

**ETUDE HYDROLOGIQUE**  
**DU MAYO DORBO**  
**A ZAMA-GOUIN, TOROK ET BALANI**  
**(République du Tchad)**

**Campagne 1967**

**OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER**

**CENTRE O.R.S.T.O.M DE FORT-LAMY**



REPUBLIQUE DU TCHAD

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS

-----

ETUDE HYDROLOGIQUE DU MAYO DORBO A ZAMA GOUIN, TOROK ET BALANI

( REPUBLIQUE DU TCHAD )

CAMPAGNE 1967

B. BILLON

P. CARRE

R. GATHELIER

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE MER

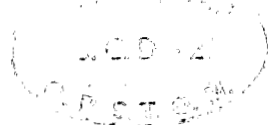
-----

SECTION HYDROLOGIE

-----

CENTRE DE FORT-LAMY

D8  
BIL



25 MARS 1968

8930

## S O M M A I R E

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

#### - G E N E R A L I T E S - L E B A S S I N D E B A L A N I -

##### I - D E S C R I P T I O N G E O G R A P H I Q U E

Situation géographique	3
Géologie	3
Pédologie	5
Relief - Réseau hydrographique	7
Les zones de ruissellement à Balani	8

##### II - D O N N E E S C L I M A T O L O G I Q U E S

Equipement Climatologique	9
Insolation - Températures - Humidité - Tension de vapeur- Evaporation - Vents	10
Précipitations	10

##### III - O B S E R V A T I O N S P L U V I O M E T R I Q U E S

Caractéristiques de l'année 1967	16
Caractéristiques de la répartition des pluies mensuelles	16
Conséquences pour l'écoulement	17
Les averses. Calcul des pluies moyennes	17

#### - L E M A Y O D O R B O A Z A M A G O U I N -

##### I - E Q U I P E M E N T H Y D R O M E T R I Q U E - O B S E R V A T I O N S

La station de Zama Gouin	21
Etalonnage	21
Observations hydrométriques	22

##### II - L A C R U E D E C E N N A L E A Z A M A G O U I N

Ruissellement	25
Hydrogramme type	27
Calcul de la crue décennale à Zama Gouin	28

#### - L E M A Y O Z A N I N I A T O R O K -

##### I - E Q U I P E M E N T H Y D R O M E T R I Q U E - O B S E R V A T I O N S

La station de Torok	31
Etalonnage	31
Observations hydrométriques	33

## II - LA CRUE DECENNALE A TOROK

Fonction de ruissellement	35
Recherche des caractéristiques de l'hydrogramme à TOROK	37
Calcul de la crue décennale à TOROK	38

### - LE MAYO DORBO A BALANI -

## I - EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE - OBSERVATIONS

Station de Balani	41
Etalonnage	41
Observations hydrométriques	42

## II - LA CRUE DECENNALE A BALANI

Les débits de pointe à Torok et Balani	45
Calcul de la crue décennale à Balani	46

ANNEXE

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

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'amélioration de la route PALA - FIANGA : elle devra fournir les données hydrologiques nécessaires pour le dimensionnement des ouvrages à l'intersection de la route avec les mayos à ZAMA GOUIN, TOROK et BALANI.

Le programme des études, proposé par convention avec les Travaux Publics de la République du TCHAD, comprenait pour ces trois stations et l'année 1967 :

- l'enregistrement des crues
- l'étalonnage des stations
- l'implantation de pluviomètres totalisateurs et éventuellement de pluviomètres Association.

Le rapport présente les résultats obtenus au cours de la campagne et l'estimation des caractéristiques des crues exceptionnelles.

Du 6 au 13 Février une reconnaissance du terrain fut effectuée par B. BILLON.

Du 14 au 28 Juin B. BILLON et R. GATHELIER assuraient la mise en place du matériel : échelles, limnigraphes et pluviomètres. Ils étaient assistés par deux Agents Tchadiens. R. GATHELIER s'installait à TOROK entre le 8 Août et le 30 Septembre, remplacé du 1er au 12 Septembre par B. BILLON - Les déplacements et le transport du matériel étaient assurés par une Land-Rover et un 4/4 Renault.

L'inexistence de voies d'accès dans le bassin de ZAMA GOUIN et la partie ouest de TOROK y rendait impossible l'installation et l'exploitation de pluviomètres. Ceux-ci ont donc été implantés le long des axes principaux TOROK - MAPACHINRE et PALA - FIANGA. Ce dernier a souffert en plusieurs endroits de la crue du 3 Juillet qui emporte notamment la digue sur 4 m. de long, rive gauche du ZANINI, près du pont de TOROK - R. GATHELIER faisait combler cette brèche le 13 Août afin de rendre possible le passage des véhicules jusqu'à BALANI.

DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE

DONNEES CLIMATOLOGIQUES

OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES

## CHAPITRE - I

### DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE

#### I - SITUATION GEOGRAPHIQUE - ( Fig. 1 )

Le Mayo DORBO se jette dans le Mayo KEBBI à la sortie du Lac de TIKEM. A BALANI, il draine un bassin de 1180 km<sup>2</sup>, au Nord-Est de PALA, de part et d'autre de la route T 201 PALA - FIANGA. Le bassin s'étend entre

9°20' et 9°40' de latitude Nord.

et

14°50' et 15°10' de longitude Est.

Les sous-bassins de TOROK et ZAMA GOUIN ont respectivement pour surface 250 km<sup>2</sup> et 88 km<sup>2</sup>, tous deux à l'ouest de l'axe PALA - TIKEM, où sont implantées les stations.

Les documents cartographiques utilisés sont les feuilles LERE et FIANGA des cartes au 1/200.000 de l'I.G.N.

#### II - GEOLOGIE

Nous utilisons la carte géologique de l'Afrique Equatoriale au 1/500.000, feuille de MOUNDOU, éditée par I.G.N. et les notices explicatives de GERARD, G. et PH. WACRENIER.

La carte géologique ( Fig. 2 ) du bassin du Mayo DORBO à BALANI présente, sur la surface modeste de 1180 km<sup>2</sup>, une illustration des grandes époques géologiques de la région :

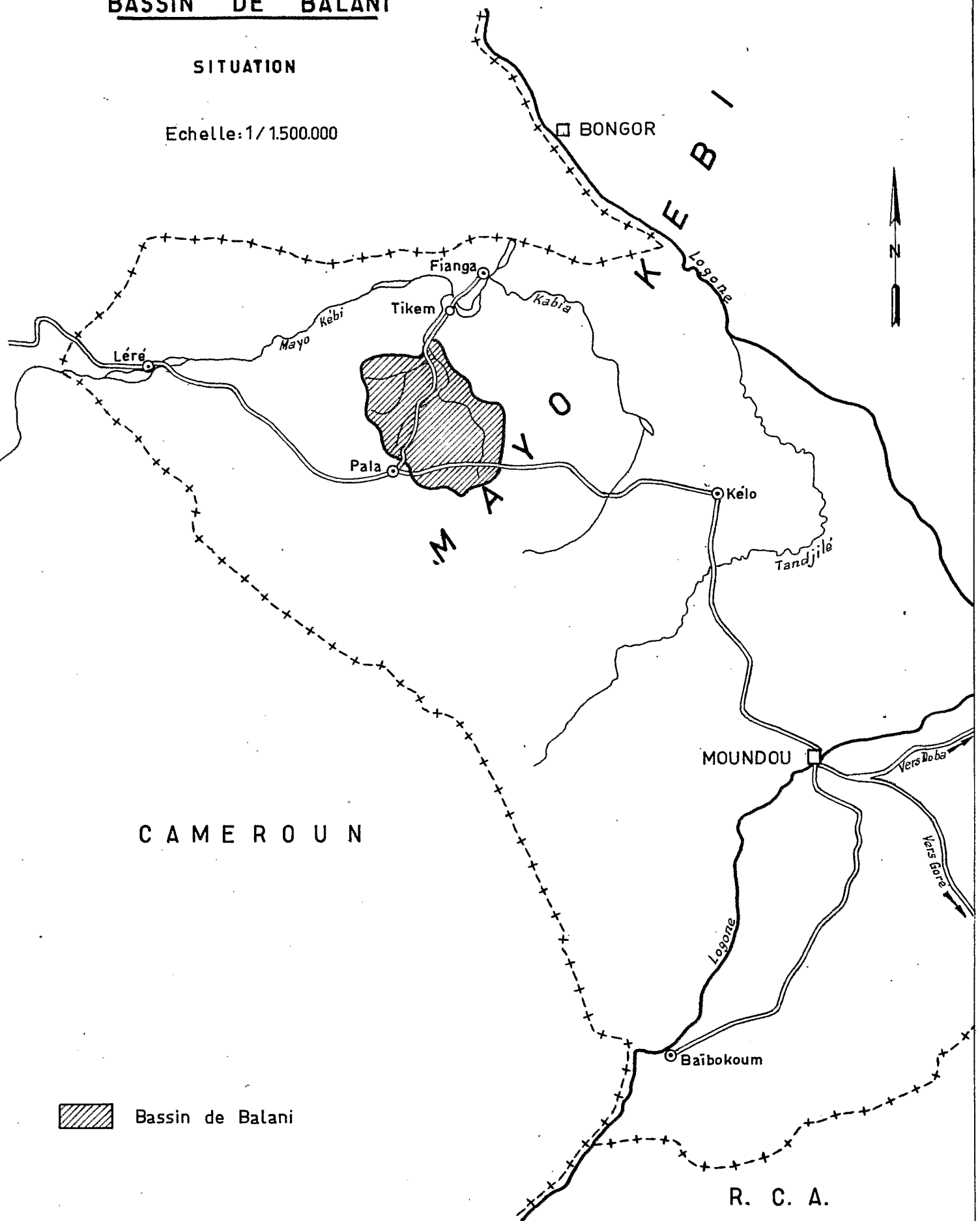
- Le socle d'âge antécambrien affleure sur les deux tiers de la surface du bassin, représenté par la Série faiblement métamorphique de GOUEIGOUDOUM encadrée par des granites.
- La transgression venue de la BENOUE au secondaire ( crétacé supérieur ), qui constitua la Série dite de lamé, recouvre le socle dans la partie sud-ouest du bassin aux environs de PALA-OUA.
- Au sud et à l'est, les formations sédimentaires de la cuvette Tchadienne masquèrent le socle au tertiaire.

Fig:1

# BASSIN DE BALANI

SITUATION

Echelle: 1/1.500.000



 Bassin de Balani

R. C. A.

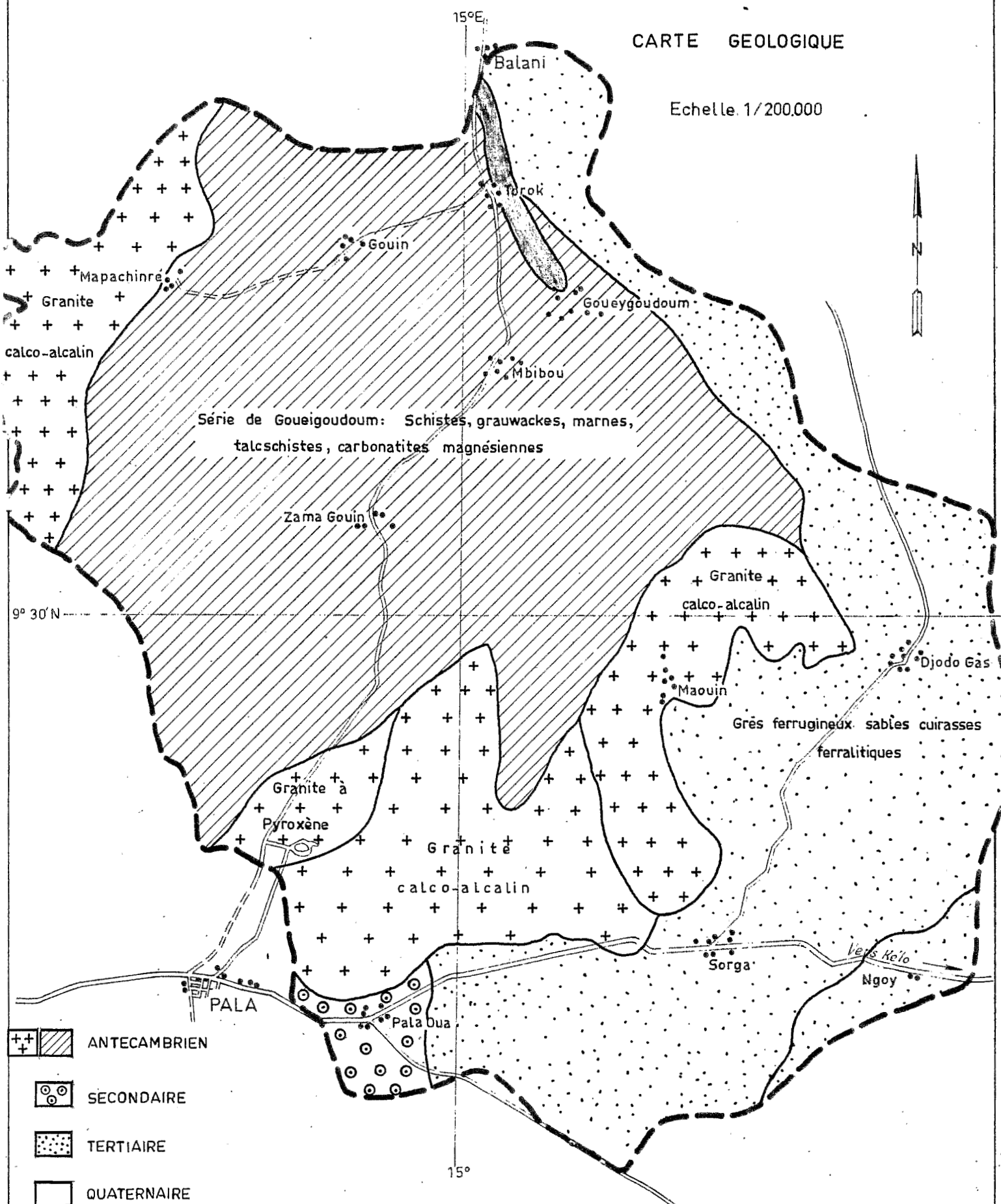


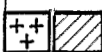



Fig: 2

# BASSIN DE BALANI

## CARTE GEOLOGIQUE

Echelle 1/200,000



-  ANTECAMBRIEN
-  SECONDAIRE
-  TERTIAIRE
-  QUATERNAIRE

- Enfin, les alluvions du quaternaire se sont déposées le long du Mayo DORBO, sur une dizaine de kms en amont de BALANI.

### Précambrien inférieur

a/La Série C ou de GOUEIGOUDOM représente probablement le sommet moins métamorphique d'un seul système comprenant de bas en haut les séries A, B, C. Elle affleure au nord de PALA en un vaste synclinal pincé dans le granite. Comme la Série B, c'est une série para, d'origine silico-alumineuse et calco-magnésienne, avec une tendance magnésienne plus marquée et un métamorphisme moindre, parfois nul. Les formations sédimentaires dominantes contiennent des intercalations de roches d'origine éruptive et partiellement recristallisées. Dans les premières, WACRENIER, PH. cite des quartzites francs ou à séricite, des schistes gréseux ou arkosiques, des grauwackes, des calcschistes, des marnes magnésiennes et des cipolins magnésiens - La présence presque générale dans ces roches de minéraux comme la chlorite, l'épidote, la séricite et parfois la muscovite montre le léger métamorphisme qui a affecté la série de GOUEIGOUDOM. Cependant WACRENIER, PH. signale au centre du bassin synclinal, donc au sommet de la série, la présence d'argilites exemptes de métamorphisme. Parmi les roches d'origine éruptive qui se présentent en sills ou filons dans les formations précédentes, on a observé des roches basiques (dolérites et micro-gabbros) et un microgranite. Toutes ces roches sont fortement écrasées et contiennent des minéraux de néoformation : quartz, épidote, chlorite, et séricite qui montrent que leur mise en place est antérieure au métamorphisme de la série.

Cette série a été plissée suivant une direction générale N - N.E.

b/La région a été le siège d'intrusions granitiques. Les granites du bassin de BALANI appartiennent à des formations où l'orientation est celle des formations métamorphiques encaissantes. Ces granites, dits concordants, sont représentés sur le bassin par des granites calco-alcalins et des granites à pyroxène du type charnockites.

Les granites calco-alcalins sont très hétérogènes de composition et de texture. Dans la région de MAOUIN, le granite est alcalin à biotite, à un ou deux micas. Au nord de la route PALA - KELO, c'est un granite calco-alcalin à grain moyen. Enfin, au nord-ouest de MAPACHINRE, c'est un granite calco-alcalin à grain moyen à biotite et à muscovite. Les grains prennent un faciès migmatitique en descendant vers le sud-ouest.

Le granite à pyroxène forme un petit massif isolé à 8 kms au nord-est de PALA ; par suite du recouvrement latéritique, ses contacts avec les roches encaissantes, Série de GOUEIGOUDOM à l'Ouest et granite calco-alcalin à l'est, n'ont pu être observé. C'est une roche mésocrate à structure équante et grain moyen à faciès charnockitique.

### Secondaire

La série de LAME du crétacé moyen, représentée sur le bassin immédiatement à l'est de PALA, comprend des formations continentales détritiques à bois silicifiés avec des intercalations marines marquant la limite orientale de la transgression cénomanienne venue du CAMEROUN et de la NIGERIA par le chenal de la BENOUE, et des formations lagunaires supérieures marquant la régression marine.

## Tertiaire

Aux environs de DJODO - GASSA et SORGA nous retrouvons les grès et sables paléo-tchadiens. D'une puissance estimée supérieure à 300 m., ils sont constitués de grès et sables avec niveaux d'argilites et cuirasses latéritiques fossiles. WACRENIER. PH. distingue de haut en bas :

- une série supérieure, composée de roches latéritisées d'origine argileuse ou calcaire, non représentée sur le bassin.
- une série inférieure ( région de DJODO - GASSA et SORGA ), composée de grès ferrugineux et de sables beiges (sables de KELO), contenant des cuirasses latéritiques fossiles et des niveaux puissants d'argilites. Cet ensemble continental formé de dépôts fluvio-lacustres interrompus par des périodes d'exondation sous climat tropical, comme en témoignent les cuirasses interstratifiées, repose sur le crétacé supérieur.

Le sous-sol du bassin est donc, pour les deux tiers de la surface, constitué de matériaux imperméables (Série de GOUEIGOUDOU, granites). Par contre, dans la région Sud-Est, les sables et grès de la série de KELO ne favoriseront pas l'écoulement de surface.

## III-PEDOLOGIE

Nous reprendrons des extraits du texte explicatif de la carte pédologique de la feuille LERE au 1/200.000, par C. CHEVERRY, pédologue de L'ORSTOM, et notamment la description de deux profils relevés par celui-ci sur des matériaux de la série de GOUEIGOUDOU.

" Les matériaux, appartenant soit à la série antécambrien de GOUEIGOUDOU, soit aux formations paléotchadiennes datées du Continental Terminal ont été soumis, probablement depuis la fin du tertiaire, à des processus type ferruginisation ou ferrallitisation. Ces phénomènes ont entraîné la formation de plusieurs niveaux de cuirasses, de carapaces.

Des phases d'érosion ont tronqué, remanié ou détruit les sols correspondants et profondément modifié le paysage, dégageant par exemple certains reliefs tabulaires cuirassés. La puissance de cette érosion, si l'on en juge par le niveau relatif des diverses cuirasses, des points bas du paysage actuel, a certainement dépassé 50 m (et même probablement beaucoup plus).

Dans ce modelé, les Sols Peu Evolués sont représentés : - sur les reliefs tabulaires cuirassés (Sols d'Erosion) - sur certaines pentes fortes, immédiatement en contrebas des cuirasses (Sols d'Apport et d'Erosion) - sur certaines pentes plus faibles, dans la région de GOUIN (Sols d'Apport). Les tendances évolutives se manifestent localement : on observe ainsi des Sols Peu Evolués d'Erosion à facies ferrugineux Tropical, sur matériau dérivé du Continental Terminal, avec cuirasse à faible profondeur.

Profil LE 114.

Le profil 114 par exemple est situé sur une surface tabulaire dominant le paysage dans la région de GOUIN. La végétation est une savane arborée dense à *Boswellia Dalzielii* et *Sterculia setigera*, la surface du sol parsemée de blocs de cuirasse. Dans le profil, la cuirasse véritable n'apparaît qu'à 40 cm, une carapace constituant l'horizon 20-40 cm. Le sol lui-même, peu épais ( 20 cm ) est légèrement décoloré sur les 10 cm superficiels : cette décoloration est interprétée comme un début de différenciation (de type ferrugineux) du profil.

Sur les longues et faibles pentes de la région de GOUIN, on observe des Sols Peu Evolués d'Apport, hydromorphes, sur un matériau de texture fine, d'origine complexe mais renfermant en tout cas des éléments provenant du démantèlement de cuirasse :

Profil LE 113.

- A 3,5 km au Sud de GOUIN ; longue pente, faible (1 %), régulière ; le profil est en bas de pente ; savane arborescente assez dense, à dominance de Combrétacées ; pas de signes d'érosion.

- En surface, nombreux rejets de vers de terre ; croûte de 5 mm d'épaisseur, assez poreuse.

0 - 7 cm.

Horizon humifère, non lessivé, de couleur gris légèrement brun (.....) ; non taché ; sablo-limoneux sables grossiers émoussés ; structure polyédrique moyenne, moyennement développée, peu dur ; poreux par pores tubulaires fins et canaux biologiques nombreux.

7 - 37 cm.

Horizon humifère, à pseudo-gley, brun-gris (....) ; nombreuses petites taches brun-jaune (....) et concrétions arrondies allant du rouge-rosâtre au rouge-vif ( 2 à 5 mm de diamètre ) ; argilo-sableux ; structure polyédrique, moyennement développée ; peu dur ; faiblement poreux.

37 - 110 cm.

Horizon de gley ; gris ( .... ) ; très nombreuses concrétions, de 2 à 15 mm, allant de brun-jaune au rouge-brun-foncé, et certaines, parmi les plus petites, noires ; gravelo-argileux ; quelques éléments quartzeux arrondis, "roulés", de 0,5 à 2 cm de diamètre ; structure particulière avec tendance à une aggrégation, l'argile servant de ciment ; peu cohérent ; faiblement poreux ; localement carbonaté.

De l'observation morphologique, de l'examen des résultats analytiques, les points suivants se dégagent :

- L'engorgement, temporaire, ne se manifeste pas sur l'ensemble du profil : il épargne l'horizon de surface.

- Les nombreuses concrétions en profondeur ne semblent pas être toutes formées en place ; effet, leur répartition autour du profil n'est pas régulière et ne correspond pas à la différenciation en horizon (pseudo-gley, gley).

Par ailleurs le profil ne présente pas de signe de différenciation ferrugineuse dans sa partie supérieure. Un concrétionnement actuel vers 20 cm est néanmoins certain.

- L'analyse granulométrique conduit à penser que le matériau n'est pas homogène : si la teneur en limon reste à peu près constante, et élevée (25 %), les rapports entre diverses fractions sableuses varient fortement d'un horizon à l'autre.

- L'ensemble du profil a un pH proche de la neutralité et un complexe absorbant presque saturé (valeurs minimales notées entre 20 et 30 cm : 6,2 et 85 %).

L'interprétation s'avère délicate : un tel sol ne présente pas de signes de lessivage, pas de caractères vertiques, aucun signe d'alcalisation. La forte proportion de fer libre (Fer libre/Fer total entre 0,7 et 0,8) traduit peut-être la possibilité pour le fer de migrer latéralement, le long de ces pentes, de constituer un agent de cimentation des gravillons.

Le trait essentiel de ce sol reste le caractère remanié du matériau : les gravillons, en particulier, pourraient provenir du démantèlement des cuirasses, dont les lambeaux dominent encore ces sols dans le paysage ; mais ce n'est là qu'une hypothèse ; le deuxième trait est le drainage interne médiocre.

#### IV. - RELIEF-RESEAU HYDROGRAPHIQUE.

La Fig. 3 donne les courbes de niveau du bassin, de 40 m en 40 m, d'après les documents I.G.N.

Le point culminant du bassin a pour altitude 540 m. L'exutoire est à 350 m. environ.

4,5 pour cent de la surface du bassin dépasse l'altitude	480 m
18,3	440 m
54,2	400 m
96,5	360 m
100	350 m

Au dessous de 440 m, les pentes prises le long des principaux mayos entre les courbes de niveau, peuvent atteindre 7/1000 dans le Sud du bassin. Cependant, l'éloignement de l'exutoire et le pourcentage faible (18 %) de la surface concernée, nous conduisent à ne pas retenir cette valeur comme représentative du bassin.

Nous adopterons 2 à 3/1000, pour la valeur de la pente représentative du bassin, assez homogène à ce point de vue pour la superficie comprise entre 440 et 350 m.

Le réseau hydrographique, reproduit au 1/200.000 sur la Fig. 4; nous inspire les réflexions suivantes.

Fig:3

BASSIN DE BALANI

HYPSOMÉTRIE

Echelle: 1/200,000

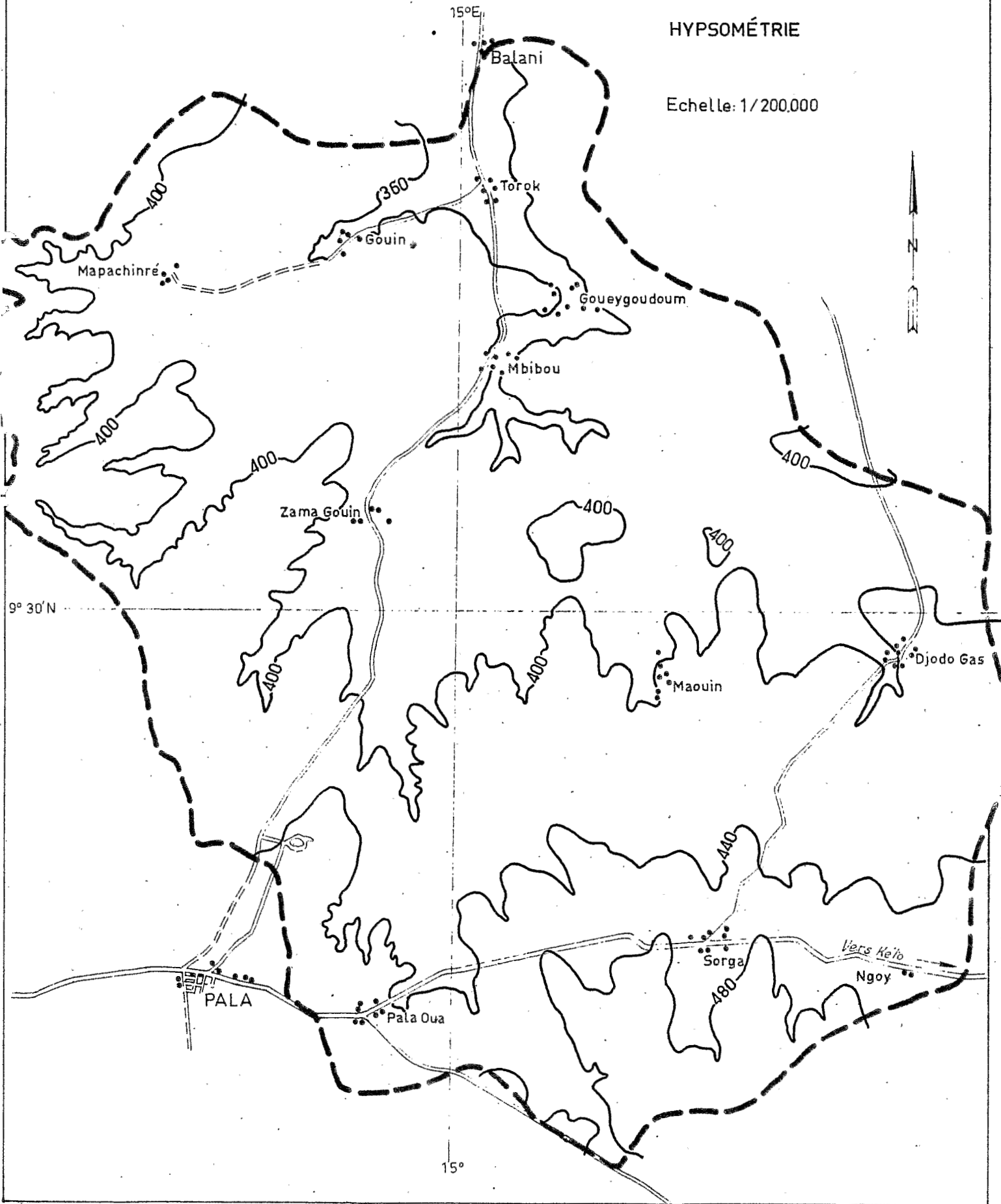
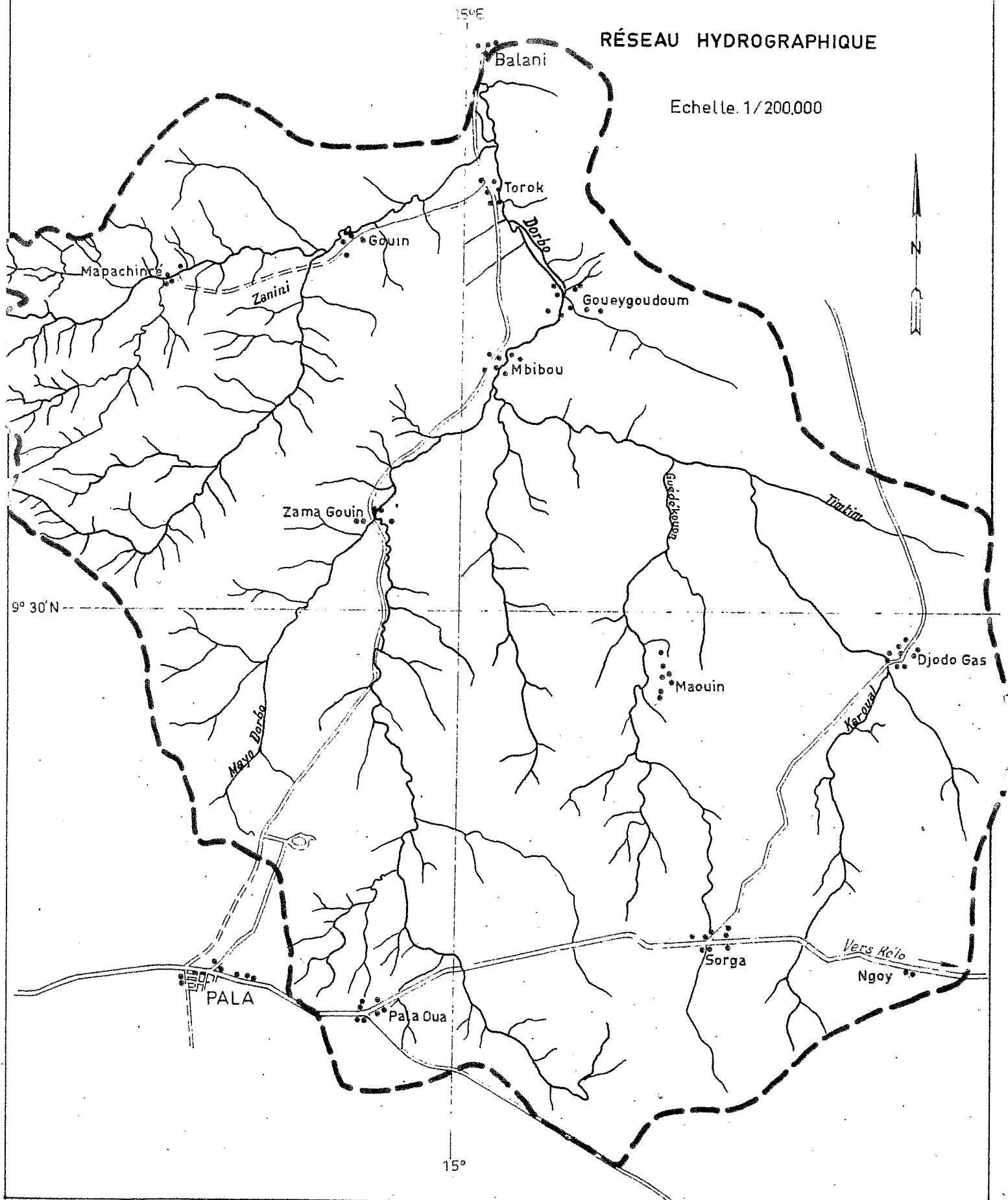


Fig: 4

BASSIN DE BALANI

RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Echelle 1/200,000



- 1 - La densité de drainage , faible du coté de DJODO-GASSA et au Sud du bassin, croît en remontant vers le Nord-Ouest pour atteindre un maximum sur les granites de la région de MAPACHINRE. L'aptitude au ruissellement ira dans le même sens.
- 2 - La disposition en éventail du réseau en amont de MBIBOU semble favoriser les gros débits à cet endroit. Cependant, on peut s'attendre à un laminage de la crue important sur les 20 kms qui séparent M'BIBOU de BALANI.
- 3 - La crue observée à TOROK se transmettra rapidement à BALANI après un étalement limité par la proximité des deux stations.
- 4 - Les pentes sont à peu près homogènes sur tout le bassin et les distance seront les facteurs principaux des temps de propagation des crues.

D'après ce qui précède le débit à BALANI vaudra la somme de l'onde de crue du mayo ZANINI à TOROK laminée sur 2 kms et de l'onde à M'BIBOU étalée sur 20 kms, les deux ondes étant décalées dans le temps d'une valeur correspondant au temps de propagation de l'onde entre M'BIBOU et TOROK.

#### V. LES ZONES DE RUISSÈLEMENT A BALANI.

Pentes faibles, pédologie généralement peu favorable à cause de l'existence d'un horizon de surface perméable sur des formations majoritaires ( Série de GOUÉIGOUDOUM, sables de KELO), voila qui laisse prévoir des caractéristiques de ruissellement modestes pour le bassin de BALANI.

Nous pouvons tenter un essai de détermination relative de l'aptitude à ruisseler sur les formations géologiques principales, définies à la Fig.2

Le signe plus indique l'effet favorable du paramètre, le signe moins l'effet défavorable.

Paramètre	GOUÉIGOUDOUM	GRANITE	GRES ET SABLES PALEO-TCHADIENS
Pente	-	-	--
nature du sous sol	+	+	--
Pédologie	-	+	--
réseau hydrographique	+	++	--
Classement en aptitude à ruisseler	2	1 bonne compte tenu de la faiblesse des pentes	3 franchement mau vaise

On en déduit le classement par aptitude au ruissellement pour différents bassins, dans l'ordre décroissant : TOROK, puis ZAMA GOUIN et sans doute assez loin derrière, la région drainée par le mayo KAROUAL.



CHAPITRE - II

DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Dans la classification de J. RODIER, en usage au Service Hydrologique de l'ORSTOM, le bassin de BALANI est situé dans la zone de climat tropical pur.

Ce dernier est caractérisé par l'alternance saison des pluies, saison sèche. La succession est commandée par la position du Front Inter-tropical (FIT) séparant l'air tropical continental de l'air équatorial maritime :

- . en saison sèche, de Novembre à Mars, le FIT est au Sud du bassin.
- . en saison des pluies, d'Avril à Octobre, le FIT est au Nord.

I-EQUIPEMENT CLIMATOLOGIQUE ( Fig. 5 )

Au Sud du bassin, la station de l'ASECNA du terrain d'aviation de PALA fournit depuis 1953 les valeurs des principales grandeurs climatologiques. (température, hygrométrie, évaporation).

Les données des stations pluviométriques permanentes de TIKEM (IRCT), PALA (météo) et PALA (cotonfran) furent complétées par un réseau de pluviomètres pendant la campagne 67. (Fig. 5).

La couverture pluviométrique de la partie ouest du bassin devait permettre l'étude du ruissellement sur les bassins de TOROK et ZAMA GOUIN. Employés par souci de sécurité, les totalisateurs seront relevés après chaque pluie.

P = pluviomètre Association

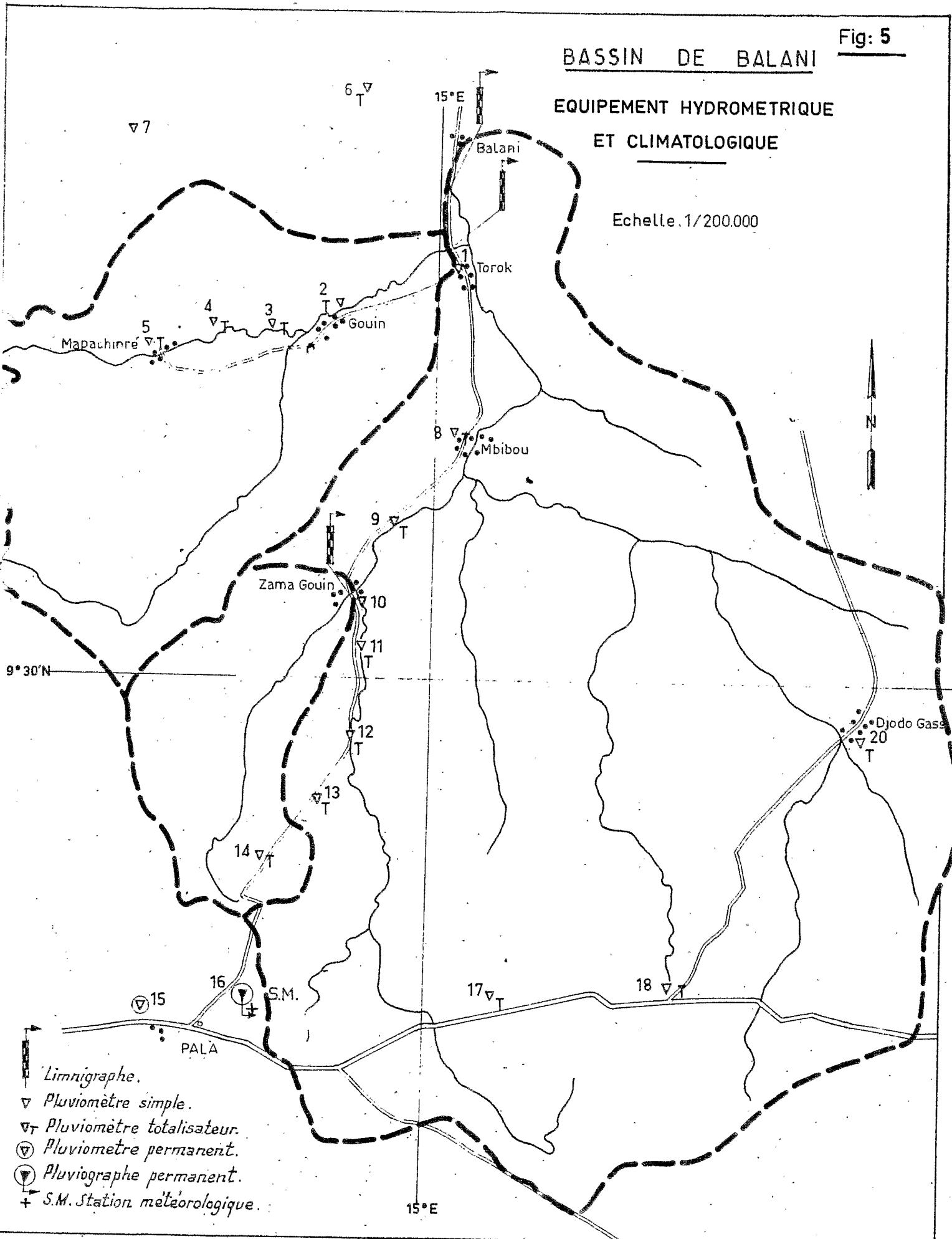
T = totalisateur.

1	P	posé	le	20-6-67
2	T			"-
3	T			"-
4	T			"-
5	T			"-
6	T	posé	le	21-6-67
7	T et P			20-6-67
8	T			20-6-67
9	T	posé	le	22-6-67
10	T et P			"-
11	T			"-

# BASSIN DE BALANI

## EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE ET CLIMATOLOGIQUE

Echelle 1/200.000



- ┆ Limnigraphe.
- ▽ Pluviomètre simple.
- ▽<sub>T</sub> Pluviomètre totalisateur.
- ⊖ Pluviomètre permanent.
- ⊖ Pluviographe permanent.
- + S.M. Station météorologique.

15° E

12	T	posé	le	22-6-67
13	T			"-
14	T			"-

Dans le Sud-Est du bassin, quatre totalisateurs devaient fournir la hauteur de pluie tombée pendant la campagne à

MOGOLA	17	T	posé	le	22-6-67
SORGA	18	T			"-
NGUETE	19	T			"-
DJODO-GASSA	20	T			"-

## II-INSOLATION-TEMPERATURE-HUMIDITE - TENSION DE VAPEUR-EVAPORATION-VENTS.

Les variations de l'insolation, de la température, de l'humidité et de la tension de vapeur à la station météo de PALA sont représentées Figure 6.

L'évaporation mesurée sur PICHE, 2300 mm par an, passe par un maximum d'environ 14 mm/jour au mois de Mars pour décroître jusqu'à quelque 2 mm/jour en Septembre. L'évaporation annuelle sur nappe d'eau est de 1850 mm/an (Esquisse Hydrologique du TCHAD).

Durant la saison sèche 85 % des vents (Harmattan) viennent du secteur N-N.E. En saison des pluies le vent souffle du Sud à l'Ouest (Mousson).

## III-PRECIPITATIONS.

Les mesures des précipitations journalières sont effectuées depuis plus de vingt ans à PALA (administration) et TIKEM (IRCT). Ces deux stations, placées respectivement immédiatement au Sud et au Nord du bassin, et compte tenu d'un nombre d'année d'observation assez exceptionnel pour cette région, devraient nous permettre de dégager les principales caractéristiques de la pluviométrie sur le bassin de BALANI.

### a) Pluviométrie annuelle et variations interannuelles.

Nous avons étudié la distribution des totaux annuels aux stations de PALA (période 1946-1967). TIKEM (période 1944-1967 à l'exception des années 1946-1960).

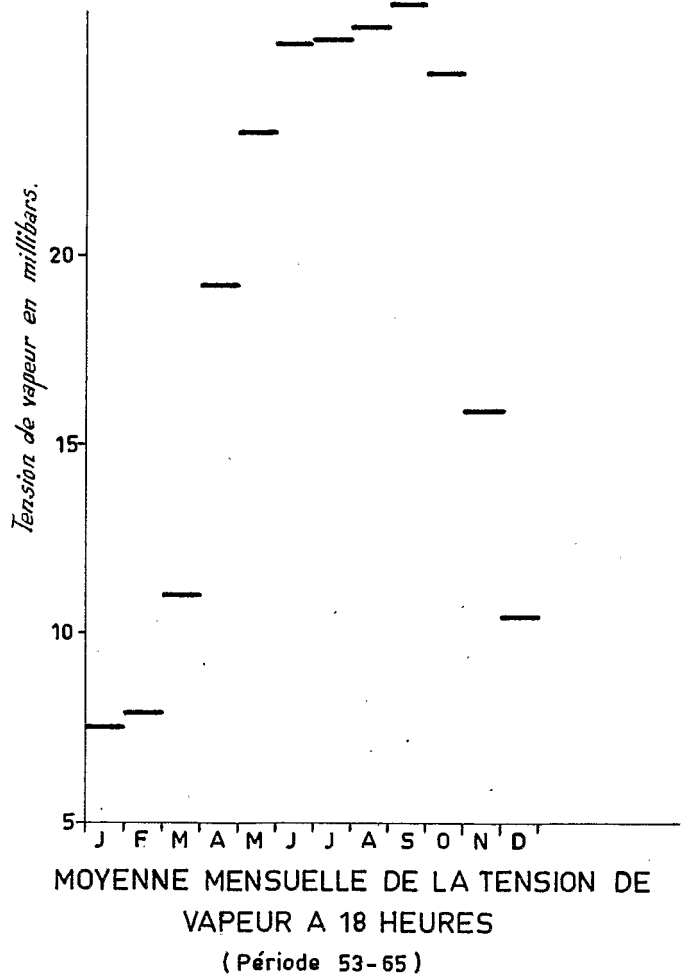
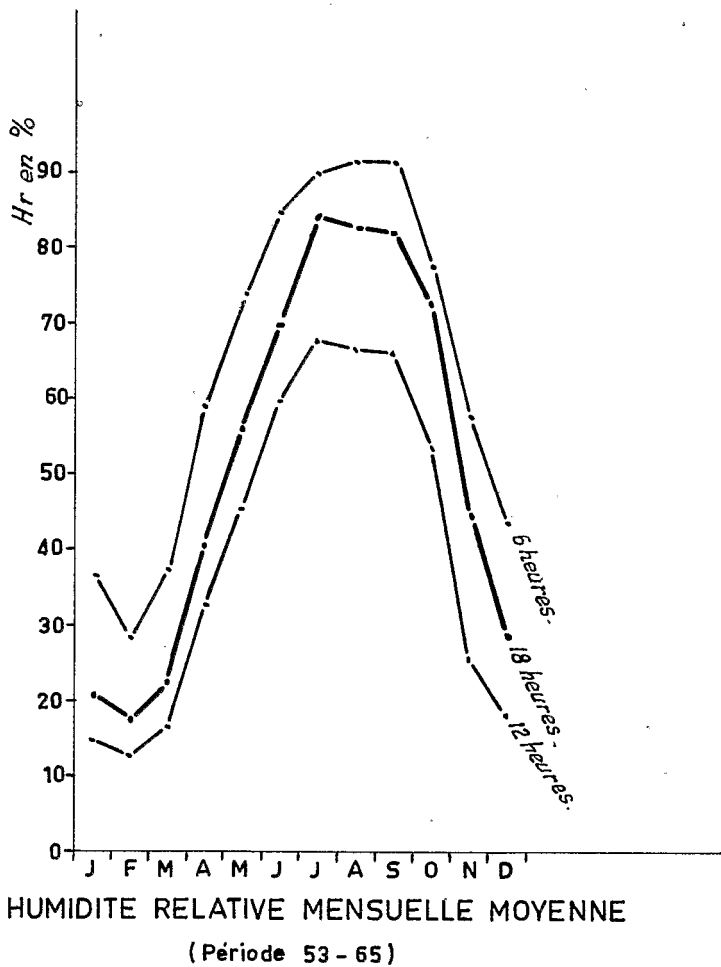
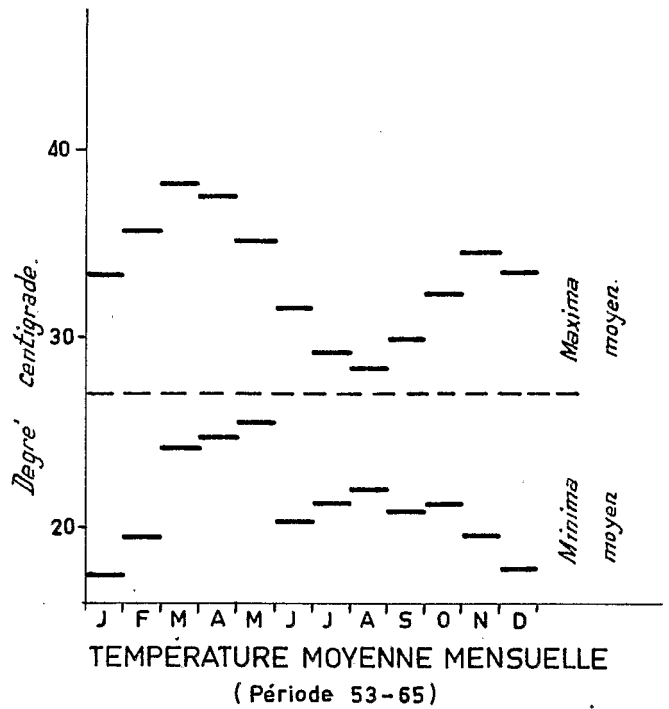
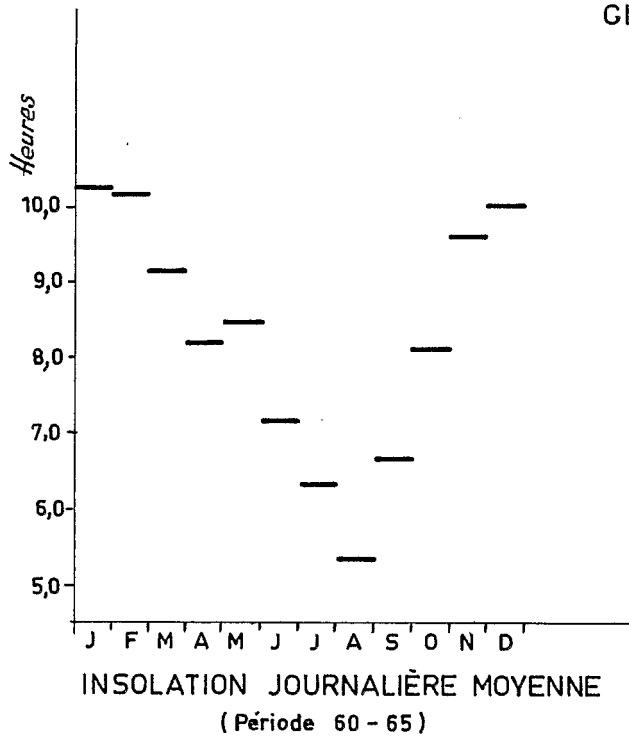
La pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin a été prise égale à la moyenne annuelle des deux stations précédentes. Sa distribution a été étudiée sur la période 1947 à 1967 moins l'année 1960. Elle est très sensiblement gaussienne.

Les lois de GAUSS ajustées sur les échantillons (p 11) composés comme énoncé ci-dessus sont définies par le tableau suivant et la Figure 7. Le bassin s'inscrit entre les isohyètes interannuelles 1100 mm et 900 mm.

# STATION DE PALA

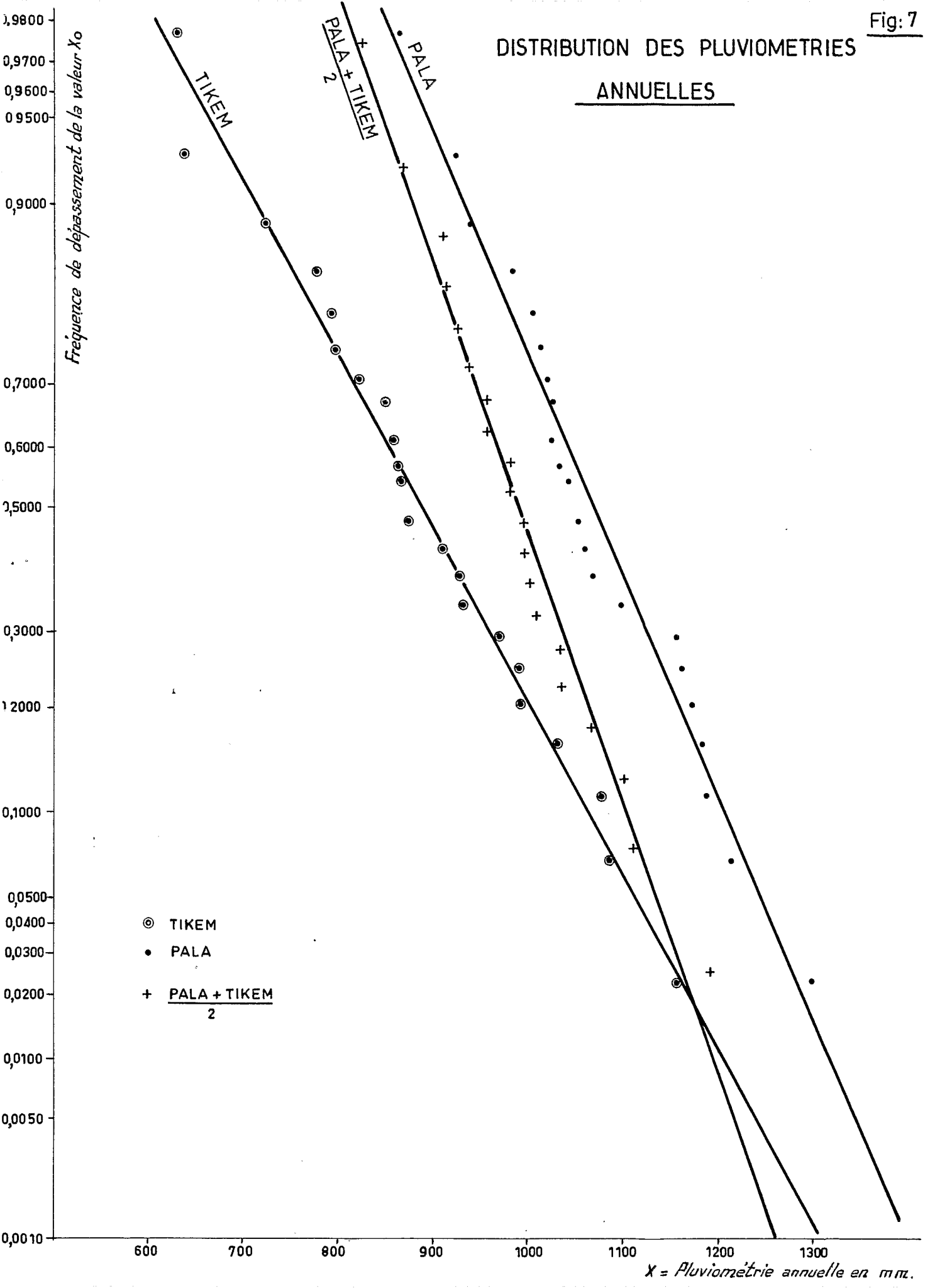
Fig: 6

## CLIMATOLOGIE



# DISTRIBUTION DES PLUVIOMETRIES

## ANNUELLES



STATION	Moyenne $\bar{X}$ Interan- nuelle (mm)	Ecart type (mm)	Ecart type $\bar{X}$	Intervalle Inter- quartile (mm)	année décennale sèche (mm)	année décennale humide (mm)
PALA (adm)	1069	105	0,098	140	933	1205
TIKEM (IRCT)	889	137	0,154	183	713	1163
<u>PALA + TIKEM</u> 2	991	87	0,088	116	878	1103

Comme on s'y attendait, la distribution moyenne possède des paramètres de dispersion nettement inférieurs à ceux des distributions composantes.

PRECIPITATIONS ANNUELLES SUR LE BASSIN DE BALANI

Année	PALA (adm.) (mm)	TIKEM (IRCT) (mm)	<u>TIKEM + PALA</u> 2 (mm)
1967	863,8	873,3	868,5
1966	1161,3	909,6	1035,4
1965	1021,0	857,0	939,0
1964	1031,3	797,5	914,4
1963	1060,3	1078,4	1069,3
1962	1117,1	793,4	982,2
1961	1181,4	823,9	1002,6
1960	1025,1		
1959	924,7	928,9	926,8
1958	1053,3	862,2	957,7
1957	1214,2	992,6	1103,4
1956	984,8	932,4	958,6
1955	1004,5	990,5	997,5
1954	1043,1	1030,2	1036,6
1953	1068,8	1156,4	1112,6
1952	1024,6	969,2	996,9
1951	1098,1	724,2	911,1
1950	1187,7	776,8	982,2
1949	1013,7	636,5	825,1
1948	1298,9	1086,1	1192,5
1947	1156,2	865,4	1010,8
1946	938,3		
1945		631,1	
1944		849,1	

b/ Précipitations mensuelles.

Avec 23 années d'observation (période 1944 à 1967 moins 1960) (page 13) la station de TIKEM donne une bonne idée de la répartition mensuelle des pluies dans la région. Les distributions ajustées à des lois de GAUSS sont définies dans le tableau suivant.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Maximum observé (mm)	0	0	18,5	87,9	196,3	212,7	310,1	568,3	375,3	82,2	17,6	0
Moyenne m (mm)	0	0	4,1	31,0	74,5	128,0	166,8	244,0	204,8	32,1	1,0	0
Minimum observé (mm)	0	0	0	0	3,9	46,0	102,0	117,6	108,3	0	0	0
Ecart type (mm)	0	0	6,3	24,1	51,1	46,7	43,5	100,0	56,4	24,5	3,8	0
Intervalle interquartile (mm)	0	0	8,5	32,6	69,0	63,0	58,7	135,0	76,4	33,1	5,1	0
Ecart type m			1,53	0,78	0,68	0,36	0,26	0,41	0,27	0,76	3,8	

c/ Précipitations journalières.

L'analyse des pluies journalières aux stations de PALA (administration) et TIKEM (IRCT) a été effectuée par BRUNET-MORET Y. dans son étude "Complément à l'étude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale". L'ajustement des échantillons avait été fait à des lois de GALTON et de PEARSON III tronquées pour chaque station.

PALA - 18 ans d'observations

Loi	P moyenne par an (mm)	Nombre de jour moyen de pluie par an (jour)	Pluie annuelle (mm)	Pluie décennale (mm)	Pluie cinquantenaire (mm)
PEARSON III	1078	85,6	63,1	96,9	120
GALTON	1078	85,6	70,6	127	177

## TIKEM - PLUVIOMETRIE MENSUELLE

	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Année
1944	7,4	10,0	18,0	158,7	175,0	165,0	291,0	24,0		849,1
1945			13,5	125,0	102,0	125,3	211,0	54,3		631,1
1946		12,9	112,2	91,0	176,3	191,4	173,8	65,2		822,8
1947		12,1	20,6	105,1	176,1	304,5	225,1	21,9		865,4
1948		39,5	55,4	90,2	157,0	568,3	175,7			1086,1
1949		28,4	60,7	46,0	208,0	185,1	108,3			636,5
1950		79,4	100,2	59,5	205,7	149,3	148,4	34,3		776,8
1951	13,0	1,3	72,9	66,2	177,7	249,9	123,3	19,9		724,2
1952		28,3	60,4	104,0	195,2	170,7	375,3	35,3		969,2
1953	3,6	15,3	196,3	196,8	310,1	231,6	177,8	24,9		1156,4
1954	18,5	19,7	126,8	166,7	159,3	247,4	221,2	53,0	17,6	1030,2
1955	10,7	20,6	80,7	212,7	131,7	233,3	238,6	62,2		990,5
1956	16,6	12,7	3,9	135,4	141,6	377,6	215,6	24,4	4,6	932,4
1957	10,0	72,0	167,7	108,4	193,1	223,5	164,9	53,0		992,6
1958		33,4	36,3	164,5	112,2	314,9	192,9	8,0		862,2
1959	0,2	87,9	97,6	77,7	155,7	265,6	244,2	0		928,9
1960										
1961		30,1	17,5	189,2	171,8	179,5	230,0	5,8		823,9
1962	14,0	23,1	24,8	206,5	103,8	191,3	206,9	23,0		793,4
1963		32,6	142,2	137,4	150,3	388,2	145,5	82,2		1078,4
1964	0,5	20,7	82,5	137,1	137,6	202,3	210,1	6,7		797,5
1965		29,6	55,4	117,6	135,7	268,2	207,5	43,0		857,0
1966		34,6	99,8	126,1	173,5	262,4	188,5	24,7		909,6
1967		69,8	67,3	123,4	188,0	117,6	234,0	73,2		873,3



TIKEM - 19 ans d'Observations.

Loi	P moyenne par an (mm)	Nombre de jours moyen de pluie par an (jour)	Pluie annuelle (mm)	Pluie décennale (mm)	Pluie cinquante-naire (mm)
PEARSON III	898	72,5	63,8	104	132
GALTON	898	72,5	67,3	128	185

Nous avons effectué des ajustements de PEARSON III à l'aide des quatre premiers moments, sur des échantillons de taille supérieure aux mêmes stations :

TIKEM période 1944 à 1967 moins 1960 soit 22 ans

PALA période 1946 à 1967 soit 22 ans

Utilisant la méthode dite des stations années, nous avons composé un échantillon de 44 ans de pluies journalières à l'aide des deux stations précédentes.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant où

$n$  = nombre d'années d'observations

$P_{ma}$  = total pluviométrique annuel

$N_{ma}$  = nombre moyen observé de jours de pluie par an

$\gamma, a$  = paramètres de la loi de PEARSON III

$N_c$  = nombre moyen de jour de pluie calculé par an

Station	$n$ (an)	$P_{ma}$ (mm)	$N_{ma}$ (jour)	$\gamma$	$\frac{1}{a}$	$N_c$ jour	Pluie annuelle (mm)	Pluie décennale (mm)	Pluie cinquante-naire (mm)
TIKEM	22	889	72,9	0,6	18,335	80,8	62,5	102	130
PALA	22	1089	86,1	1,20	13,229	67,1			
TIKEM et PALA	44	974	79,5	0,85	15,847	72,7	62,5	98,0	123

Les valeurs proposées pour la pluie ponctuelle décennale dans la zone étudiée diffèrent donc sensiblement suivant que l'ajustement se fait à l'aide des lois de GALTON (128 mm) ou de PEARSON III. (100 mm).

D'après BRUNET-MORET, Y. la loi de PEARSON III rendait mieux compte du phénomène vers les fréquences rares; l'écart entre la valeur calculée et la valeur observée pour les pluies de récurrence un an, deux ans, cinq ans reste faible. Inversement, pour la loi de GALTON, cet écart s'accroît avec la rareté. On peut supposer que ces tendances restent valables dans le domaine des pluies décennales, ou plus rares encore.

Dans cette étude, nous admettons comme valeur de la pluie ponctuelle journalière de fréquence décennale la hauteur de 110 mm, avec une précision de 10 %. La pluie cinquantenaire serait de l'ordre de 140 mm.

Enfin, d'après les études de BRUNET-MORET, Y. la hauteur de pluie journalière décennale, dans des conditions médianes, sera provoquée par une averse à un seul corps, celui-ci d'une durée inférieure à 3 heures. Nous appellerons "averse décennale" une averse possédant ces caractéristiques.

CHAPITRE - III

OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES

I-CARACTERISTIQUES DE L'ANNEE 1967.

Les totaux pluviométriques de l'année observée sont relativement exceptionnels ( voir annexe pluviométrique ).

Avec 863,8 mm, la station de PALA enregistre la valeur la plus faible en 23 ans. (moyenne interannuelle 1069).

A TIKEM, la pluie 873,3 mm est inférieure à la moyenne 889 mm.

La moyenne annuelle des deux stations précédentes dont la distribution statistique a été étudiée plus haut (p.11), sera de l'ordre de la valeur décennale sèche (880 mm.)

La moyenne arithmétique des totaux pluviométriques sur le bassin de BALANI entre le 20 Juin et le 1er Octobre 1967 vaut 645 mm. On peut admettre que le total sur le bassin et pour l'année vaut :

$$645 \text{ mm} + (863 - 621) \text{ mm} = 887 \text{ mm.}$$

où 863 mm. total annuel en 1967 à PALA

621 mm. total pendant la campagne 67 à PALA.

La moyenne des hauteurs annuelles à PALA et TIKEM caractérise donc assez bien la hauteur tombée sur le bassin. En 1967 la pluviométrie est de l'ordre de la pluie décennale sèche.

II-CARACTERISTIQUES DE LA REPARTITION DES PLUIES MENSUELLES.

Nous avons comparé les moyennes interannuelles et les valeurs de la pluie en 1967 pour les mois de Juillet, Août, Septembre, aux stations de PALA et TIKEM.

	Période d'observa- tions		Juillet Pluie (mm)	Août Pluie (mm)	Septembre Pluie (mm)	1 <sup>o</sup> Juillet au 30 Septembre Pluie ( mm )
PALA	22 ans	moyenne	237,0	242,3	201,8	682,1
		1967	168,3	198,7	180,6	547,6
TIKEM	23 ans	moyenne	166,8	244,0	204,8	615,6
		1967	188,0	117,6	234,0	539,6
BALANI		moyenne	202	243	203	648
		1967	196	218	152	566

A PALA chacun des totaux mensuels est inférieur à la valeur moyenne et le déficit sur trois mois est de l'ordre de 140 mm.

A TIKEM, si les pluies en Septembre et Juillet sont légèrement supérieures à la moyenne, la pluviométrie en Août est la plus faible enregistrée en 23 ans et le déficit pour les trois mois est d'environ 80 mm.

La pluie mensuelle à BALANI a été calculée comme la moyenne arithmétique des totaux mensuels tombés sur les pluviomètres du bassin. Nous l'avons comparée à la moyenne des deux stations précédentes.

On constate que si la pluie en Juillet est moyenne, les mois d'Août et Septembre sont déficitaires, le déficit sur les trois mois étant voisin de 80 mm.

### III-CONSEQUENCES POUR L'ECOULEMENT.

En 1967, la pluie sur BALANI est donc de l'ordre de 890 mm. soit la valeur de la décennale sèche, le déficit par rapport à la moyenne étant de l'ordre de 100 mm, distribué en Août et Septembre.

Dans la mesure où le groupement des pluies n'a rien d'exceptionnel on peut admettre que l'abondance en 1967 sera nettement inférieure à la moyenne

### IV-LES AVERSES-CALCUL DES PLUIES MOYENNES.

Seize pluviomètres relevés généralement après chaque pluie permettent le tracé des isohyètes sur les bassins de TOROK et ZAMA GOVIN.

VERSE DU: 30 JUIN 1967

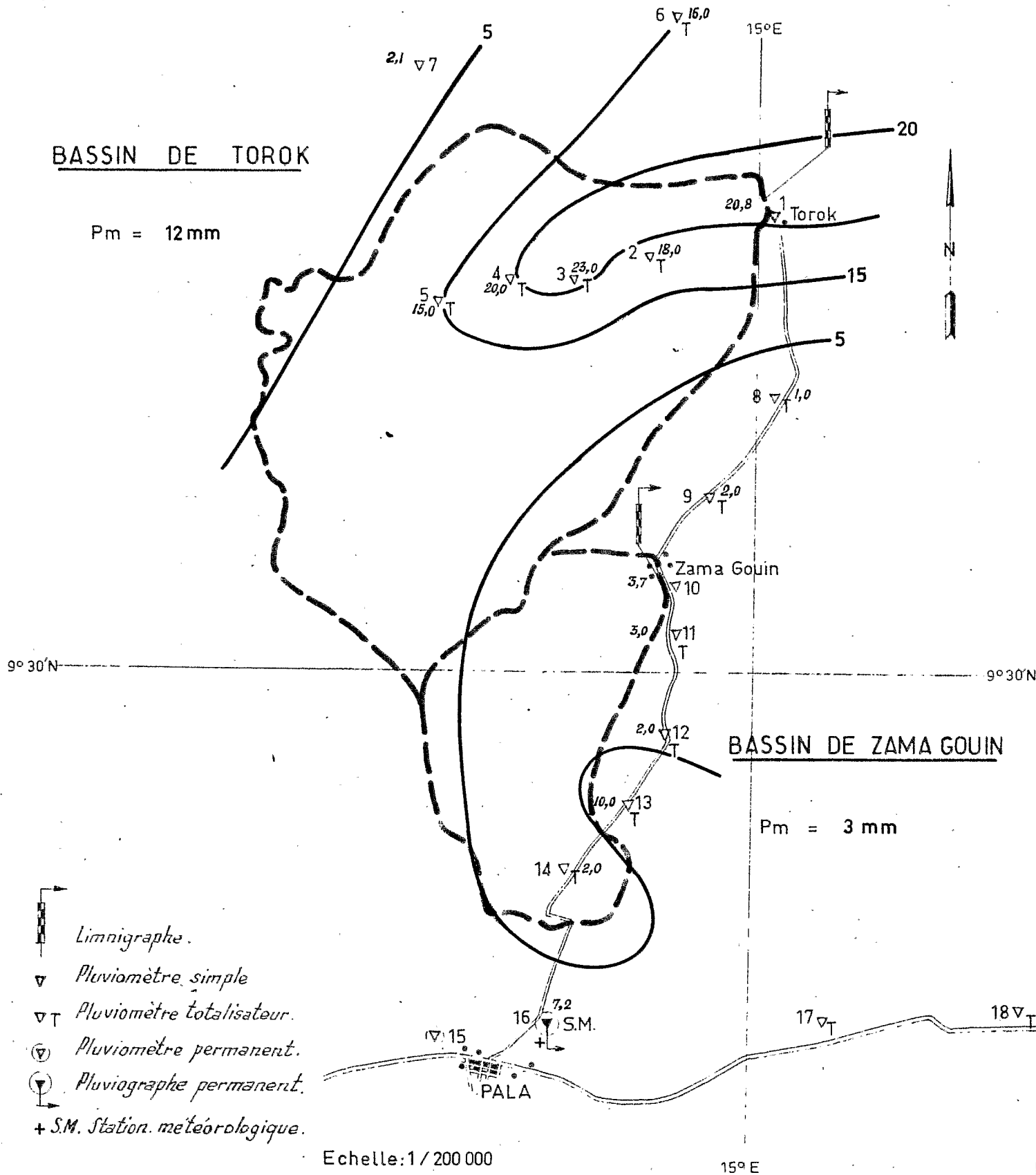
Fig: 8

BASSIN DE TOROK

Pm = 12 mm

BASSIN DE ZAMA GOUIN

Pm = 3 mm



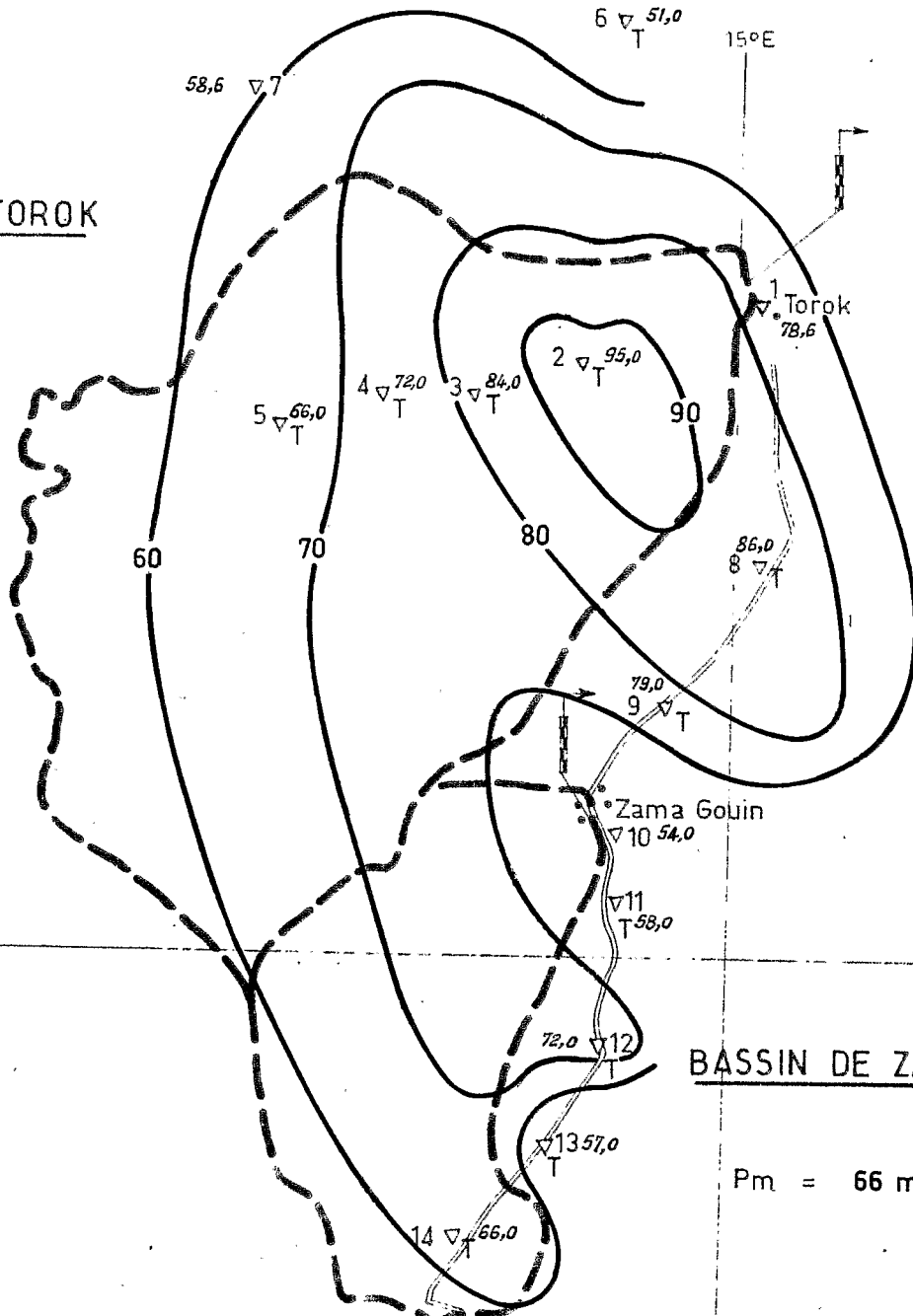
- Limnigraphe.
- Pluviomètre simple
- Pluviomètre totalisateur.
- Pluviomètre permanent.
- Pluviographe permanent.
- + S.M. Station météorologique.

Echelle: 1 / 200 000

15° E







BASSIN DE TOROK

Pm = 70 mm



BASSIN DE ZAMA GOUIN

Pm = 66 mm

-  Limniographe.
-  Pluviomètre simple
-  Pluviomètre totalisateur.
-  Pluviomètre permanent.
-  Pluviographe permanent.
-  + S.M. Station météorologique.

Echelle: 1 / 200 000

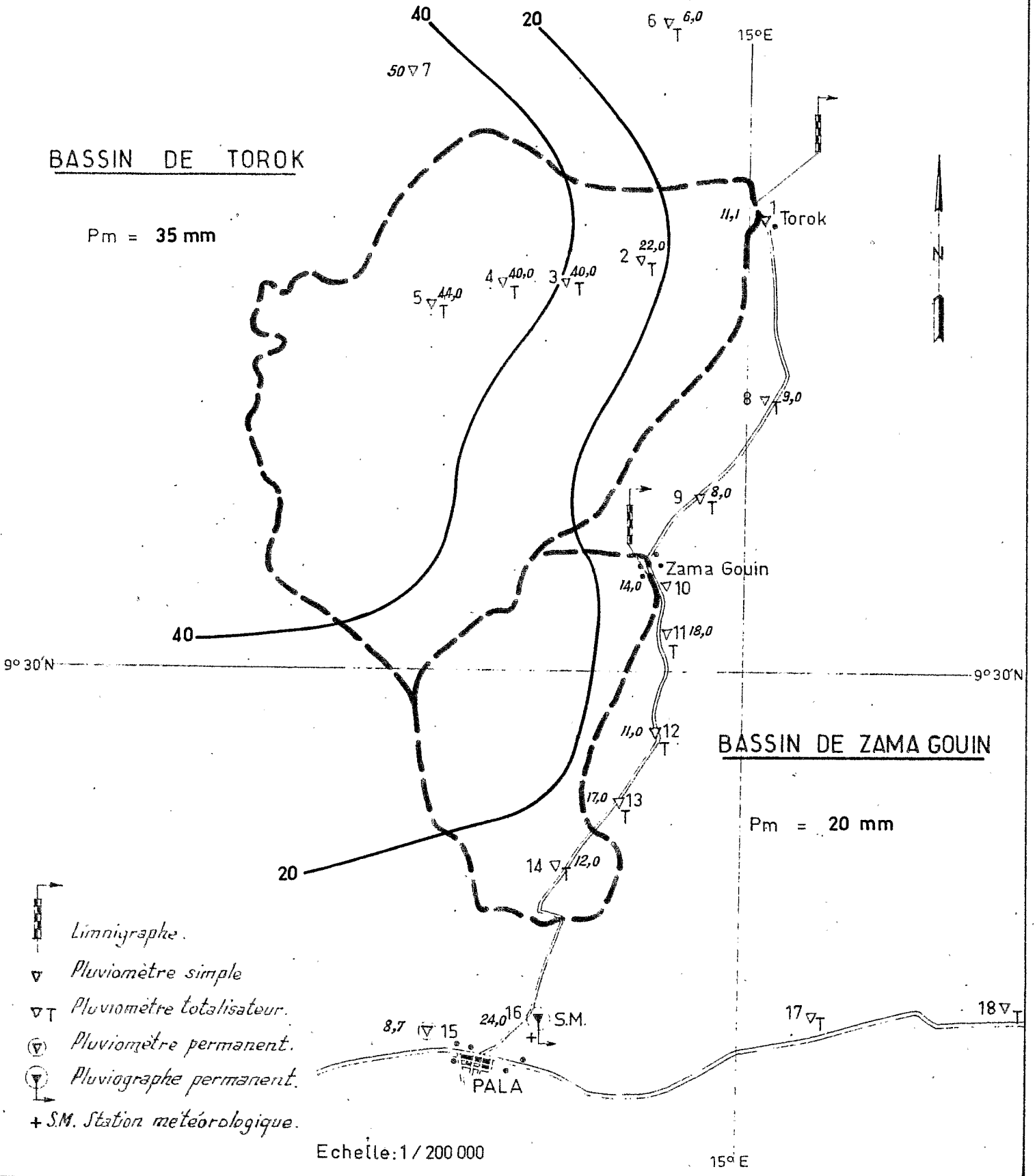
15° E

BASSIN DE TOROK

Pm = 35 mm

BASSIN DE ZAMA GOUIN

Pm = 20 mm



- Limniographe.
- Pluviometre simple
- Pluviometre totalisateur.
- Pluviometre permanent.
- Pluviographe permanent.
- + S.M. Station meteorologique.

Echelle: 1 / 200 000

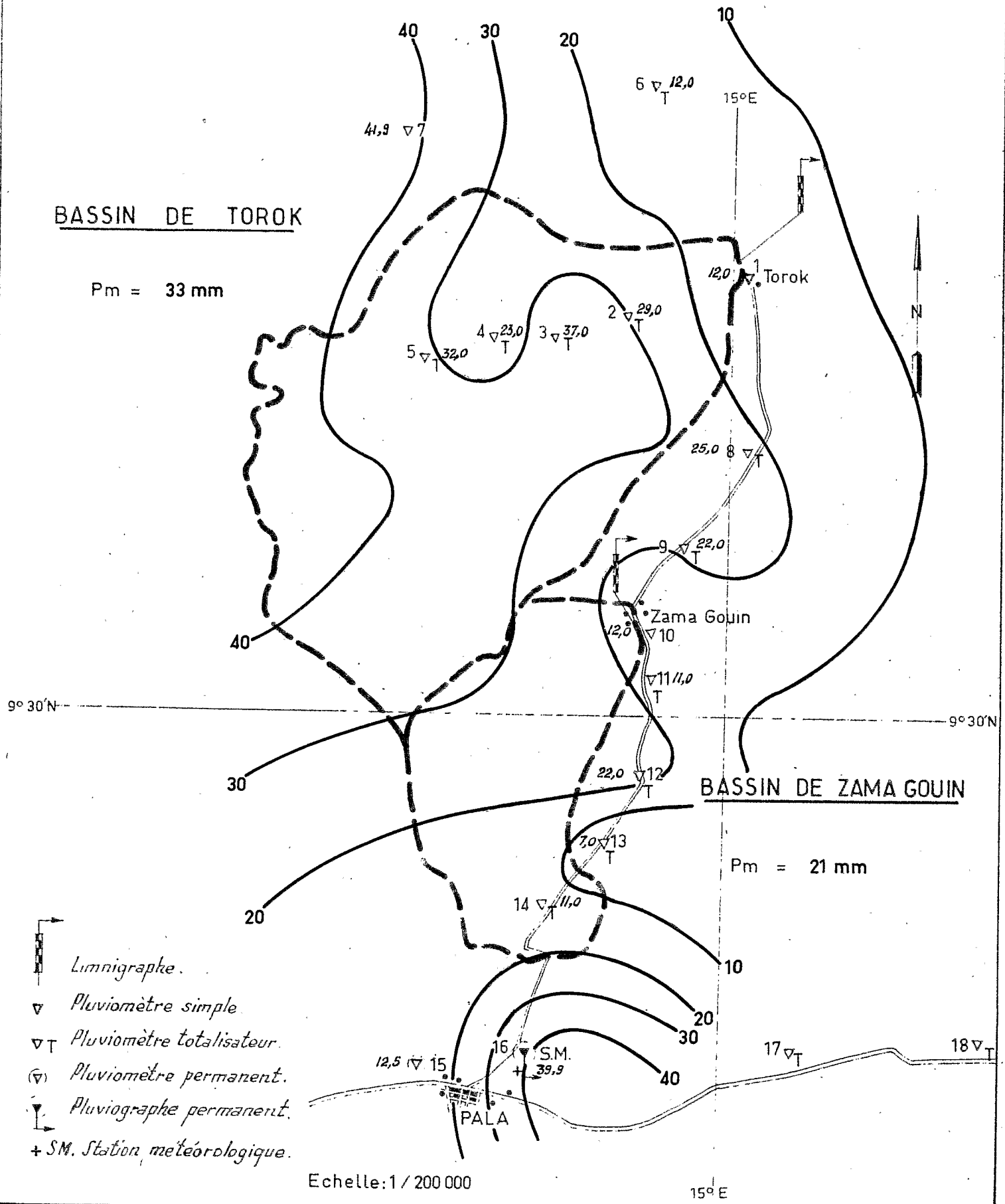
15°E







BASSIN DE TOROK

Pm = 33 mm

BASSIN DE ZAMA GOUIN

Pm = 21 mm



-  Limnigraphie.
-  Pluviomètre simple.
-  Pluviomètre totalisateur.
-  Pluviomètre permanent.
-  Pluviographe permanent.
-  + S.M. Station météorologique.

Echelle: 1 / 200 000

15° E

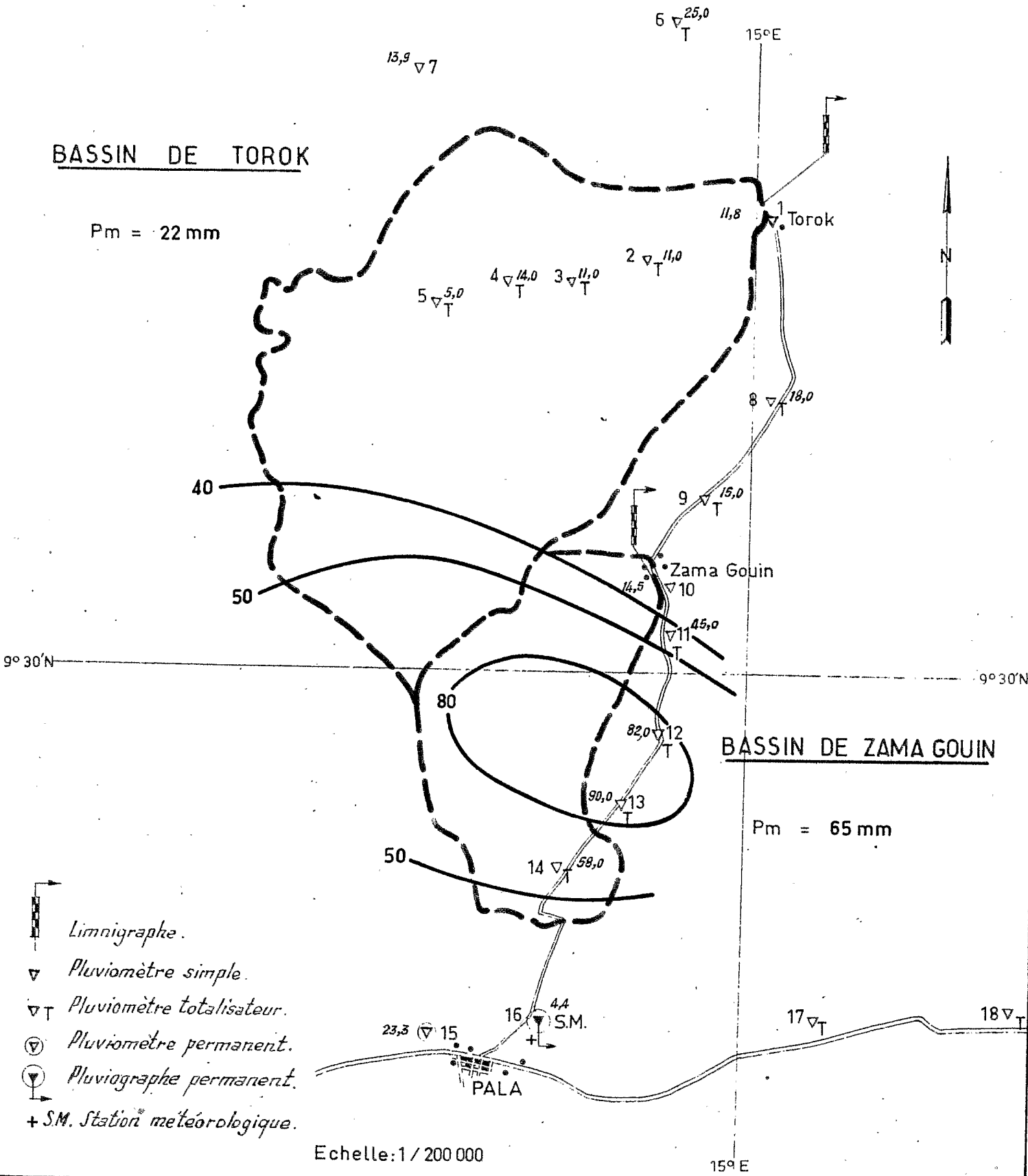


BASSIN DE TOROK

Pm = 22 mm

BASSIN DE ZAMA GOUIN

Pm = 65 mm



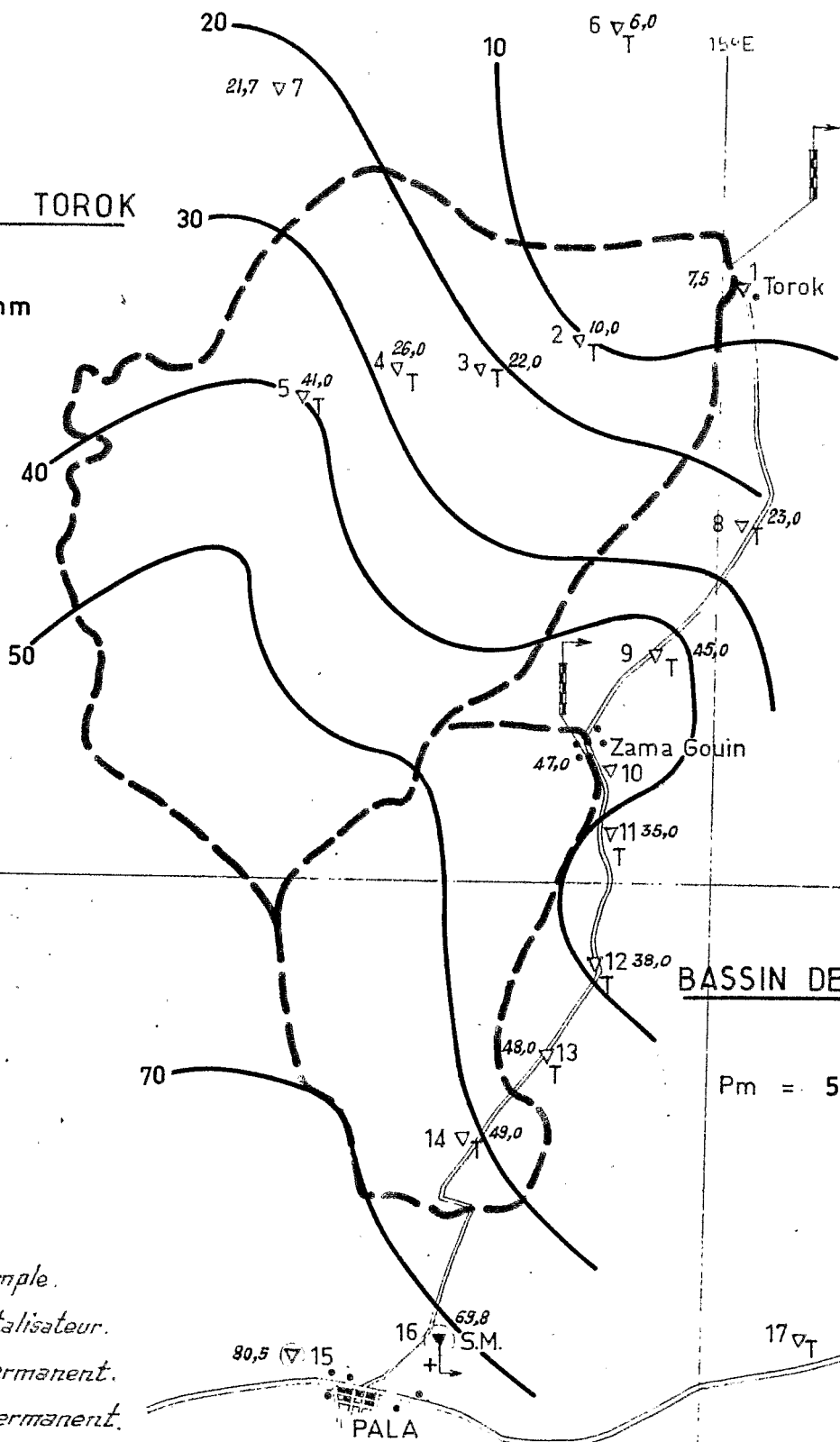
- Limnigraphie.
- Pluviomètre simple.
- Pluviomètre totalisateur.
- Pluviomètre permanent.
- Pluviographe permanent.
- + S.M. Station météorologique.

Echelle: 1 / 200 000

15° E

BASSIN DE TOROK







Pm = 35 mm



BASSIN DE ZAMA GOUIN

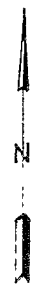
Pm = 55 mm

9° 30' N

-  Limnigraphie.
-  Pluviomètre simple.
-  Pluviomètre totalisateur.
-  Pluviomètre permanent.
-  Pluviographe permanent.
-  + S.M. Station météorologique.

Echelle: 1 / 200 000

15° E

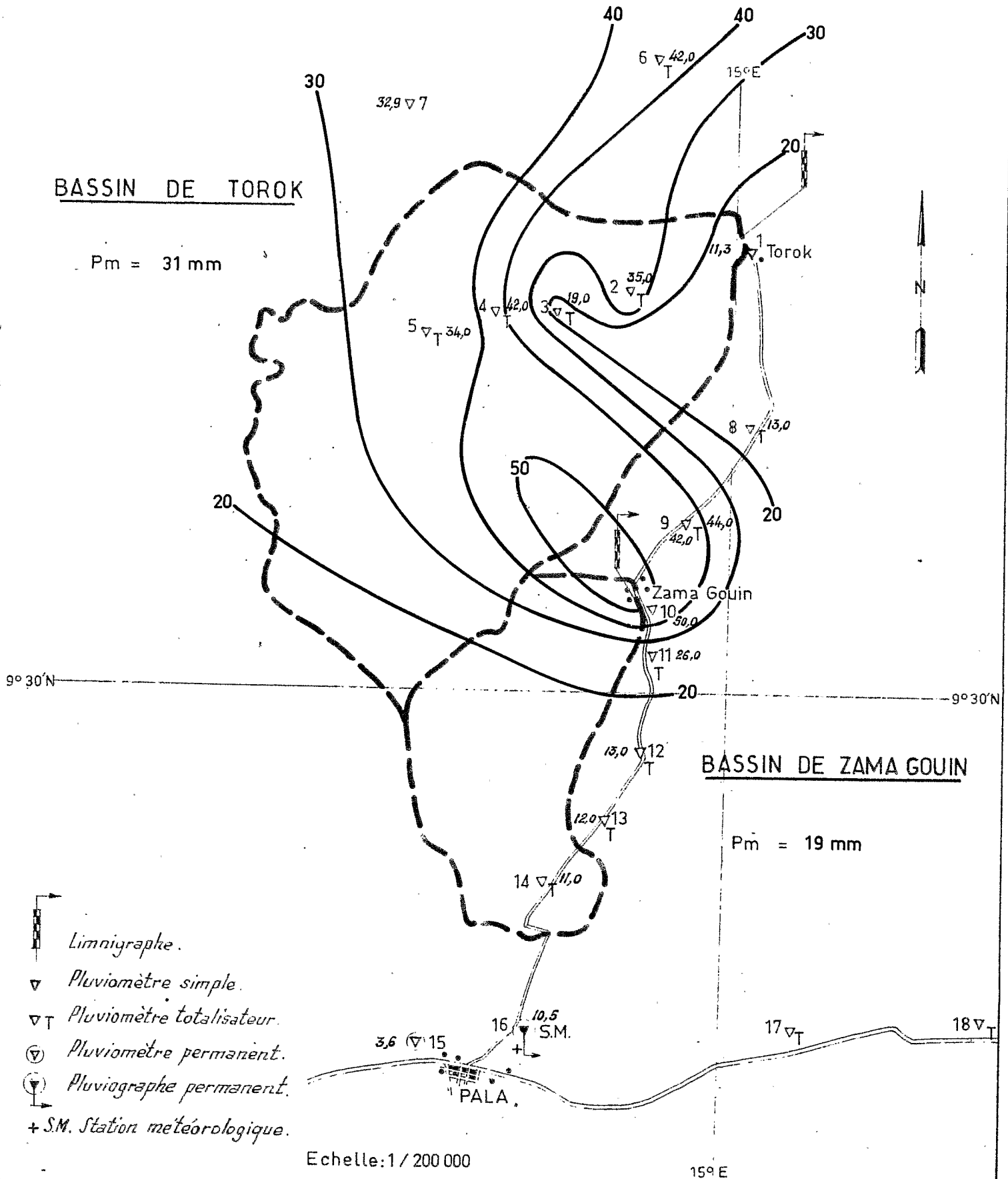


BASSIN DE TOROK

Pm = 31 mm

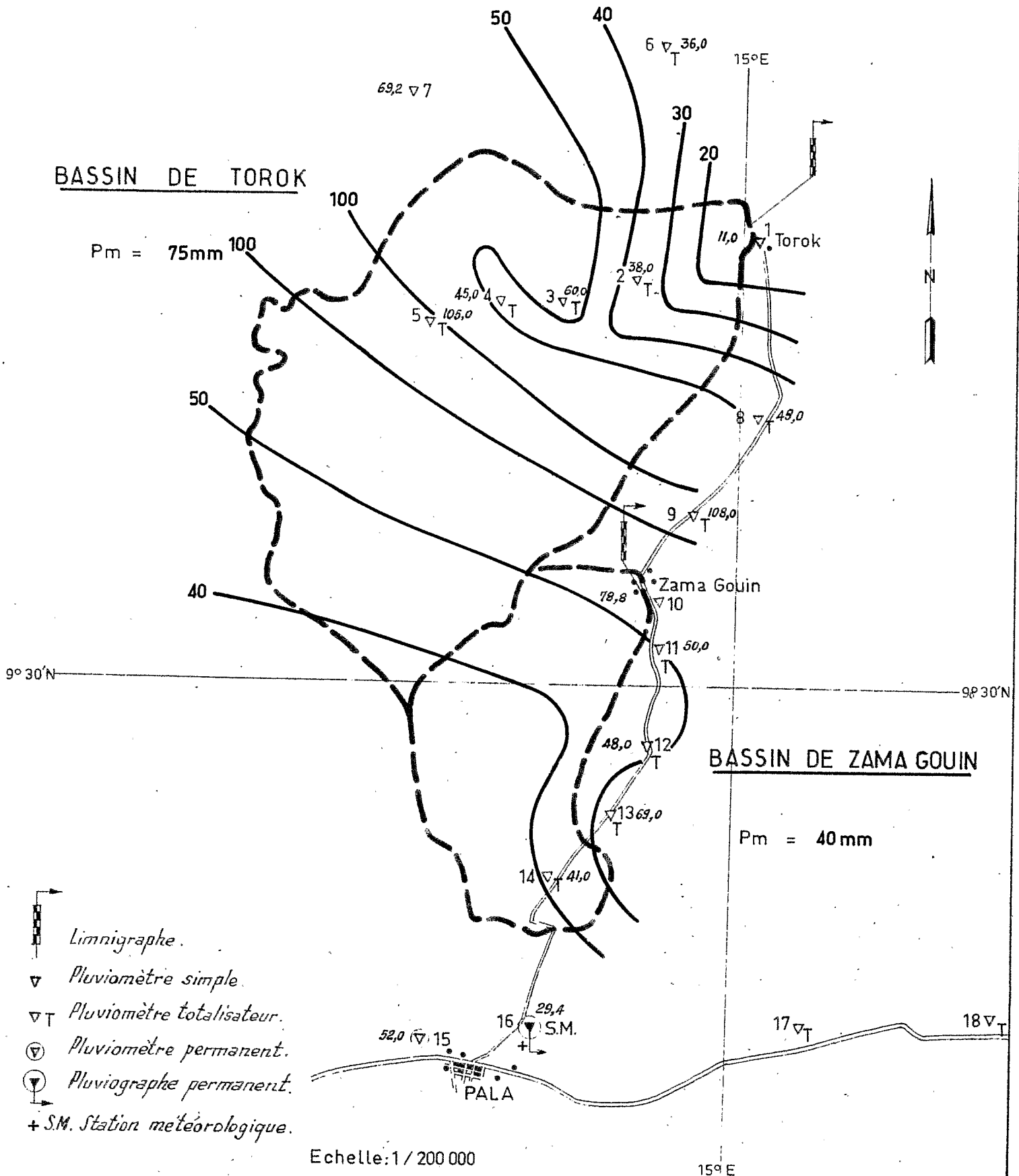
BASSIN DE ZAMA GOUIN

Pm = 19 mm



Echelle: 1 / 200 000

15° E









BASSIN DE TOROK

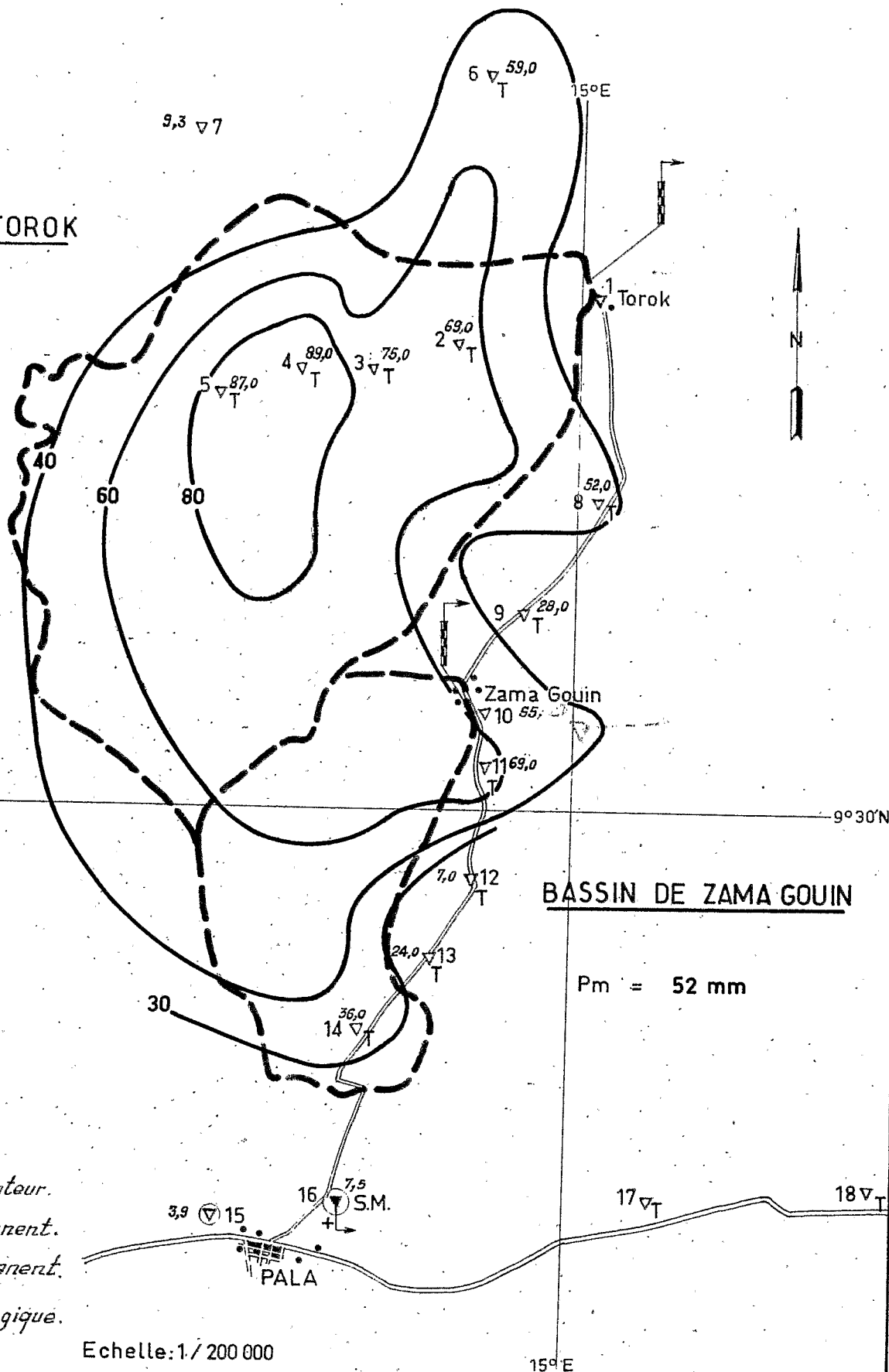
Pm = 63 mm

BASSIN DE ZAMA GOUIN

Pm = 52 mm

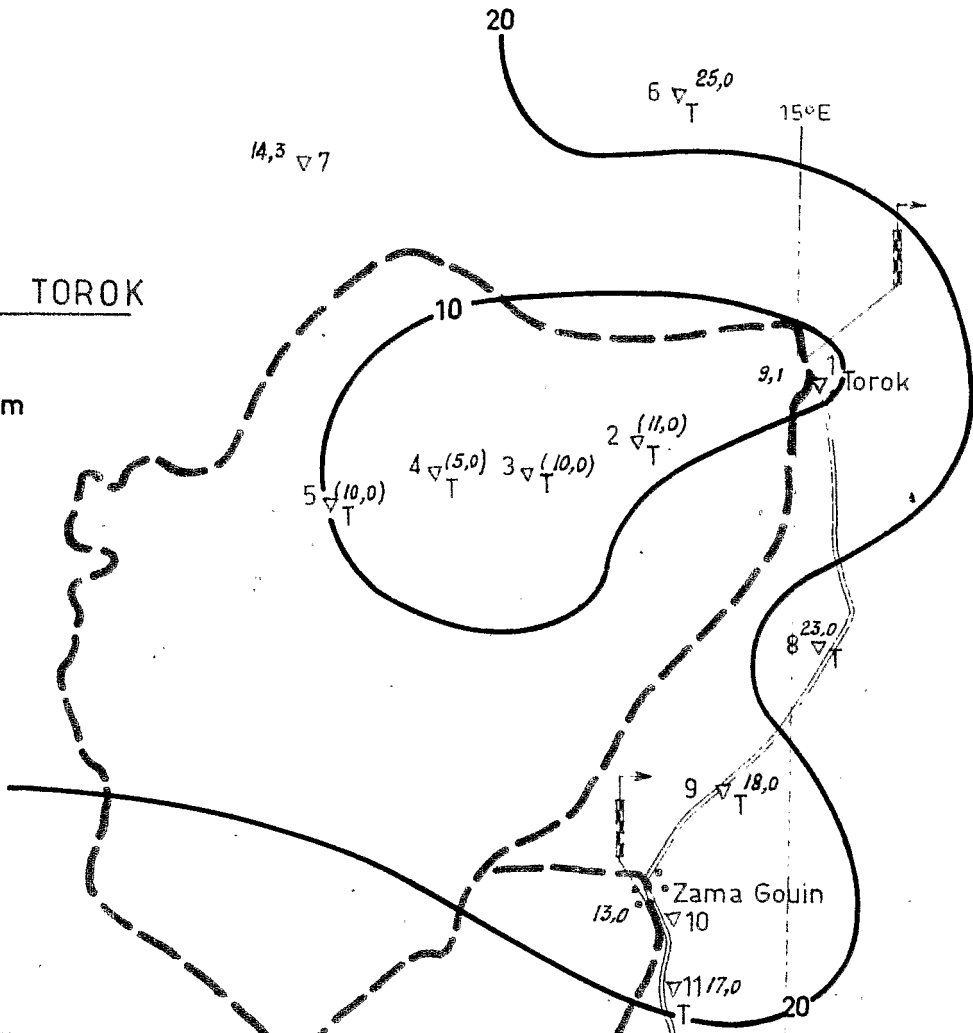
-  *Limnigraphie.*
-  *Pluviomètre simple.*
-  *Pluviomètre totalisateur.*
-  *Pluviomètre permanent.*
-  *Pluviographe permanent.*
-  *S.M. Station météorologique.*

Echelle: 1/200 000



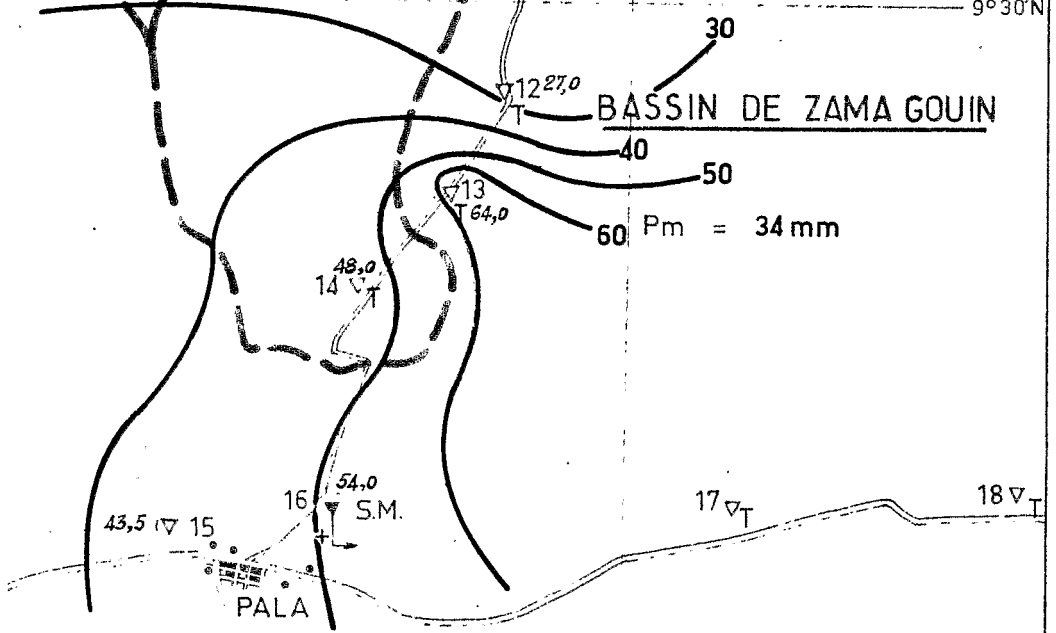
BASSIN DE TOROK

Pm = 13,0mm



BASSIN DE ZAMA GOUIN

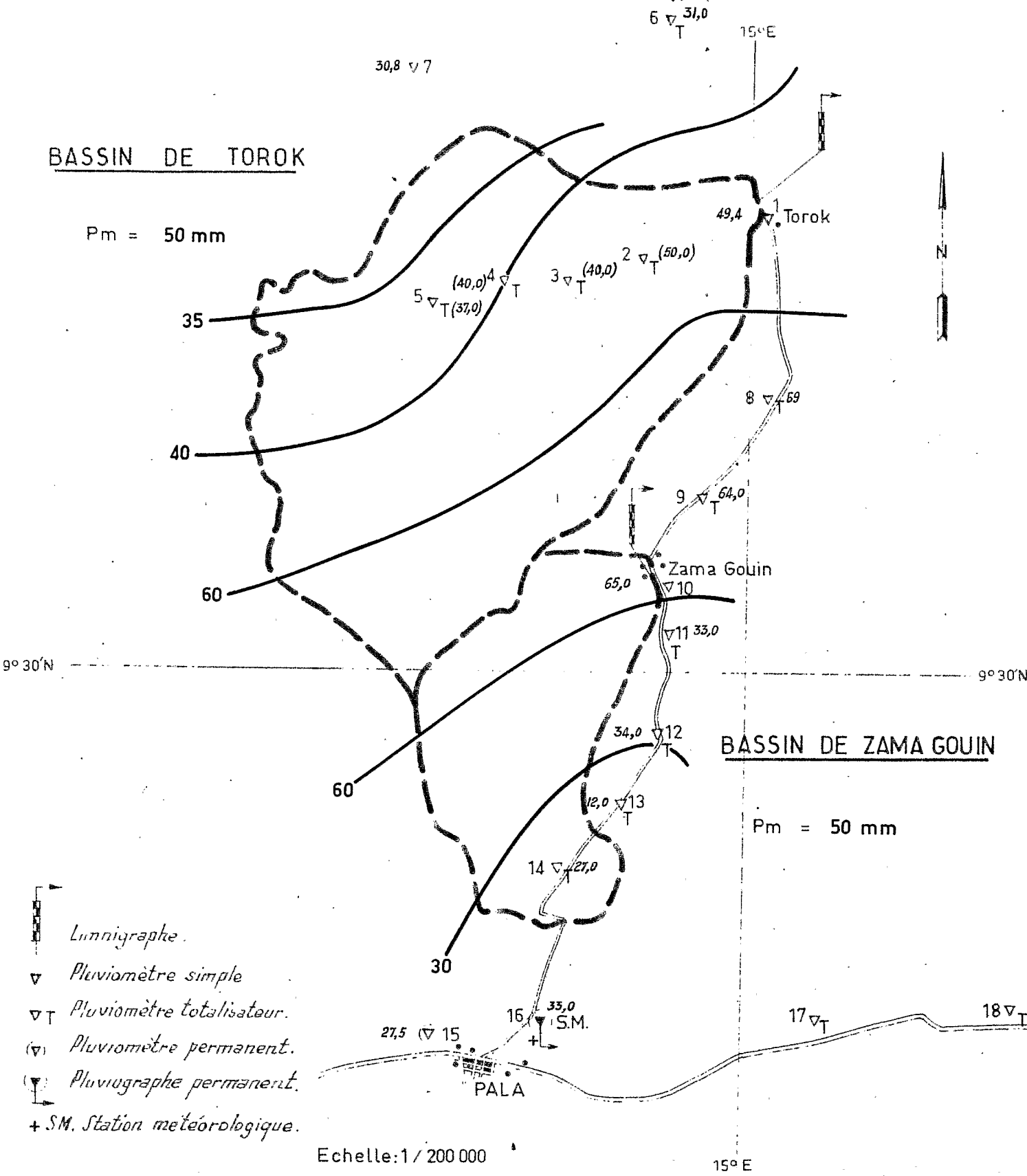
Pm = 34 mm









- Linnigraphe
- Pluviometre simple
- Pluviometre totalisateur
- Pluviometre permanent.
- Pluviographe permanent.
- + S.M. Station meteorologique.

BASSIN DE TOROK

Pm = 50 mm



-  Linnigraphie.
-  Pluviomètre simple
-  Pluviomètre totalisateur.
-  Pluviomètre permanent.
-  Pluviographe permanent.
-  + S.M. Station météorologique.

Echelle: 1 / 200 000

BASSIN DE ZAMA GOUIN

Pm = 50 mm

15° E

## Les avreses principales à TOROK et ZAMA GOUIN

Nº	Date	Pluie moyenne à TOROK (mm)	Pluie moyenne à ZAMA GOUIN (mm)	Remarques
1	22 Juin	20	?	
2	24	23	32	
3	26	10		
5	27-28	16	18	
6	30	12	3	
7	2 Juillet	70	66	
8	5-6	35	20	
9	9	18	29	
10	12		11	
11	15	4	13	
12	16	33	21	
13	18 et 19	22	65	averse double
14	21	23		
15	23	14	8	
16	30	7	2	
17	31		7	
18	8 Août	35	55	
19	13-14	31	19	averse double
20	16	6	10	
21	19	14	14	
22	23-24	30	23	averse double
23	26-27	75	40	averse double
24	29-30	63	52	
26	6 Septemb	20	9	
27	10	13	34	
28	12	50	50	
29	17		20	
30	18		24	
31	27			



Cependant nous n'aurons qu'une idée approximative de la physionomie de l'averse : l'absence de pluviographes, le nombre restreint de pluviomètres placés sur les bassins-mêmes ( 4 à TOROK, 1 à ZAMA GOUIN ) ne permettent pas une description de ses caractéristiques. Dans ces conditions, il serait hasardeux d'évaluer l'homogénéité spatiale ou temporelle des averses. Nous proposerons seulement des valeurs de la pluie moyenne. Ces valeurs suffiront pour nous donner ce que nous recherchons : une idée globale du ruissellement dans les régions étudiées.

Le tableau page 18 donne les valeurs des pluies moyennes calculées pour une trentaine d'averses.

Les figures 8 à 18 illustrent le tracé d'isohyètes pour les principales pluies de la campagne 1967.

LE MAYO DOREO A ZAMA GOVIN

CHAPITRE-I

## EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE - OBSERVATIONS

1.-LA STATION DE ZAMA GOUIN

Les coordonnées de la station sont :

9°32' de latitude Nord

14°58' de longitude Est

Elle contrôle un bassin versant de 88 km<sup>2</sup>.

Au Sud du village de ZAMA GOUIN, à une vingtaine de kilomètres de PALA, la route PALA-TIKEM franchit un petit mayo sur un radier constitué de blocs de latérite. Deux buses, dont l'une est à peu près effondrée, évacuent de faibles débits. Le radier, long d'une douzaine de mètres, n'est qu'à une cote très faiblement inférieure à celle de la route qui est à peu près horizontale sur 400 m au sud du mayo. Fig. 19. En amont et en aval du radier le lit du mayo présente des berges franches. Elles sont stables ainsi que le fond. Dès la moindre crue, les débordements sur la route seront importants.

Le 16-6-67 B. BILLON et R. GATHELIER posaient une échelle et un limnigraphe OTT type X journalier.

2.-ETALONNAGE.

Sept jaugeages furent effectués à la station pendant la campagne 1967.

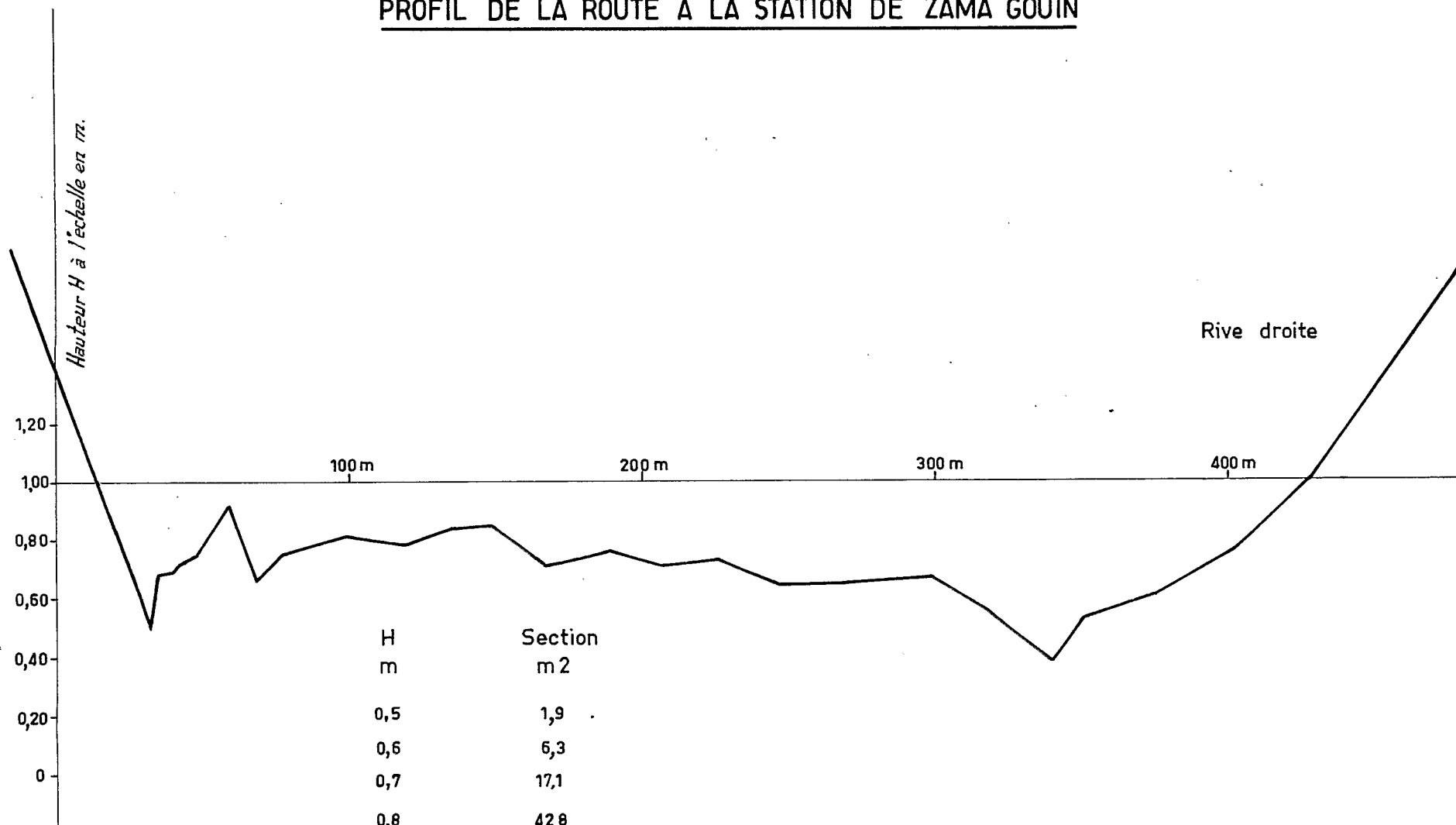
N°	Date	Hauteur (m)	Débit m <sup>3</sup> /sec
1	18-6-67	0,77	1,36
2	14-8-67	0,71	0,43
3	27-8-67	1,10	5,66
4	27-8-67	1,08	5,42
5	10-9-67	1,07	6,80
6	12-9-67	1,42	29,1
7	17-9-67	0,82	1,32

Le 12-9-67, à la cote 1,42 m à l'échelle, la route était submergée sur 460 mètres. Les vitesses de surface étaient de l'ordre de 1 m/sec sur les 12 mètres du radier et de 10 à 30 cm/sec sur la route : à cette cote le radier assure le passage d'un tiers du débit seulement. C'est la portion de route qui va déterminer l'allure de la courbe de tarage pour les cotes supérieures.

Une remarque simple permet d'évaluer le gradient  $\frac{d Q (m^3/sec)}{d h (cm)}$  pour une hauteur à l'échelle voisine de 1,40 m.

Une élévation de cote de 1 cm correspond alors à un accroissement de la section mouillée de 460 m x 0,01 m = 4,60 m<sup>2</sup>.

PROFIL DE LA ROUTE A LA STATION DE ZAMA GOUIN



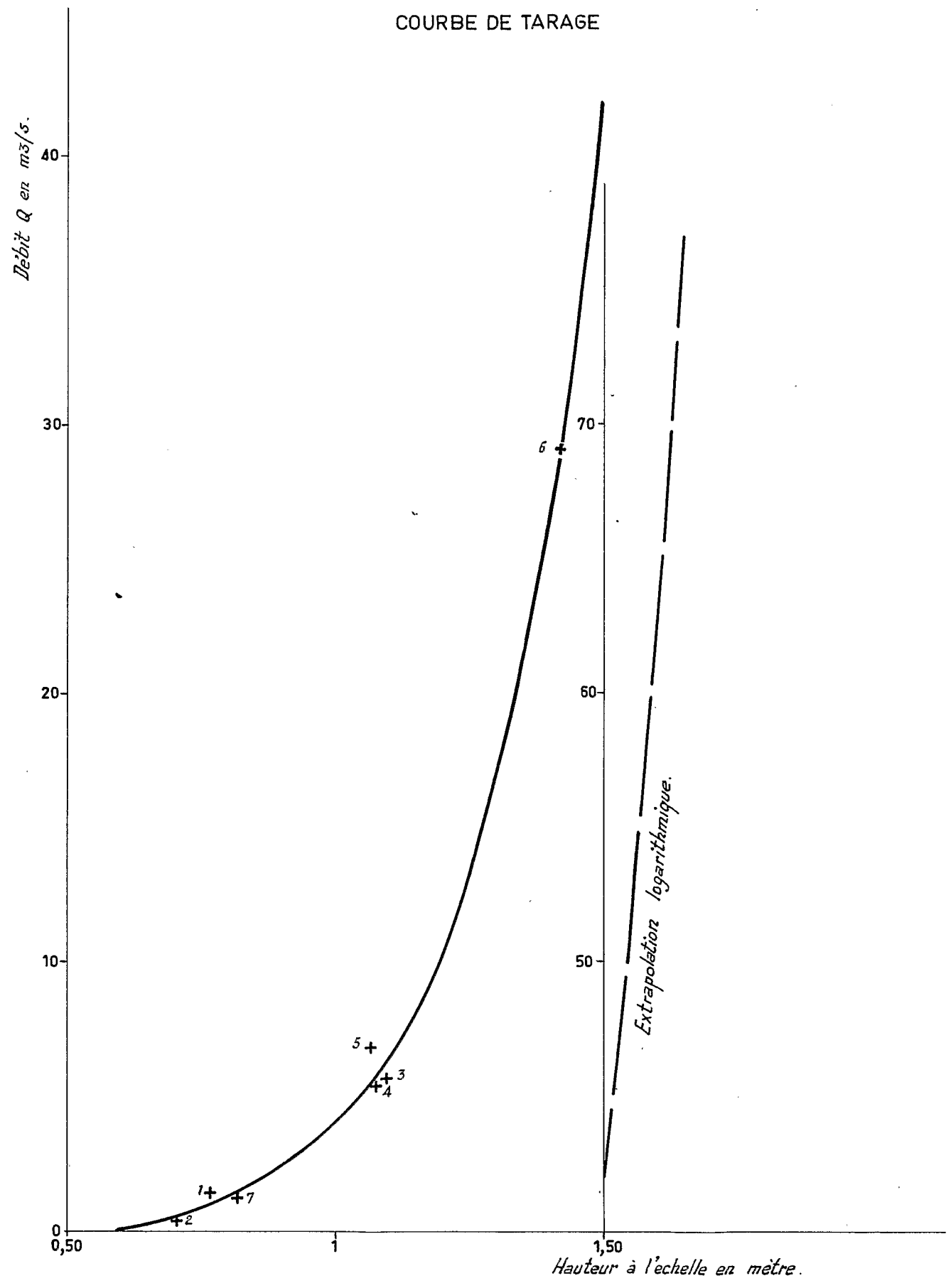
H	Section
m	m <sup>2</sup>
0,5	1,9
0,6	6,3
0,7	17,1
0,8	42,8
0,9	90,1
1,0	130,8
1,1	172,8
1,2	216,0
1,8	260,0

Echelle verticale: 1 / 20

Echelle horizontale: 1 / 2000

# STATION DE ZAMA GOUIN

## COURBE DE TARAGE



A cette cote la vitesse moyenne de surface est de l'ordre de 0,20 m/sec et l'accroissement de débit pour une élévation de cote de 1 cm vaut alors :

$$4,60 \text{ m}^2 \times 0,20 \text{ m/sec} = 0,92 \text{ m}^3/\text{sec}$$

La dérivée  $\frac{dQ}{dh}$  au point (  $h = 1,42 \text{ m}$   $Q = 29,1 \text{ m}^3/\text{sec}$  ) est donc de l'ordre de  $1 \text{ m}^3/\text{sec/cm}$ .

On en déduit l'allure de la courbe de tarage au voisinage du point. (fig. 20 ).

Au delà (  $1,42 \text{ m} < h < 1,70 \text{ m}$  ), nous avons choisi d'extrapoler logarithmiquement la courbe. En effet, cette méthode nous propose un gradient de  $2 \text{ m}^3/\text{sec/cm}$  pour la cote 1,60 m, ce qui correspond à une vitesse de surface moyenne double de celle observée avec 20 cm d'eau en moins. Ces valeurs paraissent vraisemblables.

Cependant, pour une hauteur à l'échelle de l'ordre de 1,60 m, la précision ne dépassera probablement pas 10 %.

### 3.-OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES.

L'écoulement à la station de ZAMA GOUIN commence au mois de Juin, après les premières pluies. Il s'arrêtera à la fin de la saison des pluies c'est à dire en Novembre. Entre deux crues le débit peut s'annuler, surtout au début de la saison des pluies.

Comme nous l'avons vu dans la description géographique en première partie, de bonnes conditions de ruissellement seront obtenues après saturation de l'horizon de surface, le sol se comportant comme imperméable à partir de quelque 5 cm de profondeur ( voir pédologie ). Une forte averse précédée d'une pluie apportant la saturation sera à l'origine d'une crue importante.

Les débits moyens journaliers du tableau page 24 sont illustrés à la Figure 21.

Le volume écoulé observé vaut 5,6 millions de  $\text{m}^3$

dont	0,28	Million de $\text{m}^3$	en Juin
	1,50	"-	en Juillet
	1,82	"-	en Août
	2,00	"-	en Septembre

Les sept crues principales, dont le débit maximum est supérieur à  $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ , Fig. 22 à 28, possèdent des caractéristiques données par le tableau suivant :

LES PRINCIPALES CRUES A ZAMA GOUIN.

N° de la crue	Date	Débit de base Q <sub>0</sub> en m <sup>3</sup> /sec	Débit maximum m <sup>3</sup> /sec	Hauteur ruisselée mm	Temps de base heure	Remarque
7	2&3 Juillet	0	18,3	4,63	16,6	
13	18&19 -"-	0,1	11,0&11,4	6,05	26,0	crue double
18	8&9 Août	0,05	15,6	4,63	16,4	
23	27&28 -"-	0,50	6,7	3,11	21,6	
24	30&31 -"-	0,15	10,1	4,12	21,6	
27	10&11 Septemb.	0,20	5,4	1,76	14,2	
28	12&13 -"-	0,40	30,0	9,12	16,4	

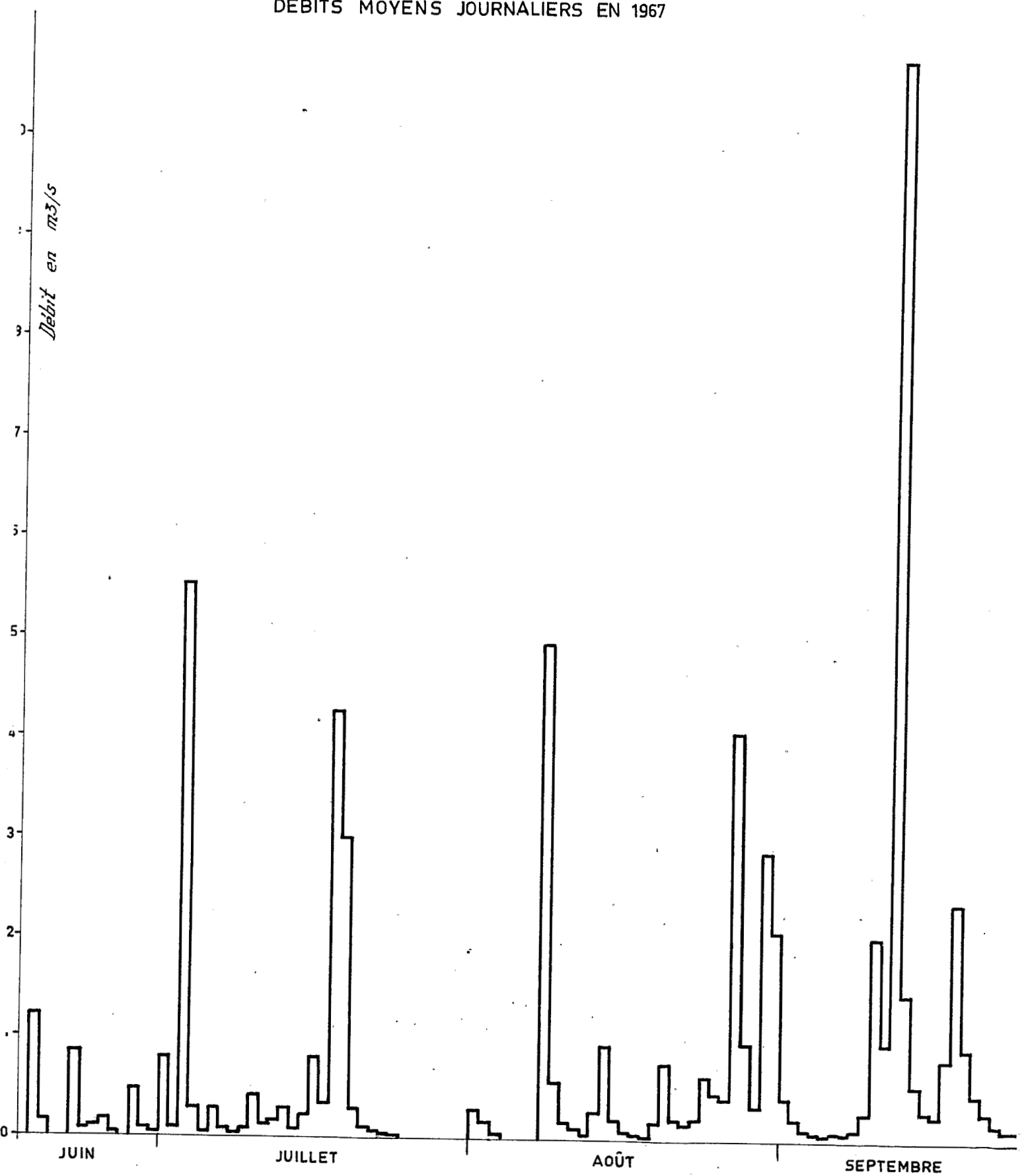
## LES DEBITS MOYENS JOURNALIERS A ZAMA GOUIN EN 1967.

Jours	JUN		JUILLET		AOUT		SEPTEMBRE	
	Vol $10^3 \text{ m}^3$	$\text{m}^3/\text{sec}$	Vol $10^3 \text{ m}^3$	$\text{m}^3/\text{sec}$	Vol $10^3 \text{ m}^3$	$\text{m}^3/\text{sec}$	Vol $10^3 \text{ m}^3$	$\text{m}^3/\text{sec}$
1			68	0,789	25	0,290	36	0,418
2			8	0,093	14	0,162	18	0,209
3			475	5,510	4	0,046	9	0,104
4			25	0,290		0	7	0,081
5			4	0,046		0	6	0,069
6			25	0,290		0	8	0,093
7			7	0,081		0	8	0,093
8			3	0,035	426	4,941	9	0,104
9			7	0,081	48	0,557	23	0,267
10			36	0,418	14	0,162	175	2,030
11			11	0,128	9	0,104	83	0,962
12			14	0,162	4	0,046	928	10,765
13			25	0,290	23	0,267	126	1,461
14			6	0,070	79	0,916	47	0,545
15			18	0,209	17	0,197	25	0,290
16			69	0,800	6	0,070	21	0,247
17			29	0,336	4	0,046	76	0,882
18	104	1,206	367	4,257	2	0,023	205	2,378
19	14	0,162	256	2,970	15	0,174	79	0,916
20		0	25	0,290	65	0,754	40	0,464
21		0	10	0,116	18	0,209	25	0,290
22	73	0,847	7	0,081	13	0,151	14	0,162
23	6	0,070	4	0,046	18	0,209	11	0,128
24	9	0,104	2	0,023	54	0,626	11	0,128
25	16	0,185		0	40	0,464		
26	3	0,035		0	35	0,406		
27		0		0	350	4,060		
28	41	0,475		0	83	0,962		
29	7	0,081		0	29	0,336		
30	3	0,035		0	248	2,877		
31				0	180	2,088		
Total	276		1501		1823		1990	



LE MAYO DORBO A ZAMA GOUIN

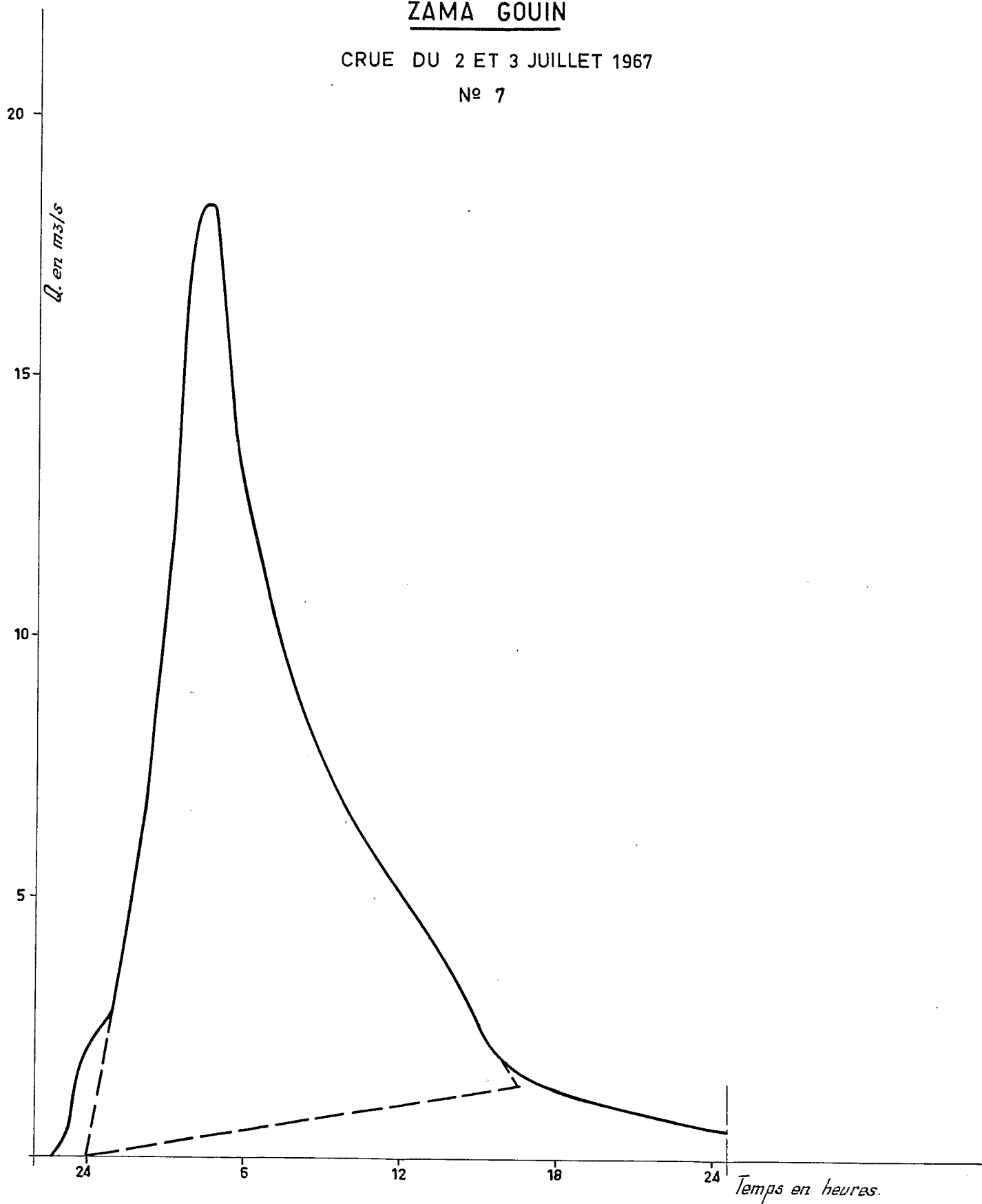
DÉBITS MOYENS JOURNALIERS EN 1967



ZAMA GOUIN

CRUE DU 2 ET 3 JUILLET 1967

N° 7

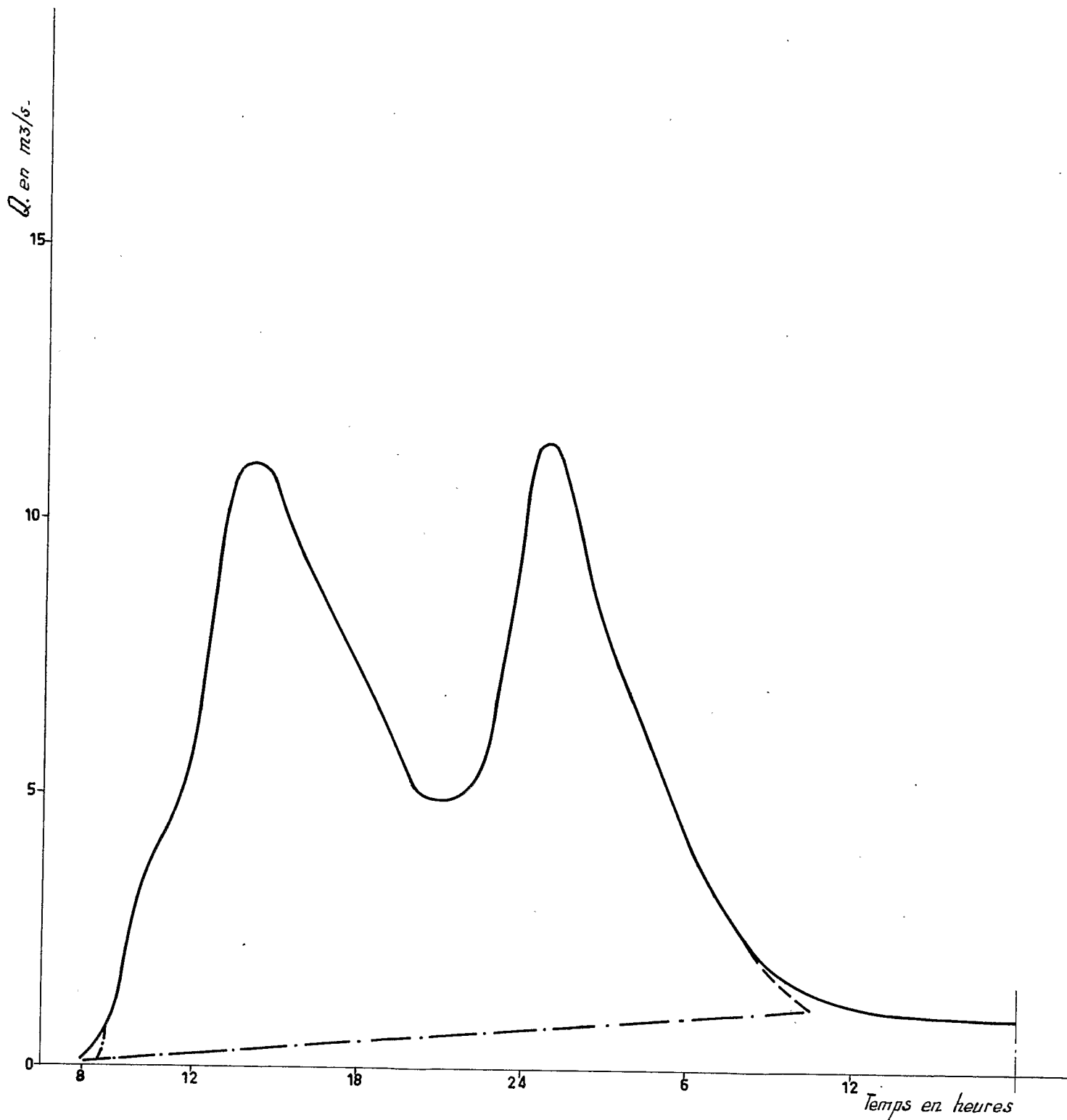


Temps en heures.

ZAMA GOUIN

CRUE DU 18 ET 19 JUILLET 1967

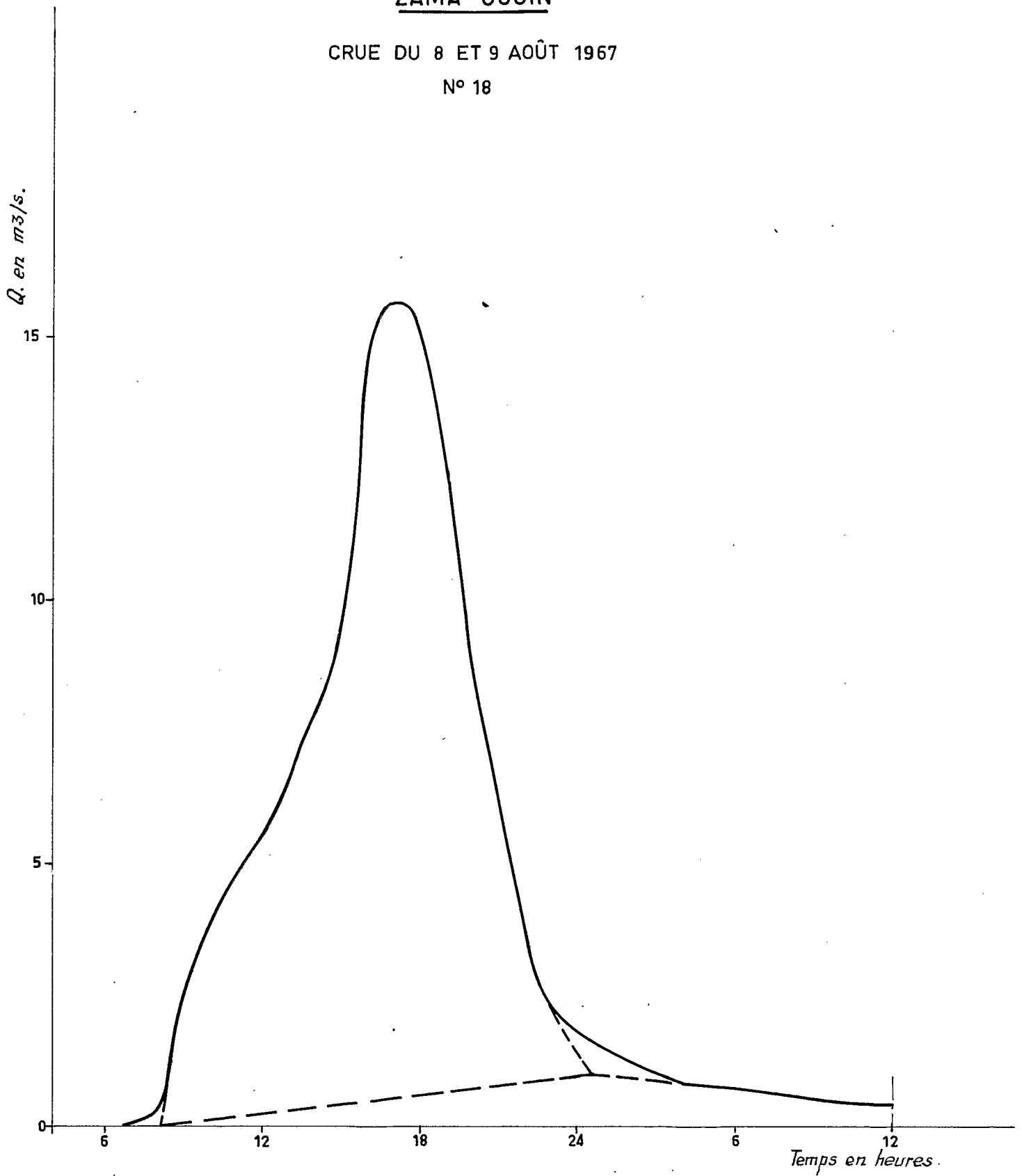
N° 13



ZAMA GOUIN

CRUE DU 8 ET 9 AOÛT 1967

N° 18

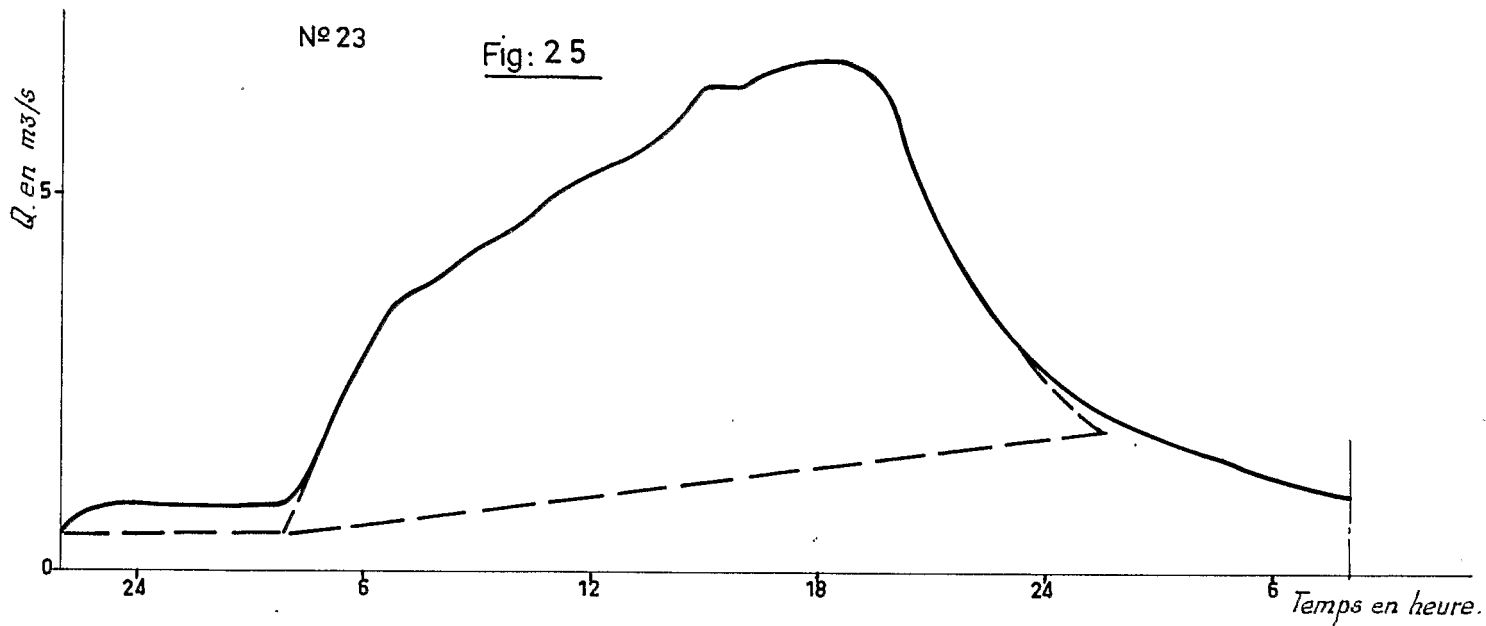


# ZAMA GOUIN

CRUE DU 27 ET 28 AOÛT 1967

N° 23

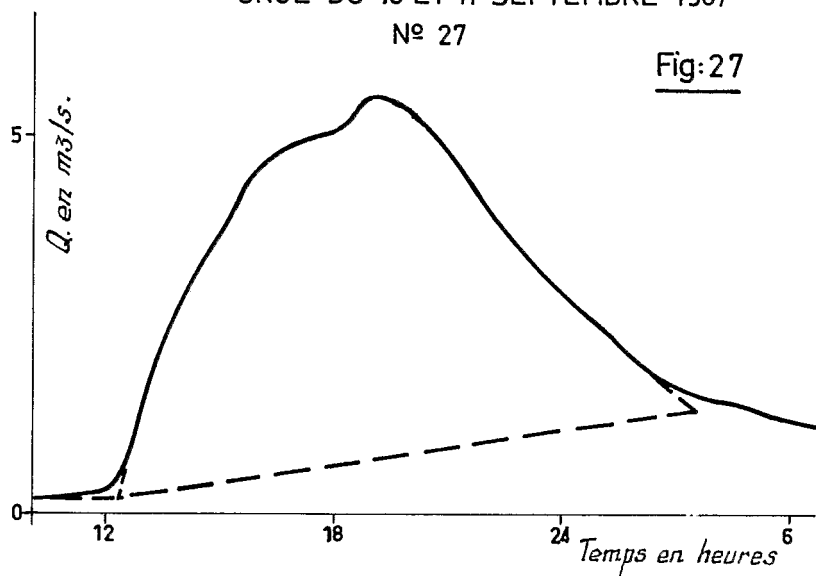
Fig: 25



CRUE DU 10 ET 11 SEPTEMBRE 1967

N° 27

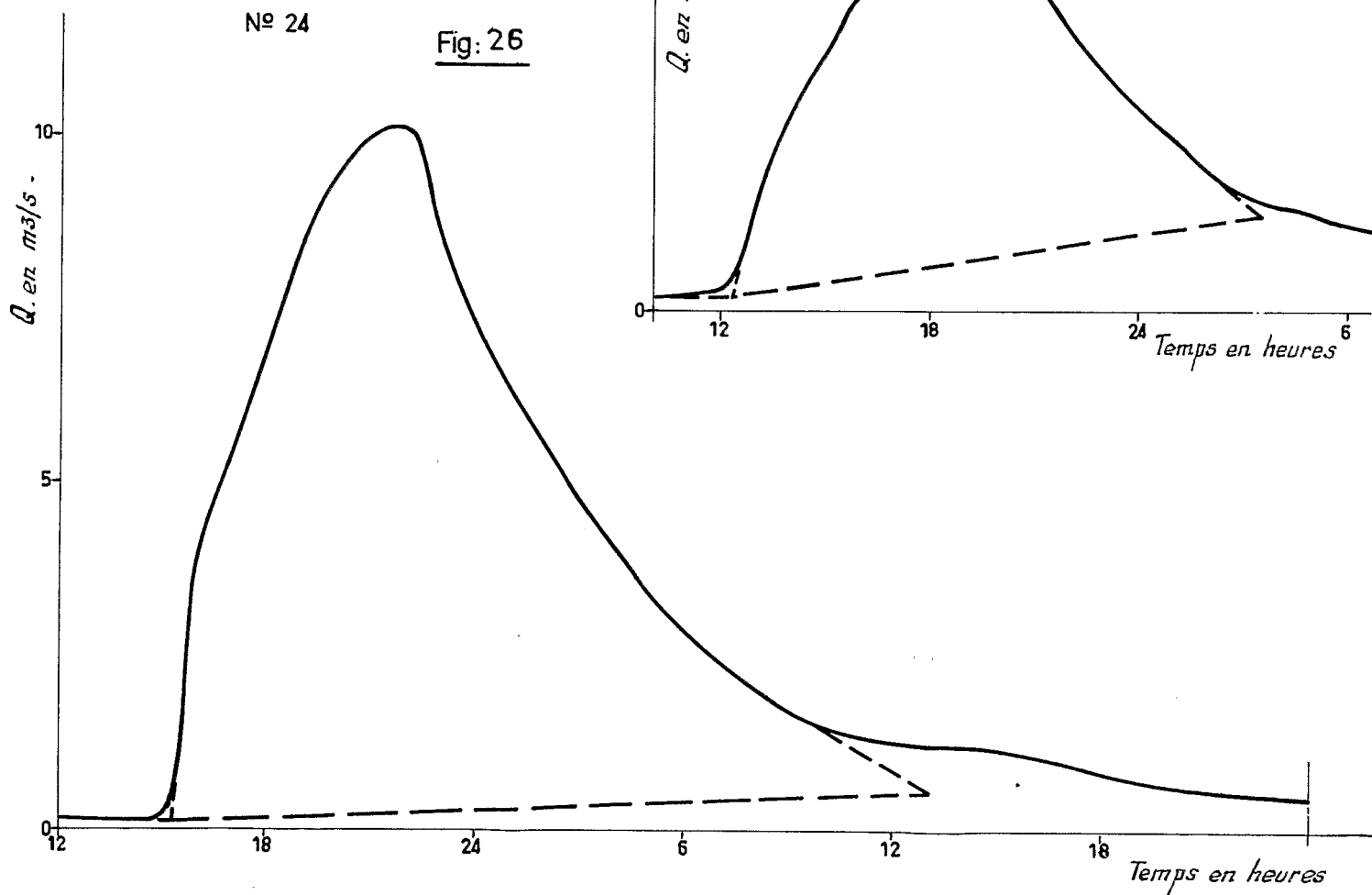
Fig:27



CRUE DU 30 ET 31 AOÛT 1967

N° 24

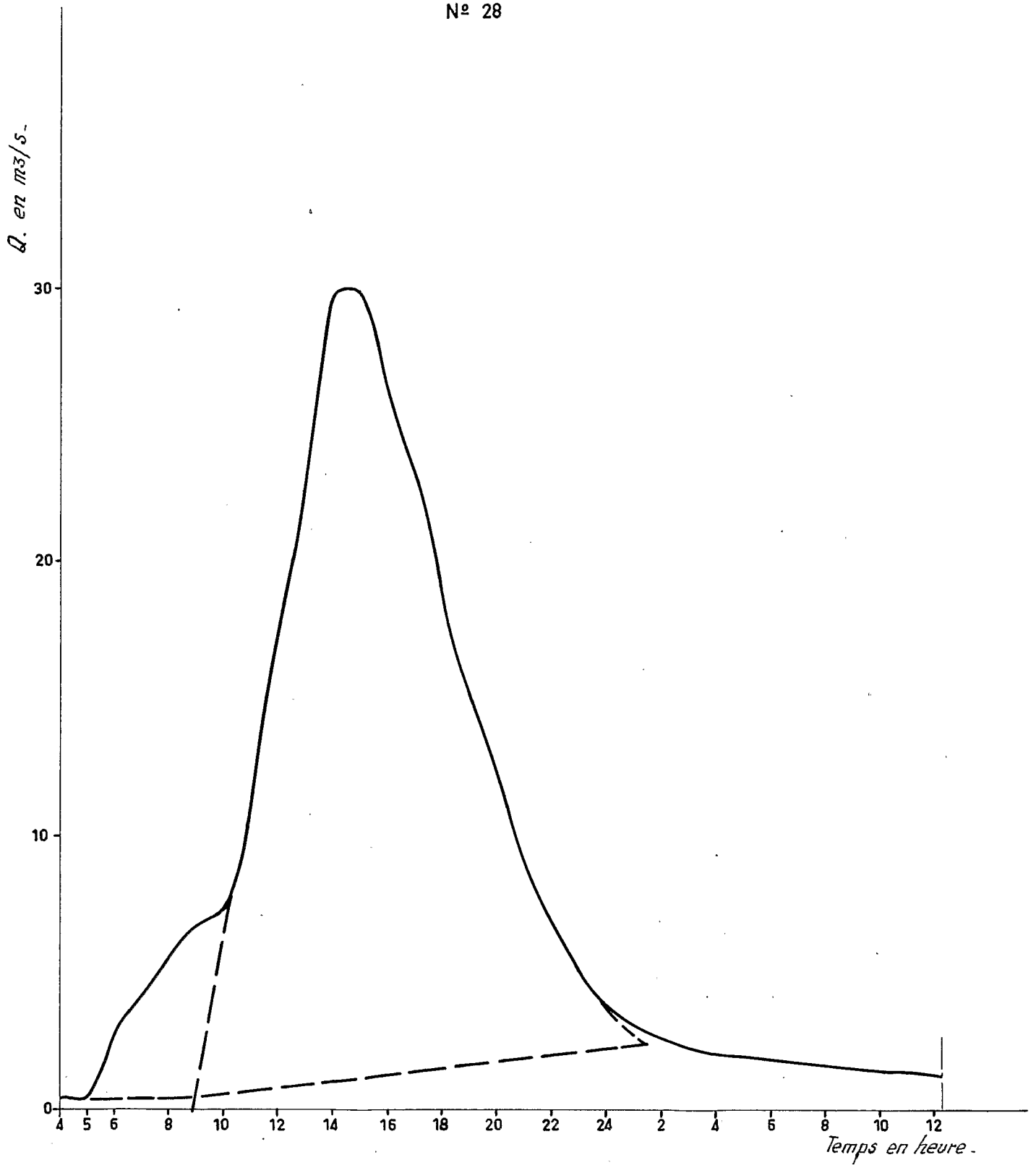
Fig: 26



ZAMA GOUIN

CRUE DU 12 ET 13 SEPTEMBRE 1967

N° 28



## CHAPITRE - II

### LA CRUE DECENNALE A ZAMA GOUIN

La crue décennale est l'hydrogramme provoqué par une hauteur de pluie moyenne de fréquence décennale tombant en moins de trois heures et ruisselant dans des conditions médianes.

Nous avons étudié dans la partie CLIMATOLOGIE les caractéristiques de la pluviométrie et la hauteur de l'averse ponctuelle décennale a été estimée, après ajustements statistiques, à 110 mm.

L'averse moyenne de même fréquence sera de quelque 95 mm (coefficient d'abattement pris égal à 0,85, pour le bassin de ZAMA GOUIN ).

L'étude de la correspondance pluie moyenne - volume de la crue se fera à partir des observations pluviométriques de la campagne. Elle devrait nous permettre une bonne approche de la connaissance de la fonction de ruissellement du bassin.

Enfin, il nous restera à déterminer l'hydrogramme type, fonction caractéristique du bassin liée à son complexe physique et à sa couverture végétale, qui transformera le volume ruisselé en un débit fonction du temps à l'exutoire.

#### 1.-RUISSÈLEMENT.

Le coefficient de ruissellement d'une averse donnée, pour un bassin donné, se définit comme le rapport du volume ruisselé, connu par l'hydrogramme observé, au volume précipité. Ce coefficient  $K_r$  s'exprimera en pour cent (%).

$K_r$  est une fonction de nombreux paramètres faisant intervenir principalement l'homogénéité spatiale et temporelle de la pluie, l'état d'humidité du terrain, la nature et l'état de la végétation qui évolueront durant la saison des pluies, ceci pour un bassin déterminé.

La méthode employée, généralement avec succès, pour exprimer cette dépendance consiste à considérer par exemple la pluie moyenne comme facteur principal du ruissellement, les autres étant pris comme secondaires et chiffrés à l'aide d'indices tel que

$$I_s = K \frac{P}{t}$$

où  $P$  est la quantité de pluie en mm, tombée  $t$  jours avant l'averse.  $I_s$  en mm/jour caractérise la saturation du terrain, liée à la pluviométrie récente, au moment de l'averse considérée.

Le tableau p.26, qui exprime la dépendance coefficient de ruissellement-pluie moyenne, est représenté sur la Fig. 29 pour toutes les pluies supérieures à 10 mm.

La courbe tracée, passant au milieu du nuage de points, établit la relation coefficient de ruissellement - pluie moyenne dans le cas où les facteurs secondaires ont des valeurs proches de leur médiane.

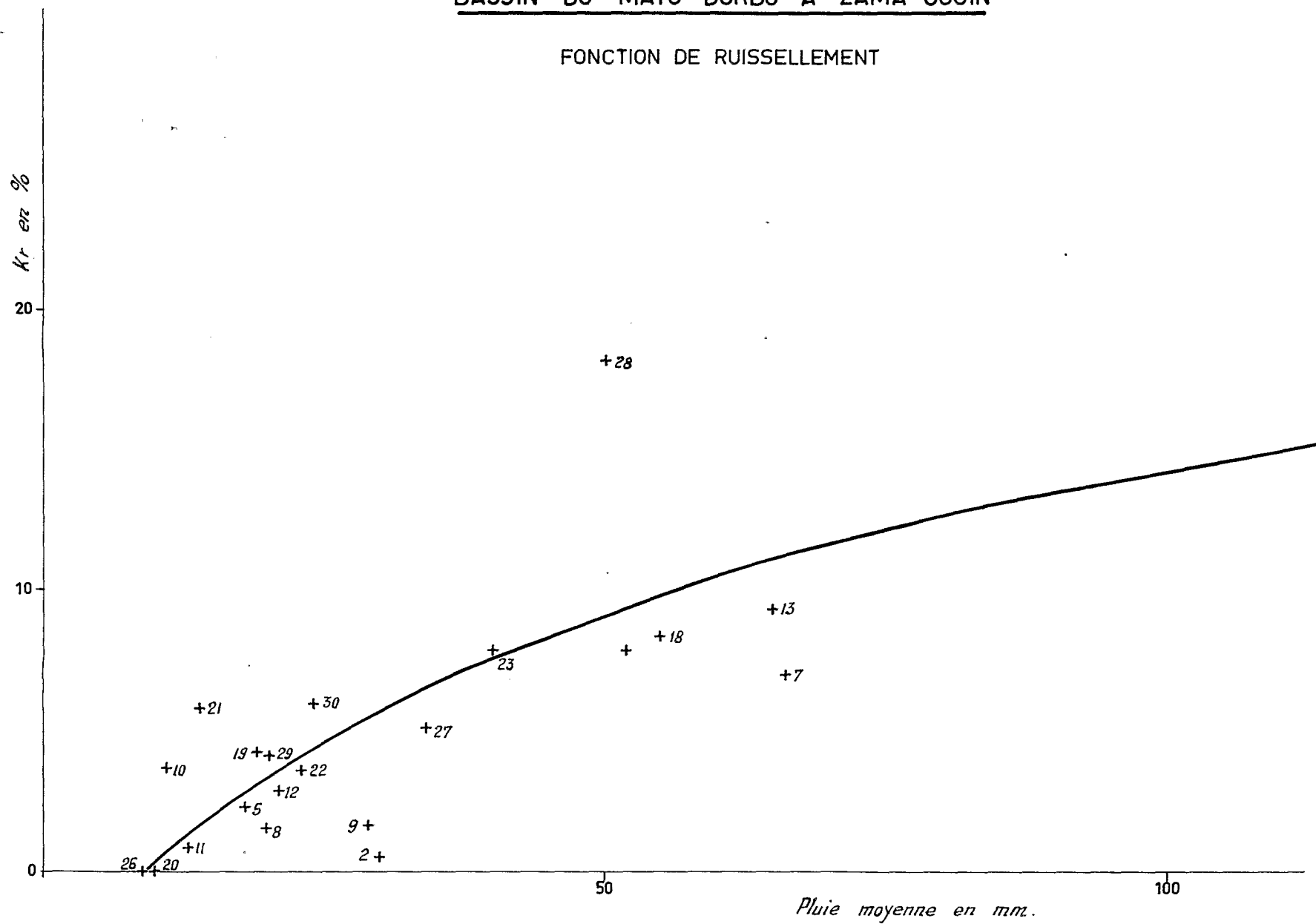
AVERSES ET CRUES A ZAMA GOUIN EN 1967

N°	Date	Pluie moyenne en mm.	Hr en mm	Kr en %	Observations
2	22 Juin	32	0,16	0,5	
5	27-28	18	0,41	2,28	
7	2 Juillet	66	4,63	7,02	
8	5-6 -	20	0,30	1,50	
9	9	29	0,47	1,62	
10	12	11	0,41	3,70	
11	15	13	0,10	0,77	
12	16	21	0,61	2,90	
13	18-19	65	6,05	9,32	crue double
18	8 Août	55	4,63	8,41	
19	13-14	19	0,80	4,2	
20	16	10	0	0	
21	19	14	0,82	5,85	
22	23-24	23	0,82	3,56	
23	26-27	40	3,11	7,77	
24	29-30	52	4,12	7,92	
26	6 Septemb.	9	0	0	
27	10	34	1,76	5,18	
28	12	50	9,12	18,25	
29	17	20	0,82	4,10	
30	18	24	1,43	5,95	



BASSIN DU MAYO DORBO A ZAMA GOUIN

FONCTION DE RUISSELLEMENT



Il nous a été impossible d'améliorer la détermination de la fonction de ruissellement par l'introduction de facteurs secondaires du type défini ci-dessus. On pouvait s'y attendre : ces indices font intervenir pour leur calcul des valeurs de pluies moyennes elles-mêmes mal connues. En effet nous avons vu que la couverture pluviométrique était insuffisante pour une connaissance fine de la pluviométrie.

Pour les pluies moyennes supérieures ou égales à 50 mm, domaine qui nous intéresse particulièrement car c'est cette portion de courbe qui va déterminer par extrapolation la valeur du coefficient de ruissellement pour la pluie moyenne décennale, les points figuratifs des crues 7 du 2 Juillet et 28 du 12 Septembre s'écartent nettement de la courbe moyenne.

En dehors d'une sous-estimation possible de la pluie moyenne calculée pour le point 28, on peut expliquer sa position par l'état assez exceptionnel de la saturation du terrain : 34 mm de pluie trente six heures plus tôt.

Inversement, le point figuratif 7 correspond à des conditions nettement défavorables: la dernière pluie, d'une hauteur de 18 mm, est tombée quatre jours auparavant, seule pluie en dix jours.

La courbe tracée Fig. 29 nous donnerait, pour la pluie moyenne décennale de 95 mm, un coefficient de ruissellement de 14 % environ.

En fait la courbe  $Kr = f(P_m)$  du bassin voisin de TOROK, dont la détermination a été plus élaborée du fait d'une approche plus facile des valeurs vraies de la pluie moyenne, nous donnerait une valeur nettement supérieure du coefficient de ruissellement : 20 %. (Fig. 40 du rapport).

Or les bassins de ZAMA GOUIN et TOROK, le premier totalement et le second au 2/3 sur des formations pédologiques identiques dérivées de la Série de Goueigoudoum, doivent présenter des caractéristiques de ruissellement assez semblables puisque pentes et végétation sont sensiblement les mêmes dans les deux cas.

En conséquence, et pour tenir compte également du point 28 (ruissellement de 18 % pour 50 mm de pluie en moyenne), nous adopterons pour l'averse décennale moyenne de 95 mm un coefficient de ruissellement de 20 %.

## 2.-HYDROGRAMME. TYPE.

Pour un bassin de la taille de celui de ZAMA GOUIN, 88 km<sup>2</sup>, la détermination de l'hydrogramme type est possible, sinon facile. Ce qui fait ici la difficulté de la recherche, c'est d'une part que nos possibilités d'analyse de l'averse sont ici réduites ; pas de pluviographe, un seul pluviomètre sur le bassin même; c'est d'autre part que l'averse unitaire est rare et qu'il faut souvent deux ou trois campagnes de mesures pour obtenir le nombre suffisant d'averse unitaires nécessaire à l'établissement de l'hydrogramme type.

Les temps de base observés (tableau p. 23) sont de 14 à 26 heures.

Les temps de montée de 4,5 à 10 heures.

### averse du 2 Juillet 1967.

L'averse du 2 Juillet 67, Fig. 9, apparaît comme forte et d'une homogénéité spatiale intéressante : 47 à 72 mm enregistrés sur les différents pluviomètres entourant immédiatement le bassin. Le bassin a dû ruisseler d'une façon assez homogène.

L'hydrogramme correspondant, Fig. 22, présente les caractéristiques suivantes :

$$\begin{aligned} \text{débit de pointe } Q_p &= 18,3 \text{ m}^3/\text{sec} \\ \text{volume ruisselé } V_r &= 408.10^3 \text{ m}^3 \\ \text{temps de base } t_b &= 16,6 \text{ h.} \\ \text{temps de montée } t_m &= 4,5 \text{ h.} \end{aligned}$$

Temps de base et de montée sont dans les plus faibles enregistrés ce qui tend à montrer que l'averse est assez brève pour être considérée comme unitaire.

Comme d'autre part le haut du bassin a certainement participé au ruissellement ces deux valeurs  $t_b$  et  $t_m$  sont probablement très proches des valeurs caractéristiques de l'hydrogramme type, ce que nous admettrons.

averse du 12 Septembre 1967.

L'averse du 12-9-67 ne présente pas la même homogénéité spatiale : maximum de 65 mm, minimum de 12 mm sur les pluviomètres de ZAMA GOUIN. Fig. 18.

Cependant, les temps de base et de montée de la crue sont assez voisins de ceux de l'hydrogramme étudié plus haut. D'autre part le débit maximum et le volume ruisselé sont les plus importants enregistrés.

$$\begin{aligned} Q_p &= 30 \text{ m}^3/\text{sec} \\ V_r &= 802.10^3 \text{ m}^3 \\ t_b &= 16,4 \text{ h.} \\ t_m &= 5,5 \text{ h.} \end{aligned}$$

Nous en tiendrons compte pour l'établissement de l'hydrogramme type à la station de ZAMA GOUIN, défini comme suit pour un volume ruisselé de un million de  $\text{m}^3$ .

temps (heure)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	13	17
débit $\text{m}^3/\text{sec}$	0	8,0	15,0	22,0	33,0	41,0	34,0	28,4	23,0	15,0	7,0	0

3.-CALCUL DE LA CRUE DECENNALE A ZAMA GOUIN.

Elle est provoquée par une averse décennale moyenne de 95 mm ruisselant à 20 % en trois heures.

La hauteur ruisselée  $h_r = 19 \text{ mm}$ .

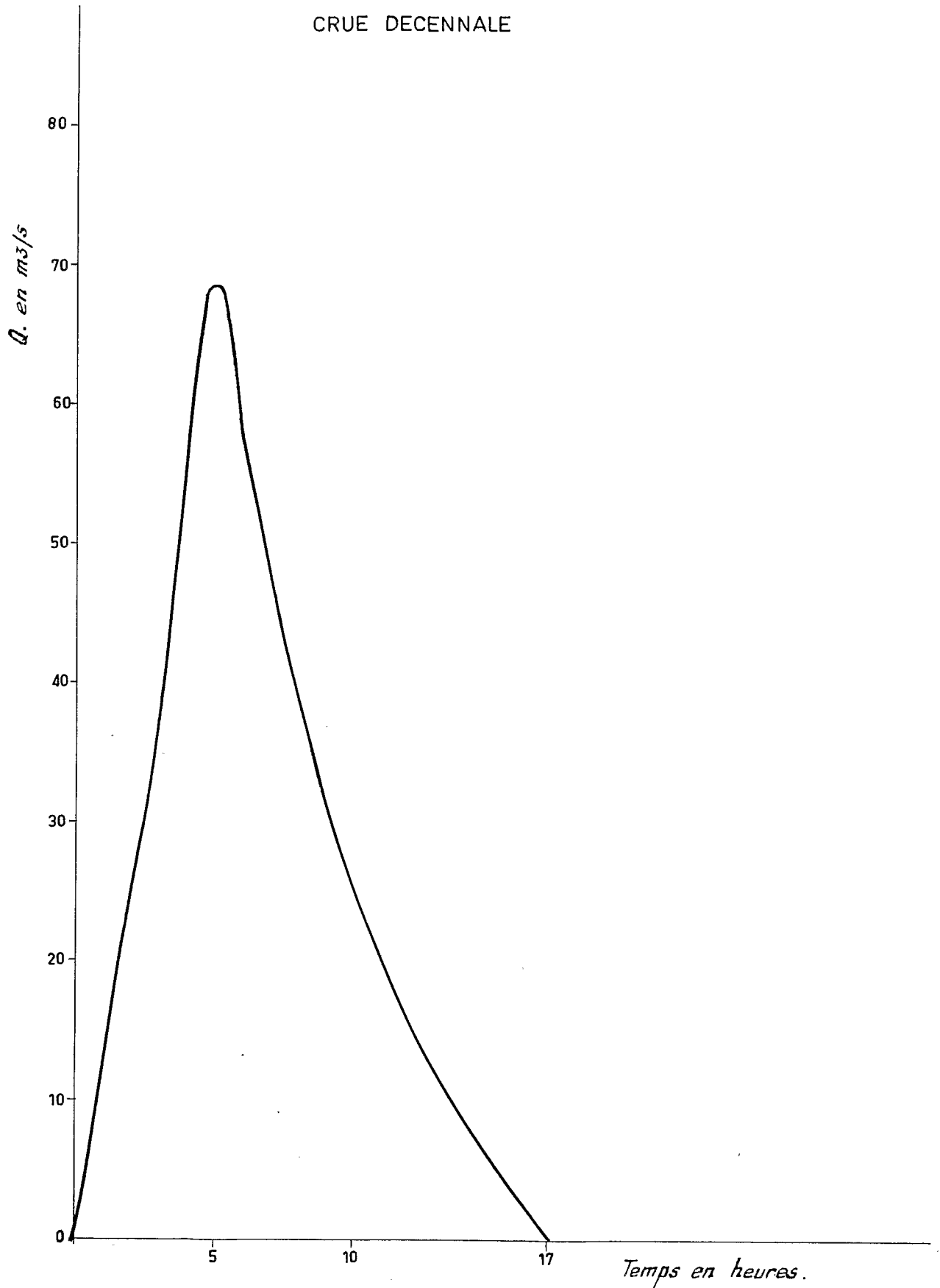
Le volume ruisselé correspondant vaut 1,67 million de  $\text{m}^3$ .

La transformation de ce volume en débit s'effectue par l'hydrogramme type.

On obtient l'hydrogramme ( Fig. 30 ) où le débit de pointe vaut 68,5  $\text{m}^3/\text{sec}$ .

LE MAYO DORBO A ZAMA GOUIN

CRUE DECENNALE



*Temps en heures.*

A ZAMA GOUIN, le débit de la crue décennale vaudra de 70 à 80 m<sup>3</sup>/sec. La hauteur correspondante à l'échelle sera de 1,63 à 1,68 m, avec la section actuelle.

Afin d'éviter à l'ouvrage d'être contourné il conviendra de lui assurer un débouché suffisant. Une section trop faible, en imposant une perte de charge importante, entraînerait une surélévation du plan d'eau en amont de la digue, loin du pont, coté rive droite.

LE ZANINI A TOROK

CHAPITRE - I

## EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE-OBSERVATIONS

1.-LA STATION DE TOROK.

Les coordonnées de la station sont :

15° 00' 20" de longitude Est

9° 39' 50" de latitude Nord

A une quarantaine de km au nord de PALA, sur la route PALA - TIKEM, elle contrôle un bassin versant de 250 km<sup>2</sup>.

Le lit, stable, profond de 2 à 3 m environ, possède des berges franches.

La section, Fig. 31, se compose principalement d'un pont à une pile centrale dont la longueur " utile " est :

4,90 m + 5,40 m.

A quelque 3 m du fond du lit le tablier est constitué de madriers de bois boulonnés sur des poutrelles métalliques.

Deux buses de 1 m de diamètre, à 300 m du pont sur la rive droite, côté PALA, débitent à partir de 1,70 m à l'échelle.

Le 17-6-67 B. BILLON et R. GATHELIER posaient un limnigraphe journalier dont la gaine avait 3 m de hauteur ainsi que des éléments d'échelle de 0 à 3 m.

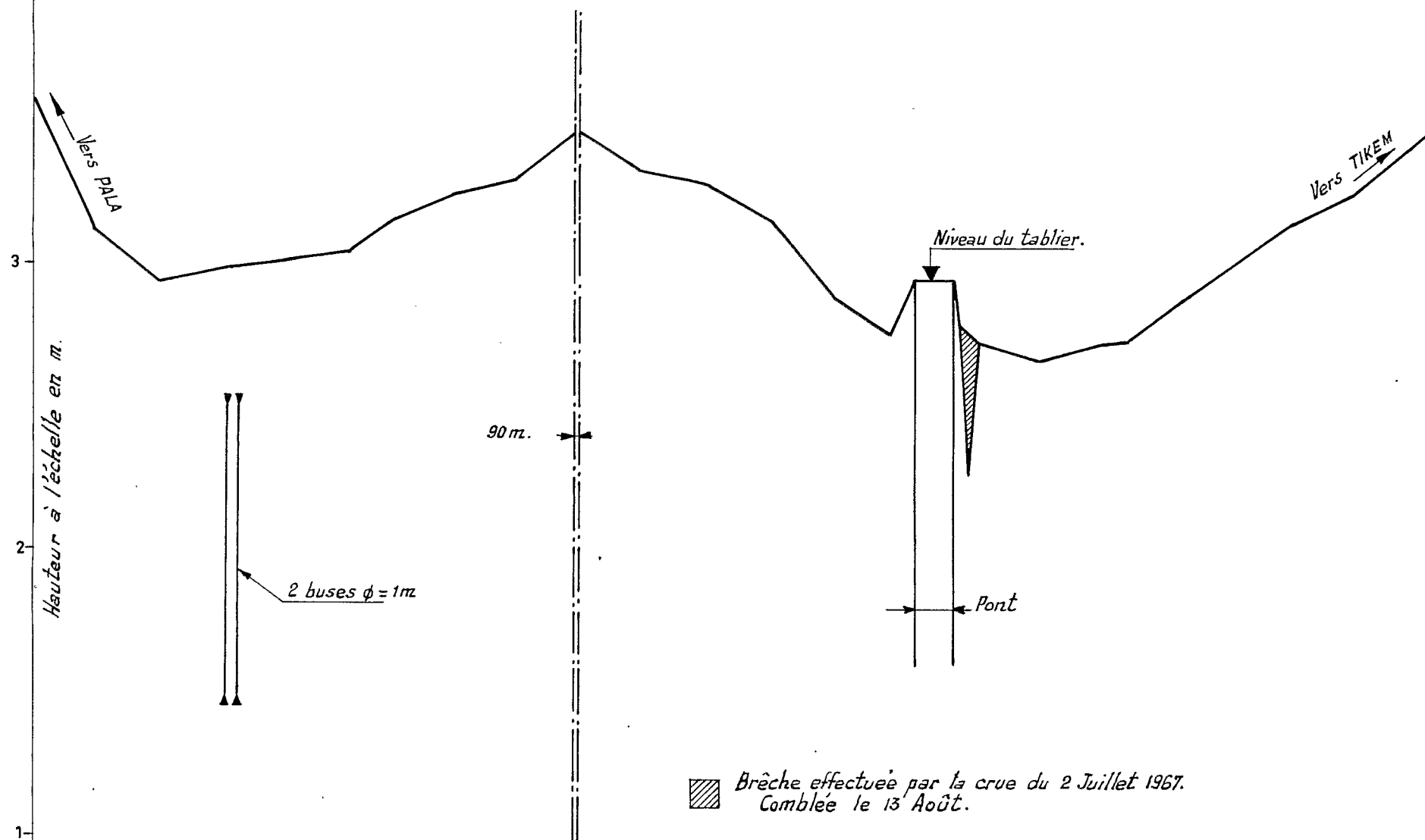
L'élément 0 à 1, emporté le 3-7-67, fut remis en place le 11-8-67 par R. GATHELIER. Celui-ci ajoutait une gaine supplémentaire de 1 m. au limnigraphe le 17-8-67.

2.-ETALONNAGE.

Pendant la campagne, dix huit jaugeages ont été effectués à TOROK, jusqu'à la cote 238 cm à l'échelle. Ce sont :

N°	Date	Hauteur à l'échelle cm	Débit m <sup>3</sup> /sec
1	15 Juin	099	6,00
2	15 "	091	6,70
3	15 "	074	3,97
4	18 "	065-063	3,30
5	19 "	016	0,200

PROFIL EN LONG DE LA ROUTE A LA STATION DE TOROK



Brèche effectuée par la crue du 2 Juillet 1967.  
Comblée le 13 Août.

Echelle horizontale: 1/2.000<sup>e</sup>

Echelle verticale: 1/20<sup>e</sup>

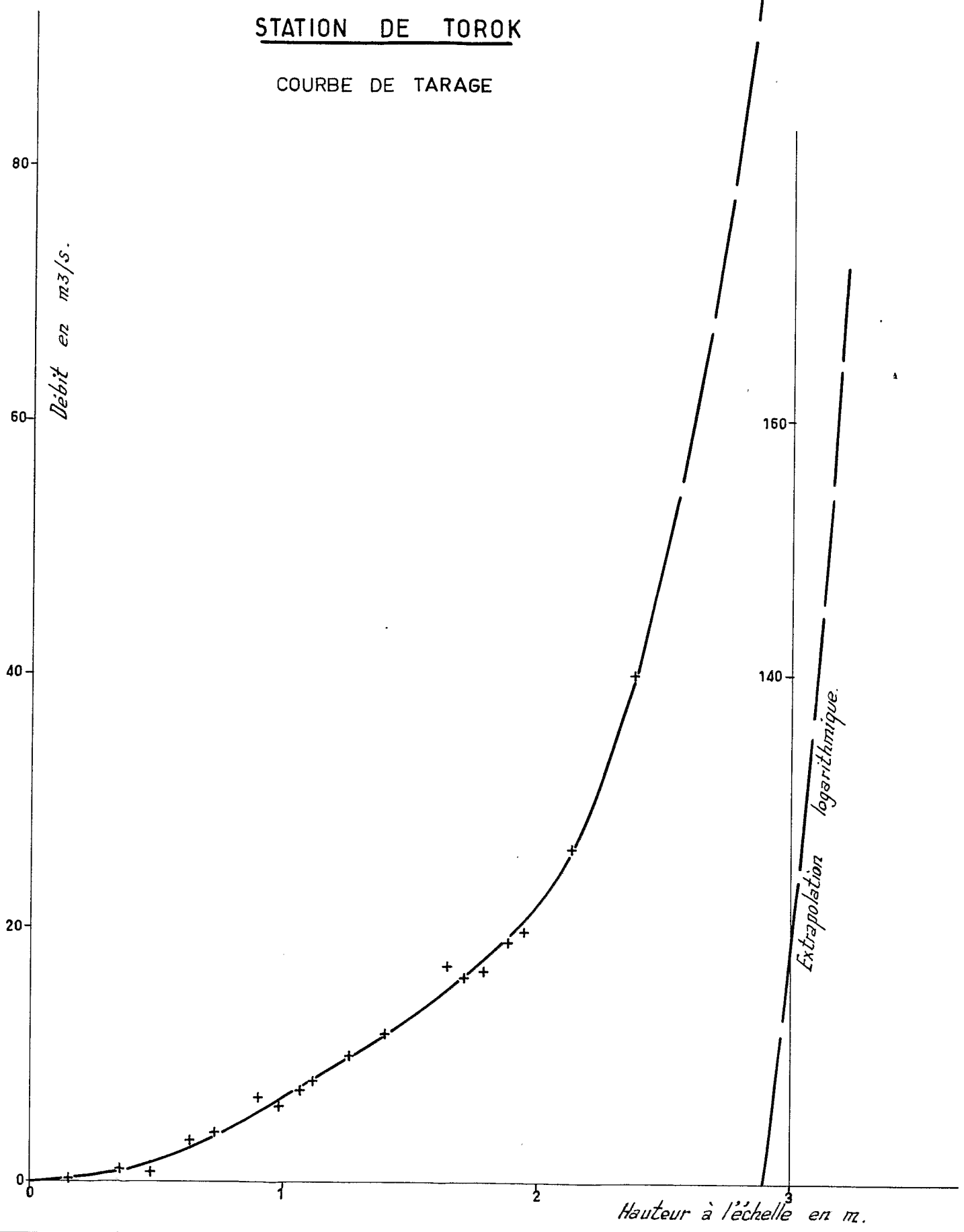
1cm<sup>2</sup> = 4m<sup>2</sup>





STATION DE TOROK

COURBE DE TARAGE



précision supérieure à 5 % pour 2,50 m < h  
 " supérieure à 10% pour 2,50 m < h < 2,90 m  
 " de l'ordre de 20% pour 3,00m < h < 3,30 m

### 3.-OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES.

L'écoulement commence en Juin pour se terminer en Octobre. Les grandes crues, consécutives à une forte pluie tombant sur un sol bien saturé, pourront avoir lieu à n'importe quelle date depuis la mi-Juin jusqu'en Septembre.

Le calage des limnigrammes du 3 Juillet au 22 Août a été rendu délicat par l'absence d'élément 0 - 1, arraché lors de la crue du 3 Juillet. Nous avons cependant pu utiliser les crues dont les cotes ont dépassé 1 mètre, soit un débit supérieur à 6 m<sup>3</sup>/sec environ : nous possédons des enregistrements utilisables pour toutes les crues importantes de cette période. En ce qui concerne l'abondance à la même époque, nous pourrions lui donner une limite supérieure : les pluies ont été faibles et le bassin voisin de ZAMA GOUIN a lui même très peu ruisselé.

Parmi les crues importantes trois possèdent des débits de pointe de l'ordre de 40 m<sup>3</sup>/sec, deux de l'ordre de 105 m<sup>3</sup>/sec. Fig. 33 à Fig. 38.

Crue n°	Date	10 <sup>-4</sup> .Vr m <sup>3</sup>	Hr mm	Q max. m <sup>3</sup> /sec	t <sub>b</sub> heure
6	30-6	74,1	2,96	16,7	25
7	2-7	266,0	10,63	106,5	30
8	5-7	147,0	5,88	35,6	28
12	16-7	25,2	1,01	7,7	18
13	18-7	66,3	2,65	13,3	29
19	14-8	75,6	3,02	15,8	26
23	26-8	294,0	11,75	37,6	48
24	30-8	380,0	15,2	105,0	35
28	12-9	269,0	10,75	43,2	39

Au dire des riverains, la digue est coupée à peu près tous les ans à TOROK. La valeur de la crue susceptible de couper la digue est d'environ 100 m<sup>3</sup>/sec d'après la courbe de tarage et le profil en long de la section à TOROK. Le débit de pointe de la crue annuelle doit être supérieur à 100 m<sup>3</sup>/sec.

Le tableau p. 34 et la Fig. 39 donnent les valeurs des débits moyens journaliers observés. L'abondance correspondante vaut 20 millions de m<sup>3</sup>

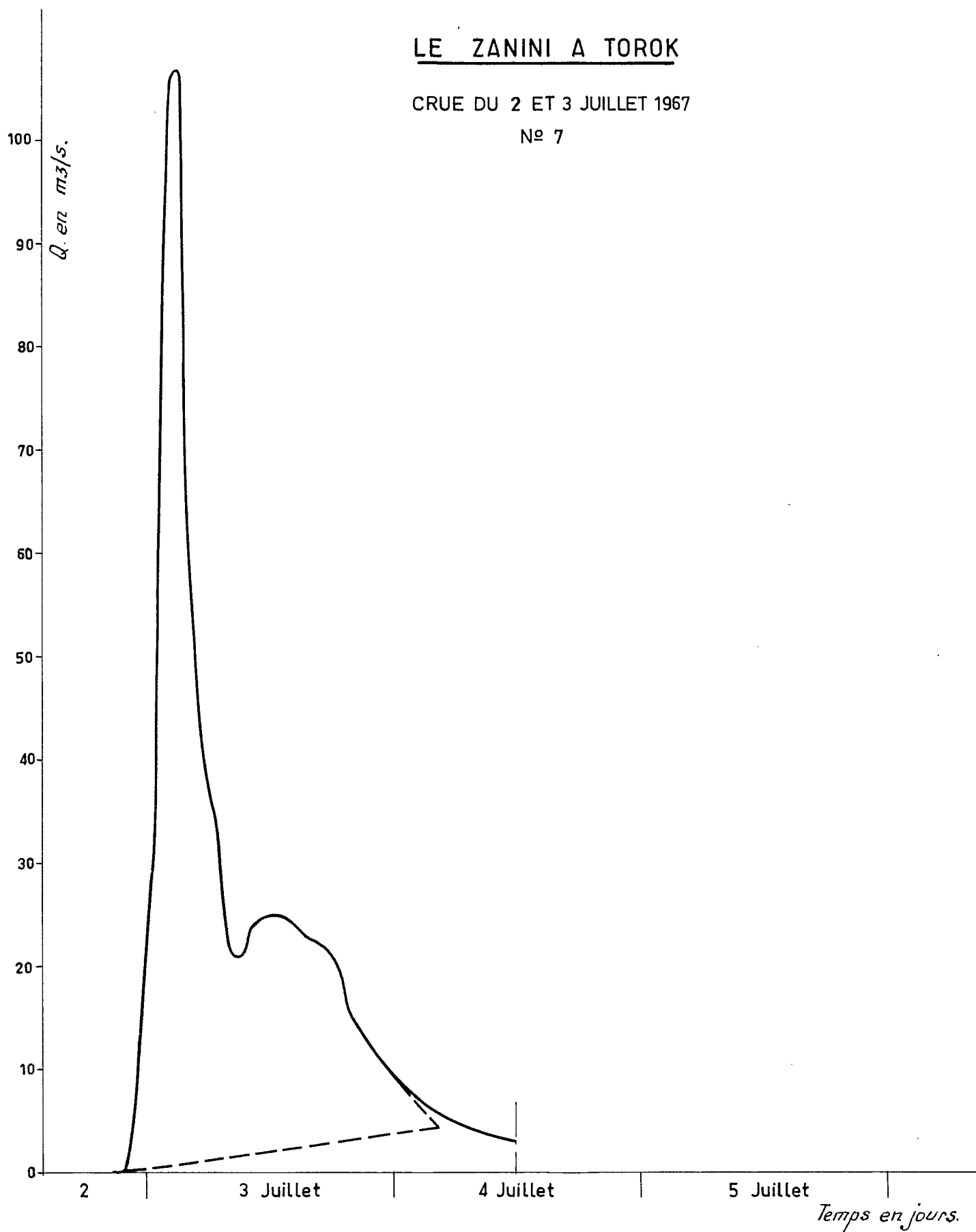
dont 0,6 million de m<sup>3</sup> en Juin  
 0,7 en Juillet  
 8,3 en Août  
 4,4 en Septembre

On peut estimer que l'abondance annuelle a été comprise entre 21 et 22 millions de m<sup>3</sup>.

LE ZANINI A TOROK

CRUE DU 2 ET 3 JUILLET 1967

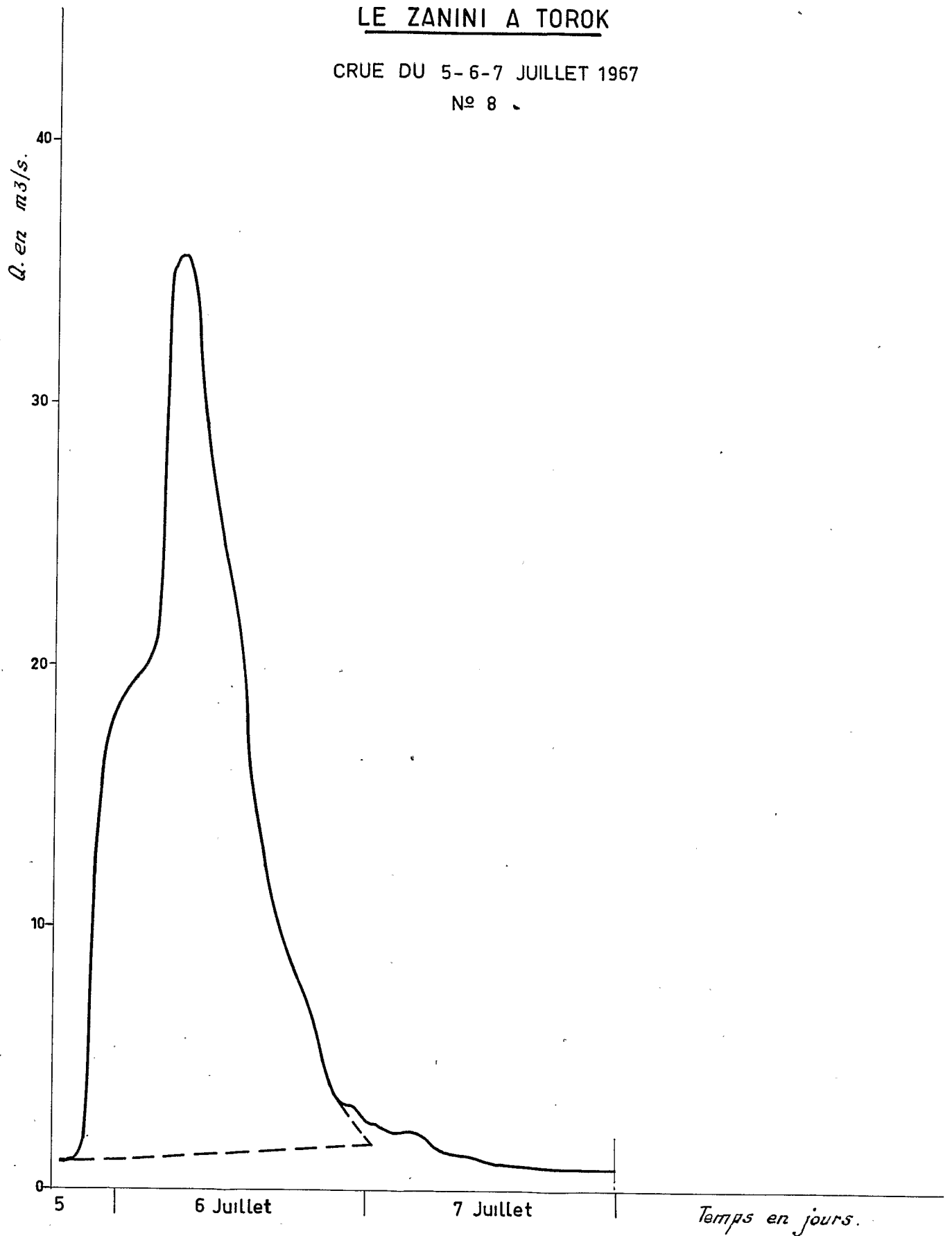
N° 7

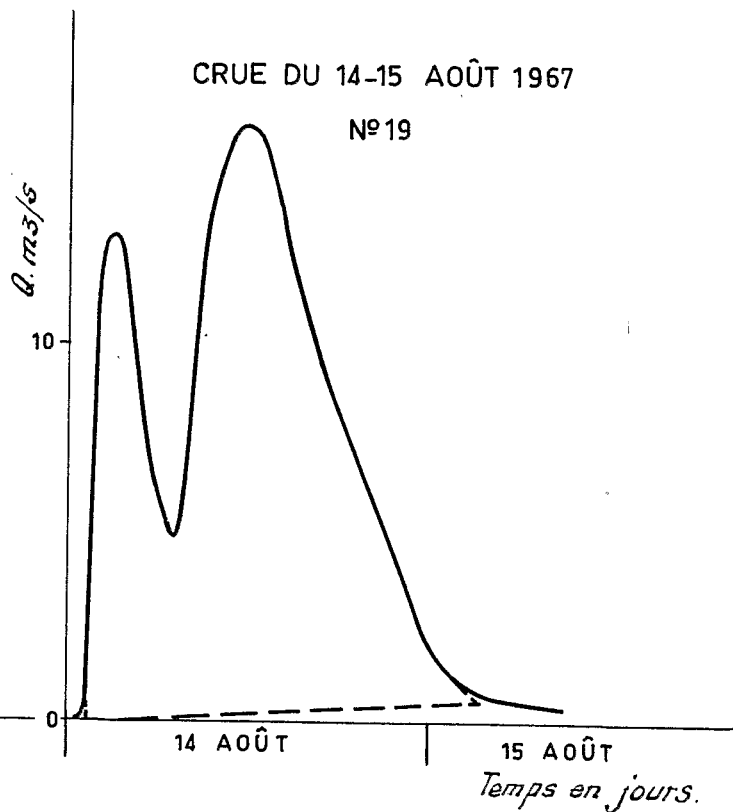
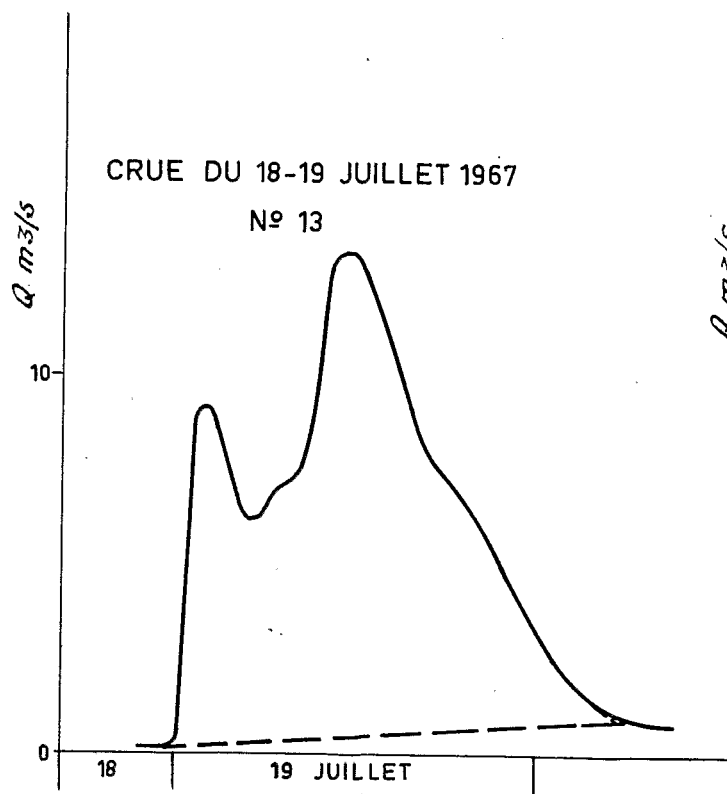
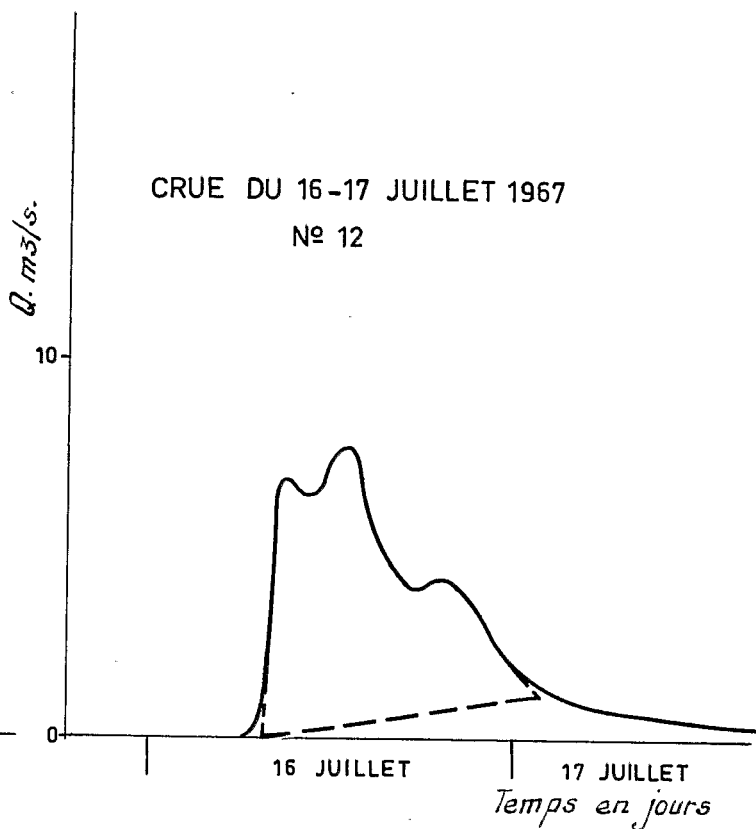
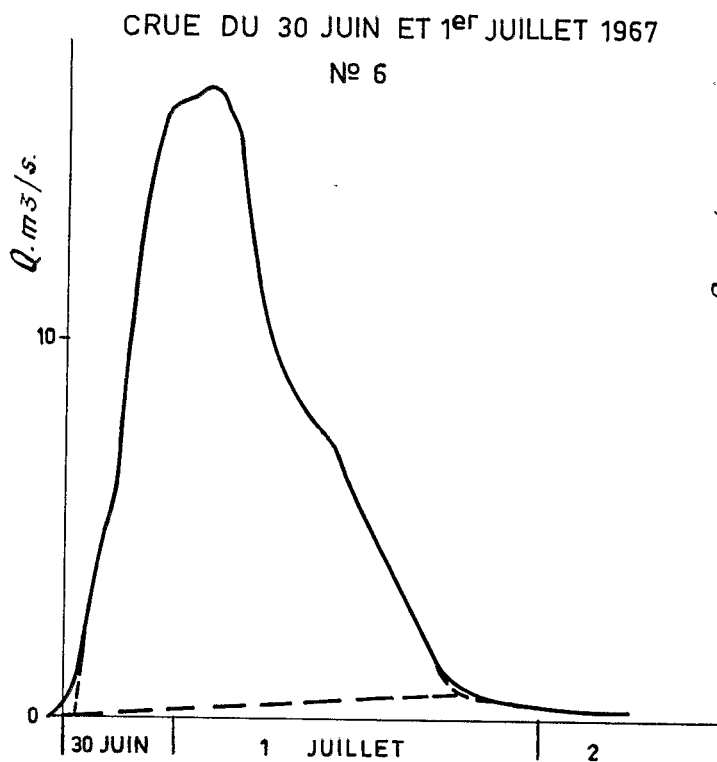


LE ZANINI A TOROK

CRUE DU 5-6-7 JUILLET 1967

N° 8

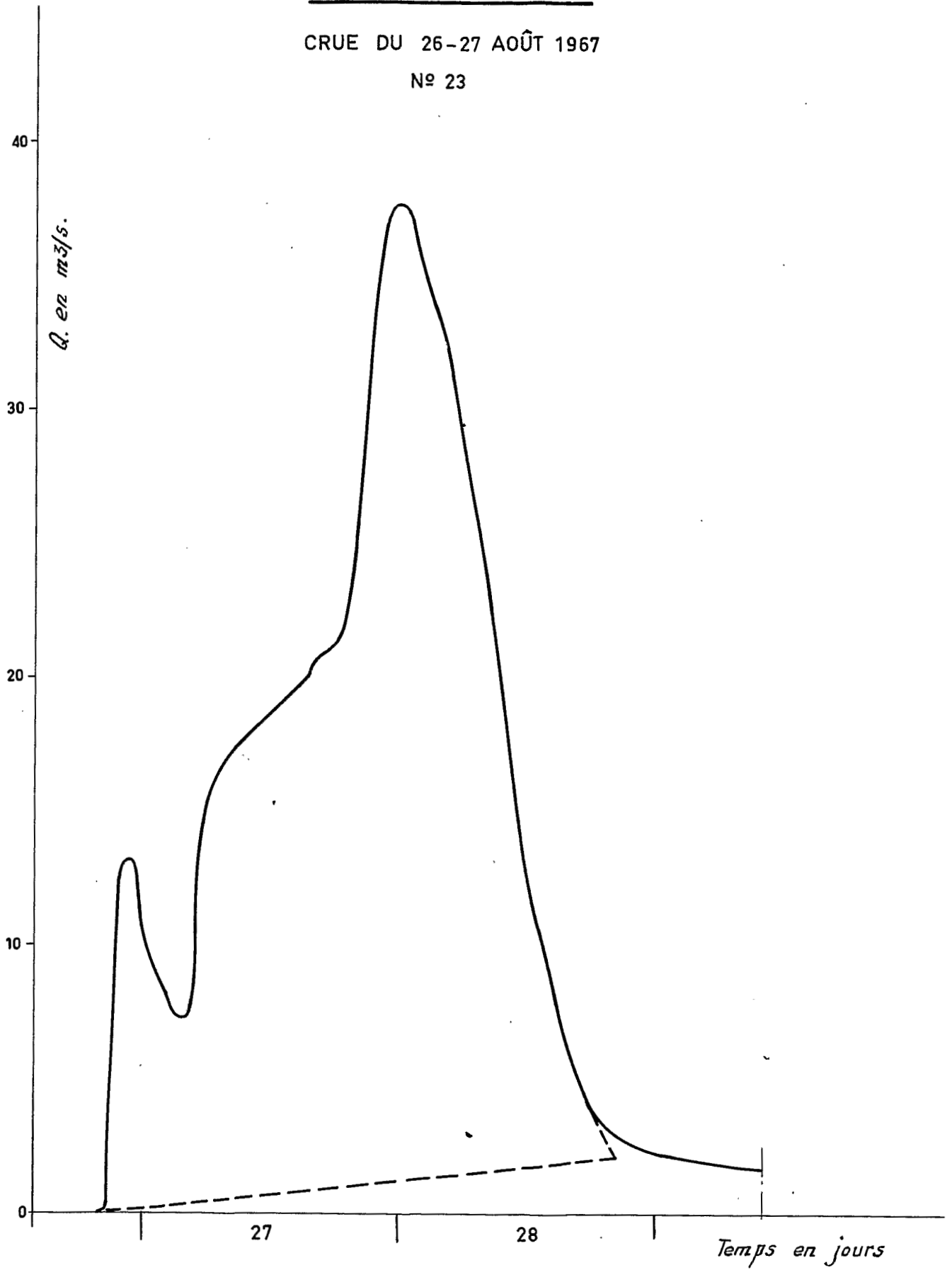




LE ZANINI A TOROK

CRUE DU 26-27 AOÛT 1967

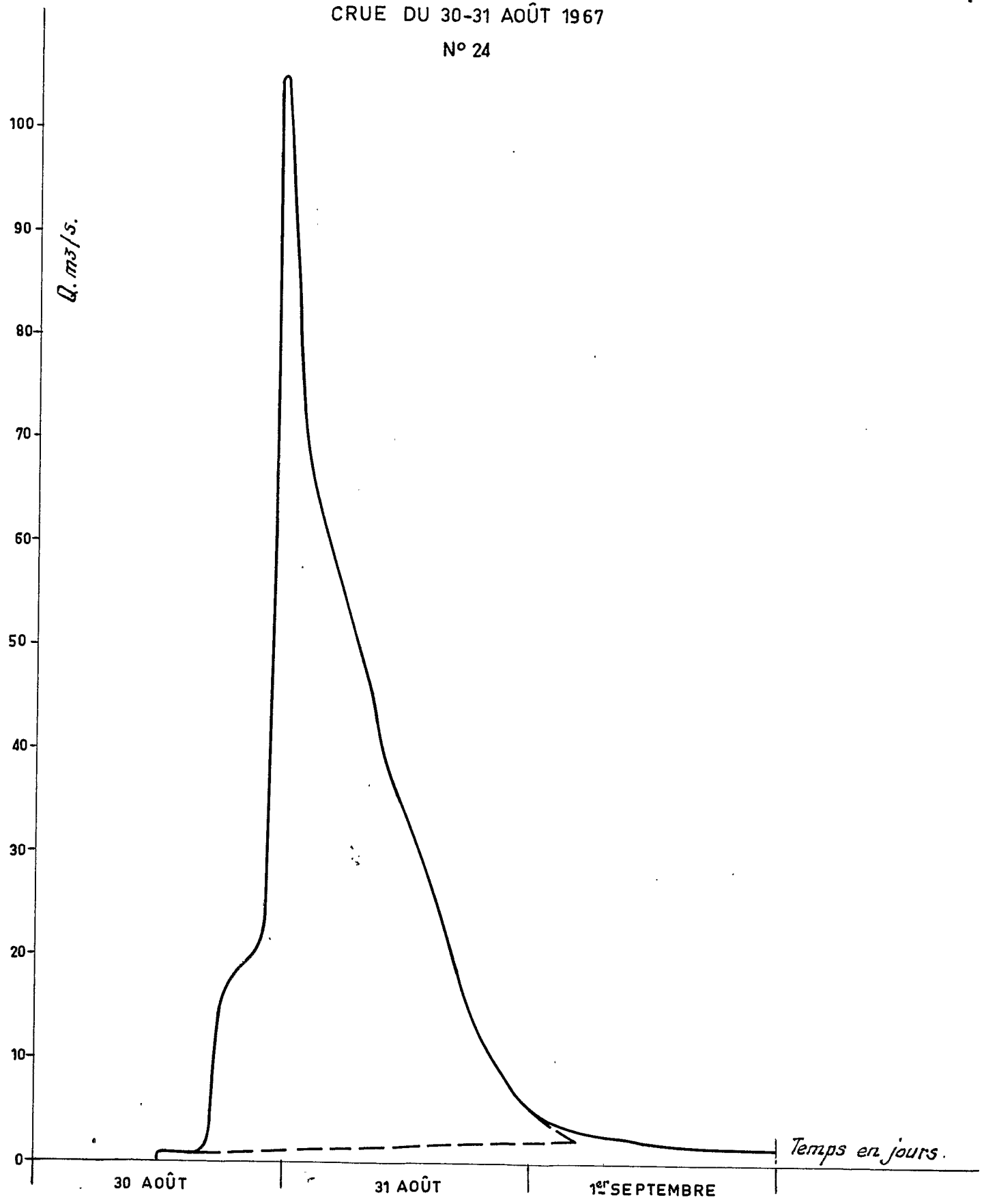
Nº 23



LE ZANINI A TOROK

CRUE DU 30-31 AOÛT 1967

N° 24

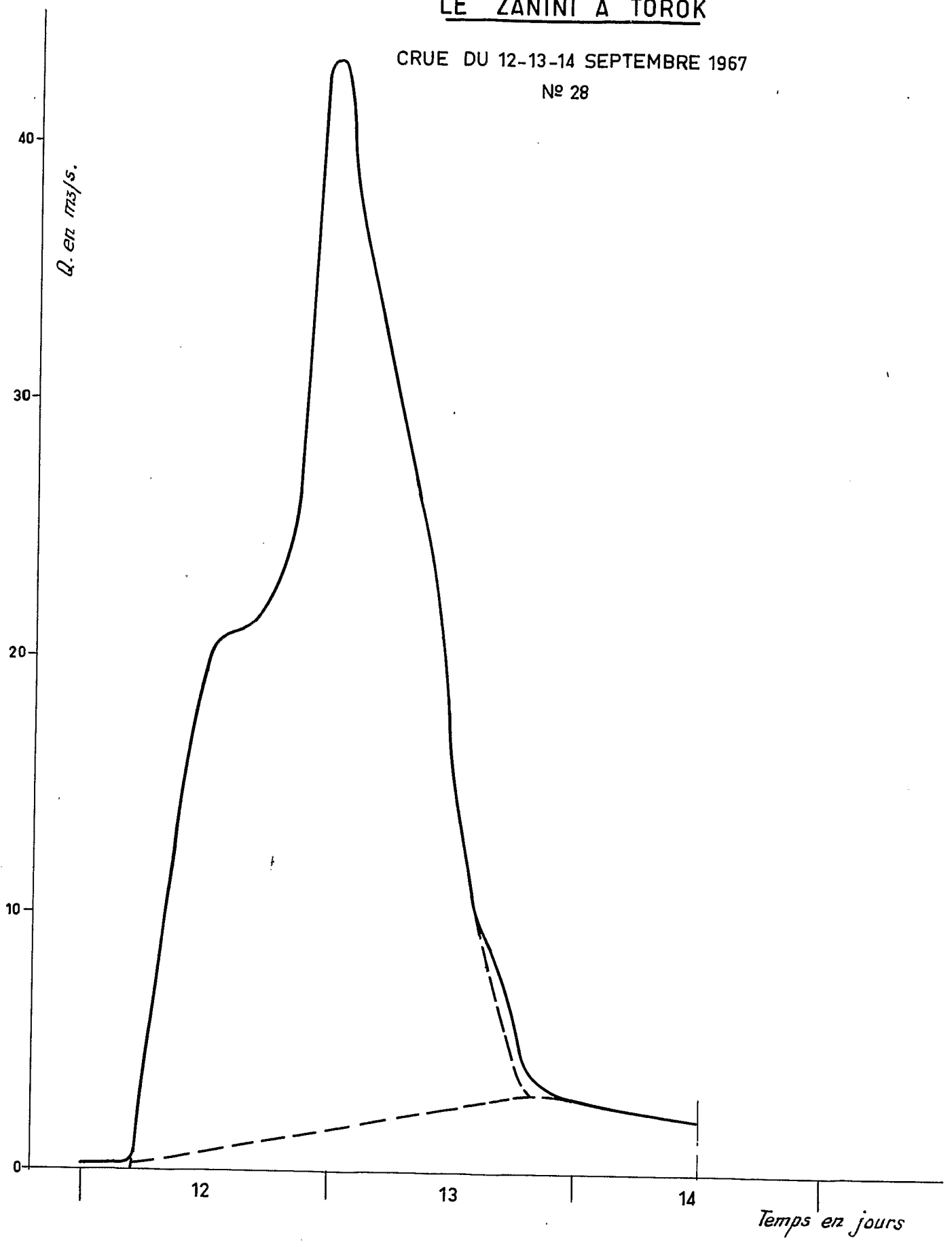




LE ZANINI A TOROK

CRUE DU 12-13-14 SEPTEMBRE 1967

N° 28



LES DEBITS MOYENS JOURNALIERS DU ZANINI A TOROK EN 1967.

Jours	JUN		JUILLET		AOUT		SEPTEMBRE	
	Vol 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /se	Vol 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /se	Vol 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /sec	Vol 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /sec
1			573	6,65			198	2,30
2			96	1,11			79	0,91
3			2780	32,25			65	0,75
4			309	3,58			29	0,34
5			244	2,83			29	0,34
6			1460	16,93			22	0,25
7			115	1,33			36	0,42
8			élément				29	0,34
9			0-1 ar				14	0,16
10			raché				43	0,50
11							29	0,34
12							1405	16,30
13							1587	18,41
14					775	8,99	182	2,11
15					43	0,50	94	1,09
16			288	3,34			43	0,50
17			65	0,75			79	0,91
18			10	0,12			231	2,68
19			700	8,12			158	1,83
20			72	0,83			22	0,25
21	90	1,04	20	0,23			17	0,20
22	14	0,16				élément 0-1	15	0,17
23	0	0				en place		
24	90	1,04			10	0,12	13	0,15
25	40	0,46			130	1,51	10	0,12
26	4	0,05			58	0,67	10	0,12
27	0	0			138	1,60		
28	119	1,38			1635	18,96		
29	36	0,42			1412	16,38		
30	245	2,84			144	1,67		
31					903	10,47		
					3100	35,96		
Total mensuel	638		6.732		8.348	.	4.439	



CHAPITRE - IILA CRUE DECENNALE A TOROK.

La crue décennale est l'hydrogramme provoqué par une hauteur de pluie moyenne de fréquence décennale tombant en moins de trois heures et ruisselant dans des conditions médianes.

L'averse ponctuelle décennale, dans la partie CLIMATOLOGIE, a été estimée pour la région à 110 mm.

Sur TOROK, l'averse moyenne de même fréquence peut être estimée à 90 mm (coefficient d'abattement 0,82).

Les observations pluviométriques et hydrométriques permettront d'établir la fonction de ruissellement du bassin et donc de connaître le coefficient de ruissellement de l'averse moyenne de 90 mm dans des conditions médianes.

Il restera à déterminer l'hydrogramme correspondant ou au moins la valeur du débit de pointe pour un volume ruisselé défini par les conditions énoncées ci-dessus : ruisselant en trois heures de façon supposée homogène.

### 1.-FONCTION DE RUISSELLEMENT.

Nous avons exprimé le coefficient de ruissellement  $k_r$  en fonction de la pluviométrie moyenne  $P_m$ .

Les écarts des points à la courbe moyenne ont ensuite pu être réduits, par la méthode dite des résidus, à l'aide d'un indice  $I_p$  faisant intervenir la saturation du sol due aux fortes pluies antérieures

$$I_s = \frac{P_m}{t}$$

où  $P_m$  en mm est la quantité de pluie tombée  $t$  jours avant l'averse.

$I_s$  en mm/jour caractérise la saturation du terrain au moment de l'averse considérée.

La somme sera étendue à toutes les pluies antérieures, jusqu'à 10 jours, et ayant dépassé une hauteur de 10 mm.

$k_r$  est donc pris comme une fonction des deux paramètres  $P_m$  et  $I_s$ .

Le tableau p. 36 donne pour chaque averse  $j$  observé les valeurs  $(K_r)_j$ ,  $(I_s)_j$ ,  $(P_m)_j$ .

La valeur médiane de l'indice de saturation est  $I_s = 11$  mm/jour pour les 16 averses retenues de la campagne 1967.

Sur la Figure 40 a d'abord été tracée la correspondance  $K_r$  observé - Pluie moyenne ( ce sont les points + ) puis la courbe moyenne.

RUISSELLEMENT A TOROK

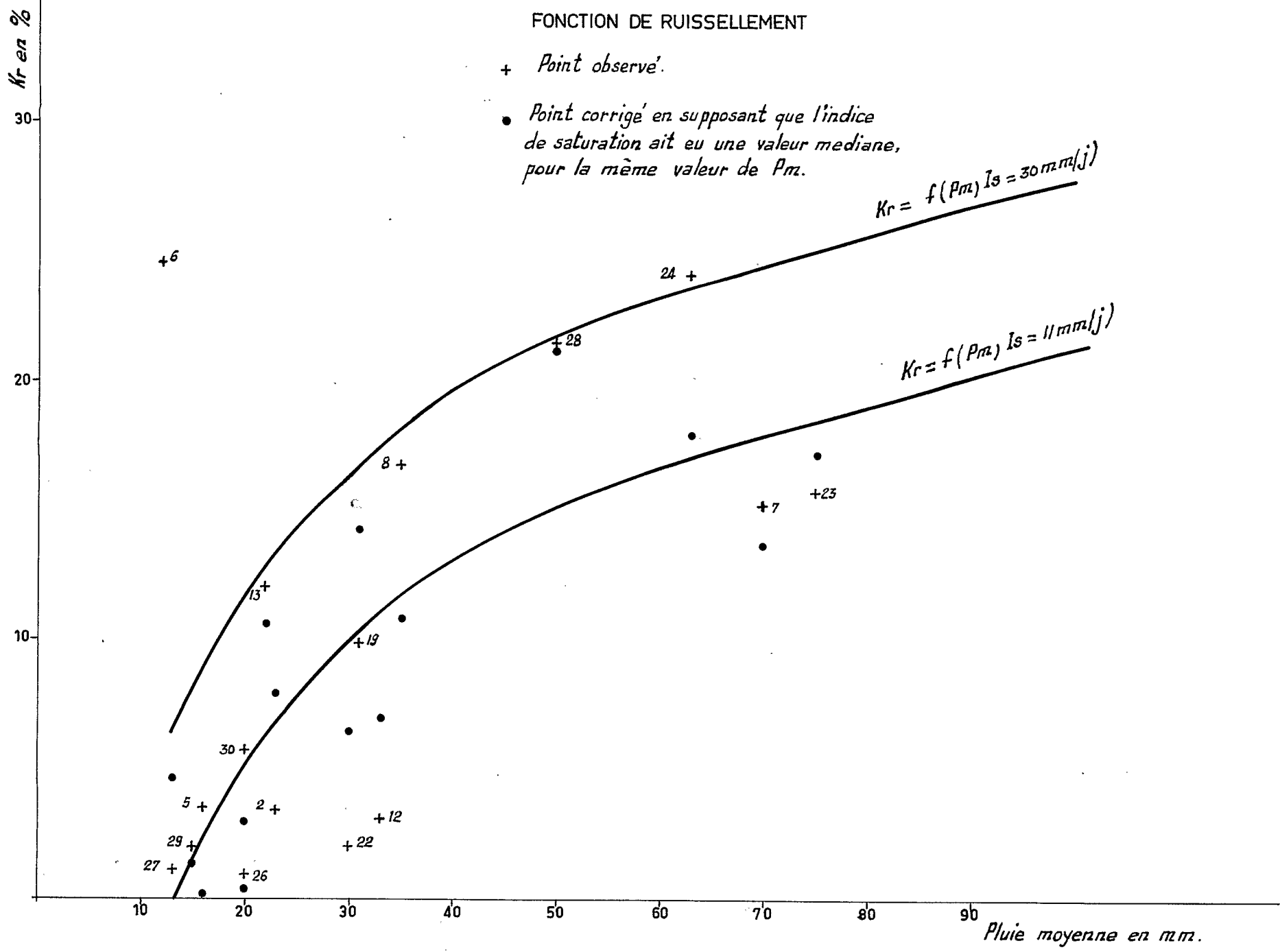
N°	Date	hr (mm)	Pm (mm)	Kr (%)	Is mm/j.	Observat
1	22 Juin	0,36	20	1,8	?	
2	24	0,79	23	3,4	5,6	
3	26		10			
5	27-28	0,56	16	3,5	17,7	
6	30	2,96	12	24,6	13,6	Point aberrant
7	2 Juil	10,63	70	15,2	13,6	
8	5-6	5,88	35	16,8	26,3	
9	9	?	18	?		
12	16	1,01	33	3,1	6,1	
13	18-19	2,65	22	12,0	13,3	
14	21	?	23	?		
15	23	?	14	?		
18	8 Août	?	35	?		
19	13-14	3,02	31	9,82	5,8	
21	19	?	14	?		
22	23-24	0,60	30	2,0	6,0	
23	26-27	11,75	75	15,7	9,3	
24	29-30	15,2	63	24,1	27,6	
26	6 Sep.	0,19	20	0,95	8,3	
27	10	0,14	13	1,08	6,6	
28	12	10,75	50	21,5	11,1	
29	17	0,30	15	2,0	12,0	
30	18	1,15	20	5,75	25,2	

# BASSIN DE TOROK

Fig:40

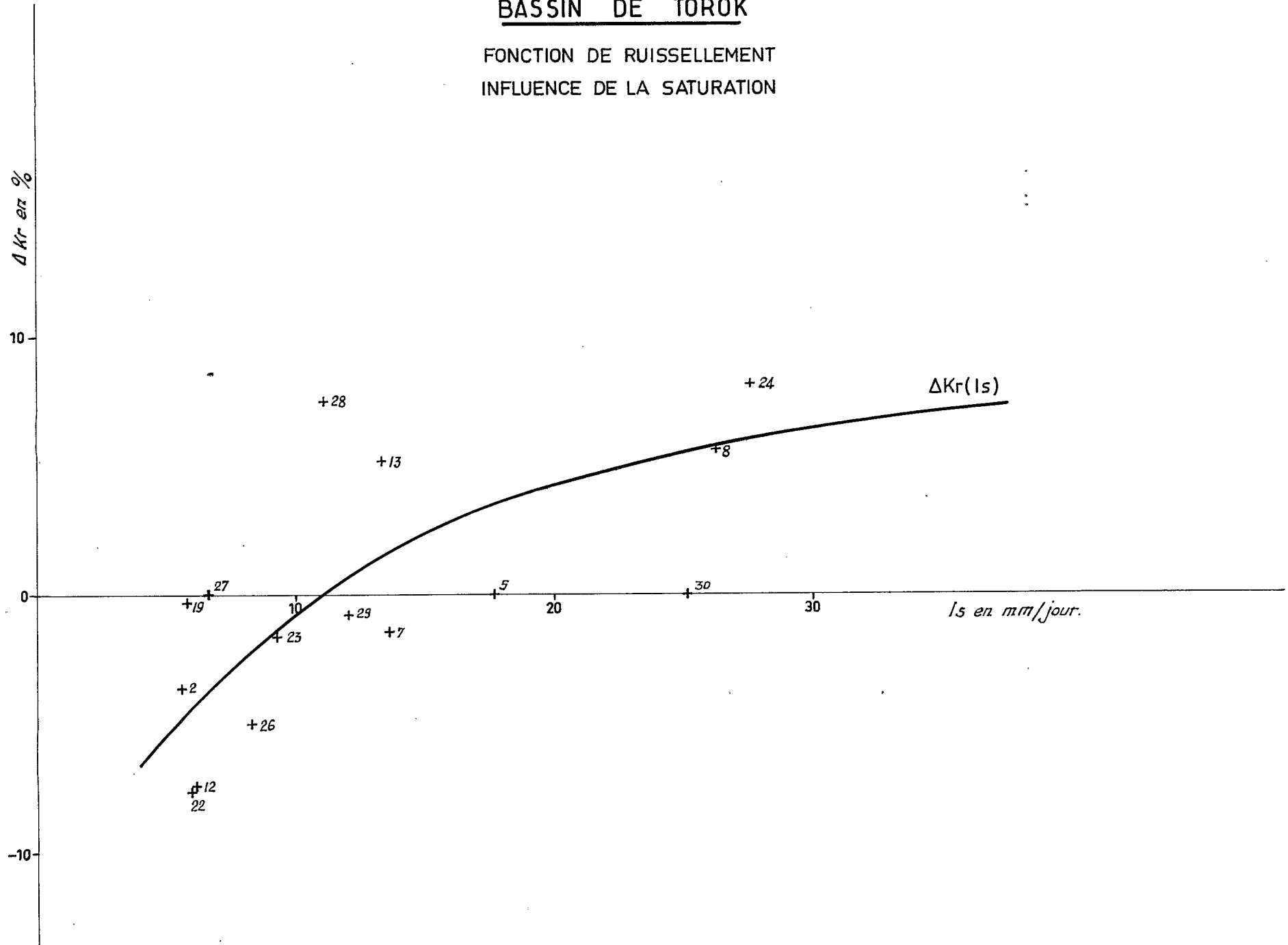
## FONCTION DE RUISSELLEMENT

- + Point observe'
- Point corrige' en supposant que l'indice de saturation ait eu une valeur mediane, pour la même valeur de  $P_m$ .



# BASSIN DE TOROK

FONCTION DE RUISSELLEMENT  
INFLUENCE DE LA SATURATION



Sur la Figure 41 ont été portés les écarts de chaque point à la courbe précédente, en fonction de l'indice de saturation. La régression  $dKr (I_s)$  est illustrée sur la même figure : elle exprime la correction à apporter en fonction de l'indice de saturation.

Ensuite les points (+) ont été, sur la Fig. 41 précédente, corrigés en point (.) qui donnent le ruissellement pour une même pluie moyenne mais pour l'indice de saturation médian c'est à dire 11 mm/j.

On procède enfin au tracé définitif de la fonction  $Kr (P_m, I_s = 11 \text{ mm/j.})$  à partir des points corrigés (.).

Les courbes  $Kr (P_m)$  pour  $I_s = I_{s.o.} = \text{constante}$  se déduisent de la précédente par une simple translation parallèle à l'axe des % et d'amplitude algébrique définie par la valeur  $dKr (I_s)$

exemple :

$$I_{s.o.} = 30 \text{ mm/j.}$$

$$dKr (I_s) = + 6,5 \%$$

La dépendance  $Kr (P_m)$  pour  $I_s = 30 \text{ mm/j}$  est tracée Fig. 41

Remarque.

En portant les écarts à la courbe sur la même Figure 41, il est supposé implicitement que la correction à apporter est indépendante de la valeur de  $P_m$ , ce qui resterait à démontrer.

La méthode consisterait en fait à calculer la courbe de correction  $dKr (I_s)$  pour des intervalles de pluie moyenne successifs.

Encore, pour définir chacune de ces  $dKr (I_s)$ , faudrait-il disposer d'un nombre suffisant de points observés dans chaque intervalle, ce qui n'est pas le cas dans notre présente étude.

Pour une pluie moyenne de 90 mm sur le bassin de TOROK, tombant dans des conditions médianes de saturation, nous adopterons un coefficient de ruissellement de 20 %.

## 2.-RECHERCHE DES CARACTERISTIQUES DE L'HYDROGRAMME A TOROK.

Pour un bassin de cette dimension, 250 Km<sup>2</sup>, la méthode orthodoxe consisterait à déterminer les différents paramètres de l'opérateur pluie-débit du bassin : zones isochrones, zones de ruissellement, fonction d'étalement. L'approche de la valeur des différents paramètres de l'hydrogramme synthétique, toujours délicate, nécessite la connaissance parfaite de la pluviométrie dans le temps et dans l'espace, ainsi que de l'hydrogramme correspondant, pour plusieurs crues importantes. Si nous disposons des limnigrammes à TOROK, l'information pluviométrique est manifestement insuffisante.

D'autre part il ne saurait être question de proposer ici un hydrogramme type, comme nous avons pu le faire à ZAMA GOUIN.

Nous tenterons seulement de résoudre le problème suivant : quelle est le débit de pointe d'une crue de volume connu, consécutive à une forte pluie moyenne suffisamment homogène dans l'espace et limitée dans le temps ?



Deux fortes crues, celle du 2 et 3 Juillet et celle du 30 et 31 Août 1967 sont dues à une pluviométrie exceptionnellement forte et peuvent fournir une indication précieuse pour l'évaluation des caractéristiques recherchées.

Averse du 2 Juillet - Fig. 9

Avec un centre de 95 mm dans la région de GOUIN, l'averse a été très forte vers l'aval mais sans doute générale sur le bassin : les pluies enregistrées vont de 95 à 50 mm pour tous les pluviomètres du voisinage. L'averse est donc forte, 70 mm en moyenne, et tout le bassin a dû participer au ruissellement.

L'hydrogramme du 2 et 3 Juillet possède les caractéristiques suivantes  
Fig. 33.

$$\begin{aligned} \text{volume ruisselé } V_r &= 2,66 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \\ \text{temps de base } t_b &= 30 \text{ heures} \\ \text{débit de pointe } Q_p &= 106 \text{ m}^3/\text{sec} \\ \text{rapport } \frac{Q_p}{V_r} &= 4,10^{-6} \text{ sec}^{-1} \end{aligned}$$

Averse du 29 - 30 Août - Fig. 16

L'averse apparait bien centrée sur le bassin, dans la région de MAPACHINRE. Sur les pluviomètres du bassin, 2 à 5, les hauteurs ponctuelles sont comprises entre 69 et 89 mm - Au pluviomètre 7, situé à 4 kms au nord des limites du bassin, la hauteur de pluie descend à 9 mm - Cependant le ruissellement a dû être à peu près général. La pluie moyenne vaut 63 mm.

L'hydrogramme correspondant est défini par les quantités : Fig. 37

$$\begin{aligned} V_r &= 3,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \\ t_b &= 35 \text{ heures} \\ Q_p &= 105 \text{ m}^3/\text{sec} \\ Q_p &= 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1} \\ \frac{Q_p}{V_r} & \end{aligned}$$

Notons enfin que ( tableau p. 33 ) les temps de base des principales crues simples observées sont entre 25 et 39 heures, la médiane valant 30 heures.

Nous inspirant des valeurs caractéristiques de ces deux hydrogrammes nous admettrons qu'une crue due à une forte averse homogène, de courte durée, aura pour caractéristiques :

- un temps de base voisin de 30 heures
- un rapport  $\frac{Q_p}{V_r}$  proche de  $4 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$

3.-CALCUL DE LA CRUE DECENNALE A TOROKI

Elle est provoquée par une averse décennale moyenne de 90 mm ruisselant à 20 %, la durée du corps étant proche de 3 heures.

La hauteur ruisselée  $h_r = 18$  mm

Le volume ruisselé correspondant est de 4,5 million de  $m^3$

Le débit de pointe  $Q_p = 4,5 \cdot 10^6 m^3 \times 4 \times 10^{-6} sec^{-1} = 180 m^3/sec$

Le temps de base de l'hydrogramme sera voisin de 30 heures

Nos conclusions étant le fruit d'une information limitée à une seule campagne de mesures, par souci de sécurité, nous proposerons une fourchette des valeurs de la crue décennale.

180 à 210  $m^3/sec$ .

ce qui correspond, avec la nature de la section actuelle, à des cotes à l'échelle de

3,24 à 3,32 m.

Remarque.

A l'extrémité rive droite de la digue, il conviendra de prévoir une surélévation du plan d'eau pouvant atteindre 30 cm, due à l'alimentation amont de la zone d'inondation.

LE MAYO DORBO A BALANI

CHAPITRE - IEQUIPEMENT HYDROMETRIQUE-OBSERVATIONS1.-LA STATION DE BALANI.

Les coordonnées de la station sont :

9° 41' 20" de latitude Nord

15° 00' 10" de longitude Est

A une quarantaine de kms au nord de PALA, sur l'axe PALA - TIKEM et à 3 kms environ au nord du pont de TOROK, la station de BALANI contrôle l'écoulement d'un bassin versant de 1180 km<sup>2</sup>.

Le lit mineur est mal défini et les faibles débits ( hauteur à l'échelle de 2 à 3 m.) empruntent des chenaux divaguant à travers une grande plaine d'inondation. Ils traversent la digue au pont de BALANI, de 5 m. de long sur 2,50 m de hauteur environ.

Au delà de la cote 3 m à l'échelle, la section, Fig. 42 et 43, se compose en outre de 18 buses rondes de 1 m. de diamètre, réparties sur 800 m, côté rive droite de la digue. Pendant la saison des pluies et à la suite de la submersion de la digue, des brèches ont découvert les buses en plusieurs endroits.

Les éléments d'échelle de 2 à 5 m furent posés au début de la campagne par B. BILLON et R. GATHÉLIER entre le 17 et le 20 Juin 1967.

Un limnigraphe OTT type X à rotation hebdomadaire à été installé près du pont - La hauteur de la gaine était de 4 m.

Le contrepois du limnigraphe, volé le 7-8-67, fut remis en place le 11-8-1967.

2.-ETALONNAGE.

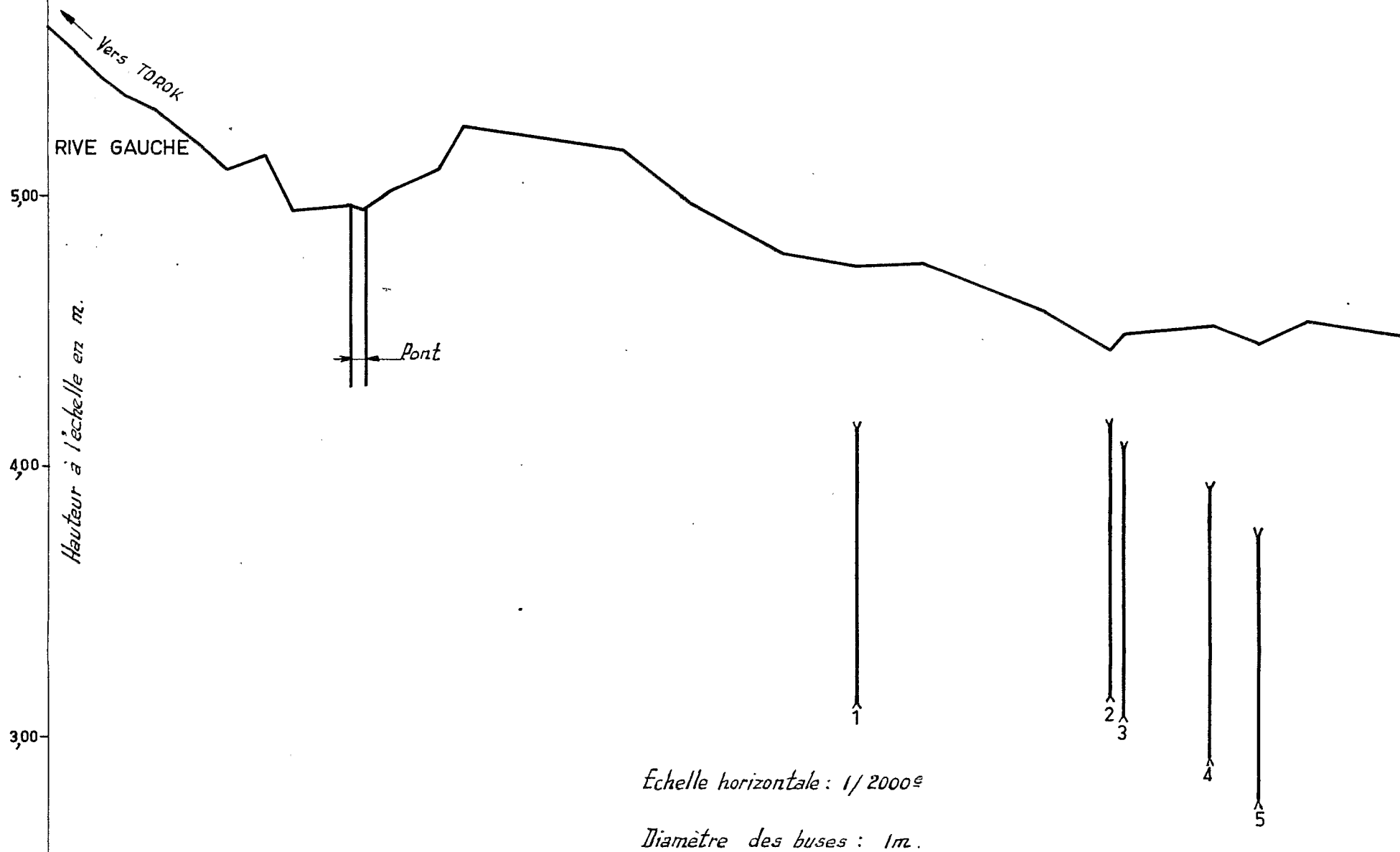
Dix sept jaugeages ont été effectués à BALANI, jusqu'à la cote 435 cm à l'échelle. Ce sont :

N°	Date	Hauteur à l'échelle (cm)	Débit (m <sup>3</sup> /sec)
1	15-6	394-396	7,97
2	15	392-390	7,10
3	16	312	2,94
4	18	335	4,10
5	18	349-351	4,90
6	19	296	2,15

STATION DE BALANI

Fig: 42

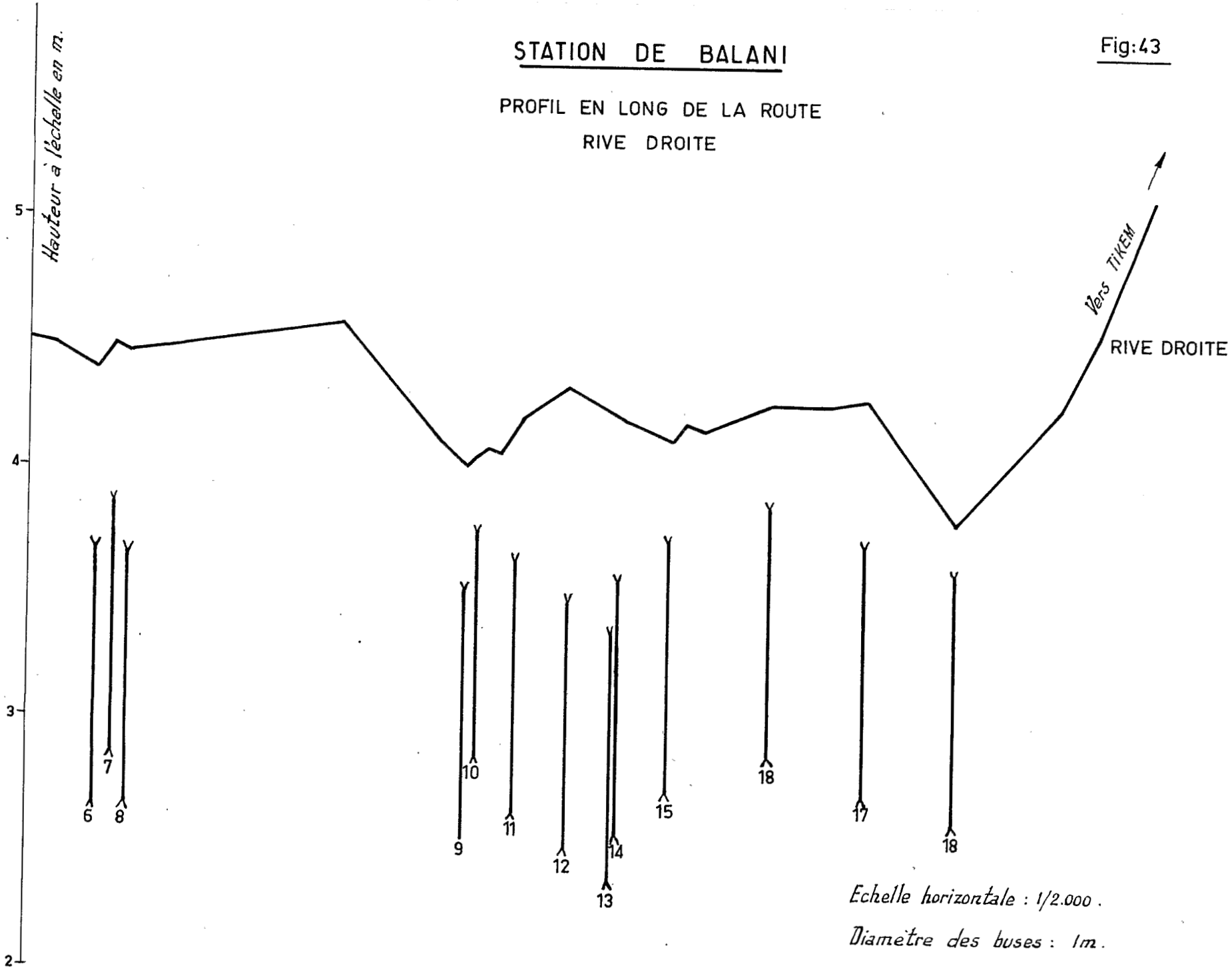
PROFIL EN LONG DE LA ROUTE  
RIVE GAUCHE



# STATION DE BALANI

Fig:43

PROFIL EN LONG DE LA ROUTE  
RIVE DROITE



N°	Date	Hauteur à l'échelle cm	Débit m <sup>3</sup> /sec
7	19	288	1,96
8	20	281	2,01
9	20	273	1,45
10	21	255	1,21
11	22	242-244	1,30
12	14-8	387-388	7,65
13	22	240	0,58
14	26	273	2,02
15	27	405-406	9,59
16	28	434-436	21,9
17	29	424	16,9

La courbe de tarage est tracée Fig. 44.

A la cote 435, le 28 Août 67, le pont assure le passage de 12 m<sup>3</sup>/sec sur 22 m<sup>3</sup>/sec. Les vitesses de surface y sont de 1 à 1,5 m/sec. Le reste du débit passe par les buses et, lorsqu'il y a lieu, les brèches creusées autour de celles-ci.

L'extrapolation logarithmique de la courbe de tarage à partir des deux derniers jaugeages conduirait à une nette sous estimation du débit : effectuées respectivement aux cotes 424 cm et 435 cm ces deux mesures de débit correspondent à des sections mouillées où la portion de route inondée ne joue pas encore de rôle prépondérant.

L'extrapolation retenue correspond, pour une hauteur  $h = 470$  cm à un débit de 70 m<sup>3</sup>/sec. Le gradient  $\frac{dQ}{dh}$  est alors de 2 m<sup>3</sup>/sec/cm. D'après le profil en long la route est alors largement submergée, sur 600 m environ. La digue n'est plus que très légèrement en charge et les ouvrages débitent moins. La section change de nature.

Le gradient proposé correspond alors à une vitesse de surface moyenne de

$$\frac{2}{6} \text{ m}^3/\text{sec} = 0,33 \text{ m/sec}$$

6 m<sup>2</sup> est l'accroissement de la section mouillée pour une élévation du niveau de l'eau de 1 cm sur 600 m.

Cependant, pour une cote voisine de 480 cm, la précision sur le débit ne dépassera pas 20 à 30 %.

### 3. OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES. ( ANNEXE P. 57 à 59 )

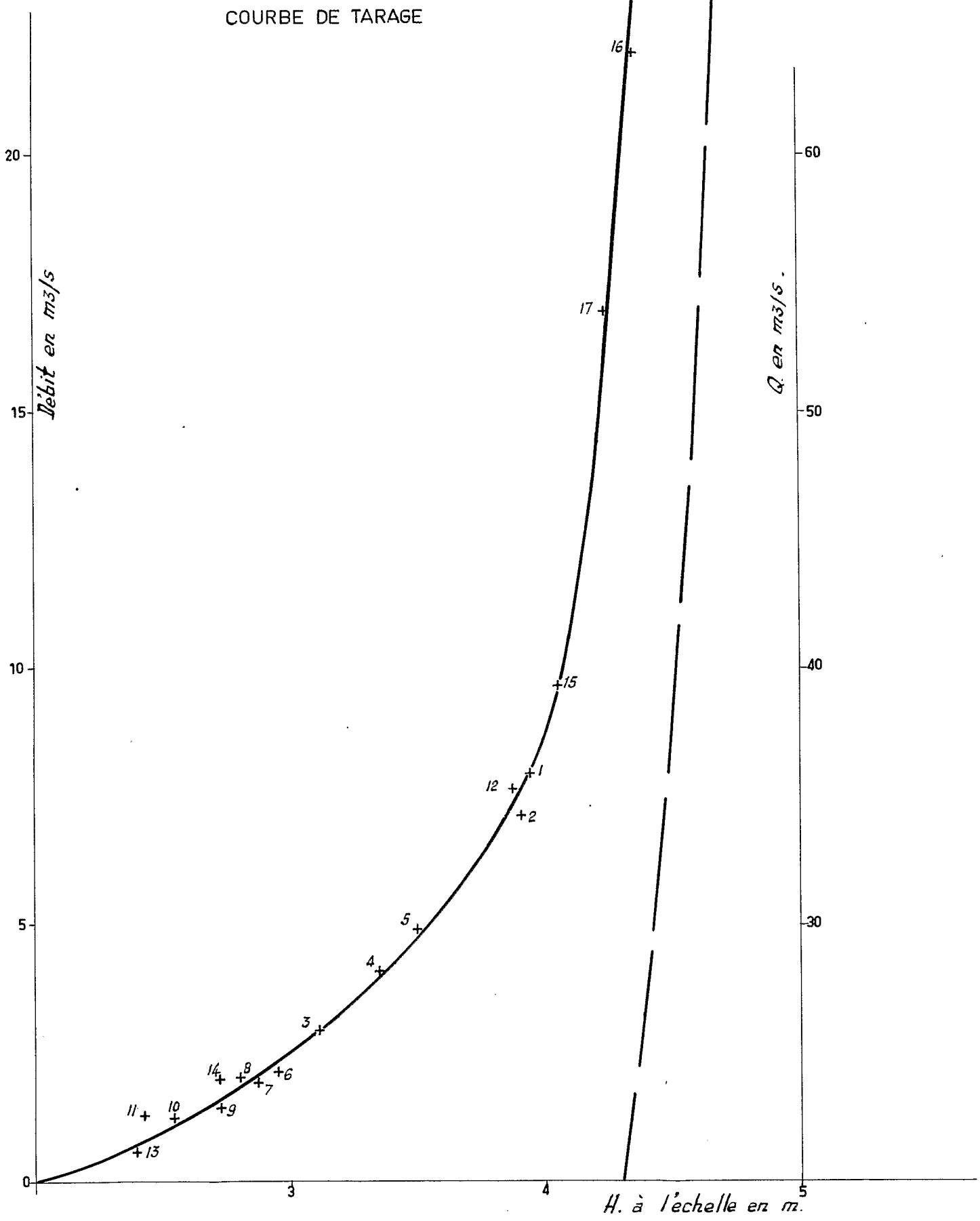
Le limnigraphe a fonctionné normalement, sauf entre le 1 et le 11 Août où l'appareil fut dérégulé. Les débits sont restés faibles durant cette période et il n'en découlera pas une grosse erreur sur la détermination de l'abondance annuelle.

L'écoulement a été ininterrompu durant la période des observations. A la

STATION DE BALANI

Fig: 44

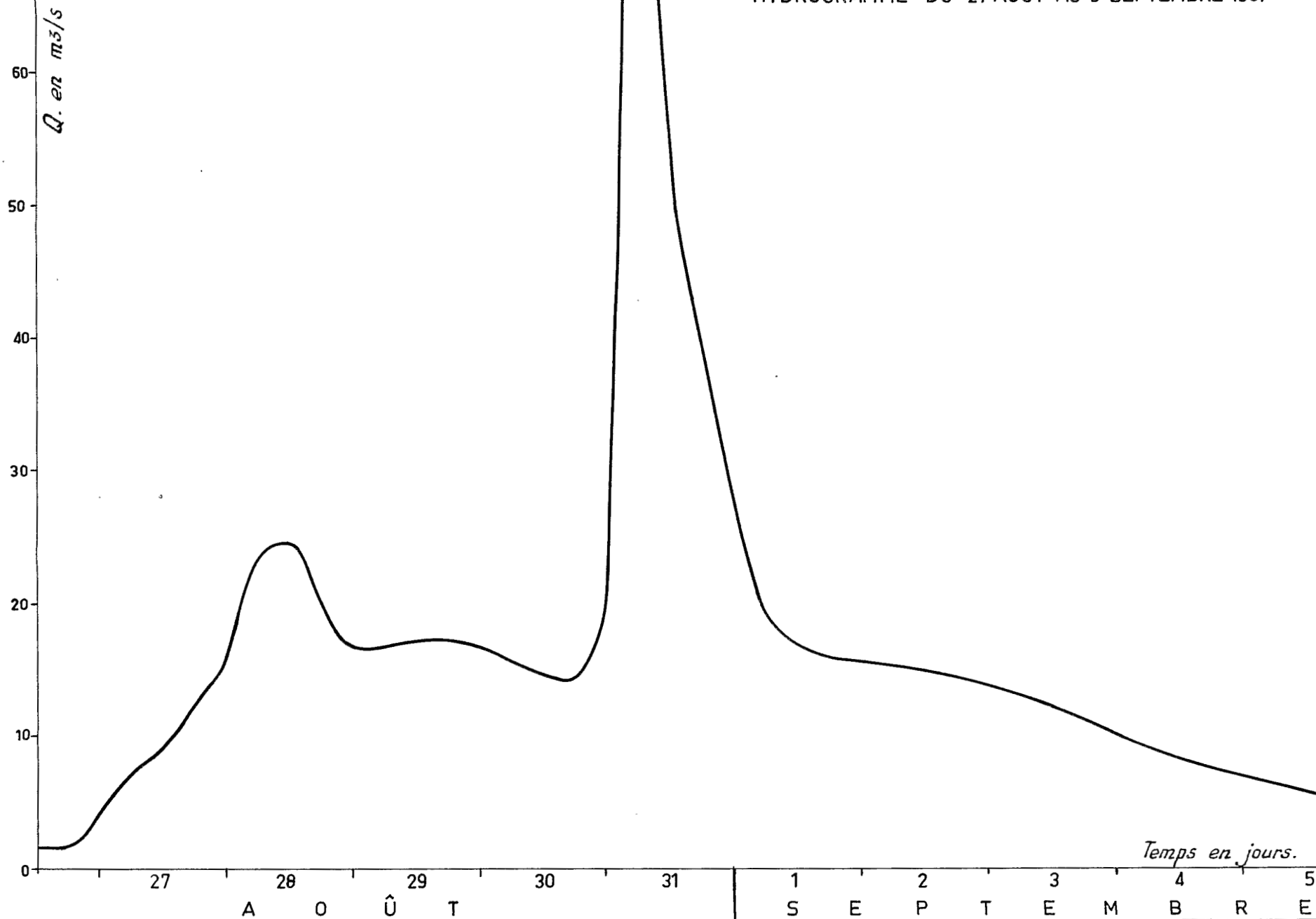
COURBE DE TARAGE





LE MAYO DORBO A BALANI

HYDROGRAMME DU 27 AOÛT AU 5 SEPTEMBRE 1967



fin du mois de Septembre il était encore de 2 m<sup>3</sup>/sec à la suite des crues du 13 et 19 du même mois.

Toutes les crues importantes présentent, dans l'ordre, la physionomie suivante. L'hydrogramme débute par une pointe de durée inférieure à deux jours, temps de montée comprise. Puis, après un léger palier et même un deuxième maximum très différent du premier par son manque de caractère, le débit décroît très lentement pendant environ une semaine. C'est le cas des crues simples consécutives à une pluie ayant bien ruisselé sur tout le bassin.

La Fig. 45 donne l'hydrogramme à BALANI entre le 27 Août et le 15 Septembre. L'hydrogramme dû à la pluie du 30 Août se superpose à celui consécutif à celle du 26 Août.

Dans le tableau suivant nous avons donné les caractéristiques des principales crues en 1967, dont le débit a dépassé 5 m<sup>3</sup>/sec

Q<sub>p</sub> = débit de pointe de la crue  
Q<sub>o</sub> = débit de base

Date du maximum	Q <sub>p</sub> m <sup>3</sup> /sec	Q <sub>o</sub> m <sup>3</sup> /sec	Q <sub>p</sub> - Q <sub>o</sub> m <sup>3</sup> /sec
09 h le 3-7	50,1	1,6	48,5
09 h le 6-7	22,3	10,0	12,3
24 h le 21-7	11,3	2,4	8,9
18 h le 14-8	8,1	1,5	6,6
08 h le 28-8	24,6	1,6	23,0
05 h le 31-8	73	14,4	58,6
06 h le 13-9	34,2	2,0	32,2

La Fig. 46 illustre le tableau p. 44 des débits moyens journaliers observés. L'abondance annuelle durant cette période a été

	51,5 millions de m <sup>3</sup>	
dont	1,0 million de m <sup>3</sup>	en Juin
	15,3	Juillet
	12,9	Août
	22,3	Septembre

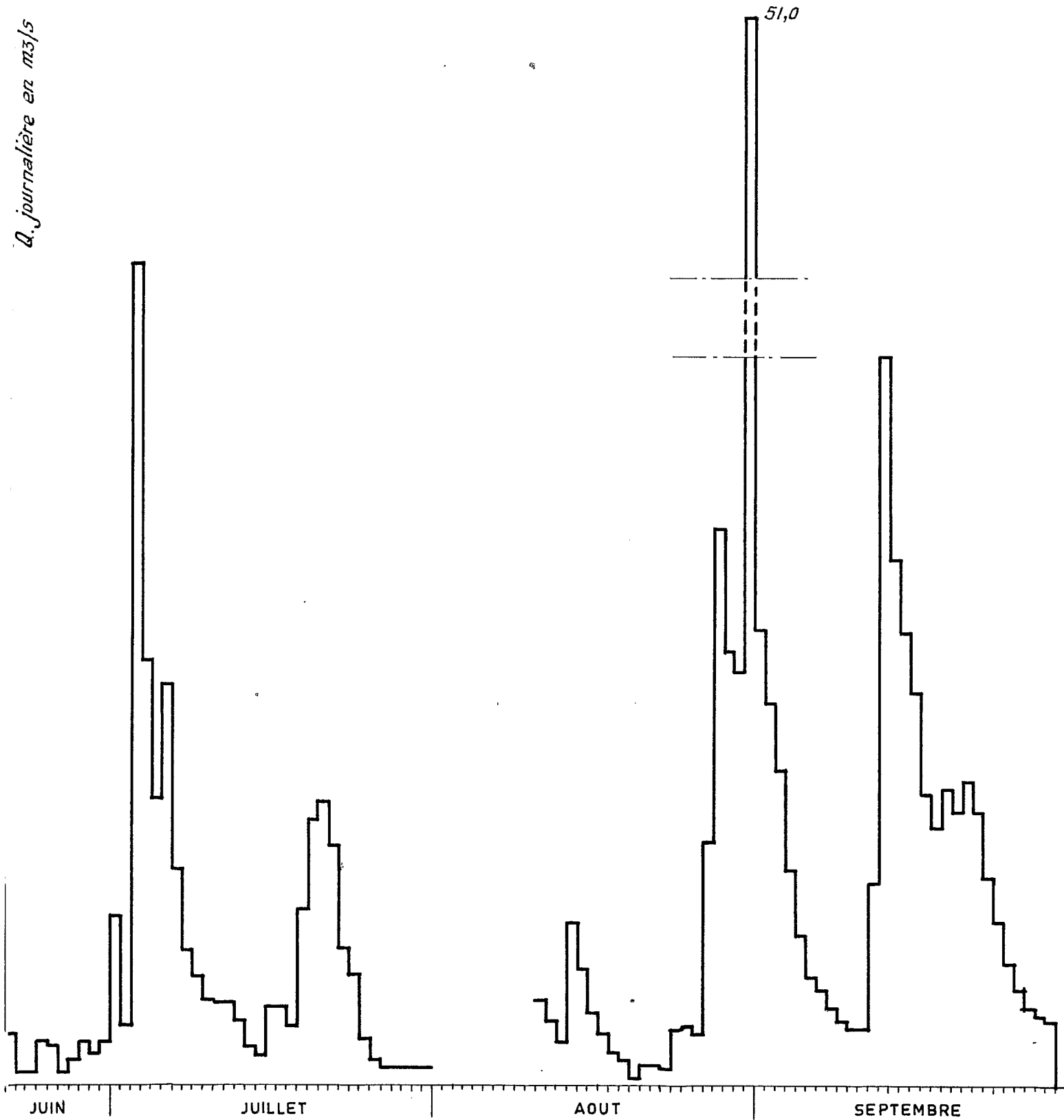
L'abondance annuelle sera comprise en 1967 entre 53 et 55 millions de m<sup>3</sup>.



LE MAYO DORBO A BALANI

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

*Q. journalière en m<sup>3</sup>/s*



## CHAPITRE - II

### LA CRUE DECENNALE A BALANI

La dimension du bassin,  $1180 \text{ km}^2$ , imposerait ici l'emploi des méthodes statistiques appliquées au calcul de la crue décennale : on extrapole aux fréquences rares la loi de distribution définie par les débits maximaux observés. Encore faut-il disposer d'un échantillon de taille suffisante. Or nous ne possédons que les résultats de la campagne 1967.

D'autre part, la reconstitution à partir de l'hydrogramme synthétique, de la crue consécutive à l'averse moyenne décennale sur le bassin est également impossible : l'information pluviométrique ne se prête pas à la détermination des paramètres de l'opérateur pluie-débit.

La méthode utilisée a été de dégager un caractère spécifique des fortes crues à BALANI : l'étroite liaison qui existe entre la crue à BALANI et celle du ZANINI à TOROK, liaison que l'on peut expliquer par la physionomie du réseau hydrographique et la différence d'aptitude au ruissellement des différentes parties du bassin.

Une fois admis que le débit de pointe à BALANI diminué du débit de base avant la crue est en corrélation suffisamment forte avec celui de TOROK, le débit de fréquence décennale est atteint lors de l'événement suivant : crue décennale à TOROK se superposant à un débit de base à BALANI égal à la valeur médiane du débit moyen journalier à la station. La valeur du débit à BALANI se déduira du tableau de la corrélation précédente extrapolée aux valeurs fortes.

#### 1.-LES DEBITS DE POINTE A TOROK ET BALANI.

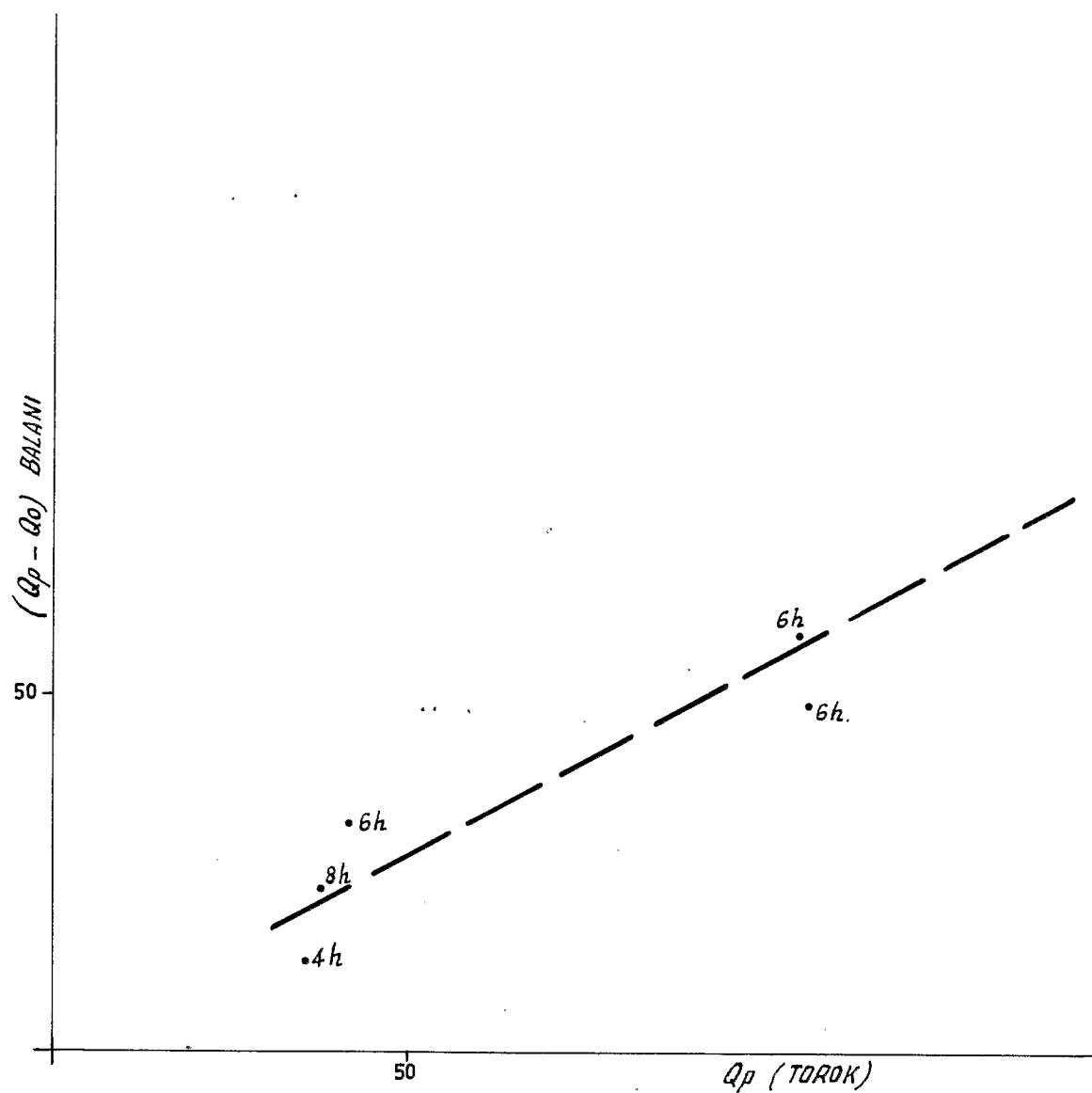
Le tableau suivant présente les débits maximums à TOROK et BALANI consécutifs au même épisode pluvieux, pour toutes les crues ayant dépassé  $20 \text{ m}^3/\text{sec}$  à BALANI, soit cinq en 1967.

$Q_p$  = débit de pointe

$Q_0$  = débit de base

Date	$Q_p$ à BALANI $\text{m}^3/\text{sec}$	$Q_p - Q_0$ à BALANI $\text{m}^3/\text{sec}$	$Q$ à TOROK $\text{m}^3/\text{sec}$	Date
09 h le 3-7	50,1	48,5	106,5	03 h le 3-7
09 h le 6-7	22,3	12,3	35,6	05 h le 6-7
08 h le 28-8	24,6	23,0	37,7	24 h le 27-7
05 h le 31-8	73,0	58,6	105,0	23 h le 30-8
06 h le 13-9	34,2	32,2	41,5	24 h le 12-9

CORRELATION ENTRE LES STATIONS  
DE TOROK ET BALANI



•  $6h$  = Intervalle de temps entre le maximum de la crue  
à TOROK et à BALANI.

Le maximum à BALANI apparait donc entre quatre et huit heures après celui de TOROK. Le décalage vaut 6 heures pour 3 crues sur cinq dont les deux plus fortes. La liaison dans le temps apparait assez forte entre les deux stations.

La quantité  $(Q_p - Q_0)$  BALANI a été portée en regard du débit de pointe à TOROK Fig. 47. La droite moyenne donne le rapport

$$\frac{(Q_p - Q_0) \text{ BALANI}}{(Q_p) \text{ TOROK}} = 0,55$$

Cette valeur 0,55 donne une idée de l'amortissement subi par l'onde de crue sur les 3 kms de plaine d'inondation parcourus entre TOROK et BALANI.

Après une forte pluie sur BALANI l'hydrogramme observé présente d'abord, en moins de deux jours, une pointe assez aigue dont le débit maximum est lié à celui de TOROK, le temps de propagation de l'onde étant d'environ 6 heures. Apparaît ensuite l'onde de crue due au bassin en amont de M'BIBOU, laminée sur 20 kms; d'où son manque de vigueur et sa durée : le débit maximum à BALANI observé en 1967, et fourni par le bassin en amont de M'BIBOU, ne dépasse pas 18 m<sup>3</sup>/sec.

Dans la première partie, le tracé du réseau hydrographique nous avait déjà laissé prévoir ce mécanisme de composition de l'hydrogramme à BALANI.

Les différences d'aptitude au ruissellement tendent à donner, eu égard à sa surface, une importance encore plus grande au bassin de TOROK.

Les chiffres suivants, exprimant l'abondance annuelle par km<sup>2</sup>, sont déjà significatifs à cet égard:

63.700 m <sup>3</sup> / km <sup>2</sup>	à ZAMA GOUIN
88.000 m <sup>3</sup> / km <sup>2</sup>	à TOROK
45.800 m <sup>3</sup> / km <sup>2</sup>	à BALANI

Avec ses 250 km<sup>2</sup>, TOROK fournit 22 millions de m<sup>3</sup> sur les 54 millions observés à BALANI, de 1160 km<sup>2</sup>.

La faiblesse du ruissellement à BALANI peut s'expliquer par l'existence au sud-est du bassin, sur quelque 400 km<sup>2</sup>, de formations du continental terminal (Fig. 2 carte géologique), qui participent peu à l'écoulement ; ainsi la KABIA, sur des formations analogues se distingue par ses caractéristiques hydrologique modestes. Les pertes dans les plaines d'inondation en amont de BALANI ne sont sans doute pas négligeables.

Inversement, TOROK, sur des formations granitiques et métamorphiques, se distingue par son aptitude relative au ruissellement.

En bref, la proximité de BALANI et les possibilités de ruissellement du bassin de TOROK lui font jouer un rôle hors de proportion avec sa taille, lors de la genèse des grandes crues à BALANI.

## 2.-CALCUL DE LA CRUE DECENNALE A BALANI.

### Remarque.

On peut considérer comme remarquable que toutes les crues ayant dépassé 20 m<sup>3</sup>/s à BALANI en 1967 soient dues à de fortes crues à TOROK. Peut-on en déduire que le bassin en amont de M'BIBOU ne donnera jamais lieu à BALANI à des crues d'importance comparable ou même supérieure à celles provenant de TOROK ?

Evidemment non. On peut seulement dire que l'échantillon statistique fourni par l'année 1967 montre que la probabilité d'occurrence d'une crue de 50 m<sup>3</sup>/s par exemple à BALANI due au bassin en amont de M'BIBOU apparaît très faible devant celle d'une onde de crue de même débit de pointe et arrivant de TOROK.

Nous avons fourni plus haut un certain nombre de justifications physiques à ce phénomène (zones de ruissellement, laminage des crues) mais nous ne sommes pas en possession de l'outil qui nous aurait permis de conclure à la liaison pratiquement exclusive des crues exceptionnelles de BALANI à celles de TOROK. En effet, faute de l'information pluviométrique journalière étendue à l'ensemble du bassin de BALANI, il est impossible d'évaluer, même grossièrement, la probabilité d'occurrence des crues observées à M'BIBOU en 1967.

Pour donner une limite supérieure à nos estimations il convient d'envisager la répartition spatiale et temporelle de la pluie en 1967 sur le bassin en amont de M'BIBOU comme particulièrement défavorable à la formation de débits importants à M'BIBOU : ceux-ci seraient exceptionnellement faibles en 1967.

En conclusion, la corrélation Fig. 47 nous donnera seulement la limite inférieure à adopter pour la crue décennale. La limite supérieure sera estimée compte tenu des crues observées en 1967 et de la physionomie du réseau.

### Valeur inférieure de la crue décennale.

Elle est provoquée par la crue décennale à TOROK laminée sur 9 kms et se superposant à un débit de base de valeur médiane soit 4 m<sup>3</sup>/sec.

La crue décennale à TOROK, page 39 du rapport, a été estimée comprise entre 180 et 210 m<sup>3</sup>/sec.

Les valeurs du débit de pointe à BALANI déduites de la correspondance définie plus haut sont respectivement :

$$\begin{aligned} 0,55 \times 180 \text{ m}^3/\text{sec} + 4 \text{ m}^3/\text{sec} &= 103 \text{ m}^3/\text{sec}. \\ 0,55 \times 210 \text{ m}^3/\text{sec} + 4 \text{ m}^3/\text{sec} &= 120 \text{ m}^3/\text{sec}. \end{aligned}$$

Dans l'état de la question la valeur de la crue décennale proposée pour le Mayo DORBO à BALANI sera de 100 à 150 m<sup>3</sup>/sec.

La cote correspondante à l'échelle sera de 480 à 500 cm à l'échelle dans l'état actuel de la section.



ANNEXE PLUVIOMETRIQUE - MOIS DE JUIN 1967. (Les hauteurs sont en mm.)

Jours	1 P	2	3	4	5	6	7	7 P	8	9	10	10 P
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21	27,7	18,0	11,0	10,0	24,0	( )	( )	( )				
22						( )	( )	( )				
23						( )	( )	( )				
24	34,5	12,0	15,0	17,0	23,0	48,0	58,0	65,2	8,0	10,0	15,0	20,9
25									4,0	8,0	7,0	2,8
26	14,8	12,0	12,0	9,0	3,0	6,0	18,0	23,1	( )			0,3
27	3,2								25,0	11,0	8,0	9,9
28	5,4	13,0	14,0	19,0	25,0	14,0	( )	5,2	0	0		0
29							( )		0	0	4,0	2,7
30	20,8	18,0	23,0	20,0	15,0	16,0	( )	2,1	1,0	2,0	2,0	3,7
31												
Pluie Cumulée	106,4	73,0	75,0	75,0	90,0	84,0	83,0	95,6	38,0	31,0	36,0	40,3

ANNEXE PLUVIOMETRIQUE - MOIS DE JUIN 1967\* (Les hauteurs sont en mm.)

Jours	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24	9,0	12,0	16,0	49,0	30,3	34,8	( )	( )	( )	( )
25	4,0	3,0	0	0	2,3	2,8	( )	( )	( )	( )
26					2,1	1,7	( )	( )	( )	( )
27	25,0	8,0	8,0	8,0	13,9	21,3	( )	( )	( )	( )
28	0	1,0	4,0	4,0		4,5	( )	( )	( )	( )
29	1,0	1,0	1,0	1,0	6,8	1,2	( )	( )	( )	( )
30	3,0	2,0	10,0	2,0		7,2	( )	( )	( )	( )
Pluie Cumu- lée	42,0	27,0	39,0	64,0	55,4	73,5				

ANNEXE PLUVIOMETRIQUE - MOIS DE JUILLET 1967. (Les hauteurs sont en mm.)

Jours	1 P	2	3	4	5	6	7	7 P	8	9	10
1	0,8										
2	78,6	95,0	84,0	72,0	66,0	51,0		58,6	86,0	79,0	54,0
3											
4											
5	3,7	( )	( )	( )	( )	4,0					
6	7,4	22,0	40,0	40,0	44,0	2,0	109,0		9,0	8,0	14,0
7											
8											
9	18,2	18,0	15,0	13,0	14,0	15,0	( )	13,4	14,0	21,0	19,0
10							( )				
11							( )				
12	0,4						( )		0	12,0	18,0
13							( )				
14	5,0	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	13,0	7,0	3,0
15	1,7	2,0	4,0	7,0	6,0	7,0	( )	7,3			4,0
16	12,0	19,0	37,0	23,0	32,0	12,0	( )	41,9	25,0	22,0	12,0
17							( )				
18	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	6,4	0	0	5,0
19	11,8	11,0	11,0	14,0	5,0	25,0	80,0	7,5	18,0	15,0	9,0
20											
21	22,7	35,0	24,0	16,0	17,0	7,0	( )	16,9			
22							( )				
23	6,1	25,0	13,0	5,0	10,0	38,0	( )	( )	1,0	7,0	11,0
24	1,6						( )	14,7			
25							( )				
26							( )				0
27							( )				
28							( )				
29							( )				
30	9,3	5,0	9,0	11,0	11,0	17,0	39,0	7,3	0	12,0	5,0
31									7,0	14,0	10,0
Total Mens.	179,3	242,0	237,0	201,0	205,0	178,0	221,0	174,0	166,0	183,0	164,0
Pluie Cumu- flée	1285,7	1315,0	1312,0	1276,0	1295,0	1262,0	1304,0	1269,6	1211,0	1228,0	1200,0

ANNEXE PLUVIOMETRIQUE - MOIS DE JUILLET 1967. (Les hauteurs sont en mm.)

Jours	10 P	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1											
2	57,6	58,0	72,0	57,0	66,0	50,0	47,2	( )	( )	( )	( )
3								( )	( )	( )	( )
4								( )	( )	( )	( )
5	0,6							( )	( )	( )	( )
6	13,3	18,0	11,0	17,0	12,0	8,7	24,9	( )	( )	( )	( )
7								( )	( )	( )	( )
8								( )	( )	( )	( )
9	20,3	20,0	30,0	19,0	16,0	44,3	16,9	( )	( )	( )	( )
10								( )	( )	( )	( )
11								( )	( )	( )	( )
12	16,7	25,0	7,0	5,0	2,0	1,2	2,4	( )	( )	( )	( )
13								( )	( )	( )	( )
14	3,0	( )	( )	( )	( )	1,4	13,0	( )	( )	( )	( )
15	3,7	12,0	28,0	9,0	14,0	0,3	TR	( )	( )	( )	( )
16	12,1	11,0	22,0	7,0	11,0	12,5	6,6	( )	( )	( )	( )
17							39,9	( )	( )	( )	( )
18	7,1	19,0	53,0	70,0	51,0	19,0	4,4	( )	( )	( )	( )
19	7,4	26,0	29,0	20,0	7,0	4,3		( )	( )	( )	( )
20								( )	( )	( )	( )
21						1,3	0,3	( )	( )	( )	( )
22						0,5	0,1	( )	( )	( )	( )
23	10,3	3,0	12,0	2,0	2,0		0,2	( )	( )	( )	( )
24						1,9	0,3	( )	( )	( )	( )
25								( )	( )	( )	( )
26	1,9					0,7	3,6	( )	( )	( )	( )
27								( )	( )	( )	( )
28								( )	( )	( )	( )
29								( )	( )	( )	( )
30	4,8	11,0	1,0	0	0			( )	( )	( )	( )
31	10,3	1,0	5,0	12,0	10,0	29,3	8,5	( )	( )	( )	( )
Total Mens.	169,1	204,0	270,0	218,0	191,0	175,4	168,3				
Pluie Cumulée	209,4	246,0	297,0	257,0	255,0	230,8	241,8				

ANNEXE PLUVIOMETRIQUE - MOIS D'AOUT 1967. (Les hauteurs sont en mm.)

Jours	1 P	2	3	4	5	6	7	7 P	8	9	10
1	0,5								0	3,0	3,0
2											
3											
4	0,5										
5											
6											
7											
8	7,5	10,0	22,0	26,0	41,0	6,0	( )	21,7	23,0	45,0	47,0
9							( )		1,0	1,0	3,0
10							( )				
11							( )				
12							( )				
13	11,3	35,0	19,0	42,0	34,0	42,0	( )	32,9	13,0	42,0	50,0
14	0,3						( )				
15							( )				
16	5,0	0	4,0	0	0	7,0	63,0	41,9	3,0	2,0	4,0
17											
18											
19	15,3	10,0	8,0	11,0	13,0	13,0	( )	11,4	12,0	9,0	9,0
20							( )		0	0	3,0
21							( )				
22	1,8						( )		5,0	19,0	12,0
23	15,0	( )	( )	( )	( )	( )	( )		( )	( )	20,0
24	22,9	26,0	25,0	25,0	32,0	40,0	58,0	17,4	53,0	26,0	12,0
25											
26	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	8,3	( )	( )	9,0
27	11,0	38,0	60,0	45,0	105,0	36,0	( )	60,9	49,0	108,0	69,0
28							( )				
29	6,6						( )	6,2			
30	24,0	69,0	75,0	89,0	87,0	59,0	92,0	9,3	52,0	28,0	55,0
31											
Total Mens. Pluie Cumu- lée	121,7	188,0	213,0	238,0	312,0	203,0	213,0	210,0	211,0	283,0	296,0

ANNEXE PLUVIOMETRIQUE -- MOIS D'AOUT 1967. (Les hauteurs sont en mm.)

Jours	10 P	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2,4	20,0	0	0	0,1	0,1		( )	( )	( )	( )
2	TR						2,0	( )	( )	( )	( )
3								( )	( )	( )	( )
4	0,7					0,2		( )	( )	( )	( )
5	0,2							( )	( )	( )	( )
6								( )	( )	( )	( )
7								( )	( )	( )	( )
8	48,2	35,0	38,0	48,0	49,0	80,5	69,8	( )	( )	( )	( )
9	1,3	1,0	2,0	2,0	1,0	0,6	2,6	( )	( )	( )	( )
10	0,3						0,3	( )	( )	( )	( )
11	0,5						1,0	( )	( )	( )	( )
12								( )	( )	( )	( )
13	53,7	26,0	13,0	12,0	11,0	3,6	10,5	( )	( )	( )	( )
14						0,4	TR	( )	( )	( )	( )
15						1,4	0,6	275,0	283,0	293,0	322,0
16	3,0	4,0	12,0	19,0	19,0	17,2	43,2	( )	( )	( )	( )
17								( )	( )	( )	( )
18						0,3		( )	( )	( )	( )
19	8,6	12,0	25,0	13,0	8,0		0,3	( )	( )	( )	( )
20	2,9	7,0	1,0	0	0	0,5	1,9	( )	( )	( )	( )
21							7,9	( )	( )	( )	( )
22	12,6	8,0	7,0	6,0	18,0	7,0	1,0	( )	( )	( )	( )
23	19,6	14,0	19,0	19,0	10,0	0,9	2,2	( )	( )	( )	( )
24	12,3	18,0	10,0	7,0	13,0	12,3	15,8	( )	( )	( )	( )
25						8,7	2,5	( )	( )	( )	( )
26	9,3	( )	( )	( )	( )		18,7	( )	( )	( )	( )
27	69,5	50,0	48,0	69,0	41,0	52,0	10,7	( )	( )	( )	( )
28								( )	( )	( )	( )
29								( )	( )	( )	( )
30	47,6	69,0	7,0	24,0	36,0	3,9	7,5	( )	( )	( )	( )
31							0,2	( )	( )	( )	( )
Total Mens.	292,7	264,0	182,0	219,0	206,0	189,6	198,7				
Pluie Cumu- lee	502,1	510,0	479,0	476,0	461,0	420,4	440,5				

ANNEXE PLUVIOMETRIQUE - MOIS DE SEPTEMBRE 1967. (Les hauteurs sont en mm).

Jours	1 P	2	3	4	5	6	7	7 P	8	9	10
1							( )	11,4			
2							( )				
3							( )				
4	10,0	5,0	0	0	0	5,0	( )	4,1	8,0	5,0	14,0
5							( )				
6	27,2	16,0	17,0	21,0	23,0	124,0	( )	42,9	24,0	13,0	3,0
7	0	0	0	0	0	0	( )				
8							( )	2,1			
9							( )				
10	9,1	( )	( )	( )	( )	25,0	83,0	14,3	23,0	18,0	13,0
11		( )	( )	( )	( )						
12	49,4	61,0	50,0	45,0	47,0	31,0	( )	30,8	69,0	64,0	65,0
13							( )				
14							( )				
15	2,8						( )				
16							( )				
17	8,0	( )	( )	( )	( )	49,0	( )	4,2	34,0	35,0	29,0
18	18,0	29,0	26,0	20,0	25,0	2,0	( )	9,3	17,0	24,0	25,0
19							( )				
20							( )				
21	3,5						56,0				
22											
23	4,6										
24									16,0	?	5,0
25											
26											
27	5,9	16,0	20,0	18,0	19,0	7,0	9,0	7,3	7,0	13,0	6,0
28											
29											
30									4,0	6,0	43,0
31											
Total Mens.	138,5	127,0	113,0	104,0	114,0	243,0	148,0	126,4	202,0	178,0	203,0
Pluie Cumu- lée	545,9	630,0	638,0	618,0	721,0	708,0	665,0	606,0	624,0	689,0	676,0

ANNEXE PLUVIOMETRIQUE - MOIS DE SEPTEMBRE 1967. (Les hauteurs sont en mm.)

Jours	10 P	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1								( )	( )	( )	( )
2								( )	( )	( )	( )
3								( )	( )	( )	( )
4		7,0	6,0	?	4,0	7,2	8,6	( )	( )	( )	( )
5						3,7		( )	( )	( )	( )
6		10,0	10,0	?	15,0	11,0	13,3	( )	( )	( )	( )
7								( )	( )	( )	( )
8						4,9	8,5	( )	( )	( )	( )
9							0,5	( )	( )	( )	( )
10		17,0	27,0	64,0	48,0	43,5	54,0	( )	( )	( )	( )
11							TR	( )	( )	( )	( )
12		33,0	34,0	12,0	27,0	27,5	33,0	( )	( )	( )	( )
13								( )	( )	( )	( )
14								( )	( )	( )	( )
15						8,3	0,7	( )	( )	( )	( )
16							TR	( )	( )	( )	( )
17		30,0	4,0	26,0	12,0	16,2	16,7	( )	( )	( )	( )
18		28,0	24,0	26,0	21,0	14,1	20,4	( )	( )	( )	( )
19								( )	( )	( )	( )
20								( )	( )	( )	( )
21						0,7	3,6	( )	( )	( )	( )
22								( )	( )	( )	( )
23							0,9	( )	( )	( )	( )
24		0	6,0	1,0	3,0	9,8	13,2	( )	( )	( )	( )
25							0,1	( )	( )	( )	( )
26							0,6	( )	( )	( )	( )
27		2,0	9,0	7,0	5,0			( )	( )	( )	( )
28						1,7	1,6	( )	( )	( )	( )
29						2,0	4,9	( )	( )	( )	( )
30		23,0	5,0	4,0	20,0			390	367	487	(242)
31											
Total Mens.		150,0	125,0	140,0	155,0	150,6	180,6				
Pluie Cumulée		660,0	604,0	616,0	616,0	571,0	621,1	665,0	650,0	780,0	(564)

Remarque - L'huile du pluviomètre totalisateur n° 20 a été volée.



ANNEXE HYDROMETRIQUE - STATION DE BALANI - JUIN 1967.

! Jours !	! 06h. !		! 12h. !		! 18h. !		! 24h. !		! EXTREMUM !		
	! haut ! ! (cm) !	! débit ! ! m <sup>3</sup> /s !	! haut ! ! cm !	! débit ! ! m <sup>3</sup> /s !	! haut ! ! cm !	! débit ! ! m <sup>3</sup> /s !	! haut ! ! cm !	! débit ! ! m <sup>3</sup> /s !	! Heure !	! Haut ! ! cm !	! Débit ! ! m <sup>3</sup> /s !
! 1 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 2 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 3 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 4 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 5 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 6 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 7 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 8 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 9 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 10 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 11 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 12 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 13 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 14 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 15 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 16 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 17 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 18 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 19 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
! 20 !	!	!	!	!	!	!	264	1,42	!	!	
! 21 !	335	3,95	287	2,11	254	1,12	242	0,76	02	262	1,36
! 22 !	241	0,73	240	0,70	235	0,62	232	0,58	09	249	0,97
! 23 !	!	!	230	0,550	!	!	232	0,58	!	!	!
! 24 !	236	0,64	277	1,81	330	3,70	313	3,02	19	330	3,70
! 25 !	274	1,74	265	1,45	242	0,76	233	0,59	!	!	!
! 26 !	!	!	!	!	!	!	232	0,58	!	!	!
! 27 !	!	!	236	0,64	!	!	283	2,00	!	!	!
! 28 !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
! 29 !	!	!	253	1,10	290	2,20	!	!	!	!	!
! 30 !	!	!	!	!	233	0,60	345	4,50	!	!	!

## ANNEXE HYDROMETRIQUE - STATION DE BALANI - JUILLET 1967.

Jours	06h.		12h.		18h.		24h.		EXTREMUM		
	haut. cm	débit m <sup>3</sup> /s	haut. cm	débit m <sup>3</sup> /s	haut. cm	débit m <sup>3</sup> /s	haut. cm	débit m <sup>3</sup> /s	Heure	Haut. cm	Débit m <sup>3</sup> /s
1	392	7,82	394	8,04	374	6,30	324	3,46	09	399	8,60
2	296	2,44	280	1,90	269	1,57	330	3,70	22	265	1,45
3	453	42,8	450	38,5	438	26,2	432	21,5	09	458	50,10
4	427	18,3	423	16,1	419	14,1	416	13,1			
5	413	12,0	410	10,9	407	10,2	406	10,0			
6	426	17,8	428	18,9	419	14,1	412	11,6	08	433	22,30
7	405	9,8	397	8,37	386	7,24	374	6,28			
8	364	5,58	355	5,05	348	4,68	344	4,44			
9							334	3,90			
10					310	2,90	313	3,02	18 22	310 314	2,90 3,06
11			307	2,81			311	2,94	12	307	2,81
12			316	3,14			308	3,22	12	316	3,14
13							278	1,84			
14							256	1,18			
15							239	0,685			
16	239	0,685	330	3,70	354	5,00	350	4,80	16	359	5,25
17	324	3,46	310	2,90	300	2,60	298	2,52			
18							308	2,84			
19	370	6,00	382	6,88	394	8,04	399	8,59			
20			408	10,5			410	10,9			
21			410	10,9			411	11,3			
22			403	9,36			388	7,42			
23							340	4,20	23	336	4,00
24	338	4,10	354	5,00	338	4,10	305	2,75	02	346	4,56
25	290	2,20	279	1,87	268	1,54	258	1,24			
26			245	0,85			240	0,70			
27							235	0,625			
28							230	0,55			
29											
30											
31							228	0,5			

ANNEXE HYDROMETRIQUE - STATION DE BALANI - AOUT 1967.

Jours	06h.		12h.		18h.		24h.		EXTREMUM		
	haut. cm	débit m <sup>3</sup> /s	haut. cm	débit m <sup>3</sup> /s	haut. cm	débit m <sup>3</sup> /s	haut. cm	débit m <sup>3</sup> /s	Heure	Haut. cm	Débit m <sup>3</sup> /s
1											
2											
3							229	0,525			
4											
5											
6							223	0,375			
7											
8											
9											
10											
11			316	3,14			309	2,87			
12							288	2,14			
13							266	1,48			
14	372	6,14	380	6,70	395	8,15	390	7,60	09	357	5,15
15	356	5,10	335	3,95	325	3,50	320	3,30			
16	317	3,18	312	2,98	306	2,78	298	2,52			
17	308	2,84	292	2,28	278	1,84	265	1,45	03	295	2,40
18							246	0,880			
19							241	0,730			
20							237	0,655			
21							239	0,685			
22							240	0,700			
23			240	0,70	246	0,880	244	0,820	15	249	0,97
24	244	0,820	300	2,60	314	3,06	313	3,02	21	317	3,18
25	303	2,69	290	2,20	279	1,87	272	1,66			
26					278	1,84	340	4,20			
27	383	6,97	401	8,92	414	12,30	422	15,6			
28	434	23,1	436	24,6	430	20,0	424	16,7			
29	424	16,7	425	17,2			424	16,7			
30					420	14,5	434	23,1			
*31	470	73,0	460	53,0	450	38,5	440	27,7			

