

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER

CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

SECTION D'HYDROLOGIE

DONNÉES de BASE
pour des PROJETS de PONTS

CAMPAGNE 1960

*Convention d'Etude du Service
des Travaux-Publics de la République du Tchad*

PLAN DEUXIÈME PROGRAMME
CHAPITRE 6500-91

DATE

MAI 1961

PUBLICATION N°

6137

AVENUE GÉNÉRAL TILHO - FORT-LAMY
BOITE POSTALE 65 ★ TÉLÉPHONE 111

9952

RÉPUBLIQUE DU TCHAD

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

Service des Travaux Publics

Convention

Plan 2^{me} Programme

Chapitre 6500-91

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

Centre de Recherches Tchadiennes
Section Hydrologie

DONNÉES DE BASE POUR DES PROJETS DE PONTS



par MM. BILLON et RIMBERT
Hydrologues à l'O.R.S.T.O.M.

21 AOUT 1970

DB
BIL

9952

// O M M A I R E

	page	
I	-- Programme de la Convention --	3
II	-- Déroulement de la campagne 1960 --	5
III	-- Le MEIMELE à DELEP --	7
IV	-- BAM-BAM --	14
V	-- RIGUIL MARMARA --	21
VI	-- Bahr ABOURDA --	28
VII	-- BATHA --	33
VIII	-- Bahr SARA --	41
	A) Bahr SARA à MANDA --	44
	B) Bahr SARA à N'GABOU --	54
	C) Route de BALIMBA-N'GABOU --	58
	D) Bahr SARA à DOBA-KEMRIMBE --	60
IX	-- Bahr ERGUIG --	64
X	-- BATHA de LAIRI --	68
XI	-- CHARI à MAINAPA --	71
XII	-- Projet de Pont à ZAMA-GOUIN --	80
XIII	-- KABBIA au Pont CARROL --	83

I - PROGRAMME DE LA CONVENTION

Le Service des Travaux Publics prévoit au titre des "Etudes Routières", des études hydrologiques pour certaines traversées de rivières.

Les données de base hydrologiques et hydrographiques nécessaires aux projets sont :

1° Croquis sommaire de situation -

2° Profil en travers, étendu au cours d'inondation et rattaché à un repère de nivellement -

3° Pente locale du cours d'eau -

4° Nature du lit et estimation de sa stabilité -

5° Débits - Estimation du débit dépassé un fois tous les 10 ans et du débit dépassé tous les 100 ans -

6° Niveaux - Estimation du niveau maximum atteint au cours des crues exceptionnelles -

EMPLACEMENTS

Les études ont été faites aux emplacements suivants :

MBIMELE à DELEP -

BAM-BAM à TIALO ZOUDOU -

RIGUIL MARMARA près de BARLO -

Bahr ZIREGA à 10 km à l'Est de BOULONG - (Bahr appelé aussi Bahr ABOURDA) -

.../...

BATHA à OUM-HADJER --

Bahr SARA --

l'étude comprend :

A -- Le Bahr SARA à MANDA --

B -- Le Bahr SARA à NGABOU --

C -- Route BALIMBA -- NGABOU --

D -- Le Bahr SARA à DOBA -- KEMRIMBE --

Bahr ERGUIG à MAINA --

BATHA de LAIRI à LAIRI --

CHARI à MAINAPA --

Projet de ZAMA-GOUIN à 20 km au Nord de PALA --

KABBIA au pont CARROL --

Certaines de ces rivières - RIGUIL MARMARA, Bahr ABOUR-DA, etc n'ayant jamais fait l'objet d'études, il n'est pas encore possible dans ces cas-là d'estimer la valeur des crues exceptionnelles.

II - (//) EROULEMENT (//) E (//) A (//) AMPAGNE 1960

=====

En Août, études dans la région de MONGO. Après avoir rejoint MONGO en avion, nous utilisons la Land Rover laissée ici en fin de saison sèche en prévision des tournées à effectuer dans cette région.

Installés à BARLO nous pourrions rayonner et étudier le Bahr ABOURDA, le Riguil MARMARA, le BAM-BAM et le MELMELE.

La première semaine, les observations sont réduites à peu de choses car il ne pleut pratiquement pas. Une petite crue du BAM-BAM donne l'occasion de faire 2 jaugeages en eaux moyennes :

$$H = 0,87 \text{ et } H = 0,76$$

jaugeages qui confirment la courbe d'étalonnage établie par Monsieur BESLON en 58-59. Nous procédons également à une reconnaissance du MARMARA, à la pose d'une borne de nivellement non rattachée et au nivellement de la partie de route inondée par le MARMARA.

Une tournée à ABTOUYOUR permet l'observation d'une crue intéressante et des jaugeages en moyennes et hautes eaux. La borne de nivellement posée n'est pas rattachée en raison de la trop grande distance de la borne I.G.N. la plus proche.

Le 17 Août, arrivée de Monsieur RIMBERT à MONGO. Il s'installe à ADOUGOUL pour l'étude des crues du MARMARA pendant que Monsieur BILLON part observer le MELMELE à DELEP. Malheureusement la pluviométrie est fortement déficitaire; à BARLO, par exemple, il est tombé 50 mm en 3 semaines au lieu de 150 à 200 mm habituellement.

Sur le MARMARA on enregistre une seule crue après 10 jours d'observations et à DELEP, rien; le MELMELE n'a pas coulé depuis plus d'une semaine et les rares pluies durant ce séjour ne provoquent aucun écoulement.

Début Septembre, la tournée sur le BATHA à OUM-HADJER est annulée, la crue du BATHA a été insignifiante et le débit est pratiquement retombé à zéro.

.../...

Une nouvelle tournée avec Monsieur BOUCHARDEAU se déroule sur le CHARI à MAINAPA : pose d'une borne rattachée à un repère I.G.N., profil en travers, jaugeages. Nous remontons ensuite le CHARI jusqu'à BOUNGOULTI où nous engageons des porteurs pour aller à LAIRI par MAINA. Au passage, jaugeage du Bahr ERGUIG qui commence juste à couler; à LAIRI, jaugeage et profil en travers, le BATHA de LAIRI est en début de crue mais nous ne pouvons nous y attarder car les traversées de la dépression de KAYE et du Bahr ERGUIG risqueraient d'être compromises au retour par la montée des eaux.

En Octobre, nouvelles observations sur le CHARI; jaugeage à MAINAPA, jaugeage du Bahr ERGUIG par différence entre les débits à l'amont des déversements et à l'aval, et ensuite mesure directe du débit. Etude du Bahr SARA à MANDA, KEMRIMBE et NGABOU où sont effectuées mesures de débit, reconnaissances et notamment un parcours à pied de l'ancienne piste submergée qui traversait le Bahr SARA à NGABOU. Nous reconnaissons également à pied la piste NGABOU - BALIMBA où l'eau et la nature du terrain ne permettaient pas un parcours en véhicule.

III - LE MELMELE à DELEP

Issu du massif de KADAM et du versant occidental du massif de l'ABOU TELFAN, le MELMELE se présente dans son cours supérieur sous la forme de multiples marigots qui s'éparpillent dans les plaines au Sud et Sud-Est de MONGO (graph. n° 70I6).

Il ne prend consistance qu'au Nord de MONGO où il coule entre deux dunes sableuses parallèles de direction Nord-Nord-Ouest. Après DELEP il s'infléchit à l'Ouest pour se jeter dans le lac FITRI, exutoire qu'il partage avec le BATHA et le BAM-BAM.

A DELEP le MELMELE a un Bassin Versant de 1.750 km² et 92 km de longueur, donc assez étroit et limité vers l'aval par ces deux dunes sableuses. L'extrémité amont du bassin présente un relief assez marqué; le massif de KADAM se situe entre 600 et 1.000 mètres et dans l'ABOU TELFAN les sommets dépassent fréquemment 1.000 m, le mont GEDI culminant à 1.506 m.

La courbe hypsométrique (graph. n° 70II), montre cependant que les zones accidentées ne couvrent qu'une petite partie du bassin dont la moitié se trouve entre les cotes 360 et 400.

PLUVIOMETRIE

La carte (graph. n° 70I6) montre la répartition des pluies pour une année normale. Le bassin versant du MELMELE est compris entre les isohyètes 500 et 850 mm avec une pluviométrie moyenne sur le bassin de 695 mm. En 1960 la pluviométrie (graph. n° 70I5) a été faible et le déficit voisin de 100 mm sur l'ensemble du bassin. A MONGO il est tombé en Août 1960 seulement 164 mm contre 306 mm en année normale.

Nous n'avons pu faire aucune mesure de débit à DELEP car pendant notre séjour il n'y a pas eu d'écoulement du 18 au 28 Août.

.../...

Notons que, d'une manière générale, la pluviométrie annuelle ne donne sur des bassins de cette superficie ou plus petits aucune indication sur l'importance de la crue que l'on peut escompter. Tout au plus peut-on dire qu'une année de forte pluviométrie peut donner une forte crue puisque les pluies seront plus nombreuses ou plus importantes mais ce n'est pas obligatoire et au cours d'une année de pluviométrie moyenne on pourra observer une crue très forte si quelques pluies intenses se trouvent très groupées. L'étude des crues demande donc la connaissance des pluies journalières. Malheureusement la densité des pluviomètres est d'une manière générale très insuffisante pour permettre une étude de ce genre et fréquemment le bassin ne possède même aucun pluviomètre. Il sera alors bien délicat de trouver une relation entre les crues et les précipitations qui peuvent les provoquer.

Sur le bassin versant du MELMELE nous avons un seul pluviomètre, celui de MONGO, observé depuis 1949 par l'O.N.M.. Cette station est assez bien située, au tiers amont du bassin, et comme les vents viennent fréquemment du Sud, elle rend compte assez bien des précipitations qui tombent sur cette partie du bassin, dans le cas de vents de direction S.E.; par contre, l'influence de la montagne de MONGO crée un microclimat et des conditions particulières qui ne sont pas celles de l'ensemble du bassin. L'inconvénient le plus sérieux de cette station est son isolement. Il n'est pas possible d'estimer l'étendue d'une tornade, de savoir si elle reste localisée ou si elle couvre la totalité du bassin.

Les douze années observées à MONGO comprennent une année très sèche, 1949 avec 500 mm et une très humide, 1954 avec 1.167 mm. Les autres années sont beaucoup plus groupées entre 650 mm et 900 mm, les deux années 1949 et 1954 sont donc très exceptionnelles. La moyenne annuelle pour cette période s'établit à 798 mm.

.../...

Voici la répartition des pluies journalières classées par hauteurs croissantes :

Pluies mm	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
0 - 10	39	27	28	42	43	49	50	43	32	29	35	48
10 - 20	10	20	19	13	17	9	14	10	18	19	18	9
20 - 30	5	7	3	5	1	10	2	3	7	9	4	7
30 - 40	3	1	2	3	5	3	5	3	4	5	2	3
40 - 50		2	2	2	2	1	2	1	2	3		1
50 - 60				2	1	4	1	1	1		1	1
60 - 70			1		2	1		1	1			
70 - 80			1	1		1		1				
80 - 90								1			2	
90 - 100												
100 - 110						1						
Nbre de jrs de pluie	57	57	56	68	71	79	74	64	65	65	62	69
Pluviométrie annuelle mm	500	653	762	845	848	1167	770	818	862	914	762	680

La précipitation maximum observée pendant ces douze années est de 107,2 mm en 24 heures. C'est une pluie forte, supérieure à une pluie décennale.

Fréquence annuelle des pluies

Nous pouvons prendre les douze plus fortes pluies classées par valeur décroissante avec leur fréquence expérimentale, la pluie de rang n ayant pour fréquence : $\frac{n - 1/2}{N}$

N étant le nombre d'années d'observations.

P mm	F	P mm	F	P mm	F
107,2	0,042	79,4	0,375	68,2	0,708
84,6	0,125	77,0	0,457	67,2	0,792
84,0	0,208	76,0	0,541	66,3	0,875
82,8	0,292	74,4	0,625	66,0	0,958

Pour une pluie exceptionnelle cette façon d'opérer ne tient pas compte de la valeur de la précipitation par rapport aux autres précipitations. Ainsi dans ce tableau, la précipitation la plus forte peut prendre n'importe quelle valeur supérieure à 84,6. Elle gardera la même fréquence 0,042, alors que manifestement une pluie de 110 mm sera plus rare qu'une pluie de 85.

Le nombre d'années d'observations est un peu trop petit pour se livrer à des calculs statistiques précis, cependant un ajustement sur une loi convenable de distribution des pluies donnera un ordre de grandeur plus satisfaisant, notamment pour la pluie de 107 mm.

Ajustement sur une loi de GAUSS

Nous admettons (ce qui est, sauf exception rare, le cas des régimes tropicaux ou sahéliens) qu'une averse est indépendante de celle qui l'a précédée et que par conséquent elle peut prendre n'importe quelle valeur compatible avec le climat. La loi de répartition des pluies dans le temps est alors une loi de GAUSS.

La valeur moyenne des précipitations est :

$$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum P_i$$

ce qui donne :

$$\bar{P} = 77,8 \text{ mm}$$

L'écart moyen quadratique est :

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum (P_i - \bar{P})^2$$

d'où :

$$s = 11,5 \text{ mm}$$

et enfin la variable réduite :

$$n = \frac{P - \bar{P}}{s} = \frac{P - 77,8}{11,5}$$

Les tables donnent les valeurs de la variable réduite pour les fréquences qui nous intéressent. L'averse décennale est de fréquence $F = 0,1$ pour laquelle on a : $n = 1,28$

d'où :

$$P = 93 \text{ mm}$$

Les 107;2 mm relevés le 1er Août 1954 correspondaient à une pluie journalière centenaire. L'échantillonnage est trop réduit pour autoriser une telle extrapolation, mais la fréquence rare de cette pluie est cependant mise en évidence de façon très nette.

.../...

HYDROLOGIE

Le régime sahélien commence au Nord de l'isohyète 750, le MELMELE est donc à la limite des régimes sahélien et tropical, et suivant la pluviométrie annuelle (500 à 1200 mm à MONGO) il prendra l'un ou l'autre caractère.

Dans le Sud de la région de MONGO, nous rencontrons une grande plaine plate sillonnée de chenaux étroits et peu profonds, incapables d'évacuer les volumes d'eau venus de l'amont. L'ensemble de la plaine est fréquemment submergée et le drainage est long. Plus à l'aval, la plaine d'inondation, de 2 à 4 km de large, freine et amortit la crue. A DELEP le lit est très sinueux mais bien marqué, avec un encaissement de 2 à 3 mètres; la largeur de la plaine d'inondation se réduit alors à 700 m (graph. n° 7032).

Le MELMELE est à sec pendant plus de 9 mois.

Les premières crues, en Juillet, sont isolées et ne durent pas plus de 24 heures. L'écoulement commence plus ou moins tôt suivant l'abondance des premières pluies. Fin Juillet, début Août l'écoulement devient permanent, en année moyenne ou forte, jusque vers la fin Septembre. Les 2 années d'observations, 1959 et 1960, sont des années plutôt faibles. Le mois d'Août 1960 a été exceptionnellement sec, ce qui s'est traduit à DELEP par un arrêt de l'écoulement de 10 jours.

Sur les graphiques n° 7012 et 7013 nous avons en correspondance les pluies journalières relevées à MONGO et les hauteurs d'eau à DELEP. Comme nous l'avons déjà dit, la seule pluviométrie de MONGO ne permet pas d'expliquer et de prévoir les crues possibles à DELEP. Cependant certaines crues ont été provoquées par des pluies observées à MONGO.

<u>ANNEES</u>	<u>PLUIES</u>	<u>CRUES</u>
<u>1959</u>	10 Juillet 26, 27 et 28 Juillet	16 Juillet 31 Juillet 1er et 2 Août
<u>1960</u>	7 Juillet 15, 16 et 17 Juillet 6 Septembre	13 Juillet 21 et 22 Juillet 11 Septembre

.../...

En 1960 la forte crue du 30 Juillet au 5 Août est due à des pluies qui n'ont que peu touché la région de MONGO (20 mm).

Une crue parcourt donc entre 5 et 7 jours la distance MONGO-DELEP.

En 1959, il n'est pas impossible que la forte montée des eaux à partir du 13 Août ait pour origine la pluie (83 mm) du 5 Août sur MONGO.

MESURES DE DEBITS ET NIVEAUX

En 1959 Monsieur BESLON a fait à DELEP une mesure de vitesse de surface.

Pour $H = 1,42$

$V = 0,8 \text{ m/s.}$

C'est la seule indication que nous ayons pour l'instant sur cette station. Aucune mesure n'avait été faite antérieurement et en 1960 la tournée du 18 au 28 Août, effectuée à DELEP, s'est déroulée précisément au cours de l'assèchement complet et exceptionnel du MELMELE.

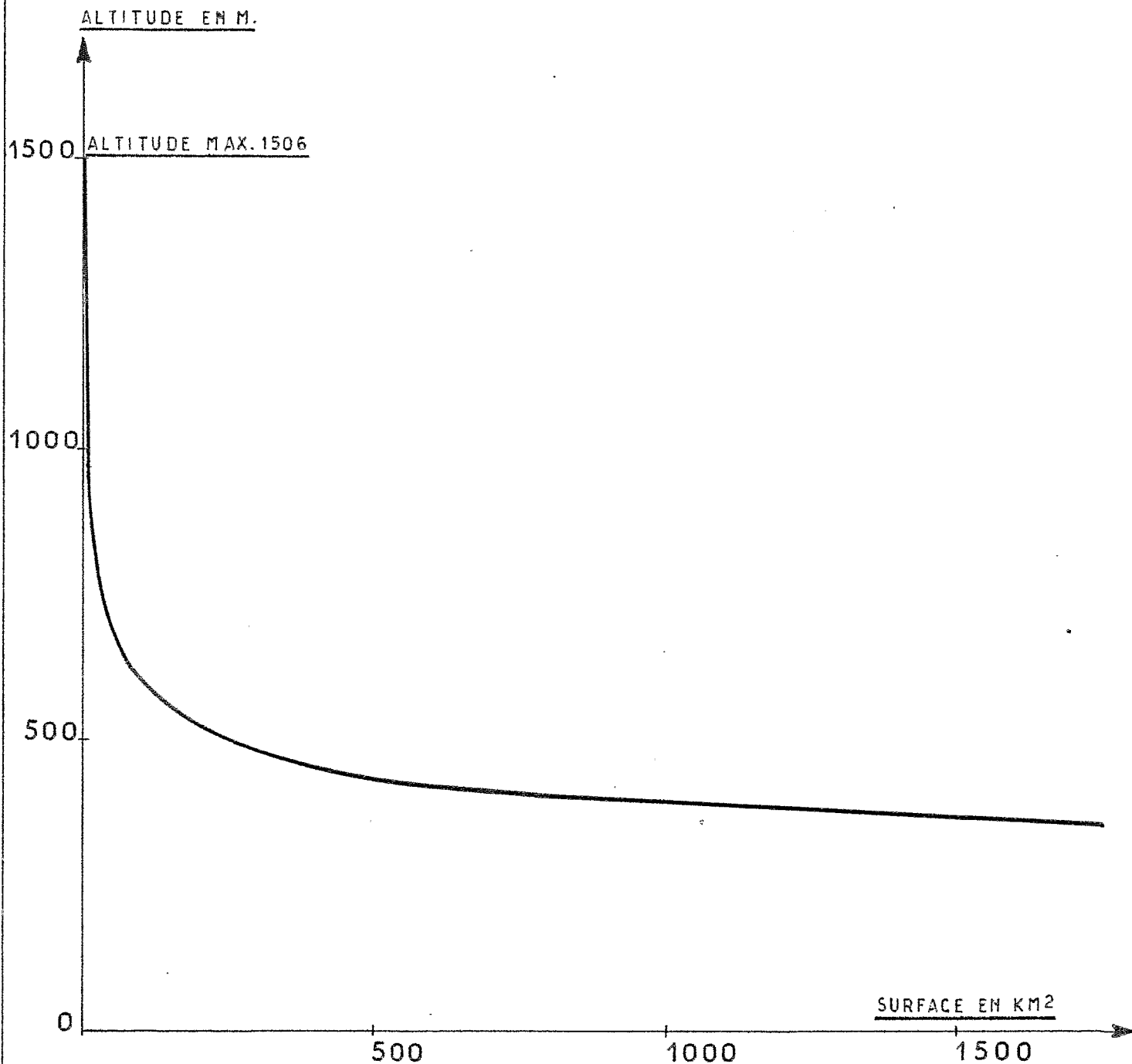
Une nouvelle tournée sera faite en 1961. Un des points importants serait de déterminer le débit de la zone inondée dont la section augmente rapidement avec la hauteur à l'échelle. A 1,70 m elle est égale à 10 fois la section du lit principal (graph. n° 7032 - hors texte).

Les niveaux maxima atteints en 1959 et 1960 sont respectivement de 1,70 m et 1,46 m. Cependant les pluies qui les ont provoqués n'ont rien d'exceptionnel et on peut s'attendre à des niveaux plus élevés. En Août 1956 où il est tombé 206 mm en 3 jours la crue a du être beaucoup plus importante.

D'après les indigènes la cote maximum lors des fortes crues serait voisine de 2,00 m et l'amplitude interannuelle serait assez réduite. La stabilisation du niveau à cette cote est possible si les vitesses dans la plaine d'inondation sont relativement fortes; les augmentations de débit se traduisent alors par de petites augmentations du niveau d'eau. Mais seules des mesures de débit permettront de préciser ce point.

MELMELE A DELEP

COURBE HYPSONOMETRIQUE



CRT 7011

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 12-60

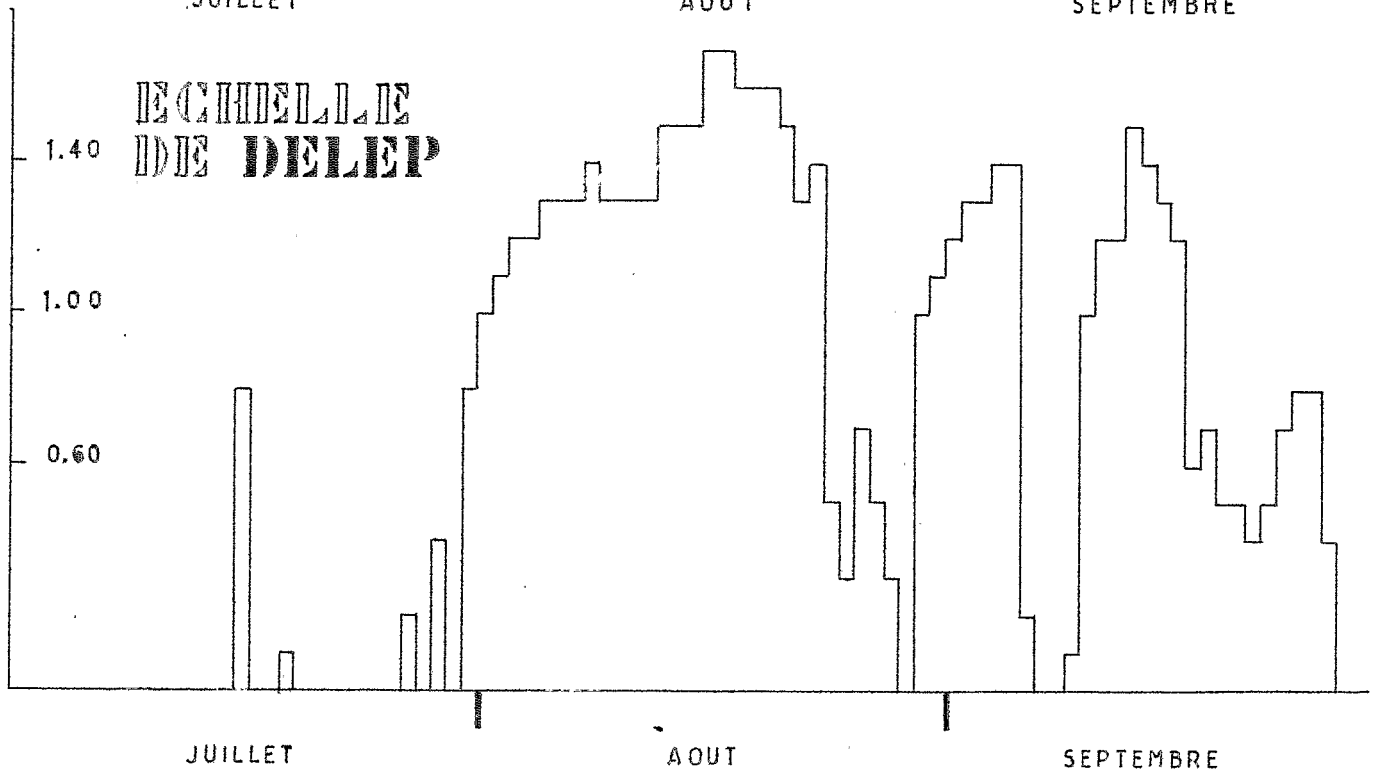
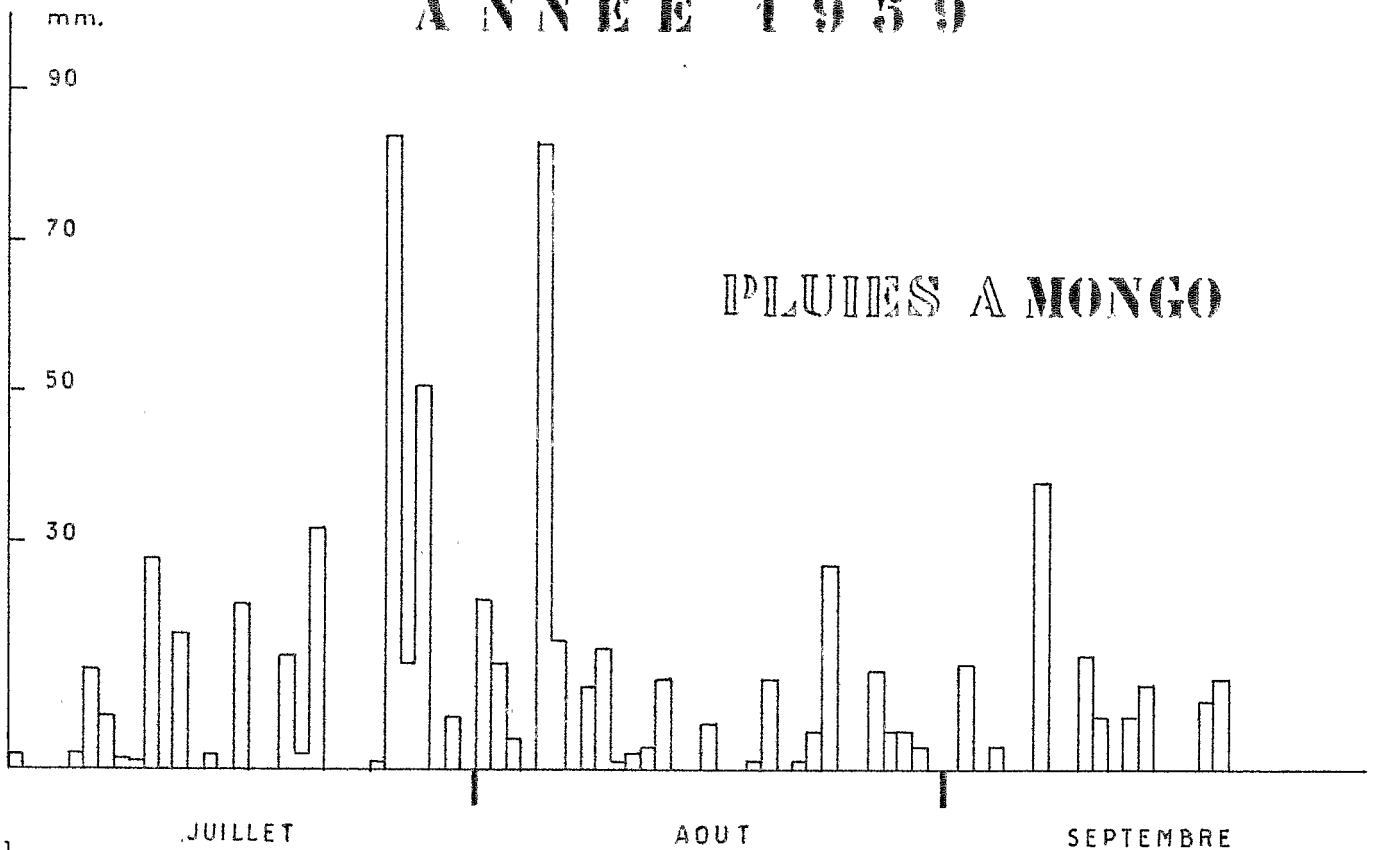
DES: PERRET

VISA:

TURE N°

ANNEE 1959

PLUIES A MONGO



CRT 7012

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 24.2.61

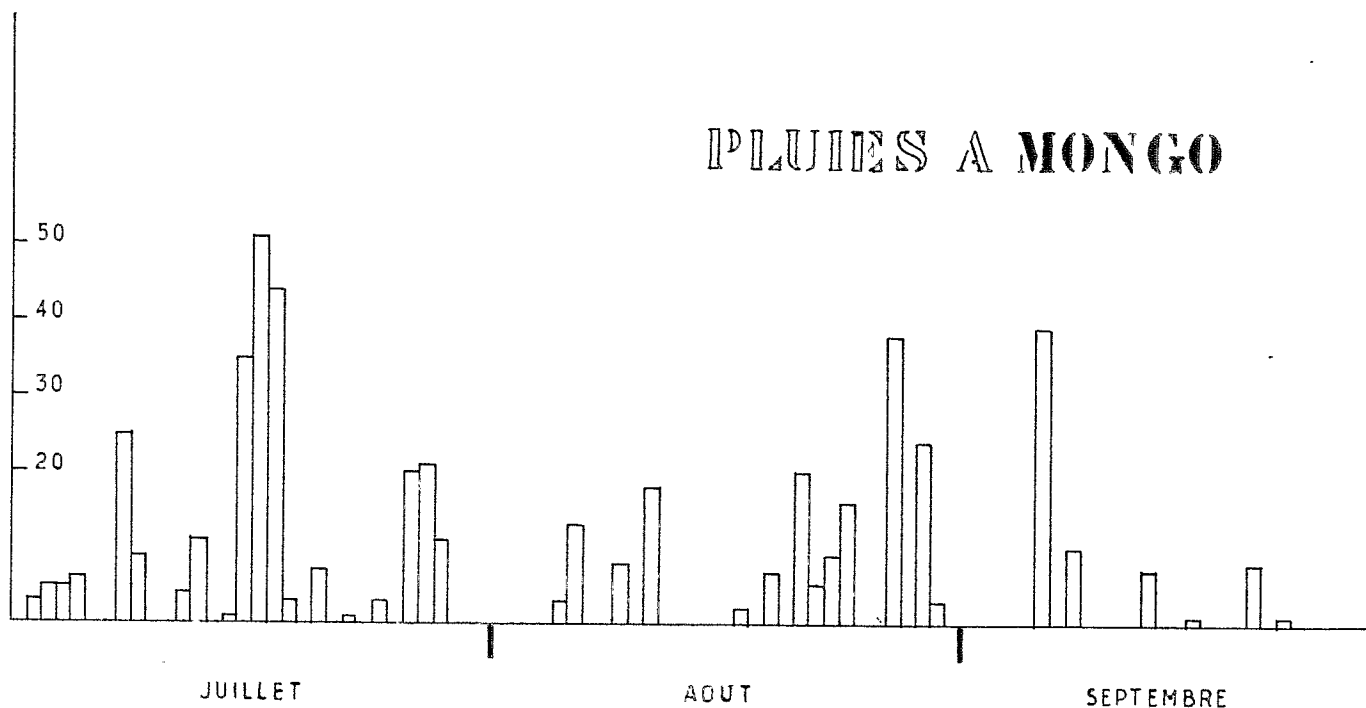
DES: PERRET

VISA:

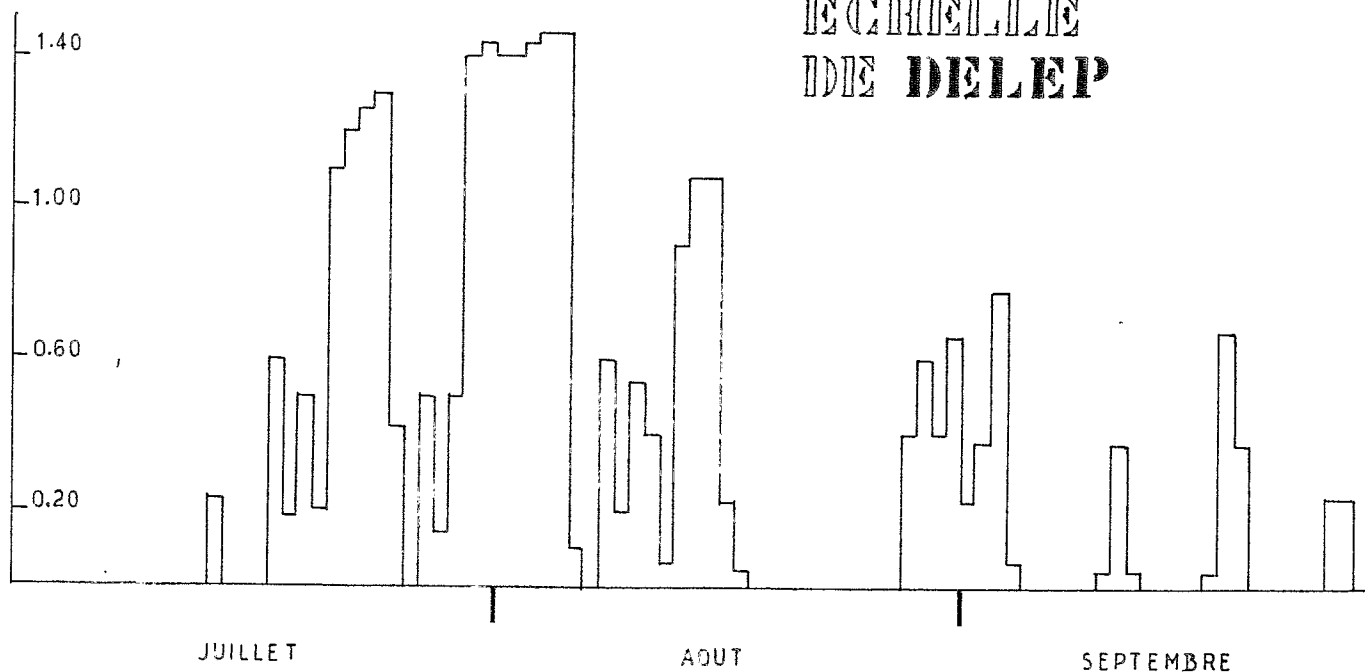
TUBE N°

ANNEE 1960

PLUIES A MONGO



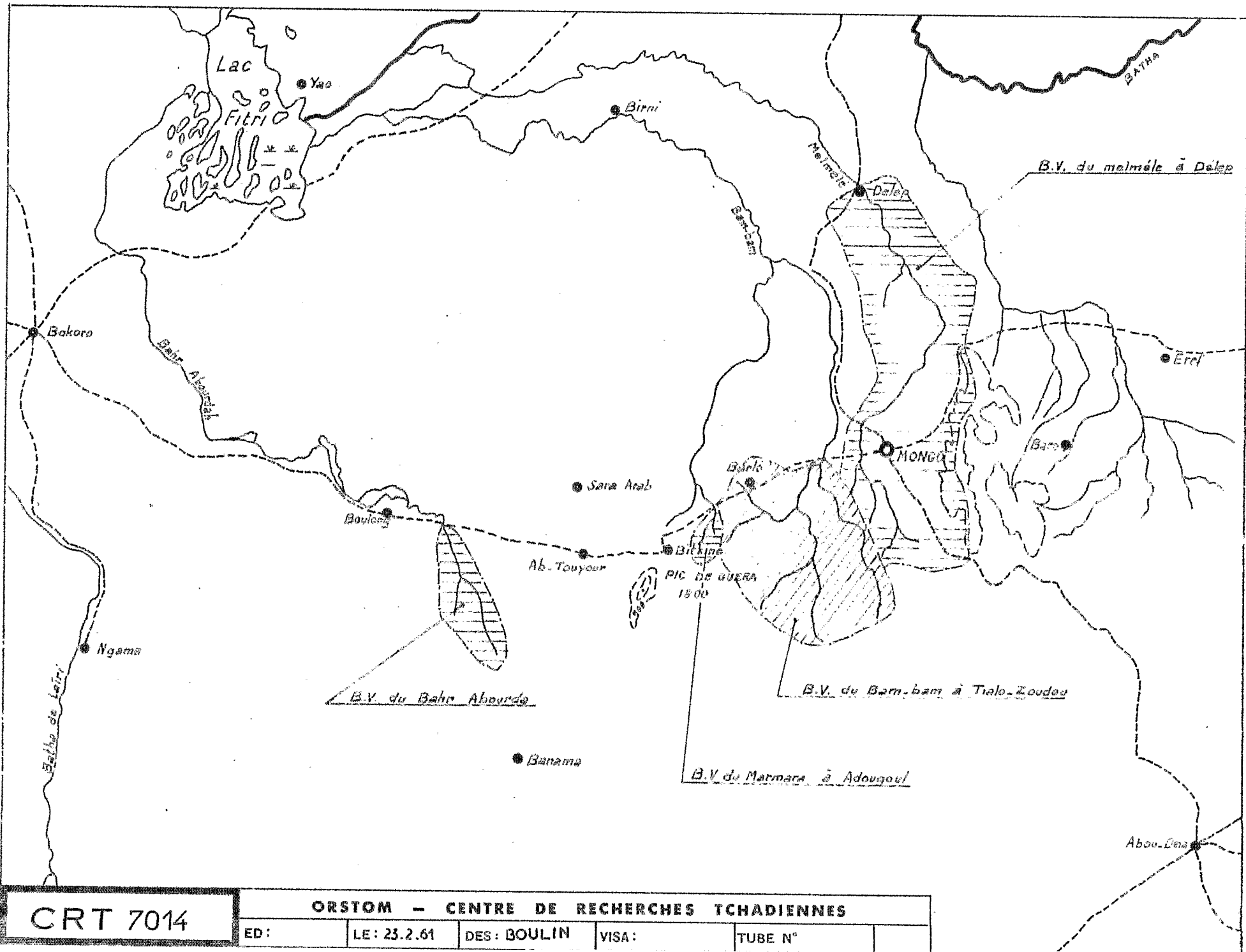
ECHIELLE DE DELEP

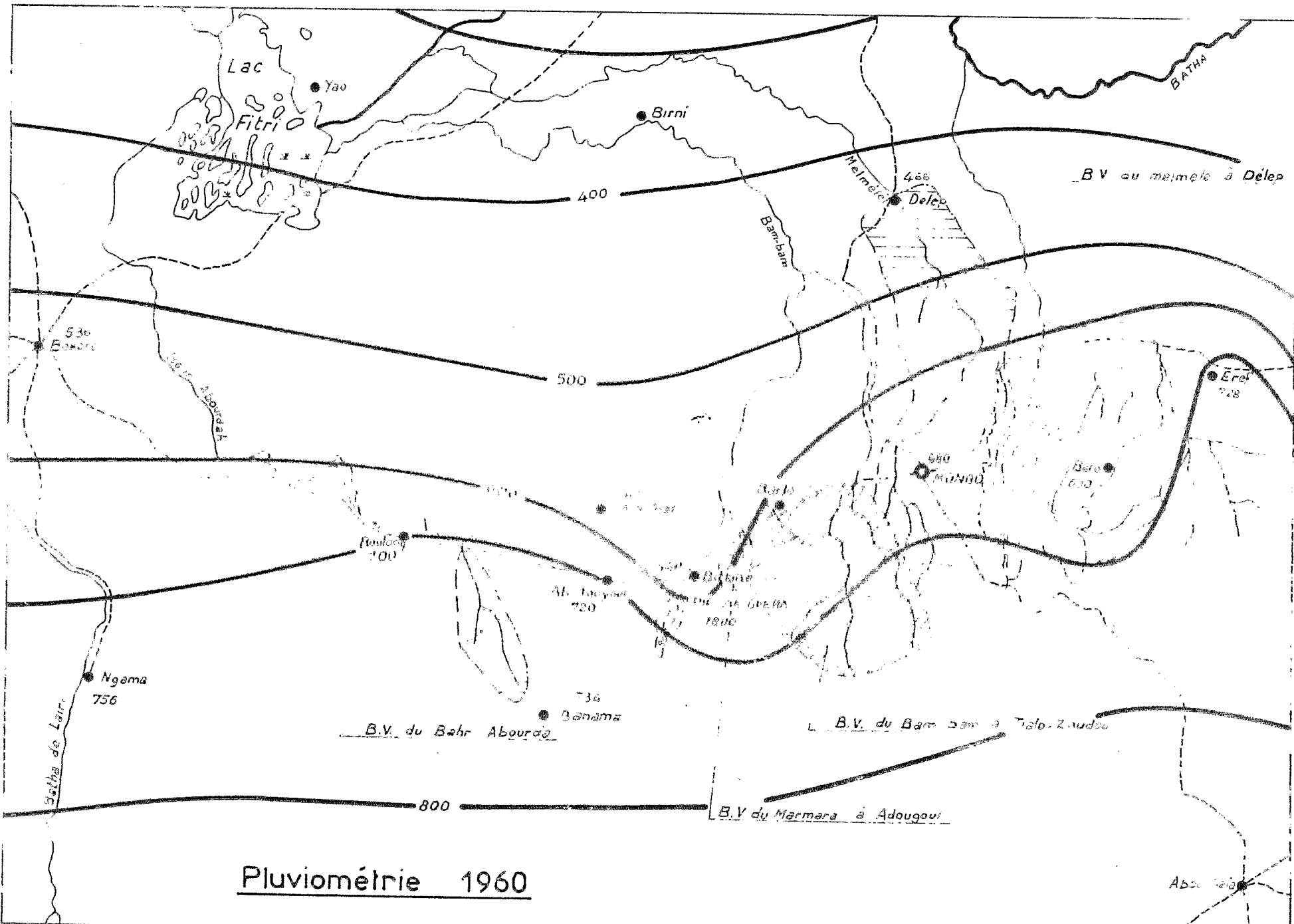


CRT 7013

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

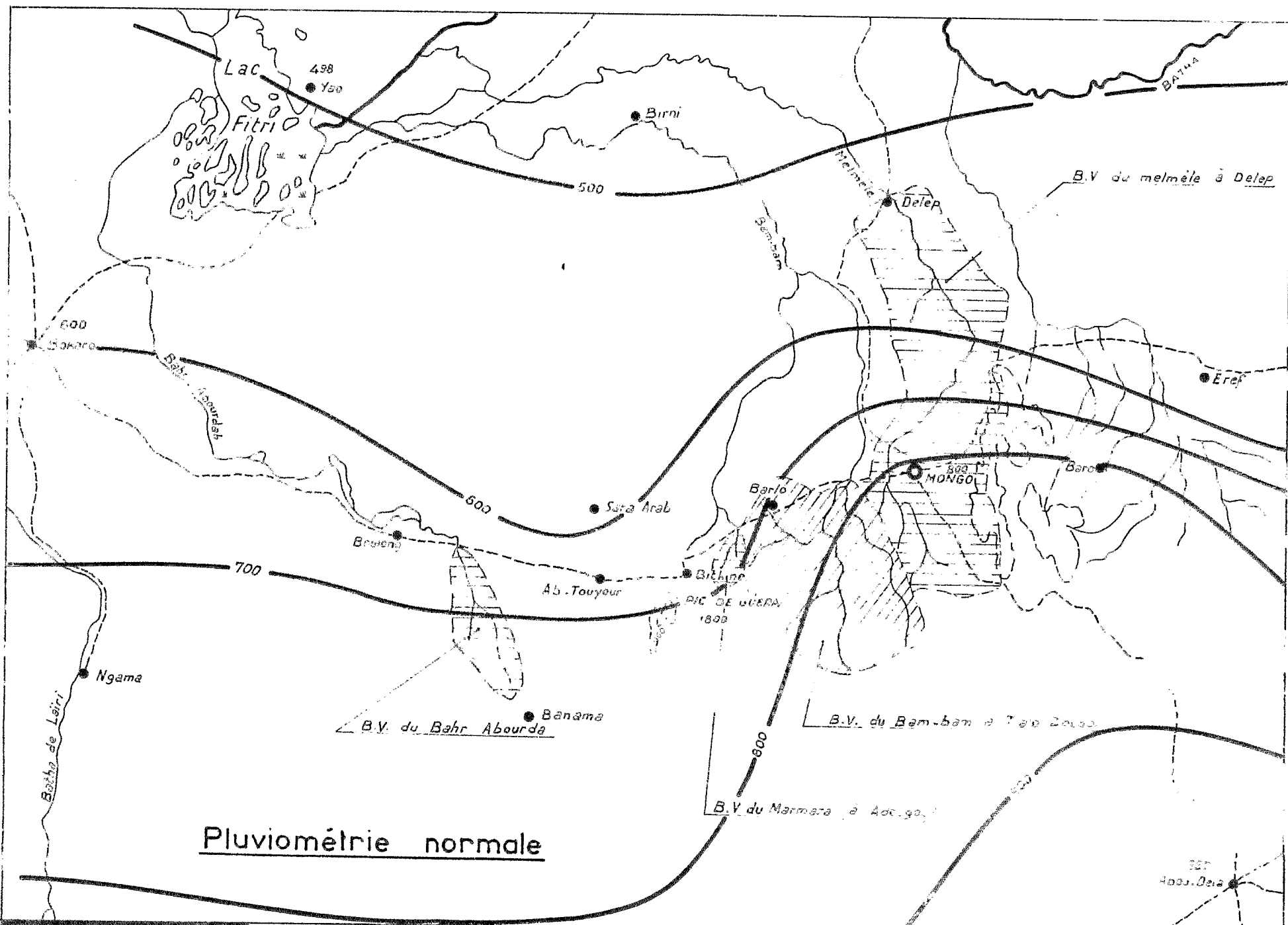
ED:	LE 26.2.61	DES: PERRET	VISA:	TUBE N°
-----	------------	-------------	-------	---------







Pluviométrie 1960

CRT 7015	ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES			
	ED: 1°	LE: 21-2-61	DES: L. Trénoù	VISA:
			TUBE N°	H



Pluviométrie normale

CRT 7016	ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES				
	ED: 1°	LE: 21-2-61	DES: L. Tréou	VISA:	TUBE N°
					H

IV -  A M -  A M

Le BAM-BAM se forme dans une cuvette de 40 km de large située entre le massif de GUERA et le massif de l'ABOU TELFAN. Une ligne de crête à peu près circulaire, sans relief accusé et ne dépassant pas de 500 à 600 m, sépare le bassin du BAM-BAM de ceux du MEIMELE à l'Est, Bahr ABALI au Sud et MARMARA à l'Ouest.

Le BAM-BAM se dirige d'abord vers le Nord, puis Nord-Ouest à la hauteur de DOUZIAT où son cours devient parallèle au MEIMELE qu'il accompagne jusqu'au lac FITRI.

Le BAM-BAM à TIALO ZOUDOU

A la traversée de la route MONGO - BOKORO, à 4 km du village de TIALO ZOUDOU, le bassin versant du BAM-BAM a une superficie de 1.184 km² et sa forme est très ramassée (35 km sur 40 km).

La pente générale du bassin est forte, et à TIALO ZOUDOU le BAM-BAM a encore une pente de 1,10 m par km. Ces caractéristiques de forme et de pente donneront à l'hydrogramme une forme pointue et les crues seront relativement courtes et violentes.

A TIALO ZOUDOU, le lit est rectiligne sur plusieurs centaines de mètres et la route le traverse perpendiculairement; à 300 m de part et d'autre du BAM-BAM coulent deux affluents, le ZIREGA et l'AM RADAM, qui rejoignent le BAM-BAM un peu plus en aval.

Les graphiques n° 7028 hors texte et n° 7022 montrent le profil de la route sur 2 km de part et d'autre de la rivière et le profil en travers du lit principal. Celui-ci avec une largeur de 50 m et un encaissement de 1 m à 1,50 m n'a pas une section suffisante pour contenir les fortes crues et le BAM-BAM s'étalera fréquemment jusqu'aux deux affluents, sur 600 à 700 m de largeur.

.../...

PLUVIOMETRIE

Le bassin comprend un seul poste pluviométrique BAGOUA qui est la station principale du bassin versant expérimental de BARLO installé en 1958. Cette station située au Nord Ouest du bassin est trop excentrée pour donner une idée de la pluviométrie journalière de l'ensemble du bassin, mais associée au pluviomètre de MONGO, elle donne un aperçu de la pluviométrie sur la partie Nord du bassin sans cependant préciser l'étendue des averses vers le Sud du bassin.

La pluviométrie annuelle moyenne sur la bassin est voisine de 800 mm. Pour l'année 1960, déficitaire sur l'ensemble de la région, le bassin n'a reçu que 660 mm de pluie.

Voici la répartition des pluies tombées depuis 1958 sur le bassin de BARLO.

Hauteur mm	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	Nbre de jrs de pluie
1958	32	16	5	1	3			57
1959	34	11	8	3		1		57
1960	26	9	3	2	1		1	42

La pluie prise en compte ici est la pluie moyenne tombée sur le bassin dont la superficie est de 37 km² et qui comprenait 17 pluviomètres.

Si nous considérons les pluviomètres séparément, la proportion des fortes pluies et la pluie maximum seront plus importantes. C'est ainsi qu'en 1958 certains pluviomètres ont enregistré des pluies supérieures à 50 mm et en 1959 60 mm pour deux averses.

HYDROLOGIE

Le BAM-BAM se situe en régime sahélien, à la limite du régime tropical. Certaines années, la forte pluviométrie (1170 mm en 1954) doit modifier l'allure des crues en donnant des pointes de crue plus fréquentes et plus élevées et en relevant sensiblement les débits dans l'intervalle des crues.

Nous avons vu que les caractéristiques de forme et de pente du bassin sont de nature à provoquer des crues fortes et rapides. Ainsi, malgré un bassin versant d'assez grande superficie, l'écoulement d'une averse se fera généralement en moins de 24 heures, alors que sur le bassin du MELMELE, qui n'est pas tellement plus étendu, il se fait en 5 à 6 jours.

Pour l'année 1960 nous constatons que les averses se produisent principalement de 15 h à 21 h (50 % des averses) et de 1 h à 5 h (25 %). Il n'y en a pratiquement pas entre 6 h et 10 h et très peu entre 21 h et 24 h.

L'écoulement se caractérise par une série de pointes (graph. n° 7017 et 7019) correspondant aux averses tombées la veille. Le maximum de la crue a lieu environ 12 heures après le centre de l'averse et ce temps ne varie pas beaucoup (graph. n° 7021).

Les deux années d'observation sur les crues du BAM-BAM comprennent une année à peu près normale, 1959, et une année faible, 1960. Les résultats de 1958, année forte, ont malheureusement été détruits le 25 Août 1958 dans l'incendie, provoqué par la foudre, de la case de Monsieur BESLON. Il en subsiste cependant un résultat extrêmement intéressant :

La cote maximum atteinte par le BAM-BAM cette année là est de 3,68 m.

En comparaison des cotes maxima en 1959 et 1960, soit 2,10 m et 1,78 m, c'est un chiffre très élevé que nous n'aurions peut-être pas soupçonné, étant donné l'étendue de la zone d'inondation à partir de la cote 1,80 m.

.../...

Crue du 26 Août 1958

La crue exceptionnelle du 26 Août 1958 a été provoquée par deux averses le 25 Août: l'une vers 18 h et l'autre à 23 h. La seconde bénéficiant d'une forte saturation du terrain a ruisselé dans d'excellentes conditions et le maximum de la crue s'est produit le 26 Août vers 13 h, soit 14 h après la seconde averse.

Les crues sont d'une hauteur et d'une rapidité inattendues bien que l'étendue de la plaine d'inondation augmente rapidement. D'une largeur de 1600 m à la cote 1,70 m, elle passe à plus de 3000 m à la cote 3,60 m. On pourrait donc s'attendre à partir de la cote 1,70 m à un amortissement progressif de la crue par la zone d'inondation, qui se traduirait par une montée moins énergique du niveau d'eau et l'étalement de la pointe de crue.

En fait, il n'en est rien et au cours de la crue du 26 Août le BAM-BAM est monté de plus de 2 mètres (et probablement près de 3 m) en atteignant la cote 3,68 m en une quinzaine d'heures.

Les hauteurs maxima enregistrées depuis trois ans sont:

1958	3,68 m
1959	2,10 m
1960	1,78 m

Sur les graphiques n° 70I7 et 70I9 on a mis en correspondance les crues du BAM-BAM en 1958 et 1960 avec les pluies de BARLO et MONGO qui les ont provoquées.

En Août 1958, des pluies importantes, (11 pluies supérieures à 20 mm à MONGO), ont maintenu le terrain très humide. Le 25 Août arriva une pluie forte, mais non exceptionnelle, qui couvrit probablement la plus grande partie du bassin (41 mm à MONGO et 45 mm à BARLO). Le terrain fut rapidement saturé et une grande partie des précipitations ruissella en donnant la très forte crue du 26 Août.

.../...

En 1959, deux fortes pluies (80 mm à MONGO) restent localisées sur MONGO (0 mm à BARLO) et ne provoquent aucune crue du BAM-BAM. Par contre le 29 Juillet une tornade étendue (25 mm à BARLO et 51 mm à MONGO), précédée d'une tornade analogue la veille, fait monter le BAM-BAM à 160 m³/s. Le 9 Septembre également, une forte pluie (53 mm à BARLO et 38 mm à MONGO), mais précédée cette fois d'une journée sans pluie, fera atteindre 140 m³/s.

En 1960, la seule crue intéressante (130 m³/s) provient d'une pluie forte (63 mm à BARLO et 44 mm à MONGO), mais précédée de plusieurs jours sans pluie à BARLO.

En conclusion, on constate le rôle essentiel joué par l'état de saturation du bassin sur le coefficient de ruissellement et la hauteur des crues. Une pluie importante ne produit pas de forte crue si elle tombe sur un sol rendu absorbant par une période sèche.

NIVEAUX ET DEBITS

Une échelle placée en 1958 a permis de suivre les variations de niveau du BAM-BAM depuis cette époque. L'étalonnage a été commencé en 1959 par Monsieur BESLON jusqu'à la cote 1,47m.

H échelle	0,13	0,38	0,46	0,69	0,75	0,98	1,27	1,47
Q m ³ /s	0,76	7,3	9,6	18,5	20,0	30,5	52	77

En 1960, les jaugeages suivants ont été effectués :

H = 0,06 m	Q = 1,1 m ³ /s
H = 0,76 m	Q = 21,0 m ³ /s
H = 0,87 m	Q = 25,1 m ³ /s

.../...

La courbe d'étalonnage (graph. n° 7020) est légèrement modifiée pour les très basses eaux; elle reste sans changement pour les hauteurs moyennes.

Aucun jaugeage n'a été fait en très hautes eaux et il est impossible d'extrapoler la courbe d'étalonnage car au delà de 1,50 m la zone d'inondation prend une rapide extension et ne peut plus être négligée.

La réalisation des jaugeages à des cotes élevées posera d'ailleurs quelques problèmes du fait de la très grande longueur de la section, de la difficulté de repérer les abscisses des points de mesure, de la nécessité de faire de nombreuses mesures en raison des grandes variations de la vitesse le long de la section notamment au droit des affluents et du lit principal; enfin il faudra opérer suffisamment vite pour que le niveau d'eau ne varie pas trop entre le début et la fin des mesures.

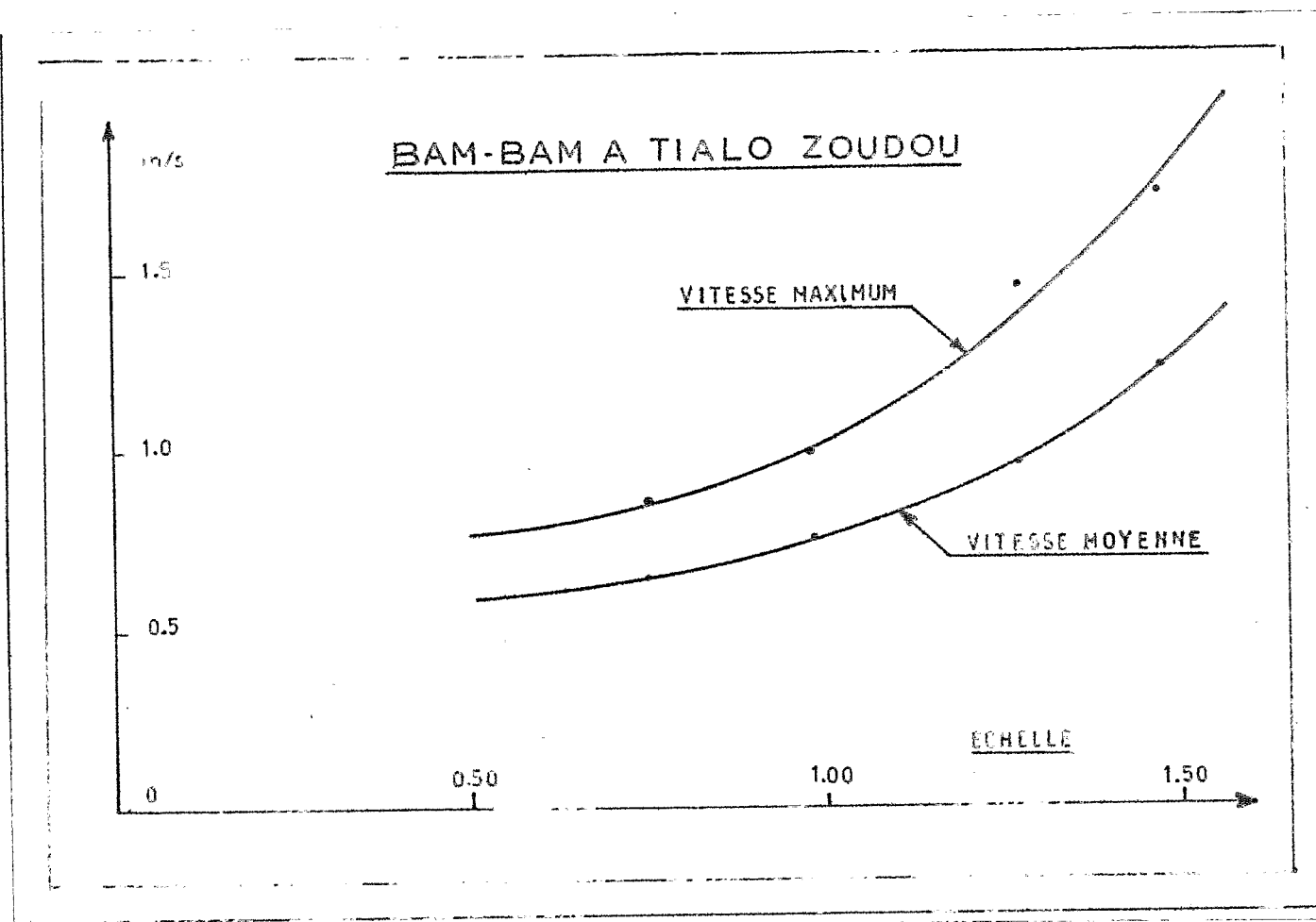
Les graphiques n° 7017 et 7019 donnent les débits ou hauteurs à l'échelle pour les années 1958, 1959 et 1960.

Jusqu'à 1,50 m à l'échelle les vitesses maxima et moyennes varient de façon régulière et augmentent rapidement pour atteindre respectivement 1,69 m/s et 1,22 m/s pour $H = 1,47$ m.

Le graphique n° 7022 montre la répartition des vitesses dans le lit principal pour $H = 1,47$ m.

H_m	0,75	0,98	1,27	1,47
V max. m/s	0,85	0,98	1,44	1,69
V moy. m/s	0,64	0,75	0,95	1,22

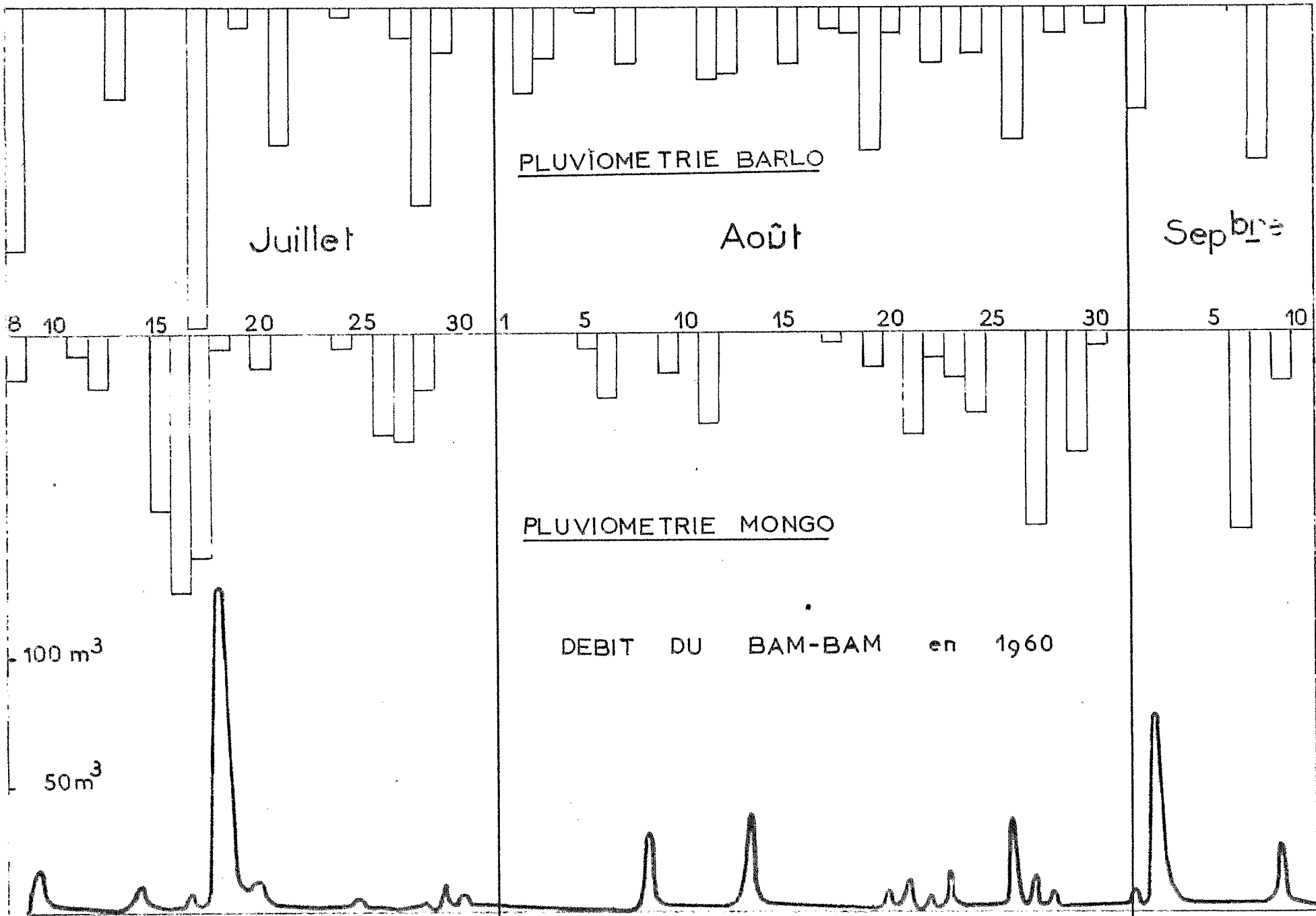
.../...



La construction d'un pont sur le BAM-BAM et ses 2 affluents pose un problème. Les cotes élevées atteintes par les eaux conduiront à des ouvrages (digues et ponts) très importants si l'on envisage de créer un passage permanent.

Un élément favorable, par contre, est la rapidité avec laquelle s'écoulent les crues. Nous avons vu que dans la plupart des cas les crues ne durent pas plus de 24 heures. On peut donc envisager la construction d'un radier ou encore d'un petit pont submersible (comme il s'en est construit au Nord Cameroun) de faible hauteur qui laisserait passer des débits de 10 à 20 m³/s. La circulation serait ainsi très rarement interrompue, et la dépense bien moindre.

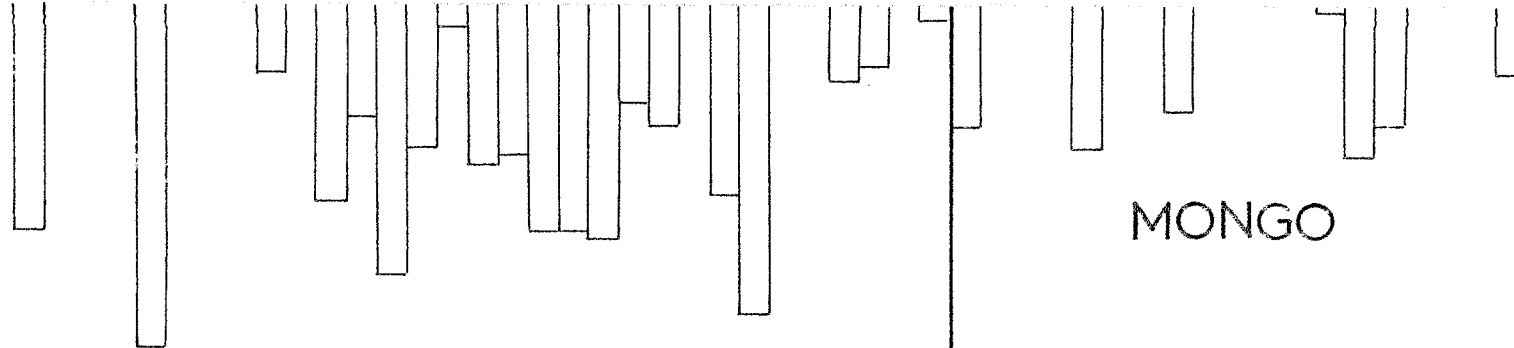
Généralement les débits de basses eaux dans l'intervalle des crues sont inférieurs à 10 ou 15 m³/s et la circulation serait donc interrompue 24 heures au plus.



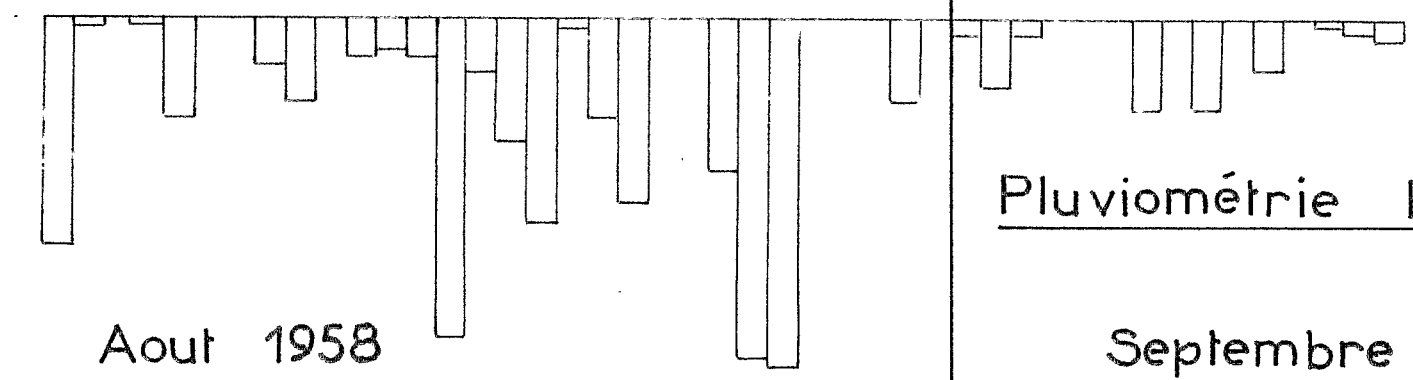
CRT 7017

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 23.61	DES BOULIN	VISA:	TUBE N°
-----	-----------	------------	-------	---------



Aout 1958



Septembre 1958

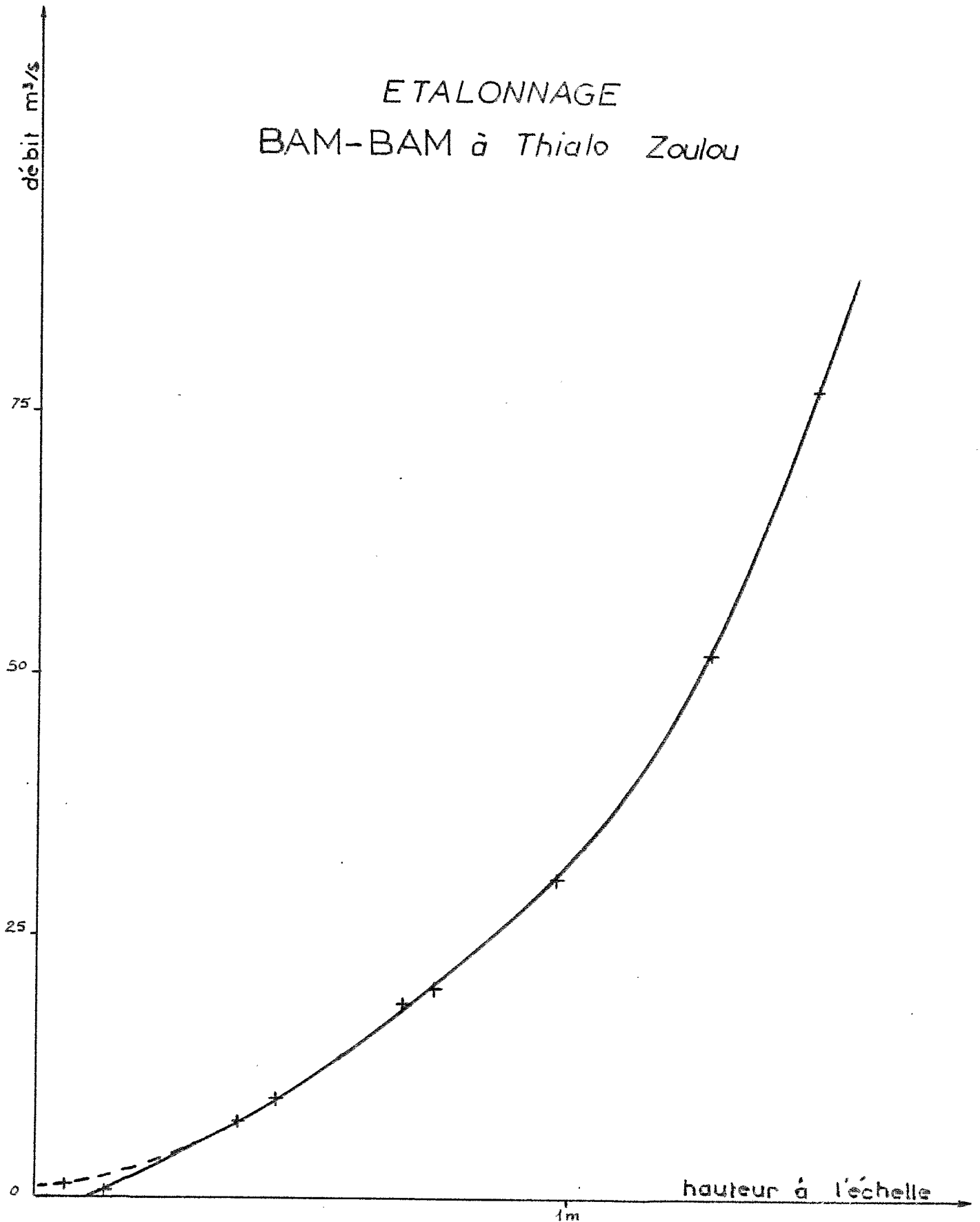
MONGO

Pluviométrie BARLO

Echelle
3m. Bam - Bam

3m.
2m.
1m.

ETALONNAGE
BAM-BAM à Thiabo Zoulou



CRT 7020

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

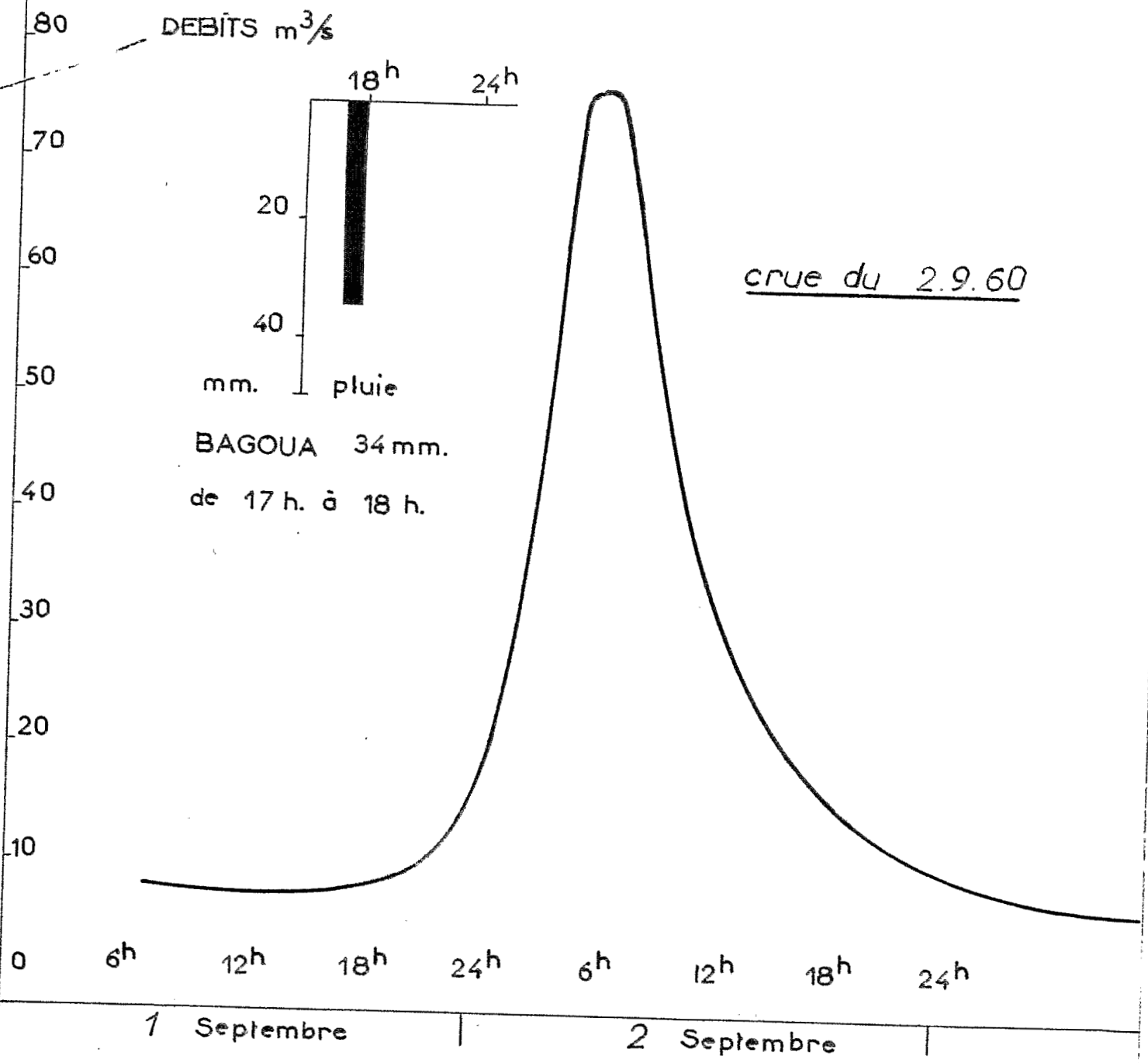
LE: 3.5.61

DES: BOULIN

VISA:

TUDE N:

BAM-BAM à TIALO ZOUDOU



CRT 7021

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 2.3.61

DESBOULIN

VISA:

TUBE N°

BAM-BAM à TIALO ZOUDOU

le 29-7-1959

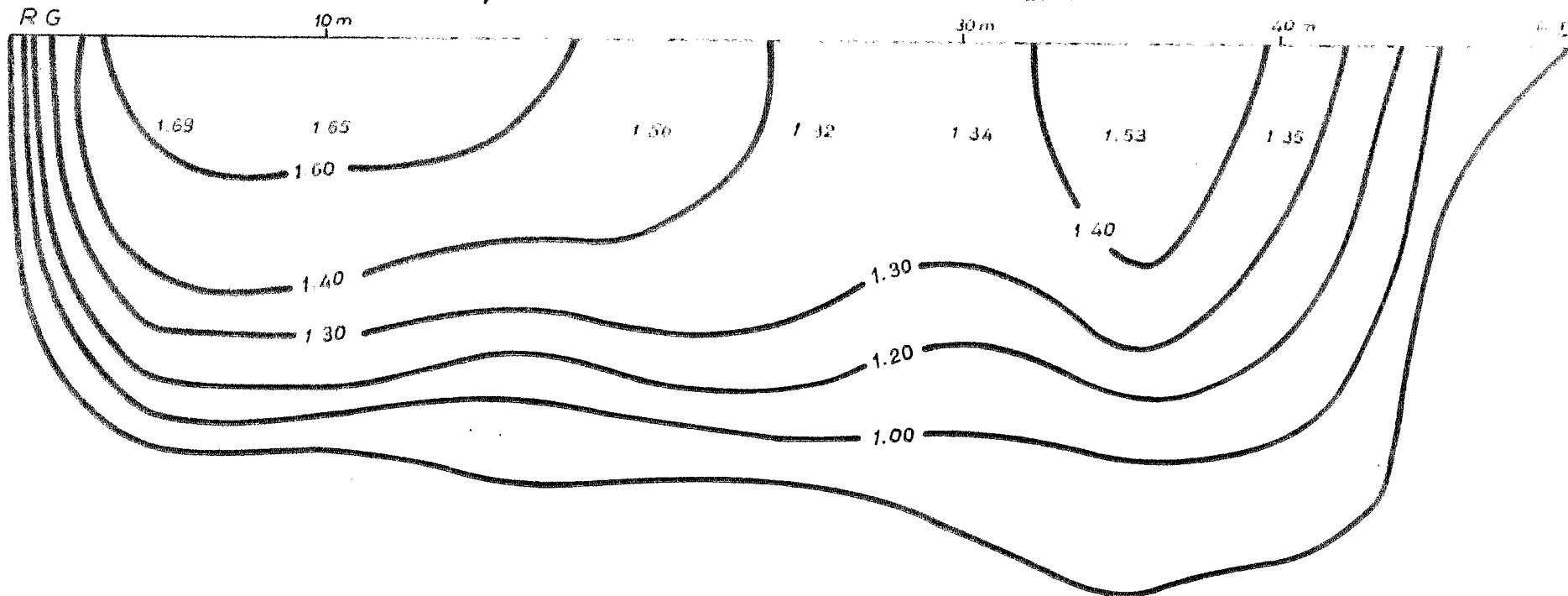
H = 1.47 m

Q = 77 m³/s

Echelles abscisses 1 : 200
ordonnées 1 : 20

S = 63 m²
L = 49 m
S/L = 1.29 m

V_{max} = 1.69 m/s
V_{moy} = 1.22 m/s
RH = 1.23 m



CRT 7022

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 21-2-61

DES: L. Trénoù

VISA:

TUBE N°

H

CRT 7047

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
LE 14/4/61 DES BOULIN

PLUVIOMETRIE BARLO 1959

JUILLET

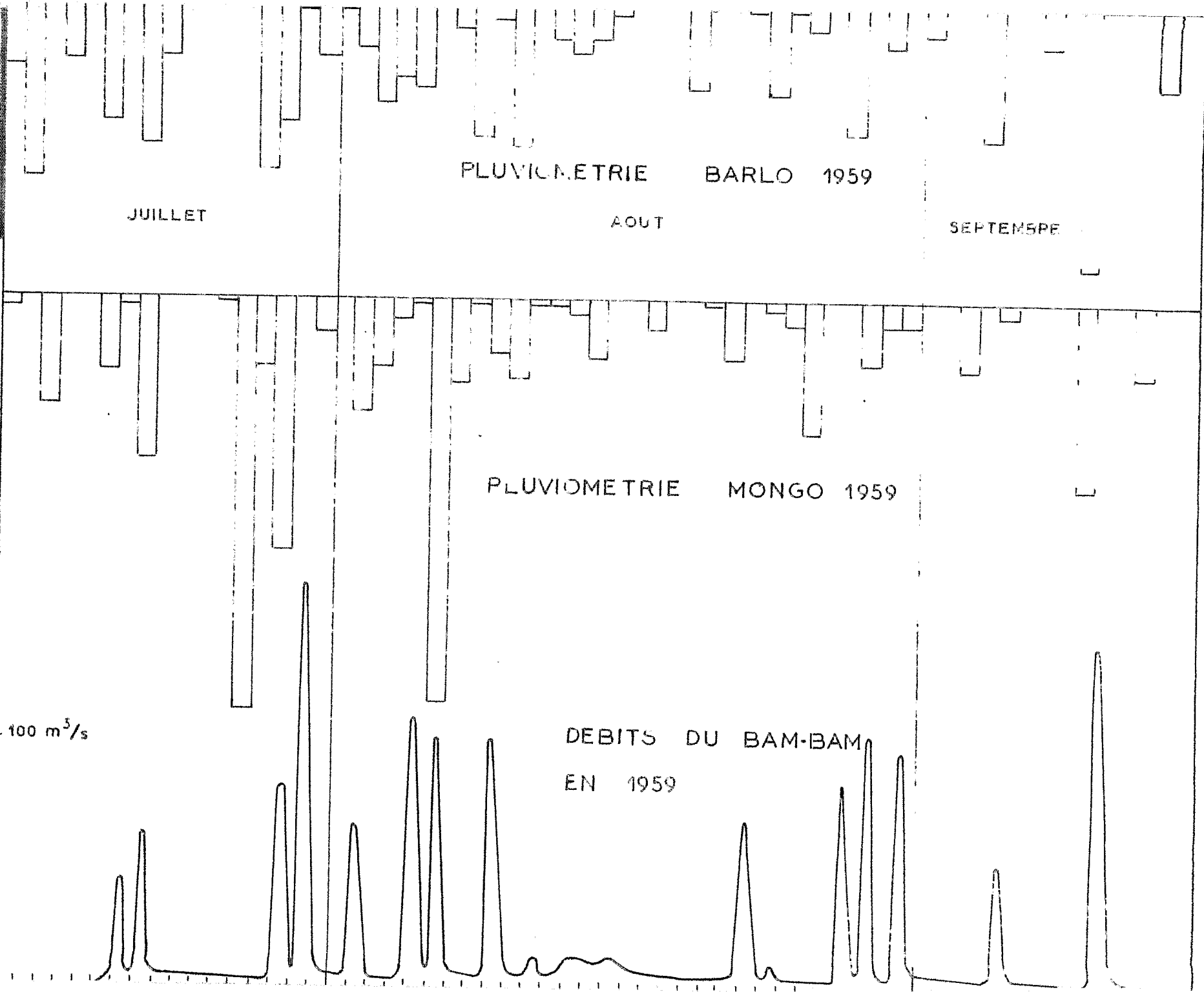
AOUT

SEPTEMBRE

PLUVIOMETRIE MONGO 1959

100 m³/s

DEBITS DU BAM-BAM
EN 1959



V - IGUIL ARMARA

Il prend naissance le long d'une ligne de crête de faible altitude, 520 à 540 mètres, qui s'étend du pied du massif de GUERA jusqu'à une vingtaine de km à l'Est. Notons toutefois que le GUERA est drainé sur tout son pourtour par le MAIKI BELE et le SOLIOU qui l'enveloppent presque complètement et se rejoignent en direction de BOULONG; il n'intervient donc pas dans l'alimentation du MARMARA.

Après avoir reçu quelques affluents en provenance des monts DANGALEAT au Nord de BARLO, le MARMARA se jette dans le BAM-BAM près de DOUZIAT.

Le Riguil MARMARA à ADOUGOUL

A la traversée de la route MONGO-BOKORO, près du village ADOUGOUL, le MARMARA a un bassin versant de 129 km². Il coule dans une direction Sud-Nord avec une pente moyenne assez marquée de 5 m par km.

A l'emplacement de la route la pente est encore de 1,25 m par km. La courbe hypsométrique (graph. n° 7008) est régulière. Il n'y a qu'un seul pointement rocheux de 617 m près de MELTE.

En amont de la route le lit du MARMARA est bien marqué mais l'encaissement n'est pas très important, 0,8 m à 1,5 m pour une largeur de 20 mètres. Le lit commence à s'engorger de sable et en arrivant sur la route le phénomène s'accuse encore.

En aval de la route, le lit disparaît brusquement et fait place à une grande plaine d'inondation de près de 1 km de large.

Après la traversée de cette plaine, le lit s'encaisse à nouveau de 2 à 4 m en dessous du terrain naturel.

.../...

Écoulement en saison des pluies

La route qui est normalement en déblais, est recouverte en saison des pluies d'une épaisseur de 1 m à 1,5 m de matériaux divers, boue, sable, branches etc..., qui obstruent le débouché du RIGUIL.

D'autre part la plaine d'inondation en aval est plate et recouverte de hautes herbes qui freinent l'écoulement. Cette accumulation d'obstacles provoque une élévation du niveau d'eau. L'eau s'écoule, (graph. n° 7025), en empruntant la route qui est le chemin le plus facile, soit en direction de MONGO sur 250 m, soit vers BITKINE sur 700 m.

A 40 m en amont, le MARMARA s'est creusé un bras qui longe la route sur 500 à 600 m. Le déversement dans la plaine se fait soit en nappe sur la plus grande partie, soit par quelques chenaux plus ou moins bien marqués.

Tracé possible en dehors de la zone inondée

En recherchant un tracé plus favorable pour la traversée du MARMARA nous n'avons rien trouvé à l'aval. Après la plaine inondée le RIGUIL se sépare en effet en plusieurs bras, qui se rejoindront beaucoup plus au Nord.

Par contre en amont nous avons reconnu un tracé intéressant. (Le tracé a été nivelé par rapport à la borne hydro que nous avons posée en Août 1960 sur la rive droite. Cette borne n'est pas encore rattachée mais le sera lors du nivellement de la route MONGO-BITKINE).

Ce tracé (graph. n° 7025 hors texte), se situe dans une zone qui est restée totalement exondée en 1960 et qui, d'après les indigènes, n'a pas été inondée auparavant. Le franchissement du MARMARA se ferait alors à 500 m environ en amont de la route actuelle, dans de bonnes conditions; les berges à cet emplacement sont assez hautes et franches. La déviation passerait ensuite par le village d'ADOUGOUL avant de rejoindre la piste.

.../...

PLUVIOMETRIE

En année normale le bassin du MARMARA reçoit de 650 à 700 mm de pluie (graph. n° 70I6). L'année 1960 a été déficitaire, ici, comme en de nombreux points du Tchad, et les précipitations n'ont pas dépassé 500 à 600 mm.

Les deux postes pluviométriques les plus proches sont BITKINE où les relevés ont lieu depuis 8 ans et BARLO où depuis 3 ans est installé un bassin versant expérimental. BITKINE est situé à 12 km à l'Ouest du centre du bassin et BARLO à 20 km au Nord-Est.

Voir tableau page 24

La pluviométrie moyenne se situe vers 650 mm, soit 150 mm de moins que MONGO qui est pourtant situé plus au Nord. Les fortes pluies sont beaucoup plus rares. Pour la période 1952-1960 on trouve :

P > 50 mm	BITKINE : 7	MONGO : 22
P > 70 mm	BITKINE : 1	MONGO : 7

La pluie décennale s'établirait à BITKINE à 80 mm environ contre 93 mm à MONGO.

.../...

A BITKINE la répartition des pluies est la suivante :

P mm	1952	1953	1954	1955	1956	1958	1959	1960
0 - 10	25	40	34	41	31	41	32	24
10 - 20	18	15	16	15	7	12	8	11
20 - 30	5	5	11	1	6	6	5	4
30 - 40	3	6		5	1	2	3	4
40 - 50		2	2			1	2	
50 - 60	1					1	1	
60 - 70		1	1					1
70 - 80								
80 - 90								
90 -100					1			
Nbre de jours de pluie	52	69	64	62	incomplet	63	51	44
P mm annuelle	636	890	794	600	(580)	587	602	540

.../...

HYDROLOGIE

Le bassin versant du MARMARA est relativement petit et la pente forte. Les crues seront donc violentes, de courte durée et provoquées par des averses tombées quelques heures auparavant.

Crue du 25 - 26 Août 1960

Le 25 Août 1960 il tombait 26 mm de pluie à BITKINE (à 5 km du bassin) et seulement des traces à ADOUGOUL; l'averse est donc nettement localisée à l'amont du bassin.

Le 26, on relevait à l'échelle d'ADOUGOUL :

H _m	HEURE	H _m	HEURE
0,82	6H. 30	0,63	12H.
0,82	8H. 00	0,50	14H.
0,69	11H. 00	0,32	17H.

Il s'est déroulé environ 10 heures entre l'averse et le maximum de la crue. Ce temps n'est pas fixe. Il varie suivant la position de l'averse par rapport au bassin. Si celle-ci se trouve centrée dans la moitié aval du bassin, cet intervalle de temps pourra être réduit de plusieurs heures.

Dans l'ensemble, l'écoulement se présentera sous la forme de pointes bien individualisées et séparées par des basses eaux ou même un assèchement complet si l'intervalle entre deux averses est trop long.

.../...

NIVEAUX ET DEBITS

Les jaugeages ont été effectués à 70 m en amont de la route. Un élément d'échelle de crue a été posé et nivelé à 9,11 m par rapport à la borne hydro (cotée 10,00).

La sécheresse, qui sévissait au mois d'Août, n'a permis d'observer qu'une seule crue survenue après 10 jours sans écoulement. Entre temps quelques petites pluies n'avaient pas donné de ruissellement.

La crue du 26 Août permettait l'étalonnage de la station entre 0,00 et 0,82 à l'échelle :

: H	: 0,82	: 0,66	: 0,50	: 0,32	:
: Q m ³ /s	: 12,2	: 4,8	: 2,0	: 0,8	:

- Graphique n° 7007 - Courbe d'étalonnage.

- Graphique n° 7009 - Mesures de pente superficielle.

On trouve : 1,25 m/km pour H = 0,82

- Graphique n° 7010 - Jaugeage pour H = 0,82

Si la déviation par le village d'ADOUGOUL est retenue, il sera possible ultérieurement d'établir les profils en travers et profils de vitesses à l'emplacement choisi.

La courbe d'étalonnage se redresse fortement à partir de 0,50 - 0,60 m non pas parce que la section s'accroît beaucoup mais parce que les vitesses maxima et moyennes augmentent rapidement avec la hauteur à l'échelle.

.../...

H_m	0,32	0,50	0,66	0,82
$V_{\text{moy.}} \text{ m/s}$	0,27	0,33	0,54	0,80
$V_{\text{max.}} \text{ m/s}$	0,40	0,46	0,74	1,33

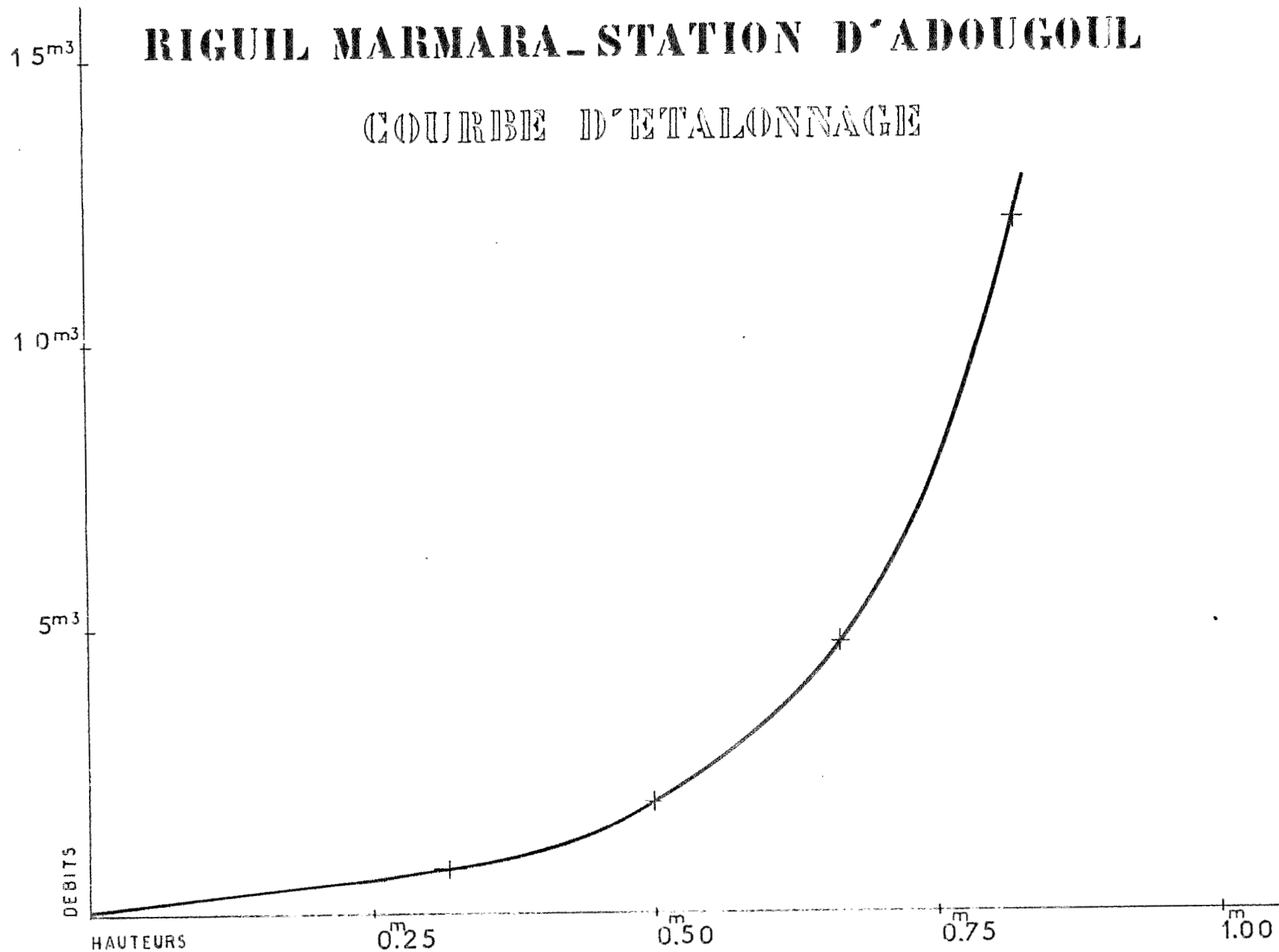
A partir de 0,80 m à l'échelle, le niveau monte lentement et des crues 2 à 3 fois plus fortes provoqueront des élévations de niveau qui ne dépasseront pas 30 à 40 cm.

Niveaux et Débits maxima

Il est impossible pour l'instant d'estimer les crues maxima possibles du MARMARA. Il faudra d'autres observations pour avoir quelques idées sur cette question.

RIGUIL MARMARA - STATION D'ADOUGOUL

COURBE D'ETALONNAGE



CRT 7007

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 12-60

DES: FERRET

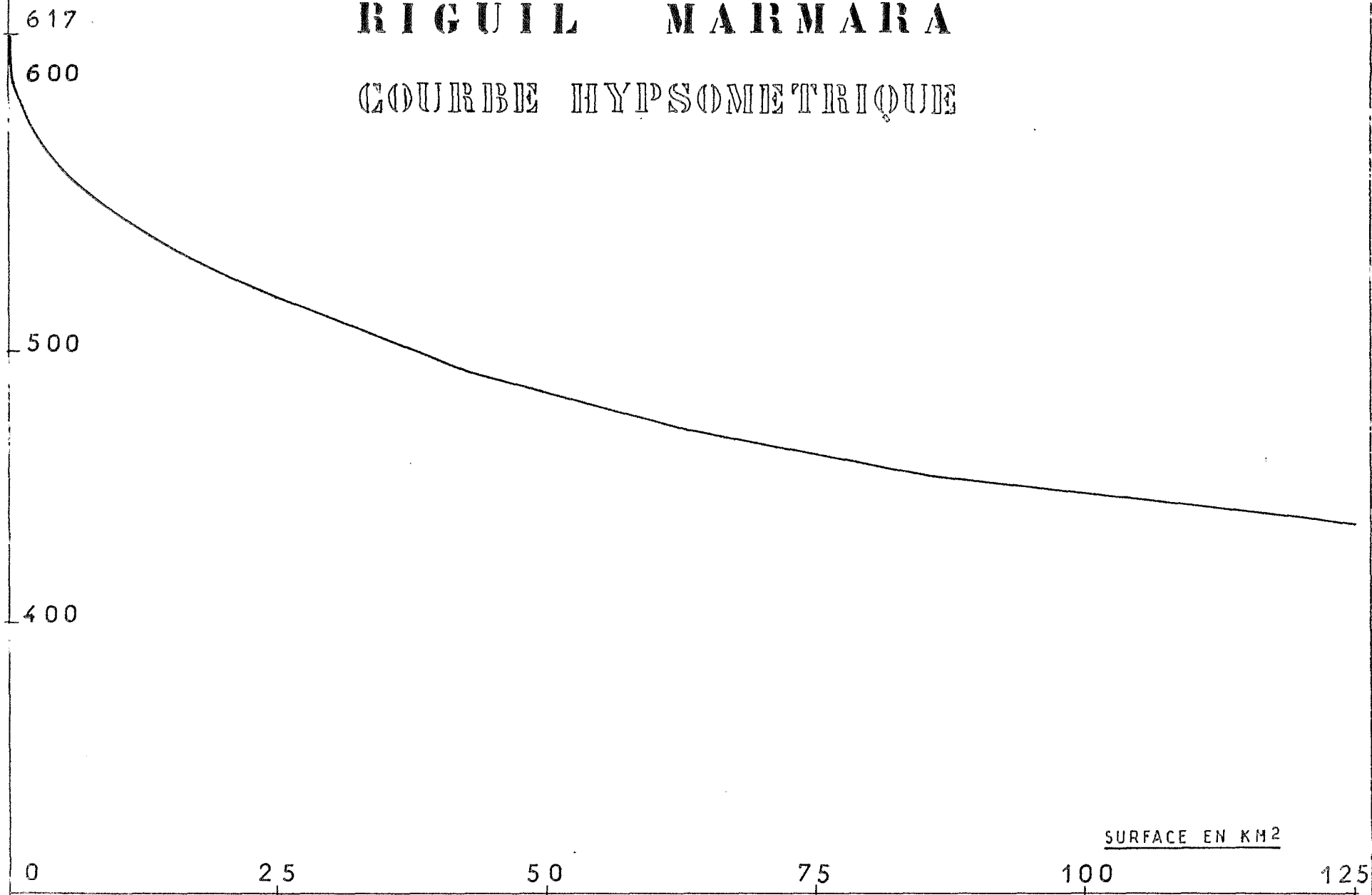
VISA:

TUBE N°

ALTITUDE EN M.

RIGUIL MARMARA

COURBE HYPSONOMETRIQUE



CRT 7008

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE:

12-60

DES: PERRET

VISA:

TUBE N°

ADOUGOUL - MESURES DE PENTES SUR LE RIGUIL ADOUGOUL -

CRUE DU 26 AOUT 1960

E C H E L L E S

Abscisse : 1/2.000

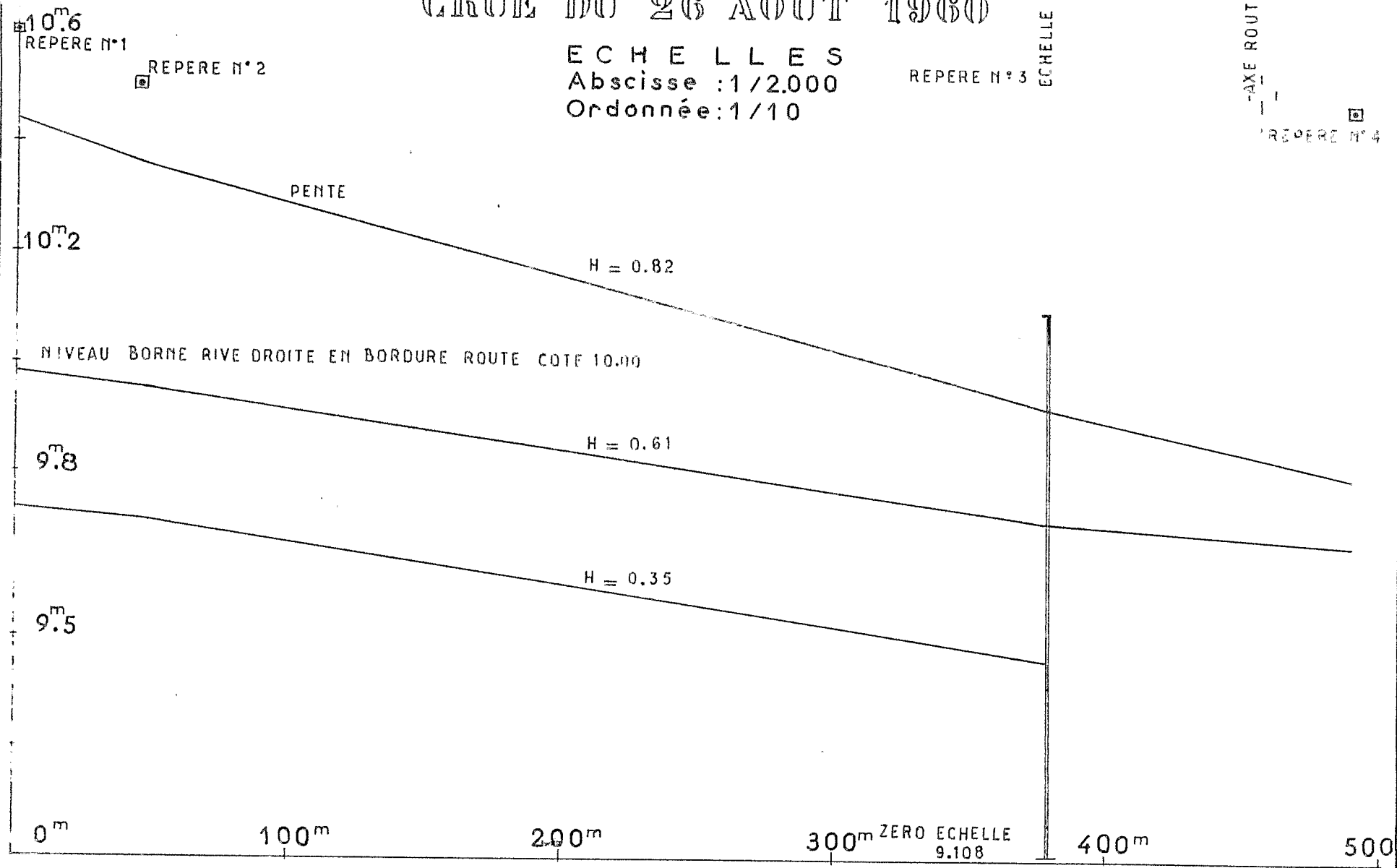
Ordonnée : 1/10

REPERE N°3

ECHELLE

AXE ROUTE

REPERE N°4



CRT 7009

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE:

12-60

DES: PERRET

VISA:

TUBE N°

RIGUIL MARMARA A ADOUGOUL

JAUGEAGE DU 26.8.1960

$H = 0.82 \text{ m}$

$V. \text{max.} = 1.33 \text{ m}$

$S = 13.30 \text{ m}^2$

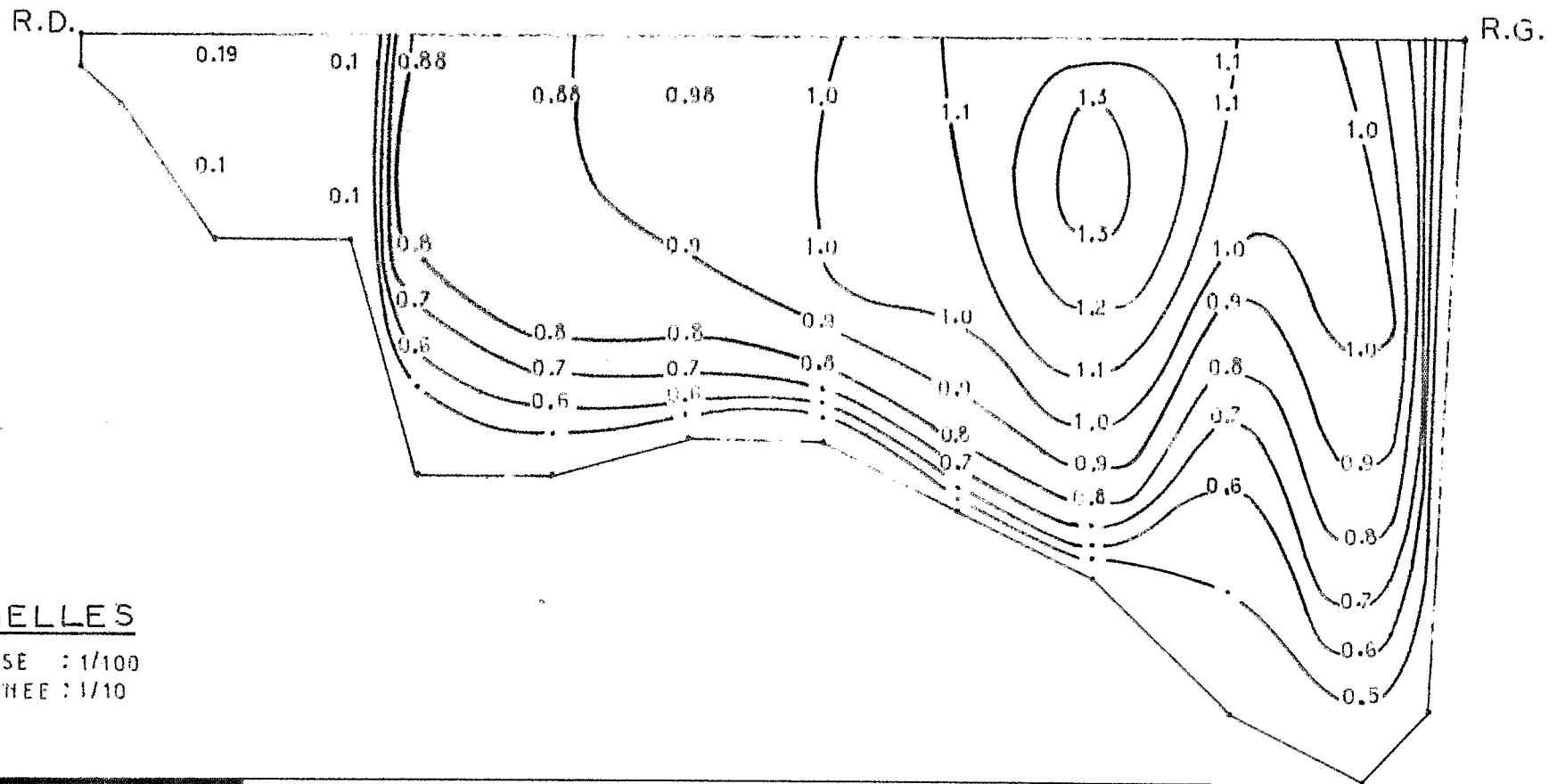
$V. \text{may.} = 0.80 \text{ m}$

$L = 19.90 \text{ m}$

$\varphi = 12.20 \text{ m}^3$

$\frac{S}{L} = 0.67 \text{ m}$

$R_H = 0.63 \text{ m}$



ECHELLES

ABSCISSE : 1/100

ORDONNEE : 1/10

CRT 7010

LE: 12-60

des: PERRET

VI - 

Le Bahr ZIREGA traverse la route MONGO-BOKORO à 10 km à l'Est de BOULONG. Il n'est connu des autochtones que sous le nom de Bahr ABOURDA et nous conserverons cette dénomination.

Il se forme à partir des monts YALIMI, KOUGARA à 35 km au Sud-Ouest du massif de GUERA. Il suit une direction générale Nord, Nord-Ouest et, passé la route de MONGO, il reçoit le MAIKI BELE et le SOLIOU qui drainent le massif de GUERA. Il traverse ensuite plusieurs plaines d'inondation où il se perd en de multiples bras pour aboutir péniblement dans les zones inondées du lac FITRI.

Le Bahr ABOURDA à la traversée de la route MONGO-BOKORO

Le Bahr ABOURDA arrive à la route de MONGO après un parcours de 37 km. Son bassin versant est alors de 245 km² et se présente sous une forme allongée. En dehors des pointements rocheux de KOUGARA au Sud, 725 m, le bassin est plat, fréquemment inondé. Bien avant d'atteindre la route, le lit est encaissé et se trouve à plusieurs mètres en dessous du niveau de la plaine.

La route traverse le Bahr dans un méandre assez prononcé, (graph. n° 7001) et le profil de la route se présente sous la forme d'un V dissymétrique (graph. n° 7003), la pente la plus faible se trouvant à l'intérieur du méandre. Les cotes sont prises par rapport à la borne hydro, cotée 10,00, posée en Août 1960 sur la rive droite. Cette borne n'est pas rattachée car la borne I.G.N. la plus proche se trouve à 80 km.

A 200 ou 300 m en amont, le lit est rectiligne avec un encaissement toujours très marqué de 3 à 4 mètres mais la largeur se réduit à 20 - 25 mètres (graph. n° 7006) donc sensiblement moins qu'à l'emplacement actuel de la route. Comme les berges se présentent dans de bonnes conditions, pentes abruptes et bonne résistance à l'érosion, il semble préférable d'envisager l'ouvrage projeté sur cette partie rectiligne : la portée serait moins grande et les risques d'affouillements bien moindres que ceux auxquels on s'expose avec une construction en pleine courbe.

PLUVIOMETRIE

Sur la carte de pluviométrie de la région de GUERA (graph. n° 7016) nous voyons que le bassin est traversé par l'isohyète 700 mm qui correspond d'ailleurs, en année normale, à la pluviométrie moyenne sur le bassin. En 1960, contrairement à l'ensemble de la région, la pluviométrie n'est pas déficitaire puisque l'isohyète 700 remonte même au Nord du bassin.

Le bassin ne possède aucun pluviomètre. Les plus proches sont les totalisateurs de BOULONG, SARA ARAB et les pluviomètres association de BANAMA, AB TOUYOUR, BITKINE. Les relevés sont effectués depuis très peu de temps 4 ans pour AB TOUYOUR, dont voici la répartition des pluies :

P mm	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	P mm annuelle
1957	22	11	4	5	2	2		1	799,7
1958	31	19	9	2	1				778,4
1959	33	13	3	3	2	1			669,1
1960	23	14	4	3	3		1		720,5

Station de BANAMA

P mm	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	P mm annuelle
1959	21	10	9	4	1			658
1960	14	12	6	6			2	754

HYDROLOGIE

Le Bahr ABOURDA n'a jamais été étudié avant 1959. Il n'y a pas d'échelles de crue et il est difficile de trouver un lecteur car le village le plus proche, BOULONG, se trouve à près de 10 km. Nous n'avons donc aucune indication des débits et niveaux au cours de la saison des pluies.

Le régime du Bahr ABOURDA est de type sahélien. Les premières crues, isolées, commencent fin Juin, début Juillet et à partir du mois d'Octobre il n'y a plus d'écoulement. La superficie du bassin n'est probablement pas suffisante pour assurer un écoulement permanent important durant toute la saison des pluies mais la progression de la crue est lente et en année normale il doit subsister entre les crues un débit de basses eaux de l'ordre de 1 à 2 m³/s.

NIVEAUX ET DEBITS

Les jaugeages ont été effectués à 10 m environ en aval du radier. Les 12, 13 et 14 Août 1960, nous avons pu observer une crue intéressante (graph. n° 7005). Le 12, jaugeage en basses eaux. Le 13, jaugeage en moyennes eaux tous les 20 à 30 cm. Vers 16 heures, le niveau se stabilise, mais le lendemain le Bahr est monté de 0,90 m par rapport au niveau maximum de la veille alors que nous pensions le trouver en décrue.

Les cotes sont prises par rapport à la borne hydro :

H = 6,35 m	Q = 1,5 m ³ /s
H = 6,65 m	Q = 3,9 m ³ /s
H = 6,74 m	Q = 5,8 m ³ /s
H = 6,98 m	Q = 8,5 m ³ /s
H = 7,27 m	Q = 13,4 m ³ /s
H = 8,10 m	Q = 28,4 m ³ /s

Courbe d'étalonnage (graph. n° 7002).

Vitesses moyennes et maxima

Pour les 4 derniers jaugeages, nous avons :

:	:	:	:	:	:					
:	H	:	6,74	:	6,98	:	7,27	:	8,10	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	V moy. m/s	:	0,62	:	0,58	:	0,57	:	0,55	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	V max. m/s	:	0,74	:	0,76	:	0,86	:	0,93	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

Nous constatons que la vitesse moyenne décroît lorsque le débit augmente alors que généralement elle augmente avec le débit. Ceci tient à la position de la station de jaugeage qui se trouvait pour des raisons de commodités immédiatement à l'aval de la route. Sur la rive gauche, nous trouvons alors une zone d'épandage avec des vitesses faibles dont la section augmente rapidement avec le niveau d'eau, ce qui a pour effet de diminuer la vitesse moyenne alors que la vitesse maximum, par exemple, augmente régulièrement de 0,74 m/s à 0,93 m/s. Les vitesses gardent donc des valeurs modestes et comme les berges sont formées d'argiles massives et compactes, elles résistent fort bien à l'érosion. Malgré leur pente abrupte on ne remarque aucun éboulement et, seul le maximum de la crue, pendant lequel l'eau reste longtemps au même niveau, laisse une petite saignée horizontale visible.

Les extrapolations de courbe sont toujours délicates mais dans le cas du Bahr ABOURDA les variations des vitesses et de la section sont très régulières et on peut calculer, sans trop d'erreur la crue maximum de 1959 et l'estimer à 45 m³/s.

La pente du lit à l'amont du radier, prise sur 450 m, est de 0,35 m par km.

.../...

Débits et niveaux maxima

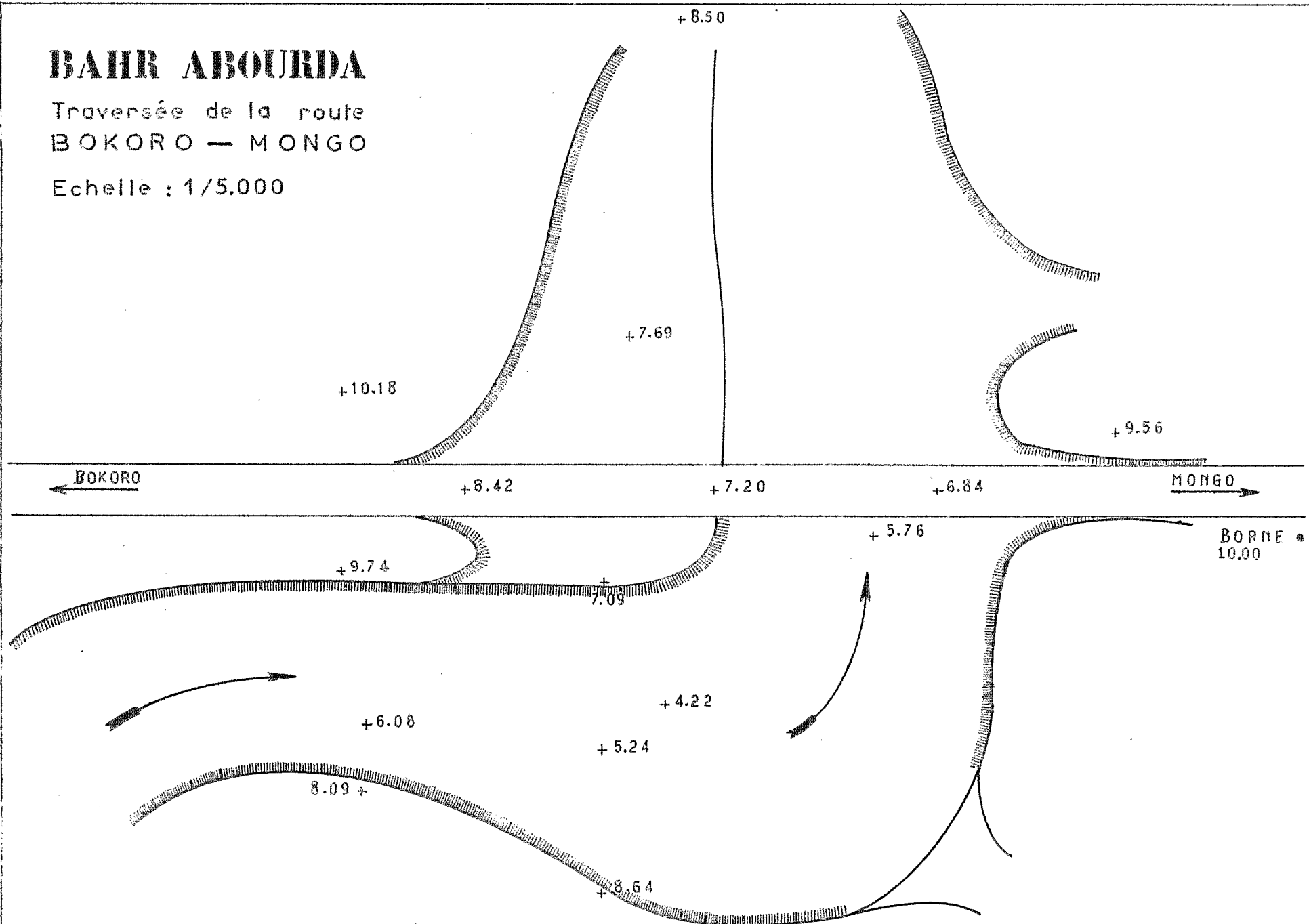
La trop petite période d'observation ne permet pas d'avancer un chiffre. Les cotes maxima atteintes en 1959 et 1960 sont 8,73 m et 8,10 m. Si l'on en croit les indigènes que nous avons pu interroger; le Bahr ABOURDA pourrait monter par forte crue à une cote approximative de 9,50 m, mais il ne déborderait pas.

Ces renseignements doivent être retenus avec prudence, car il n'y a pas de village à proximité du Bahr ABOURDA; d'autre part, il n'y a pas chaque jour des indigènes, qui traversent le Bahr pour aller de BOULONG à BITKINE, et le maximum de la crue peut très bien passer inaperçu.

BAHR ABOURDA

Traversée de la route
BOKORO — MONGO

Echelle : 1/5.000



BORNE
10.00

CRT 7001

ORSTOM — CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 12-60

DES: PERRET

VISA:

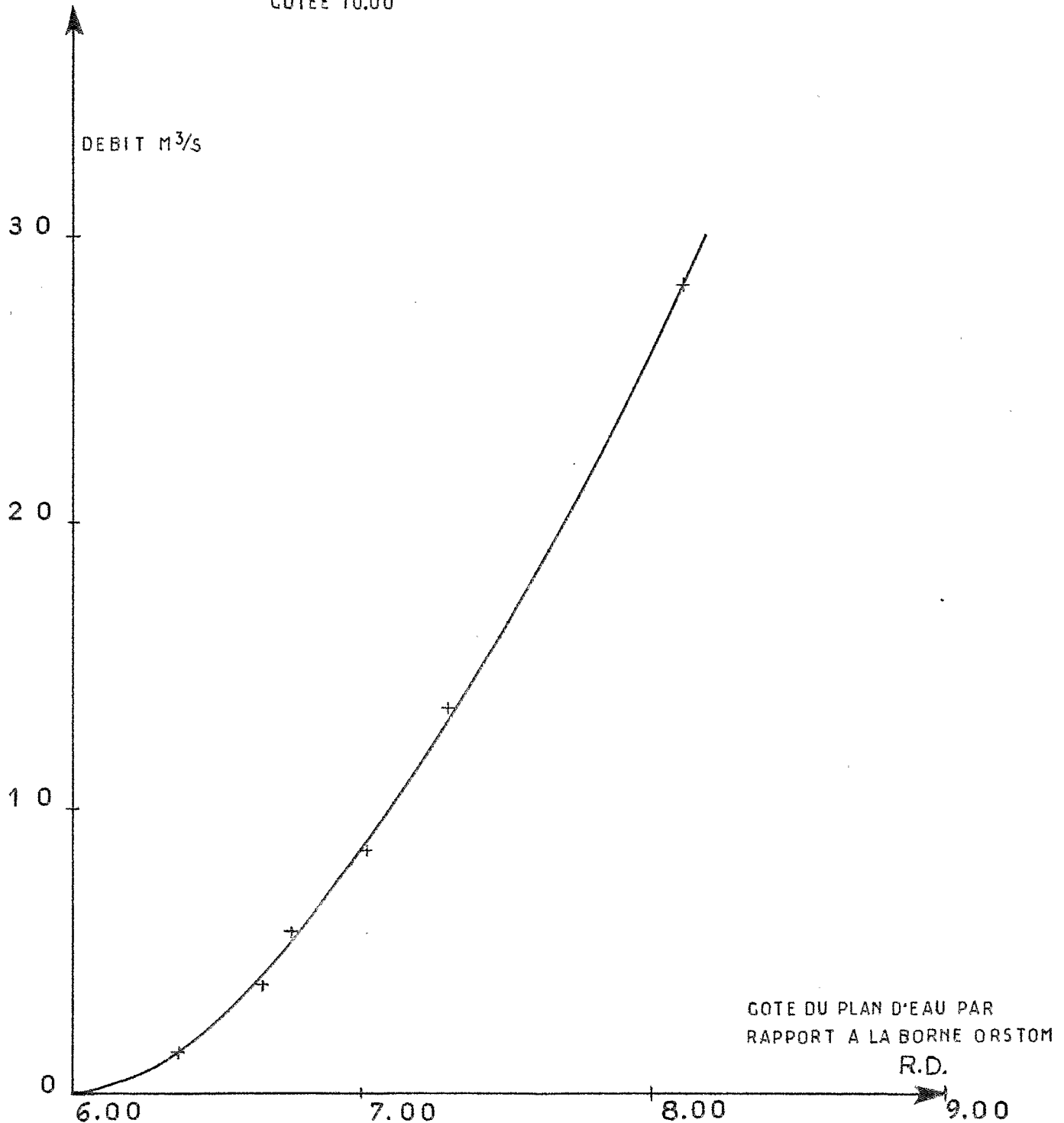
TUBE N°

BAHR ABOURDA

TRAVERSEE DE LA ROUTE MONGO-BOKORO

Courbe d'étalonnage

HAUTEURS PRISES PAR RAPPORT A LA BORNE ORSTOM
COTE 10.00



CRT 7002

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE:

12-60

DES: FERRET

VISA:

TUBE N°

BAHR ABOURDA

AXE DE LA ROUTE MONGO-BOKORO

Profil en travers Niveau des P.H.E.

BORNE ORSTOM

10.00

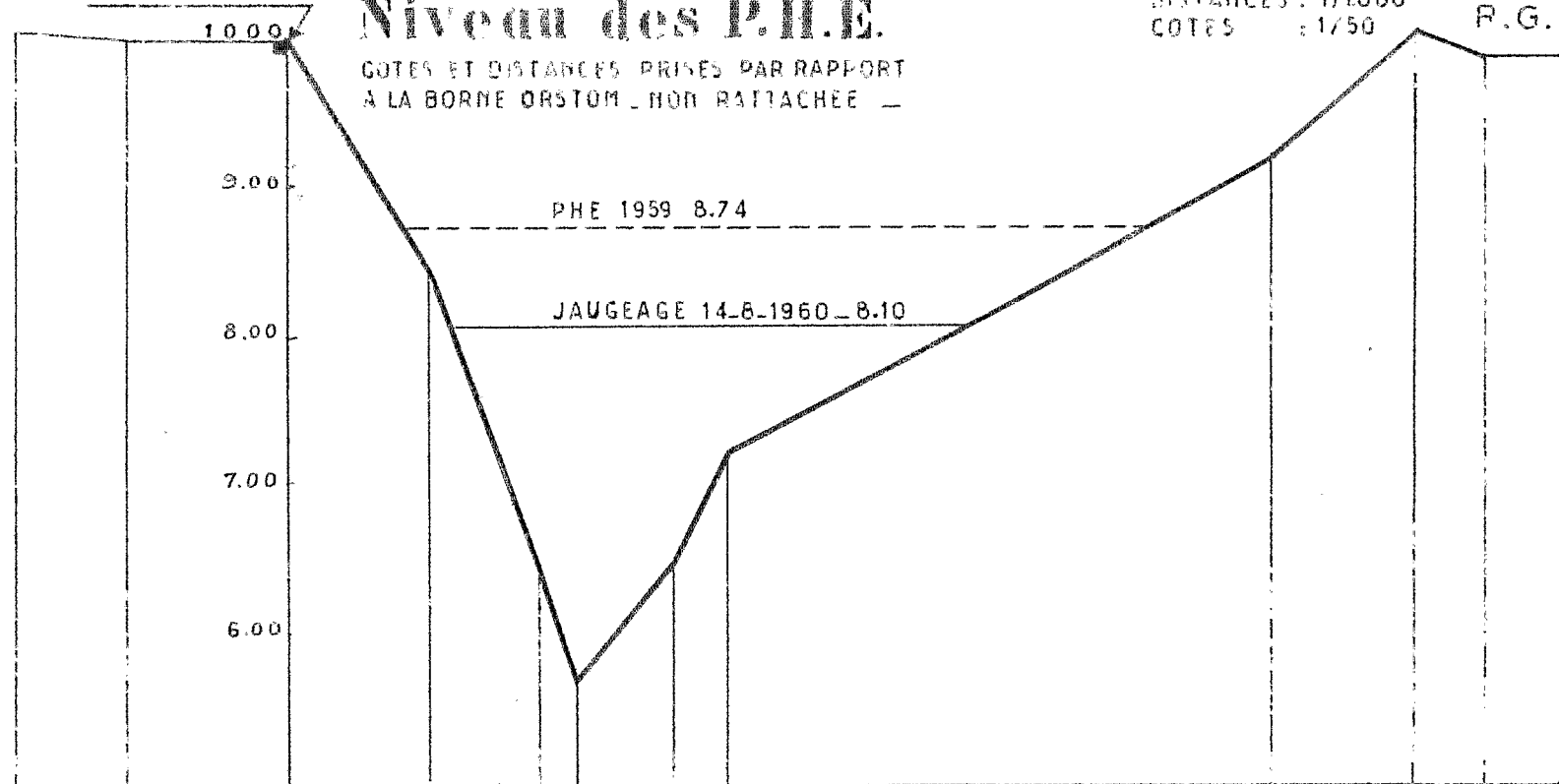
ECHELLE

DISTANCES : 1/1000

COTES : 1/50

R.G.

COTES ET DISTANCES PRISES PAR RAPPORT
A LA BORNE ORSTOM - NON RATTACHEE -



COTES	10.06	9.99	10.00	8.47	6.36	5.71	6.39	7.19	9.18	10.05	9.09
DISTANCES PARTIELLES			18.9	15.5	4.5	12.5		74.7		19.5	9.3
DISTANCES CUMULEES			18.9	34.4	39.3	51.8	58.9		133.6	153.1	162.4

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

CRT 7003

ED:

LE:

12-60

DES. PENNET

VISA:

TUBE N°

BAHR ABOURDA

14. 03. 1960

TRAVERSEE DE LA ROUTE MOUNGOU-BORCO

H = 0.10 m. PAR RAPPORT A LA BORNE ORSTOM COTEE 10.00

Q = 20.40 m³/s

V. max. = 0.93 m/s

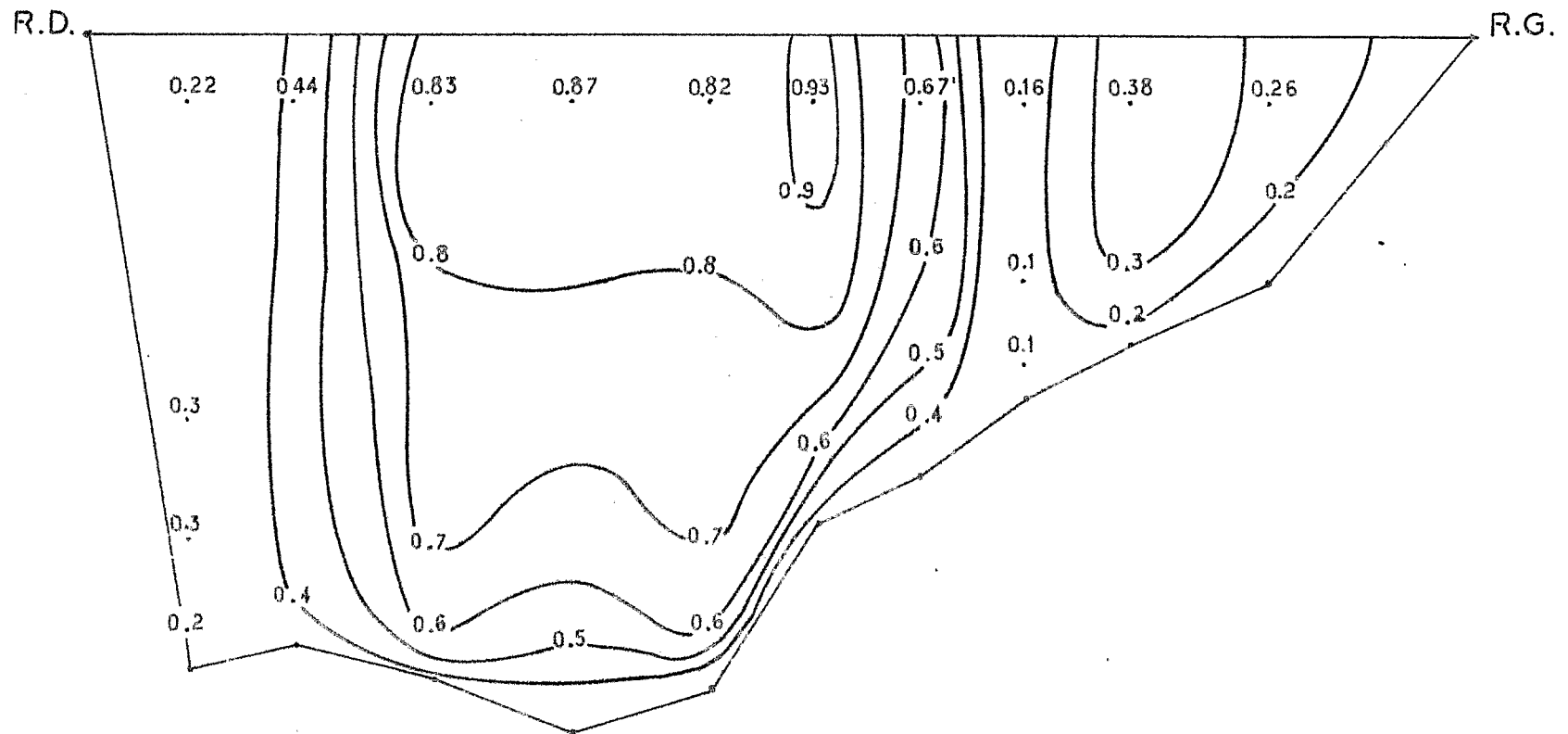
S = 50.80 m²

V. moy. = 0.55 m/s

L = 40.00 m

R_H = 1.19 m

$\frac{S}{L}$ = 1.27 m



CRT 7004

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 12-60

DES: PERRET

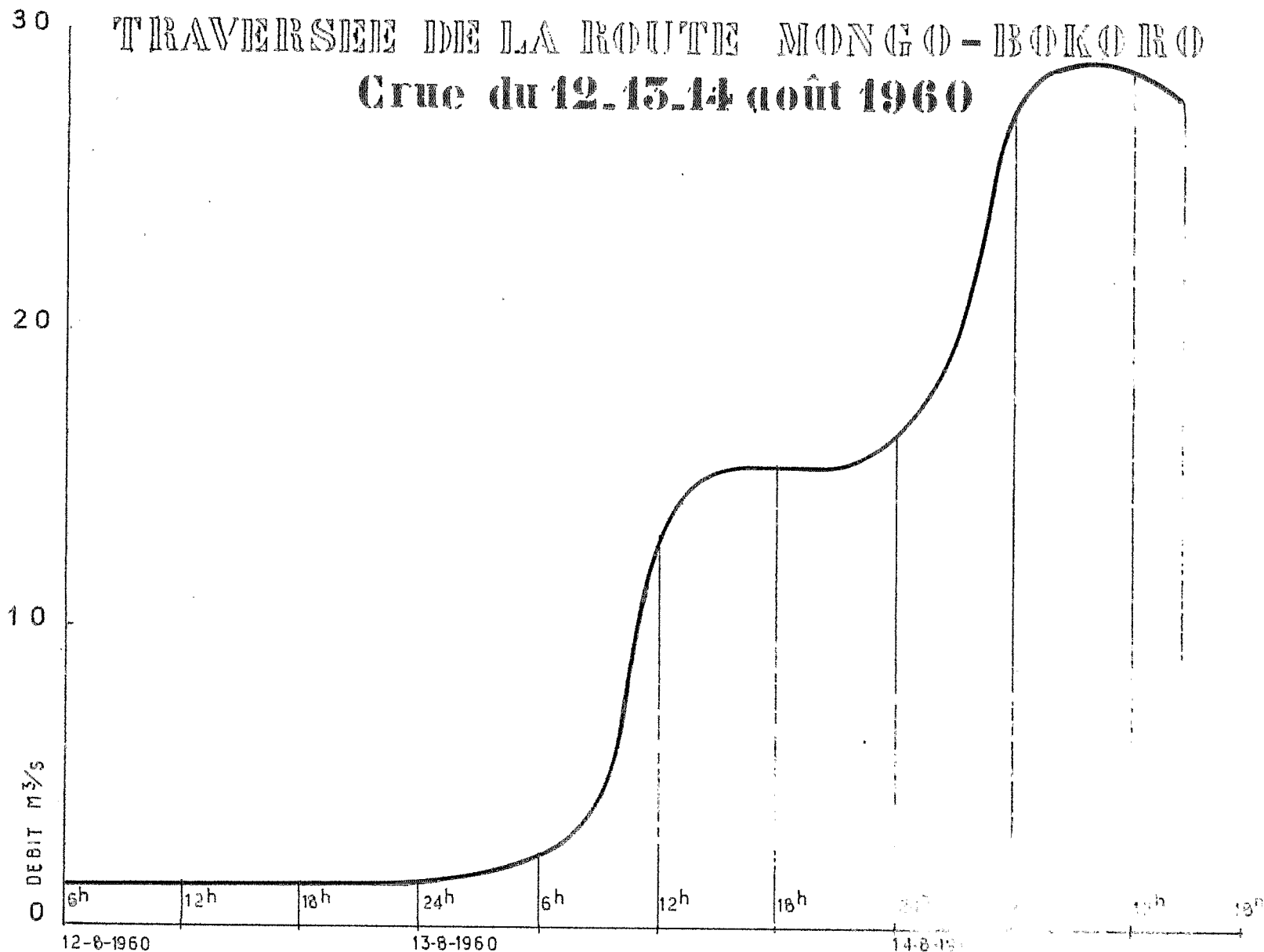
VISA:

TUBE N°

BAIR ABOURDA

TRAVIERSEE DE LA ROUTE MONGO - BOKORO

Crue du 12-13-14 août 1960



CRT 7005

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE:

12-60

DES: PERRET

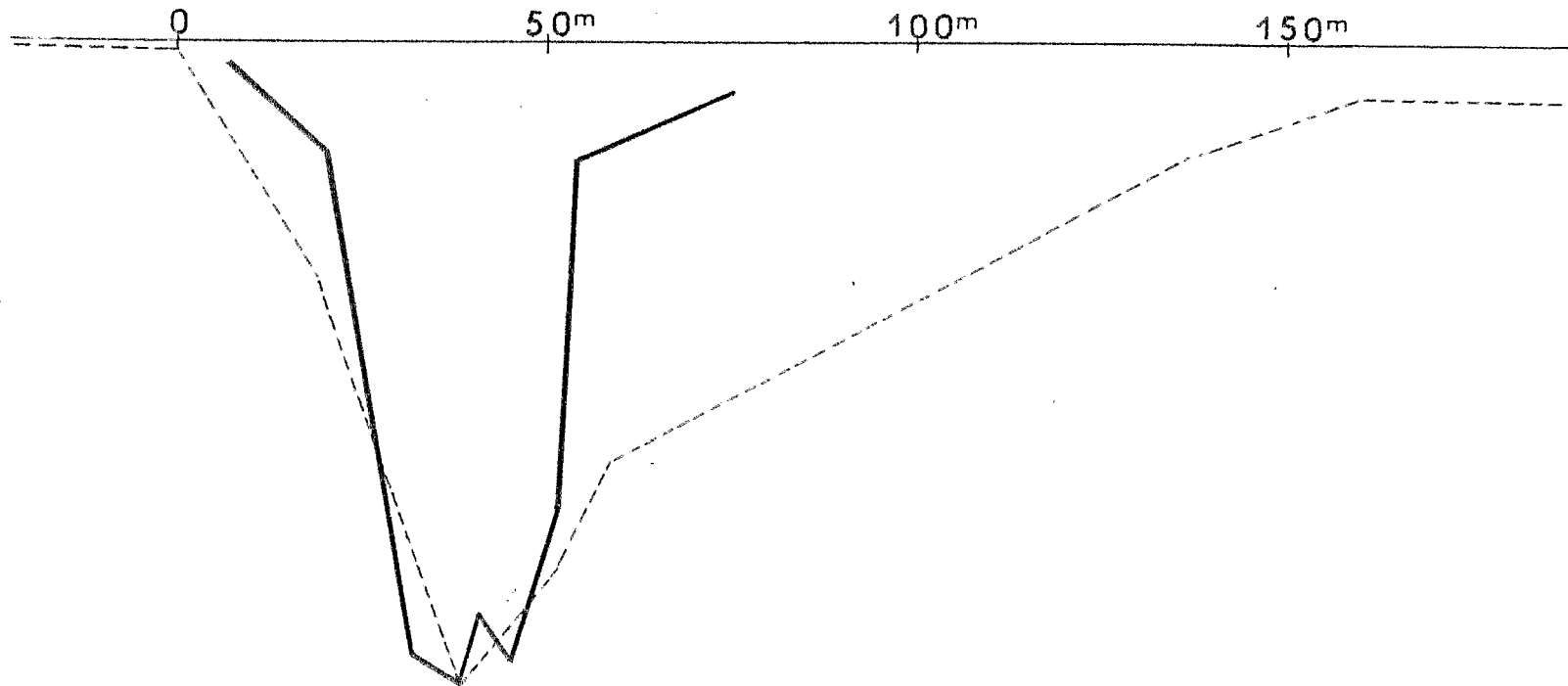
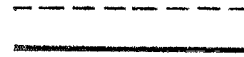
VISA:

TUBE N°

BAHR ABOURDA

PROFIL DE LA ROUTE

PROFIL 150^m EN AMONT



CRT 7006

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:


LE:

12-60

DES: PERRET

VISA:

TUBE N°

VII -  A T H A

En 1960 la crue du BATHA a été très faible et au moment où nous projetions une tournée à OUM-HADJER, le BATHA était en fin de décrue. Cette tournée ne présentait plus alors aucun intérêt.

Cependant le BATHA a été étudié depuis 1956, notamment par MM. BOUCHARDEAU, TIXIER etc ... Nous ne ferons ici que reprendre les études entreprises par eux (Rapport BATHA-GUERA-OUADDAI) en ajoutant quelques remarques sur les crues 1960 et surtout 1959, qui est une forte année.

Le cours du BATHA

Le BATHA prend sa source entre l'HADJER TIGULRI et l'HADJER AOUDING à 30 km à l'Ouest d'ADRE. Le cours supérieur longe les grès du MASSALIT s'étendant jusqu'à ADRE sans recevoir d'affluents (graph. n° 7023).

A 6 km en amont d'AM GUEREDA, le BATHA reçoit un affluent important sur sa rive droite; l'HANRA dont le bassin versant est plus important que celui du BATHA. Par la jonction des massifs de MARFA et KOKORO, AM GUEREDA semble constituer un seuil et les cours du BATHA et de l'HANRA sont très marécageux à l'amont.

En aval d'AM DAM, le BATHA décrit de nombreux méandres dans une large plaine d'inondation malgré un lit encaissé et bien dessiné. Il reçoit alors un affluent; la BITEA, dont le bassin versant couvre 9.950 km², soit à peu près une surface égale à celle du BATHA à AM DAM. Cet affluent est arrivé au point extrême de la dégradation et le débit parvenant au BATHA est insignifiant. Le cours se divise et se perd avant d'arriver en face de DEECHE. Le lit est alors symbolique; 5 m de large avec un encaissement de 2 m. Ce n'est pas là l'exutoire d'un grand bassin.

Le BATHA traverse ensuite OUM HADJER, ATI. En aval les méandres sont nombreux et, en parvenant à la dépression du lac FITRI, l'Oued se divise en une infinité de bras qui se perdent dans une forêt d'acacias.

Le BATHA à OUM HADJER

Le lit du BATHA est alors extrêmement large, peu sinueux et sans plaine d'inondation; il se rétrécit en aval en accentuant ses méandres.

Son bassin versant est de 32.950 km², mais on considèrera plutôt le bassin réduit, ne comprenant pas le bassin de la BITEA, puisqu'en fait celle-ci n'apporte rien au BATHA. La superficie est alors de 23.000 km².

La pente moyenne du BATHA est variable avec le niveau des eaux par suite de la présence de 2 radiers; elle passe de 0 à 0,60 m par km pour les cotes élevées. La largeur du lit est de 250 mètres avec un encaissement de 4 m sur la rive gauche et 1 m sur la rive droite.

La courbe d'étalonnage (graph. n° 7044) a été établie en 1958 avec une série de jaugeages effectués par Monsieur DELAMARE.

H échelle	0,43	0,77	0,83	1,03	1,17	1,32	1,61	1,70
Q m ³ /s	4	16	24	43	59	71,5	104	131

La crue insignifiante en 1960 n'a pas permis de faire de nouveaux jaugeages et de vérifier si la courbe d'étalonnage n'avait pas varié.

PLUVIOMETRIE

Elle se détermine au moyen des postes pluviométriques installés sur le bassin ou les abords immédiats et qui sont, soit des postes officiels ONM, soit des "pluviomètres Totalisateurs" lorsque les stations sont trop distantes les unes des autres et qu'il n'est pas possible de trouver des lecteurs. Ces pluviomètres Totalisateurs sont relevés une fois par an seulement.

	Bassin	Périphérie
Pluviomètre Association ONM	2	5
Pluviomètre Totalisateur	8	7

La carte du bassin (graph. n° 7023) montre l'emplacement de ces différents pluviomètres. Nous y avons tracé les isohyètes correspondant à une année normale.

POSTES	-1955-	-1956-	-1957-	-1958-	-1959-	-1960-	Moyenne
GUEREDA		478	332	711	374	297	445
ABECHE	410	436	522	430	605	405	468
ADRE	599	792	737	624	491	628	646
AM GUEREDA	549	550	417	509	687	438	503
GOZ BEIDA	1046	721	773	608	719	446	719
AM DAM	682	732	794	448	521	433	601
OUM HADJER	605	371	523	421	311	336	428

Pour qu'il y ait ruissellement, il est nécessaire que les pluies soient fortes et rapprochées ce qui est le cas des mois de Juillet-Août appelés "période active". Le total tombé pendant cette "période active" est plus intéressant que le total annuel.

"Période active" Juillet-Août							
POSTES	-1955-	-1956-	-1957-	-1958-	-1959-	-1960-	Moyenne
GUEREDA		414	77	655	319	225	338
ABECHE	210	384	320	381	394	334	337
ADRE	424	596	493	522	308	421	461
AM GUEREDA	271	472	247	358	504	272	354
GOZ BEIDA	361	475	329	424	557	272	403
AM DAM	384	531	484	330	373	311	402
OUM HADJER	406	254	323	356	165	254	293

HYDROLOGIE

L'écoulement se produit entre :

- Le 15-20 Juillet et fin Septembre ou début Octobre en tête des bassins.
- Le 20-25 Juillet et début Octobre vers AM DAM.
- Le 20-30 Juillet et le 15-25 Octobre à OUM HADJER.

Les crues sont marquées à AM GUEREDA par une dizaine de pointes de 10 à 100 m³/s et qui durent 2 à 4 jours. Elles sont séparées par des périodes d'écoulement apparent notable, mais qui fréquemment peut devenir nul en début ou en fin de saison des pluies.

A OUM HADJER l'écoulement est continu pendant toute la saison des pluies. La crue survient brusquement et peut atteindre en quelques jours des débits importants.

Le graphique n° 7033 hors texte montre les crues du BATHA à OUM HADJER depuis 1955.

La crue du BATHA comprend, soit une seule crue comme en 1956 et 1957, soit 2 crues (en 1955, 1956 et 1959) séparées par 3 ou 4 jours où le débit ne dépasse pas 40 m³/s.

A n'importe quel moment de la saison des pluies, on peut enregistrer des montées importantes du plan d'eau : près de 200 m³/s en 24 heures le 12 Septembre 1955. La décrue qui suit chaque pointe est moins rapide et, en général, il survient une nouvelle crue avant que le niveau ne soit redescendu très bas.

Il n'y a pas de rapport entre la pluviométrie annuelle ou même la pluviométrie de la période active et les débits maxima atteints par le BATHA en cours d'année. Une forte pluie localisée à l'aval du bassin entre AM DAM et OUM HADJER provoquera une crue de courte durée mais le débit pourra être très élevé; c'est le cas de la crue du 12 Septembre 1955.

Par contre on pourrait trouver un rapport entre la pluviométrie et le volume annuel de la crue.

ANNEE	-1955-	-1956-	-1957-	-1958-	-1959-	-1960-
P moyenne annuelle mm	648	582	586	536	531	427
P moyenne Période active mm	343	447	324	433	375	298
Volume écoulé millions de m ³	545	708	402	337	1068	111
Niveau maxi.	2,52	2,15	2,00	1,85	3,15	1,18
Débit maxi.	339	235	197	162	470	57

La comparaison entre la pluviométrie moyenne annuelle et les volumes écoulés est décevante. Par contre, la relation entre les volumes écoulés et la pluviométrie moyenne de la période active est plus satisfaisante. Les résultats sont assez cohérents à l'exception de l'année 1959.

Crue 1959

Tant en volume annuel qu'en débit et niveau maximum, cette crue est extrêmement forte et laisse loin derrière elle les crues observées les autres années. Alors que pendant la période étudiée, 1955 à 1960, la cote 2,15 m n'avait été dépassée qu'une seule fois, le 12 Septembre 1955, en 1959 cette cote a été dépassée pendant 29 jours. Notons cependant que la période 1955-1960 est une période sèche, ce qui exagère par comparaison l'importance de la crue 1959.

Le niveau maximum a été de 3,15 m; ce qui correspond à un débit, estimé par extrapolation, de $470 \text{ m}^3/\text{s}$. Le volume annuel est imposant puisqu'il dépasse 1 milliard de m^3 , soit le double du volume annuel moyen de la période 1955-1960.

Ces résultats sont d'autant plus surprenants que la pluviométrie de l'année 1959 a été très moyenne, comme le montre le tableau précédent, et n'aurait jamais laissé supposer une crue de cette ampleur.

Cependant, le lecteur chargé de la lecture de cette échelle était employé depuis 1956 et son travail ainsi que la qualité de ses lectures n'ont jamais donné lieu à critique. D'autre part, critère plus sérieux, la station d'ATI, située 150 km à l'aval d'OUM-HADJER, permet un certain contrôle de cette dernière station.

La superposition des 2 crues (graph. n° 7033) montre qu'à ATI nous retrouvons les 2 pointes de débits d'OUM-HADJER décalées d'une dizaine de jours et l'amortissement des amplitudes est normal étant donné la distance séparant les 2 stations. Les maxima des pointes sont moins élevés mais également les basses eaux entre les 2 périodes de hautes eaux sont beaucoup moins accentuées.

Enfin, les volumes écoulés aux 2 stations, $1068 \times 10^9 \text{ m}^3$ contre $1043 \times 10^9 \text{ m}^3$ à ATI, confirment bien la validité des résultats obtenus en 1959 à OUM-HADJER.

Cet exemple illustre, s'il le fallait encore, la complexité des relations entre les pluies et l'écoulement.

Variations interannuelles

Les archives du district d'OUM HADJER contiennent un certain nombre de renseignements sur les crues du BATHA depuis 1914. La plupart du temps ce sont seulement les débuts et fin de crues qui sont mentionnés. Les maxima ne sont pas indiqués sinon quelquefois sous la forme très vague : "le BATHA coule à plein bord". De 1928 à 1932 l'observateur a essayé de tracer une courbe de crue faisant intervenir la hauteur d'eau au-dessus du fond du lit, mais ces relevés ne sont rattachés à aucun repère et il n'est pas possible de traduire ces résultats par rapport à l'échelle actuelle.

Nous estimons que la crue de 1959 correspond à peu près à une crue décennale. Pour cette dernière nous adopterons donc :

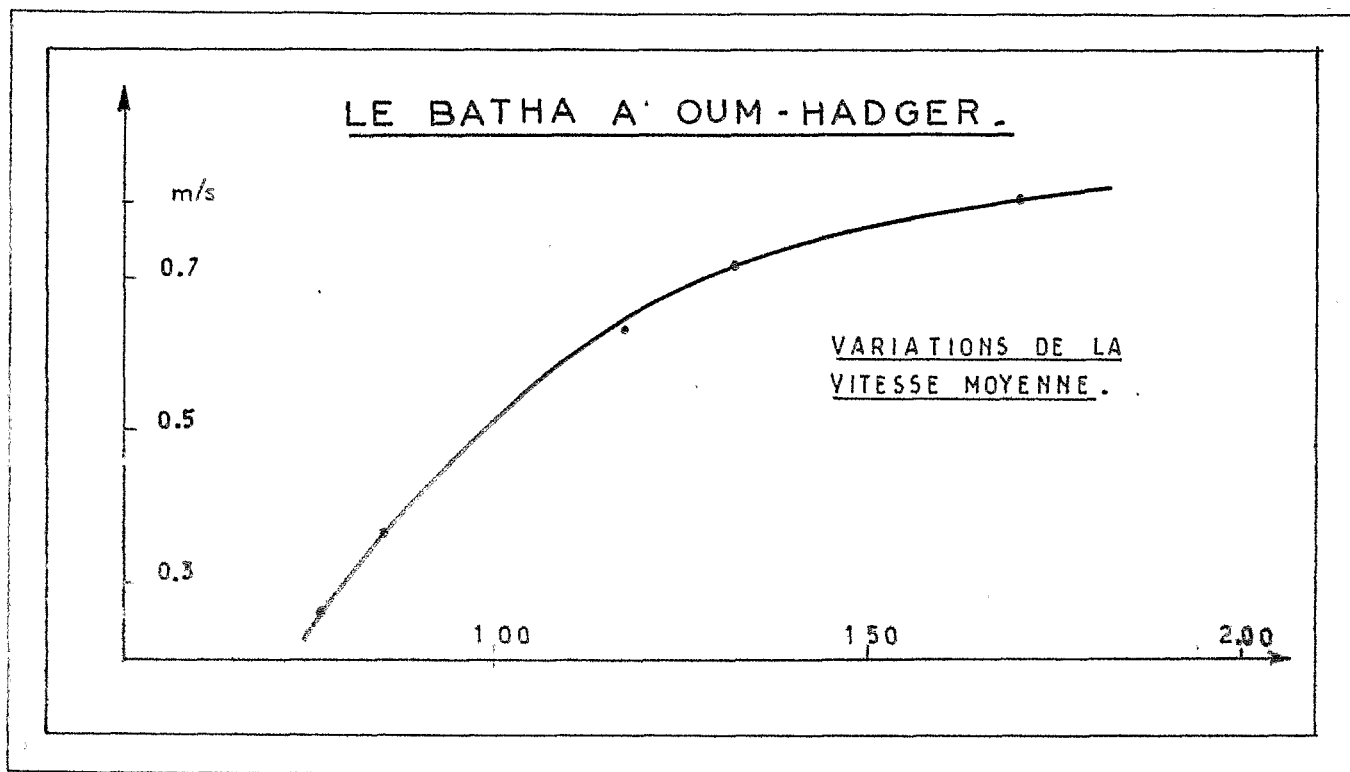
Hauteur maximum	=	3,15 m
Débit maximum	=	470 m ³ /s

L'examen de la crue de 1960 montre que même en année très sèche l'écoulement reste permanent et dure environ 2 mois. Au cours de cette crue le débit s'est maintenu entre 10 et 57 m³/s.

Vitesses : Le graphique n° 7018 montre la répartition des vitesses pour une cote à l'échelle de 1,70 m. La section se trouve un peu en amont de l'échelle. La vitesse maximum atteint 1,17 m/s pour une vitesse moyenne de 0,80 m/s.

.../...

Voici la variation de la vitesse moyenne :



Les vitesses maxima atteintes au cours de la crue décennale seraient de l'ordre de :

1,05 m/s pour la vitesse moyenne.

1,50 m/s pour la vitesse maximum.

BATHA à OUM HADJER

le 2 - 8 - 1958

H = 1.70 m

Q = 131 m³/s

L = 87 m

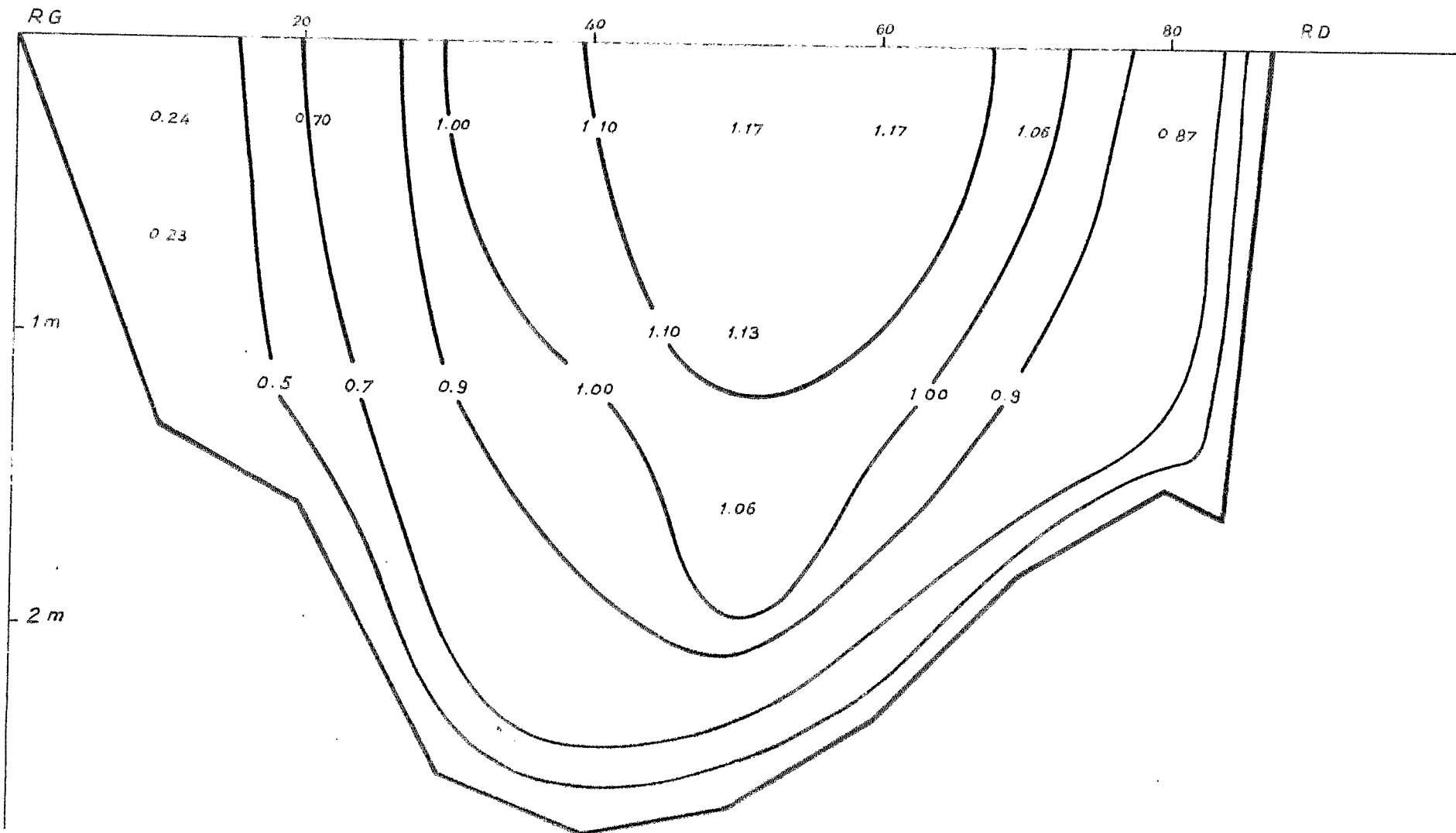
S = 164 m²

S/L = 1.88 m

Vmax = 1.17 m/s

Vmoy = 0.80 m/s

RH = 1.80 m



CRT 7018

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED

1°

LE: 25-2-61

DES: L Tréhou

VISA

TUBE N°

H

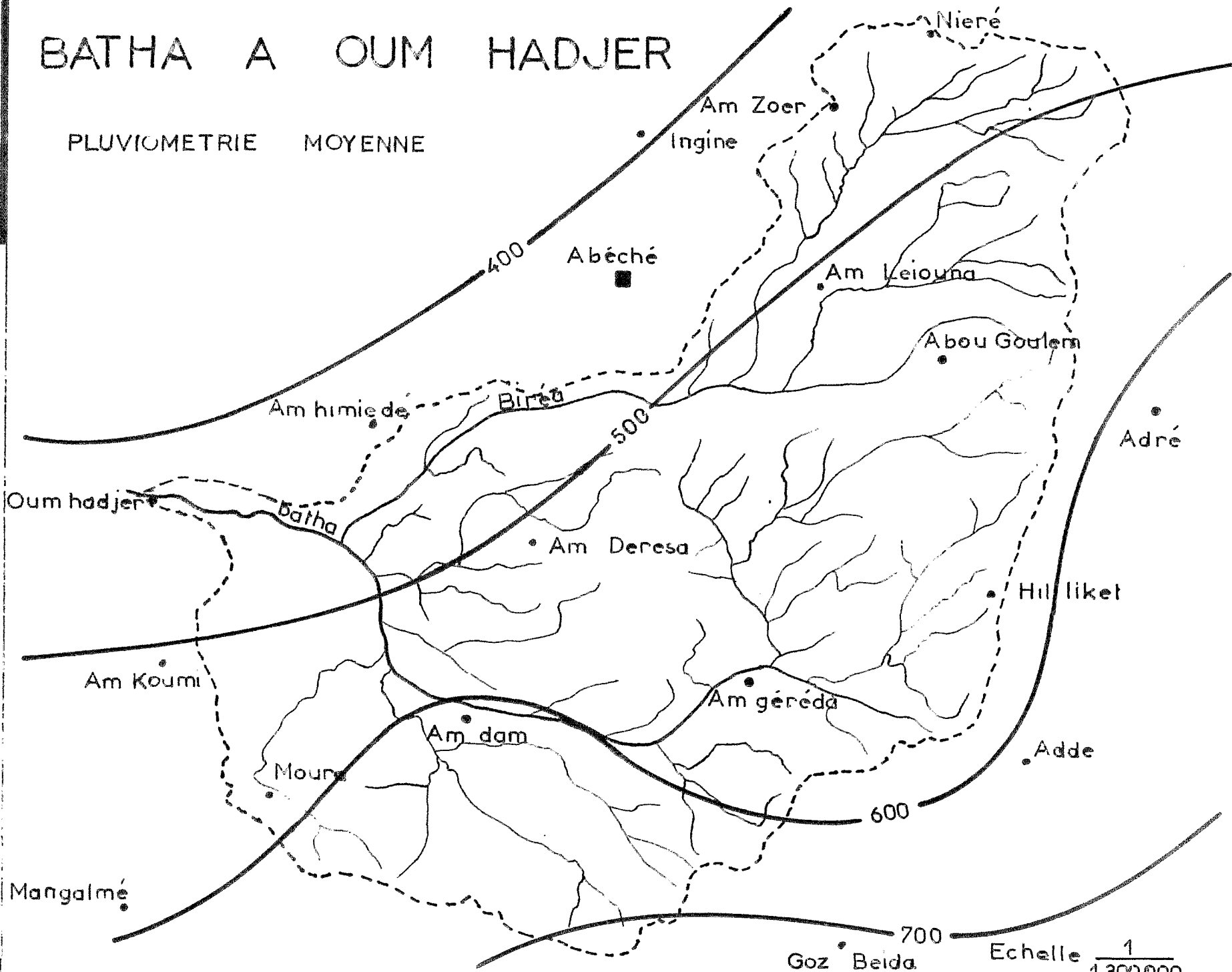
CRT 7023

BATHA A OUM HADJER

PLUVIOMETRIE MOYENNE

ED:

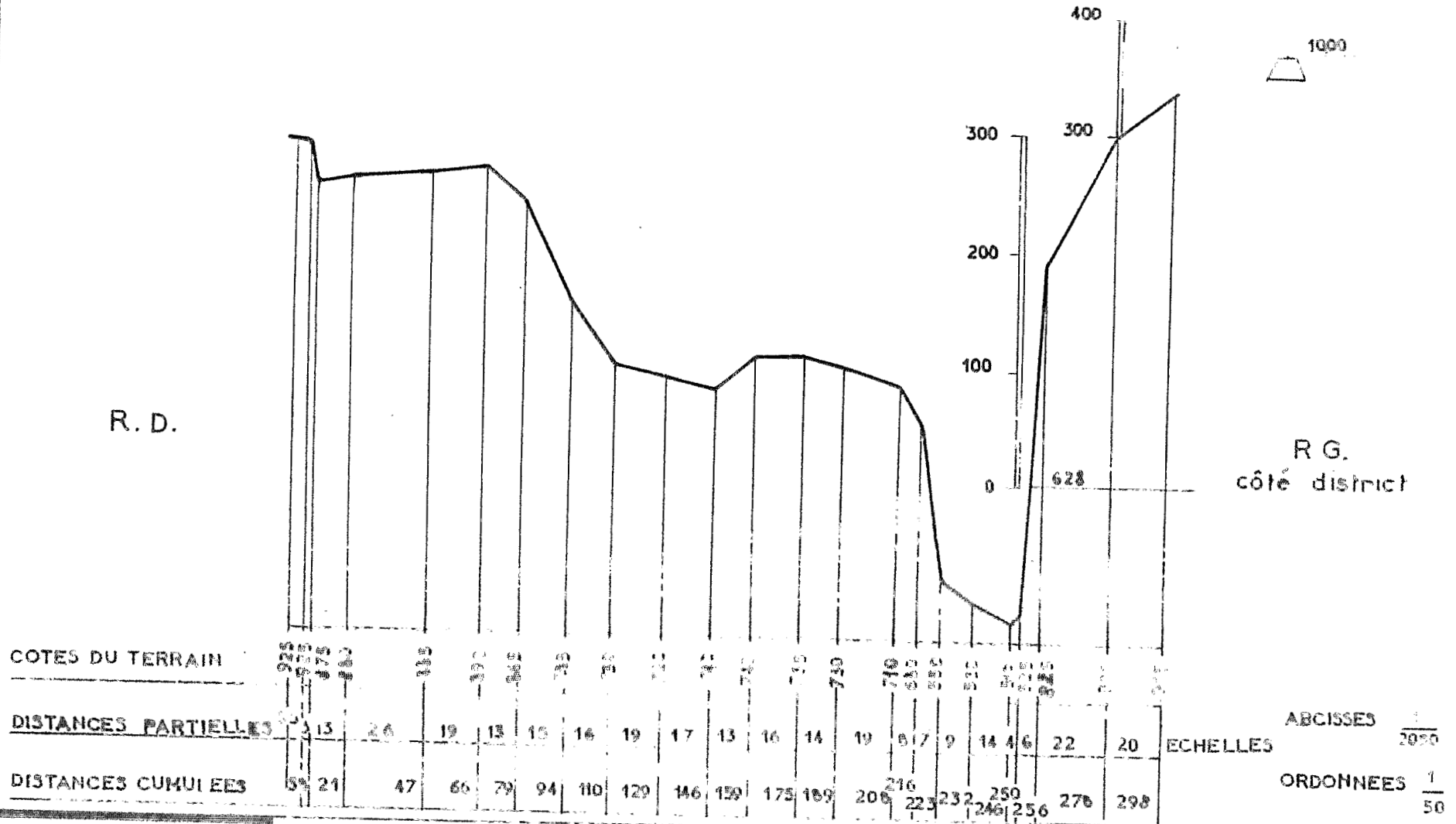
ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
LE 6.3.61
DES: Boulin
VISA:
TUBE:



700
Goz Beida Echelle $\frac{1}{1300000}$

BATHA OUM HADJER

PROFIL EN TRAVERS A L'ECHELLE



CRT 7024

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 4.3.61

DES: BOULIN

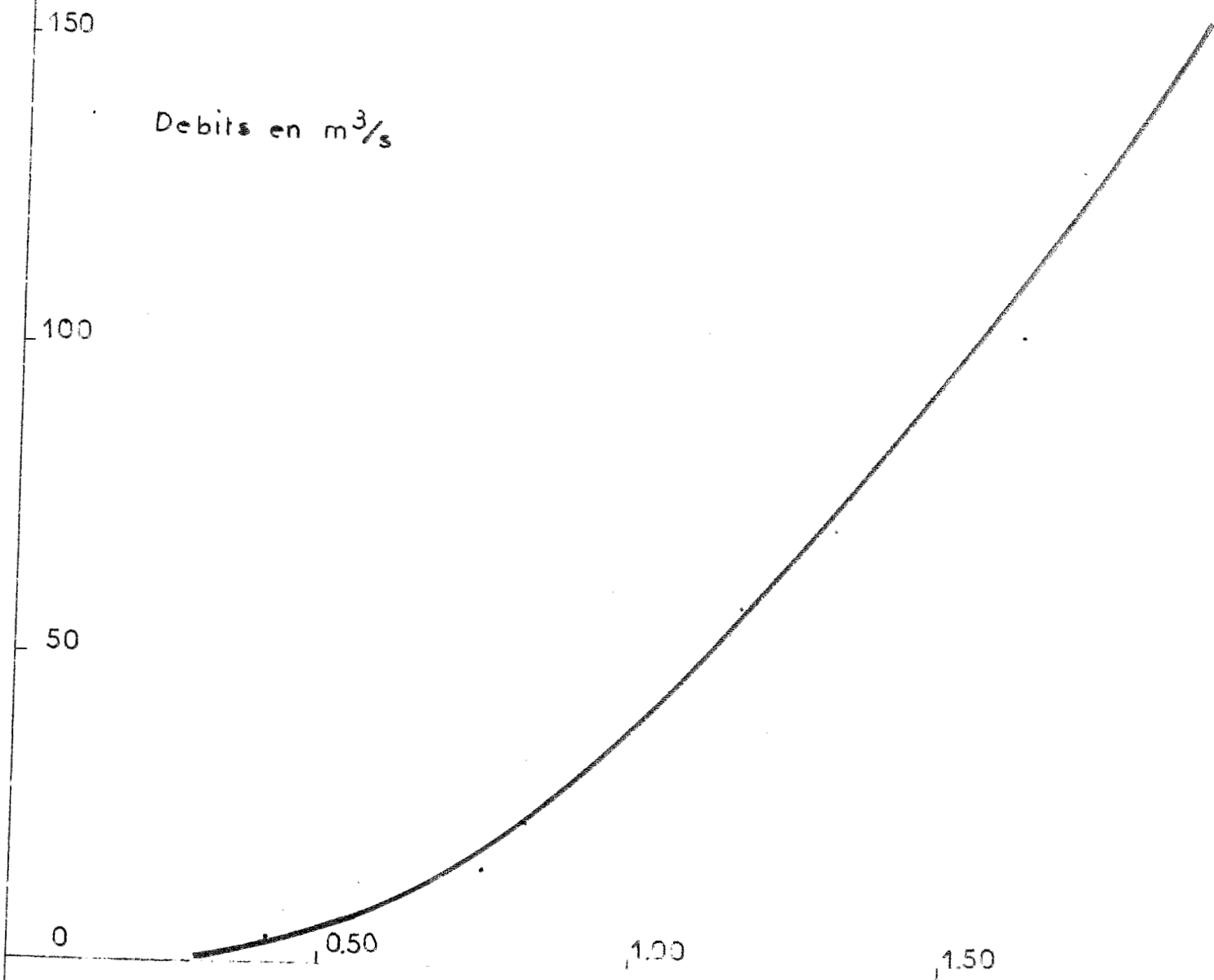
VISA:

TUBE N°

BATHA A OUM HALJER

COURBE D'ETALONNAGE

Debits en m^3/s



CRT 7.044



ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE 15.4.61 DES Boulin

VISA:

TUBE N:

VIII -  AHR  ARA

Le Bahr SARA, appelé OUHAM dans sa partie supérieure, a son origine dans les monts KARRE, KAYAGANGIRI dont l'altitude est supérieure à 1500 mètres et qui s'étirent sur plus de 50 km.

Jusqu'à BOSSANGOA il se dirige vers l'Est, puis vers le Nord en passant à BATANGAFO, MOISSALA pour se jeter dans le CHARI près de FORT-ARCHAMBAULT après un parcours de 850 km.

Jusqu'à BATANGAFO, l'OUHAM est alimenté essentiellement par des affluents de rive droite, le BA, le FAFI venant des régions situées au Sud de l'OUHAM et dont la pluviométrie se situe entre 1400 et 1700 mm en moyenne. A partir de BATANGAFO, il n'y a pratiquement plus d'affluents de rive droite; ceux de rive gauche sont beaucoup moins abondants, car leurs bassins ne reçoivent que 1000 à 1300 mm par an.

Bassin Versant

A N'GABOU il s'étend sur 79.000 km², et sur 80.000 km² au bac de MANDA. L'hypsométrie du bassin est approximativement la suivante :

4 % au-dessus de 1000 m

57 % de 500 à 1000 m

39 % de 355 à 500 m

Au confluent avec le CHARI la cote est voisine de 355 m. La pente du fleuve est du même ordre que celle du CHARI; c'est-à-dire 10 à 12 cm par km.

L'ensemble des terrains est imperméable. Ce sont pour 90 % du bassin des gneiss et granites avec une couverture latéritique qui prend de plus en plus d'importance à mesure que l'on va vers le Sud.

PLUVIOMETRIE

Une trentaine de station ONM réparties sur le bassin et sa périphérie permettent, de façon inégale d'ailleurs, de connaître la pluviométrie. Mais seules onze stations sont suivies depuis suffisamment de temps pour permettre des comparaisons interannuelles.

En comparant la pluviométrie moyenne obtenue en faisant la moyenne de ces onze stations, on constate (tableau page suivante) que les valeurs restent assez groupées autour de la valeur moyenne. Les écarts sont faibles : 11 % en 1953, année la plus sèche de la période considérée, et 12 % pour 1955, année la plus humide.

Le planimétrage des isohyètes, possible pour les années 1954 à 1958, donne des résultats peu différents de ceux obtenus par la simple moyenne arithmétique. Les graphiques n° 7048 et 7049 montrent la répartition des pluies en 1955, année très humide, et 1957, année assez sèche.

.../...

STATIONS	-1951-	-1952-	-1953-	-1954-	-1955-	-1956-	-1957-	-1958-	-1959-	-1960-	Moyenne - 10 ans -
FORT-ARCHAMBAULT	1171	1128	881	1200	1214	993	1091	1008	1323	1114	1112
KOUMRA	1020	1125	1012	874	1085	981	1083	1053	928	1015	1018
DOBA	1002	1103	1279	1460	1475	928	975	1132	1335		1175
MOISSALA	980	1051	1294	972	1145	1146	1039	1476	1222	897	1122
BATANGAFO	1316	1059	1084	1904	1532	1564	1513	1197		1345	1390
BOSSANGO	1154	1375	1087	1442	1776	1655	1791		1639	1451	1485
BOUAR	1585	1736	1235	2027	2130	1376	1360	1421	1666	1625	1616
BOUCA	1422	1397	1210	1389	1640	1420	1564	1238	1318	1523	1412
BOZOOM	1267	1539	1322	1706	1434	1319	1177	1220	1696	1437	1412
FORT-CRAMPEL	1466	1439	1375	1174	1594	1526	1570	1187	1205	1398	1393
FORT-SIBUT	882	1449	1106	1403	1218	1528	1474	1215	1349	1818	1344
Moyenne	1206	1309	1171	1413	1478	1312	1326	1215	1368	1362	1316
Planimètrage (1)				1385	1506	1425	1270				

(1) Pluviométrie moyenne par planimètrage des isohyètes -

A) Bahr SARA à MANDA

Pour relier FORT-ARCHAMBAULT à KOUIRA ou FORT-LAMY deux emplacements ont été envisagés pour la traversée du Bahr SARA : KEMRIMBE et N'GABOU, respectivement à 10 et 30 km en amont du bac de MANDA, ce dernier emplacement ne faisant pas partie du programme d'étude.

Actuellement les véhicules empruntent le bac de MANDA. La plaine d'inondation s'étend sur environ 5 km de large et la route la traverse en digue. Mais la hauteur de cette digue n'est pas suffisante et dès que la cote à MANDA dépasse 5 m à 5,50 m la digue est submergée; or cette éventualité s'est tout de même produite 4 fois au cours des 10 dernières années et la hauteur d'eau sur la digue a dépassé 1 mètre pendant la crue 1955. Un profil de la digue serait nécessaire pour préciser la portion de digue inondée, pour une cote de 6,32 m en 1955, elle est de l'ordre de 3,500 km. Une surélévation relativement importante de la digue est donc indispensable si l'on veut assurer un trafic permanent.

Bien que l'emplacement de MANDA ne soit pas au programme de la convention nous sommes amenés à nous y intéresser car c'est le seul emplacement où les jaugeages du Bahr SARA soient possibles en hautes eaux avec une bonne précision. En effet, toute la plaine d'inondation est barrée par la route-digue et jusqu'à la cote 5,50 m la majeure partie du débit passe par le lit principal qui fait 300 m de large.

En très hautes eaux les mesures de débit sur la digue seront encore assez précises alors qu'à KEMRIMBE ou N'GABOU l'importance de la zone inondée ne laisse aucun espoir d'avoir des mesures de bonne qualité.

L'échelle de MANDA est lue depuis 1951 ce qui permet une bonne connaissance du régime et des débits maxima. Les autres emplacements, KEMRIMBE et N'GABOU sont suffisamment rapprochés de MANDA pour que l'on puisse y transposer la plupart des résultats.

.../...

HYDROLOGIE

Le régime du Bahr SARA est tropical de transition. Il correspond à une pluviométrie annuelle de 1300 à 1500 mm, ce qui est le cas de la plus grande partie du bassin. Seul le Nord est un peu moins arrosé avec 1100 à 1200 mm.

Si la pluviométrie moyenne se maintient vers 1400 mm, les précipitations en année forte peuvent localement dépasser 2000 mm.

A BOUAR il y a eu :

2027 mm en 1954

2130 mm en 1955

L'écoulement comprend une période de hautes eaux qui dure 4 à 5 mois, de Juillet à Décembre, et une période de basses eaux pendant les 7 à 8 mois qui suivent.

Hautes eaux

Le maximum de la crue se produit en général en Octobre. De 1953 à 1956, il se trouve situé entre le 15 et le 24 Octobre. En 1957 et 1958, années faibles, le maximum a lieu beaucoup plus tôt, Septembre, mais en 1959 et 1960, le prolongement de la saison des pluies le repousse fin Octobre et début Novembre.

Certaines années la crue présente 2 pointes séparées par 1 mois d'intervalle :

Année	1 ^o max.	2 ^o max.
1951	9 Septembre	18 Octobre
1954	24 Septembre	24 Octobre
1956	21 Septembre	18 Octobre
1960	2 Octobre	3 Novembre

.../...

Il semble que les années 1957 et 1958 auraient dû en année normale avoir également 2 pointes. La première crue est apparue en Septembre comme pour d'autres années; mais la deuxième montée des eaux a été, soit escamotée, 1958, soit passablement tronquée en 1957.

Les débits du mois le plus fort varient de :

12,5 l/s/km² Octobre 1957

à

33 l/s/km² Octobre 1955

Basses eaux

Les relevés journaliers de l'échelle de LLANDA sont souvent incomplets et sur 10 années d'observations, 4 seulement sont utilisables pour les débits d'étiage. D'autre part, la courbe d'étalonnage pour les cotes allant jusqu'à 1,00 m peut changer d'une année à l'autre; il faudrait donc des jaugages en basses eaux chaque année pour préciser la position de la courbe aux faibles débits.

Pour les débits minima observés, les seuls résultats sûrs se limitent à :

1951 Etiage		de l'ordre de	35 m ³ /s
1953 Etiage les 4-5 Mai	H = 0,16	Q =	70 m ³ /s
1955 Etiage le 12 Mai	H = 0,38	Q =	92 m ³ /s

Dans l'ensemble les très basses eaux durent 4 à 6 semaines en Avril et Mai. Les débits du mois le plus faible sont :

56 m ³ /s	en 1951	soit	0,7 l/s/km ²
94 m ³ /s	en 1953	soit	1,2 l/s/km ²
126 m ³ /s	en 1955	soit	1,6 l/s/km ²

Ce sont les chiffres que l'on rencontre habituellement sur les grands bassins soumis à ce régime.

Débits

L'échelle de MANDA, installée par l'O.R.S.T.O.M. en 1951, a été étalonnée par jaugeages depuis la cote 0,27 m jusqu'à 4,64 m.

Date	15.5	1.11	3.2	28.12	8.6	5.12	7.10
	-1951-	-1952-	-1953-	-1954-	-1955-	-1955-	-1960-
H m	0,27	3,95	0,64	1,59	0,56	2,97	4,64
Q m ³ /s	45	1120	152	322	124	732	1604

Le dernier jaugeage à la cote 4,64 m a été effectué en 1960, soit 5 ans après les derniers jaugeages. Si nous plaçons ce point sur la courbe d'étalonnage de 1955, il se trouve nettement en dessus de la courbe qui indiquerait pour la même cote un débit de 1400 m³/s.

Mais ce jaugeage de 1960 est confirmé par un autre jaugeage effectué le 8 Octobre 1960 à KERIRIBI à quelques km en amont de MANDA et qui, pour une cote à MANDA de 4,62 m, a donné 1548 m³/s sans la plaine d'inondation, donc un résultat très voisin de celui qui fut obtenu à MANDA. On peut donc considérer comme assez sûr le jaugeage effectué à la cote 4,64 m. On peut en déduire que la courbe d'étalonnage s'est modifiée depuis 1955 ou alors, autre possibilité, que la courbe s'élève plus rapidement à partir de 4,00 m. Or de 1952 à 1955 la courbe de tarage n'a pas varié. Malgré les 2 fortes crues de 1954 et 1955, nous penchons pour la deuxième hypothèse.

Crues maxima

Elles ont été étudiées par Monsieur BERNHELOT dans une note "Crues exceptionnelles du Bahr SARA" où il a mis notamment en correspondance les débits maxima observés à MANDA avec ceux du LOGONE à LAI et ceux du CHARI à FORE-ARCHAMBAULT.

Les observations s'arrêtaient en 1956 mais avec 4 années supplémentaires, nous constatons que, mis à part 1959, la variation des débits aux stations de LAI et MANDA est toujours en bon accord.

Voici le tableau des hauteurs et débits maxima à MANDA avec la courbe d'étalonnage 1955 utilisée par Monsieur BERTHELOT et celle de 1960 qui donne des débits plus élevés à partir de la cote 3,50 m.

Années	Hauteurs à MANDA	Débits à MANDA Etalonnage 1955	Débits à LAI m^3/s	Débits à MANDA Etalonnage 1960
1951	4,61	1425	1510	1507
1952	4,99	1615	2468	1770
1953	4,52	1380	1790	1450
1954	5,67	2000	1780	2265
1955	6,32	2450	3750	2835
1956	5,64	1940	3200	2240
1957	3,94		1927	1135
1958	4,29		2194	1325
1959	4,52		3050	1450
1960	5,34		2460	2020

La corrélation avec LAI avait permis en 1956 à Monsieur BERTHELOT d'estimer le débit maximum moyen du Bahr SARA à $1680 m^3/s$, ce qui, avec la nouvelle courbe d'étalonnage, donne $1850 m^3/s$. Or, si nous faisons la moyenne des 10 années 1951 à 1960, la moyenne des débits maxima s'établit à $1810 m^3/s$ contre $1840 m^3/s$ indiqués par la corrélation avec la station de LAI. Les chiffres obtenus sont donc semblables et cette similitude fait admettre que la crue de 1955 à MANDA correspond, comme pour LAI, à un temps de récurrence de 15 à 20 ans au moins.

.../...

Avec la modification de la courbe d'étalonnage, la crue de 1955 atteint 2830 m³/s alors qu'elle était estimée à 2450 m³/s. L'augmentation est de 400 m³/s environ, ce qui est assez considérable. Cependant cette estimation est acceptable si l'on considère que pour cette même année, le débit maximum à MOISSALA, qui est une station située à 120 km en amont de MANDA, a été de 3500 m³/s.

Pour la crue centenaire, le principe d'évaluation de la crue reste valable. Le rapport entre la crue à période de retour de 100 ans et la crue médiane est égal à 1,42 à FORT-LAMY et 1,60 à FORT-ARCHAMBAULT; Monsieur BERTHELOT avait admis une valeur de 1,7 pour le Bahr SARA au bac de MANDA, valeur que nous conserverons. La réévaluation de la crue moyenne nous conduit, pour la crue centenaire, à adopter le chiffre de :

$$\underline{3300 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Dans sa note sur les crues du Bahr SARA, Monsieur BERTHELOT avait estimé la cote de la crue centenaire à 7,20 m. Mais cette cote a été obtenue en extrapolant la courbe d'étalonnage de 1955 presque linéairement sans tenir compte de la submersion de la digue à partir de la cote 5,50m. Mais pour la cote 6,32 m la digue est déjà submergée sur 3600 m, la section mouillée de la lame déversante étant de l'ordre de 1350 m². En procédant par approximations successives, Monsieur BERTHELOT a établi alors la cote de la crue centenaire à 6,54 m.

Corrélation Pluie - Débits maxima et Volumes écoulés

Si nous mettons en correspondance la pluie moyenne sur le bassin, les débits maxima annuels et les volumes des crues, nous obtenons :

Années	-1951-	-1952-	-1953-	-1954-	-1955-
Pluie moyenne mm	1206	1309	1171	1385	1506
Débits max. m ³ /s	1507	1770	1450	2265	2835
Volumes 10 ⁹ m ³			10,7	16,6	21,6

.../...

Années	-1956-	-1957-	-1958-	-1959-	-1960-
Pluie moyenne mm	1425	1270	1215	1368	1362
Débits max. m ³ /s	2240	1135	1325	1450	2020
Volumes 10 ⁹ m ³	18,7	11,0	10,1	11,4	15,5

En 1951 et 1952 les relevés sont incomplets et ne permettent pas de calculer le volume de la crue.

Le volume pris en considération ici est celui de la crue, c'est à dire celui écoulé de Juillet à Décembre inclus (graph. n° 7052).

Il aurait été plus normal, évidemment, de prendre le volume écoulé au cours de l'année entière, mais la plupart du temps les relevés sont incomplets et n'ont pas été effectués en basses eaux, ce qui rend impossible le calcul du volume annuel.

Notons cependant que les volumes écoulés de Janvier à Juin ne représentent qu'une petite fraction du volume total. Si on classe les crues par volumes annuels croissants, l'adjonction des volumes écoulés en période de basses eaux ne modifiera pas le classement établi en ne tenant compte que des volumes écoulés de Juillet à Décembre.

La corrélation pluie-débits maxima est bonne, et mise à part les années 1957 et 1959, la dispersion n'est pas très grande.

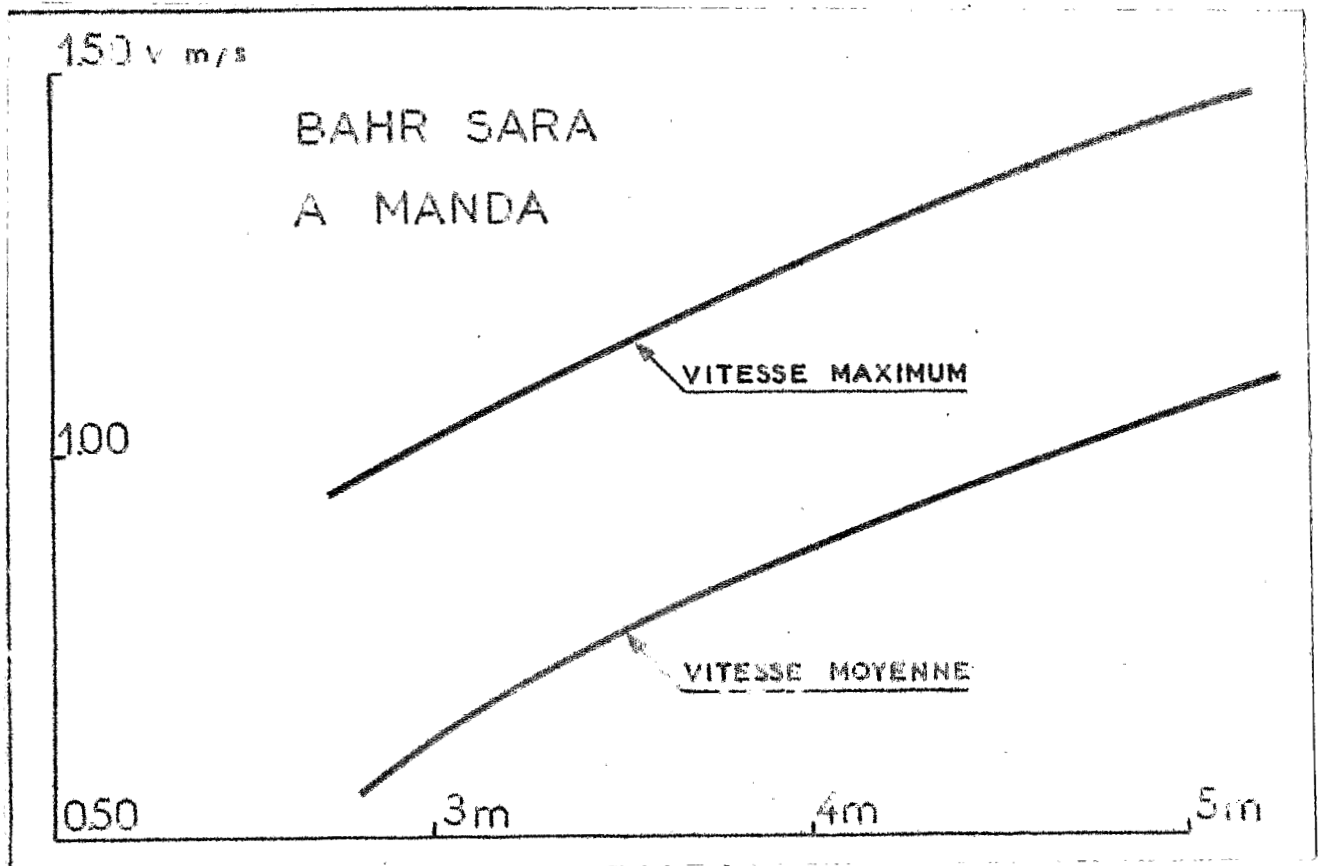
Dans la relation pluie-volumes des crues, nous obtenons une droite avec, cette fois encore, l'année 1959 nettement en dehors de la courbe. Les 4 plus fortes années par contre se trouvent très bien alignées.

.../...

Vitesses

Les vitesses maxima et moyennes des 3 jaugeages effectués aux cotes les plus élevées dans le chenal principal sont :

: Hauteur à l'échelle	: 2,97	: 3,95	: 4,64	:
: Vitesse max. m/s	: 1,01	: 1,23	: 1,36	:
: Vitesse moyenne. m/s	: 0,61	: 0,85	: 0,99	:



Les vitesses varient régulièrement, l'extrapolation des courbes donne la crue centenaire environ :

$$\text{Vitesse moyenne} = 1,15 \text{ m/s}$$

$$\text{Vitesse maximum} = 1,60 \text{ m/s}$$

Ces vitesses s'entendent pour le chenal principal, non compris les déversements sur la digue.

Par le calcul, si nous admettons que la pente du fleuve reste la même, la vitesse est alors proportionnelle à la racine carrée du rayon hydraulique. Les vitesses obtenues pendant la crue centenaire sont alors :

$$V \text{ maxima} = 1,36 \sqrt{\frac{7,55}{5,65}} = 1,58 \text{ m/s}$$

$$V \text{ moyenne} = 0,99 \sqrt{\frac{7,55}{5,65}} = 1,15 \text{ m/s}$$

Pour le jaugeage effectué à la cote la plus élevée, 4,64 m, nous avons $V \text{ moy.} = 0,99 \text{ m/s}$.

En appliquant la formule de BAZIN, nous avons alors

$$V = C \sqrt{Ri} \quad \text{d'où} \quad C = \frac{V}{\sqrt{Ri}}$$

La pente du Bahr SARA à MANDA est de l'ordre de 10 cm par km. Mais cette station est proche du confluent du CHARI et la pente du Bahr SARA à MANDA dépendra du niveau du CHARI.

Le jaugeage à la cote 4,64 m s'est déroulé alors que depuis plusieurs jours le Bahr SARA était en décrue et le CHARI en crue. La pente du Bahr SARA était donc inférieure à la normale et nous la prendrons égale à 8 cm par km.

.../...

$$C = \frac{0,99}{\sqrt{5,65 \times 8 \times 10^{-5}}} = 47$$

Cette valeur est évidemment approchée puisque nous ne connaissons pas la valeur exacte de la pente au moment du jaugeage.

$$C = \frac{87}{1 + \frac{a}{\sqrt{R}}} \quad \text{on en tire :}$$

$$a = 0,85 \sqrt{R} = 2,0 \quad \text{valeur normale pour ce genre de rivière.}$$

Formule de Strickler

$$V = K \times R^{1,5} \times i^{0,5}$$

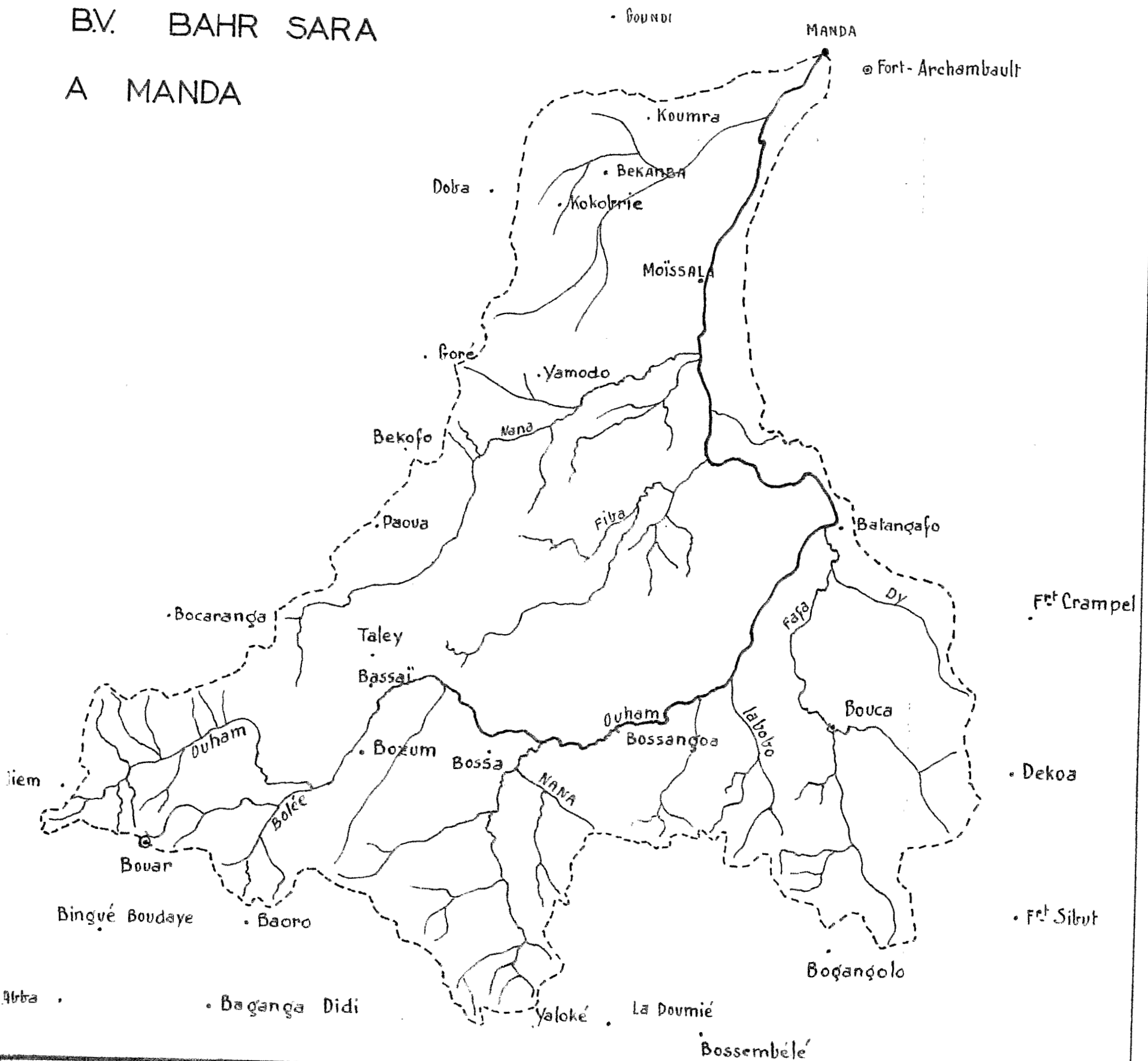
Avec $R = 5,65$ m et $i = 8,10^{-5}$ nous obtenons un coefficient :

$$K = 36$$

Valeur également normale.

B.V. BAHR SARA

A MANDA



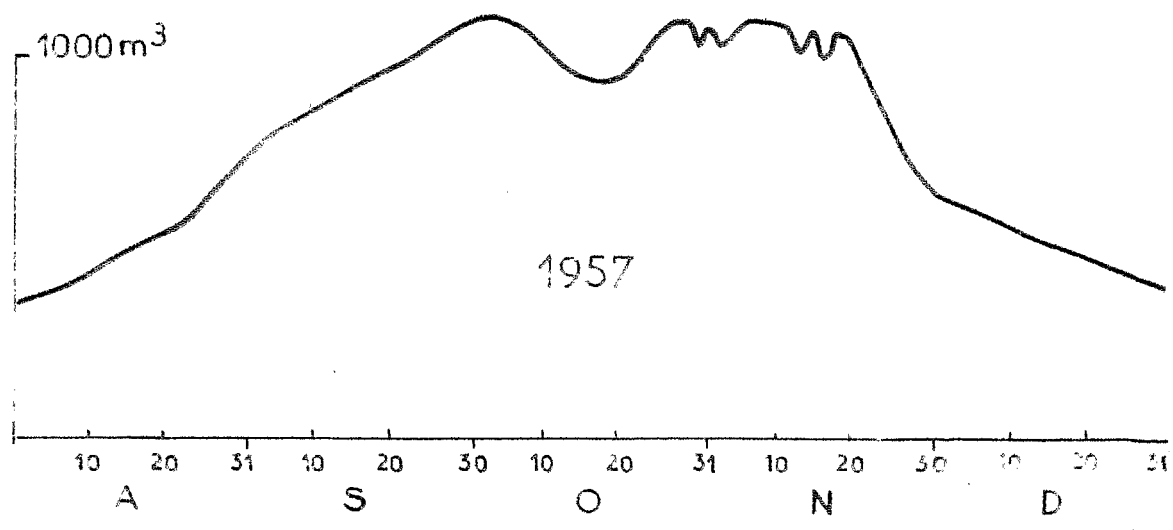
CRT 7026

LE 3.3.61 des B.E.

Echelle

$\frac{1}{2,000,000}$

CRUES DU BAHR SARA
A
MANDA

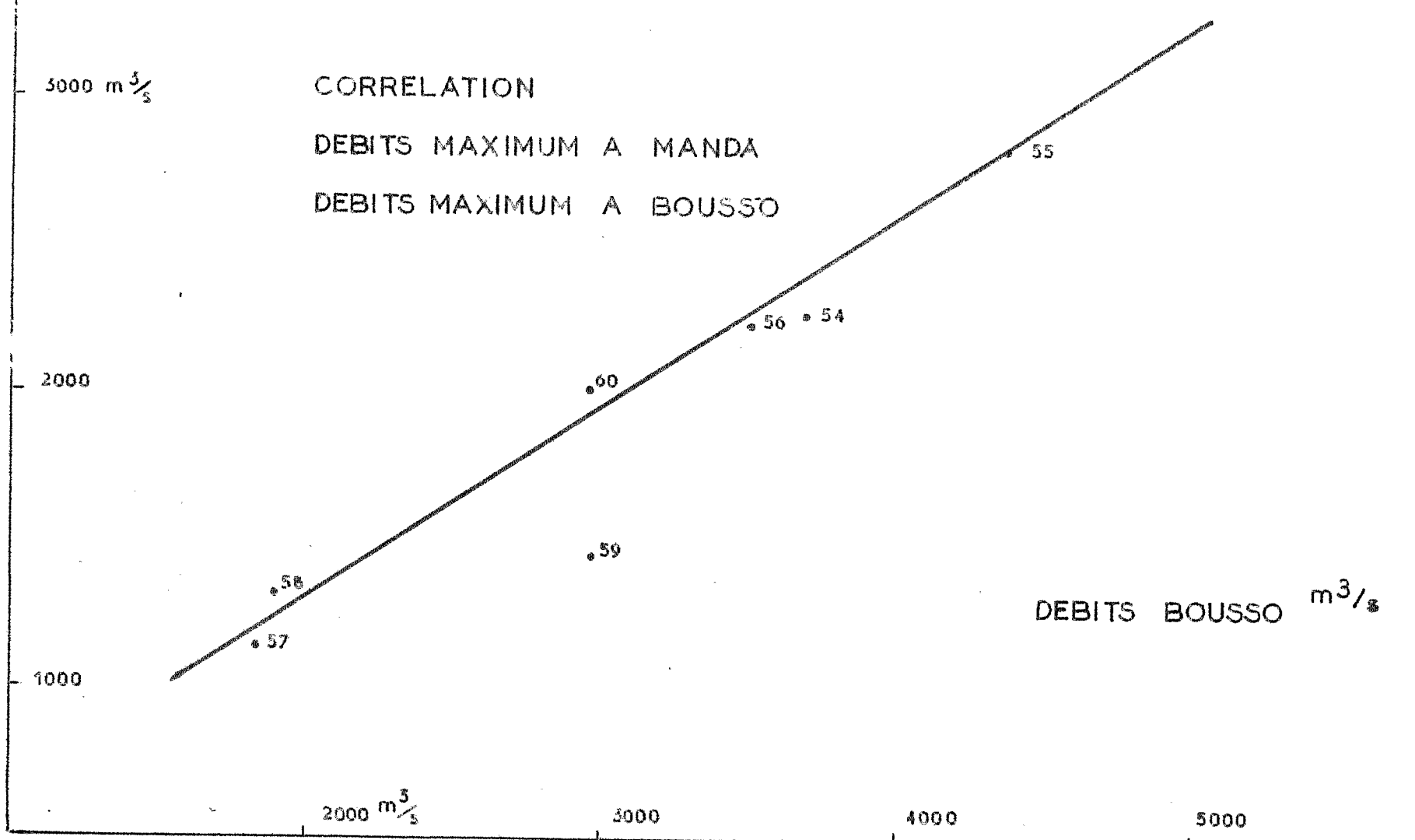


CRT 7042

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 13.4.61	DES: BOULIN	VISA:	TUBE N°
-----	-------------	-------------	-------	---------

DEBITS A MANDA



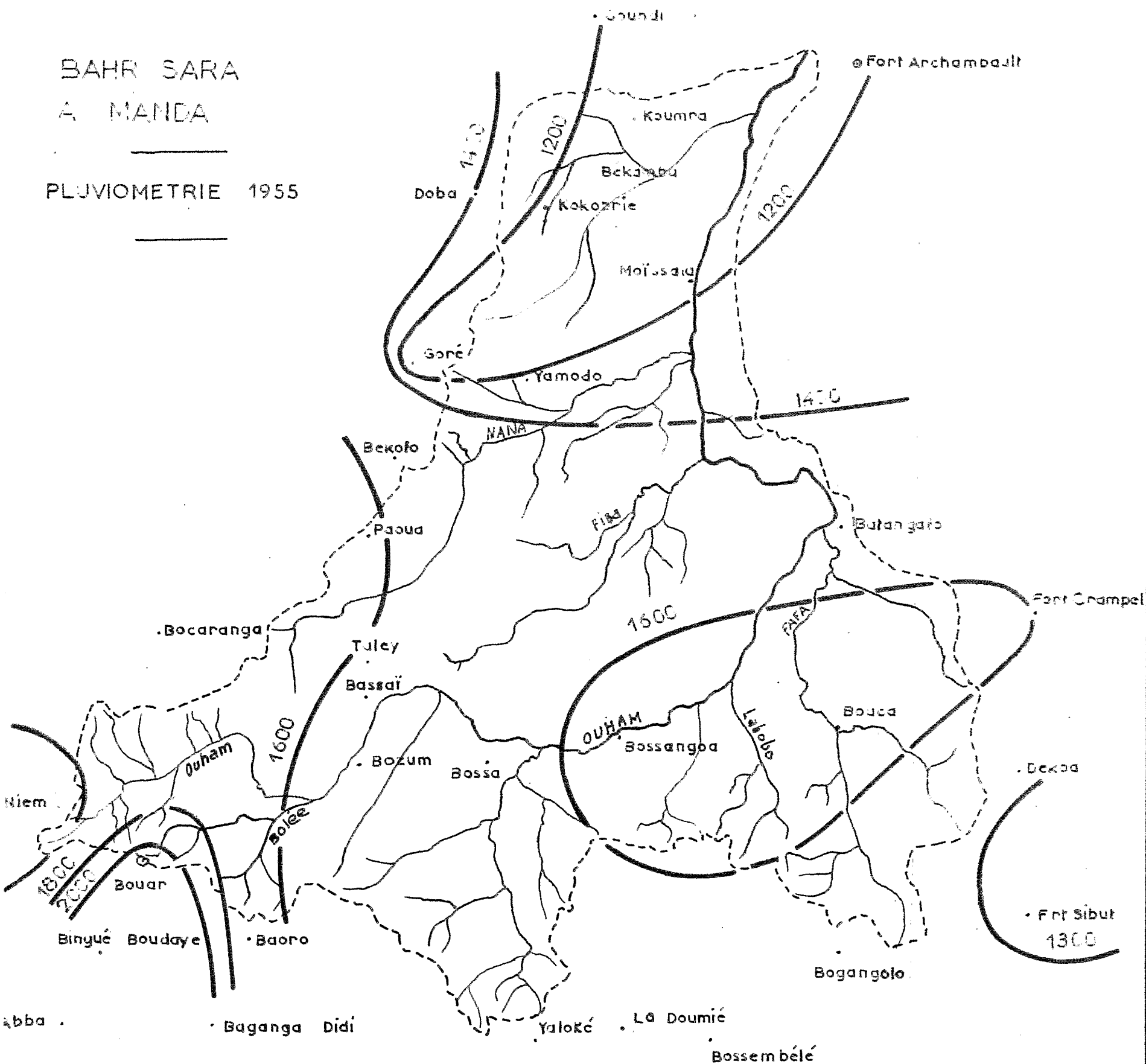
CRT 7045

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 17.4.61	DES: Boulin	VISA:	TUBE N°
-----	-------------	-------------	-------	---------

BAHR SARA
A MANDA

PLUVIOMETRIE 1955



CRT 7048

ORSTOM CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

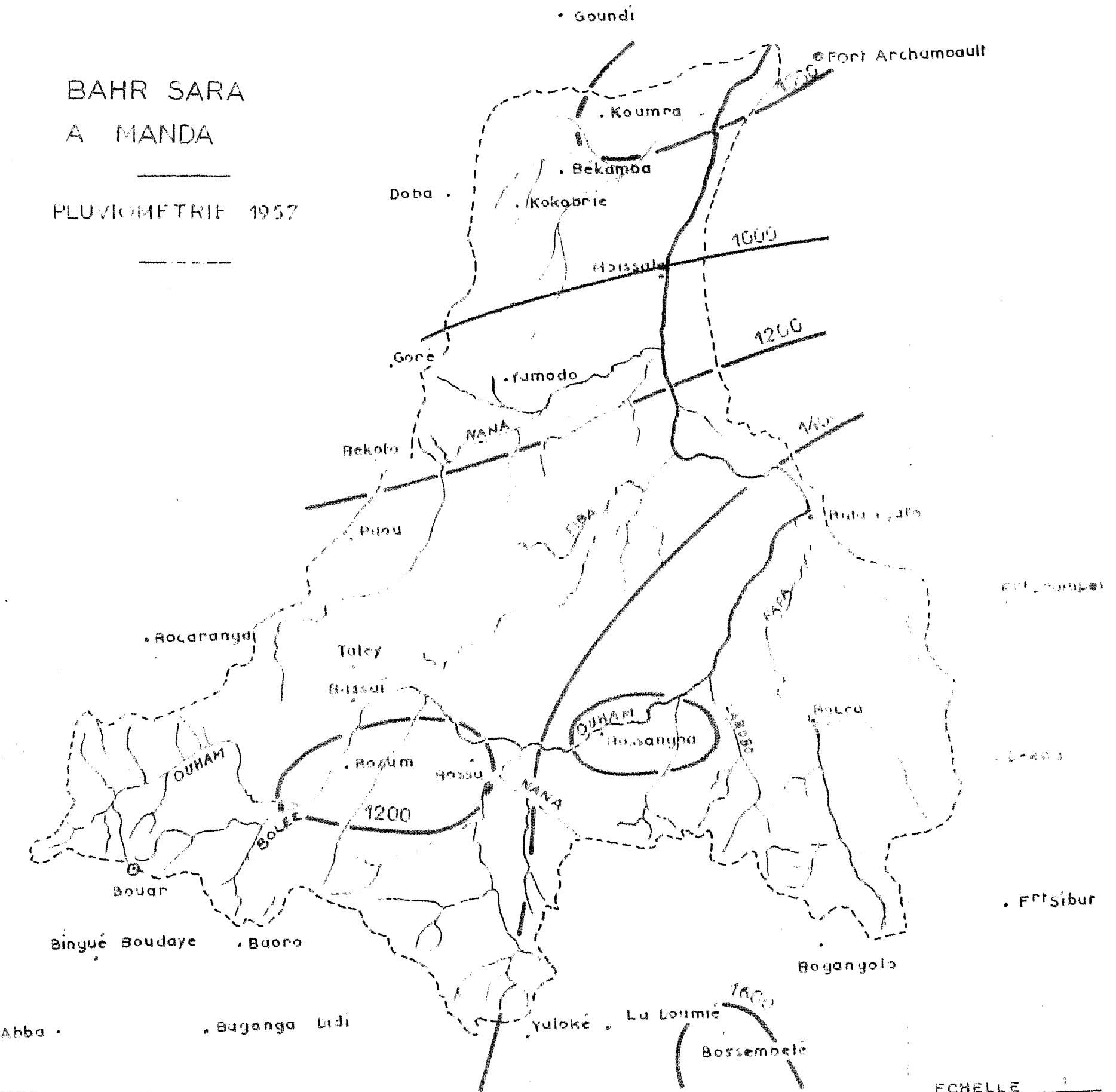
LE 12. A. 61 DES. BOULIN

ECHELLE

1
200 000

BAHR SARA A MANDA

PLUVIOMETRIE 1957



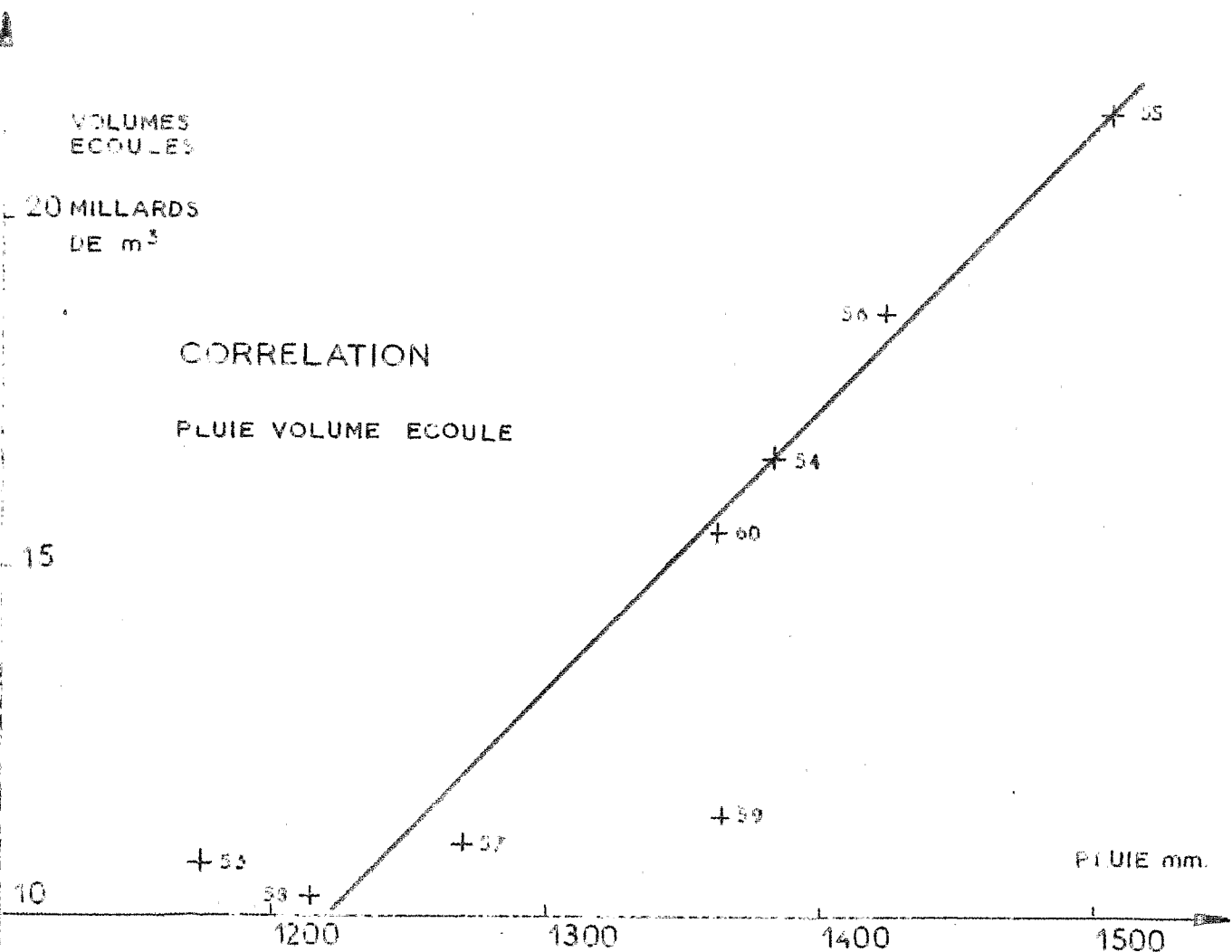
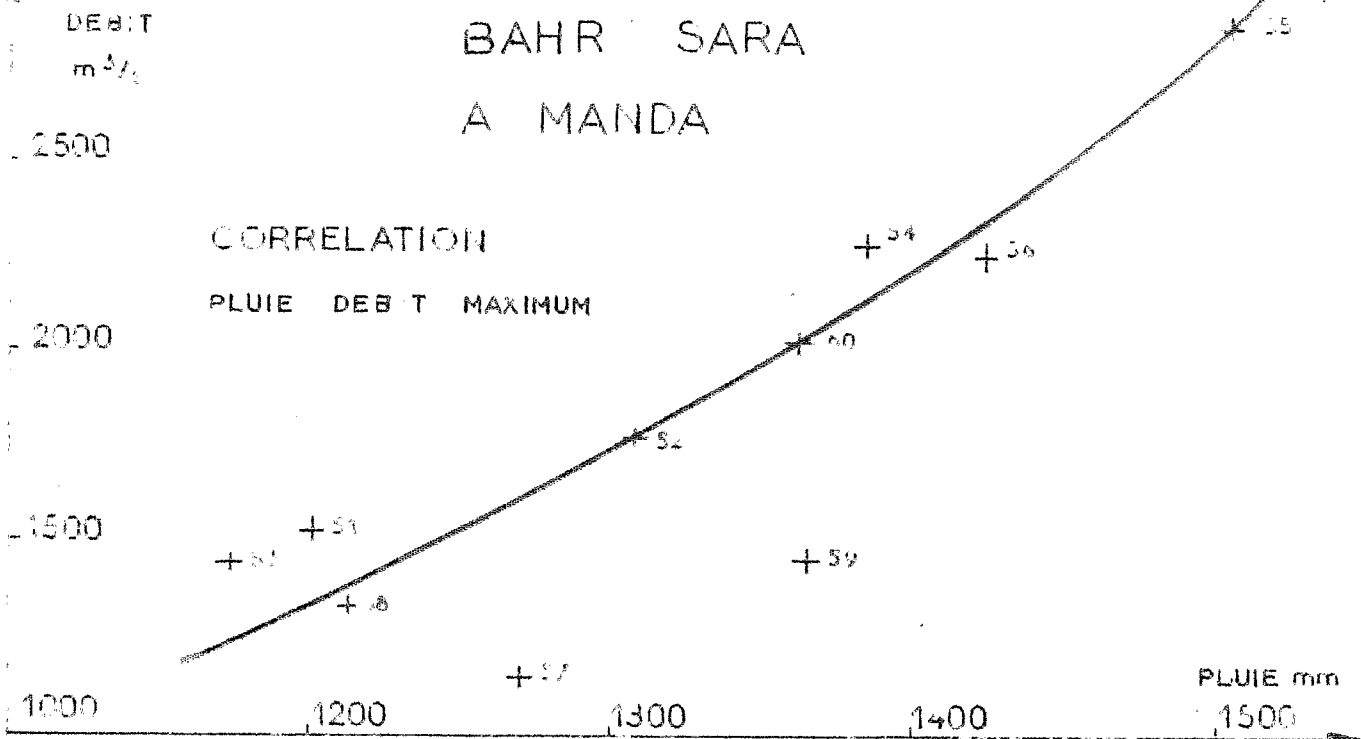
ECHELLE 1/200000

DISTRICT CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

LE 13.4.61 DES. BOULIN

CRT 7049

BAHR SARA A MANDA



ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
 ED. LL 154-61 DES Aboum NISA
 TUBE N°
CRT 7052

B) Bahr SARA à N'GABOU (graph. n° 7050)

Pour franchir le Bahr SARA à N'GABOU la piste traverse d'abord, côté rive gauche, la plaine d'inondation sur près de 1500 m. Abandonnée depuis longtemps, elle est recouverte d'une abondante végétation qui en saison des pluies protège efficacement la digue contre l'érosion. En période de crue la hauteur d'eau moyenne (graph.n° 7056) au-dessus de la digue est de 1,20 m à 1,30 m (crue 1960). Mais les vitesses de l'eau sont faibles et nous ne trouvons que deux brèches, l'une de 4 m de large tout près de la rive gauche; l'autre à 80 mètres de la berge est plus importante, 40 m de large sur 5 à 7 m de profondeur.

La piste se poursuit côté rive droite environ 1 km plus à l'aval. Elle traverse la plaine d'inondation sur sa partie la plus large, sur près de 3 km, alors que, si elle avait été tracée 2 km en amont, sa longueur aurait été réduite de 1500 mètres.

Trois petits ponceaux symboliques et en mauvais état évacuent un débit insignifiant : la majeure partie du débit passe par dessus la route. Enfin au km 2,600, à 400 m de la rive droite du lit majeur, peu après le 3ème pont, nous trouvons un chenal assez important dont le niveau est nettement plus bas que celui de la plaine. Ce chenal sert de collecteur à la plaine d'inondation et évacue les eaux beaucoup plus à l'aval; son rôle dans la protection du village situé environ au km 3,500 (graph. n° 7040) est donc essentiel car la rive droite se trouve à une cote inférieure à la cote atteinte par la crue dans le lit principal. D'ailleurs en hautes eaux on observe un courant qui emprunte la route en direction de la rive droite sur plus d'un kilomètre.

Partout ailleurs le bourrelet de berge est relativement haut et la végétation abondante crée une perte de charge considérable qui limite beaucoup les débits déversés dans la plaine d'inondation.

La cote des plus hautes eaux en 1960 a atteint dans le chenal 10,16 m par rapport à la borne hydro n° 1 posée à côté du village sur la rive droite alors que, sur la rive droite du lit majeur, elle ne dépassait pas 9,25 m. La perte de charge à travers la plaine d'inondation est donc importante puisqu'elle est dans ce cas de 30 cm par km.

Il sera indispensable, si l'on veut aménager cette piste et la rendre permanente, de prévoir un ouvrage au km 2,600 pour le drainage de la plaine d'inondation de la rive droite. A défaut de cet ouvrage, on risque une élévation fâcheuse du niveau d'eau sur toute la largeur du lit majeur.

Comparaison des cotes atteintes à MANDA et N'GABOU

Dates	24.3.61	6.10.60	1 ^o max.	PHE 60
MANDA	0,43	4,64	4,95	5,34
N'GABOU RD. Borne n ^o 1	4,54	9,47	9,78	10,16
N'GABOU RG. Borne n ^o 2	2,29	7,11		7,69
<u>Différence de niveaux</u>	Entre le	Entre le	Entre le	
	24.3.61	6.10.60	1 ^o max	
	et le	et la	et les	
	6.10.60	1 ^o max.	PHE 60	
MANDA	4,21	0,31	0,39	
N'GABOU n ^o 1	4,93	0,31	0,38	
N'GABOU n ^o 2	4,82		0,58	

Les amplitudes extrêmes des niveaux entre les PHE 60 et les basses eaux du 24 Mars 1961 sont un peu différentes; à MANDA l'amplitude est de 4,91 m mais à N'GABOU borne n^o 1 elle atteint 5,62 m, soit 71 cm d'écart. Ceci tient sans doute à la configuration du lit d'étiage et aux irrégularités de la ligne d'eau d'étiage.

Mais par contre, en hautes eaux les amplitudes deviennent absolument semblables, ce qui confirme l'hypothèse de la constance de la pente du fleuve, en période de hautes eaux, entre les deux stations. En effet sur le tableau précédent, nous constatons que :

- Entre le 6 Octobre 1960 et le 1er maximum nous avons un écart de :

0,31 m à MANDA

0,31 m à N'GABOU - Borne n° 1

- Entre le 6 Octobre 1960 et les PHE 1960 nous avons un écart de :

0,70 m à MANDA

0,69 m à N'GABOU - Borne n° 1

Dans les deux cas nous nous trouvons devant une large plaine d'inondation, 4 à 5 km, barrée par une route sur digue submergée en hautes eaux.

Si pour des cotes plus élevées, crue centenaire par exemple, la similitude n'est plus parfaite, la modification des conditions d'écoulement ne se ferait cependant que progressivement et, en admettant à N'GABOU une surélévation du même ordre qu'à MANDA, l'erreur commise restera limitée. Nous estimerons donc la cote de la crue centenaire à :

11,36 m

par rapport à la borne hydro n° 1, le débit étant le même qu'à MANDA, soit :

3300 m³/s

Notons encore que sur les rives du lit majeur l'amplitude des crues, amortie par la plaine d'inondation est moins grande que dans le chenal principal.

.../...

- Entre le 6 Octobre 1960 et les PHE 1960 l'écart est de :

- 0,69 m pour le chenal - borne hydro n° 1
- 0,58 m sur la rive gauche - borne hydro n° 2

Cela ne serait plus vrai si la plaine d'inondation est coupée par une digue.

Vitesse

La graphique n° 703C, montre la répartition des vitesses dans le chenal principal pour une hauteur de :

H = 7,11 m par rapport à la borne ORSTOM n° 2

La vitesse maximum n'est pas très élevée : 1,24 m/s alors que pour des débits analogues elle sera de 1,36 m/s à MANDA et 1,44 m/s à DOBA-KEMRIMBE.

Le courant est fort côté gauche avec une zone de vitesses faibles sur la moitié droite de la section. Aussi la vitesse moyenne est-elle très faible : 0,58 m/s.

Pour la crue centenaire la vitesse maximum sera de :

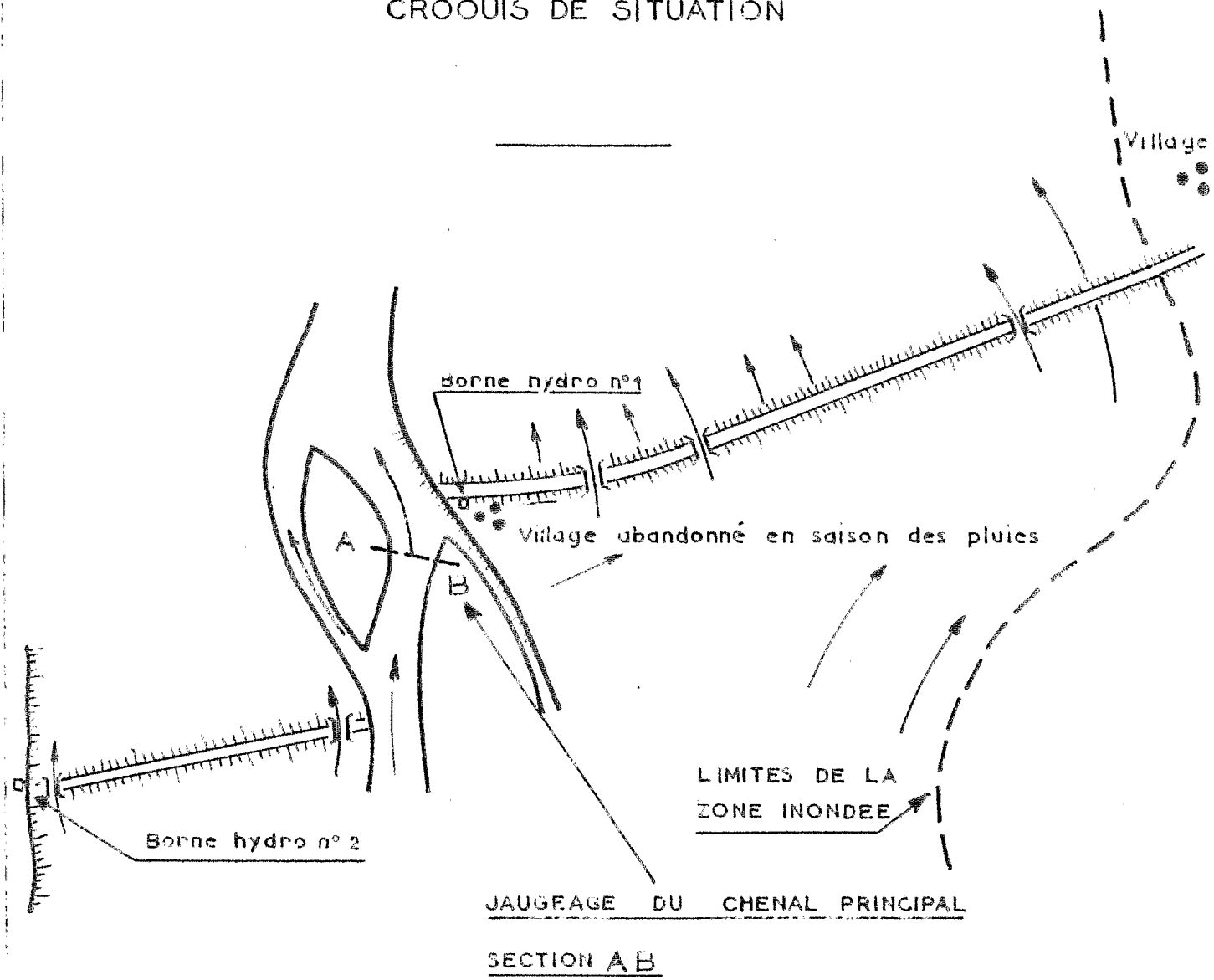
1,45 m/s.

et la vitesse moyenne de :

0,70 m/s.

N'GABOU

CROQUIS DE SITUATION



Echelle $\frac{1}{25000}$

CRT 7050

C) Route de BALIMBA-N'GABOU

Dans le cas où l'emplacement de N'GABOU serait retenu, il a paru intéressant de reconnaître l'état de la route entre N'GABOU et FORT-ARCHAMBAULT et l'importance des zones inondées.

Les 12 et 13 Octobre nous avons effectué une reconnaissance à pied de la route BALIMBA-N'GABOU (graph. n° 7053). En prenant BALIMBA comme origine nous avons rencontré successivement :

Km	0,0	à	Km	4,0	Route sèche.
	4,0	à	4,6	Zone inondée avec une hauteur d'eau de 30 à 40 cm.	
	4,6	à	5,5	Zone sèche.	
	5,5	à	6,6	Zone inondée par 40 cm d'eau. Les plus hautes eaux 1960 se situent à 20 cm environ au-dessus du niveau actuel.	
	6,6	à	7,8	Village de MAYELE, zone sèche.	
	7,0	à	8,9	Zone inondée par 5 à 10 cm d'eau.	
	8,9	à	15,4	Hauteur d'eau 30 à 40 cm. Il semblerait d'après des traces anciennes que le niveau d'eau ait atteint une cote supérieure de 70 cm à la cote actuelle. Probablement en 1955.	
	15,4	à	16,1	Dépression qui sert d'émissaire à la zone inondée située au Sud de la route. Nous y avons posé une borne et relevé le profil en travers (graph. n° 7051). Le 12 Octobre la cote est de 9,74 m et la profondeur atteint 1,30 m. Un très léger courant, avec des vitesses de l'ordre de 1 cm/s se dirige vers le Bahr SARA. Le débit ne doit pas excéder 1 m ³ /s.	

.../...

Le niveau d'eau de l'émissaire, étant plus élevé que celui de la plaine, on observe un courant, vitesse de 15 à 20 cm/s, qui emprunte la route en direction de BALIMBA sur plusieurs km. Mais dans la plaine, de chaque côté de la route, l'abondance de la végétation empêche tout écoulement.

Cette dépression est alimentée uniquement par les pluies et en aucun cas par le Bahr SARA.

Notons que le 21 Mars 1961 il y avait encore un peu d'eau dans la dépression et que celle-ci n'était toujours pas franchissable en véhicule.

Km 15,9 à Km 23,1 Zone sèche.
23,1 à 24,4 Nouvelle dépression moins profonde.
70 à 80 cm d'eau alimentée, elle aussi, uniquement par les pluies.
24,4 à N'GABOU Zone sèche.

Cette reconnaissance nous a permis de constater que la longueur de route inondée est plus importante que ne le laissait prévoir la carte I.G.N. puisque la partie de piste entre MAYELE et MO est entièrement submergée. On peut estimer que par forte crue (type 1955) la hauteur d'eau atteindra 1 m sur près de 7 km.

D'autre part une reconnaissance en avion, le 28 Octobre 1960, nous a montré que cette zone s'étend jusqu'à 6 à 8 km au Sud; il faudrait donc une déviation importante pour l'éviter.

Si les parties exondées sont à prédominance sableuse, on retrouve l'argile dans tous les bas-fonds ou dépressions; ce qui sera le cas du km 4,0 à 4,6; 5,5 à 6,6 et enfin les dépressions km 15,4 et 23,1.

Borne hydro 1000

Niveau de l'eau au 12 10.60 - 2.74

ROUTE

BALIMBA - NGABOU

DEPRESSION DE MO

Echelles $\frac{1}{40}$
 $\frac{1}{4000}$

PC 500

ALTITUDES	972	963	919	872	884	942	935	953	965	973	978
D. PARTIELLES		45	96	91	32	84	84	110	113	51	61
D. CUMULEES	0	45	141	232	264	348	432	542	655	706	767

CRT 7051

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE 64.61

DES Boulou

VISA:

TUBE N°

D) Bahr SARA à DOBA-KEMRIMBE

La traversée du Bahr SARA à N'GABOU implique des sujétions qui réduisent l'intérêt que pouvait présenter de prime abord cet emplacement.

Les reste de l'ancienne digue ne sont utilisables que du côté rive gauche et encore, la hauteur de la digue n'est-elle pas suffisante et c'est une surélévation de l'ordre de 3 mètres qu'il faudrait envisager si l'on voulait éviter la submersion en forte crue.

Côté rive droite, l'ancienne piste demande également à être rehaussée de plus de 2 mètres sur une longueur excessive, ce qui conduirait probablement à choisir un autre tracé plus direct.

D'autres emplacements ont été recherchés à l'aval, à MANDA et KEMRIMBE.

Pour KEMRIMBE l'emplacement était prévu 1 km environ en aval de DOBA, à l'endroit où la plaine d'inondation avait la plus petite largeur. Cependant la présence à DOBA d'une très belle berge latéritique constitue un élément favorable qu'il convient d'utiliser.

Le profil en travers (graph. n° 7055), part du village de DOBA et va droit sur le village de KEMRIMBE (graph. n° 7053).

Le lit principal se situe contre la rive droite et sa largeur à l'emplacement du profil est de 257 mètres. La section de jaugeage se trouve environ 50 mètres en amont et présente un profil similaire avec une largeur de 266 m.

Immédiatement après le chenal principal, on trouve une dépression de très grande section par où passe un débit d'une centaine de m³/s en hautes eaux.

Ensuite, du km 0,8 au km 2,3 le profil se relève sensiblement et cette partie de terrain reste exondée si la crue n'est pas très forte; ce qui a été le cas des années 1957 à 1959.

.../...

Enfin, le profil présente une dernière dépression longitudinale de 1 km de large environ. Les vitesses dans cette dépression sont très faibles et le débit reste négligeable vis à vis du débit total. Notons que nous retrouvons là, le même phénomène qu'à N'GABOU : perte de charge dans la plaine d'inondation; le niveau maximum 1960 sur la rive gauche (8,11 m) est inférieur au niveau maximum sur la rive droite qui est de 8,17 m. Ces cotes sont prises par rapport à la borne hydro cotée 10,00 m du village de DOBA.

Comparaison des niveaux à MANDA et DOBA

<u>Dates</u>	26.3.61	8.9.60	PHE 60
MANDA	0,43	4,62	5,34
DOBA-KEMRIMBE	3,16	7,55	8,17
<u>Différences de niveaux</u>	Entre le : 8.9.60 et le : 26.3.61	Entre les PHE 60 et le 8.9.60	
MANDA	4,19	0,72	
DOBA	4,39	0,62	

Les amplitudes extrêmes sont sensiblement les mêmes puisque l'on a 4,91 m à MANDA et 5,01 m à DOBA. Mais pour les cotes élevées, le niveau d'eau monte moins vite à DOBA qu'à MANDA. Dès la cote 7,40 m, il se produit en effet à DOBA, un important déversement du lit principal dans la dépression parallèle située entre les distances 258 m et 810 m (graph. n° 7055).

.../...

Côté rive gauche, la berge s'élève très au-dessus des plus hautes eaux, et même pour la crue centenaire il n'y a aucun débordement à craindre. Par contre, côté rive droite, la berge s'élève verticalement jusqu'à la cote 8,40 m environ. Mais au-delà, le terrain est plat avec des cotes comprises entre 8,30 m et 8,50 m. Les plus hautes eaux ont atteint 8,17 m en 1960, ce qui est proche de la cote critique de débordement. Le village a certainement été inondé en 1955 puisque cette crue a été supérieure de 1 mètre à la crue de 1960.

Pour l'évaluation de la crue centenaire nous admettrons que l'augmentation du niveau à Doba est légèrement inférieure à celle de MANDA soit 1,13 m contre 1,20 m. La cote de la crue centenaire par rapport à la borne hydro du village de DOBA serait alors à :

9,30 m

Le débit de la crue centenaire est celui que nous avons admis à MANDA, soit :

3300 m³/s

Vitesses

Le graphique n° 7034 montre la répartition des vitesses dans une section située à 50 m environ en amont du village. Si nous comparons les 3 jaugeages à MANDA, DOBA et N'GABOU, nous avons pour le chenal principal :

STATIONS	Débit	V max.	V moy.	Largeur	Profondeur
MANDA	1604	1,36	0,99	286	5,65
DOBA	1422	1,44	0,93	266	5,76
N'GABOU	1069	1,24	0,58	368	5,03

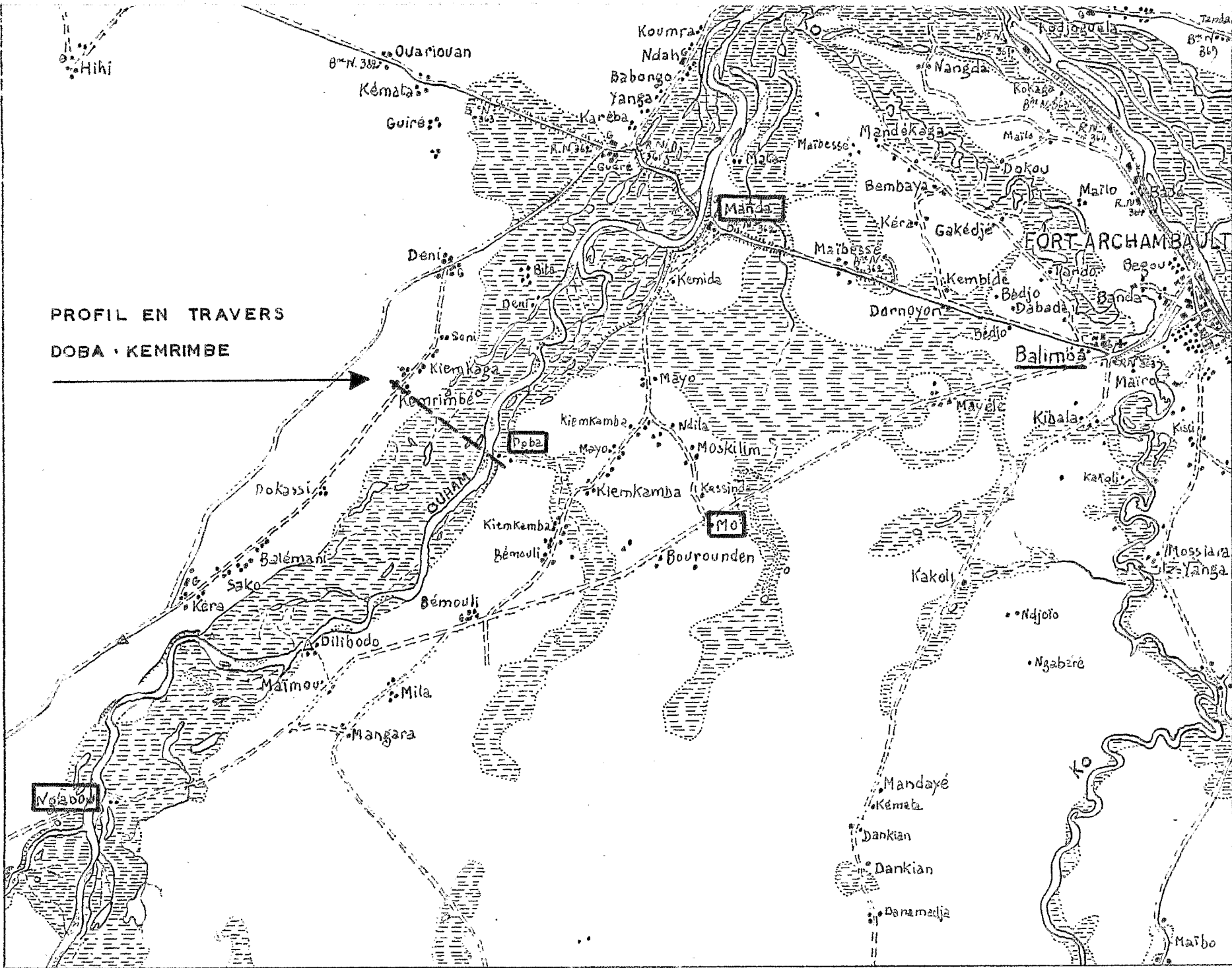
.../...

Les sections de MANDA et DOBA ont des caractéristiques assez voisines tant en vitesses maxima et moyennes qu'en largeur et profondeur. A N'GABOU au contraire les vitesses sont plus petites et la largeur du lit dépasse de 100 mètres celui de DOBA ce qui constitue évidemment un élément défavorable pour la construction d'un ouvrage.

Au cours de la crue centenaire les vitesses obtenues à DOBA-KEMRIMBE seront de l'ordre de :

1,70 m/s pour la vitesse maximum.

1,10 m/s pour la vitesse moyenne.



PROFIL EN TRAVERS
DOBA - KEMRIMBE

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TOPOGRAPHIQUES
LE: 2.61
DES: PERRET
VISA:
TUBE N°
ED:

CRT 7.053

IX -  AHR  ERGUIG

=====

Selon les apparences, l'alimentation du Bahr ERGUIG est triple (graph. n° 7046) : Le TELABO et les déversements du CHARI de DJOUMBOUL et de MILTOU. Mais nous allons voir qu'en fait, le déversement de MILTOU est la seule source d'alimentation du Bahr ERGUIG.

a) Le TELABO -

C'est une rivière dont le cours, sensiblement parallèle au CHARI, s'étire entre le Bahr KORBOL et le BATHA de LAIRI sur plus de 120 km. Le TELABO rejoint le Bahr ERGUIG une dizaine de km après les déversements du CHARI à MILTOU. Malgré un bassin versant important, près de 3000 km², et une pluviométrie relativement forte (900 mm), les apports du TELABO dans le Bahr ERGUIG sont insignifiants.

Le 9 Septembre 1960, bien qu'il soit tombé près de 800 mm sur le bassin, il n'y avait pas encore eu d'écoulement appréciable du TELABO dans le Bahr ERGUIG.

On peut trouver à ce phénomène deux explications. D'une part le bassin versant contient plusieurs dépressions fermées AMSAKI, GOUR etc... qui drainent des surfaces de plusieurs centaines de km². L'eau qui s'y accumule, s'évapore ou s'infiltré et n'intervient pas dans l'écoulement. La surface efficace du bassin versant s'en trouve réduite de 20 à 25 %.

D'autre part le terrain étant plat, une végétation dense freine l'écoulement et les eaux mettent un temps considérable pour atteindre un réseau hydrographique lâche : dans ces conditions, la majeure partie des précipitations s'évapore et s'infiltré sur place et seules les surfaces voisines des cours d'eau contribuent à l'écoulement.

Dans la région de GAMKOUL que nous avons reconnue et probablement beaucoup plus loin en amont, le lit se présente comme une longue dépression encombrée de hautes herbes et découpée dans les points bas, de mares. Le 28 Octobre 1960, malgré une pluviométrie annuelle normale, le débit du TELABO à GAMKOUL était nul.

.../...

b) Déversements du CHARI dans le secteur DJOUMBOUL-
GORIA -

Il n'y a pas à cet emplacement de déversement, même pour une cote élevée du CHARI. Le bourrelet de berge est partout bien marqué et ce n'est qu'en très hautes eaux qu'il pourrait être localement submergé.

c) Déversements du CHARI, secteur de MILTOU -

Ils constituent en fait la seule alimentation du Bahr ERGUIG puisque les autres apports sont minimes ou exceptionnels.

A MAINA l'écoulement a débuté le 9 Septembre 1960 où un jaugeage a donné 2,8 m³/s.

A BOUSSO l'échelle indiquait 3,71 m mais elle se trouve trop loin de MILTOU, près de 100 km, pour rendre compte de façon précise des déversements.

Les déversements suivent les crues du CHARI et commencent début Septembre pour se terminer fin Novembre, début Décembre.

En tenant compte des temps de parcours de l'onde de crue les débordements à MILTOU débutent lorsque le CHARI atteint la cote 3,60 m à BOUSSO et s'arrêtent, lorsque la cote atteint 3,80 m. Ceci, à condition que la crue et la décrue soient régulières, ce qui est généralement le cas.

Suivant les années la cote 3,60 m a été atteinte :

Le 4.9.1954

Le 6.9.1958

Le 25.8.1955

Le 6.9.1959

Le 1.9.1956

Le 6.9.1960

Le 9.9.1957

.../...

En dehors des années extrêmes, 1957 année sèche et 1955 très pluvieuse, la cote 3,60 m est atteinte pendant la première semaine de Septembre. Le CHARI monte à la même vitesse chaque année et il lui faut 7 à 9 jours pour atteindre 3,90 m. Pour des cotes plus élevées la durée dépend naturellement de la hauteur maximum de la crue.

Le 12 Septembre, soit 2 jours après le premier jaugeage, le Bahr ERGUIG à MAINA était monté de 35 cm et le débit passait à 6 m³/s. Lorsque le CHARI commence à se déverser dans le Bahr ERGUIG, la saison des pluies est déjà bien avancée. Toutes les mares semi-permanentes qui forment le Bahr sont pleines et le terrain saturé: la progression de la crue le long du Bahr se fait ainsi rapidement.

Débits en hautes eaux

Nous avons procédé d'abord par différence en jaugeant le CHARI à BARANGA, juste en amont des déversements, et à MILTOU à l'aval du départ du Bahr ERGUIG. Cette méthode n'est pourtant valable que si les pertes entre les deux stations sont suffisamment grandes par rapport au débit principal.

En effet pour un débit de 2500 m³/s l'erreur possible au cours d'un jaugeage isolé peut atteindre 150 m³/s et si les pertes sont de 300 m³/s l'erreur sur ce débit peut s'élever à 100 %. Sur une station de jaugeage bien étalonnée, l'erreur est réduite à moins de 2 % et c'est ainsi que sur le LOGONE par la même méthode les pertes par déversements sont évaluées avec une précision satisfaisante.

Le 15 Octobre un jaugeage à BARANGA donne 2528 m³/s. Le 16 à MILTOU nous mesurons 2407 m³/s. En tenant compte d'une augmentation de 2 cm de niveau du CHARI entre le 15 et le 16 c'est un débit de 2382 m³/s que nous aurions obtenu à MILTOU si le jaugeage avait pu se faire le 15 Octobre.

Le débit du Bahr ERGUIG est estimé à 146 m³/s le 15 Octobre.

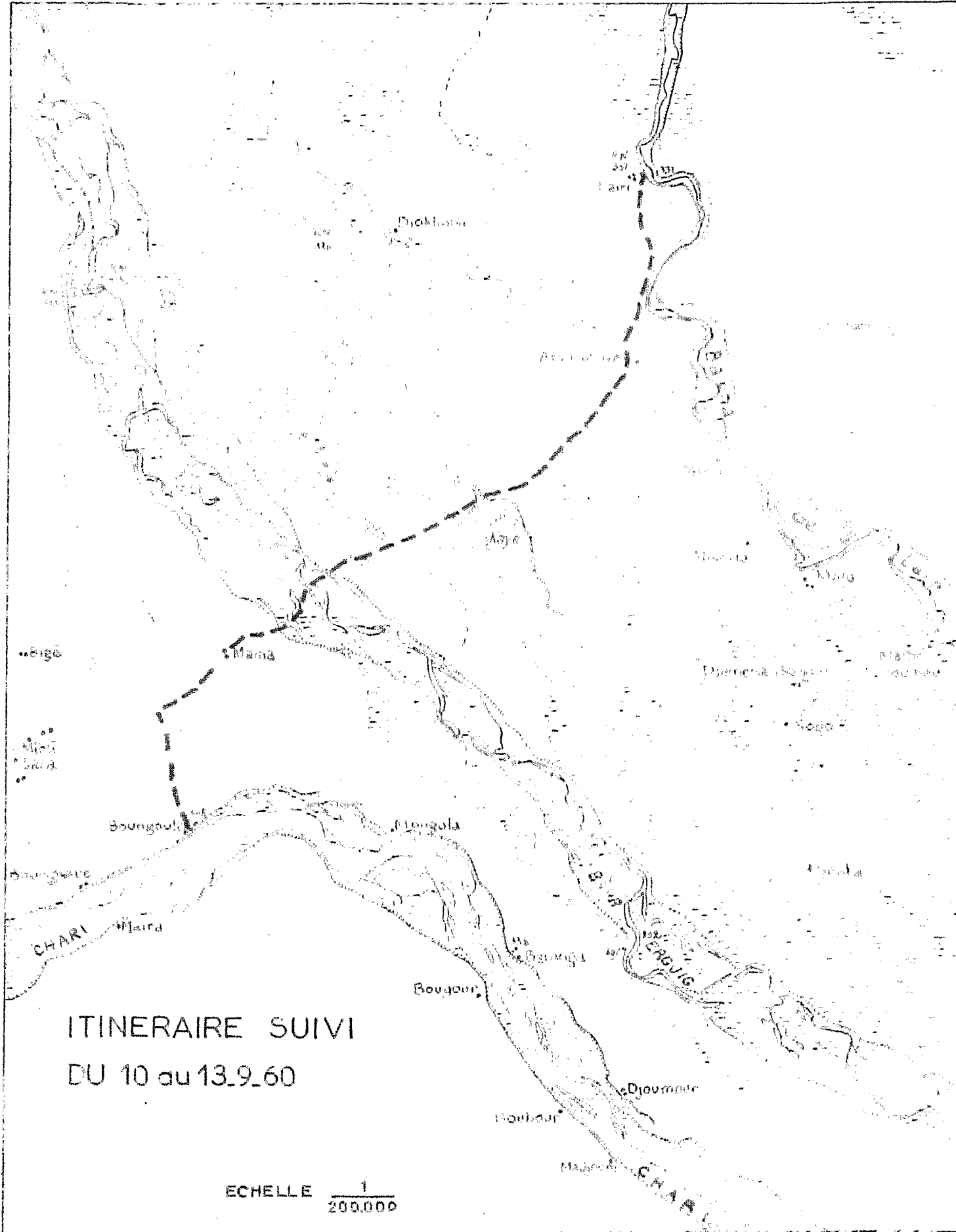
La difficulté de jauger directement le Bahr ERGUIG résulte d'une plaine d'inondation de 2 à 3 km de large encombrée de hautes herbes, où il peut passer un débit important.

Nous avons cependant pu trouver à BILE, 25 km en aval de MILTOU, une station intéressante puisque tout le débit passe dans une section de 300 m de large, le reste de la plaine étant barré par un bourrelet de berge oblique non submergé.

Le 19 Octobre le débit mesuré était de $207 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une cote du CHARI à MILTOU de 343,09 (système I.G.N. 1953).

A MAINA, par rapport à la souche servant de repère sur la rive gauche cotée 10,00 m les hauteurs suivantes ont été relevées :

Le 10. 9.1960	H = 6,16 m	Q = 2,8 m^3/s
12. 9.1960	H = 6,52 m	Q = 6 m^3/s
20.10.1960	H = 8,73 m	Q = 200 m^3/s env.



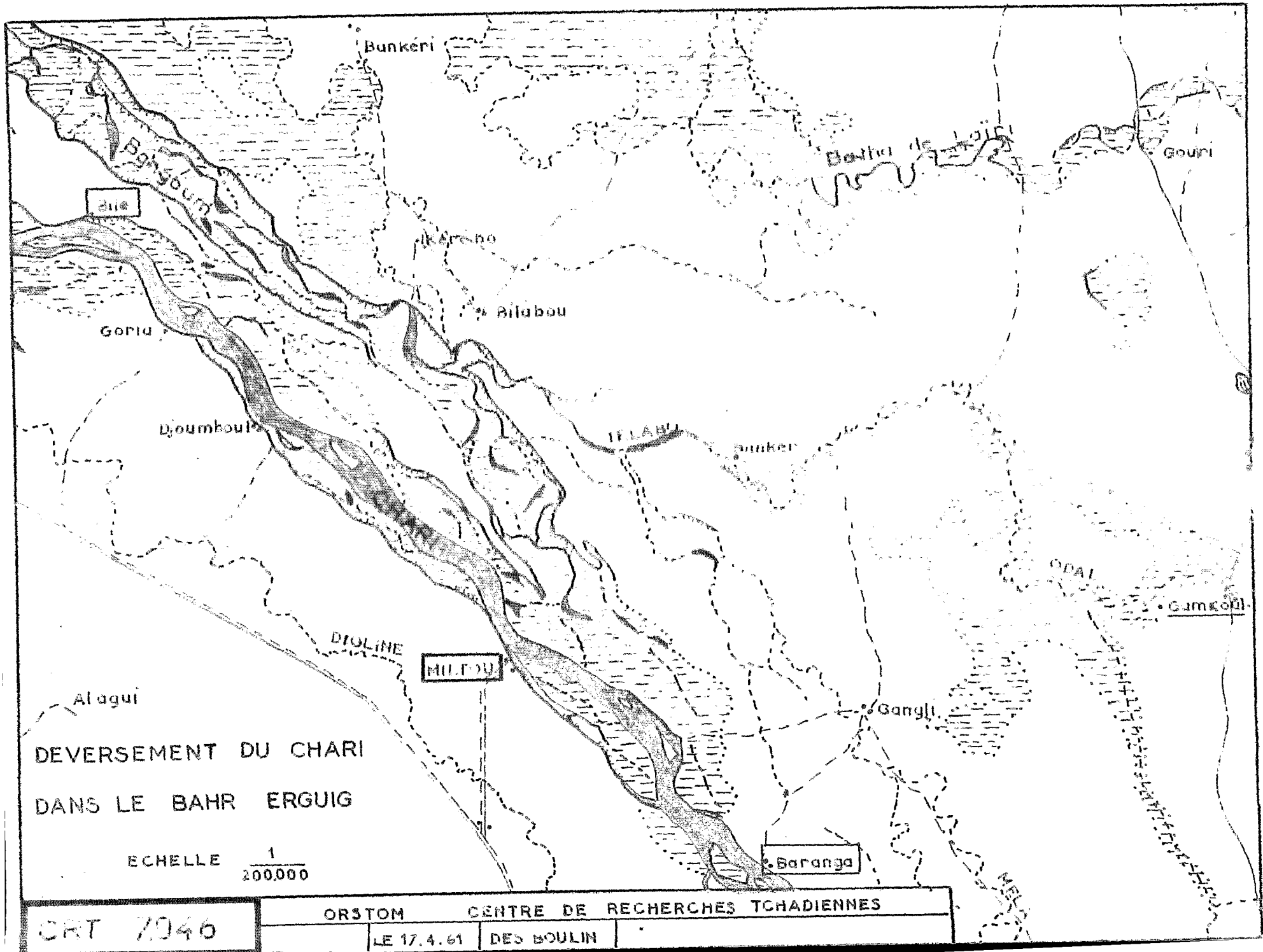
ITINERAIRE SUIVI
DU 10 au 13.9.60



ECHELLE $\frac{1}{200,000}$

CRT 7043

13 4 61

DES BOULIN



X -  BATHA DE  LAIRI

Il se forme dans les monts PARE, GODEBOUL, DIARA situés à 90 km au Sud du massif de GUERA, mais aussi dans les immenses plaines comprises entre ces montagnes et le SALAMAT.

Après avoir longé le Bahr ERGUIG près de MILTOU, il oblique franchement au Nord à partir de LAIRI pour finir dans les zones inondées à l'Ouest du lac FITRI.

A LAIRI, le BATHA de LAIRI a un bassin versant de 14.400 km². Au Nord du bassin plusieurs massifs montagneux dépassent 1.000 m d'altitude mais leur superficie de 200 km² est très insuffisante pour influencer le régime de la rivière. En dehors de quelques pointements rocheux éparpillés un peu partout, l'ensemble du bassin est plat et la ligne de plus grande pente ne dépasse pas 0,4 m par km, en moyenne, pour descendre à 0,20 m par km vers LAIRI. La pente du BATHA sera encore inférieure en raison des nombreux méandres de la rivière.

Nous retrouvons avec le BATHA de LAIRI des caractéristiques semblables au TELABO : malgré un bassin versant de grande superficie et une pluviométrie abondante de 850 à 900 mm en année normale, les débits du BATHA restent bien en dessous de ce que l'on serait en droit d'attendre. S'il n'y a pas de dépressions importantes sur ce bassin, la pente trop faible et le terrain plat font que la plus grande partie des précipitations s'évapore ou s'infiltrer sur place.

La crue du BATHA a commencé à LAIRI vers le 7 ou le 8 Septembre 1960 : il n'y avait eu aucun écoulement auparavant. Comme nous avons pu le constater de visu, le 11 Septembre le débit était seulement de 1,1 m³/s et le BATHA monta de 10 cm en 24 heures. Il ne nous a malheureusement pas été possible de suivre plus longtemps la crue du BATHA, car nous risquions d'être bloqués à LAIRI par la crue du Bahr ERGUIG.

.../...

Piste BOUNGOULTI-MAINA-LAIRI

Pour atteindre LAIRI nous sommes partis de BOUSSO et avons remonté le CHARI en pinasse jusqu'à BOUNGOULTI. Nous y avons pris des porteurs pour effectuer le trajet BOUNGOULTI-LAIRI, 40 km. (graph. n° 7043). Cette marche s'est révélée extrêmement pénible surtout entre le Lahr ERGUIG et AM KASAYE. Le terrain argileux, fréquemment inondé, est glissant et exige des porteurs des prodiges d'équilibre.

La dépression de KAYE est traversée par la piste à l'emplacement le moins large, 300 mètres environ, mais les profondeurs d'eau se situent à 1,30 m - 1,50 m. A l'amont la dépression s'étale sur plus de 2 km de large et donne l'impression avec ses herbes hautes et denses d'une immense prairie.

Deux kilomètres après KAYE nous avons rencontré une zone d'argile à concrétions calcaires recouverte de 20 à 30 cm d'eau; le terrain est parsemé de trous d'effondrement dus à la dissolution du sol en profondeur. Il a fallu une heure et demie pour parcourir ces 3 km où les porteurs et nous-mêmes faisons des chutes nombreuses.

Nous ne sommes restés que 24 heures à LAIRI car il pleuvait abondamment et nous risquions de ne plus pouvoir, au retour, passer la dépression de KAYE ou le Bahr ERGUIG en crue.

Communications entre le Bahr ERGUIG et le BATHA de LAIRI

L'examen de la carte au 200.000ème montre qu'il pourrait y avoir, lorsque le Bahr ERGUIG est en crue, des déversements dans les régions de BILABOU et SEABA en direction du BATHA de LAIRI. A LAIRI les indigènes prétendent qu'il est possible d'aller en pirogue de MILTOU à LAIRI ou plus précisément que cela se faisait, il y a quelques années, en passant par KATA, BANKERI.

Du 13 au 19 Octobre nous avons prospecté en dinghy les déversements du CHARI dans le secteur de MILTOU. Nous n'avons pas trouvé de passage navigable entre le CHARI et le Bahr ERGUIG (la cote à MILTOU variant de 343,09 à 343,14 système I.G.N. 1953). A cette cote-ci les chenaux sont recouverts de hautes herbes qu'il est difficile de franchir en dinghy et qui s'étendent sur plusieurs km.

.../...

Nous sommes alors allés à BILE plus à l'aval. Les indigènes de ce village ont été formels: il est impossible de passer du Bahr ERGUIG au BATHA de LAIRI en pirogue. D'ailleurs la plaine d'inondation entre BILE et KATA était absolument sèche.

Le 28 Octobre nous survolons en avion toute la région comprise entre le Bahr ERGUIG et le BATHA de LAIRI. Il est à noter que la crue du CHARI était particulièrement forte le 28 Octobre, puisqu'il est monté de 70 cm depuis notre dernier passage le 19 Octobre.

Le Bahr ERGUIG était lui aussi très haut. Les chenaux de déversements en face de MILTOU étaient alors très nets et le passage entre le CHARI et le Bahr ERGUIG aurait pu se faire en bateau léger sans aucune difficulté.

Malgré cette cote élevée du CHARI, la plaine était sèche; seules les dépressions retenaient encore un peu d'eau. Les deux petits affluents qui prennent naissance près du Bahr ERGUIG pour se jeter dans le BATHA de LAIRI près de KATA et MOLO se présentaient sous la forme, classique dans cette région, de chenaux recouverts d'herbes hautes, entrecoupés de hauts fonds qui isolaient quelques mares. Il n'y avait aucun écoulement.

Cette reconnaissance nous a donc permis de préciser les points suivants : les plaines d'inondations entre le Bahr ERGUIG et le BATHA de LAIRI ne sont alimentées que par les pluies et non par des déversements du Bahr ERGUIG.

Les deux affluents du BATHA de LAIRI à KATA et MOLO sont les drains de ces plaines d'inondations et ne reçoivent pas de déversements du Bahr ERGUIG.

Cependant il est possible qu'au cours d'une crue exceptionnelle il se produise des débordements du Bahr ERGUIG en direction du BATHA de LAIRI mais ces débordements resteraient assez limités.

XI - LE CHARI à MAINAPA

Le CHARI réunit à l'avant de FORT-ARCEAMBAULT, les eaux de trois affluents :

- Bahr AOUK qui se forme dans la chaîne des MONGOS, culminant à 1400 m et les monts de la frontière TCHAD-SOUDAN, à 100 km au Nord de BIRAO.

- Bahr SALAMAT, dénommé Bahr AZOUM dans sa partie supérieure et qui prend naissance dans les monts SIRBAKAL et DI HARRA au Nord-Est du bassin.

- Enfin le Bahr SARA étudié dans un précédent chapitre.

Malgré un bassin versant relativement réduit, 70.000 km², c'est le Bahr SARA qui est l'élément prépondérant dans l'alimentation du CHARI. Pendant la crue 1955 on estime à 2800 m³/s le débit maximum du Bahr SARA et à moins de 2000 m³/s le débit de l'ensemble AOUK, SALAMAT qui drainent pourtant près de 350.000 km².

A MAINAPA, le CHARI a un bassin versant de l'ordre de 450.000 km².

La structure géologique du bassin est grossièrement la suivante :

- En bordure Nord-Est, des granites et roches métamorphiques (micaschistes).

- A l'Est et au Sud-Est, des grés, granites et quartzites.

- Au Sud des gneiss, migmatites, quartzites et micaschistes.

- Au Centre, des formations d'alluvions quaternaires.

La pluviométrie moyenne est donnée sur le graphique n° 7057. Elle varie de 500 mm au Nord du bassin à 1500 mm dans le Sud-Ouest.

Le régime hydrologique du CHARI sera donc complexe puisque le régime de ses affluents passera du régime sahélien au régime tropical de transition.

A MAINAPA, comme à BOUSSO qui est situé 20 km en amont, le CHARI a une crue annuelle unique d'Août à Décembre, avec le maximum fin Octobre. L'étiage a lieu en Mai-Juin.

Débits

Il n'y a entre les deux stations de BOUSSO et MAINAPA aucune zone de débordement et aucun affluent. BOUSSO est suffisamment proche de MAINAPA pour que l'on puisse estimer que les débits qui y sont observés sont les mêmes qu'à MAINAPA.

Treize jaugeages ont été effectués entre 1952 et 1959 pour l'étalonnage de l'échelle de BOUSSO (graph. n° 7206).

DATE	31.5.53	12.8.54	29.3.55	26.5.56	14.8.57	26.7.58	31.1.59
Hauteur m	0,77	2,62	1,18	0,94	2,59	2,34	1,64
Débit m ³ /s	143	785	205	132	880	687	318

DATE	17.10.52	27.8.53	19.9.53	4.10.54	15.9.55	8.12.57
Hauteur m	4,58	2,96	4,10	5,13	4,65	3,11
Débit m ³ /s	2350	1100	1450	3075	2440	1255

.../...

En 1960 à MAINAPA 2 jaugeages ont donné :

Le 7. 9.60 H = 3,67 à BOUSSO Q = 1638 m³/s
Le 21.10.60 H = 4,58 à BOUSSO Q = 2720 m³/s

Le premier jaugeage se situe exactement sur la courbe d'étalonnage . Le second est un peu fort (8 %).

Débits maxima

A BOUSSO les débits maxima enregistrés sont :

DATES	HAUTEURS	DEBITS m ³ /s
2.11. 1954	5,53	3674
24. au 27.10. 1955	5,90	4360
27. au 28.10. 1956	5,42	3500
2. au 7.10. 1957	3,99	1812
31.10. au 2.11. 1958	4,07	1883
26. au 27.10. 1959	5,06	2960
9. au 12.11. 1960	5,05	2945

La moyenne des maxima pour cette période est de 3020 m³/s. Cependant cette liste comprend surtout des années relativement fortes avec seulement 2 années faibles, 1957 et 1958, ce qui conduit à un débit maximum moyen un peu fort.

.../...

En mettant en correspondance les débits à MANDA et les débits à BOUSSO, nous obtenons :

Années	-1954-	-1955-	-1956-	-1957-	-1958-	-1959-	-1960-
MANDA	2265	2835	2240	1135	1325	1450	2020
BOUSSO	3674	4360	3500	1812	1883	2960	2945

Mise à part l'année 1959 qui était déjà un point singulier dans d'autres comparaisons, la corrélation entre MANDA et BOUSSO est bonne (graph. n° 7045).

La moyenne de 10 années à MANDA, en tenant compte des années sèches de 1951 à 1953, s'établit à 1810 m³/s; ce qui correspond à BOUSSO à une moyenne de 2800 m³/s beaucoup plus proche de la réalité.

Crues exceptionnelles

Le rapport entre la crue centenaire et la crue moyenne est de 1,60 pour le CHARI à FORT-ARCHAMBAULT et 1,70 pour le Bahr SARA à MANDA.

En admettant pour le CHARI à BOUSSO le chiffre de 1,65 le débit de la crue centenaire s'élève à :

$$2800 \times 1,65 = 4620 \text{ m}^3/\text{s}$$

L'augmentation de débit par rapport à la crue de 1955 n'est pas considérable, 300 m³/s. C'est à dire qu'elle est moins forte que la seule augmentation du Bahr SARA à MANDA entre la crue 1955 et la crue centenaire (450 m³/s). Il semblerait de prime abord que compte tenu également de l'augmentation non négligeable de débit des autres affluents le chiffre soit trop petit; d'autant plus que si l'on se réfère à la corrélation MANDA-BOUSSO on arrive au débit beaucoup plus élevé de 5000 m³/s.

.../...

Cependant il faut tenir compte de la rapide croissance des débits qui passent par le Bahr ERGUIG quand le niveau dépasse 3,70 m. Nous avons vu que les déversements commencent pour cette cote à BOUSSO qui correspond à un débit de 1650 m³/s. Pour la cote 4,60 m le débit à BOUSSO monte à 2500 m³/s mais 200 m³/s passent par le Bahr ERGUIG, c'est donc près de 20 % du débit passant au-dessus de la cote 3,70 m qui est écoulé par le Bahr ERGUIG (20 % de 2700 - 1650).

Le débit déversé (voir études sur le Logone) varie en gros comme $\Delta H^{1,5}$ (ΔH étant la hauteur de la lame de déversement).

Dans le lit, l'augmentation de débit ΔQ due à une surélévation de ΔH est :

$$\Delta Q = \frac{3}{2} K L V \Delta H$$

donc proportionnelle à ΔH en supposant que V varie peu dans l'intervalle ΔH .

Donc la proportion du débit déversé par rapport au débit passant dans le fleuve est pour une surélévation de ΔH

$$\frac{q}{Q} = K \sqrt{\Delta H}$$

Pour deux surélévations ΔH_1 et ΔH_2 on a donc deux rapports :

$$\frac{q_1}{Q_1} \text{ et } \frac{q_2}{Q_2} \text{ tels que}$$

$$\frac{\frac{q_1}{Q_1}}{\frac{q_2}{Q_2}} = \sqrt{\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}}$$

.../...

$$\text{si } \Delta H_1 = 6,00 - 3,70 = 2,30$$

$$\Delta H_2 = 4,60 - 3,70 = 0,90$$

avec $\frac{q_2}{Q_2} = 0,20$ on trouve $\frac{q_1}{Q_1} = 32 \%$

$$\text{Pour } Q_1 = 4700 - 1650 = 3050$$

$$\text{on aurait donc : } q_1 = 3050 \times 0,30 = 900$$

Le débit du Bahr ERGUIG serait donc d'environ 900 m³/s pour la cote maximum.

En aval de FORT-ARCHAMBAULT on aurait pour la crue centenaire :

CHARI	2000 m ³ /s
Bahr SARA	3300 m ³ /s
Bahr KO, KEITA, SALAMAT	700 m ³ /s
	<hr/>
	6000 m ³ /s

En tenant compte de l'amortissement de la crue entre FORT-ARCHAMBAULT et MILTOU nous aurions en amont de MILTOU :

$$6000 - 400 = 5600 \text{ m}^3/\text{s}$$

En aval de MILTOU, après le Bahr ERGUIG on aurait à BOUSSO :

$$5600 - 900 = \underline{4700 \text{ m}^3/\text{s}}$$

C'est finalement cette dernière évaluation que nous retiendrons pour la crue centenaire.

.../...

Profil en travers

Le profil en travers (graph. n° 7027) englobe le lit mineur de 700 m de large et la plaine d'inondation de rive gauche qui atteint 300 mètres. De chaque côté, les rives sont hautes et franches et s'élèvent à plus de 4 mètres au-dessus des plus hautes eaux 1960, cote 327,06.

La rive gauche du lit apparent est l'objet d'une érosion intense. Au cours de la crue 1960, entre les points B et C du graphique n° 7027, la berge a été emportée sur 3 à 4 mètres suivant un arc de cercle s'arrêtant un peu après le point B. En aval de B il n'y a pas eu d'érosion notable.

Cotes maxima

Tableau des cotes comparées à BOUSSO et MAINAPA

	: Dates	: 29.3.61	: 7.9.60	: 21.10.60	: PHE 60
	: BOUSSO	: 1,34	: 3,67	: 4,61	: 5,05
	: MAINAPA	: 323,73	: 325,88	: 326,72	: 327,06
Différence de n	: Entre le	: 29.3.61	: 7.9.60	: 21.10.60	: PHE 60
	: et le	: 7.9.60	: 21.10.60	: PHE 60	
	: BOUSSO	: 2,33	: 0,94	: 0,44	
	: MAINAPA	: 2,15	: 0,84	: 0,34	

.../...

Les amplitudes à MAINAPA sont moins fortes qu'à BOUSSO que ce soit en basses eaux ou en hautes eaux. Entre les PHE 60 et le 29 Mars 1961, l'amplitude est de 3,71 m à BOUSSO contre 3,33 m à MAINAPA. L'écart entre les amplitudes semble augmenter lorsque le niveau monte. Il est de 18 cm pour une amplitude de 2,33 m à BOUSSO, en basses eaux. Ensuite l'écart est de 10 cm pour 94 cm et enfin 10 cm pour 44 cm.

Si l'on admet pour BOUSSO une cote maximum de 6,15 m pour la crue centenaire, l'augmentation de niveau par rapport à la crue 1960 est de 1,10 m et en adoptant un chiffre un peu inférieur pour MAINAPA, 1,00 m, on arrive pour la crue centenaire à MAINAPA à la cote maximum de 328,05 m.

Autre méthode

Le débit de la crue centenaire est de $4700 \text{ m}^3/\text{s}$ à MAINAPA pour une cote qui, en première approximation, donne une hauteur d'eau de 1 à 3 mètres au-dessus de la plaine d'inondation. En estimant à $300 \text{ m}^3/\text{s}$ le débit dans la zone inondée, il reste $4400 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le lit principal.

Nous pourrions alors évaluer la cote maximum de la crue par calcul en admettant que la vitesse est simplement proportionnelle à la racine carrée du rayon hydraulique; ce qui n'est pas tout à fait exact puisqu'elle dépend également de la pente et du coefficient de rugosité. Ce calcul permet tout de même d'approcher la cote atteinte par la crue.

Par rapport au jaugeage du 21 Octobre 1960, une élévation du niveau de 1,50 m nous donne :

Rayon hydraulique $R_H = 5,68 \text{ m}$ d'où

$$V \text{ moyenne} = 0,94 \sqrt{\frac{5,68}{4,23}} = 1,09 \text{ m/s}$$

Le débit correspondant est de :

$$Q = 1,09 (2994 + 1050) = 4410 \text{ m}^3/\text{s}$$

.../....

L'élévation du niveau d'eau est donc très voisine de 1,50 m, ce qui met la cote de la crue centenaire à :

$$326,72 + 1,50 = \underline{328,22 \text{ m}}$$

Ce chiffre n'est pas très éloigné de celui trouvé précédemment et finalement nous adopterons :

$$\underline{328,15 \text{ m}}$$

Cette valeur sera modifiée après la construction des ouvrages et la surélévation sera fonction de la nature des ouvrages. Si la plaine est entièrement barrée, la cote de la crue centenaire s'établira à :

$$\underline{328,40 \text{ m}}$$

Vitesses

Le graphique n° 703I montre la répartition des vitesses dans la section pour la cote 326,72 m.

La vitesse maximum est de 1,35 m/s pour
une vitesse moyenne de 0,94 m/s.

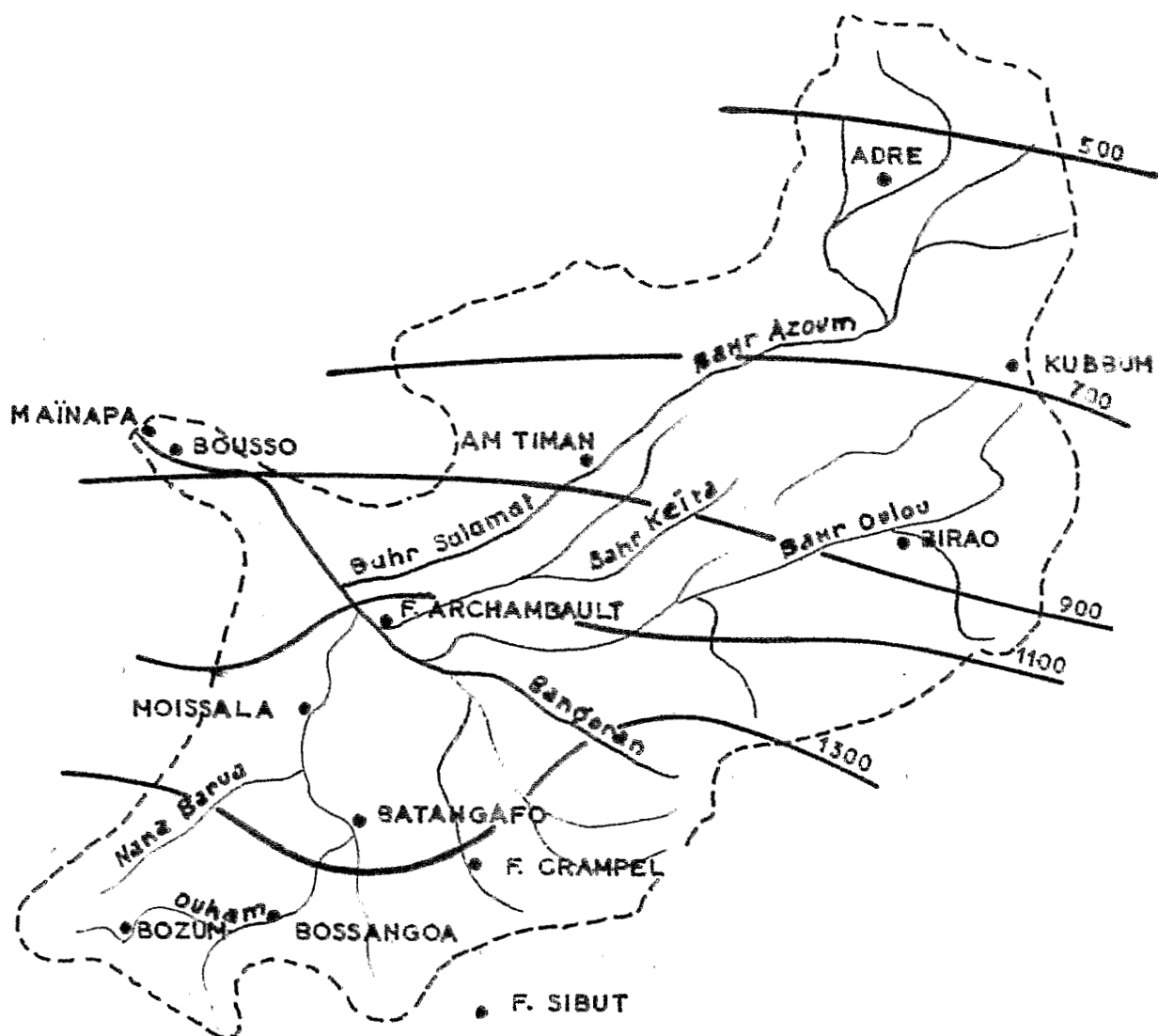
Au cours de la crue centenaire les vitesses seront de l'ordre de :

Vitesses maxima : 1,60 m/s

Vitesses moyennes : 1,10 m/s

BASSIN VERSANT DU CHARI A MAINAPA

PLUVIOMETRIE MOYENNE



0 100 200 300 km.

CRT 7.057

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 18.4.61

DES: Boulin

VISA:

TUSE: N

XIII - [] ROJET DE [] ONT A [] AMA - [] GUIN .

=====

Situation :

Vingt kilomètres au Nord de PALA, soit au Sud immédiat du village de ZAMA-GOUIN, la route PALA-TIKEM franchit un petit mayo par un radier sommaire constitué par des blocs de latérite. Ce radier a 12 mètres de long et son niveau n'est qu'à une cote très faiblement inférieure à celle de la route, en considérant le tronçon qui s'étend au Sud du mayo et dont le profil en long sur plusieurs centaines de mètres est sensiblement horizontal. La petite dépression formée par le radier n'offre qu'une section très faible à l'écoulement et le mayo inonde largement la route à la moindre crue.

Le 1er Septembre 1960, la route était submergée sous 0,30 mètre d'eau, et sur une longueur de 350 mètres. On observait que la section mouillée utile se limitait pratiquement à la section du mayo, l'écoulement sur la route étant nul ou lui étant parallèle.

Le lit du mayo en amont et en aval du radier présente des berges franches; le champ d'inondation sur les rives n'est pas considérable. Le lit est stable tant en ce qui concerne les berges que le fond.

La solution à retenir consistera à surélever la route dans la partie où elle n'est traversée par aucun courant et à construire un ouvrage présentant un débouché suffisant. On risquerait en admettant un débouché trop faible de voir l'ouvrage emporté ou contourné.

Profil en travers

Le plan ci-joint donne le profil en travers de la route entre 2 points situés de part et d'autre du mayo. On notera l'allure très plate de ce profil sur la rive droite et la forte déclivité au départ de ZAMA-GOUIN et à l'extrémité Sud du profil.

L'absence de repère de nivellement dans un rayon de 8 km de ZAMA-GOUIN fait que n'a pas été entrepris le rattachement du profil au nivellement I.G.N.. Le point coté de GOUIN-LARA porté sur la feuille au 1/200.000e de LERE n'a pas été retrouvé ou avait disparu. Nous nous sommes donc contentés de rattacher le profil à un repère provisoire qui sera nivelé par la suite. Le repère est constitué par 3 clous disposés en triangle et plantés dans une des racines de l'arbre situé à l'entrée de la piste menant au village de ZAMA-GOUIN (voir croquis de situation). L'altitude de ce repère a été choisie arbitrairement égale à 10 mètres.

Débits

Pendant la période d'observations du 1er au 10 Septembre, les hauteurs des précipitations sur le bassin sont restées bien inférieures à la hauteur maximum annuelle. En conséquence les débits observés n'ont guère dépassé quelques m³/s.

Le 1er Septembre le débit maximum a été estimé à 5 m³/s. (Profondeurs : 0,65 mètre au radier et de 0,20 mètre à 0,40 mètre sur la route). La pente superficielle était de $4,2 \times 10^{-4}$.

La superficie du bassin versant (82 km²) correspond aux conditions d'utilisation de la méthode des hydrogrammes unitaires pour la détermination des débits spécifiques de crue. Les données nécessaires pour appliquer la méthode ne peuvent être réunies qu'à la suite d'une campagne complète de mesures. L'observation de quelques crues faibles permet tout au plus de fixer un ordre de grandeur de la durée de ruissellement et renseigne grossièrement sur la forme de l'hydrogramme.

La durée de ruissellement a été trouvée comprise entre 15 et 24 heures. Ce chiffre montre que la pente moyenne du bassin est faible

.../...

En adoptant des coefficients de ruissellement moyens de l'ordre de 30 à 35 %, valeurs maximales vraisemblables pour cette région, compte tenu de la surface du bassin versant, on est conduit à prendre pour valeur du débit de crue :

50 m³/s pour le débit maximum de fréquence décennale

et

75 m³/s pour le débit maximum de fréquence centenaire.

Les hauteurs d'eau correspondantes au radier s'établiront à :

5,40 m (PHE décennales)

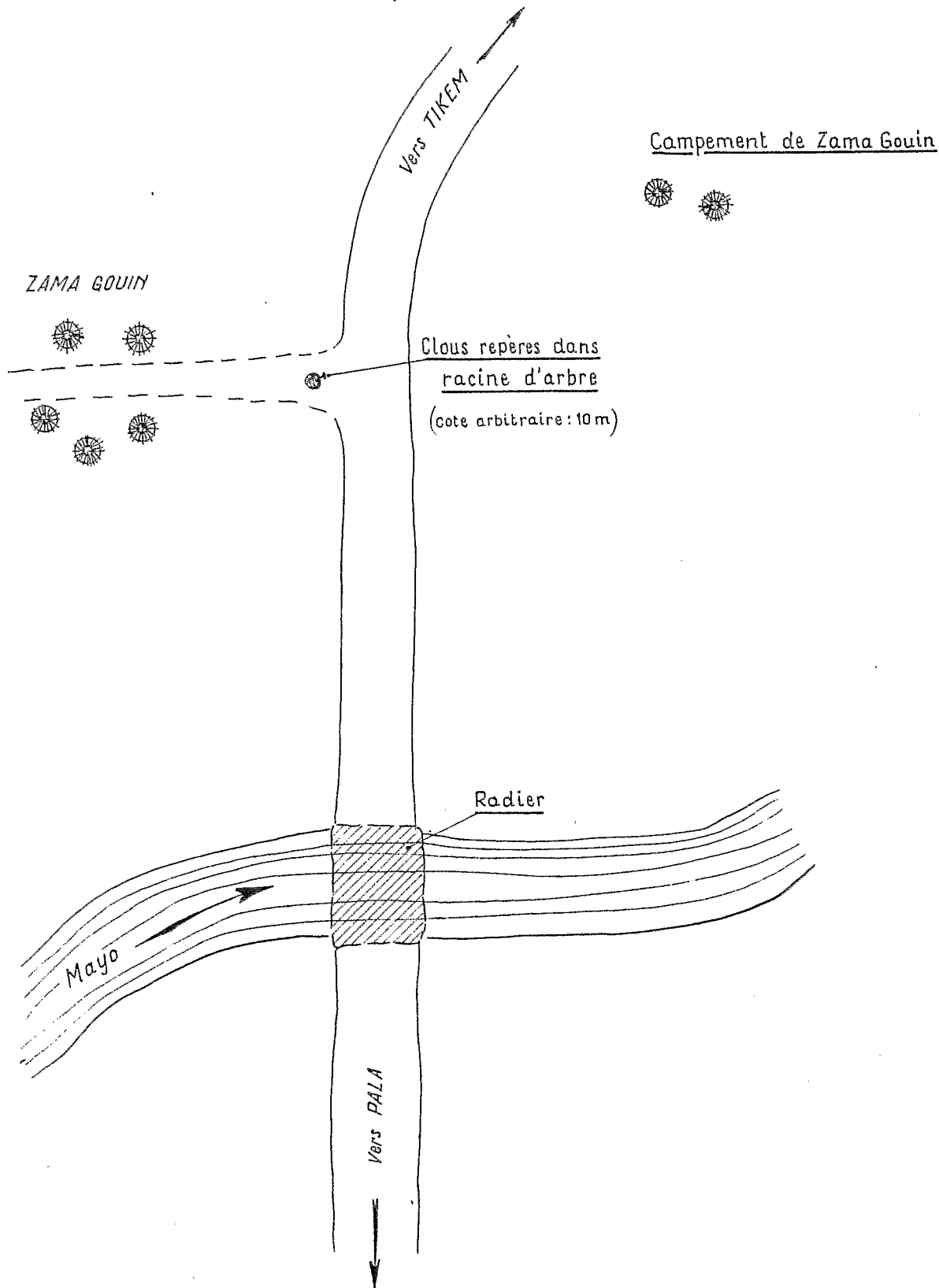
et




5,80 m (PHE centenaires)

On devra donner à l'ouvrage un débouché de l'ordre de 60 m².

Projet de pont à ZAMA GOUIN

Croquis de situation



XIII -  KABBIA AU  ONT  ARROL

Situation :

Le Pont CARRQL sur la KABBIA se situe sur la route KELO-PAIA au km 32 de KELO comme l'indique un panneau kilométrique, placé à proximité du pont.

Profil en travers

L'ouvrage et la section de la KABBIA dans l'axe du pont ont été levés à l'aide d'un niveau et sont représentés sur le graphique ci-après. L'altitude de référence (cote zéro) est celle du repère (tube scellé dans une borne en ciment) situé au bord de la route et à quelques mètres du pont côté rive droite (voir croquis de situation).

Le Pont CARROL a une longueur de 18 mètres et un débouché de 40 m².

Débits

La pente superficielle est de $2,1 \times 10^{-4}$.

L'écoulement s'effectue principalement par la passe centrale qui est la plus profonde. Les passes extrêmes sont partiellement obstruées par un enchevêtrement de lianes et de branchages.

Le débit le 1er Septembre (section mouillée de 18 m² vitesse maximale ou superficielle : 0,30 m/s), est de l'ordre de 2 à 3 m³/s.

.../...

Le lit de la KABBIA est très stable. Les galeries forestières qui jalonnent son cours constituent une protection contre l'érosion et freinent l'écoulement.

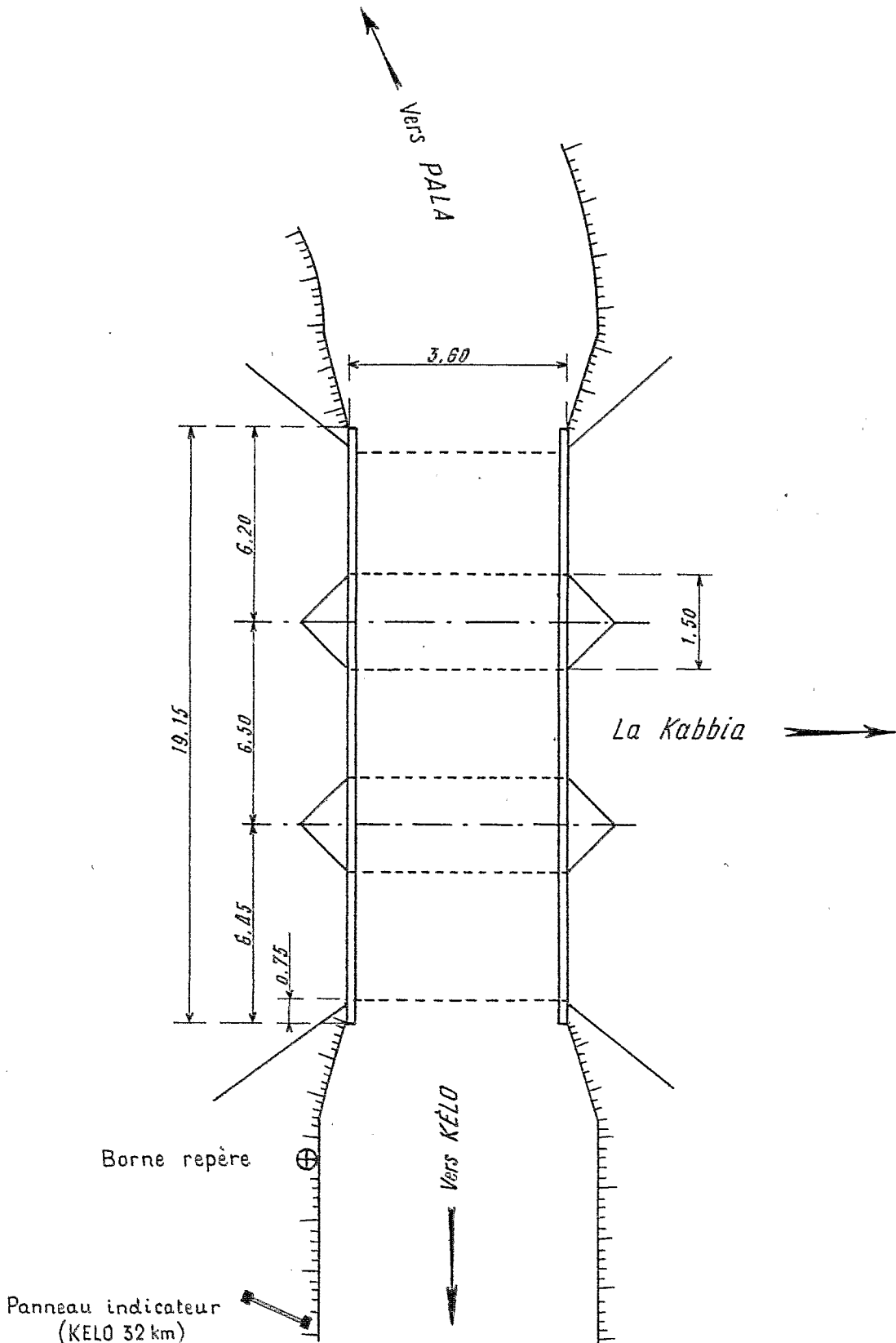
La pente très faible du bassin (Superficie 1700 km²) conduit à un coefficient d'écoulement de 2 à 3 %.

Les caractéristiques hydrologiques sont sensiblement les mêmes que celles fournies par la station de GOUNOU-GAYA. On peut admettre par comparaison avec cette dernière station, un débit de crue décennal au Pont CARROL de 15 m³/s : plan d'eau au niveau du tablier.

La bonne tenue de l'ouvrage, en dépit de la réduction notable de la section naturelle de la KABBIA qu'il entraîne, constitue un bon indice des faibles caractéristiques de crue de cette rivière, puisque la construction de cet ouvrage remonte à une trentaine d'années.

Pont CARROL sur la KABBIA

Croquis de situation



CRT 7310

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

ED:

LE: 3_61

DES:

VISA:

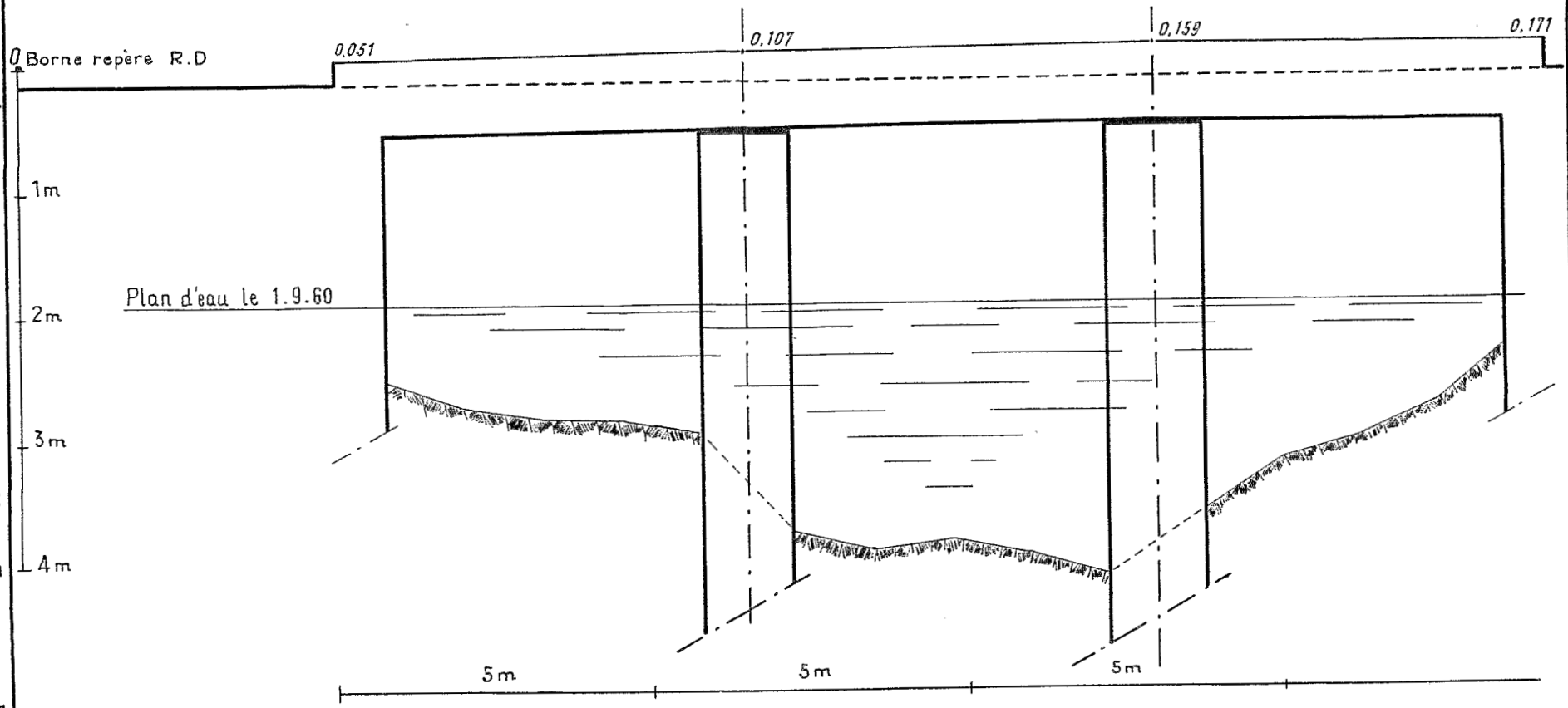
TUBE N°:

A1

CRT7309

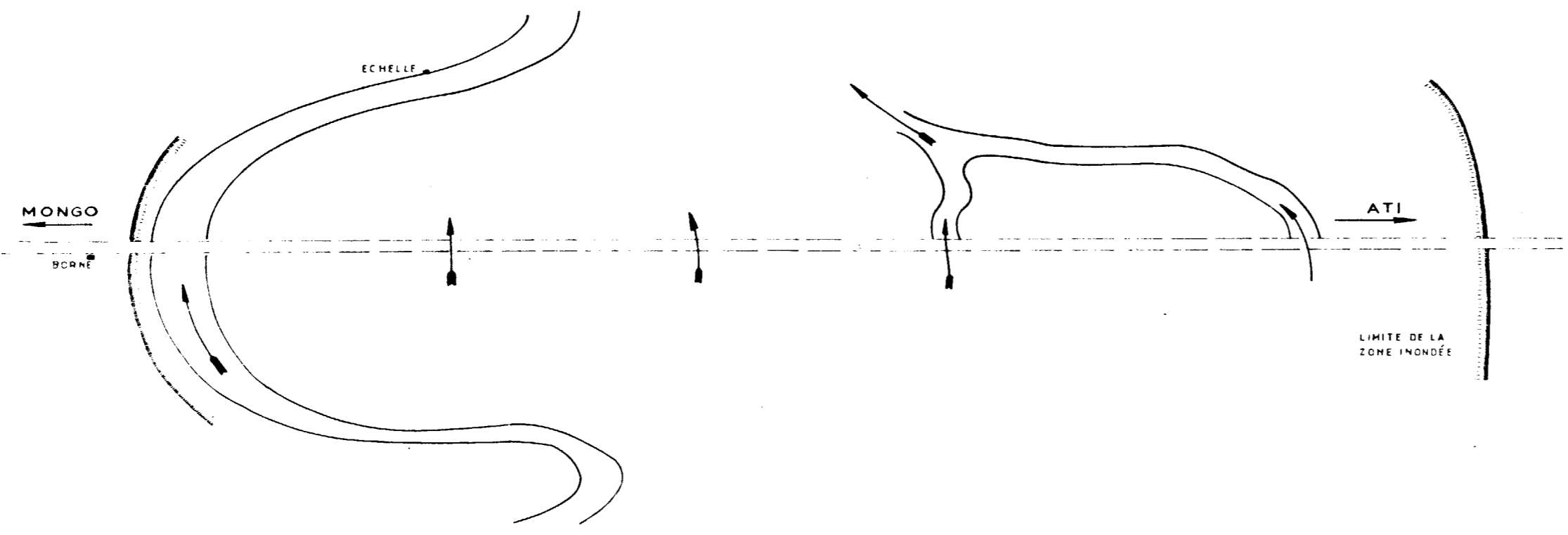
Pont CARROL sur la KABBIA

ED: ELECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER
LE: 4-61 DES: VISA: TUBE N°: A1

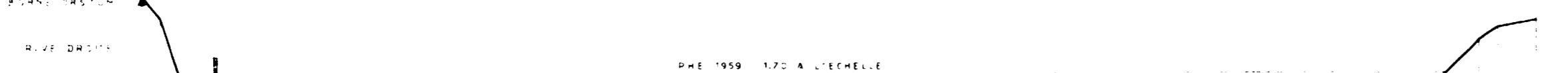


GAM-T-12
N 00 09 00 M

Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A1 et A1: ABERPFTHLJDOCGQVWVWMSZKXK
Zsaocmuvnwxrkbbpqqjll7142385690
Pour A2: A34-ABERPFTHLJDOCGQVWVWMSZKXK
Zsaocmuvnwxrkbbpqqjll7142385690



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



COTES ABSOLUES	355.4	355.16	353.72	352.49	353.57	354.00	354.74	353.06	353.68	354.11	353.73	353.96	353.46	353.28	353.78	353.82	353.53	353.22	353.29	353.61	353.85	354.90	355.12
DISTANCES PARTIELLES	10	8	7	8	22	34	44	33	80	50	48	42	51	35	56	28	15	33	31	35	74	75	
DISTANCES CUMULEES	0	18	25	33	55	89	133	167	247	297	345	387	438	473	529	585	600	615	648	681	716	790	865

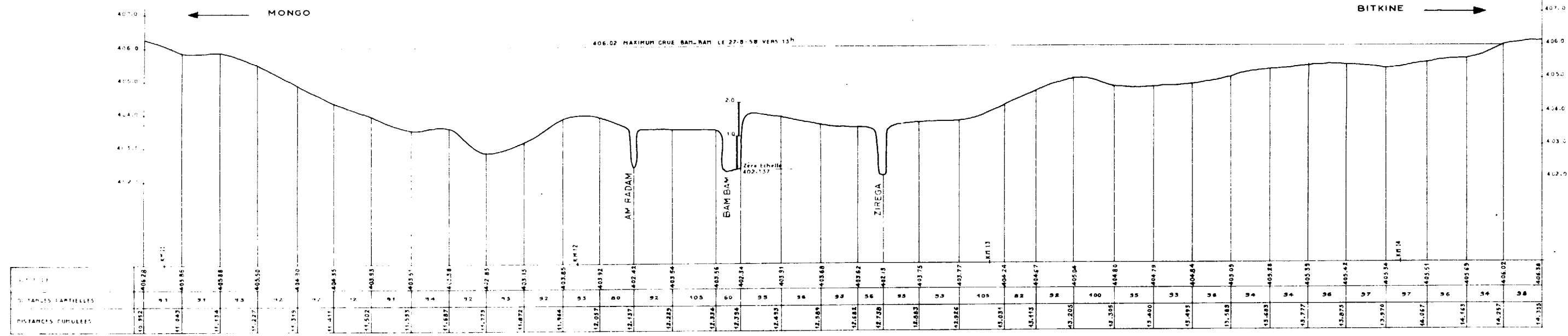
MELMELE A DELEP

TRAVERSEE DE LA ROUTE
M O N G O — A T I

E C H E L L E S
 DEVEE 0.794000
 ABSCSSE 0.794000
 COORDONNEE 0.735000

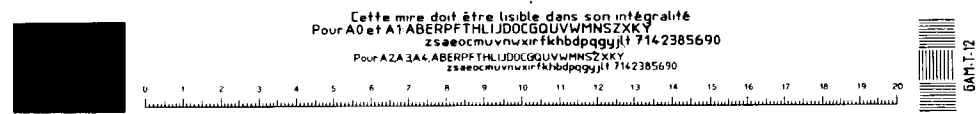
CRT 7032

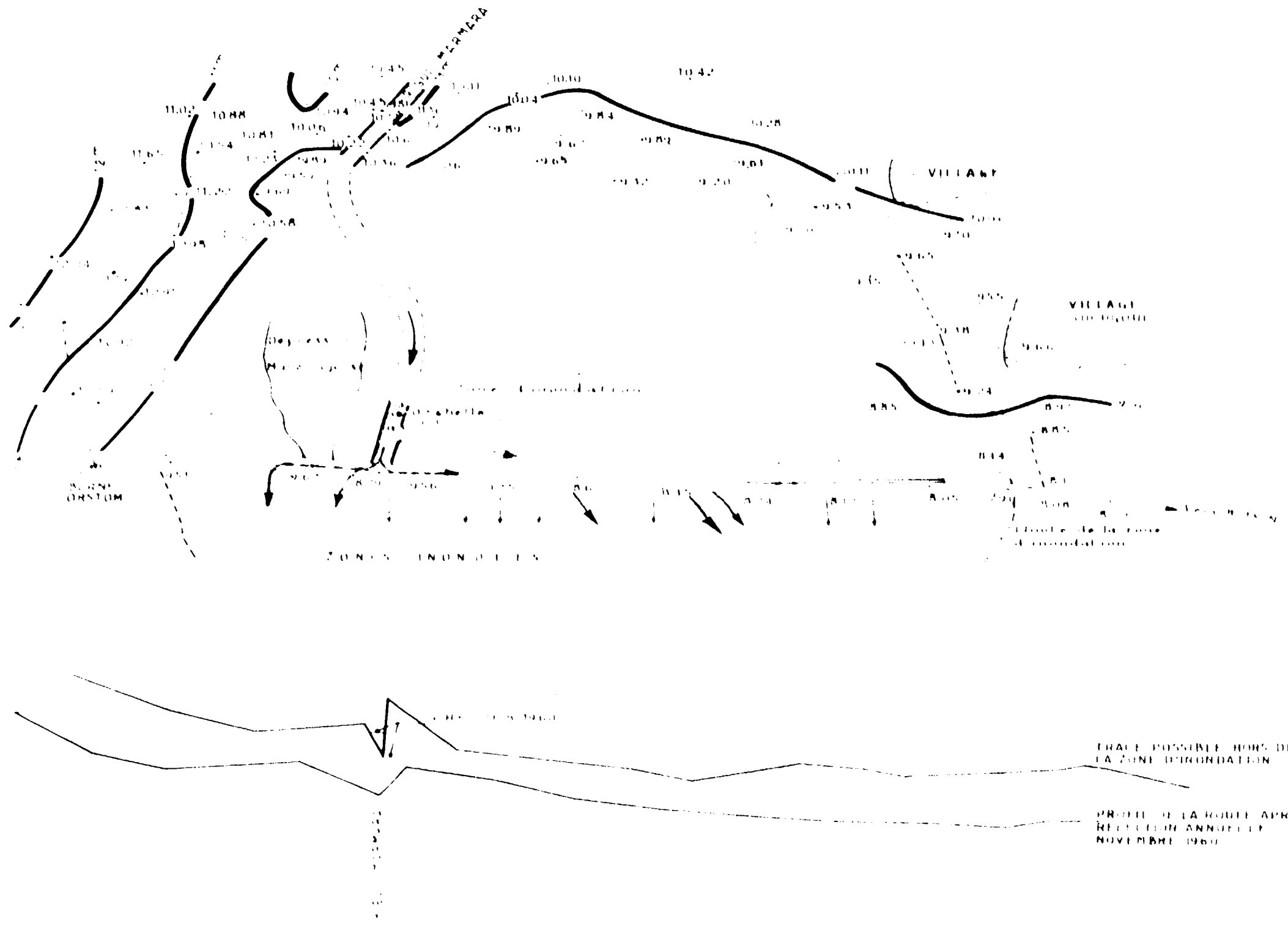
LE 8.5.61 DES BOULIN



BAM-BAM
 R O U T E
 M O N G O - B I T K I N E
PROFIL EN TRAVERS
 ZONE D'INONDATION
 PROFIL ——— ETABLI LE
 DISTANCES 1/25 000 (Origine: Bam Bam - ROBIN)
 ALTITUDES 1/25 000 (Terre: cote de Bam Bam)

CRT 7028 ORSTOM CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
 LES 61 DES BOULIN





RIGUIL MARMARA

TRAVERSEE DE LA ROUTE M O N G O - B O K O R O

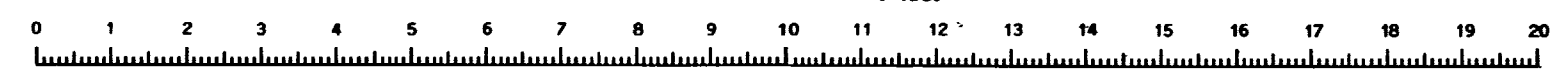
E C H E L L E S

HAUTEUR	1/5000
ABSCISSES	1/5000
DIRECTION	1/5000

CRT 7025

CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
LE 7.5.61 DES BOULIN

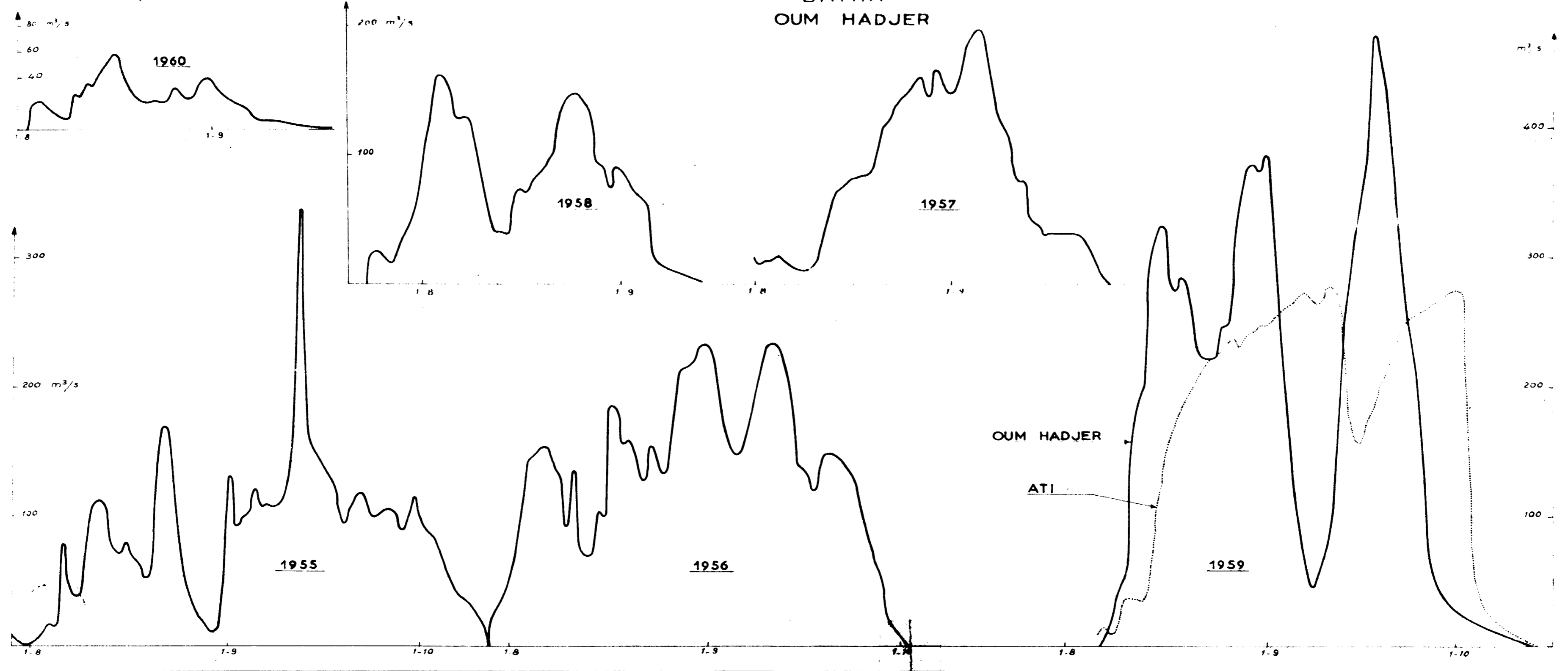
Cette mire doit être lisible dans son intégralité
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMSZXY
 zsaecmuvnwixrkhbdpqgjl 7142385690
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMSZXY
 zsaecmuvnwixrkhbdpqgjl 7142385690



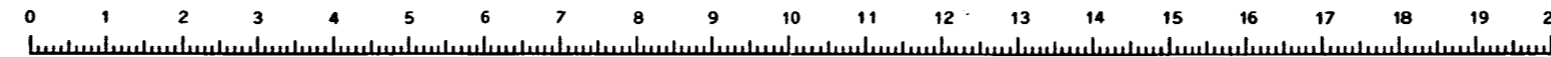
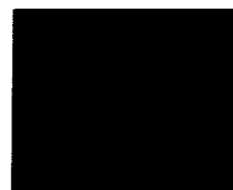
BATHA
OUM HADJER

CRT 7033

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
[LE 7301] [DES. le tremou]



Cette mire doit être lisible dans son intégralité
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMNSZXKY
 zsaecmuvnwixrfkhbdpqgyjt 7142385690
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMNSZXKY
 zsaecmuvnwixrfkhbdpqgyjt 7142385690



BAHR SARA

A M A N I D A

J A U G E A G E

JAUGEAGE ETABLI LE 7. 10. 1960
H = 4.64

Q = 1604 m³/s
S = 1616 m²
L = 286 m
S/L = 5.65 m

V_{max} = 1.36 m/s
V_{moy} = 0.99 m/s
R_u = 5.53 m

DEBIT DES PONTS ET PONCEAUX DE
LA DIGUE Q = 30 m³/s
DEBIT TOTAL = 1634 m³/s

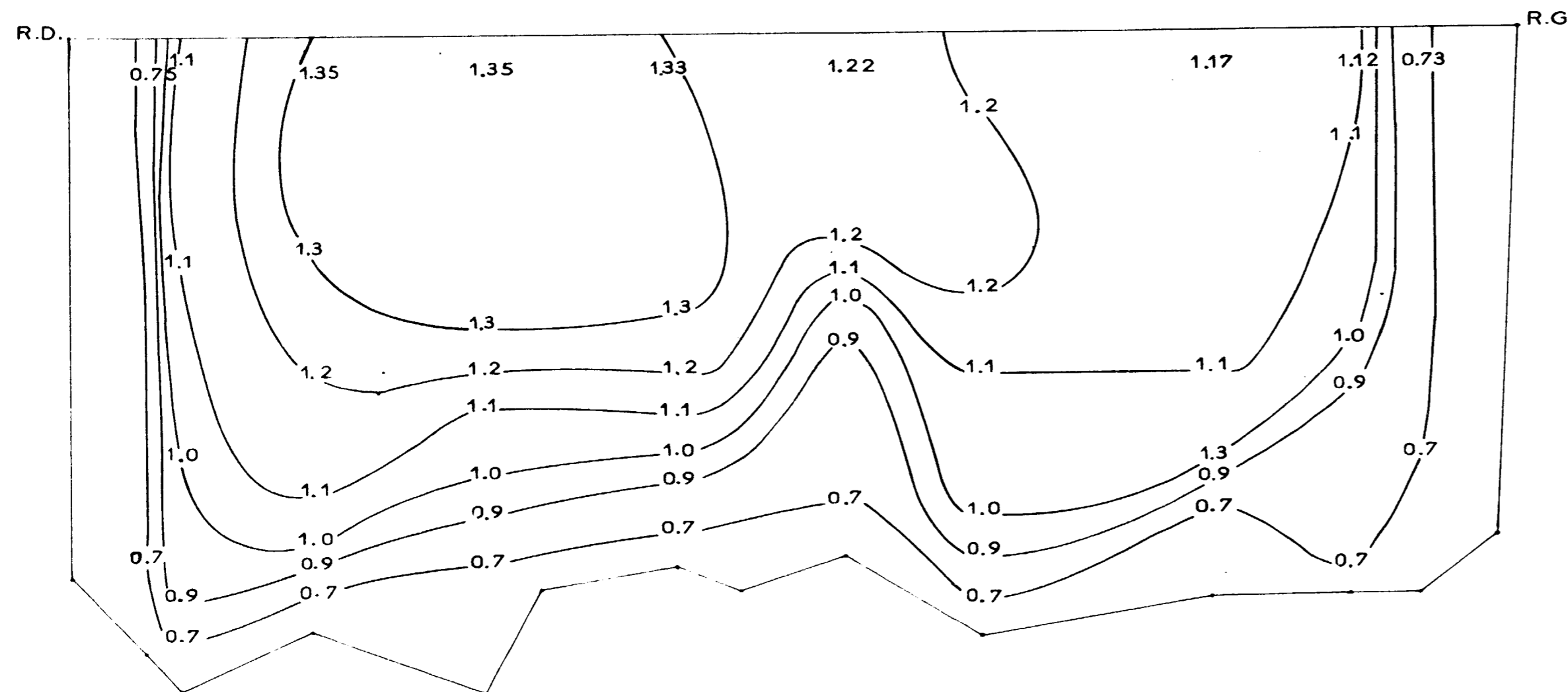
E C H E L L E S

ABSCISSE 1/1000

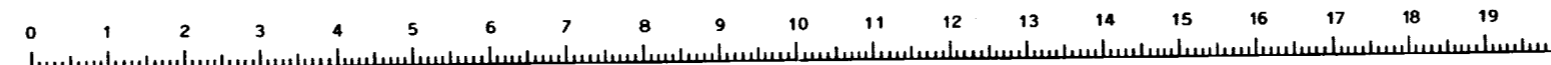
COORDONNEE 1/40

CRT 7054

ORSTOM CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
LE 19.2 61 DES.PERRET



Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMNSZXY
zsaecmuvnw xir fkhbdpqqjlt 7142385690
Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMNSZXY
zsaecmuvnw xir fkhbdpqqjlt 7142385690



BAHR SARA A N G A B O U

J A U G E A G E

JAUGEAGE ETABLI LE 6.10.1960
H = 711 m R.G. BORNE ORSTOM

LIT PRINCIPAL

Q = 1.01 090 m ³ /s	V. max. = 1.94 m/s
S = 1.08 334 m ²	V. moy. = 10.55 m/s
L = 50635 m	Ru = 4.90 m
S _L = 35.1057 m	

BRAS SECONDAIRE

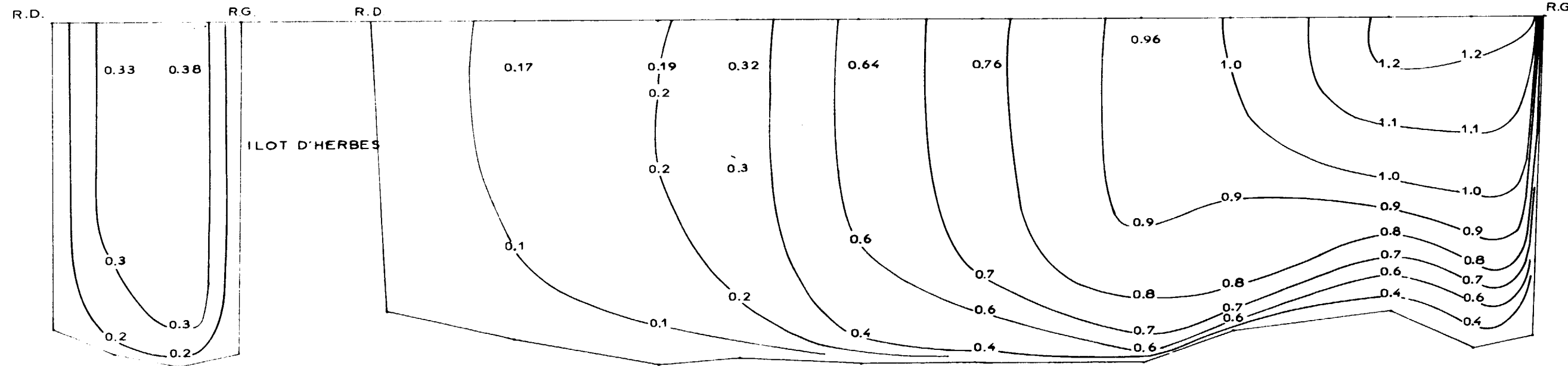
Q = 95 m ³ /s	V. max. = 0.57 m/s
--------------------------	--------------------

E C H E L L E S

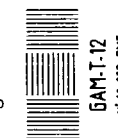
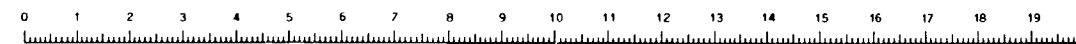
ABSCISSE 1/10000
ORDONNEE 1/500

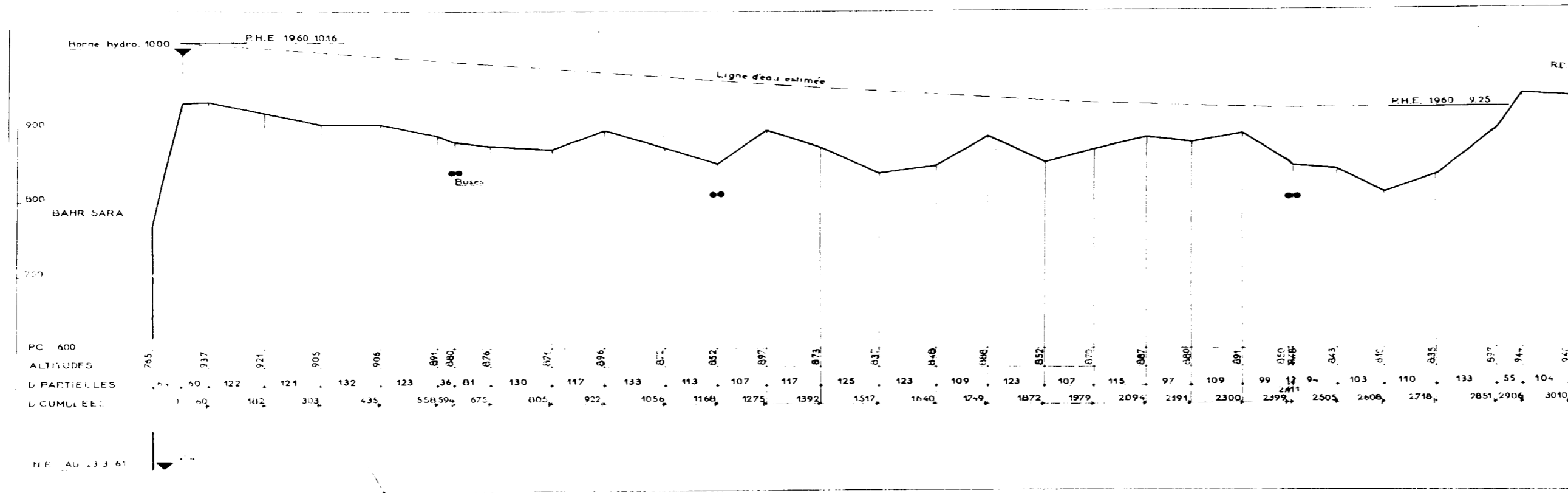
CRT 7030

Orstom - centre de recherches Tchadienne
le 2.3.61 des Boulin



Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDGCGQUVWMNSZXY
zsaecmuvnwixrfkhdppqgyjt 7142385690
Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDGCGQUVWMNSZXY
zsaecmuvnwixrfkhdppqgyjt 7142385690





NE AU 23 J 61

BAHR SARA A N'GABCU

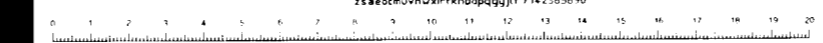
PROFIL DE LA PISTE A TRAVERS
LA PLAINE D'INONDATION RIVE GAUCHE

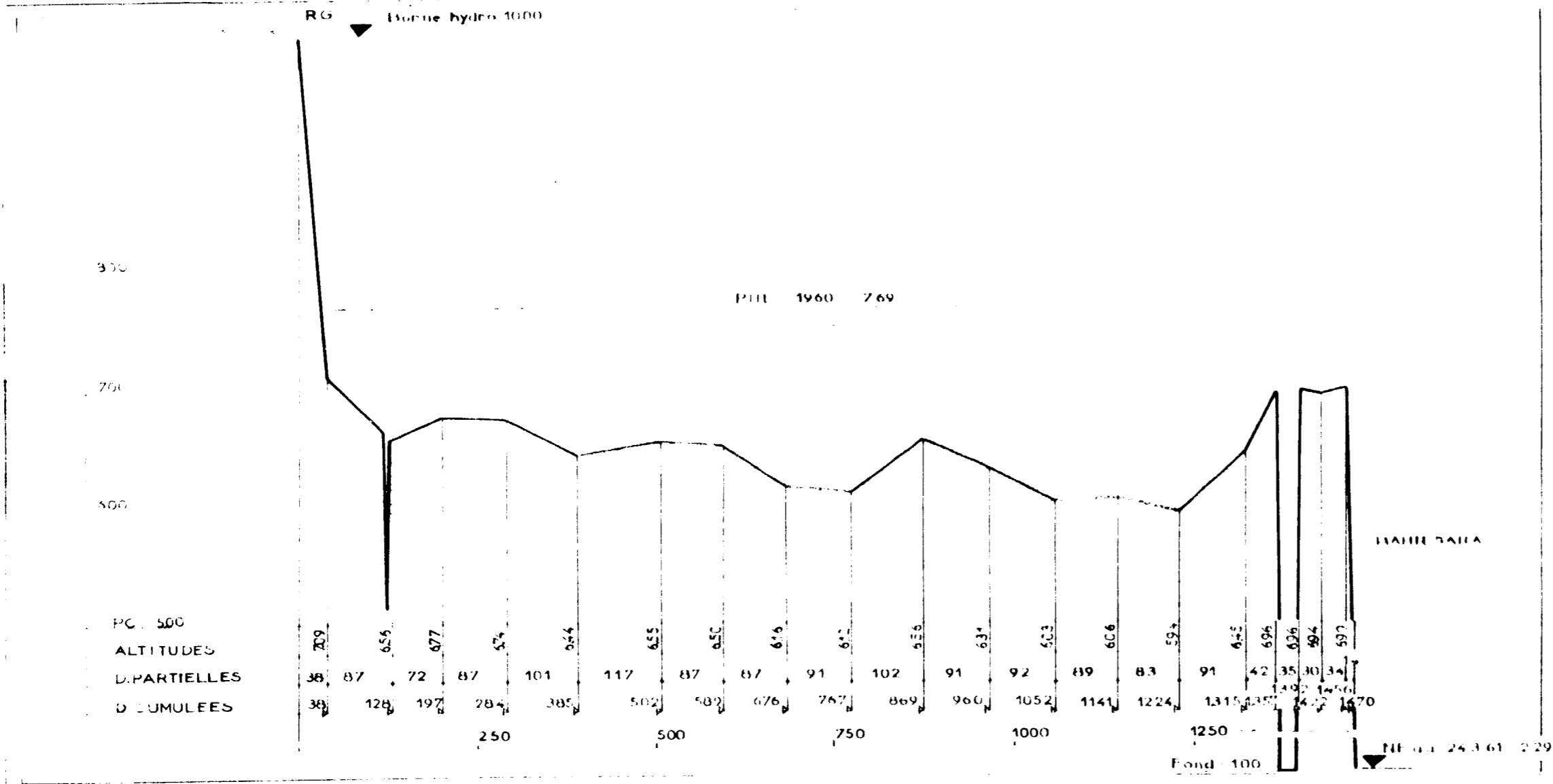
ECHELLE'S $\frac{1}{25}$
 $\frac{1}{5000}$

CRT 7040

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES U.T.H.A.D.
LE 7-61 D. Boulon

Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A0 et A1 ABERPFTHLJDDCGGUVWMNSZXXY
zsaocmuvnwxi r fkhbdpggyj l 7142385690
Pour A2 A3 A4 ABERPFTHLJDDCGGUVWMNSZXXY
zsaocmuvnwxi r fkhbdpggyj l 7142385690





BAHR SARA A N'GABOU

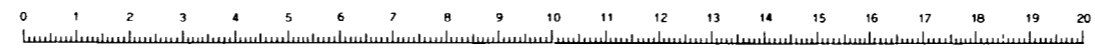
PROFIL DE LA PISTE A TRAVERS
LA PLAIE D'INONDATION RIVE GAUCHE

EGHELLES $\frac{1}{25}$
5000

CRT 7056

ORNIOM - CENTRE DE RECHERCHES TOUADIENNES
LE 18.4.61 DES BOULIN

Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGOUVWMSZXY
zsaeocmuvnxirfkhdpggyjlt 7142385690
Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGOUVWMSZXY
zsaeocmuvnxirfkhdpggyjlt 7142385690



GAM.T.12
N° 80 093 DNT

BAHR SARA

À L'ÉCHELLE DE 1/10000

JAU GE AGE

JAU GE AGE ETABLI LE 8.10.1960
 H = 755 BORNE ORSTOM
 H = 4.62 ECHELLE MANDA

LIT PRINCIPAL

Q = 1.45 m³/s V_{max} = 1.45 m/s
 S = 1.35 m² V_{moy} = 0.95 m/s
 L = 4.66 m R_u = 3.55 m
 S_E = 3.76 m

BRAS SECONDAIRE

Q = 0.96 m³/s V_{max} = 0.96 m/s

ECHELLES

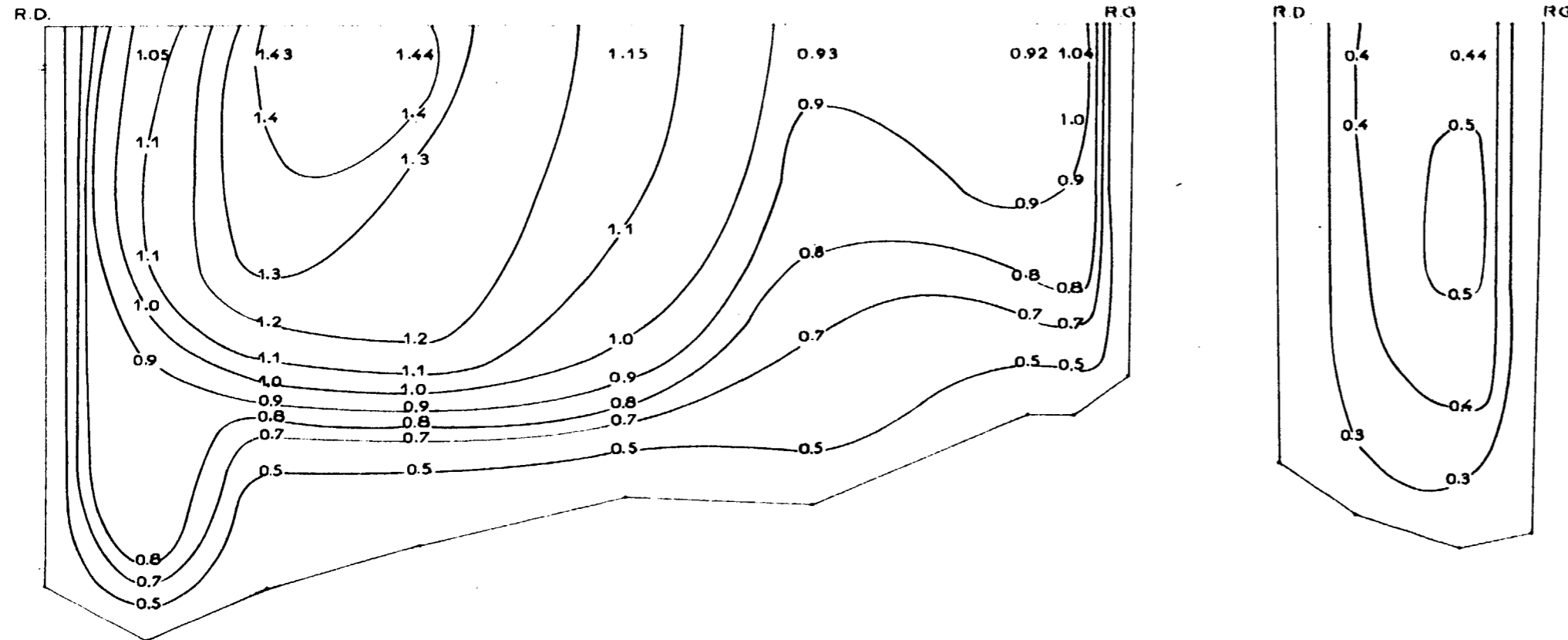
ABSCISSE 1/10000

ORDONNEE 1/5000

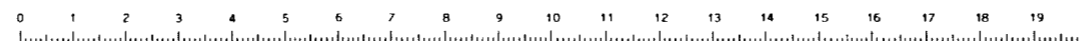
CRT 7034

ORSTOM CENTRE DE RECHERCHES THADIENNES

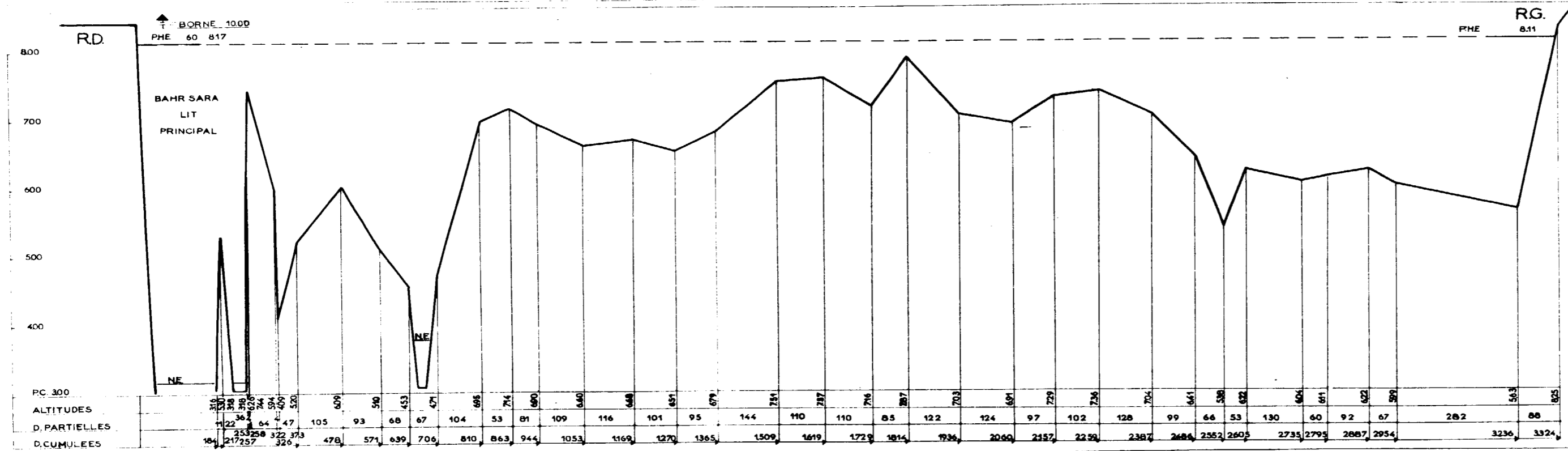
LE 7.3.61 DES. BOULIN



Cette mire doit être lisible dans son intégralité
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMNSZXY
 zsaeocmuvnwxfkhhdpqgyjlt 7142385690
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMNSZXY
 zsaeocmuvnwxfkhhdpqgyjlt 7142385690



GAM.T.12
 N° 50 073 DNT



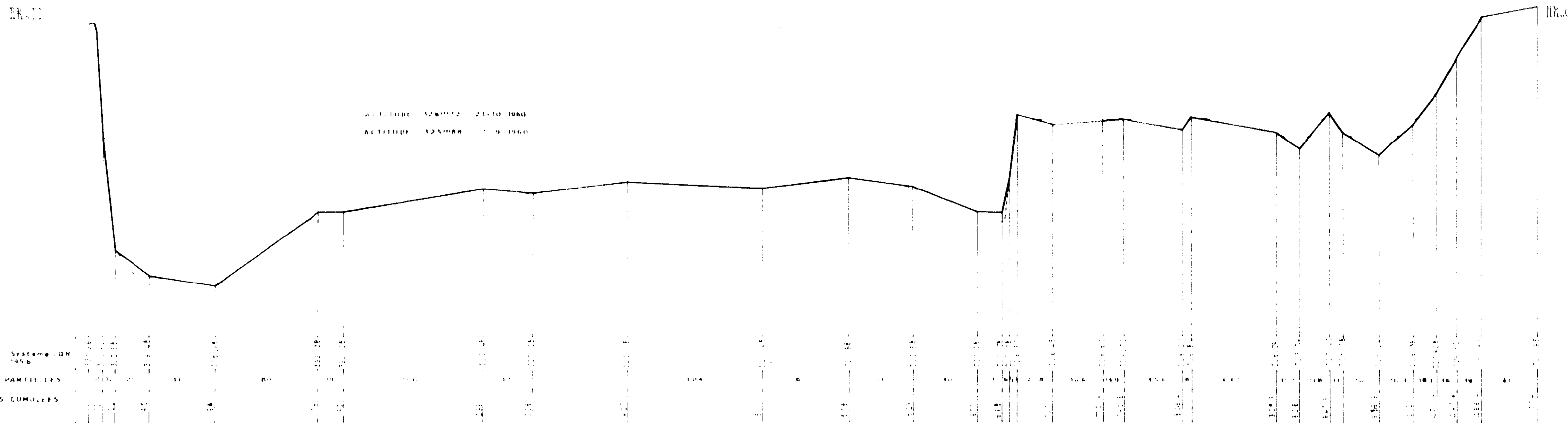
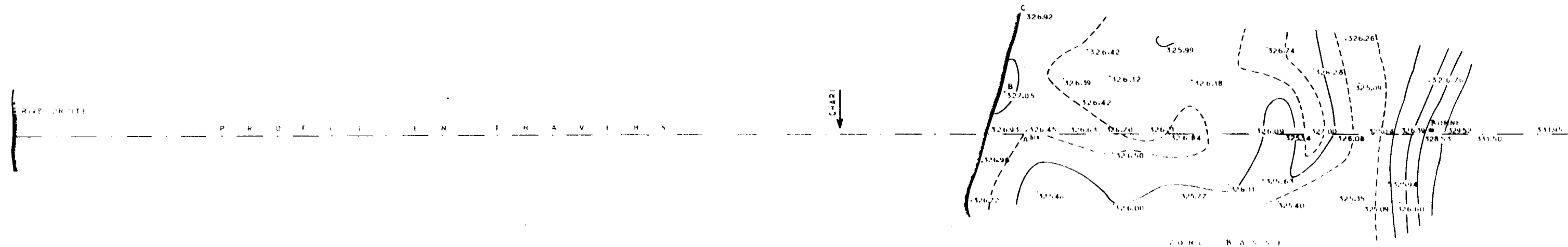
BAHR SARA
A
DOBA - KEMRIMBE

PROFIL EN TRAVERS

ECHELLES
 $\frac{1}{25}$
 $\frac{1}{5000}$

CRT 7055

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
LE 14.4.61 DES BOULIN



DISTANCES PARTIELLES
 DISTANCES CUMULEES

Distance (m)	Altitude (m) 7.9.1960	Altitude (m) 21.10.1960
0	524.00	524.00
1	524.10	524.10
2	524.20	524.20
3	524.30	524.30
4	524.40	524.40
5	524.50	524.50
6	524.60	524.60
7	524.70	524.70
8	524.80	524.80
9	524.90	524.90
10	525.00	525.00
11	525.10	525.10
12	525.20	525.20
13	525.30	525.30
14	525.40	525.40
15	525.50	525.50
16	525.60	525.60
17	525.70	525.70
18	525.80	525.80
19	525.90	525.90
20	526.00	526.00
21	526.10	526.10
22	526.20	526.20
23	526.30	526.30
24	526.40	526.40
25	526.50	526.50
26	526.60	526.60
27	526.70	526.70
28	526.80	526.80
29	526.90	526.90
30	527.00	527.00
31	527.10	527.10
32	527.20	527.20
33	527.30	527.30
34	527.40	527.40
35	527.50	527.50
36	527.60	527.60
37	527.70	527.70
38	527.80	527.80
39	527.90	527.90
40	528.00	528.00

CHARI

A MUNICIPALITE

LEVE DE LA RIVE GAUCHE

PROFIL — ETABLI LE 7. 9. 1960

PROFIL - - - ETABLI LE 21. 10. 1960

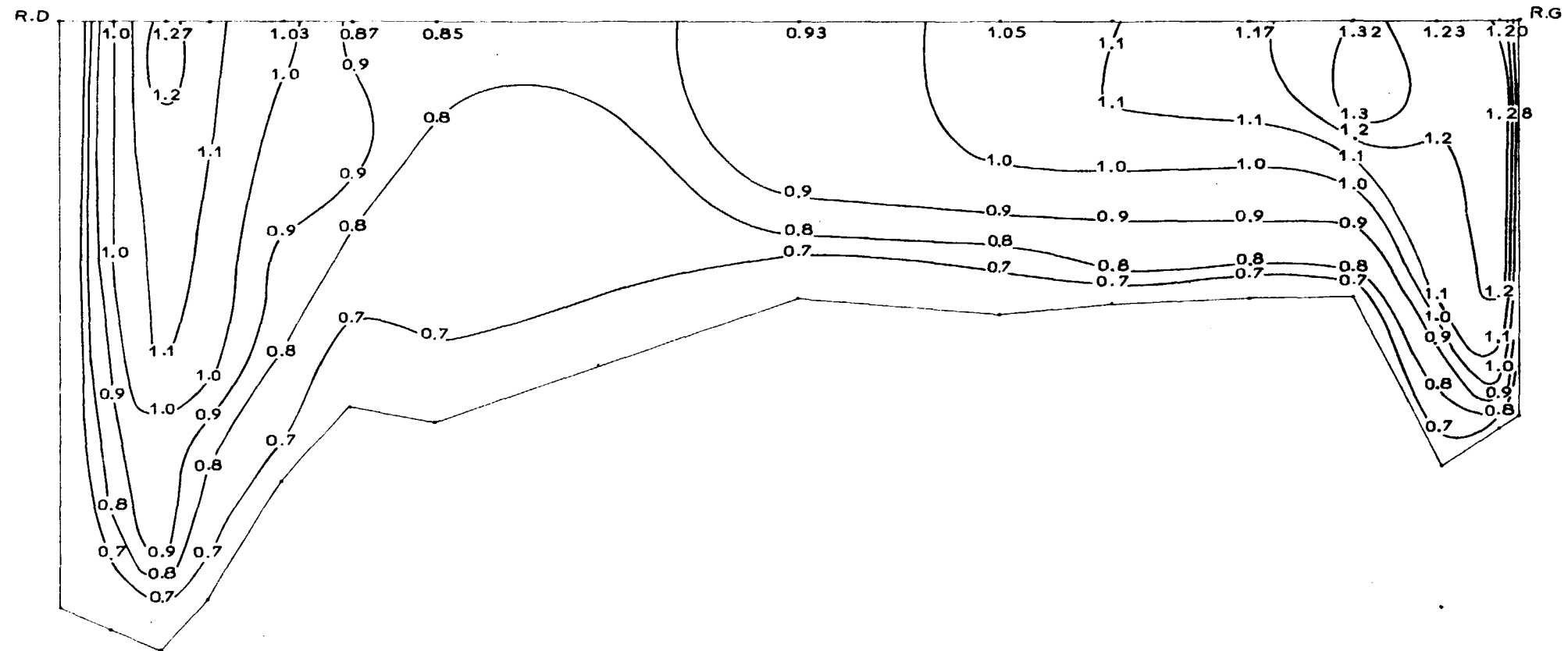
E C H E L L E S

CRT 7027

INSTITUT CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
18 7 81 DES BOULEVARD

Cette mire doit être lisible dans son intégralité
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOC GGUVUW HNSZKXY
 zsaecmuvnxir fkhbdpgqj j 7142385690
 Pour A2 A3 A4: ABERPFTHLJDOC GGUVUW HNSZKXY
 zsaecmuvnxir fkhbdpgqj j 7142385690





CHARI A MAINAIPA

JAUGEAGE

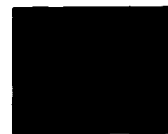
JAUGEAGE ETABLI LE 21.10.1960
 H = 326.72 I.G.N. 1956
 H = 4.58 ECHELLE BOUSSO

Q = 2720 m ³ /s	V _{max} 1.53 m/s
S = 2908 m ²	V _{moy} 0.94 m/s
L = 700 m	R _m 4.25 m
E = 428 m	

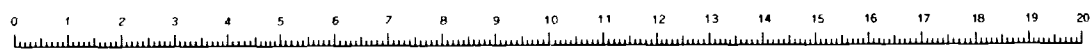
ECHELLES
 ABSCISSE 1/2000
 ORDONNEE 1/40

CRT 7031

ORSTOM CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES
 LE 8.5.61 DES BOULIN



Cette mire doit être lisible dans son intégralité
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDDCGQUVWMNSZXY
 zsaecmuvnw xir fkhbdpqgyjlt 7142385690
 Pour A2 A3 A4: ABERPFTHLIJDDCGQUVWMNSZXY
 zsaecmuvnw xir fkhbdpqgyjlt 7142385690



CRT 7306

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

3.61

- Profil en travers à ZAMA GOUIN -

ZAMA GOUIN

10m • Clous repérés dans racine d'arbre
(cote arbitraire 10m)

Vers PAIA

5m -

0 -

0 -

100 m

100

100 m

200

100 m

300

100 m

400

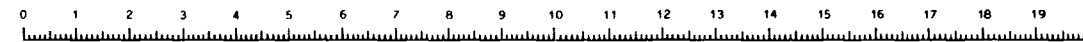
100 m

500

100 m

600

Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDCGQUVWMNSZXKY
zsaeotmuvnwxi r fkhbdppgy j l 7142385690
Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDCGQUVWMNSZXKY
zsaeotmuvnwxi r fkhbdppgy j l 7142385690



GAM.T-12

N° 00 073 DNT