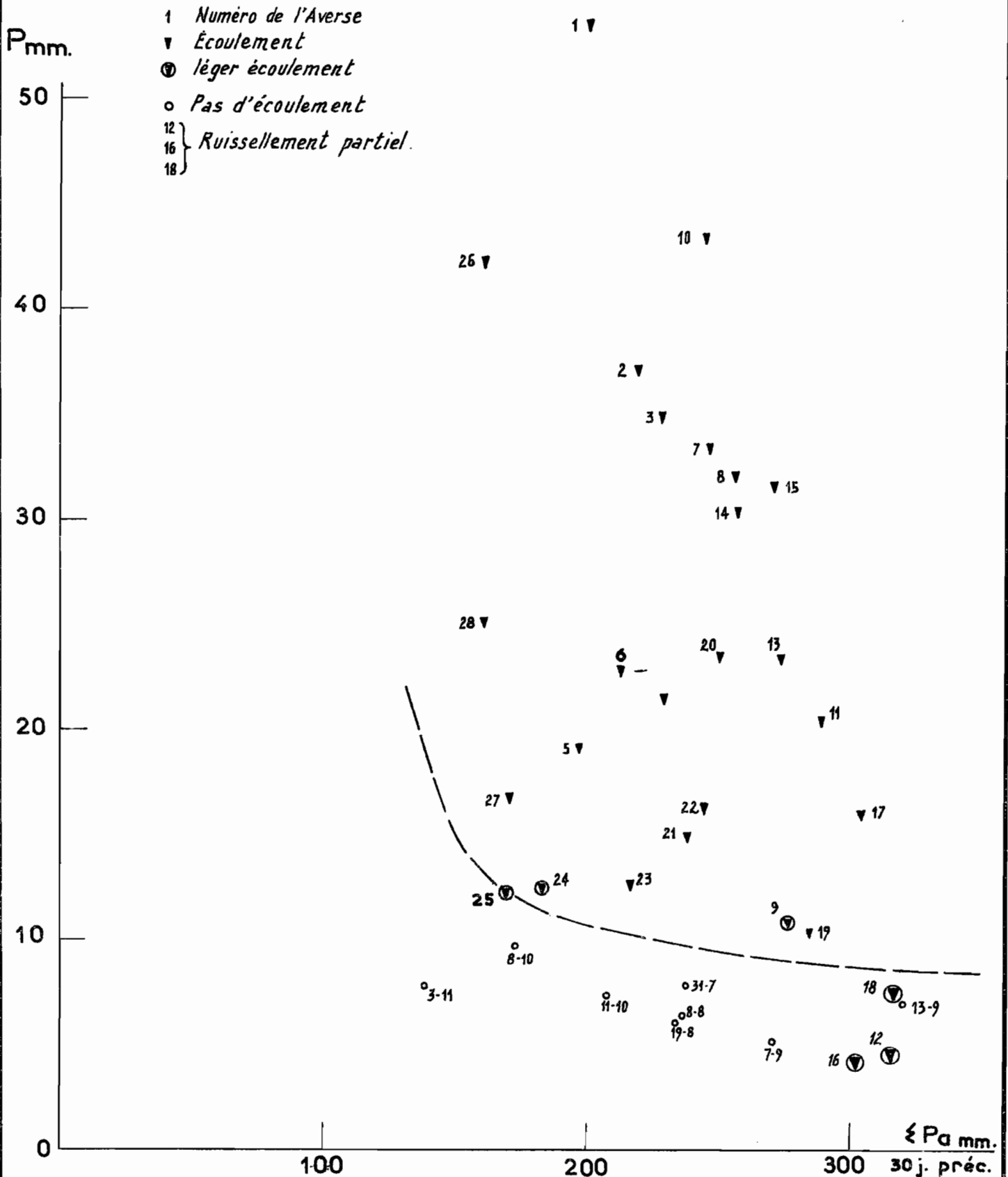
A 0

DATE :

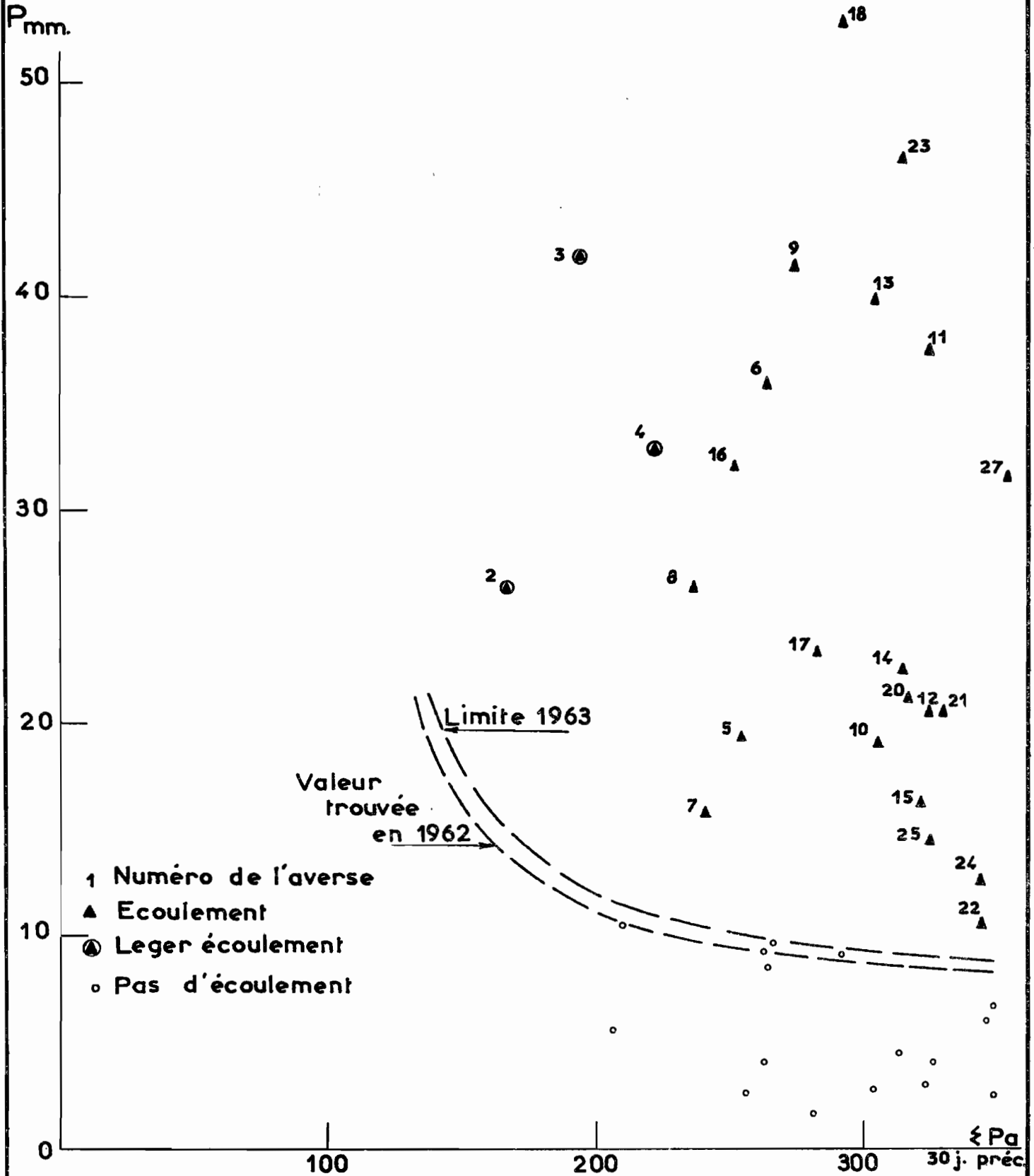
DESSINÉ :

DAH - 141.111

Précipitation limite de ruissellement - 1.962 -



Précipitation limite de ruissellement _ 1.963 _



4.2.3 - Coefficients de ruissellement

Il est assez difficile de séparer sur les hydrogrammes de crues le ruissellement pur du ruissellement retardé, la forêt galerie freine, en effet, considérablement l'écoulement. Les temps de montée sont très longs pour un bassin de cette dimension, cela explique d'ailleurs en partie les très faibles débits spécifiques de crues. Le temps de base du ruissellement total est très élevé également. On s'est donc contenté de séparer simplement le ruissellement de l'écoulement de base. Les coefficients calculés se rapportent ainsi au ruissellement global, les coefficients $K_R + H$ sont toujours faibles. Les premières averses donnent un ruissellement très faible avec des $K_R + H$ de 1 à 2 % seulement quelle que soit la hauteur de la précipitation, ensuite les conditions de saturation s'améliorent, le ruissellement augmente, mais n'atteint qu'exceptionnellement 10 %. L'étude pédologique a montré que les sols peu perméables en surface l'étaient nettement plus en profondeur, donnant ainsi au bassin une capacité de rétention élevée. Le débit de base varie fortement au cours de la saison des pluies, ses fluctuations sont relativement rapides. Il croît de façon générale jusqu'en Septembre, mois le plus favorable à l'apparition des fortes crues, puis décroît rapidement ensuite. La part de l'écoulement de base dans l'écoulement total est finalement très importante.

La relation entre hauteur de pluie moyenne et coefficient de ruissellement montre ainsi une très grande dispersion. On a donc cherché à l'améliorer en faisant intervenir l'état de saturation du sol juste avant l'averse. Le rôle de cet état de saturation est absolument primordial, on a vu, en effet, que même une très forte averse peut ne donner aucun écoulement si le total pluviométrique des 2 mois précédents est inférieur à une certaine valeur. Si elle survient alors que le débit de base est très faible, l'écoulement sera négligeable. Elle ne pourra en définitive donner un ruissellement appréciable que si sont réalisés à la fois un débit de base élevé et des pluies antérieures fortes et rapprochées.

Plusieurs paramètres ont été employés successivement pour le représenter. L'influence de ces paramètres a été étudiée par la méthode des résidus qui donne la correction ΔK_R à apporter à la valeur de K_R déterminée avec la seule connaissance de P_m .

L'emploi du débit initial Q_0 , débit observé juste avant l'apparition de la crue, donne, pour 1962, un regroupement très net des points autour de la courbe tracée pour $K_R - P_m$. Pour l'année 1963, on n'obtient pas, malheureusement, d'amélioration aussi satisfaisante et il subsiste une dispersion assez forte.

Les indices d'humidité, représentant l'état de saturation, font intervenir les pluies antérieures et les intervalles de temps séparant ces averses de l'averse considérée. L'essai d'un indice de forme exponentielle (soit $I_H = \sum P_i e^{-\alpha t_i}$) n'a pas donné de très bons résultats bien que la corrélation soit certaine. Notons que cet indice a l'avantage d'être d'un calcul rapide et de pouvoir être déterminé graphiquement. On s'est servi ensuite d'un indice de la forme $I_H = \sum \frac{P_i}{t_i}$, son emploi n'est guère satisfaisant, car si la dispersion diminue pour certains points, elle augmente fortement pour d'autres. Il semble que t_i avec un exposant égal à l'unité croisse trop rapidement, ne faisant donc pratiquement pas intervenir dans l'élaboration de I_H les averses de début de saison des pluies ; or, on a vu l'influence du total des précipitations antérieures sur l'établissement de l'écoulement.

On a donc calculé un nouvel indice de la forme $I_H = \sum \frac{P_i}{t_i^{0,5}}$.

L'utilisation d'un exposant fractionnaire inférieur à l'unité permet de tenir compte des premières précipitations, mais la valeur de I_H s'élève un peu trop rapidement en fin de saison des pluies. En 1963 notamment, la longueur de l'hivernage conduit à des I_H à la fin d'Octobre bien trop élevés pour représenter tout à fait correctement les conditions de saturation. Il serait sans doute plus juste de prendre un exposant différent au-delà des premières semaines précédant l'averse considérée.

Il semble cependant que cet indice puisse être retenu dans notre étude. En effet, pour les années 1961 et 1962, son utilisation donne de bons résultats et l'on peut tracer une courbe $K_R - P_m$ satisfaisante parmi les points très regroupés. En 1963, l'amélioration est également très nette sauf pour les dernières crues d'Octobre (pour la raison indiquée ci-dessus).

Afin d'obtenir une courbe $K_R - P_m$ moyenne pour les trois années d'observation, toutes les crues ont été étudiées ensemble et procurent ainsi un échantillon très élevé. La méthode des résidus a été poussée jusqu'à la seconde approximation. La lecture du graphique donne la valeur du coefficient de ruissellement en fonction de la pluie moyenne pour un même indice I_H de 155, valeur assez courante. Cette courbe passe par les points suivants :

Corrélation $K_R - P_{mm}$.
Seconde correction

Valeurs ramenées au même indice d'humidité : $I_H = 155$

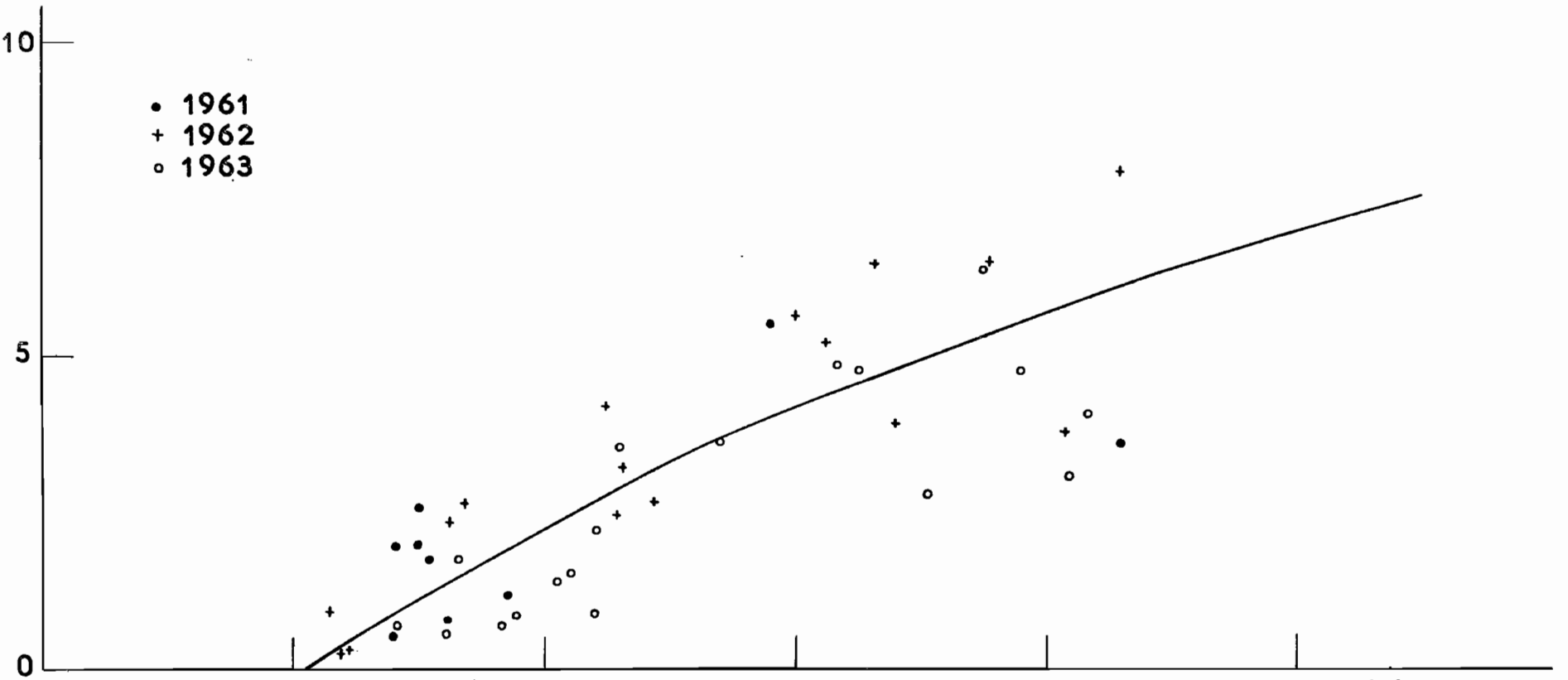
Coef. de ruissellement
en %

- 1961
- + 1962
- o 1963

10
5
0

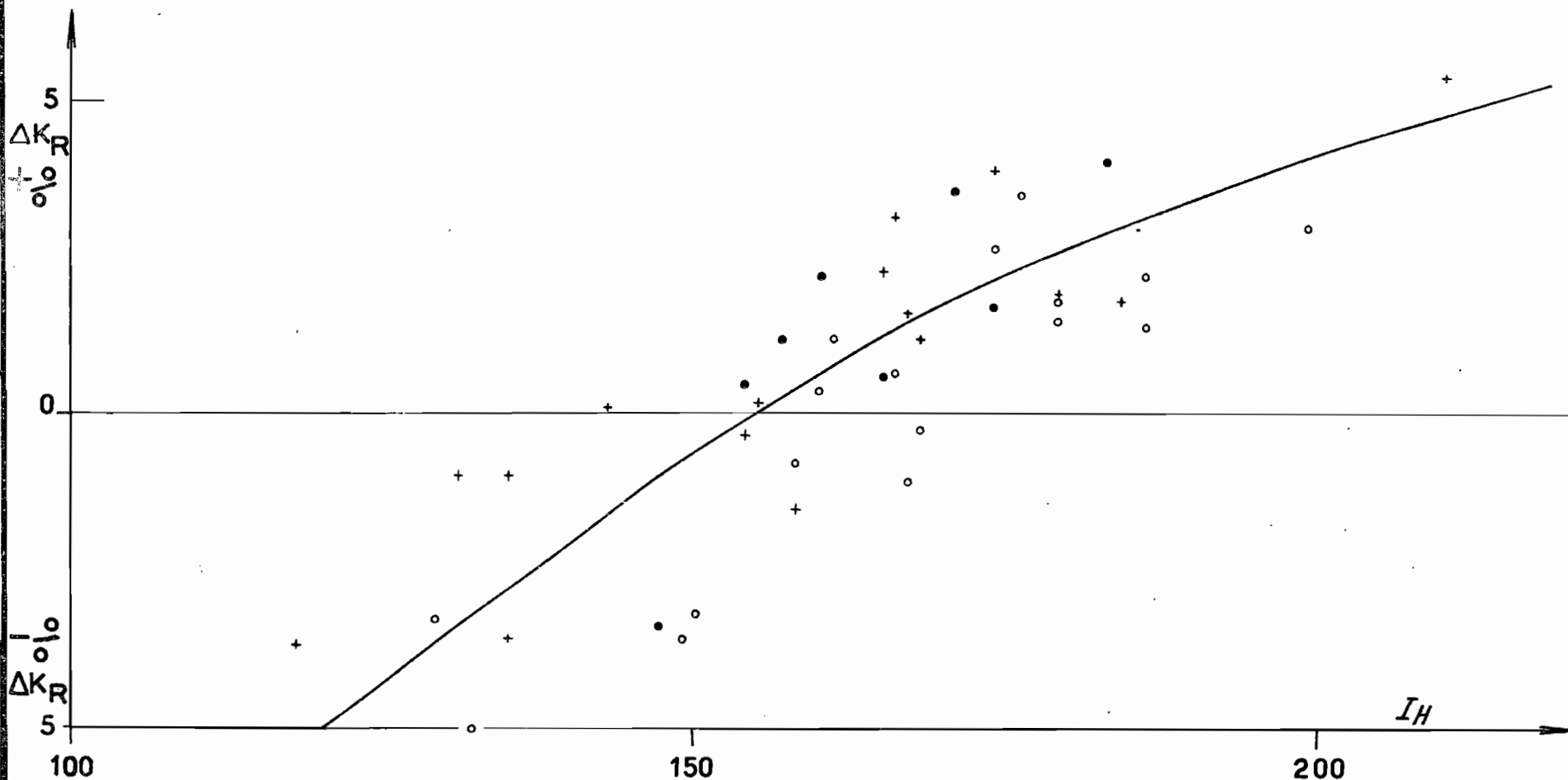
10 20 30 40 50 Pluie moyenne en mm.

CRS
TOM
A₀
DATE:
DESSINÉ:
DAH. 141. 114



Gr-23

Courbe des corrections moyennes à apporter au K_R
pour tenir compte de l'indice d'humidité — 2^{ème} approximation



• 1961
+ 1962
○ 1963

CRISTON

AO

DATE:

DESSINE:

JAH. 141.115

P_m	$K_R \%$
20 mm	2
30 mm	4
40 mm	5,5
50 mm	7
60 mm	8

On vérifie les faibles valeurs de K_R et la faible inclinaison de cette courbe sur l'axe des P_m .

Avec un indice d'humidité de valeur moyenne, le ruissellement est donc très faible et l'on constate bien son absence pour une averse donnant moins de 10 mm.

4.3 - ESTIMATION des CRUES ANNUELLES et DECENNALES -

4.3.1 - Hydrogramme-type

En l'absence de fortes précipitations pendant la période d'écoulement, aucune forte crue ne s'est produite pendant les 3 années d'observations, le plus fort débit atteint n'est, rappelons-le, que de 1,68 m³/s en 1962. (Crue n° 14 : $P_{max} = 35,2$, $P_m = 30,2$, $I_H = 174$, $V_R = 29,1$ seulement alors que le maximum de $V_R + H$ est de 49 900 m³ pour la crue 10).

Un bon nombre de fortes averses ont donné des crues complexes avec un débit maximum pas très élevé.

Onze crues simples avoisinent ou dépassent 1 m³/s, à savoir :

- en 1961, la crue n° 2
- en 1962, les crues n° 8 - 10 - 13 - 14 - 15
- en 1963, les crues n° 11 - 13 - 23 - 24 - 26

Le temps de montée moyen est de 4 h.30 à 5 h.00. La durée de pluie utile (pour $P_u > 10$ mm/h) est toujours inférieure à une heure, sauf pour la n° 23 où $T_u = 1$ h.35. Donc ces crues proviennent d'averses unitaires. Le temps de base moyen est de 36 à 40 heures.

La faiblesse du ruissellement, la longueur du temps de montée, donnent des hydrogrammes de crues assez flous. Pourtant dans ce lot de crues, deux sont particulièrement intéressantes et correspondent aux crues maximales des années 1962 et 1963: soit la crue n° 14 du 3 Septembre 1962 et la crue n° 11 du 4 Septembre 1963.

Elles proviennent d'averses bien unitaires (T_u égal respectivement à 45 et à 33 minutes), à répartition homogène, légèrement supérieures à 30 mm.

La n° 14 a un temps de montée de 5 h.30. La pluie, forte en aval, donne un ruissellement immédiat sur la route aux abords de la station de mesure produisant une surestimation du t_m . Le temps de ruissellement total ou temps de base est de 35 heures. Le débit maximal atteint est de 1,68 m³/s (avec $Q_0 = 0,850$ m³/s et $I_H = 175$).

La n° 11 a un temps de montée de 4 h.45 correspondant au bassin proprement dit, la pluie étant en effet centrée sur l'est. Le temps de base est de 37 heures. Le débit maximal est de 1,16 m³/s (avec $Q_0 = 0,320$ m³/s et $I_H = 176$).

Les volumes ruisselés sont très voisins : 29 200 et 29 900 m³.

Rapportés à un même volume ruisselé de 62 000 m³ (correspondant à une lame d'eau ruisselée de 5 mm), leurs débits de ruissellement de part et d'autre de l'instant 0, époque du maximum, sont les suivants en m³/s.

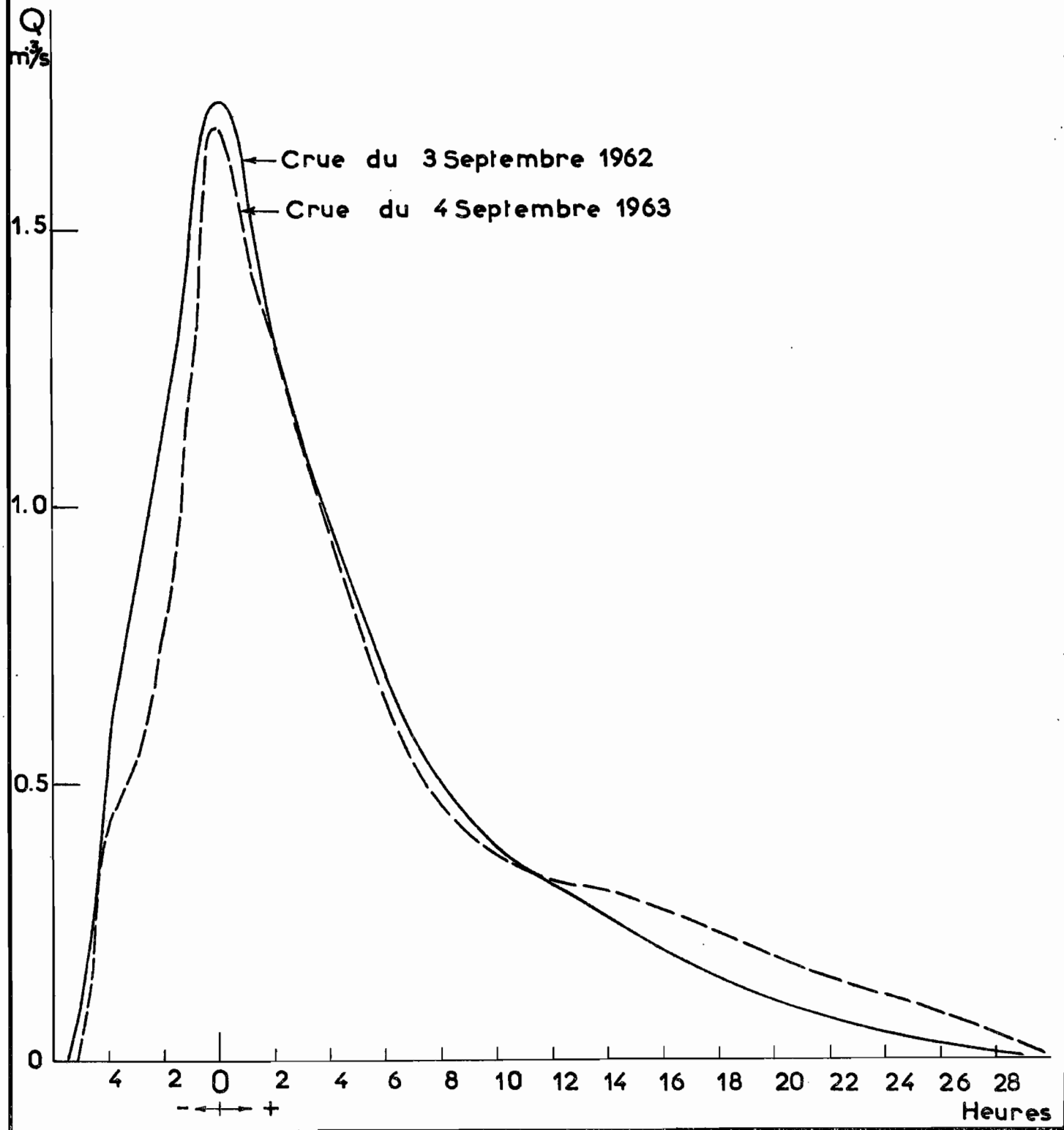
Heures	-5	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18	+20	+25	+30
N° 4 (1962)	0,06	0,51	1,16	1,73	1,31	0,99	0,70	0,51	0,38	0,32	0,25	0,19	0,15	0,11	0,04	0
N° 11 (1963)	-	0,42	0,75	1,68	1,31	0,96	0,66	0,46	0,37	0,33	0,31	0,27	0,23	0,19	0,10	0,01
Moyenne	-	0,46	0,95	1,70	1,31	0,98	0,68	0,49	0,37	0,33	0,28	0,23	0,19	0,15	0,07	0,01

Crues maximales de 1962 et 1963

Gr. 24

ramenées à un même volume de 62.000 m³

—Lame d'eau ruissellée de 5 m.m.—



ORSTOM

A₀

DATE:

DESSINÉ:

DAH. 141.116

Remarquons la grande similitude entre les hydrogrammes ruisselés de ces deux averses. Le décalage à la crue s'explique par la position diamétralement opposée des épïcêtres d'averses. Le débit maximal ruisselé est pratiquement identique, la décrue est similaire pendant les douze premières heures.

Nous considérerons que la moyenne de ces deux hydrogrammes représente l'hydrogramme-type du bassin. Nous prendrons un temps de montée de 5 heures pour une pluie centrée au milieu du bassin et un temps de base de 36 heures, soit un jour et demi. Nous penchons d'ailleurs dans le sens de la sécurité, car l'utilisation des neuf autres crues donnerait un débit maximal ruisselé légèrement plus faible et une décrue plus lente.

4.3.2 - Crue médiane (crue annuelle)

Le calcul du volume ruisselé de la crue médiane, permettant de passer grâce à l'hydrogramme-type au débit de crue maximale de même fréquence, a été fait par une méthode utilisant le coefficient de ruissellement.

Estimation du volume de ruissellement par le coefficient de ruissellement

La précipitation de fréquence médiane est de 73 mm d'après l'étude des pluies à la stations d'INA pendant les dix sept dernières années. L'examen des coefficients d'abattement pour les trois campagnes montre que K peut être évalué à 80 % seulement.

Ainsi, la hauteur moyenne de la précipitation médiane sur le bassin du TIAPALOU est de $73 \times 0,80 = 58$ mm.

Mais, rappelons-le, suivant le moment où cette averse survient, le ruissellement sera bien différent:

- en début de saison des pluies, il n'y aura pas d'écoulement si les conditions nécessaires à l'apparition de celui-ci ne sont pas réalisées ;
- en Juillet, l'écoulement pourra s'établir ;
- en Août, le ruissellement sera très faible, de l'ordre de quelques % ;
- en Septembre, le débit de base est élevé, de l'ordre en général de 0,400 à 0,500 m³/s, la saturation des terrains est assez bonne. Le ruissellement sera important si les jours précédents ont été très arrosés, dans le cas contraire il ne dépassera guère 5 % ;

- en Octobre, une longue saison des pluies avec donc des pluies réparties sur une longue période ne profite guère aux conditions de ruissellement pour un petit bassin, et le débit de base a aussi tendance à diminuer.

Donc, la période la plus propice se trouve en Septembre avec un indice d'humidité et un débit de base élevés. Mais la probabilité pour que l'averse médiane se produise alors que toutes ces conditions favorables sont réunies est assez faible, de sorte que si nous admettons ces conditions, nous trouverons une crue qui, en définitive, sera plus rare que la crue médiane.

Une simple averse de 30 mm survenant après plusieurs fortes pluies tombées dans les jours qui précèdent immédiatement, donne un ruissellement plus important qu'une averse deux fois plus forte se produisant alors qu'il n'a pas plu depuis une semaine.

Les plus forts volumes de ruissellement de 1962 et 1963 ne sont pas dûs aux plus fortes averses. En outre, intervient la répartition de la pluie dans le temps : si une forte averse est complexe et même si le volume de ruissellement est considérable, il ne s'en suit pas obligatoirement un débit maximal élevé.

Aussi, pour l'estimation de la crue médiane, on supposera que l'averse de même fréquence survient alors que les conditions de saturation sont médiocres ($I_H = 150 - 155$). Pour une averse de 58 mm et un indice d'humidité de 150 - 155, on obtient un coefficient de ruissellement de 7 % seulement.

Dans ces conditions, le volume ruisselé est de $58 \times 12,4 \times 0,07 \times 10^3 = 50\ 340\ m^3$.

Pour des raisons de sécurité, nous supposerons que l'averse est simple.

Le rapport du volume ruisselé au volume-type de $62\ 000\ m^3$ est de 0,81.

Le débit maximal ruisselé est donc de $1,70 \times 0,81 = 1,38\ m^3/s$, en prenant un débit de base égal à $0,320\ m^3/s$, le débit de crue médian est de $1,70\ m^3/s$. Le débit spécifique de crue correspondant est de $135\ l/s.km^2$, valeur très faible, pour un bassin d'une telle superficie.

Le plus fort débit du TIAPALOU en 3 ans étant de $1,68 \text{ m}^3/\text{s}$, la valeur de la crue médiane semble légèrement surestimée, ceci est dû à l'hypothèse restrictive d'une crue simple. Il paraît cependant préférable de garder cet ordre de grandeur.

4.3.3 - Crue décennale

L'estimation de la crue décennale est particulièrement délicate puisque, d'une part, aucune forte précipitation n'a été observée au cours des trois campagnes pendant la période d'écoulement du TIAPALOU et que, d'autre part, les conditions de saturation ne permettent un ruissellement notable qu'en Septembre.

L'étude statistique des averses journalières, portant sur dix-sept années de relevés à la station météorologique d'INA, donne 120 mm comme valeur décennale, cette valeur semble un peu pessimiste. Afin de mieux connaître non seulement les pluies exceptionnelles et leur fréquence, mais également les conditions de saturation préalable à chaque forte averse observée, on a employé les relevés pluviométriques journaliers de la station de PARAKOU. L'apport de quarante années d'observations (période 1922-1960) permet l'établissement d'un échantillonnage plus important. La méthode des stations-années s'emploie sans inconvénient car le poste de PARAKOU présente les mêmes caractéristiques de climat, tout en étant suffisamment éloigné pour qu'il n'y ait aucune corrélation entre les averses journalières de ces 2 stations. L'utilisation des observations de la station de BEMBEREKE a dû être abandonnée car le relief, relativement accentué, des collines voisines donne lieu à des précipitations très fortes (4 averses dépassent 130 mm, 2 sont supérieures à 150 mm), alors qu'à INA et PARAKOU les plus fortes averses sont de l'ordre de 110 mm seulement), et il semble bien que l'on ait affaire à un phénomène étroitement localisé. On retiendra simplement les dates d'apparition des plus fortes averses, afin de mieux discerner la période de l'année pendant laquelle se produit le plus fréquemment une averse exceptionnelle.

On dispose donc, en définitive, d'un échantillon de 57 stations-années. Il est curieux de constater qu'à PARAKOU comme à INA, les plus fortes averses classées par ordre décroissant ont des valeurs très voisines, et entre le 1er et le 6ème rang, la différence n'est que de 1,4 mm (113,4 - 112,0 mm). La valeur décennale de 120 mm avancée précédemment est donc forte, mais nous la garderons par mesure de sécurité.

-- Période d'apparition la plus fréquente d'une forte averse :

Les 19 averses supérieures à 100 mm (INA, PARAKOU et BEMBEREKE) se répartissent comme suit :

- 2 en Mai , soit 10 %
- 7 en Juillet, soit 40 %
- 6 en Août, soit 30 %
- 4 en Septembre, soit 20 %

Autrement dit, une averse sur deux survient au moment le plus défavorable, c'est-à-dire au début de la saison des pluies et ne pourra produire aucune crue, une averse sur cinq seulement rencontrera de bonnes conditions de saturation.

-- Conditions de saturation préalable

On a considéré, pour chacune des 57 plus fortes averses, les précipitations ayant eu lieu dans les dix jours précédents.

L'examen du total pluviométrique, de la répartition des averses et de leur hauteur au cours de cette décade, permet les constatations suivantes :

La valeur décennale du total de la décade est de 125 mm, la valeur la plus fréquente est de 80 mm.

D'autre part, il y a 50 % de chances pour que $t_{i_1} = 1$ jour et il est très rare que l'averse exceptionnelle survienne après plus de deux jours sans pluie ($t_{i_1} > 2$). La précipitation P_{i_1} immédiatement antérieure

- est \gg à 60 mm dans 10 % des cas
- \gg à 30 mm dans 20 % des cas
- \gg à 10 mm dans 50 % des cas

Ainsi une forte averse se produit le plus fréquemment un jour après une pluie de 10 mm, le total des pluies des dix jours précédents étant de 80 mm .

Estimation de la crue décennale

L'averse décennale de 120 mm subit un abattement de l'ordre de 85 %, soit une pluie moyenne de 102 mm :

- en Mai ou en Juin, 10 % des cas, elle ne produira aucun écoulement ou celui-ci sera dérisoire et bref;
- en Juillet, 40 % des cas, l'indice d'humidité est évalué à $I_H = 100$ L'écoulement s'établit (confert 4.2.2), le coefficient de ruissellement est très faible, de quelques pour cent. Q_{max} est de l'ordre de 0,50 à 1 m³/s;
- en Août, 30 % des cas. L'indice d'humidité est de l'ordre de $I_H = 150$, soit $K_R = 10$ %, d'où un volume ruisselé de $102 \times 12,4 \times 0,10 \times 10^3 = 126\ 500$ m³. Le rapport volume ruisselé - volume type est égal à 2,04. Si l'averse est simple, le débit maximal ruisselé est ainsi de $1,70 \times 2,04 = 3,47$ m³/s, en prenant un débit initial de 0,43 m³/s, le débit maximal total est de 3,80 m³/s;
- en Septembre, 20 % des cas. De bonnes conditions de saturation donnent un indice d'humidité I_H de 190, d'où un K_R de 15 %. Le volume ruisselé est de $102 \times 12,4 \times 10^3 \times 0,15 = 189\ 670$ m³. Le rapport volume ruisselé - volume type est égal à 3,06. Si l'averse est simple, le débit maximal ruisselé est ainsi de $1,70 \times 3,06 = 5,20$ m³/s. En prenant un débit initial notable de 0,80 m³/s, le débit maximal total est de 6,00 m³/s.

Une valeur très prudente serait donc de 6 m³/s. On voit par ce qui précède que les conditions de saturation et le schéma du diagramme des pluies conduisent, en fait, à une fréquence trop nettement inférieure à la fréquence décennale.

Il est plus vraisemblable que l'averse se produira en Août avec $I_H = 150$ et que l'averse sera complexe, ce qui pourrait réduire le débit maximal peut-être de 3,8 à 3 m³/s.

En définitive et toujours par prudence, nous admettrons 4 m³/s soit un débit spécifique de 325 l/s.km².

4 - DEBITS OBSERVES et BILAN d'ECOULEMENT -

4.4.1 - Débits moyens journaliers et mensuels

A chaque année d'observations, correspond un tableau de débits comprenant deux colonnes pour chaque mois ; la première renferme les débits moyens journaliers obtenus par planimétrage des hydrogrammes journaliers, la seconde indique le débit maximal atteint lors des crues notables.

Les débits moyens mensuels sont à la dernière ligne, ainsi que le module (cf. pages 58 - 59 - 60).

4.4.2 - Bilan d'écoulement

Les principaux termes entrant dans l'établissement du bilan d'écoulement se trouvent ci-dessous.

	1961	1962	1963
Module	0,068 m ³ /s	0,118 m ³ /s	0,100 m ³ /s
Volume écoulé	2,14.10 ⁶ m ³	3,73.10 ⁶ m ³	3,26.10 ⁶ m ³
Lame d'eau écoulée	173 mm	300 mm	263 mm
Pluviométrie moyenne	1214 mm	1307 mm	1460 mm
Déficit d'écoulement	1041 mm	1007 mm	1197 mm
Coefficient d'écoulement	14,3 %	22,9 %	18,0 %

Bassin du TIAPALOU

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1961

Jours	Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}
1			0,277		0,058		0,163		0,043		0,005	
2			0,262		0,124		0,148		0,040		0,005	
3			0,532	0,579	0,107		0,148		0,038		0,005	
4			0,452		0,105		0,173	0,254	0,035		0,005	
5	0,003		0,374		0,169		0,128		0,030		0,005	
6	0,005		0,317		0,391		0,106		0,030		0,005	
7	0,001		0,297		0,356		0,176	0,477	0,027		0,005	
8			0,296		0,420	0,477	0,236		0,025		0,005	
9			0,252		0,688	0,950	0,205		0,022		0,005	
10			0,224		0,603		0,190		0,020		0,005	
11	0,027		0,189		0,568		0,184		0,018		0,004	
12	0,025		0,179		0,520		0,200		0,018		0,004	
13	0,043		0,169		0,587	0,690	0,188		0,018		0,004	
14	0,073		0,152		0,527		0,171		0,015		0,004	
15	0,100		0,144		0,520		0,162		0,013		0,004	
16	0,130		0,117		0,562	0,690	0,154		0,013		0,004	
17	0,178		0,101		0,632	0,730	0,140		0,010		0,004	
18	0,194		0,111		0,552		0,133		0,007		0,004	
19	0,214		0,101		0,476		0,121		0,007		0,004	
20	0,193		0,096		0,472		0,106		0,007		0,004	
21	0,196		0,097		0,414		0,093		0,007		0,002	
22	0,169		0,084		0,384		0,075		0,007		0,002	
23	0,156		0,071		0,435	0,579	0,068		0,007		0,002	
24	0,127		0,074		0,321		0,063		0,007		0,002	
25	0,112		0,114		0,278		0,059		0,005		0,002	
26	0,123		0,090		0,260		0,056		0,005		0,002	
27	0,157		0,080		0,232		0,053		0,005		0,001	
28	0,266		0,073		0,199		0,051		0,005		0,001	
29	0,295		0,067		0,181		0,048		0,005		0,001	
30	0,332		0,063		0,174		0,046		0,005		0,001	
31	0,298		0,059				0,044				-	
Moyenne	0,110		0,178		0,377		0,125		0,016		0,003	

Module : 0,068 m³/s

Bassin du TIAPALOU

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1962

: Jours	: Juillet		: Août		: Septembre		: Octobre		: Novembre		: Décembre	
	: Q max.	: Q moy.	: Q max.	: Q moy.	: Q max.	: Q moy.	: Q max.	: Q moy.	: Q max.	: Q moy.	: Q max.	: Q moy.
1			0,186		0,980		0,283		0,085		0,021	
2			0,332	0,248	0,867		0,266		0,080		0,021	
3				0,259	1,68	1,155	0,410	0,297		0,075		0,018
4				0,312		0,920	0,330	0,287		0,075		0,015
5			0,525	0,365		0,837		0,253		0,075		0,013
6				0,392		0,783		0,235		0,075		0,013
7				0,356		0,763		0,230		0,070		0,013
8				0,332		0,750		0,245		0,065		0,011
9				0,301	1,20	1,003	0,585	0,485		0,065		0,011
10				0,265		0,813	0,715	0,627		0,065		0,011
11				0,239	1,00	0,868		0,588		0,065		0,008
12				0,222	0,850	0,797		0,530		0,058		0,008
13			0,358	0,248		0,742		0,515		0,054		0,008
14				0,208		0,665		0,533		0,051		0,008
15				0,161	0,800	0,697		0,489		0,047		0,008
16			0,281	0,217		0,595		0,463		0,047		0,008
17				0,183		0,513		0,422		0,044		0,008
18				0,189		0,462		0,388		0,044		0,005
19				0,230		0,427		0,349		0,044		0,005
20			0,554	0,472		0,399		0,325		0,040		0,005
21				0,435	0,585	0,442		0,282		0,058		0,005
22				0,416		0,324		0,249		0,054		0,005
23				0,472		0,273		0,230		0,047		0,005
24			0,980	0,638		0,244	0,510	0,306		0,037		0,005
25				0,543		0,218		0,199		0,033		0,005
26				0,550	0,385	0,281		0,163		0,027		0,005
27		0,025	1,48	0,642	0,360	0,304		0,143		0,024		0,005
28		0,044		0,955	0,410	0,323		0,134		0,024		0,055
29		0,043	1,24	1,050		0,307		0,119		0,024		0,005
30		0,137		0,898		0,302		0,110		0,024		0,005
31	0,202	0,167	1,20	0,930				0,096				0,005
Moyenne	(0,013)		0,420		0,602		0,317		0,051		0,009	

Module : 0,118 m³/s

Bassin du TIAPALOU

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1963

Jours	Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}	Q _{max.}	Q _{moy.}
1				0,020	0,480	0,315	0,540	0,360		0,298		0,004
2				0,030	0,342	0,288	0,825	0,650		0,257		0,004
3				0,025		0,267	0,665	0,585		0,225		0,003
4				0,015	1,16	0,660		0,525		0,195		0,003
5				0,010		0,535		0,600		0,166		0,003
6				0,012		0,495		0,525		0,128		0,002
7				0,018		0,465		0,495		0,102		0,002
8			0,246	0,065		0,480	0,892	0,558		0,087		0,002
9				0,045	0,600	0,510		0,510		0,080		0,002
10				0,040		0,414	0,728	0,600		0,065		0,002
11				0,045	1,08	0,810		0,570		0,065		0,002
12				0,040		0,600	1,12	0,895		0,057		0,002
13				0,035		0,632		0,744		0,050		0,002
14			0,128	0,050		0,585		0,648		0,045		0,002
15				0,065		0,510		0,600		0,035		0,002
16			0,128	0,105		0,450	0,925	0,750		0,025		0,002
17				0,080	0,632	0,495		0,600		0,020		0,002
18				0,088		0,354		0,570		0,018		0,002
19				0,095		0,342	0,760	0,616		0,015		0,002
20				0,105		0,320		0,555		0,010		0,002
21			0,246	0,205	0,480	0,360	1,12	0,600		0,008		0,002
22	0,006	0,288	0,207	0,793	0,495	0,895	0,860		0,006		0,002	
23	0,030		0,267		0,490		0,770		0,006		0,001	
24	0,025	0,450	0,354		0,402		0,696		0,006		0,001	
25	0,025		0,319		0,366		0,632		0,006		0,001	
26	0,020		0,298		0,366		0,570		0,006		0,001	
27	0,020		0,298		0,354		0,525		0,005		0,001	
28	0,018		0,288		0,309		0,495		0,004		0,001	
29	0,018		0,267		0,278		0,465		0,004		0,001	
30	0,015		0,225		0,236		0,414		0,004		0,001	
31	0,015		0,205				0,354				0,001	
Moyenne	0,006		0,128		0,440		0,592		0,067		0,002	

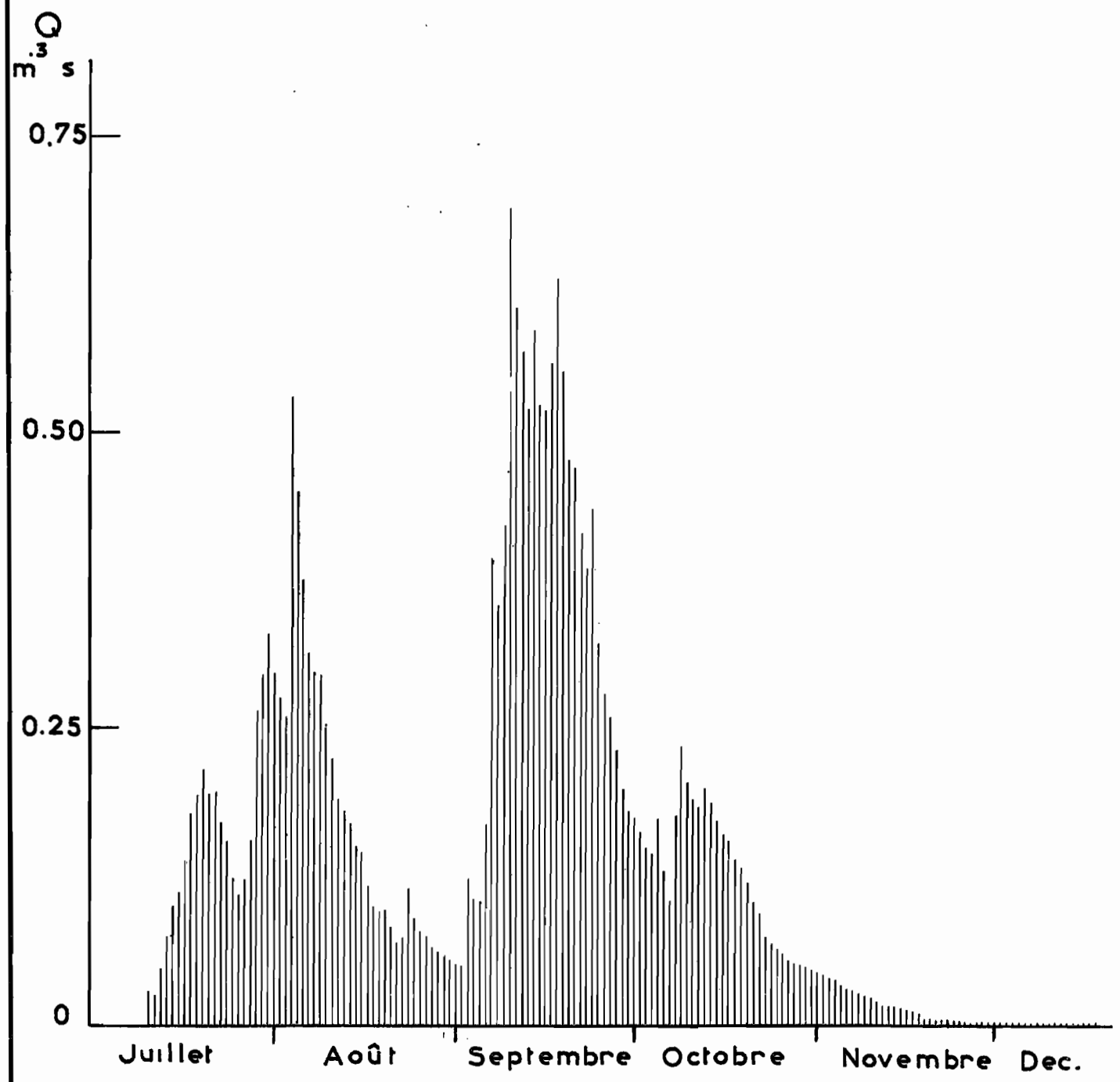
Module : 0,100 m³/s

L'année 1961 est nettement déficitaire. L'année 1962, bien qu'ayant une pluviométrie moyenne largement inférieure à celle de 1963, a un module plus élevé que celui de 1963, ce qui souligne bien l'importance de la répartition des pluies au cours de l'hivernage, répartition bien plus favorable en 1962.

Les coefficients d'écoulement sont relativement élevés (23 % en 1962), alors que le ruissellement est toujours très faible, ceci est dû à l'importance du débit de base. La lame d'eau écoulée et le coefficient d'écoulement varient assez largement d'une année à l'autre, le régime tropical à variante dahoméenne présentant une grande irrégularité interannuelle.

Le déficit d'écoulement est élevé, il est estimé à 1100 mm par an en moyenne pour la partie septentrionale du bassin de l'OUEME.

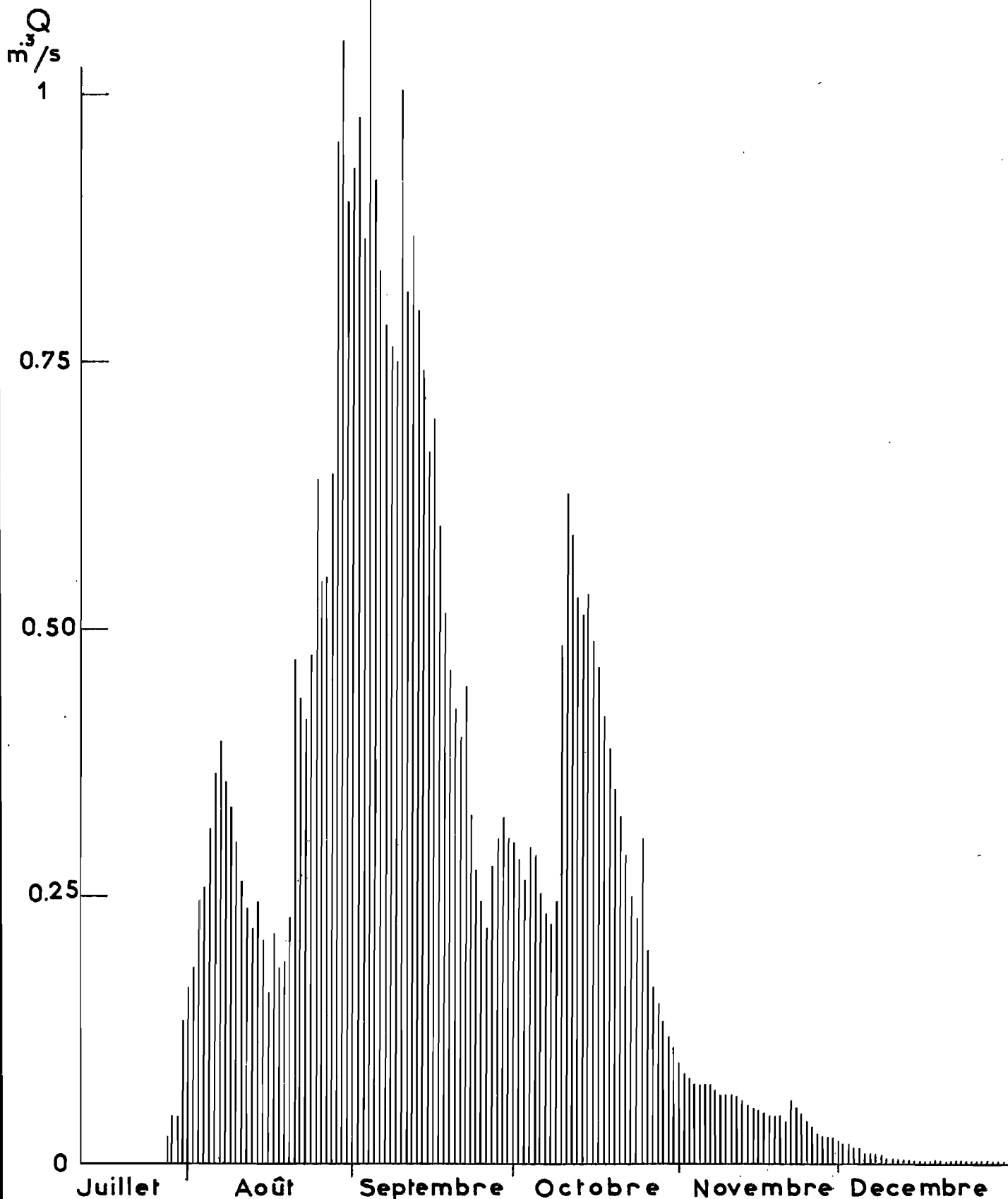
Débits moyens journaliers du TIAPALOU _1961_



Débits moyens journaliers du TIAPALOU

Gr-26

- 1962 -



ORSTOM

Ao

DATE:

DESSINE:

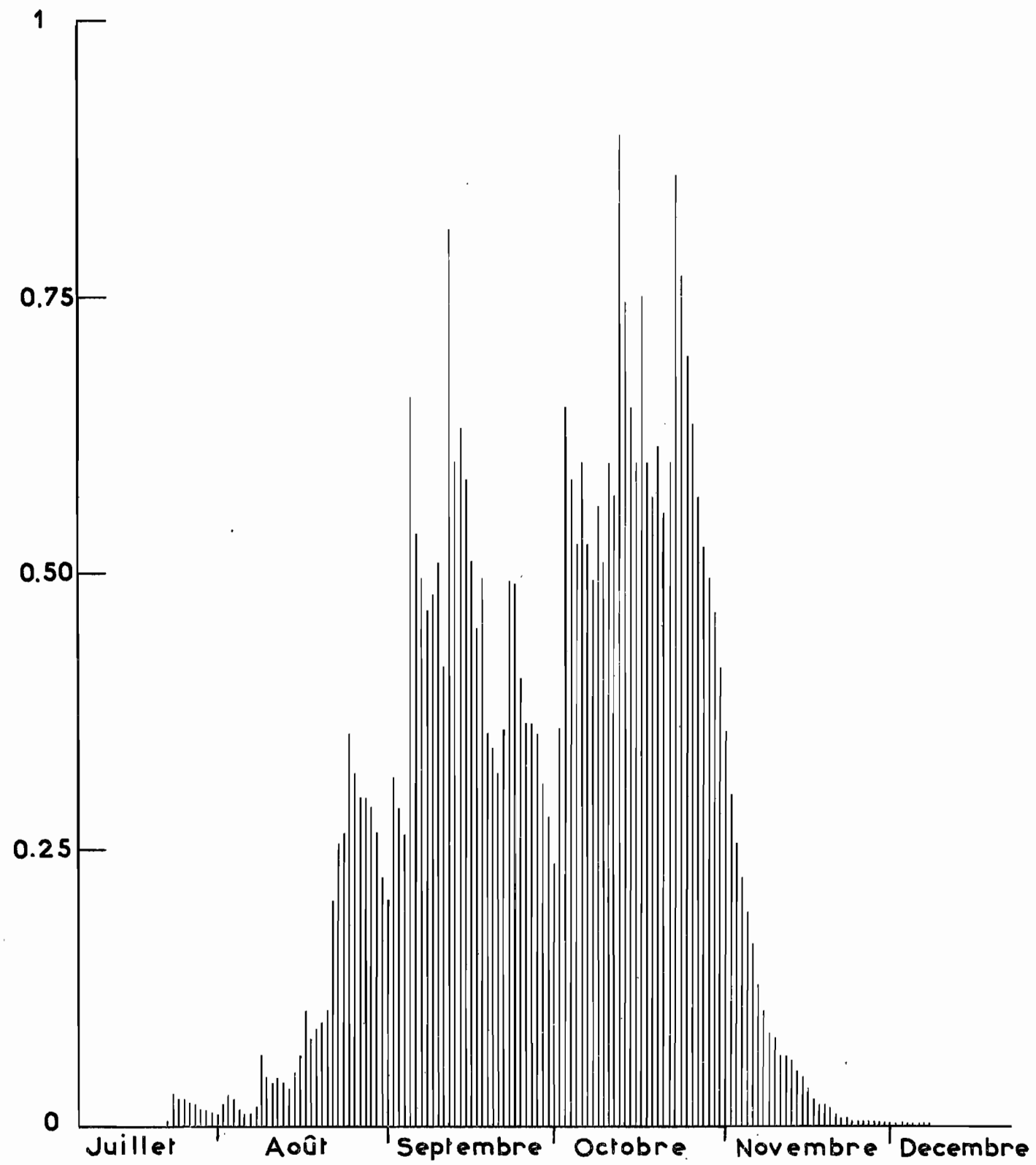
DAH. 141. 118

Débits moyens journaliers du TIAPALOU

Gr-27

-1963-

Q
m³/s



ORSTOM

Ao

DATE :

DESSINÉ :

DAH. 141.119

**Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer**
▼
Service Hydrologique

RÉPUBLIQUE DU DAHOMEY
▼
Ministère des Travaux Publics
▼
Arrondissement de l'Hydraulique

**ÉTUDE HYDROLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS
DU TIAPALOU ET DU DODOU
(DAHOMEY)**

Tome II - BASSINS DU DODOU

par
J. SIRCOULON
Ingénieur Hydrologue de l'O.R.S.T.O.M.

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

Service Hydrologique

REPUBLIQUE du DAHOMEY

MINISTERE des TRAVAUX PUBLICS

Arrondissement de l'Hydraulique

ETUDE HYDROLOGIQUE des BASSINS VERSANTS
du TIAPALOU et du DODOU
(Dahomey)

Tome II

Bassins du DODOU

par

J. SIRCOULON

Ingénieur hydrologue de l'ORSTOM

S O M M A I R E

TOME II

B - Bassins du DODOU

	Page
Chapitre V - Caractéristiques des bassins de WENOU et de GORI BOUNIEROU	62
5.1. Situation générale	62
5.2. Relief et hydrographie	63
5.3. Géologie et Pédologie	64
5.4. Végétation	64
Chapitre VI - Campagne 1963	65
6.1. Equipement des bassins et étalonnage des stations	65
6.2. Pluviométrie de l'année 1963	70
6.3. Description des averses et des crues - Tableaux des caractéristiques	74
Chapitre VII - Interprétation des observations	86
7.1. Etude du ruissellement	86
7.2. Estimation des crues annuelles et décennales	89
7.3. Débits observés et bilan d'écoulement	96

C - Bassins du KOKO - SIKA

Chapitre VIII - Description des bassins, équipement et jaugeages	100
8.1. Station RF 7	100
8.2. Station barrage	103
Chapitre IX - Débits observés	104
9.1. Station RF 7	104
9.2. Station barrage	108
Chapitre X - Conclusions générales	110

ANNEXES PLUVIOMETRIQUES

ANNEXE I - Pluviométrie de la station d'INA -
Relevés des pluviomètres et des pluviographes
du bassin du TIAPALOU pour l'année 1961

ANNEXE II - Relevés INA - TIAPALOU 1962

ANNEXE III - Relevés INA - TIAPALOU 1963

V

**Caractéristiques des Bassins
de WENOU et de GORI BOUNIEROU**

B - BASSINS du DODOU

CHAPITRE V

CARACTERISTIQUES des BASSINS de WENOU et de GORI-BOUNIEROU

5.1 - SITUATION GENERALE -

Le DODOU, appelé TOROCHARI dans son cours supérieur, est, comme le TIAPALOU, un affluent de rive gauche du YEROU-MARO.

Le bassin principal, dont le centre est à 25 km à vol d'oiseau au Sud d'INA, couvre une surface de 119,8 km² (d'après les photos aériennes au 1/54 000^e n° 160-161-162 et 208-209-210 de la Mission 002, NC 31 IX TOGO 1949). Il est limité à l'aval par la station de GORI BOUNIEROU, qui lui donne son nom. Cette station est installée 20 km à l'aval de la source, au pont du DODOU sur la route joignant N'DALI à DJOUGOU en saison sèche.

Les coordonnées géographiques de ce bassin vont de 9° 43 à 9° 49 de latitude Nord et de 2° 33 à 2° 43 de longitude Est. Sa plus grande longueur est de 21 km (suivant la direction NNE-SSO) et sa plus grande largeur de 10 km (suivant la direction NNO-SSE). Sa forme est donc assez allongée et son indice de compacité ($K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$) est de 1,36.

Le bassin amont, appelé bassin de WENOU, a une superficie de 33,4 km². Le DODOU ou TOROCHARI a déjà parcouru 9,7 km à la station de mesure installée sur la route reliant WENOU à TAMAROU.

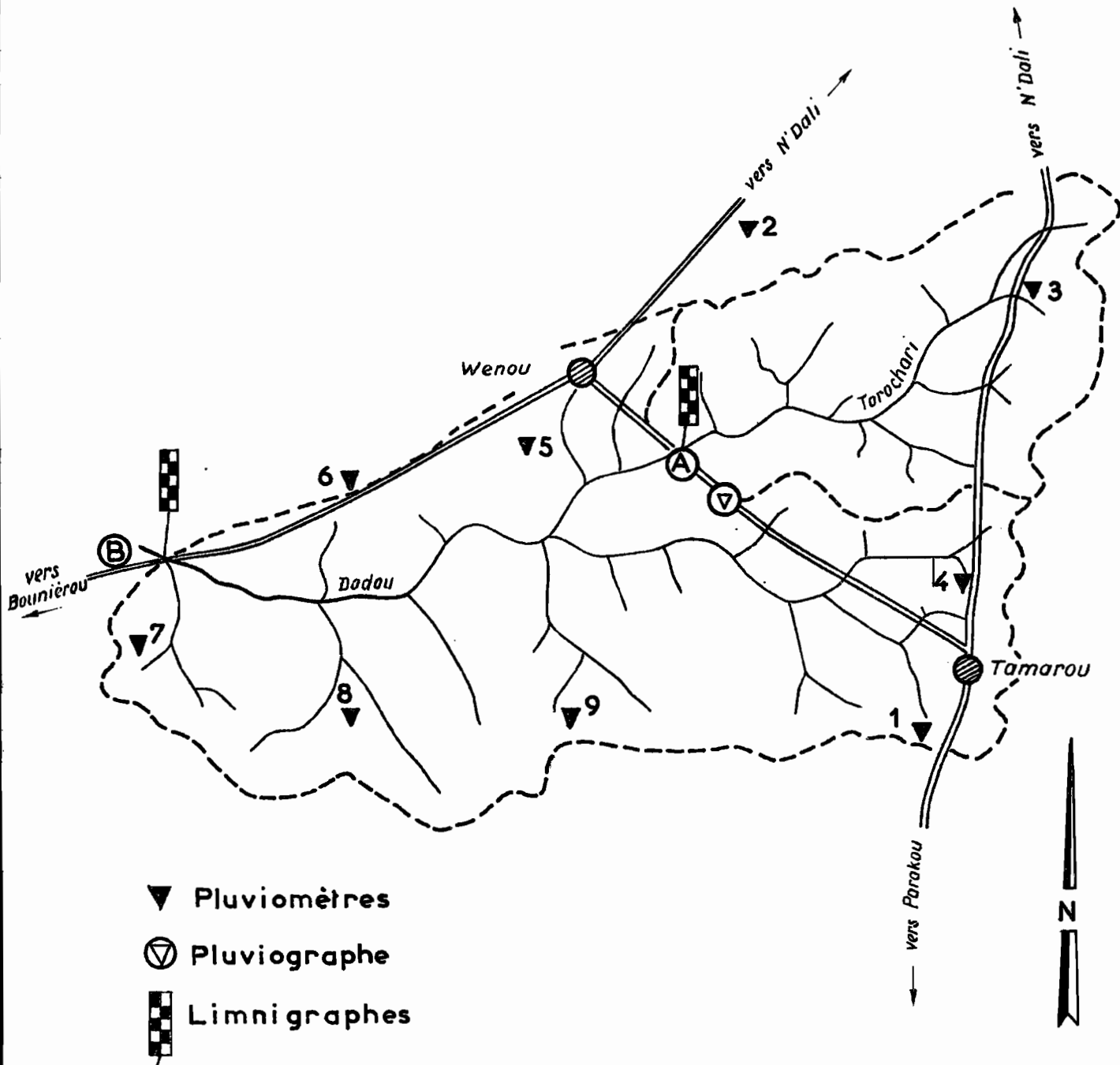
Il est de forme plus ramassée avec un coefficient de compacité de 1,26 (donc légèrement supérieur à celui du TIAPALOU).

BASSINS VERSANTS du DODOU

A: Bassin du Dodou à Wenou

B: Bassin du Dodou à Gori Bounierou

Echelle : 1/108.000



5.2 - Relief et Hydrographie

Toutes les données concernant le relief sont présentées sous forme de tableaux ci-dessous :

	Bassin amont	Bassin principal
Altitude du point culminant	410	410
" du point le plus bas	335	300
" moyenne	375	355

Les répartitions hypsométriques des deux bassins sont les suivantes :

Altitude	410	400	360	335	320	300
A_{II}	0	1,3	24,6	33,4		
A_V	0	1,3	55,7		111,3	119,8
Surface						
A_{II}	0	4,1	77,4	100		
A_V	0	1,1	46,5		92,9	100

Ce tableau met en évidence un relief peu accentué, 92 % de la surface du bassin principal est comprise entre 320 et 400 m d'altitude, la portion de surface supérieure à 400 m est infime.

Le réseau hydrographique est formé d'un chevelu de petits ruisseaux intermittents. Le DODOU a un thalweg très évasé avec un lit mineur peu marqué. La pente moyenne qui est de 7,5 m/km dans le cours supérieur s'abaisse à 3 m/km pour la portion aval. En amont immédiat de la station de GORI BOUNIEROU, la pente est même inférieure à 2 m/km. Pente faible et lit peu marqué expliquent la présence de zones marécageuses herbeuses, zones de débordement du DODOU en période de crue.

5.3 - Géologie et pédologie

La quasi-totalité du bassin appartient, comme le bassin du TIAPALOU, au batholite granitique de PARAKOU. De larges affleurements de granite calco-alcalin s'observent le long de la route allant de WENOU à GORI BOUNIEROU. Seule, une très faible partie du bassin, correspondant aux environs immédiats de la station aval, repose sur du gneiss. Il s'agit d'un gneiss à biotite, rattaché au groupe pétrographique de KANDI.

Ainsi les bassins du TIAPALOU et du DODOU reposent sur un substratum identique et leurs sols, bien que malheureusement aucune étude pédologique n'ait été faite pour le DODOU, semblent être sensiblement les mêmes.

5.4 - Végétation

La forêt classée de N'DALI couvre entièrement le bassin supérieur du DODOU. Elle est formée d'une savane boisée très dense, entre les karites de 5 - 6 mètres de haut poussent de nombreux arbustes ; de plus, les graminées prennent un grand développement en saison des pluies. L'ensemble de cette végétation freine considérablement tout ruissellement sur la partie amont. Une galerie forestière assez développée existe sur le DODOU en amont de la station de WENOU, elle fait place en aval à une importante bananeraie.

D'une façon générale, tout le bassin aval est recouvert d'une savane beaucoup plus claire, mais on trouve de place en place quelques îlots forestiers. Ainsi, à DANKOUROU, au Sud-Ouest de WENOU, subsistent des lambeaux de forêt primitive donnant une végétation très fournie avec des arbres dépassant vingt mètres de haut et de nombreuses plantes épiphytes.

La politique de regroupement des villages le long des pistes principales permet à la savane de regagner les anciens champs qui existaient près des villages du Sud du bassin, aujourd'hui abandonnés ; mais de nouvelles zones de cultures ont été créées. On note ainsi le long des routes partant vers TAMAROU ou GORI BOUNIEROU de nombreuses cultures de maïs et d'igname. La pratique des champs collectifs, très développée dans le Nord DAHOMEY chez les Baribas, a provoqué un défrichement intense et à côté des champs en jachères s'étendent de magnifiques plantations d'anacardium.

Les caractéristiques climatiques de la station d'INA sont représentatives de toute la région et s'appliquent aux bassins du DODOU.

Nous reviendrons sur le régime pluviométrique au chapitre suivant.

VI
Campagne 1963

CHAPITRE VI

CAMPAGNE 1963

6.1 - EQUIPEMENT des BASSINS du DODOU et ETALONNAGE des STATIONS -

Les bassins ont été reconnus, à la fin Juillet, par MM. BOUCHARDEAU et SIRCOULON.

L'installation des appareils, qui a commencé immédiatement, a été facilitée par le ralentissement des précipitations pendant cette période et la quasi absence d'écoulement du DODOU (l'écoulement est nul à la station amont et de quelques litres/seconde seulement à la station aval qui est la station principale).

6.1.1 - Equipement pluviométrique

L'ancien pluviographe B de TIAPALOU a été placé au centre du bassin principal, sur la route reliant WENOU à TAMAROU, le 3 Août. Neuf pluviomètres ont été implantés régulièrement sur l'ensemble du bassin, soit à proximité des routes, soit le long de la piste desservant les anciens villages de YOUDI-GA, SASSO et KOKOU (carte au 1/200 000^e de PARAKOU).

Les observations pluviométriques couvrent la totalité du bassin à partir de l'averse du 3 Août.

Deux agents hydrologues dahoméens habitaient à WENOU pendant tout l'hivernage. Les pluviomètres ont été relevés tous les matins, à bicyclette, parfois deux fois par jour si les circonstances l'exigeaient.

Le premier agent relevait les appareils 1, 2, 3, 4 et le pluviographe, le second les appareils 5, 6, 7, 8, 9, et chacun d'eux, en outre, était chargé de la surveillance d'un limnigraphe.

6.1.2 - Equipement limnimétrique et étalonnage de la station de WENOU
(Bassin amont)

La station de mesure a été installée au pont, sur la route WENOU-TAMAROU. Le DODOU s'écoule normalement par 2 buses de un mètre de diamètre. Le 2 Août, une échelle limnimétrique a été placée à l'amont, sur la rive droite, le zéro de l'échelle correspondant au niveau inférieur des buses. Le même jour, était mis en service un limnigraphe OTT, type X, à rotation de 24 heures, placé également à l'amont, mais sur la rive gauche.

Deux manoeuvres, recrutés à WENOU, avaient débroussaillé le cours amont jusqu'à la galerie forestière.

Pendant toute la campagne, la feuille du limnigraphe était changée chaque matin et une lecture de contrôle était effectuée en plus chaque après-midi.

14 jaugeages ont été effectués à l'aval des deux buses pour des cotes allant de 0,25 à 0,83 m (l'écoulement commence à $H = 0,20$ m), correspondant à des débits de 0,013 à 1,80 m³/s.

Liste des jaugeages :

N°	Date	Hauteur en m	Débit en m ³ /s	N°	Date	Hauteur en m	Débit en m ³ /s
1	20/8	0,25	0,013	8	9/9	0,83	1,80
2	21/8	0,335	0,128	9	24/9	0,585	0,820
3	21/8	0,415	0,314	10	28/9	0,605	1,03
4	24/8	0,48	0,492	11	4/10	0,76	1,68
5	1/9	0,69	1,33	12	7/10	0,715	1,41
6	1/9	0,775	1,47	13	19/10	0,575	0,900
7	3/9	0,56	0,82	14	3/11	0,37	0,192

Au-dessus d'un mètre à l'échelle, tout jaugeage devenant impossible, aussi bien en amont qu'en aval, nous avons appliqué une formule théorique d'hydraulique (cf. Manuel d'Hydraulique Générale de H. LENCASTRE). Le débit écoulé dans chaque buse peut se mettre, en tenant compte de la vitesse initiale, sous la forme

$$Q = \mu S \sqrt{2g \left(h + \frac{U^2}{2g} \right)}$$

S représente la surface d'entrée de la buse, de diamètre égal à 1 mètre,

μ est un coefficient de débit d'aqueduc dont la valeur est de 0,77 pour une longueur de buse de 5,30 m.

h est la différence des cotes de la surface libre en amont et en aval.

U est la vitesse initiale.

La hauteur maximale atteinte est de 1,60 m le 2 Octobre, avec une vitesse en amont des buses non négligeable car supérieure à 1 m/s. A l'aval, l'eau affleure le bord supérieur de l'orifice des buses.

Pour une telle hauteur, le débit fourni par chaque buse est :

$$Q = 2,39 \text{ m}^3/\text{s} \quad (U = 2, \quad h = 0,60)$$

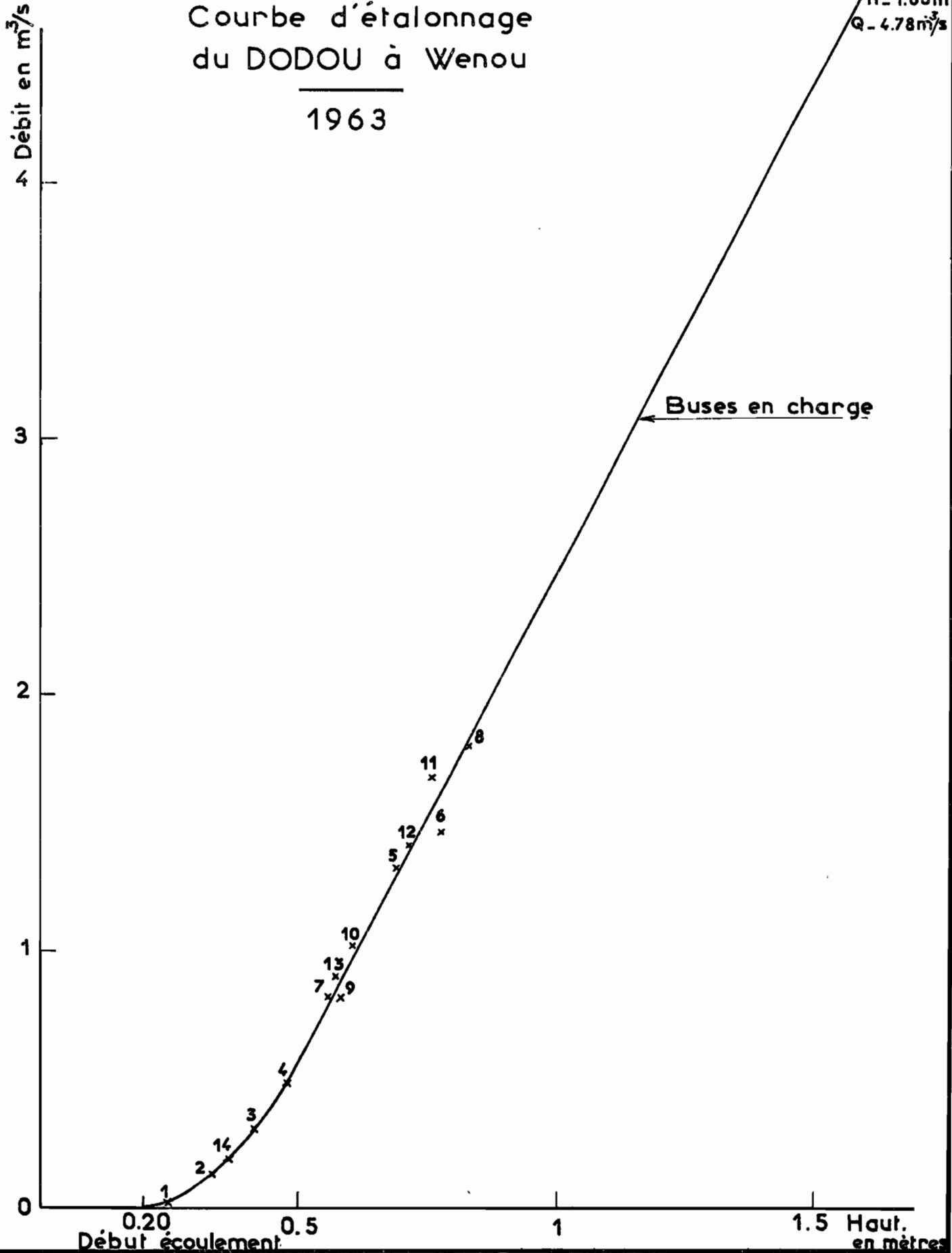
Soit un débit total de 4,78 m³/s pour 1,60 m à l'échelle.

Ce point ainsi calculé a permis l'extrapolation de la courbe de tarage au delà du dernier jaugeage effectué, pour les débits correspondant aux buses en charge.

Gr. 29

Courbe d'étalonnage du DODOU à Wenou 1963

H - 1.60m
Q - 4.78 m³/s



ORSTOM

A₀

DATE:

DESSINÉ:

DAH. 141. 121

6.1.3 - Equipement limnimétrique et étalonnage de la station de GORI-BOUNIEROU

Le DODOU ayant au cours de la saison des pluies de 1962 emporté le pont de la route WENOU - GORI-BOUNIEROU, les Travaux Publics de PARAKOU ont refait, début 1963, un nouvel ouvrage.

Le cours d'eau s'écoule par 2 buses d'un mètre de diamètre et, lorsque le niveau de l'eau atteint 0,55 m à l'échelle, par 2 autres buses de même diamètre situées légèrement en retrait.

Le 31 Juillet, une échelle limnimétrique, formée de deux éléments émaillés d'un mètre, a été placée à l'amont des buses, sur la rive droite. Le zéro de l'échelle correspond au niveau inférieur des buses.

Un limnigraphe OTT, type X, réduction 1/10, rotation en 32 heures, a été ancré près de l'échelle et a fonctionné à partir du 2 Août à la cote 0,07.

La feuille du tambour était changée chaque matin.

La section de jaugeage se trouve à cinquante mètres en aval environ. Le lit du DODOU a été débroussaillé sur une assez grande largeur, car le débordement est important en hautes eaux.

26 jaugeages (numérotés dans l'ordre chronologique) fournissent un bon étalonnage pour les basses et moyennes eaux (débit variant de 0,082 à 7,80 m³/s pour des hauteurs allant de 0,11 à 1,72 m à l'échelle). Une extrapolation logarithmique a été faite jusqu'à la cote maximale atteinte, soit 2,23 m.

A la cote 2,00 m environ, le DODOU passe par-dessus la route. Cela s'est produit trois fois en 1963. Le limnigraphe a fonctionné correctement bien qu'une partie de la route ait été emportée par les deux dernières crues (H = 2,18 le 2/10 et 2,23 le 12/10).

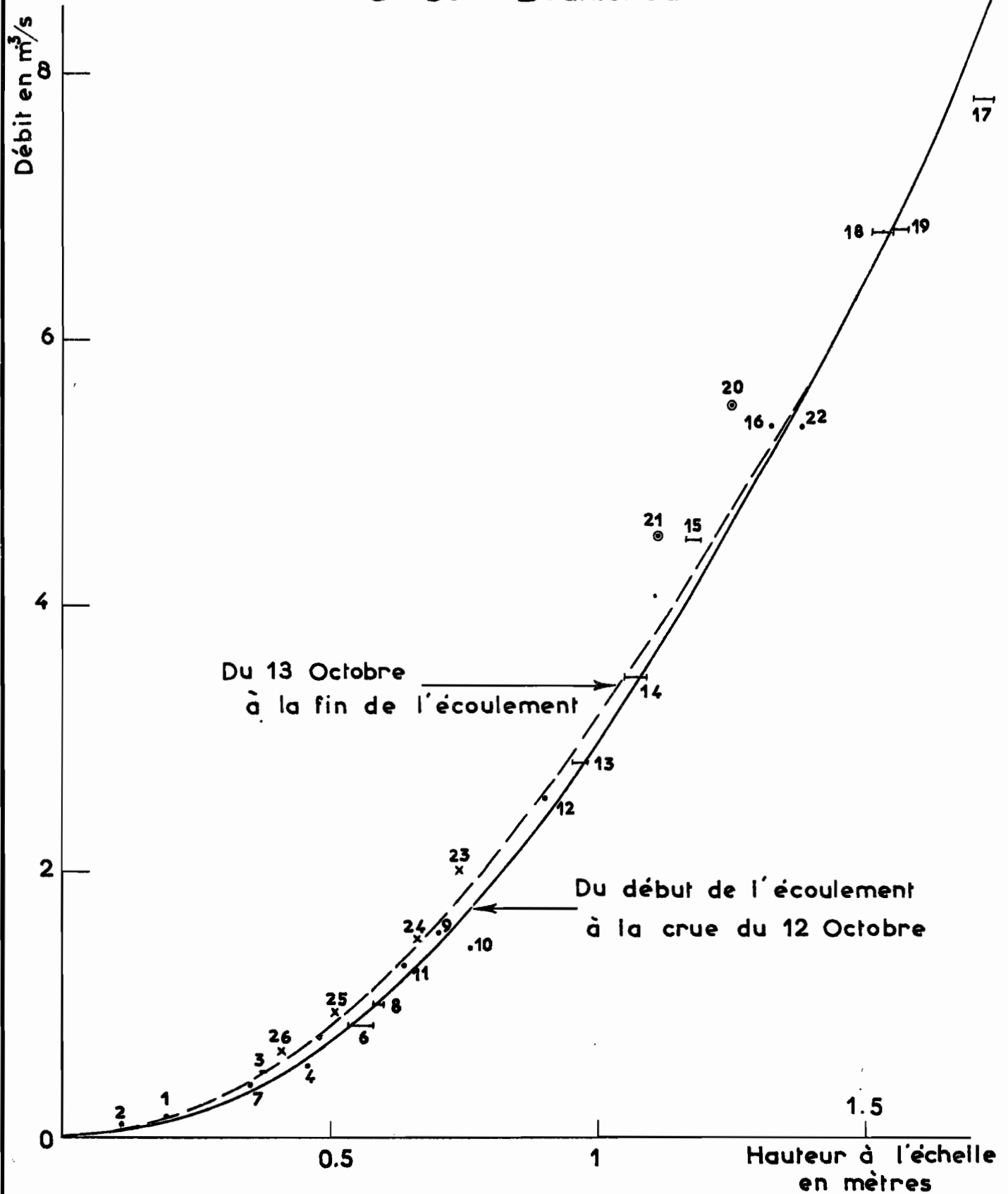
Les jaugeages 23 à 26, jaugeages de basses eaux, permettent un réétalonnage de la partie basse de la courbe après la crue du 12 Octobre : la route a, en effet, perdu de son étanchéité et des infiltrations sont observées après cette date.

Les jaugeages 20 et 21 sont surestimés et nous n'en tiendrons pas compte, en effet les jaugeages 18 et 19 pris sensiblement à la même cote, l'un avant, l'autre après la crue du 2 Octobre, indiquent le même débit, ce qui donne donc un point sûr de la courbe de tarage. D'autre part, le jaugeage 22 donne sensiblement le même résultat que le jaugeage 16.

Liste des jaugeages

N°	Date	Hauteur en mètres	Débit en m ³ /s
1	9/8	0,195	0,151
2	19/8	0,11	0,082
3	21/8	0,37 - 0,38	0,490
4	21/8	0,455	0,532
5	22/8	0,48	0,747
6	22/8	0,53 - 0,58	0,837
7	24/8	0,35	0,387
8	24/8	0,58 - 0,60	1,00
9	25/8	0,70	1,54
10	29/8	0,76	1,41
11	30/8	0,635	1,29
12	1/9	0,90	2,57
13	1/9	0,95 - 0,98	2,81
14	2/9	1,09 - 1,05	3,47
15	5/9	1,19 - 1,16	4,50
16	9/9	1,33 - 1,31	5,33
17	12/9	1,74 - 1,70	7,80
18	12/9	1,55 - 1,51	6,81
19	3/10	1,58 - 1,55	6,82
20	5/10	1,26	5,50
21	8/10	1,11	4,52
22	15/10	1,38	5,35
23	30/10	0,74	2,02
24	2/11	0,66	1,50
25	7/11	0,51	0,940
26	10/11	0,41	0,650

Courbe d'étalonnage du DODOU à Gori Bouniérou



6.2 - PLUVIOMETRIE de l'ANNEE 1963 -

Le réseau pluviométrique ne fonctionne qu'à partir du 2 Août et nous ne disposons donc que de trois mois d'observations (Août, Septembre, Octobre).

Répartition mensuelle

En Août, la répartition des pluies est assez régulière, le Sud du bassin principal reçoit plus de 300 mm, la région de WENOU un peu moins de 250 mm.

En Septembre, la répartition est très hétérogène, le Sud du bassin est particulièrement arrosé avec plus de 400 mm, alors que les environs de WENOU reçoivent moins de 250 mm et ceux de TAMAROU moins de 200 mm ; 181 mm tombent au pluviomètre 1 et 409 mm au pluviomètre 9, à 6,5 km de distance (le 1 se trouvant cependant dans une zone bien dégagée).

En Octobre, la répartition des pluies est bien homogène avec un maximum au Nord de TAMAROU supérieur à 300 mm. Seul le pluviomètre 2 avec 205 mm est défavorisé.

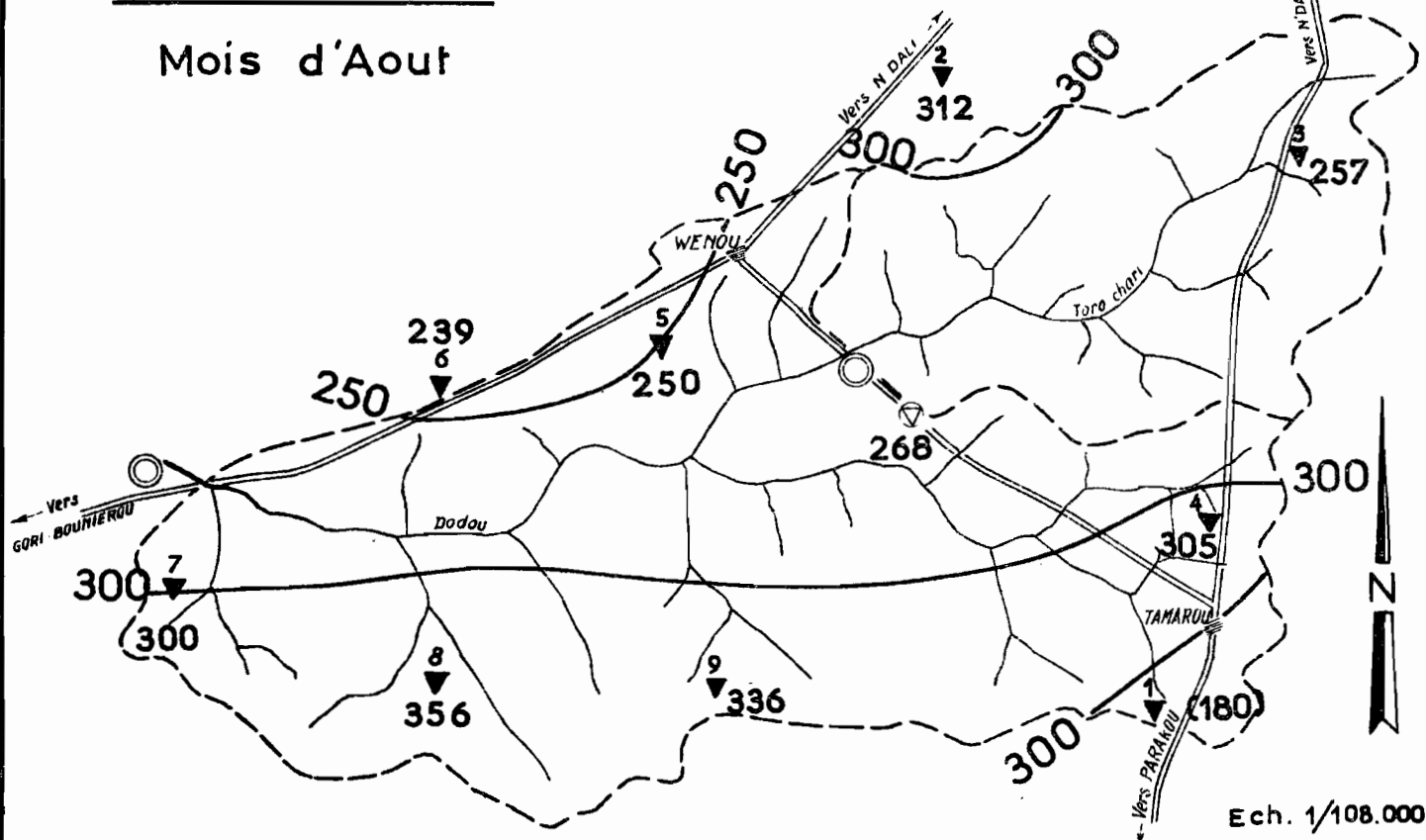
Les isohyètes tracées pour l'ensemble de trois mois montrent (influence de Septembre) que les pluviomètres 7,8,9, placés dans le Sud-Ouest du bassin, totalisent 1000 mm, alors que les environs de WENOU ont bénéficié de moins de 800 mm de pluie.

La comparaison des pluviométries mensuelles respectives à INA, aux bassins du TIAPALOU et du DODOU, fournit le tableau suivant :

Mois	Station d'INA		Bassin TIAPALOU	Bassin du DODOU	
	1963	p. 20 ans		à WENOU	à GORI BOUNIEROU
Août	297	247	310	285	291
Septembre	255	277	242	254	296
Octobre	229	125	331	253	264
Total	781	649	883	792	851

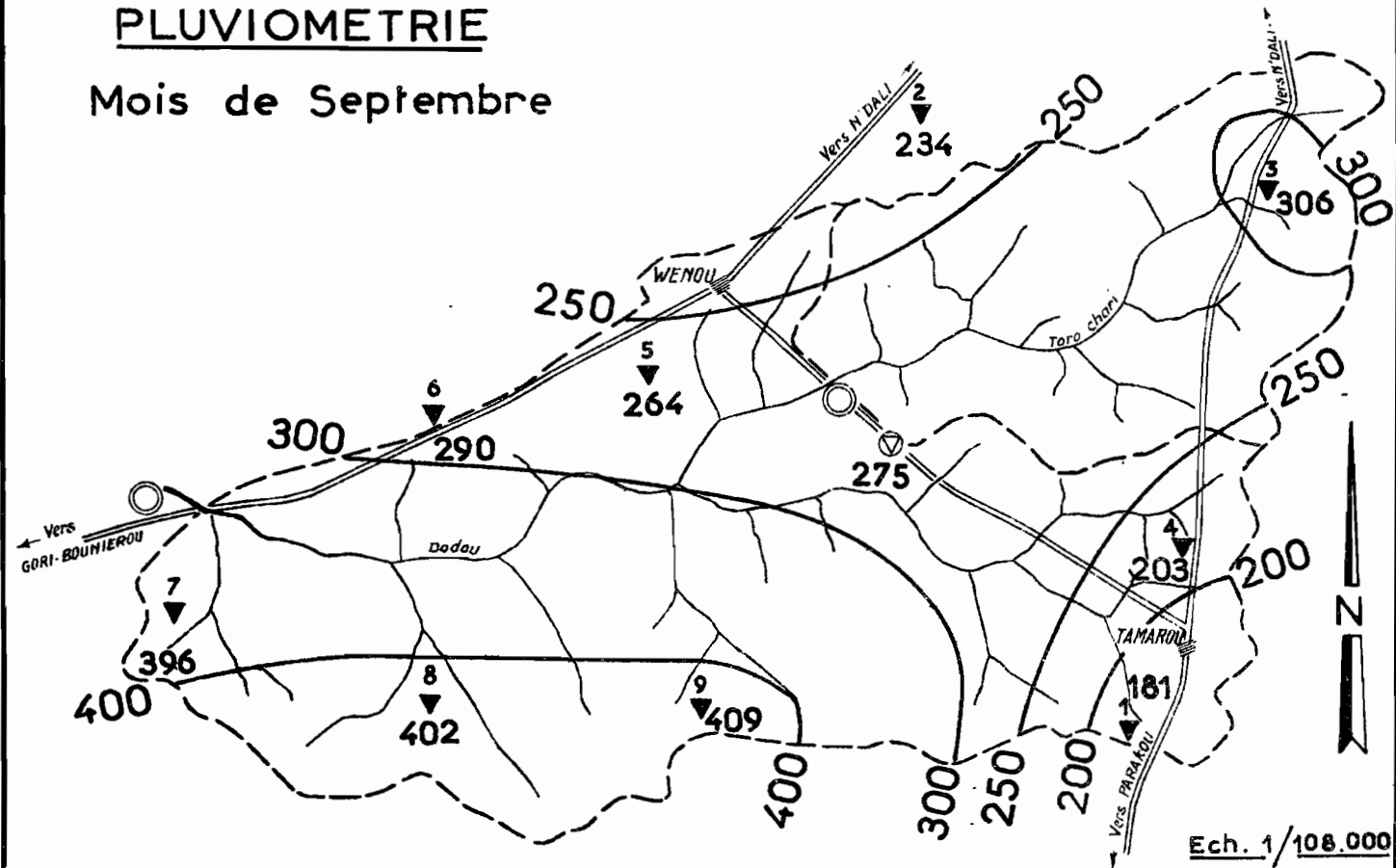
PLUVIOMETRIE

Mois d'Aout



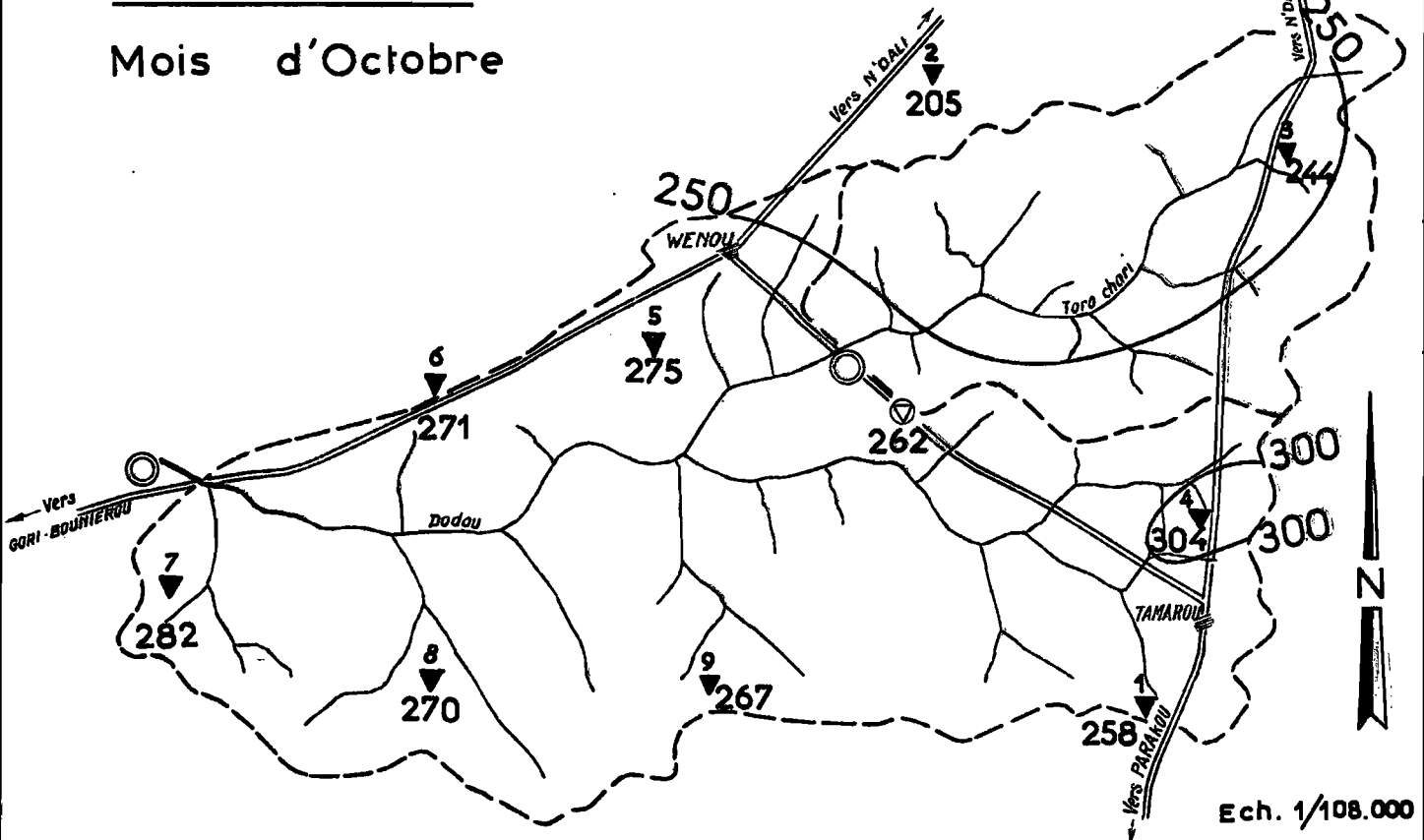
PLUVIOMETRIE

Mois de Septembre



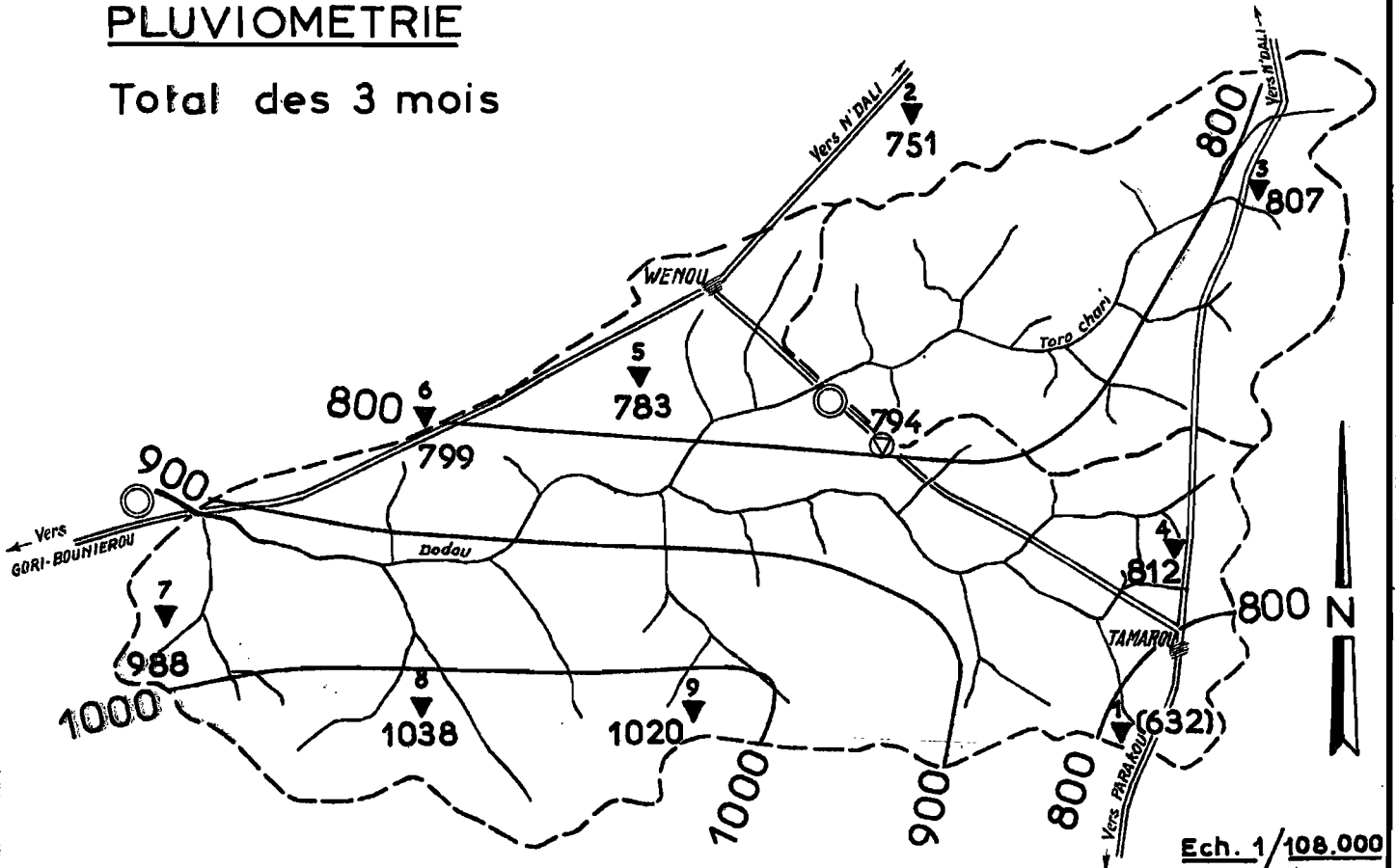
PLUVIOMETRIE

Mois d'Octobre



PLUVIOMETRIE

Total des 3 mois



Le bassin de WENOU est légèrement moins arrosé que le bassin de GORI-BOUNIEROU, surtout en Septembre. Sur ces deux bassins, les mois d'Août et de Septembre sont égaux ou supérieurs à la moyenne établie sur 20 ans à INA, et le mois d'Octobre est deux fois plus arrosé, sans atteindre toutefois la valeur du bassin de TIAPALOU (la partie Est de ce bassin est très excédentaire, les pluviomètres 12 et 15 recevant 409 et 463 mm, alors qu'il ne tombe que 257 mm au pluviographe).

La hauteur de pluviométrie moyenne pour la période allant du 1.1.1963 au 31-7-1963 est de 585 mm à INA et de 612 mm sur le bassin du TIAPALOU.

On peut donc admettre que le bassin principal du DODOU a reçu 600 mm environ pendant cette même période.

Pour l'année toute entière, la pluviométrie moyenne est ainsi estimée à 1450 mm, alors que la moyenne interannuelle doit être de l'ordre de 1300 mm.

Averses

Les averses journalières supérieures à 20 mm se répartissent ainsi suivant leur hauteur moyenne :

Bassin de WENOU

Mois	20 à 30 mm	30 à 40 mm	40 à 50 mm	50 à 60 mm	60 à 70 mm	70 à 80 mm	80 à 90 mm	90 à 100 mm
Août	2	2						
Septembre	3	3		1				
Octobre	2				1	1		

Bassin de GORI-BOUNIEROU

Mois	20 à 30 mm	30 à 40 mm	40 à 50 mm	50 à 60 mm	60 à 70 mm	70 à 80 mm	80 à 90 mm	90 à 100 mm
Août	2		1					
Septembre	3	2		2				
Octobre	2				1			1

En comparant le nombre d'averses, de différentes hauteurs moyennes, à celles du TIAPALOU pendant la même période, on obtient le tableau ci-après :

Bassin	> 20mm	> 30 mm	> 40 mm	> 50 mm	> 60 mm	> 70 mm	> 80 mm	> 90 mm
TIAPALOU	18	11	5	2	1			
WENOU	15	8	3	3	2	1		
GORI-BOUNIEROU	14	7	5	4	2			1

Cette comparaison est évidemment grossière puisque les trois bassins ont des superficies très différentes. Elle montre cependant que les averses, de hauteur moyenne supérieure à 50 mm, sont plus nombreuses sur les bassins du DODOU.

La plus forte averse observée, celle du 12 Octobre, donne une hauteur moyenne de 93,4 mm pour le bassin principal, avec un maximum ponctuel de 123,6 mm au pluviomètre 8 (5 pluviomètres recueillent plus de 100 mm) et un coefficient d'abattement de 76 %. Rappelons qu'à INA, l'averse ponctuelle de fréquence décennale est évaluée à 120 mm. Cette valeur doit avoir une fréquence inférieure à 1/5 ans. Une averse ponctuelle quinquennale de 105 mm donnerait avec un coefficient d'abattement de 85 % : 89,2 mm et une averse ponctuelle décennale de 120 mm donnerait avec un coefficient d'abattement de 85 % : 102 mm.

Les plus forts coefficients observés sont de 83 % les 11 Septembre et 2 Octobre. Ils correspondent à des averses homogènes couvrant une très grande surface puisqu'elles donnent de fortes valeurs également sur le bassin du TIAPALOU.

Date	TIAPALOU		WENOU		GORI-BOUNIEROU	
	\bar{P}	K %	\bar{P}	K %	\bar{P}	K %
11/9	39,7	86	36,4	82	35,9	83
2/10	52,8	81	68,0	92	61,7	83

De façon générale, toutes les fortes pluies sont communes aux bassins du DODOU et du TIAPALOU. Mais, à la fin de l'hivernage, se produisent des tornades plus localisées, ainsi la tornade du 21 Octobre donne 60,7 mm de pluie moyenne sur le TIAPALOU et moins de 10 mm sur le bassin du DODOU.

Sur le bassin de WENOU, l'averse du 12 Octobre donne une hauteur moyenne de 73,6 mm avec un maximum ponctuel de 79 mm seulement, mais un coefficient d'abattement de 93 %.

L'averse du 2 Octobre vient ensuite avec une hauteur moyenne de 68,0 mm et un coefficient d'abattement de 93 %.

Ces deux averses, bien que présentant des maximums ponctuels relativement peu élevés présentent, grâce à leur homogénéité sur le bassin, une hauteur moyenne supérieure à celle correspondant à la fréquence annuelle (celle-ci donnerait, avec un maximum ponctuel de 73 mm et un K de 80 %, 58 mm); elles provoquent les deux plus fortes crues.

En définitive, la pluviométrie semble être largement excédentaire sur les bassins du DODOU avec :

- un total annuel évalué à 1450 mm contre 1325 mm en année moyenne (station d'INA),
- une répartition mensuelle excédentaire, particulièrement en Octobre.
- des averses de hauteur moyenne élevée.

6.3 - DESCRIPTION des AVERSES et des CRUES

A la station principale de GORI-BOUNIEROU, un écoulement très faible de quelques dizaines de litres s'observe lors de la reconnaissance du bassin le 24 Juillet. Ce faible débit provient du bassin résiduaire. Le 10 Août, une pluie de 18,5 mm de moyenne, intéressant surtout l'aval du bassin, permet un gonflement du débit à 140 l/s et à la station de WENOU dans le lit jusque là totalement à sec, un léger écoulement remplit une mare immédiatement à l'aval de la station. Ce n'est en définitive qu'à partir du 21 Août qu'un véritable écoulement s'installe.

26 averses et leurs crues correspondantes seront étudiées dans ce paragraphe. Leurs caractéristiques principales se trouvent dans les deux tableaux qui suivent.

Sur ces tableaux, les symboles ont la même signification que pour le TIAPALOU, sauf I_H qui est calculé par la formule :

$$\sum \frac{P_i}{t_i} \quad \text{et non} \quad \sum \frac{P_i}{t_i 0,5}$$

En outre, I_H a été calculé à partir du 1er Août seulement, de sorte que les 2 ou 3 premières valeurs sont probablement un peu faibles.

Nous donnons ci-après une courte description des principales averses de l'année 1963.

Averse du 21 Août - n° 1

Cette averse est de longue durée (plus de huit heures) et à faible intensité, excepté une pointe de 66 m/h en 5 mn au pluviographe.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 44,4 \text{ mm}$$

$$P_m = 88,1 \text{ mm}$$

La répartition de la pluie est homogène. La crue résultante (premier écoulement notable de l'année) a un temps de montée très long. Le K_R est de 1 % seulement, les conditions de saturation étant très médiocres.

CARACTERISTIQUES des AVERSES et des CRUES du DODOU à MENOU

(B.V. = 33,4 km²)

N°	Date	P _{max}	P _{moy}	k _S	t _i	V _P 10 ³	T _b	T _n	T _p	V _R + H:K _R + H: 103	Q _o	Q _M	I _H	
1	21/8	44,4	38,1	85		1272,5	37	11 h.00	15 h.30	14,2	1,1	0,110	0,320	14,4
2	24/8	47,3	31,6	67	3,2	1055,4	40	10 h.00	10 h.05	22,2	2,1	0,110	0,530	26,0
3	27/8	28,0	22,8	81	3,3	761,5	(36)	9 h.10	9 h.00	12,9	1,7	0,140	0,500	24,2
4	28/8	35,8	24,6	69	0,9	821,6	(42)	10 h.20	11 h.00	20,4	2,5	(0,235)	0,500	47,3
5	1/9	65,0	53,4	82	3,4	1783,6	34	11 h.20	11 h.25	64,0	3,6	0,230	1,68	27,1
6	2 - 3/9	18,1	14,2	78	1,5	474,3	34	15 h.20	15 h.25	16,3	3,4	0,530	0,810	54,6
7	4/9	46,7	34,3	73	1,7	1145,6	36	?	?	75,7	6,6	0,530	1,91	24,9
8	9/9	55,5	38,0	68	5,7	1269,2	36	11 h.20	11 h.55	66,3	5,2	0,630	1,80	22,2
11	14/9	28,8	17,0	59	2,9	567,8	(33)	10 h.50	11 h.05	67,1	11,8	(1,04)	2,36	45,2
12	17/9	26,3	21,0	80	3,3	701,4	33	10 h.50	10 h.40	55,5	7,9	0,995	1,91	31,9
13	21/9	24,7	18,3	74	3,8	611,2	30	10 h.00	10 h.30	36,9	6,0	0,700	1,45	30,8
14	22/9	36,0	20,1	56	1,3	671,3	30	11 h.30	11 h.30	70,2	10,5	0,780	2,29	26,5
15	27/9	39,8	27,3	69	4,6	911,8	32	9 h.20	9 h.00	90,4	9,9	0,640	2,52	23,9
16	29/9	13,3	3,5	26	2,5	116,9	11	2 h.30	2 h.30	4,1	3,5	0,920	1,15	34,0
17	1/10	38,7	24,0	62	1,4	801,6	(28)	9 h.40	9 h.40	35,1	4,4	0,780	1,60	24,4
18	2/10	73,7	68,0	92	1,0	2271,2	47	8 h.50	8 h.40	223,8	9,9	0,920	4,51	45,2
19	5/10	6,8	5,2	76	3,0	173,7	23	6 h.00	?	9,6	5,5	1,30	1,49	47,9
20	6/10	23,4	8,5	36	1,0	283,9	28	8 h.15	8 h.15	25,6	9,0	1,19	1,68	44,4
21	10/10 M	10,6	6,2	58	3,6	207,1	(23)	5 h.30	8 h.00	6,5	3,1	0,810	0,995	23,2
22	10/10 S	21,6	8,5	39	0,4	283,9	(26)	7 h.30	?	10,5	3,7	0,845	0,940	22,5
23	12/10	78,9	73,6	93	1,3	2458,0	47	7 h.10	6 h.45	280,1	11,4	0,640	4,78	30,7
24	16/10	33,0	21,6	65	4,7	688,0	33	10 h.40	?	39,9	5,8	1,22	1,98	28,1
9	11/9	43,9	36,4	83	2,1	1215,7	(63)	11 h.10	11 h.15	(245,4)	(14,3)	0,670	2,91	41,5
10	12/9	24,0	14,9	62		497,7		-	?				2,55	

n° 6 : crue hypodermique

n° 7 : 2 maximums

n° 9 - 10 : crues composées

n° 16 - 19 - 20 - 21 - 22 : ruissellement partiel

CARACTERISTIQUES des AVERSES et des CRUES du DODOU à GORI BOUNIEROU

(B.V. = 119,8 km²)

N°	Date	P _{max}	P _{moy}	k %	t _i	V _P ¹⁰³	T _b	T _{ri}	V _R ^{+H} 10 ³	K _R + H	Q _o	Q _M
1	21/8	76,0	48,1	63		5762	(
1 bis	22/8	36,2	18,9	52	1,0	2264	) 90 h		(139,0	(2,4	0,060	1,05
2	24/8	47,3	28,5	60	2,2	3414	80	14 h.00-26 h.00	135,7	4,0	0,380	1,54
3	27/8	28,0	18,3	65	3,3	2192	(
4	28/8	35,8	24,0	67	0,9	2875	) 110		(209,7	(4,2	0,560	1,90
5	1/9	70,7	51,9	73	3,4	6218	(
6	2-3/9	37,5	18,8	50	1,5	2252	) 104	15 h.40-27h.10	(442,4	(5,0	0,850	4,16
7	4/9	46,7	32,4	69	1,7	3880	96	18 h.20-26h.40	182,7	4,7	2,30	4,44
8	9/9	83,5	53,0	63	5,7	6350	64	12 h.00-34h.00	370,8	5,8	2,38	5,45
9	11/9	43,9	35,9	82	2,1	4300	(
10	12/9	35,9	20,7	58	1,0	2480	) 68	9 h.30	(676,1	(5,0	3,35	12,6
11	14/9	29,4	18,2	62	1,9	2180	56	3h.30 -(25h00)	220,3	10,1	4,40	8,62
12	17/9	26,3	18,2	69	3,3	2180	64	17 h.00	167,4	7,7	3,25	4,86
12 bis	20/9	14,9	6,5	44	2,8	780	28		34,6	4,6	2,75	3,30
13	21/9	24,7	18,2	74	1,0	2180	68	4 h.50-24h.00	118,8	5,4	2,70	3,55
14	22/9	35,8	21,6	60	1,3	2588	80	4 h.00-26h.00	201,2	8,0	3,25	4,08
15	27/9	39,8	21,2	53	4,6	2540	(80)	22 h.00	239,0	9,4	2,30	4,37
16	29/9	13,5	5,5	41	2,5	660			43,2	6,6	-	2,65
17	1/10	38,7	24,1	62	1,4	2888	(64)	4 h.30-(18h00)	213,8	7,4	2,25	3,85
18	2/10	74,2	61,7	83	1,0	7392	82	20 h.00	1170	15,8	3,80	14,6
19	5/10	7,2	5,7	79	3,0	683			-	-	-	-
20	6/10	23,4	11,6	50	4,0	1390	45	7 h.10	102,6	7,4	4,45	5,45
21	10/10	13,2	8,8	67	3,6	1054	(
22		21,6	6,9	32	0,4	827	) 40		(46,8	(2,4	3,30	3,88
23	12/10	123,6	93,4	76	1,3	11 190	79	6 h.45-12h.45	1332	12,0	3,05	15,6
24	16/10	33,5	21,4	64	4,7	2564	62	20 h.00	226,8	8,8	5,40	7,48

n° 1 - 1 bis, 3 - 4, 5 - 6, 9 - 10, 21 - 22 : crues composées

n° 12 bis - 16 - 20 - 21 - 22 : ruissellement partiel

n° 19 : pas d'écoulement

Bassin de GORI-BOUNIEROU

$$P_{\max} = 76,0 \text{ mm}$$

$$P_m = 48,1 \text{ mm}$$

L'épicentre de la pluie est sur le Sud-Est du bassin, nettement plus arrosé, il ruisselle davantage que le bassin amont. Le débit s'élève progressivement à 700 l/s, puis la crue reste étale jusqu'à l'apport de l'amont. 14 heures plus tard, la décrue s'amorce ensuite rapidement.

Averse du 22 Août - 1 bis

L'averse est très hétérogène et intéresse surtout l'aval du grand bassin.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 16,1 \text{ mm}$$

$$P_m = 9,1 \text{ mm}$$

Le bassin est très peu arrosé et il ne se produit aucun ruissellement.

Bassin de GORI-BOUNIEROU

$$P_{\max} = 36,2 \text{ mm}$$

$$P_m = 18,9 \text{ mm}$$

Le Sud-Ouest du bassin est assez arrosé, seul le bassin résiduaire ruisselle. Le débit augmente rapidement, alors que la décrue du 21 n'est pas achevée. Le débit maximal est de 1,05 m³/s. Le coefficient de ruissellement global pour les crues 1 et 1 bis est de 2,4 %.

Averse du 24 Août - n° 2

Elle est très hétérogène, mais d'assez courte durée. Le corps de l'averse dure 25 minutes et représente 75 % de l'ensemble.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 47,3 \text{ mm}$$

$$P_m = 31,6 \text{ mm}$$

L'épicentre de la pluie est sur le pluviographe qui enregistre une pointe de 132 mm/h en 5 minutes. L'averse 1 bis a amélioré les conditions de saturation et le ruissellement est plus important que le 21 Août :

$$K_R = 2,1 \%$$

$$Q_{\max} = 0,530 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bassin de GORI-BOUNIEROU

$$P_{\max} = 47,3 \text{ mm}$$

$$P_m = 28,5 \text{ mm}$$

Le bassin résiduaire est moins arrosé. Le temps de montée jusqu'au maximum principal ($Q = 1,54 \text{ m}^3/\text{s}$) est de 14 h.30, l'apport de l'amont provoque un second maximum à peine plus faible que le précédent (l'onde de crue arrive 16 h.30 après le maximum à WENOU). Le coefficient de ruissellement est de 4 %, il provient principalement du centre et de la partie amont.

Averse du 27 Août - n° 3

Cette averse est brève, à fortes intensités (dépassant 100 mm/h), hétérogène, affecte le centre du bassin principal.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 28,0 \text{ mm}$$

$$P_m = 22,8 \text{ mm}$$

$K_R = 1,7 \%$. $t_i = 3$ jours, le débit maximal n'est que de $0,500 \text{ m}^3/\text{s}$ et le

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 28,0 \text{ mm}$$

$$P_m = 18,3 \text{ mm}$$

Le ruissellement est faible, les terrains s'étant fortement ressuyés.

Averse du 28 Août - n° 4

Averse très hétérogène, avec 2 épïcètres aux pluviomètres 2 et 8. Le diagramme des intensités est très irrégulier, nombreuses pointes d'intensités assez fortes séparées par des instants où il ne pleut pratiquement pas.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 35,8 \text{ mm}$$

$$P_m = 24,6 \text{ mm}$$

Bien que le diagramme de l'averse soit peu favorable au ruissellement, le sol humidifié par l'averse de la veille permet à celui-ci d'être plus fort que la veille. Le volume ruisselé est de $20\,000 \text{ m}^3$ contre $13\,000 \text{ m}^3$.

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 35,8 \text{ mm}$$

$$P_m = 24,0 \text{ mm}$$

L'averse survient au moment où parvient à la station aval l'onde de crue de WENOU de la veille. La montée de la crue est donc très rapide, le débit maximal est de $1,90 \text{ m}^3/\text{s}$. La décrue est lente et marque un palier d'une demi-journée correspondant à l'arrivée du ruissellement de la partie amont. Le coefficient de ruissellement global des crues 3 et 4 est de 4,2 % et le volume ruisselé de $210\,000 \text{ m}^3$.

Averse du 1er Septembre - n° 5

Averse assez homogène, épïcentre au Sud de TAMAROU. La pluie dure 4 heures avec des pointes supérieures à 30 mm/h .

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 65,0 \text{ mm}$$

$$P_m = 53,4 \text{ mm}$$

Le bassin est très arrosé, mais le sol est médiocrement saturé ($I_H = 27,1$), $Q_M = 1,68 \text{ m}^3/\text{s}$ et $K_R = 3,6 \%$.

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 70,7 \text{ mm}$$

$$P_m = 51,9 \text{ mm}$$

Le ruissellement est important, la crue rapide au début, puis marquant un net ralentissement, reprend avec l'arrivée du flot amont. (Temps de propagation 15 h.30) et le débit maximal atteint est de $4,16 \text{ m}^3/\text{s}$.

Averse du 2 - 3 Septembre - n° 6

Elle affecte principalement la partie Sud du bassin principal et le pluviogramme enregistré est peu représentatif.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 18,1 \text{ mm}$$

$$P_m = 14,2 \text{ mm}$$

Le bassin est très peu arrosé et la crue qui en résulte est uniquement hypodermique avec un temps de montée de 15 h.20 (le temps de montée correspondant au ruissellement pur est de 10 heures environ pour les crues précédentes).

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 37,5 \text{ mm}$$

$$P_m = 18,8 \text{ mm}$$

Le bassin résiduaire est nettement plus favorisé par l'averse. Le ruissellement, assez lent, interrompt la décrue provenant de l'averse n° 5 et le débit présente un palier de presque toute une journée. Le ruissellement entre les 2 crues n'a pas été séparé, mais la part revenant à la crue n° 5 est prépondérante. Le coefficient de ruissellement global est de 5 %, le volume ruisselé est de 442 000 m³.

Averse du 4 Septembre - n° 7.

Averse peu homogène avec 2 épïcètres sur les pluviomètres 2 et 7. Elle est assez courte avec une intensité initiale de 120 mm/h en 5 minutes.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 46,7 \text{ mm}$$

$$P_m = 34,3 \text{ mm}$$

La crue présente deux maximums, ce qui est difficilement explicable. $Q_m = 1,91 \text{ m}^3/\text{s}$, $K_R = 6,6 \%$.

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 46,7 \text{ mm}$$

$$P_m = 32,4 \text{ mm}$$

L'hydrogramme de crue est semblable à celui du 1/9, montée rapide, palier, puis maximum à 4,44 m³/s, le K_R est de 4,7 %.

Averse du 9 Septembre - n° 8.

La précipitation est hétérogène, centrée sur le Sud du grand bassin. Elle est formée de 2 averses, la première très brève à intensité atteignant 40 mm/h, la seconde survient quatre heures après avec deux corps distincts.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 55,5 \text{ mm}$$

$$P_m = 38,0 \text{ mm}$$

Les faibles pluies tombées les jours précédents ne donnent qu'une saturation médiocre ($I_H = 22,2$) et la crue est plus faible que celle du 4/9.

$$Q_M = 1,80 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_R = 5,2 \%$$

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 83,5 \text{ mm}$$

$$P_m = 53,0 \text{ mm}$$

Le bassin résiduaire est très arrosé et son ruissellement donne le maximum principal ($5,45 \text{ m}^3/\text{s}$), mais par suite de conditions de saturation défavorables, la crue n'est pas très forte. Après une légère décrue, le flot amont donne un maximum secondaire de $5,10 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$K_R = 5,8 \% \text{ correspondant à un volume ruisselé de } 370\,000 \text{ m}^3.$$

Averses des 11 et 12 Septembre n° 9 et 10

Ces averses sont trop rapprochées pour que l'on puisse séparer leurs crues respectives sur aucun des bassins.

L'averse du 11 est assez homogène, très longue, à faibles intensités, elle tombe sur un sol bien humidifié par l'averse n° 8 ($I_H = 41,5$ sur le WIENOU), et donne un ruissellement considérable.

L'averse du 12 rencontre de très bonnes conditions de saturation, elle affecte surtout la partie aval du bassin résiduaire.

Bassin de WIENOU

$$P_{\max} = 43,9 \text{ mm le 11}$$
$$24,0 \text{ mm le 12}$$

$$P_m = 36,4 \text{ mm le 11}$$
$$14,9 \text{ mm le 12}$$

L'hydrogramme de crue donne un débit maximal de $2,91 \text{ m}^3/\text{s}$ pour la pluie du 11, le lendemain l'averse survient alors que la décrue est à peine amorcée et le débit remonte à $2,55 \text{ m}^3/\text{s}$, bien que le bassin amont soit relativement peu arrosé. Le coefficient de ruissellement global est de $14,3 \%$, le volume ruisselé de $245\,000 \text{ m}^3$. Le 13 s'observe un nouveau gonflement correspondant sans doute à un grain très localisé, car aucune pluie n'a été relevée aux pluviomètres.

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 43,9 \text{ mm le 11}$$
$$24,0 \text{ mm le 12}$$

$$P_m = 35,9 \text{ mm le 11}$$
$$20,7 \text{ mm le 12}$$

L'averse du 11 donne, grâce au ruissellement du bassin résiduaire, un premier maximum à 5,70 m³/s. Puis le flot amont arrive à la station de mesure alors même que se produit la pluie du 12 particulièrement abondante sur la zone aval. La conjonction de ces facteurs provoque une montée brutale du débit qui atteint 12,6 m³/s ; la route de GORI BOUNIEROU est inondée pendant plusieurs heures, ensuite la décrue est très rapide. Ceci montre que même pour un bassin de 120 km², des phénomènes polygéniques peuvent intervenir de façon sensible dans la genèse des fortes crues.

Le coefficient de ruissellement global est de 5 %, le volume ruisselé de 675 000 m³.

Averse du 14 Septembre - n° 11

Averse hétérogène avec 2 épïcètres aux pluviomètres 3 et 9. Elle rencontre de très bonnes conditions de saturation (IH = 45,2 sur le WENOU) et le ruissellement est très important pour une hauteur moyenne assez modeste.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 28,8 \text{ mm}$$

$$P_m = 17,0 \text{ mm}$$

Le coefficient de ruissellement est le plus élevé de l'année pour une crue simple avec 11,8 %. Le débit maximal atteint est de 2,36 m³/s.

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 29,4 \text{ mm}$$

$$P_m = 18,2 \text{ mm}$$

Le temps de montée est très rapide (3 h.30), il correspond au ruissellement sur la rive gauche du DODOU immédiatement en amont.

$$K_R = 10,1 \%$$

$$Q_{\max} = 8,62 \text{ m}^3/\text{s}$$

Averse du 17 Septembre - n° 12

Affecte surtout le bassin de WENOU. Les sols se sont peu ressuyés, bien qu'il n'ait pas plu pendant 3 jours et le ruissellement est relativement élevé : K_R = 7,9 % à WENOU et 7,7 % à GORI BOUNIEROU pour des pluies moyennes respectives de 21,0 et 18,2 mm.

Averse du 20 Septembre - n° 12 bis

Centrée sur l'aval du bassin principal, elle donne un ruissellement très partiel sur le bassin résiduaire.

Averse du 21 Septembre - n° 13

Averse hétérogène, rien de particulier.

Averse du 22 Septembre - n° 14

Averse hétérogène avec 2 épïcèntres sur les pluviomètres 3 et 8.

Survenant alors que le sol est bien humidifié par la pluie du 21, elle donne des coefficients de ruissellement supérieurs à ceux de la veille, bien que la précipitation moyenne soit sensiblement la même. A WENOU pour $P = 20,1$ mm (contre 18,3 mm) $K_R = 10,5$ % (contre 6,0 %); à GORI-BOUNIEROU pour $P_m = 21,6$ mm (contre 18,2 mm) $K_R = 8,0$ % (contre 5,4 %).

Averse du 27 Septembre - n° 15

Averse hétérogène ayant son maximum sur le centre du bassin au pluviographe.

Elle présente de nombreuses pointes rapprochées à forte intensité donnant un ruissellement notable alors qu'il n'a pas plu depuis cinq jours.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 39,8 \text{ mm}$$

$$P_m = 27,3 \text{ mm}$$

Le bassin est bien arrosé : $Q_{\max} = 2,52 \text{ m}^3/\text{s}$, $K_R = 9,9$ %.

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 39,8 \text{ mm}$$

$$P_m = 21,2 \text{ mm}$$

La durée du temps de propagation du flot amont est de 15 heures, l'arrivée de celui-ci produit un débit maximum de $4,37 \text{ m}^3/\text{s}$, $K_R = 9,4$ %.

Averse du 29 Septembre - n° 16

Cette faible averse ne produit qu'un ruissellement partiel sur les 2 bassins.

Averse du 1er Octobre - n° 17

Averse ayant son épïcentre sur TAMAROU. Le diagramme des intensités présente plusieurs pointes supérieures à 20 mm/h.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 38,7 \text{ mm}$$

$$P_m = 24,0 \text{ mm}$$

$$K_R = 4,4 \%$$

$$Q_{\max} = 1,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$K_R = 7,4 \%$$

$$Q_{\max} = 3,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

Averse du 2 Octobre - n° 18

Averse très homogène ayant son maximum sur l'Est du bassin. La pluie dure six heures et présente deux corps distincts à fortes intensités.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 73,7 \text{ mm}$$

$$P_m = 68,0 \text{ mm}$$

Répartition très homogène de la pluie (coefficient d'abattement de 92 %). La saturation du sol est très bonne, $I_H = 45,2$, grâce à la pluie de la veille, le débit initial est élevé, le débit maximal atteint est de $4,51 \text{ m}^3/\text{s}$, le volume ruisselé de $224\,000 \text{ m}^3$. $K_R = 9,9 \%$.

C'est la seconde crue de l'année, elle est de fréquence inférieure à la fréquence annuelle.

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 74,2 \text{ mm}$$

$$P_m = 61,7 \text{ mm}$$

Le bassin résiduaire est un peu moins arrosé, mais saturé par la pluie de la veille. C'est également sur ce bassin la seconde crue de l'année avec :

$$Q_{\max} = 14,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_R = 15,8 \%$$

Averses n° 19 - 20 - 21 - 22

Elles sont faibles et ne donnent qu'un ruissellement partiel, mais elles entretiennent la saturation.

Averse du 12 Octobre - n° 23

Cette averse est la plus forte observée et donne les plus fortes crues.

Très homogène, surtout pour le bassin amont (coefficient d'abattement de 93 %), elle affecte une grande surface (le TIAPALOU est très arrosé également). Son épïcentre se trouve sur le Sud du bassin principal. 5 pluviomètres reçoivent plus de 100 mm de pluie. Le corps de l'averse dure une heure pendant laquelle il tombe 63,5 mm d'eau. Les intensités sont donc très fortes et très soutenues. La traîne s'étend sur quatre heures et représente 20 % de la précipitation totale.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 78,9 \text{ mm}$$

$$P_m = 73,6 \text{ mm}$$

Le temps de montée de la crue est court (7 h.10), l'épïcentre est en effet sur l'aval et le ruissellement est immédiat. $Q_m = 4,78 \text{ m}^3/\text{s}$, plus forte valeur de l'année. Le volume ruisselé est de 280 000 m^3 et $K_R = 11,4 \%$. Les conditions de saturation étaient assez bonnes ($I_H = 30,7$), c'est pourquoi le volume ruisselé ne dépasse que de peu celui de la crue n° 18 qui avait rencontré des conditions de saturation plus favorables.

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 123,6 \text{ mm}$$

$$P_m = 93,4 \text{ mm}$$

Le bassin est très arrosé et bien que les conditions de saturation ne soient plus très favorables à cette époque de l'année, le volume de ruissellement est élevé. Le temps de montée est très court également, le maximum de la crue correspondant au bassin résiduaire est atteint en 6 h.45 et donne 15,6 m^3/s . Un second maximum s'observe six heures après le premier (14,8 m^3/s). On aurait pu s'attendre pour une telle crue à un seul maximum. $K_R = 12 \%$, le volume ruisselé atteint 1 300.10³ m^3 . La fréquence est plus faible que pour la crue annuelle, mais la crue est inférieure certainement à la crue décennale.

Averse du 16 Octobre - n° 24

Averse assez peu homogène avec 2 épïcètres sur les pluviomètres 4 et 7. Elle est formée de 3 grains séparés chacun par plus d'une heure d'intervalle.

Bassin de WENOU

$$P_{\max} = 33,0 \text{ mm}$$

$$P_m = 21,6 \text{ mm}$$

Les sols sont encore bien humidifiés par l'averse n° 23.
 $Q_{\max} = 1,98 \text{ m}^3/\text{s}$ et $K_R = 5,8 \%$.

Bassin de GORI BOUNIEROU

$$P_{\max} = 33,5 \text{ mm}$$

$$P_m = 21,4 \text{ mm}$$

Le ruissellement est notable, la crue assez étalée. $Q_{\max} = 7,48 \text{ m}^3/\text{s}$
 $K_R = 8,8 \%$.

C'est la dernière averse d'une certaine importance de la saison des pluies.

Aussi, le mois d'Octobre voit 2 averses dont les moyennes sont de fréquences nettement inférieures à la fréquence annuelle, leurs coefficients d'abattement sont remarquablement élevés, en particulier pour le bassin de WENOU.

En ce qui concerne la forme des hydrogrammes, on peut faire les commentaires suivants :

A WENOU, les crues ont toujours un temps de montée assez long, de l'ordre de 10 heures en moyenne. Le ruissellement est, en effet, considérablement freiné par la couverture végétale et par la forêt galerie qui occupe le fond du lit en amont de la station.

A GORI BOUNIEROU, le temps de base est très long d'où souvent des crues composées. D'autre part, même pour des pluies suffisamment espacées, les crues n'ont jamais une forme simple, ceci provient de la dualité entre les deux bassins.

Le ruissellement du bassin résiduaire donne un premier maximum de crue survenant assez rapidement si la pluie est centrée sur l'aval (souvent le cas en 1963). Le temps de montée correspondant varie dans de larges proportions (de 4 heures à plus de 12 heures). Ce maximum n'est parfois qu'un palier qui se prolonge jusqu'à l'apport du flot du bassin amont qui crée un second maximum, en général plus élevé que le premier, cas des crues n° 5 et 7 par exemple. Les 2 pointes sont parfois bien distinctes (crues n° 2 et 8 entre autres).

Le temps de propagation de l'onde du flot amont jusqu'à la station aval est de 14 à 16 heures en général, mais pour des ruissellements très élevés il peut s'abaisser à moins de dix heures. Enfin, si l'amont est peu arrosé, cet apport ne se traduira que par un palier dans la courbe de décrue à GORI BOUNIEROU. Pour de fortes averses, l'hydrogramme ne doit plus présenter qu'une seule pointe (ceci est observé pour la crue n° 18 mais non pour la crue n° 23).

Le bassin du GORI BOUNIEROU correspond à un cas limite d'application de la méthode des hydrogrammes unitaires.

On examinera au chapitre suivant les caractéristiques du ruissellement et en particulier le coefficient de ruissellement.

BASSINS DU DODOU

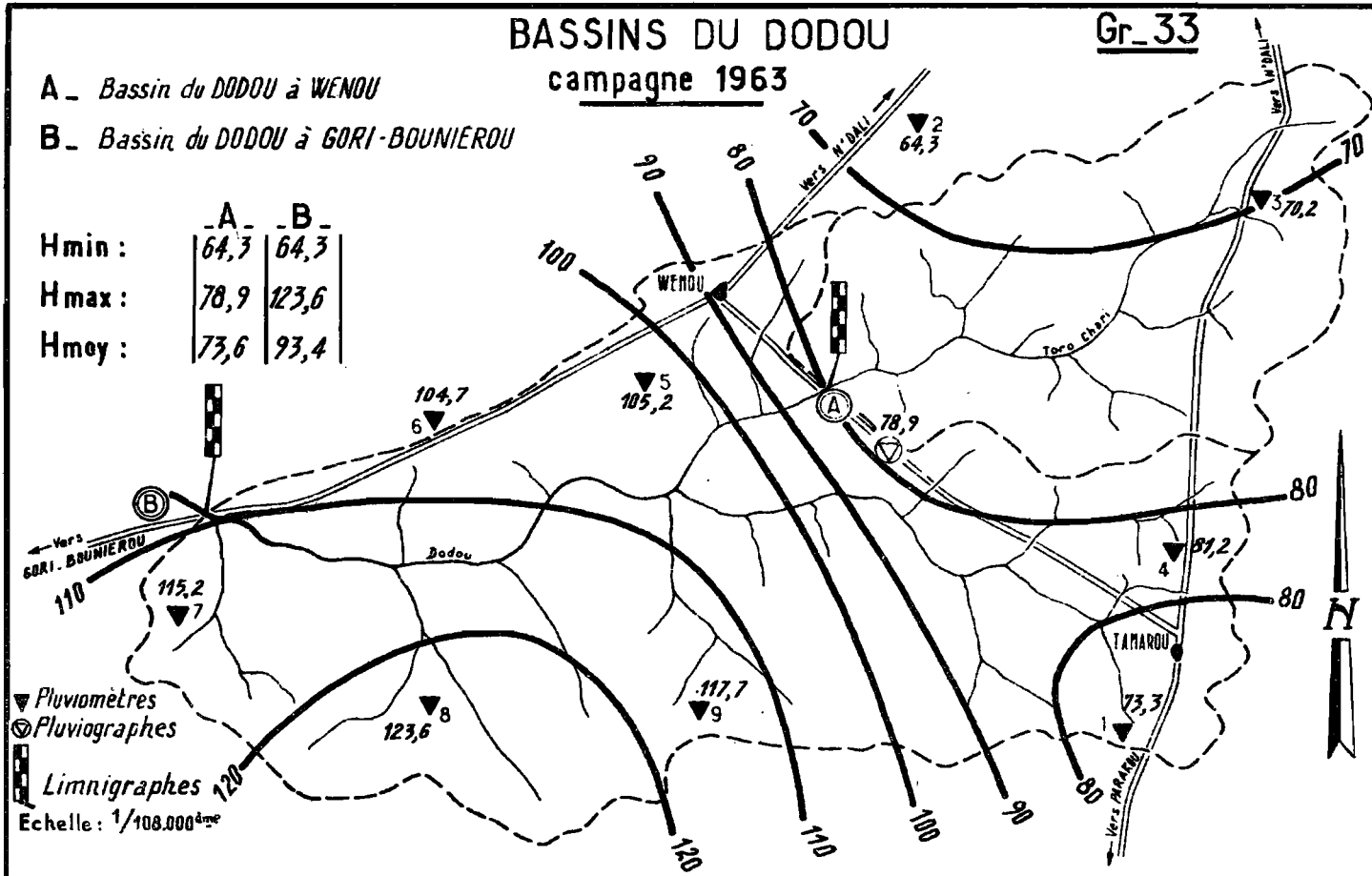
Gr_33

campagne 1963

A_ Bassin du DODOU à WENOU

B_ Bassin du DODOU à GORI-BOUNIEROU

	A	B
Hmin :	64,3	64,3
Hmax :	78,9	123,6
Hmoy :	73,6	93,4



▼ Pluviomètres
⊙ Pluviographes

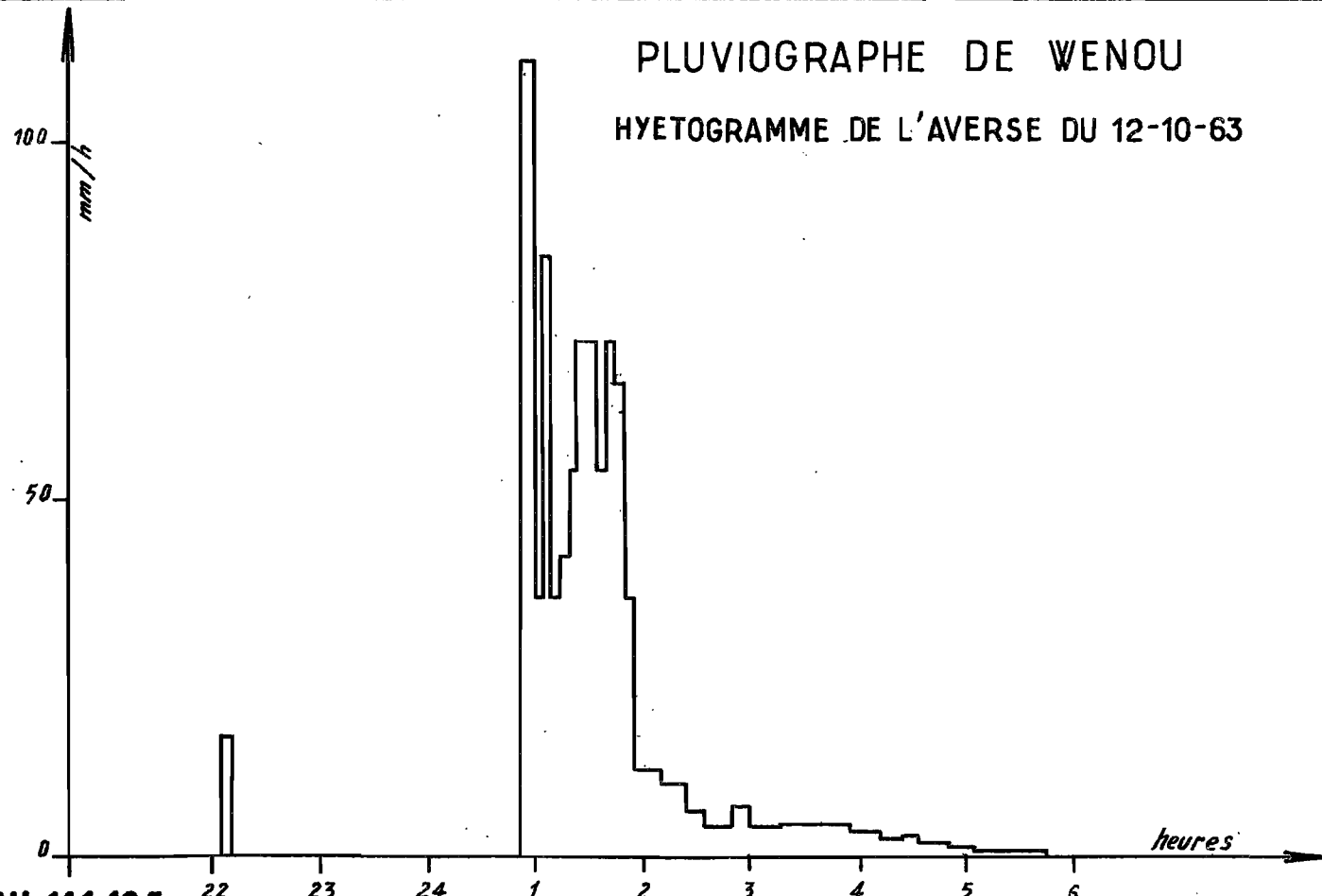
▮ Limnigraphes

Echelle : 1/108.000^{dme}

ISOHYÈTES POUR L'AVÈRE DU : 12-10-1963

AVÈRE :

PLUVIOGRAPHE DE WENOU
HYETOGRAMME DE L'AVÈRE DU 12-10-63

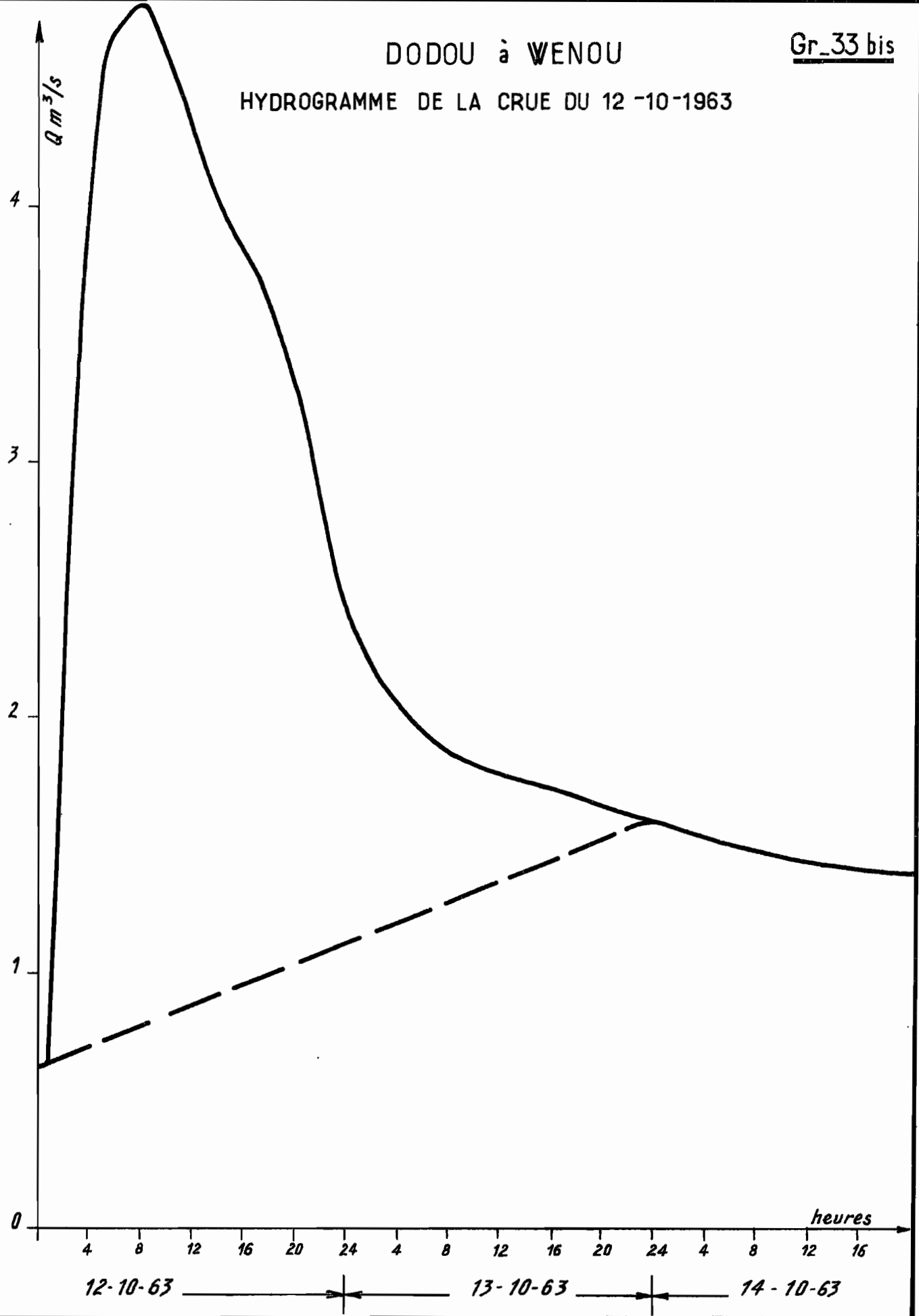


DAH.141.125

DODOU à WENOU

Gr_33 bis

HYDROGRAMME DE LA CRUE DU 12-10-1963



ORSTOM

Ao

DATE:

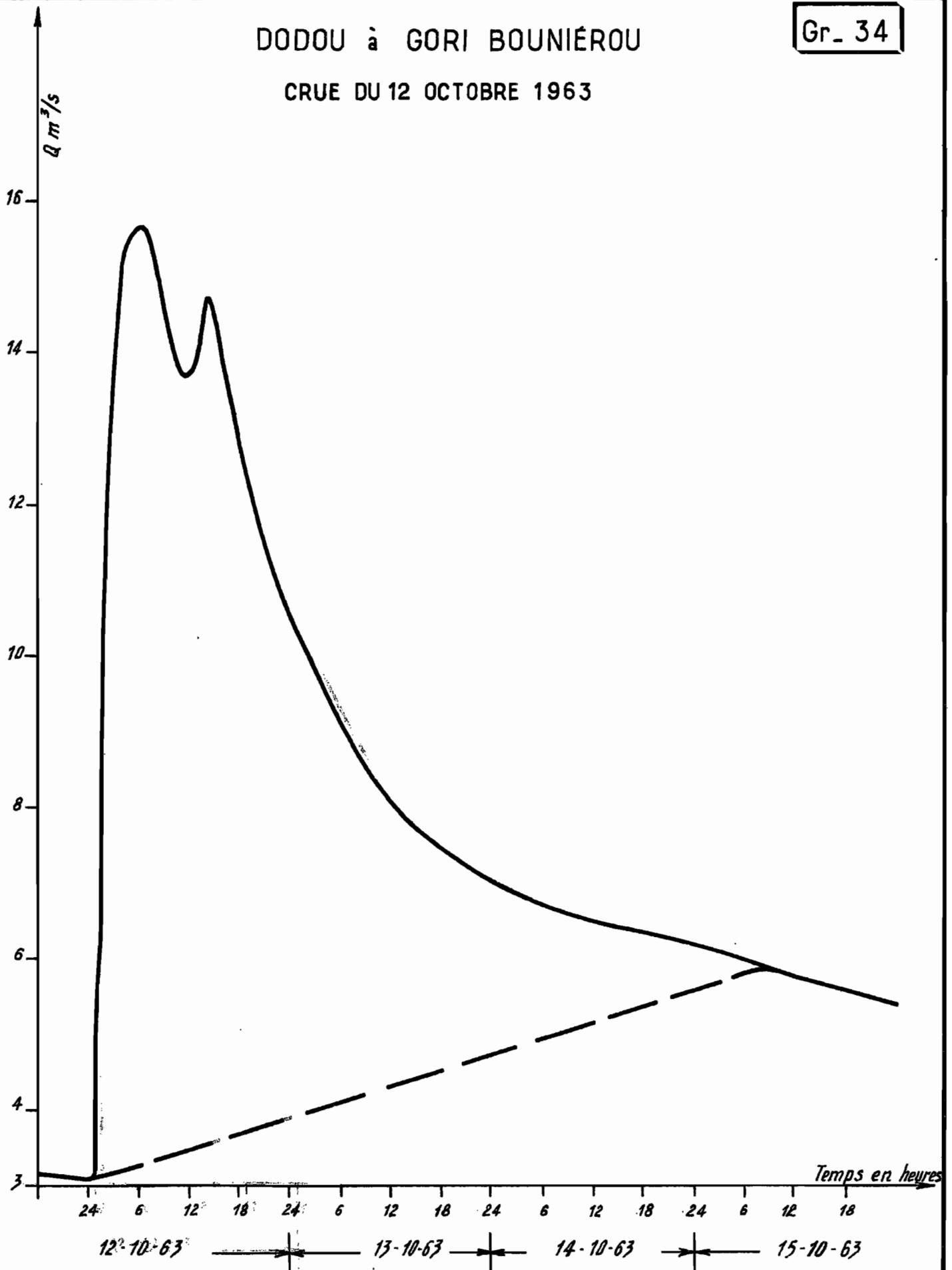
DESSINÉ:

DAH.141.126

DODOU à GORI BOUNIÉROU

Gr. 34

CRUE DU 12 OCTOBRE 1963



VII
Interprétation des Observations

CHAPITRE VII

INTERPRETATION des OBSERVATIONS

7.1 - ETUDE du RUISSELLEMENT -

Comme pour le bassin du TIAPALOU, la précipitation limite de ruissellement est de 10 mm environ. Les averses n° 16, 19, 20, 21 et 22 présentent des hauteurs moyennes inférieures, mais ne ruissellent que sur une partie très restreinte du bassin.

Les conditions nécessaires à l'apparition de l'écoulement paraissent être aussi draconiennes que pour le bassin du TIAPALOU, ce qui montre bien que nous n'avons pas affaire à un cas particulier mais bien à une caractéristique du régime hydrologique de cette partie du DAHOMEY.

Sur ce bassin, l'écoulement est d'ailleurs encore plus tardif en 1963 que sur le bassin du TIAPALOU ; sans doute l'averse du 26 Juillet, qui a déclenché l'écoulement du TIAPALOU, n'a-t-elle affecté que la bordure septentrionale du DODOU.

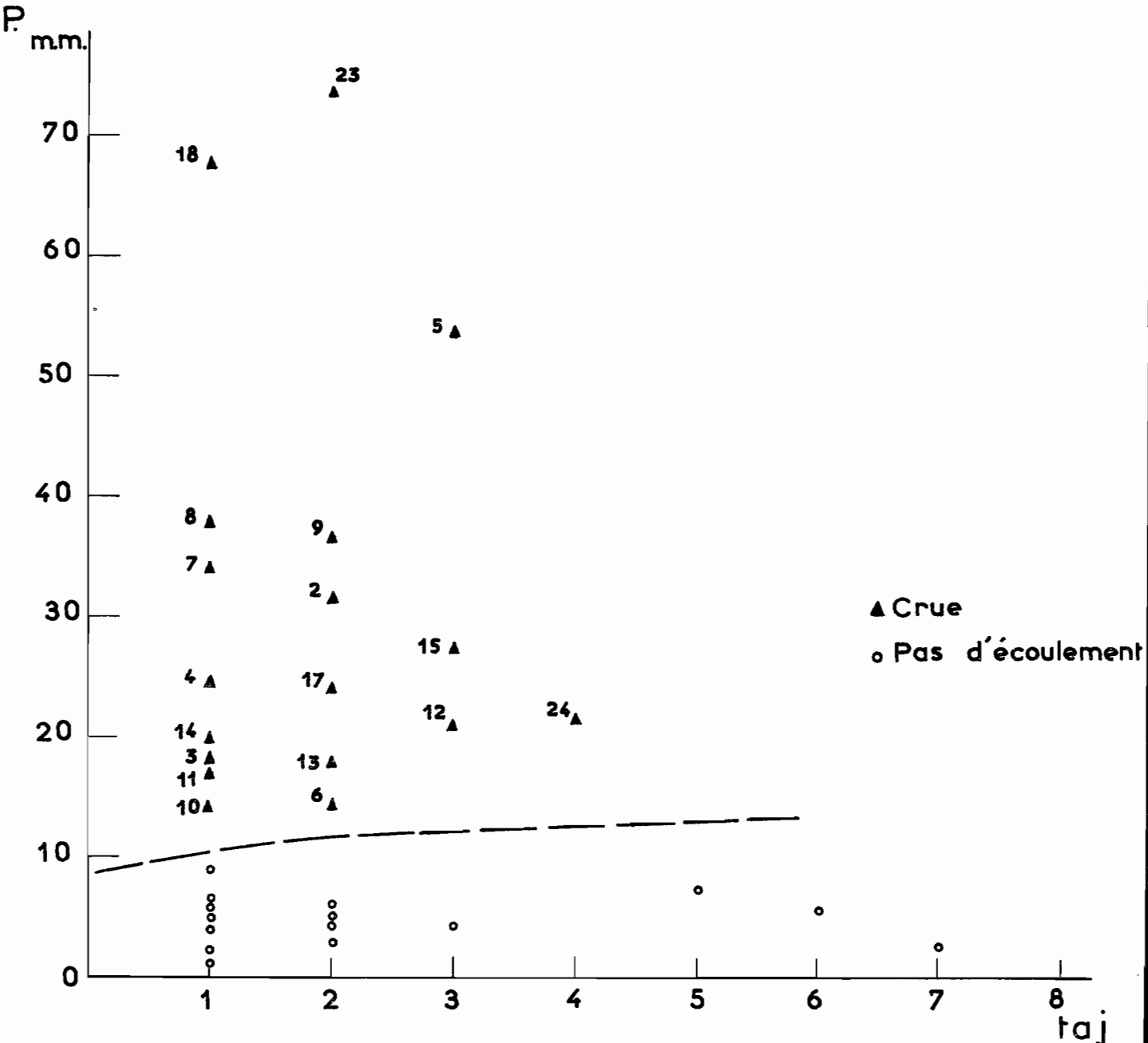
Les coefficients de ruissellement global sont presque aussi faibles que ceux du TIAPALOU. Rappelons que nous avons pour 26 crues en 1963 :

1 crue	≥	10, % (crue n° 24 = 10 %)
10 % > 8 crues	→	5 %
17 crues	<	5 %

Précipitation limite de ruissellement

Dodou à Wenou

1963



▲ Crue
○ Pas d'écoulement

Pour les bassins du DODOU et pour des crues simples correspondant à un ruissellement généralisé, nous rencontrons des valeurs qui tendent à être légèrement plus élevées.

a) Bassin de WENOU (17 crues simples)

3 crues > 10 % (crue n° 23 = 11,4 %)
10 % > 7 crues > 5 %
7 crues < 5 %

b) Bassin de GORI BOUNIEROU (15 crues simples)

3 crues > 10 % (crue n° 23 = 15,8 %)
10 % > 9 crues > 5 %
3 crues < 5 %

- Ainsi le bassin principal ruisselle, en général, davantage que le bassin amont. Les pentes sont plus faibles dans le bassin résiduaire, mais la végétation plus clairsemée fait moins obstacle au cheminement des eaux.

- Les coefficients de ruissellement des premières crues sont toujours insignifiants quelle que soit la hauteur de la pluie. Ainsi à WENOU, la crue n° 1 présente un coefficient de ruissellement de 1,1 % pour une pluie moyenne de 38,1 mm et la crue n° 2 un coefficient de ruissellement de 2,1 % pour une pluie moyenne de 31,6 mm.

Les coefficients croissent ensuite en même temps que l'état de saturation. C'est vers la fin de la saison des pluies, en Septembre, lorsque les précipitations sont bien soutenuës que les conditions de ruissellement sont les plus favorables avec un débit de base élevé. C'est pendant cette période que l'on pourra observer les plus fortes crues avec des coefficients de ruissellement atteignant ou dépassant 10 %.

On a cherché, pour le bassin de WENOU, à représenter l'état de saturation par un indice d'humidité faisant intervenir l'effet des pluies antérieures.

Les observations pluviométriques débutant seulement le 1er Août, on a simplement calculé un indice de la forme $I_H = \sum \frac{P_i}{t_i}$

On serait tenté d'utiliser cet indice pour établir des régressions multiples entre P_m , I_H et K_R , la simple corrélation $K_R - P_m$ étant très mauvaise.

Mais l'emploi de cet indice pour corriger la relation $K_R - P_m$ n'apporte pas d'amélioration vraiment satisfaisante (notons, en effet, qu'un tel indice ne tient pas assez compte des pluies tombées plus d'un mois auparavant) et la dispersion des points reste considérable. Retenons cependant que K_R prend des valeurs notables dès que I_H dépasse 30 à 40.

L'utilisation du débit initial de crue Q_0 donne par contre de meilleurs résultats ; son influence sur la relation $K_R - P_m$ a été étudiée par la méthode des résidus, employée comme pour l'étude du bassin du TIAPALOU.

On obtient finalement une courbe $K_R - P_m$ passant à travers des points bien regroupés, corrigés pour un même débit initial Q_0 de 550 l/s.

Cette valeur représente des conditions de saturation moyennes.

La courbe, assez aplatie sur l'axe des P_m , donne les valeurs suivantes :

pour $P_m = 20$ mm	$K_R = 5$ %
30 mm	= 7 %
40 mm	= 9 %
55 mm	= 10 %
70 mm	= 11 %

Ainsi, le coefficient de ruissellement croît d'abord assez rapidement, puis ensuite plus modérément lorsque la pluie moyenne augmente.

Bassin du DODOU à Wenou

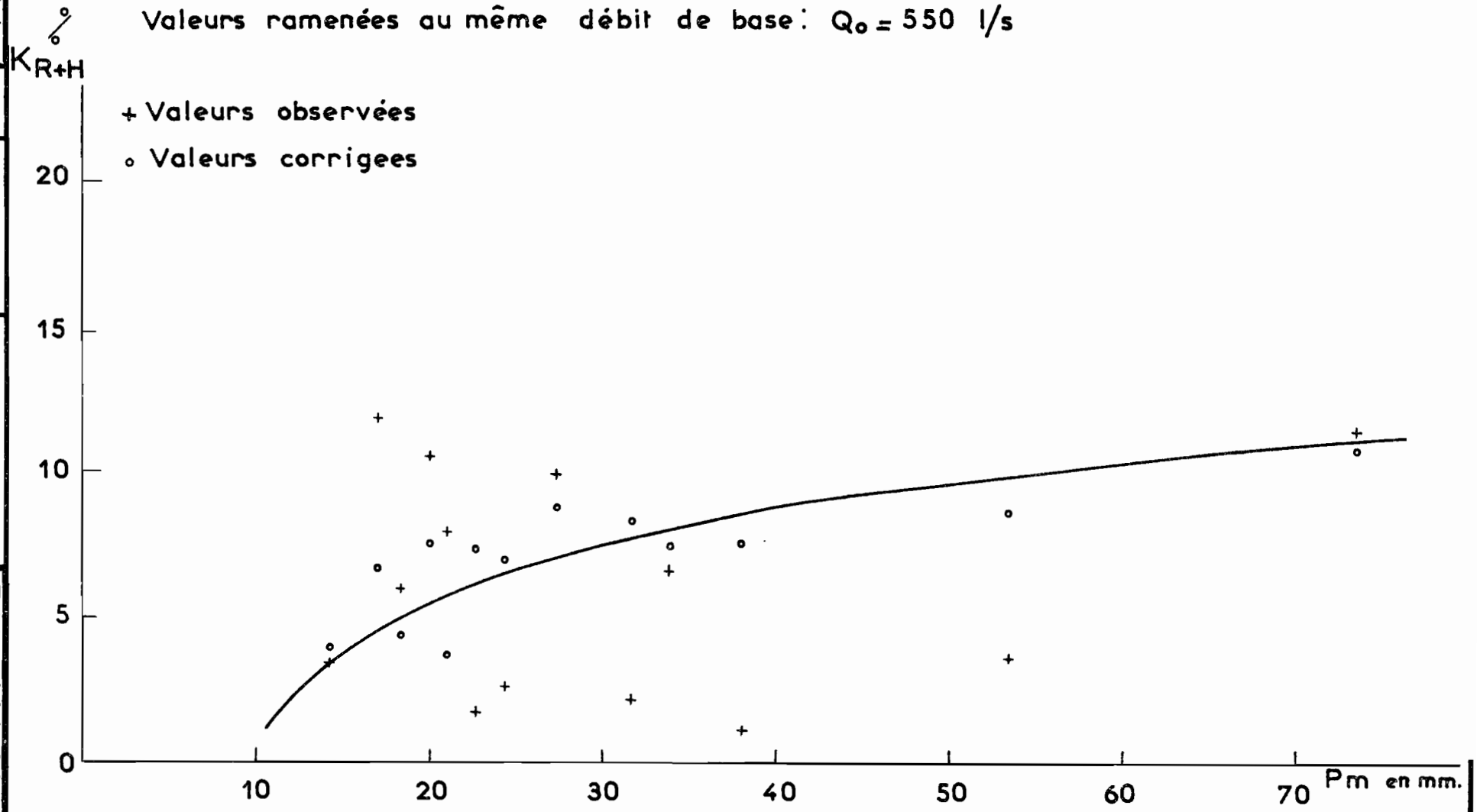
Gr-36

Corrélation $K_R - P_{mm} - Q_0$

Seconde correction

Valeurs ramenées au même débit de base: $Q_0 = 550 \text{ l/s}$

- + Valeurs observées
- o Valeurs corrigées

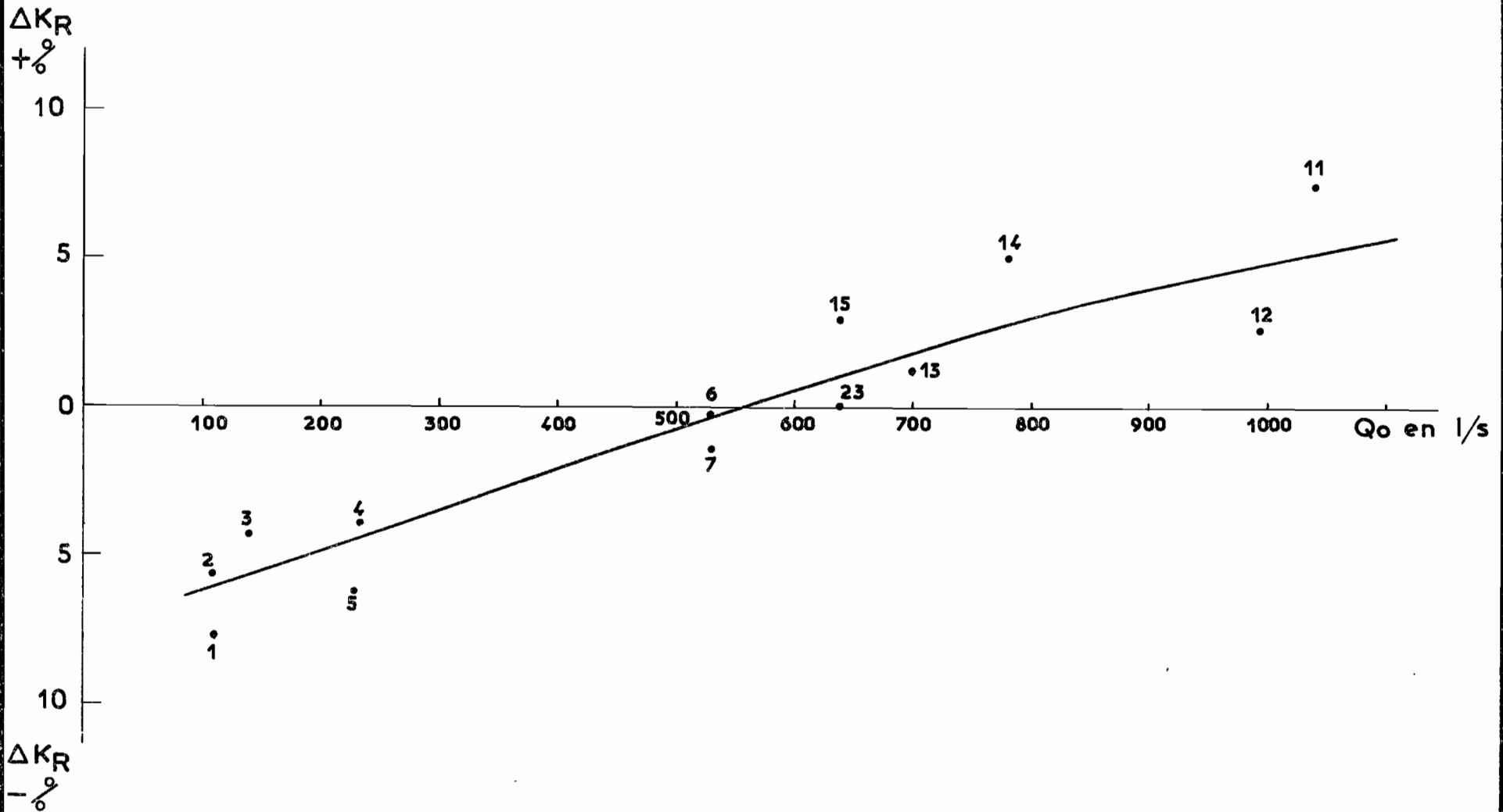


CRISTON
A₀
DATE:
DESSINE:
DAH-141.129

Bassin du DODOU à WENOU

Courbe des corrections moyennes à apporter au K_R
pour tenir compte du débit de base Q_0

2^{ème} approximation



GRISTON
A0
DATE :
DESSINE :
DAH. 141.130

Ces courbes de régression ne sont données qu'à titre indicatif, car il faudrait bien trois campagnes pour avoir des courbes plus sûres ; cependant elles permettent de préciser que pour des conditions de saturation assez comparables à celles du bassin du TIAPALOU, le coefficient de ruissellement est légèrement supérieur.

7.2 - ESTIMATION des CRUES ANNUELLES et DECENNALES -

7.2.1 - Bassin amont (WENOU)

7.2.1.1 - Hydrogramme-type :

Parmi les 24 crues de l'année, 9 crues correspondant à des averses unitaires, peuvent être retenues, ce sont les n° 5, 8, 12, 13, 14, 15, 17, 18 et 20. Les temps de base correspondant au ruissellement pur diffèrent peu, et se trouvent compris entre 25 h.30 et 28 heures. Les temps de montée ont, par contre, tendance à décroître lorsque la saison des pluies s'avance, de 10 à 11 heures, pour les premières crues, ils descendent à 9 heures ensuite. La crue n° 20, la plus forte de l'année a un temps de montée de 7 h.10 seulement, mais est provoquée par une forte averse centrée sur la station d'observation.

On aurait pu s'attendre à un phénomène inverse, l'important tapis de graminées qui se développe au cours de l'été devant amener un ralentissement du ruissellement. Cependant, les nombreuses petites dépressions qui existent le long du thalweg très évasé, doivent, une fois remplies, faciliter la propagation de l'écoulement. D'ailleurs, le flot amont met quelques heures de moins en Octobre pour atteindre la station principale.

Cette différence dans les temps de montée amène la construction de deux hydrogrammes-types définis respectivement par les crues 5, 8, 12, 13, 14 et 15, 17, 18, 20, ramenées à un même volume ruisselé pur de 100 000 m³. Ces deux hydrogrammes sont définis par les tableaux classiques suivants.

Hydrogramme-type 1 (volume ruisselé de 100 000 m³) :

Crues	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+16
5	0,23	0,62	1,17	1,66	2,15	2,40	2,00	1,25	0,90	0,70	0,45	0,25	0,12	0,04
8	0,33	0,70	1,17	1,58	1,82	1,97	1,73	1,41	1,17	0,96	0,65	0,33	0,09	-
12	0,45	0,90	1,14	1,64	1,83	1,95	1,57	1,24	1,02	0,86	0,67	0,38	0,07	-
13	-	0,52	0,85	1,44	2,06	2,23	1,80	1,28	1,15	1,05	0,69	0,39	0,16	0,03
14	0,27	0,76	1,33	1,90	2,21	2,31	1,84	1,25	0,86	0,54	0,27	0,10	0,02	-
Moy.	0,25	0,70	1,13	1,64	2,01	2,17	1,78	1,28	1,02	0,82	0,54	0,27	0,10	0,02

Hydrogramme-type 2 (volume ruisselé de 100 000 m³) :

Crues	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+16
15	-	0,41	1,04	1,90	2,28	2,38	2,07	1,54	1,03	0,68	0,46	0,26	0,10	0,03
17	-	0,45	1,14	1,89	2,40	2,55	2,17	1,28	0,69	0,35	0,17	0,07	-	-
18	-	0,40	0,61	1,26	2,01	2,23	1,98	1,65	1,26	0,75	0,73	0,54	0,36	0,18
20	-	-	0,91	1,70	1,98	2,03	1,82	1,49	1,13	0,94	0,83	0,59	0,36	0,08
Moy.		0,31	0,92	1,68	2,16	2,29	2,01	1,49	1,02	0,73	0,54	0,36	0,20	0,06

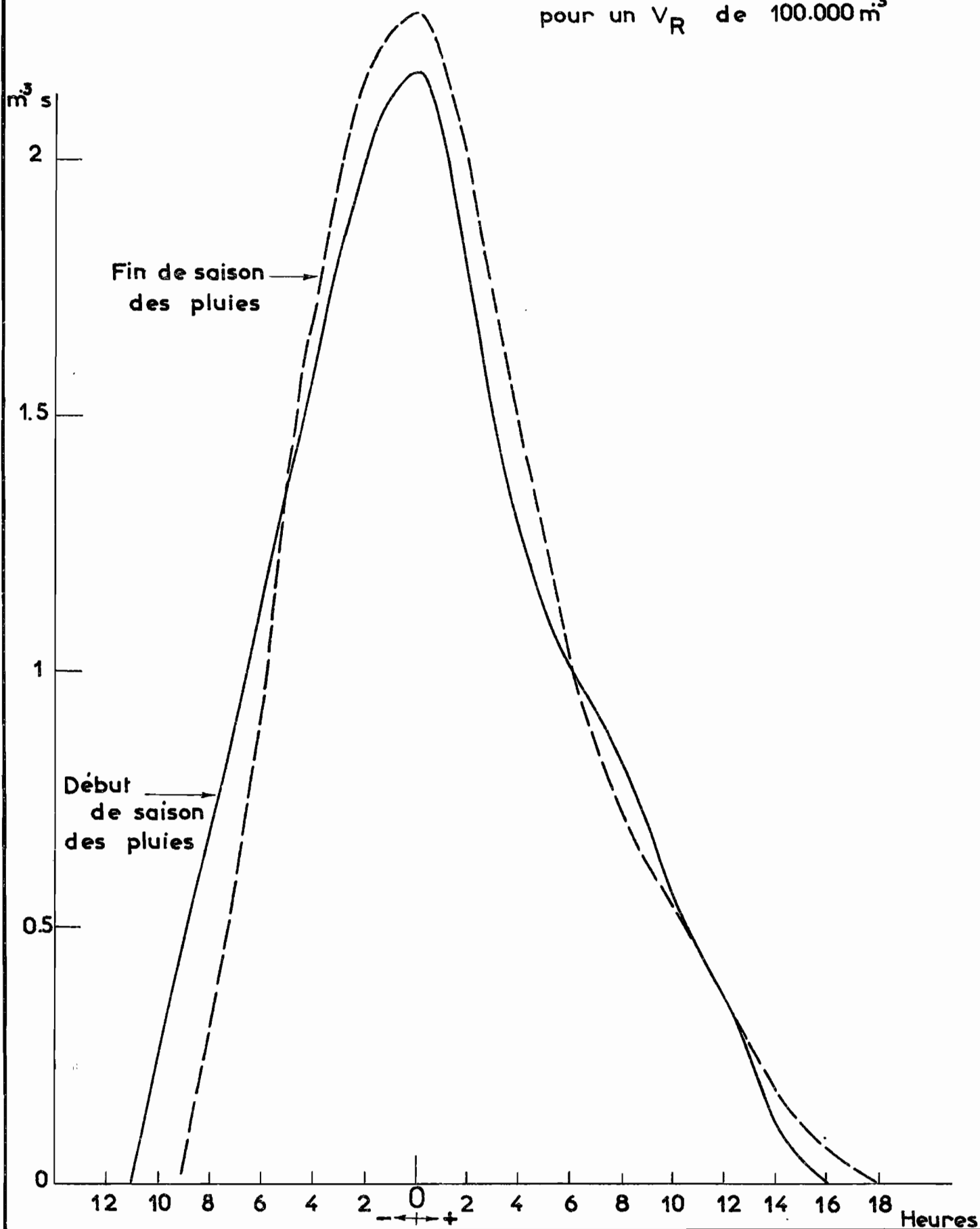
Le premier hydrogramme-type, valable pour le début de la saison des pluies, a un temps de montée de 11 heures, un temps de base de 27 heures. La pointe de l'hydrogramme donne un débit maximal ruisselé de 2,17 m³/s.

Le second hydrogramme, valable pour la fin de la saison des pluies, a un temps de montée de 9 heures, un temps de base de 27 heures. La pointe de l'hydrogramme donne un débit maximal ruisselé de 2,29 m³/s.

Hydrogrammes Types du Dodou à Wenou

Gr. 38

pour un V_R de 100.000 m³



ORSTOM

Ao

DATE :

DESSINE :

DAH. 141. 131

Ainsi, à part la durée des temps de montée, la différence entre ces deux hydrogrammes est minime.

7.2.1.2 - Estimation de la crue annuelle (médiane)

Les deux plus fortes crues de l'année sont les crues 18 et 23.

L'averse n° 18 a une hauteur moyenne de 68,0 mm pour un maximum ponctuel de 73,7 mm, son coefficient d'abattement est très élevé (92 %), elle rencontre de bonnes conditions de saturation, le débit de base est de 0,920 m³/s. Le coefficient de ruissellement global est de 9,9 %, et le débit maximal est de 4,51 m³/s.

L'averse n° 23 a une hauteur moyenne de 73,6 mm pour un maximum ponctuel de 78,9 mm. Son coefficient d'abattement est également exceptionnellement élevé avec 93 %, la saturation est moins bonne, le débit de base est de 0,640 m³/s, mais le K_R est de 11,4 % et le débit maximal est de 4,78 m³/s.

Ces deux crues sont très certainement légèrement supérieures à la crue annuelle.

La station d'INA donne à la précipitation de fréquence annuelle une valeur de 73 mm, son coefficient d'abattement, pour le bassin de MENOU, peut être fixé à 80 % (c'est-à-dire le même que pour le bassin du TIAPALOU, qui a pourtant une surface deux fois et demie plus petite).

La hauteur moyenne de l'averse est donc de 58 mm.

Mais il est bien certain que comme pour le bassin du TIAPALOU, la crue d'une fréquence donnée n'est pas forcément provoquée par l'averse de même fréquence. Aussi, dans le cas présent, une pluie de 50 mm et même moins peut, si elle rencontre des conditions de saturation favorables, donner la plus forte crue de l'année. Inversement, une averse de période de retour de 10 ans peut donner, si elle tombe fin Juillet, une crue insignifiante. Il convient donc d'utiliser avec beaucoup de précautions l'averse médiane pour calculer la crue médiane.

Ces réserves étant faites, nous supposerons que la crue annuelle est provoquée par la pluie de fréquence annuelle avec un état de saturation moyen, soit un débit initial Q₀ de 550 l/s.

Dans ces conditions, à une pluie moyenne de 58 mm, correspond un coefficient de ruissellement global de 10 %, c'est-à-dire intermédiaire entre ceux des crues n° 18 et n° 23.

La séparation des différents écoulements effectuée sur les 9 crues retenues pour la détermination des hydrogrammes montre que le ruissellement pur représente les 3/4 du ruissellement global. On prendra un coefficient de ruissellement pur de 8 %.

Le volume ruisselé sera ainsi de :

$$58 \times 0,08 \times 33,4 \times 10^3 = 155\,000 \text{ m}^3.$$

Le débit de pointe est avec l'emploi de l'hydrogramme 2, égal à

$$2,29 \times \frac{155}{100} \cdot 10^3 = 3,55 \text{ m}^3/\text{s}$$

en estimant le débit de base et le débit hypodermique à $0,650 \text{ m}^3/\text{s}$, on aboutit à un débit maximal annuel de $4,20 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 125 l/s.km^2 .

7.2.1.3 - Estimation de la crue décennale

La précipitation de fréquence décennale est de 120 mm, elle donne avec un coefficient d'abattement de 85 %, une hauteur de pluie moyenne de 102 mm.

Cette averse produira, suivant le moment de la saison des pluies où elle survient, une crue d'importance bien différente :

En début de saison, en Juin ou Juillet, elle permettra simplement à l'écoulement de s'installer.

Ensuite, si les pluies sont trop espacées, le débit de base insignifiant, elle ne donnera qu'une crue moyenne, de valeur peut-être annuelle sans plus. Ce n'est que si les sols sont bien humidifiés et l'écoulement permanent important, qu'elle causera une crue vraiment exceptionnelle. La conjonction favorable de tous ces facteurs donne à cette crue une fréquence d'apparition très faible. Envisageons pour l'averse décennale de 102 mm différentes valeurs de Q_0 , c'est-à-dire différents états de saturation.

1 - Conditions médiocres : $Q_0 = 250$ l/s

Le coefficient de ruissellement global est de 9 %, le coefficient de ruissellement pur de 7 %.

Le volume ruisselé est de 238 500 m³.

Le débit maximal ruisselé est de $2,17 \times \frac{238}{100} \cdot 10^3 = 5,17$ m³/s.

En estimant le total, débit de base plus débit hypodermique, à 0,33 m³/s, le débit de pointe est de 5,50 m³/s.

2 - Conditions moyennes : $Q_0 = 550$ l/s

Le coefficient de ruissellement global est de 13 %, le coefficient de ruissellement pur de 10 %.

Le volume ruisselé est de 340 700 m³.

Le débit maximal ruisselé est de $2,29 \times \frac{340,7}{100} \cdot 10^3 = 7,80$ m³/s.

En estimant le total, débit de base plus débit hypodermique, à 0,70 m³/s, le débit de pointe est de 8,50 m³/s.

3 - Conditions excellentes : $Q_0 = 1000$ l/s

Le coefficient de ruissellement global est de 18 %, le coefficient de ruissellement pur de 14 %.

Le volume ruisselé est de 477 000 m³.

Le débit maximal ruisselé est de $2,29 \times \frac{477}{100} \cdot 10^3 = 10,9$ m³/s.

En estimant le total, débit de base plus débit hypodermique, à 1,60 m³/s, le débit de pointe est de 12,50 m³/s. Mais manifestement cette crue est de fréquence plus faible que la crue décennale.

Nous considérerons que la crue décennale est provoquée par l'averse décennale rencontrant des conditions de saturation moyennes, c'est-à-dire le cas n° 2. On retiendra donc comme valeur décennale : 8,50 m³/s soit 255 l/s.km².

Compte tenu des différences entre les superficies des deux bassins, le WENOU donnerait lieu à des crues spécifiques un peu moins faibles que le TIAPALOU. En effet, si les conditions naturelles étaient les mêmes, le passage d'un bassin de $12,4 \text{ km}^2$ à un bassin de $33,4 \text{ km}^2$ devrait se traduire par une décroissance de débit spécifique bien supérieure à celle de 325 l/s.km^2 à 255 l/s.km^2 .

7.2.2 - Bassin principal (GORI BOUNIEROU)

Le caractère assez complexe de la genèse des crues sur ce bassin de forte étendue (120 km^2) rend difficile l'établissement d'un hydrogramme-type.

Nous avons constaté (cf. 6-3) qu'une crue quelconque à GORI BOUNIEROU provenait, en réalité de la composition de deux hydrogrammes, le premier représentant le ruissellement de la partie aval et le second celui de la partie amont.

Suivant la position de l'épicentre de l'averse et l'état de saturation des différentes parties du bassin, le maximum de crue est produit soit par le ruissellement aval, c'est-à-dire une dizaine d'heures après le centre de gravité de l'averse, soit par l'apport du ruissellement amont, c'est-à-dire un jour après l'averse.

7.2.2.1 - Crue annuelle (médiane)

La précipitation annuelle doit subir un coefficient d'abattement de 75 %, ce qui donne une pluie moyenne de 55 mm pour un maximum ponctuel de 73 mm.

Il est évident, qu'étant donné la surface du bassin, on peut observer d'autres averses donnant la même valeur ponctuelle mais avec un abattement plus élevé.

L'averse médiane rencontre les conditions de ruissellement les plus favorables en Septembre si les pluies antérieures sont bien groupées et le débit de base élevé (supérieur à $3 \text{ m}^3/\text{s}$).

La réunion de toutes ces conditions donne à la crue résultante une fréquence inférieure à la médiane, mais on peut envisager pour la genèse de cette crue un autre processus fourni par l'observation de la crue n° 9 - 10 : le 11 Septembre, une averse de $P_{11} = 35,9 \text{ mm}$ centrée sur l'amont donne un ruissellement aval médiocre, mais l'apport du ruissellement amont à la station d'observation coïncide avec l'averse du 12 Septembre de $P_{11} = 20,7 \text{ mm}$

centrée sur l'aval et le débit maximal atteint est de $12,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Donc, 2 averses de 30 mm séparées par 24 heures peuvent produire une forte crue si au ruissellement aval provoqué par la 2ème averse vient s'ajouter l'apport du ruissellement amont dû à la 1ère averse.

En 1963, deux autres averses donnent un débit supérieur à $12 \text{ m}^3/\text{s}$: celle du 2 Octobre de $P_m = 61,7 \text{ mm}$ ($P_{\max} = 74,2 \text{ mm}$) est très homogène et survient un jour après la n° 17 de $24,1 \text{ mm}$ de moyenne, alors que la crue est au maximum. Le ruissellement est très important puisque $K_R = 15,8 \%$. Le débit atteint est de $14,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Celle du 12 Octobre est forte (nous l'avons déjà décrite au 6.3.2). Sa moyenne est de $93,4 \text{ mm}$ pour un maximum ponctuel de $123,4 \text{ mm}$, son abattement est de 76% . Elle survient un peu tardivement (il n'y a eu que de faibles pluies en dix jours), elle donne cependant le plus fort débit observé : $15,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ces dernières crues semblent être par leurs caractéristiques supérieures à la fréquence annuelle, la dernière l'est sûrement.

Compte tenu de ces remarques et dans l'impossibilité d'établir un hydrogramme-type, nous estimerons le débit maximal annuel à $13 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 110 l/s.km^2 avec un coefficient de ruissellement global compris entre 10 et 15 %.

7.2.2.2 - Crue décennale

On peut, dans le même optique, estimer qu'elle sera produite soit par une averse de 120 mm qui, subissant un abattement de 80 %, donnera 96 mm de pluie moyenne, soit par 2 averses de 60 - 70 mm tombant à 24 h d'intervalle. Les conditions de saturation restent les mêmes, mais le débit de base peut être porté à $4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le coefficient de ruissellement peut atteindre 20 %.

Nous estimerons le débit maximal décennal à $28 \text{ m}^3/\text{s}$, soit un débit spécifique de 230 l/s.km^2 , chiffre donné à titre tout à fait indicatif, il correspond peut-être à une estimation par excès, comme le montre la comparaison avec les résultats du WENOU, mais n'oublions pas que le bassin versant résiduaire ruisselle plus que le bassin amont.

7.3 - DEBITS OBSERVES - BILAN d'ECOULEMENT

7.3.1 - Débits moyens journaliers et mensuels

Comme pour le bassin du TIAPALOU, le tableau des débits comprend, pour chaque station, deux colonnes pour chaque mois. La première contient les débits moyens journaliers obtenus par planimétrage des hydrogrammes journaliers, la seconde indique le débit maximal atteint par les principales crues.

Les débits moyens mensuels sont également indiqués, ainsi que le module annuel facile à reconstituer puisque le débit s'annule en Décembre et qu'il n'y a pas eu pratiquement d'écoulement avant le 10 Août pour le WENOU.

7.3.2 - Bilan d'écoulement

Résultats de l'année 1963 :

	DODOU à WENOU B.V. = 33,4 km ²	DODOU à GORI-BOUNIEROU: B.V. = 119,8 km ²
Module	0,205 m ³ /s	0,765 m ³ /s
Volume écoulé	6,5.10 ⁶ m ³	24,2.10 ⁶ m ³
Lame d'eau écoulée	194 mm	202 mm
Pluviométrie moyenne	(1450 mm)	(1450 mm)
Déficit d'écoulement	(1256 mm)	(1244 mm)
Coefficient d'écoulement	(13,4 %)	(13,9 %)

A la station de WENOU, le module n'est que le double de celui du TIAPALOU, alors que le bassin est presque trois fois plus grand, l'écoulement est apparu plus tardivement (10 Août contre 26 Juillet) et s'est interrompu plus tôt également (fin Décembre contre mi-Décembre).

DODOU à GENOU

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1963

: Jours :	: Août :		: Septembre :		: Octobre :		: Novembre :		: Décembre :	
	: Q _{noy} :	: Q _{max} :	: Q _{noy} :	: Q _{max} :	: Q _{noy} :	: Q _{max} :	: Q _{noy} :	: Q _{max} :	: Q _{noy} :	: Q _{max} :
1			0,970	1,68	1,22	1,60	0,260		0,010	
2			0,630		3,24	4,51	0,240		0,010	
3			0,680	0,81	1,91		0,225		0,009	
4			1,18	1,91	1,50		0,210		0,008	
5			1,09		1,37	1,49	0,195		0,008	
6			0,790		1,36	1,68	0,180		0,007	
7			0,685		1,31		0,170		0,006	
8			0,678		0,98		0,160		0,006	
9			1,41	1,80	0,890		0,150		0,005	
10			0,725		0,870	0,995	0,140		0,004	
11	0,006		2,05	2,91	0,840		0,130		0,004	
12	0,009		2,19	2,55	3,65	4,78	0,115		0,003	
13	0,003		1,68		1,94		0,100		0,002	
14	0,006		1,92	2,36	1,49		0,090		0,001	
15	0,025		1,32		1,31		0,080			
16	0,037		1,07		1,63	1,98	0,070			
17	0,015		1,45	1,91	1,13		0,060			
18	0,009		1,15		0,960		0,060			
19	0,006		0,848		0,850		0,055			
20	0,012		0,810		0,950		0,050			
21	0,195	0,320	1,10	1,45	0,740		0,050			
22	0,180		1,33	2,29	0,830		0,040			
23	0,140		1,43		0,830		0,035			
24	0,270	0,530	0,996		0,530		0,030			
25	0,255		0,848		0,530		0,020			
26	0,160		0,680		0,470		0,015			
27	0,190		1,70	2,52	0,410		0,012			
28	0,365	0,500	0,980		0,350		0,012			
29	0,440	0,500	0,965	1,15	0,320		0,010			
30	0,260		0,812		0,320		0,010			
31	0,235				0,290					
Moyenne	0,090		1,14		1,12		0,099		0,003	

Module : 0,205 m³/s

Débits moyens journaliers du Dodou à WENOU 1963

Q
m³/s

4

3

2

1

0

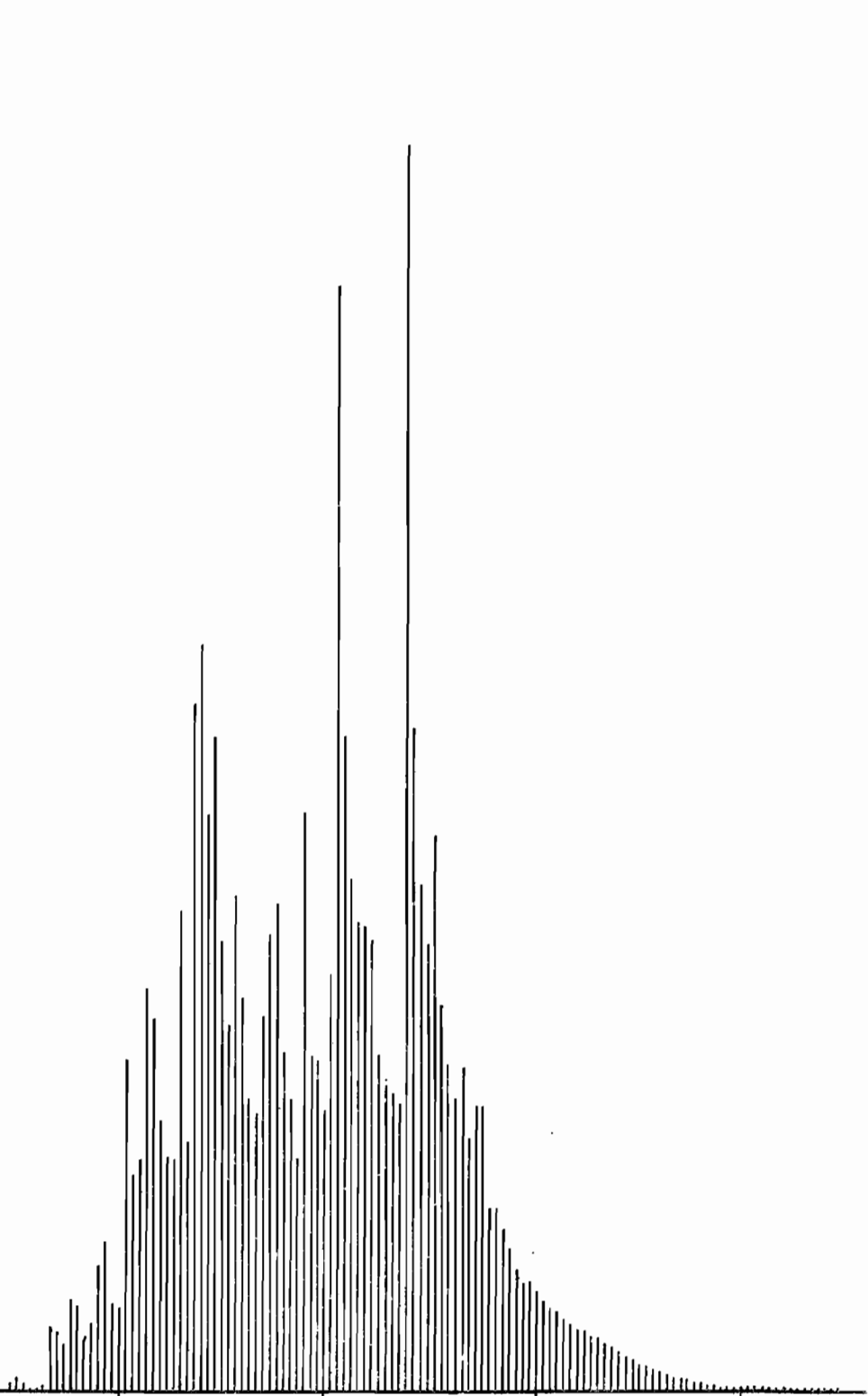
Août

Septembre

Octobre

Novembre

Décembre



DODOU à GORI-BOUNIEROU

Débits moyens journaliers en m³/s

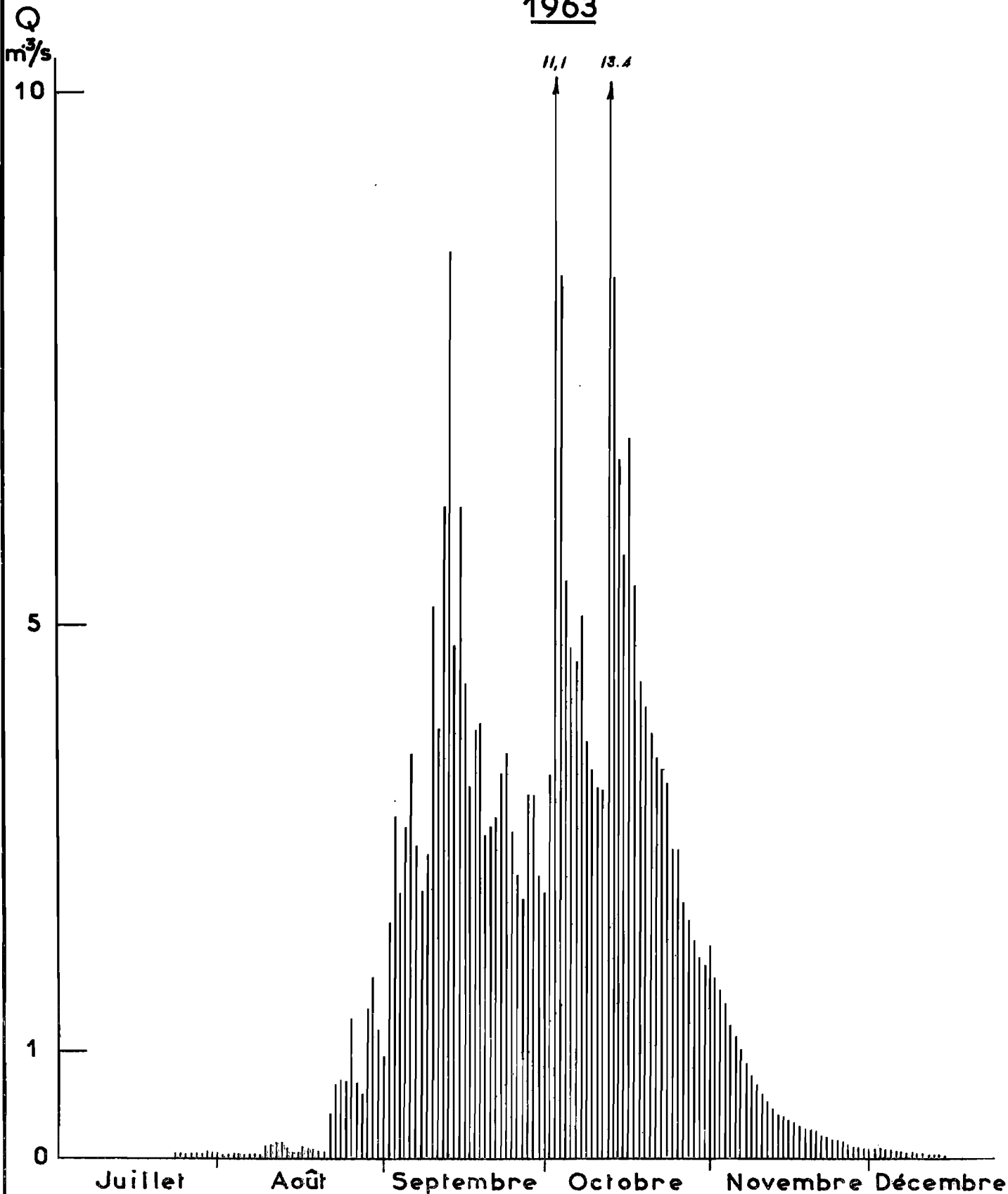
Année 1963

: Jours	: Juillet		: Août		: Septembre		: Octobre		: Novembre		: Décembre	
	: Q _{moy}	: Q _{max}	: Q _{moy}	: Q _{max}	: Q _{moy}	: Q _{max}	: Q _{moy}	: Q _{max}	: Q _{moy}	: Q _{max}	: Q _{moy}	: Q _{max}
1			0,035		2,20		3,58		1,69		0,085	
2			0,035		3,22	4,16	11,1	14,6	1,54		0,075	
3			0,030		2,47		8,26		1,44		0,070	
4			0,030		3,08		5,41		1,24		0,065	
5			0,030		3,82	4,44	4,77		1,13		0,055	
6			0,030		2,91		4,67		1,02		0,040	
7			0,030		2,51		5,06	5,45	0,876		0,035	
8			0,035		2,83		3,89		0,753		0,030	
9			0,110		5,14	5,45	3,63		0,666		0,020	
10			0,120		4,02		3,47	3,88	0,579		0,010	
11			0,140		6,10		3,47		0,504		0,005	
12			0,140		8,49	12,6	13,4	15,6	0,458		0,005	
13			0,084		4,79		8,25		0,389		0,005	
14			0,060		6,08	8,62	6,53		0,366		0,005	
15			0,075		4,45		5,63		0,343		-	
16			0,100		3,51		6,76	7,48	0,306			
17			0,092		3,98	4,86	5,36		0,292			
18			0,092		4,05		4,46		0,270			
19			0,068		2,96		4,22		0,250			
20			0,052		3,07		3,98		0,244			
21			0,415		3,18		3,74		0,222			
22			0,680	1,05	3,58		3,62		0,208			
23			0,725		3,79	4,08	3,50		0,187			
24	0,060		0,760		3,07		2,90		0,158			
25	0,055		1,29	1,54	2,64		2,90		0,147			
26	0,050		0,693		2,40		2,38		0,130			
27	0,050		0,592		3,37		2,21		0,120			
28	0,040		1,36	1,90	3,37	4,37	2,05		0,114			
29	0,075		1,71		2,63		1,87		0,103			
30	0,060		1,20		2,48		1,82		0,092			
31	0,040		0,947				1,98					
: Moyenne	: (0,013)		: 0,379		: 3,56		: 4,67		: 0,53		: 0,016	

Module : 0,765 m³/s

Débits moyens journaliers

du Dodou à GORI-BOUNIÉROU
1963



Pour le DODOU, le rapport des volumes écoulés aux deux stations est égal au rapport des surfaces ; les coefficients d'écoulement sont pratiquement identiques. Notons cependant que l'indication de la pluie moyenne est une simple approximation, les relevés ayant commencé seulement au début d'Août. Le déficit d'écoulement est de toute façon très élevé (rappelons que celui du TIAPALOU est de 1197 mm). Il correspond à une saison des pluies très longue avec un ralentissement net des précipitations de Juillet à mi-Août.

C
BASSINS DU KOKO SIKA



VIII
Description des bassins, équipement
et jaugeages

C - BASSINS du KOKO SIKA
.....

CHAPITRE VIII
.....

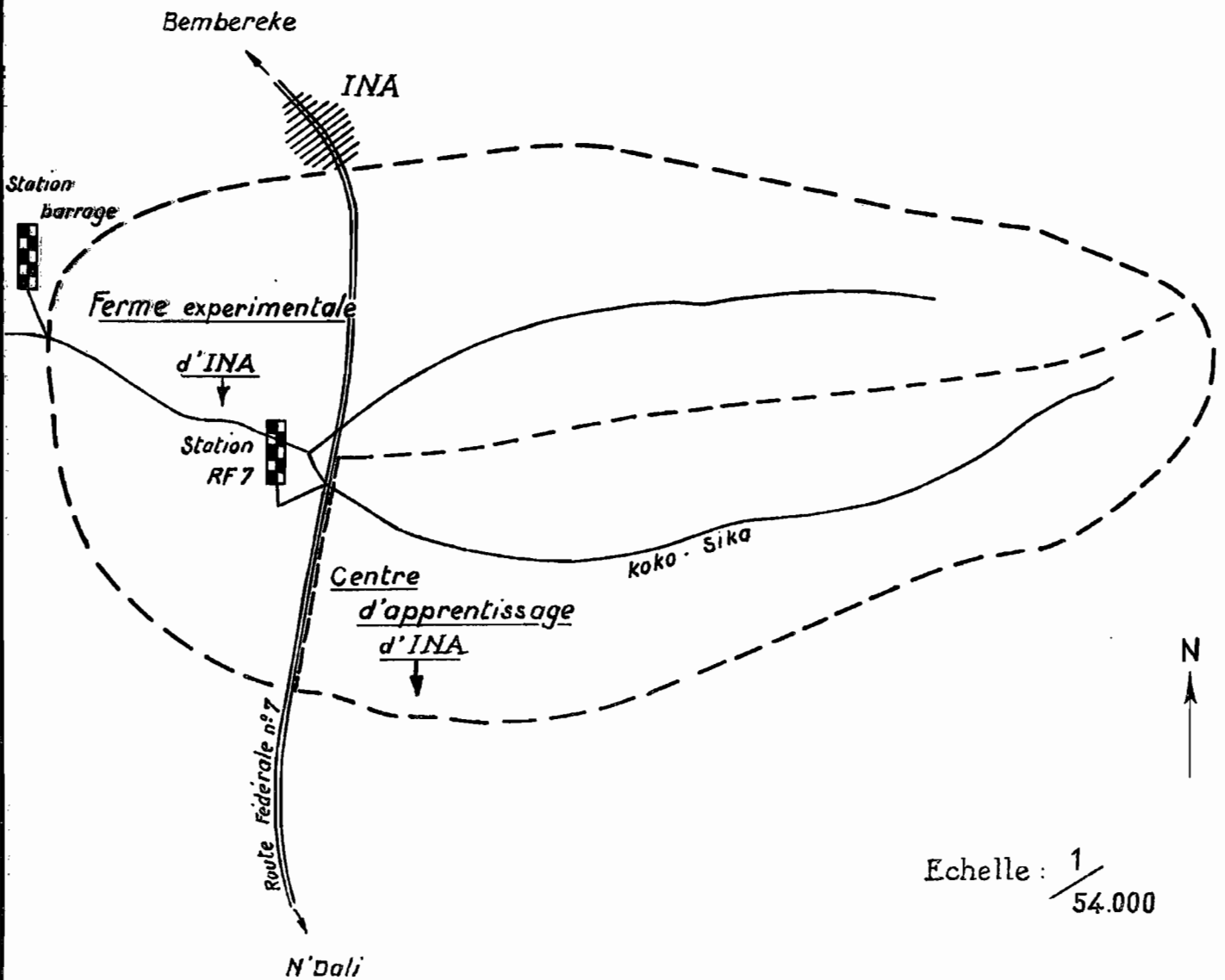
DESCRIPTION des BASSINS - EQUIPEMENT et JAUGEAGES

Le KOKO SIKA est un petit affluent de rive gauche du YEROU MARO, il coule d'Est en Ouest et est formé dans son cours supérieur par deux branches d'importance à peu près égale. La branche Sud coupe la route fédérale, après 7 km de cours, à 2 km au Sud d'INA, la station d'observation (station RF 7) est installée au pont. Le KOKO SIKA reçoit ensuite sa branche Nord, puis longe la ferme expérimentale d'INA (Institut de Recherches Agronomiques Tropicales). La vallée très évasée présente à l'extrémité Sud-Ouest de la ferme un léger étranglement naturel, qui a permis l'installation en 1963 d'un barrage avec déversoir qui contrôle l'ensemble de la branche Nord et de la branche Sud. Une station d'observation contrôle le déversoir et est appelée "station barrage".

8.1 - STATION RF 7 -

Ses coordonnées géographiques sont de $9^{\circ} 57'$ de latitude Nord et de $2^{\circ} 43'$ de longitude Est. Elle contrôle un bassin très allongé de $14,1 \text{ km}^2$ ayant un coefficient de compacité de 1,40. La végétation est la même que pour le bassin du TIAPALOU, mais sans forêt galerie à proprement parler. Les pentes longitudinales sont faibles (1 % en moyenne). L'équipement de ce bassin est très réduit ; il comprend uniquement une échelle limnimétrique formée par un élément d'un mètre placée en aval du pont.

CROQUIS SOMMAIRE DES BASSINS VERSANTS du KOKO_SIKA



Echelle : $\frac{1}{54.000}$

De nombreux jaugeages ont été nécessaires pour évaluer le débit. En effet, les pentes sont faibles et les crues brèves séparées par de longues périodes à faible écoulement modifient sensiblement le profil en travers du lit par dépôt de sable. L'étalonnage est ainsi à refaire après chaque crue importante.

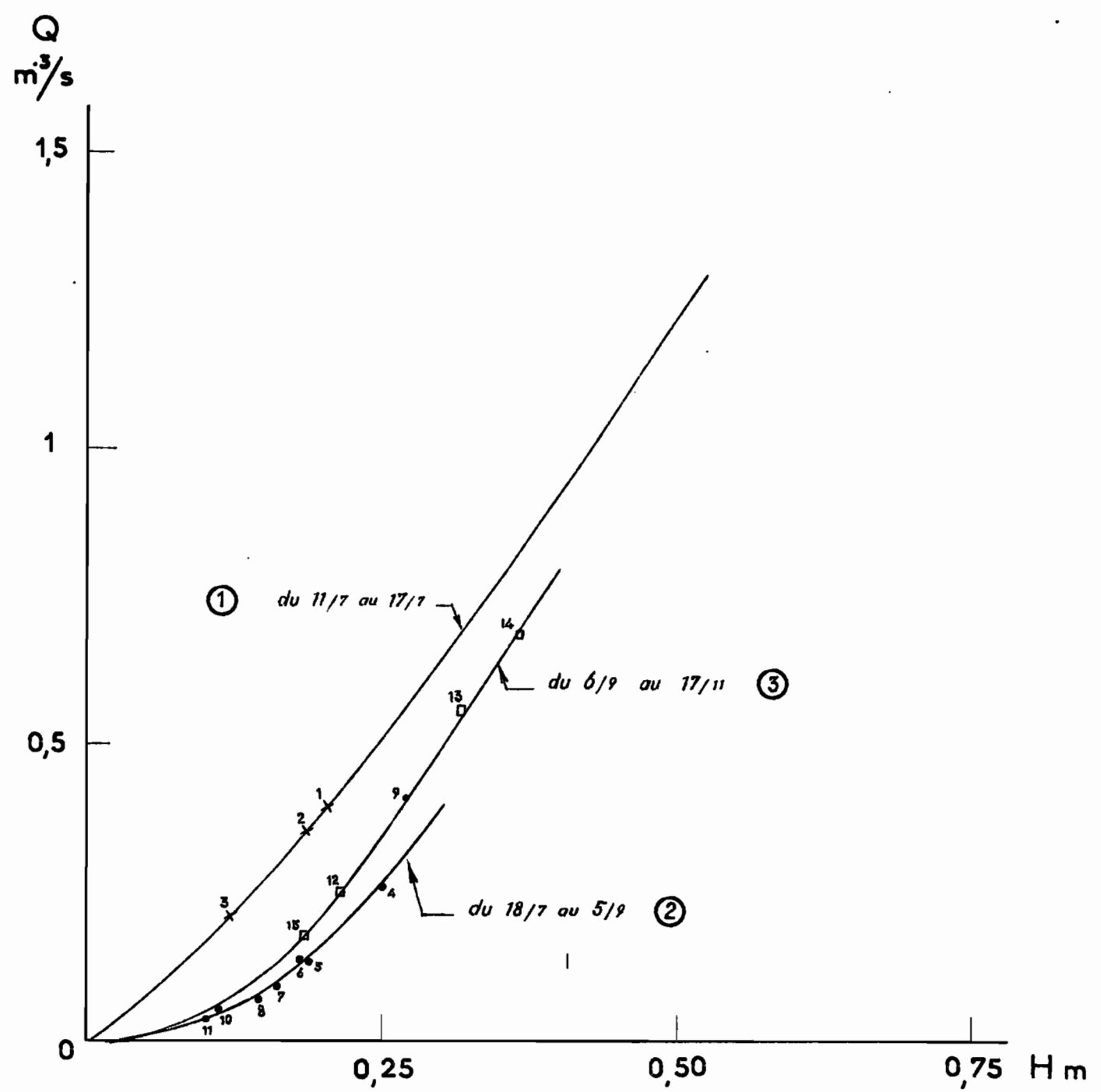
Des lectures biquotidiennes pendant toute la durée de l'écoulement permettent de se faire une idée des débits de ce petit cours d'eau pendant les années 1961 - 1962 et 1963.

Voici le détail de tous les jaugeages effectués, avec la période de validité pour chaque courbe de tarage.

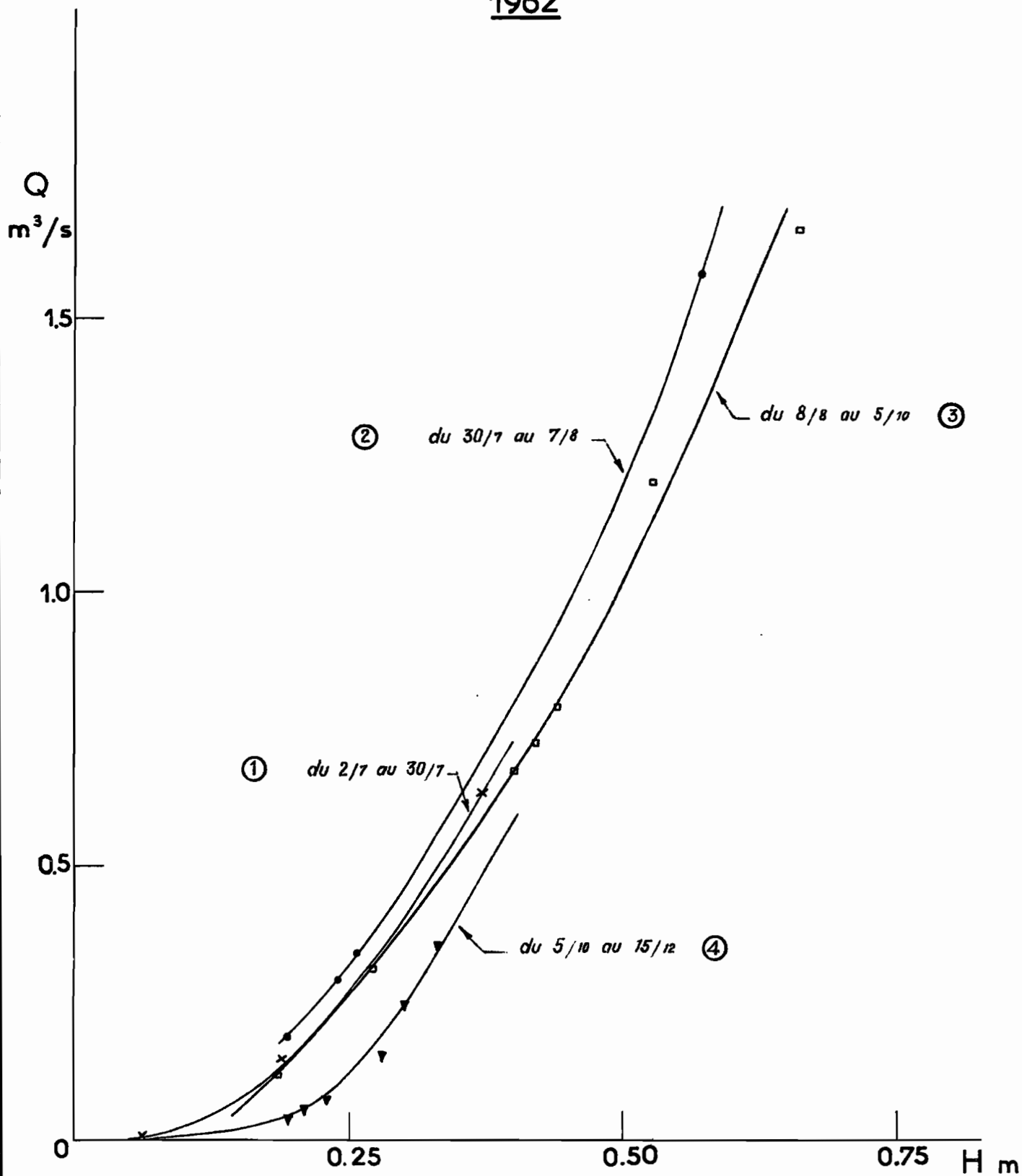
<u>Année 1961 :</u>	N°	Date	Hauteur m	Débit m ³ /s
Du 11/7 au 17/7	1	11/7	0,205	0,396
	2	11/7	0,185	0,360
	3	11/7	0,12	0,217
Du 18/7 au 5/9	4	19/7	0,25	0,267
	5	28/7	0,185	0,136
	6	29/7	0,18	0,138
	7	31/7	0,16	0,095
	8	2/8	0,145	0,076
	9	3/8	0,27	0,406
	10	12/8	0,11	0,060
	11	15/8	0,10	0,039
	Du 6/9 au 17/11	12	6/9	0,215	0,250
13		9/9	0,315	0,555
14		15/9	0,365	0,685
15		27/9	0,185	0,176
<u>Année 1962 :</u>				
Du 2/7 au 30/7	1	24/7	0,06	0,004
	2	25/7	0,19	0,150
	3	30/7	0,37	0,635
Du 31/7 au 7/8	4	31/7	0,24	0,289
	5	3/8	0,195	0,190
	6	5/8	0,57	1,58
	7	6/8	0,255	0,372

	N°	Date	Hauteur (m)	Débit (m ³ /s)
Du 8/8 au 5/10	8	9/8	0,215	0,216
	9	12/8	0,185	0,120
	10	20/8	0,27	0,302
	11	29/8	0,66	1,66
	12	29/8	0,53	1,20
	13	3/9	0,42	0,721
	14	9/9	0,40	0,671
	15	15/9	0,44	0,786
Du 5/10 au 15/12	16	5/10	0,30	0,241
	17	9/10	0,33	0,358
	18	15/10	0,28	0,155
	19	25/10	0,23	0,082
	20	29/10	0,21	0,054
	21	31/10	0,195	0,040
	<u>Année 1963 :</u>			
Du 22/7 au 8/8	1	8/8	0,185	0,040
	2	8/8	0,385	0,300
	3	8/8	0,41	0,330
	4	8/8	0,75	1,58
Du 8/8 au 31/8	5	9/8	0,33	0,295
	6	12/8	0,26	0,150
	7	19/8	0,21	0,100
	8	24/8	0,325	0,262
Du 1/9 au 2/10	9	31/8	0,28	0,141
	10	1/9	0,365	0,285
	11	28/9	0,275	0,115
Du 3/10 au 22/12	12	21/10	0,26	0,135

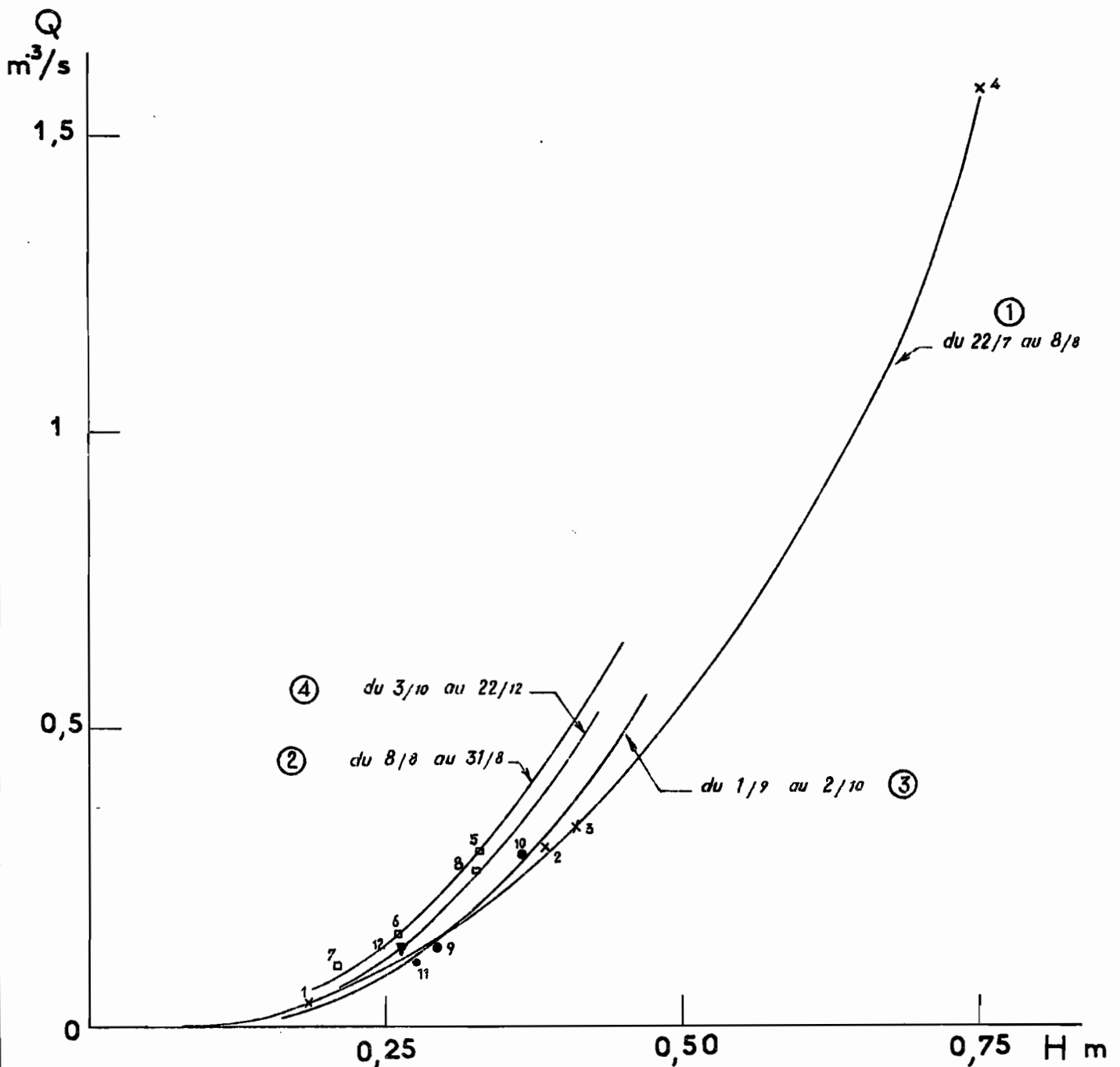
Courbes d'étalonnage du Koko_Sika à la station RF.7
1961



Courbes d'étalonnage du Koko_Sika à la station RF.7
1962



Courbes d'étalonnage du Koko_Sika à la station RF.7
1963



8.2 - STATION BARRAGE -

En Avril 1963, un barrage avec déversoir à 2 mètres au-dessus du lit a été installé à l'extrémité Sud-Ouest de la ferme, le KOKO SIKI ayant alors 10 km de cours.

Ce barrage permet de créer un point d'eau permanent, de faire des études en amont sur cultures légumières et fruitières et en aval des études rizicoles avec régularisation du cours d'eau. Le volume maximal retenu est de 32 000 m³ environ avec une surface inondable de 3,2 hectares.

Un élément de 0 à 2 m, placé en amont du déversoir, indique le remplissage de la retenue. Un autre élément d'un mètre (200 à 300) avec le niveau 200 correspondant à la cote zéro du déversoir, donne directement la hauteur de la lame d'eau déversante.

Des lectures régulières biquotidiennes et des jaugeages en aval permettent l'estimation des débits moyens journaliers déversés à cette station qui contrôle une surface de 34,3 km².

Huit jaugeages ont été effectués pour des cotes à l'échelle allant de 203 à 233,5, c'est-à-dire pour des lames déversantes allant de 3 à 33,5 cm.

Leur dépouillement montre que l'on peut très bien appliquer à ce déversoir une formule théorique de la forme :

$$Q = 0,5 l h \sqrt{2 g h}$$

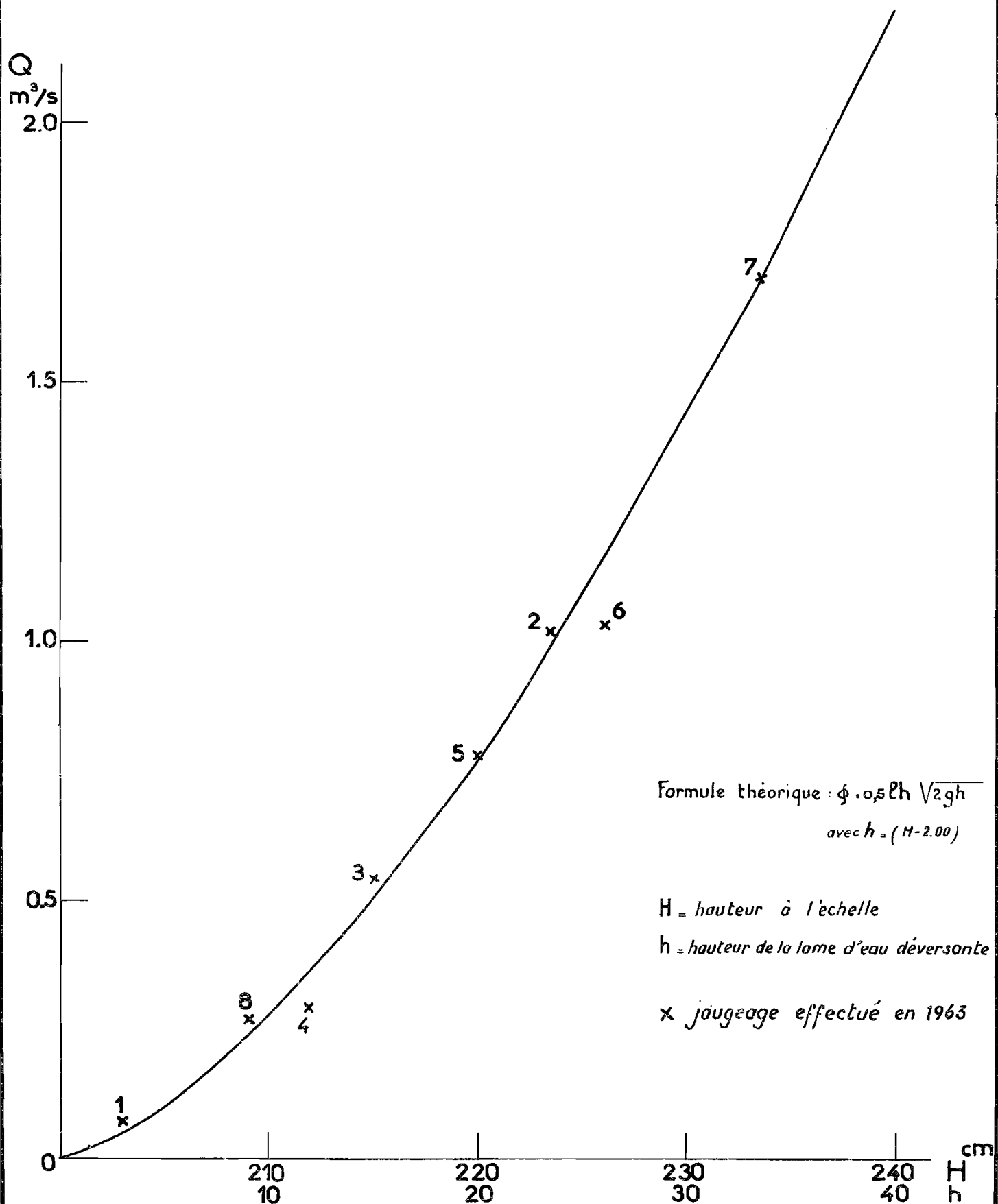
avec l (longueur du déversoir) = 4 mètres et $h_{cm} = H - 200$

Liste des jaugeages

N°	Date	200 échelle	0 déversoir
		H (cm)	Q (m ³ /s)
1	27/7/63	203	0,074
2	9/8	223,5	1,02
3	12/8	215	0,540
4	20/8	212	0,295
5	30/8	220	0,780
6	4/9	226	1,03
7	2/10	233,5	1,70
8	11/11	209	0,274

Courbe d'étalonnage du déversoir de la station barrage du Koko_Sika

Gr_45



ORSTOM

A₀

DATE :

DESSINÉ :

DAH. 141. 138

CHAPITRE IX

DEBITS OBSERVES

9.1 - STATION RF 7 -

En l'absence de limnigraphe, deux lectures par jour ne sont guère suffisantes pour se faire une bonne idée du débit moyen journalier et à cette source d'imprécision viennent s'ajouter les rapides modifications de la courbe de tarage. Aussi, les débits indiqués ci-dessous ne peuvent prétendre à une grande exactitude.

Chaque tableau renferme les débits moyens journaliers de toute la période d'écoulement, les débits moyens mensuels et le module.

La date d'apparition de l'écoulement, la durée de celui-ci, sont sensiblement les mêmes que pour le TIAPALOU.

Les crues maximales annuelles ne sont pas plus fortes :

- le 17 Juillet 1961 $Q = 1,30 \text{ m}^3/\text{s}$ soit 92 l/s.km^2
- le 29 Août 1962 $Q = 1,86 \text{ m}^3/\text{s}$ " 132 l/s.km^2
- le 8 Août 1963 $Q = 1,58 \text{ m}^3/\text{s}$ " 112 l/s.km^2

Notons que le plus fort débit spécifique observé pendant ces trois années n'est que de 132 l/s.km^2 , pour le bassin du TIAPALOU la valeur maximale est très voisine : 135 l/s.km^2 .

KOKO SIKA (Station RF 7)

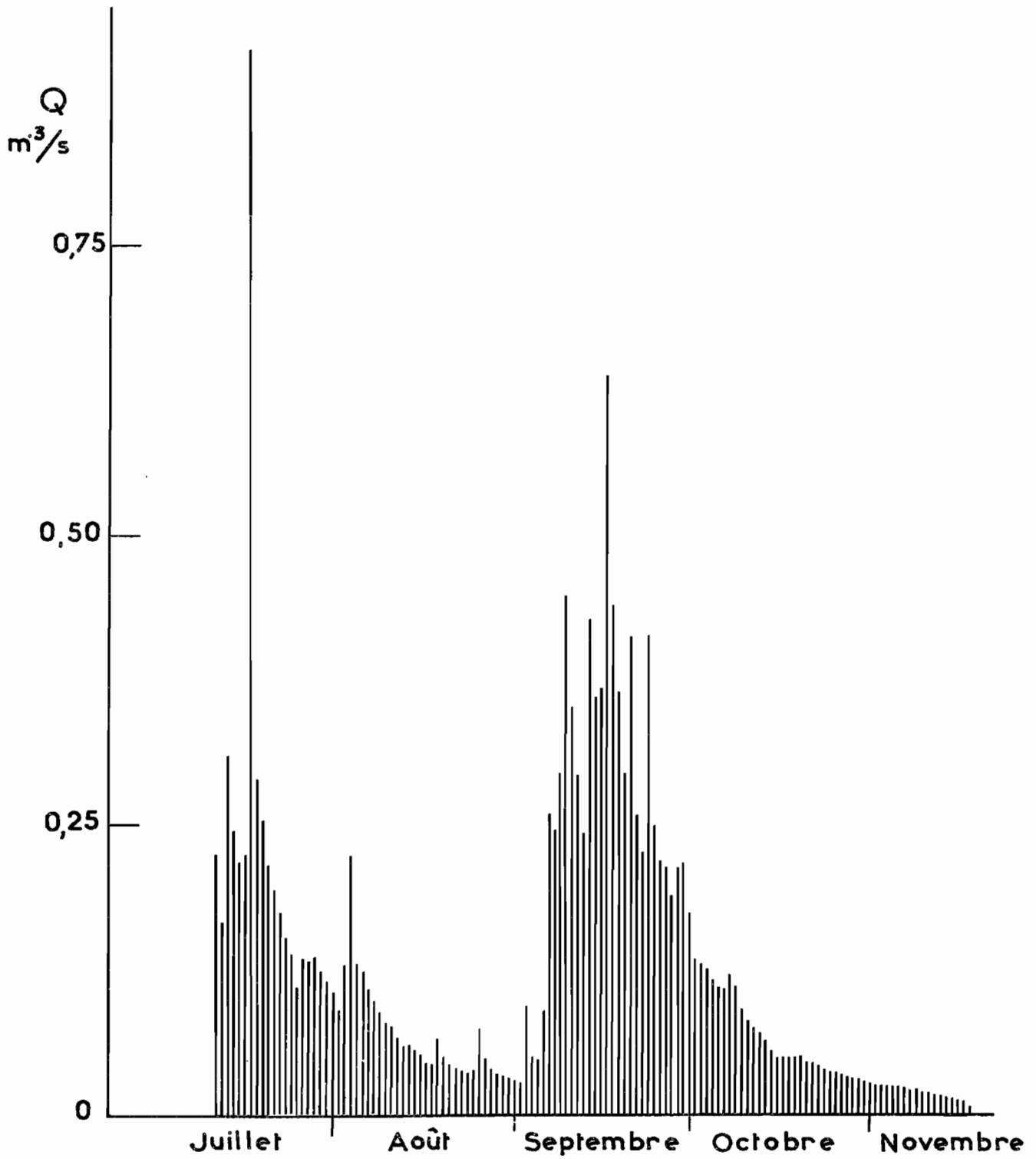
Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1961

Jours	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
1		0,089	0,029	0,135	0,027
2		0,131	0,094	0,132	0,026
3		0,222	0,048	0,128	0,026
4		0,131	0,047	0,119	0,026
5		0,123	0,091	0,110	0,024
6		0,108	0,262	0,110	0,023
7		0,098	0,248	0,119	0,023
8		0,087	0,294	0,110	0,023
9		0,078	0,450	0,090	0,021
10		0,072	0,352	0,080	0,020
11	0,228	0,063	0,292	0,074	0,018
12	0,166	0,058	0,242	0,068	0,017
13	0,309	0,058	0,428	0,063	0,017
14	0,246	0,054	0,360	0,054	0,015
15	0,220	0,050	0,370	0,050	0,014
16	0,226	0,044	0,640	0,050	0,013
17	0,920	0,044	0,440	0,050	0,010
18	0,290	0,065	0,366	0,050	
19	0,256	0,048	0,292	0,047	
20	0,212	0,043	0,416	0,044	
21	0,195	0,040	0,258	0,044	
22	0,172	0,038	0,228	0,042	
23	0,154	0,035	0,416	0,041	
24	0,139	0,038	0,250	0,039	
25	0,110	0,073	0,221	0,037	
26	0,133	0,047	0,214	0,035	
27	0,127	0,039	0,189	0,032	
28	0,131	0,035	0,214	0,032	
29	0,123	0,032	0,220	0,032	
30	0,115	0,029	0,176	0,030	
31	0,103	0,029		0,029	
Moyenne	0,147	0,067	0,272	0,067	0,011

Module : 0,047 m³/s

Débits moyens journaliers du Koko_Sika _Station RF7_ 1961



KOKO SIKA (Station RF 7)

Débits moyens journaliers en m³/s

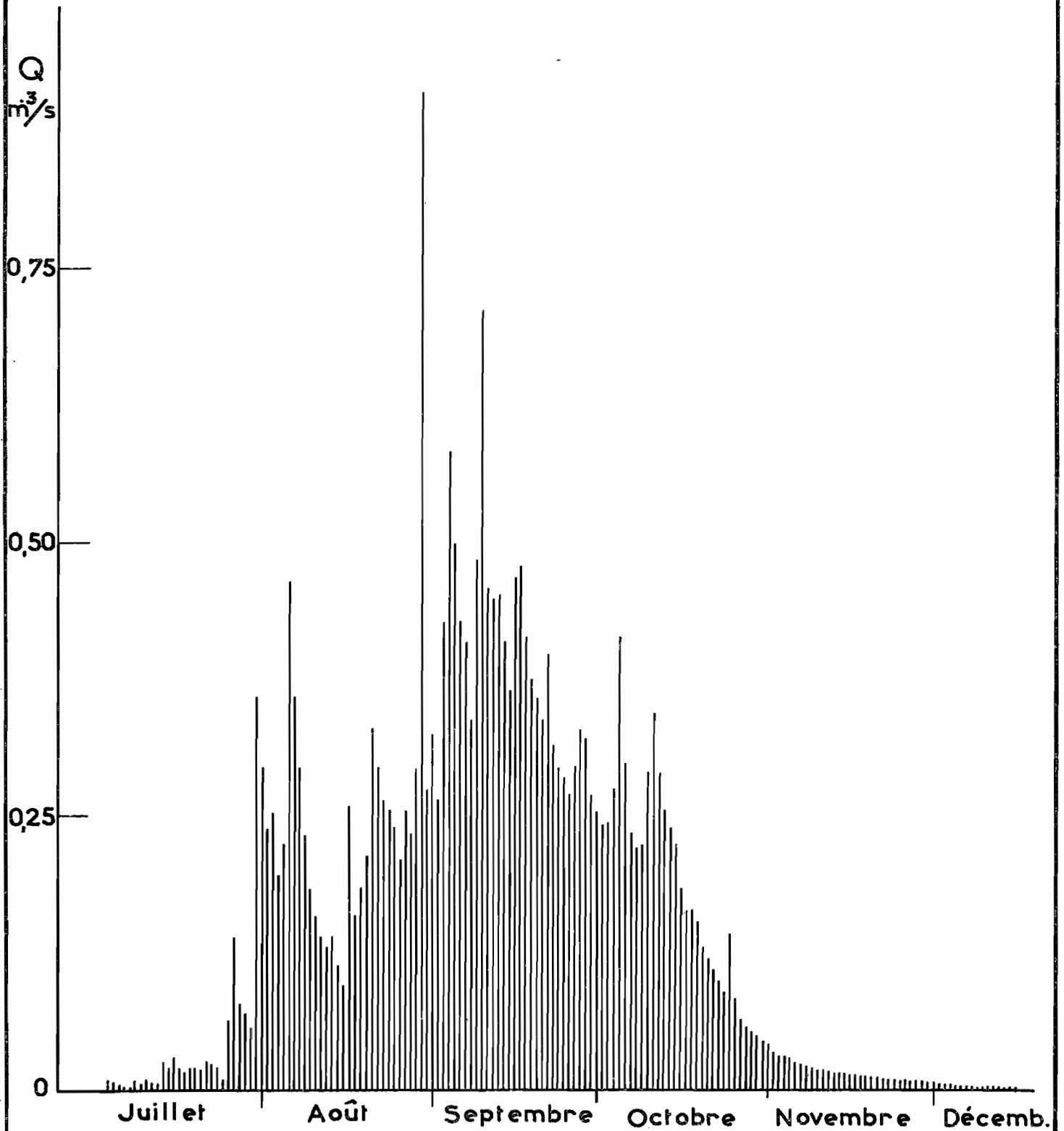
Année 1962

Jours	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1		0,241	0,265	0,243	0,036	0,007
2	0,001	0,252	0,428	0,245	0,031	0,006
3	0,010	0,197	0,587	0,276	0,031	0,005
4	0,006	0,222	0,502	0,416	0,031	0,005
5	0,004	0,465	0,428	0,300	0,027	0,003
6	0,003	0,362	0,410	0,236	0,025	0,003
7	0,002	0,292	0,341	0,221	0,023	0,002
8	0,007	0,233	0,487	0,223	0,020	0,002
9	0,004	0,183	0,717	0,290	0,020	0,002
10	0,008	0,160	0,459	0,347	0,020	0,002
11	0,006	0,140	0,447	0,290	0,019	0,002
12	0,007	0,131	0,452	0,255	0,017	0,002
13	0,027	0,141	0,411	0,240	0,017	0,002
14	0,020	0,113	0,366	0,226	0,017	0,001
15	0,028	0,095	0,468	0,183	0,017	0,001
16	0,020	0,262	0,479	0,165	0,017	
17	0,017	0,160	0,413	0,165	0,015	
18	0,019	0,187	0,375	0,154	0,014	
19	0,020	0,213	0,356	0,131	0,014	
20	0,020	0,332	0,340	0,120	0,016	
21	0,027	0,296	0,398	0,110	0,019	
22	0,025	0,266	0,313	0,100	0,015	
23	0,019	0,254	0,296	0,091	0,014	
24	0,008	0,240	0,284	0,143	0,014	
25	0,063	0,210	0,272	0,082	0,014	
26	0,140	0,256	0,295	0,064	0,013	
27	0,078	0,234	0,332	0,059	0,012	
28	0,073	0,292	0,323	0,054	0,012	
29	0,054	0,913	0,270	0,051	0,011	
30	0,360	0,273	0,254	0,046	0,010	
31	0,295	0,327		0,043		
Moyenne	0,044	0,256	0,392	0,180	0,019	0,002

Module : 0,075 m³/s

Débits moyens journaliers du Koko_Sika
- Station RF7 -
1962

Gr_47



KOKO SIKA (Station RF 7)

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1963

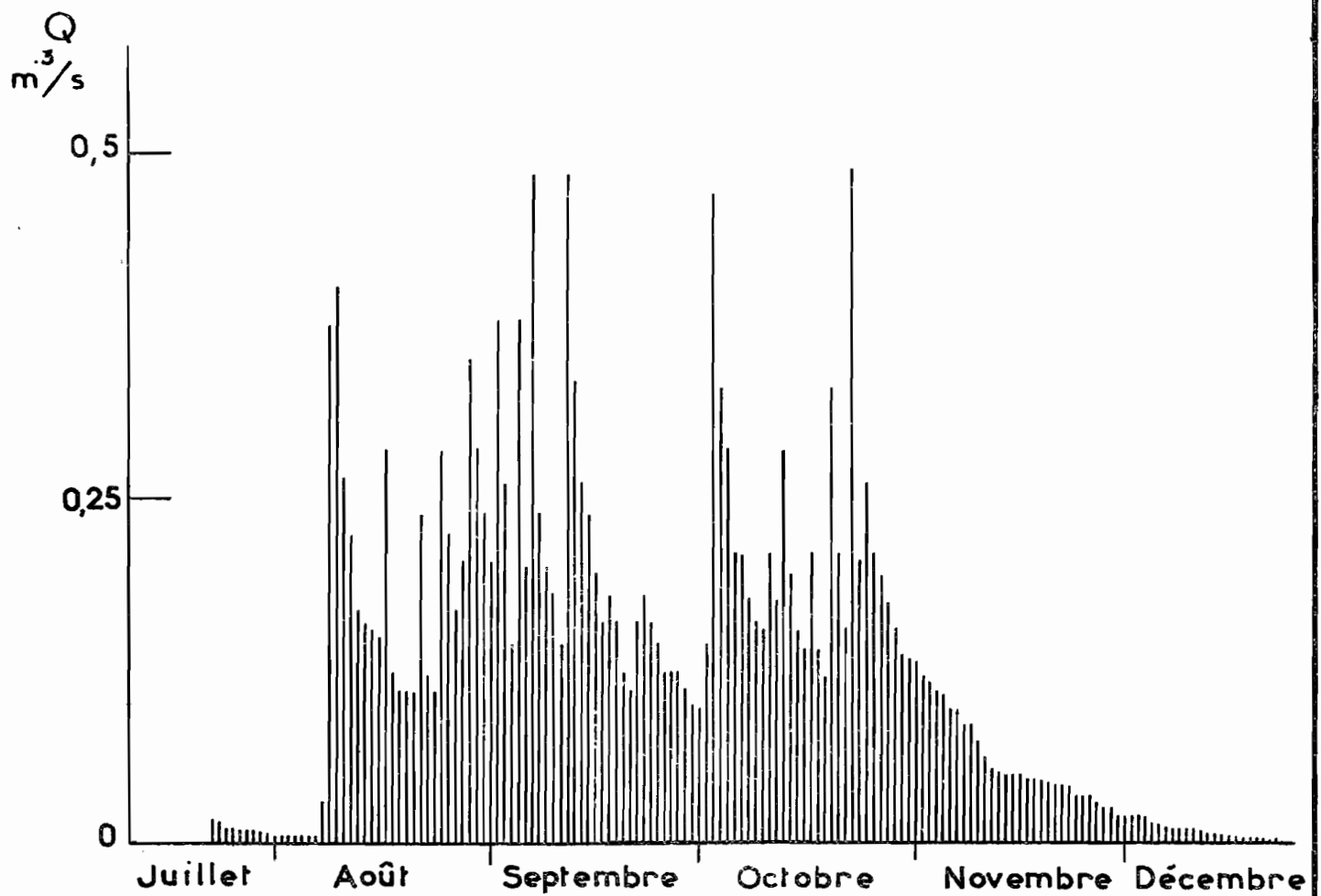
Jours	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Octobre
1		0,008	0,380	0,142	0,120	0,020
2		0,008	0,260	0,470	0,120	0,020
3		0,008	0,142	0,330	0,108	0,017
4		0,006	0,380	0,282	0,108	0,015
5		0,006	0,200	0,210	0,096	0,012
6		0,006	0,485	0,210	0,096	0,010
7		0,030	0,240	0,174	0,084	0,010
8		0,375	0,200	0,156	0,084	0,010
9		0,406	0,180	0,154	0,072	0,010
10		0,262	0,142	0,210	0,060	0,010
11		0,222	0,485	0,174	0,050	0,008
12		0,168	0,332	0,282	0,050	0,008
13		0,136	0,260	0,192	0,050	0,008
14		0,136	0,240	0,156	0,050	0,006
15	0,008	0,122	0,200	0,138	0,050	0,006
16		0,285	0,160	0,210	0,042	0,006
17		0,122	0,180	0,138	0,042	0,004
18		0,108	0,160	0,120	0,042	0,004
19		0,108	0,125	0,330	0,042	0,004
20		0,108	0,110	0,210	0,042	0,002
21		0,240	0,160	0,156	0,042	0,002
22	0,018	0,122	0,180	0,486	0,042	0,002
23	0,015	0,108	0,160	0,206	0,035	
24	0,012	0,285	0,142	0,258	0,035	
25	0,012	0,222	0,125	0,210	0,035	
26	0,012	0,168	0,125	0,192	0,030	
27	0,012	0,204	0,125	0,174	0,025	
28	0,012	0,350	0,110	0,156	0,025	
29	0,010	0,285	0,097	0,138	0,020	
30	0,010	0,240	0,097	0,138	0,020	
31	0,008	0,204		0,138		
Moyenne	0,004	0,163	0,206	0,211	0,057	0,006

Module : 0,054 m³/s

Débits moyens journaliers du Koko - Sika

- Station RF7 -

1963



On a ainsi des résultats analogues pour des superficies très proches (14,1 km² et 12,4 km²).

Les volumes écoulés et les modules sont, par contre, assez différents :

		TIAPALOU
- Volumes écoulés au KOKO SIKA	1961 = 1,48.10 ⁶ m ³	2,14.10 ⁶ m ³
	1962 = 2,36.10 ⁶ m ³	3,73.10 ⁶ m ³
	1963 = 1,71.10 ⁶ m ³	3,26.10 ⁶ m ³
- Modules au KOKO SIKA	1961 = 0,047 m ³ /s	0,068 m ³ /s
	1962 = 0,075 m ³ /s	0,118 m ³ /s
	1963 = 0,054 m ³ /s	0,100 m ³ /s

L'erreur dans l'estimation des débits (la sous estimation est certaine) ne peut totalement expliquer cette différence particulièrement sensible en 1963 où le module du TIAPALOU est presque le double de celui du KOKO SIKA.

La pluviométrie de la station d'INA est très proche de la pluviométrie moyenne du bassin du TIAPALOU (1457 contre 1472 mm) et la répartition mensuelle est sensiblement la même. Les sols étant les mêmes, il semble que la forme du bassin, la pente longitudinale faible, les zones marécageuses assez développées en amont et à forte évaporation interviennent pour expliquer cette différence.

9.2 - STATION BARRAGE

La retenue se remplit rapidement, l'écoulement commence le 22 Juillet à la station RF 7 et dès le lendemain le déversoir fonctionne. L'écoulement ne s'arrêtera que le 23 Novembre.

Le volume déversé total est de 7,3.10⁶ m³ pour 34,3 km², correspondant à un module de 0,23 m³/s.

Les débits moyens journaliers et mensuels déversés sont les suivants.

KOKO SIKA (Station barrage)
 Débits moyens journaliers en m³/s
 Année 1963

Jours	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
1		0,010	1,145	0,734	0,762
2		0,010	0,945	1,46	0,702
3		0,010	0,821	1,42	0,594
4		0,010	1,24	1,28	0,490
5		0,010	1,145	1,21	0,464
6		0,005	1,345	1,14	0,442
7		0,046	1,075	1,07	0,392
8		0,621	1,01	0,945	0,346
9		1,31	0,883	0,883	0,302
10		0,621	0,821	1,01	0,260
11		0,621	1,76	1,01	0,239
12		0,440	1,46	1,17	0,220
13		0,324	1,24	1,01	0,200
14		0,440	1,28	0,883	0,182
15		0,416	1,11	0,821	0,147
16		0,621	0,914	0,977	0,115
17		0,489	0,914	0,821	0,086
18		0,392	0,852	0,702	0,059
19		0,368	0,702	0,852	0,046
20		0,368	0,649	1,04	0,046
21		0,734	0,852	0,883	0,046
22		0,540	0,977	1,93	0,046
23	0,025	0,490	0,977	1,60	0,036
24	0,046	0,762	0,852	1,42	0,025
25	0,046	0,852	0,821	1,28	0,010
26	0,046	0,762	0,702	1,21	
27	0,046	0,790	0,790	1,08	
28	0,036	0,977	0,649	1,01	
29	0,018	0,945	0,594	0,945	
30	0,010	0,762	0,541	0,883	
31	0,010	0,734		0,821	
Moyenne	0,009	0,50	0,97	1,08	0,208

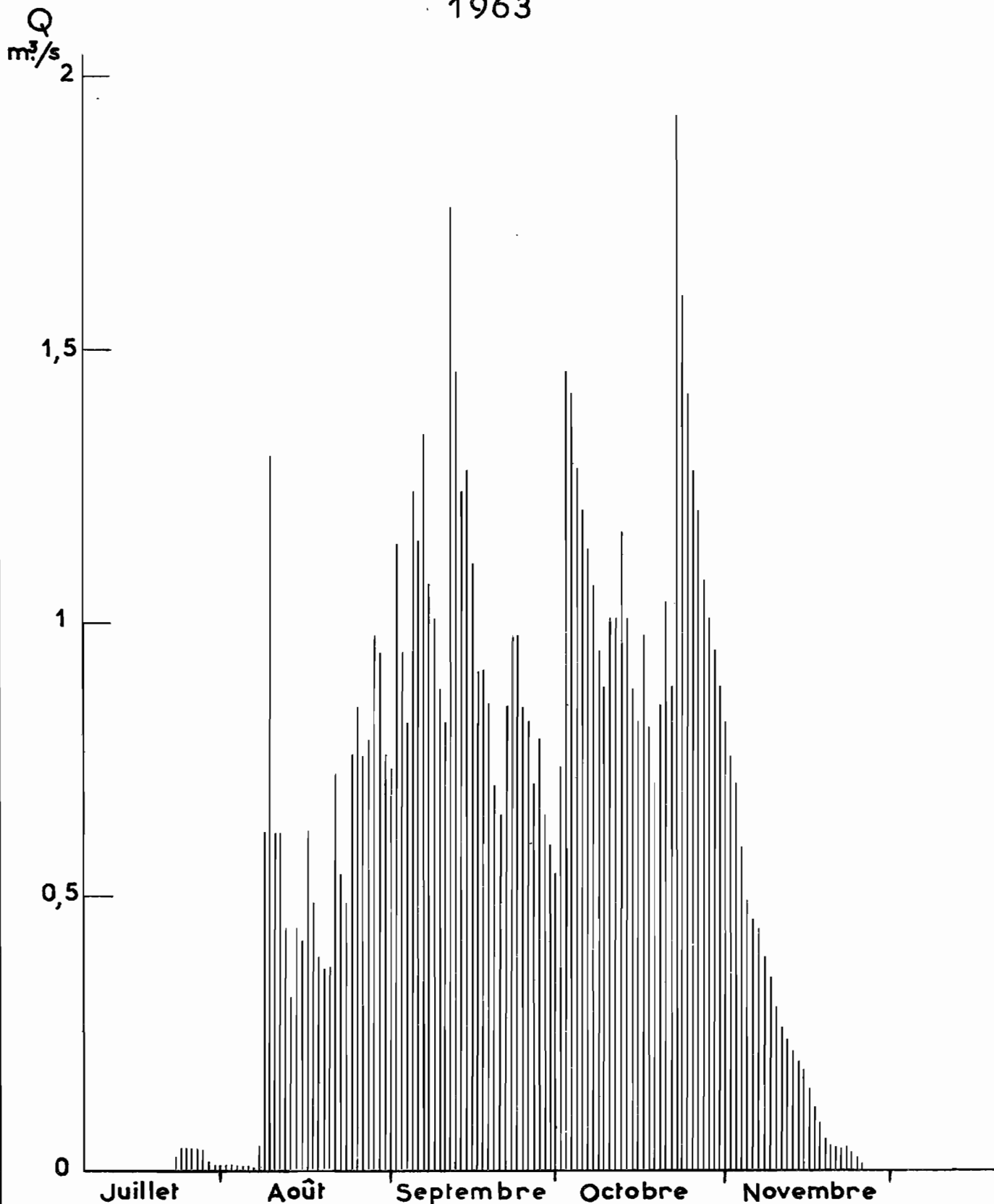
Module : 0,23 m³/s

Débits moyens journaliers

Gr_49

déversés à la station barrage du Koko Sika

1963



CHAPITRE X

CONCLUSIONS

Les études effectuées sur les bassins du TIAPALOU, du WENOU, du GORI BOUNIEROU et du KOKO SIKI donnent des résultats concordants, ce qui prouve bien que les données obtenues sont représentatives de la région d'INA.

Ces études ont mis en évidence une assez grande perméabilité qui se traduit, d'une part, par de faibles débits de crues (circonstance encore aggravée par les faibles pentes et les galeries forestières) et, d'autre part, par une influence très sensible de la saturation. Il a d'ailleurs été possible, dans le cas du TIAPALOU, de préciser cette influence par une étude de régression multiple.

L'écoulement n'apparaît pour le TIAPALOU que si le total des trois premiers mois de l'hivernage est de l'ordre de 500 mm; la hauteur moyenne de l'averse donnant lieu au premier écoulement devant être de 50 mm environ, conditions assez sévères. Les conditions sont les mêmes pour le WENOU.

Le module spécifique moyen sur le TIAPALOU est de 7 à 8 l/s.km². Il varie très largement d'une année à l'autre, surtout en fonction de la répartition des précipitations, ce qui est en accord avec ce que nous disions plus haut à propos de l'influence de la saturation.

Les débits de crue annuelle sont les suivants :

- TIAPALOU (12,4 km ²)	:	135 l/s.km ²
- WENOU (33,4 km ²)	:	125 l/s.km ²
- GORI BOUNIEROU (119,8 km ²)	:	110 l/s.km ²

Les deux derniers cours d'eau présentent des crues relativement plus fortes par suite de galeries forestières moins développées, surtout sur le GORI BOUNIEROU.

On pourrait prévoir pour la superficie standard de 25 km², les chiffres suivants :

- Bassin type TIAPALOU	:	80 - 100 l/s.km ²
- " WENOU	:	150 l/s.km ²
- " GORI BOUNIEROU	:	250 à 350 l/s.km ²

Les débits de crue décennale sont les suivants :

- TIAPALOU	:	325 l/s.km ²
- WENOU	:	255 l/s.km ²
- GORI BOUNIEROU	:	230 l/s.km ²

Pour la superficie standard de 25 km², les débits spécifiques de crue décennale seraient les suivants :

- Bassin type TIAPALOU	:	200 - 250 l/s.km ²
- Bassin type WENOU	:	300 l/s.km ²
- Bassin type GORI BOUNIEROU	:	500 à 800 l/s.km ²

Rappelons qu'on avait trouvé sur la LHOTO et la TERO les valeurs suivantes :

LHOTO - Bassin standard de 25 km² :

- Crue annuelle	:	500 à 600 l/s.km ²
- Crue décennale	:	1000 à 1200 l/s.km ²

TERO - Bassin standard de 25 km² :

- Crue annuelle	:	600 à 700 l/s.km ²
- Crue décennale	:	1200 à 1500 l/s.km ²

Ces estimations un peu anciennes sont, peut-être, un peu fortes, mais le simple examen des coefficients de ruissellement montre que ces bassins ruissellent beaucoup plus facilement que les bassins de la région d'INA, bien que présentant également une grande sensibilité à la saturation. La différence est due surtout à la pente très faible sur le TIAPALOU. La comparaison montre bien la variabilité de la crue décennale.

Pour tirer tout le parti que l'on pourrait obtenir de ces observations, il faudrait procéder, d'une part, à une étude générale des sols du DAHOMEY, orientée vers l'estimation de la perméabilité en place et surtout procéder à la synthèse générale des études effectuées sur les bassins d'Afrique Occidentale, ce qui réduirait beaucoup le nombre de bassins représentatifs à prévoir dans l'avenir au DAHOMEY.

Cependant, la simple comparaison des pentes, du régime des précipitations, de la couverture végétale et de l'allure du réseau hydrographique d'un bassin avec les trois ensembles de bassins représentatifs étudiés peut déjà permettre, dans bien des cas, des estimations valables.

ANNEXES

A N N E X E S



A N N E X E I

Pluviométrie de la station d'INA et
Relevés des pluviomètres et des pluviographes
du bassin du TIAPALOU
pour l'année 1961

Pluviométrie de l'année 1961

Station d'INA
(en mm)

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				2,6		8,0						
2						12,0		46,5				
3						14,6	5,1					
4				4,6		3,7						
5					6,7	22,8	26,6		11,2			
6						28,4			56,9			
7				50,6	16,1					7,7		
8				5,4					12,3	5,6		
9				77,1	2,4		35,7					
10					9,9				32,2			
11				1,7		4,8	65,4		1,6			
12				2,0		17,0	16,7	3,4				
13					1,6		14,0		30,8			
14									3,3			
15							2,8		16,6			
16							82,2					
17									29,2			
18						18,3		12,0	3,2			
19						30,5						
20					15,8				22,6			
21							3,9					
22	45,3						4,1					
23						32,6	35,6	1,6				
24					7,6		1,6	26,7	37,8			
25							0,6	14,8				
26							22,5	2,3				
27					14,1	2,2	6,9		2,8			
28						1,6			27,1			
29						18,6						
30						1,2	2,5					
31												
Hauteur mensuelle	45,3	0	0	144,0	74,2	216,3	326,2	107,3	287,6	13,3	0	0
Nombre de jours de pluie	1	0	0	7	8	15	16	7	14	2	0	0

Hauteur annuelle = 1214 mm
Nombre total de jours de pluie = 70

BASSIN du TIAPALOU

Pluviométrie journalière

Août 1961

(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12	3,3	3,5	3,2	4,3	3,3	2,5	5,5	4,3	5,3	5,1	3,3	3,9
13												
14												
15												
16												
17												
18	24,2	10,5	23,5	16,0	12,0	12,0	9,2	9,4	10,7	10,4	15,2	21,5
19												
20	4,2	10,4	6,8	4,0	3,3	5,6	2,8	1,2	8,5	8,9	6,9	4,6
21												
22												
23												
24	21,5	21,5	35,5	35,5	35,5	22,5	29,7	28,0	33,0	31,7	34,6	27,8
25	2,0	3,6	2,0	3,0	3,0	3,6	2,8	2,5	3,3	3,2	3,3	2,6
26												
27												
28	1,5	2,0	2,0	3,0	2,2	2,9	2,1	2,1	2,7	2,9	1,9	2,0
29												
30												
31												
Total	56,7	51,5	73,0	65,8	59,3	49,1	52,1	47,5	63,5	62,2	65,2	62,4

BASSIN du TIAPALOU

Pluviométrie journalière

Septembre 1961

(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1												
2	35,6	40,0	40,0	40,1	40,3	40,0	35,7	34,5	39,0	40,0	37,3	34,7
3												
4												
5	60,3	57,5	59,6	61,5	58,0	50,0	50,5	50,5	60,0	60,0	55,5	55,5
6												
7												
8	15,0	13,5	15,5	17,5	13,8	13,5	8,5	8,2	16,9	18,8	18,8	14,3
9	31,0	27,7	28,1	31,0	27,9	29,7	29,6	30,0	29,3	29,5	28,0	28,5
10												
11												
12												
13	24,3	12,0	14,2	12,5	13,5	14,0	13,7	15,5	14,1	13,9	16,1	16,4
14												
15	6,5	7,2	8,5	6,9	7,2	6,5	4,6	4,0	4,8	6,4	4,4	4,0
16	15,2	13,5	16,5	16,1	16,5	15,5	12,8	11,8	13,3	13,6	15,5	11,5
17	15,5	13,0	17,7	14,7	12,0	13,0	16,0	15,5	15,2	15,4	17,5	16,0
18												
19												
20	3,9	2,7	3,9	4,2	2,7	3,9	8,5	6,5	7,8	4,6	5,0	5,3
21												
22												
23	14,5	23,4	16,0	14,1	21,2	23,4	24,7	23,8	17,9	16,0	15,8	15,6
24												
25												
26	1,5	4,0	1,5	2,5	3,5	3,5	2,5	3,5	4,5	1,5	4,5	5,0
27												
28												
29												
30	4,0	4,5	4,3	3,5	2,1	2,0	1,5	1,6	1,3	3,5	1,5	4,3
Total	227,3	219,0	225,8	224,6	218,7	215,0	208,6	205,4	224,1	223,2	219,9	211,1

BASSIN du TIAPALOU

Pluviométrie journalière

Octobre 1961

(en mm)

Date	PE	A	PE	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1														
2														
3														
4	7,5	28,5	6,3	13,5	25,6	30,5	28,5	16,7	31,7	28,4	12,5	8,5		
5														
6														
7														
8	19,5	41,5	35,6	55,7	38,2	47,0	59,5	58,5	59,5	61,0	63,5	37,5		
9	11,2	6,9	10,5	9,5	7,5	9,2	9,0	7,2	8,5	8,0	12,5	12,0		
10														
11														
12	2,3	6,3	2,4	5,0	4,5	11,2	12,2	9,2	11,0	5,5	7,2	2,5		
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
Total	40,5	83,2	54,8	83,7	75,8	97,9	109,2	91,6	110,7	102,9	95,7	60,5		

A N N E X E II

Pluviométrie de la station d'INA et
Relevés des pluviomètres et des pluviographes
du bassin du TIAPALOU
pour l'année 1962

Pluviométrie de l'année 1962

Station d'INA
(en mm)

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1					36,8		11,6	11,2	10,3			14,6
2							20,0	2,1	22,8	11,3	1,2	
3				0,8				16,6	7,0			
4					34,2	3,1		7,2		28,5		
5								51,7	4,2	17,5		
6				22,3					6,1	3,6		
7						20,1	14,0	4,3		7,5		
8					29,0	14,3	0,4		73,7	19,8		
9						4,5	13,6		3,7	9,8		
10						7,5			10,8	10,7		
11					20,4				4,6			
12					2,6	34,1	35,5	13,5	10,3	3,2		
13			2,3					7,4		5,7		
14							8,5					
15								31,2	21,6			
16					5,0	13,4		3,6				
17								11,5	0,6			
18					19,9	31,3		8,3				
19				10,3				29,7			15,8	
20				7,4	1,1		7,0	3,8	14,0			
21					2,4	31,5	12,0			2,6		
22												
23				13,5			0,6	5,4		19,5		
24											4,0	
25					5,3	22,4	56,2	15,5	12,8			
26						1,1	1,1		16,2			
27								14,4	12,2			
28				41,0		19,5		72,2				
29							48,8					
30					38,6		18,5	14,2				
31						16,5	3,6					
Hauteur mensuelle	0,0	0,0	2,3	95,3	195,3	219,3	248,4	323,8	230,9	139,7	35,6	0,0
Nombre de jours de pluie	0	0	1	6	11	13	15	19	16	12	4	0

Hauteur annuelle = 1490 mm

Nombre total de jours de pluie = 97

BASSIN du TIAPALOU

Pluviométrie journalière

Avril 1962

(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1												
2	5,0	25,0	3,0	10,0	17,7	18,7	17,5	17,8	17,8	17,5	7,0	4,0
3												
4												
5												
6												
7												
8	0,6	8,6	3,2	6,5	6,7	10,5	20,2	30,1	20,0	13,0	10,2	7,5
9	1,3	3,8	1,5	2,5	10,0	5,4	3,0	3,5	2,8	2,1	1,7	1,5
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20	0,0	3,4	0,1	1,0	7,8	2,8	1,7	2,3	1,2	1,0	0,4	0,5
21	14,0	20,7	11,4	12,1	20,8	20,7	13,7	13,0	11,5	13,1	9,8	10,2
22												
23												
24	13,0	5,8	10,5	10,0	8,0	5,3	3,2	1,3	4,3	5,6	4,3	5,4
25	0,6	0,8	0,5	0,5	0,9	0,8	0,4	0,0	0,0	0,7	0,3	0,2
26												
27												
28												
29	45,0	36,0	39,3	39,3	39,7	37,8	34,0	31,5	40,0	42,8	43,0	45,4
30												
31												
Total	79,5	104,1	69,5	81,9	111,6	102,0	93,7	99,5	97,6	95,8	76,7	74,7

BASSIN du TIAPALOU

Pluviométrie journalière

Mai 1962

(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1												
2	24,3	29,4	24,8	26,8	30,4	30,2	29,3	26,9	27,0	26,8	26,2	28,5
3												
4												
5	10,4	4,0	9,7	7,5	2,8	2,6	0,0	0,0	1,3	4,1	6,3	8,6
6												
7												
8												
9	5,0	14,5	8,7	11,0	18,0	19,4	11,0	5,6	7,6	5,9	5,9	7,0
10												
11												
12												
13												
14												
15	0,0	2,7	0,0	0,0	1,8	2,3	2,0	1,8	2,5	2,0	0,0	0,0
16												
17	2,4	11,0	4,0	4,4	6,0	15,4	28,0	14,7	22,0	12,0	2,0	0,8
18												
19	31,0	19,0	18,8	15,4	10,8	8,0	4,8	5,1	10,0	13,0	17,8	20,0
20												
21												
22												
23	3,4	13,5	5,1	11,0	15,6	14,0	7,3	3,5	11,5	8,7	4,7	2,9
24												
25												
26	1,4	2,0	1,7	1,3	1,7	1,2	1,9	2,6	1,7	1,6	1,4	1,0
27												
28												
29												
30												
31	49,0	33,4	49,0	33,0	41,4	38,4	29,9	26,7	32,0	35,4	36,0	42,9
Total	126,9	119,5	121,8	120,4	128,5	131,5	114,2	86,9	115,6	109,5	100,3	111,7

BASSIN du TIAPALOU

Pluviométrie journalière

Juin 1962

(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1												
2												
3												
4												
5	5,4	1,5	2,2	1,6	1,2	1,8	1,5	1,0	1,3	1,7	4,8	5,9
6												
7												
8	31,0	21,2	30,0	30,0	23,2	24,7	28,3	25,0	26,3	25,1	31,7	35,6
9	29,0	23,4	22,0	24,0	24,7	24,4	23,4	25,1	25,5	27,4	24,2	26,8
10	3,4	5,4	3,3	3,7	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,2	3,1	2,7
11	27,9	19,0	31,0	30,8	23,2	24,7	22,9	22,8	24,2	24,3	31,7	31,4
12												
13	17,0	14,0	13,0	13,2	14,9	14,9	14,0	14,1	14,1	14,6	12,5	12,1
14												
15												
16												
17	7,0	2,4	6,0	3,0	4,5	2,7	4,1	4,8	3,7	3,4	4,5	5,9
18												
19	21,0	14,0	24,5	24,2	12,4	14,5	41,3	50,0	30,0	26,2	38,0	34,5
20	1,0	1,4	1,0	1,0	1,5	1,6	1,7	1,9	1,3	1,2	1,0	1,0
21												
22	44,0	25,0	41,2	40,0	18,0	26,0	31,9	33,0	37,8	37,9	42,9	38,5
23												
24												
25												
26	24,5	33,4	27,1	32,1	38,2	42,3	47,2	43,5	41,0	39,7	35,2	30,9
27												
28												
29	20,0	13,4	17,5	15,5	15,2	14,4	15,3	16,0	15,2	15,4	16,3	17,2
30												
Total	231,2	174,1	218,8	219,1	181,3	196,4	235,3	241,6	224,8	221,1	245,9	242,5

BASSIN du TIAPALOU
Pluviométrie journalière
Juillet 1962
(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	21,4	12,4	18,7	15,2	12,2	15,6	20,0	20,0	20,0	17,7	20,0	25,0	20,0	21,1	21,8	20,8	-	-
2	21,0	12,8	19,5	17,8	15,3	14,6	22,6	25,7	20,0	20,0	22,2	20,0	20,5	25,0	25,2	25,9	-	-
3	11,0	10,9	11,9	11,4	11,3	12,4	13,5	15,1	12,2	11,5	12,6	12,2	12,0	15,5	16,7	16,9	-	-
4																		
5																		
6																		
7																		
8	14,9	10,0	9,7	9,8	10,0	12,6	11,0	10,2	10,0	10,1	10,1	10,5	10,4	12,5	14,2	13,0	-	-
9																		
10	28,4	38,4	40,2	39,2	45,0	51,2	46,7	47,5	43,5	46,1	43,0	40,5	40,2	42,0	46,2	45,5	-	-
11																		
12	16,0	6,5	12,2	8,5	7,4	6,8	8,5	13,2	7,9	7,4	9,0	10,4	12,0	12,7	13,0	13,9	-	-
13	0,9	0,0	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	-	-
14	3,0	4,3	4,2	4,0	4,0	3,6	2,9	2,8	3,5	3,4	4,0	3,9	3,5	2,6	2,0	3,0	-	-
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21	10,0	4,3	7,8	6,7	6,3	6,5	2,0	3,0	4,4	5,2	7,5	8,0	9,2	8,5	3,0	3,5	2,5	3,0
22	14,5	18,0	21,6	30,0	22,1	18,4	22,0	21,8	20,0	23,0	25,0	22,9	22,0	21,9	22,4	22,9	22,4	23,7
23																		
24																		
25																		
26	57,0	56,0	49,5	48,5	58,0	67,5	60,0	58,2	47,3	48,6	49,0	47,4	52,4	58,8	57,5	55,2	47,0	46,7
27																		
28																		
29																		
30	48,7	25,4	38,1	33,2	30,0	29,6	34,4	38,2	35,2	34,0	37,5	39,5	42,5	35,2	36,5	39,1	41,6	46,5
31	12,0	7,0	8,4	7,4	8,8	9,0	6,3	7,2	6,0	7,1	6,5	9,3	10,0	6,3	6,6	6,2	6,9	10,2
Tot	258,8	206,0	242,6	231,8	230,4	247,8	249,9	262,9	230,0	234,1	246,4	249,6	255,1	262,1	265,1	265,9		

BASSIN du TIAPALOU
Pluviométrie journalière
Août 1962
(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																		
2	21,2	36,8	28,0	35,2	45,5	43,6	46,2	48,5	45,5	36,2	28,6	19,6	18,6	40,0	49,2	44,8	21,2	15,0
3																		
4																		
5																		
6	23,0	9,0	23,2	15,6	14,0	15,9	20,0	24,0	18,9	16,6	23,6	28,4	25,2	26,1	26,2	22,3	25,8	29,0
7																		
8	13,2	1,2	5,2	4,6	1,9	2,0	5,0	8,5	6,5	2,1	3,4	9,8	10,2	7,6	6,5	9,8	9,0	6,2
9																		
10																		
11																		
12																		
13	4,0	2,5	3,0	2,9	3,2	2,5	3,2	4,0	3,0	2,2	6,0	9,7	10,0	3,9	3,5	4,5	5,5	13,9
14	12,4	15,4	15,2	21,2	9,2	20,0	26,0	20,5	21,6	15,9	19,2	15,5	18,0	24,8	24,5	26,5	25,0	12,0
15																		
16	33,5	15,9	25,1	25,2	41,2	25,3	18,2	17,8	17,3	17,1	21,4	23,3	25,4	19,7	18,5	18,0	21,5	26,2
17	0,9	0,8	0,8	0,5	0,6	1,0	0,3	0,1	0,5	0,7	0,4	0,8	1,5	0,8	0,4	1,0	1,2	1,8
18	6,0	1,9	5,4	4,4	4,2	1,6	0,8	0,5	1,4	1,2	3,4	4,0	5,0	0,6	0,2	0,8	0,9	5,6
19	10,9	2,4	12,0	5,5	4,5	4,5	3,2	3,0	4,0	5,7	8,5	11,2	13,2	2,6	2,9	2,3	2,5	12,5
20	40,9	25,6	37,2	36,4	41,7	29,2	32,0	30,7	28,9	31,9	32,5	34,7	34,5	30,2	30,0	30,0	30,4	45,0
21	6,5	4,0	6,1	5,1	3,9	4,2	3,8	3,5	3,2	4,0	5,0	5,8	6,0	3,1	3,4	3,6	3,9	6,8
22																		
23																		
24	10,2	48,8	16,1	40,0	70,7	61,2	37,4	31,5	40,0	46,7	30,6	16,9	13,4	20,8	26,0	29,0	25,6	8,7
25																		
26	13,0	7,8	10,5	10,2	10,0	10,0	11,5	13,2	10,0	9,5	9,9	9,5	10,0	12,7	12,8	13,7	14,0	8,5
27																		
28	61,8	35,9	58,8	48,0	47,5	45,9	32,5	22,7	46,1	43,2	47,5	64,5	67,5	26,0	22,2	20,0	26,5	60,9
29	40,6	12,9	31,7	22,1	16,8	13,4	15,5	15,8	16,2	9,5	7,8	27,7	36,9	20,0	17,1	16,8	20,9	29,8
30																		
31	16,9	3,9	11,2	9,2	2,9	3,6	2,4	2,1	1,9	2,8	2,5	2,8	2,5	2,9	1,9	3,4	2,6	4,5
Tot.	315,0	224,8	289,5	286,1	317,8	283,9	258,0	246,4	265,0	245,3	250,3	284,2	297,9	241,8	245,3	246,5	237,5	206,4

BASSIN du TIAPALOU
Pluviométrie journalière

Septembre 1962

(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	24,0	19,6	19,0	17,2	19,4	35,0	30,0	28,5	25,0	18,8	16,3	18,2	18,4	28,2	29,0	27,5	29,8	16,4
2																		
3	35,0	23,6	29,6	29,4	30,0	29,1	28,9	32,5	26,0	28,2	28,8	29,2	30,2	33,0	31,4	33,6	35,2	29,9
4	1,6	1,9	1,2	1,6	1,5	2,0	1,4	1,2	1,1	1,5	1,4	1,2	1,7	1,0	1,3	1,6	1,9	1,4
5																		
6	3,4	1,2	1,7	2,0	4,5	2,7	1,5	2,1	4,5	5,4	3,2	3,1	3,2	1,7	1,5	1,6	2,5	2,4
7	2,5	3,6	4,9	5,9	3,2	4,8	5,3	6,4	5,2	7,2	5,2	4,2	3,4	6,9	6,2	7,6	8,2	2,9
8																		
9	37,2	22,2	37,7	33,5	31,2	24,8	27,1	26,9	28,8	31,0	33,6	34,5	37,8	30,2	31,9	30,0	30,9	38,5
10	7,8	2,8	7,2	3,5	2,5	2,2	3,9	2,9	2,5	1,9	2,8	4,5	2,7	3,5	2,8	3,2	4,0	3,4
11	27,8	14,5	15,2	13,2	16,9	11,8	9,1	13,5	10,5	13,2	16,2	22,5	23,5	13,9	13,6	13,8	14,5	25,2
12	2,9	2,1	2,0	2,3	1,4	2,3	2,0	1,9	2,5	1,2	1,7	2,0	2,1	2,6	1,7	2,2	3,4	1,5
13	15,7	4,5	8,2	6,1	4,0	4,9	5,2	5,6	5,9	8,2	8,1	9,8	8,7	6,0	5,8	6,2	6,9	9,7
14																		
15																		
16	9,7	7,8	6,3	7,3	7,2	6,2	9,0	15,6	9,9	10,2	7,3	6,7	5,2	16,7	15,7	16,4	16,8	7,6
17																		
18	0,9	2,5	0,6	1,4	2,1	2,3	1,9	1,5	2,0	2,2	1,0	0,5	0,4	0,6	1,6	1,2	1,7	0,8
19																		
20																		
21	20,0	19,5	17,5	19,7	25,7	22,8	28,2	29,7	24,4	22,9	19,7	16,0	22,5	31,9	30,9	27,9	30,5	13,2
22																		
23																		
24																		
25																		
26	13,7	12,5	13,7	13,2	11,7	13,2	15,8	18,0	14,8	12,5	13,4	15,5	15,2	17,9	17,7	17,7	18,5	15,0
27	18,9	13,0	23,5	18,2	19,5	14,0	15,0	14,6	15,3	15,1	20,2	24,4	20,1	16,2	15,2	15,0	16,6	22,5
28																		
29	17,0	7,8	16,8	12,3	18,5	9,0	10,0	9,6	9,4	12,5	15,0	16,0	15,9	11,5	10,1	10,0	12,0	14,9
30																		
Tot.	238,1	159,1	205,1	186,8	109,3	187,1	194,3	210,5	187,8	192,0	193,9	208,3	211,0	221,8	215,9	215,5	233,4	205,3

BASSIN du TIAPALOU
Pluviométrie journalière

Octobre 1962

(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																		
2																		
3	19,0	8,9	15,6	18,5	8,2	8,6	7,9	8,5	8,6	11,2	16,4	15,9	17,8	9,6	8,4	7,8	9,9	16,9
4																		
5	18,9	9,7	15,3	11,5	10,5	7,6	10,5	12,5	9,9	11,2	12,7	10,5	13,4	13,6	12,9	11,8	14,4	12,7
6	5,8	2,5	7,5	5,4	1,5	2,6	2,8	2,4	2,9	6,2	4,5	3,4	2,8	3,4	3,0	3,7	4,9	1,7
7	3,5	3,9	2,5	6,7	4,5	3,5	2,9	2,7	4,2	5,5	3,5	2,9	4,8	4,9	3,8	4,0	5,9	2,9
8	6,5	9,0	5,9	6,8	8,5	8,7	9,7	8,2	10,2	10,9	8,9	10,5	10,4	13,4	11,5	10,8	13,8	12,8
9	48,2	27,8	44,0	42,0	43,5	30,4	42,7	45,0	38,9	42,5	39,5	41,5	39,9	48,2	46,5	47,9	49,6	41,5
10	17,8	24,9	18,7	16,0	17,8	14,2	14,5	14,9	15,2	13,9	17,9	17,5	17,9	18,3	16,4	18,8	20,5	17,0
11	0,0	7,4	2,0	8,0	8,4	8,9	8,3	9,9	9,0	7,9	4,5	3,4	1,5	11,9	10,5	12,5	12,9	1,9
12	4,5	5,0	7,2	8,0	4,7	4,2	4,2	3,7	4,8	6,7	4,7	2,2	4,0	3,4	0,5	1,9	2,3	3,4
13	0,5	3,2	2,5	3,4	0,9	0,5	1,9	2,1	3,4	2,1	3,1	2,0	0,9	1,5	1,7	2,0	1,0	1,5
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24	15,7	26,4	23,4	27,0	25,6	26,9	27,9	29,4	28,4	22,4	19,9	21,5	18,9	28,9	29,0	29,8	30,0	17,8
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
Tot.	140,4	118,7	144,6	153,3	134,1	116,1	133,3	139,3	135,5	140,5	135,6	131,3	132,3	157,1	144,2	151,0	165,2	130,1

BASSIN DU TIAPALOU
Pluviométrie journalière

Novembre 1962
(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																		
2																		
3	4,0	7,5	5,5	6,0	5,4	9,5	9,8	10,0	9,7	4,5	6,8	3,9	3,9	10,6	10,8	12,0	12,9	5,5
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16	13,9	0,0	10,5	5,5	2,4	0,4	0,5	0,2	0,6	0,8	6,8	9,7	10,0	0,3	0,4	0,7	0,9	10,9
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
Total	17,9	7,5	16,0	11,5	7,8	9,9	10,3	10,2	10,3	5,3	13,6	13,6	13,9	10,9	11,2	12,7	13,8	16,4

A N N E X E III

Pluviométrie de la station d'INA et
Relevés des pluviomètres et des pluviographes
du bassin du TIAPALOU
pour l'année 1963

Pluviométrie de l'année 1963

Station d'INA

(en mm)

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1									1,3	50,7	4,8	
2					27,1	1,4			4,0	0,9		
3								20,8	26,1			
4					57,6		1,6					
5			0,5	5,6	1,7	21,1	24,8		26,8	2,5		
6					4,4			27,4		1,3		
7							35,0	17,0				
8						13,2		71,0	4,0	3,3		
9						4,5				9,5		
10						3,0	0,6	3,6	53,0	13,2		
11						15,8			14,8	25,7		
12				0,7			0,9					
13					37,6			2,1	12,1			
14				5,3	28,9		32,0	3,1	5,6			
15				24,5				27,1		21,9		
16									6,3			
17						16,0	1,5		5,5			
18					12,7							
19						4,5		1,3		17,9		
20					5,5			37,3	18,8	4,6		
21							68,0	4,5	0,7	45,9		
22				4,9	11,0		3,4		27,5	10,7		
23		7,9					0,9					
24								40,9				
25			8,7		11,6	19,7						
26			12,0						7,7			
27		70,0					6,2	18,1				
28						2,2	1,6	22,2				
29					1,3	3,2			2,1			
30				22,7	24,0				5,4	1,3		
31							1,3	33,0	22,6			
Hauteur mensuelle	0:	77,9	21,2	63,7	223,4	104,6	177,8	329,4	244,3	209,4	4,8	0:
Nombre de jours de pluie	0:	2	3	6	12	11	13	15	18	14	1	0:

Hauteur annuelle : 1456 mm

Nombre total de jours de pluie : 95

Bassin du TIAPALOU
Pluviométrie journalière

Février 1963
(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
23	27,9	13,5	17,5	16,5	13,8	13,7	6,2	1,9	18,2	18,7	23,5	27,5	36,5	1,6	1,4	1,8	1,3	22,8
27	29,7	29,8	26,3	29,2	28,5	28,0	16,6	15,0	18,9	22,8	20,3	21,8	25,0	18,8	15,5	14,9	18,4	18,4
Total	57,6	43,3	43,8	45,7	42,3	41,7	22,8	16,9	37,1	41,5	43,8	49,3	61,5	20,4	16,9	16,7	19,7	41,2

Avril 1963
(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
23	27,8	30,2	21,9	24,5	27,2	29,0	25,0	20,0	30,0	26,9	23,5	24,3	24,6	18,8	18,9	19,5	15,5	22,5
Total	27,8	30,2	21,9	24,5	27,2	29,0	25,0	20,0	30,0	26,9	23,5	24,3	24,6	18,8	18,9	19,5	15,5	22,5

Bassin du TIAPALOU
Pluviométrie journalière
Mai 1963
(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	4,2	2,2	3,5	3,0	2,5	2,8	4,8	4,5	2,6	3,2	3,9	4,8	5,0	4,9	4,0	3,7	5,5	5,9
2																		
3	69,9	69,7	60,0	62,7	64,7	69,0	71,9	74,5	77,5	69,5	70,0	65,2	60,7	69,8	68,2	72,9	85,8	60,2
4																		
5	69,5	49,5	65,7	60,2	48,5	49,5	63,6	48,6	68,9	62,5	67,0	63,2	61,7	39,0	40,0	37,6	49,6	64,9
6																		
7	8,2	4,3	5,0	4,2	2,5	3,9	3,5	4,2	4,7	4,5	6,7	5,3	4,5	4,9	4,5	5,3	6,5	5,6
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13	12,5	3,2	8,3	8,2	3,5	3,9	6,6	9,8	4,9	4,2	7,7	9,4	12,2	10,5	10,0	15,6	16,9	11,2
14	18,9	3,9	11,5	6,9	4,3	4,9	6,9	9,7	3,7	4,5	8,1	12,3	14,5	14,5	14,0	13,0	15,9	13,4
15																		
16																		
17																		
18																		
19	14,9	11,9	12,5	11,3	12,9	11,8	14,4	15,8	13,0	12,5	11,7	12,4	12,1	15,1	15,4	16,8	16,9	11,4
20	1,3	6,9	1,2	2,9	7,8	6,2	6,0	9,0	7,4	5,5	7,8	4,1	1,4	9,9	9,6	10,4	10,9	4,2
21	15,7	15,9	17,5	17,4	17,5	13,6	14,9	10,0	18,5	19,1	18,9	13,5	12,5	10,6	10,8	11,4	11,9	15,2
22																		
23	13,5	12,5	12,0	12,2	13,4	16,3	18,2	20,0	16,4	15,1	14,5	11,5	12,5	18,4	17,5	19,9	18,9	12,8
24																		
25	16,5	13,5	13,5	14,5	11,9	10,5	14,5	18,9	17,0	14,5	10,9	11,2	13,9	14,5	13,9	12,5	16,5	10,5
26																		
27																		
28																		
29																		
30	11,0	18,9	11,9	13,5	17,5	18,9	20,5	23,9	20,9	19,5	15,4	13,6	13,5	26,3	25,3	27,6	28,8	24,5
31																		
Tot.	256,1	212,4	222,6	217,0	207,0	211,3	245,8	248,9	255,5	234,6	242,6	226,5	224,5	238,4	233,2	246,7	284,1	239,8

Bassin du TIAPALOU
Pluviométrie journalière

Juin 1963

(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																		
2	2,0	2,5	1,7	2,0	2,4	2,0	2,3	2,9	2,4	2,7	2,5	2,1	2,0	3,5	3,4	3,8	4,2	2,2
3																		
4																		
5	16,4	9,5	15,0	12,2	12,4	11,2	10,2	10,4	11,6	10,0	13,5	12,0	13,4	9,8	10,0	10,6	10,8	12,1
6																		
7																		
8	1,5	1,4	1,5	1,7	2,7	2,5	1,9	1,8	2,3	1,9	1,2	1,3	4,5	1,7	2,8	3,4	1,9	2,0
9	2,5	2,7	2,7	3,5	3,1	3,0	2,7	2,5	2,0	2,1	2,4	2,7	2,3	2,2	2,3	2,7	1,4	2,0
10																		
11	7,5	8,2	7,3	6,5	6,7	6,6	5,6	5,5	7,4	7,2	6,9	7,2	7,3	6,9	6,4	7,9	8,4	7,4
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17	12,5	6,7	12,4	10,5	7,5	5,2	8,2	10,2	8,4	9,9	17,0	15,0	18,5	10,6	10,4	10,8	10,9	13,5
18																		
19	6,5	3,5	5,7	5,2	4,5	3,9	4,2	6,4	4,6	4,2	4,5	5,1	5,5	7,8	6,9	8,0	9,5	4,9
20																		
21																		
22																		
23																		
24	16,8	15,9	33,5	39,0	20,9	15,8	18,2	20,0	29,5	26,3	29,9	30,2	26,1	22,5	22,9	24,6	28,9	26,3
25	27,9	38,9	30,0	41,5	39,5	30,0	23,8	23,5	32,9	36,3	36,5	33,5	27,5	29,9	32,5	35,6	38,9	26,7
26																		
27																		
28	1,9	1,7	0,9	1,2	1,5	2,2	3,2	3,6	2,8	1,9	2,0	1,9	2,3	3,9	4,3	4,8	5,9	1,9
29	3,5	1,2	3,0	2,5	1,2	2,5	2,0	1,9	1,7	1,8	3,5	3,3	3,2	3,1	2,0	2,0	3,5	2,5
30																		
Tot.	99,0	92,2	113,7	125,8	102,4	84,9	82,3	88,7	105,6	104,3	119,9	114,3	112,6	101,9	103,9	114,2	124,3	101,5

Bassin du TIAPALOU
Pluviométrie journalière

Juillet 1963

(en mm)

Date	PE A	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																		
2																		
3																		
4	7,3	7,5	12,0	9,8	2,5	10,0	11,3	8,0	15,6	10,2	12,5	5,2	7,0	4,3	6,5	3,0	2,2	1,5
5	36,5	37,5	31,0	39,0	35,2	38,0	38,5	25,0	21,0	41,7	28,5	23,5	23,5	17,8	19,6	22,0	19,0	21,0
6	1,5	5,8	1,5	2,4	4,9	6,4	4,9	3,9	4,2	4,8	3,4	2,5	1,9	2,9	3,0	3,5	2,6	1,2
7	29,0	26,5	26,9	26,5	25,5	27,4	30,0	30,9	29,6	27,5	27,2	28,1	29,5	33,2	33,4	32,6	31,9	32,5
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14	22,5	35,5	22,5	32,5	35,6	34,5	30,0	31,9	34,9	33,2	23,9	20,3	18,2	32,9	32,5	32,6	33,6	23,2
15																		
16																		
17	1,9	1,7	1,3	1,9	1,8	1,6	2,8	2,6	2,1	2,5	1,5	1,9	2,4	2,2	2,0	1,6	1,4	1,2
18																		
19																		
20	0,0	2,5	0,0	0,0	2,5	2,9	2,6	3,0	2,4	2,0	0,0	0,0	0,0	2,3	3,3	2,8	2,0	0,0
21																		
22	86,7	63,5	68,5	65,5	67,5	74,4	72,9	78,5	79,9	75,5	63,5	73,0	72,6	80,9	72,2	85,9	94,6	83,0
23	2,0	1,3	2,5	2,3	1,9	2,0	3,4	2,9	1,9	2,1	2,4	2,2	5,5	2,4	2,8	3,9	4,9	6,0
24																		
25																		
26																		
27																		
28	5,3	-	5,1	-	6,3	5,5	-	1,9	4,9	3,7	5,2	-	7,0	1,5	-	-	1,4	8,5
29																		
30																		
31																		
Tot.	192,7	(181,8)	171,3	(179,9)	183,7	202,7	(196,4)	188,6	196,5	203,2	168,1	(156,7)	167,6	180,4	(175,3)	(187,9)	193,6	178,1

BASSIN du TIAPALOU
Pluviométrie journalière
Août 1963
(en mm)

Date	PE	A	1	3	4	6	7	8	9	11	12	15	16
1	6,2	10,2	12,0	14,0	6,4	7,5	7,6	12,5	10,0	6,6	6,9	6,5	
2													
3	2,5	2,4	1,0	1,2	1,6	1,5	1,8	2,0	2,2	1,2	1,3	2,4	
4													
5													
6	9,2	7,9	18,4	13,4	8,6	10,2	9,4	10,6	8,8	12,5	14,8	9,6	
7	21,2	16,6	18,9	24,4	35,6	29,9	25,3	23,4	20,5	36,4	39,8	24,4	
8	55,4	49,9	18,6	20,6	44,2	35,2	29,8	44,9	49,8	46,6	48,9	42,0	
9	3,3	4,6	8,2	6,2	2,4	2,9	3,6	3,9	5,4	2,2	3,0	4,4	
10	4,9	9,6	21,2	29,9	12,9	10,2	9,8	7,6	4,8	6,4	6,8	5,2	
11													
12													
13													
14	19,9	26,0	17,6	30,6	36,9	42,8	40,4	33,6	32,9	32,4	33,2	34,9	
15													
16	14,4	16,4	21,8	23,6	20,9	15,6	16,2	16,6	18,5	20,8	25,8	18,9	
17													
18	0,0	0,9	1,9	2,0	1,8	1,5	1,6	0,8	0,0	1,0	1,4	0,0	
19	13,4	7,9	14,2	19,9	23,6	24,8	22,4	24,2	27,0	24,8	26,9	28,9	
20													
21	34,4	33,9	36,2	37,7	36,9	34,8	33,4	31,9	33,0	38,6	39,3	38,4	
22	16,9	15,6	18,9	19,0	14,9	13,8	16,8	12,9	17,6	12,4	15,9	17,9	
23													
24	23,2	25,6	16,6	18,9	26,4	25,9	28,2	30,5	29,9	28,6	30,9	32,9	
25													
26													
27	4,5	3,9	2,8	2,6	3,8	3,4	3,2	4,0	4,9	4,2	5,0	4,4	
28	8,9	5,6	10,9	10,5	10,3	10,0	9,9	9,0	9,6	8,8	9,4	9,8	
29													
30													
31	35,0	34,9	40,5	40,9	45,0	39,9	39,4	42,0	40,4	45,9	46,9	44,4	
Tot.	273,3	271,9	279,7	315,4	332,2	309,9	298,8	310,4	315,3	329,4	356,2	325,0	

Bassin du TIAPALOU
Pluviométrie journalière

Septembre 1963

(en mm)

Date:	PE	A:	1	3	4	6	7	8	9	11	12	15	16
1													
2	14,0		13,9	19,9	20,5	28,0	19,8	19,0	18,9	16,9	29,0	29,8	17,9
3													
4	33,9		33,5	38,5	38,9	40,5	34,9	32,8	34,4	35,9	42,8	45,9	39,9
5													
6													
7	0,0	0,4	2,0	3,4	3,9	3,2	2,9	3,0	0,0	4,0	4,6	0,0	
8	9,1	8,9	24,9	26,4	24,9	23,9	20,4	19,9	14,6	28,4	29,9	16,9	
9	4,7	3,9	0,2	0,4	2,4	1,9	2,6	3,5	3,9	2,0	2,5	4,0	
10													
11	32,4	32,0	39,4	40,5	42,9	39,9	40,2	36,8	38,9	44,4	46,2	43,9	
12	M: 2,9	6,6	14,5	14,8	16,4	15,0	14,0	9,9	4,0	20,0	22,9	4,9	
	S: 0,5	3,9	9,9	9,5	8,9	7,9	6,5	3,4	0,9	10,0	10,5	2,0	
13	7,9	7,4	6,6	6,2	5,9	6,0	6,9	6,8	7,2	5,5	5,4	7,8	
14	0,5	0,4	0,0	0,2	0,6	0,4	1,0	1,6	1,4	1,5	1,9	2,0	
15													
16													
17	20,3	22,5	23,0	23,8	22,4	22,9	23,7	20,8	20,9	23,2	24,2	23,1	
18													
19	0,5	0,2	0,0	0,0	0,4	0,3	0,2	0,1	0,6	0,8	1,0	0,9	
20													
21	8,2	10,0	16,6	16,8	19,9	18,0	18,9	12,9	9,9	24,5	25,5	15,9	
22	M: 0,8	0,6	0,4	1,4	2,5	1,5	1,8	2,0	1,0	2,9	3,5	1,9	
	S: 25,9	26,9	30,5	30,9	35,5	32,0	29,5	28,9	29,6	40,9	42,9	29,9	
23													
24	1,6	1,4	2,0	2,3	3,0	2,9	2,2	2,4	1,9	3,9	4,9	3,6	
25													
26													
27	3,4	5,9	10,5	12,5	13,4	11,9	10,0	9,9	4,9	13,9	15,0	6,6	
28	6,4	5,5	9,9	9,8	8,9	8,4	7,4	7,4	6,9	10,0	12,5	8,8	
29													
30													
Tot.:	172,7	183,9	247,9	258,3	280,4	250,8	240,0	223,1	199,4	307,7	309,1	230,0	

Bassin du TIAPALOU
Pluviométrie journalière
Octobre 1963
(en mm)

Date:	PE A:	1	3	4	6	7	8	9	11	12	15	16
1	14,4	16,5	20,0	22,4	25,6	23,0	20,9	25,0	19,9	30,5	35,9	24,9
2	M: 53,9	50,0	49,9	40,9	55,5	45,9	44,6	56,9	56,4	54,2	59,9	65,0
	S: 5,5	2,4	0,4	0,6	1,9	2,0	2,9	6,9	8,4	3,4	4,4	9,9
3	10,5	9,8	0,2	0,0	9,0	1,0	4,0	10,9	12,9	14,5	16,4	19,9
4												
5	8,0	9,5	10,2	12,9	12,0	11,9	10,4	13,4	9,9	15,5	16,9	15,0
6	5,4	4,9	2,6	2,0	3,4	2,9	3,6	5,9	6,4	4,0	4,9	9,9
7												
8	3,5	7,2	29,9	34,0	39,9	30,9	28,9	8,8	6,4	40,5	49,0	9,0
9												
10	M: 12,5	14,4	19,9	20,5	22,4	23,5	20,9	25,0	18,9	24,4	25,9	20,9
	S: 7,5	6,9	10,5	10,9	12,5	9,9	9,0	9,5	8,9	15,0	15,9	8,5
11												
12	37,0	34,9	40,5	42,0	49,0	48,9	45,0	50,0	49,9	55,6	59,9	48,4
13												
14												
15	6,0	9,9	10,9	11,5	15,6	13,9	10,5	12,0	10,0	19,0	19,9	14,0
16												
17												
18												
19	13,0	12,9	10,0	9,9	14,5	11,9	12,0	15,0	15,9	19,9	20,5	18,9
20	1,1	2,0	4,9	4,4	3,0	3,9	2,2	1,6	1,5	3,4	4,0	1,9
21	50,0	55,4	59,9	60,0	60,4	58,9	64,0	60,9	54,9	69,9	70,0	65,0
22	29,0	26,0	23,0	26,9	30,9	28,9	29,9	36,5	32,9	38,9	39,0	35,0
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
Tot.:	257,3	262,7	294,8	298,9	355,6	317,4	298,8	338,3	313,2	408,7	463,0	366,2

A N N E X E I V

Relevés des pluviomètres et du pluviographe
du bassin principal du DODOU
du 2 Août au 1er Novembre 1963

Bassin principal du DODOU
Pluviométrie journalière

Août 1963
(en mm)

Date:	PE B:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1										
2	-	-	0,6	2,4	23,5	1,2	1,7	-	-	-
3	0,5	-	1,6	1,3	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4										
5										
6	5,4	-	21,2	9,3	8,1	10,0	8,7	14,3	13,2	14,2
7	9,2	-	7,5	16,9	12,7	3,2	2,2	1,4	2,4	2,1
8	11,3	-	8,7	17,5	18,0	11,3	19,6	18,9	34,0	30,0
9	1,9	-	3,6	1,3	1,3	1,2	2,3	2,2	0,9	1,7
10	9,3	-	7,0	8,8	24,5	13,2	17,3	34,2	25,5	27,5
11										
12										
13	1,5	0,6	6,3	7,5	2,5	1,3	1,2	0,9	1,2	1,1
14	11,3	2,7	9,1	18,4	10,9	19,4	12,0	12,0	17,6	14,7
15	3,1	7,5	39,0	25,2	8,5	2,5	2,3	14,6	30,2	28,5
16										
17										
18										
19	13,6	1,7	10,3	13,4	0,5	2,0	2,5	1,2	0,8	1,0
20										
21	44,4	37,0	38,5	32,8	41,0	43,5	45,7	54,5	76,0	67,8
22	10,2	1,6	16,1	1,9	8,2	23,5	28,5	27,9	36,2	35,2
23										
24	47,3	23,5	28,3	22,4	36,4	28,7	19,0	28,4	26,2	25,2
25										
26										
27	25,9	25,9	25,0	12,3	28,0	21,4	9,0	11,5	13,2	10,9
28	24,5	8,7	35,8	18,3	11,8	25,7	23,3	25,0	29,6	29,0
29										
30										
31	48,3	70,7	53,5	46,9	65,0	41,6	43,3	53,0	49,3	47,3
Total:	267,7	(179,9)	312,1	256,6	304,5	249,7	238,6	300,0	356,3	336,2

Bassin principal du DODOU

Pluviométrie journalière

Septembre 1963

(en mm)

Date	PE B	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,7	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	3,3	4,2	8,2	10,2
2	11,1	9,5	13,4	18,1	14,2	8,2	14,2	35,8	37,5	36,2
3	34,2	11,0	46,7	34,6	17,8	31,2	38,5	42,7	34,0	32,9
4	0,0	0,0	3,1	0,6	0,0	0,9	1,5	16,9	16,0	21,5
5	1,4	0,0	10,7	2,0	0,0	22,4	21,6	4,0	2,0	1,9
6										
7	1,4	2,6	1,9	0,4	3,1	6,9	6,5	5,6	6,8	8,3
8	33,1	50,5	39,4	35,6	55,5	29,1	38,2	82,5	83,2	83,5
9										
10	32,2	39,1	26,4	43,9	39,4	30,2	33,2	37,0	38,7	38,9
11	15,7	6,3	24,0	15,1	4,9	28,5	35,9	28,0	25,2	23,4
12										
13	16,1	3,1		28,8	6,2	16,8	13,9	23,7	26,3	29,4
14										
15										
16										
17	23,0	15,3	13,6	26,3	15,0	21,8	14,5	22,0	14,5	16,0
18										
19	7,5	3,5	0,0	3,7	3,5	0,9	3,9	14,2	12,9	14,9
20	19,0	18,1	13,6	24,7	16,1	13,2	18,3	14,7	24,3	20,4
21										
22	16,9	5,8	16,9	36,0	10,7	16,1	17,5	27,1	35,8	32,7
23	3,0	0,0	0,9	2,8	1,1	5,9	3,5	0,0	0,0	0,0
24	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
25										
26										
27	39,8	5,3	15,3	26,9	9,0	20,5	19,0	22,5	27,3	26,8
28	5,2	10,0	7,7	5,8	5,2	5,2	4,2	1,2	0,9	1,4
29	13,3	1,0	0,0	0,2	0,7	5,4	2,2	13,5	8,2	10,5
30										
Total	274,6	181,1	233,6	306,0	202,6	264,1	289,9	395,6	401,8	408,9

Bassin principal du DODOU

Pluviométrie journalière

Octobre 1963

(en mm)

Date	PE	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	25,8	30,3	19,5	18,9	38,7	23,0	16,0	20,0	23,6	25,6	
2	73,7	46,7	25,8	67,4	74,2	67,6	60,0	58,0	57,3	52,5	
3											
4											
5	4,2	5,7	5,1	6,8	5,0	5,4	5,2	7,2	5,6	6,8	
6	23,4	6,1	9,1	4,6	2,3	20,0	20,2	14,8	8,6	7,0	
7											
8	1,7	16,4	2,7	7,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9											
10	M: 6,0	8,1	5,0	6,2	10,6	6,4	7,3	13,2	12,2	12,5	
	S: 3,1	9,8	21,6	10,0	5,9	0,2	2,7	5,4	4,6	5,7	
11											
12	78,9	73,3	64,3	70,2	81,2	105,2	104,7	115,2	123,6	117,7	
13											
14											
15											
16	15,2	24,5	19,3	19,0	33,0	10,3	15,4	33,5	18,5	25,3	
17											
18											
19	4,8	10,6	1,0	8,7	11,5	0,7	1,0	0,8	1,1	0,6	
20	0,7	0,6	0,5	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	6,0	4,7	16,2	8,3	5,1	10,5	16,6	3,0	1,2	0,9	
22	0,8	3,2	13,6	7,0	4,5	6,2	6,7	1,5	2,5	3,5	
23	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	9,1	1,0	2,3	0,9	
24											
25											
26											
27											
28											
29	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	
30	1,7	3,3	0,0	4,3	8,2	0,1	2,1	8,0	9,0	7,8	
31	2,8	9,5	1,5	4,8	5,5	9,5	3,6	0,2	0,1	0,0	
Total	261,8	257,5	205,2	243,9	304,3	274,5	270,9	281,8	270,2	266,8	