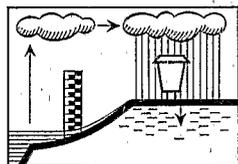


RÉPUBLIQUE DU TCHAD
Ministère des Travaux Publics

N° de Convention O. R. S. T. O. M. : 6500 - 374
N° de Convention local : 37/65/TP
Origine du Financement : FAC et Budget
de l'Etat
Exercice Budgétaire concerné : 1963 et 1965
Date de parution du Rapport : Juillet 1966

ÉTUDE HYDROLOGIQUE POUR L'AMÉNAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT

Campagne 1965



LEONARD SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER



CENTRE DE FORT-LAMY - SECTION HYDROLOGIE

7191/col

ETUDE HYDROLOGIQUE POUR L'AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT

CAMPAGNE 1965

J. CALLEDE
Ingénieur Hydrologue à
L'ORSTOM

D 8
CAL



1965 OCT 1987

7191201

// O M M A I R E

	<u>Page</u>
<u>INTRODUCTION</u>	2
 <u>PREMIERE PARTIE</u>	
Le Mayo Kébi aux Chutes Gauthiot Etude des volumes écoulés	
A) - Description géographique	5
B) - Données climatologiques	13
C) - Equipement hydrométrique	28
D) - Résultat des observations effectuées en 1965	37
E) - Les déversements du Logone	50
F) - Etude des volumes écoulés annuellement	54
 <u>DEUXIEME PARTIE</u>	
Le bassin expérimental du Mayo Ligam - Etude des crues	
A) - Le bassin du Mayo Ligam	66
B) - Estimation des débits de crue	84
 <u>CONCLUSIONS</u>	 86
 <u>ANNEXES</u>	 88

INTRODUCTION

Pour pouvoir faire face aux besoins, toujours croissants, d'énergie, le Gouvernement de la République du Tchad avait envisagé l'aménagement hydro-électrique des Chutes Gauthiot, sur le Mayo Kébi.

A. BOUCHARDEAU, Hydrologue à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, et J. MERMILLOD, Géologue à l'Institut Equatorial de Recherches et d'Etudes Géologiques et Minières, faisaient leurs premières observations en 1959, à la suite desquelles ont été effectuées des études préliminaires. Celles-ci sont l'oeuvre de la Société Equatoriale d'Energie Electrique (S.E.E.E.) et font l'objet du rapport IGECO- Octobre 1961.

Si la géologie du site ne semblait pas poser de gros problèmes, il apparaissait par contre que les connaissances, à cette époque, sur le régime du Mayo Kébi, étaient insuffisantes pour pouvoir établir le projet. Aussi l'ORSTOM fut-il chargé, par le Ministère des Travaux Publics de la République du Tchad, de ces études hydrologiques indispensables.

La première campagne de mesures a eu lieu en 1961 et fait l'objet du rapport :

- CHUTES GAUTHIOT - Campagne Hydrologique 1961 par M. ROCHE

La seconde a été effectuée en 1964 et a donné lieu à la publication :

- ETUDE HYDROLOGIQUE DES CHUTES GAUTHIOT - Campagne 1964 par B. BILLON et R. RANDON.

Signalons également l'existence de trois notes préalables, qui ne donnaient que des évaluations approchées :

- " POSSIBILITE D'AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT, par A. BOUCHARDEAU (1959) ".

- AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT - Campagne 1960, par C. ROCHETTE.

- NOTE HYDROLOGIQUE PRELIMINAIRE POUR L'AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT par M. ROCHE (Octobre 1961).

Par Convention passée en 1965, l'ORSTOM a été chargé d'effectuer une troisième campagne de mesures. Comme pour les années précédentes, il convenait d'effectuer les opérations nécessaires pour déterminer :

- Les divers modes d'alimentation du Mayo Kébi

- Les études des crues, par l'observation des écoulements sur le bassin représentatif du Mayo Ligam. Les crues des Mayos rejoignant le Mayo Kébi à l'aval du Lac de Tikem seraient, en effet, susceptibles d'apporter de graves perturbations pendant les travaux d'aménagement.

Le présent rapport a pour but de présenter, outre les résultats de cette campagne, l'ensemble des études hydrologiques sur les Chutes Gauthiot, effectuées tant avec les données des campagnes précédentes, qu'avec celles du réseau général hydrométrique du Tchad.

La mise en route des observations a été effectuée en Mai 1965 par R. RANDON. Les observations ont été effectuées par un agent tchadien S. KILBAM. Enfin J. CALLEDE a séjourné continuellement sur le terrain, du 13 Août au 10 Octobre, afin de contrôler les relevés et effectuer les mesures hydrométriques indispensables.

L'équipement hydrométrique et pluviométrique était le même que celui utilisé en 1964.

J. CALLEDE disposait, pour ses déplacements, d'une camionnette 4 x 4 Renault. Signalons à cet effet les difficultés rencontrées pour se rendre du bassin versant du Mayo Ligan, où se trouvait le campement, aux stations hydrométriques de TIKEM et de FIANGA. Suite à de fortes pluies répétées fin Juillet, la route MBOURAO - FIANGA était coupée, ainsi que celle de TIKEM à PALA. Aussi, au lieu de parcourir les 40 km séparant MBOURAO de FIANGA, il fallait en faire 320, en passant par LERE, PALA, GOUNOU GAYA et TIKEM.

Notons aussi la recrudescence de l'activité des insectes vecteurs de maladie dans la zone à haute endémicité, située approximativement dans le triangle PALA, M'BOURAO, LERE. Cette région est infestée par de toutes petites mouches (simulium damnosum) qui transmettent une grave maladie: l'onchocercose, (il s'agit de filaires qui vont se loger dans l'intérieur de l'oeil provoquant la cécité). Les larves de ces insectes ne peuvent vivre que dans une eau courante, dont la vitesse serait comprise entre 0,6 et 1,2 m/s (d'après les travaux du Dr. M. OVAZZA, en Haute Volta). C'est ce qui explique leur présence dans les eaux du Mayo Kébi aux zones des rapides et sur les affluents. Plusieurs campagnes d'éradication ont été effectuées, de 1953 à 1963, sans aucun résultat.

Actuellement, toute mission scientifique ou technique, qui s'installerait quelques temps aux Chutes Gauthiot même, aurait bien peu de chance d'échapper à l'onchocercose.

II - PREMIERE PARTIE

LE MAYO KEBI AUX CHUTES GAUTHIOT - ETUDE DES VOLUMES ECOULES

A - DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE

Lors de la saison des pluies de 1903, le Capitaine FAURE, Officier qui accompagnait l' Administrateur BRUEL, effectuant une reconnaissance le long du Mayo Kébi, découvrait une série de chutes. En hommage au Secrétaire de la Société de Géographie Commerciale, il donnait le nom de "Chutes Gauthiot" à la plus grande.

Ce nom est resté, malgré une tentative d'appellation "Chutes MAC LEOD" demeurée sans succès.

Situées sur le Mayo Kébi, à une quarantaine de kilomètres en amont de LERE, les Chutes Gauthiot ont pour coordonnées géographiques :

Latitude 09° 43' Nord

Longitude 14° 34' Est

Ces chutes marquent la limite aval d'une succession de rapides dont l'origine se situe une douzaine de kilomètres plus en amont.

Le pied des chutes est à l'altitude 248 m tandis que le seuil est à 266 m soit une dénivellation de 18 m. Par contre le début de la zone des rapides est à l'altitude 303 m soit une dénivelée de 55 m par rapport à l'aval des chutes.

1°/ - SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BASSIN DU MAYO KEBI AUX CHUTES GAUTHIOT

D'une superficie de 13.330 km², le bassin versant s'étend des Chutes Gauthiot jusqu'aux abords du lit du Logone.

Il est compris entre 08° 53' et 10° 18' de latitude Nord, 14° 32' et 15° 50' de longitude Est.

La limite Nord suit à peu près l'alignement KAELE - BONGOR. La limite Est suit le Logone de BONGOR jusqu'à ERE, puis l'alignement ERE - KELO. Le Sud est jalonné par KELO, GAGAL, PALA.

L' Ouest est limité par les Chutes Gauthiot. La frontière entre Tchad et Cameroun se situe dans la partie Nord du bassin.

La surface camerounaise intéresse les Sous-Préfectures de KAELE et de YAGOUA. Au Tchad, le bassin intéresse les Sous-Préfectures de FIANGA, GOUNOU GAYA, LERE et PALA, qui dépendent de la Préfecture du Mayo Kébi, et celle de KELO, qui dépend de la Préfecture de la Tandjilé.

../...

Les centres les plus importants sont PALA, FIANGA, KELO et GOUNOU GAYA. Des stations expérimentales existent à KAROUAL, YOUE (Agriculture), FIANGA (Elevage) et TIKEM (IRCT).

Deux axes routiers sont pratiquement permanents en saison des pluies : KELO, PALA, LERE et PALA - TIKEM, à condition, toutefois, que les ouvrages ne soient pas emportés par des crues exceptionnelles, comme cela s'est produit en 1965.

D'autres liaisons sont plus ou moins praticables, en saison des pluies, avec un véhicule tout terrain.

Enfin certains itinéraires sont bien souvent irréalisables à cette époque, car submergés localement presque chaque année (TIKEM - FIANGA, FIANGA - GOUNOU GAYA par PATALAO, FIANGA - BONGOR par DANA, GOUNOU GAYA - ERE, par exemple).

Il ne sera alors possible que de se déplacer à pied, à cheval ou en pirogue, si l'on veut circuler dans la zone FIANGA - BONGOR - ERE - GOUNOU GAYA.

Documents cartographiques utilisés :

- carte aéronautique du Monde, au 1/1.000.000, feuille GAROUA NC 33
- carte de l' AEF et du Cameroun au 1/200.000, feuilles BONGOR, FIANGA, LERE, MAROUA et TAPOL.
- levés topographiques divers.

2°/- LE RELIEF

Le relief du bassin du Mayo Kébi comprend 3 zones bien caractérisées.

A l'Est d'une ligne passant approximativement par TIKEM et KELO, nous ne rencontrerons que des plaines d'inondation vers la cote 350 m : le relief sera inexistant, mis à part les émergences granitiques qui constituent les monts DAOUA, strictement localisées entre TIKEM et FIANGA. Le plus haut de ces monts, appelé également "Rocher de TIKEM", est le point culminant du bassin : 674 m.

Dans le triangle PALA - TIKEM - KELO, commencent les KOROS : le relief reste assez faiblement marqué. Par contre à l'Ouest de la ligne PALA - TIKEM, où affleurent les terrains primaires, le relief est plus différencié, les mayos ayant entaillé plus profondément le socle. Les pentes des versants sont fortes et le ruissellement sera intense. C'est dans cette zone que nous rencontrerons les plus forts débits caractéristiques.

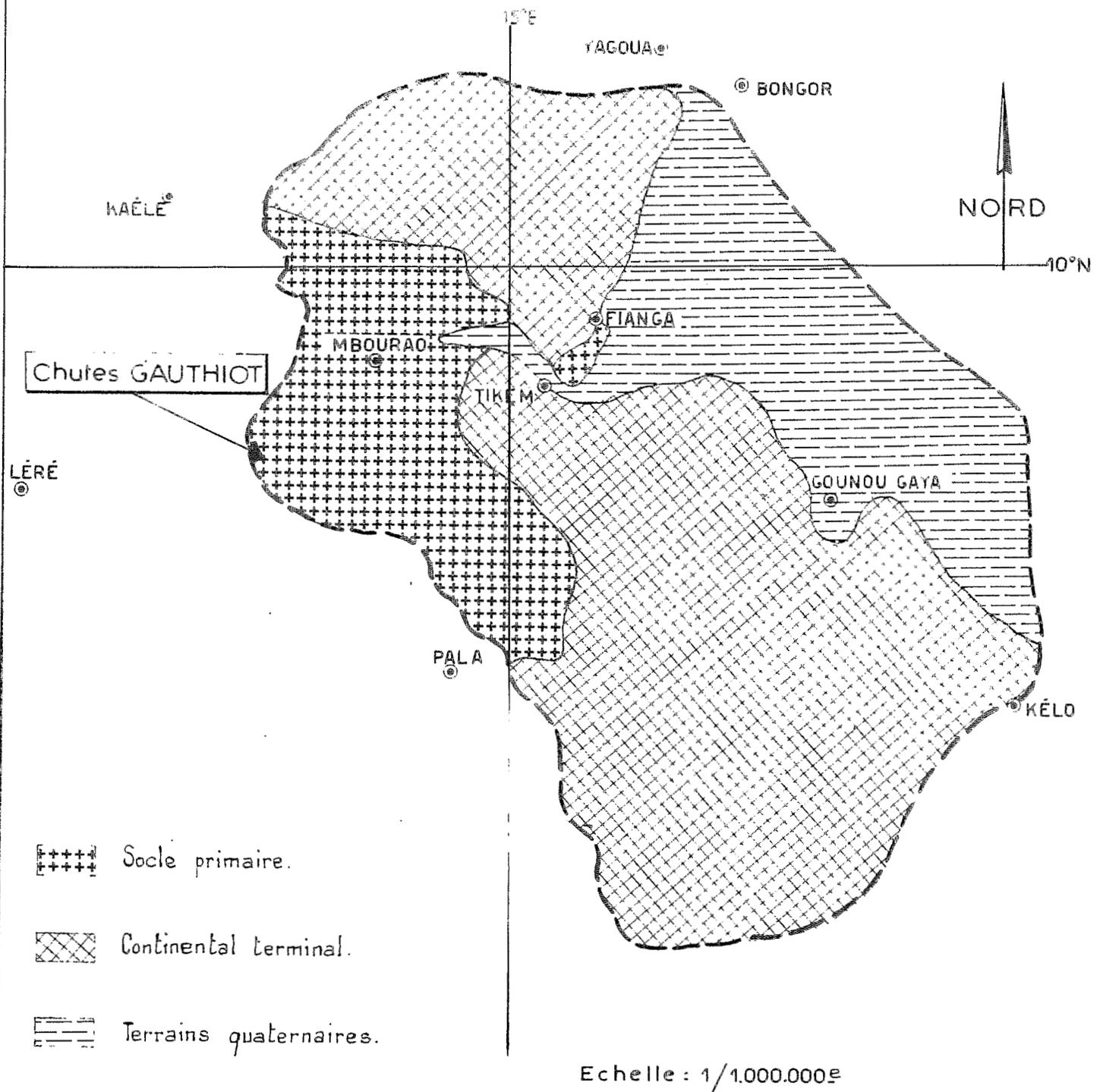
3°/- CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES (Voir carte n° 7669)

(d'après J. MERMILLOD, H. TORRENT et Ph. WACRENIER)

Ce n'est que dans la partie Ouest du bassin que le socle précambrien apparaît. On y rencontrera des séries métamorphiques schisteuse et magnésienne à

BASSIN DU MAYO KÉBI

CARTE GÉOLOGIQUE



CRT 7669

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED.

LE: 13-5-66

DES S. NICOE

VISA

TUBEN°

l' Est de la route PALA - TIKEM, quelques inclusions métamorphiques feldspathiques (gneiss et amphibolites gneissiques). Mais la majeure partie du socle sera formé de roches éruptives : granites à faciès migmatique. Des inclusions de granites alcalins se rencontrent qui constituent par exemple les montagnes de TIKEM et de FIANGA.

Dans la partie Sud du bassin le socle est recouvert, sur une grande épaisseur, par la formation sédimentaire du Continental, appelée également série de PALA. On y rencontrera surtout des grès, plus ou moins argileux, kaolineux ou ferrugineux, des argilites ferrugineuses, des bancs de kaolins blancs, des sables et des cuirasses ferrugineuses. Le tout alternant sans ordre défini et bien souvent sous forme lenticulaire à grand rayon. Les sables de la "Série de KELO" seraient rattachés aux formations du Continental Terminal (WACRENIER). Au Nord de la dépression Toubouri, ces terrains présentent une alternance de bandes sableuses, parallèles, cordons dunaires correspondant à l'ancien rivage du Lac Tchad.

Les terrains quaternaires, à l' Ouest reposent sur les formations du Continental Terminal. On les retrouvera sur les séries précédentes, dans la dépression Toubouri et le long du Logone. Ils sont constitués d'alluvions anciennes du Logone (cailloutis) surmontées de sables, plus ou moins argileux à structure lenticulaire.

Les Chutes Gauthiot ont été provoquées par érosion régressive, le Mayo Kébi butant sur des matériaux plus résistants, en l'occurrence des granites calco-alcalins mêlés à des microgranites roses. La tectonite n'a pas joué un grand rôle dans la formation, mais de nombreuses failles ont orienté la direction de la vallée.

Sur le socle précambrien, les puits sont rares et souvent à sec ; les villages sont près des mayos et leurs habitants exploitent avec plus ou moins de succès en saison sèche, l'écoulement souterrain dans les alluvions du lit. Dans le Continental Terminal, une nappe aquifère générale existe, dont la zone principale d'alimentation serait la forêt de YAMBA BERETE. Cette nappe est exploitée, parfois à bonne profondeur. Par contre, sous les terrains quaternaires, la nappe s'enfonce et n'est plus exploitée.

4°/ - CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES (d'après J. PIAS et C. CHEVERRY)

Sur les formations du Continental Terminal et approximativement à l' Ouest de la ligne TIKEM - GOUNOU GAYA, on trouve les sables de KELO, sols du type ferrugineux tropicaux. Ce sont des sols rouges sableux. La teneur en sable est très importante en surface (90%) mais le taux d'argile augmente en profondeur. Ces sols, très perméables, sont pauvres en matières organiques. Ils constituent la presque totalité des formations au Sud de la ligne PALA - KELO. Au Nord de celle-ci, ils sont souvent associés à des sols beiges hydromorphes : ils occupent alors dans ce cas le sommet des buttes. Les affleurements de cuirasse sont abondants dans les environs de TOROK et de GAMBA-TOUBOURI.

Dans la zone de capture, les sols sont hydromorphes puisque souvent submergés ou tout du moins soumis à l'action d'une nappe phréatique toute proche. Nous rencontrerons des sols beiges, sableux à sablo-argileux. Il y a lessivage apparent de l'argile : ces sols sont sableux en surface et sablo-argileux dans l'horizon illuvial. En profondeur se rencontrera la roche mère sableuse ou le niveau stratigraphique argileux. Ces sols sont peu perméables car ils présentent une grande compacité dès 40 cm de profondeur. Les sols beiges exondés sont nettement moins argileux que les inondés.

Se rencontreront aussi des sols argilo-sableux à nodules calcaires (berbérés) ; plus particulièrement dans la dépression du Lac BORO. De surface très tourmentée, où alternent monticules et dépressions, ces sols présentent fréquemment des effondrements. Ils sont inondés en saison des pluies. Leur couleur est variable : gris noir ou jaunâtre ; la texture est argilo-sableuse à argileuse. Leur compacité est moyenne mais ils ont une forte cohésion et une grande imperméabilité.

Des vases gris ardoise, exondées en saison sèche (et fortement craquelées alors) se rencontrent sur le pourtour des lacs de la dépression Toubouri. On trouvera également des sols sur alluvions fluviales récentes, limoneux ou argilo-limoneux.

Au Nord de la dépression Toubouri, l'alternance des rides sableuses va diversifier les sols.

Les buttes donneront des sols sableux, diversement colorés et pauvres pour la culture.

Les bas de pente sont des sols beiges hydromorphes qui, lorsqu'ils sont périodiquement inondés, donnent de très bonnes terres de culture.

Les dépressions sont occupées par ces mêmes sols beiges hydromorphes et souvent, lorsqu'elles sont de dimension suffisante, par des argiles noires tropicales avec parfois des nodules calcaires (sols très effondrés).

Enfin le socle primaire a donné plusieurs sortes de sols. Sur les hauteurs nous rencontrons des sols halomorphes lessivés (Solods) ou des sols ferrugineux tropicaux, sableux sur 50 cm, bien drainés. En bord de pente, nous aurons des sols peu évolués, d'érosion, à tendance ferrugineuse, généralement sur cailloutis granitique quartzeux, assez bien drainés également.

Les versants seront constitués par des sols halomorphes, à structure modifiée, lessivés à alcalis, solonetz solodisés. Ces sols sont perméables uniquement en surface (20 cm), l'horizon d'accumulation étant imperméable.

Lorsque la pente est très faible, les sols seront hydromorphes, peu humifères. A cause du mauvais drainage, l'hydromorphie sera uniquement une hydromorphie de surface.

../...

5°/- LA COUVERTURE VEGETALE

Le bassin du Mayo Kébi porte, sauf dans les régions de culture, un couvert végétal du type savane arborée.

Sur les sols rouges, ce sera une savane arborée forestière, à dominance de : DANIELIA Oliveri, BUTYROSPERMUM Parkii, TETRAPLEURA sp., PROSOPIS Africana, etc. avec un sous-bois d'arbustes et d'épineux, associés à un tapis herbacé à base d'andropogonées.

La zone de capture portera, sur les parties exondées, une savane arborée à dominance d' ANOGEISUS léiocarpus, COMBRETUM divers, PROSOPIS africana, PARKIA felcoides, etc ... Les sables inondés demeurent une végétation plus claire (BAUTHINIA reticulata, COMBRETUM glutinosum, GARDENIA sp.) avec un tapis herbacé à base d'andropogonées. Les argiles à nodules calcaires ne porteront qu'un tapis d'andropogonées avec quelques rares arbres (PSEUDOCEDRELA kotschvi, MITRAGYNA africana).

La bordure des lacs Toubouri sera constituée de FAIDHERBIA albid, associé à quelques rares arbres (FICUS sp., KHAYA sénégale).

Au Nord de la dépression, la savane arborée classique se rencontrera sur les buttes sableuses. Au fond des dépressions, là où stagne l'eau de pluie, le tapis herbacé est associé à quelques ACACIA seyal.

Le socle portera un couvert végétal allant de la savane arbustive à la savane arborée. La savane arbustive (à base de TERMINALIA laxiflora, COMBRETUM glutinosum, BAUTHINIA thoningii, XIMENTIA americana, etc ...) portera quelques arbres clairsemés (BODWELLIA papyrifera, PTEROCARPUS erinacéus). La transition se fera progressivement jusqu'à la savane arborée arbustive. Celle-ci sera à base de STERCULIA sétigera, PROSOPIS africana, ANOGEISSUS léiocarpus. Le tapis herbacé à base d'andropogonées reste très réduit en saison sèche.

Sur le socle primaire, le peu de richesse des sols associé à une zone de haute endémicité, conduisent à une densité de population quasi nulle. Seuls quelques pasteurs nomades FOULBE traversent cette région avec leurs troupeaux. Des villages comme TAM, n'existent plus que sur la carte et ceux qui sont encore habités (MAYO LEDE, BINDER - NAIRI), par des cultivateurs MOUNDANG, sont en voie de dépeuplement. Aussi la mise en culture est très limitée et la savane occupe la quasi totalité de la surface.

Par contre, sur les autres sols, il en est autrement. La mise en valeur (cotonnière surtout) est particulièrement active et la savane régresse d'année en année. Les sols ferrugineux tropicaux cultivés par les MOUSSEYE portent généralement des cultures vivrières (arachides, petit mil, mil rouge, mil blanc, pois de terre) et cotonnières. Sur la zone de capture où vivent des MOUSSEYE et des MASSA, on cultive le riz près du Logone sur les sols sableux et le sorgho repiqué dans les berbérés. Les sols argilo-sableux à nodules calcaires ne sont pas utilisés, sauf s'il existe une pente suffisante pour assurer un drainage suffisant : dans ce cas ils porteront du coton. Les sols beiges donnent des cultures vivrières et cotonnières.

Au Nord de la dépression Toubouri, la densité de population est très élevée. Les Toubouri cultivent une grande partie des sols qui portent des cultures vivrières classiques et du coton.

6°/ - RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le Mayo Kébi fait partie du bassin du Niger, étant affluent de la Bénoué. Le bassin versant se trouve donc à la limite de partage des eaux entre Tchad et Niger et presque chaque année, une partie des eaux du Logone (qui appartient au bassin du Lac Tchad) se déverse, par les seuils d'ERE puis de DANA, pour alimenter le Mayo Kébi.

Toponymiquement, le Mayo Kébi est le nom donné à l'émissaire des lacs de la dépression Toubouri (lacs de FIANGA, de TIKEM, N'GARA séparés par des seuils peu marqués). Les tributaires de ces lacs, tous de rive gauche, sont les Mayo Dorbo, Mayo Déhé et surtout la Kabia. Celle-ci, formée de la réunion du Banangouro et du Kou aux confins de la forêt classée de YAMBA BERETE, reçoit la Loka tout près du lac de FIANGA. C'est surtout par la Loka que les eaux du Logone se déversent dans le Mayo Kébi.

Ces déversements ont été observés depuis fort longtemps et le Général TILHO a même craint un risque de capture totale du Logone par la Bénoué. Une série de nivellements, effectués dans la région suspecte, ont permis de conclure que le risque de capture totale n'était pas évident et en tout cas guère immédiat. Il n'en demeure pas moins vrai que presque chaque année le Mayo Kébi reçoit un volume d'eau notable, en provenance du Logone. Une partie des débordements s'effectue par le seuil de Dana, dans le lac de FIANGA. Mais c'est par le seuil d'ERE que les dérivations sont les plus importantes : celles-ci sont alors collectées par la Loka puis par la Kabia. Il existe également des déversements de la Tandjilé, affluent de rive gauche du Logone dont le confluent se situe à l'amont immédiat d'ERE, dans la Loka, mais ces déversements sont insignifiants. L'ensemble de ces phénomènes s'observe en Septembre, surtout Octobre et Novembre.

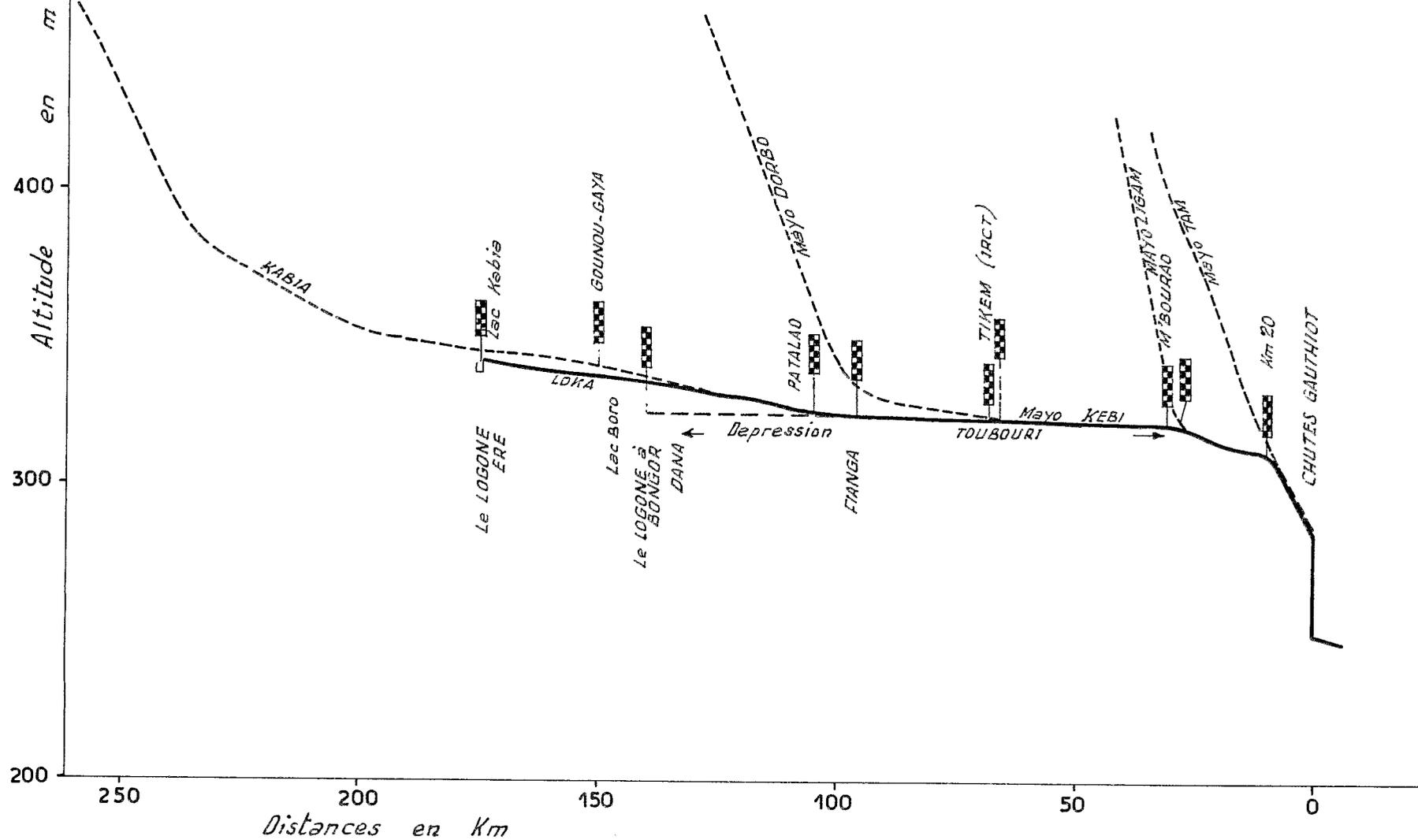
Suivant l'importance des apports pluviométriques et des volumes déversés, la communication entre les lacs de TIKEM et de FIANGA pourra s'établir dans un sens comme dans un autre : on observera généralement un courant dans le sens TIKEM - FIANGA en Juillet, puis dans le sens FIANGA - TIKEM à partir de Septembre.

Le Mayo Kébi, à l'aval du lac de TIKEM, reçoit directement quelques affluents : les Mayo Bilou, Mayo Gauré et Mayo Ligam en rive droite, le Mayo Tam (ou Mandji) en rive gauche. Il existe également, de part et d'autre du Mayo Kébi, de M'BOURAO aux Chutes Gauthiot, une multitude de petits mayos sans nom, plus ou moins importants et qui apportent en saison des pluies, un volume d'eau non négligeable.

Le profil en long du Mayo Kébi et ses principaux affluents (graphique n° 7668) indique bien l'augmentation de la pente à partir de M'BOURAO et jusqu'aux Chutes Gauthiot. De TIKEM jusqu'à M'BOURAO la différence de niveau est de 1 mètre, soit une pente très faible, de l'ordre de 3 cm/km. De M'BOURAO à la station "km 20", la pente passe à près de 60 cm/km. Mais entre le km 20 et les Chutes Gauthiot, la pente atteint 35 m/km : nous sommes alors dans une zone de rapides, dont les Chutes marquent pratiquement le terme.

Profil en long du MAYO KÉBI et de ses principaux affluents

(d'après la carte I.G.N. au 1/200.000)



CRT 7668

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE 12-5-66

DES: S. NICOE

VISA

TUBE N°

Les affluents issus du socle primaire ont aussi des pentes importantes. Le Mayo Tam, à l'emplacement du village de TAM, a une pente de l'ordre de 4 m/km tandis que le Mayo Ligam, à l'emplacement de la station hydrométrique, avait une pente de 2 m/km. Par contre, les affluents issus du Continental Terminal ou du Quaternaire ont des pentes infiniment moins fortes, de l'ordre de 0,3 m/km pour la Loka et le cours inférieur de la Kabia, ce qui est moins favorable au ruissellement.

Enfin dans la partie Nord-Ouest du bassin, nous rencontrerons une zone de 770 km², purement endoréique et qui ne participera pas à l'alimentation du Mayo Kébi.

Rappel du régime hydrologique

Le Mayo Kébi peut être considéré comme de régime tropical pur. On y trouvera une saison de hautes eaux, de Juillet à Octobre et une saison de basses eaux de Janvier à Juin à débit presque nul. Mais l'hydrogramme issu du ruissellement est très perturbé par les apports du Logone (par le seuil d' ERE et accessoirement par celui de DANA) dont l'importance est fonction du niveau de ce dernier : il faut une hauteur, à l'échelle d' ERE, d'environ 3,7 m pour qu'ils commencent.

Le débit d'étiage n'est jamais nul étant donné l'extension des lacs et des marécages dans le réseau hydrographique, mais il demeure quand même très faible, de l'ordre de quelques centaines de litres par seconde. Les crues seront laminées par les lacs de la dépression Toubouri, lorsqu'elles proviendront des affluents amont. Par contre, les débits maximaux du Mayo Tam ne seront soumis à aucune diminution et atteindront des valeurs bien supérieures à celles du Mayo Kébi proprement dit.

7°/- CONCLUSION

Le bassin versant du Mayo Kébi peut se diviser en deux grandes zones :

- la zone située sur le socle primaire qui, du fait de la nature de ses sols, du relief bien marqué, sera une zone à fort ruissellement.

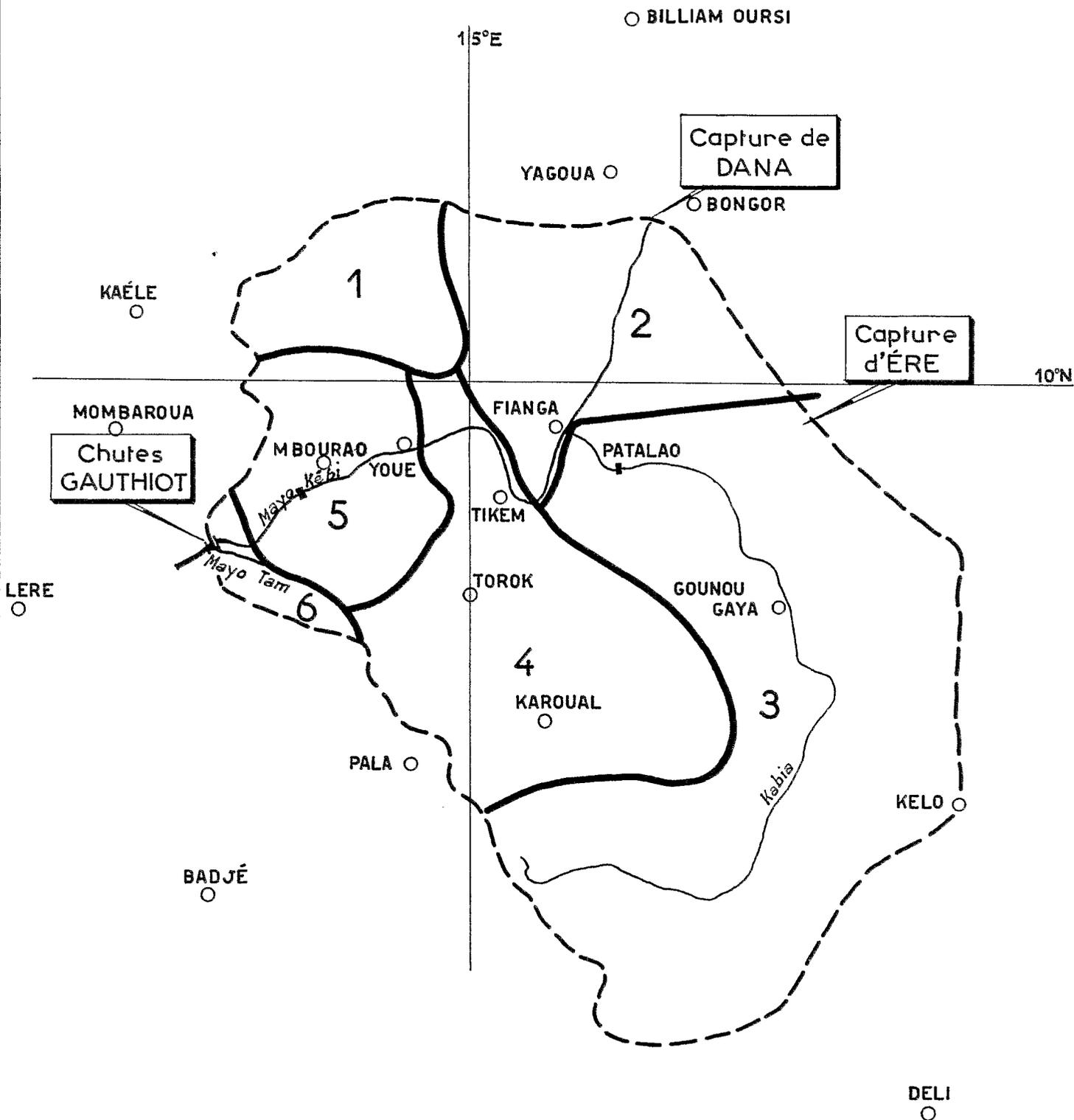
- le reste du bassin qui ruissellera nettement moins. La pente des versants et des thalwegs est en effet bien plus faible et les sols sont souvent moins imperméables. Par contre c'est dans cette zone que se déverseront les eaux du Logone, qui peuvent représenter une bonne part des volumes écoulés aux Chutes Gauthiot.

Afin de mieux connaître les diverses valeurs des coefficients de ruissellement, M. ROCHE, dans sa "Note hydrologique préliminaire pour l'aménagement des Chutes Gauthiot - Octobre 1961" avait découpé le bassin en six zones pour lesquelles il admettait un coefficient de ruissellement identique (carte n° 7565). Cette division a été conservée lors des études suivantes. Nous l'adopterons donc.

.. / ...

BASSIN du MAYO-KÉBI aux CHUTES GAUTHIOT

ECHELLE : 1 / 1.000.000^e



CRT 7565

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 5 - 10 - 65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

La zone 1 correspond au secteur endoréique (770 km²).

La zone 2 (2.260 km²) comprend la zone drainée par la dépression Toubouri, de DANA à TIKEM, mais sans le bassin de la Kabia. Ce dernier constitue la zone 3 (6.330 km²).

La zone 4 intéresse les bassins versants des Mayo Dorbo et Mayo Déné plus quelques tributaires du lac N'GARA (3.030 km²).

La zone 5 (990 km²) comprend tous les affluents issus du socle primaire à l'exclusion du Mayo Tam et de quelques petits affluents de rive droite qui constituent la zone 6 (280 km²) et qui n'interviendraient pas dans le stockage.

B - DONNEES CLIMATOLOGIQUES

D'après la classification en usage au Service Hydrologique de l'ORSTOM, le bassin du Mayo Kébi aux Chutes Gauthiot, est situé dans la zone de climat tropical pur. Dans celle d' AUBREVILLE, il se situerait à la limite septentrionale du climat soudano-guinéen.

Ce climat est caractérisé par l'alternance d'une saison des pluies et d'une saison sèche, dont l'alternance est commandée par la position du Front Inter-tropical (FIT); front séparant l'air tropical continental (Harmattan) de l'air équatorial maritime (Mousson).

Le FIT se déplace en latitude. En Janvier il occupe sa position la plus méridionale aux alentours de YAOUNDE, en Août, il se trouvera le plus au Nord, atteignant le 18° Nord. Nous distinguerons :

- une saison sèche, de Novembre à Mars, lorsque le FIT sera au Sud du bassin.
- une saison des pluies, d' Avril à Octobre, lorsqu'il sera au Nord.

1°/- EQUIPEMENT CLIMATOLOGIQUE

Des observations météorologiques assez complètes sont effectuées, depuis 1953, à PALA, pour les besoins de l' Aéronautique Civile.

De même, l' Institut Français de Recherche du Coton et des Textiles Exotiques (IRCT) de TIKEM effectue des observations météorologiques (température, hygrométrie, évaporation) nécessaires à ses travaux.

Enfin, lors des campagnes successives, nous avons installé, sur le bassin représentatif du Mayo Ligam, une station météorologique destinée à fournir des relevés de température, hygrométrie et évaporation sur bac. Cette station comprenait :

- un abri météorologique, avec thermomètres à maxima et minima, psychrométrie, évaporomètre PICHE et thermographe.
- un bac d'évaporation type COLORADO, enterré.

La mesure de la hauteur de pluie, sur le bassin du Mayo Kébi, s'effectue à 26 postes pluviométriques. Mises à part les mesures pluviométriques fines effectuées sur le bassin du Mayo Ligam, où 2 pluviographes ont été installés, les intensités des précipitations ne sont mesurées qu'à la station météorologique de PALA. Le pluviographe employé est un appareil RICHARD à siphon, ce qui ne permet pas d'obtenir avec précision des renseignements sur les fortes intensités.

2°/- INSOLATION

Mesurée uniquement à PALA, depuis 1960 sur héliographe CAMPBELL, l'inso-
lation donne les valeurs suivantes :

INSOLATION JOURNALIERE A PALA (Période 1960-65)

(en dixième d'heure)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
102,6	101,8	91,7	82,0	84,8	71,7	63,2	53,3	66,7	81,3	96,3	100,5	83,0

3°/- TEMPERATURES

La température de l'air est mesurée à PALA et TIKEM. Mais la proximité
du lac de TIKEM crée un effet d'oasis, aussi retiendrons-nous uniquement les obser-
vations effectuées à PALA comme représentatives du bassin.

a)- Température moyenne annuelle

La température moyenne annuelle, à PALA, pour la période 1953-1965 est
de : 27° 2.

Cette valeur est très significative, l'écart type étant de 0° 3. A titre
de comparaison, les moyennes annuelles des températures sont, à MOUNDOU, de 26° 9
et à FORT-LAMY 28° 1.

L'amplitude annuelle moyenne est : 5° 7

L'amplitude annuelle maximale est : 32° 2

Le maximum absolu observé est : 42° 3

Le minima absolu observé est : 10° 1

b)- Température moyenne mensuelle

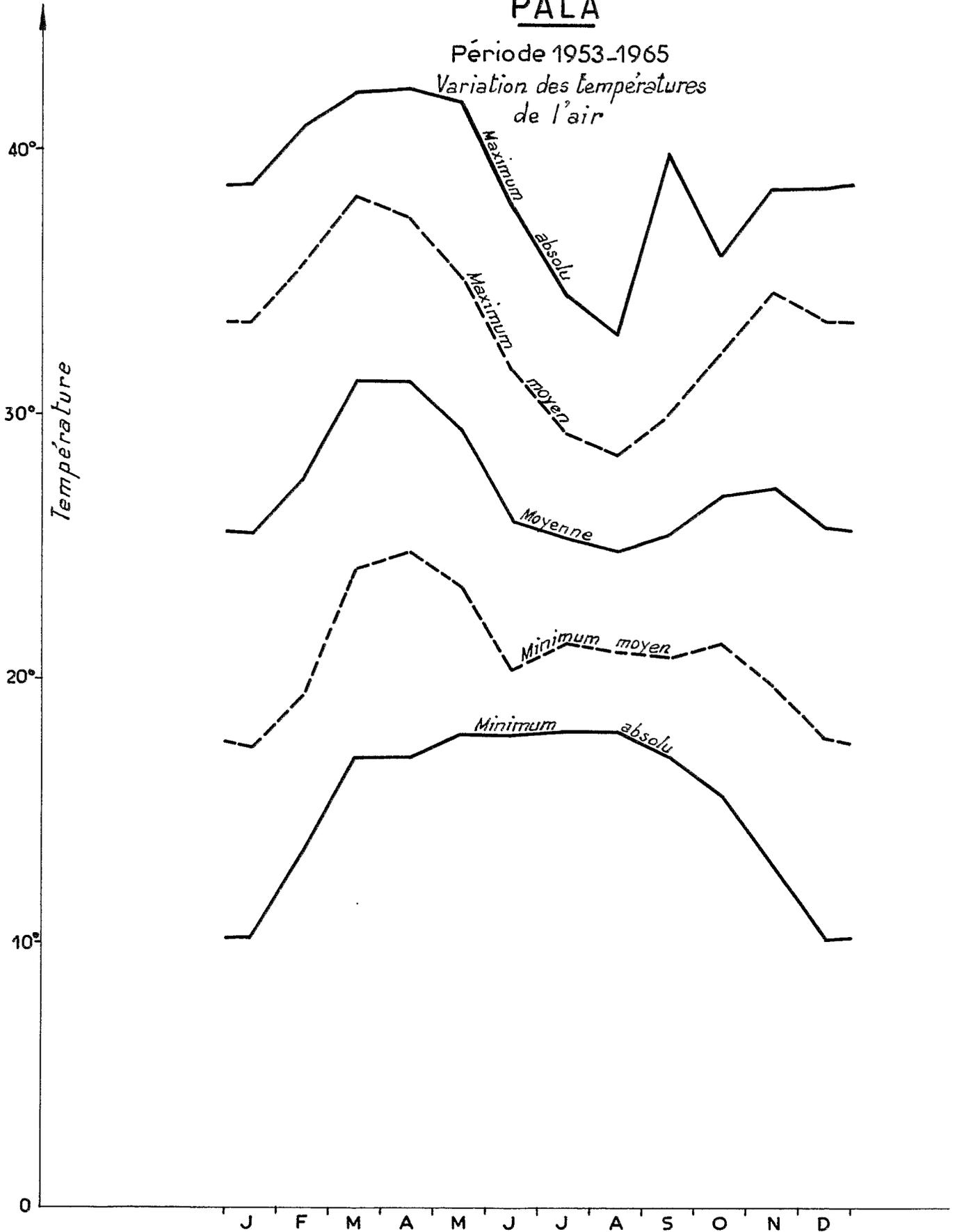
Le tableau suivant et le graphique n° 7663 indiquent les valeurs et les
variations de la température moyenne mensuelle.

../....

PALA

Période 1953-1965

Variation des températures de l'air



CRT 7663

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 9-5-66

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN?

TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE (Période 1953 - 65)
(degrés centigrades)

Températures	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Maxima moyen	33,5	35,7	38,2	37,5	35,2	31,7	29,3	28,5	30,0	32,4	34,6	33,5	33,3
Minima moyen	17,4	19,4	24,2	24,8	23,5	20,3	21,3	21,0	20,8	21,3	19,7	17,8	21,0
MOYENNE	25,5	27,6	31,2	31,2	29,4	26,0	25,3	24,8	25,4	26,9	27,2	25,7	27,2
Maxima absolu	38,7	40,9	42,1	42,3	41,8	37,8	34,5	33,0	39,8	36,0	38,5	38,5	42,3
Minima absolu	10,2	13,5	17,0	17,0	17,8	17,9	17,9	18,0	17,1	15,6	12,9	10,1	10,1

La variation dans les températures moyennes mensuelles caractérise bien le climat tropical : on y trouve deux minimums, en Janvier et Août, et deux maximums en Mars Avril et Novembre.

4°/- PSYCHROMETRIE

Les variations psychrométriques moyennes mensuelles (humidité relative et tension de vapeur) fait l'objet des graphiques 7658, 7659 et du tableau ci-dessous.

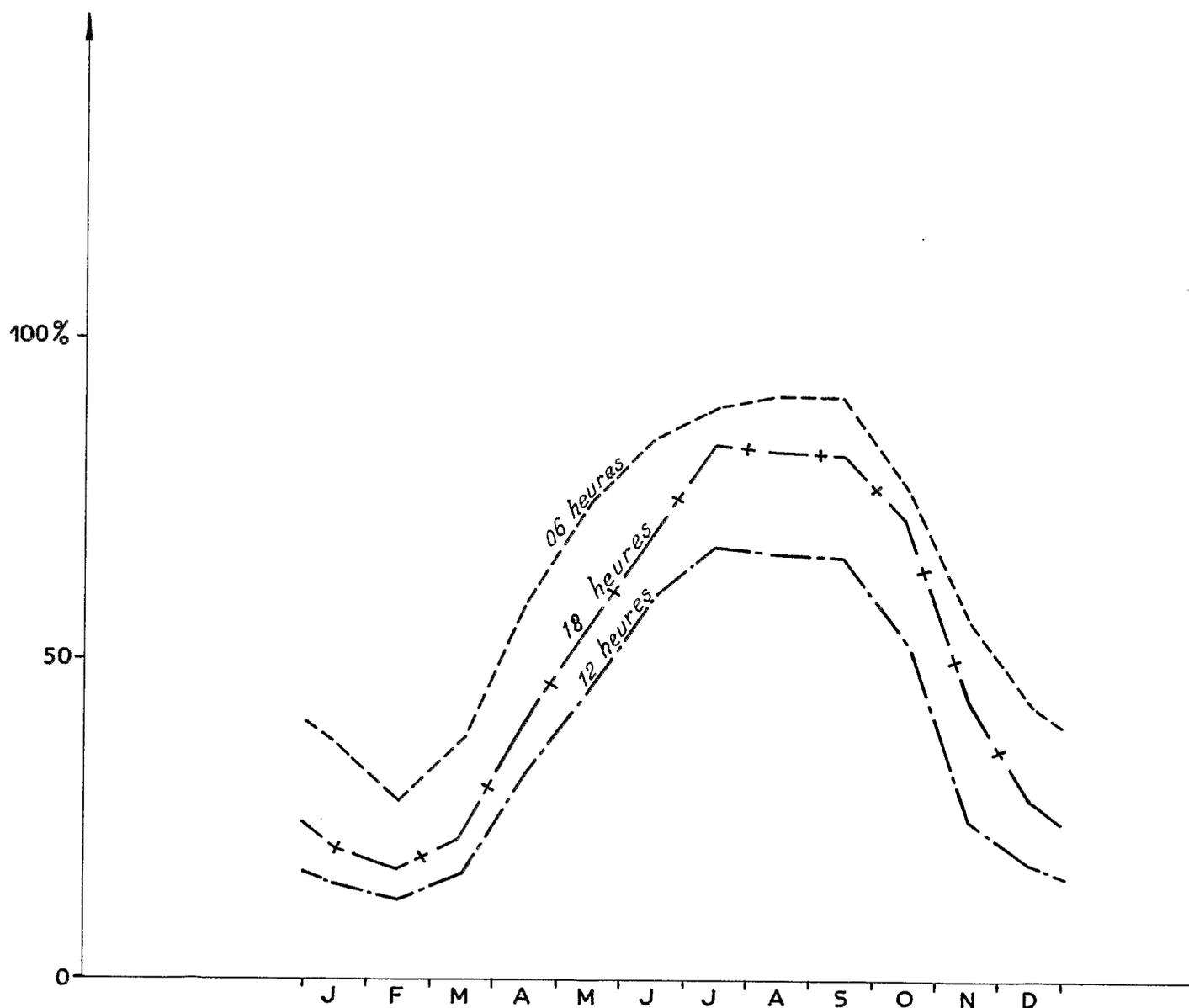
PSYCHROMETRIE OBSERVEE A PALA (Période 1953 - 65)

Heures	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Tension de vapeur (millibars)													
06.00	7,8	7,0	11,4	20,4	23,7	24,3	24,5	24,3	24,3	23,1	14,7	9,4	17,9
12.00	7,8	6,9	11,5	19,0	22,8	24,9	25,2	25,4	25,6	23,8	13,5	8,9	17,9
18.00	7,5	7,9	11,0	19,2	23,2	25,6	25,7	26,0	26,6	24,8	15,9	10,4	18,7
Humidité relative (%)													
06.00	36,9	28,1	37,7	59,0	73,9	84,5	89,7	91,5	91,3	77,6	57,4	43,5	64,3
12.00	14,9	12,7	16,6	32,6	45,7	59,7	67,9	66,7	66,2	53,2	25,5	18,2	40,0
18.00	20,4	17,4	22,5	40,5	55,9	69,8	84,0	82,5	82,3	72,8	44,2	28,6	51,7

PALA

Variation mensuelle de l'humidité relative

(Période 1953 - 1965)



CRT 7658

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 6-5-66

DES: S. NICOE

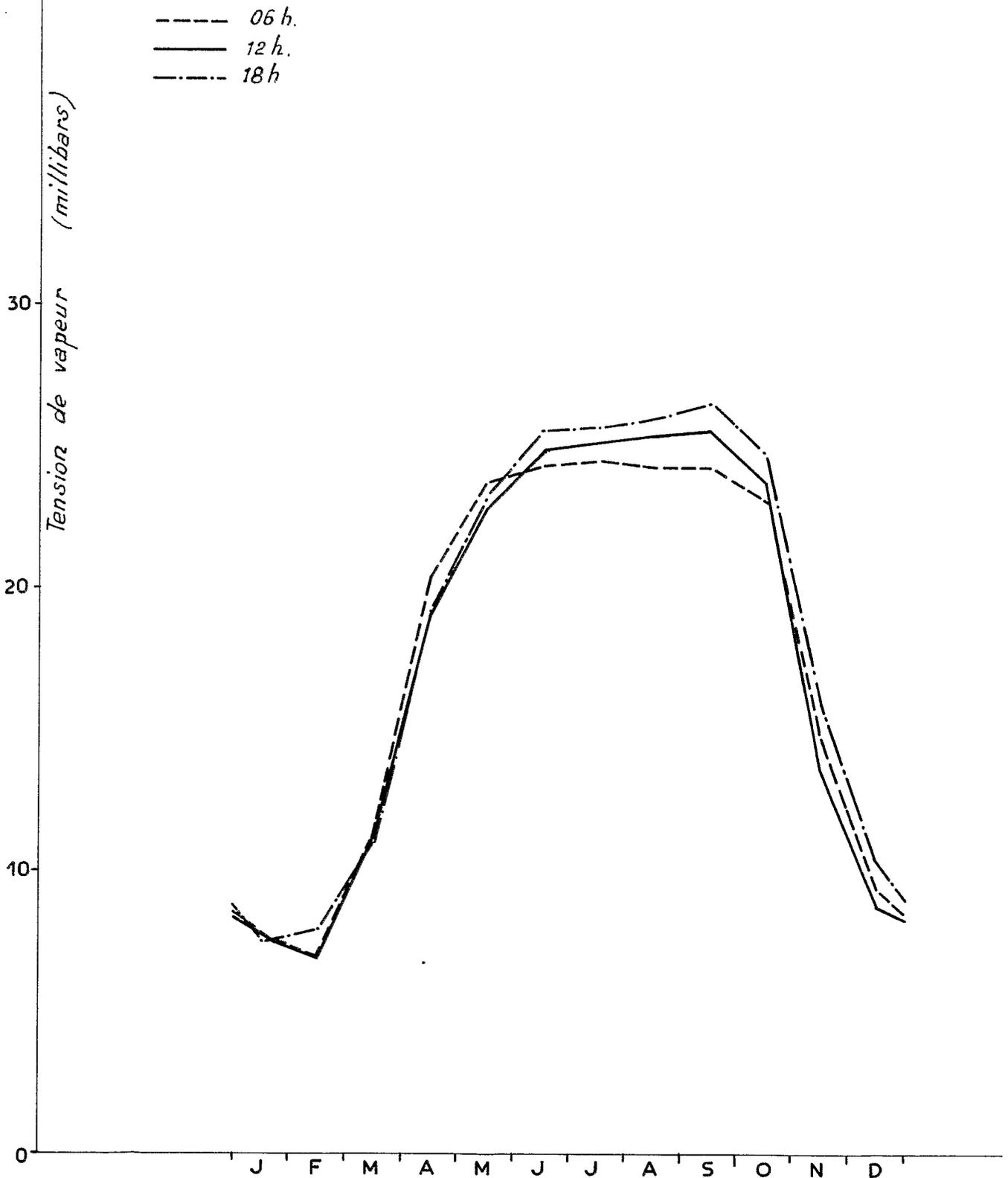
VISA

TUBEN°

PALA

Variation annuelle de la tension de vapeur

Période : 1953-1965



CRT 7659

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 7-5-66

DES: S:NICOE

VISA

TUBEN°

5°/- LES VENTS

La direction et la force du vent sont, à PALA, mesurées au TELEVENT depuis 1961.

En moyenne, sur 100 observations, 19 indiquent un vent calme ou inférieur à 1 m/s. La répartition des vitesses du vent, mois par mois, fait l'objet du tableau ci-dessous.

FREQUENCE DANS LA FORCE DU VENT A PALA

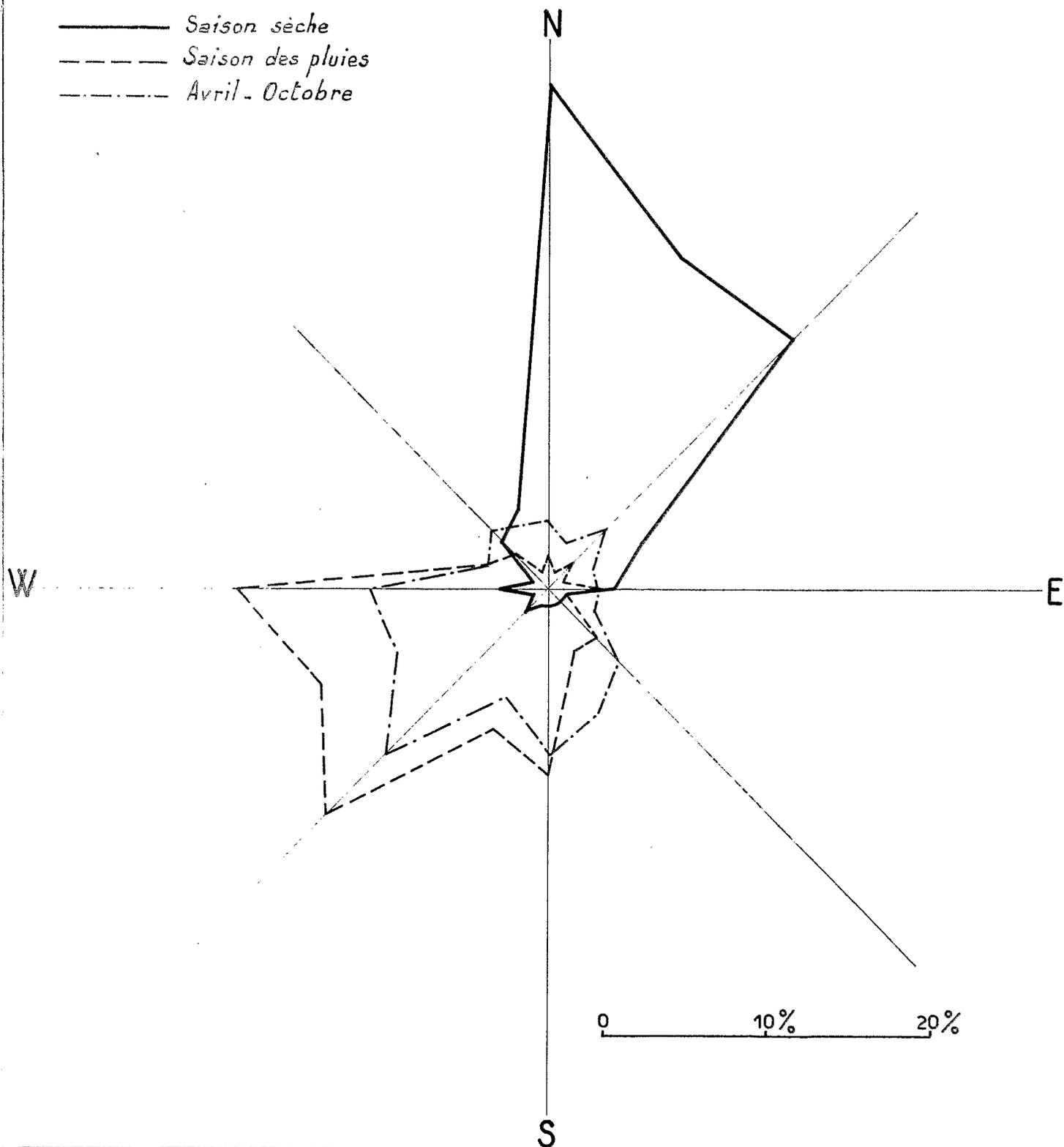
(1961 - 1965)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Fréquence (%)													
Vent inférieur à 1 m/s	11	11	13	12	18	27	19	20	26	24	22	20	19
Vent supérieur ou égal à 1 m/s	89	89	87	88	82	73	81	80	74	76	78	80	81
2 m/s	81	85	83	82	76	66	75	71	62	63	70	73	74
3 m/s	62	63	61	63	58	49	56	51	35	35	46	52	53
4 m/s	35	40	39	43	38	34	35	29	16	15	25	30	32
5 m/s	22	27	15	29	22	21	20	18	8	8	13	17	18
6 m/s	12	13	14	18	11	11	9	10	4	4	5	8	10
7 m/s	4	6	8	8	5	5	4	4	2	2	3	3	4
8 m/s	1	2	4	4	2	3	3	2	1	1	1	1	2
9 m/s		1	2	2	2	1	1	1	1				1
10 m/s			1	1	1	1	1		1				
11 m/s					1	1							
VENT MAXIMUM OBSERVE (m/s)													
	9	10	20	13	16	13	12	13	12	20	12	9	

.../...

Fréquence dans la direction des vents à PALA

— Saison sèche
 - - - Saison des pluies
 - · - · - Avril - Octobre



CRT 7625

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 20-4-66	DES: S: NICOE	VISA	TUBEN?	
-----	-------------	---------------	------	--------	--

FREQUENCE DANS LA DIRECTION DU VENT A PALA

(1961 - 1965)

Direction	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Saison sèche	Saison de pluies	Avril Oct.
N	35	38	28	5	1	1	2	2	4	4	21	30	30	2	4
NNE	21	18	11	3	1	0	0	0	2	3	16	24	18	1	3
NE	24	22	15	3	2	1	1	2	4	7	19	24	21	2	5
ENE	5	6	5	2	1	1	1	1	1	4	5	7	6	1	3
E	4	4	4	3	3	3	2	1	4	3	4	4	4	3	3
ESE	1	1	2	3	2	2	1	1	1	3	2	1	1	1	3
SE	1	0	2	6	9	4	1	2	4	7	2	1	1	4	6
SSE	0	0	1	7	8	4	0	1	5	9	3	0	1	4	8
S	0	0	2	10	16	16	9	6	10	9	3	0	1	11	10
SSW	0	0	1	8	10	11	9	6	8	7	2	0	1	9	7
SW	0	1	5	15	19	22	21	18	15	13	3	0	2	19	14
WSW	0	1	3	11	12	16	22	19	13	9	3	0	1	16	10
W	0	1	7	12	10	14	24	29	17	11	5	1	3	19	11
WNW	1	1	2	6	3	3	4	6	6	3	2		1	4	4
NW	5	2	5	4	2	2	2	3	5	6	5	3	4	3	5
NNW	3	5	7	2	1	0	1	1	1	2	5	4	5	1	4

Le graphique n° 7625 représente la rose des fréquences des vents pour les deux saisons. L'harmattan soufflera de secteur Nord à Nord Est, tandis que la mousson viendra du Sud Ouest.

6°/- EVAPORATION

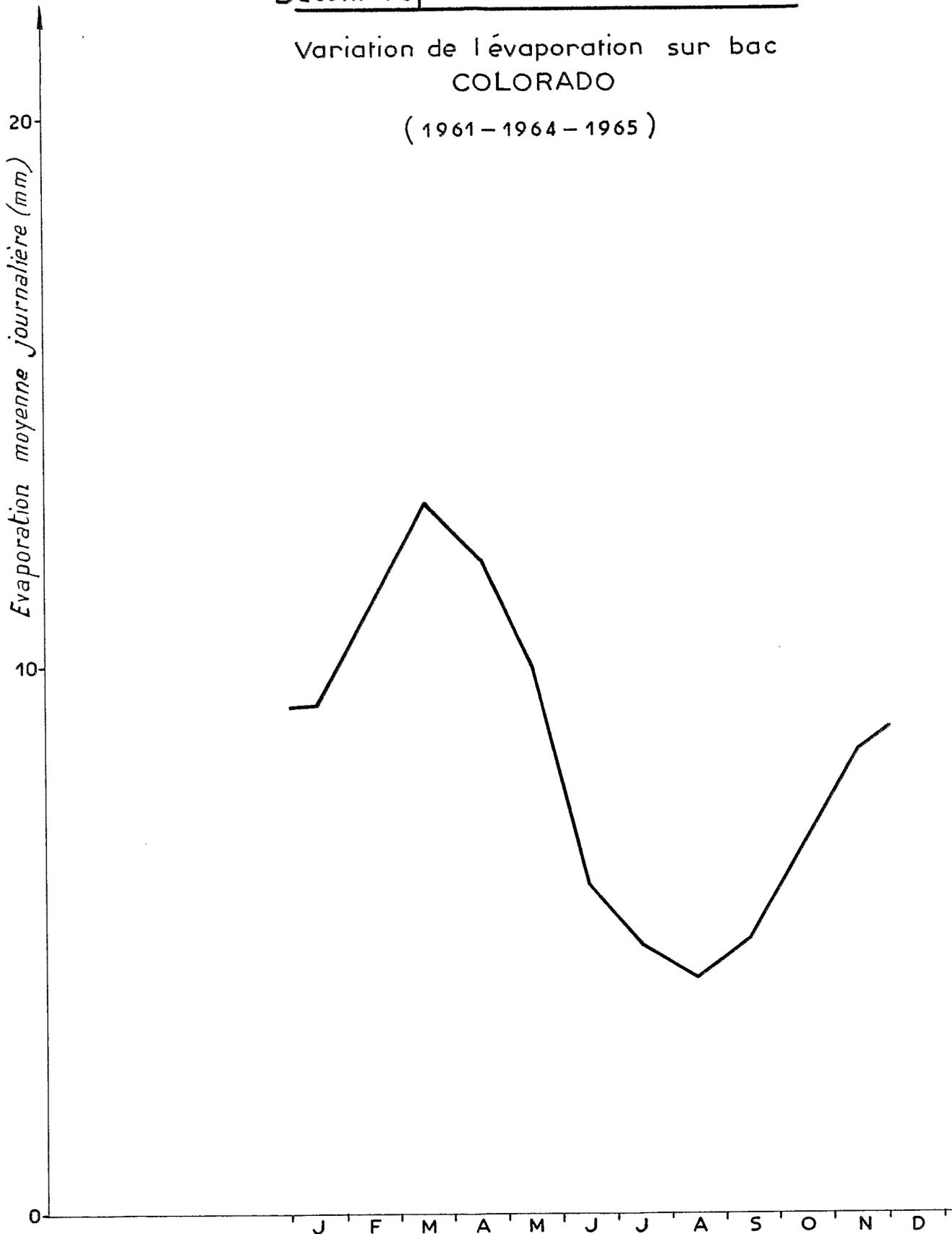
L'évaporation PICHE mise à part car peu significative, les mesures évaporatoires sur bac n'ont été effectuées que sur le bassin du Mayo Ligan, durant les 3 campagnes 1960, 1964 et 1965.

.../...

Bassin représentatif du MAYO LIGAM

Variation de l'évaporation sur bac
COLORADO

(1961 - 1964 - 1965)



CRT 7652

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 4 - 5 - 66

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

Les résultats sont les suivants :

EVAPORATION SUR BAC COLORADO ENTERRE (Bassin représentatif du Mayo Ligam) mm/jour

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961							3,7	3,7	4,7	7,2	9,3	9,3
1962	9,7	12,1	13,6	12,3								
1964							5,4	4,8	5,9	6,4	7,6	9,1
1965	8,8	10,0	12,5	11,6	9,9	6,0	5,5	4,4	4,5			
Moyenne	9,3	11	13	12	10	6	4,9	4,3	5	6,8	8,5	9,2

L'évaporation annuelle, sur bac COLORADO, sera de l'ordre de 3.000 mm.

A BOL, des observations effectuées sur un bac identique donnaient une évaporation annuelle de l'ordre de 3.400 mm, alors que le lac Tchad avait une évaporation, déterminée par le bilan hydrologique, de 2.250 mm. Compte tenu des résultats d'évapotranspiration obtenus à la station de FORT-LAMY, de l'ordre de 2.100 mm, nous pouvons admettre une évaporation, sur nappe d'eau de très grande dimension (lac, retenue de barrage) de : 1.900 mm

7°/- PRECIPITATIONS

Les mesures des précipitations ont été effectuées aux stations de :

BONGOR	(Administration)	:	25 années
BONGOR	(Cotonfran)	:	18 années
FIANGA	(Administration)	:	15 années
FIANGA	(Cotonfran)	:	17 années
GAGAL	(Cotonfran)	:	14 années
GOUNOU GAYA	(Cotonfran)	:	16 années
KAROUAL		:	12 années
KELO	(Administration)	:	20 années
KELO	(Cotonfran)	:	17 années
M'BOURAO	(Mayo Ligam)	:	3 années
PALA	(Administration)	:	20 années
PALA	(Cotonfran)	:	17 années
TIKEM	(I R C T)	:	22 années
TOROK		:	2 années

.. / ...

situées sur le bassin ou sur son périmètre, complétées par les stations de :

BADJE
 BEINAMAR
 BILLIAM OURSI
 BOUMO
 DELI
 KAELE (Cameroun)
 LAI
 LERE
 MONBAROUA
 TAPOL
 YAGOUA (Cameroun)
 YOUE

a)- Pluviométrie annuelle ponctuelle

Les pluviométries annuelles, sur les stations observées depuis au moins 15 années, sont données sur le tableau page suivante.

Utilisant les résultats des homogénéisations, effectuées par Y. BRUNET-MORET, pour la période 1940 - 1965, nous obtenons les moyennes interannuelles suivantes :

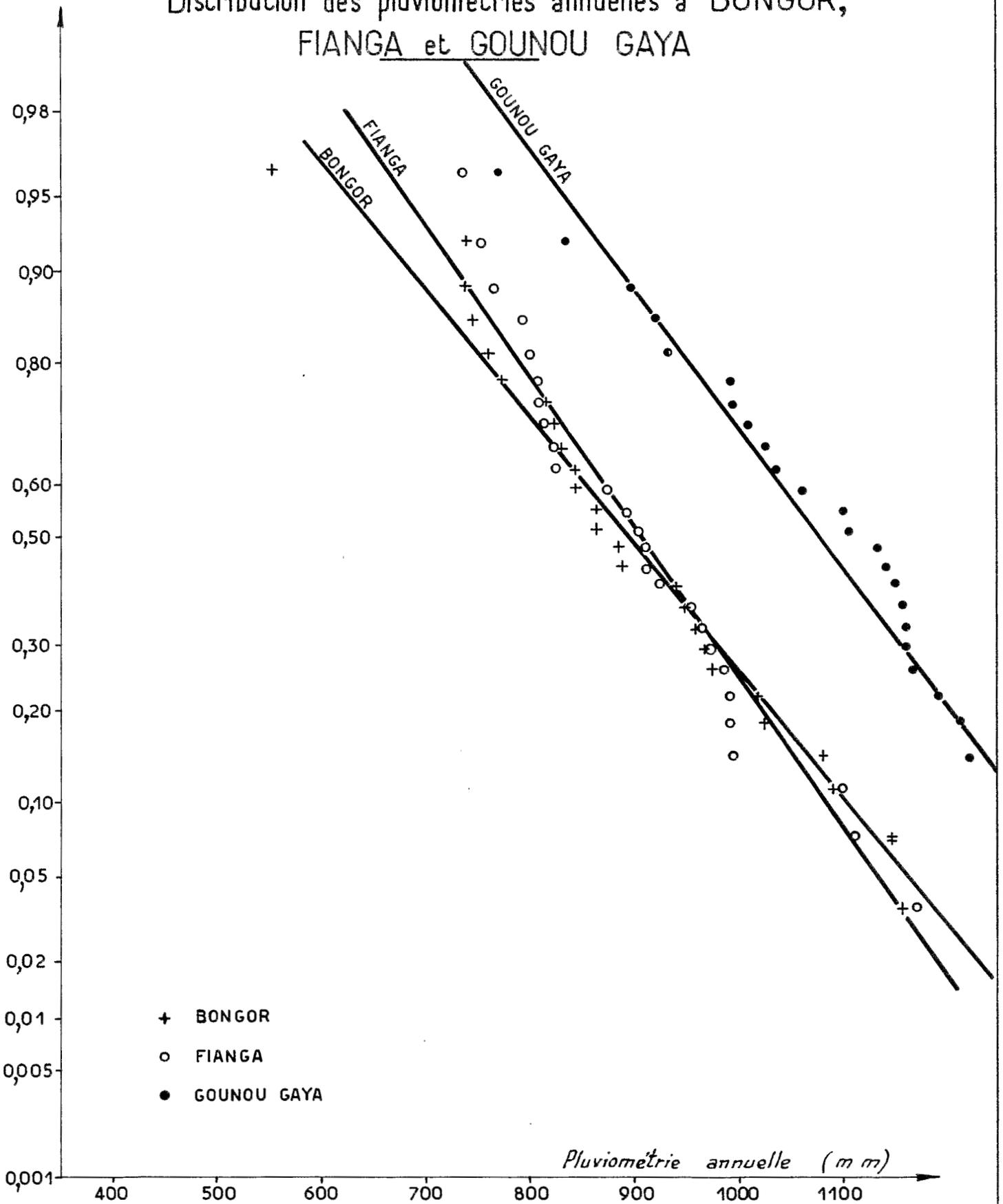
Stations	Moyenne interannuelle (mm)	Ecart type (mm)	Coefficient de variation
BONGOR (Adm)	887	148	0,167
BONGOR (Cf)	915	147	0,161
DELI	1126	155	0,138
FIANGA (Adm)	958	137	0,143
FIANGA (Cf)	907	107	0,118
GOUNOU GAYA	1084	138	0,127
KAELE	(938)	(108)	(0,115)
KELO (Adm)	1067	169	0,158
KELO (Cf)	1151	194	0,168
LERE (Adm)	864	127	0,147
LERE (Cf)	921	129	0,140
PALA (Adm)	1096	110	0,100
PALA (Cf)	1082	96	0,089
TIKEM (IRCT)	900	138	0,153

PRECIPITATIONS ANNUELLES OBSERVEES SUR LE BASSIN DU MAYO KEBI

(mm)

Années	BONGOR (CF)	BONGOR (Adm)	DELI	FIANGA (Adm)	FIANGA (CF)	GOUNOU GAYA (CF)	KAELE	KELO (Adm)	KELO (CF)	LERE (Adm)	LERE (CF)	PALA (Adm)	PALA (CF)	TIKEM (TRCT)
1965	815,1	819,4	894,2	913,5	824,2	769,1	986	933,6	976,2	751,0	793,0	1021,0	1035,9	857,0
1964	892,0	688,8	1190,9		823,9	833,9	746	1127,7	1238		668,7	1060,3	1122,1	797,5
1963	596,6	548,4	935,8		885,5	922,8	1189,2	886	952,2	1160,5	863,9	1056,6	1060,3	903,4
1962	941,7		1459,7		696,2	871,0	1221,1	939	849,9	847,5	962,5	1027,8	1117,1	1064,5
1961	1057,0	990,8	1144,5		937,0	893,6	1043	1329,7	1390,9	720,2	819,3	1181,4	1064,7	823,9
1960	993,1	1145,0	1188,3		1146,0	1061,0	936	1411,8	1551,6	1062,9	1071,7	1025,1	1128,7	(928,3)
1959	794,2	843,9	1155,9		1053,1	958,5	1210,3	1024	960,7	1035,0	774,0	922,3	924,7	965,3
1958	937,5	846,0	951,0		1069,4	893,9	1131,5	1066	1016,8	1158,7	778,0	854,1	1053,3	1241,5
1957	775,4	884,8	1343,9		986,2	761,7	1013,4	903	873,3	901,3	830,5	855,4	1214,2	1196,3
1956	691,9	685,3	1050,6		806,5	813,3	927,8	795	1226,2	1134,8	891,4	900,3	984,8	1025,1
1955	917,4	863,0	1072,2		1034,8	903,7	1164,8	1163	877,5	883,8	981,5	972,3	1004,5	973,6
1954	952,6	829,5	1253,1		861,5	803,0	1023,0	830	1090,8	1104,0	679,5	771,4	1043,1	955,8
1953	1034,3	1015,6	975,5		1013,0	809,3	1103,0	1057	844,2	918,0	881,3	934,5	1068,8	1156,0
1952		821,0	982,6		845,3	912,5	1154,4	1034	1092,4	1071,4	652,5	727,5	1024,6	
1951	1020,5	1024,0	1059,6		1034,0	749,5	992,0	928	1048,7	963,1	702,4	787,4	1098,1	1017,0
1950	862,5	694,0			747,5	734,5	1033,0	803	1228,9	1244,9	1080,1		1187,7	776,8
1949	752,8					797,0		880	913,0	958,1	795,0		1013,7	929,0
1948								935	887,5		1039,7		1298,9	1247,0
1947		959,0						863	1221,5		729,9		1156,2	865,4
1946	1210,5	938,5							1171,8		841,5		938,3	1177,0
1945		886,0												822,8
1944	1085,5													631,1
1943		1154,0												849,1
1942		(772,2)												
1941		947,0												
1940		905,5												
1939		686,0												
1938		1032,3												
1937		822,6												

Distribution des pluviométries annuelles à BONGOR, FIANGA et GOUNOU GAYA



ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

CRT 7654

ED:

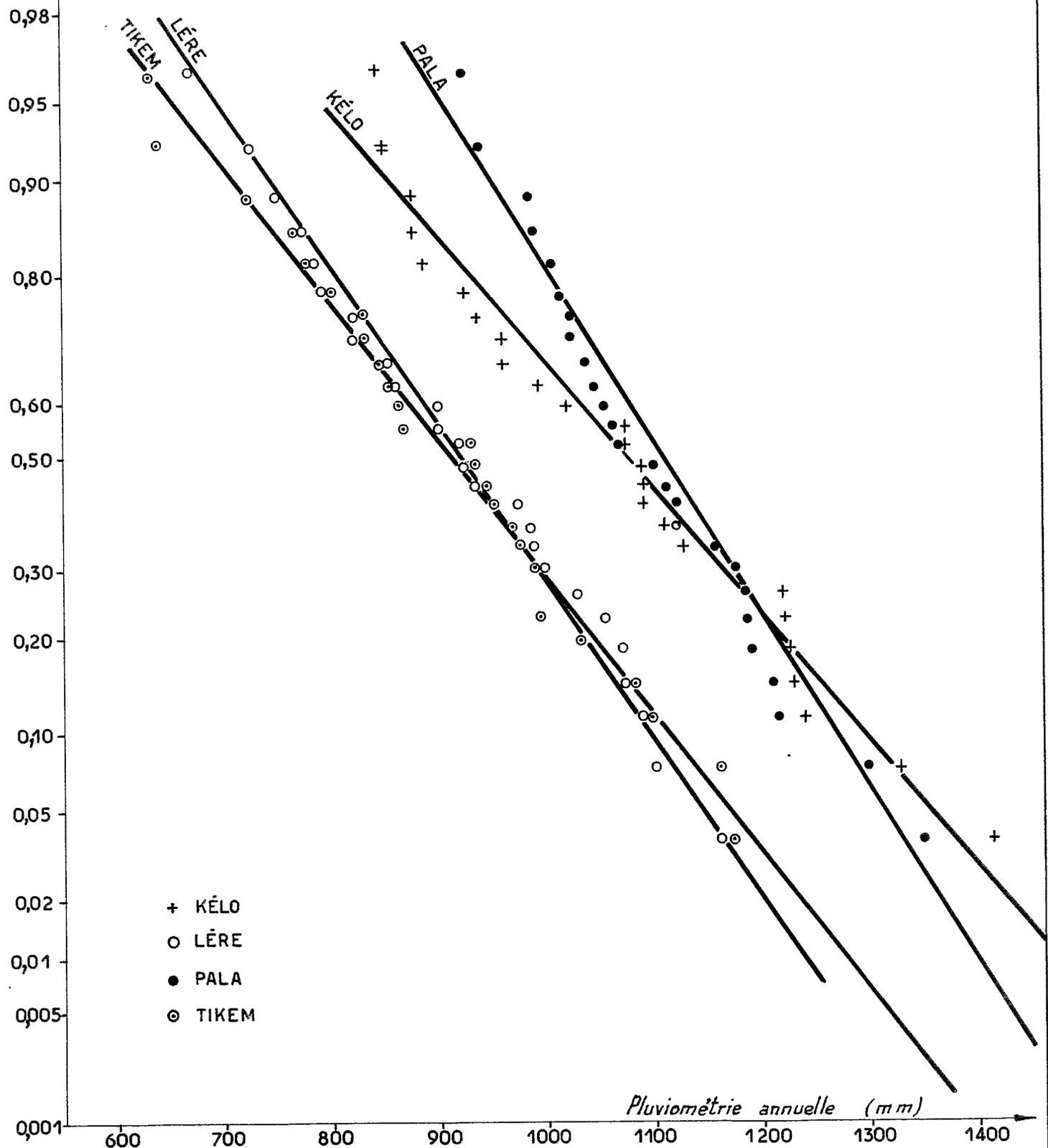
LE: 20 -9 - 66

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

Distribution des pluviométries annuelles à KÉLO, LÈRE, PALA et TIKEM



ORSTOM — CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

CRT 7655

ED: LE: 21-9-66 DES: S. NICOE VISA TUBEN°

FIANGA mis à part, les résultats donnés par deux postes pluviométriques voisins (Administration, Cotonfran) sont relativement concordants en ce qui concerne les moyennes interannuelles. Les écarts observés, chaque année, entre deux postes ne proviennent alors que du fait que, bien que situés dans la même ville, la distance entre eux est parfois de plusieurs kilomètres (LERE).

En ce qui concerne FIANGA, l'emplacement des pluviomètres joue également un rôle : le pluviomètre de l'Administration est au pied de la "montagne", tandis que celui de la Cotonfran, situé à 5 kilomètres du précédent, est au bord du lac.

b)- Variation interannuelle des pluviométries annuelles ponctuelles

La distribution des pluviomètres annuels respecte assez bien la loi normale (graphique n° 7654 et 7655). Il fallait d'ailleurs s'y attendre, l'expérience ayant prouvé que la distribution des pluviométries annuelles, en climat tropical, était gaussienne.

Néanmoins, le peu d'années d'observation ne permet pas de donner autre chose que des valeurs approchées des fréquences décennales.

Stations	Moyenne (mm)	Médiane (mm)	Année de fréquence décennale	
			Pouvant être inférieure 1 année sur 10 à :	Pouvant être supérieure 1 année sur 10 à :
			mm	mm
BONGOR(Adm)	887	895	680	1100
FIANGA (CF)	907	905	730	1080
GOUNOU GAYA	1084	1075	890	1270
LERE (CF)	921	920	750	1100
KELO (Adm)	1067	1075	850	1290
PALA (Adm)	1096	1110	950	1270
TIKEM(IRCT)	900	910	710	1110

c)- Pluviométrie annuelle sur le bassin du Mayo Kébi

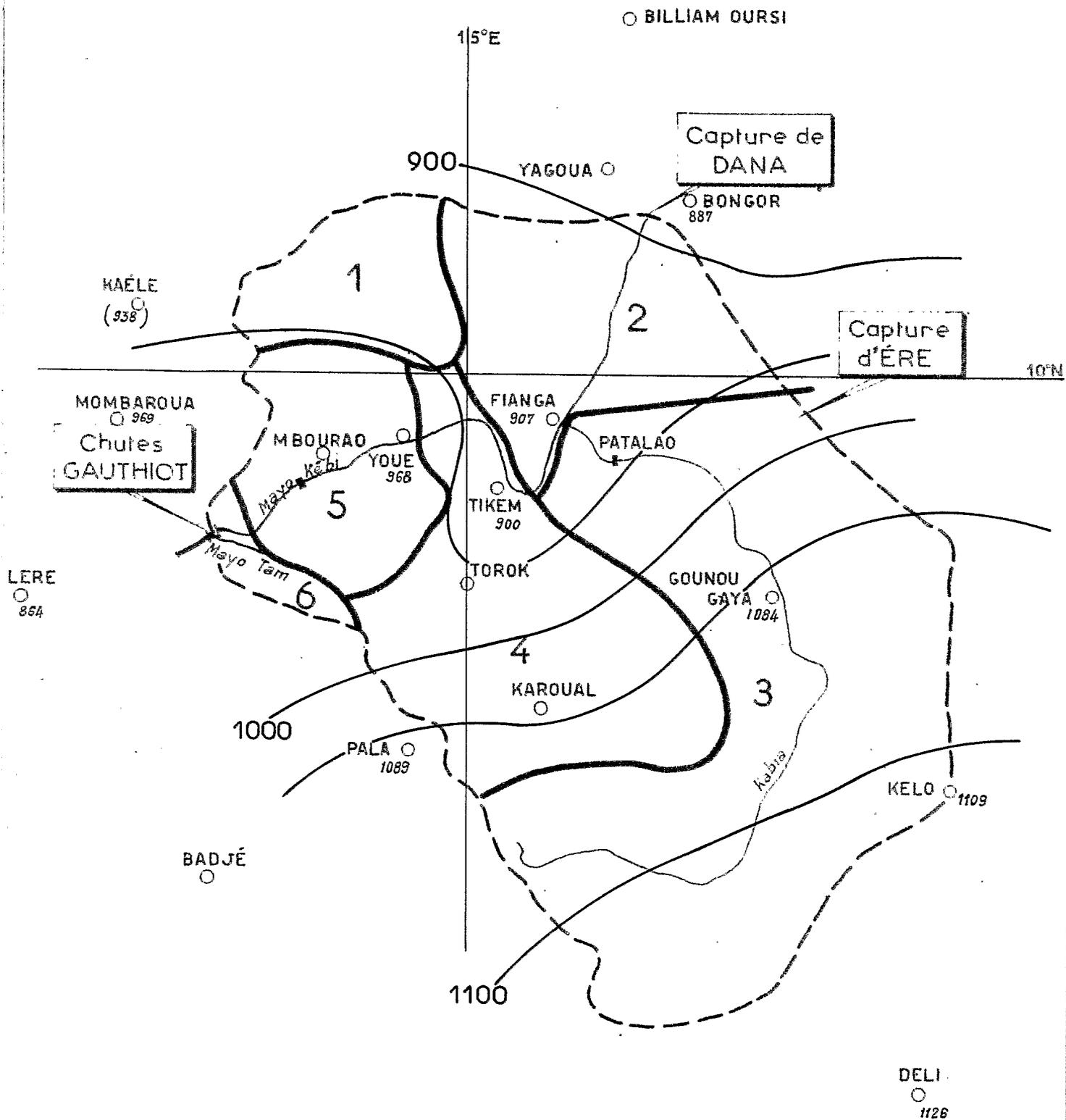
Ce n'est pas parce qu'une station a reçu une pluviométrie de période de retour donnée que toutes les stations du bassin recevront une pluviométrie de même fréquence : l'examen des pluviométries ponctuelles, pour une même année, le prouve. La distribution spatiale des précipitations est en effet très hétérogène, les pluies étant issues, pour la plupart et pour les plus importantes, des formations orageuses ("tornades") n'intéressant qu'une superficie très restreinte.

..//...

BASSIN du MAYO-KÉBI aux CHUTES GAUTHIOT

ECHELLE : 1 / 1.000.000^e

*Pluviométrie moyenne
interannuelle*



CRT 7565

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED

LE: 5-10-65

DES S. NICOE

VISA

TUBEN

La pluviométrie moyenne sur le bassin ne peut être déterminée qu'à l'aide des précipitations ponctuelles, en traçant les isohyètes. Nous nous sommes servis des résultats des homogénéisations de Y. BRUNET-MORET pour la période 1940 - 1948.

PLUVIOMETRIE ANNUELLE SUR LE BASSIN DU MAYO KEBI

Année	Pluviométrie (mm)
1965	900
1964	930
1963	985
1962	965
1961	1005
1960	1100
1959	1000
1958	1020
1957	990
1956	935
1955	1020
1954	960
1953	1030
1952	930
1951	925
1950	975
1949	830
1948	1140
1947	1060
1946	970
1945	970
1944	1120
1943	1250
1942	910
1941	1070
1940	1090

La pluviométrie interannuelle est : 1005 mm

Les écarts pluviométriques, d'une année à l'autre, sont bien moins importants sur le bassin que sur une station, ce qui est normal puisque la pluviométrie du bassin est une pluviométrie moyenne, pondérée, des pluviométries ponctuelles.

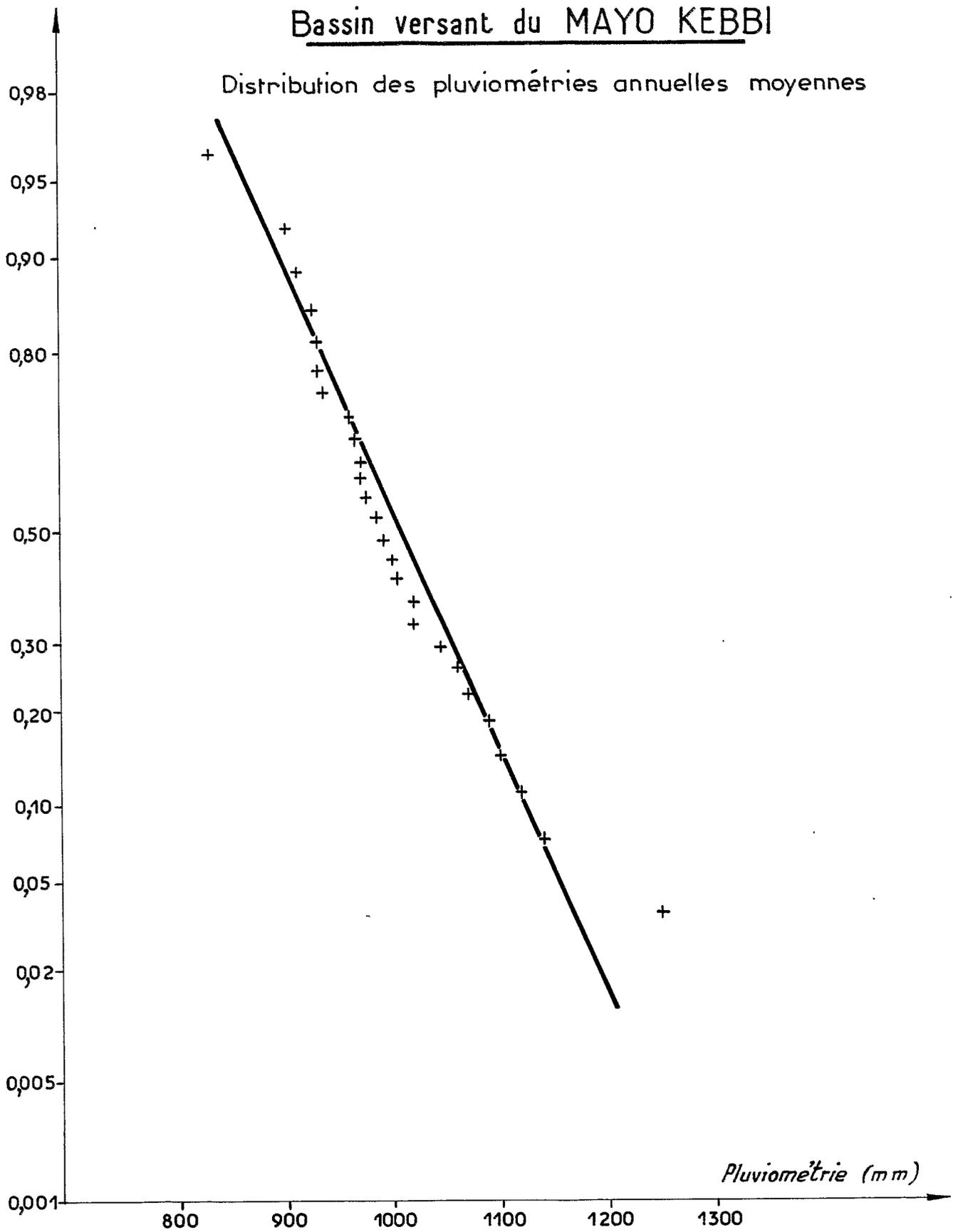
L'écart type est : 89 mm

Le coefficient de variation est : 0,063

.../...

Bassin versant du MAYO KEBBI

Distribution des pluviométries annuelles moyennes



CRT 7643

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 19 - 9 - 66

DES: S. NICOLE

VISA

TUBEN°

La distribution de ces 26 pluviométries suit également la loi normale (graphique n° 7643).

La médiane est : 1010 mm et, 1 année sur 10, la pluviométrie pourra être inférieure à 895 mm ou supérieure à 1125 mm.

d)- Précipitations mensuelles

La station de TIKEM apparaît comme la plus représentative du bassin, ayant 22 années d'observation. La répartition des pluviométries mensuelles est donné par le tableau page suivante.

Les pluies commencent en Mars Avril, lorsque le FIT se trouve au Nord du bassin versant. Les mois les plus pluvieux sont, comme dans tout climat tropical, Juillet, Août et Septembre. Le FIT redescendant en Octobre, les pluies sont moins abondantes durant ce mois, et exceptionnelles en Novembre.

PLUVIOMETRIE MOYENNE MENSUELLE A TIKEM

(Période 1944 - 1965)

(mm)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyenne	0	0	4,3	29,2	73,4	129,1	166,4	250,0	204,1	30,4	1,0	0	887,9
Ecart type	0	0	6,2	23,2	53,0	47,9	44,4	98,5	56,8	23,4	3,7	0	137,8
Coefficient de variation			1,44	0,795	0,722	0,371	0,267	0,394	0,278	0,770	3,70		0,155

../...

I K E M

PLUVIOMETRIE MENSUELLE

(mm)

	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	221,1	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	48,2	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		32,7	(70,0)	144,2	185,4	265,3	202,6	28,1		(928,3)
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

La distribution interannuelle des précipitations mensuelles (graphique n° 7627) donne les répartitions suivantes :

FREQUENCE DES HAUTEURS DE PLUIE MENSUELLE OBSERVEES A TIKEM

(Période 1944 - 1965)

mm

Fréquence de dépassement	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
(Maxima observé)	0	0	18,5	79,4	196,3	212,7	310,1	568,3	375,3	82,2	17,6	
10 %	0	0	15	61	158	197	207	377	277	66	2	0
25 %	0	0	7,5	36	106	163	186	286	230	46	0	0
50 %	0	0	0	24	62	126	162	216	197	26	0	0
MOYENNE	0	0	4,3	29,2	73,4	129,1	166,4	250,0	204,1	30,4	1,0	0
75 %	0	0	0	13	28	89	138	170	165	12	0	0
90 %	0	0	0	4	11	60	117	140	132	1	0	0
(Minima observé)	0	0	0	0	3,9	46,0	102,0	125,3	108,3	0	0	0

e)- Précipitations journalières

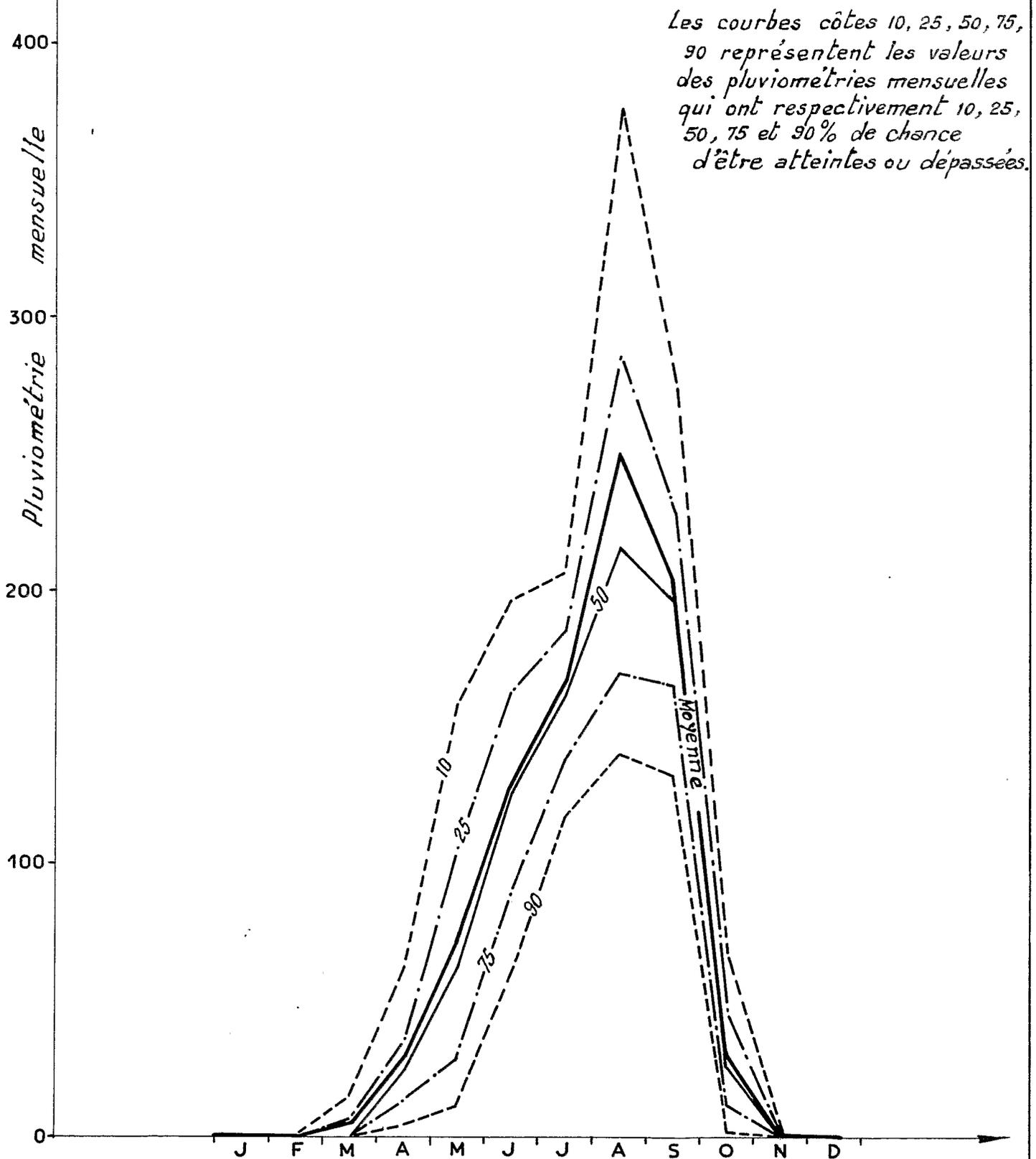
L'analyse des pluies journalières n'a été établie que pour la zone du bassin représentatif du Mayo Ligam, c'est-à-dire à l'aide des stations de FIANGA, LERE, MONBAROUA, TIKEM, YOUE et MBOURAO (Mayo Ligam) dont les pluviométries annuelles sont comparables (de l'ordre de 900 mm). Nous avons employé la méthode des stations-années, la distance entre les stations étant suffisante pour pouvoir admettre l'indépendance des relevés pluviométriques relatifs à chaque averse et cela d'autant plus que seules les plus fortes averses nous intéressent.

Nous obtenons, par cette méthode, 94 stations-années.

FIANGA	=	16	années d'observations journalières
KAELE	=	13	" " complètes
LERE	=	20	" " "
MBOURAO	=	3	" " "
MONBAROUA	=	10	" " "
TIKEM	=	22	" " "
YOUE	=	10	" " "

TIKEM

Distribution des pluviométries mensuelles



CRT 7627

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 27-4-66	DES: S. NICOE	VISA	TUBEN°
-----	-------------	---------------	------	--------

L'étude des averses peut se ramener à celle des pluviométries journalières car, dans la presque totalité des cas, il ne tombera qu'une pluie par jour.

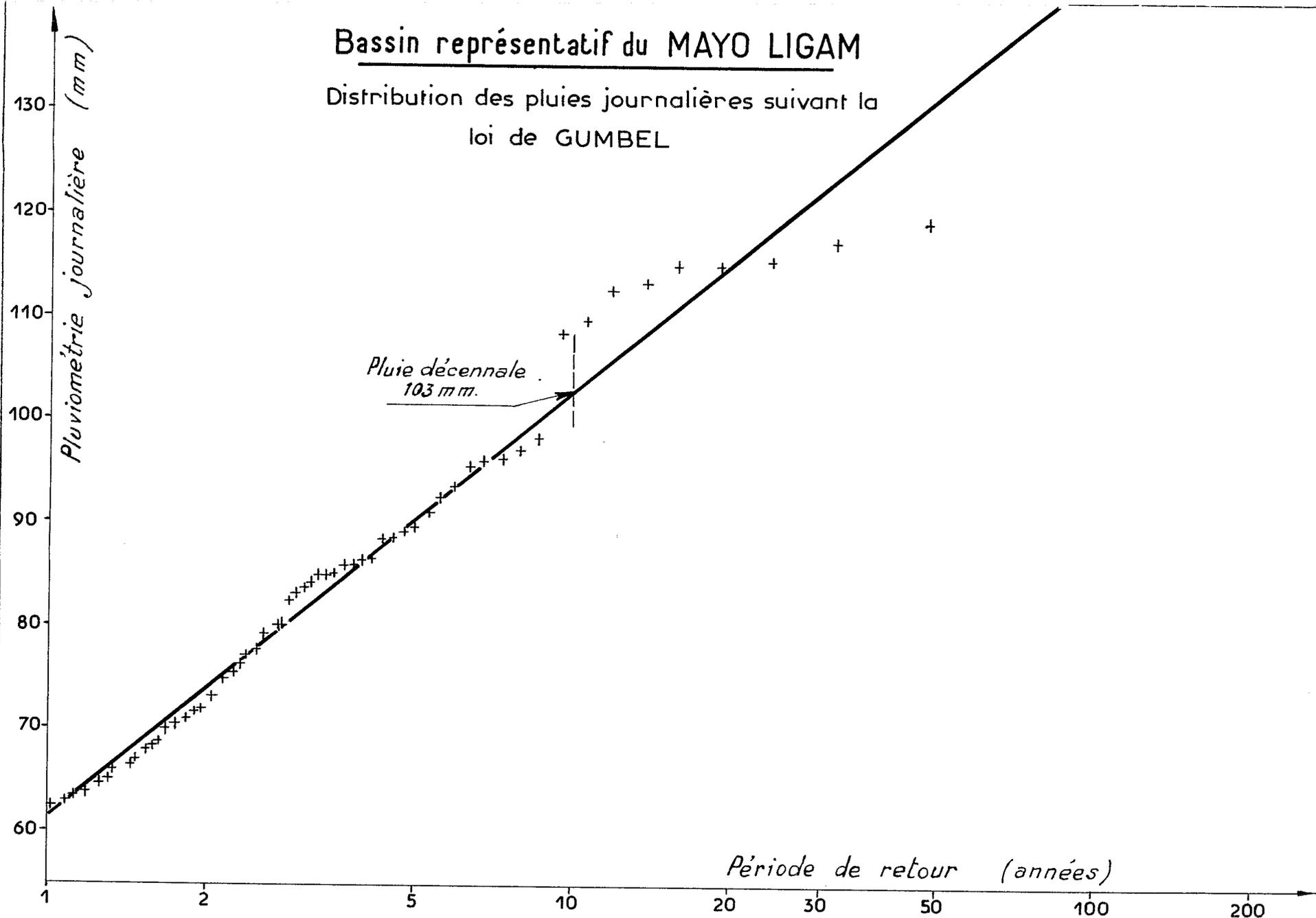
Le tableau ci après indique les 94 plus fortes averses observées.

Bassin représentatif du Mayo Ligam
Pluviométrie journalière classée

N°	H (mm)	N°	H (mm)	N°	H (mm)
1	145,0	32	83,4	63	67,5
2	119,3	33	82,5	64	67,5
3	117,2	34	80,1	65	67,0
4	115,5	35	80,0	66	66,5
5	115,0	36	79,4	67	66,4
6	115,0	37	79,2	68	66,3
7	113,2	38	77,8	69	66,2
8	112,5	39	77,6	70	66,1
9	109,6	40	77,3	71	66,1
10	108,4	41	76,2	72	66,0
11	98,2	42	75,5	73	65,2
12	97,0	43	75,5	74	64,9
13	96,2	44	74,9	75	64,6
14	96,0	45	74,6	76	64,5
15	95,5	46	73,1	77	64,5
16	93,4	47	72,2	78	64,5
17	92,5	48	72,0	79	64,4
18	91,0	49	71,8	80	64,2
19	89,6	50	71,8	81	64,0
20	89,2	51	71,1	82	64,0
21	88,5	52	71,0	83	64,0
22	88,0	53	70,9	84	63,9
23	86,5	54	70,5	85	63,5
24	86,4	55	70,1	86	63,4
25	86,0	56	70,0	87	63,2
26	86,0	57	69,5	88	63,0
27	85,2	58	69,1	89	63,0
28	85,1	59	68,8	90	62,7
29	85,0	60	68,4	91	62,7
30	84,2	61	68,3	92	62,7
31	83,8	62	68,0	93	62,6
				94	62,5

Bassin représentatif du MAYO LIGAM

Distribution des pluies journalières suivant la loi de GUMBEL



CRT 7661

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 9-5-66

DES: S. NICOE

VISA:

TUBE N°

La distribution de celles-ci, suivant la loi exponentielle de GUMBEL (graphique n° 7661) donne les valeurs des averses de fréquence donnée.

- Pluie journalière de probabilité annuelle	=	61 mm
- Pluie journalière probable 1 an sur 2	=	74 mm
- Pluie journalière probable 1 an sur 5	=	90 mm
- Pluie journalière décennale	=	103 mm
- Pluie cinquantenaire	=	131 mm

Ces valeurs sont légèrement plus faibles que celles que nous avons déterminées dans la région de DELI (bassin expérimental de BADE), où l'averse décennale était estimée à 110 mm. Cela est normal : une corrélation existe entre la pluviométrie annuelle moyenne et l'averse décennale (sur le bassin de BADE, la pluviométrie annuelle était de l'ordre de 1.200 mm).

Aussi admettons-nous, pour l'ensemble du bassin du Mayo Kébi, une averse décennale de l'ordre de 100 à 110 mm.

C - EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE

L'écoulement du Mayo Kébi et de ses affluents est observé :

- aux stations hydrométriques des Chutes Gauthiot, du " km 20 ", de MBOURAO, du Mayo Dorbo, de PATALAO, de GOUNOU GAYA et du Mayo Ligam.

- aux stations hydrométriques des Lacs de FIANGA, TIKEM et N'GARA.

1°/- STATIONS HYDROMETRIQUES

a)- Station des Chutes Gauthiot

Controlant un bassin de 13.660 km², la station hydrométrique des Chutes Gauthiot comprend 2 échelles.

- l'échelle amont, située en rive droite du Mayo Kébi. Le zéro de l'échelle est à l'altitude 267,79 m (IGN 59) soit 2,58 m au-dessus du seuil de la chute principale.

- l'échelle aval, située également en rive droite, près du pied des chutes, a son zéro à l'altitude 248,68 m.

Ces échelles ont été lues par intermittence en 1961 - 62 et seulement une dizaine de fois en 1964, à cause des grosses difficultés d'accès en saison des pluies et de l'impossibilité d'y installer un lecteur à demeure, à cause de l'onchocercose. Aucune mesure de débit n'a pu y être effectuée. Néanmoins les débits écoulés sont, en l'absence d'écoulement sur le Mayo Tam, très proches des débits du " km 20 ".

b)- Station du " km 20 "

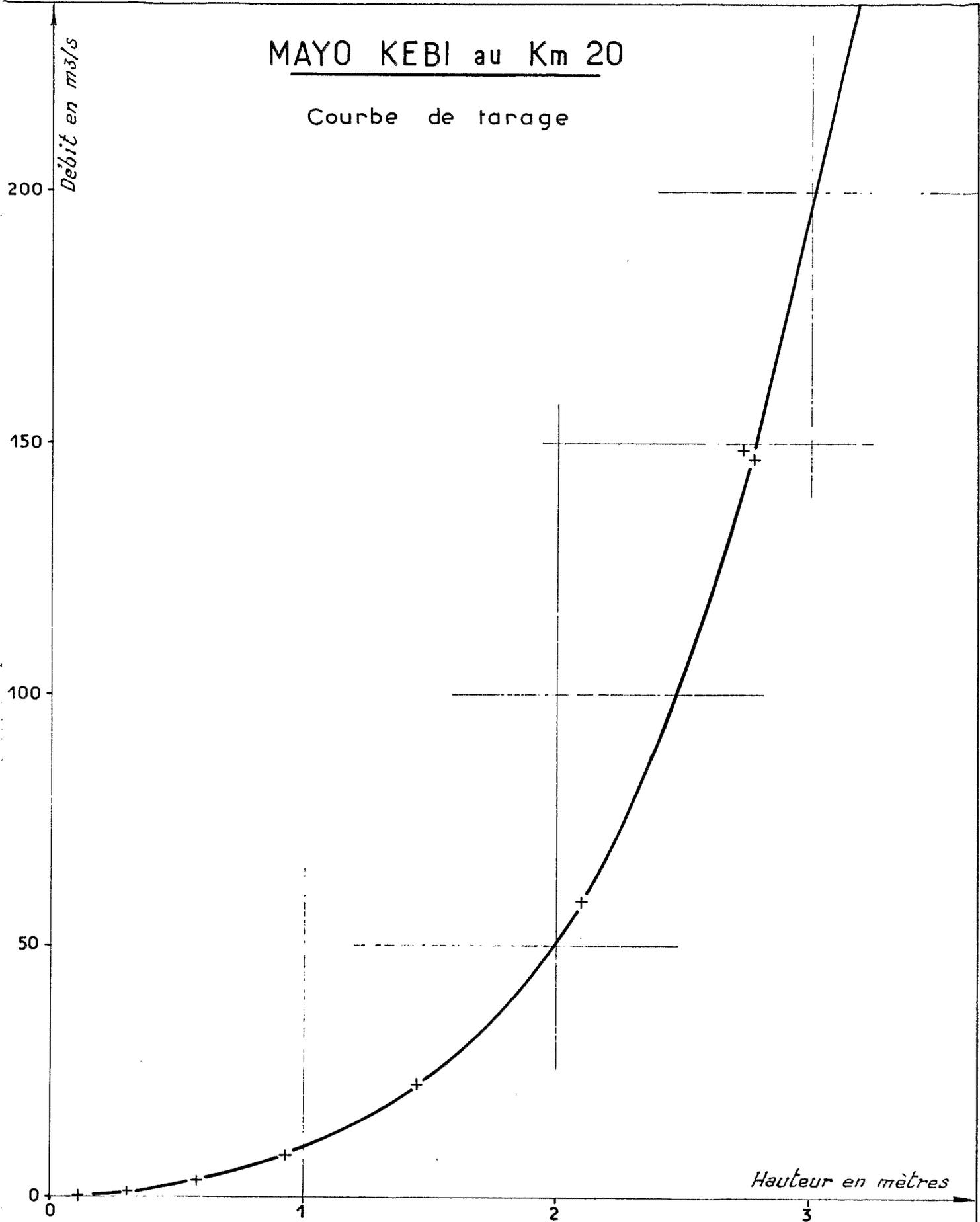
C'est en réalité la station principale contrôlant un bassin de 13.330 km², puisque seul le Mayo Tam et de tous petits mayos de la rive droite se déversent dans le Mayo Kébi entre cette station et les Chutes Gauthiot.

Cette station qui marque à peu près le début de la zone des rapides sur le Mayo Kébi, est située à l'emplacement du Gué, de la piste allant du Mayo Lede à BINDER NAYRI. La piste est carrossable en saison sèche, depuis MAYO LEDE jusqu'au Gué mais en saison des pluies, y circuler, même avec un véhicule 4 x 4, est une autre histoire.

L'échelle limnimétrique, dont le zéro est à l'altitude 306,565 m (IGN 59), est doublée d'un limnigraphe OTT, type X, à rotation hebdomadaire ou mensuelle, selon les saisons.

MAYO KEBI au Km 20

Courbe de tarage



CRT 7624

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 20-4-66	DES: S. NICOE	VISA	TUBEN°	
-----	-------------	---------------	------	--------	--

La station est assez bien tarée, grâce à 8 jaugeages, répartis entre 0,12 et 149 m³/s, alors que le débit maximal observé lors des 3 campagnes serait de l'ordre de 165 m³/s. Le graphique n° 7624 indique la forme de la relation hauteur - débit.

Date	Hauteur à l'échelle (m)	Débit (m ³ /s)
14. 8.64	0,12	0,19
20. 6.61	0,30	1,29
12. 7.61	0,58	3,21
1. 8.61	0,93	8,2
24. 8.61	1,455	22,6
31. 8.61	2,095	59,0
18.10.61	2,785	147,0
27. 9.61	2,74	149,0

Seules les difficultés d'accès n'ont pas permis de compléter la courbe de tarage.

c)- Station du Mayo Ligam

Située sur un affluent de rive droite, celle-ci contrôle un bassin de 41 km² dont la description et les résultats obtenus font l'objet de la deuxième partie du présent rapport.

d)- Station de MBOURAO

Installée en 1948, mais observée de façon très inégale suivant les années cette station a été reconstruite en 1961. Le zéro de l'échelle est à l'altitude 318,68 m.

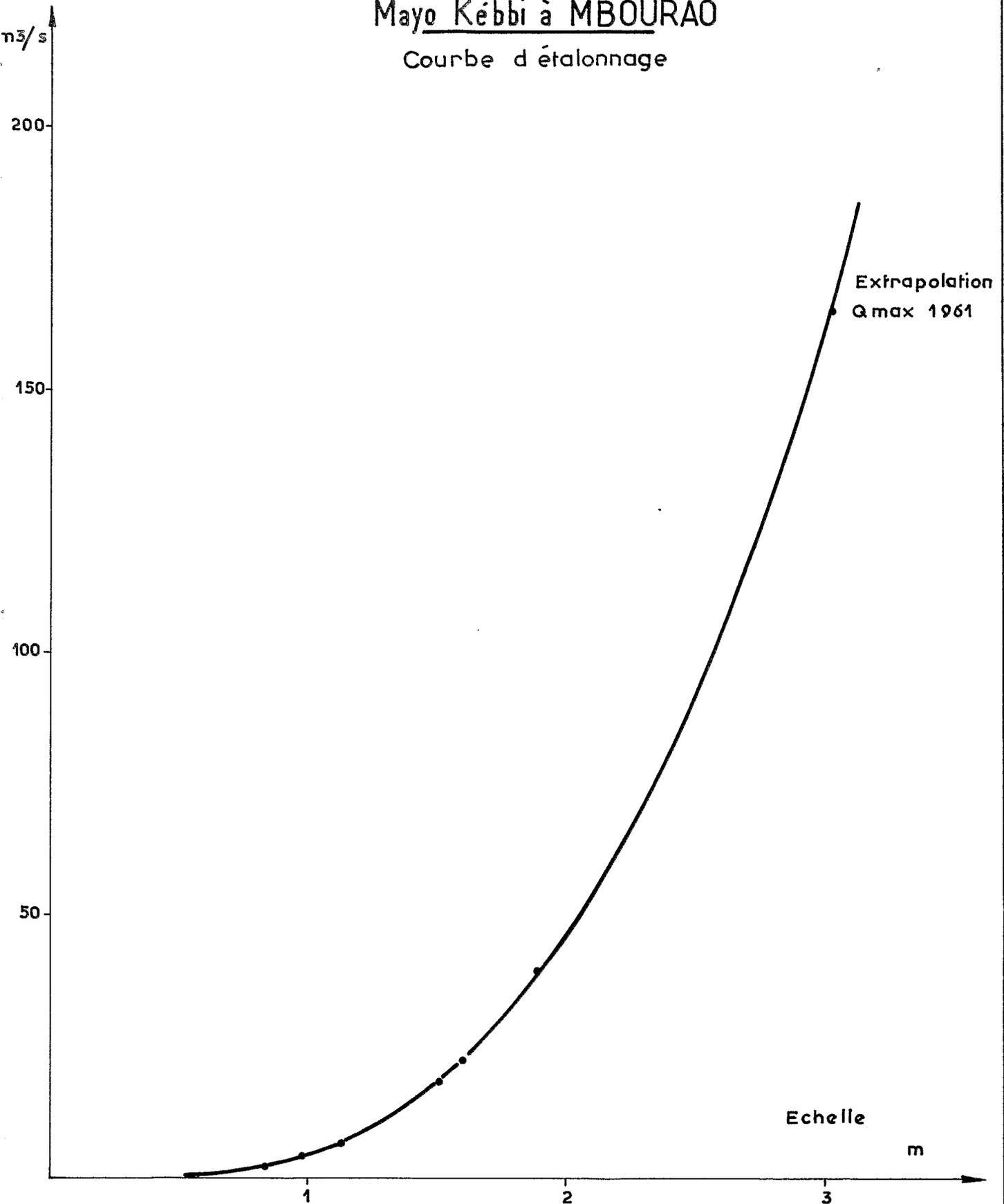
La surface du bassin, à cet endroit, est de 12.880 km².

Bien amorties par les lacs successifs de la dépression Toubourie, les crues n'occasionnent que des variations de niveau suffisamment lentes pour qu'un seul relevé limnimétrique journalier soit quand même significatif.

.../...

Mayo Kébbi à MBOURAO

Courbe d'étalonnage



Echelle

m

CRT 7543

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 17-3-65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

La station est assez bien étalonnée grâce à 9 jaugeages

Date	Hauteur (m)	Débit (m ³ /s)
16.5.65	0,40	0,18
15.8.64	0,53	0,21
23.8.64	0,84	2,62
22.8.64	0,98	4,4
21.8.64	1,13	6,8
4.9.64	1,51	19,5
1.9.64	1,60	22,4
19.9.64	1,71	29,4
15.9.64	1,89	39,4

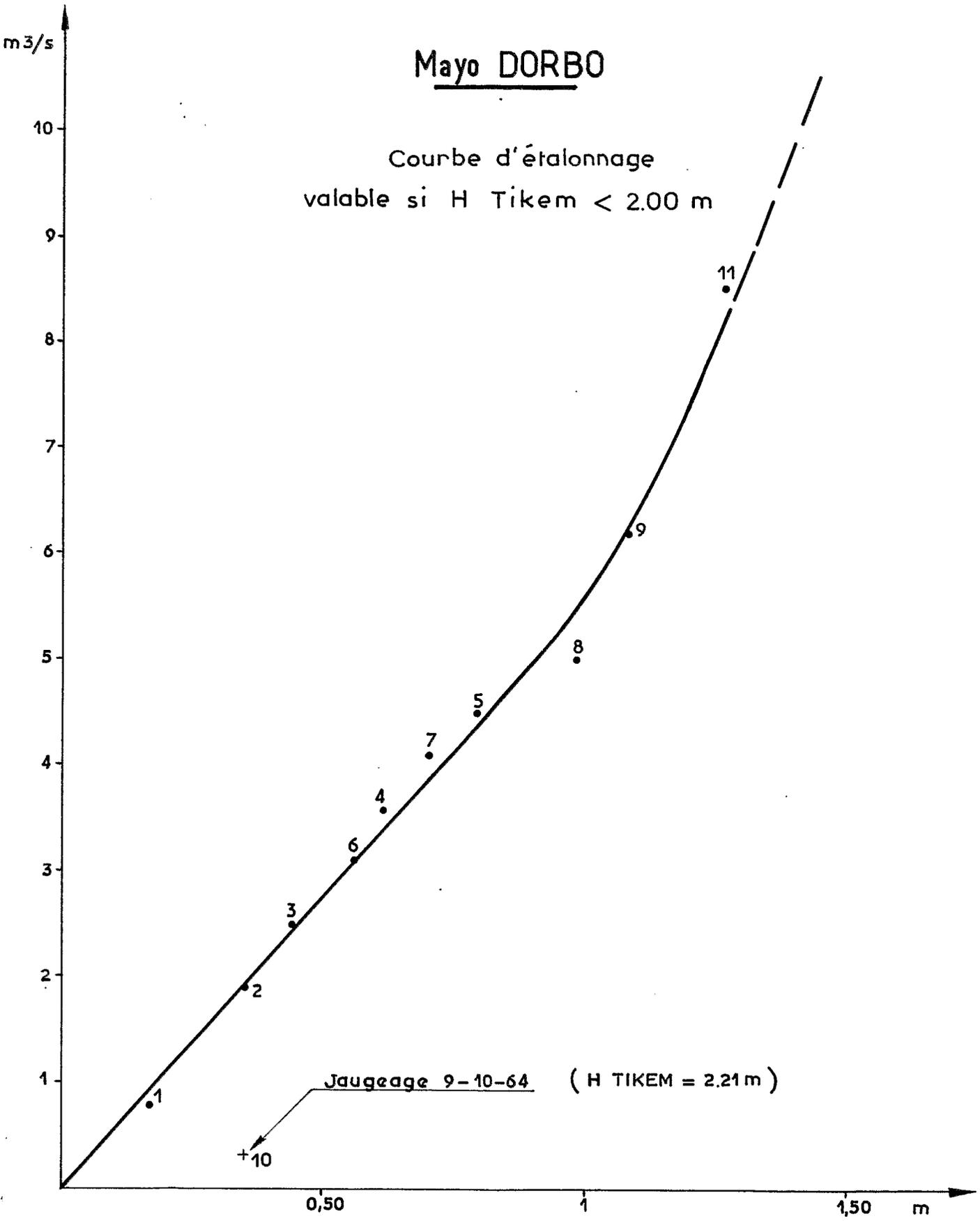
Les débits maximaux provenant de débordements du Logone pouvant être estimés constants entre MBOURAO et la station du km 20, (vu la forme très plate du limnigramme au voisinage du maximum), il a été admis que pour une hauteur à MBOURAO de 3,03 m, le débit était de 165 m³/s (observé au km 20, en 1961).

e)- Station sur le Mayo Dorbo

Située près de TIKEM, à quelques kilomètres du confluent du Mayo Dorbo et du Mayo Kébi, cette station installée en Juillet 1964. contrôle un bassin versant de 1390 km².

L'emplacement n'est pas très favorable car l'influence des lacs Toubouri se fait sentir lorsque la hauteur d'eau à TIKEM dépasse la cote 2,00 à l'échelle. Mais cette hauteur n'est atteinte que lorsque la saison des pluies est déjà bien avancée, dans la deuxième quinzaine de Septembre en moyenne. Aussi les relevés limnimétriques ne seront pratiquement pas influencés par les lacs lors des crues les plus importantes qui se produiront en Juillet - Août et début Septembre. Enfin, choisir une station plus en amont aurait bien réduit la surface du bassin versant.

..//...



CRT 7542

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 17-3-65	DES: S. NICOE	VISA	TUBEN°	
-----	-------------	---------------	------	--------	--

11 jaugeages ont été effectués, en 1964 et 1965.

Date	Hauteur (m)	Débit (m ³ /s)	Observations
13.8.64	0,17	0,8	
25.8.64	0,35	1,9	
9.10.64	0,35	0,31	Influencé par le niveau des lacs
26.8.64	0,44	2,5	
10.9.64	0,56	3,1	
26.8.64	0,61	3,6	
13.9.64	0,70	4,2	
26.8.64	0,79	4,5	
25.9.64	0,98	5,0	
28.9.64	1,08	6,2	
16.9.65	1,26	8,5	

Des difficultés de déplacement n'ont pas permis d'effectuer des jaugeages à une cote supérieure à 1,26 m, alors que l'eau est montée à 3,4 m. C'est dire que l'extrapolation de la relation hauteur - débit, bien que le lit majeur soit assez réduit, ne pourra que donner un ordre de grandeur des débits maximaux. Il n'a pas été possible d'installer un limnigraphe sur cette station. En conséquence, les relevés des hauteurs d'eau sont effectués 3 fois par jour.

f)- Station de PATALAO

Installée en 1949, sur la Kabia, cette station a été observée avec de nombreuses interruptions dues aux difficultés de recrutement d'un lecteur consciencieux. Ceci est compensé en partie par le fait que les Hydrologues ont généralement pris beaucoup de soins pour noter ou reconstituer la cote maximale peu de temps après la crue. Le bassin versant est de 6.330 km².

Le zéro de l'échelle a été rattaché au repère Cah 2-1 anciennement marqué XVIII d'altitude 327,002 m (IGN 62), soit 327,133 m dans le système IGN 53.

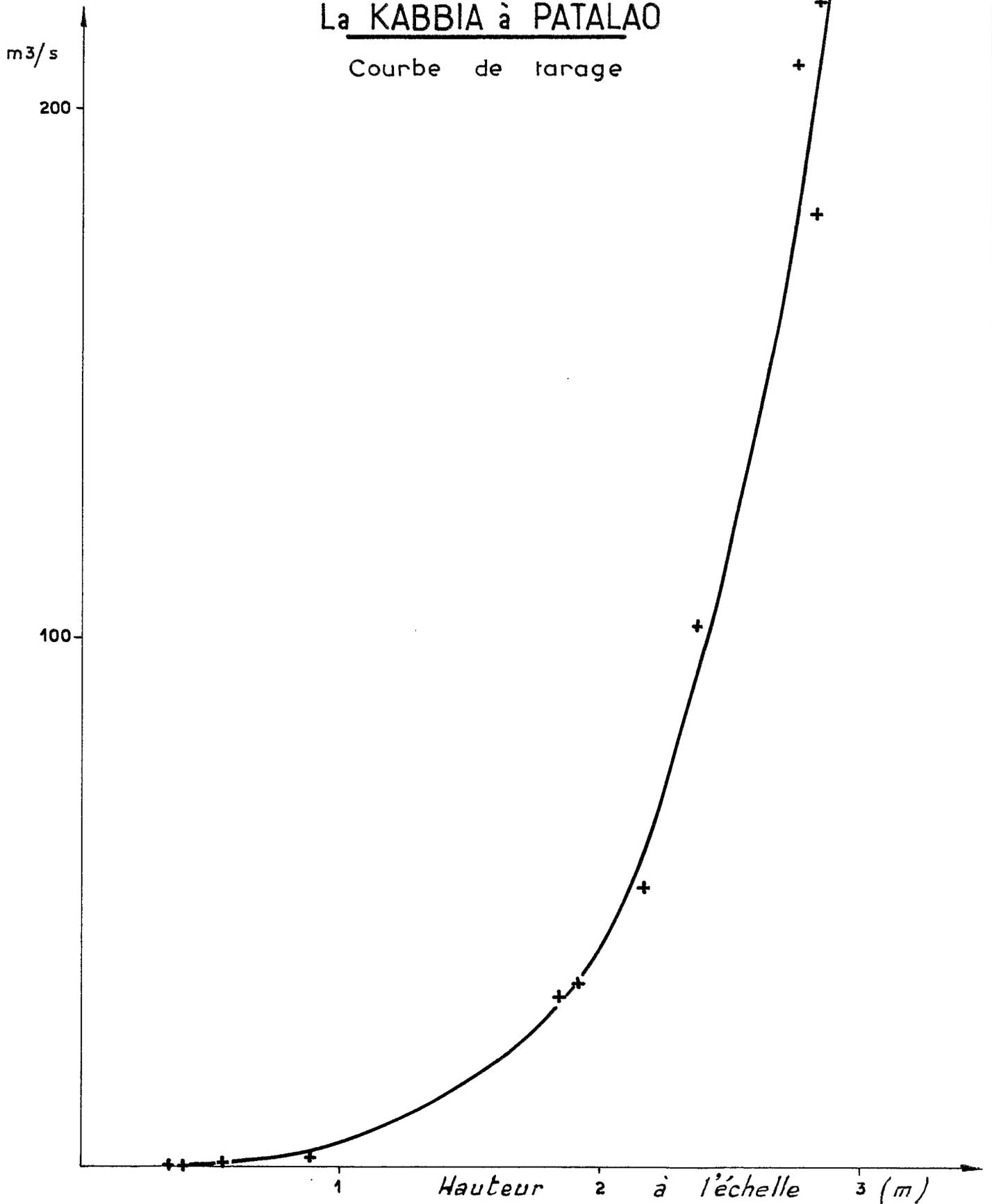
En 1949, le zéro était à l'altitude : 322,17 (IGN 62).

De 1949 au 21.7.1950, le zéro aurait été à l'altitude 323,17 (IGN 62).

.../...

La KABBIA à PATALAO

Courbe de tarage



CRT 7544

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 17-3-65

DES: S. NICOLE

VISA

TUBEN°

Du 21.7.1950 au 2.5.1954, l'altitude du zéro serait : 324,12 m (IGN 62), l'échelle ayant été relevée de 0,95 m.

Enfin, à partir du 2.5.1954, la station ayant été réinstallée 0,51 m plus bas, le zéro est à l'altitude 323,61 m (IGN 62).

11 jaugeages ont été effectués (hauteur ramenée au zéro à 323,61 m)

Date	Hauteur (m)	Débit (m ³ /s)
13.10.48	(2,70) (1)	126 (flotteur)
23. 4.56	0,39	débit nul
26. 2.65	0,34	0,44
10.12.65	0,55	1,14
11.11.65	0,89	2,10
12. 9.55	1,85	32,5
19.10.57	1,92	35
17.10.56	2,17	53
19. 9.50	2,43	105
16.10.55	2,83	180
10.10.60	2,76	207
6.10.50	2,85	190

(1)- 2,35 m au-dessus de l'étiage 1949.

La courbe de tarage est représentée sur le graphique n° 7544. L'extrapolation n'est pas trop mauvaise, puisque le débit maximum observé (302 m³/s) représente une hauteur d'eau de 3,10 m à l'échelle.

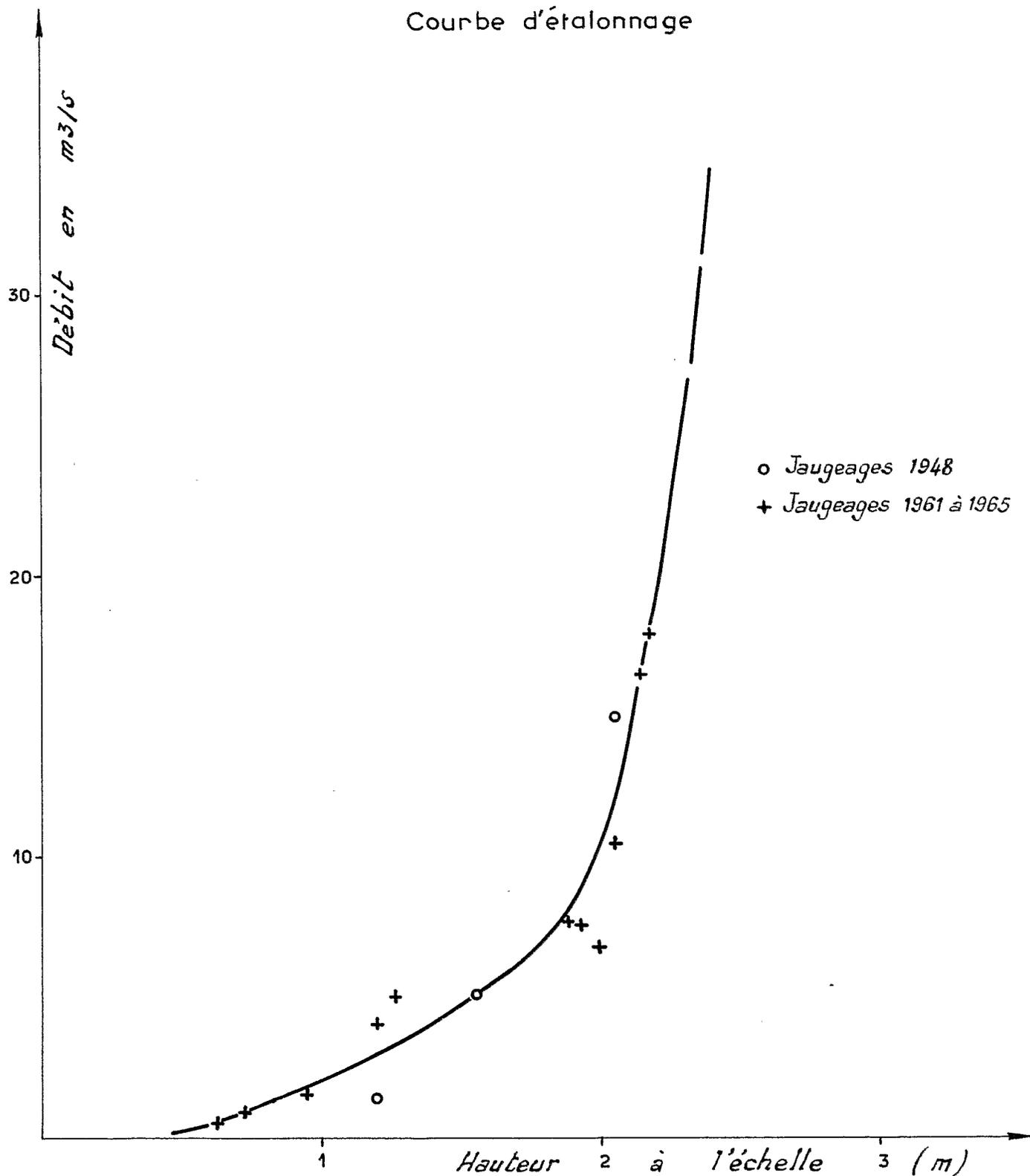
Les hauteurs d'eau sont relevées une fois par jour, ce qui est très suffisant car les variations du niveau sont lentes.

g)- Station de GOUNOU GAYA

Sur la Kabia également, cette station est à la tête d'un bassin versant de 3.970 km². Installée en 1950, l'échelle limnimétrique n'a jamais eu de variation de zéro. Une première échelle de 4 à 6 m avait été installée le 23 Juillet 1948 : quelques jaugeages au flotteur y ont été effectués.

La Kabbia à GOUNOU GAYA

Courbe d'étalonnage



CRT 7555

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 31 - 3 - 65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN?

Le zéro de l'échelle de 1950 correspond à peu près à 3,35 m à l'échelle de 1948.

Par contre, il y a de nombreuses lacunes dans les relevés effectués parfois par des observateurs peu consciencieux. Bien des relevés sont manifestement inventés.

La variation du niveau de la Kabia n'est pas assez rapide pour que l'on soit obligé d'y installer un limnigraphe.

14 jaugeages (y compris ceux de 1948), répartis entre 0,63 m et 2,18 m ont été effectués.

(hauteur ramenée à l'échelle de 1950)

Date	Hauteur (m)	Débit (m ³ /s)
18. 8.48	1,55	5,0
4.10.48	2,05	15,0
18.11.48	1,20	1,3
26. 2.65	0,63	0,49
10.12.65	0,73	0,87
10.11.65	0,95	1,49
8.10.65	1,20	4,0
16. 9.65	1,27	5,0
19. 9.50	2,00	6,8
25. 9.64	1,94	7,6
20.10.64	1,89	7,7
9.10.64	2,06	10,4
3.10.61	2,15	16,5
27. 9.64	2,18	17,9

Le graphique n° 7555 donne l'allure de la courbe de tarage. La dispersion est importante car la station n'est pas stable du fait des variations d'une année à l'autre, du profil de la digue-route GOUNOU GAYA- KELO. De plus il y aurait à craindre que la station soit influencée par l'aval car le lit mineur, d'une dizaine de mètres de largeur, chemine en faisant de nombreux méandres au milieu d'une plaine d'inondation dont la largeur atteint 5 Kilomètres. La manière dont cette plaine se remplit, par débordement du lit mineur, n'est pas sans influence sur la relation hauteur débit.

L'erreur à craindre dans la détermination des débits écoulés n'est cependant pas très importante pour l'établissement du bilan hydrologique, la Kabia ne représentant qu'une faible partie des apports. L'extrapolation pour de très forts débits est également assez délicate, ceux-ci augmentant très vite avec la hauteur à l'échelle dès que la digue-route GOUNOU-GAYA - KELO est submergée. C'est ainsi que pour 2,74 m (hauteur maximum observée en 1959) le débit correspondant est de l'ordre de 90 m³/s.

2°/- STATIONS LIMNIMETRIQUES

Elles contrôlent la variation des niveaux des lacs de la dépression Toubouri .

a)- Lac de FIANGA

Installée le 7 Mai 1948, derrière l'usine de la COTONFRAN, cette échelle est lue correctement, avec très peu d'interruption, depuis cette date.

Par contre elle a subi plusieurs variations de zéro. L'altitude de celui-ci est déterminée par rapport au repère CM 58, situé sur un bâtiment de la COTONFRAN et d'altitude 326,675 (IGN 62), 326,669 (IGN 1953).

A l'origine, le zéro serait à l'altitude 320,38 m (IGN 62).

Le 28.6.50 le zéro a été à l'altitude 320,44 m, l'échelle ayant certainement été réimplantée plusieurs fois entre 1948 et 1950.

Du 8.7.50 au 30.4.52, l'échelle a été reconstruite avec zéro à 320,18 m, soit 26 cm sous la première échelle (IGN 62).

A partir du 30.4.52 jusqu'au 6.10.53, le zéro était passé à 320,07 m (IGN 62), ayant été abaissée de 11 cm par J. TIXIER.

- 1953 est une année confuse car les traductions des relevés ont été faites avec zéro à 320,07 m jusqu'au 4 Octobre, puis avec zéro à 318,07 à partir de cette date (IGN 62).

- Fin avril 1954, l'échelle est reconstruite avec zéro à 318,11 m (IGN 62)

- Enfin, le 2.5.1963, l'échelle est rétablie avec zéro à l'altitude de 320,11 m (IGN 62).

b)- Lac de TIKEM

L'échelle limnimétrique est installée, depuis 1946, à la station de l'Institut Français de Recherches du Coton et des Textiles Exotiques (IRCT). Les relevés y ont été effectués sans interruption.

.../...

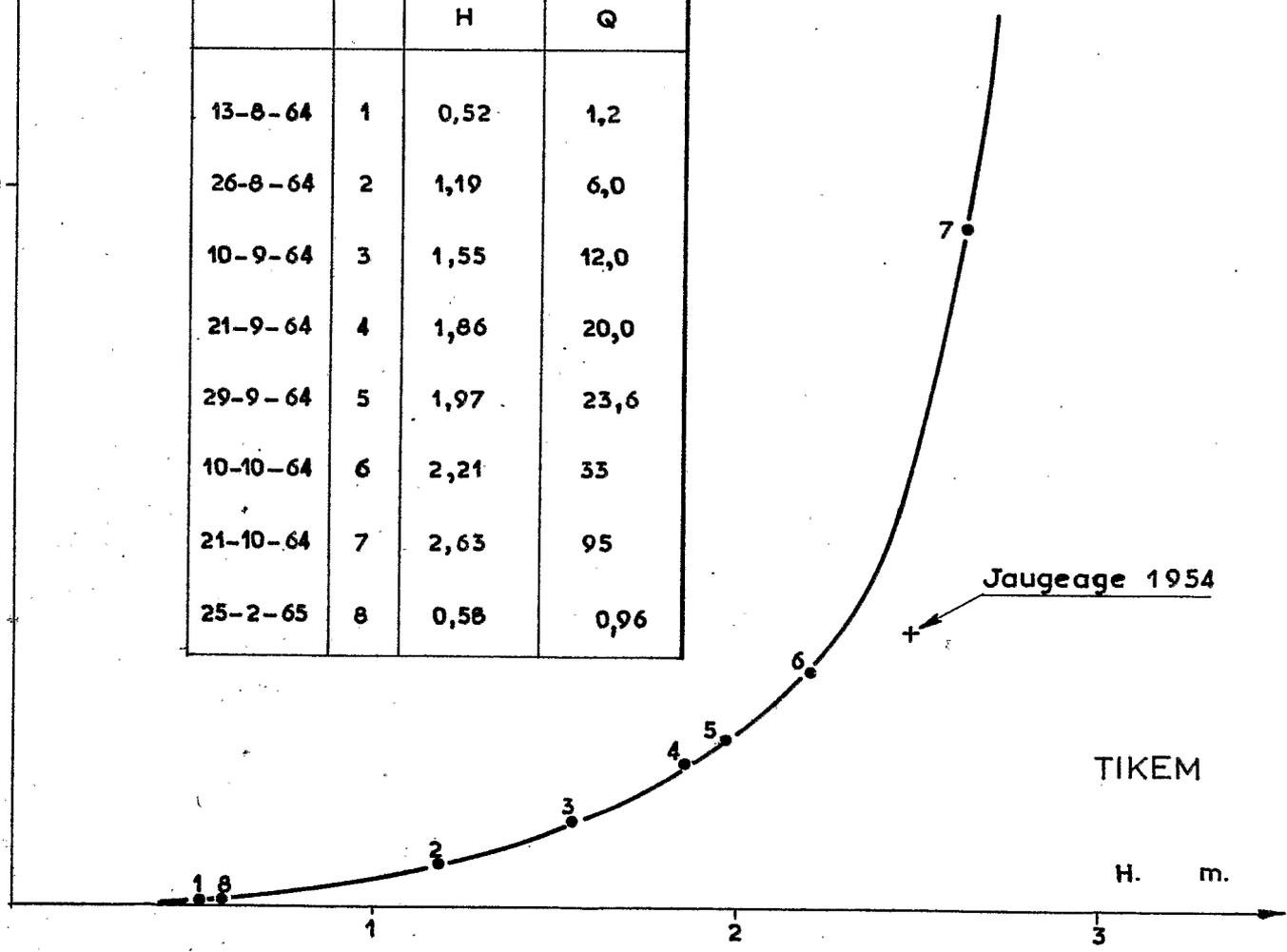
m³/s

200

100

Digue de TIKEM

		H	Q
13-8-64	1	0,52	1,2
26-8-64	2	1,19	6,0
10-9-64	3	1,55	12,0
21-9-64	4	1,86	20,0
29-9-64	5	1,97	23,6
10-10-64	6	2,21	33
21-10-64	7	2,63	95
25-2-65	8	0,58	0,96



CRT 7535

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 12-2-65	DES: S. NICOLÉ	VISA	TUBEN°	
-----	-------------	----------------	------	--------	--

L'échelle est rattachée en nivellement au repère Cal 5, situé sur un hangar de l'IRCT, et d'altitude 332,735 m (IGN 62).

A l'origine (1946 - 47) le zéro était à 319,70 m.

- Le 14.6.1948, l'échelle avait été rétablie à l'altitude 319,78 m.

- En 1950, la remise en place des éléments donne le zéro à 319,60 m.

- Le 23 Mars 1963, nouvelle réimplantation : le zéro est à 319,71 m.

- Enfin, le 30.4.1954, M. ROCHETTE reconstruit la station limnimétrique avec un zéro à 319,68 m. Depuis cette date le zéro n'a plus varié.

En 1964, des jaugeages ont été effectués sur le Mayo Kébi, sur la digue route TIKEM - FIANGA.

Date	Hauteur (m)	Débit (m ³ /s)
25. 2.65	0,58	0,96
13. 8.64	0,52	1,2
26. 8.64	1,19	6,0
10. 9.64	1,55	12,0
21. 9.64	1,86	20,0
29. 9.64	1,97	23,6
10.10.64	2,21	33,0
21.10.64	2,63	95,0

Le graphique n° 7535 indique la forme de la courbe de tarage. La relation hauteur - débit n'est valable que si la digue-route reste avec le même profil en long et les mêmes débouchés de 1964, c'est-à-dire que les volumes écoulés ne pourront être calculés que pour les années 1964 et 1965. Un jaugeage effectué en 1954 (h = 2,48, Q = 38,3 m³/s) s'écarte nettement de la courbe ce qui est normal car, suite à la crue de 1962, 3 nouveaux ponceaux ont été construits sur la digue.

c)- Station de YOUE

Cette échelle, installée en 1960 à la Ferme Expérimentale de YOUE, au bord du lac N'GARA, est lue assez régulièrement.

D'autres stations ont existé, pour des études particulières (étude agricole de la zone ERE - LOKA) mais ne sont plus exploitées. Notons plus particulièrement les échelles de POGO sur la Loka et de DJIDI BARGAI, qui ne présentent pas beaucoup d'intérêt puisqu'une bonne partie des eaux de la Loka se déverse dans la Kabia en amont de DJIDI BARGAI.

Une station hydrométrique avait été installée en 1961, sur le Mayo Tam, près des Chutes Gauthiot. Très difficilement accessible, elle comportait un limni-graphe et une échelle limnimétrique. Toutes ces installations ont été emportées par une crue. Ces difficultés, jointes à des conditions sanitaires extrêmement défavorables, nous ont conduit à abandonner cette station.

D - RESULTAT DES OBSERVATIONS EFFECTUEES EN 1965 SUR LE BASSIN DU MAYO KEBI

1°/- LA PLUVIOMETRIE 1965 SUR LE BASSIN DU MAYO KEBI

D'une façon générale, l'année 1965 aura été une année sèche. La pluviométrie annuelle sur le bassin du Mayo Kébi est, en 1965, inférieure à la moyenne. Déterminée à l'aide des isohyètes (carte n° 7565) elle ressort à 900 mm, alors que la moyenne est 1005 mm. La pluviométrie décennale sèche étant de 895 mm, l'année 1965 se classe tout près de cette fréquence. C'est d'ailleurs la plus faible pluviométrie après celle de 1949 (830 mm), sur 26 années d'observation.

Mais, d'une station pluviométrique à l'autre, les écarts à la moyenne sont très différents en valeur et en signe, et tandis que la région de GOUNOU GAYA aura reçu une pluviométrie très faible, par contre sur le secteur PALA - MBOURAO elle sera supérieure à la moyenne.

PLUVIOMETRIE ANNUELLE SUR LE BASSIN DU MAYO KEBI EN 1965

(mm)

Station	Année 1965 mm	Moyenne mm	Observations sur la pluviométrie 1965
BADJE	970,1		
BONGOR (Adm)	819,4	887	Un peu inférieure à la moyenne
BONGOR (CF)	815,1	915	Un peu inférieure à la moyenne
DELI	894,2	1126	Année sèche de fréquence à peu près décennale
FIANGA (Adm)	913,5	958	Légèrement inférieure à la moyenne
FIANGA (Cf)	824,2	907	Légèrement inférieure à la moyenne
GOUNOU GAYA	769,1	1084	Année sèche de période de retour supérieure à 10 ans.
KAELE	986,4	(938)	Supérieure à la moyenne
KAROUAL	935,7	(1007,7)	Un peu inférieure à la moyenne
KELO (Adm)	933,6	1067	Inférieure à la moyenne
KELO (CF)	976,2	1151	Inférieure à la moyenne
LERE (Adm)	751,0	864	Inférieure à la moyenne
LERE (CF)	793,0	921	Inférieure à la moyenne
MBOURAO	1094		Certainement très supérieure à la moyenne
MONBAROUA	968,0	969	Egale à la moyenne
PALA (Adm)	1021,0	1096	Très peu inférieure à la moyenne
PALA (CF)	1035,9	1082	Très peu inférieure à la moyenne
TAPOL	1028,1		
TIKEM	857,0	900	Un peu inférieure à la moyenne
TOROK	827,4		
YOUE	958,1	968	Egale à la moyenne
YAGOUA	927,8		

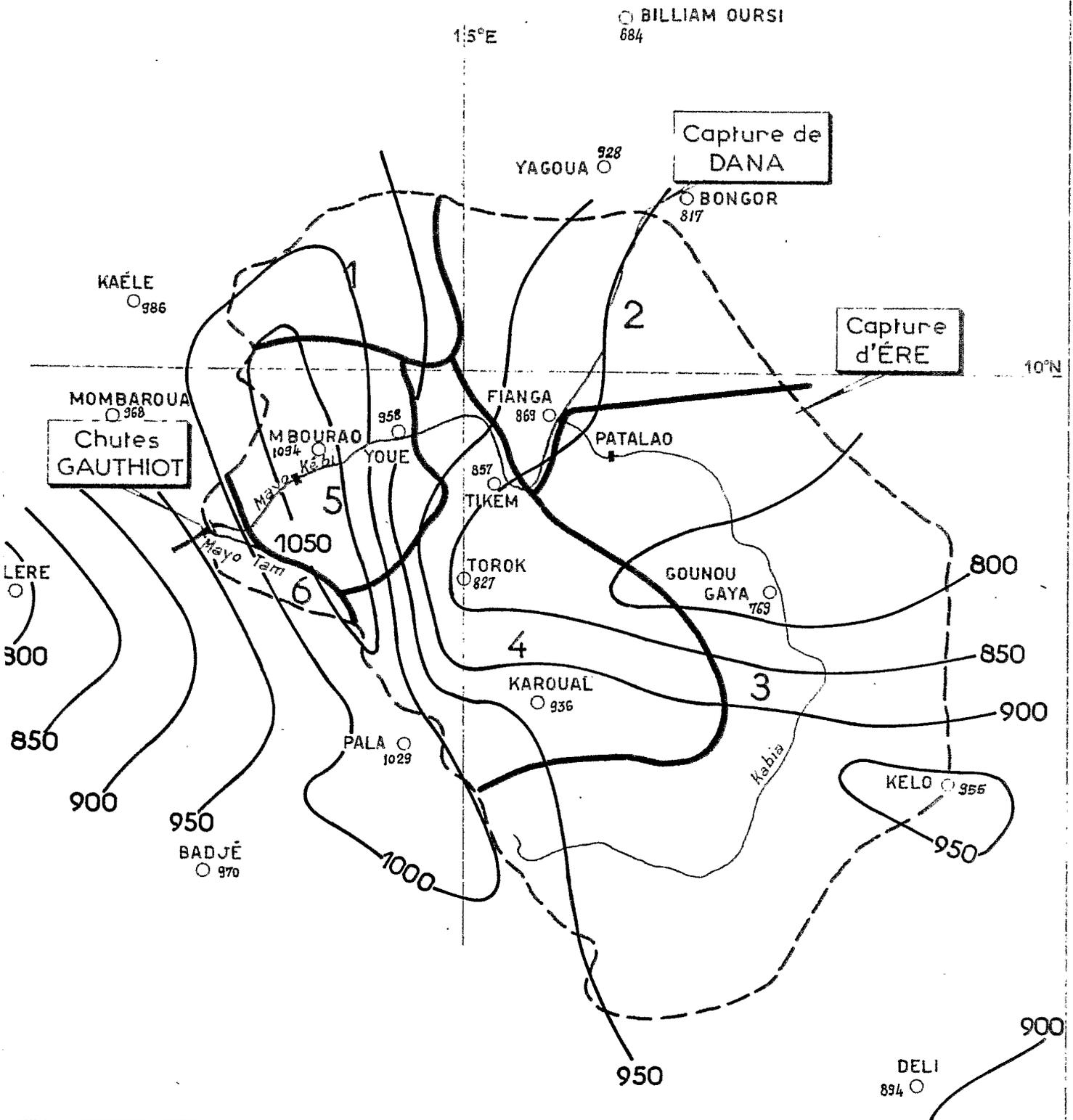
La répartition des pluies mensuelles est très différente d'une station à l'autre.

.. / ...

BASSIN du MAYO-KÉBI aux CHUTES GAUTHIOT

ECHELLE 1 / 1.000.000^e

Pluviométrie annuelle 1965



PLUVIOMETRIE MENSUELLE SUR LE BASSIN DU MAYO KEBI

- Année 1965 -
(mm)

Stations	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Année
BADJE		20,8	106,1	116,7	198,4	336,7	136,9	47,3	970,1
BONGOR (Adm)			3,1	174,9	176,1	289,1	137,6	38,6	819,4
BONGOR (Cf)	2,3	9,4	30,3	174,7	135,0	185,6	130,8	47,0	815,1
DELI		19,4	49,4	171,8	140,5	306,3	182,3	24,5	894,2
FIANGA (Adm)		6,7	45,7	122,9	257,3	282,3	157,2	41,4	913,5
FIANGA (Cf)		13,0	53,5	131,2	176,4	280,6	114,2	55,5	824,2
GOUNOU GAYA		7,2	41,2	145,6	141,3	264,0	145,9	23,9	769,1
KALELE	0,1	38,7	24,3	153,6	211,3	305,2	215,1	38,1	986,4
KAROUAL		11,5	55,8	137,6	287,2	222,6	210,8	10,2	935,7
KELO (Adm)	5,4	26,1	72,6	173,4	136,1	240,7	234,1	45,2	933,6
KELO (Cf)	6,6	42,5	48,1	167,0	199,9	286,2	187,4	38,5	976,2
LERE (Adm)		60,2	15,4	107,7	209,9	278,5	64,9	14,4	751,0
LERE (Cf)		43,1	21,5	101,9	213,5	296,7	88,8	27,5	793,0
MBOURAO		(10)	(48)	174	196	354	254	58	1094
MONBAROUA	2,4	78,7	26,4	172,7	174,9	290,0	168,5	54,4	968,0
PALA (Adm)		24,4	53,1	205,7	312,7	275,1	106,6	43,4	1021,0
PALA (Cf)		16,5	77,1	140,3	397,5	288,5	71,6	44,4	1035,9
TIKEM		29,6	55,4	117,6	135,7	268,2	207,5	43,0	857,0
TOROK		6,8	59,3	158,7	175,7	254,8	123,3	48,6	827,4
YOUE		15,4	36,8	127,7	187,9	366,5	161,8	62,0	958,1
YAGOUA		35,2	4,8	174,0	160,7	261,2	281,4	10,5	927,8

Jusqu'à la fin Juin la pluviométrie reste assez homogène sur l'ensemble du bassin. Mais en Juillet, une succession d'orages ont intéressé plus particulièrement la région de PALA : il est tombé, durant la dernière décade de ce mois, 263 mm à PALA Cotonfran, 213 mm à PALA Administration.

A TIKEM, pour cette même période, il ne pleuvait que 86,7 mm et 93,2 mm à GOUNOU GAYA. Ces pluies sont à l'origine des crues brutales qui ont emporté 2 ponts sur la route PALA - TIKEM et 1 sur la route FIANGA - MBOURAO.

Le mois d'Août est assez homogène, tandis qu'en Septembre, ce sont les régions de KELO, M'BOURAO et surtout YAGOUA qui ont reçu le plus d'eau. Octobre est également homogène.

2°/- VOLUMES ECOULES DURANT L'ANNEE HYDROLOGIQUE 1965

La caractéristique principale de l'écoulement du Mayo Kébi en 1965 provient du fait que les déversements du Logone ont été nuls ou tout du moins négligeables. Cependant les précipitations, proches de la moyenne, qui sont tombées sur la région PALA - M'BOURAO ont occasionné un fort ruissellement. Plus particulièrement les écoulements issus de la pluviométrie de la dernière décade de Juillet, ont provoqué une montée importante du lac de LERE, situé en aval des chutes. L'eau a atteint la cote 5,56 m - hauteur jamais encore atteinte - et une partie du village de LERE était inondée. Ce sont également ces orages qui sont la cause des dégâts routiers signalés plus haut.

a)- Le Mayo Kébi à la station du km 20

Les tableaux ci-après et le graphique n° 7667 indiquent les valeurs des débits moyens journaliers écoulés à cette station. Il a été observé quelques faibles crues en Juin et début Juillet, mais les crues les plus fortes ont eu lieu début Août : le 7, le débit maximum a été de 135 m³/s (ce qui correspond à un débit journalier de 119 m³/s) et le 11, de 127 m³/s (débit journalier : 113 m³/s). Ces crues ont pour origine d'une part les averses qui se sont produites le 5 et 9 Août, d'autre part l'augmentation du débit de base à l'issue de la dépression Toubouri, à la suite des orages de fin Juillet déjà cités plus haut.

Les crues de fin Août début Septembre seront moins importantes et résulteront du ruissellement de la zone 5 superposé à une augmentation du débit d'alimentation de la dépression Toubourie. La décrue s'amorce à la mi-Septembre et l'augmentation de débit entre le 9 et le 12 Octobre a pour cause une averse assez importante tombée le 7.

Les déversements du Logone sont inexistants ou tout du moins très faibles et impossibles à discerner sur l'hydrogramme.

Les débits moyens mensuels sont en m³/s.

M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
(0,1)	2,3	7,3	61,3	58,9	14,1	5,4	2,4	(1,3)	(0,8)	(0,6)	(0,4)

Le module annuel est : 13,0 m³/s.

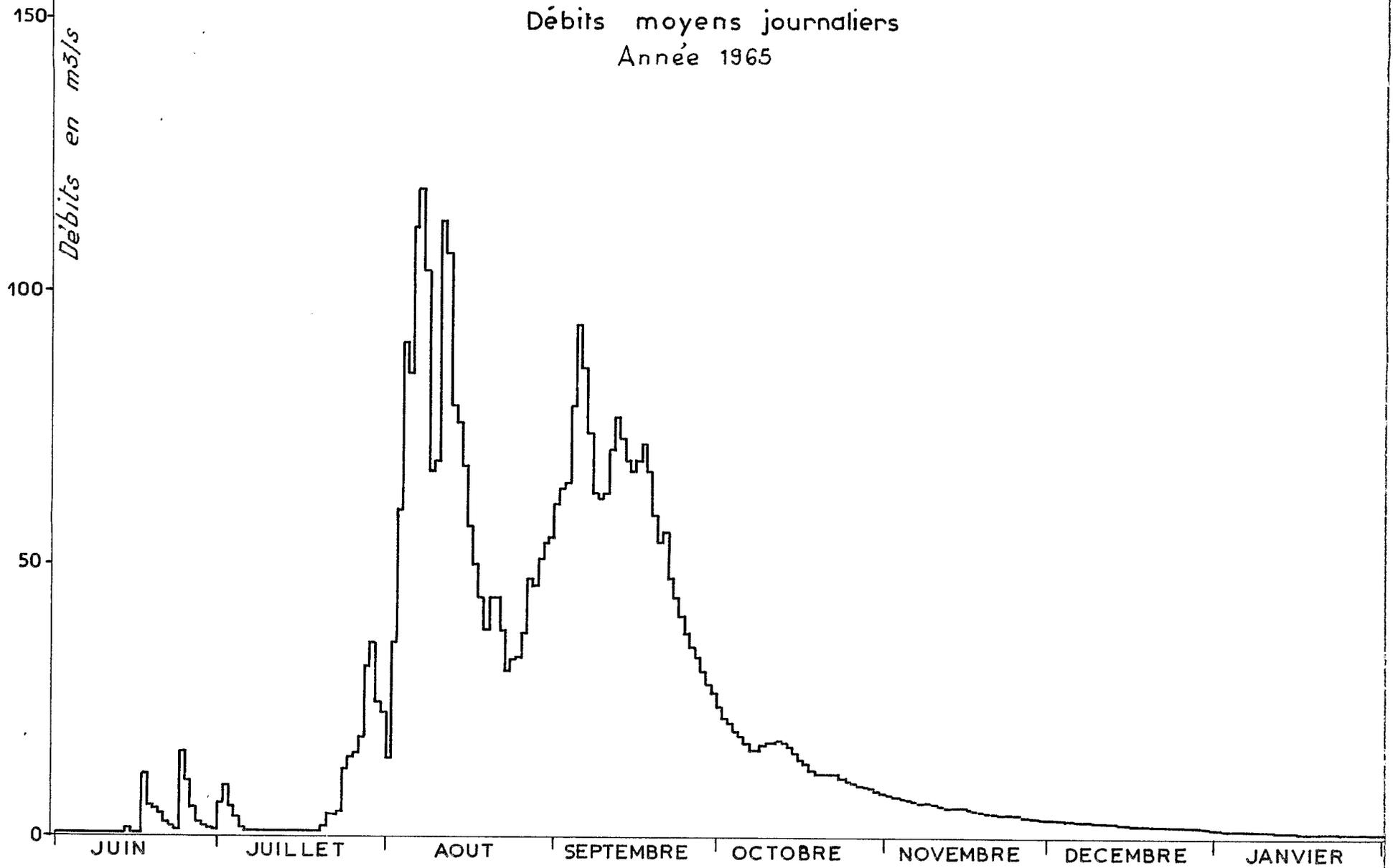
ce qui correspond à un volume écoulé de

410 millions de m³

../...

Le MAYO KÉBI au Km 20

Débits moyens journaliers
Année 1965



CRT 7667

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE 11-5-66

DES S. NICOE

VISA:

TUBE N°

Le module de l'année 1965 est légèrement supérieur à celui de 1964 (11,2 m³/s). Ces deux années, d'hydraulicité pratiquement identiques, diffèrent totalement par l'origine des débits: en 1964, le ruissellement étant faible, la majorité des apports provenaient du Logone tandis qu'en 1965 ces apports sont négligeables.

Le débit maximum observé (135 m³/s) se rapproche davantage de celui de 1961 (161 m³/s).

En adoptant une hauteur de précipitations moyenne de 900 mm et pour la superficie du bassin (13.330 km²) limité à cette station, le coefficient de ruissellement est de 3,4%.

b)- Le Mayo Kébi à M'BOURAO

D'allure à peu près identique au précédent, l'hydrogramme (graphique n° 7666) diffère par le laminage des crues issues du Mayo Dorbo. Du fait de l'apport de la Kabia (apports régularisés par le lac de TIKEM) les débits de fin Septembre seront plus réguliers et plus importants. Le maximum observé sera de 84 m³/s le 14 Septembre.

La répartition des débits moyens observés est la suivante : (m³/s)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,2	0,8	1,4	48,9	58,6	10,5	4,7	2,3	1,4	0,9	0,7	0,5

Le module annuel est 10,9 m³/s ce qui correspond à un volume ruisselé de 344 millions de m³

Les apports entre M'BOURAO et km 20 sont de 66 millions de m³ ce qui, pour une superficie de 455 km² et une pluviométrie de 1050 mm, correspond à un coefficient de ruissellement de 13,8 %.

Le coefficient de ruissellement global, à M'BOURAO, pour le bassin aval, ressort à : 2,7 %.

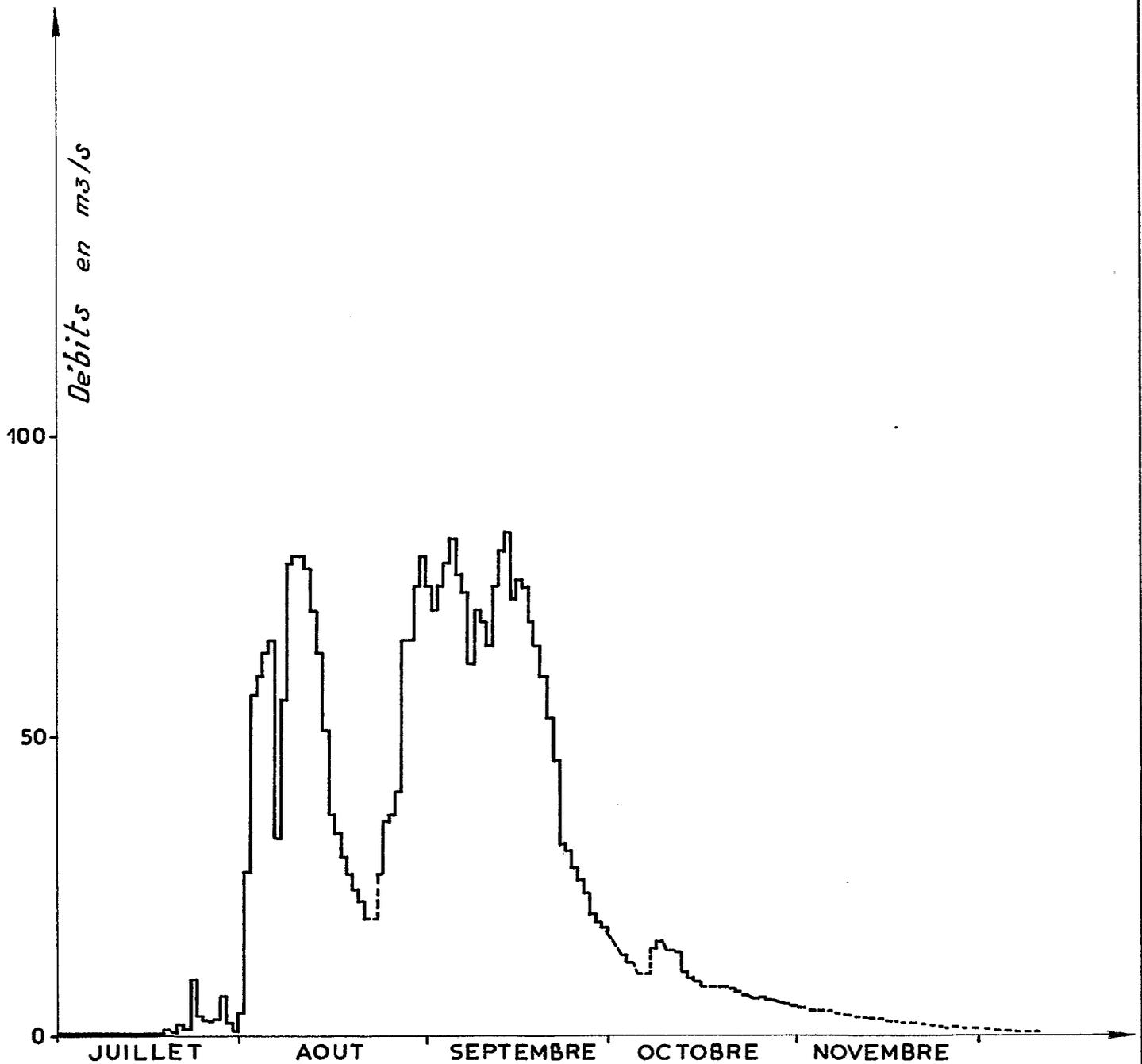
c)- Le bassin du Mayo Ligam

Sur les 3 campagnes hydrologiques, c'est la campagne 1965 qui aura été la plus intéressante par l'importance des volumes écoulés.

../...

Le MAYO KEBI à M'BOURAO

Débits moyens journaliers
Année 1965



CRT 7666

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 11 - 5 - 66

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

Les débits moyens mensuels sont : (m³/s)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
					0,7	0,8	2,8	2,2			

Durant la période d'observation (1er Juin - 1er Octobre) les volumes écoulés auront été de : 17,3 millions de m³.

La hauteur de précipitations, durant le même temps, était de 978 mm, ce qui donne, pour un bassin versant de 41 km², un coefficient de ruissellement de 43 %.

d)- Le Mayo Kébi à TIKEM

Bien amorti par le lac de TIKEM, les crues des Mayo Déhé et de la Kabia conduisent à un hydrogramme bien régulier, caractérisé par un maximum les 15 et 16 Septembre (17,8 m³/s) et une décrue bien régulière.

Le Mayo Dorbo ayant début Août, perturbé l'écoulement, les débits durant cette période sont assez approximatifs.

Les débits moyens mensuels sont : (m³/s)

M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
0,2	0,3	(1,1)	(8,2)	16,4	11,8	5,6	2,4	(1,0)	(0,4)	(0,2)	(0,1)

e)- Le Mayo Dorbo à TIKEM

Contrairement à 1964, le Mayo Dorbo a beaucoup coulé cette année. Après quelques petites crues en Mai, Juin et Juillet, le Mayo a brusquement monté fin Juillet et les crues se sont succédées jusqu'à la mi-Septembre. Le débit maximum n'est qu'approximatif, de l'ordre d'une cinquantaine de m³/s car la courbe de tarage a dû être extrapolée et les plus hautes eaux n'ont pu être repérées avec précision, les plus hauts éléments étant submergés. Dès la fin des pluies, l'écoulement se tarit rapidement et devient nul en Novembre.

Les débits moyens journaliers sont représentés sur le graphique n° 7649.

../...

Le MAYO KÉBI à TIKEM

Débits moyens journaliers

Année 1965

Débits en m^3/s

10

5

0

JUIN

JUILLET

AOUT

SEPTEMBRE

OCTOBRE

NOVEMBRE

DECEMBRE

CRT 7664

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE 10 - 5 - 66

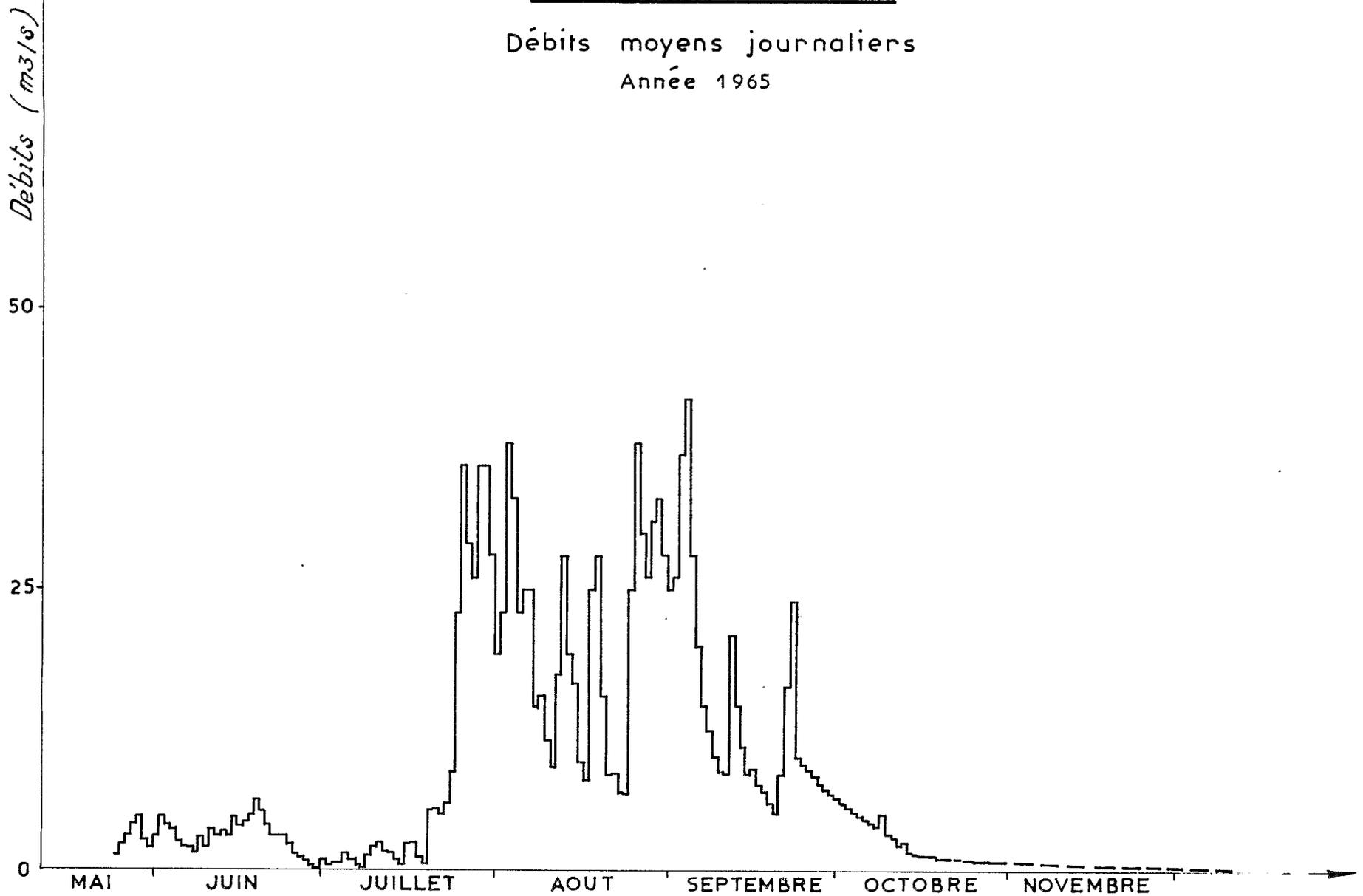
DES. S. NICOE

VISA:

TUBE N°

Le Mayo Dorbo à TIKEM

Débits moyens journaliers
Année 1965



CRT 7649

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 2-5-66

DES: S. NICOE

VISA:

TUBE N°

Les débits moyens mensuels donnent (m³/s) :

M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
0,6	3,0	8,6	20,5	14,3	2,3	0	0	0	0	0	0

Le module annuel est : 4,1 m³/s soit un volume écoulé de

129 millions de m³

La pluviométrie étant d'environ 920 mm, le coefficient d'écoulement sera : 10 %.

f)- La Kabia à PATALAO

De part la faible pluviométrie et la quasi inexistence des débordements, les débits de la Kabia sont, en 1965, très modestes. Après quelques crues en Août - Septembre la décrue s'effectue régulièrement jusqu'en Décembre, sans qu'il soit possible de discerner, sur l'hydrogramme, les apports du Logone.

Le débit maximal a été de 12,4 m³/s le 20 Septembre.

Les débits mensuels sont (m³/s) :

M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
0,4	0,6	1,0	3,7	9,8	8,0	3,2	0,9	(0,5)	(0,3)	(0,2)	(0,1)

Le module annuel est : 2,4 m³/s ce qui correspond à un volume écoulé de

76 millions de m³

g)- La Kabia à GOUNOU GAYA

Les hauteurs d'eau, à la station de GOUNOU GAYA, ne sont déterminées qu'à partir du 14 Septembre, le lecteur ayant été défaillant. Il semblerait que les hautes eaux correspondent approximativement à cette date. Compte tenu de l'imprécision sur la courbe de tarage, il n'est possible que d'évaluer les volumes écoulés à environ 35 millions de m³.

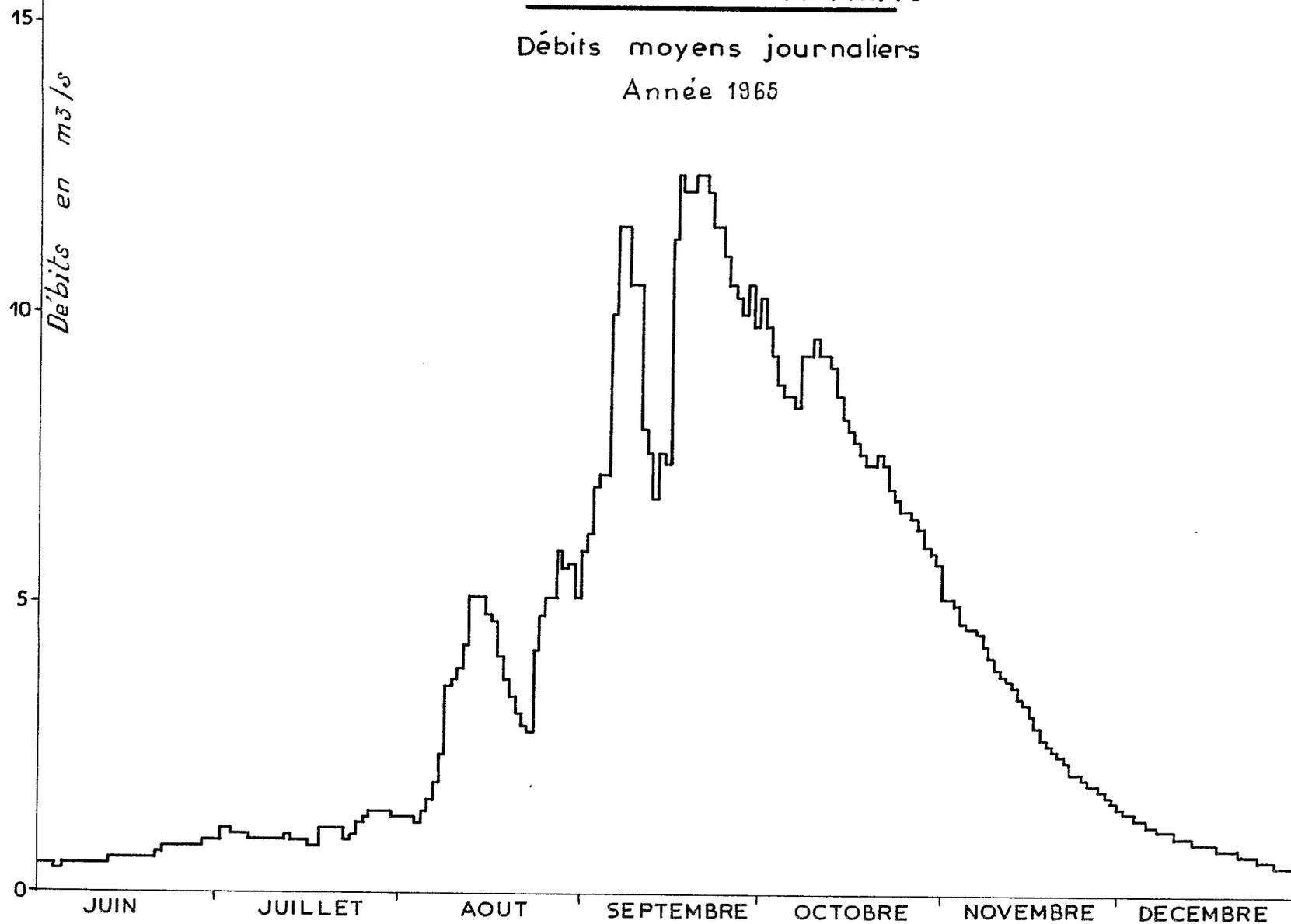
../...

La KABIA à PATALAO

Débits moyens journaliers

Année 1965

Débits en m³/s



CRT 7665

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 10-5-66

DES: S. NICOE

VISA:

TUBE N°

Avec une pluviométrie moyenne de 915 mm, le coefficient de ruissellement est d'environ 1 %.

3°/- BILAN HYDROLOGIQUE DES ECOULEMENTS AUX CHUTES GAUTHIOT EN 1965

Nous y distinguerons :

- le ruissellement durant les pluies
- les apports provenant du Logone
- les pertes par évaporation dans les lacs Toubouri
- le stockage ou la vidange des lacs Toubouri

La détermination des pertes par évaporation ne peut avoir la même précision que celle de la mesure des volumes écoulés. Néanmoins les mesures évaporatoires effectuées par l' ORSTOM, tant sur le bassin du Mayo Ligan que sur les stations du TCHAD (et plus particulièrement à FORT-LAMY et à BOL) nous ont permis d'évaluer ces pertes de l'ordre de 1.900 mm par an, répartis comme suit :

Evaporation mensuelle (mm)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
180	200	260	230	200	110	80	70	100	140	150	180	1900

Les superficies des lacs de TIKEM, FIANGA et N'GARA avaient été déterminées par A. BOUCHARDEAU ("Possibilité d'aménagement des Chutes Gauthiot", Septembre 1959), pour différentes altitudes du plan d'eau

Superficie des Lacs (km²)

Altitude du plan d'eau (IGN)	318	319	320	323	325
Lac de FIANGA			25	119	380
Lac de TIKEM			15	62	90
Lac de N'GARA		40	90	142	165

Ces valeurs sont basées sur la cartographie existante, complétée par les profils en long et en travers effectués par la Mission Logone - Tchad. Bien que présentant obligatoirement une certaine imprécision, que seul un levé régulier des cuvettes des lacs permettrait de réduire, ces superficies sont quand même bien significatives. Elles nous serviront pour déterminer les pertes par évaporation et le stockage.

a)- Pertes par évaporation sur les lacs

A l'aide des valeurs ci-dessus, nous pouvons chiffrer, mois par mois, les valeurs des volumes évaporés et contrebalancés en saison des pluies par les précipitations tombant sur la surface des lacs. Le tableau ci-après donne le détail des calculs. Les pertes seraient de :

Lac de FIANGA	45 millions de m ³
Lac de TIKEM	15 millions de m ³
Lac de N'GARA	32 millions de m ³
	<hr/>
Total	92 millions de m ³

b)- Vidange des lacs

Entre le 1er Février 1965 et le 1er Février 1966, le niveau des lacs a baissé de 0,42 m pour FIANGA, 0,28 m pour TIKEM et 0,31 m pour N'GARA.

Cela représente une vidange de :

Lac de FIANGA	20 millions de m ³
Lac de TIKEM	6 millions de m ³
Lac de N'GARA	18 millions de m ³
	<hr/>
Total	44 millions de m ³

c)- Apports de ruissellement

- ZONE 1

Zone endoréique, elle ne participe pas aux écoulements dans le Mayo Kébi.

- ZONE 2

Les apports de la zone 2, vu les faibles pentes et la quasi inexistence de tributaires bien marqués, sont modestes. M. ROCHE a défini, lors de la Campagne 1961, les coefficients de ruissellement en fonction de la pluviométrie annuelle et qui sont :

.. / ...

1 % pour une pluviométrie de 800 mm

2 % pour une pluviométrie de 1200 mm

ces valeurs résultant de l'observation des écoulements sur des bassins de caractéristique comparable.

Faute de mesures directes, ces valeurs ont été utilisées en 1961 et 1964 et nous les conserverons pour 1965.

La pluviométrie moyenne annuelle sur la zone 2 étant de 875 mm, le coefficient de ruissellement est :

1,2 %

Les apports de la zone 2 seront de :

11 millions de m³

Il n'y a eu aucun déversement par le seuil de DANA en 1965.

- ZONE 3

Cette zone, qui représente le bassin versant de la Kabia, reçoit également les déversements du Logone par le seuil d'ERE.

Les déversements du Logone, en 1965, peuvent être estimés à environ 10 millions de m³, suivant la corrélation établie entre les volumes déversés et les débits caractéristiques à LAI (voir chapitre suivant).

Les volumes écoulés à PATALAO (76 millions de m³) se décomposent en :

Apport du Logone = 10

Apport de la Kabia
(jusqu'à GOUNOU GAYA) = 35

Apport de la Loka et de
la Kabia (entre GOUNOU
GAYA et PATALAO) = 31

76 millions de m³

ce qui donne un coefficient de ruissellement de 1 % pour la Kabia jusqu'à GOUNOU-GAYA (superficie du bassin = 3.970 km², pluviométrie = 915 mm) et de 2 % pour la Loka et le reste de la Kabia (superficie = 1.940 km², pluviométrie = 810 mm).

Pour l'ensemble de la zone 3, il convient d'ajouter l'apport de la zone située en aval de PATALAO (420 km²). Avec une pluviométrie de 850 mm et un coefficient de 2 %, cette zone apporte 7 millions de m³.

.. / ...

Les apports de la zone 3 sont donc

83 millions de m³

et le coefficient de ruissellement : 1,5 %

- ZONE 4

Les volumes écoulés par la zone 4 sont la somme :

- des volumes apportés (et mesure) par le Mayo Dorbo
- des volumes apportés par le Mayo Déhé
- des volumes apportés par les petits mayos situés de part et d'autre du Mayo Kébi en aval de TIKEM.

Les volumes écoulés à TIKEM sont de 126 millions de m³. Ils devront être diminués du volume représentant la vidange (20 + 6 = 26 millions de m³) et majorés des pertes par évaporation (45 + 15 = 60 millions de m³) soit en définitive 160 millions de m³ pour représenter exactement les volumes écoulés.

Les apports des zones 2 et 3 étant de (83 + 11 = 94 millions de m³), la différence entre eux et les volumes écoulés à TIKEM représentent les apports du Mayo Déhé soit 66 millions de m³. Ceci représente un coefficient de ruissellement de 6,7 % (superficie : 1.120 km², pluviométrie : 880 mm).

Précédemment, nous avons vu que le Mayo Dorbo avait fourni un volume de 129 millions de m³ avec un coefficient de ruissellement de 10 %. Nous adopterons pour le reliquat de la zone 4, située principalement sur la rive droite du Mayo Kébi, dans une zone à relief peu marqué, un coefficient de ruissellement intermédiaire entre les zones 2 et 5, soit 5 %.

Pour une pluviométrie de 900 mm et une superficie de 520 km², se représente un volume ruisselé de 23 millions de m³.

L'apport total ruisselé de la zone 4 sera :

$$66 + 129 + 23 = \underline{\underline{218 \text{ millions de m}^3}}$$

ce qui représente un coefficient de ruissellement de 8 %.

- ZONE 5

Nous avons déterminé plus haut que le coefficient de ruissellement entre M'BOURAO et km 20 était de 13,8 %. L'apport de cette zone, pour une pluviométrie de 1.025 mm sera de 140 millions de m³.

- ZONE 6

Bien que n'intervenant pas dans un stockage éventuel, les apports de la zone 6 arrivent à l'amont même des Chutes Gauthiot. Nous admettrons, vu la superficie et les coefficients de ruissellement observés en zone 5, un coefficient de ruissellement de 20 %, ce qui conduit à un volume écoulé d'environ 56 millions de m³.

d)- CONCLUSION

Les apports sont donc les suivants :

Zone 1	néant
Zone 2	11
Zone 3	83 (dont 10 en provenance du Logone)
Zone 4	218
Zone 5	140
Zone 6	ne participe pas au stockage

452 millions de m³

Ce volume aurait dû s'écouler au km 20, s'il n'y avait pas eu vidange et évaporation sur les lacs.

La vidange des lacs représente 44 millions de m³

L'évaporation sur les lacs représente une perte de 92 millions de m³

Il aurait dû s'écouler au km 20 :

$$452 + 44 - 92 = \underline{404 \text{ millions de m}^3}$$

alors que nous avons mesuré : 410 millions de m³

Compte tenu d'une certaine imprécision inévitable sur bien des termes (et en particulier sur les pertes par évaporation et sur la vidange) l'écart entre les deux valeurs ci-dessus est très faible et ce bilan bien représentatif.

Pour l'année 1965, nous admettrons la répartition suivante :

Apport dûs au ruissellement	442
Apports en provenance du Logone	10
Vidange des lacs	44
Pertes par évaporation	86
	<hr/>
	410 millions de m ³

Ce volume correspond au volume utilisable ou stockable dans un barrage réservoir.

Aux Chutes Gauthiot, il a dû probablement s'écouler un volume de l'ordre de 470 millions de m³.

E - LES DEVERSEMENTS DU LOGONE DANS LE MAYO KEBI

En aval de LAI, le Logone coule dans un lit situé à une altitude légèrement supérieure aux plaines avoisinantes. Aussi lorsque les eaux vont être suffisamment hautes, il y aura débordement et déversement de part et d'autre. Ces déversements vont se produire particulièrement là où la berge s'abaisse, réalisant un seuil. Ceux-ci se succéderont, plus ou moins bien marqués de LAI à LOGONE-GANA :

Les déversements de rive droite alimenteront le Ba Illi. Ceux de rive gauche alimenteront le Mayo Kébi, le Logomatia, l'El Beïd.

Les déversements dans le Mayo Kébi s'effectuent principalement par le seuil d'ERE et accessoirement par celui de DANA. En année de forte hydraulité, la Tandjilé, affluent de rive gauche du Logone, peut également participer à l'alimentation du Mayo Kébi.

1°/- LES DEVERSEMENTS PAR LE SEUIL D'ERE

Les déversements par ce seuil vont être collectés par la Loka, affluent de la Kabia. Trois stations hydrométriques ont été implantées pour connaître l'importance des volumes écoulés, à GOUNOU GAYA sur la Kabia, PATALAO sur la Kabia et POGO sur la Loka. Cette dernière a été abandonnée car elle ne mesurait qu'une partie seulement des débits de la Loka.

GOUNOU GAYA mesure les débits de la Kabia. PATALAO mesure les débits de la Loka, de la Kabia et les déversements. La différence entre les volumes écoulés à PATALAO et à GOUNOU GAYA représentera les volumes déversés, les apports de la Loka et les apports propres à la Kabia entre ces deux stations.

Il est possible de séparer, sur l'hydrogramme de PATALAO, les écoulements Loka - Kabia de ceux issus du Logone lorsque ceux-ci sont bien différenciés. En effet les écoulements de la Loka et de la Kabia se présenteront sous l'aspect d'une dentelle de crues successives, qui auront lieu de Juin à Septembre. Par contre les déversements se présenteront sous la forme d'une crue très régulière dérivée de la forme de la crue du Logone à LAI. On y retrouvera, décalés de 15 à 20 jours, tous les maximums observés à cette station.

L'hydrogramme de l'année 1964 (graphique n° 7656) est particulièrement bien représentatif à ce sujet. D'autant plus que les déversements étant nettement supérieurs aux apports des bassins propres, l'erreur commise dans la séparation n'a qu'une faible influence relative sur la détermination du volume déversé.

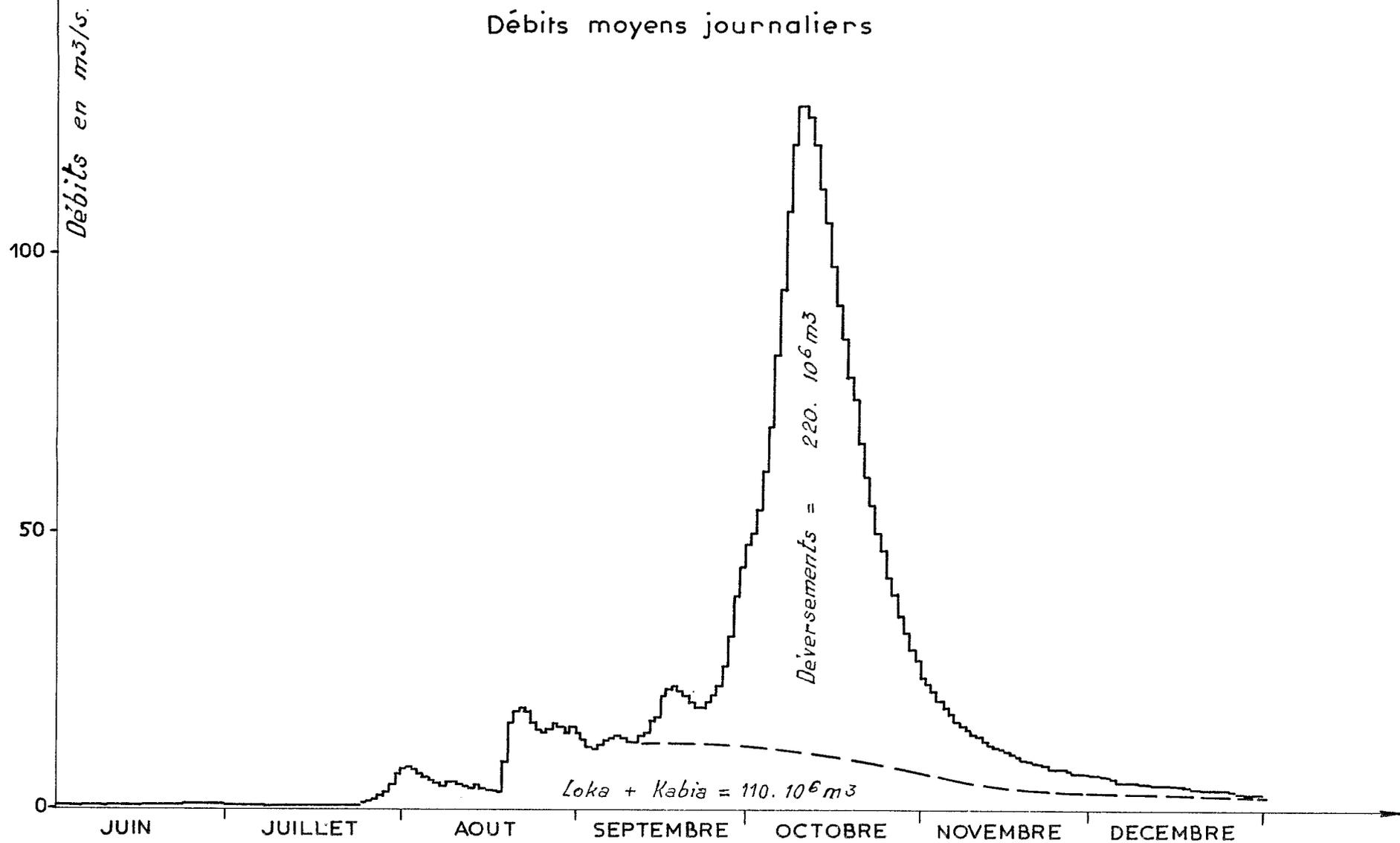
D'autres hydrogrammes, par contre, n'ont pu être exploités à cause des déversements trop faibles ou trop précoces, ou à cause de pluies tardives. Par exemple, il n'a pas été possible de faire la séparation des déversements pour l'année 1965 (graphique n° 7665).

.. / ...

La KABIA à PATALAO

ANNÉE 1964

Débits moyens journaliers



CRT 7656

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 6-5-66

DES: S. NICOE

VISA:

TUBE N°

Sur les 9 hydrogrammes de PATALAO, il n'a été possible de séparer les écoulements que pour les cinq années suivantes :

Années	1949	1950	1951	1955	1964
Volumes écoulés (millions de m ³)	180	700	90	1330	340
Volumes déversés par le Logone	130	560	10	1150	220
Apport de la Kabia et de la Loka	50	140	80	180	120

D'une année à l'autre, les volumes déversés sont très variables : 10 millions de m³ en 1951, 1150 m³ en 1955.

Il a été cherché une corrélation entre la crue du Logone et les volumes déversés. M. ROCHE, en 1961, avait établi une relation en utilisant le nombre de jours où la cote dépassait 3 mètres à BONGOR. La corrélation est certaine mais le peu de sensibilité de la station de BONGOR nous ont amené à rechercher une autre plus représentative.

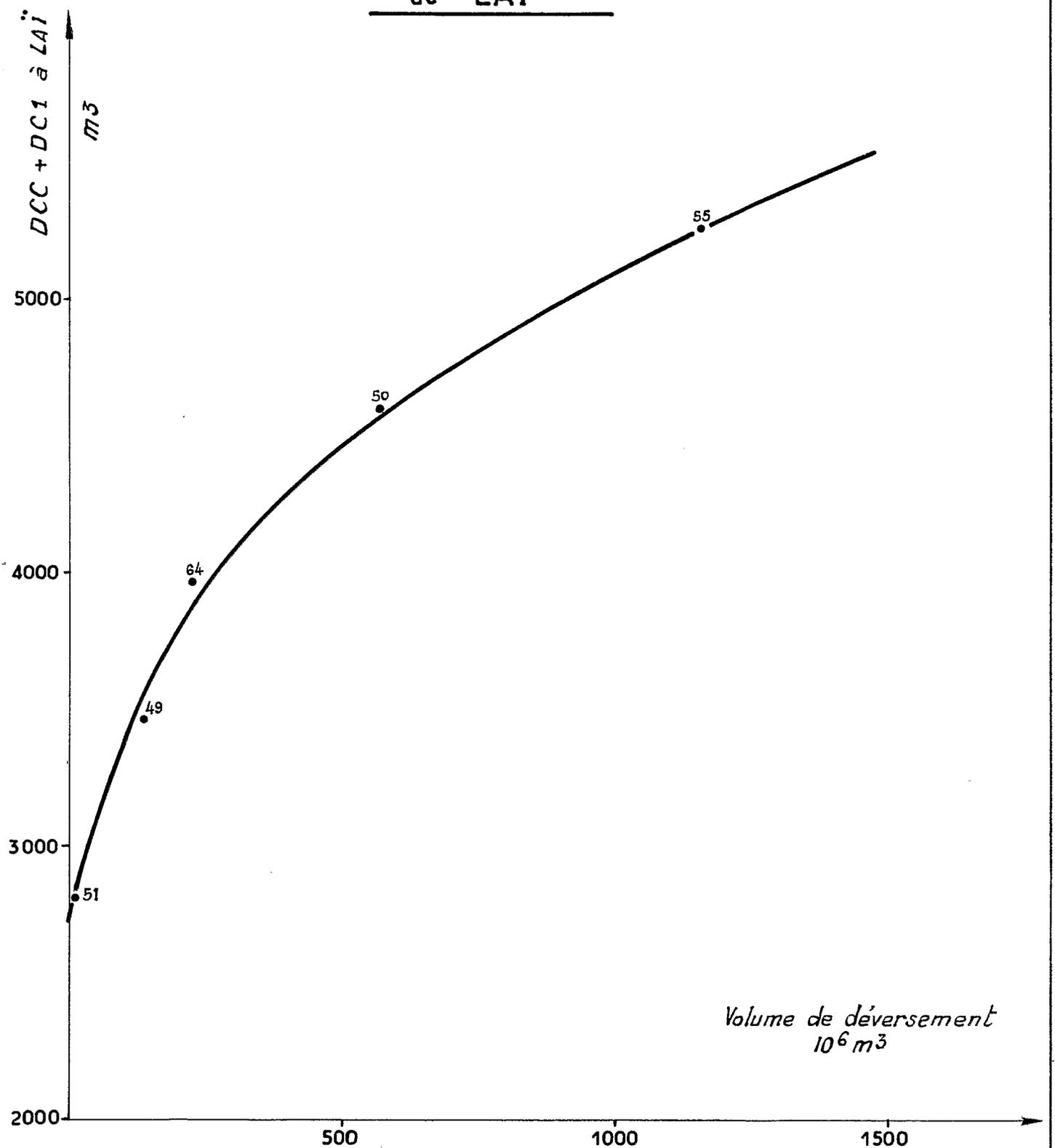
Nous avons trouvé, avec B. BILLON, que les déversements étaient en relation avec les débits caractéristiques de LAI. Afin de tenir compte de l'importance et de la durée de la crue, facteurs qui conditionnent les déversements, l'étude a porté sur le débit caractéristique de crue (DCC), débit dépassé 10 jours par an, et sur le débit caractéristique (DC1) dépassé 1 mois par an.

La corrélation est nette entre volumes déversés et la somme DCC + DC1 (graphique n° 7648).

	1949	1950	1951	1955	1964
Volume déversé (millions m ³)	130	560	10	1150	220
DCC + DC1	3470	4600	2822	5271	3972

.. / ...

Corrélation entre les déversements du LOGONE et les débits caractéristiques de LAÏ



CRT 7648

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 2 - 5 - 66	DES: S. NICOE	VISA
			TUBEN°

Caractérisant chaque crue, les valeurs (DCC + DC1) sont des variables aléatoires. Aussi pouvons-nous tenter l'ajustement à une loi statistique des 18 années d'observation à LAI.

(m³/s)

Année	DCC	DC1	DCC + DC1
1948	2440	1960	4400
1949	1960	1510	3470
1950	2430	2170	4600
1951	1472	1350	2822
1952	2193	1920	4113
1953	1655	1392	3047
1954	2642	2346	4988
1955	3119	2152	5271
1956	2448	1986	4436
1957	1579	1451	3030
1958	2056	1677	3753
1959	2550	2039	4589
1960	2346	2172	4518
1961	2193	1907	4100
1962	2397	2090	4487
1963	2550	1655	4205
1964	2295	1677	3972
1965	1524	1350	2874

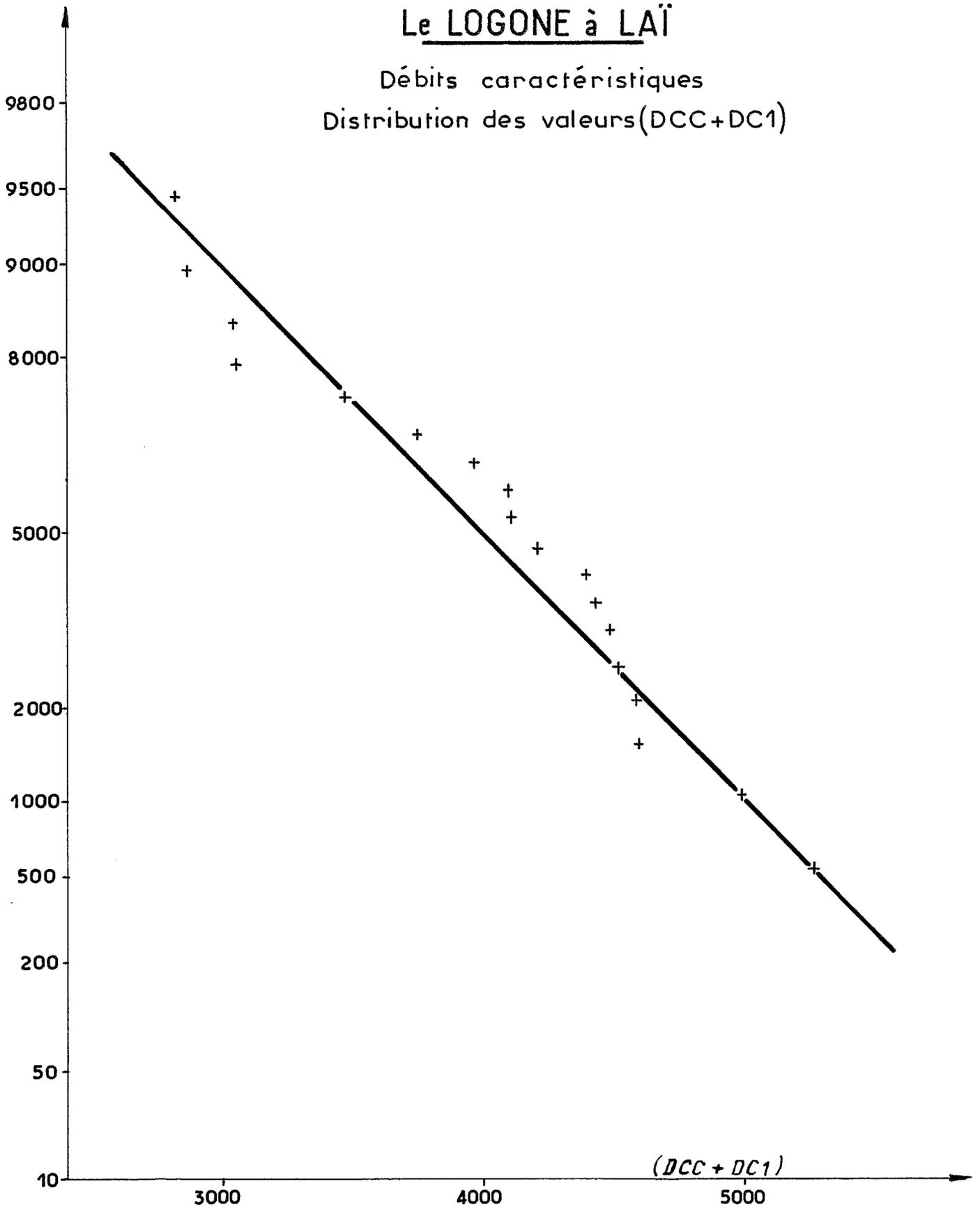
La distribution (graphique n° 7650) s'effectue suivant la loi de Gauss. Cette distribution va permettre de définir des valeurs caractéristiques pour les déversements, en utilisant la corrélation précédente.

Fréquence	DCC + DC1	Volume des déversements (millions de m ³)
Médiane	4000	270
Décennale sèche	3000	30
Décennale humide	5000	910

Le coefficient d'irrégularité K₃ est très important (30). ..//...

Le LOGONE à LAÏ

Débits caractéristiques
Distribution des valeurs (DCC+DC1)



CRT 7650

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 4 - 5 - 66

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

2°/- LES DEVERSEMENTS PAR LE SEUIL DE DANA

Lorsque le Logone est suffisamment haut, il se produit des déversements, en plus de ceux d'ERE, par le seuil de DANA, situé en face de BONGOR et qui marque le début de la dépression Toubouri .

Les débits déversés sont fonction du niveau du Logone à BONGOR mais aussi du niveau du lac de FIANGA. Il n'y a qu'une dénivellation de 3 mètres entre DANA et FIANGA et le degré de remplissage de la dépression Toubouri influence le débit du flot déversé.

3 jaugeages ont été effectués à DANA avec le seuil dans son état actuel et rattachés à l'échelle de BONGOR (zéro à 322,49 - IGN 56). Une estimation avait été faite en 1950 : 2 m³/s avant tout aménagement sur le seuil.

Date	Hauteur (m)	Débit (m ³ /s)
25.10.1955	3,36	65
1956	3,27	5
26. 9.1956	3,31	50

Lors de la crue importante de 1955, le débit maximum a dû atteindre 80 m³/s et il semblerait que les volumes déversés auraient été de l'ordre de 80 millions de m³. Compte tenu de la période de retour au moins décennale de cette crue, nous pouvons admettre que les déversements par le seuil de DANA varient entre 0 et 100 millions de m³.

3°/- CONCLUSION

Les déversements du Logone dans le Mayo Kébi sont fonction de l'importance de la crue et sont donc d'une importance très variable d'une année à l'autre. Le volume écoulé risque d'être pratiquement nul ou d'atteindre un milliard de m³, une année sur 10. La valeur moyenne la plus probable serait de l'ordre de 300 millions de m³.

../...

F - ETUDE DES VOLUMES ECOULES ANNUELLEMENT AUX CHUTES GAUTHIOT

Cette étude consistera d'abord dans la détermination des coefficients d'écoulement pour les différentes zones du bassin versant, grâce aux résultats obtenus lors des 3 campagnes de mesure. A l'aide de ces coefficients, il sera possible d'extrapoler pour les périodes antérieures (1949 - 1960 - 1962 - 1963) où nous connaissons la pluviométrie et quelques mesures hydrométriques.

Il ne faudra quand même pas trop s'illusionner sur la précision obtenue dans ces extrapolations à cause des erreurs à craindre :

- erreur sur la variation du coefficient d'écoulement (nous ne disposons que de 3 valeurs expérimentales pour établir un semblant de corrélation) surtout pour la zone 4.
- erreur sur l'évaluation des pertes par évaporation.
- erreur sur l'évaluation du stockage ou de la vidange des lacs Toubouri.
- imprécision dans la détermination des précipitations sur l'ensemble du bassin, vu le faible nombre de pluviomètres instants.
- erreur dans la détermination des volumes déversés par le Logone.

Néanmoins, ces évaluations resteront suffisamment significatives pour avoir l'ordre de grandeur des volumes écoulés annuellement.

1°/- NOUVELLE DETERMINATION DES COEFFICIENTS D'ECOULEMENT ET LES BILANS HYDROLOGIQUES DU MAYO KEBI.

Nous avons choisi de raisonner sur l'année hydrologique, de Mai à Avril et de baser la détermination des coefficients d'écoulement sur les volumes écoulés durant cette période.

a)- Campagne 1964

Durant l'année hydrologique 1964, les volumes écoulés aux différentes stations ont été de :

- au km 20	=	353 millions de m ³
- à M'BOURAO	=	315 millions de m ³
- à TIKEM (Mayo Kébi)	=	350 millions de m ³
- à TIKEM (Mayo Dorbo)	=	25 millions de m ³
- à PATALAO	=	328 millions de m ³
- à GOUNOU GAYA	=	73 millions de m ³

../. . .

De la même façon que pour l'année hydrologique 1965, les pertes par évaporation et le stockage sont évalués à :

- Pertes par évaporation

Lac de FIANGA	69
Lac de TIKEM	30
Lac de N'GARA	70
	<hr/>
	169 millions de m ³

- Stockage

Lac de FIANGA (+ 21 cm) =	7
Lac de TIKEM (+ 6 cm) =	1
Lac de N'GARA (+ 9 cm) =	2
	<hr/>
	10 millions de m ³

Les apports des diverses zones sont :

- ZONE 2

Pour une pluviométrie moyenne de 850 mm, le coefficient d'écoulement est : 1,1 % d'où un volume écoulé de 21 millions de m³.

- ZONE 3

Les apports du Logone ont pu être séparés sur l'hydrogramme de PATALAO et sont évalués à 220 millions de m³. Les volumes écoulés à PATALAO se divisent en :

Apports du Logone	=	220
Apports de la Kabia (jusqu'à GOUNOU GAYA)	=	73
Apports de la Loka (et de la Kabia de GOUNOU GAYA à PATALAO)	=	35
		<hr/>
Total		328 millions de m ³

La Kabia à GOUNOU GAYA présente un coefficient d'écoulement de 1,7 % (P = 1.080 mm).

La Loka aurait un coefficient d'écoulement de 2,1 %.

Le reliquat de la zone sera évalué avec un coefficient de 1,9 %, ce qui représentera un volume de 7 millions de m³.

.. / ...

Les apports de l'écoulement propre à la zone 3 sont donc :

$73 + 35 + 7 = 115$ millions de m³, ce qui correspond à un coefficient moyen d'écoulement de 1,8 % (P = 1.010 mm).

Le total écoulé par la zone 3 est de 335 millions de m³.

- ZONE 4

Il s'est écoulé 350 millions de m³ à la digue de TIKEM. En tenant compte du stockage et de l'évaporation, il aurait dû passer un volume théorique de $350 + (7 + 1) + (69 + 30) = 457$ millions de m³.

L'apport du Mayo Déhé se déduira en retranchant les volumes apportés par les zones 2 et 3 et représentera : $457 - (21 + 335) = 101$ millions de m³.

Le coefficient d'écoulement serait, pour une pluviométrie de 950 mm, de 9,5 %, valeur assez forte. Par contre, le Mayo Dorbo a peu ruisselé : 25 millions de m³, soit un coefficient de 2 %.

Le reliquat de la zone 4, affecté d'un coefficient de 2 %, donnerait un volume de 9 millions de m³.

L'apport global de la zone 4 sera : $101 + 25 + 9 = 135$ millions de m³ et son coefficient d'écoulement 4,9 %.

- ZONE 5

Entre M'BOURAO et km 20, la différence dans les volumes est de : $353 - 315 = 38$ millions de m³. Le coefficient d'écoulement est de 10 %. Appliqué à l'ensemble de la zone, il conduit à un volume écoulé, pour l'ensemble de la zone 5, de 83 millions de m³.

Le bilan des écoulements pour 1964, au km 20, s'établit à :

Apport des zones	2	21
	3	335
	4	135
	5	83
		<hr/>

Total 574 millions de m³

volume auquel il faut soustraire le stockage (10) et l'évaporation (169). Nous aurions dû mesurer, au km 20 : $574 - (10 + 169) = \underline{395}$ millions de m³ alors que nous avons mesuré 353 millions de m³.

.. / ...

PERTES PAR EVAPORATION SUR LES LACS TOUBOURI EN 1964

(millions de m³)

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	TOTAUX
							Lac de FIANGA						
Altitude de l'eau (m)	320,5	320,5	320,4	320,7	321,4	322,7	322,2	321,7	321,4	321,3	321,1	320,8	
Superficie (km ²)	34	34	32	38	55	104	83	65	55	52	47	40	
Evaporation	6,8	3,7	2,6	2,7	5,5	14,6	12,5	11,7	9,9	10,4	12,2	9,2	101,8
Apport pluviométrique	4,5	3,1	5,1	9,6	9,8	0,1				1964 :	(0,1)	(0,5)	32,8
										Pertes =			69,0
							Lac de TIKEM						
Altitude de l'eau (m)	319,7	319,8	319,9	320,2	321,4	322,3	321,8	321,1	320,7	320,3	320,1	319,8	
Superficie (km ²)	12	14	15	18	38	55	46	32	27	19	16	14	
Evaporation	2,4	1,5	1,1	1,2	3,8	7,7	6,9	5,8	4,9	3,8	4,3	3,2	46,8
Apport pluviométrique	1,0	1,9	2,0	3,6	8,0	0				1964 :		(0,1)	16,5
										Pertes =			30,3
							Lac de N'GARA						
Altitude de l'eau (m)	318,6	318,6	318,7	318,8	319,7	319,8	320,0	319,7	319,5	319,3	319,2	318,9	
Superficie (km ²)	19	19	22	29	75	80	89	75	65	55	50	34	
Evaporation	3,8	2,1	1,8	2,0	7,5	11,2	16,0	13,5	11,7	11,0	13,0	7,8	101,4
Apport pluviométrique	2,5	2,1	3,8	8,9	13,2	1,1				1964 :		(0,2)	31,6
										Pertes =			69,8

b)- Campagne 1961

Au cours de celle-ci, il n'a été mesuré que les volumes écoulés aux stations de :

Km 20	=	986 millions de m ³
M'BOURAO	=	930 millions de m ³
PATALAO	=	545 millions de m ³
GOUNOU GAYA	=	104 millions de m ³

Les pertes par évaporation ont été évaluées à :

Lac de FIANGA	=	74
Lac de TIKEM	=	28
Lac de N'GARA	=	57
		<hr/>
		159 millions de m ³

La vidange des lacs est estimée à :

Lac de FIANGA	=	8
Lac de TIKEM	=	0
Lac de N'GARA	=	2
		<hr/>
		10 millions de m ³

Les apports de la zone 2 sont évalués à 30 millions de m³ (R = 1,4 %) auxquels nous avons ajouté, vu les cotes atteintes à l'échelle de BONGOR, un déversement du Logone par le seuil de DANA de l'ordre de 40 millions de m³.

La zone 2 apporte donc 70 millions de m³.

En ce qui concerne la zone 3, il n'a pas été possible de discerner, sur l'hydrogramme de PATALAO, la part des déversements et celle des apports propres de la Kabia et de la Loka.

D'après les volumes écoulés à GOUNOU GAYA, le coefficient d'écoulement de la Kabia à cette station ressort à 2,3 % (P = 1.150 mm). La corrélation entre les débits caractéristiques de LAI et les volumes déversés que nous avons annoncée au chapitre précédent, donnerait un apport de l'ordre de 310 millions de m³. Cette valeur a dû être dépassée, car elle conduirait à admettre, pour la Loka seule, un volume d'apport de 131 millions de m³ et un coefficient d'écoulement de 7 %.

Aussi adopterons-nous pour le reliquat de la zone 3, un coefficient de 2 % qui représentera un apport de 8 millions de m³.

.. / ...

L'apport total de la zone 3 sera de 553 millions de m³.

La zone 5, dans la partie comprise entre M'BOURAO et le km 20, pour une pluviométrie de 830 mm, a eu un ruissellement global de 56 millions de m³ d'où un coefficient de 15 %. L'ensemble de la zone, pour un même coefficient et une pluviométrie de 865 mm, apportera un volume de 128 millions de m³.

Si 986 millions de m³ se sont écoulés au km 20, il faut pour obtenir les volumes ruisselés diminuer ce chiffre de la vidange (10 millions de m³) et le majorer de l'évaporation (159 millions de m³) soit : $986 - 10 + 159 = 1.135$ millions de m³.

La somme des apports des zones 2, 3 et 5 est : $70 + 553 + 128 = 751$ millions de m³.

La zone 4 aura donc apporté : $1.135 - 751 = 384$ millions, ce qui correspond, pour une pluviométrie moyenne de 990 mm, à un coefficient d'écoulement de 12,8 %.

En comparaison avec les pluviométries annuelles sur cette zone les autres années, cette valeur du coefficient de ruissellement apparaît, bien qu'un peu forte, comme tout à fait plausible. Néanmoins, la détermination de ce coefficient est quand même hasardeuse en raison des imprécisions commises sur les termes du bilan et surtout, en l'absence de toute mesure hydrométrique sur le Mayo Dorbo.

2°/- VARIATION DES COEFFICIENTS D'ÉCOULEMENT DES DIVERSES ZONES

a)- ZONE 2

En l'absence de précisions supplémentaires et vu la faible valeur des apports issus de cette zone, nous admettrons une variation linéaire du coefficient d'écoulement en fonction de la pluviométrie annuelle :

$$R \% = 1 + \left(\frac{P - 800}{400} \right)$$

b)- ZONE 3

La Kabia à GOUNOU GAYA présentait des coefficients d'écoulement de :

Année	Pluviométrie annuelle (mm)	R %
1951	1040	0,8
1952	1020	2,1
1953	1000	1,1
1956	1050	2,8
1957	1070	0,8
1958	1110	0,7
1959	1030	7,4
1960	1230	2,4
1961	1150	2,3
1962	1080	1,8
1964	1080	1,6
1965	915	1,0

.. / ...

L'année 1959 a présenté un coefficient d'écoulement exceptionnel absolument pas en rapport avec l'importance et la répartition des précipitations : aussi nous soupçonnons beaucoup l'exactitude des relevés limnimétriques à GOUNOU GAYA cette année-là. La Kabia présente, pour les autres années, un coefficient d'écoulement qui n'est pas uniquement fonction de la hauteur de précipitation annuelle ; la répartition des pluies et l'état de saturation des sols jouent un rôle très important sous les isohyètes 900 et 1000 mm. Néanmoins, nous admettrons, pour la Kabia à GOUNOU GAYA, vu la faiblesse des coefficients de ruissellement (une erreur dans leur évaluation ne représentera qu'une très petite fraction des volumes écoulés aux Chutes), un coefficient variant linéairement en fonction de la pluviométrie annuelle.

$$R = 1 \% \text{ pour } P = 900 \text{ mm}$$

$$R = 3 \% \text{ pour } P = 1200 \text{ mm}$$

$$R \% = 1 + \left(\frac{P - 900}{150} \right)$$

La séparation des différents apports, sur l'hydrogramme de PATALAO, a permis d'évaluer les volumes écoulés par la Loka (et par la Kabia, de GOUNOU GAYA à PATALAO) pour 3 années seulement.

Année	Pluviométrie annuelle (mm)	R %
1951	880	2,6
1964	850	2,1
1965	810	2

Nous pouvons admettre un coefficient d'écoulement variant linéairement en fonction de la pluviométrie annuelle.

$$R = 2 \% \text{ pour } P = 800 \text{ mm}$$

$$R = 5 \% \text{ pour } P = 1200 \text{ mm}$$

$$R \% = 2 + \frac{3(P - 800)}{400}$$

Si nous faisons la synthèse pour les années 1961, 1964 et 1965, où nous avons déterminé les coefficients d'écoulement globaux pour la zone, nous obtenons :

Année	R % d'après le bilan	R % d'après les formules
1961	3,6	2,8
1964	1,8	1,6
1965	1,5	1,5

(Le coefficient d'écoulement du reliquat de la zone 3 a été déterminé comme ayant une valeur intermédiaire entre celui de la Kabia et celui de la Loka, ce dernier ayant toutefois un poids plus important). Pratiquement nous utilisons le même coefficient que celui de la Loka.

Ces valeurs ainsi déterminées sont assez significatives, elles nous permettrons de déterminer les apports de la zone lorsqu'il n'existera pas de relevés à PATALAO.

c)- ZONE 4

Nous ne disposons que de 3 campagnes d'observation pour la détermination du coefficient d'écoulement de cette zone.

Il apparaît que celui-ci est fonction de la pluviométrie annuelle de la zone et de la plus forte valeur annuelle des pluies décadaires (somme des pluies journalières tombant durant une période de 10 jours) à PALA. C'est en effet la pluviométrie de cette région qui conditionne l'écoulement du Mayo Dorbo.

Année	Pluviométrie annuelle de la zone (mm)	Pluviométrie décadaire maximale à PALA (mm)	R %
1961	990	179	12,8
1964	910	129	4,9
1965	900	238	8,7

Le graphique n° 7647 représente la variation du coefficient de ruissellement de la zone 4.

d)- ZONE 5

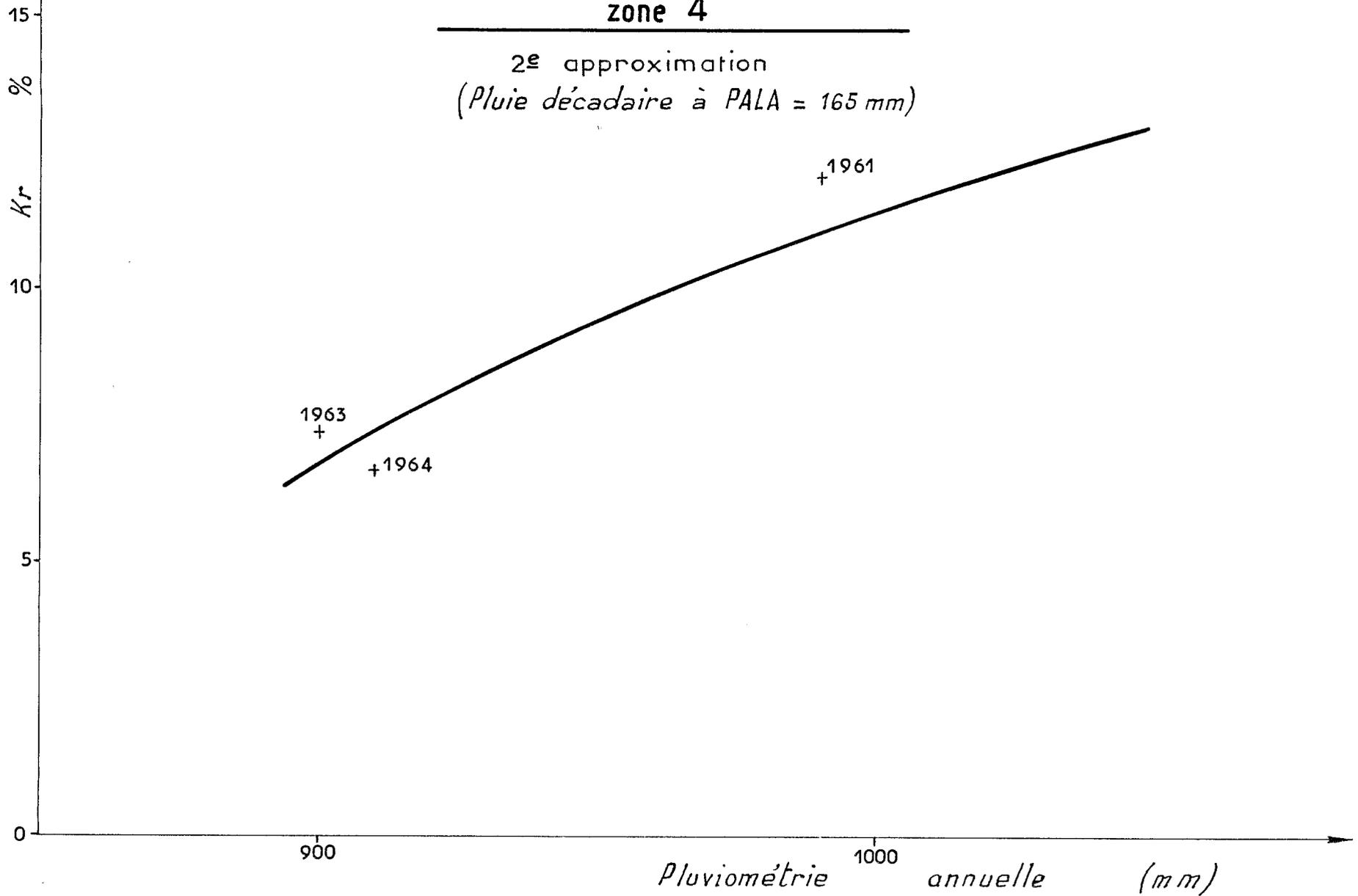
Durant les 3 campagnes, nous avons déterminé les valeurs suivantes :

Année	Pluviométrie annuelle	R %
1961	865	15
1964	835	10
1965	1025	14

..//...

Variation du coefficient de ruissellement pour la zône 4

2^e approximation
(Pluie décadaire à PALA = 165 mm)



CRT 7647

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 2 - 5 - 66

DES: S. NICOE

VISA:

TUBE N°

En 1961, le coefficient apparaît bien fort, surtout pour une pluviométrie inférieure à la moyenne. Rappelons que la détermination du coefficient de la zone 5 s'effectue en faisant la différence dans les volumes écoulés entre le km 20 et M'BOURAO, cette dernière station étant située au milieu de la zone (tout en étant à l'aval immédiat du lac N'GARA).

La précision dans la détermination du coefficient est donc fonction de l'exactitude dans la mesure des débits écoulés aux 2 stations. Or, en 1961, la différence M'BOURAO - km 20 ne représentait que 6 % du volume écoulé au km 20. Si on admet qu'un bon jaugeage donne une détermination de débit à 3 % près, il apparaît qu'il convient de ne pas se faire trop d'illusions sur le coefficient de ruissellement de 1961.

Nous admettrons une variation linéaire fonction de la pluviométrie annuelle

$$R = 10 \% \text{ pour } P = 800 \text{ mm}$$

$$R = 20 \% \text{ pour } P = 1200 \text{ mm}$$

$$R (\%) = 10 + \frac{P - 800}{40}$$

30/- DETERMINATION DES DEBITS ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT, DE 1949 à 1965

A l'aide des observations pluviométriques et des coefficients d'écoulement pour les diverses zones, déterminés ci-dessus, nous pouvons essayer de déterminer, lorsque nous ne disposerons pas de relevés hydrométriques (PATALAO, GOUNOU GAYA), les volumes écoulés aux Chutes Gauthiot, en ajoutant au ruissellement les déversements du Logone déterminés comme il a été dit au chapitre E.

Le tableau ci-après donne la récapitulation des calculs (qui se trouvent donnés en annexe, année par année). Il a, bien entendu, été tenu compte de l'évaporation et du stockage dans les lacs Toubouri, suivant le mode de calcul utilisé pour les bilans de 1961, 1964 et 1965.

Les apports en provenance de la zone 6 figurent séparément, puisqu'ils ne participeront pas au stockage éventuel et seront dans la plupart des cas évacués comme crues.

Le volume annuel moyen écoulé stockable serait de l'ordre de 814 millions de m³. L'écart type est : 406 millions de m³ et le coefficient de variation important : 0,50.

../...

Année	Apport du bassin versant	Volume provenant du Logone	Volume total stockable	Apport supplémentaire estimé de la zone 6
1949	(58)	130	(188)	22
1950	413	590	1003	35
1951	305	10	<u>315</u>	22
1952	402	310	712	31
1953	671	45	716	53
1954	410	690	1100	33
1955	529	1230	<u>1759</u>	50
1956	457	336	793	36
1957	404	70	574	48
1958	447	140	587	42
1959	746	620	1366	38
1960	644	530	1174	50
<u>1961</u>	636	350	986	44
1962	296	590	886	38
1963	561	360	921	52
<u>1964</u>	133	220	353	28
<u>1965</u>	400	10	410	56

Le volume total stockable en 1949 n'est qu'approximatif car il n'a pas été possible de connaître l'importance de la vidange des lacs. La valeur indiquée est très certainement inférieure à la réalité.

4°/- CONCLUSION

Les conditions d'écoulement de l'année 1965 ont permis de déterminer avec plus de précision les coefficients d'écoulement et par conséquent les volumes écoulés aux Chutes Gauthiot.

Il apparaît que les volumes écoulés au km 20, volumes réellement utilisables pour la production d'énergie, seraient compris entre 212 et 1.720 millions de m³. Ces valeurs sont comparables à celles énoncées par M. BILLON à l'issue de la Campagne 1964 : 110 et 1.690 millions de m³. Mais les volumes apportés par le bassin propre semblent plus importants que ceux prévus par M. BILLON, sans pour cela atteindre les premières évaluations de M. ROCHE.

Nous trouvons, pour la période 1949-1961, et pour le bassin propre, un volume moyen interannuel de 442 millions de m³, contre respectivement 237 et 700 millions de m³ des estimations antérieures.

L'écart provient surtout de l'estimation du coefficient d'écoulement de la zone 4.

En admettant que nous ayons adopté un coefficient nettement trop élevé,

.. / ...

il ne semble quand même pas possible de le diminuer raisonnablement de plus de 3 %, ce qui représenterait un volume ruisselé diminué de 100 millions de m³ seulement. Nous admettrons faute d'observations hydrométriques complémentaires, les coefficients de ruissellement calculés plus haut comme représentatifs.

La détermination des pertes par évaporation est, elle aussi, assez imprécise. D'une part nous ne connaissons pas exactement la vraie valeur de l'évaporation : nous avons admis, suite aux travaux de Ch. RIOU, une valeur globale de 1.900 mm, avec une répartition mensuelle homotétique à l'évaporation, mesurée sur bac à M'BOURAO. L'erreur commise sur l'épaisseur de la tranche d'eau évaporée ne devrait quand même pas dépasser 200 mm, soit 10 %. D'autre part nous ne connaissons pas exactement la superficie des lacs. Comme l'évaporation est surtout active lorsque les niveaux sont bas, de Décembre à Mai, il est raisonnable d'estimer l'erreur sur les volumes évaporés annuellement de l'ordre de 30 %, ce qui représente environ 50 millions de m³. Cela ne représente, sauf en année de très faible hydraulité, qu'une part bien faible du bilan.

Les apports du bassin propre sont en moyenne à peu près équivalents aux déversements du Logone. Par contre, d'une année à l'autre, l'importance des déversements varie beaucoup plus que lorsqu'il s'agit des apports du bassin propre : de 10 à 1.230 millions de m³ contre 82 à 746 millions de m³. C'est donc surtout l'importance des déversements qui déterminera l'hydraulité du Mayo Kébi.

Les 17 années pour lesquelles nous avons mesuré ou déterminé les volumes écoulés permettent d'indiquer que le volume utilisable annuellement pour l'aménagement hydroélectrique des Chutes Gauthiot serait en moyenne de :

810 millions de m³

Valeur probable comprise dans une fourchette 660 - 860 millions de m³.

Une année sur dix, ce volume risquerait de ne pas atteindre 250 millions de m³, ou dépasserait 1.400 millions de m³.

II DEUXIEME PARTIE

LE BASSIN EXPERIMENTAL DU MAYO LIGAM - ETUDE DES CRUES

A - LE BASSIN EXPERIMENTAL DU MAYO LIGAM

Afin de fournir au projeteur les données indispensables pour la détermination de l'évacuateur de crues, il a été demandé à l'ORSTOM de chiffrer l'importance des crues. Il apparaissait que les plus fortes proviendraient du Mayo Tam ; les crues propres au Mayo Kébi étant grandement laminées par les lacs Toubouri. Malheureusement, il était extrêmement difficile d'accéder au Mayo Tam. C'est pour cette raison qu'il a été choisi un bassin expérimental dans une zone à peu près comparable, mais sur lequel les observations pourraient être possibles.

Le bassin versant du Mayo Ligam, affluent de rive droite du Mayo Kébi, a été choisi à cet effet et trois campagnes hydrologiques effectuées (1961 - 1964 et 1965). Les résultats des deux premières campagnes ont été publiés dans les rapports précédents. Nous traiterons ici des observations effectuées en 1965 et reprendrons la détermination des débits de crue en utilisant les données des 3 campagnes.

1°/- DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE

a)- Situation

Le bassin du Mayo Ligam se situe à 45 km à l'Ouest de FIANGA, près du village de M'BOURAO. Il est longé, sur sa partie Sud, par la piste reliant FIANGA à LERE.

Le bassin versant est compris entre

9° 51' et 9° 55' de latitude Nord

14° 39' et 14° 45' de longitude Est

La superficie est de 41 km².

La forme générale est celle d'un rectangle très allongé.

L'indice de compacité de GRAVELUS est de 1,27.

b)- Relief

Le point le plus élevé est coté 425 m sur la carte IGN au 1/200.000 (Feuille " LERE ").

Le point le plus bas se situe à environ 326 m d'altitude. Le relief est bien marqué.

..//...

M. ROCHE a donné la répartition hypsométrique suivante :

- de 326 à 360 m d'altitude : 28 % de la superficie
- de 360 à 400 m d'altitude : 48 % de la superficie
- de 400 à 425 m d'altitude : 24 % de la superficie.

Il a classé ce bassin parmi les bassins à forte pente longitudinale, l'indice de pente étant

$$I_p = 0,096$$

c)- Caractéristiques géologiques (d'après J. MERMILLOD et H. TORRENT)

Ce bassin est situé sur le socle primaire, constitué surtout par des granodiorites et des diorites quartziques. Les affleurements sont fréquents.

d)- Caractéristiques pédologiques (d'après C. CHEVERRY)

Les sols du bassin du Mayo Ligam sont des sols halomorphes à structure modifiée, lessivés à alcalis, solonetz solodisés. Ils sont imperméables.

e)- Le couvert végétal

C'est une savane arborée arbustive. La strate arborée est à base de Sterculia setigera, Prosopis africana et Anogeissus leicarpus. La strate arbustive est composée de Combretum ziziphus et de Balanites aegyptacia. Le tapis herbacé est réduit, généralement détruit par les feux de brousse. En fin de saison des pluies, il devient un peu plus important. Il est composé d'andropogonées et de Baureria radiata.

f)- Réseau hydrographique

Le Mayo Ligam est un collecteur dont le tracé en plan est à peu près rectiligne, sur lequel se greffe une série de petits talwegs qui recueilleront les eaux de ruissellement.

La pente longitudinale est forte : au droit de la station hydrométrique, elle est encore de 0,14 %. Le lit est encombré de nombreux affleurements rocheux qui peuvent constituer, comme à 2 km en amont de la station hydrométrique, une bouchure partielle du lit, avec création de rapides et de cascades.

Le charriage est assez important et d'une crue à l'autre, un filet d'eau d'étiage serpente entre les bancs de sable, sa position variant au cours de la saison des pluies.

../...

g)- Conclusion

Toutes les caractéristiques géographiques sont favorables au ruissellement.

2°/- DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Il a été installé, sur le bassin, un abri météorologique complet et surtout un bac d'évaporation type Colorado enterré.

Par comparaison avec la station météorologique de PALA, les conditions climatologiques sont assez voisines.

a)- Températures

En saison des pluies, la température moyenne mensuelle est un peu plus élevée sur le bassin de PALA (1° environ), mais en saison sèche, ce serait l'inverse et la température moyenne annuelle sera comparable à celle de PALA, soit 27° 2.

Les minima moyens sont identiques entre les deux stations, durant la saison des pluies. Ils sont plus faibles sur le bassin, en saison sèche.

C'est l'inverse qui se produit pour les maxima moyens : ils sont identiques en saison sèche et plus forts sur le bassin en saison des pluies.

b)- Psychrométrie

La psychrométrie est pratiquement identique sur les 2 stations.

c)- Evaporation

Les résultats des mesures effectuées sur bac Colorado ont été donnés dans la Première Partie. Rappelons que l'évaporation annuelle, sur nappe libre, serait de l'ordre de 1.900 mm.

Les observations communes sur évaporomètre PICHE sont trop fragmentaires pour avoir quelque signification. Il semblerait toutefois que l'évaporation soit plus importante à PALA.

d)- Précipitations

La pluviométrie interannuelle, par interpolation entre les résultats de TIKEM, FIANGA et LERE, serait de l'ordre de 910 mm. Une année sur dix, la pluviométrie annuelle pourrait dépasser 1.120 mm ou ne pas atteindre 780 mm.

L'étude des précipitations journalières (voir première partie) a indiqué que l'averse décennale était de : 103 mm

../...

3°/- EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE

Sans changement depuis la campagne 1964, l'équipement de la station hydrométrique comprenait un limnigraphe OTT, type X, à rotation journalière et une échelle hydrométrique.

La station avait très bien été tarée en basses et moyennes eaux, lors de la campagne 1964.

Nous n'avons complété l'étalonnage que pour les hautes eaux. Les grandes vitesses de l'eau, les corps flottants et les vagues interdisaient l'emploi du canot pneumatique. Aussi nous avons dû nous contenter que de jaugeages au flotteur. Le 3 Septembre, une belle crue nous a permis de mesurer les vitesses de surface. Nous avons adopté un rapport :

Vitesse moyenne de surface _____ égal à 1, d'après les valeurs de ce
Vitesse moyenne dans la section

rapport pour les plus forts jaugeages effectués au moulinet et suivant l'allure de la variation de la vitesse moyenne en fonction de la hauteur à l'échelle. (graphique n° 7628).

Les résultats sont les suivants :

Hauteur à l'échelle (m)	Section mouillée (m ²)	Vitesse moyenne (m ³ /s)	Débit (m ³ /s)
2,68	62,5	2,49	156
2,62	60,5	2,60	157
2,33	50,5	2,04	103
2,20	46,5	1,88	87
1,99	39,5	1,92	76

Compte tenu du fait que la plus forte crue enregistrée lors des 3 campagnes n'a atteint qu'une hauteur de 2,78 m, la station peut être considérée comme bien étalonnée.

Le graphique n° 7579 représente l'allure de la courbe de tarage.

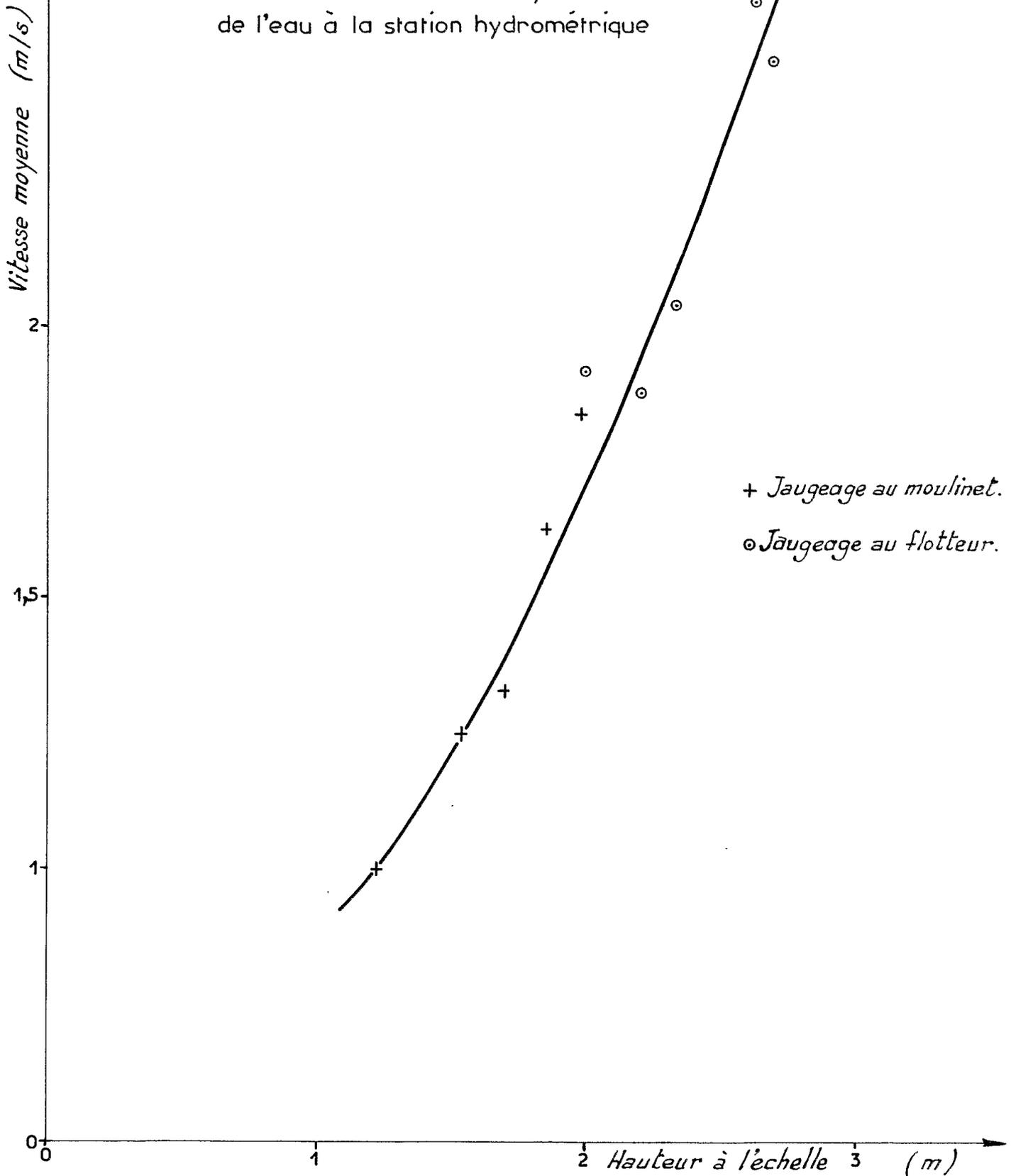
4°/- OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES

a)- Equipement

Comme pour les campagnes précédentes, les pluviométries ont été mesurées sur 8 pluviomètres "Association" et sur 2 pluviographes PRECIS-MECANIQUE à augets basculeurs.

MAYO LIGAM

Variation de la vitesse moyenne de
de l'eau à la station hydrométrique



MAYO LIGAM

Courbe de tarage

Debits
 m^3/s

200

100

0

1m

2m

3m

Hauteur à l'échelle

CRT 7579

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 17 - 11 - 65	DES: S. NICOE	VISA	TUBEN°:	
-----	------------------	---------------	------	---------	--

L'emplacement de ces appareils était identique et la pluviométrie moyenne calculée comme étant la moyenne arithmétique des 10 observations, les instruments de mesure étant répartis uniformément sur la surface du bassin.

b)- Pluviométrie moyenne sur le bassin

Les observations, commencées le 15 Mai, ont donné les pluviométries moyennes suivantes :

Mois	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Année
Pluio- métrie (mm)	(48)	174	196	354	254	(58)	(1094)

La pluviométrie annuelle sur le Mayo Ligam, pour 1965, est supérieure à la moyenne, comme pour les stations voisines (KAELE, MONBAROUA et YOUE) tandis que de manière plus générale, la pluviométrie 1965, sur l'ensemble du Tchad., était très déficitaire.

c)- Pluviométrie journalière

Par contre il n'a pas été mesuré, en 1965, de bien fortes averses. Le maximum ponctuel a été de 94,1 le 3 Septembre et la précipitation journalière moyenne sur le bassin de 59,3 mm pour la même averse.

Les tableaux ci-après donnent pour chaque averse les hauteurs d'eau recueillies à chaque pluviomètre.

Les averses génératrices des plus fortes crues ont eu les caractéristiques suivantes :

- Averse du 3 Août

Elle a duré une dizaine d'heures, mais c'est en réalité une succession de 3 averses élémentaires, la dernière, la plus importante, donnant lieu au ruissellement le plus intense.

La pluviométrie moyenne se décomposait en trois fractions :

5,7 mm
8,7 mm
43,4 mm
<hr/>
57,8 mm

Bassin Versant du Mayo Ligam - Année 1965

Pluviométrie journalière (mm)

Date	Pluviomètres										Pluv. moyenne	
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11		
15/5	16,8		16,2									(16,5)
21/5	9,5	12,6	17,5	17,1	24,5	8,2	13,5	20,8	16,7	9,7		15,0
23/5	5,5	5,8	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3
24/5	1,7	2,4	2,0	0,8	4,5	7,4	6,6	3,5	2,5	2,1		3,4
25/5	2,2	1,7	0	0	0	0	0	0	0	3,0		0,7
29/5	8,2	7,7	6,1	5,3	4,7	3,7	5,2	4,1	7,3	8,3		6,1
2/6	22,2	26,1	25,4	31,5	32,5	29,5	30,4	35,2	41,6			30,4
8/6	7,2	6,5	5,9	5,1	5,2	5,0	4,9	5,1	5,5	6,0		5,6
12/6	18,3	18,3	15,0	15,0	19,0	26,2	25,3	27,4	22,8	23,0		21,0
13/6	16,7	19,1	16,3	11,6	14,3	16,2	17,5	20,8	19,5	18,6		17,1
16/6	47,4	48,8	46,5	37,8	51,6	52,7	44,8	34,3	30,8	33,5		42,8
20/6	5,7	7,5	14,5	8,2	8,5	9,2	7,1	8,9	12,7	12,9		9,5
21/6	14,8	10,6	7,7	3,8	6,1	7,9	10,5	8,7	13,2	8,6		9,2
23/6	46,0	46,9	50,0	28,5	30,0	41,7	27,3	25,0	43,0	44,6		38,3
25/6	0		0		1,5							0,2
1/7	23,2	20,4	26,2	29,2	42,8	38,7	33,5	31,0	27,2	22,6		29,5
7/7	1,2	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0,8		0,3
11/7	8,3	5,2	1,2	1,2	1,0	0,6	0,8		3,7	2,1		2,7
13/7	3,0	2,7	2,3	2,6	3,2	2,3	3,5	2,8	4,2	1,5		2,8
15/7	4,2	3,4	3,8	3,5	2,6	5,1	4,2	3,4	1,9	1,7		3,4
19/7	34,4	38,1	51,2	64,9	48,2	31,9	43,9	46,1	37,7	28,0		42,4
21/7	11,3	13,3	15,8	21,2	12,7	17,8	19,0	27,1	27,5	15,9		18,2
22/7	11,3	12,0	10,6	4,5	15,2	0	0,3	0	4,2	5,8		6,4
23/7	43,5	45,2	43,6	32,5	40,2	27,5	35,1	36,0	41,8	44,0		38,9
26/7	23,7	25,6	7,1	6,4	6,5	6,9	6,8	7,1	14,5	22,1		12,7
28/7	36,4	34,0	21,2	26,4	40,1	29,1	15,5	8,7	11,6	33,0		25,6
31/7	11,4	11,9	9,6	10,2	12,4	13,8	15,5	16,5	15,5	17,4		13,4

Le maximum observé (somme des trois averses élémentaires) était de 74,5 mm, le minimum : 39,0 mm.

Elle a rencontré d'excellentes conditions d'humidité du sol, survenant après une averse tombée le 2 Août avec P m = 43,9 mm. C'est cette averse qui a produit la plus forte crue observée sur le bassin pendant les trois campagnes.

- Averse du 9 Août

De courte durée, elle a présenté un hyétogramme avec d'assez fortes intensités (maximum = 204 mm/h). Mais elle n'est pas homogène et n'a que peu intéressé l' Ouest du bassin.

P max : 66,1 mm

P min : 9,5 mm

P moy : 41,6 mm

- Averse du 10 Août

Une vingtaine d'heures plus tard une pluie tombait sur le bassin. Un peu plus homogène que la précédente, ses caractéristiques sont :

P max : 53,7 mm

P min : 18,0 mm

P moy : 36,8 mm

Elle bénéficie comme l'averse du 3 Août de conditions favorables au ruissellement après l'averse du 9.

- Averse du 3 Septembre

Elle a duré près de 3 heures. La répartition des hauteurs d'eau tombées est un peu moins hétérogène, mais les intensités n'ont pas été très importantes, de plus, le sol était déjà assez sec.

P max : 94,1 mm

P min : 26,2 mm

P moy : 59,3 mm

Cette averse correspond à la seconde crue de l'année et de la période de 3 ans.

5°/- OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES

a)- Régime hydrologique

Seul le Mayo Kébi a un débit permanent par suite de la présence des lacs. Tous les petits mayos tributaires, dont le Mayo Ligam, sont à sec durant la saison sèche.

Au début de la saison des pluies, l'écoulement sera intermittent, et il faudra attendre Juillet pour qu'entre chaque crue le débit de tarissement ne soit pas tout à fait nul. Les crues les plus importantes se produiront en Juillet, Août et Septembre, et dès Octobre le débit de tarissement, généralement inférieur à une vingtaine de litres par seconde tendra vers zéro. Mais jusqu'en Décembre environ il sera possible de trouver l'eau à quelques décimètres de profondeur, en creusant le sable du lit du Mayo. Cet écoulement souterrain dans les alluvions se tarit complètement en cours de saison sèche.

b)- Volumes écoulés en 1965

Nous avons effectué les observations hydrométriques, sur le bassin du Mayo Ligam du 15 Mai au 1er Octobre. Le tableau ci-après donne les débits moyens journaliers pour la période : 1er Juin - 1er Octobre.

Le volume écoulé a été de 17,3 millions de m³ et le coefficient d'écoulement de 43 %. (P = 1.094 mm).

En 1964, le volume écoulé était de 5 millions de m³ et le coefficient d'écoulement 15, 2 % (P = 805 mm).

En 1961, il s'était écoulé 9,1 millions de m³, ce qui correspondait à un coefficient d'écoulement de 27,0 % (P = 850 mm).

c)- Description des plus fortes crues.

- Crue du 3 Août

Elle est consécutive à une averse de 57,8 mm, qui nous venons de le voir, est tombée en 3 fractions. Les deux premières n'ont occasionné qu'un ruissellement réduit et n'ont servi qu'à saturer le sol. Par contre la troisième, la plus importante, a beaucoup ruisselé. Le débit a atteint 174 m³/s (valeur maximale observée en 1965). Le débit de base avant la première pointe de crue n'était que de 1,2 m³/s. Le temps de montée était de 2 h 40, valeur égale au temps de réponse (pour la troisième pointe).

- Crue du 10 Août

Le débit, qui n'était à l'origine que d'une vingtaine de litres par seconde, a atteint 137 m³/s. L'hydrogramme présente un accident pendant la montée, pouvant s'expliquer par le fait que l'averse a commencé par intéresser l'aval du bassin : le ruissellement sur l'amont a commencé plus tard et le flot de crue est arrivé à la station alors que la décrue était déjà amorcée.

Bassin Versant du Mayo Ligam - Année 1965

Débits moyens journaliers (m³/s)

Jours	M	J	J	A	S	O
1		0,5	1,8	0	0,7	
2		4,0	1,6	10,6	0	
3		0	0	13,0	19,7	
4		0	0	1,8	1,5	
5		0	0	14,9	0,6	
6		0	0	0,9	0,4	
7		0	0	0,5	3,5	
8		0	0	0,8	3,7	
9		0	0	0,2	8,3	
10		0	0	22,4	10,4	
11		0	0	4,9	2,6	
12		0,3	0	0,1	0,8	
13		0	0	0	5,8	
14		0	0	0	2,0	
15		0	0	0	2,8	
16		0	0	0	2,3	
17		9,9	0	0	0,7	
18		0,2	0	0	0	
19		0	0,5	0	0	
20		0,5	2,7	0	0	
21		0	3,0	0	1,1	
22		0,2	1,3	0	0	
23		0	0	1,7	0,2	
24		6,9	7,4	9,7	0	
25		0	0	0	0	
26		0	0	0	0	
27		0	0,7	3,1	0	
28		0	3,0	0,1	0	
29		0	1,0	0,2	0	
30		0	0	1,2	0	
31			1,4	0,7		
Débit moyen		0,7	0,8	2,8	2,2	0
Volume écoulé	10 ⁶ m ³	1,9	2,1	7,5	5,8	

Le temps de base est de 7 h. Le temps de montée est de 2 h et le temps de réponse de 1 h 45 mn.

- Crue du 11 Août

Le terrain étant déjà bien saturé par l'averse précédente, la crue a été également importante : 133 m³/s.

L'hydrogramme présente une cassure pendant la montée, pour vraisemblablement la même cause que pour la crue précédente.

Le débit de base avant la crue était de 3,5 m³/s. Le temps de base est de 6 h 50. Le temps de montée est de 2 h et le temps de réponse de 1 h 50 mn. La crue est à peu près unitaire.

- Crue du 3 Septembre

Le débit maximal a atteint 162 m³/s. L'hydrogramme est régulier mais la durée de la pluie est trop grande pour que la crue soit unitaire.

Le temps de base est de 8 h. Le temps de montée est de 2 h 35 mn, celui de réponse de 1 h 50 mn.

Le débit de base avant la crue est quasi-nul (une vingtaine de litres par seconde).

6°/- ETUDE ANALYTIQUE DES AVERSES ET DES CRUES

A l'issue de la Campagne 1965, très prolifique en crue sur le Mayo Ligam, 24 crues ont été analysées : les plus importantes. Mais en tenant compte des hydrogrammes complexes, c'est en définitive 30 crues qui ont été étudiées.

En y ajoutant les résultats des 2 campagnes précédentes, nous arrivons à un total de 54 échantillons, nombre suffisant pour aborder l'étude du coefficient de ruissellement.

Les symboles utilisés sont :

P_m = Pluviométrie maximale observée sur le bassin

P = Pluviométrie moyenne observée sur le bassin

$\frac{P}{P_m}$ = Coefficient d'abattement

P_a = Pluie antérieure

t_a = Temps séparant la pluie, génératrice de la crue, de la pluie antérieure.

- Ih = Indice d'humidité
Vp = Volume de la pluie moyenne
Vr = Volume ruisselé
Kr = Coefficient de ruissellement = $\frac{Vr}{Vp}$
Q max = Débit maximal de la crue
Qo = Débit de base avant la crue
Q max - Qo = Débit caractéristique
Tb = Temps de base de la crue
Tm = Temps de montée de la crue
Tp = Temps de réponse (temps séparant le centre de gravité de l'hydrogramme et le maximum de la crue).

Les résultats de l'analyse figurent sur les tableaux ci-après.

a)- Averses

Les hauteurs de précipitations moyennes sur le bassin ont été déterminées par simple moyenne arithmétique des 10 pluviométries ponctuelles. Le coefficient d'abattement $\frac{P}{Pm}$ pour les plus fortes averses serait de l'ordre de 0,70.

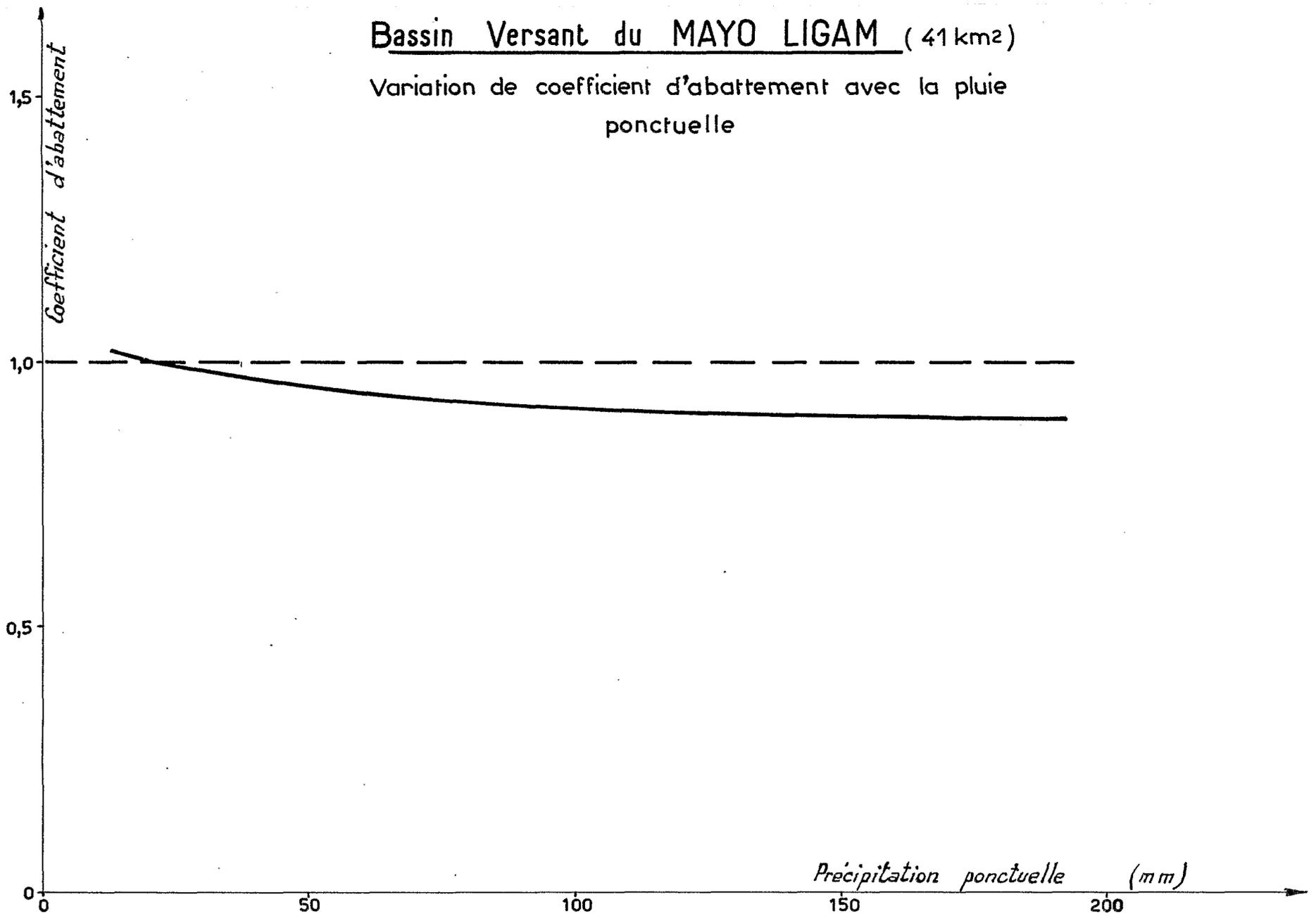
On vérifie, comme ceci a été démontré ailleurs, que ce coefficient est nettement trop faible pour l'estimation de la pluie décennale moyenne. En effet, nous avons déterminé qu'à une station du bassin l'averse décennale serait de 103 mm. Or les maximums ponctuels, observés en des points différents du bassin lors des 3 campagnes, sont respectivement de 94, 110 et 96 mm. Ceci tend à indiquer que sur un bassin d'une certaine superficie, l'averse maximale ponctuelle observée en moyenne en 10 ans est nettement supérieure à l'averse décennale ponctuelle observée en un point fixe. L'étude rationnelle du coefficient d'abattement, effectuée pour toutes les averses observées pendant 3 ans, conduit à un coefficient d'abattement de 90 % pour une hauteur de précipitation de 103 mm. La hauteur moyenne sur le bassin serait donc de 93 mm pour l'averse décennale.

b)- Coefficient de ruissellement

La séparation, sur l'hydrogramme, des différents écoulements ne fait pas apparaître l'écoulement hypodermique qui, vu la nature du bassin, semble être négligeable et peut être intégré au ruissellement pur. La corrélation entre le coefficient de ruissellement et la pluie moyenne est assez lâche et il faut, comme pour les campagnes précédentes, faire apparaître l'indice d'humidité Ih comme terme correctif. Cet indice a été également calculé comme étant la somme des $\frac{Pa}{ta}$.

Bassin Versant du MAYO LIGAM (41 km²)

Variation de coefficient d'abattement avec la pluie
ponctuelle



CRT 7675

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 24-10-66

DES: S. NICOE

VISA:

TUBE N°

TABLEAU DES CARACTERISTIQUES DES CRUES

S = 41 km²

N°	Date	PM (mm)	P (mm)	$\frac{P}{PM}$	Pa	ta	Ih	V_p 10 ³ m ³	V_r 10 ³ m ³	Kr %	Q max m ³ /s	Q ₀ m ³ /s	Q max Q ₀ m ³ /s	Tb	Tm	Tp	Observ.
<u>Année 1961</u>																	
1	26.6	46	30	0,65		5,5	1,4	1230	90	8	16,3			5.20	0.20	2.40	
2	28.6	20	14	0,72		1,5	21	595	111,6	19	15,4			6.30	0.24	2.55	
3	9.7	39	31	0,79		5,5	4,5	1270	81	6,4	11,5			7.20	0.34	2.50	
4	11.7	55	29	0,53		1,5	23,2	1190	315	26,5	41,0			7.30	1.30	1.53	
5	13.7	50	40	0,80		2	23,4	1640	492	30	52,1			7.30	1.45	2.30	
6	15.7	52	36	0,69		2,5	27,6	1475	480	32,5	62,6			6.30	1.10	1.20	
7	19.7	57	26	0,46		4	21,6	1065	192	18,0	19,6			7.30	1.00	1.50	
8 A	21.7	62	17			1,5	34,4	696	72	10	13,4				0.40	0.50	
B			33			0,2	13,6	1354	714	52,5	73			7.30	1.40	1.50	
9	2.8	43	25	0,58		7	7,6	1025	99	9,7	10,3				1.10	1.20	
10 A	28.8	82	41			3,5	6,5	1680	189,6	11	17,9				1.50	3.05	
B			29			0,2	200	1190	333	28	35,6			8.30	2.05	2.05	
11	29.8	41	34	0,83		1	74,3	1394	624	45	59			7.50	2.10	2.40	
12	2.9	39	35	0,90		0,5	43,8	1435	702	49	67			7.50	2.25	2.10	
13	4.9	23	18,8	0,60		1	60,8	566	200	35	17,9			7.00	2.25	3.05	
14	10.9	96	69	0,72		1,5	10,9	2830	1440	51	131			8.20	2.20	3.35	
15	13.9	26	21	0,81		2,7	29,8	861	220	25,5	17,2			8.30	3.45	3.45	
<u>Année 1964</u>																	
16	7.7	56,5	49,5	0,88		1,6	5	2030	318	15,7	29,3			8.00	2.10	1.20	
17	8.8	52,1	41,5	0,80		0,7	4,8	1702	98	5,8	12,8						
18	17.8	110,7	78,5	0,71		2,1	6,0	3219	864	26,8	81,0			7.00	3.00	1.40	
19	26.8	30,2	13,5	0,45		1,0	32,2	554	254	45,8	40,0			4.30	1.40	1.40	
20 A	31.8	86,4	16,2			1,7	20,9	667	79	11,9	9,2				1.00	2.10	
B			34,3			0,2	102	1403	660	47	87,0	3,0	84,0	7.00	2.00	1.10	
21	1.9	33,7	19,4	0,58		1,4	52,5	795	297	37,4	37,0			7.00	1.40	1.20	
22	6.9	31,4	24,4	0,78		1,8	31,0	1000	334	34,4	32,5			6.30	1.50	2.20	
23 A	9.9	38,4	12,9			2,9	22,1	529	70	13,2	9,7						
B			13,0			0,7	36,7	533	168	31,5	13,1			7.30	3.40	3.10	
24	12.9	29,0	16,3	0,56		3,1	18,8	668	98	14,7	10,8			6.00	3.10	3.30	

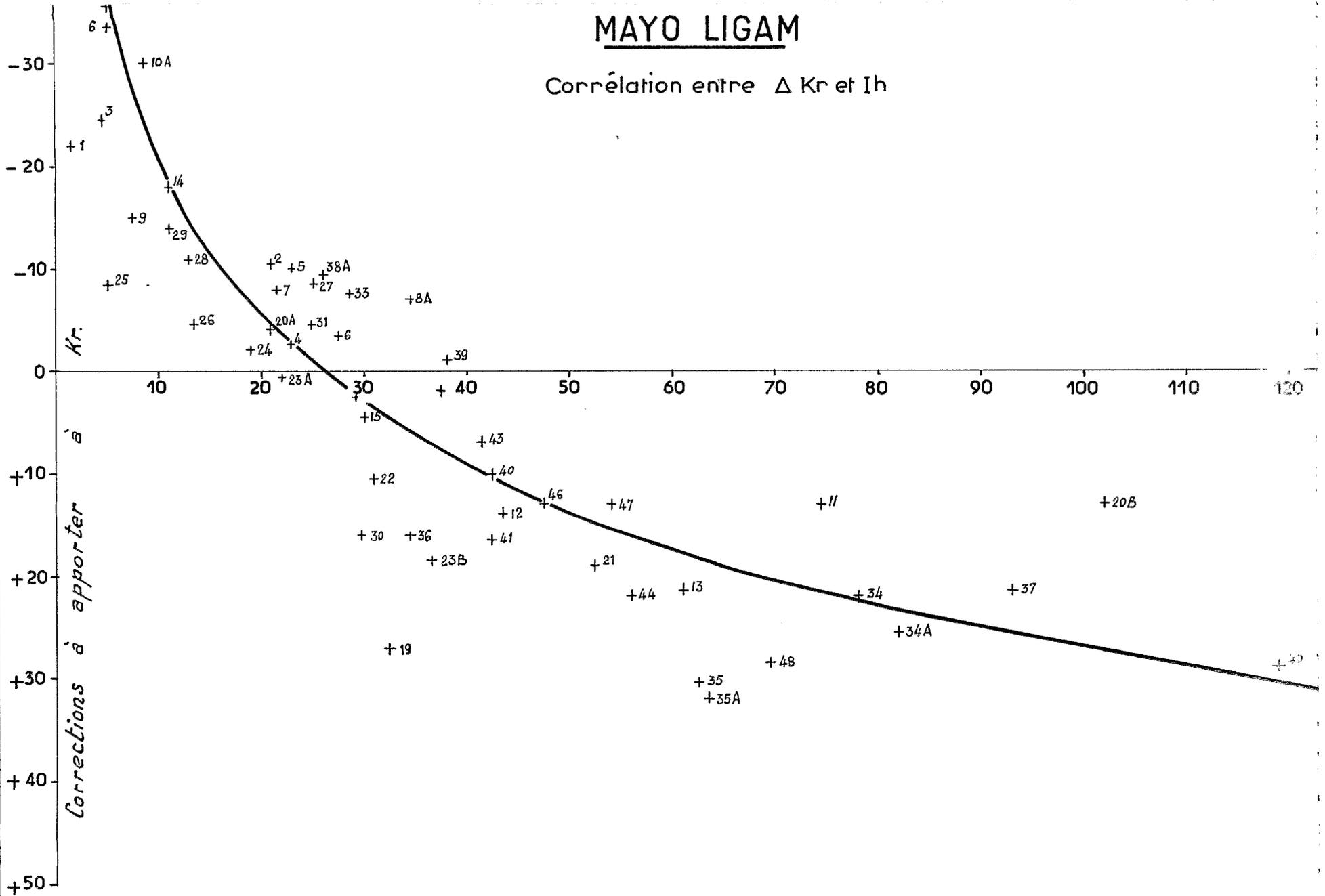
TABEAU DES CARACTERISTIQUES DES CRUES 1965

S = 41 km²

N°	Date	P max	P moy	P moy P max	Pa	ta	Ih	Vp	Vr	Vp	Q max m ³ /s	Qo m ³ /s	Q max Qo	Tb h	Tm h	Tr h	Observations
								10 ³ m ³	10 ³ m ³	Vp %							
25	2.6	41,6	30,4	73	6,1	3,3	5,1	1246,4	272,7	22	28,4	0,5	27,9	8.00	1.01	1.21	A peu près unit Complexe
26	17.6	52,7	42,8	81	17,1	4,7	13,7	1754,8	666,0	38	93,5	0	93,5	7.20			
27	24.6	50,0	38,3	77	9,2	1,9	24,7	1570,3	471,6	30	48,7	0	48,7	8.15	1.55	1.35	
28	1.7	42,8	29,5	69			12,8	1209,5	224,4	18,5	20,8	0	20,8	11.45		2.35	
29	19.7	A B	25,0 17,4		3,4	1,1	10,9	1025,0 713,4	111,3 187,5	11 26	13,8 22,9	0 6,5	13,8 16,4		2.00 0.45	1.50 1.20	Unitaire
30	21.7	27,5	18,2	66	42,4	1,9	29,7	746,2	245,4	34	25,6	0	25,6	7.30	1.35	1.30	
31	24.7	45,2	38,9	86	6,4	1,5	24,7	1594,9	550,8	34,5	44,0	0	44,0	11.00	1.35	1.05	Complexe
32	28.7	40,1	25,6	64	12,7	1,8	29,2	1049,6	292,8	28	27,5	0	27,5	9.40			
33	2.8	60,2	43,9	73	13,4	1,8	28,6	1799,9	658,5	36,5	83,0	0	83,0	7.45	2.05	2.15	A peu près unit
34	3.8	A B C	5,7 8,7 43,4		43,9	0,8	81,9	233,7 72,0	31	12,8	1,3	11,5	0,50	01.00			
			8,7		5,7	0,2	124,3	356,7	184,5	51,5	19,3	3,2	16,1	2.40			
35	5.8	A B	19,4 17,2		57,8	2	62,3	795,4 403,2	51	44,5	1,2	43,3	0,50	1.50			
			17,2		19,4	0,5	98,5	705,2	603,0	85,5	64,7	8,0	56,7	7.50	2.25	2.35	
36	10.8	62,9	41,6	66	9,0	1,3	34,6	1705,6	979,5	57,5	137,5	0	137,5	7.00	2.00	1.45	A peu près unit
37	11.8	53,7	36,8	69	41,6	0,8	93,1	1508,8	882,0	58,5	133,2	3,5	129,7	6.50	2.00	1.50	
38	23.8	A B	36,5 19,6	74	12,9	2,7	25,7	1496,5 803,6	401,3	27	49,3	0	49,3	2.20	2.10		Unitaire
			19,6		36,5	0,3	172	803,6	311,3	39	28,3	7,0	21,3	9.30	3.00		
39	27.8	A B	19,4 4,9	78	1,8	2,0	38,1	795,4 200,9	110,4	14	14,1	0	14,1	1.20	1.15		
			4,9		19,4	0,1	232	200,9	124,8	62	16,3	13,3	3,0	1.00	1.10		
40	30.8	27,7	11,3	41	7,9	1,0	42,6	463,3	98,4	21	16,3	0	16,3	6.30	1.20	1.05	Unitaire
41	31.8	33,2	8,3	25	11,3	1,4	42,4	340,3	84,3	25	11,8	0	11,8	5.45	0,50	1.40	
42	3.9	94,1	59,3	63	4,2	1,8	37,2	2431,3	1494,0	61,5	162,3	0	162,3	8.00	2.35	1.50	
43	7.9	43,2	25,4	59	3,9	1,8	41,4	1041,4	337,2	32,5	28,9	0	28,9	11.00	1.55	1.45	
44	9.9	40,1	27,4	68	25,4	1,3	56,1	1123,4	558,0	49,5	50,2	0	50,2	9.30	1.50	1.30	Unitaire
45	10.9	63	29,5		5,0	0,1	118,9	1209,5	709,5	58,5	116,8	1,5	115,3	8.15	1.40	2.20	
46	13.9	54,4	29,3	54	25,7	2,1	47,7	1201,3	511,5	42,5	83,4	0	83,4	7.40	2.20	2.40	
47	15.9	37,8	20,4	54	29,3	2,0	54,0	836,4	279,3	33,5	32,7	0	32,7	8.10	1.05	0.50	A peu près unit
48	16.9	17,3	8,7	51	20,4	0,9	69,3	356,7	130,5	36,5	14,1	0	14,1	7.00	1.20	3.00	

MAYO LIGAM

Corrélation entre ΔKr et I_h



CRT 7629

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 26-4-66

DES: S. NICOE

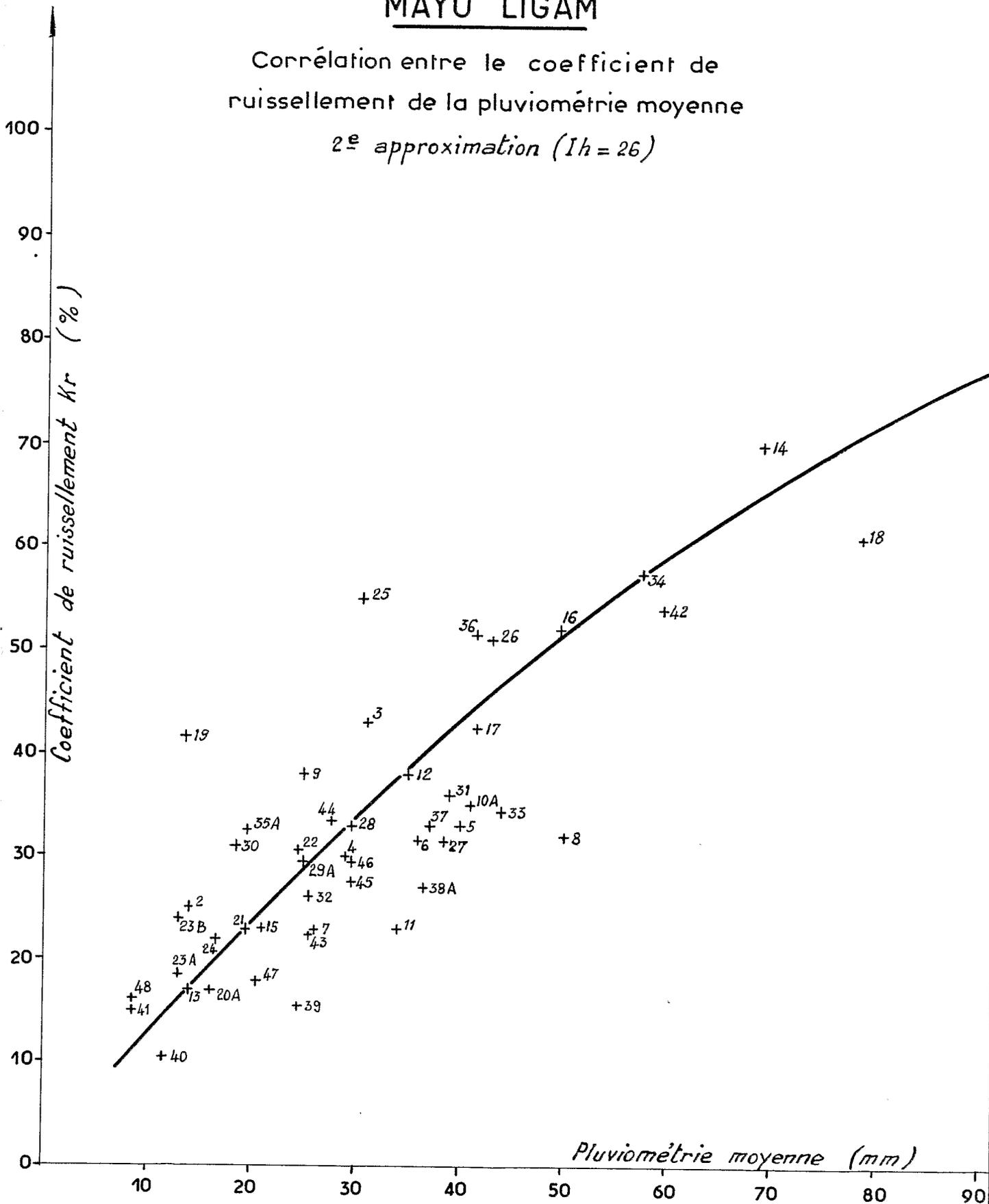
VISA:

TUBE N°

MAYO LIGAM

Corrélation entre le coefficient de ruissellement de la pluviométrie moyenne

2^e approximation ($I_h = 26$)



La deuxième approximation est nettement plus serrée comme l'indique le graphique n° 7662 établi pour $I_h = 26$. Il n'a pas été possible d'utiliser toutes les crues complexes : l'utilisation d'un indice I_h calculé comme ci-dessus conduisait à des valeurs nettement trop élevées de I_h , lorsque le temps antérieur t_a était de l'ordre de quelques heures. De toute façon, même en négligeant ces averses complexes, la corrélation est suffisamment bonne pour l'estimation des crues.

Avec une averse moyenne décennale de 93 mm et un indice I_h de 30 (valeur moyenne qui se rencontre en Août - Septembre, sauf pour les derniers épisodes des averses complexes), le coefficient de ruissellement décennal serait de 79 %. L'averse du 3 Août 1965, qui a rencontré des conditions exceptionnelles, a présenté une valeur de K_r égale à 80 %.

c)- Hydrogramme-type de ruissellement

Les 16 plus fortes crues ont été analysées au point de vue répartition des débits dans le temps. Chaque crue a été ramenée à un même volume de ruissellement de 410.000 m³, ce qui correspond à une pluie efficace de 10 mm et les résultats figurent dans le tableau page suivante.

Il ne semble pas confirmé qu'il y ait deux types d'hydrogrammes, qui seraient fonction de la date de la crue. Il apparaît plutôt que la forme de la crue, les temps de montée et de concentration soient fonction de la répartition spatiale de l'averse génératrice. En 1965, le grand nombre de crues permet de se rendre compte qu'il y a, à n'importe quel moment de la saison des pluies, des temps de réponse variant entre 1 h 10 et 2 h 50 environ. Cette variation s'explique aisément lorsque l'on voit que le temps de réponse de 1 heure correspond à une averse centrée sur l'aval du bassin et ceux de 2 h 50 à une averse centrée sur l'amont. Sur ce bassin de forme allongée, un tel écart de temps semble normal.

Pour une pluviométrie homogène, nous trouvons des temps assez voisins d'une crue à l'autre, dont les valeurs médianes sont les suivantes :

Temps de base	:	7 heures 30 minutes
Temps de montée	:	1 heure 50 minutes
Temps de réponse	:	1 heure 40 minutes

Sur les 48 crues analysées, peu sont strictement unitaires, surtout en raison de l'hétérogénéité dans la répartition spatiale des averses. Les fortes crues sont souvent complexes. Cependant, des crues assez fortes au mois de Septembre, provoquées par une pluviométrie centrée sur l'amont du bassin (crues n° 45 et 46) présentaient une forme d'hydrogramme très pointue, identique à celui des crues résultant d'averses un peu plus homogènes (crues n° 33, 36 et 37) ou même centrées sur l'aval du bassin. Bien que ne répondant pas exactement à la définition, ces crues sont bien près d'être unitaires et elles seules ont servi à donner la forme de l'hydrogramme-type (graphique n° 7626) avec pour 410.000 m³, un débit de pointe de 56 m³/s. On a considéré que les averses 45 et 46 correspondaient à des formes un peu trop pointues (averses hétérogènes).

d)- Calcul de la crue décennale

La pluie moyenne décennale sur le bassin est de 93 mm. Nous avons vu que le coefficient de ruissellement correspondant devait être de 79 %.

La pluie efficace est : $93 \times 0,79 = 73,5$ mm

Pour 10 mm de pluie efficace, le débit maximal est de 56 m³/s.

Par conséquent, le débit de crue décennale serait de :

$$56 \times 7,35 = 410 \text{ m}^3/\text{s}$$

soit un débit spécifique de 10 m³/s.km², si l'averse était unitaire, c'est-à-dire si la partie utile tombait en 1 heure.

Mais c'est une hypothèse particulièrement pessimiste que celle qui consiste à admettre que l'averse est unitaire. En fait, d'après le complément à l'Etude Générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale établi pour le Tchad par Y. BRUNET-MORET, rien que le corps de l'averse dure environ 100 minutes et avec les coefficients de ruissellement observés on peut être sûr que la traîne donne lieu à un ruissellement non négligeable. Dans ces conditions, on doit, avant de calculer la crue décennale, décomposer l'averse en plusieurs parties :

- on admettra que le corps de l'averse dure 110 minutes (ce qui correspond sensiblement à la courbe intensité-durée de Y. BRUNET-MORET pour 93 mm, avec un sol imperméable), il correspond d'après la même courbe à 80 mm ;
- on décompose le corps de cette averse en deux parties égales décalées de 55 minutes : la traîne correspond avec la partie préliminaire de l'averse aux 13 mm restants.

A l'aide des données de l'averse 34 on a déterminé les coefficients de ruissellement successifs suivants :

1ère tranche 40 mm	:	65 %	V _r	:	26 mm
2ème tranche 40 mm	:	95 %	V _r	:	38 mm
Traîne et averse préliminaire 13 mm	:	74 %	V _r	:	13 mm

Pour cette dernière tranche, une partie ruisselle à 80 ou 85 % mais le début a un coefficient de ruissellement beaucoup plus faible. Cependant, la valeur 65 % pour la première tranche est forte et montre que notre valeur globale de 79 % pour le coefficient de ruissellement $\frac{26 + 38 + 9,5}{93}$ est probablement un peu pessimiste. On établit les deux hydrogrammes successifs admettant comme maximums respectifs :

$$2,6 \times 56 = 146 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$3,8 \times 56 = 213 \text{ m}^3/\text{s}$$

.. / ...

Hydrogrammes de ruissellement

ramenés à un volume type de 410.000 m³.

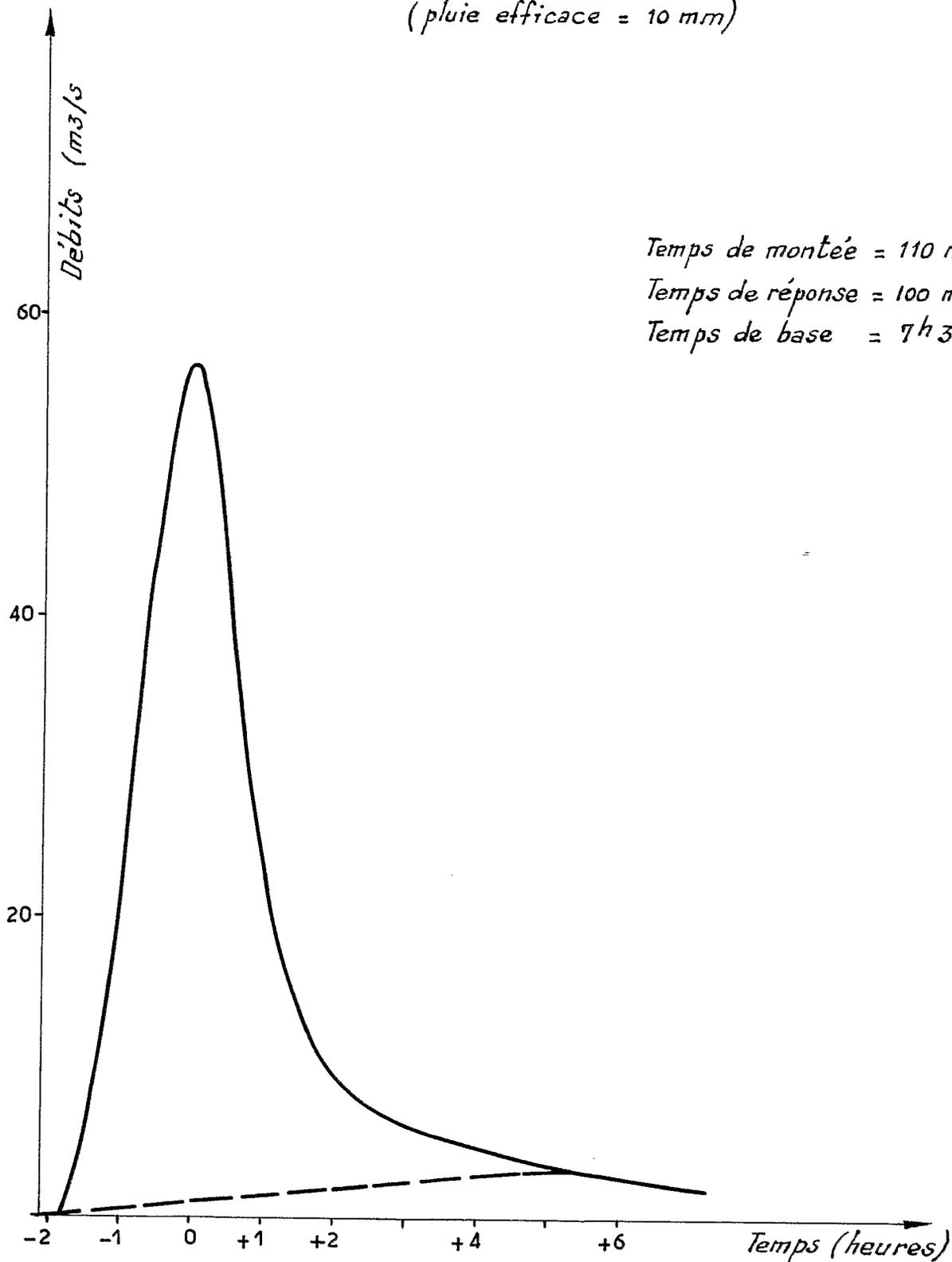
(pluie efficace de 10 mm)

Débits en m³/s

No	Base h	Tp mn	Tm mn	- 2 h	- 1.30	- 1 h	- 30 mn	- 15mn	- 0	+ 15 mn	+ 30mn	+ 1 h	+ 2 h	+ 3 h	+ 4 h	+ 5h
5	7.30	150	105	0	10,0	15,2	31,7	40,0	43,2	41,6	37,4	26,5	13,9	7,8	3,6	1,2
6	6.30	70	80	0	0,3	22,6	40,1	47,3	52,4	50,8	43,3	29,2	13,0	5,3	1,6	0
8	7.30	110	100	0,9	1,9	17,0	37,3	39,5	40,7	39,8	36,4	29,4	17,3	9,2	4,3	1,6
11	7.50	160	130	2,6	4,8	15,9	33,2	36,5	37,3	35,0	34,4	29,3	17,2	8,9	4,1	1,4
12	7.50	130	145	4,8	17,3	25,7	33,7	36,0	37,5	34,2	30,8	23,2	12,3	6,5	2,9	0,6
14	8.20	235	140	6,4	24,0	30,0	34,6	35,9	36,1	35,7	34,5	26,0	7,2	3,5	1,8	0,7
18	7.00	100	180	10,4	19,2	32,4	35,0	35,7	36,1	35,0	31,7	24,0	10,3	6,8	0	0
20	7.00	70	120	0	0,9	17,6	47,5	50,0	50,4	49,4	41,2	21,5	8,5	4,4	2,6	0
26	7.20		140	2,6	10,9	13,7	29,2	40,0	56,2	48,0	39,4	23,7	14,3	6,5	2,0	0
33	7.45	135	125	3,7	21,8	29,8	34,8	44,2	49,4	44,2	34,2	17,6	8,6	4,0	1,1	0
34	8.30	160	160	3,0	17,0	30,5	37,7	40,6	42,4	41,2	38,0	26,5	7,0	3,8	1,7	0,5
36	7.00	105	120	0	3,8	26,8	46,6	49,5	56,8	48,0	40,6	23,0	7,9	3,3	1,3	0
37	6.50	110	120	0	5,6	16,7	49,3	56,6	60,0	57,1	46,5	18,8	6,5	2,6	0,8	0
42	8.00	110	155	0,3	12,6	30,7	40,0	42,4	44,1	42,7	39,0	23,6	8,5	4,1	2,1	0,8
45	8.15	140	100	0	0	11,5	54,3	63,5	66,1	58,3	38,7	17,3	7,8	4,1	1,9	0,7
46	7.40	160	140	0,2	1,2	14,4	41,7	58,5	65,8	62,1	44,1	22,4	9,8	4,5	1,4	0
<u>HYDROGRAMME TYPE</u>																
	7.30	100	110	0	6	21	45	52	56	52	41	21	8	4	2	0

MAYO LIGAM

Hydrogramme type pour un volume
ruisselé de 410.000m³
(pluie efficace = 10 mm)



Temps de montée = 110 mn.
Temps de réponse = 100 mn.
Temps de base = 7 h 30 mn.

La composition de ces deux hydrogrammes déduits de l'hydrogramme type conduit à une valeur maximale du débit égale à 290 m³/s arrondie à 300 m³/s.

Comparé à la valeur la plus forte observée, ce chiffre paraît vraisemblable.

Rappelons que des délaissés très nets avaient été observés par B. BILLON en 1964, correspondant à une crue de 250 m³/s qui se serait produite en 1962 ou 1963.

On admettra donc en définitive 300 m³/s correspondant à 7.300 l/s.km². Pour 25 km² au lieu de 41, on trouverait environ 9.000 l/s.km², chiffre comparable à ce qui a été trouvé sur les bassins représentatifs de la région.

B - ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE

Entre TIKEM et les Chutes Gauthiot, là où l'aménagement hydroélectrique est projeté, les débits maximaux des crues vont varier du fait de l'amortissement par le lac N'GARA et du renforcement des débits par les mayos situés entre M'BOURAO et les Chutes, et plus particulièrement par le Mayo Tam. Nous déterminerons séparément :

- les crues sur le Mayo Kébi, de TIKEM au km 20
- les crues du Mayo Tam.

1°/- VARIATION DES DEBITS DE CRUE DE TIKEM AU KM 20

Les débits de crue à TIKEM ont été étudiés par B. BILLON (voir " Etude hydrologique des seuils de TIKEM et de MOLFOUDEYE ") qui a estimé la crue centenaire de l'ordre de 620 m³/s.

En 1961, les débits maximaux étaient respectivement : 167 et 230 m³/s, l'amortissement : 27 %.

En 1964, les maximums observés étaient de 53 m³/s à M'BOURAO et 98 m³/s à TIKEM. L'amortissement était de 46 %.

En 1965, la faiblesse des écoulements en amont fait que la crue est plus forte à M'BOURAO (84 m³/s) qu'à TIKEM (18 m³/s).

L'amortissement par le lac N'GARA, pour une forte crue, ne saurait être supérieur à 20 %, comme l'a montré B. BILLON :

La crue centenaire à M'BOURAO sera de :

$$Q = 450 \text{ m}^3/\text{s}$$

avec une marge d'erreur de 25 %, soit $\pm 125 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cette crue sera provoquée par des débordements exceptionnels du Logone et ne se produira pas avant la fin du mois de Septembre. Par conséquent il semble peu probable qu'il se produise également un surcroît de débit provenant des mayos situés entre M'BOURAO et le km 20, la pluviométrie d'Octobre n'étant pas très forte. D'autre part, l'amortissement est négligeable entre ces deux stations et nous adopterons, pour le km 20, le même débit de crue que pour M'BOURAO.

.. / ...

2°/- LES CRUES DU MAYO TAM

Ce mayo est inaccessible lors des crues, aussi nous n'avons pu faire en 1965 qu'un relevé topographique au droit de la piste allant de MAYO LEDE à BINDER NAYRI. La pente est forte : 0,38 %. Des délaissés des crues de Août 1965 nous ont donné une section mouillée de 121 m².

Le complexe physique du Mayo Tam étant assez voisin de celui du Mayo Ligam, nous pouvons en première approximation adopter le même coefficient K de MANNING. Nous avons trouvé que la vitesse moyenne aurait été de l'ordre de 2,9 m³/s et le débit de 350 m³/s. Valeur qui correspond au maximum de l'année 1965.

Compte tenu du fait que le maximum du Mayo Ligam, en 1965, était de 175 m³/s et la crue décennale de 300 m³/s, il semble raisonnable d'évaluer la crue décennale du Mayo Tam, dont le bassin versant est de 190 km², aux alentours de 600 à 700 m³/s. Il semble peu probable qu'une telle crue puisse se produire après le 20 Septembre, aussi ne pourra-t-elle pas se cumuler avec la crue propre au Mayo Kébi.

La crue à craindre aux Chutes Gauthiot sera donc de 700 m³/s, avec une précision de l'ordre de 30 % soit \pm 200 m³/s.

II CONCLUSIONS

CONCLUSIONS

Trois campagnes hydrologiques, effectuées durant les saisons des pluies de 1961, 1964 et 1965 ont permis de dégager les traits essentiels du régime hydrologique du Mayo Kébi aux Chutes Gauthiot.

L'alimentation est double. D'une part, le Mayo Kébi reçoit les eaux provenant du ruissellement de la pluie sur son bassin propre, d'autre part, les eaux du Logone s'y déversent, en période de crue, par les seuils de DANA et surtout d'ERE.

D'une année à l'autre, ce sont tantôt ces apports propres, tantôt les déversements qui représentent la part prépondérante des volumes écoulés aux Chutes. Il en résulte une très grande irrégularité interannuelle, les volumes écoulés en année de faible hydraulité étant nettement inférieurs aux estimations du projet EDF de 1961.

Nous avons estimé que les débits écoulés annuellement au km 20, pour la période 1949 - 1965, variaient entre 200 et 1.700 millions de m³. La moyenne serait de 810 millions de m³ et une année sur dix le volume risquerait de ne pas atteindre 250 millions de m³.

Les apports du bassin propre (440 millions de m³ en moyenne) peuvent être très faibles et tomber en dessous de 100 millions de m³ au moins une fois tous les dix ans.

Dans l'état actuel, les débordements du Logone représentent un volume annuel moyen de l'ordre de 370 millions de m³, pouvant être pratiquement nul une année sur dix ou dépasser 1 milliard de m³.

Il est donc confirmé que l'installation d'un ensemble hydroélectrique est subordonné à l'aménagement des seuils d'ERE ou de DANA, pour dériver artificiellement dans le Mayo Kébi une partie des eaux du Logone et garantir ainsi le fonctionnement de l'usine.

Les crues à évacuer ont été estimées de l'ordre de 700 m³/s. Cette valeur devra être vérifiée par des observations supplémentaires à effectuer aux Chutes même. Elles ne pourront être faites qu'en prévoyant des moyens d'accès efficaces en hivernage et surtout après éradication de l'onchocercose, maladie endémique qui sera un gros obstacle pour la construction et l'exploitation de la future usine.

ANNEXES

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1949

Zône	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	780	1	1760	18	Directement estimé
3 GOUNOU GAYA	3970	930	1,2		58	
Reliquat	2360	800	2			
4	3030	800	2	2420	48	
5	990	730	8,2	720	59	
Logone					130	
Evaporation Lacs Toubouri					- 125	
Stockable Lacs Toubouri					Inconnu	
					<hr/>	
					188	
Apport zone 6	280	820	10	220	22	
					<hr/>	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					210	

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1950

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	800		1810	18	
3 GOUNOU GAYA	3970	1170			152	Directement évalué
Reliquat	2360	940				
4	3030	980	10,7	2970	318	
5	990	850	11	840	93	
Logone					590	Dont 30 à DANA
Evaporation Lacs Toubouri					- 160	Estimé
Stockable Lacs Toubouri					- 8	Estimé
					<hr/>	
		TOTAL ESTIME STOCKABLE			1003	
Apport zone 6	280	980	13	270	35	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					1038	

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1951

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations	
2	2260	870	1,2	1970	24		
3 GOUNOU GAYA	3970	1040			35	Directement estimé	
Reliquat	2360	880			43	Directement estimé	
4	3030	910	8,1	2750	222		
5	990	780	9,5	770	73		
Logone					10		
Evaporation Lacs Toubouri					- 120		
Vidanges Lacs Toubouri					+ 17		
		TOTAL ESTIME STOCKABLE				304	
Apport zone 6	280	800	10	220	22		
Total écoulé aux Chutes Gauthiot						326	

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1952

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	890	1,2	2010	24	
3 GOUNOU GAYA	3970	1020			82	Directement estimé
Reliquat	2360	1050	3,9	2480	97	
4	3030	1010	8,5	3060	260	
5	990	860	11,5	850	94	
Logone					310	
Evaporation Lacs Toubouri					- 129	
Stockable Lacs Toubouri					- 26	
					<hr/>	
		TOTAL ESTIME STOCKABLE			712	
Apport zone 6	280	850	13	240	31	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					743	

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1953

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations	
2	2260	1620	1,6	2300	37	Directement estimé	
3 GOUNOU GAYA	3970	1000			35		
Reliquat	2360	1060	4,0	2500	100		
4	3030	1060	13,5	3210	434		
5	990	1030	16	1020	163		
Logone					45		
Evaporation Lacs Toubouri					- 107		
Vidange Lacs Toubouri					+ 9		
		TOTAL ESTIME STOCKABLE				716	
Apport zone 6	280	1050	18	294	53		
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					769		

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1954

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations	
2	2260	850	1,1	1930	21		
3 GOUNOU GAYA	3970	1060	2,1	4200	88		
Reliquat	2360	960	3,2	2260	72		
4	3030	980	10,4	1970	310		
5	990	870	11,8	860	102		
Logone					690	Dont 30 à DANA	
Evaporation Lacs Toubouri					- 166		
Stockable Lacs Toubouri					- 17		
					<hr/>		
					1100		
		TOTAL ESTIME STOCKABLE					
Apport zone 6	280	880	23	250	33		
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					1133		

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1955

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	930	1,3	2100	27	
3 GOUNOU GAYA	3970	1030			218	Directement estimé
Reliquat	2360	1070				
4	3030	1030	8,8	3120	274	
5	990	1060	16,5	1050	173	
Logone					1230	Dont 80 à DANA
Evaporation stockable					- 170	
Vidange Lacs Toubouri					+ 7	
					<hr/>	
		TOTAL ESTIME STOCKABLE			1759	
Apport zone 6	280	1010	18	280	50	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					1809	

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1956

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	780	1	1760	18	
3 GOUNOU GAYA	3970	1050			118	Directement estimé
Reliquat	2360	900	2,8	2120	59	
4	3030	960	10,5	2910	306	
5	990	900	12,5	890	111	
Logone					336	Dont 20 à DANA
Evaporation Lacs Toubouri					- 167	
Vidange Lacs Toubouri					+ 12	
					<hr/>	
					793	TOTAL ESTIME STOCKABLE
Apport zone 6	280	930	14	260	36	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					829	

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1957

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	830	1,1	1880	21	Directement évalué
3 GOUNOU GAYA	3970	1070			32	
Reliquat	2360	950	3,1	2240	70	
4	3030	1040	11,6	3150	366	
5	990	1010	15	1000	150	
Logone					70	
Evaporation Lacs Toubouri					- 136	
Vidange Lacs Toubouri					+ 1	
					<hr/>	
					574	
Apport zone 6	280	1000	17	280	48	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					622	

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1958

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations	
2	2260	910	1,3	2060	27	Directement évalué	
3 GOUNOU GAYA	3970	1110			32		
Reliquat	2360	1010	3,6	2380	86		
4	3030	1000	10,2	3030	309		
5	990	930	13	920	120		
Logone					140		
Evaporation Lacs Toubouri					- 130		
Vidange Lacs Toubouri					+ 3		
		TOTAL ESTIME STOCKABLE				587	
Apport de la zone 6	280	1000	15	280	42		
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					629		

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1959

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	920	1,3	2080	27	Directement évalué
3 GOUNOU GAYA	3970	1030			302	
Reliquat	2360	1090	9,2	2570	108	
4	3030	1010	11,4	3060	349	
5	990	920	13	910	125	
Logone					620	Dont 40 à DANA
Evaporation Lacs Toubouri					- 164	
Stockable Lacs Toubouri					- 1	
					<hr/>	
					1366	TOTAL ESTIME STOCKABLE
Apport zone 6					38	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					1404	

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1960

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	1060	1,7	2400	41	
3 GOUNOU GAYA	3970				118	
Reliquat	2360	1040	3,8	2460	94	
4	3030	1060	13,4	3210	430	
5	990	1000	15	990	149	
Logone					530	
Evaporation Lacs Toubouri					- 180	
Stockable Lacs Toubouri					+ 8	
					<hr/>	
					1174	
Apport zone 6	280	990	18	280	50	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					1224	

ESTIMATION DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1962

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	820	1	1860	19	
3 GOUNOU GAYA	3970	1080			79	Directement évalué
Reliquat	2360	990	3,4	2340	80	
4	3030	980	7,7	2970	229	
5	990	820	10,5	810	85	
Logone					590	Dont 80 par le seuil de DANA
Evaporation Lacs Toubouri					- 185	
Stockable Lacs Toubouri					- 11	
					<hr/>	
					886	TOTAL ESTIME STOCKABLE
Apport zone 6	280	900	15	250	38	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					924	

ESTIMATIONS DES VOLUMES ECOULES AUX CHUTES GAUTHIOT

ANNEE 1963

Zone	Superficie km ²	Pluviométrie mm	R %	Volume de la pluie (10 ⁶ m ³)	Volume ruisselé (10 ⁶ m ³)	Observations
2	2260	800	1	1810	18	
3 GOUNOU GAYA	3970	1070	2,1	4250	89	
Reliquat	2360	1050	3,9	2480	97	
4	3030	1010	9,2	3060	282	
5	990	1050	16	1040	166	
Logone					360	
Evaporation Lacs Toubouri					- 103	
Vidange Lacs Toubouri					+ 12	
					<hr/>	
					TOTAL ESTIME STOCKABLE	921
Apport zone 6	280	930	20	260	52	
Total écoulé aux Chutes Gauthiot					973	

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

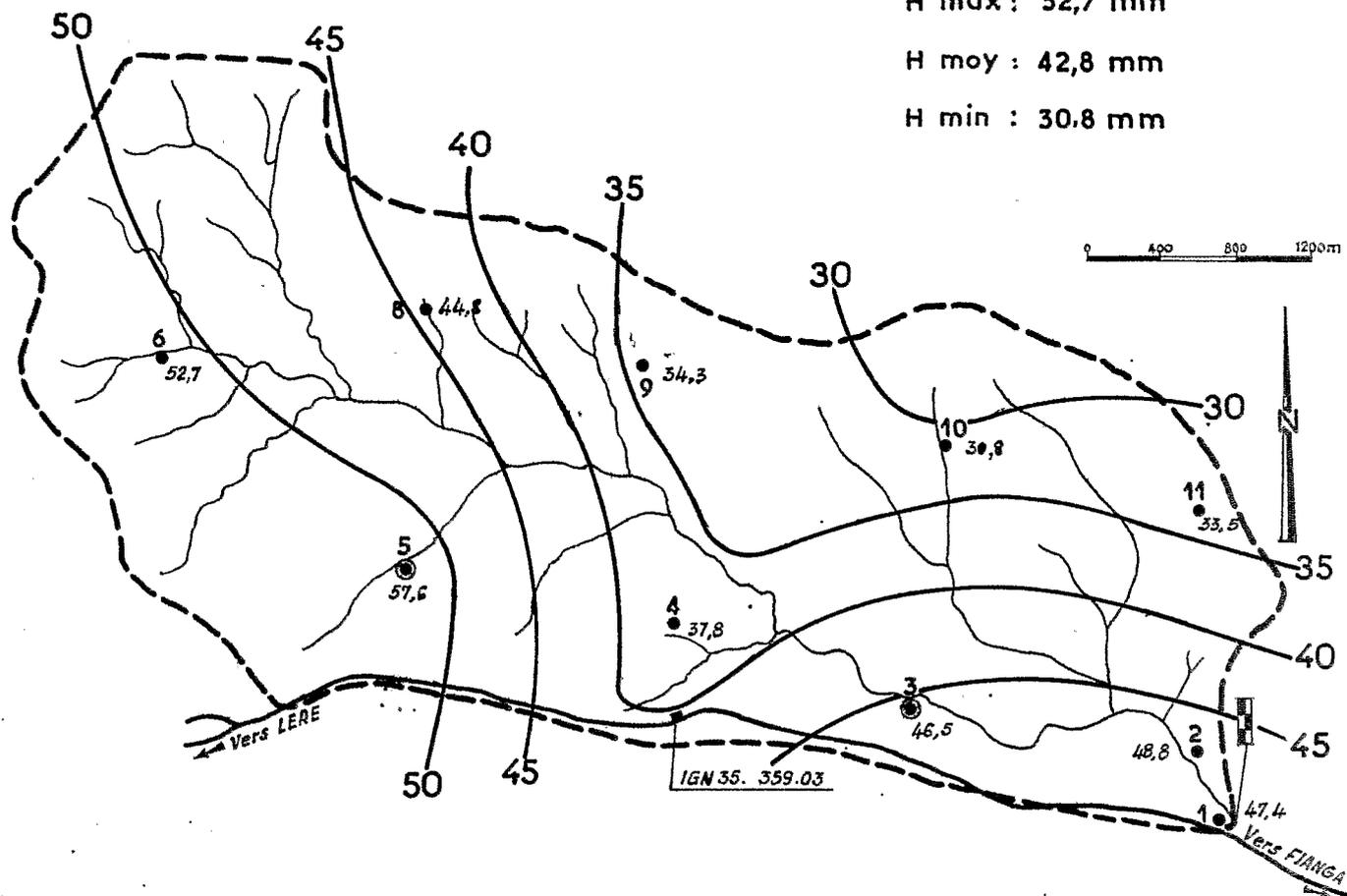
Isohyètes pour l'averse du: 17 Juin 1965

Nº: 26

H max : 52,7 mm

H moy : 42,8 mm

H min : 30,8 mm

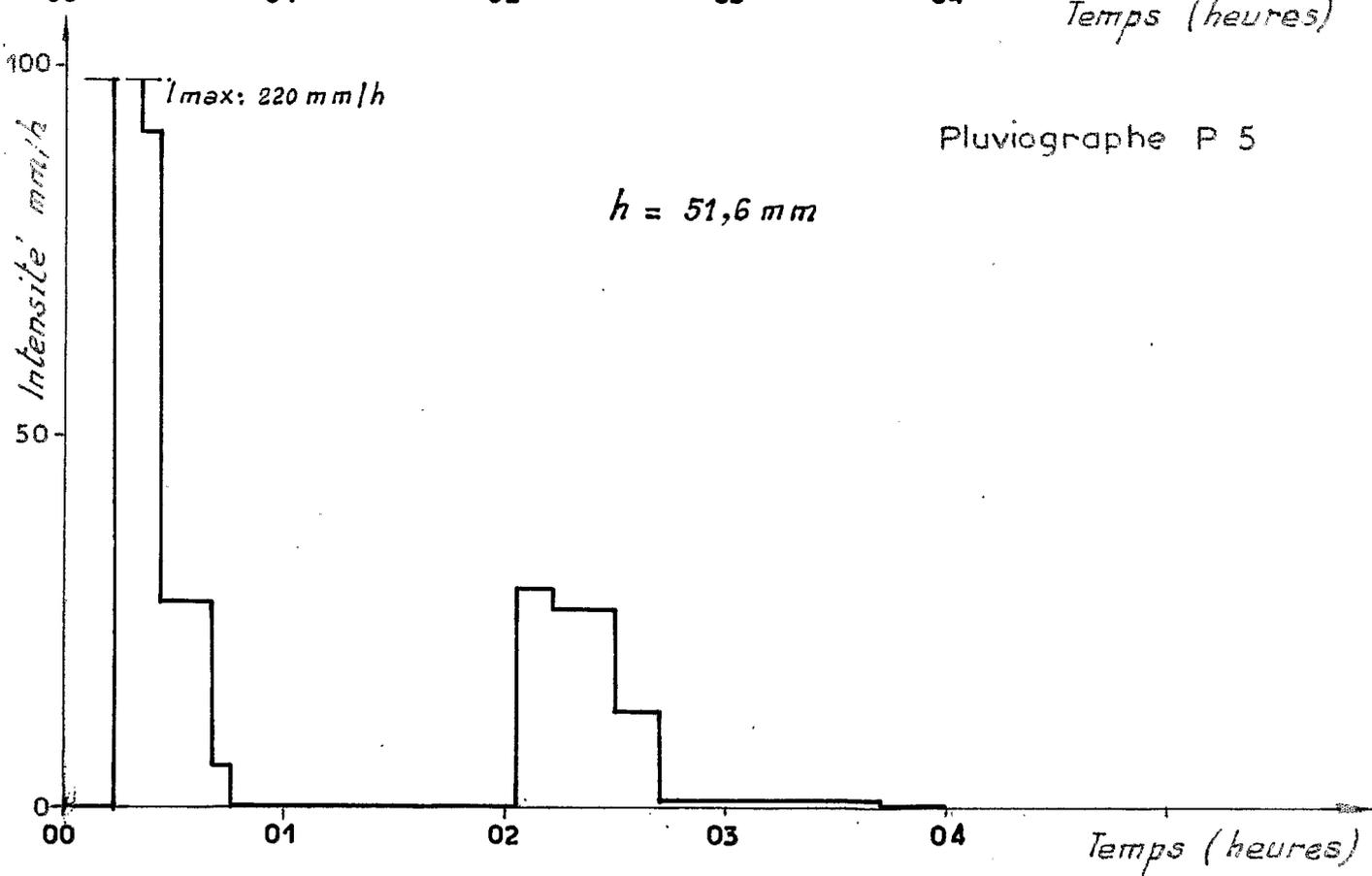
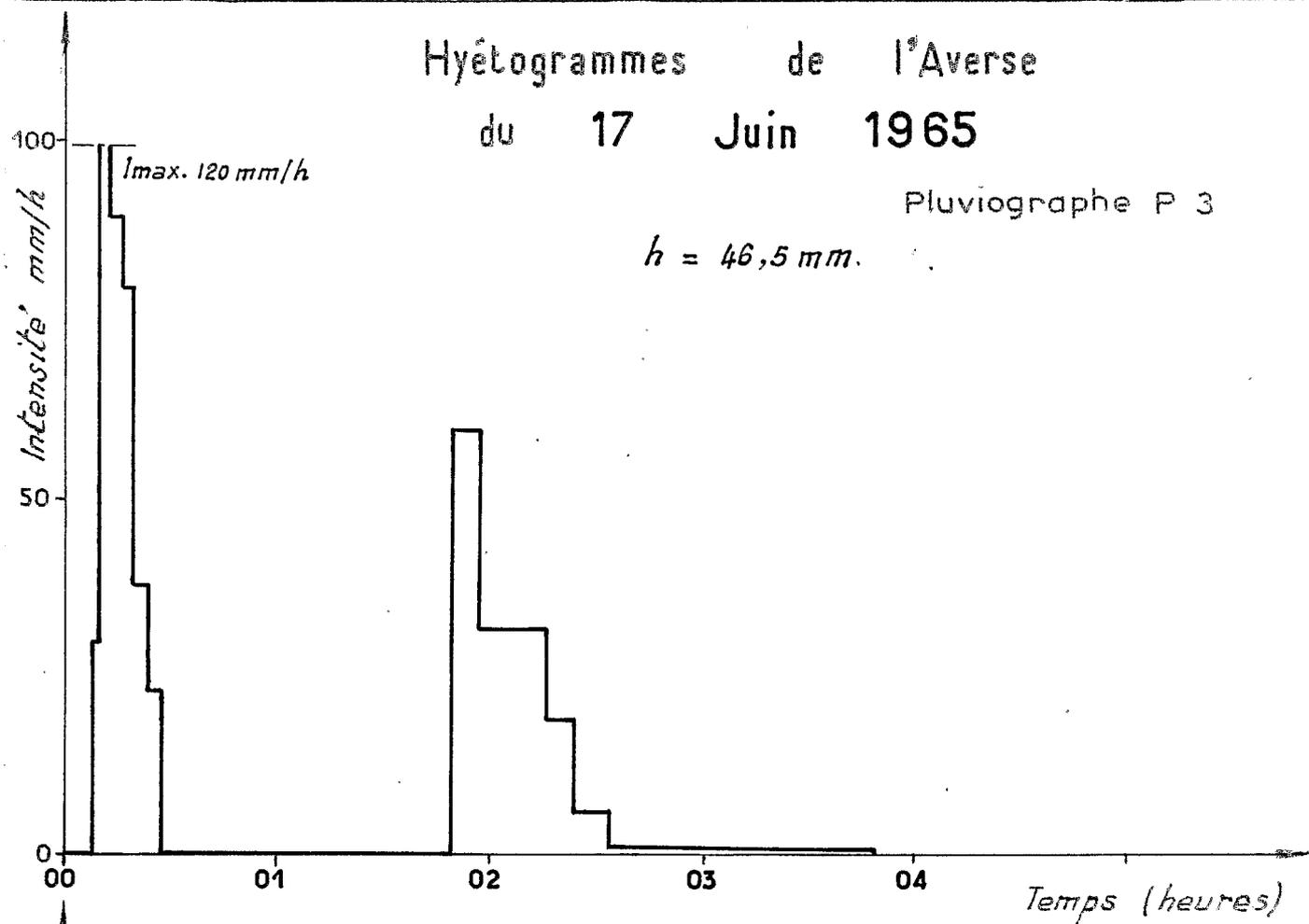


Hyéto grammes de l'Averse

du 17 Juin 1965

Pluviographe P 3

$h = 46,5 \text{ mm}$



CRT 7637

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED

LE: 28-4-66

DES: S. NICOLÉ

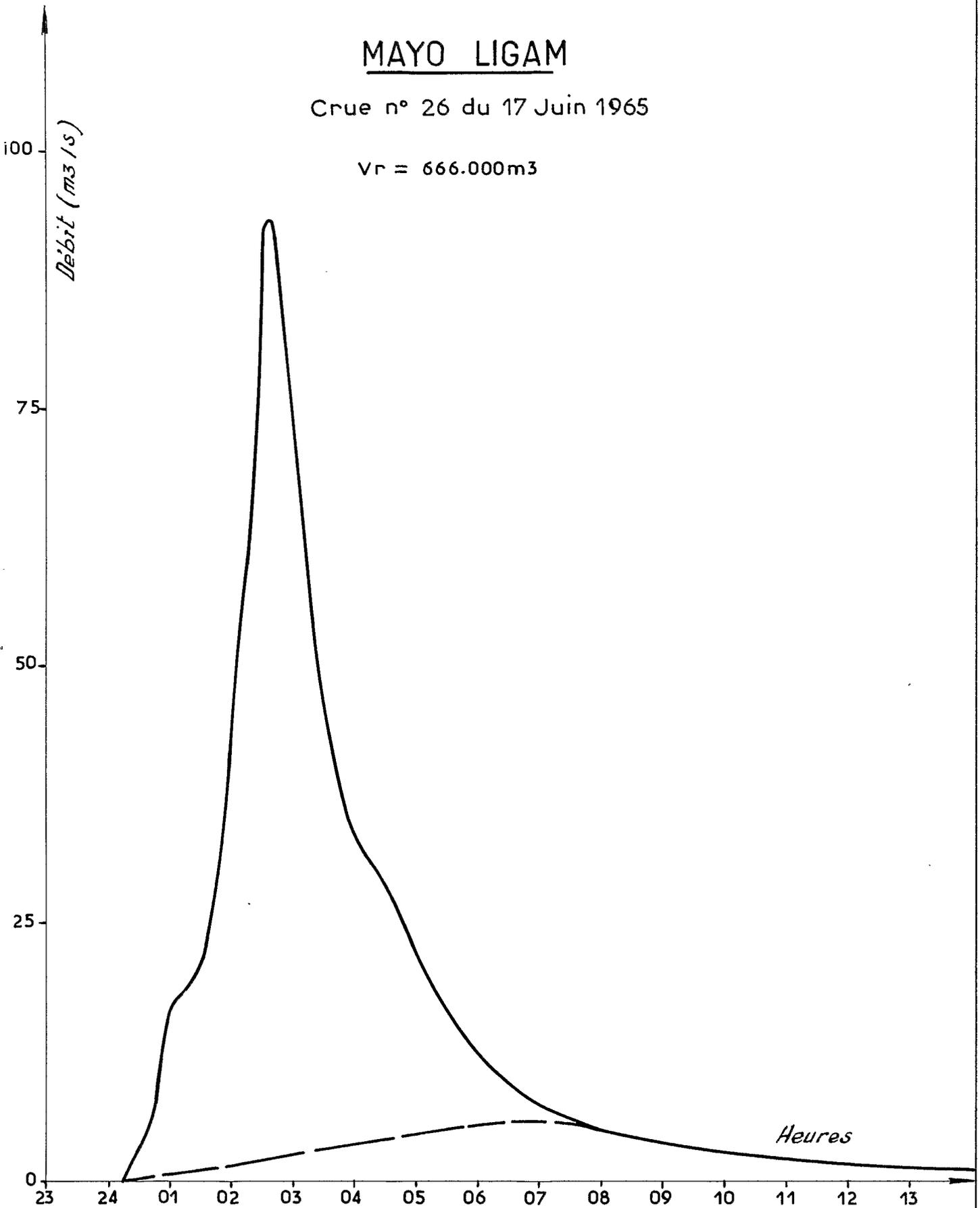
VISA

TUBEN°

MAYO LIGAM

Crue n° 26 du 17 Juin 1965

$V_r = 666.000m^3$



CRT 7608

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 25-12-65

DES: S. NICOE

VISA

TUBE N°

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

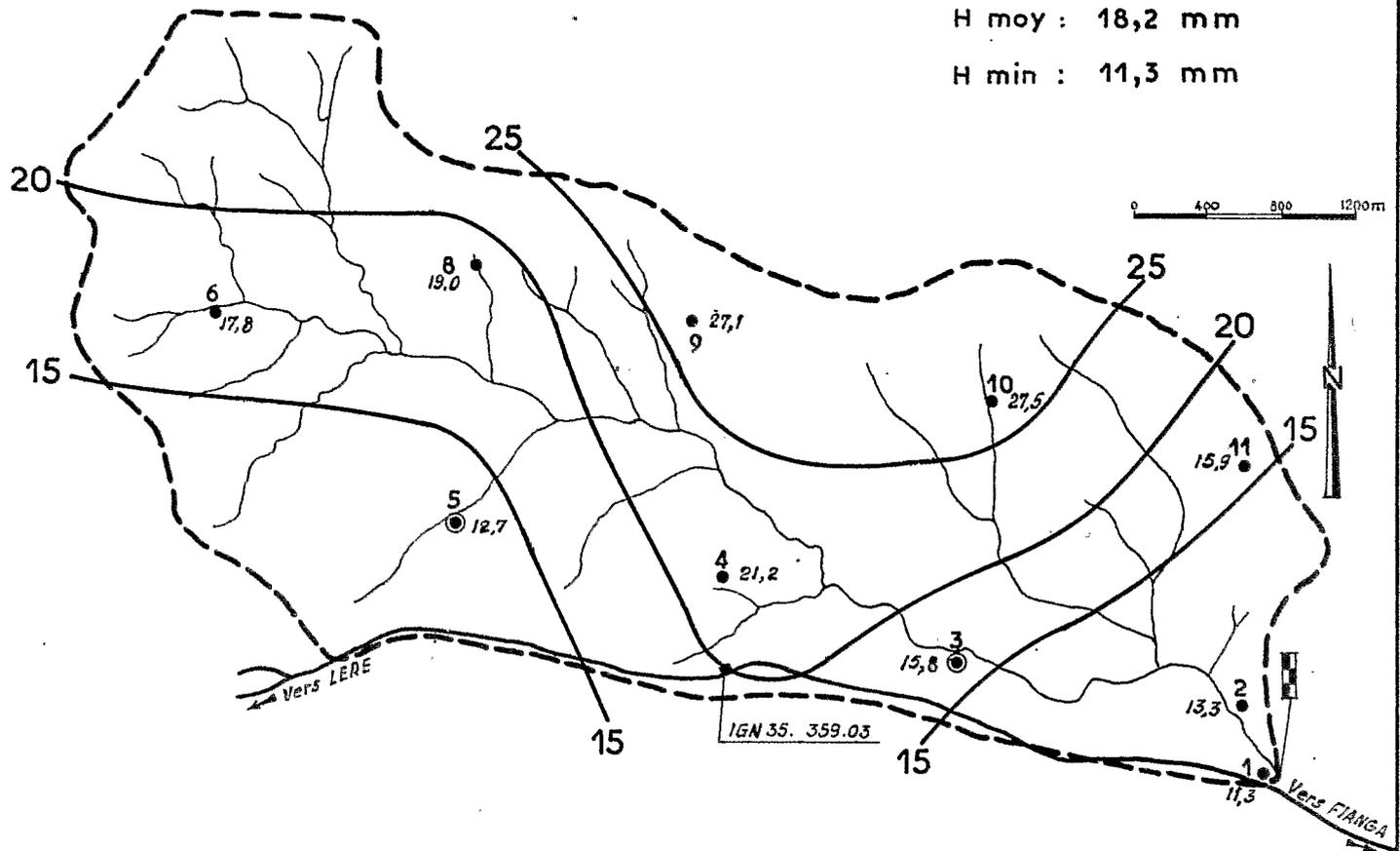
Isohyètes pour l'averse du: 21 Juillet 1965

Nº: 30

H max : 27,5 mm

H moy : 18,2 mm

H min : 11,3 mm

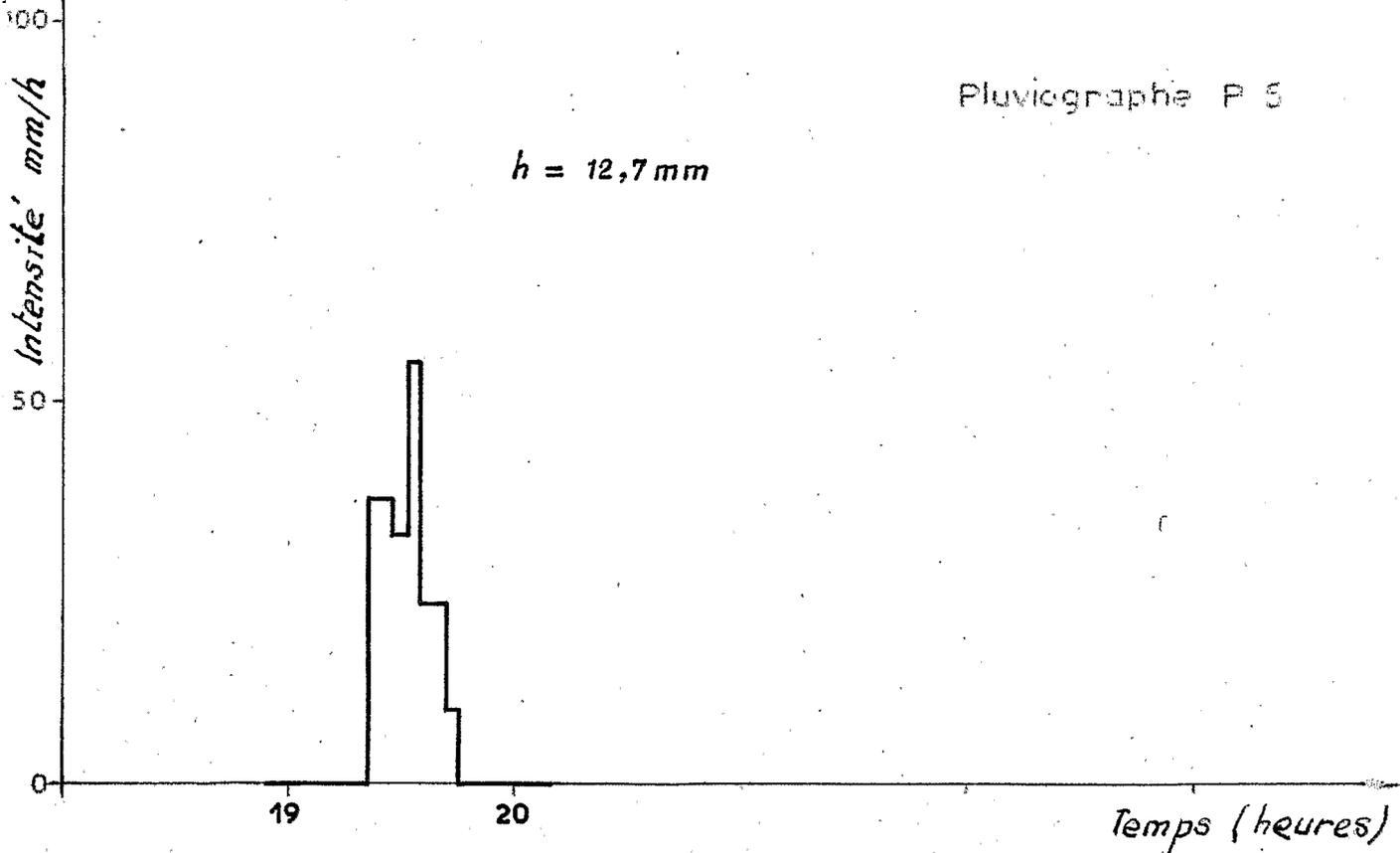
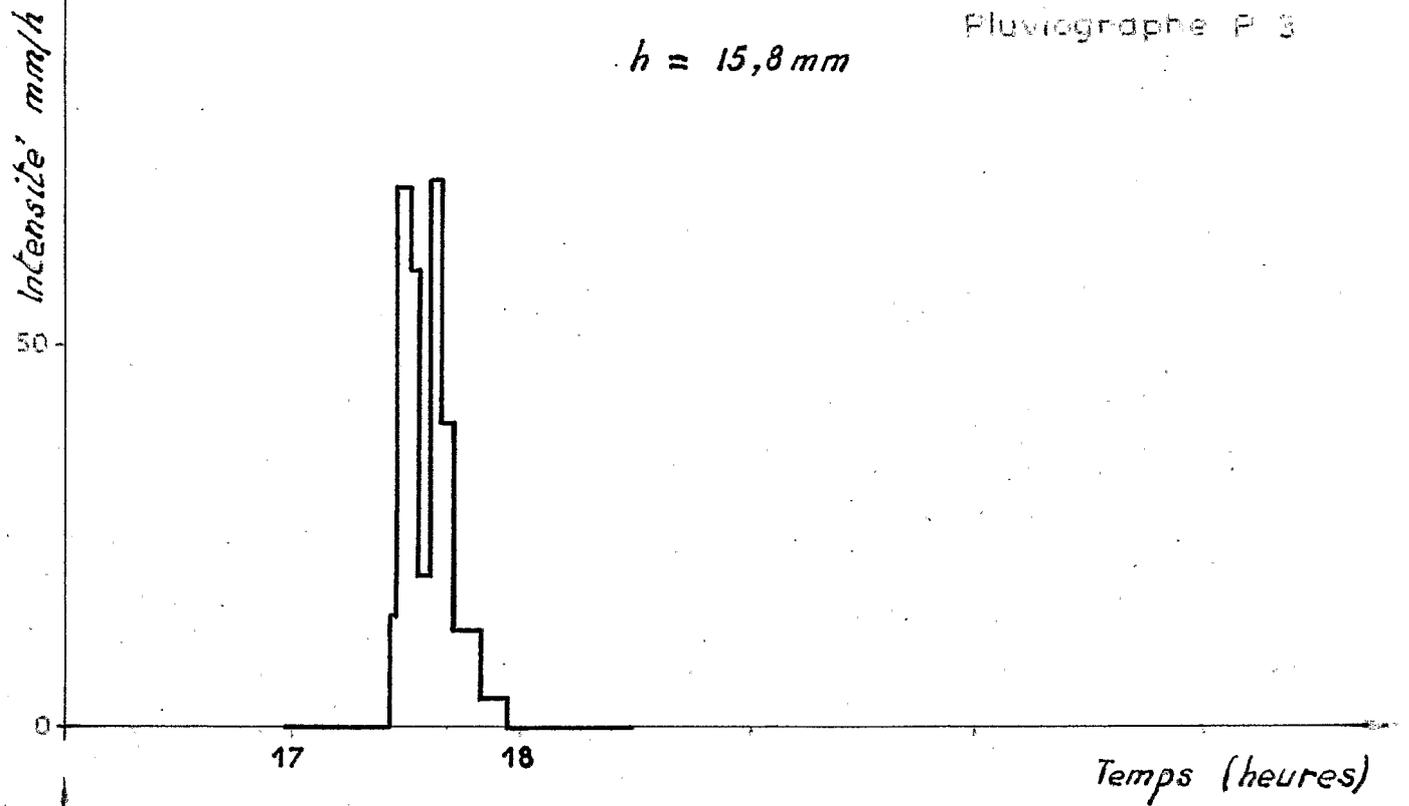


Hyélogrammes de l'Averse

du 21 Juillet 1965

Pluviographe P 3

$h = 15,8 \text{ mm}$



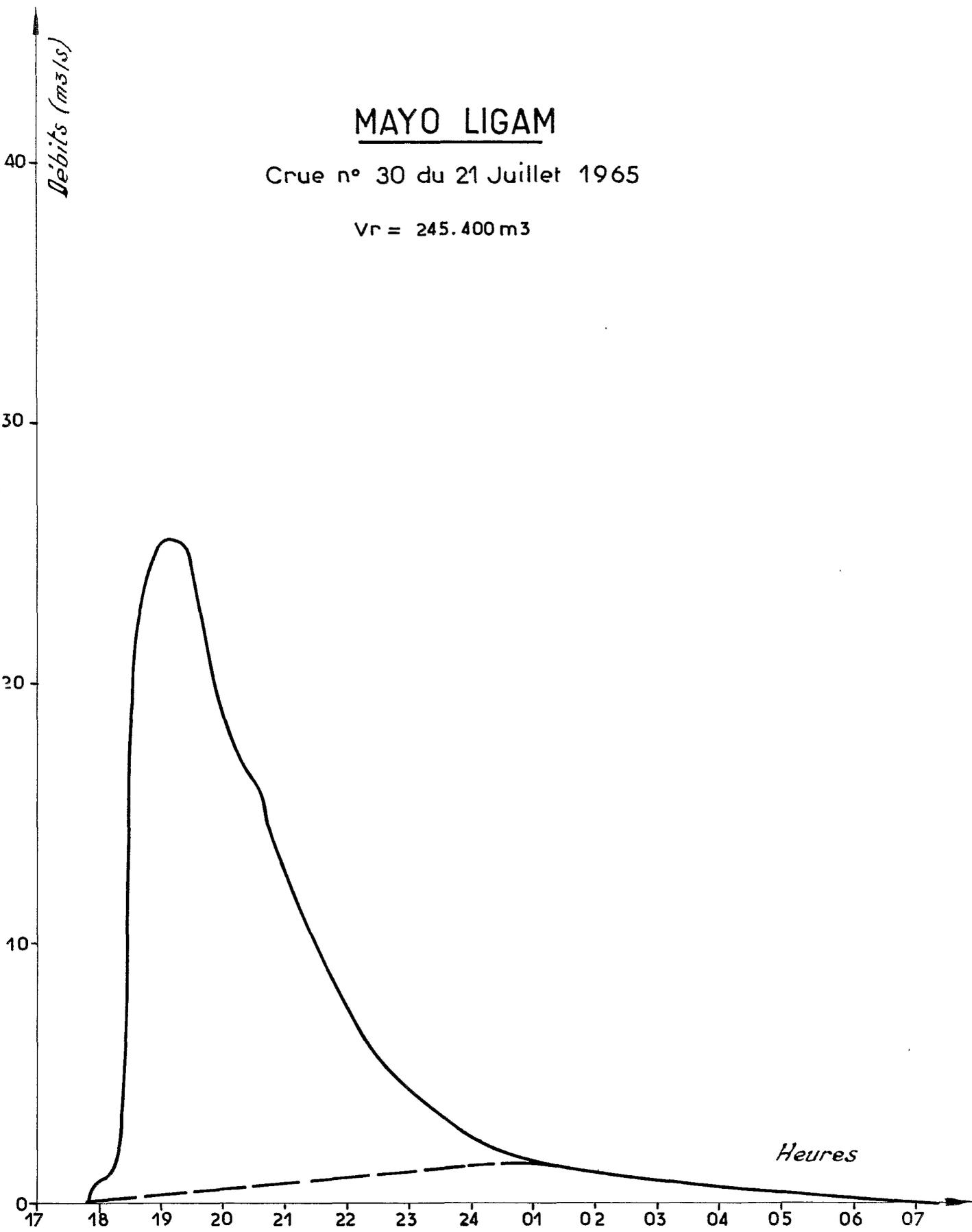
Pluviographe P 5

$h = 12,7 \text{ mm}$

MAYO LIGAM

Crue n° 30 du 21 Juillet 1965

$V_r = 245.400 \text{ m}^3$



CRT 7609

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 26-12-65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

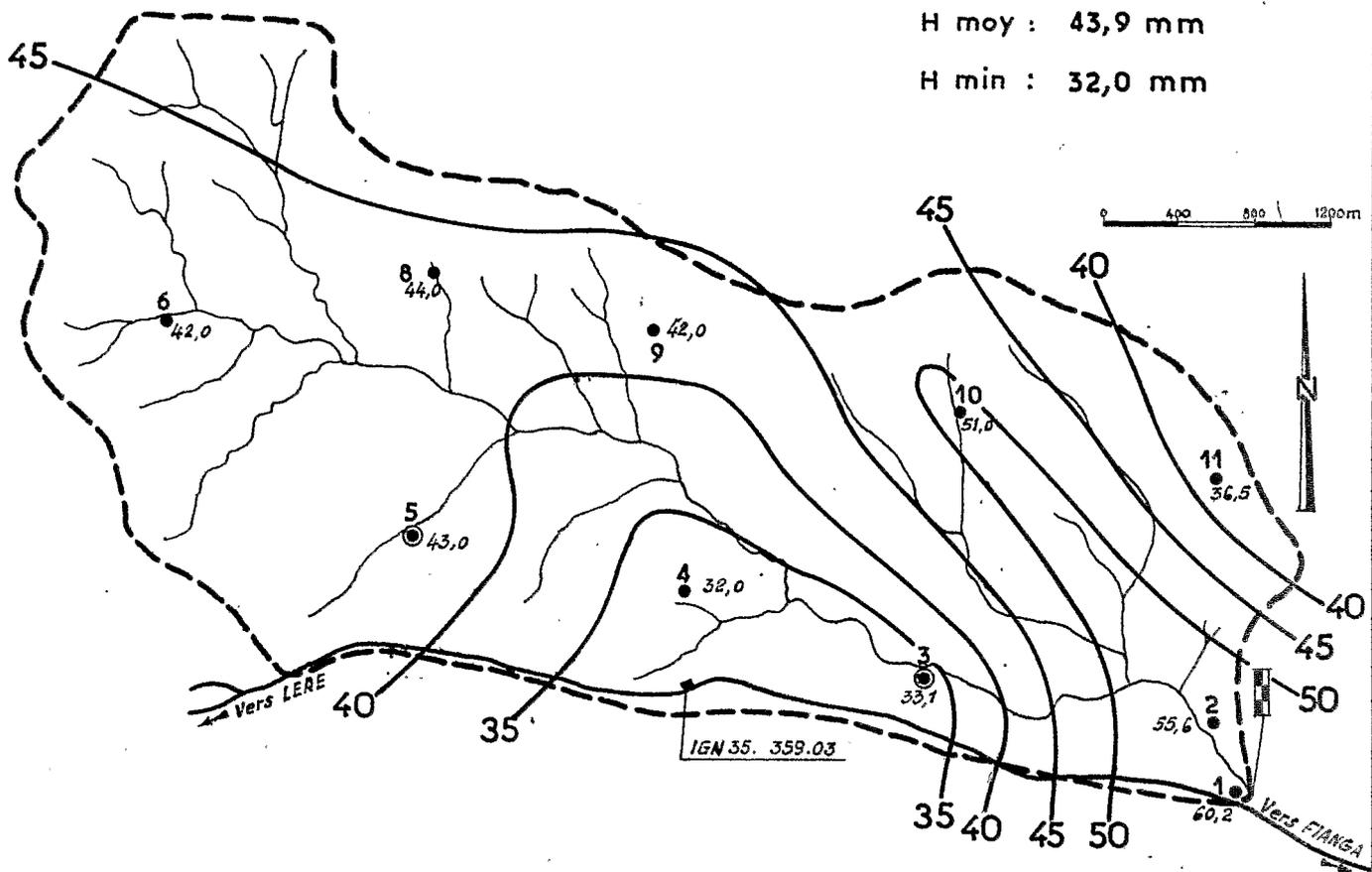
Isohyètes pour l'averse du: 2 Août 1965

Nº: 33

H max : 60,2 mm

H moy : 43,9 mm

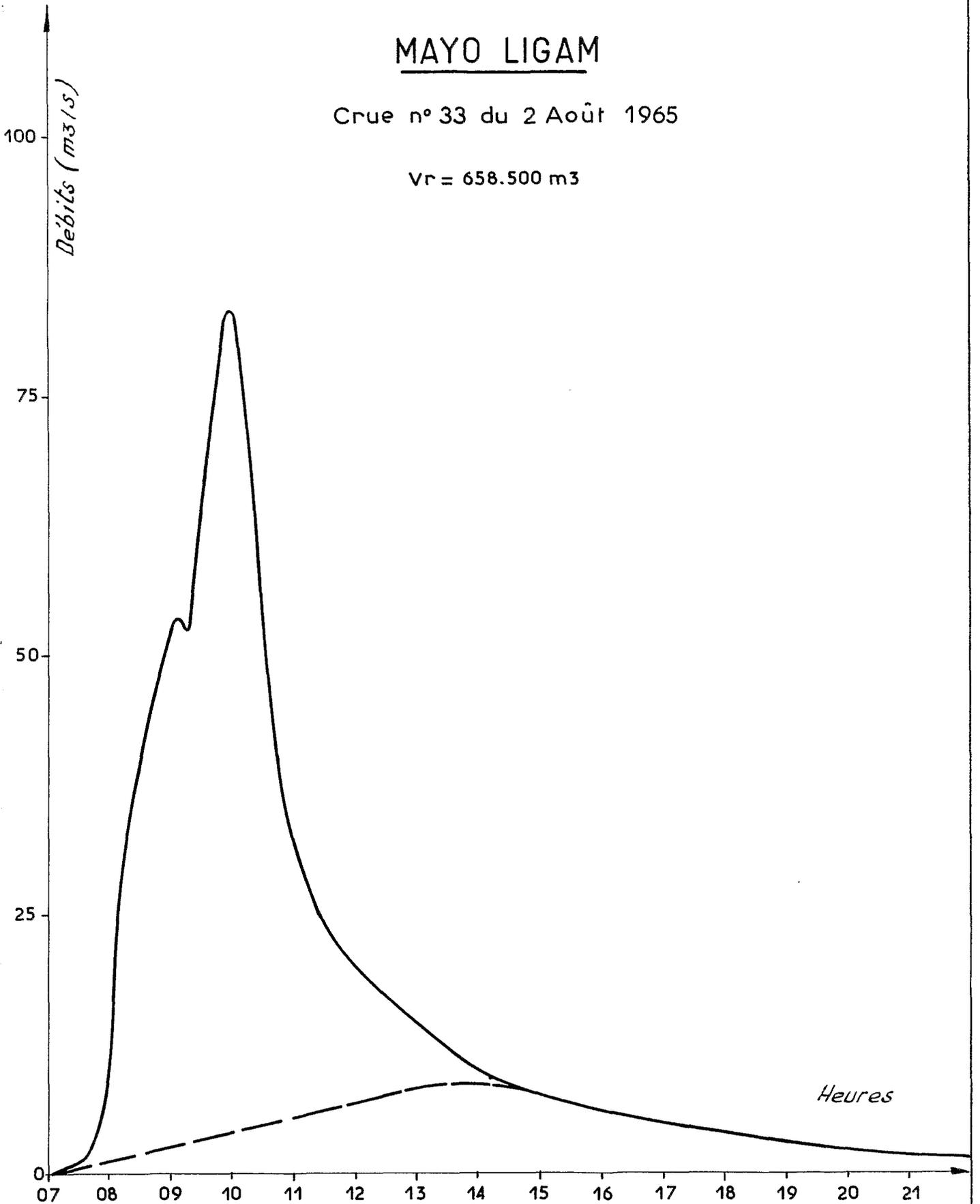
H min : 32,0 mm



MAYO LIGAM

Crue n° 33 du 2 Août 1965

$V_r = 658.500 \text{ m}^3$



CRT 7615

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 26-12-65

DES: S. NICDE

VISA

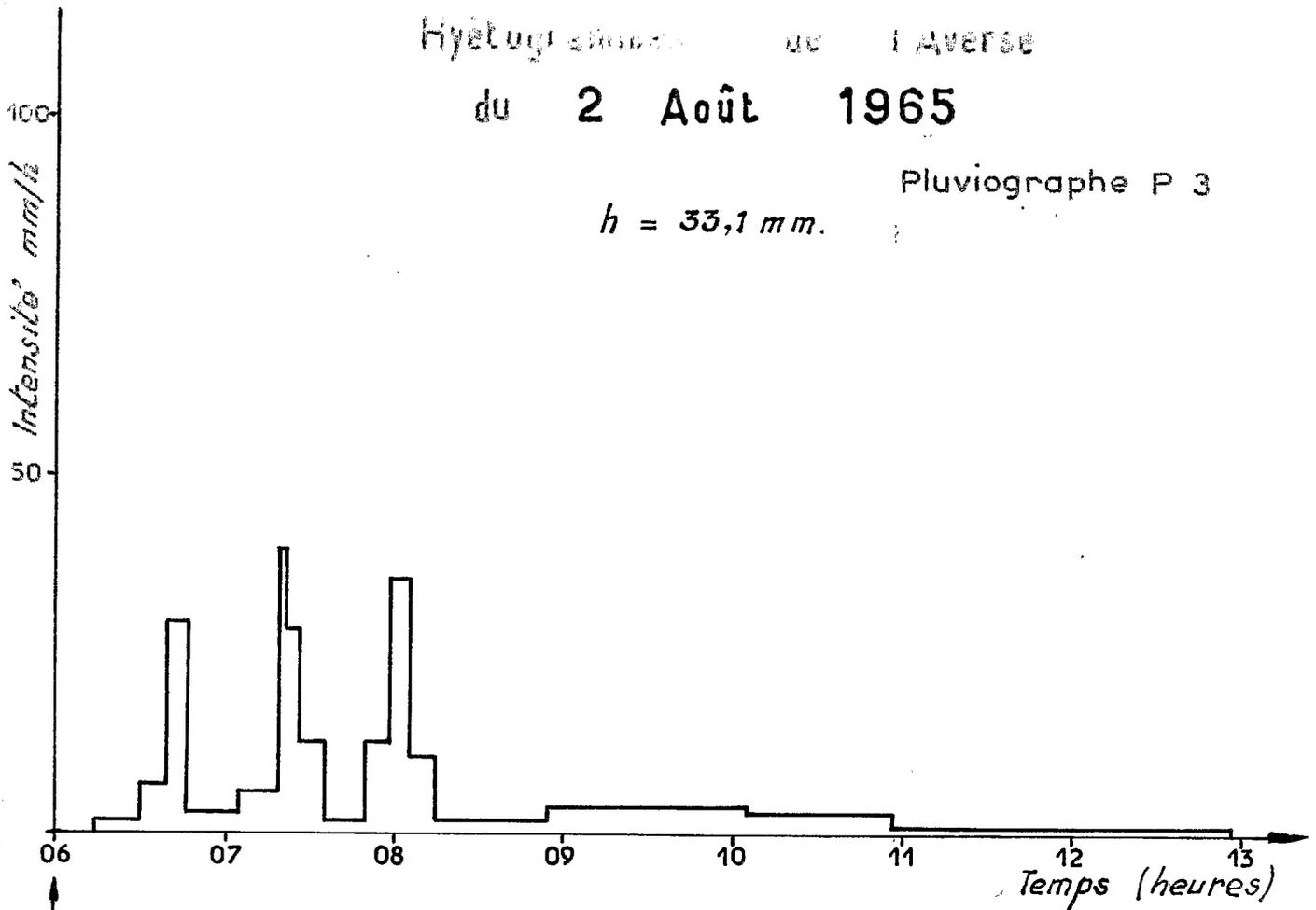
TUBEN°

Hydrologie de l'averse

du 2 Août 1965

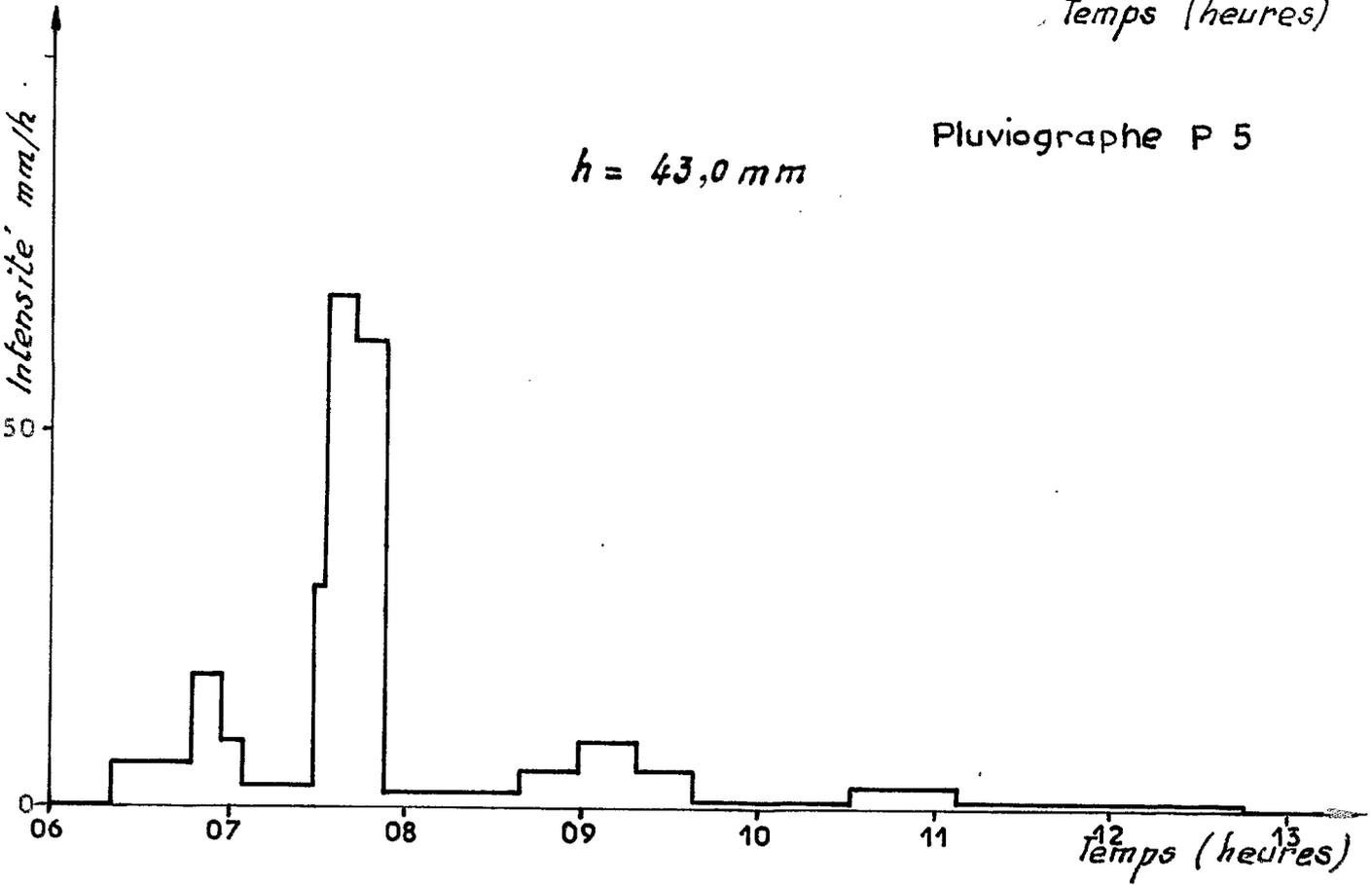
Pluviographe P 3

$h = 33,1 \text{ mm.}$



Pluviographe P 5

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



CRT 7640

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES				
ED.	LE: 29-4-66	DES. S. NICOL	VISA	TUBEN°

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

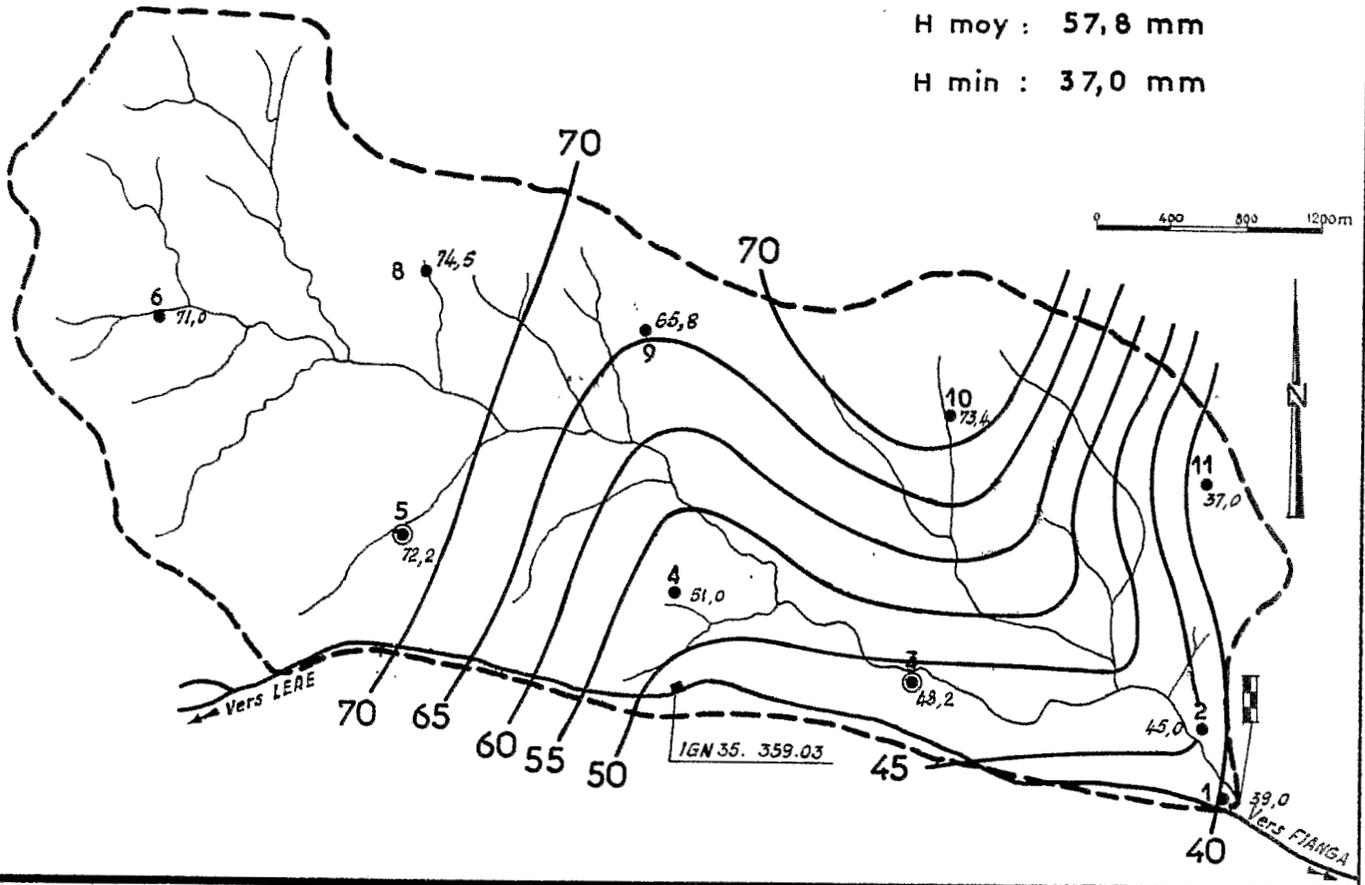
Isohyètes pour l'averse du: 3 Août 1965

Nº: 34

H max : 74,5 mm

H moy : 57,8 mm

H min : 37,0 mm

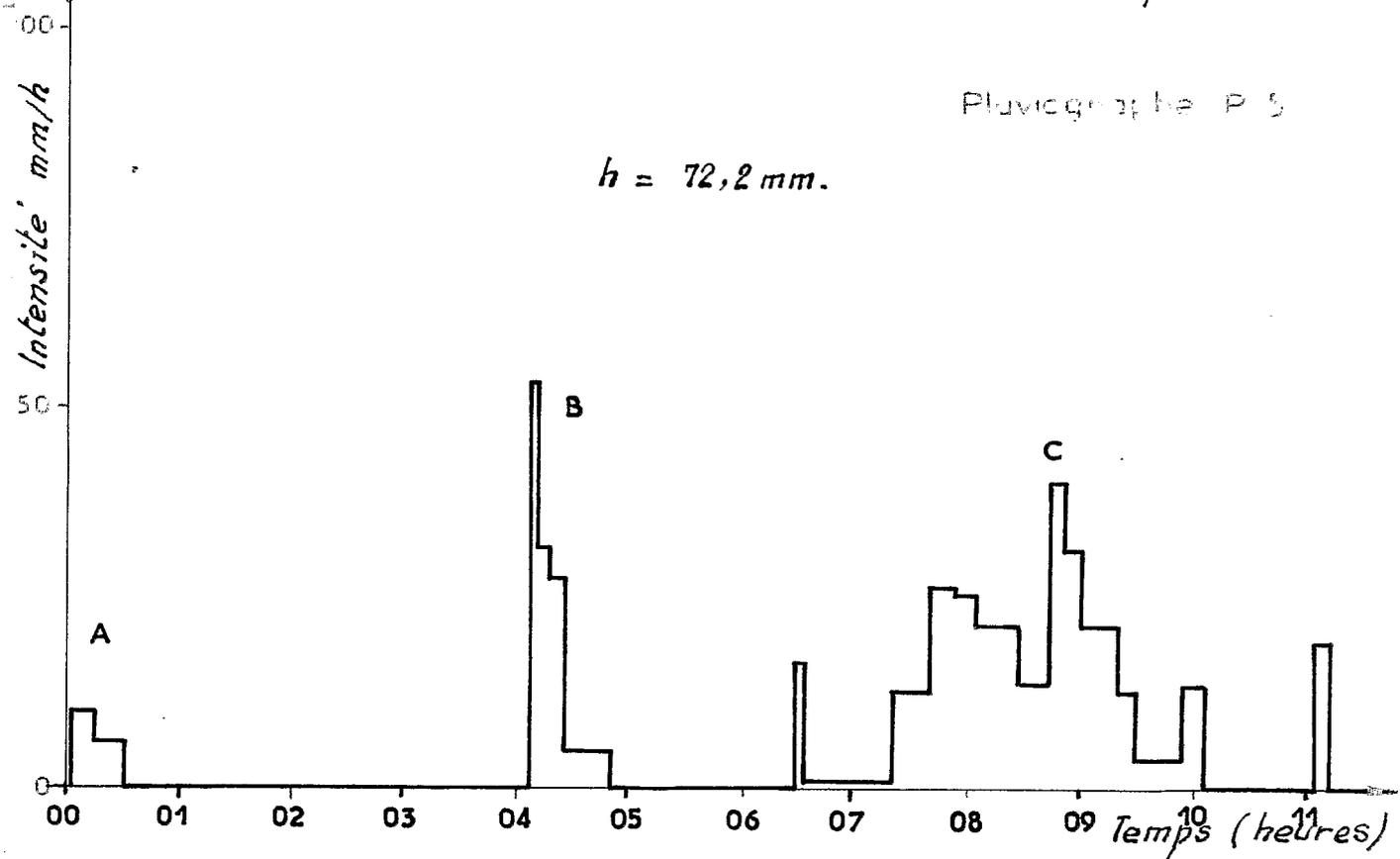
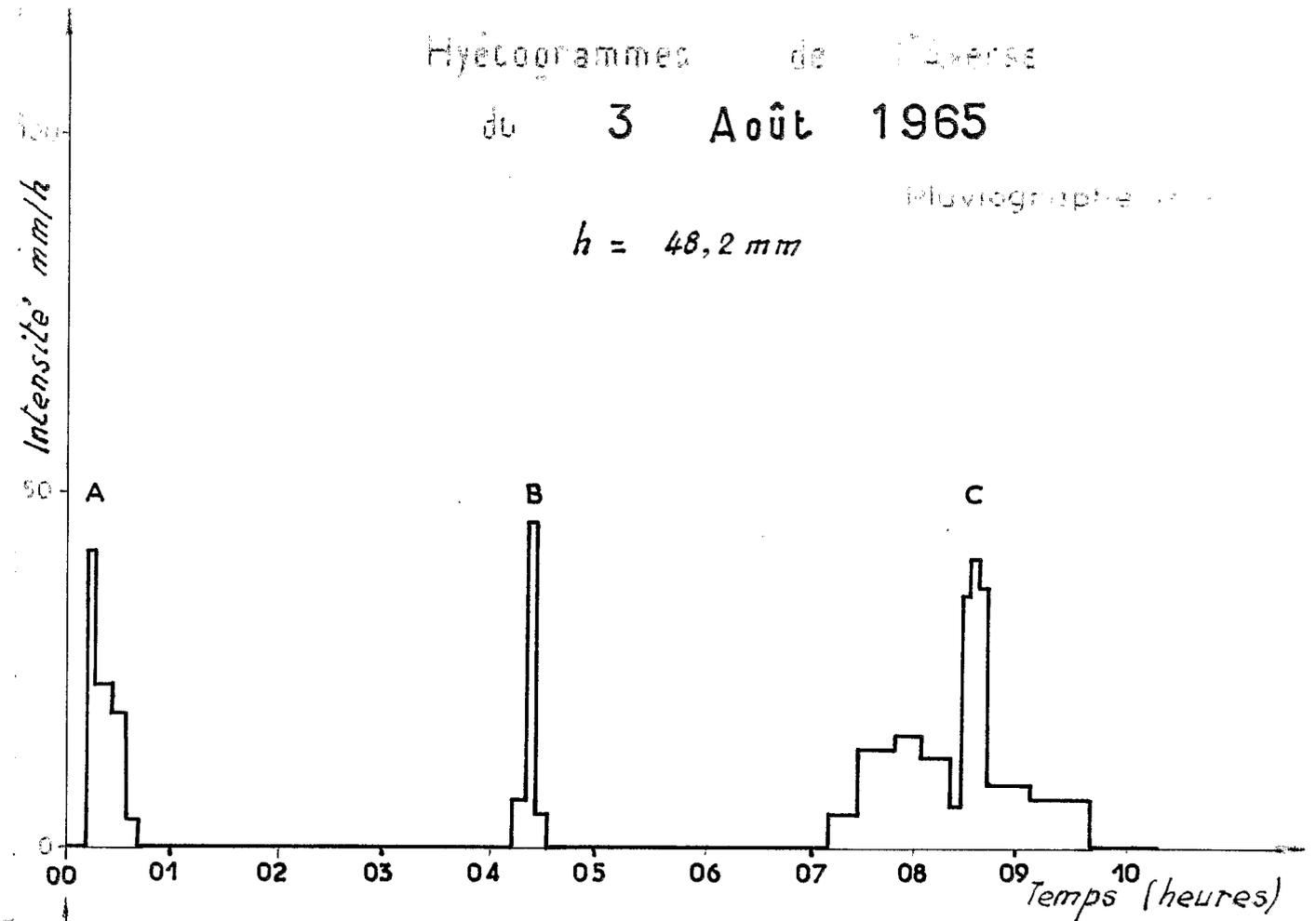


Hyéogrammes de l'inverse

du 3 Août 1965

Pluviographe n° 1

$h = 48,2 \text{ mm}$



CRT 7632

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED

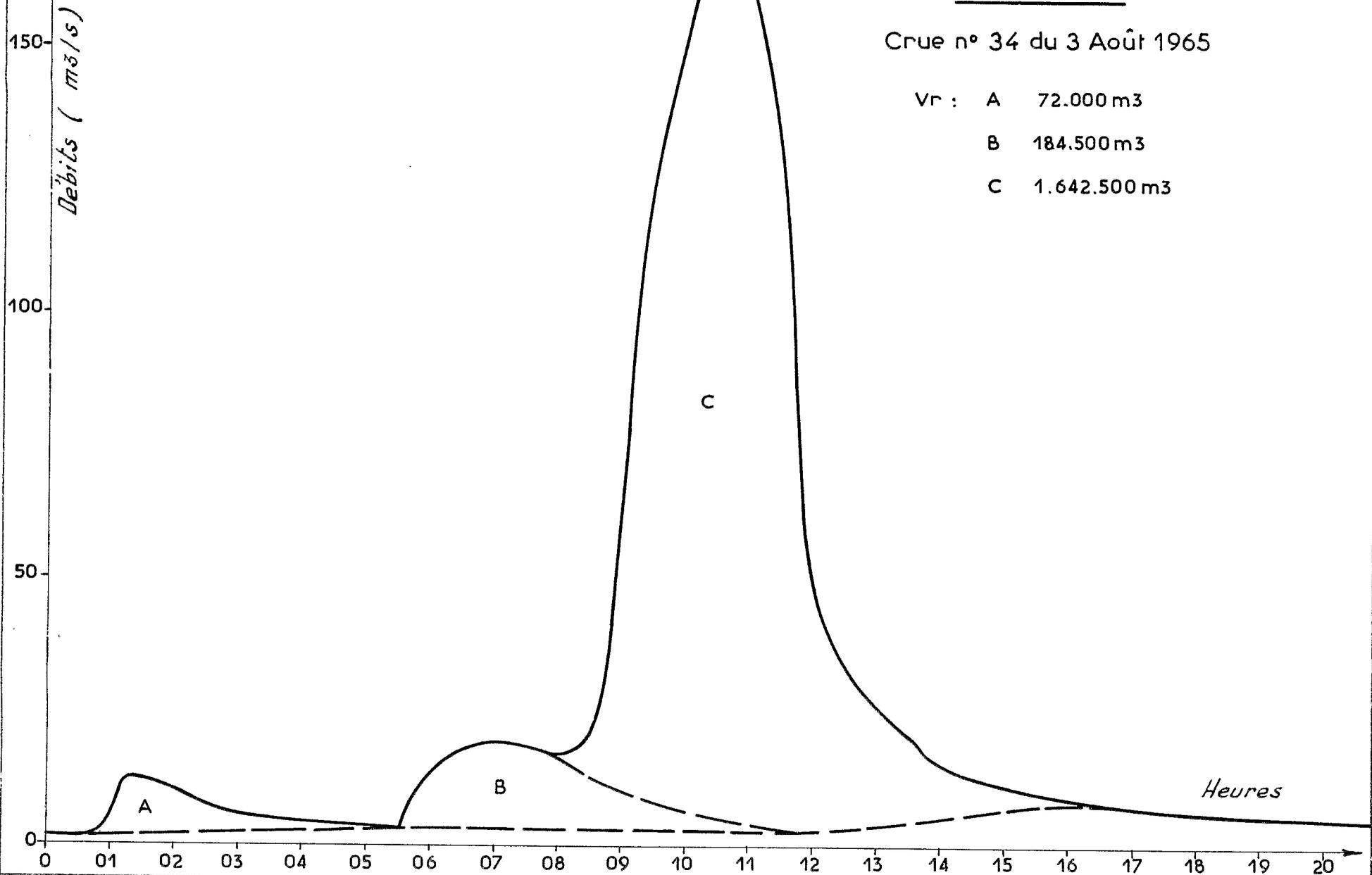
LE 26-4-66 DES S. NICOLAS VISA

TUBÉN

MAYO LIGAM

Crue n° 34 du 3 Août 1965

Vr : A 72.000 m³
B 184.500 m³
C 1.642.500 m³



CRT 7606

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED.

LE: 25-12-65

DES: S. NICOE

VISA:

TUBE N°

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

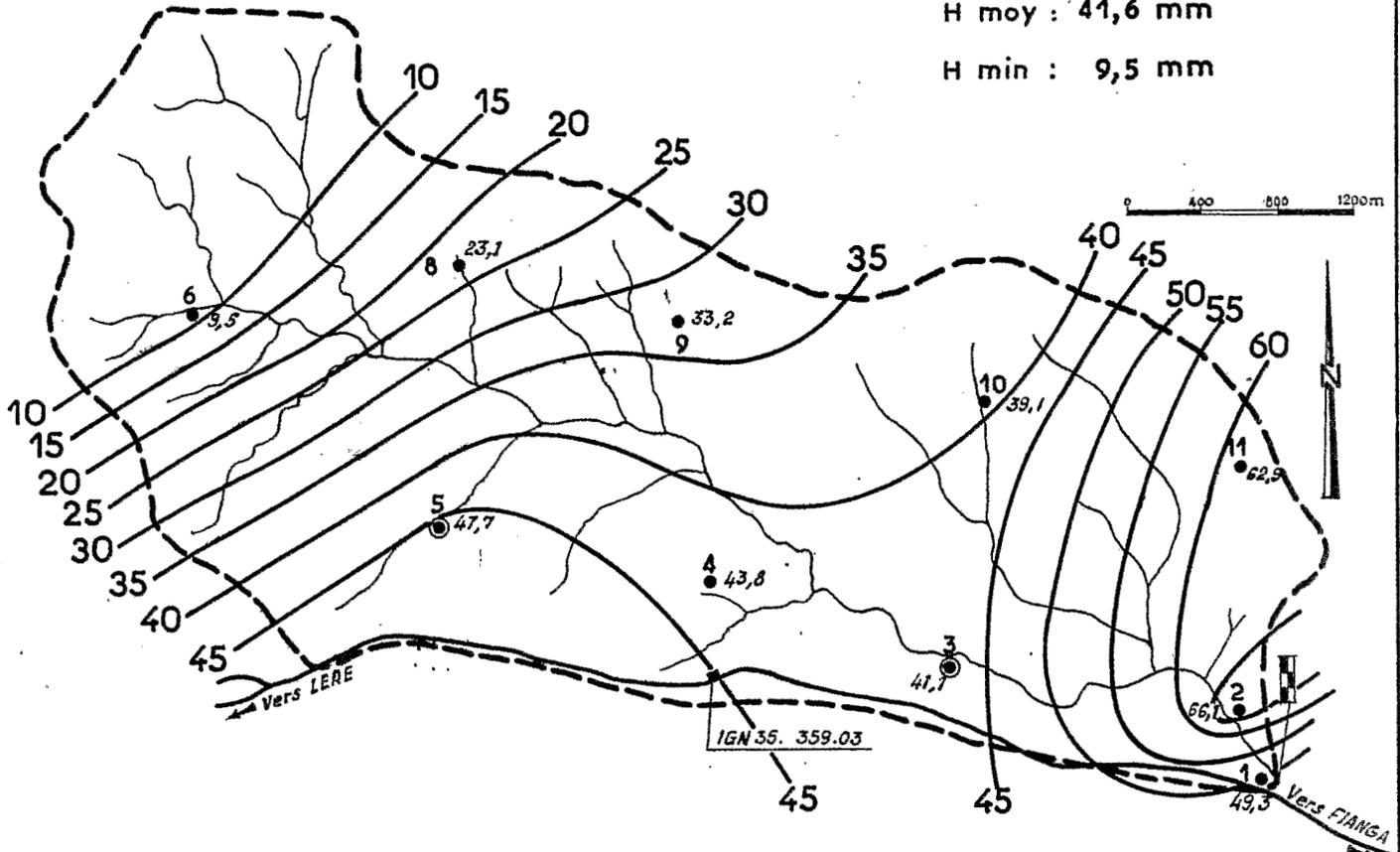
Isohyètes pour l'averse du: 10 Août 1965

Nº: 36

H max : 66,1 mm

H moy : 41,6 mm

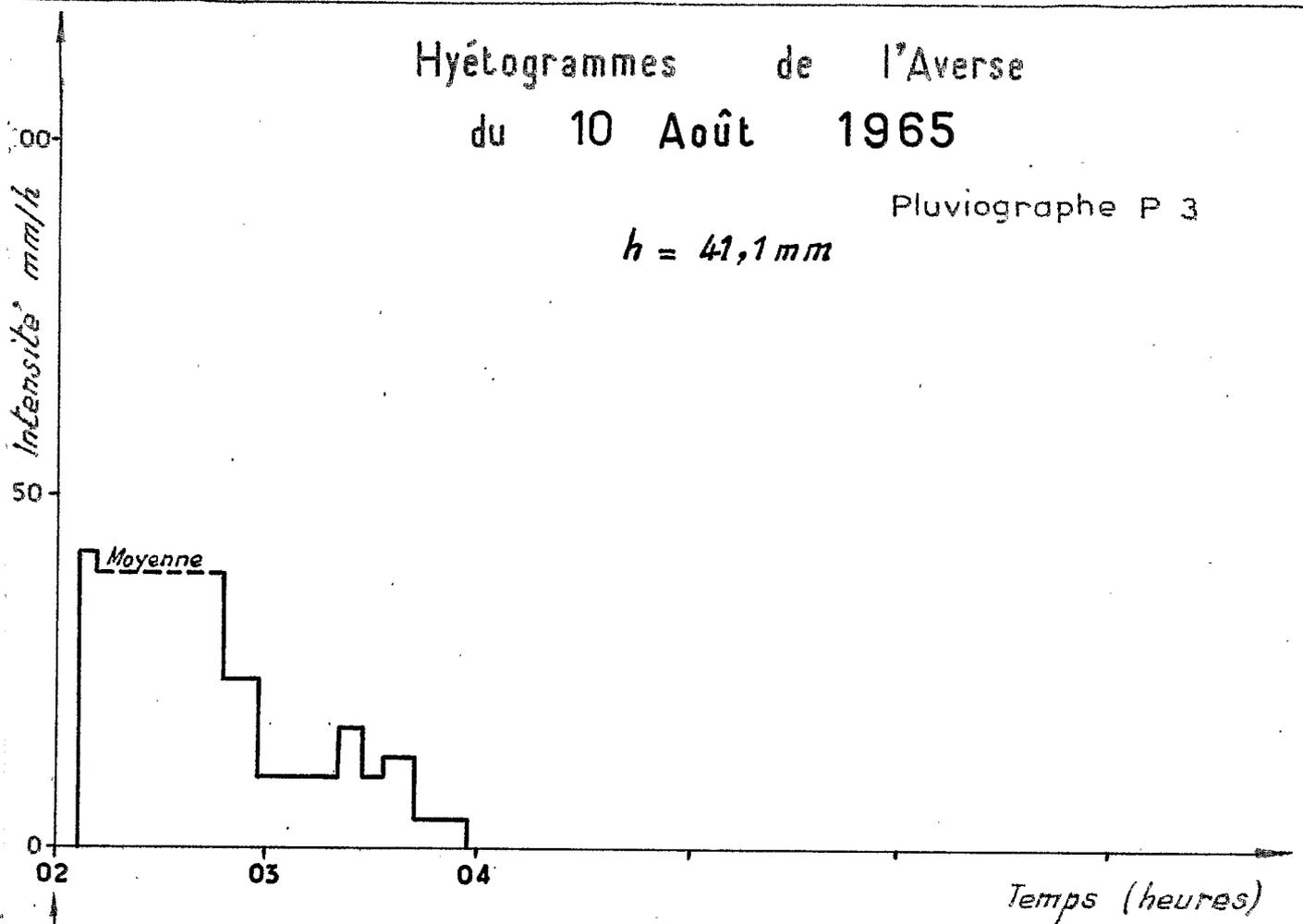
H min : 9,5 mm



Hyéogrammes de l'Averse du 10 Août 1965

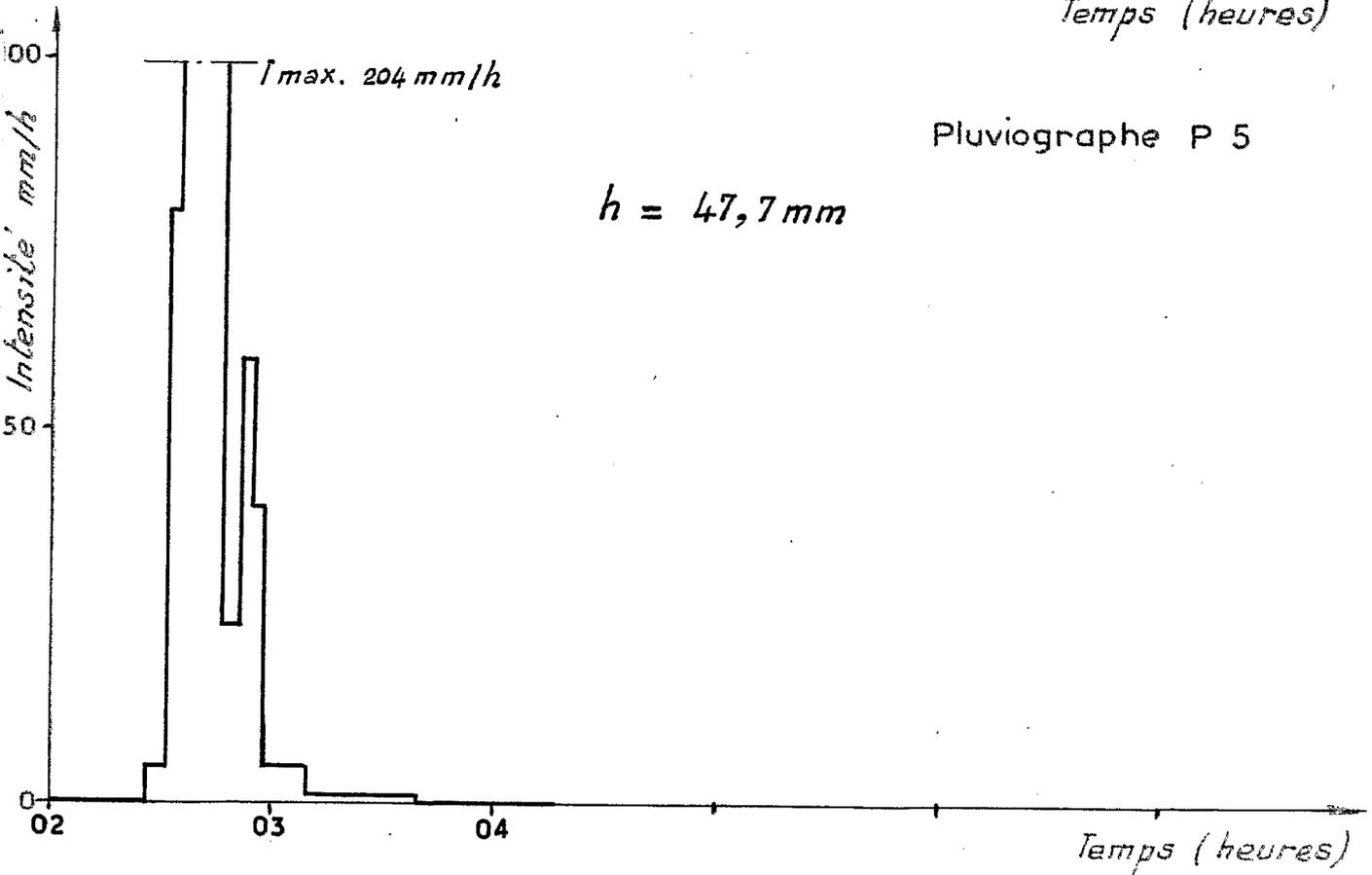
Pluviographe P 3

$h = 41,1 \text{ mm}$



Pluviographe P 5

$h = 47,7 \text{ mm}$



CRT 7639

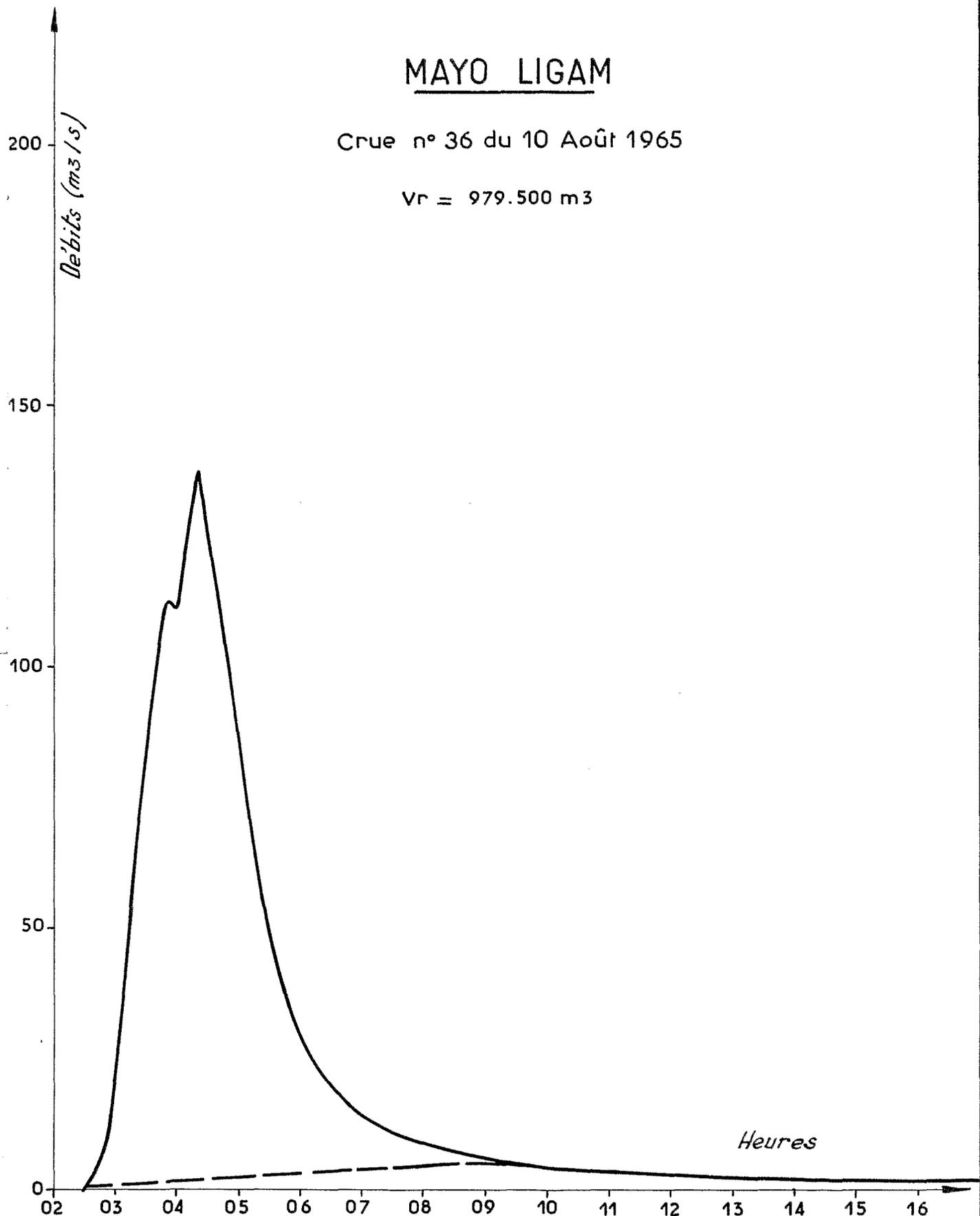
ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED LF 28-4-66 DES S. NICOE VISA TUBEN?

MAYO LIGAM

Crue n° 36 du 10 Août 1965

Vr = 979.500 m³



CRT 7605

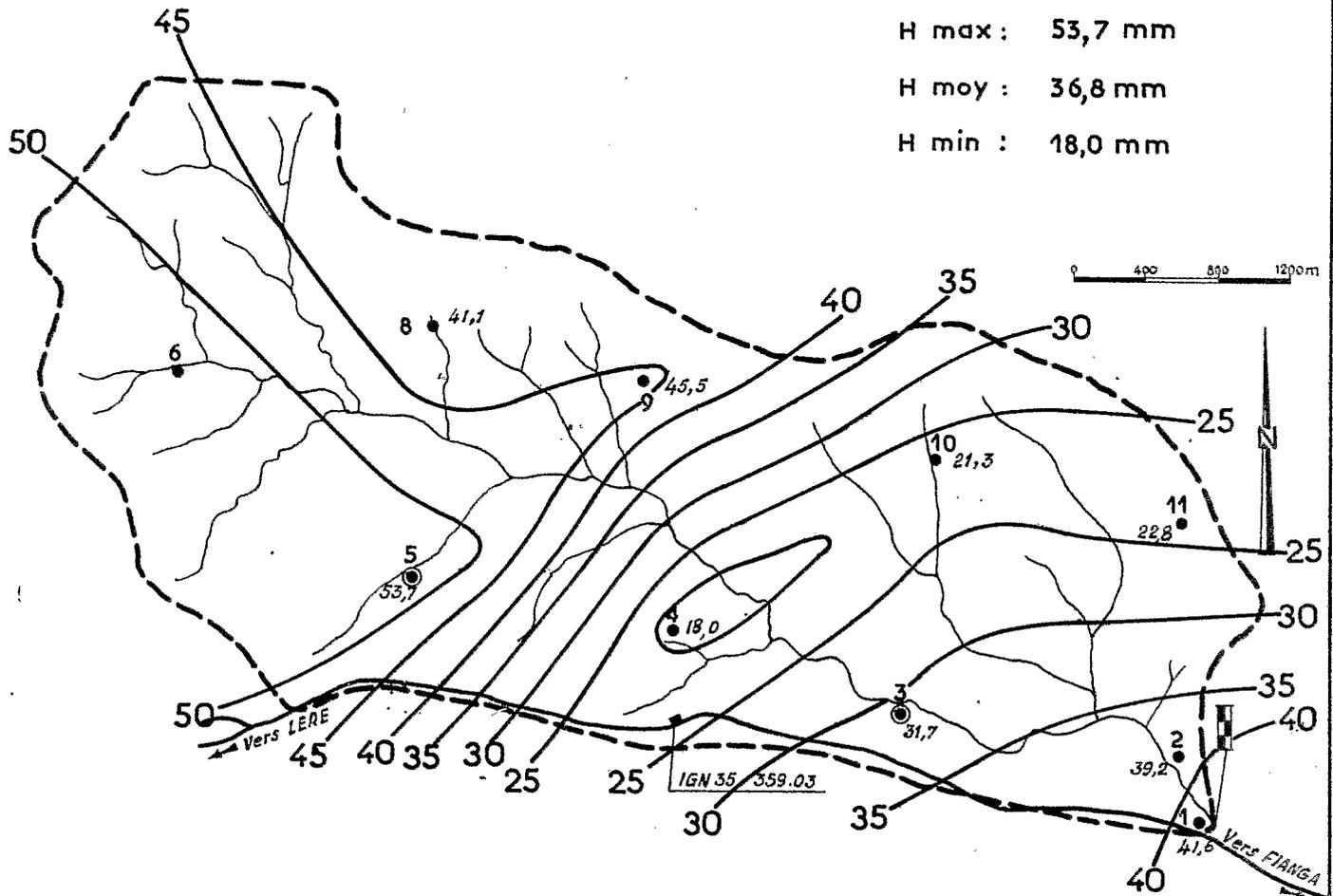
ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 25-12-65	DES: S. NICOE	VISA	TUBEN°	
-----	--------------	---------------	------	--------	--

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

Isohyètes pour l'averse du: 10 11 Août 1965

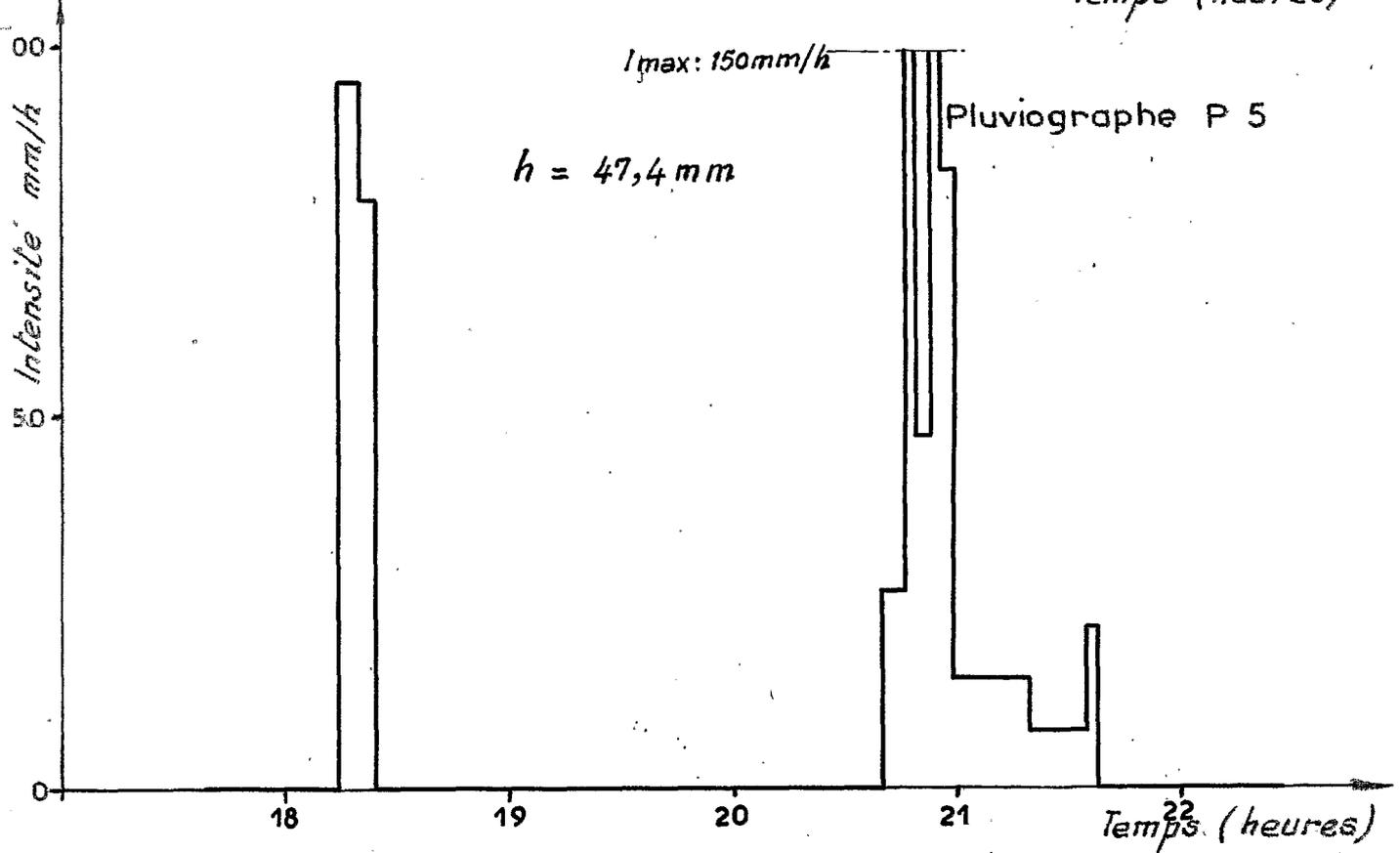
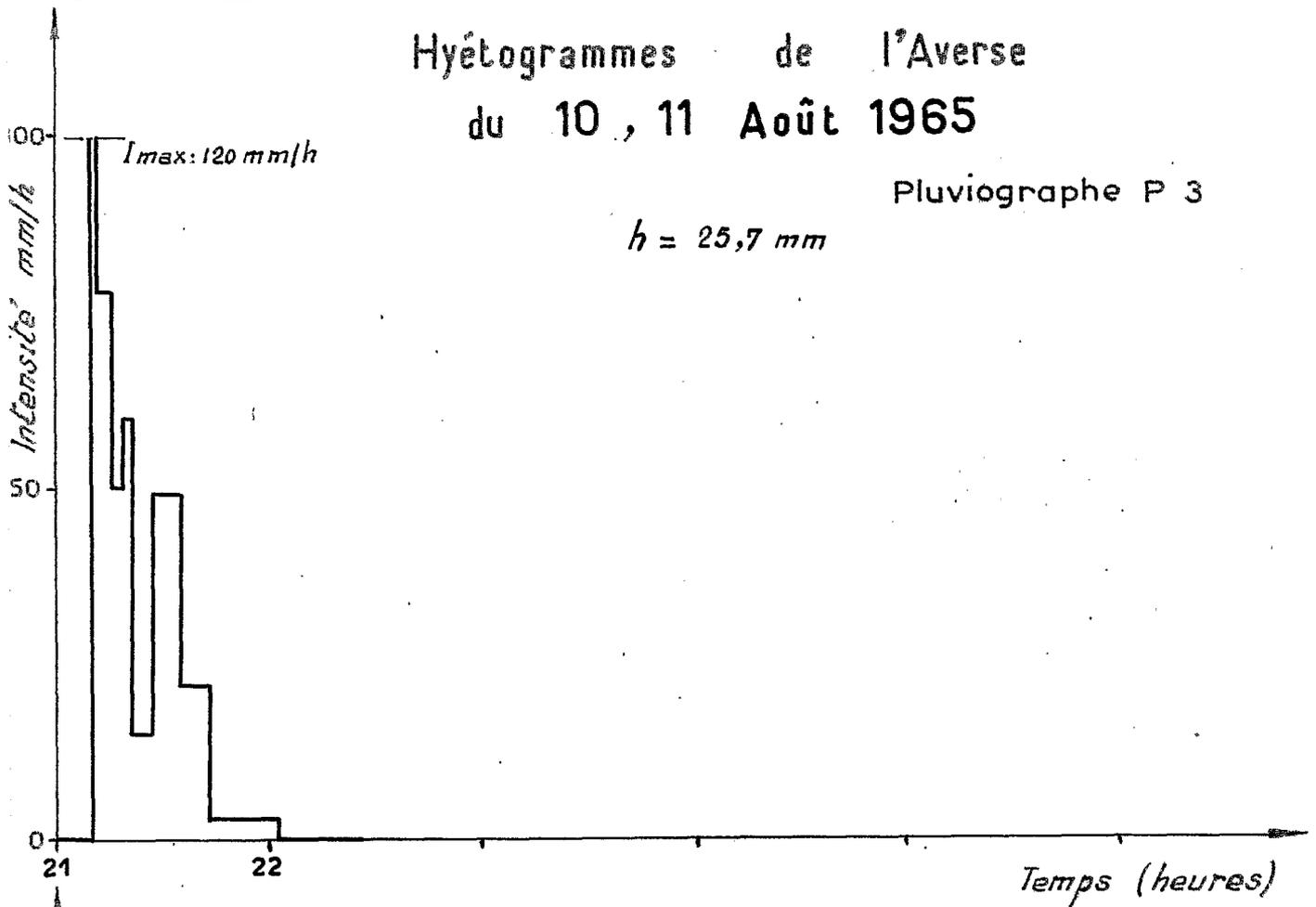
Nº: 37



Hyétogrammes de l'Averse du 10, 11 Août 1965

Pluviographe P 3

$h = 25,7 \text{ mm}$



CRT 7638

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 28-4-66

DES: S. NICOE

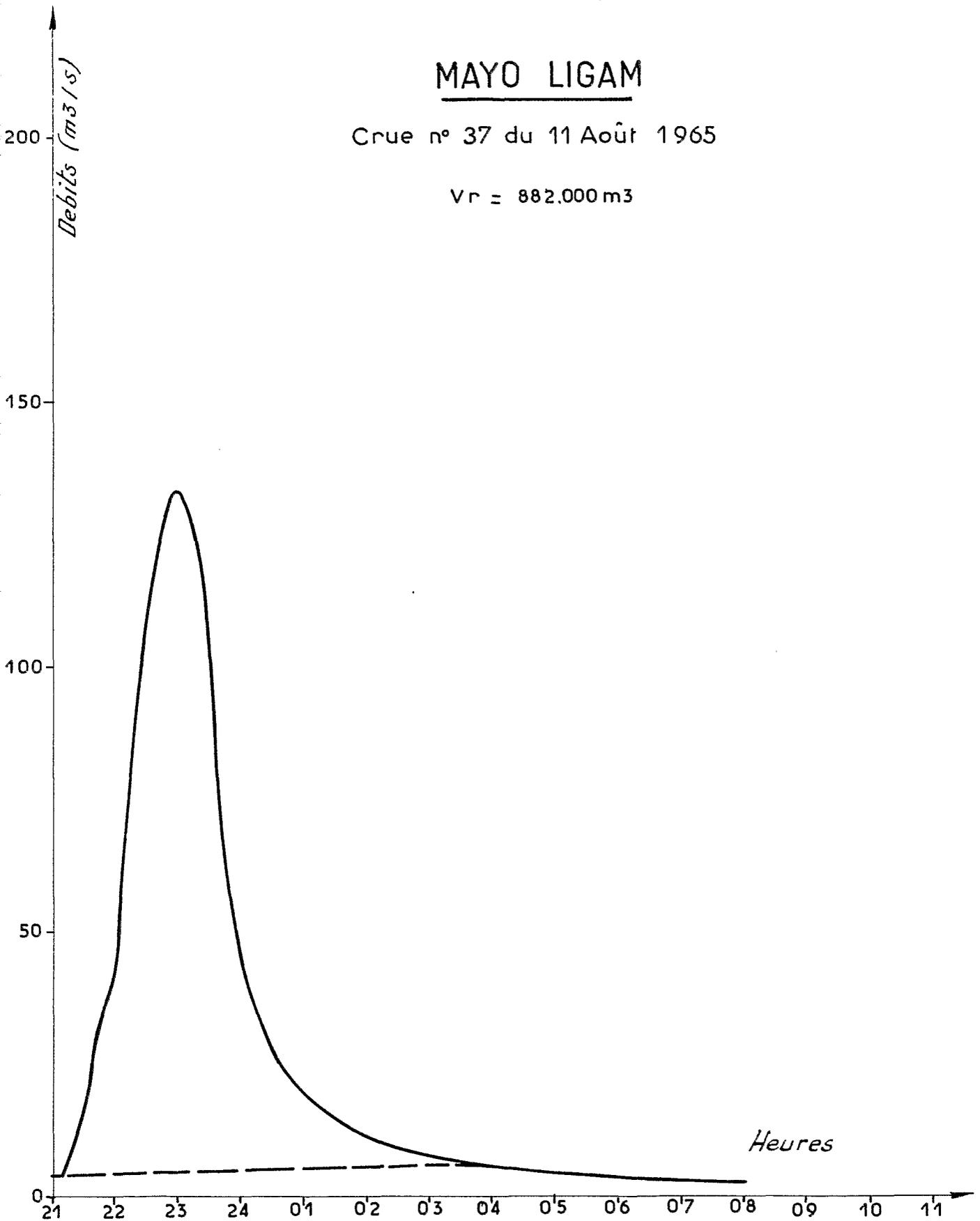
VISA

TUBEN°

MAYO LIGAM

Crue n° 37 du 11 Août 1965

Vr = 882.000 m³



CRT 7602

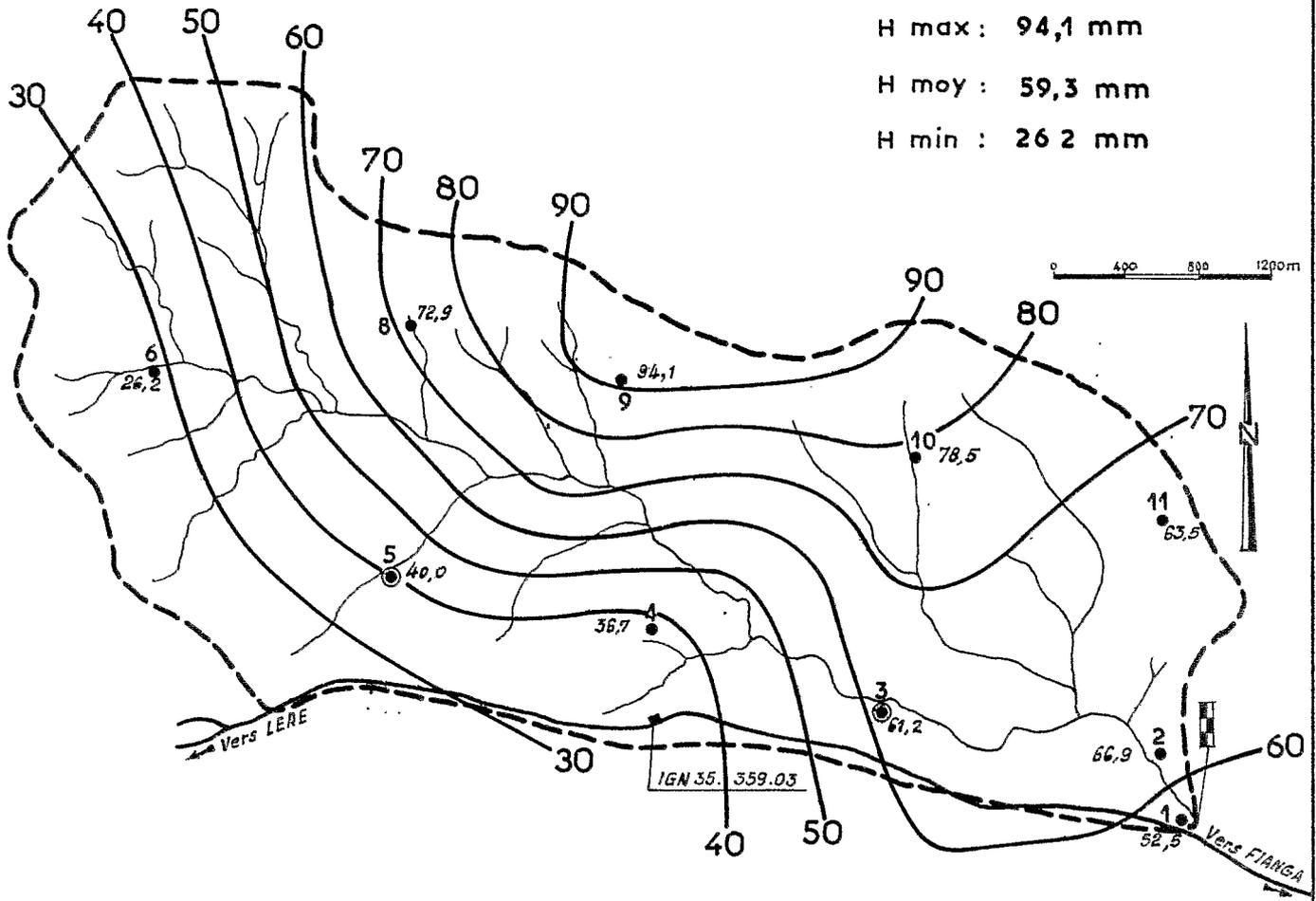
ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 25-12-65	DES: S. NICOE	VISA	TUBEN°	
-----	--------------	---------------	------	--------	--

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

Isohyètes pour l'averse du : 3 Septembre 1965

Nº: 42

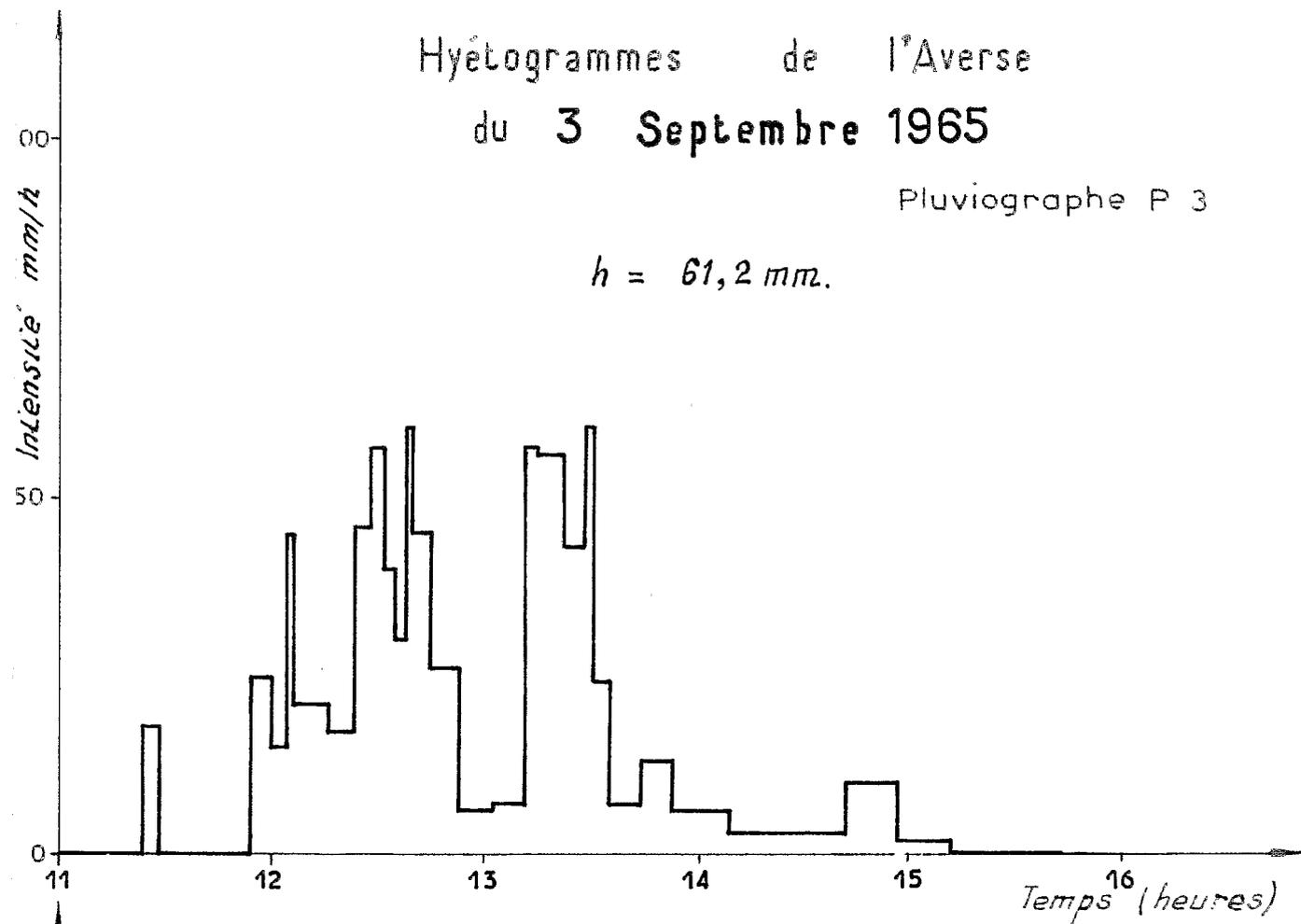


Hyétoqrammes de l'Averse

du 3 Septembre 1965

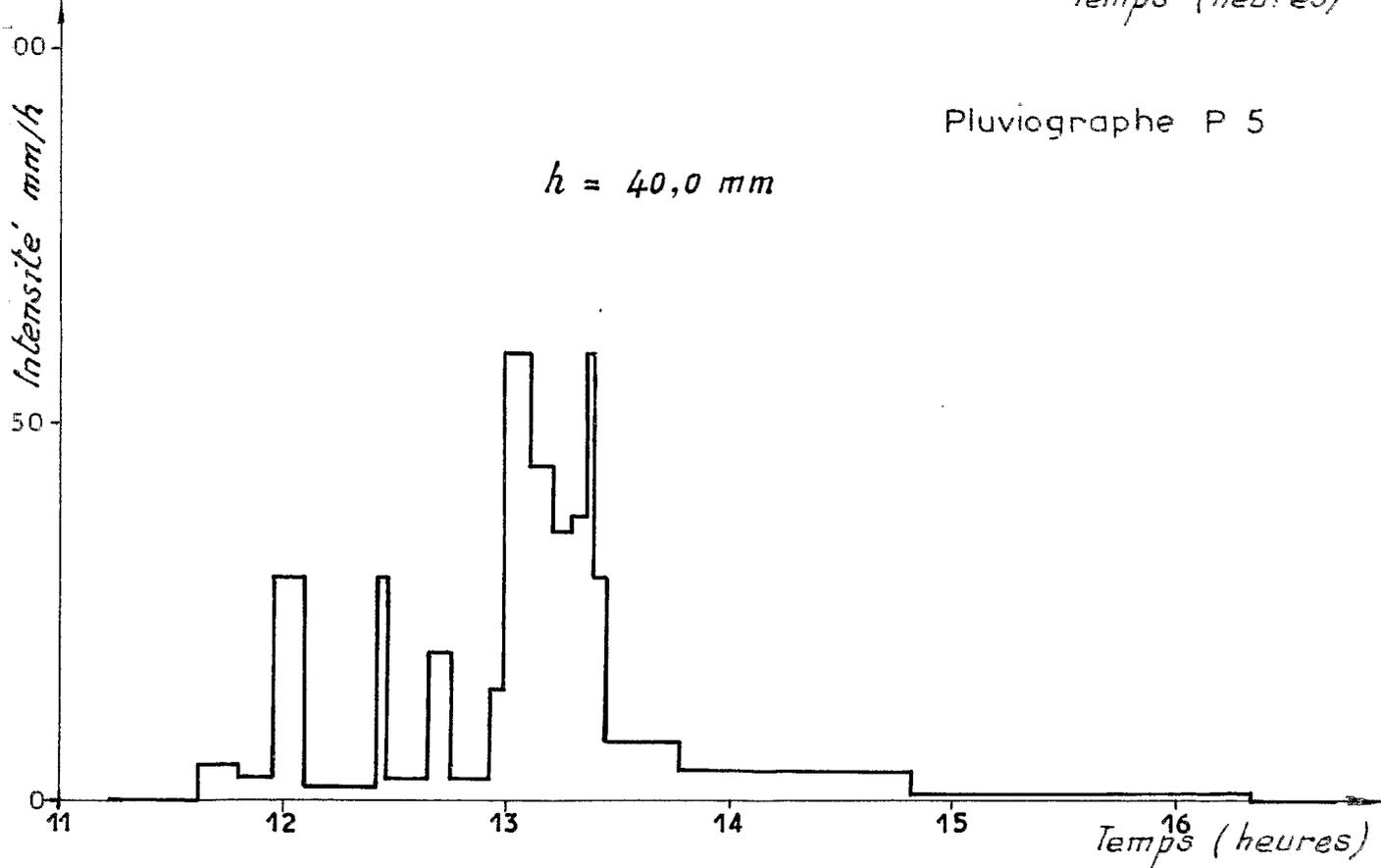
Pluviographe P 3

$h = 61,2 \text{ mm.}$



Pluviographe P 5

$h = 40,0 \text{ mm}$



CRT 7633

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED

LE 27-4-66

DES S. NICOE

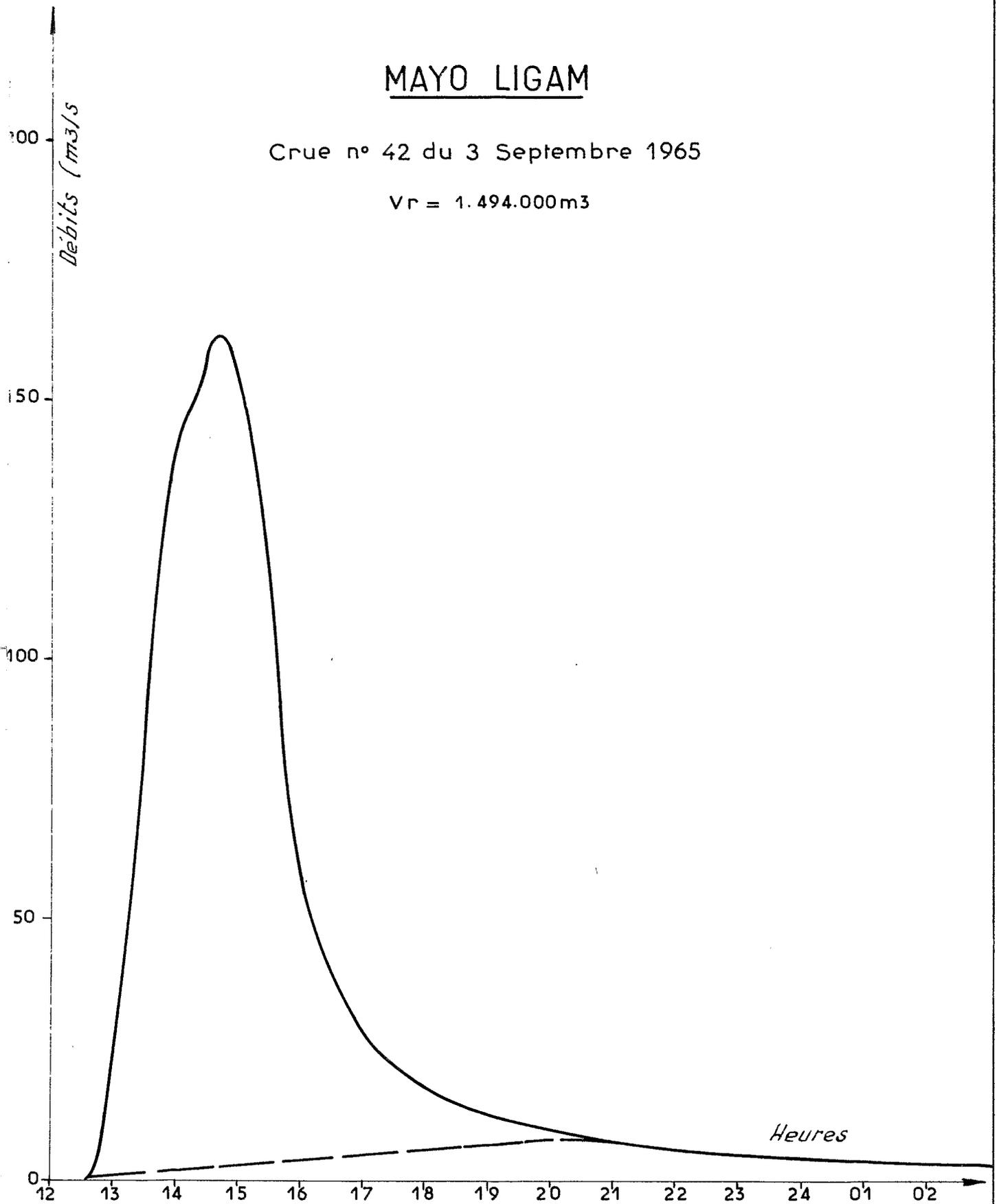
VISA

TUBEN°

MAYO LIGAM

Crue n° 42 du 3 Septembre 1965

$V_r = 1.494.000 m^3$



CRT 7603

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 12-12-65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

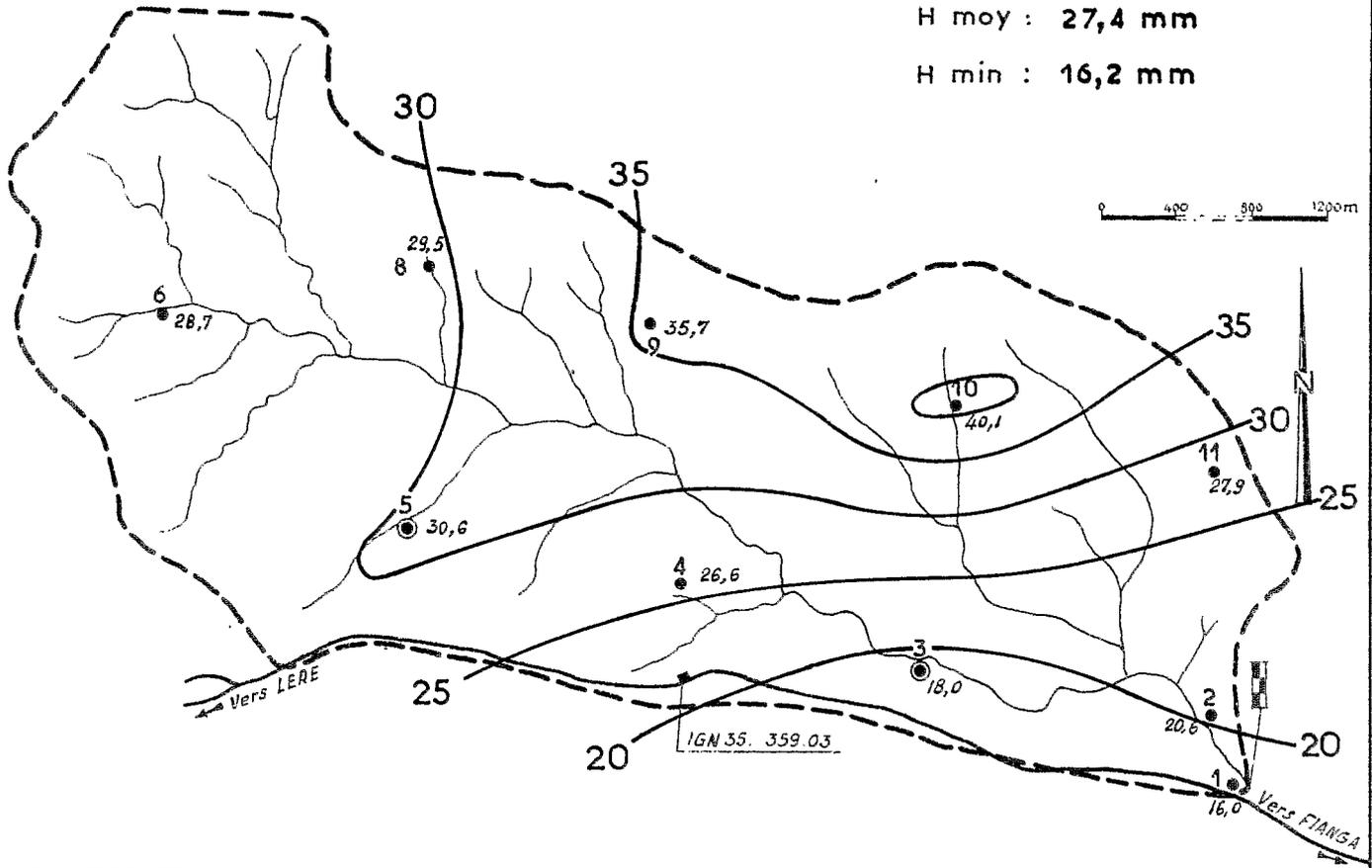
Isohyètes pour l'averse du: 9 Septembre 1965

N°: 44

H max : 40,1 mm

H moy : 27,4 mm

H min : 16,2 mm

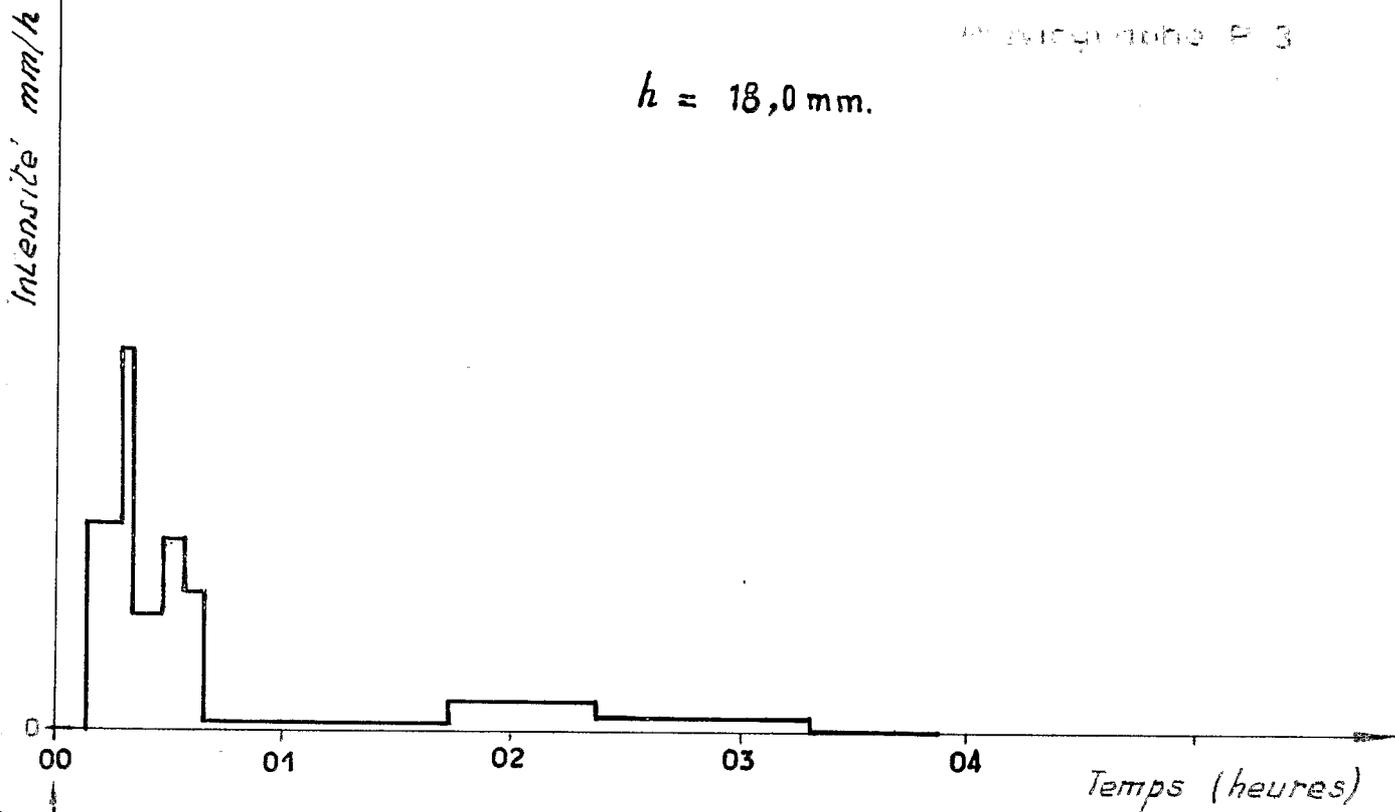


Hyéogrammes de l'Averse

9 Septembre 1965

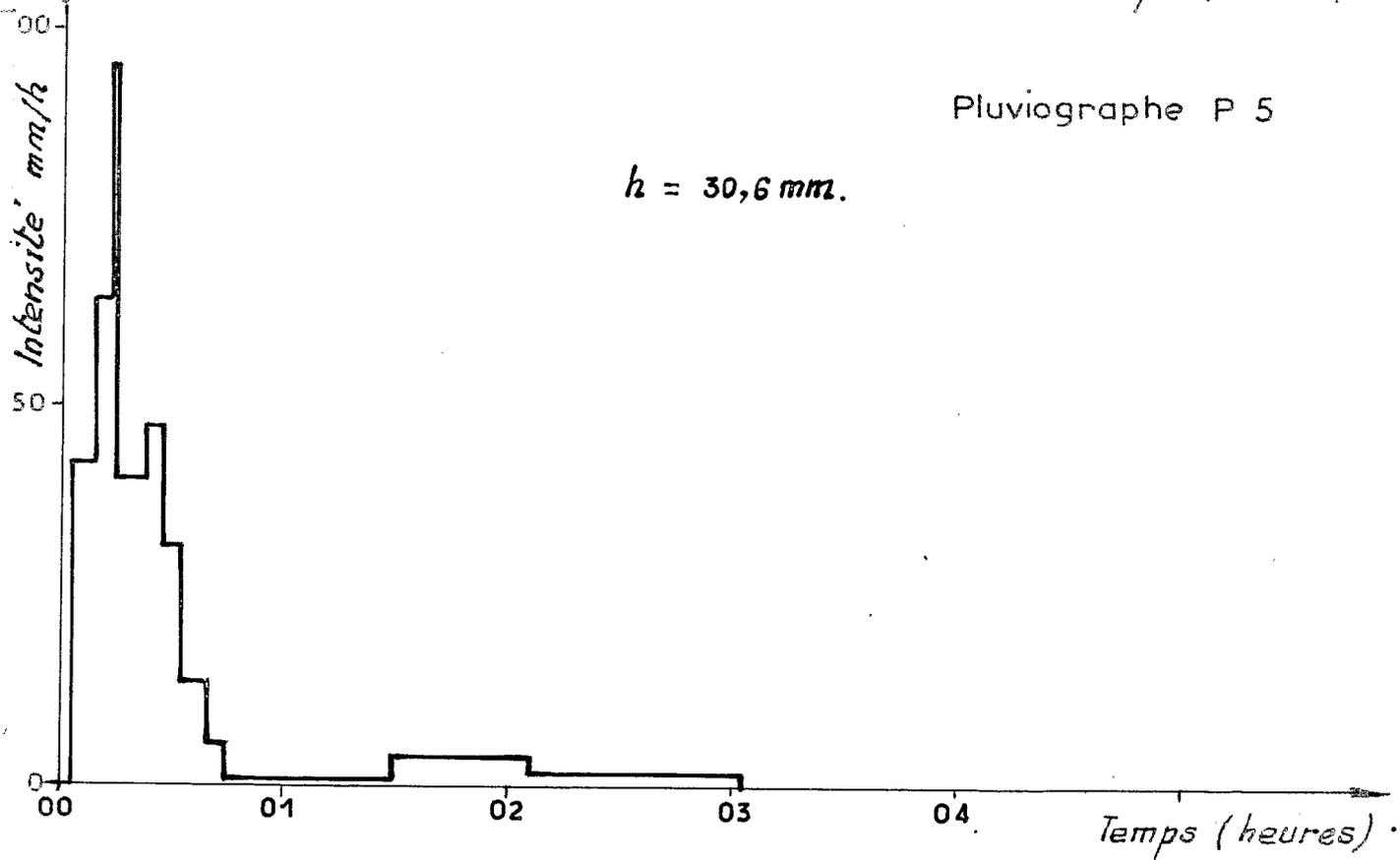
Pluviographe P 3

$h = 18,0 \text{ mm.}$



Pluviographe P 5

$h = 30,6 \text{ mm.}$



CRT 7634

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED

LE 27-4-88

DES S. NICOE

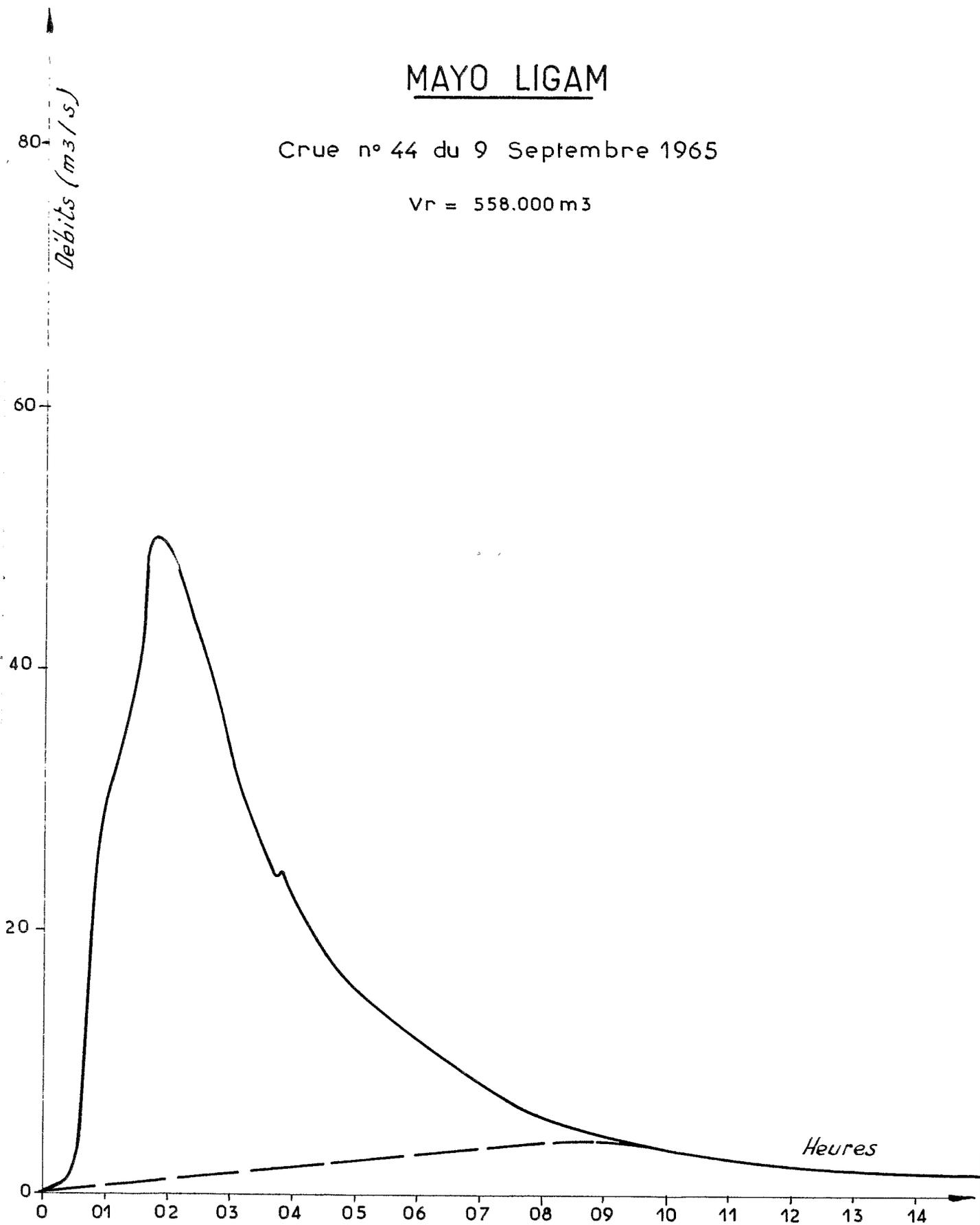
VISA

TUBEN°

MAYO LIGAM

Crue n° 44 du 9 Septembre 1965

Vr = 558.000 m³



CRT 7604

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 25-12-65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

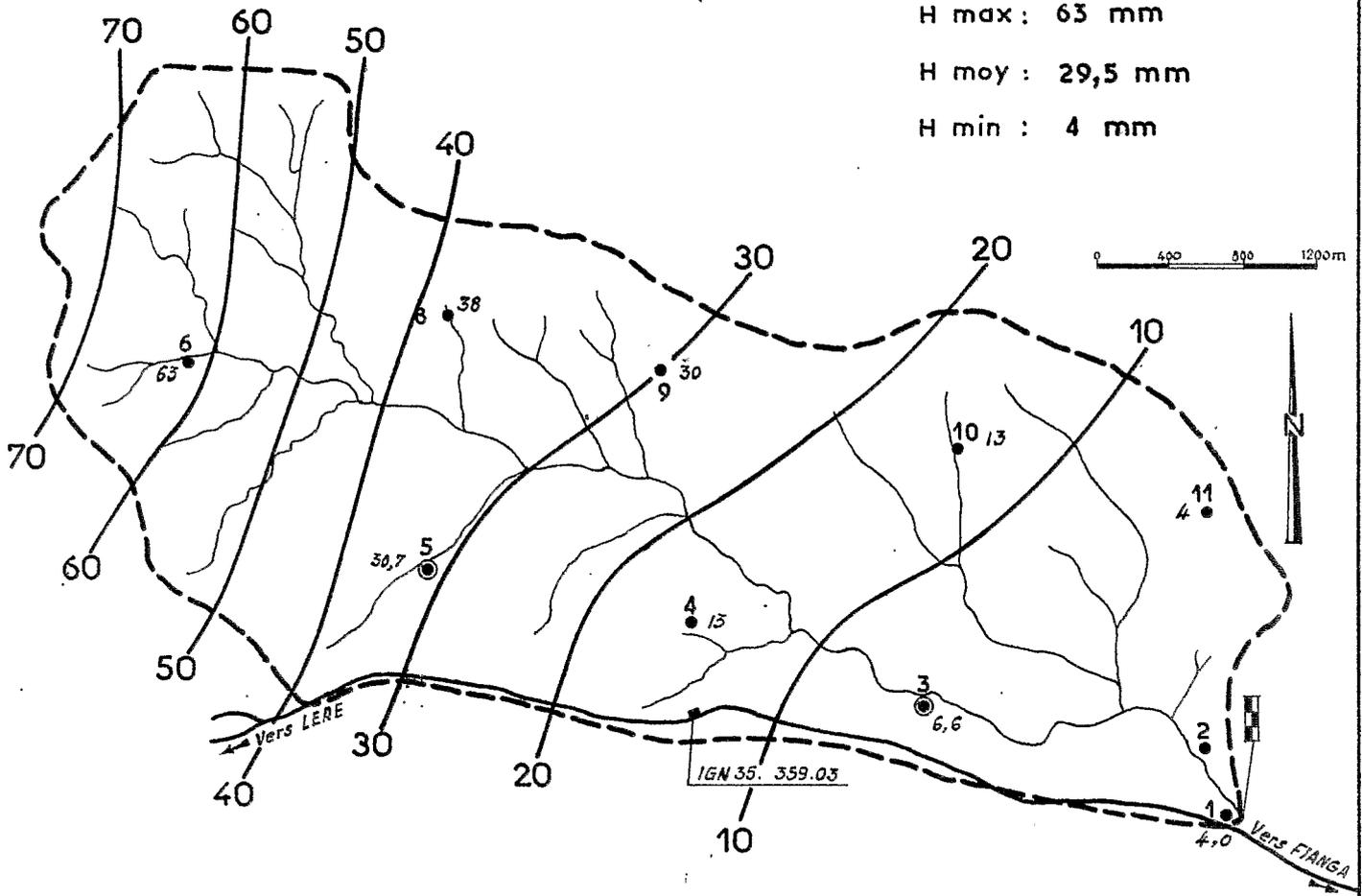
Isohyètes pour l'averse du: 10 Septembre 1965

Nº: 45

H max : 63 mm

H moy : 29,5 mm

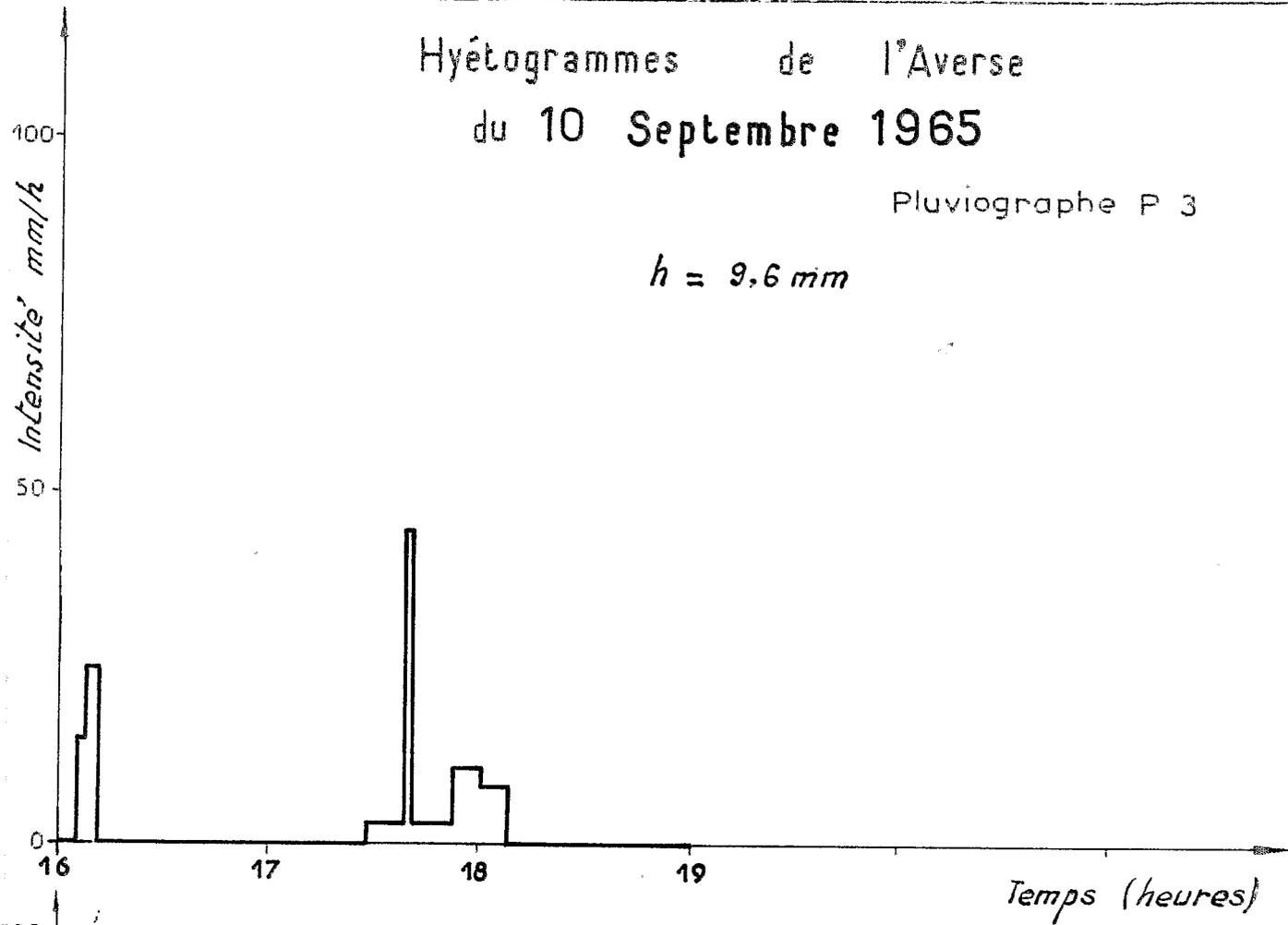
H min : 4 mm



Hyétogrammes de l'Averse du 10 Septembre 1965

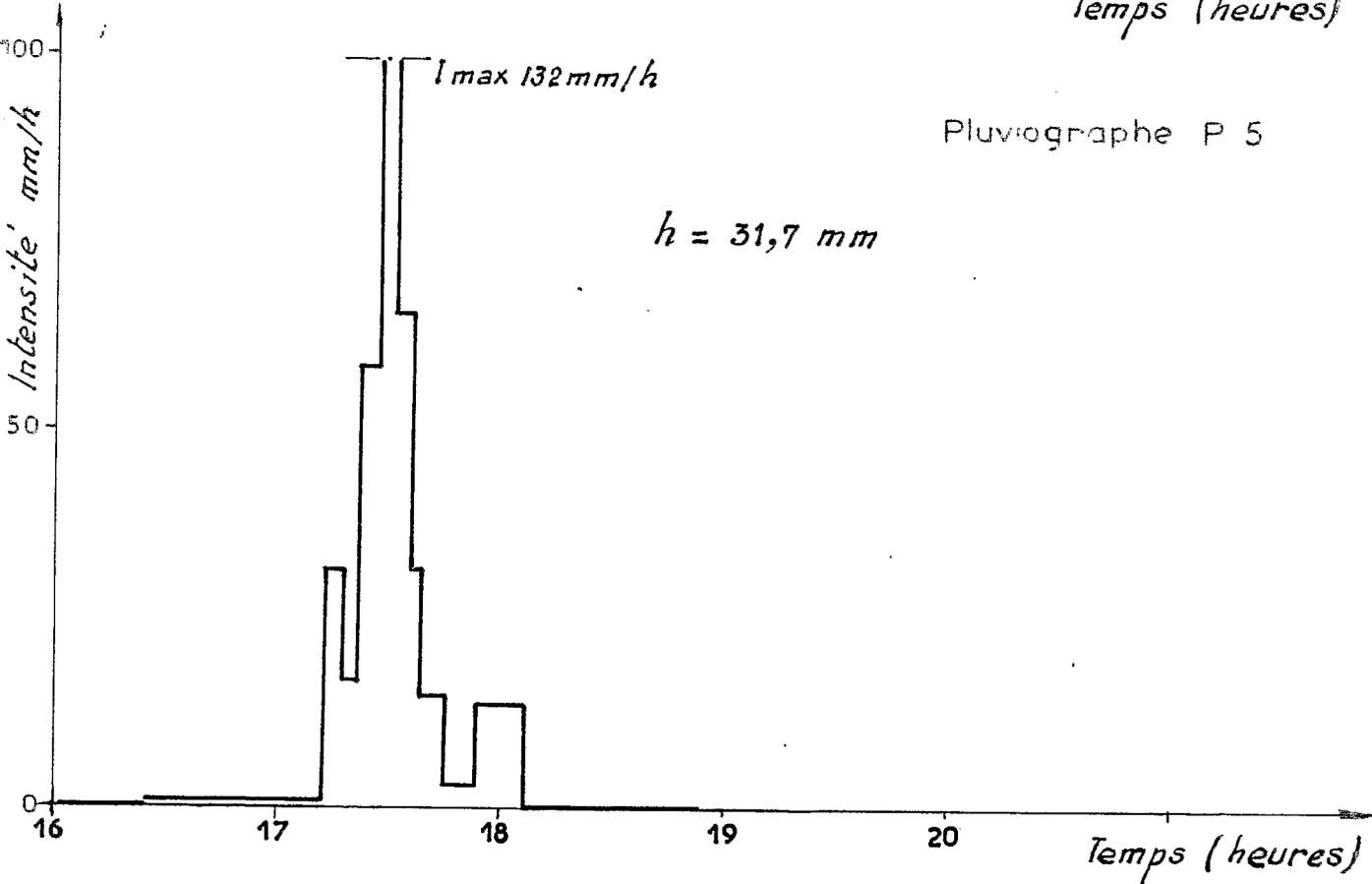
Pluviographe P 3

$h = 9,6 \text{ mm}$



Pluviographe P 5

$h = 31,7 \text{ mm}$



CRT 7636

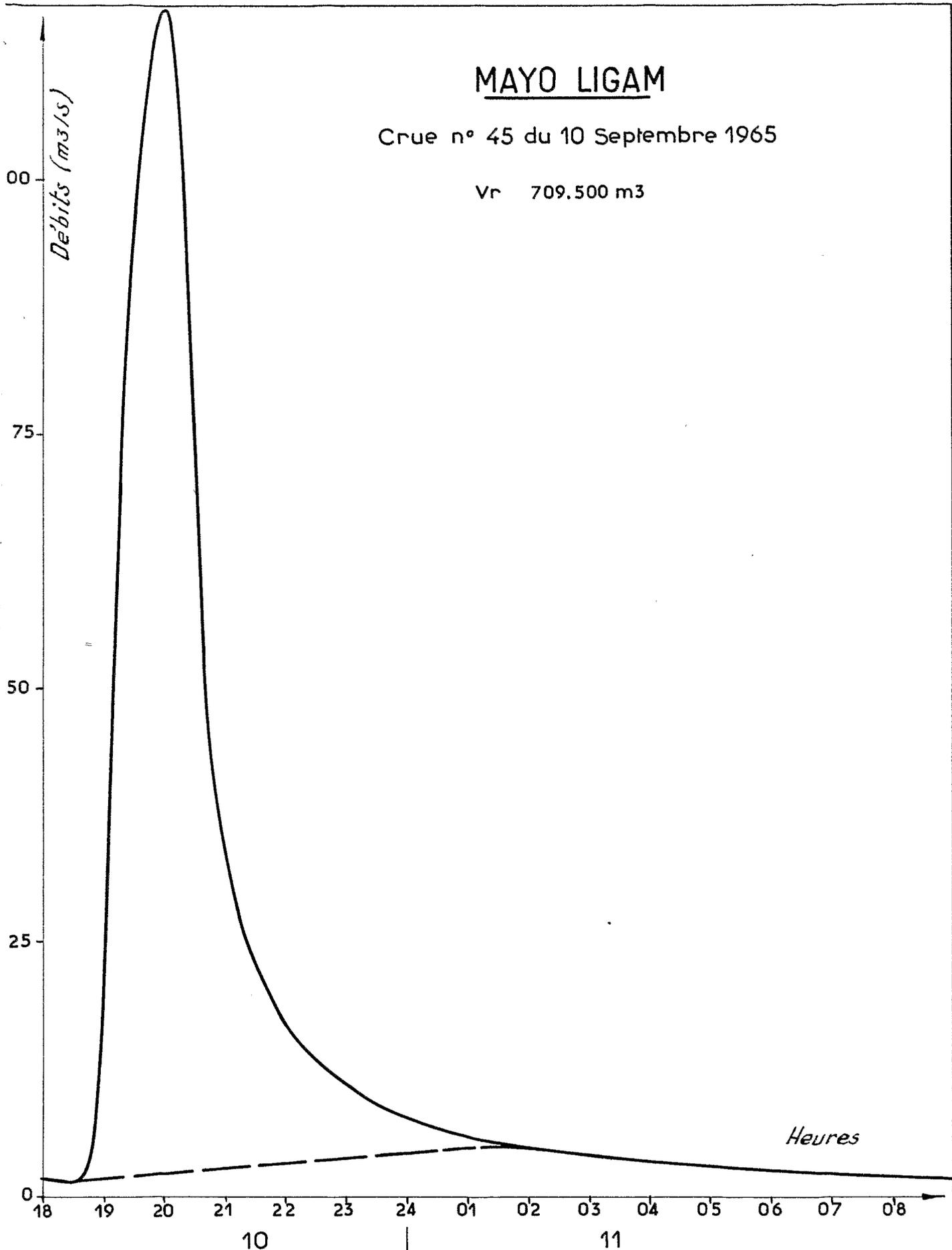
ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED	LE: 28-4-66	DES. S. NICOLÉ	VISA	TUBEN°	
----	-------------	----------------	------	--------	--

MAYO LIGAM

Crue n° 45 du 10 Septembre 1965

Vr 709.500 m³



CRT 7607

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 25-12-65	DES: S. NICOE	VISA	TUBEN°	
-----	--------------	---------------	------	--------	--

Bassin versant représentatif du MAYO LIGAM

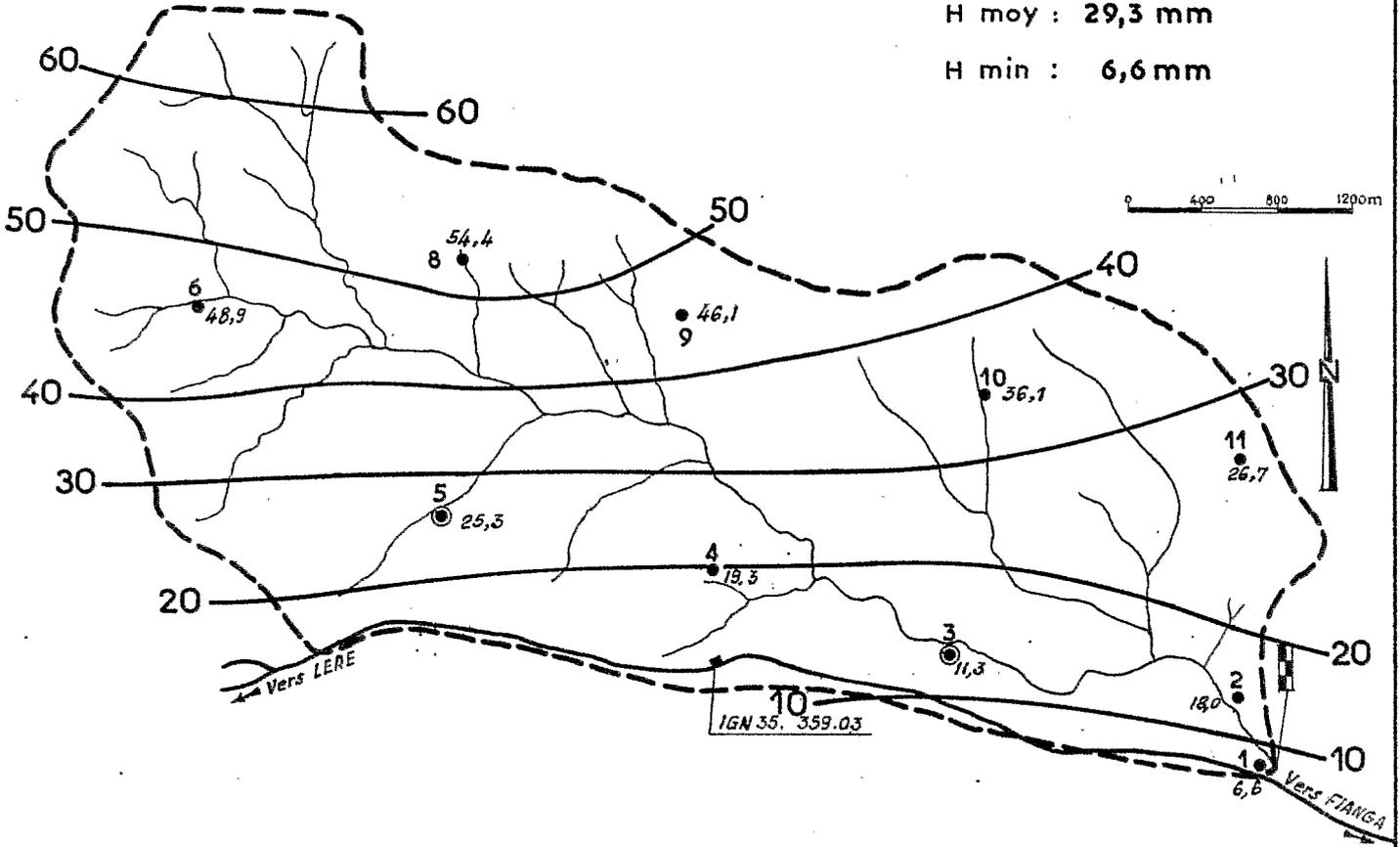
Isohyètes pour l'averse du: 13 Septembre 1965

Nº: 46

H max : 54,4 mm

H moy : 29,3 mm

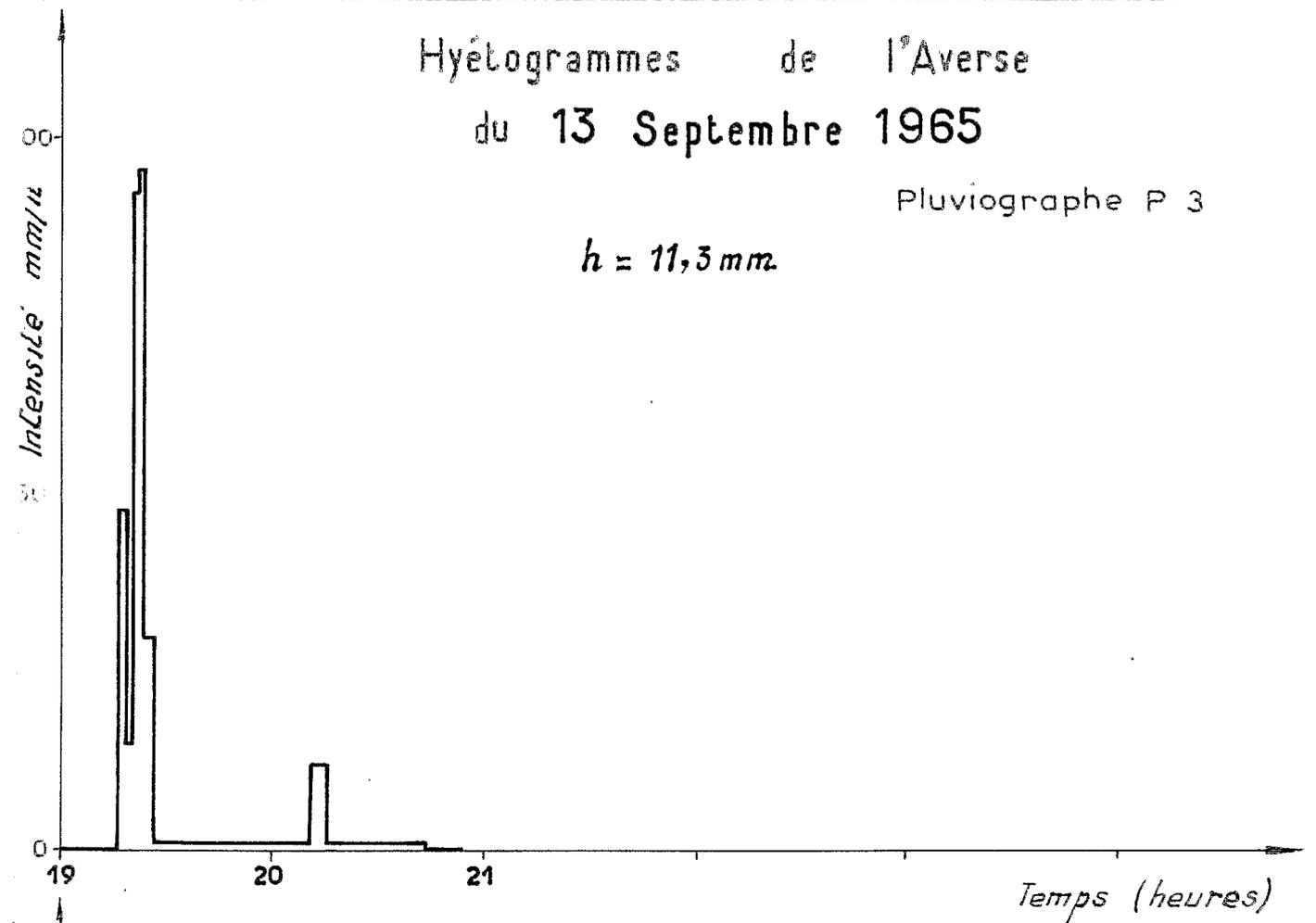
H min : 6,6 mm



Hyétogrammes de l'Averse
du 13 Septembre 1965

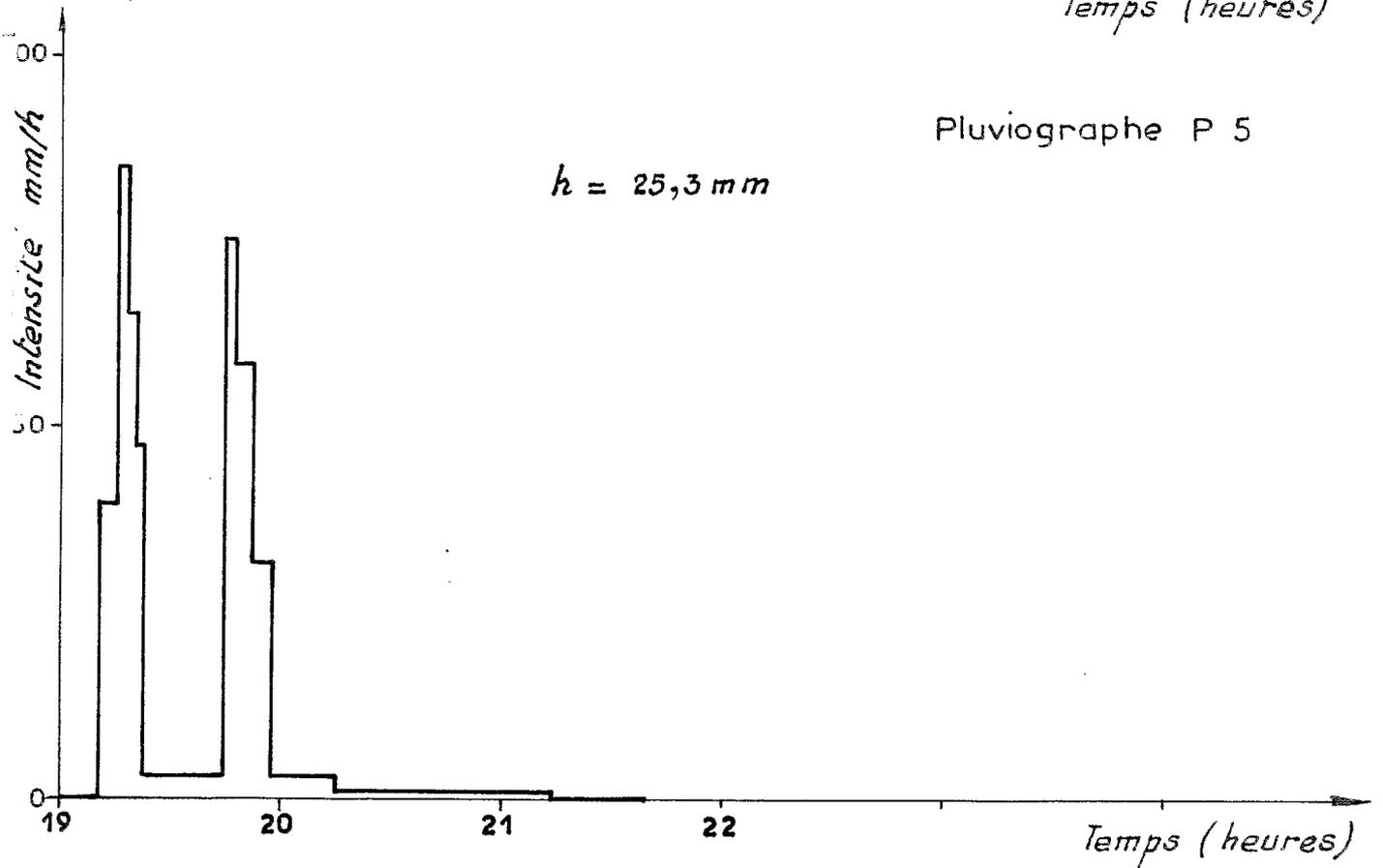
Pluviographe P 3

$h = 11,3 \text{ mm}$



Pluviographe P 5

$h = 25,3 \text{ mm}$



CRT 7635

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 27-4-66

DES: S. NICOE

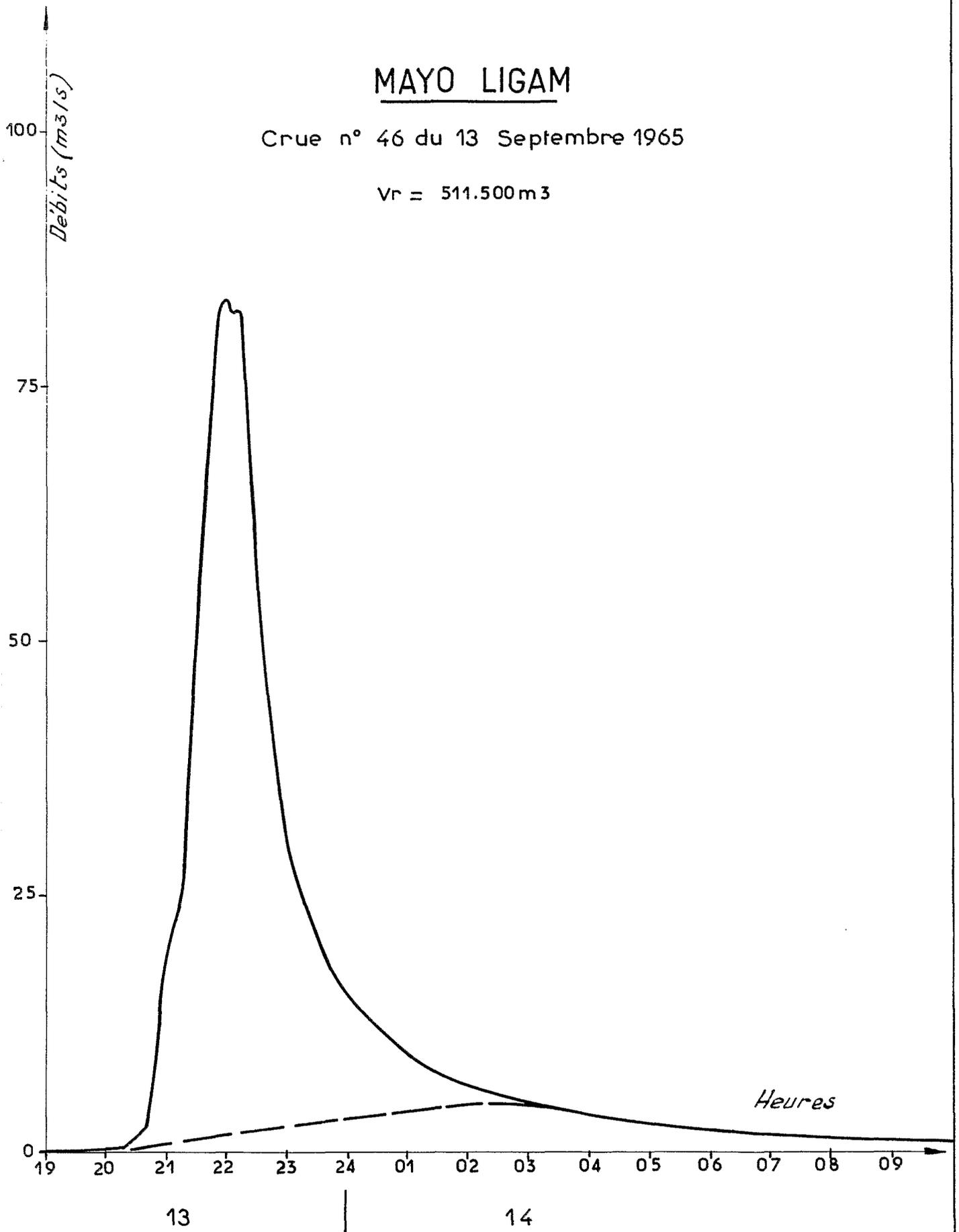
VISA

TUBEN°

MAYO LIGAM

Crue n° 46 du 13 Septembre 1965

Vr = 511.500 m³



13

14

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

CRT 7601

ED:

LE: 25-12-65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN:

O.R.S.T.O.M.

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay, BONDY (Seine)

Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy

B.P. 65 - FORT-LAMY (Tchad)
