

COMITÉ MIXTE DE COORDINATION

POUR LES ÉTUDES FERROVIAIRES

CAMEROUN - TCHAD

OFFICE TCHADIEN

DES ÉTUDES FERROVIAIRES

Études hydrologiques pour le chemin de fer transcamerounais

RAPPORT DÉFINITIF

(Campagne 1964)

J. CALLEDE

G. J. DUBOIS

P. MICHENAUD

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE D'OUTRE-MER

CENTRE DE FORT LAMY

Octobre 1965

- REPUBLIQUE DU TCHAD -

OFFICE TCHADIEN DES ETUDES FERROVIAIRES

DETERMINATION DES DONNEES HYDROLOGIQUES NECESSAIRES A
L'ETUDE DU PROJET DE CHEMIN DE FER TRANSCAMEROUNAIS

RAPPORT DEFINITIF

—ooo0ooo—

J. CALLEDE



G.J. DUBOIS

P. MICHENAUD

D 8
CAL

3 MARS 1966

6645 ep-2

S O M M A I R E

	Pages
<u>Introduction</u>	2
<u>Première partie</u>	3
<u>LE BASSIN EXPERIMENTAL DE BADE</u>	
A) - Description géographique	4
B) - Données climatologiques	5
C) - Equipement hydrométrique	12
D) - Observations pluviométriques 1964	17
E) - Observations hydrométriques 1964	23
F) - Etude analytique des averses et des crues	30
<u>Deuxième partie</u>	37
A) - La NYA à ARGAO	38
B) - Le bassin expérimental de MATAON	40
<u>Troisième partie</u>	
<u>VERIFICATION DES DEBITS DE CRUE ENTRE MOUNDOU ET FORT-ARCHAMBAULT</u>	53
A) - Le LOGONE à MOUNDOU	54
B) - La PENDE à DOBA	59
C) - Le BAHR SARA à MANDA	61
D) - Le CHARI à FORT-ARCHAMBAULT	62
<u>Conclusion</u>	65

INTRODUCTION

Le présent rapport fait suite au rapport préliminaire, tel qu'il en a été défini dans la Convention n° 32/C/63/OM passé entre l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) et l'Office Tchadien des Etudes Ferroviaires. Il a pour but de fournir au Projeteur les données hydrologiques indispensables à l'établissement du projet de prolongation du Chemin de Fer Transcamerounais, à travers le Tchad méridional jusqu'à FORT-ARCHAMBAULT.

Ce rapport comprend :

- 1° - une étude des débits et l'estimation des crues de fréquence rare, sur les 4 bassins expérimentaux de BADE (40 km à l'Ouest de MOUNDOU).
- 2° - une étude des débits et l'estimation des crues sur le bassin expérimental de MATAON, près d'ARGAO. Cette étude est apparue nécessaire pour faire la liaison entre les études du bassin de BADE et ceux de TOUBORO (CAMEROUN) ce dernier bassin étant étudié par les hydrologues de l'ORSTOM basés à YAOUNDE.
- 3° - une étude de la NYA à ARGAO.
- 4° - l'estimation de la crue du LOGONE à MOUNDOU, de la PENDE à DOBA, du BAHR SARA à MANDA et du CHARI à FORT-ARCHAMBAULT.

L'équipement hydrométrique et pluviométrique des bassins a été confié, comme en 1963, à Monsieur P. MICHENAUD.

Le bassin de BADE était équipé de :

- 5 limnigraphes OTT type X (dont un sur jaugeur PARSHAL)
- 5 pluviographes à augets basculeurs PRECIS-MECANIQUE
- 28 pluviomètres Association
- 8 pluviomètres totalisateurs.

La station météorologique de DIK DIK a constamment fonctionné.

Le bassin de MATAON était équipé de 6 pluviomètres Association.

Le matériel de mesure des débits comprenait, comme en 1963, quatre moulinets hydrométriques OTT.

Deux véhicules ont servis aux déplacements des hydrologues : un 4 x 4 RENAULT et une camionnette 403 PEUGEOT.

Les observations hydrologiques ont été assurées par :

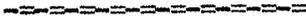
- Monsieur G.J. DUBOIS, basé à DIK DIK et s'occupant du bassin expérimental de BADE.
- Monsieur P. MICHENAUD, qui s'est occupé des autres observations et plus particulièrement, lorsqu'il a été basé à MATAON, de ce bassin expérimental.

Monsieur J. CALLEDE a effectué deux longues tournées sur les installations durant la campagne 1964.

Le dépouillement des observations a été effectué par Messieurs J. CALLEDE, P. MICHENAUD et G.J. DUBOIS.

II-) PREMIERE

II-) ARTIE



LE BASSIN EXPERIMENTAL DE BADE



A - DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE DU BASSIN EXPERIMENTAL DE BADE -

La description géographique du bassin de BADE a été traitée dans le rapport préliminaire. Rappelons cependant que ce bassin est situé à 40 km à l'Ouest de MOUNDOU. A l'intérieur du bassin principal, de 316 km² de superficie se trouvent imbriqués 3 bassins de 2,3-22 et 71,6 km² de superficie.

Le relief est très faiblement marqué.

Les sols (sables rouges et beiges) sont perméables et très sensibles à l'érosion.

Le couvert végétal - savane arborée dense - sera un obstacle à l'écoulement, surtout dans le réseau hydrographique où il freine le déplacement de l'onde de crue de façon particulièrement efficace.

Entre les deux campagnes, nous noterons les faits intéressants suivants :

- RELIEF : L'Institut Géographique National a effectué un cheminement de nivellement géométrique, à travers le bassin, le long de la route ARGAO - TAPOL, BADE et DELI.

Ceci a permis de contrôler l'exactitude des déterminations altimétriques précédentes.

- PEDOLOGIE-EROSION : L'ORSTOM a installé des parcelles d'érosion à la ferme de DELI, près de la limite Nord du bassin. D'ici quelques années, il devrait être possible de connaître un peu mieux la sensibilité exacte des sols rouges à l'érosion.

- CULTURES : Nous avons remarqué un très gros effort, en 1964, pour la mise en valeur cotonnière. Si le rythme se poursuit, la savane va régresser notablement.

B - DONNEES CLIMATOLOGIQUES POUR LE BASSIN DE BADE - ANNEE 1964 -

1° - Généralités -

Dans le rapport préliminaire, nous avons étudié en détail la climatologie de la région de MOUNDOU, d'après les relevés de la station de MOUNDOU-Météo (Aéroport). Nous avons également conclu que, d'après les résultats des observations effectuées, les conditions climatologiques étaient très voisines à MOUNDOU et à DIK DIK, (sur le bassin de BADE) où nous avons installé une station météorologique.

Cette dernière station ayant fonctionné continuellement de juillet 1963 à octobre 1964, nous avons pu poursuivre les comparaisons : le tableau page suivante montre que, à part l'évaporation PICHE, les résultats climatologiques sont comparables. De façon générale, les températures minimales de saison sèche sont plus élevées à MOUNDOU, ce qui est assez normal étant donné la proximité du fleuve.

En 1964, les caractéristiques climatologiques sont les suivantes :

COMPARAISON DES DONNEES CLIMATOLOGIQUES ENTRE LES STATIONS DE MOUNDOU (Météo)
ET DE DIK DIK ANNEE 1964

Observations	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre	
	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D
<u>TEMPERATURES</u>																				
Maxima moyen (°C)	34,3	33,5	36,1	36,0	39,6	39,7	36,9	36,8	35,2	34,5	31,4	31,7	28,8	29,9	29,1	29,2	29,7	30,4	31,5	31,3
Minima moyen	15,1	12,8	17,6	15,6	22,8	20,7	23,8	23,1	23,1	22,8	21,2	20,8	20,5	21,0	20,8	20,7	20,2	20,4	20,7	20,3
Moyenne	25,0	23,2	26,9	25,8	31,2	30,2	30,4	30,0	29,2	28,7	26,3	26,3	24,7	25,5	25,0	25,0	25,0	25,4	26,1	25,8
Maximum absolu	39,4	37,4	39,5	39,5	41,7	42,2	41,0	41,8	37,9	37,5	35,1	34,8	31,3	32,2	31,6	31,4	32,1	32,5	34,1	34,5
Minima absolu	11,5	9,0	13,0	11,5	16,0	13,3	20,4	19,0	21,0	20,5	18,5	19,2	19,0	19,2	19,0	18,2	18,2	19,2	18,7	16,6
<u>PSYCHROMETRIE</u>																				
Tension de vapeur(mb)																				
06.00	10,4	9,1	7,2	7,6	14,6	13,2	22,7	22,8	24,9	24,2	24,8	24,8	24,3	24,1	24,4	23,6	25,2	23,4	24,1	22,7
12.00	6,9	6,9	5,3	4,8	10,6	10,3	20,4	20,1	23,3	23,4	24,0	23,8	24,4	24,2	25,0	24,2	25,9	24,8	23,0	23,5
18.00	9,8	9,3	6,8	6,3	11,9	12,3	20,4	20,9	23,9	24,1	26,3	25,3	26,3	25,6	25,6	25,4	24,9	25,1	25,4	23,6
Humidité relative(%)																				
06.00	59	61	36	43	50	51	73	76	83	86	91	94	95	96	95	95	95	96	93	95
12.00	15	16	10	10	17	17	39	35	47	47	60	61	70	70	68	70	67	64	55	59
18.00	29	27	16	13	22	21	48	44	62	60	71	69	80	79	84	84	85	80	80	78
Evaporation Piche(mm)	298	192	393	255	362	285	242	158	161	110	99	174	69	175	71	40	70	48	22	57

2° - Insolation

D'après les relevés de l'héliographe CAMPBELL de MOUNDOU-Météo, nous avons :

- INSOLATION JOURNALIERE MOYENNE MENSUELLE A MOUNDOU -
(dixième d'heure)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Moyenne à MOUNDOU										
1957- 1963	92,9	92,5	79,2	68,3	74,7	64,0	52,6	50,2	57,7	73,1
1964	90,3		83,5	82,9	87,4	71,4	53,7	50,6	64,8	73,1

En 1964, l'insolation, pour la période janvier - octobre, est supérieure à la moyenne. Ceci est particulièrement exact pour la période mars à juin.

3° - Températures

L'année étant incomplète, il n'est pas possible de déterminer la température moyenne annuelle. Néanmoins, comme l'écart absolu observable est au plus égal à 1° C, nous pourrions admettre que la température moyenne annuelle sera voisine en 1964, de 26°9 (moyenne interannuelle).

Température moyenne mensuelle

Le tableau de la page suivante donne l'écart entre la température moyenne mensuelle à MOUNDOU (période 1956 - 1963) et l'année 1964.

- TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE OBSERVEE EN 1964 A DIK DIK -

(Degrés centigrades)

Températures	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Maxima moyen										
Moyenne à Moundou 1956-1963	34,1	36,5	38,2	36,7	34,9	32,2	29,7	29,4	30,2	32,4
DIK DIK 1964	33,5	36,0	39,7	36,8	34,5	31,7	28,8	29,9	29,2	30,4
Minima moyen										
Moyenne à MOUNDOU 1956-1963	14,9	17,3	21,8	24,1	23,4	22,0	21,4	21,2	20,9	21,1
DIK DIK 1964	12,8	15,6	20,7	23,1	22,8	20,8	20,5	21,0	20,7	20,4
Temp. moyenne										
Moyenne à MOUNDOU 1956-1963	24,5	26,9	30,0	30,4	29,1	27,1	25,6	25,3	25,6	26,8
DIK DIK 1964	23,5	25,8	30,2	30,0	28,7	26,3	24,7	25,5	25,0	25,4
Maxima absolu à MOUNDOU, période 1956-1963	39,6	41,0	41,9	41,2	41,1	36,8	35,0	33,9	34,5	35,7
DIK DIK 1964	37,4	39,5	42,2	41,8	37,5	34,8	31,3	32,2	31,4	32,5
Minima absolu à MOUNDOU, période 1956-1963	10,3	12,2	15,0	18,7	18,9	18,7	19,3	18,5	17,8	17,0
DIK DIK 1964	9,0	11,5	13,3	19,0	20,5	19,2	19,0	19,2	18,2	19,2

L'année 1964 aurait tendance à être un peu plus froide que les autres années. Notons également le maximum absolu dépassé en mars et avril et le minimum absolu dépassé en juillet.

4° - Psychrométrie -

De la même façon, le tableau suivant indique les psychrométries moyennes observées à DIK DIK en 1964 et la valeur moyenne pour la période 1956-1963 à MOUNDOU.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	
Tension de vapeur (mb)	06.00										
	Moyenne à MOUNDOU 1956-1963	11,1	9,6	14,2	23,4	24,8	24,9	24,7	24,7	24,8	24,5
	DIK DIK 1964	9,1	7,6	13,2	22,8	24,2	24,8	24,1	23,6	23,4	22,7
	12.00										
	Moyenne à MOUNDOU 1956-1963	8,8	8,4	12,3	21,1	23,8	24,8	25,3	26,1	25,9	24,3
	DIK DIK 1964	6,9	4,8	10,3	20,1	23,4	23,8	24,2	24,2	24,8	23,5
18.00											
Moyenne à MOUNDOU 1956-1963	11,3	8,7	13,3	21,9	24,3	26,1	26,4	26,5	26,4	26,2	
DIK DIK 1964	9,3	6,3	12,3	20,9	24,1	25,3	25,6	25,4	25,1	23,6	
Humidité relative (%)	06.00										
	Moyenne à MOUNDOU 1956-1963	63	41	51	74	81	89	94	96	95	93
	DIK DIK 1964	61	43	51	76	86	94	96	95	96	95
	12.00										
	Moyenne à MOUNDOU 1956-1963	19	14	21	39	48	58	67	71	68	55
	DIK DIK 1964	16	10	17	35	47	61	70	70	64	59
18.00											
Moyenne à MOUNDOU 1956-1963	32	24	27	47	58	65	77	83	88	78	
DIK DIK 1964	27	13	21	44	60	69	79	84	80	78	

Notons la bonne concordance des humidités relatives.

5°- Evaporation

En 1964, l'évaporation mesurée sur bac COLORADO enterré donne des résultats, comme en 1963, assez voisins de ceux de LAI. Ceci confirme une évaporation annuelle, sur bac COLORADO, de l'ordre de 2300 mm.

- EVAPORATION MENSUELLE MOYENNE (mm/jour) -

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
DIK DIK 1964	7,1	9,3	10,5	9,2	7,3	5,6	4,0	3,8	5,2	4,8
LAI (1954-57)	7,2	8,3	8,5	8,9	7,4	5,0	3,3	3,5	3,7	5,6

6° - Précipitations -a) - Pluviométrie annuelle

Il est tombé, à MOUNDOU-Météo, 1374,5 mm de hauteur de pluie en 1964.

Le module pluviométrique annuel moyen devient :

$$m = 1214,4 \text{ mm}$$

Ecart type :

$$e = 233,9 \text{ mm}$$

Coefficient de variation :

$$\frac{e}{m} = 0,193$$

Le graphique n° 7497 montre que l'ajustement des 32 pluviométries annuelles, suivant la loi de GAUSS, reste identique à celui de l'année précédente (31 pluviométries).

La pluviométrie décennale probable risquera donc de dépasser 1510 mm ou de ne pas atteindre 910 mm, une année sur dix.

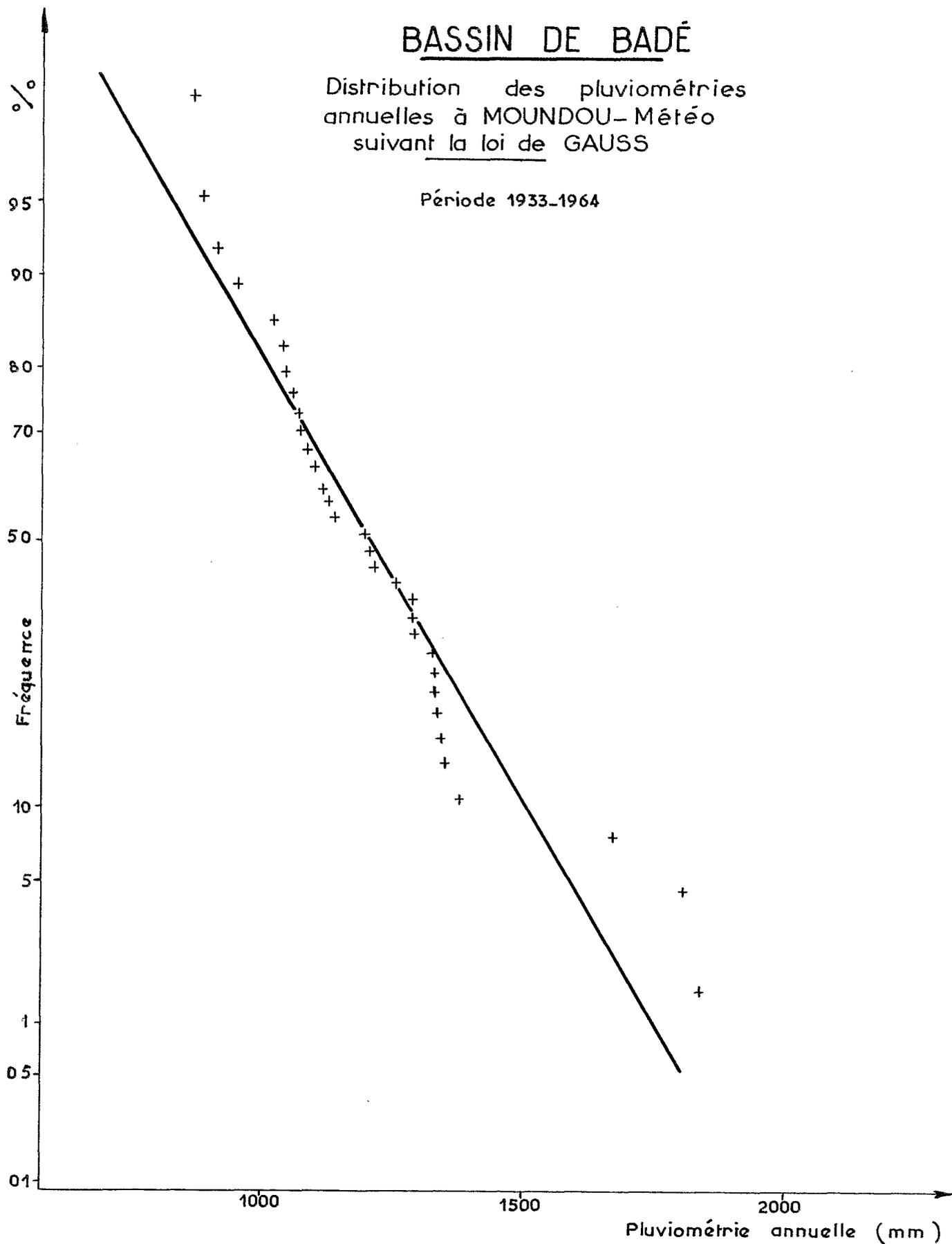
b) - Pluviométrie mensuelle

Les nouvelles valeurs des pluviométries mensuelles moyennes sont :

BASSIN DE BADÉ

Distribution des pluviométries
annuelles à MOUNDOU-Météo
suivant la loi de GAUSS

Période 1933-1964



CRT 7497

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 26-1-65

DES: S. NICOLÉ

VISA

TUBEN°

- PLUVIOMETRIE MOYENNE MENSUELLE OBSERVEE A MOUNDOU-METEO -

Période 1933 - 1964

(mm)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
0	0,5	7,7	42,7	111,8	162,7	247,6	303,1	244,4	90,5	3,4	0	1214,4

c) - Pluviométries journalières

En utilisant les pluviométries journalières des stations de MOUNDOU-Météo, MOUNDOU-Cotonfran, DELI et TAPOL, nous obtenons un total de 56 stations-années.

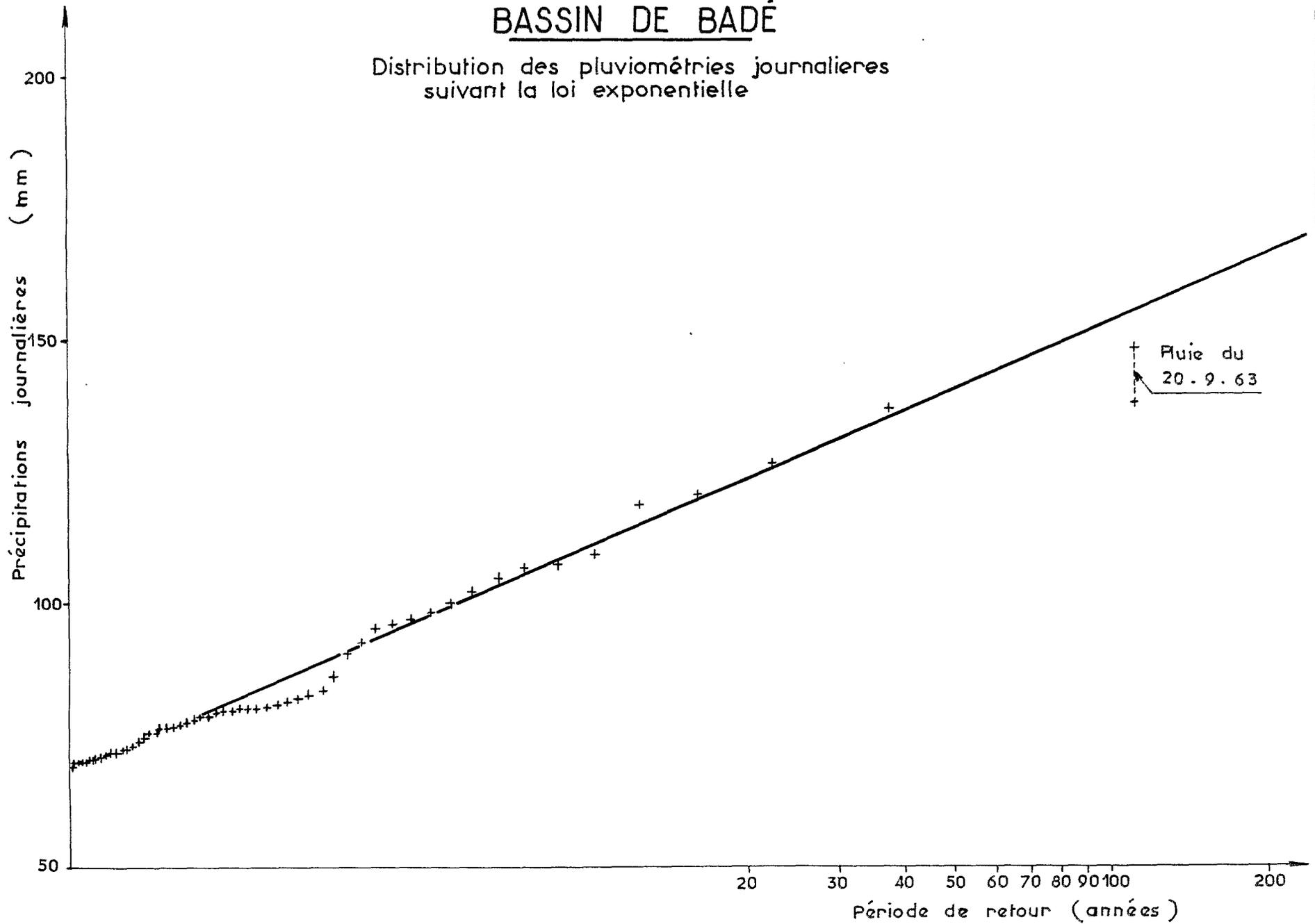
Les 56 plus fortes averses ont été classées par ordre décroissant :

- PLUS FORTES AVERSES OBSERVEES SUR LA REGION DU BASSIN DE BADE -
(56 stations-années)

N°	P mm	N°	P mm	N°	P mm
1	137,5	20	82,5	39	75,7
2	136,8	21	82,0	40	75,6
3	126,2	22	81,3	41	74,2
4	120,6	23	80,8	42	74,0
5	118,6	24	80,2	43	73,0
6	109,0	25	80,0	44	72,4
7	107,0	26	80,0	45	72,0
8	106,4	27	80,0	46	71,8
9	104,6	28	79,5	47	71,5
10	102,0	29	79,5	48	71,1
11	100,0	30	79,2	49	71,0
12	98,0	31	78,9	50	71,0
13	96,5	32	78,4	51	70,5
14	96,0	33	78,0	52	70,3
15	95,0	34	77,5	53	70,0
16	92,7	35	77,0	54	70,0
17	90,4	36	76,8	55	69,8
18	86,0	37	76,5	56	69,2
19	83,5	38	76,4		

BASSIN DE BADÉ

Distribution des pluviométries journalières
suivant la loi exponentielle



CRT 7499

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 27-1-65

DES: S. NICOE

VISA:

TUBE N°

L'ajustement de ces pluviométries suivant une loi exponentielle reste identique à celui effectué pour 1963.

Les pluviométries journalières caractéristiques sont donc toujours :

- Pluie journalière de probabilité annuelle :	70 mm
- Pluie journalière probable 1 an sur 2 :	80 mm
- Pluie journalière probable 1 an sur 5	100 mm
- <u>Pluie journalière de fréquence décennale :</u>	<u>110 mm</u>
- Pluie journalière de fréquence bidécennale :	125 mm
- Pluie journalière de fréquence cinquantenaire.:	140 mm

C - EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE DU BASSIN DE BADE -

Grâce à l'expérience acquise lors de la campagne 1963, nous avons pu perfectionner l'équipement des stations hydrométriques de manière à mieux déterminer la valeur des débits écoulés.

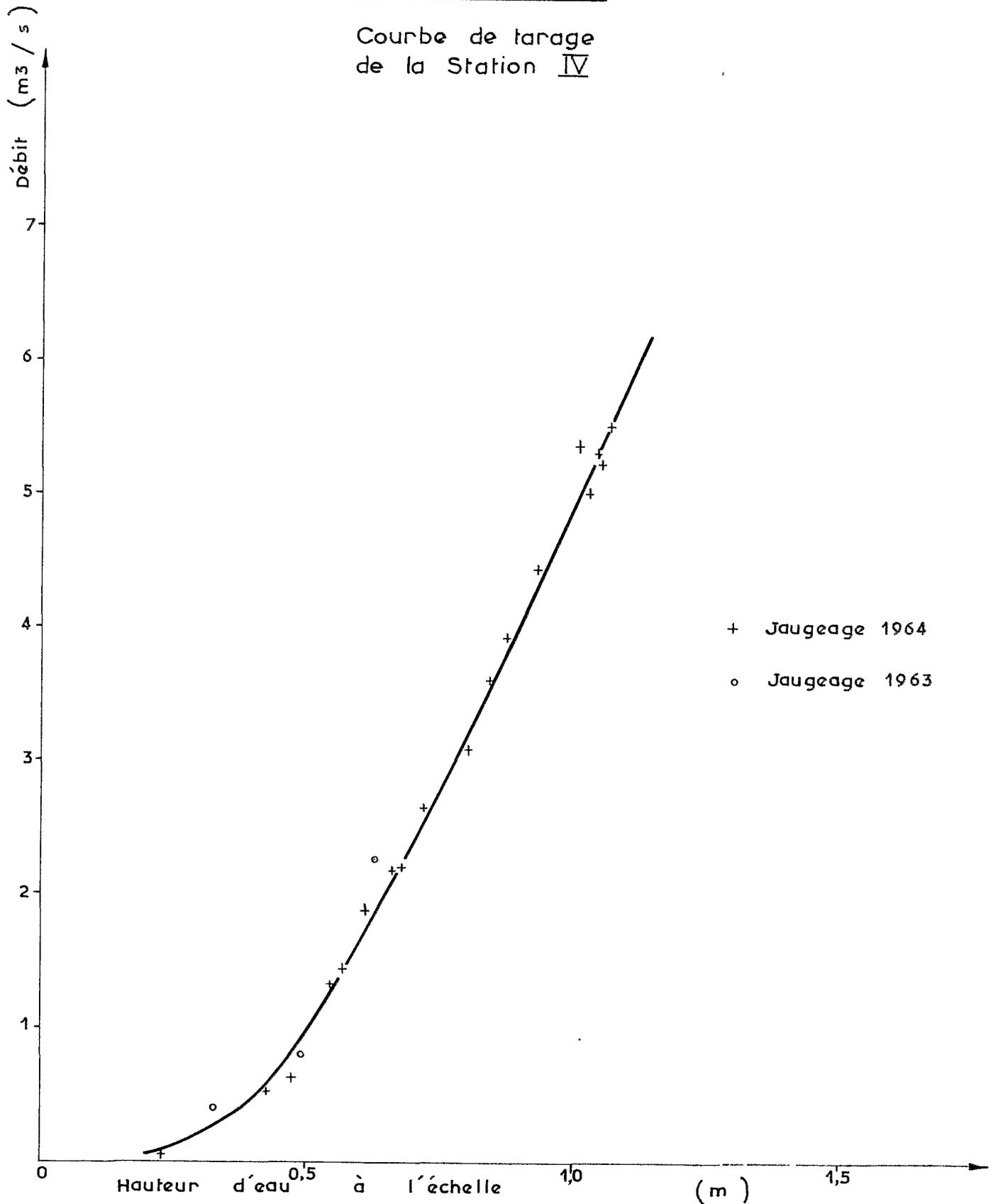
1 - STATION PRINCIPALE IV ("BAH") (316 km²)

En 1963, il avait été impossible d'établir la relation hauteur-débit faute de jaugeages suffisamment précis en moyennes et hautes eaux (impossibilité de jauger sans un aménagement important de la section, à réaliser en basses eaux). Pour y remédier, nous avons installé une section de jaugeage à une cinquantaine de mètres à l'aval de la section hydrométrique de 1963 (piste BADE - MOUNDOU). Au droit de cette section, le marigot a été canalisé, grâce à deux digues latérales et l'ensemble de l'écoulement s'effectuait sous une passerelle de jaugeage de 12 mètres de portée totale. Cette installation nous a permis d'étalonner soigneusement la station, grâce à 20 jaugeages réalisés au moulinet OTT "ARKANSAS".

DATE	HAUTEUR (m)	DEBIT (m ³ /s)
25- 4-64	0,23	0,06
13- 7-63	0,325	0,41
21- 7-64	0,425	0,52
8- 8-64	0,47	0,63
25- 7-63	0,49	0,81
20-11-64	0,575	1,45
11-11-64	0,61	1,86
9- 8-63	0,61	2,33
4-11-64	0,66	2,19
29-10-64	0,68	2,19
25-10-64	0,72	2,65
12-10-64	0,805	3,08
21- 8-64	0,845	3,60
5- 9-64	0,875	3,92
1- 9-64	0,935	4,43
7- 9-64	1,01	5,36
27- 9-64	1,03	5,00

BASSIN DE BADÉ

Courbe de tarage
de la Station IV



CRT 7509

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 29-1-65

DES: S. NICOE VISA

TUBEN°

(suite)

DATE	HAUTEUR (m)	Débit (m ³ /s)
23-9-64	1,045	5,30
26-9-64	1,055	5,22
25-9-64	1,07	5,51

La courbe de correspondance hauteur - débit est figurée sur le graphique n° 7509.

Nous pouvons considérer la station comme étant correctement étalonnée puisque la hauteur d'eau maximale observée en 1964 a été de 1,08 m et qu'un jaugeage a été effectué à 1,07 m (en 1963, le maximum a été de 0,89).

3 - STATION III (71,6 km²)

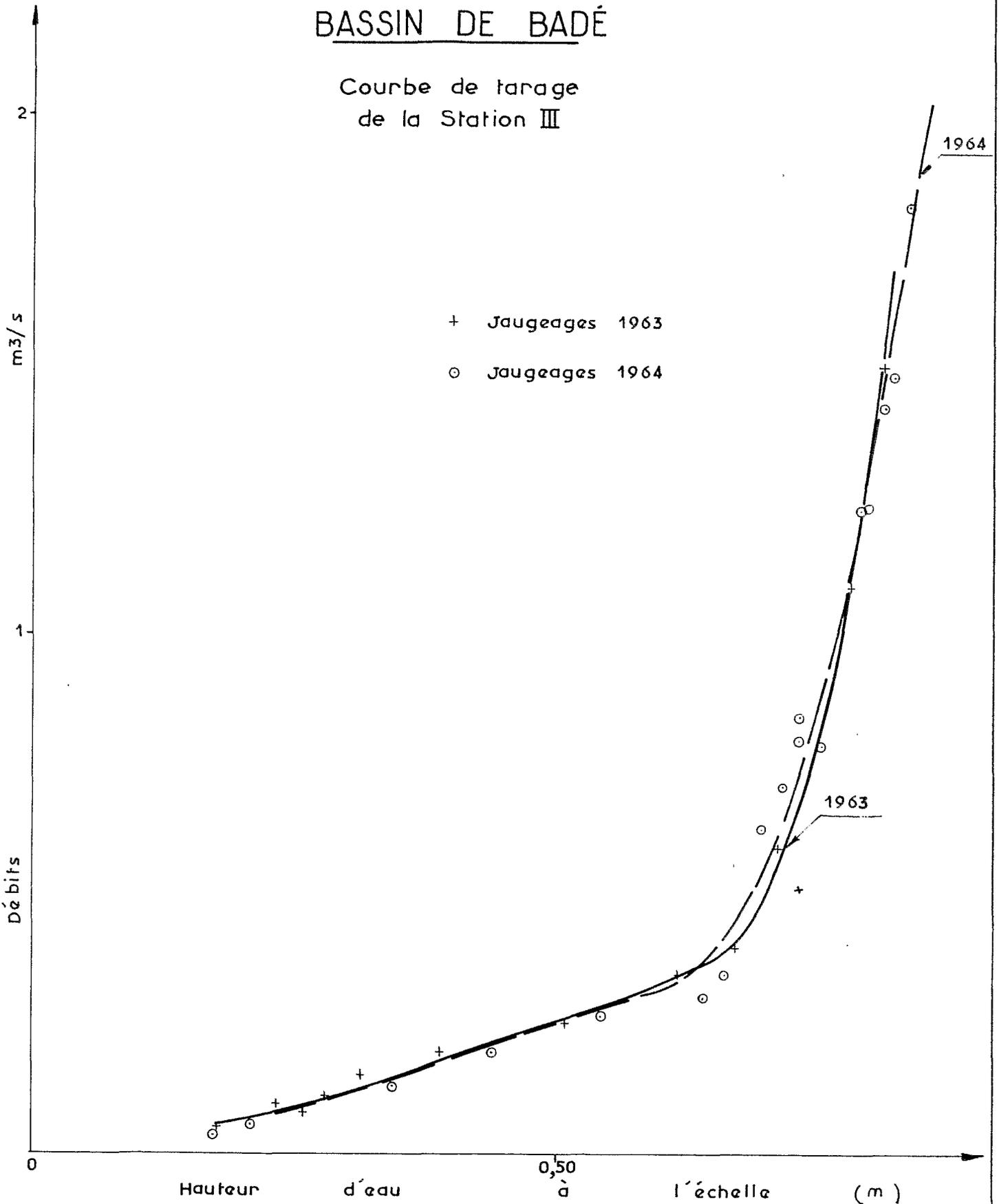
Mise à part la remise en état du seuil amont du radier submersible, endommagé par un camion, aucune nouvelle installation n'a été réalisée sur la station.

L'étalonnage a été vérifié et complété grâce à 17 jaugeages, tous effectués au micro-moulinet.

DATE	HAUTEUR (m)	DEBIT (l/s)
9- 4-64	0,175	32
23- 6-64	0,21	57
7- 8-64	0,345	128
26-11-63	0,44	192
7- 7-64	0,545	269
26- 8-64	0,64	300
1- 8-64	0,66	343
12-10-64	0,695	624
6-10-64	0,715	706
3-10-64	0,73	840
2-10-64	0,73	792
18- 8-64	0,75	786
31- 8-64	0,79	1239
16- 9-64	0,80	1245
21- 9-64	0,81	1436
8- 9-64	0,82	1495
22- 9-64	0,835	1821

BASSIN DE BADÉ

Courbe de tarage
de la Station III



CRT 7510

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 30-1-65

DES: S. NICOE VISA

TUBEN°

Le graphique n° 7510 représente la courbe d'étalonnage de 1963 et la courbe définitive. Nous pouvons conclure que la station est bien étalonnée, d'autant plus que la hauteur d'eau maximale n'a été que de 0,835 m, cote à laquelle un jaugeage a été effectué (maximum de 1963 : 0,82).

L'échelle a été nivelée au passage par l'Institut Géographique National. L'altitude du zéro est de 425,863 m.

3 - STATION II (22 km²)

Aucun aménagement n'a été effectué depuis la campagne 1963. 9 jaugeages, tous effectués au micro-moulinet, indiquent que la courbe de tarage n'a pas varié (graphique n° 7511).

DATE	HAUTEUR D'EAU (m)	DEBIT (l/s)
21- 4-64	0,08	12
10- 7-64	0,095	33
17- 7-64	0,125	48
14- 8-64	0,16	65
7--7-64	0,18	119
30- 8-64	0,21	158
1- 9-64	0,245	227
7- 9-64	0,275	323
21- 9-64	0,315	433

L'étalonnage reste satisfaisant, la hauteur maximale de 1964: 0,335 m étant inférieure au maximum de 1963 (0,45 m).

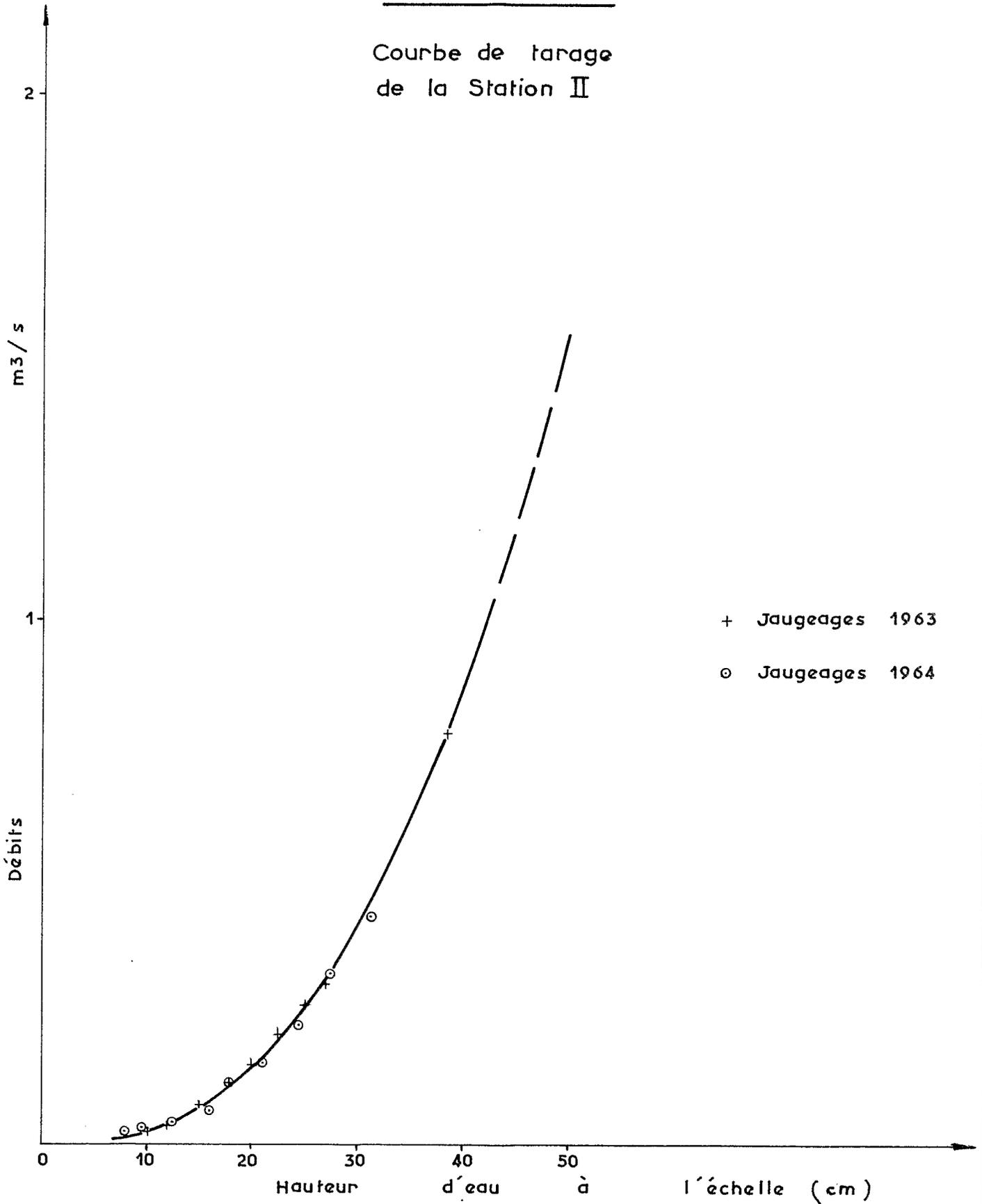
Rappelons qu'un jaugeage avait été effectué en 1963 à la hauteur d'eau de 0,38 m.

4 - STATION I (2,3 km²)

Il n'avait pas été possible, en 1963 de réaliser un étalonnage convenable à cette station : le maximum de hauteur d'eau avait été de 0,30 m et le jaugeage le plus important effectué à 0,16 m.

BASSIN DE BADÉ

Courbe de tarage
de la Station II



CRT 7511

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 30-1-65

DES: S. NICOLE

VISA

TUBEN°

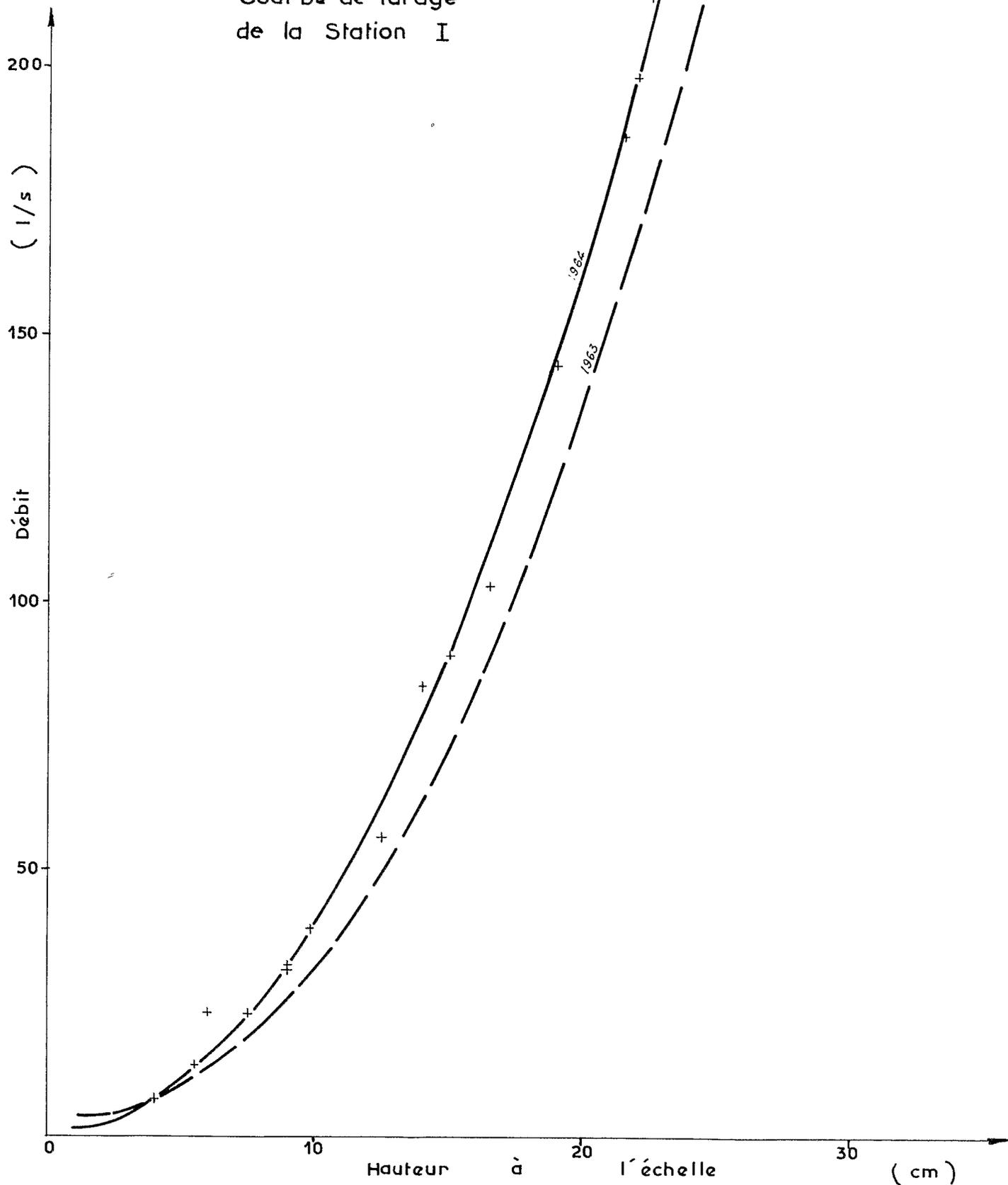
Lors de l'étiage, nous avons installé, en amont immédiat de la station, un jaugeur PARSHALL de 2' (0,61 m). Ce jaugeur était équipé d'un limnigraphe OTT type X, de façon à pouvoir établir la corrélation entre les hauteurs d'eau mesurées au PARSHALL et à la station.

Malheureusement en 1964, il ne s'est pas produit beaucoup de belles crues à la station I. Le maximum observé n'a été que de 0,165 m. Aussi avons-nous profité de la présence du PARSHALL pour réaliser le 18 septembre une crue artificielle au moyen d'une bouchure provisoire du marigot. Grâce à l'élévation du plan d'eau en amont de ce barrage improvisé, nous avons pu obtenir, lors du lâché de l'eau, une cote de 0,24 m à l'échelle de la station. Une série de jaugeages continus a permis, bien complétée par des mesures antérieures, d'établir la courbe hauteur-débit.

DATE	HAUTEUR D'EAU (m)	DEBIT (l/s)	OBSERVATIONS
10- 7-64	0,04	7	
13- 8-64	0,055	13	
18- 7-64	0,06	23	
7- 7-64	0,09	31	
18- 8-64	0,09	32	
19- 9-64	0,09	38	
7- 9-64	0,10	39	
21- 9-64	0,125	56	
19- 9-64	0,14	84	
19- 9-64	0,15	90	Jaugeages continus
	0,165	103	" "
	0,19	144	" "
	0,215	187	" "
	0,22	198	" "
	0,225	213	" "
	0,24	233	" "

BASSIN DE BADÉ

Courbe de tarage
de la Station I



CRT 7506

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 29-1-65

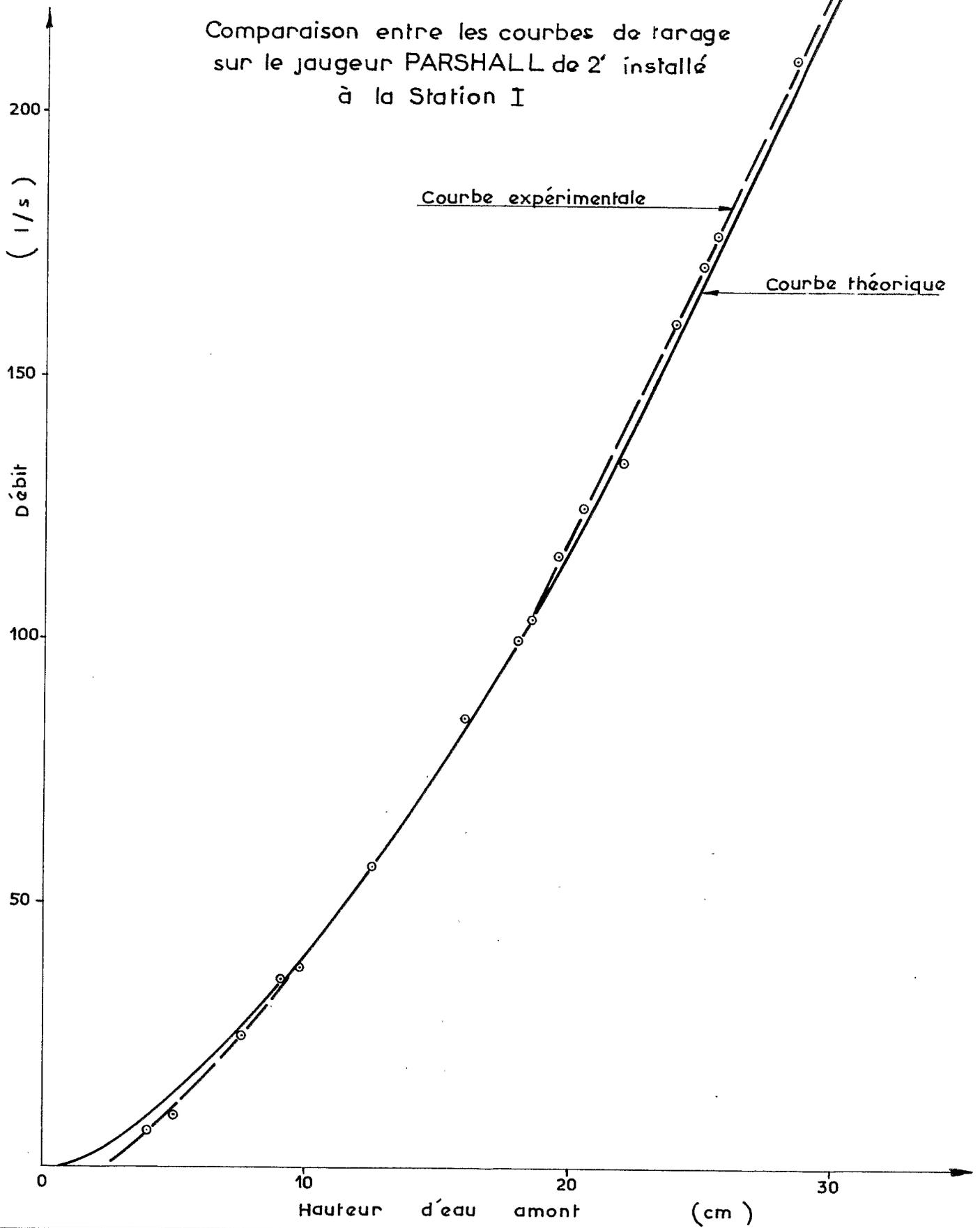
DES: S. NICOLE

VISA

TUBEN°

BASSIN DE BADÉ

Comparaison entre les courbes de tarage
sur le jaugeur PARSHALL de 2' installé
à la Station I



CRT 7508

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 29 - 1 - 65

DES: S. NICOLÉ VISA

TUBEN?

La courbe hauteur-débit (graphique n° 7506) de 1964 est différente de celle de 1963 : il y a donc eu modification de la section. Cette modification (ensablement du fond du marigot) se traduit par une translation du zéro à l'échelle à partir de 0,15 m, de l'ordre de 2 cm. Le parallélisme de ces courbes permet de conclure à l'exactitude de l'extrapolation de 1963.

Notons pour terminer, la parfaite concordance (graphique n° 7508) entre la courbe de tarage du PARSHALL, établie à l'aide des jaugeages et la courbe théorique des débits

$$Q = 371,15 L \cdot (3,378 H)^{1,569 L} \cdot 0,026$$

où L est la largeur du seuil . H la hauteur d'eau au-dessus du radier du convergent, (en mètres), et Q le débit en m³/s

D - OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES SUR LE BASSIN DE BADE -

- Campagne 1964 -

Pour la campagne 1964, nous avons complété l'équipement d'observation pluviométrique avec 4 pluviomètres "Association" et 2 pluviographes supplémentaires installés de telle sorte que le bassin soit entièrement couvert. En définitive, le bassin se trouvait donc équipé de :

- 28 pluviomètres "Association"
- 5 pluviographes journaliers à augets basculeurs
- 8 pluviomètres totalisateurs, servant au contrôle des lecteurs de pluviomètres.

1 - CARACTERISTIQUES PLUVIOMETRIQUES DE L'ANNEE 1964 -

Le graphique n° 7530 représente les isohyètes annuelles de 1964, pour le bassin de BADE.

Nous voyons que l'année 1964 est nettement supérieure à la moyenne :

- Année 1964 : 1360 mm
- Moyenne : 1214 mm

La répartition des précipitations mensuelles est donnée par le tableau de la page suivante (période 8 avril - 31 octobre) et par le tracé des isohyètes (graphiques n° 7524 à 7529) pour les mois de mai à octobre.

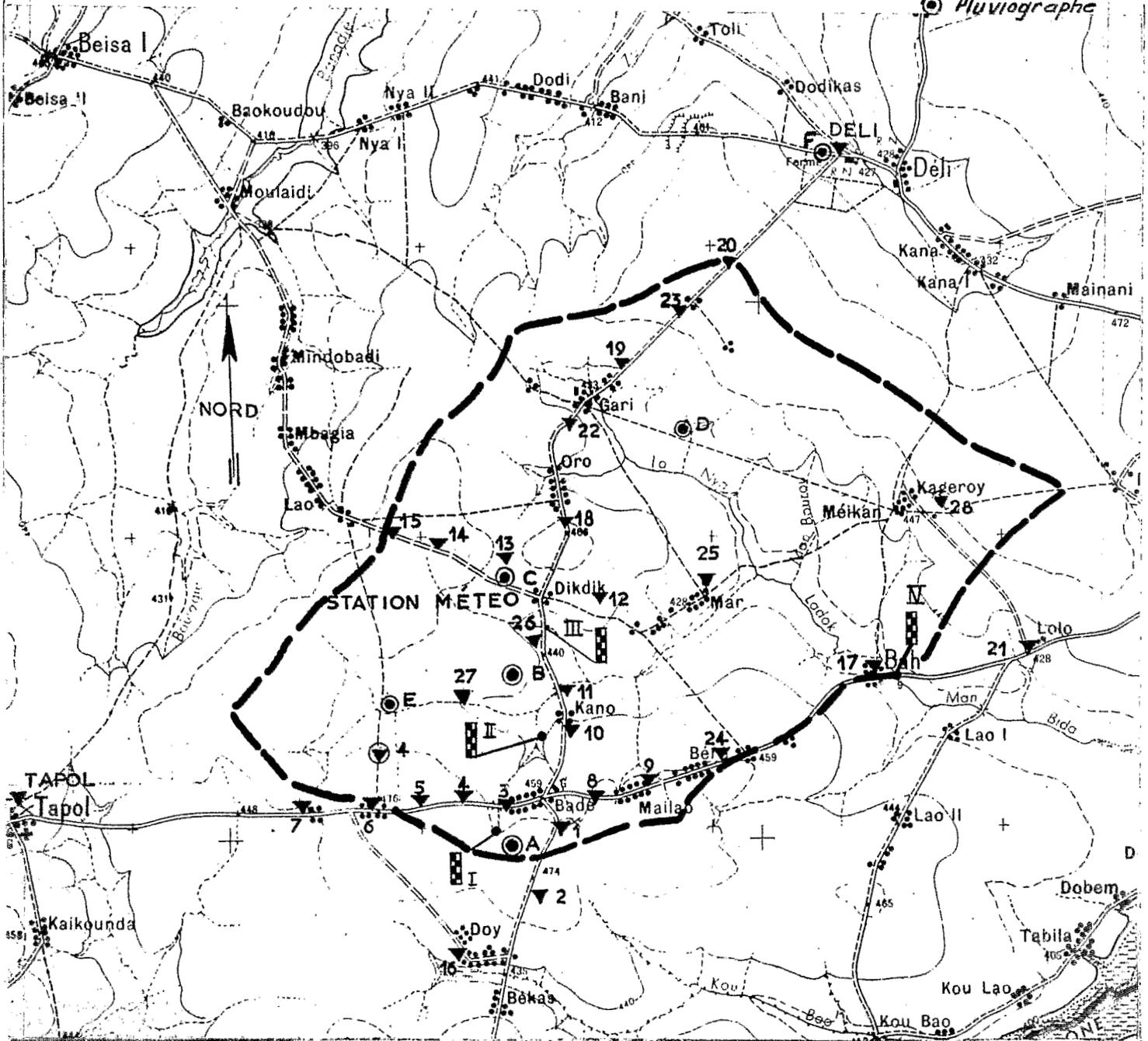
BASSIN DE BADE

Equipement pluviométrique

Campagne 1964

(Extrait de la carte IGN au 1/200.000)

- ▼ Pluviomètre association
- Pluviomètre totalisateur
- ⊙ Pluviographe



CRT 7.452

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE

LES

VISA:

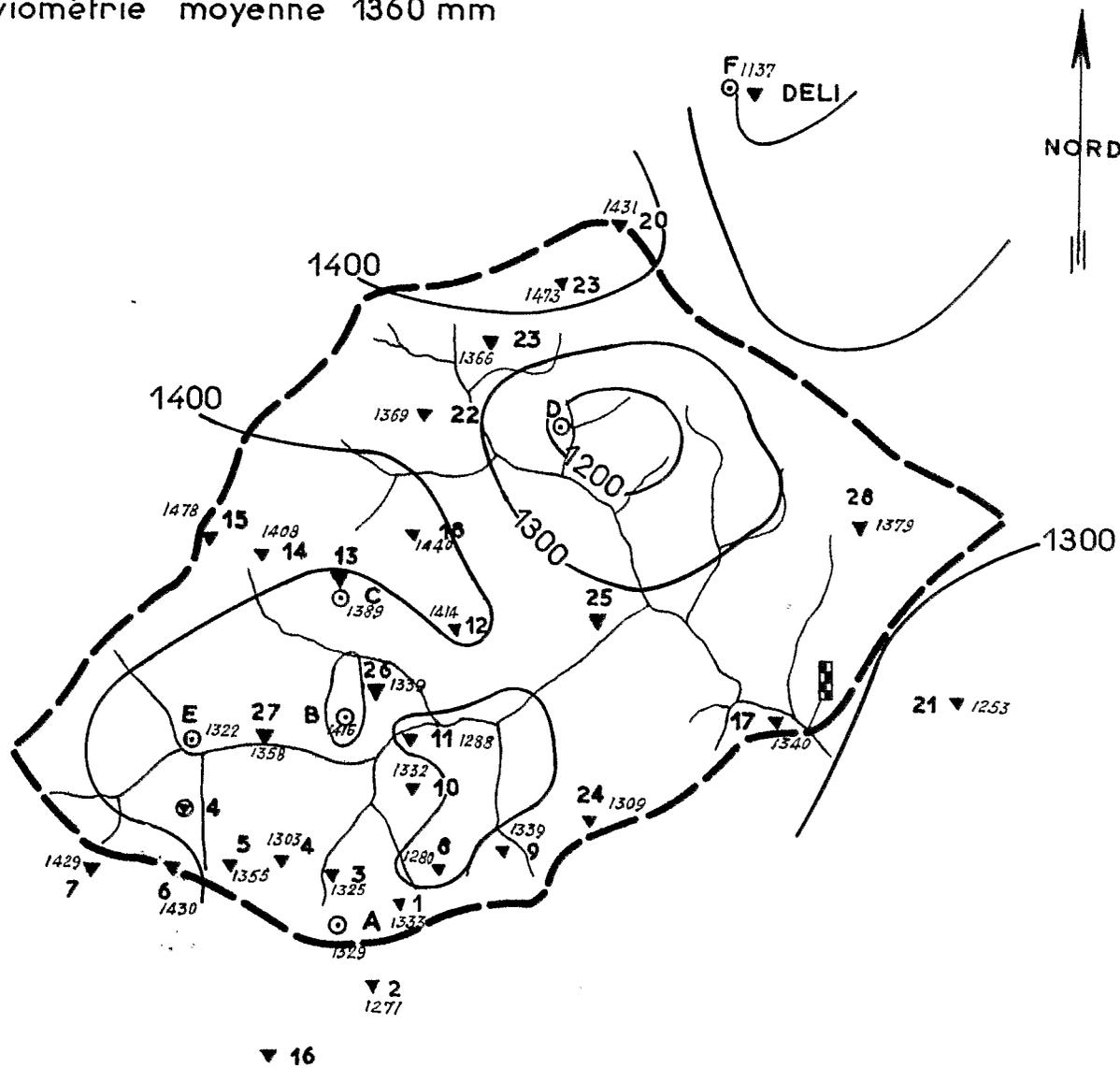
TUBE N°

BASSIN DE BADÉ

Isohyetes annuelles

Année 1964

Pluviométrie moyenne 1360 mm



Echelle: 1 / 200 000

CRT 7530

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 18-1-64	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

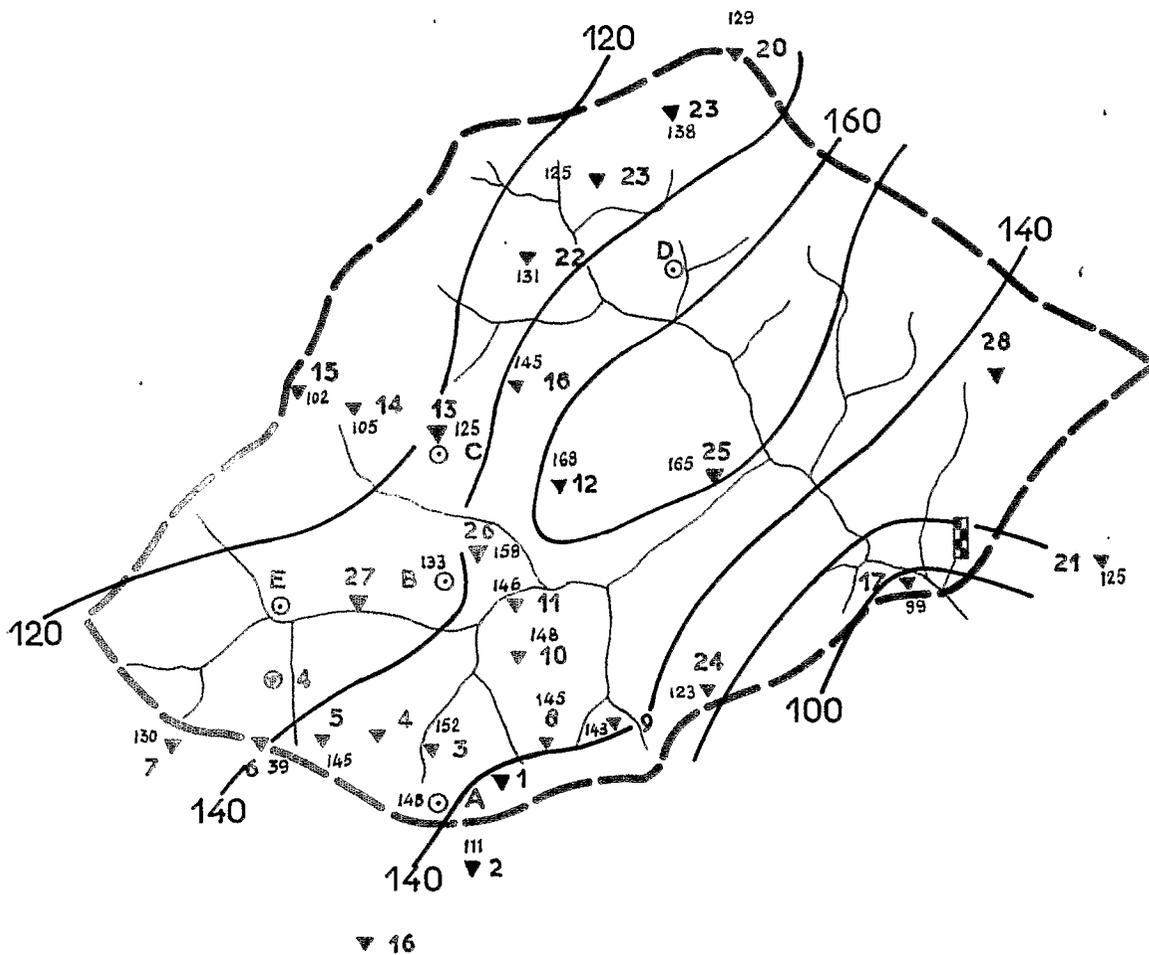
BASSIN DE BADÉ

Isohyètes mensuelles 1964

Mois de: Mai 1964

Pluviométrie moyenne: 137 mm

F 188
○ ▼ DELI



Echelle: 1 / 200.000

CRT 7524

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

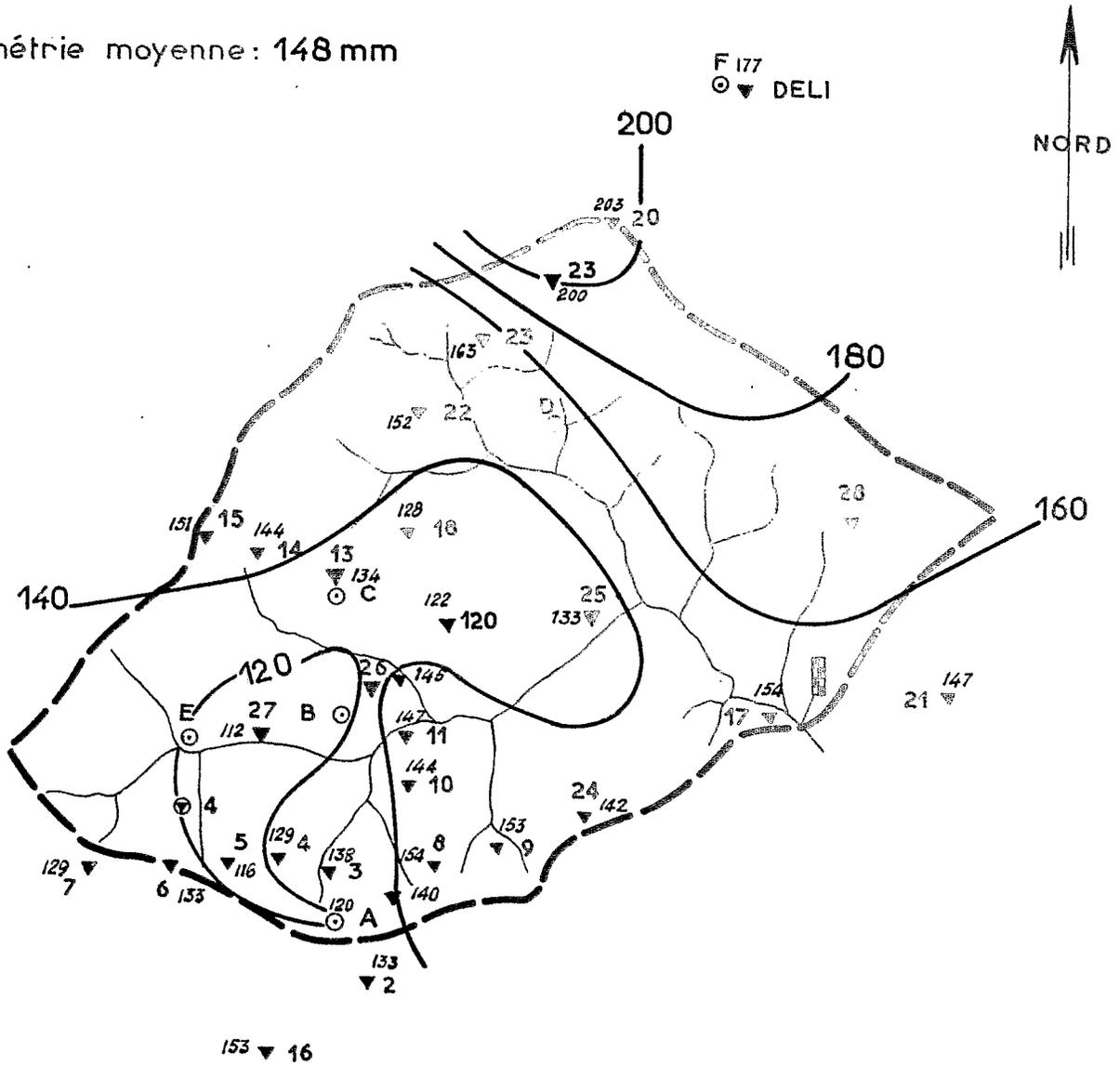
ED: 1°	LE: 18-1-64	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	14
--------	-------------	----------------	-------	---------	----

BASSIN DE BADÉ

Isohyètes mensuelles 1964

Mois de: Juin 1964

Pluviométrie moyenne: 148 mm



Echelle: 1 / 200.000

CRT 7526

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 18-1-64 DES: L TRENOU VISA: TUBE N° H

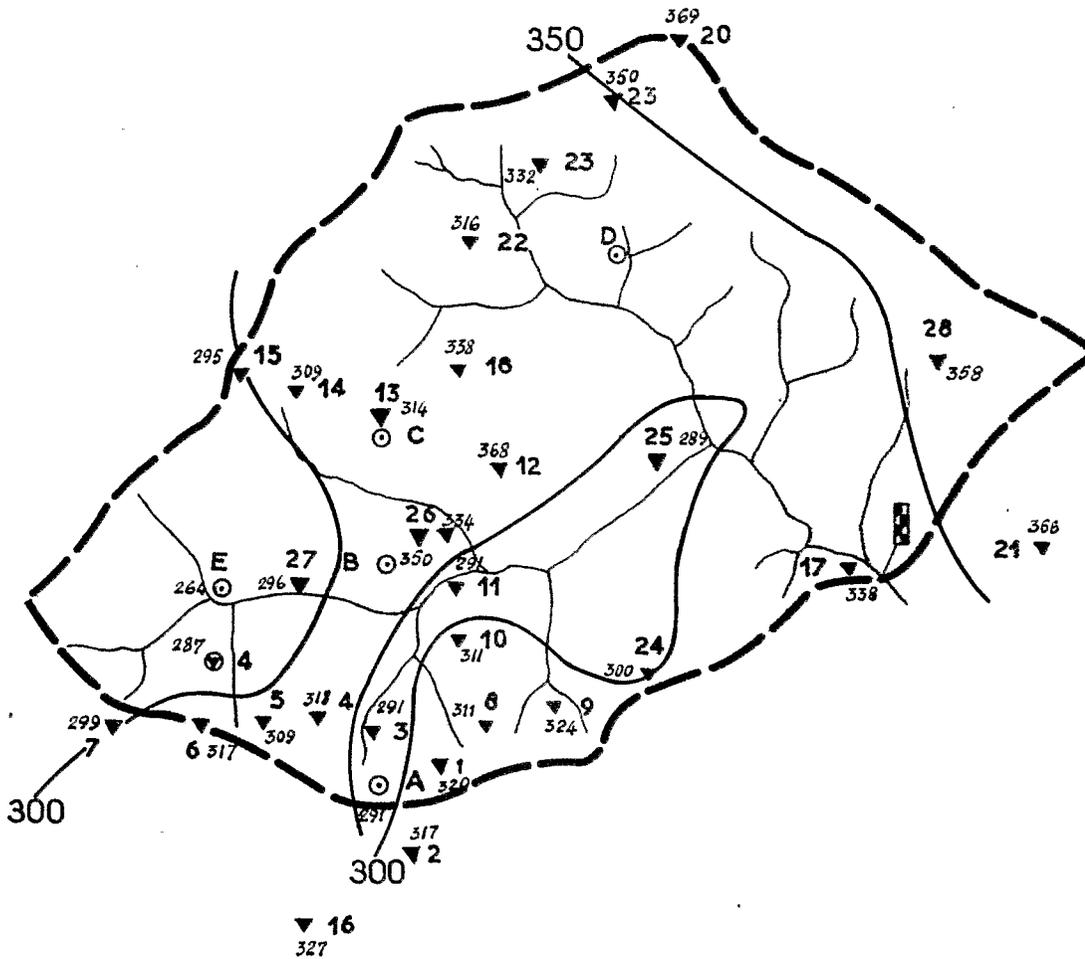
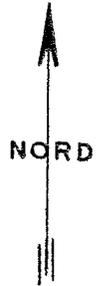
BASSIN DE BADÉ

Isohyètes mensuelles 1964

Mois de: Juillet 1964

Pluviométrie moyenne: 318 mm

F 274
 ○ ▼ DELI



Echelle: 1 / 200.000

CRT 7527

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 18-1-64	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

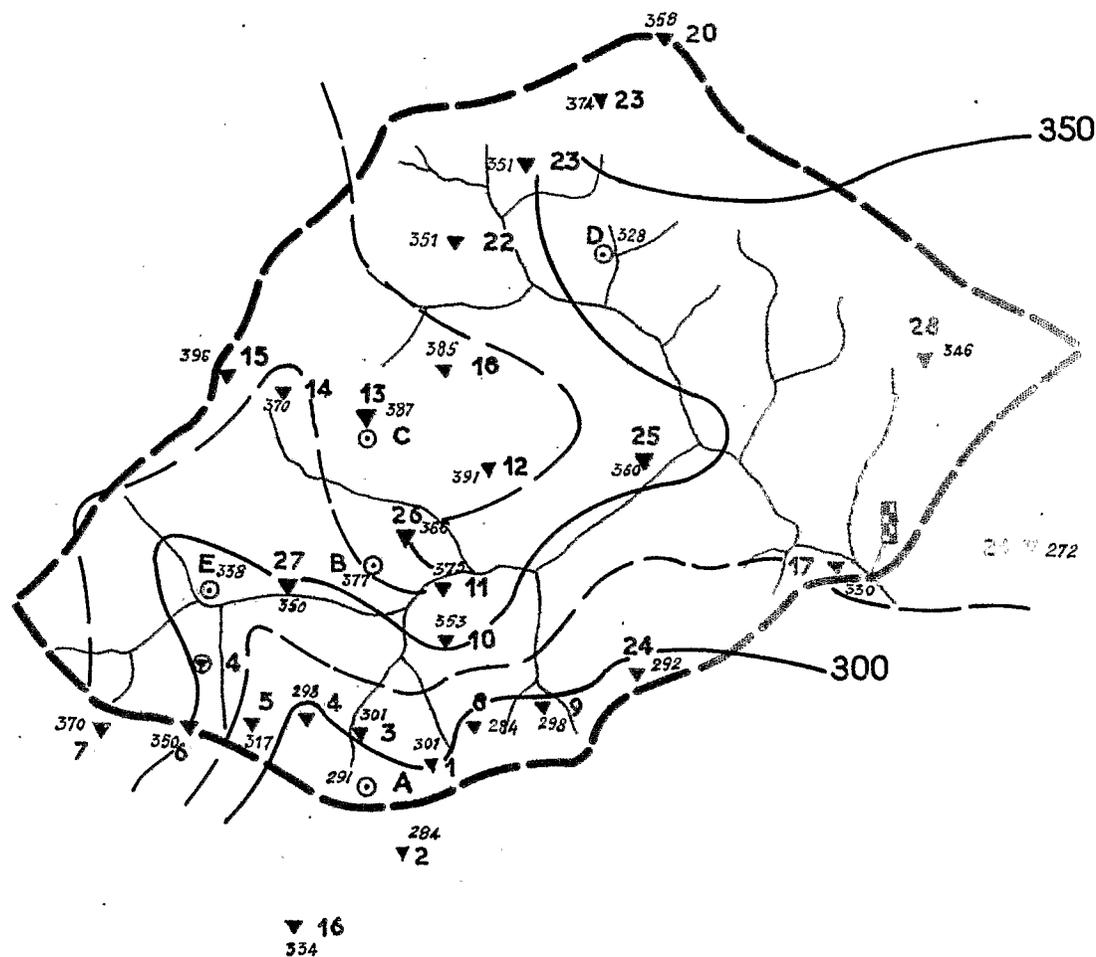
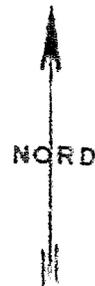
BASSIN DE BADÉ

Isohyètes mensuelles 1964

Mois d' Août 1964

Pluviométrie moyenne: 346mm

F 227
○ ▼ DELI



Echelle: 1/200.000

CRT 7529

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 18-1-64 DES: L. TRENOU VISA: TUBE N

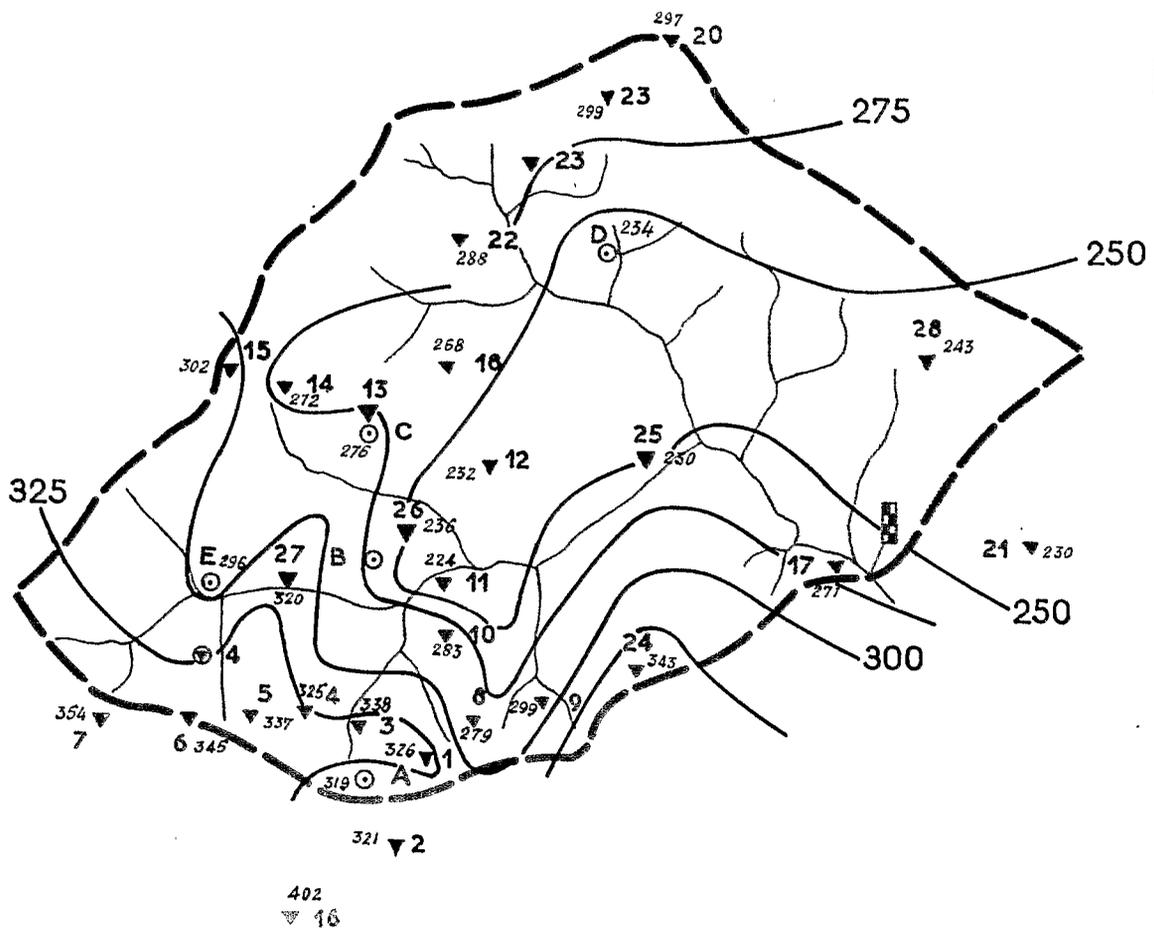
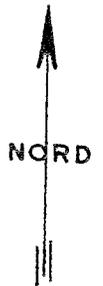
BASSIN DE BADÉ

Isohyètes mensuelles 1964

Mois de: Septembre 1964

Pluviométrie moyenne: 276 mm

F 285
○ ▼ DELI



Echelle: 1/200.000

CRT 7528

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 18-1-64	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

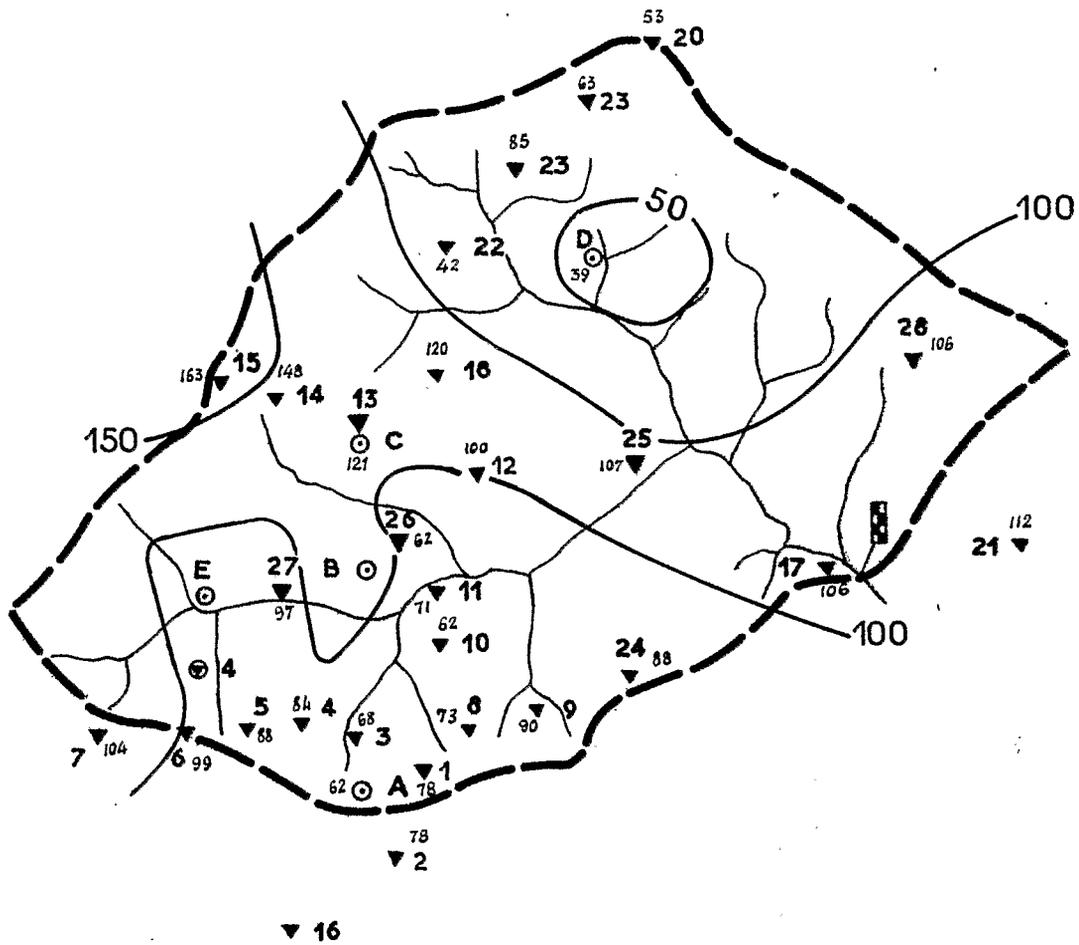
BASSIN DE BADÉ

Isohyètes mensuelles 1964

Mois d'Octobre 1964

Pluviométrie moyenne: 89mm

F 35
 ○ ▼ DELI



Echelle: 1 / 200.000

CRT 7525

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 18 - 1 - 64	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-----------------	----------------	-------	---------	---

TABLEAU RECAPITULATIF DES PRECIPITATIONS MENSUELLES
MESUREES SUR LE BASSIN DE BADE EN 1964
(période 8 avril - 31 octobre)

		!Avril !	! Mai !	! Juin !	! Juil. !	!Août !	!Sept. !	! Oct. !
<u>Pluviographes</u>	A	!(12,3)	!148,7	! 120,2	! 291,4	! 291,3	! 318,5	! 62,2
	B	!(26,6)	!133,0	! 109,3	! 349,8	! 376,9	! 263,2	! 135,2
	C	!(19,0)	!125,2	! 134,2	! 313,6	! 387,4	! 275,5	! 120,5
	D	!	!	! 119,5	! 274,0	! 329,0	! 233,5	! 39,0
	E	!	!	! 108,1	! 264,2	! 337,7	! 296,4	! 85,7
<u>Pluviomètres"Association"</u>		!	!	!	!	!	!	!
n°	1	!(12,0)	!133,4	! 140,4	! 320,1	! 301,1	! 325,7	! 78,2
	2	!(6,1)	!111,0	! 132,9	! 316,5	! 284,2	! 320,9	! 77,7
	3	!(15,9)	!151,8	! 137,6	! 291,2	! 300,8	! 338,1	! 67,5
	4	!(20,8)	!107,4	! 128,8	! 318,1	! 297,8	! 324,7	! 83,6
	5	!(20,1)	!144,5	! 115,9	! 308,7	! 318,6	! 337,4	! 87,7
	6	!(26,4)	!138,5	! 132,7	! 317,0	! 349,8	! 344,7	! 98,6
	7	!(21,1)	!130,4	! 128,5	! 298,9	! 370,4	! 354,4	! 103,6
	8	!(12,7)	!145,4	! 153,6	! 310,7	! 283,5	! 278,6	! 73,0
	9	!(9,6)	!142,6	! 153,4	! 324,6	! 297,7	! 298,8	! 89,9
	10	!(11,1)	!147,9	! 143,5	! 310,5	! 352,6	! 282,6	! 62,0
	11	!(11,5)	!145,6	! 146,8	! 291,2	! 375,4	! 224,0	! 71,1
	12	!(11,4)	!167,7	! 121,9	! 367,9	! 390,9	! 232,3	! 99,5
	13	! 66,7	!125,6	! 133,6	! 296,0	! 373,2	! 276,8	! 117,4
	14	!(37,3)	!104,9	! 144,0	! 309,3	! 370,2	! 272,3	! 147,9
	15	!(48,8)	!102,3	! 150,5	! 294,5	! 395,9	! 301,7	! 162,7
	16	!(14,2)	! 80,6	! 153,4	! 327,0	! 333,8	! 402,3	!
	17	!(19,6)	! 98,6	! 154,1	! 338,3	! 330,4	! 271,4	! 105,4
	18	!(33,5)	!145,4	! 127,8	! 337,9	! 385,0	! 268,3	! 119,6
	19	!(10,5)	!125,3	! 163,0	! 332,4	! 351,0	! 276,9	! 84,6
	20	!(1,4)	!128,8	! 202,5	! 368,8	! 357,7	! 297,0	! 52,5
	21	!(8,5)	!124,6	! 147,1	! 366,2	!(242,5)	! 230,4	! 111,5
	22	!(15,4)	!131,1	! 151,9	! 316,9	! 351,1	! 288,6	! 91,6
	23	!(27,3)	!137,7	! 200,3	! 349,6	! 373,9	! 298,5	! 63,3
	24	!(9,1)	!122,8	! 142,1	! 299,6	!(282,5)	! 343,0	! 88,2
	25	!(17,0)	!164,9	! 132,6	! 282,9	!(360,4)	! 230,4	! 107,1
	26	!	!158,3	! 144,5	! 334,8	! 365,9	! 235,5	! 62,0
	27	!	!	! 112,3	! 296,1	! 350,1	! 320,7	! 96,6
	28	!	!	!	! 358,4	!(322,6)	! 243,1	! 106,0
<u>MCOUNDOU-Cotonfran</u>		! 47,1	! 167,4	! 117,9	! 306,4	! 359,0	! 244,2	!
<u>MOUNDOU-Météo</u>		! 53,9	! 113,8	! 180,8	! 403,9	! 305,6	! 247,1	! 59,1
<u>DELI</u>		! 51,9	! 137,8	! 176,5	! 278,8	! 271,8	! 231,4	! 35,2
<u>TAPOL</u>		! 7,6	! 119,2	! 126,2	! 275,4	! 527,8	! 254,7	!

Nota : les valeurs entre parenthèses () correspondent à des pluviométries mensuelles incomplètes.

La pluviométrie mensuelle moyenne, obtenue à l'aide des isohyètes, se décompose comme suit :

Pluviométrie mens.	Janv. à avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	Année
Moyenne	51	112	163	248	303	244	90	1214
1964	46	137	148	318	346	276	89	1360

La pluviométrie reste normale jusqu'à la fin juin : 331 mm de pluie déjà tombée fin juin, contre 326 mm pour l'année moyenne. Par contre juillet, août et septembre sont nettement excédentaires. Octobre est normal.

Le nombre de jours de pluie est également supérieur à la normale :

- NOMBRE DE JOURS DE PLUIE EN 1964 -

	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Année
NORMALE	1	5	8	10	15	17	15	8	1	80
MOUNDOU	1	7	10	11	18	23	22	11	0	103
D E L I	1	7	12	7	15	21	19	8	0	90
Bassin de BADE	(1)	5	11	8	16	22	17	12	0	92

Malgré une quantité d'eau tombée supérieure à la moyenne, l'année 1964 n'a pas présenté de très fortes averses journalières. Les pluies ont été plus fréquentes, mais les hauteurs d'eau ponctuelles ont été loin d'atteindre les valeurs exceptionnelles de 1963. Par contre, les bonnes conditions de saturation ont été très favorables au ruissellement.

2 - DESCRIPTION DES PLUS FORTES AVERSES OBSERVEES

L'année 1964 a été nettement moins abondante, en ce qui concerne les très fortes averses, que l'année 1963 : le 20 juillet 1963, il était tombé une averse de période de retour de l'ordre de 20 à 30 ans.

Nous examinerons les plus fortes averses de 1964 en indiquant que les crues à la station IV étant engendrées par une succession d'averses, la pluie moyenne pour chaque averse sur ce bassin n° IV n'a pas été calculée à l'aide des isohyètes. Sur le bassin de 316 km², on a simplement effectué une moyenne arithmétique qui, à très peu de chose près, correspond au calcul de la pluie moyenne effectuée à l'aide des isohyètes, comme on a pu le vérifier sur quelques fortes averses.

- Pluie du 4 juillet -

Centrée sur le Sud du bassin, cette pluie n'est pas trop hétérogène.

BV IV

P max = 65,0 mm
P min = 15,6 mm
P moyen = 42,0 mm

BV III

P max = 62,0 mm
P min = 37,0 mm
P moyen = 50,6 mm

BV II

P max = 62,0 mm
P min = 38,0 mm
P moyen = 56,3 mm

BV I

P max = 55,7 mm

- Pluie du 7 juillet -

Centrée sur le Nord-Est du bassin, cette pluie, par contre est un peu plus hétérogène.

BV IV

P max = 80,0 mm
 P min = 33,8 mm
 P moyen = 53,5 mm

BV II

P max = 55,2 mm
 P min = 36,8 mm
 P moyen = 46,7 mm

BV III

P max = 55,2 mm
 P min = 33,8 mm
 P moyen = 43,8 mm

BV I

P = 36,8 mm

- Pluie du 18 août -

Cette pluie est bien homogène.

BV IV

P max = 88,6 mm
 P min = 48 mm
 P moyen = 65,6 mm

BV II

P max = 82 mm
 P min = 48 mm
 P moyen = 61,6 mm

BV III

P max = 82 mm
 P min = 48 mm
 P moyen = 72 mm

BV I

P = 51,5 mm

- Pluie du 29 août -

Les maximums ponctuels se sont produit sur l'Ouest du bassin. L'averse est loin d'être homogène.

BV IV

P max = 93,8 mm
 P min = 19,7 mm
 P moyen = 49,6 mm

BV II

P max = 48,4 mm
 P min = 30,3 mm
 P moyen = 37,8 mm

BV III

P max = 70,0 mm
 P min = 30,3 mm
 P moyen = 44,4 mm

BV I

P = 35,4 mm

- Pluie du 14 septembre -

L'averse est très hétérogène. Les maximums de hauteur de pluie se rencontrent dans le Sud et à l'Ouest du bassin.

BV IV

P max = 68,8 mm
P min = 3,0 mm
P moyen = 31,7 mm

BV II

P max = 63,2 mm
P min = 45,8 mm
P moyen = 53,7 mm

BV III

P max = 63,2 mm
P min = 20 mm
P moyen = 43,4 mm

BV I

P = 60,0 mm

E - OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES - CAMPAGNE 1964 -1 - RAPPEL DU REGIME HYDROLOGIQUE -

Les marigots sur lesquels nous avons installé nos stations hydrométriques sont à écoulement permanent. Le débit d'étiage reste cependant très faible : de quelques l/s à la station I, il est de l'ordre de 70 l/s à la station IV.

Le débit moyen mensuel ne varie pas beaucoup de l'étiage (mai) jusqu'à juillet. Il faut attendre août pour voir augmenter le débit moyen mensuel, sous l'effet conjugué :

- de la pluviométrie plus abondante : il y aura donc davantage de crues,
- d'un indice d'humidité plus important : le ruissellement sera plus intense pour une pluie donnée,
- d'une alimentation souterraine, par ressuyage, qui aura pour effet d'augmenter graduellement le débit de base.

C'est en septembre que le débit moyen mensuel sera le plus important, mais du fait du lent tarissement, le débit d'octobre reste supérieur à celui d'août.

Les crues s'observent de juin à octobre. Les plus importantes seront provoquées lorsqu'une pluie abondante tombera sur un sol déjà saturé par l'averse précédente (stations I et II) et lorsque le débit de base sera important et que la décrue précédente ne sera pas achevée (stations III et IV).

L'écoulement reste cependant très freiné par la présence d'innombrables obstacles : tapis de plantes aquatiques et arbres situés dans le lit des marigots, très nombreux barrages de pêcheurs transformant les marigots en une suite de biefs, passages de piste de débouchés insuffisants etc ...

2 - TABLEAU DES DEBITS MOYENS JOURNALIERS

Les tableaux ci-après indiquent les valeurs des débits moyens journaliers aux différentes stations, pour la période Avril-Octobre 1964.

Nous n'avons pas poursuivi l'étude en dehors de cette période vu les perturbations très importantes apportées aux débits de tarissement par les multiples barrages de pêcheurs qui se reconstruisent dès la fin des pluies.

3 - DESCRIPTION DES PLUS FORTES CRUES DE 1964

a) - Station I

A cette station, les débits de crues les plus importants seront provoqués par une seule averse, les conditions de saturation du sol influant sur l'importance du volume ruisselé. Le débit de base (alimentation souterraine par ressuyage) n'interviendra pas : dans l'absolu, il varie assez peu (7 litres en Juillet, 32 litres en Octobre). La durée d'une crue, 10 heures environ, est très nettement inférieure à l'intervalle séparant généralement deux averses : nous ne rencontrerons donc pas de crues complexes.

L'année 1964 étant pauvre sur le bassin n°1, en averses conséquentes (le maximum observé sur le bassin étant de 60 mm), les crues engendrées ne seront pas très fortes et très loin d'atteindre les débits de 1963. Les crues les plus importantes ont lieu en fin de saison, les conditions de saturation du sol étant plus favorables au ruissellement.

- crue du 15 Septembre -

L'averse génératrice, très homogène sur le bassin, était de 60,0 mm. La crue correspondante, à peu près unitaire, a atteint un débit maximal de 112 l/s, le débit avant la crue étant de 29 l/s.

Le temps de montée a été de 1 heure 45 minutes et le temps de réponse de 1 heure 23 minutes.

La durée de la crue est de 9 heures 30 minutes.

.../...

STATION I - ANNEE 1964

Débits moyens journaliers (l/s)

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1					10	9	7	11	17	32		
2					10	9	9	9	14	32		
3					10	9	7	9	12	32		
4					19	9	25	9	14	32		
5					9	9	9	9	21	32		
6					9	9	7	9	14	32		
7					10	8	16	7	26	35		
8					10	7	9	7	19	32		
9					11	7	7	10	22	31		
10					11	8	9	9	19	30		
11					12	9	9	7	22	28		
12					12	9	9	7	19	26		
13					11	22	9	10	19	26		
14					11	14	9	12	19	26		
15					11	12	9	12	48	26		
16				10	10	9	9	9	25	26		
17				10	10	9	7	9	29	25		
18				10	9	9	14	18	36	25		
19				10	9	9	9	14	25	25		
20				10	9	9	7	17	25	25		
21				10	8	9	7	10	44	24		
22				10	7	9	7	12	42	24		
23				10	7	9	7	10	41	24		
24				10	7	8	9	10	40	24		
25				10	7	8	7	10	40	24		
26				10	8	7	7	12	40	23		
27				10	8	7	7	14	38	23		
28				10	8	7	9	12	36	23		
29				10	9	7	16	10	34	23		
30				10	9	7	9	17	32	23		
31					9		9	12		23		
Débit moyen mensuel				10	10	9	9	11	28	27		
Volume écoulé $10^3 m^3$				25,9	26,8	23,3	24,1	29,5	72,6	72,3		

STATION II - ANNEE 1964

Débits moyens journaliers (l/s)

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1					14	15	20	75	175	208		
2					14	18	24	44	136	208		
3					14	18	18	48	127	208		
4					31	18	83	35	141	185		
5					31	24	31	35	168	164		
6					31	31	24	35	127	164		
7				24	30	24	65	35	211	185		
8				23	26	18	31	39	164	164		
9				21	24	18	24	48	155	145		
10				20	24	14	24	39	145	145		
11				18	24	14	24	39	163	145		
12				16	24	18	24	31	136	141		
13				16	24	57	24	40	136	137		
14				16	20	31	21	62	154	133		
15				16	18	18	21	103	262	130		
16				16	18	14	22	81	164	127		
17				16	17	14	28	69	164	124		
18				16	16	19	68	192	164	119		
19				16	15	24	58	145	180	116		
20				15	14	18	35	145	164	113		
21				15	24	18	28	136	309	110		
22				15	18	14	24	110	284	110		
23				15	16	14	28	95	277	110		
24				15	31	24	39	88	285	110		
25				14	18	24	28	88	257	110		
26				14	16	24	24	75	257	110		
27				14	14	18	40	118	232	110		
28				14	14	14	73	103	232	110		
29				14	14	14	39	93	232	110		
30				14	14	14	43	159	222	110		
31					14		31	127		110		
Débit moyen mensuel				16	20	20	34	82	194	138		
Volume écoulé $10^3 m^3$				41,5	53,6	51,8	91,1	219,6	502,8	369,6		

STATION III - ANNEE 1964

Débits moyens journaliers (l/s)

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1					36	68	56	322	1064	785		
2					36	75	62	290	897	752		
3					41	68	56	205	821	718		
4					48	62	156	227	733	718		
5					56	62	168	189	1134	688		
6					56	81	113	171	1411	688		
7				46	36	68	213	148	1093	688		
8				46	36	62	202	141	1390	658		
9				46	36	56	157	141	1124	630		
10				41	41	56	168	131	860	602		
11				41	41	56	125	125	785			
12				41	41	78	108	115	752			
13				41	41	110	93	145	718			
14				46	46	118	96	220	698			
15				51	46	87	81	337	1064			
16				46	56	68	88	370	1331			
17				46	68	68	106	398	930			
18				46	62	71	166	717	821			
19				46	46	87	169	752	847			
20				41	46	87	144	752	956			
21				36	102	81	122	658	1206			
22				36	81	75	115	602	1626			
23				46	56	56	138	502	1551			
24				41	81	62	158	461	1480			
25				36	112	62	151	413	1422			
26				36	75	68	125	376	1306			
27				36	62	56	106	398	1135			
28				36	51	56	170	536	1030			
29				36	62	51	146	623	1094			
30				36	46	46	196	892	857			
31					46		224	1205				
Débit moyen mensuel				42	54	70	135	408	1071			
Volume écoulé (10 ³ m ³)				109	145	181	362	1093	2776			

STATION IV - ANNEE 1964

Débits moyens journaliers (m³/s)

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				0,07	0,09	0,10	0,18	0,65	4,06	4,48		
2				0,07	0,09	0,10	0,18	1,18	4,31	4,23		
3				0,07	0,10	0,10	0,19	1,23	4,15	3,99		
4				0,07	0,09	0,12	0,19	1,01	3,91	3,83		
5				0,07	0,09	0,12	0,23	1,01	3,83	3,76		
6				0,07	0,09	0,12	0,25	0,96	3,84	3,61		
7				0,07	0,09	0,12	0,55	0,91	4,63	3,76		
8				0,08	0,09	0,12	0,55	0,82	4,76	3,61		
9				0,08	0,09	0,12	0,55	0,78	4,48	3,53		
10				0,09	0,08	0,12	0,55	0,69	4,39	3,46		
11				0,10	0,07	0,12	0,50	0,69	4,23	3,39		
12				0,10	0,07	0,16	0,40	0,69	3,99			
13				0,11	0,07	0,23	0,38	0,69	3,76			
14				0,11	0,07	0,23	0,36	0,73	3,61			
15				0,12	0,07	0,24	0,34	0,87	3,61			
16				0,13	0,07	0,23	0,34	1,07	3,61			
17				0,12	0,07	0,21	0,34	1,17	3,68			
18				0,12	0,07	0,21	0,50	2,37	3,83			
19				0,11	0,07	0,21	0,50	3,16	3,68			
20				0,10	0,08	0,20	0,56	3,53	3,53			
21				0,10	0,08	0,20	0,56	3,61	3,70			
22				0,10	0,08	0,20	0,56	3,68	4,41			
23				0,10	0,08	0,20	0,56	3,61	5,16			
24				0,09	0,11	0,20	0,56	3,46	5,52			
25				0,09	0,16	0,20	0,56	3,24	5,43			
26				0,09	0,24	0,20	0,56	3,03	5,34			
27				0,09	0,22	0,20	0,48	2,75	5,08			
28				0,09	0,20	0,20	0,42	2,75	4,73			
29				0,09	0,15	0,19	0,42	2,61	4,73			
30				0,09	0,12	0,18	0,44	2,82	4,64			
31					0,09		0,52	3,53				
Débit moyen mensuel (m ³ /s)				0,09	0,10	0,17	0,43	1,91	4,29			
Volume écoulé 10 ³ m ³				233	268	441	1152	5115	11120			

L'hydrogramme est très régulier. Cette crue, la plus importante de 1964, arrive en 3ème position dans le classement des crues 1963-1964.

- crue du 21 septembre

L'averse est moins importante : 41,3 mm, bien homogène. La crue correspondante a atteint un débit de 90 l/s, le débit avant la crue étant de 25 l/s.

La crue est unitaire : le temps de réponse est de 2 heures 04 et la durée de la pluie utile de 41 minutes.

Le temps de montée est de 2 heures 30 minutes. La crue a duré 8 heures 30 minutes.

L'hydrogramme est très régulier.

b) - Station II -

Les crues à cette station ne seront généralement pas complexes : la durée d'une crue est de l'ordre d'une vingtaine d'heures. Par contre, l'écoulement souterrain devient important au fur et à mesure que l'on approche de la fin de la saison des pluies : il passe de 14 l/s en juillet à près de 230 l/s en fin septembre et demeure bien souvent supérieur au débit caractéristique de la crue. Cependant ce débit de base ne représente qu'à peine 20 % du débit de crue décennale (voir plus loin, l'étude analytique) et une très forte crue sera donc surtout provoquée par une très forte averse. Nous remarquerons également, sur l'hydrogramme, la perturbation provoquée bien souvent, lors de la montée, par le décalage dans le temps entre l'arrivée des crues sur les deux grands marigots dont le confluent est à l'amont immédiat de la station.

- crue du 7 septembre -

L'averse génératrice n'est pas trop hétérogène (maximum ponctuel = 48 mm, minimum = 27 mm, pluie moyenne 38,7 mm).

L'hydrogramme de la crue présente le décalage provoqué par l'arrivée séparée des crues sur les deux marigots. La crue est unitaire : le temps de réponse est de 5 heures 40 minutes alors que la durée de la pluie utile n'est que de 1 heure 25 minutes. Le temps de montée est de 6 heures 45 minutes. La crue a duré 25 heures.

Le débit a atteint 345 l/s alors que le débit de base était de 127 l/s.

- crue du 15 septembre -

Provoquée par une averse de 53,7 mm de hauteur moyenne, cette crue d'un débit maximal de 506 l/s présente également, sur son hydrogramme, la même double bosse que la crue précédente. Le temps de montée est de 6 heures. Le temps de réponse est de 4 heures 50 minutes. La crue est unitaire (durée de la pluie utile:45 minutes) et a duré 21 heures 30 minutes. Débit de base avant la crue : 155 l/s environ.

- crue du 21 septembre -

Cette crue, également unitaire, a été provoquée par une averse, relativement homogène, de 41,6 mm de hauteur moyenne. Le débit maximal a été de 548 l/s (maximum de 1964) alors que le débit de base était de 164 l/s.

Le temps de concentration a été de 4 heures 35 minutes (durée de la pluie utile : 45 minutes) et le temps de montée de 5 heures. La crue a duré 18 heures.

c) - Station III -

Grâce à une succession d'averses et à une pluviométrie globale supérieure, les crues de 1964 ont été comparables à celles de 1963. Contrairement aux stations I et II, il arrive à la station III qu'une crue commence alors que la précédente n'est pas encore terminée : la durée moyenne d'une crue est, ici, de l'ordre de 70 heures, c'est-à-dire dans la plupart des cas, en août et septembre, inférieure au temps séparant deux averses. Ainsi voyons-nous les débits moyens journaliers augmenter au fur et à mesure que nous approchons du mois d'octobre, en raison de cette succession " en escaliers". Le débit de base atteint une valeur importante: il passe de 36 l/s à près de 800 l/s.

C'est dire que la genèse des crues met en jeu plusieurs variables aléatoires. Nous pouvons néanmoins indiquer que les plus fortes crues auront lieu en septembre, à cause de l'importance de l'écoulement de base et d'un bon indice d'humidité du sol.

L'hydrogramme pourra présenter des anomalies et plus particulièrement deux pointes de crue, afférentes aux maximas sur chaque marigot affluent. Ces anomalies se rencontrent principalement sur les crues de fin de saison des pluies.

- crue du 5 septembre -

Le diagramme de ruissellement présente le maximum de la campagne 1964 (1075 l/s). Ce n'est pas le maximum absolu car le débit de base était nettement inférieur à celui des crues de fin septembre. L'averse génératrice (P moy = 38,5 mm) est assez hétérogène.

Après une montée d'une quinzaine d'heures, la crue est restée stationnaire, puis le débit a recommencé à augmenter (arrive de l'onde de crue sur le deuxième marigot).

La durée totale de montée a été de 26 heures.

La crue a duré 64 heures.

Le débit maximal a été de 1735 l/s tandis que le débit à l'origine de la crue n'était que de 660 l/s.

- crue du 8 septembre -

Cette crue a atteint 1600 l/s grâce à un débit à l'origine de 900 l/s. L'averse génératrice était assez hétérogène (P moy = 33,4 mm).

L'hydrogramme présente deux pointes de crues.

La durée totale est de 71 heures.

- crue du 15 septembre -

L'averse génératrice est très hétérogène (P moy = 43,4 mm).

L'hydrogramme présente ici aussi deux maximums séparés par une légère décrue.

La durée totale de la crue est de 74 heures.

Le débit a atteint 1540 l/s tandis que le débit à l'origine de la crue n'était que de 660 l/s.

- crue du 21 septembre -

Le débit maximal de cette crue est le plus fort enregistré lors de la campagne 1964 : 1775 l/s.

L'averse génératrice n'est pas trop hétérogène (P moy = 39,1 mm).

La crue a duré 67 heures avec également ici, deux maximums.

Le débit de base était de 900 l/s.

d) - Station IV -

Les crues de 1964 seront plus importantes en ce qui concerne le débit maximal, qu'en 1963 : en effet, le débit maximal de 1964 est de 5,57 m³/s contre 3,46 m³/s en 1963.

Les crues à cette station sont toujours complexes. Tout d'abord, comme pour les stations II et III, les divers temps de concentration sont différents sur chaque affluent : l'importante superficie du bassin ne fait qu'amplifier le phénomène. Ensuite la durée d'une crue consécutive à une seule averse est d'au moins 6 jours. Dans ces conditions, il y aura probablement plusieurs autres averses qui tomberont durant la décrue et qui donneront lieu à des ruissellements qui s'ajouteront à celui de la décrue précédente.

Le débit de base, comme pour les autres stations, augmente considérablement en septembre. Aussi les crues les plus importantes auront lieu à cette époque, puisque l'écoulement de base représente près des 30 % du débit maximal de crue. Les crues les plus fortes seront provoquées à cette époque où également les conditions de saturation sont optimums, par une succession de pluies rapprochées, les crues correspondantes s'accumulant les unes sur les autres.

Les crues les plus importantes de 1964 sont :

- Crue du 22 août -

Les pluies génératrices sont celles qui sont tombées du 17 au 22 août (117,5 mm au total). L'hydrogramme est évidemment complexe et présente 5 pointes de crues.

Le débit maximal a atteint 3,83 m³/s alors que le débit de base n'était que de 1,17 m³/s.

La crue a duré 10 jours.

- Crue du 24 septembre -

C'est lors de cette crue que nous avons observé le débit maximal à la station IV, durant les deux campagnes : 5,57 m³/s. Une série d'averses de 90,2 mm de hauteur moyenne au total occasionnait cette crue qui a duré 11 jours.

Le débit de base avant la crue était de 3,43 m³/s. Cette crue est, bien entendu, complexe et présente 5 pointes.

F - ETUDE ANALYTIQUE DES AVERSES ET DES CRUES -

A l'issue des campagnes 1963-1964, il nous est possible d'analyser à chaque station, une vingtaine de crues. Il devient possible, avec cet échantillonnage, de définir les conditions d'écoulement sur le bassin de BADE.

Rappelons les symboles utilisés :

P_M = Pluviométrie maximale observée sur le bassin

P = Pluviométrie moyenne observée sur le bassin.

P_u = Pluviométrie utile ayant donné lieu à ruissellement (c'est-à-dire pluviométrie moyenne amputée de la pré-averse et de la traine de faible intensité)

$\frac{P_u}{P_M}$ = rapport $\frac{\text{pluviométrie utile}}{\text{pluviométrie maximale}}$ = coefficient d'abattement

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

I_h = Indice d'humidité simplifié $\frac{P_a}{t_a}$

V_p = Volume d'eau apporté par la pluie moyenne

V_{pu} = Volume d'eau apporté par la pluie utile

V_r = Volume ruisselé (mesuré sur l'hydrogramme)

K_r = Coefficient de ruissellement brut $\frac{V_r}{V_p}$

K_{ru} = Coefficient de ruissellement utile $\frac{V_r}{V_{pu}}$

Q_0 = Débit de base avant la crue

Q_{max} = Débit maximum de la crue

$Q_{max} - Q_0$ = Débit caractéristique de la crue

t_p = Temps de réponse (temps séparant le centre de gravité de l'hyétogramme de la pluie utile et le maximum de la crue)

t_m = Temps de montée de la crue.

I - STATION I

20 crues ont été analysées : 10 à l'issue de la campagne 1963, 10 après celle de 1964.

STATION I S = 2,3 km²

TABLEAU DES CARACTERISTIQUES DES CRUES

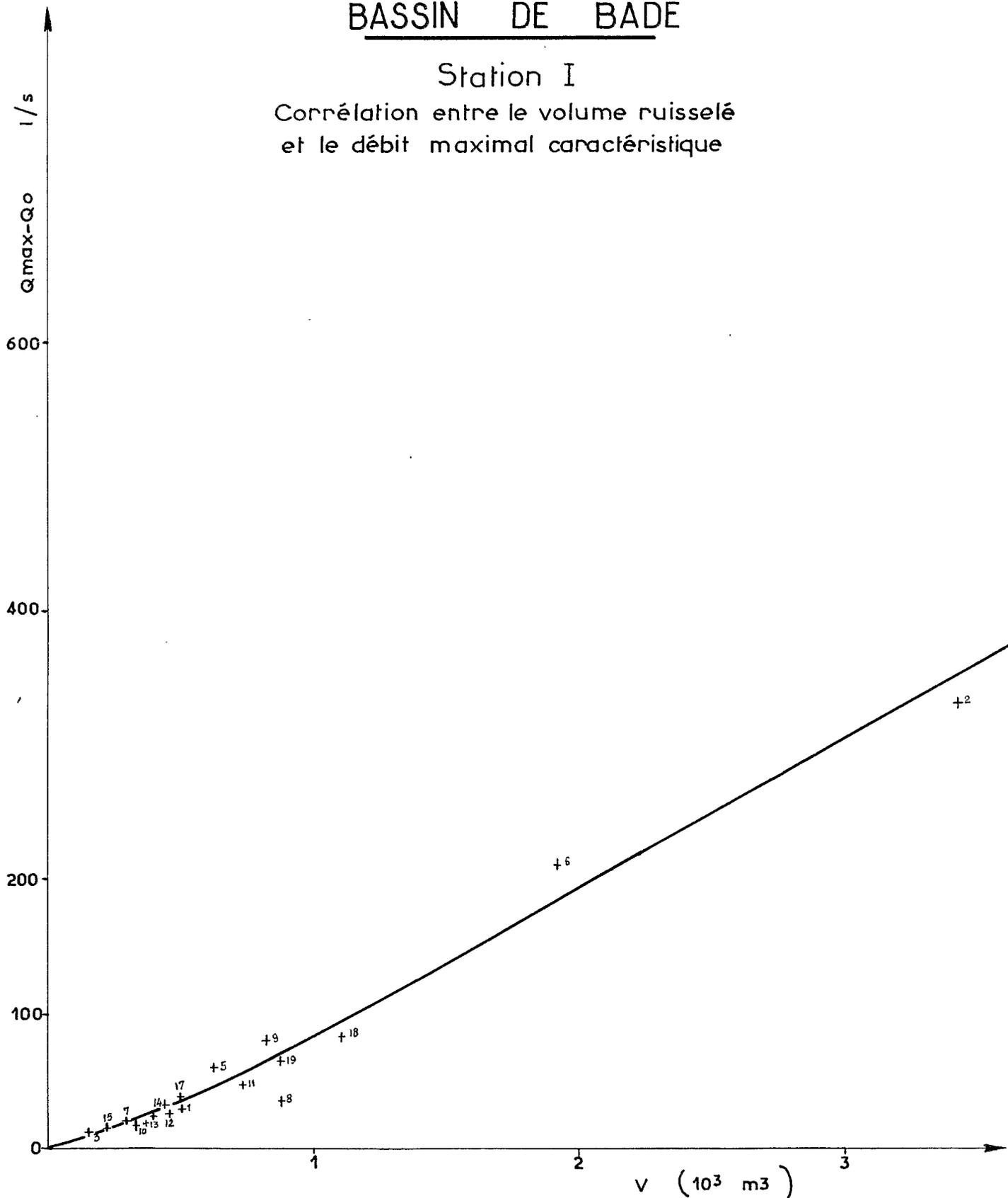
Année 1963

N°	Date	Pm mm	Pu mm	Iu mm/h	$\frac{Pu}{Pm}$ %	ta jours	Ih	Vp moy 10 ³ m ³	Vputile 10 ³ m ³	Vr m ³	Kr %	Kru %	Qo l/s	Q max l/s	Qmax- l/s ^{Qo}	Tp h	Tm h	Observ.
1	17 Juil	39,4	29,0	37	74	1,9	3,9	90620	66700	510	0,56	0,77	8	37	29	0,10	0,40	
2	20 Juil	126,6	108,8	67	86	3,0	13,1	291180	250240	3420	1,17	1,36	8	339	331	0,45	1,20	
3	31 Juil	25,7	18,8	24	73	4,0	2,4	59110	43240	156	0,26	0,36	11	24	13	3,55	2,50	à peu près unitaire
4	2 Août	21,0	15,4	26	73	0,7	11,1	48300	35420	330	0,68	0,93	16	32	16	3,55	4,00	-"
5	5 Août	38,9	36,3	34	91	0,8	7,0	89470	83490	630	0,70	0,75	11	72	61	0,55	1,50	
6	12 Août	120,7	97,2	53	81	2,3	9,0	258520	223560	1926	0,74	0,86	8	223	215	1,30	2,30	
7	30 Août	38,5	21,9	26	57	3,0	4,2	88550	50370	300	0,34	0,60	17	37	20	0,15	0,30	
8	31 Août	22,0	18,3	44	83	0,9	42,8	50600	42090	876	1,74	2,08	18	53	35	2,12	2,30	Unitaire
9	10 Sept	44,2	36,9	55	81	6,9	2,4	101660	84870	822	0,81	0,97	20	100	80	1,00	1,40	à peu près unitaire
10	12 Sept	37,3	21,0	14	56	2,5	17,7	85790	48300	354	0,41	0,73	20	41	21	3,20	4,05	
Année 1964																		
11	4 Juil	55,7	42,8	21	77	2,83	3,75	128,1	98,4	7,32	0,57	0,74	7	53	46	1,45	2,25	
12	7 Juil	36,8	29,8	20	81	2,21	25,2	84,6	68,5	4,56	0,54	0,67	7	32	25	1,35	2,15	
13	28 Juil	29,8	27,5	23	92	0,75	26,7	68,5	63,3	3,72	0,54	0,59	10	29	19	1,50	2,55	
14	18 Août	51,5	38,9	29	76	1,5	12,0	118,5	89,5	3,96	0,33	0,44	8	30	22			
15	28 Août	30,5	26,0	28	85	1,0	18,0	70,2	59,8	2,16	0,31	0,36	10	25	15	1,45	2,20	Unitaire
16	4 Sept	21,1	18,6	28	88	3,5	6,0	48,5	42,8	3,72	0,77	0,85	14	36	22	1,45	2,00	Unitaire
17	7 Sept	39,9	36,8	15	92	0,5	9,0	91,8	84,6	5,04	0,55	0,60	17	55	38	1,30	2,40	
18	15 Sept	60,0	54,4	64	91	1,3	7,4	130,0	125,1	11,04	0,80	0,88	29	112	83	1,23	1,45	Unitaire
19	21 Sept	41,3	29,3	37	71	2,0	14,6	95,0	67,4	8,88	0,93	1,32	25	90	65	2,04	2,30	Unitaire
20	22 Sept	20,6	15,6	33	76	1,2	34,4	47,4	35,9	4,44	0,94	1,24	32	63	31	2,03	2,15	Unitaire

BASSIN DE BADÉ

Station I

Corrélation entre le volume ruisselé
et le débit maximal caractéristique



CRT 7522

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 5 - 2 - 65

DES: S. NICOLE

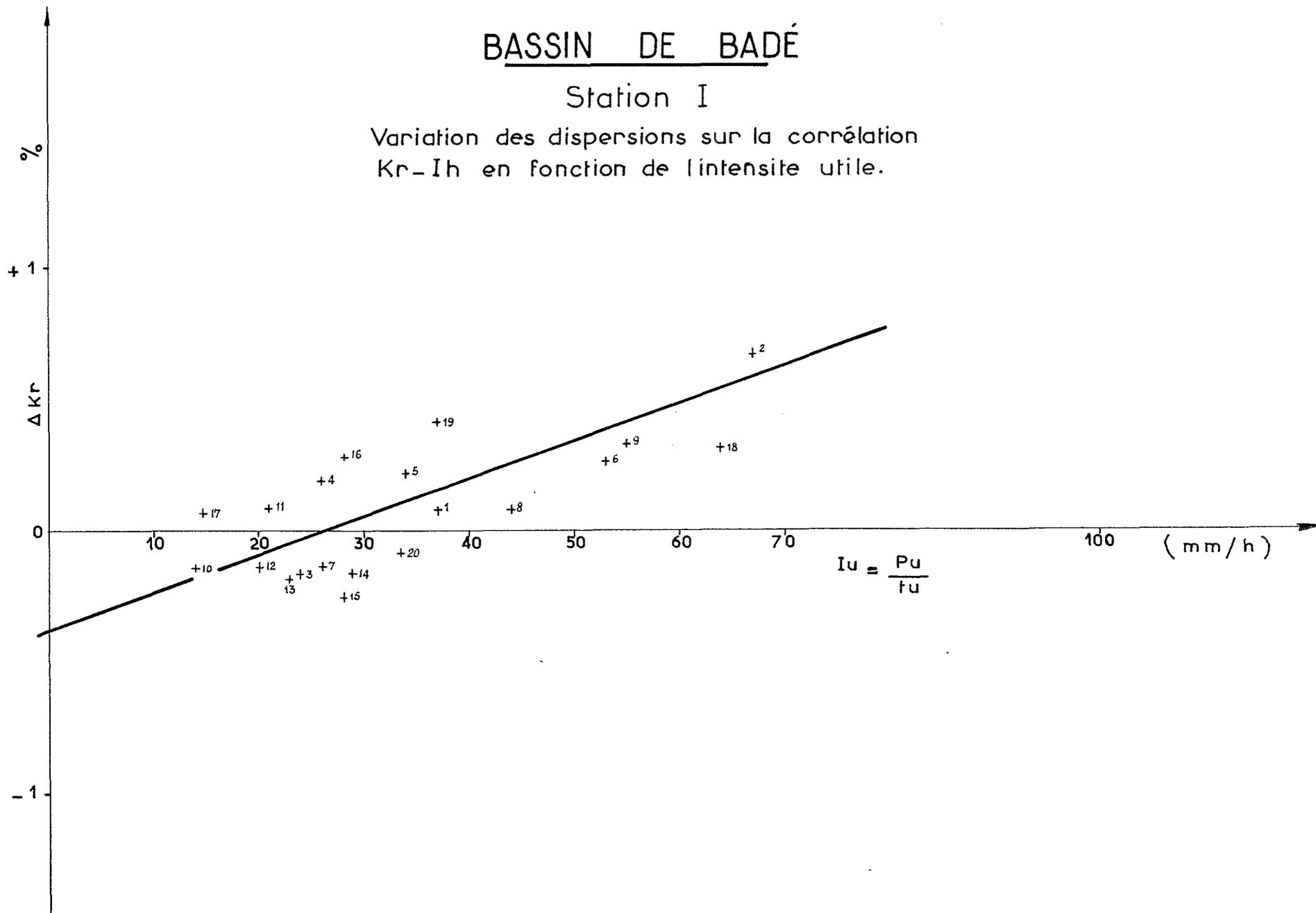
VISA

TUBEN°

BASSIN DE BADÉ

Station I

Variation des dispersions sur la corrélation
 $K_r - I_h$ en fonction de l'intensité utile.



CRT 7517

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE. 4-1-65

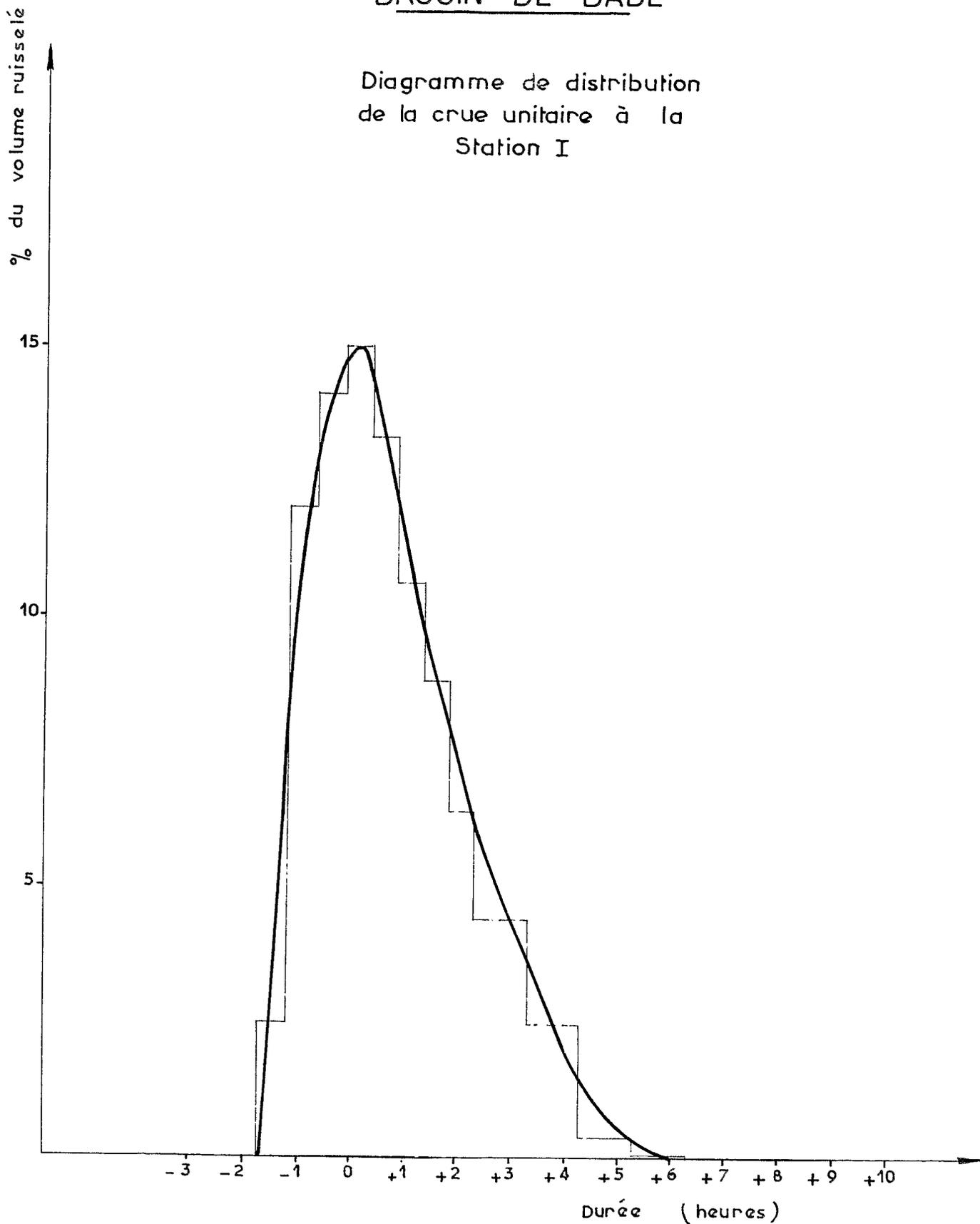
DES: S. NICOLE

VISA:

TUBE N°

BASSIN DE BADÉ

Diagramme de distribution
de la crue unitaire à la
Station I



CRT 7502

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 28-1-65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

Comme en 1963, la pluviométrie moyenne sur la bassin, pour les crues de 1964, a été prise égale à celle mesurée par le pluviographe "A" installé au centre du bassin.

Le temps de montée pour une crue unitaire est de 1h45' à 2h.

Le temps de concentration est donc voisin de 2h30' et dans ces conditions, un bon nombre de crues satisfait aux conditions pluviométriques de la crue unitaire puisque le corps est souvent plus court que 2h. Il en résulte une certaine corrélation entre le volume ruisselé et le débit caractéristique: c'est donc dire que parmi les crues qui ne sont pas unitaires, une bonne partie est prête de l'être.

Les tableaux et graphiques ci-après analysent les 20 crues de 1963 et de 1964. On remarquera tout d'abord l'extrême faiblesse, comme en 1963, des coefficients de ruissellement.

La corrélation entre le coefficient de ruissellement et les autres facteurs, tels que I_h , n'est pas absolument nette, précisément à cause de la très faible valeur de ce coefficient. Il nous a semblé que la meilleure corrélation serait celle existante entre le coefficient de ruissellement brut K_r et un indice d'humidité $I_h \cdot \frac{P_u}{I_a}$ calculé sur la seule pluie précédente (comme en 1963), mais influencé par l'intensité utile $I_u = \frac{P_u}{t_u}$, t_u étant la durée de la pluie utile (graphique n° 7517).

Une telle corrélation s'explique facilement eu égard aux dimensions réduites du bassin.

Grâce à 8 crues unitaires, ou à peu près unitaires, il a été possible de dresser un tableau de distribution des volumes des crues. On notera que seules les crues 9 et 18 sont fortes, les autres donnent certainement des hydrogrammes trop mous; on en retiendra un temps de montée de 1h45 et un temps de ruissellement de 8h pour les fortes crues. Le graphique n° 7502 donne l'allure de la crue décennale. Le tableau n'a pas été utilisé pour déterminer le débit décennal puisque nous disposons d'une crue exceptionnelle (n° 2) permettant une estimation directe.

Calcul de la crue décennale -

Comme en 1963, nous admettrons les conditions pluviométriques suivantes : pluie décennale de 110 mm, tombant 2 jours après une pluie de 40 mm.

Le rapport $\frac{P_u}{P_M}$ est, pour ce bassin, de 79 % donc $P_u = 87$ mm. Si nous considérons les averses exceptionnelles génératrices des crues n° 2 et 6 (126,6 et 120,7 mm) et leur durée utile, nous pouvons sans grand risque considérer une durée de pluie utile de l'ordre de 100 minutes.

$$I_u = \frac{87}{100} = 0,87 \text{ mm/mn} = 52 \text{ mm/h}$$

Remarquons que cette averse décennale est nettement plus faible que les averses génératrices des crues n° 2 et 6. Par contre l'indice d'humidité est plus important. C'est pour cette raison que l'averse de la crue n° 2 n'a produit qu'une crue qui n'est probablement qu'à peine quinquennale.

En utilisant la corrélation sur le coefficient de ruissellement et, vu la dispersion, en prenant par sécurité, la valeur indiquée par la courbe-enveloppe supérieure ($K_r = 0,71$ %), modifiée par l'index d'intensité ($\Delta K_r = + 0,37$ %), nous obtenons :

$$K_r = 1,08 \%$$

Le volume de la pluie, 253.000 m³, donnera un volume ruisselé de :
2 732 m³.

En tenant compte de la corrélation entre volume ruisselé et débit maximal et en prenant la moyenne des valeurs du rapport volume ruisselé pour les crues n° 2 et 6, nous en déduisons le débit maximal
Débit caractéristique de la crue décennale : 275 l/s.

En admettant un débit de base de l'ordre de 30 l/s, nous estimerons la crue décennale à la station I de l'ordre de : 305 l/s.

Ceci correspond à un débit spécifique de 135 l/s/km².

Ces valeurs, très légèrement inférieures à celles énoncées en 1963 (330 l/s et 143 l/s/km²), peuvent être considérées comme assez sûres, grâce aux valeurs exceptionnelles des crues n° 2 et 6.

2 - STATION II

19 crues ont été analysées : 8 pour 1963 et 11 pour 1964. 9 crues sont nettement unitaires et comme à la station 1, il existe une certaine corrélation entre le volume ruisselé et le débit caractéristique, ce qui rend la détermination du débit décennal plus aisée et plus précise.

TABLEAU DES CARACTERISTIQUES DES CRUES

STATION II S = 22 km²

Année 1963

No	Date	Pm mm	P mm	Pu mm	$\frac{Pu}{Pm}$ %	ta jours	Th	Vp moy m ³	Vp up m ³	Vr 10 ³ m ³	Kr %	Kru %	Qo l/s	Q max l/s	Qmax l/s	Qo l/s	TP h	Tm h	Observ.
1	20 Juil	138	115	65,2	47	3,0	22,2	2530	1434	23,22	0,92	1,62	30	1127	1097	3,03	4,50	Unitaire	
2	6 Août	49	41	35,7	73	5,1	37,6	902	785	6,00	0,66	0,76	30	208	178	5,55	6,20	Unitaire	
3	12 Août	121	83	51,7	43	2,3	30,0	1826	1137	13,38	0,73	1,18	32	526	494	4,15	5,00		
4	30 Août	59	39	23,4	40	3,0	24,0	858	515	4,01	0,47	0,78	98	208	110	3,30	6,30		
5	31 Août	35	27	18,2	52	1,0	64,5	594	400	2,76	0,46	0,69	122	208	86	6,40	6,45	Unitaire	
6	3 Sept	55	31	24,0	44	2,6	45,6	682	528	4,75	0,70	0,90	127	272	145	1,30	2,10		
7	10 Sept	49	43	34,7	71	6,9	23,6	946	763	5,76	0,61	0,75	110	285	175	6,15	6,35	Unitaire	
8	12 Sept	47	40	26,8	57	2,5	39,0	880	590	5,35	0,61	0,91	110	256	146	5,35	6,00	Unitaire	
Année 1964																			
9	4 Juil	62,0	56,3	44,0	71	2,8	11,9	1239	968	4,72	0,38	0,49	16	155	139	6,50	7,45	Unitaire	
10	7 Juil	55,2	46,7	31,5	57	2,2	31,2	1027	693	4,54	0,44	0,78	16	136	120	2,05	2,35		
11	15 Août	32,9	29,4	20,7	63	1,0	36,3	647	455	3,84	0,59	0,84	52	145	93				
12	18 Août	82	61,6	41,9	51	1,5	33,9	1355	922	10,26	0,76	1,11	52	284	232				
13	1 Sept	31,2	27,3	21,5	69	2,5	39,8	601	473	4,25	0,71	0,90	119	270	151	1,15	1,30		
14	4 Sept	36,3	24,0	22,5	62	3,5	28,3	528	495	4,43	0,84	0,89	119	270	151	1,20	1,50		
15	7 Sept	48,0	38,7	27,9	58	0,5	33,1	851	614	5,98	0,70	0,97	127	345	218	5,40	6,45	Unitaire	
16	15 Sept	63,2	53,7	40,4	64	1,3	33,6	1181	888	9,22	0,82	1,04	155	506	351	4,54	6,00	Unitaire	
17	19 Sept	29,3	21,7	19,3	66	0,25	71,6	477	425	4,79	1,01	1,13	145	314	169	6,30	a peu près	unitaire	
18	21 Sept	47,4	41,6	37,1	78	2,0	42,6	915	816	9,47	1,04	1,16	164	548	384	4,36	4,58	Unitaire	
19	22 Sept	40	27,7	16,4	41	1,2	59,5	609	361	2,48	0,41	0,69	245	345	100	5,20	5,30	non unitaire	

STATION I

TABLEAU DE DISTRIBUTION DES VOLUMES DE CRUE (exprimés en % du volume total)

N°	Base	Tp	Tm	-300	-200	-130	-100	-30	0	+0,30	+1,00	+1,30	+200	+300	+400	+500	+600	+700	+800	+900	+1000	+1100	
9	07,30	1,00	1,40		0,9	16,1	16,2	17,1	14,2	10,1	7,7	5,6	7,2	3,6	1,3								
18	09,30	1,25	1,45		4,2	9,0	12,0	13,0	12,3	11,0	8,9	7,1	10,1	6,5	3,7	1,7	0,5						
	08,30	1,20	1,45		2,5	12,0	14,1	15,0	13,3	10,6	8,8	6,4	8,7	5,0	2,5	0,9	0,2						

STATION II

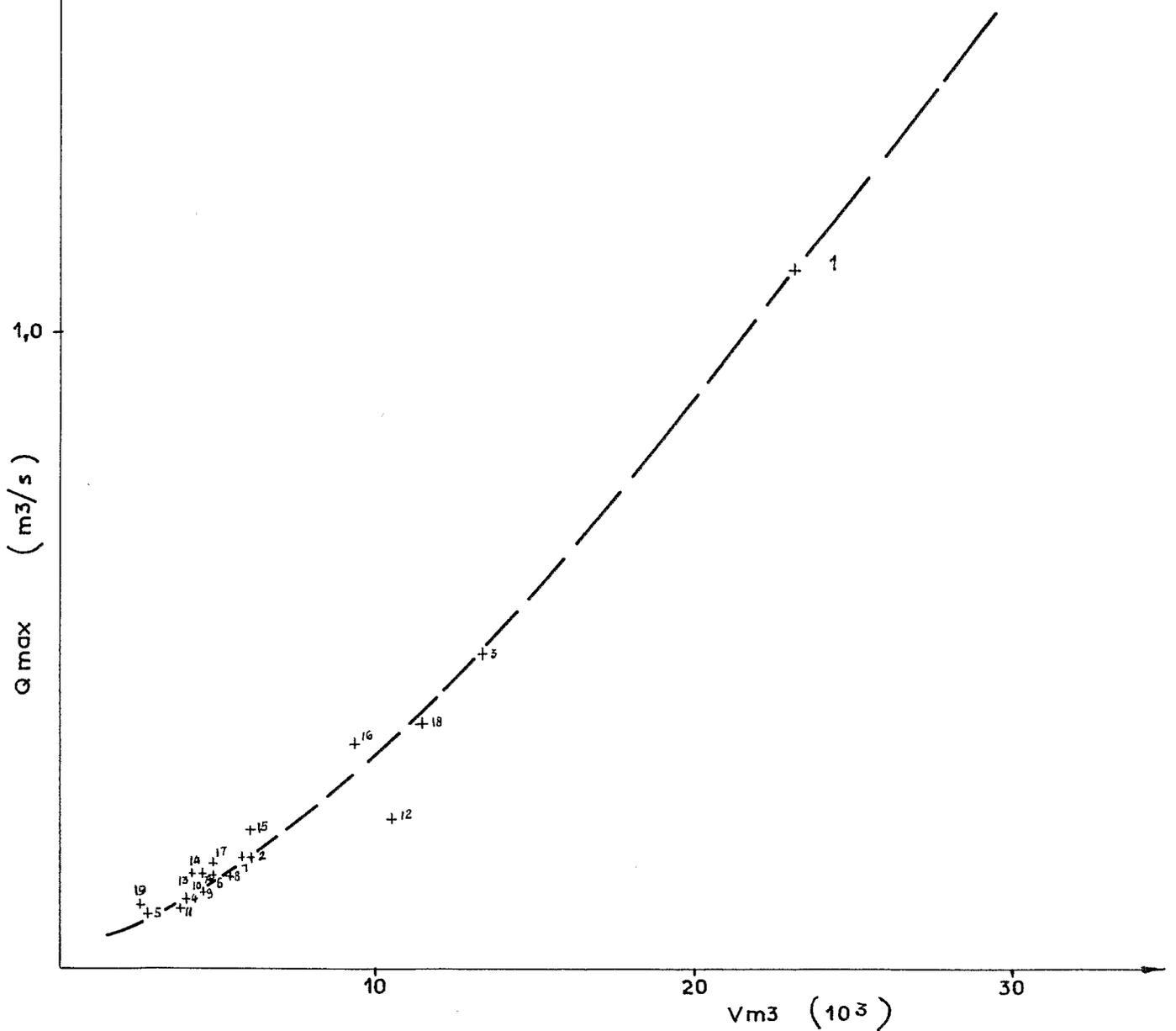
TABLEAU DE DISTRIBUTION DES VOLUMES DE CRUE (exprimés en % du volume total)

N°	Base	Tp	Tm	Temps (heures)																				
				-8	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18	
1	22,00	3,00	4,50					5,6	8,7	11,1	15,7	13,5	10,3	7,8	5,8	4,5	3,6	5,4	3,7	2,3	1,4	0,6		
2	24,30	5,50	6,20		1,6	7,5	6,7	6,4	7,0	9,0	10,0	8,4	7,0	6,0	5,3	4,7	4,2	6,7	4,7	3,0	1,4	0,4		
5	18,15	6,40	6,45		7,2	8,2	8,9	9,1	9,7	10,4	10,5	9,5	7,7	5,9	4,5	3,3	2,4	2,3	0,4					
7	20,45	6,15	6,35		5,9	7,4	8,1	8,6	9,3	10,0	10,3	9,0	7,5	6,1	4,7	3,6	2,8	4,0	2,0	0,7				
8	21,45	5,35	6,00		2,6	4,6	7,2	7,5	8,2	8,8	9,1	8,5	7,8	7,0	6,1	5,2	4,5	6,6	3,7	1,9	0,7			
9	21,00	6,50	7,45	3,0	6,7	6,8	7,5	7,9	8,8	9,4	9,4	8,8	7,3	5,8	4,7	3,8	3,0	4,1	2,3	0,7				
15	25,00	5,40	6,45		4,3	5,0	8,6	9,8	9,9	9,9	10,8	8,6	6,6	5,3	4,2	3,5	3,0	4,2	2,8	1,7	1,1	0,5	0,2	
16	21,30	4,50	6,15		0,1	1,8	6,5	7,5	9,6	11,7	13,7	11,1	8,4	6,2	4,9	4,1	3,4	5,4	3,1	1,6	0,7	0,2		
17	23,00	6,30	7,00		0,4	3,1	4,5	6,3	6,8	10,1	12,1	10,1	8,7	7,6	6,5	5,5	4,5	6,4	3,9	2,3	1,0	0,2		
18	18,00	4,35	4,55			1,0	7,3	10,1	11,6	12,9	13,0	11,0	8,4	6,6	5,1	4,0	3,1	3,9	1,6	0,4				
Moy.	21,35	5,35	6,15	0,3	2,9	4,5	6,5	7,9	9,0	10,3	11,5	9,8	8,0	6,4	5,2	4,2	3,5	4,9	2,8	1,5	0,6	0,2		

BASSIN DE BADÉ

Station II
Corrélation

Débit maximal caractéristique
Volume de la crue



CRT 7521

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 5 - 2 - 65

DES: S. NICOE

VISA

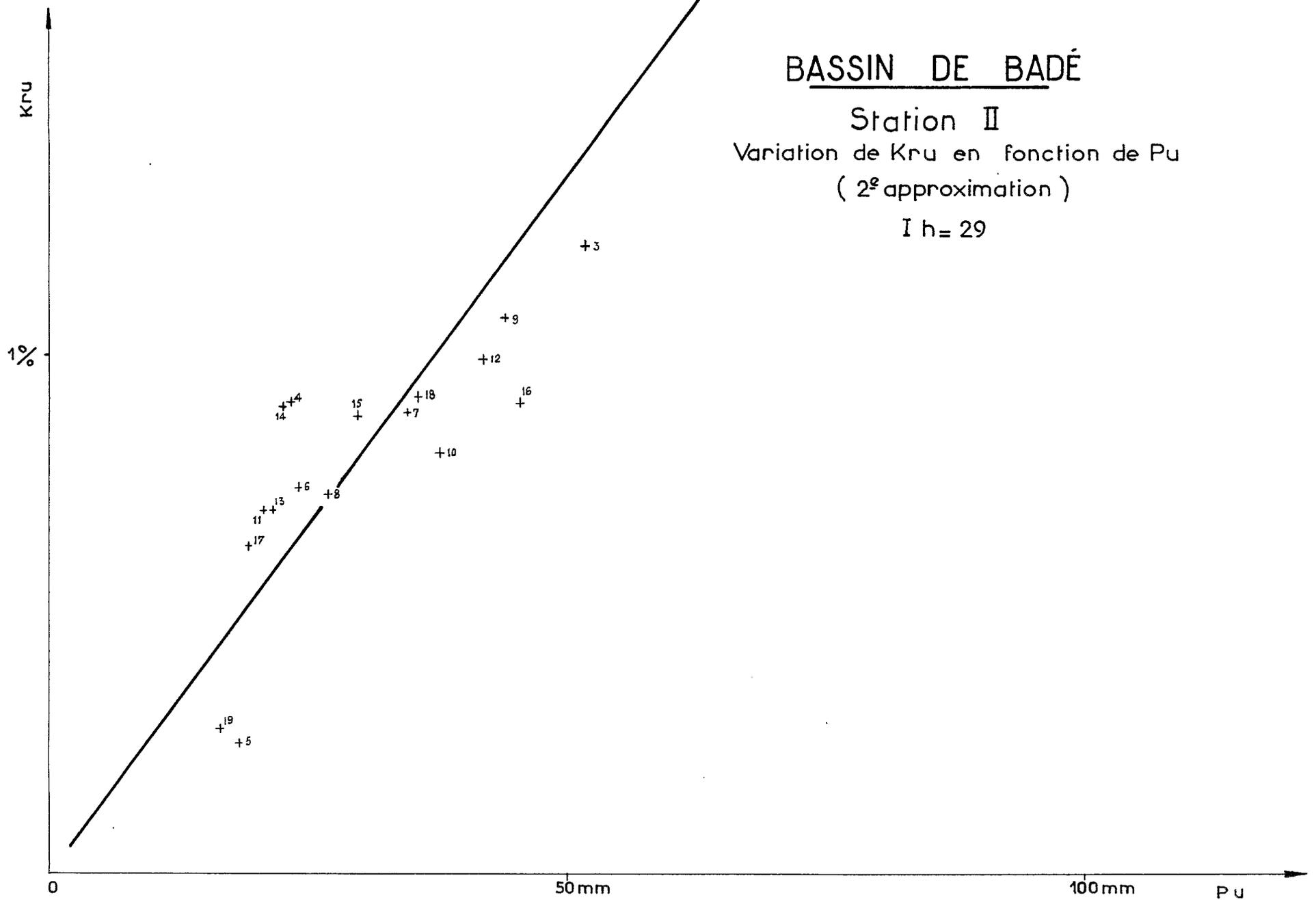
TUBEN°

BASSIN DE BADÉ

Station II

Variation de K_{ru} en fonction de P_u
(2^e approximation)

I h = 29



CRT 7518

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 4 - 2 - 65

DES: S. NICOE

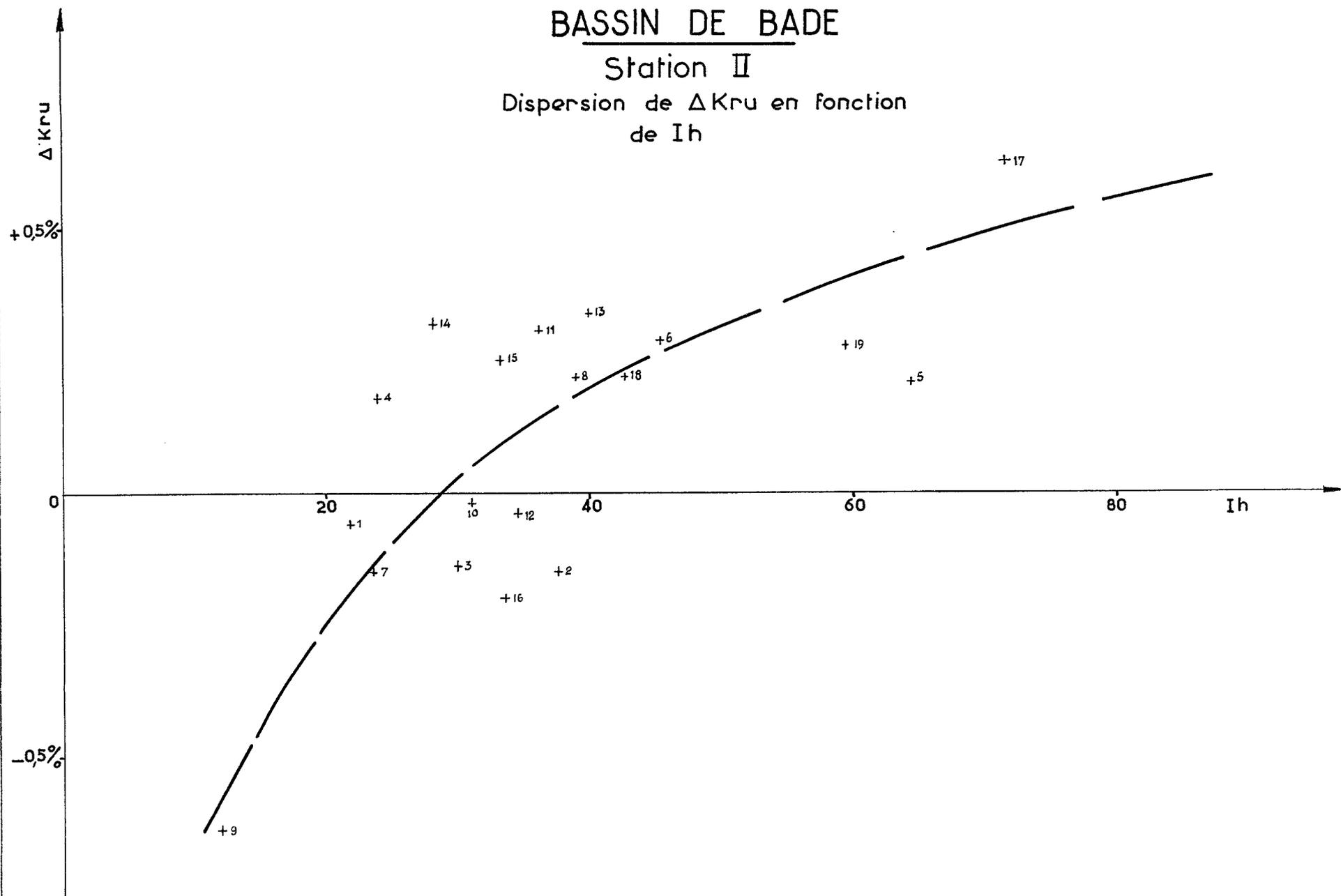
VISA:

TUBE N°

BASSIN DE BADE

Station II

Dispersion de ΔK_{ru} en fonction
de I_h



CRT 7505

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 28 - 1 - 65

DES: S. NICOLÉ

VISA:

TUBE N°

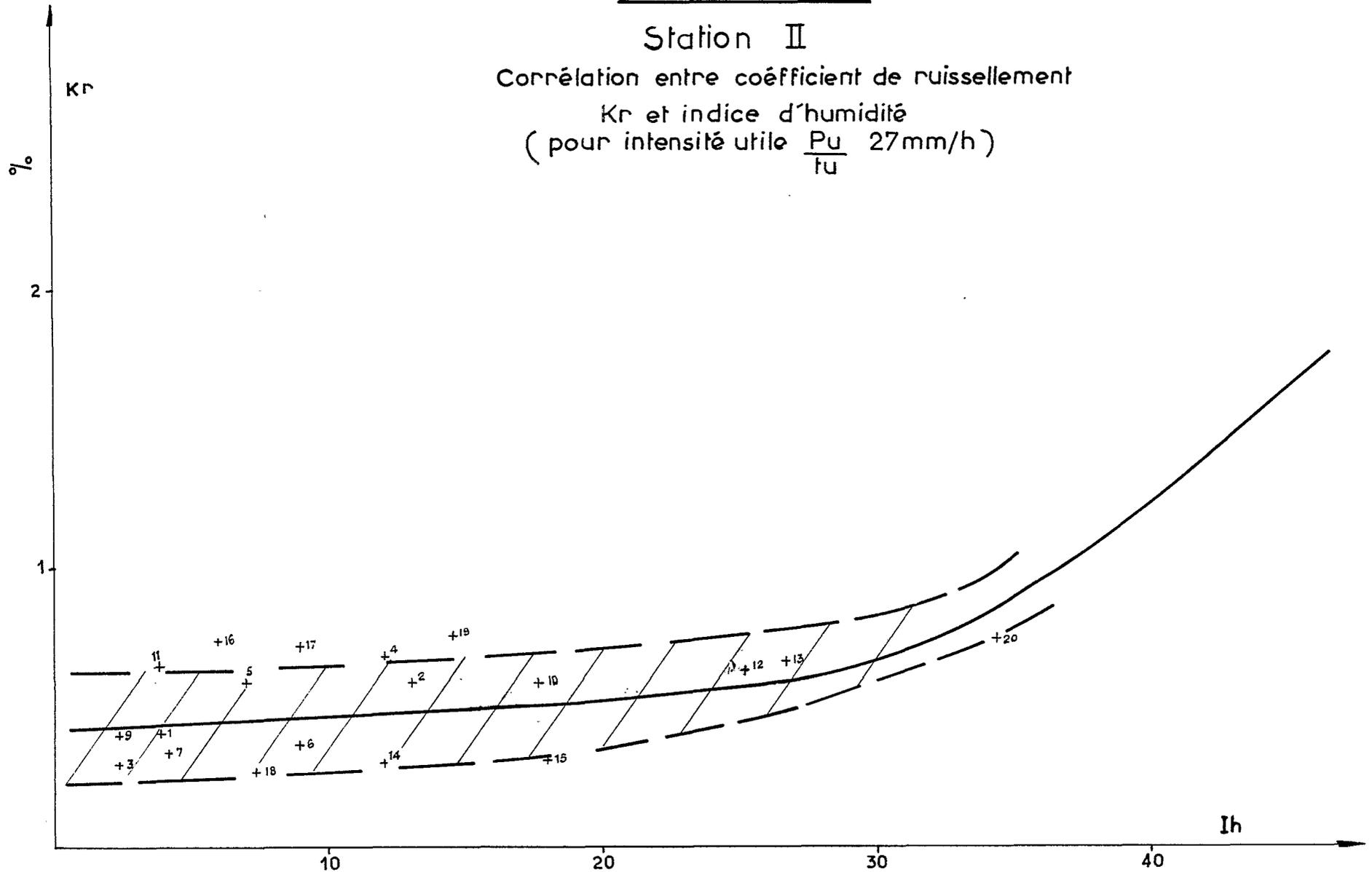
BASSIN DE BADÉ

Station II

Corrélation entre coefficient de ruissellement

K_r et indice d'humidité

(pour intensité utile $\frac{P_u}{I_u}$ 27mm/h)



CRT 7504

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED :

LE : 27 - 1 - 65

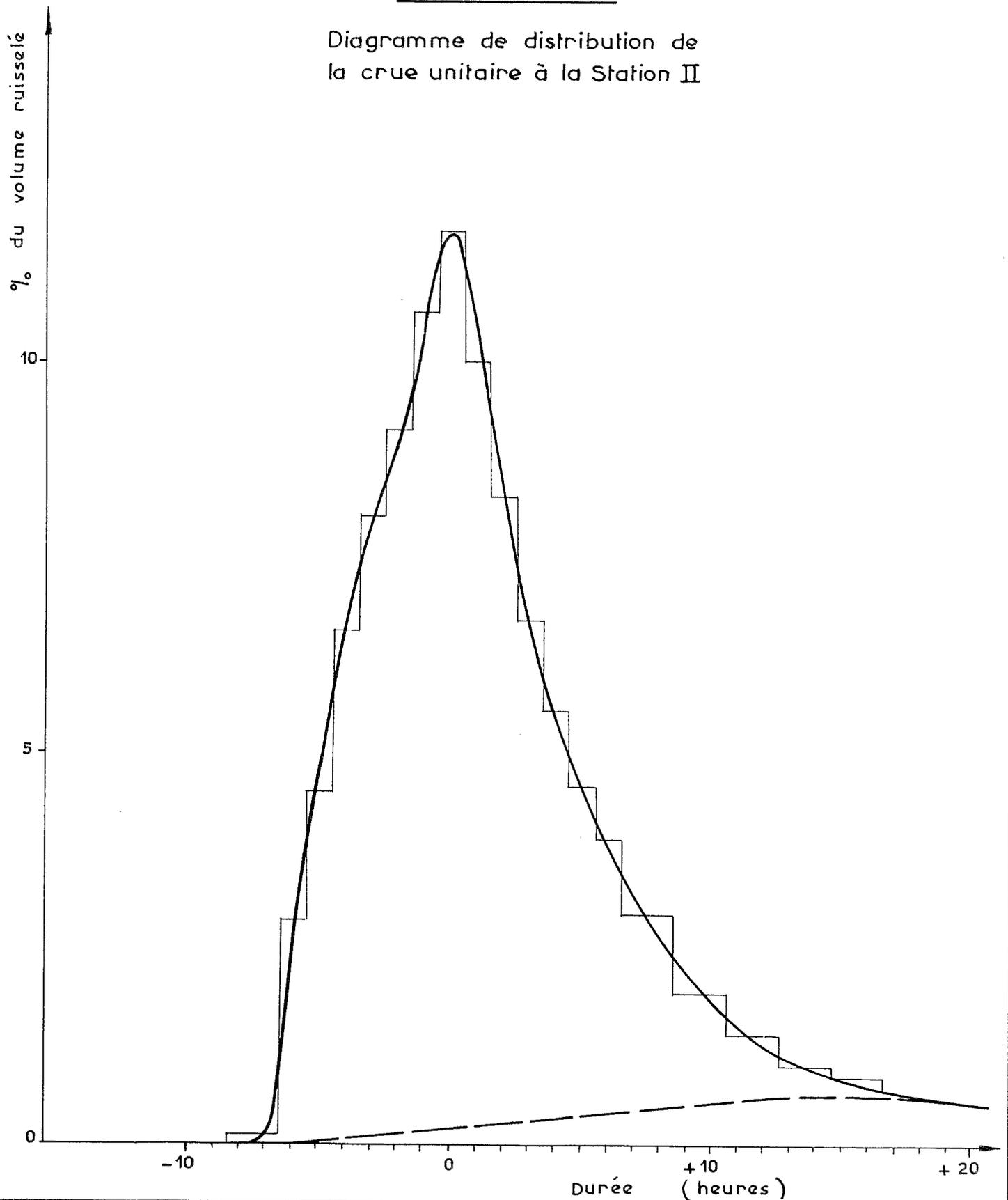
DES : S. NICOE

VISA :

TUBE N°

BASSIN DE BADÉ

Diagramme de distribution de
la crue unitaire à la Station II



CRT 7503

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 28-1-65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

La pluviométrie moyenne a été déterminée par les isohyètes pour chaque averse.

Les tableaux et graphiques suivants indiquent les résultats des analyses. Les symboles sont les mêmes que pour le bassin I sauf que $I_h = \frac{P_a}{T_a}$. Comme pour le bassin I, les coefficients de ruissellement restent toujours très faibles, ce qui est normal.

Comme pour les crues de 1963, le coefficient de ruissellement utile K_{ru} semble fonction de l'importance de la pluie utile P_u et d'un indice d'humidité I_h calculé comme étant la somme des quotients $\frac{P_a}{T_a}$ et non plus comme le simple rapport correspondant à la première pluie antérieure.

La dispersion sur ces corrélations est notable. Mais malheureusement, nous ne demandons pas beaucoup à cette corrélation puisque, grâce aux crues n° 1 et 3, aucune extrapolation n'est à faire. Nous utiliserons donc les résultats pour le calcul de la crue décennale.

Les 9 crues apparemment unitaires nous ont servi à établir le tableau de distribution. Le graphique n° 7503 donne l'allure de la crue unitaire pour les fortes crues homogènes: $T_m = 5h$ $T_r = 4h$.

Calcul de la crue décennale

Nous adopterons les mêmes hypothèses pluviométriques que pour le bassin n° I. L'indice d'humidité I_h sera de 40. Les récentes recherches effectuées sur le coefficient d'abattement ont montré que, pour 22 km², il était très voisin de 1. Par contre, le rapport entre hauteur de précipitation et précipitation utile moyenne est un peu plus faible que dans le cas du bassin n° I, par suite de la disparité des hyétogrammes, on admettra un rapport égal à 0,70 entre précipitation ponctuelle et précipitation utile moyenne. La précipitation ponctuelle étant de 110 mm, on trouve une précipitation utile de 77 mm.

$$\text{Volume de la pluie utile : } V_{p_u} = 1690 \times 10^3 \text{ m}^3$$

Remarquons que la pluie utile décennale n'est que légèrement supérieure à celle génératrice de la crue n° 1, mais elle rencontre un meilleur indice d'humidité.

En utilisant les corrélations établies, nous avons, avec $I_h = 40$ et $P_u = 77 \text{ mm}$: $K_{ru} = 2,2 \%$.

$$\text{Volume ruisselé : } V_r = 37300 \text{ m}^3$$

En utilisant le rapport $\frac{\text{Volume ruisselé}}{\text{Débit caractéristique}}$ des plus fortes crues analysées (n° 1, 3, 16 et 18), le volume ruisselé décennal occasionnera un débit maximum de ruissellement de 1800 l/s.

En adoptant un débit de base de 150 l/s, ce qui semble normal courant Septembre, nous avons un débit maximal décennal de

$$\frac{1950 \text{ l/s}}{\text{soit } 85 \text{ à } 90 \text{ l/s/km}^2}.$$

Cette valeur est quelque peu supérieure à celle trouvée à l'issue de la campagne 1963.

3 - STATION III

20 crues ont été analysées : 10 à l'issue de la campagne 1963, 10 également après celle de 1964.

Dans le rapport préliminaire nous avons constaté que 3 crues (n° 4, 7 et 10), avec à l'origine des pluviométries utiles très différentes (71, 58 et 34 mm), présentaient un volume ruisselé important pratiquement identique pour ces 3 crues (135, 142 et 131 $\times 10^3 m^3$). En 1964 les crues n'ont provoqué que des volumes ruisselés bien inférieurs. (101 $\times 10^3 m^3$ pour la crue n° 19). Néanmoins nous constatons également des écarts importants sur les coefficients de ruissellement.

Il semble donc confirmé que le coefficient de ruissellement soit fonction, tout d'abord de l'indice d'humidité. Mais les résultats de 1964 montrent qu'il n'est plus possible de considérer un indice aussi sommaire que celui utilisé jusqu'ici : il faut faire intervenir l'ensemble des pluies antérieures. La corrélation n'est donc possible qu'avec un indice I_h calculé comme étant la somme des quotients $\frac{P_a}{T_a}$. Cet indice devrait être calculé pour tenir compte de l'état de remplissage du réseau hydrographique.

Mais les temps de montée et, surtout, de ruissellement, très longs conduisent à ne plus classer ce bassin parmi les petits bassins. Tout se passe comme si sa superficie atteignait 300 à 400 km². Dans ces conditions, la méthodologie appliquée à des surfaces pas très supérieures à la surface standard 25 km², pour des conditions de ruissellement normales, n'est plus valable. Une crue résulte obligatoirement de plusieurs averses. L'étude correcte exigerait l'application de la méthode des isochrones, délicate et laborieuse, et des données statistiques précises sur l'intervalle entre les averses, données sur lesquelles nous n'avons actuellement que de vagues idées. Heureusement, les très fortes averses de 1963 ne nécessitent pas de fortes extrapolations pour obtenir la crue décennale et, en outre, la faiblesse du ruissellement autorise des méthodes de calcul tout à fait sommaires.

Notons également que la séparation entre le ruissellement et les autres formes de l'écoulement est plus difficile que pour les bassins I et II et il en résulte qu'on désigne par "volume de ruissellement" des apports qui contiennent de l'écoulement hypodermique, ce qui explique des valeurs de K_{ru} supérieures à celles des bassins I et II.

Calcul de la crue décennale

Les résultats des deux années d'observation prouvent que l'averse du 20 Juillet 1963 (crue n°4), bien que de période de retour supérieure à la période décennale, n'a pas occasionné une crue de fréquence rare, à cause de conditions de saturation médiocres. Une limite supérieure de la crue décennale peut être donnée en supposant la pluie décennale tombant courant Septembre, c'est-à-dire dans des conditions de saturation identiques à celles admises pour le calcul de la crue décennale sur les bassins n° I et II. $P_m = 110$ mm $I_h = 40$. Nous admettrons $Q_0 = 900$ l/s. Le rapport entre précipitation utile moyenne et précipitation ponctuelle peut être admis égal à 0,63.

Dans ces conditions, $P_u = 110$ mm $\times 0,63 = 69$ mm

$$V_{P_u} = 4\ 950 \times 10^3 m^3.$$

STATION III S = 71,6 km²TABLEAU DES CARACTERISTIQUE DES CRUES
(Année 1963)

N°	Date	Pm mm	P mm	Pu mm	$\frac{Pu}{Pm}$ %	ta jours	Ih	Vp $10^3 m^3$	Vr $10^3 m^3$	Kr %	Kru %	Qo l/s	Q max l/s	Qmax- l/s^{Qo}	Observations
1	27 Juin	42	32	23,1	56	7,1	4,6	2291	10,71	0,47	0,65	50	157	107	Unitaire
2	8 Juillet	76	48	37,6	50	8,8	7,5	3437	18,18	0,53	0,68	64	265	201	
3	17 Juillet	53	31	18,6	35	8,2	14,2	2220	9,72	0,44	0,73	68	170	102	
4	20 Juillet	138	116	71,0	52	3,0	18,9	8306	135,9	1,64	2,67	84	1780	1696	Unitaire
5	31 Juillet	42	33	25,7	61	4,0	31,4	2363	22,50	0,95	1,22	130	315	185	Unitaire
6	6 Août	53	44	38,1	72	5,1	37,1	3150	74,43	2,36	2,72	223	648	425	
7	11 Août	131	84	58,1	44	2,3	33,1	6014	142,2	2,37	3,42	226	1535	1309	
8	4 Septembre	68	37	29,2	43	2,6	38,5	2649	160,12	2,27	2,87	975	1695	720	
9	10 Septembre	49	33	24,4	50	6,9	21,5	2363	110,80	0,46	0,62	500	730	945	
10	13 Septembre	63	44	33,9	54	2,5	33,5	3150	131,0	4,16	5,39	594	1460	866	

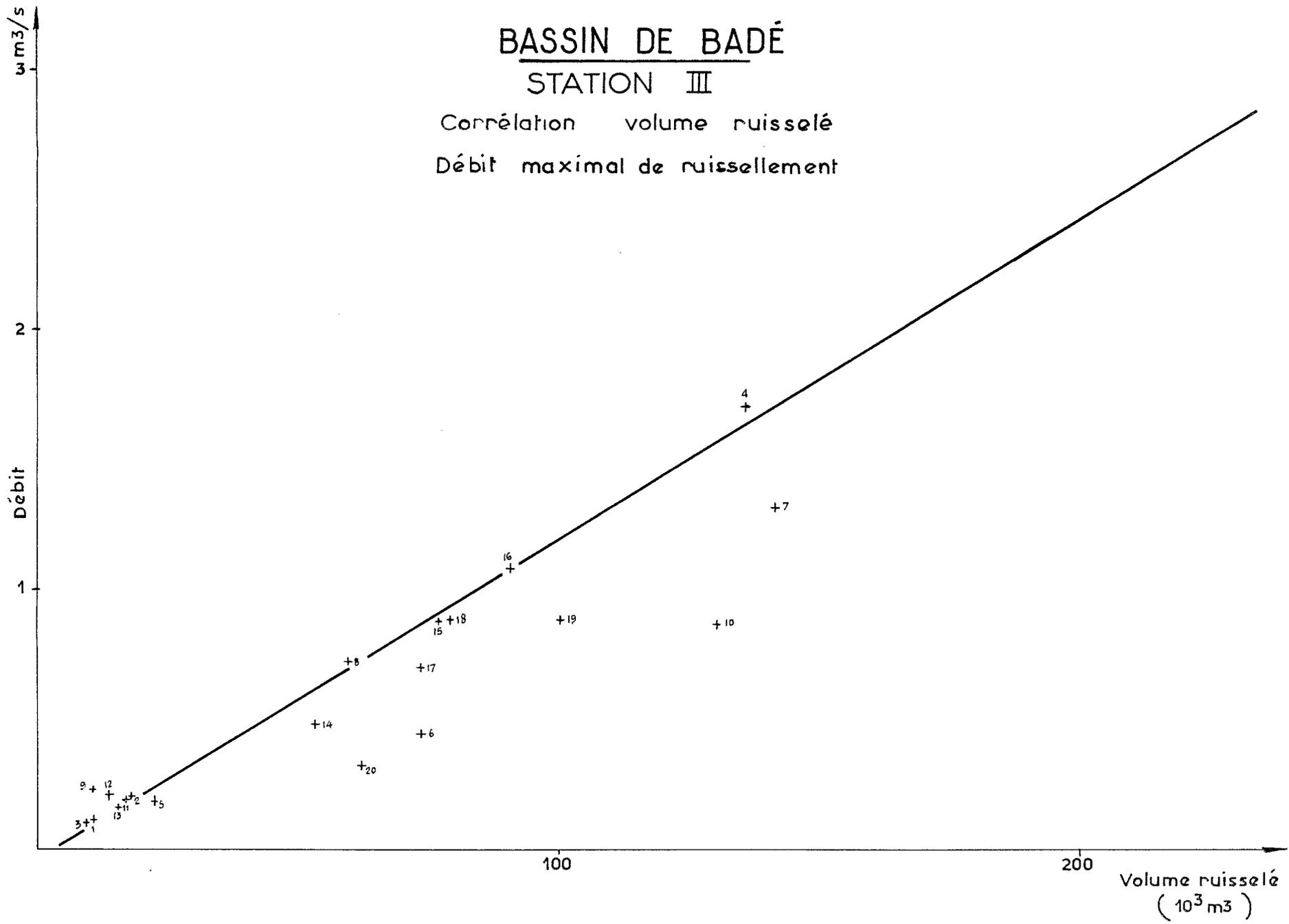
(Année 1964)

N°	Date	Pm mm	P mm	Pu mm	$\frac{Pu}{Pm}$ %	ta jours	Ih	Vp moy $10^3 m^3$	Vp uti $10^3 m^3$	Vr $10^3 m^3$	Kr %	Kru %	Qo l/s	Q max l/s	Qmax- l/s^{Qo}	Observations
11	4 Juillet	62,0	50,6	40,7	66	2,8	13,0	3623	2914	17,46	0,48	0,60	50	240	190	
12	7 Juillet	55,2	43,8	36,7	66	2,2	29,4	3136	2628	13,86	0,44	0,53	100	310	210	
13	15 Août	37,2	31,6	22,2	59	1,0	34,4	2263	1589	15,84	0,70	1,00	230	390	160	
14	18 Août	82,0	72,0	47,9	61	1,5	35,9	5155	3430	53,46	1,03	1,51	375	855	480	
15	30 Août	70,0	44,4	24,1	34	1,1	49,0	3179	1726	77,40	2,43	4,49	550	1420	870	Crue complexe
16	5 Septembre	54,8	38,5	36,0	66	3,5	35,0	2757	2578	90,36	3,28	3,50	660	1735	1075	"-
17	8 Septembre	48,0	33,4	23,2	48	2,4	42,2	2391	1661	73,44	3,07	4,42	900	1600	700	"-
18	15 Septembre	63,2	43,4	38,0	60	1,3	34,2	3107	2721	79,56	2,56	2,92	660	1540	880	"-
19	21 Septembre	51,0	39,1	33,4	66	2,0	39,1	2800	2391	100,80	3,60	4,21	900	1775	875	"-
20	23 Septembre	40,0	22,5	13,3	33	1,2	59,8	1611	952	62,28	3,86	6,55	1150	1470	320	"-

BASSIN DE BADÉ

STATION III

Corrélation volume ruisselé
Débit maximal de ruissellement



CRT 7500

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 27-1-65	DES: S. NICOLÉ	VISA:	TUBE N°
-----	-------------	----------------	-------	---------

On déduit de l'examen des données des tableaux caractéristiques que la limite supérieure de Kr_N est voisine de 5 %, ce qui indique un volume ruisselé :

$$V_r = 248 \times 10^3 \text{ m}^3$$

La détermination du débit maximal de ruissellement pourra se faire en utilisant les plus fortes valeurs du rapport :

$$\frac{\text{Débit maximal de ruissellement}}{\text{volume ruisselé}}$$

(graphique n° 7 500)

Aussi admettrons-nous un débit maximal de ruissellement décennal de 3 100 l/s. Dans ces conditions, la crue décennale aura un débit maximal de :

$$\underline{4\ 000 \text{ l/s}}$$

soit 55 - 60 l/s/km²

4 - STATION IV

14 crues seulement ont été analysées : 8 à l'issue de la campagne 1963, 6 après celle de 1964.

Les crues à la station 4 sont doublement complexes, d'une part les temps de concentration sont différents sur chaque affluent (ce qui occasionne plusieurs pointes de crue pour une même averse), d'autre part la durée de la crue consécutive à une seule averse est très supérieure à l'intervalle entre deux pluies. Le seul cas d'une crue à peu près unitaire est représenté par la crue n° 1 : la durée de la crue est quand même de 6 jours.

Chaque crue analysée est provoquée par plusieurs averses. Il ne nous est pas possible, par manque de renseignements sur la progression des ondes de crue (il aurait fallu installer un nombre considérable de limnigraphes) de déterminer, sur chaque hydrogramme, les fractions relatives à chaque averse. Nous avons donc été obligés de baser l'analyse sur la somme des précipitations ayant donné lieu à la crue.

Dans ces conditions, il ne fallait pas s'attendre à obtenir des corrélations nettes sur le coefficient de ruissellement. En fait, la dispersion est telle qu'il n'est pas possible d'annoncer une quelconque régression valable. Il apparaît seulement que le coefficient de ruissellement est fonction de la quantité d'eau tombée et de l'état de saturation, ce qui est normal. Avec une telle superficie et un si faible ruissellement, il faudrait recourir à des méthodes analytiques beaucoup plus complexes et encore, ne pas conserver trop d'illusions sur la précision des résultats.

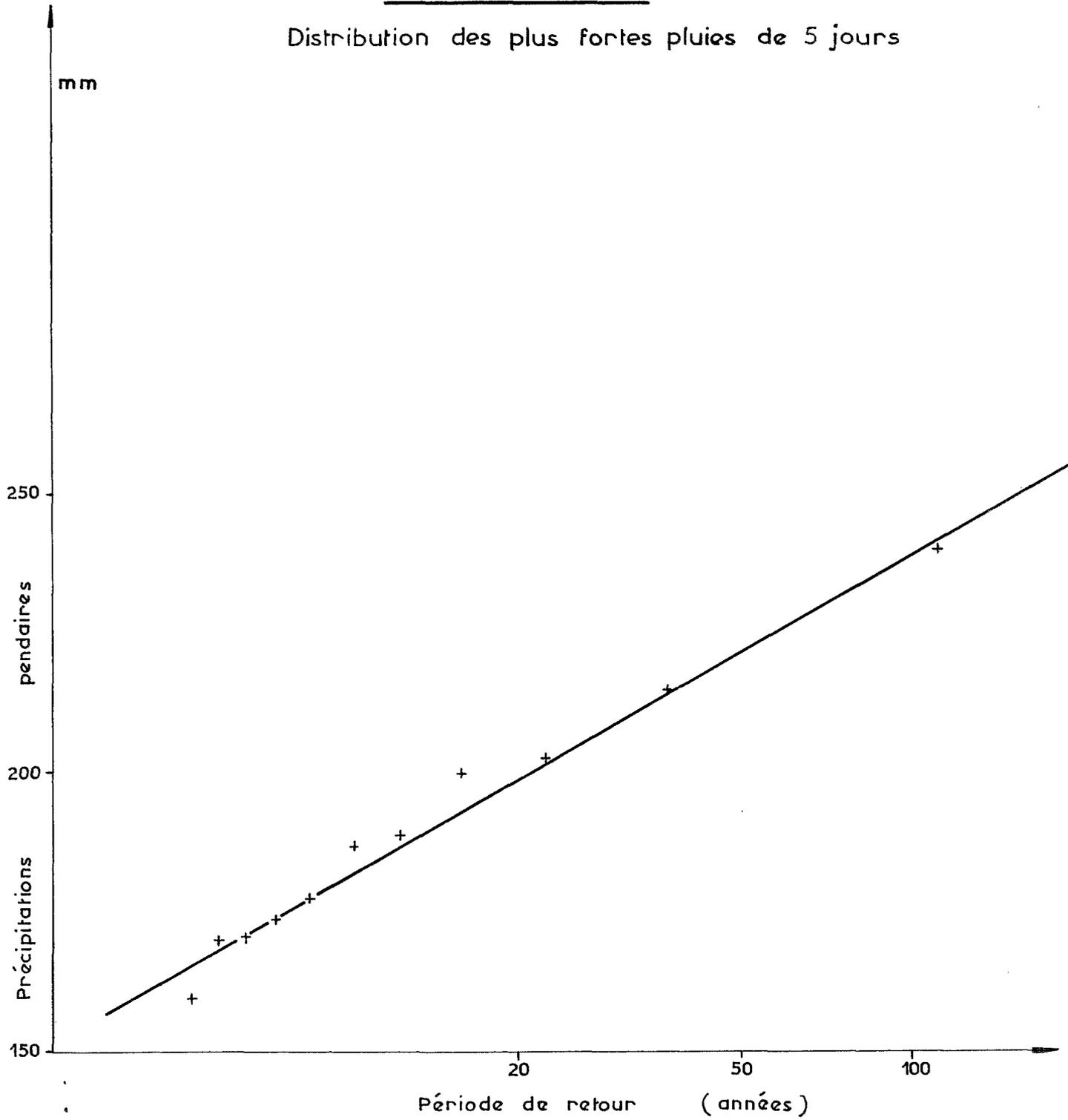
STATION IV S = 316 km²

Année 1963

N°	Date	Pm mm	P mm	$\frac{Pu}{Pm}$ %	Ih	Vp 10 ³ m ³	Vr m ³	Kr %	Qo	Q max	Qmax- Qo	Observations
1	22 Juillet	189	132	70	18,9	41712	284,7	0,68	0,44	1,67	1,23	
2	4 Août	121	74	61	34,8	23384	415,7	1,79	0,69	1,76	1,07	Pluie des 31/7 à 3/8
3	9 Août	62	26	42	37,1	8216	101,8	1,24	1,40	1,61	0,21	Pluie du 5/8
4	15 Août	131	37	27	33,1	11376	165,4	1,45	1,17	1,70	0,53	Pluie du 12/8
5	27 Août	104	37	36	34,4	11692	312,6	2,68	1,58	2,21	0,63	Pluies des 25 et 26/8
6	6 Septembre	199	99	50	44,9	31284	1041,6	3,34	1,86	3,17	1,31	Pluie du 30/8 à 5/9
7	15 Septembre	128	78	61	34,1	24648	867,6	3,52	2,24	3,46	1,22	Pluie des 9 et 12/9
8	25 Septembre	65	32	49	26,6	10112	128,6	1,27	2,21	2,43	0,22	Pluie des 23 et 25/9
Année 1964												
9	2 Août	100	70	70	29,2	22120	169,2	0,76	0,48	1,40	0,92	Pluie du 29/7 au 2/8
10	22 Août	149	118	79	44,4	37288	1068,5	2,86	1,17	3,83	2,66	Pluie du 17 au 22/8
11	2 Septembre	128	77	60	33,4	24332	501,1	2,06	2,54	4,35	1,81	Pluie du 29/8 au 2/9
12	8 Septembre	93	64	69	32,7	20224	518,4	2,56	3,68	4,90	1,22	Pluie du 4 au 8/9
13	18 Septembre	92	44	48	22,0	13904	62,6	0,45	3,57	3,88	0,31	Pluie du 14 au 18/9
14	24 Septembre	148	90	61	24,3	28440	835,2	2,94	3,43	5,57	2,14	Pluie du 21 au 25/9

BASSIN DE BADÉ

Distribution des plus fortes pluies de 5 jours



CRT 7498

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 26-1-65

DES: S. NICOT

VISA

TUBEN^o

L'examen du tableau des caractéristiques des crues nous indique néanmoins, que dans les meilleures conditions de saturation du sol (I_h au moins égal à 40), le coefficient de ruissellement ne devrait pas dépasser 4 %.

Nous remarquerons également que les crues sont provoquées par une hauteur d'eau correspondant à la somme des pluviométries journalières observées sur une période de 5 jours de calendrier.

Il nous est possible, à l'aide des 56 stations-années d'observations, de déterminer la pluie de 5 jours de fréquence décennale. Elle est égale d'après le graphique n°7498, à 180 mm.

Le coefficient d'abattement peut être pris égal à 0,8. Le coefficient de ruissellement sera pris égal à 5 %.

$$\begin{aligned} \text{- Pluviométrie moyenne : } P &= 180 \times 0,8 = 144 \text{ mm} \\ \text{Volume de la pluie : } V_p &= 45\,700 \times 10^3 \text{ m}^3 \\ \text{Volume ruisselé : } V_r &= 45\,700 \times 10^3 \text{ m}^3 \times 0,05 = 2\,280 \times 10^3 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Nous utiliserons le rapport $\frac{Q_{\max} - Q_0}{V_r}$ des plus fortes crues pour déterminer le débit de crue décennal correspondant à ce volume.

$$\begin{aligned} \text{Nous obtenons (avec } Q_{\max} - Q_0 \text{ exprimé en m}^3/\text{s et } V_r \text{ en } 10^3 \text{ m}^3) \\ \text{Crue n}^\circ 1 : \frac{Q_{\max} - Q_0}{V_r} &= 4,33 \cdot 10^{-6} \\ \text{Crue n}^\circ 9 : &'' = 5,45 \cdot 10^{-6} \\ \text{Crue n}^\circ 10 : &'' = 2,50 \cdot 10^{-6} \\ \text{Crue n}^\circ 11 : &'' = 3,66 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

En utilisant le plus élevé des rapports des deux plus fortes crues n° 10 et 11, soit 3,7, nous obtenons pour la crue décennale : $Q_{\max} - Q_0 = 8,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Avec un débit de base estimé à $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$, la crue décennale à la station IV doit être de l'ordre de :

$$\underline{12 \text{ m}^3/\text{s}}$$

soit un débit spécifique de 35 à 40 l/s/km². IL s'agit, toujours là, de très faibles valeurs.

AVERSE du: 14 Septembre 1964

Bassin versant N° II

P max. = 63,2 mm

P min. = 45,8 mm

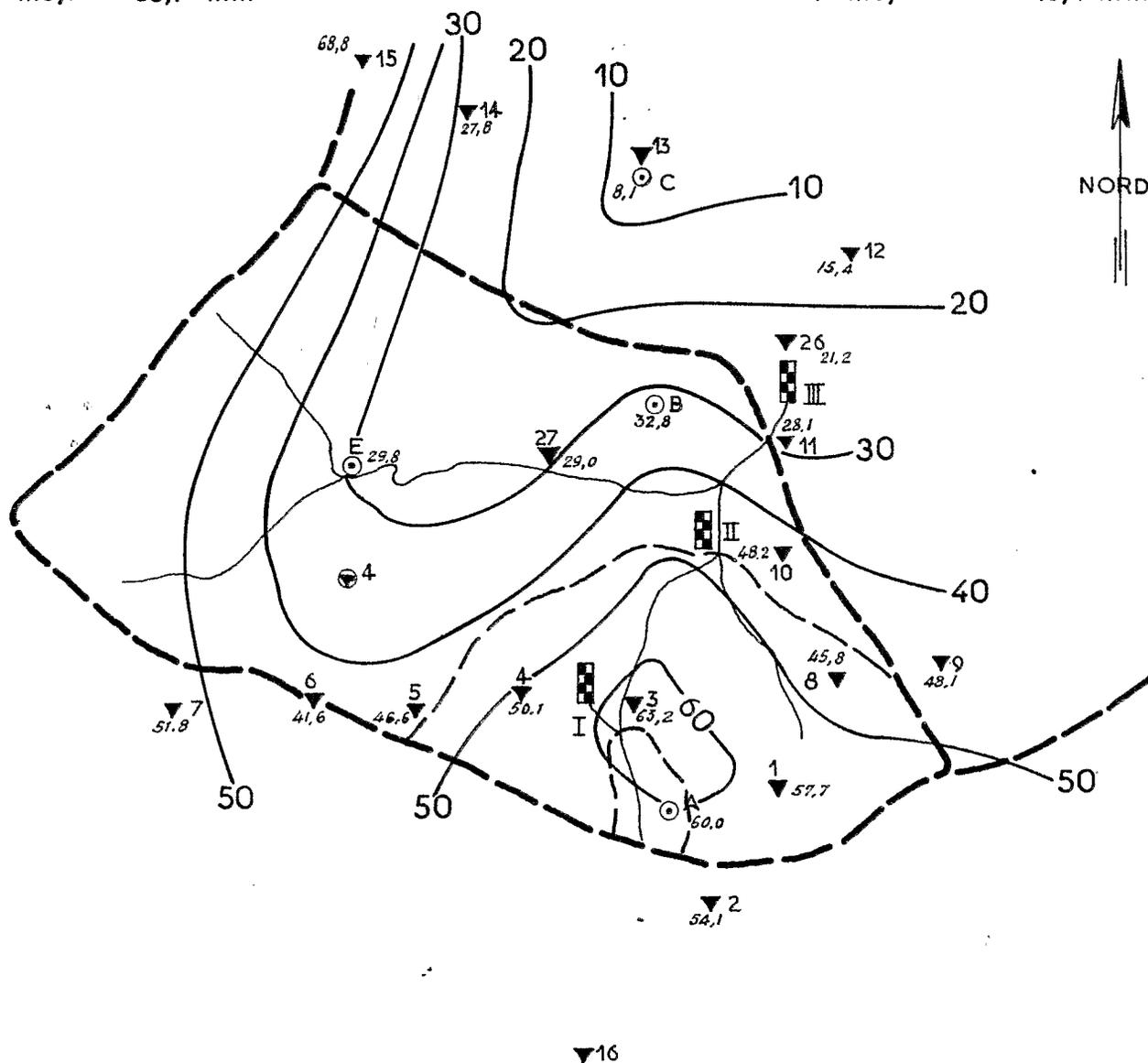
P moy. = 53,7 mm

Bassin versant N° III

P max. = 63,2 mm

P min. = 20 mm

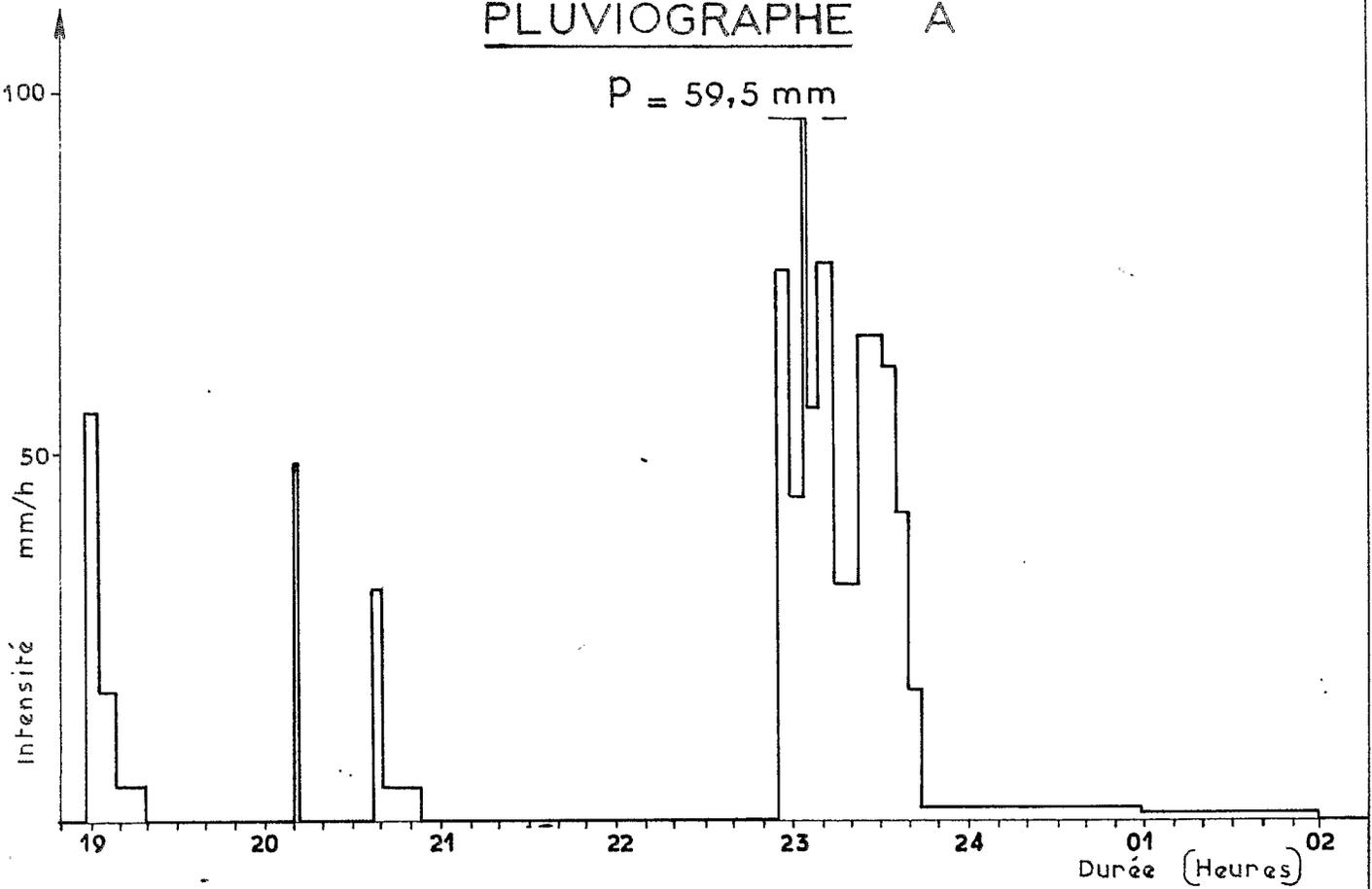
P moy. = 43,4 mm



Echelle: 1/100.000

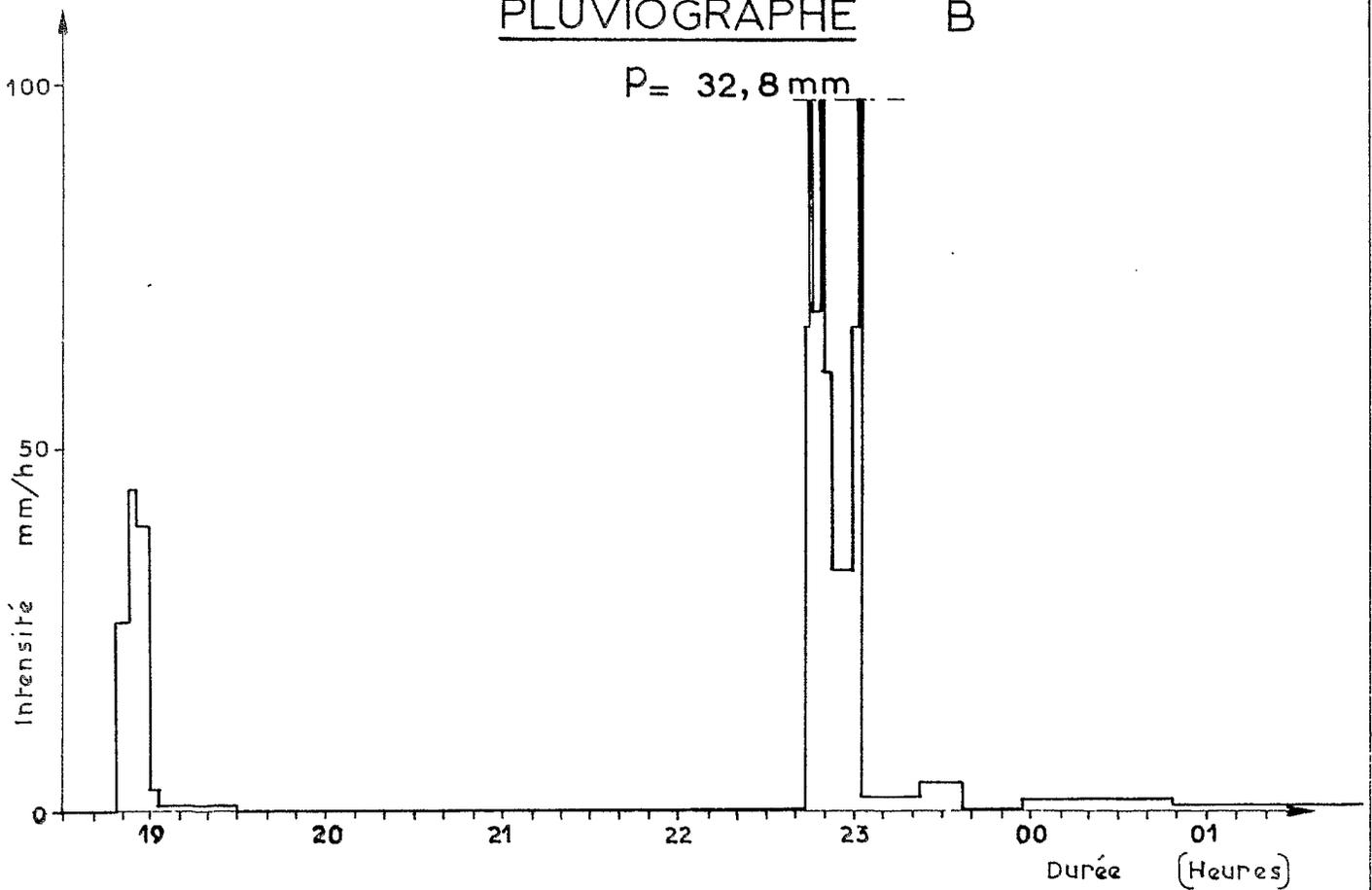
PLUVIOGRAPHE A

P = 59,5 mm



PLUVIOGRAPHE B

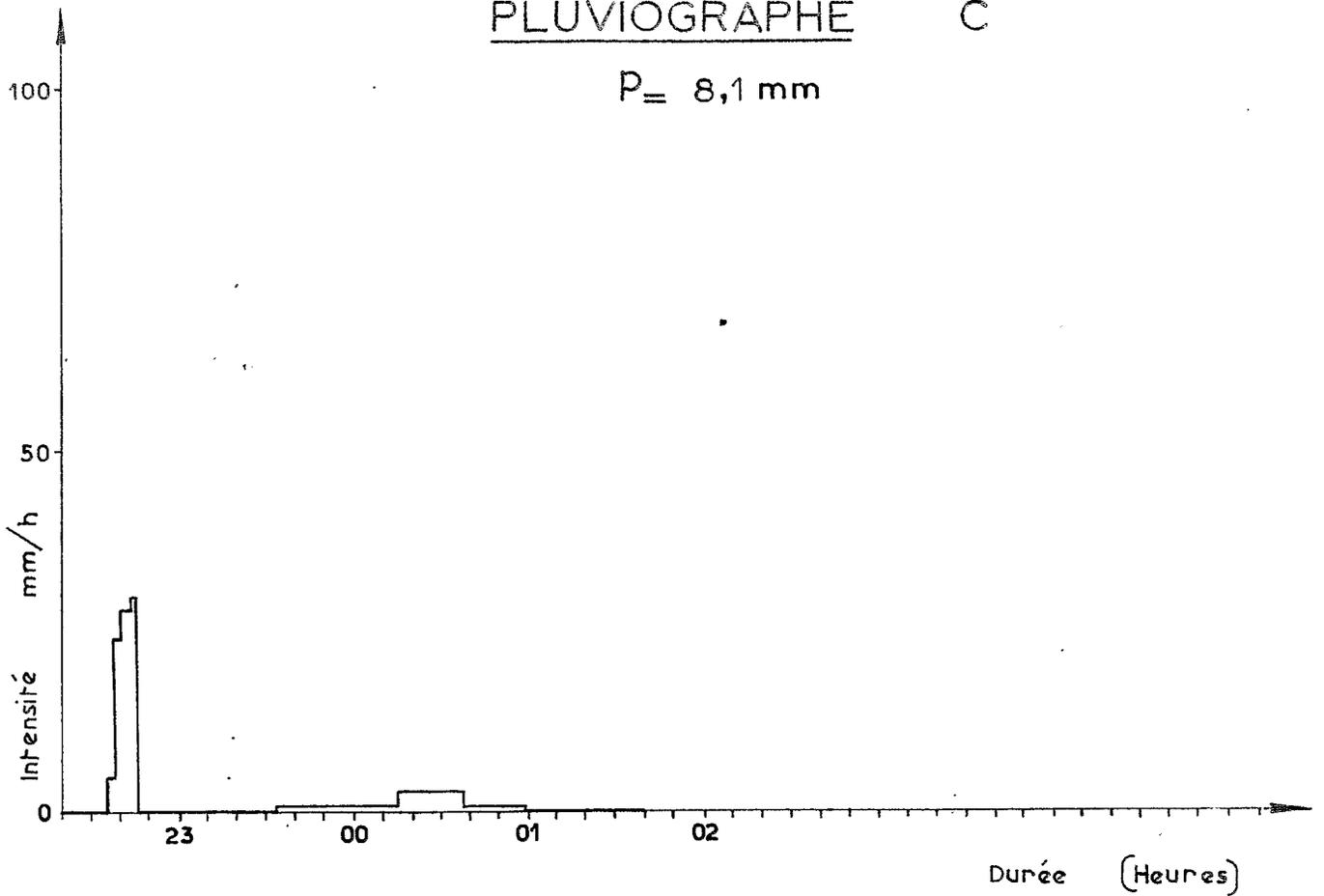
P = 32,8 mm



PLUVIOGRAPHE

C

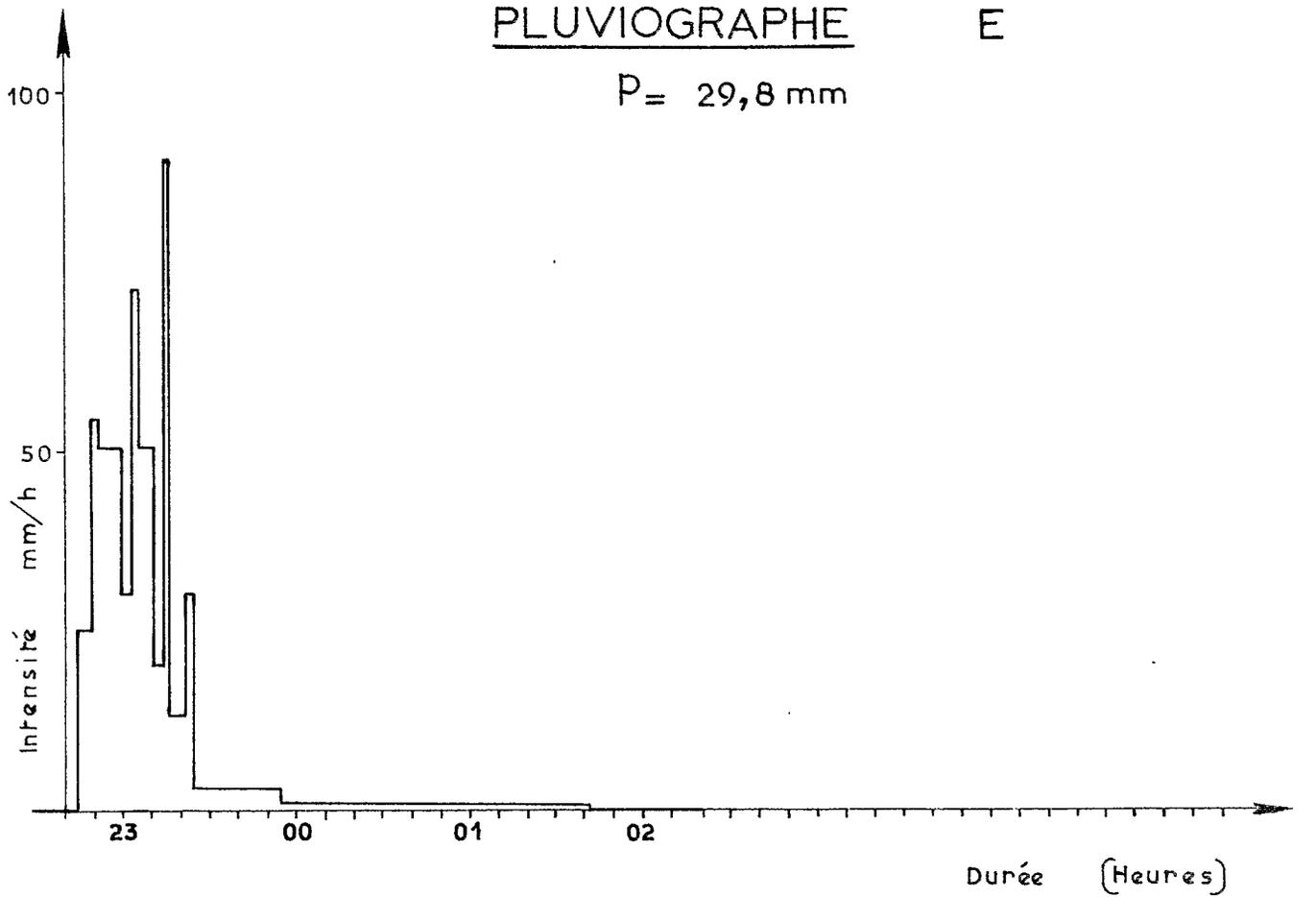
P = 8,1 mm



PLUVIOGRAPHE

E

P = 29,8 mm

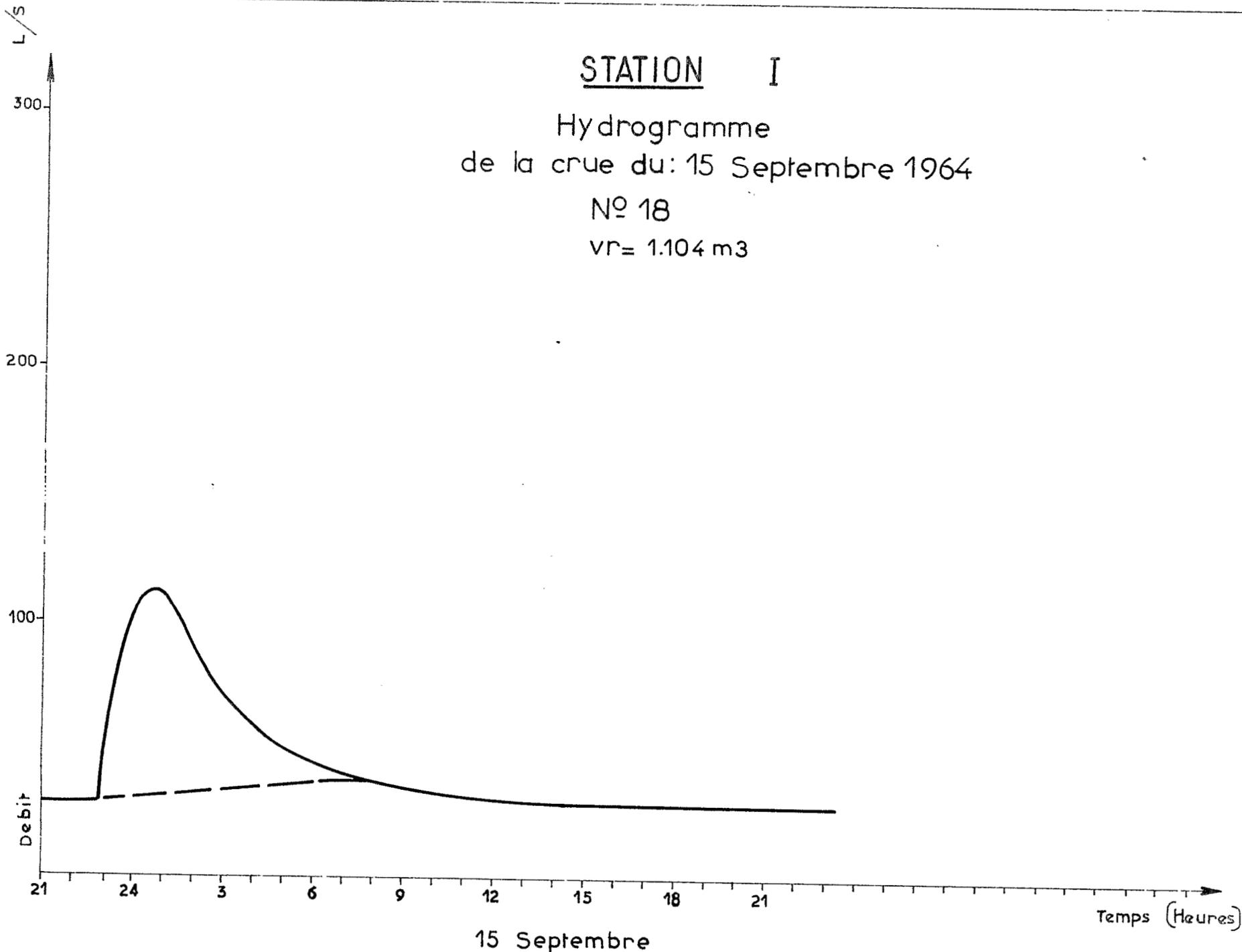


STATION I

Hydrogramme
de la crue du: 15 Septembre 1964

N° 18

$V_r = 1.104 \text{ m}^3$



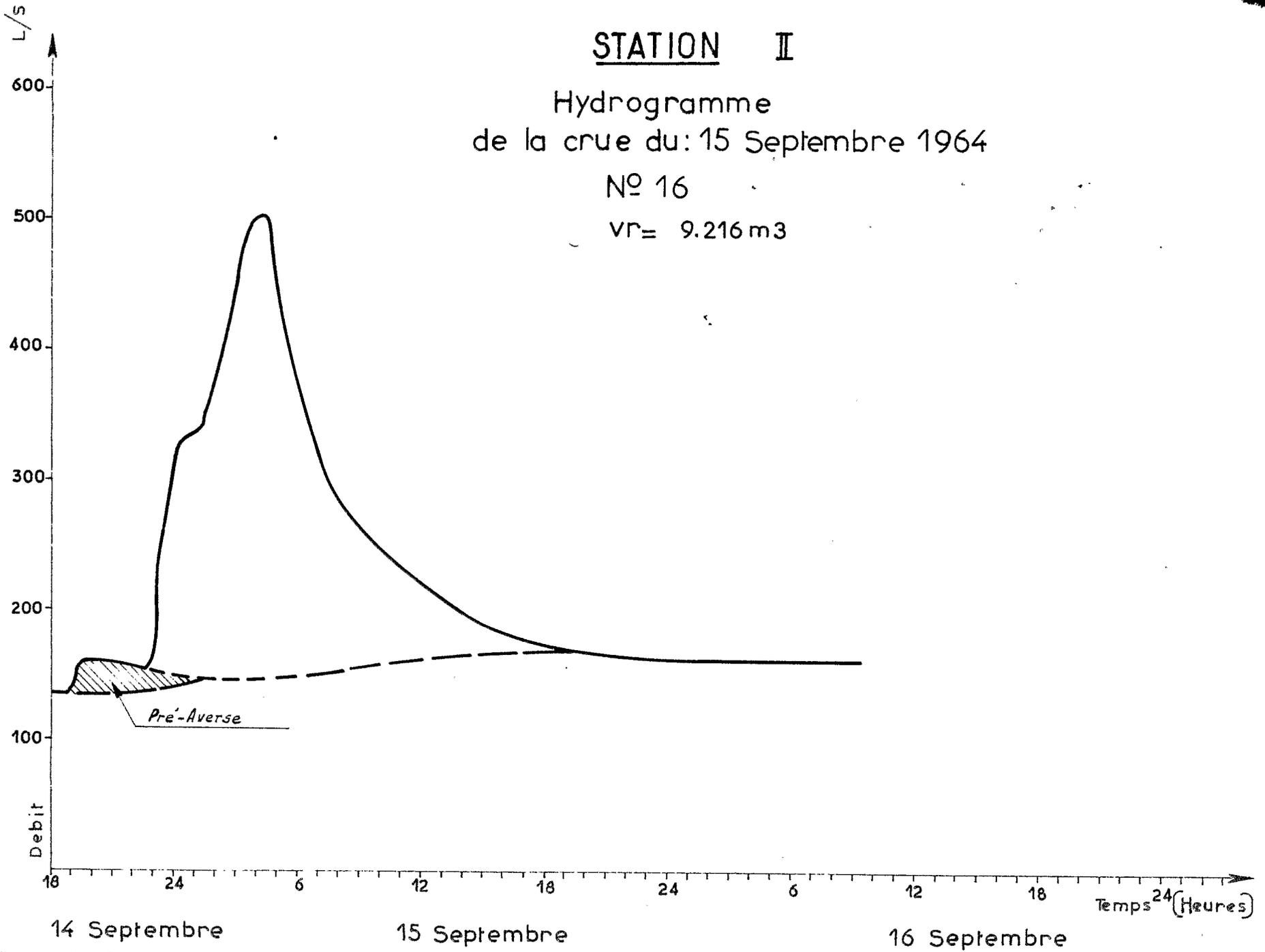
15 Septembre

STATION II

Hydrogramme
de la crue du: 15 Septembre 1964

N° 16

$V_r = 9.216 \text{ m}^3$

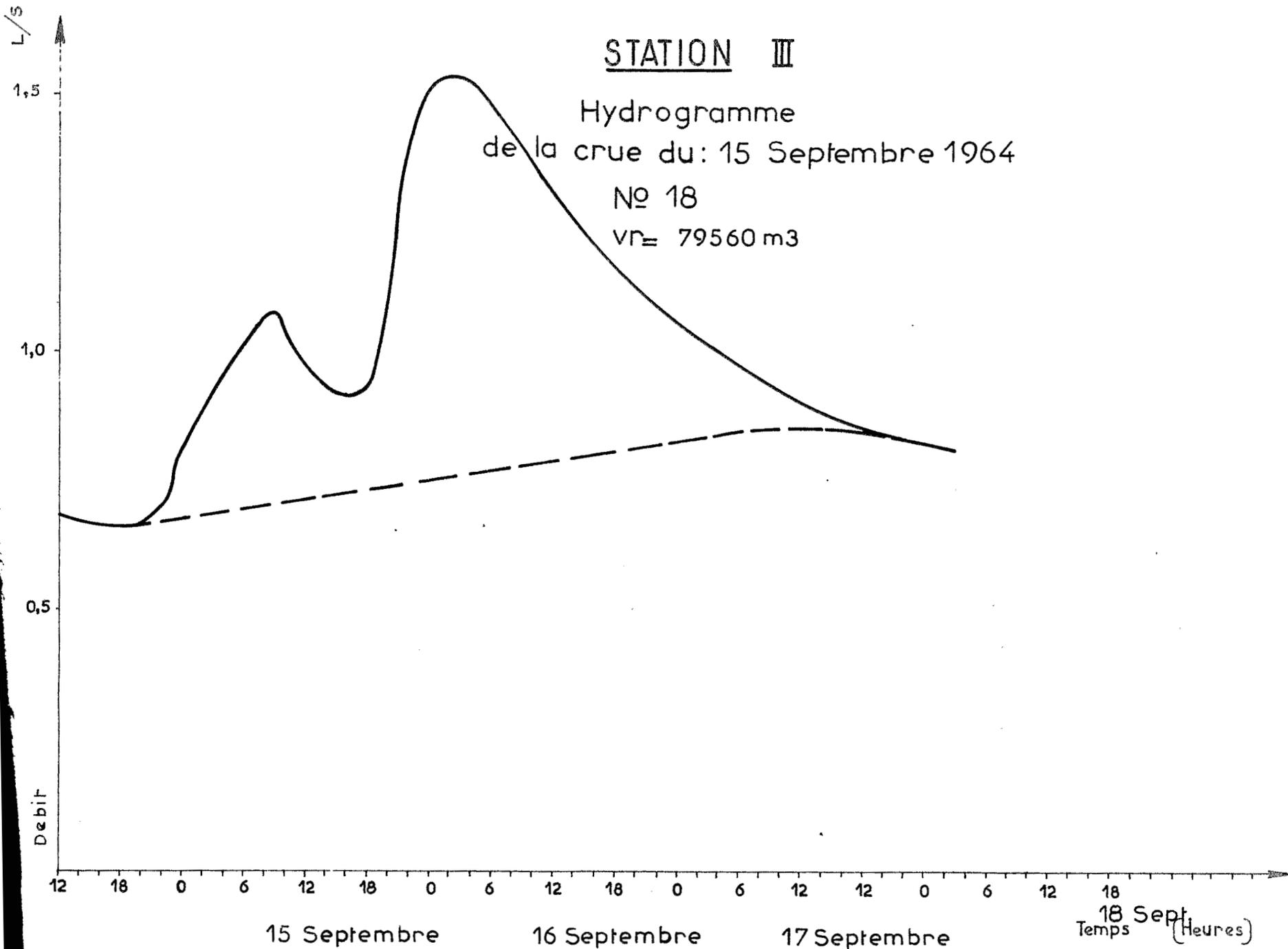


STATION III

Hydrogramme
de la crue du: 15 Septembre 1964

Nº 18

$Vr = 79560 \text{ m}^3$



18 Sept
Temps (Heures)

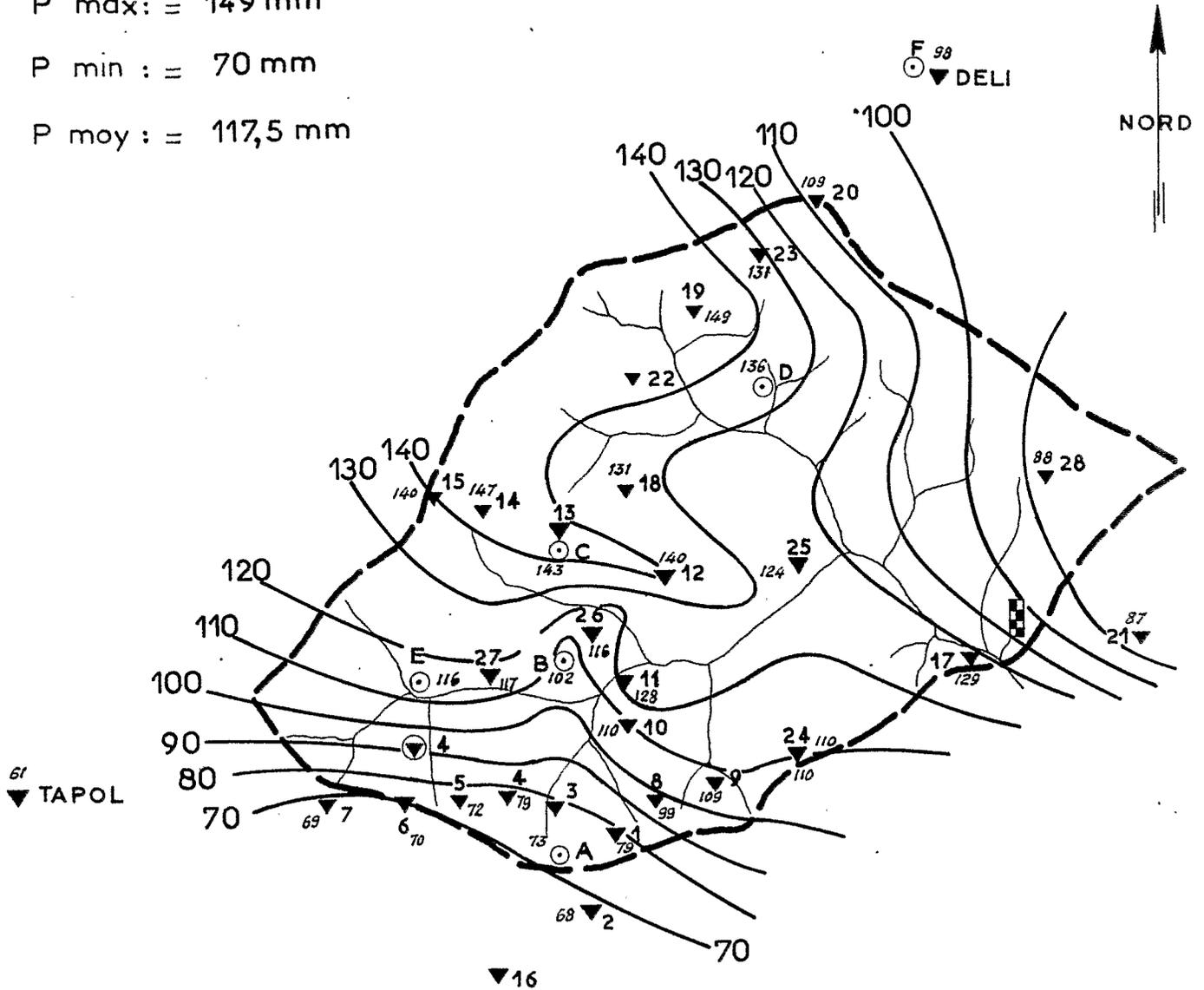
BASSIN VERSANT DE BADÉ

AVERSE DU : 17 au 22 Août 1964

P max : = 149 mm

P min : = 70 mm

P moy : = 117,5 mm



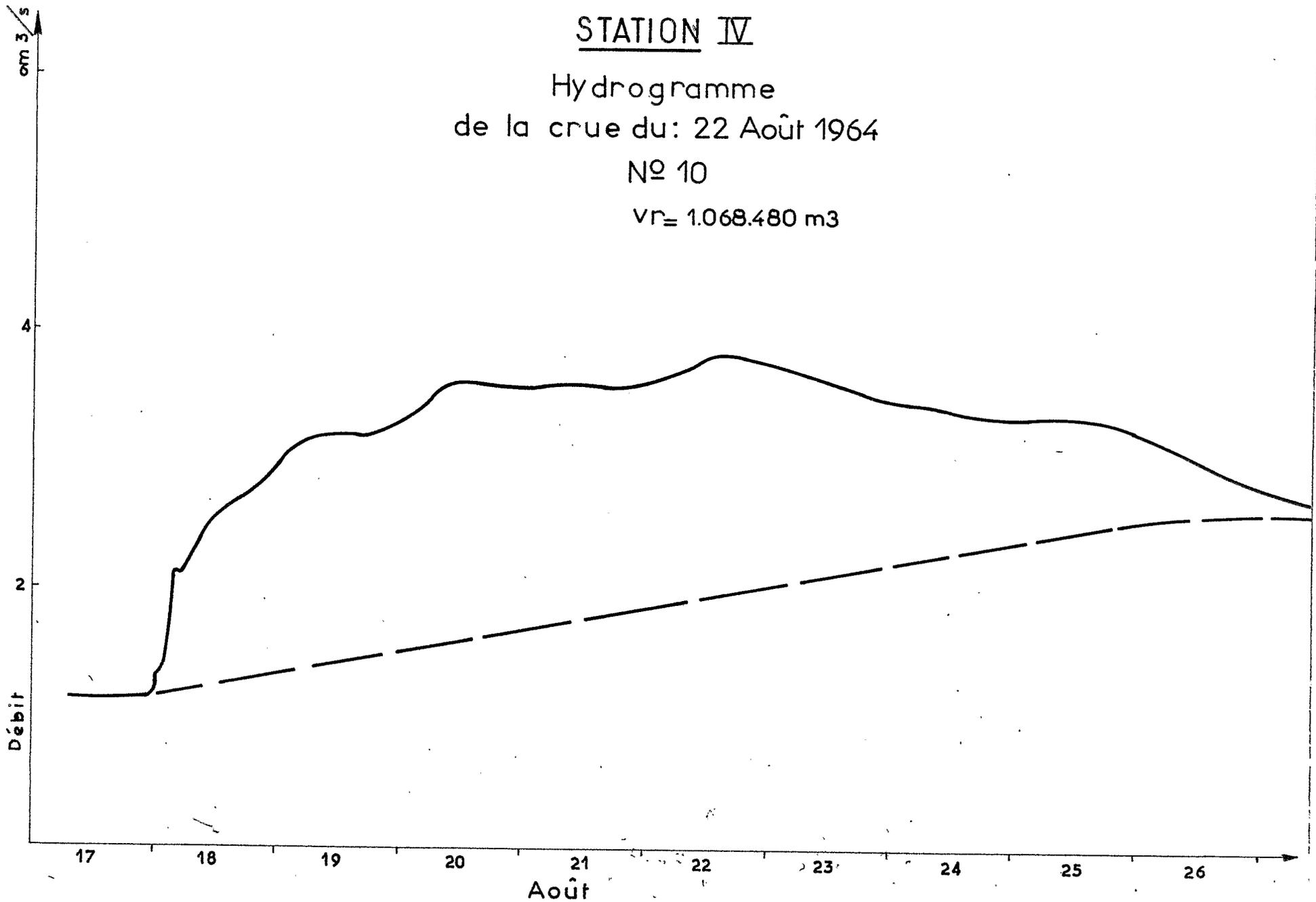
Echelle : 1/200.000

STATION IV

Hydrogramme
de la crue du: 22 Août 1964

Nº 10

$V_r = 1.068.480 \text{ m}^3$



 DEUXIEME  ARTIE

A/ - LA NYA à ARGAO

B/ - LE BASSIN EXPERIMENTAL DE MATAON

A - La NYA à ARGAO (S = 2 879 km²)

En 1964, les observations limnimétriques ont été poursuivies sur la NYA à ARGAO.

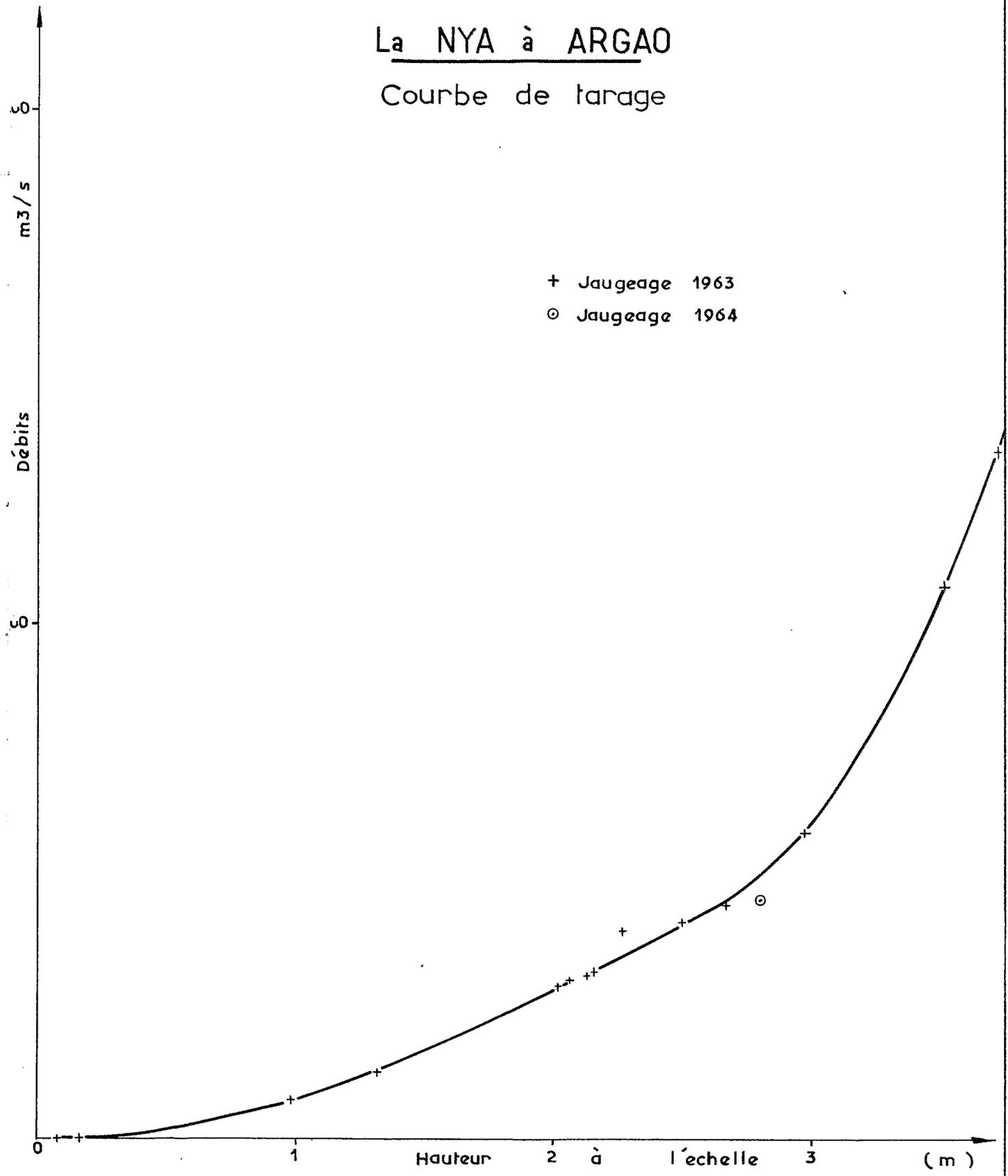
La station a été rattachée en nivellement : le zéro de l'échelle est à l'altitude (IGN) provisoire de 418,954 m, par rapport à un repère de nivellement général (macaron) d'altitude 426,338 m (IGN provisoire) implanté dans un rocher situé tout près de l'échelle.

Un jaugeage de contrôle a été effectué le 14 août 1964. La station n'est pas détarée et la correspondance hauteur-débit établie en 1963 à l'aide de 14 jaugeages effectués de 0,16 à 3,72 m (maximum observé : 4,52 m) est toujours valable.

Date	H (m)	Q (m ³ /s)
30- 3-64	0,09	0,08
4- 3-64	0,16	0,19
16- 7-63	0,98	7,2
7-11-63	1,32	12,8
29- 7-63	2,02	29,6
6- 8-63	2,07	30,3
16- 8-63	2,13	31,6
28-10-63	2,16	32,0
30- 7-63	2,27	40,0
11- 8-63	2,50	42,0
24- 7-63	2,67	45,0
14- 8-64	2,80	46,0
26- 9-63	2,97	59,0
23- 8-63	3,51	107,0
22- 8-63	3,72	133,0

La NYA à ARGAO

Courbe de tarage



CRT 7491

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:	LE: 23 - 1 - 65	DES: S. NICOE	VISA	TUBEN°
-----	-----------------	---------------	------	--------

Le graphique n° 7491 représente la courbe de tarage et le tableau des débits moyens journaliers se trouve page suivante.

Estimation d'un débit de crue décennal

Il est bien évident que ce n'est pas avec 2 années d'observation que nous pouvons déterminer un débit de crue de fréquence rare. La station d'ARGAO devra être observée encore pendant une vingtaine d'années au moins pour pouvoir analyser correctement une distribution statistique des débits maximaux.

Le débit maximal a été de 263 m³/s en 1963 et de 268 m³/s en 1964. Tout indique que ces débits de pointe correspondent à des situations moyennes. Le débit spécifique correspondant serait de 93 l/s/km².

Pour le LOGONE à MOUNDOU, nous verrons que la crue décennale est de 95 l/s/km², la crue médiane étant de 60 l/s/km², le rapport entre les deux est de 1,6.

Pour la NYA à ARGAO, il serait raisonnable d'admettre un rapport de 2, ce qui conduirait à 200 l/s/km², chiffre que nous adopterons en définitive, soit 575 m³/s. Ce chiffre est nettement plus élevé que celui auquel conduirait l'examen des données de BADE, mais le bassin de la Nya comporte des zones à assez fort ruissellement comme on va le voir ci-après.

STATION DE NYA à ARGAO - ANNEE 1964

Débits moyens journaliers (m³/s)

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				0,1	0,1	0,1	0,7	34,3	167,1	88,4		
2				0,1	0,1	0,1	0,7	34,8	240,0	77,5		
3				0,1	0,1	0,1	0,7	42,9	200,0	67,3		
4				0,1	0,1	0,1	0,7	39,3	150,5	60,5		
5				0,1	0,1	0,1	0,7	34,2	125,1	53,1		
6				0,1	0,1	0,1	0,8	27,6	111,7	48,6		
7				0,1	0,1	0,1	2,0	32,5	108,0	48,9		
8				0,1	0,1	0,1	1,8	39,8	126,3	60,5		
9				0,1	0,1	0,1	1,4	39,1	125,1	76,6		
10				0,1	0,1	0,1	1,1	36,3	127,6	78,4		
11				0,1	0,1	0,1	0,8	29,7	126,3	78,4		
12				0,1	0,1	0,1	1,5	23,8	142,5	60,5		
13				0,1	0,1	0,1	1,5	28,6	119,0	52,6		
14				0,1	0,1	0,1	1,8	48,6	136,0	45,4		
15				0,1	0,1	0,3	3,1	45,3	140,0	47,9		
16				0,1	0,1	0,4	3,3	45,4	173,5	52,6		
17				0,1	0,1	0,3	4,1	47,4	164,0	50,4		
18				0,1	0,1	0,3	8,2	72,4	146,3	42,0		
19				0,1	0,1	0,4	22,7	69,5	134,3	36,5		
20				0,1	0,1	0,5	38,6	75,8	142,0	32,8		
21				0,1	0,1	0,7	38,3	78,4	147,5	36,5		
22				0,1	0,1	0,7	39,8	91,6	151,5	40,1		
23				0,1	0,1	0,6	35,3	79,3	158,3	44,3		
24				0,1	0,1	0,7	29,1	61,8	161,0	48,6		
25				0,1	0,1	0,6	25,6	51,6	142,5	47,9		
26				0,1	0,1	0,7	24,4	46,7	130,0	41,5		
27				0,1	0,1	0,7	30,8	51,6	119,0	35,0		
28				0,1	0,1	0,7	34,3	77,1	110,5	30,2		
29				0,1	0,1	0,7	35,3	101,0	103,8	26,0		
30				0,1	0,1	0,7	37,6	130,0	99,6	23,4		
31					0,1		40,4	146,5		24,5		
Q moyen journalier				0,1	0,1	0,35	15,15	56,87	136,2	50,22		
Volum _e ruissellé 10 ⁶ m ³				0,3	0,3	0,9	40,6	152,3	353,1	134,5		

B - LE BASSIN EXPERIMENTAL DE MATAON

A l'issue de la campagne 1963, nous avons constaté la grande disproportion entre les débits spécifiques du bassin de BADE et ceux étudiés par l'ORSTOM-CAMEROUN dans la région de TOUBORO (90 km au Sud-Ouest de BADE).

Nous avons décidé, pour la campagne 1964, d'étudier de plus près les affluents de la rive gauche de la Nya, les caractéristiques géologiques de leurs bassins étant très différentes de celles de BADE.

A cet effet, P. MICHENAUD s'est installé à MATAON du 22 juillet au 5 septembre 1964. L'équipement du bassin était très sommaire :

- une échelle limnimétrique
- 6 pluviomètres "Association"

La route étant coupée à ARGAO, les déplacements sur le bassin n'ont pu se faire qu'à pied ou à bicyclette.

I - DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE -

a) - Situation

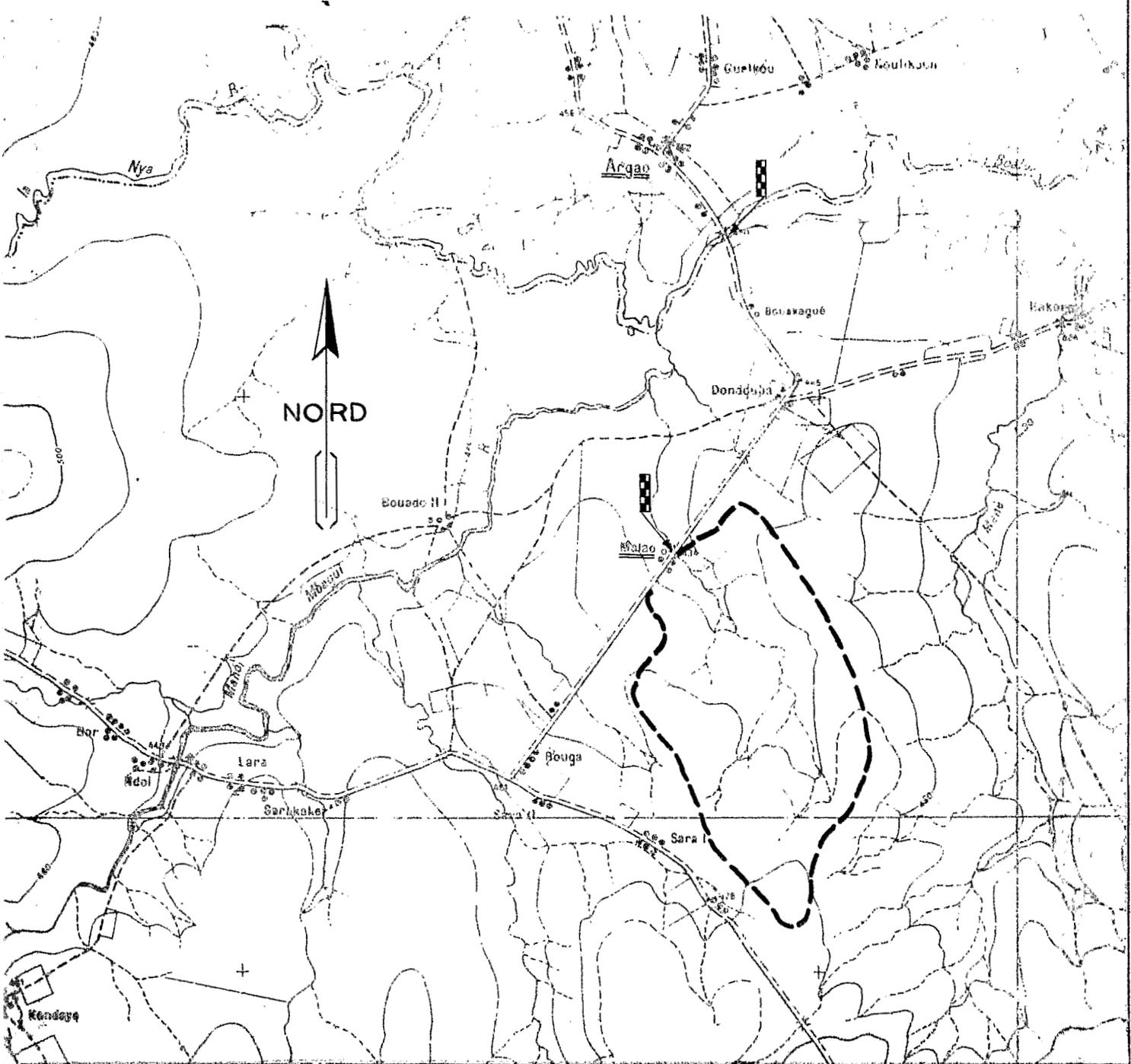
MATAON est situé à 65 km au Sud-Ouest de MOUNDOU et plus précisément à 7 km au Sud d'ARGAO, sur la piste reliant BAIBOKOUM à PALA, le long de la frontière camerounaise.

Le bassin versant est compris entre :

- 08°09'30" et 08°12'30" de latitude Nord
- 15°36'30" et 15°38'23" de longitude Est

BASSIN VERSANT DE MATAON

(Extrait de la carte I.G.N. au 1/100,000^e)



ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

CRT 7580

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

La superficie topographique est de 16,8 km². Les limites du bassin ont été déterminées à l'aide de la carte IGN au 1/200.000, feuille TAPOL, et contrôlées par des reconnaissances sur le terrain. En particulier les limites Sud, difficilement définissables sur la carte, ont été levées par cheminement à la boussole.

Il serait possible, vu la nature géologique de la zone, que la superficie réelle du bassin soit supérieure à la superficie topographique : nous admettrons néanmoins par manque de coupes géologiques précises, que la superficie réelle reste égale à la superficie topographique. D'ailleurs, en ce qui concerne l'étude de la crue, la surface topographique intervient seule en pratique.

La forme générale du bassin est celle d'un rectangle allongé, ayant 6 km de long et 3,5 km de large.

Son coefficient de compacité de GRAVELIUS est :

$$K = 0,28 \frac{P}{a}$$

$$P = \text{périmètre} = 17,7 \text{ km}$$

$$\underline{\underline{K = 1,21}}$$

$$A = \text{superficie} = 16,8 \text{ km}^2$$

Par comparaison, $K = 1,27$ pour le bassin n° II de BADE

b) - Relief

L'altitude moyenne est 440 m. Le point culminant se trouverait approximativement à la cote 480 tandis que le zéro de l'échelle, nivelée par l'Institut Géographique National (IGN) est à l'altitude (IGN provisoire) de 430,62 m. Les formes du relief sont nettement plus marquées que sur le bassin n° II de BADE.

c) - Caractéristiques géologiques (d'après les relevés géologiques de G. GERARD et P. WACRENIER).

Le bassin se situe dans le Précambrien inférieur qui est ici à son extrémité orientale bordé à l'Est par le Continental terminal des Koros.

Ce Précambrien est formé de granites hétérogènes et de roches éruptives.

Ces terrains sont favorables au ruissellement.

d) - Caractéristiques pédologiques

Au point de vue sols, nous nous trouvons dans la zone de passage entre les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols faiblement ferrallitiques. Sur le bassin, les sols sont développés sur les granites du socle ou les produits en dérivant, ils sont ordinairement classés dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés pouvant passer à des sols très fortement lessivés dans les bas-fonds, tandis que les bordures de plateau sont souvent érodées. Dans l'ensemble, ces sols sont réputés pour leur forte susceptibilité à l'érosion hydrique.

e) - Couverture végétale

Elle est de type savane arborée. Les arbres sont de grandeur moyenne, disséminés parmi les arbustes peu denses.

Les champs de culture (coton, mil, manioc) sont très peu nombreux dans cette région où la densité de population est faible.

Par contre, la couverture herbacée très importante forme un épais tapis créant une rétention et une bonne protection contre l'érosion. Ce dernier phénomène est assez réduit et deux constatations pratiques le prouvent à priori: d'une part le lit du mayo ne présente que quelques plages de dépôt de sable rouge et jaune, d'autre part l'eau de ruissellement, même en période de crue, est relativement claire.

f) - Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique sur un tel bassin se réduit au collecteur principal, quelques petits affluents se greffant de part et d'autre.

g) - Conclusion

Les caractéristiques géométriques du bassin de MATAON sont comparables à celles du bassin n° II de BADE. Par contre, le complexe géologique totalement différent est infiniment plus favorable au ruissellement. Il ne semblerait pas que l'érosion soit beaucoup à craindre.

II - DONNEES CLIMATOLOGIQUES -

Les conditions climatologiques de MATAON sont à peu près identiques à celles de BADE et de MOUNDOU.

III - EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE -

Il a été réduit à une échelle limnimétrique, placée en juillet 1963, à 150 mètres à l'aval du pont de MATAON. Elle a été lue :

- 3 fois par jour du 20 juillet au 30 octobre 1963
- 3 fois par jour à partir du 1er juin 1964
- toutes les heures à partir du 24 juillet 1964
- toutes les 10 minutes et même moins durant les crues et décrues jusqu'à stabilisation du niveau.

Cette dernière pratique qui remplaçait avantageusement un limnigraphe, nous a permis de tracer les hydrogrammes avec une précision tout à fait satisfaisante.

Une passerelle très rudimentaire faite uniquement de rondins liés entre eux avec des boulons, nous a été très utile pour les mesures de débit en basses et moyennes eaux.

Longue de 8 m et haute de 2,25 m, elle n'a malheureusement pas résisté à la crue du 1er septembre (2,75 m) où, un tronc d'arbre s'étant mis de travers, elle a été emportée. Il ne nous a donc pas été possible de faire d'autres mesures de débit aux cotes supérieures à 2 m.

Les jaugeages ont été effectués avec un moulinet OIT "NEISSE" type X, monté sur une perche ronde de 20 mm.

16 mesures de débit ont donné les résultats ci-après :

Date	H (m)	Débit (m ³ /s)
23 juillet	0,53	0,130
10 août	0,62	0,21
12 août	0,625	0,25
15 août	0,65	0,26
6 septembre	0,70	0,35
16 août	0,765	0,47
14 août	0,78	0,48
18 août	0,98	0,95
18 août	1,01	1,01
13 août	1,065	1,22
13 août	1,16	1,55
13 août	1,20	1,67
20 août	1,30	2,31
28 août	1,51	5,28
28 août	1,70	5,73
28 août	2,00	9,28

Ces différents points de tarage ont donné la courbe d'étalonnage suivante (graphique n° 7507)

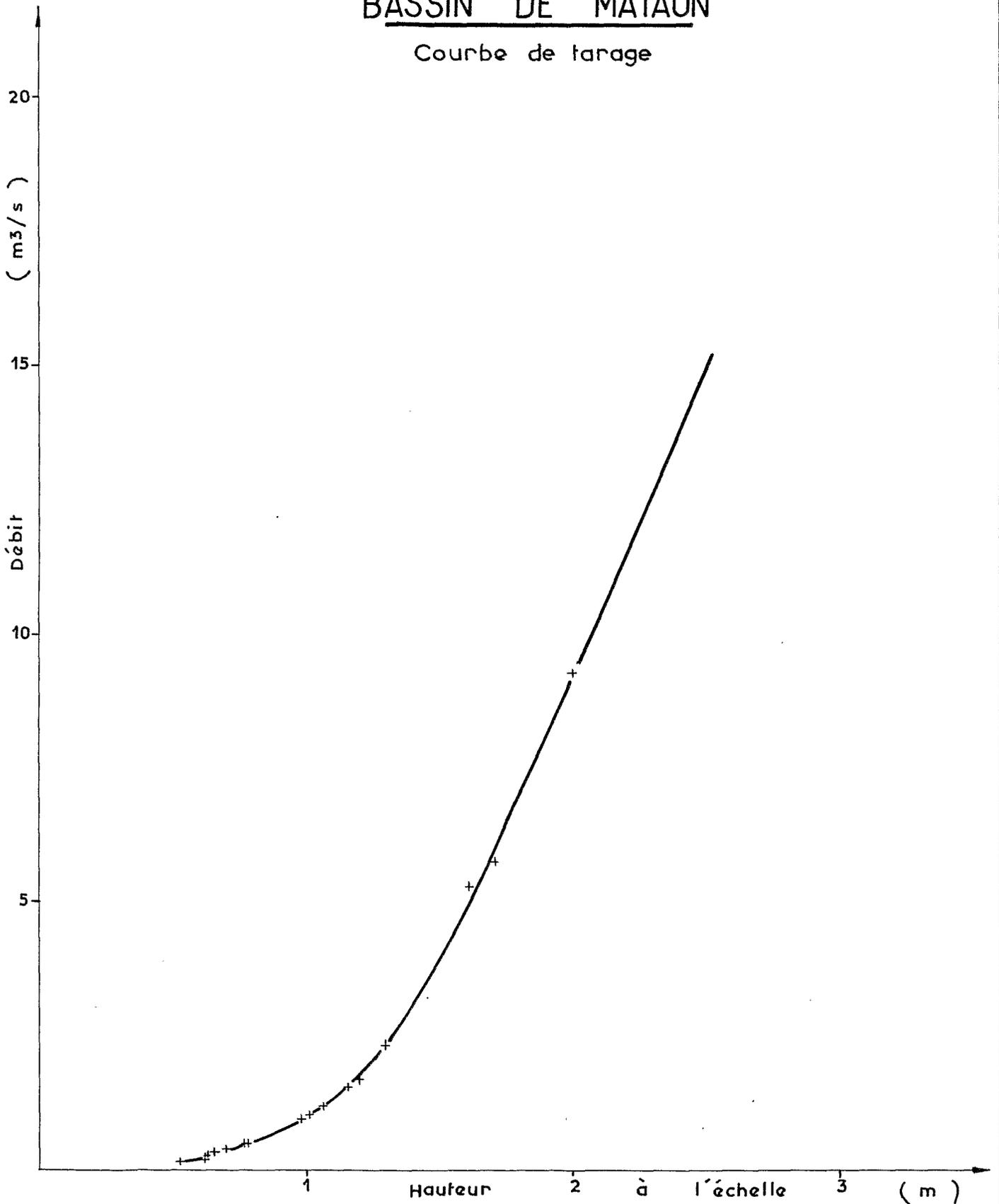
Un barème d'étalonnage établi d'après cette courbe, nous a permis de tracer les hydrogrammes de chaque crue.

Notons que la cote la plus élevée observée en 1964 a été de 2,75 m et la plus haute mesure faite a 2,00 m.

L'extrapolation ne paraît pas trop hasardeuse étant donné la faible dispersion des points de mesure et la bonne régularité de la courbe, la section de jaugeage elle-même ne présentant pas d'accident pouvant modifier l'écoulement.

BASSIN DE MATAON

Courbe de tarage



CRT 7507

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 29-1-65

DES: S. NICOLE

VISA

TUBEN°

IV - OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES -

Comme pour le bassin de BADE, le régime pluviométrique est celui du climat "tropical type", la moyenne interannuelle restant comprise entre 1 200 et 1 250 mm.

Nos observations en 1964 n'ont porté que sur une très courte durée choisie cependant en juillet-août et septembre qui sont, de beaucoup, les mois le plus pluvieux.

a) - Equipement (carte n° 7523)

Six pluviomètres "Association" répartis sur le bassin étaient relevés après chaque averse.

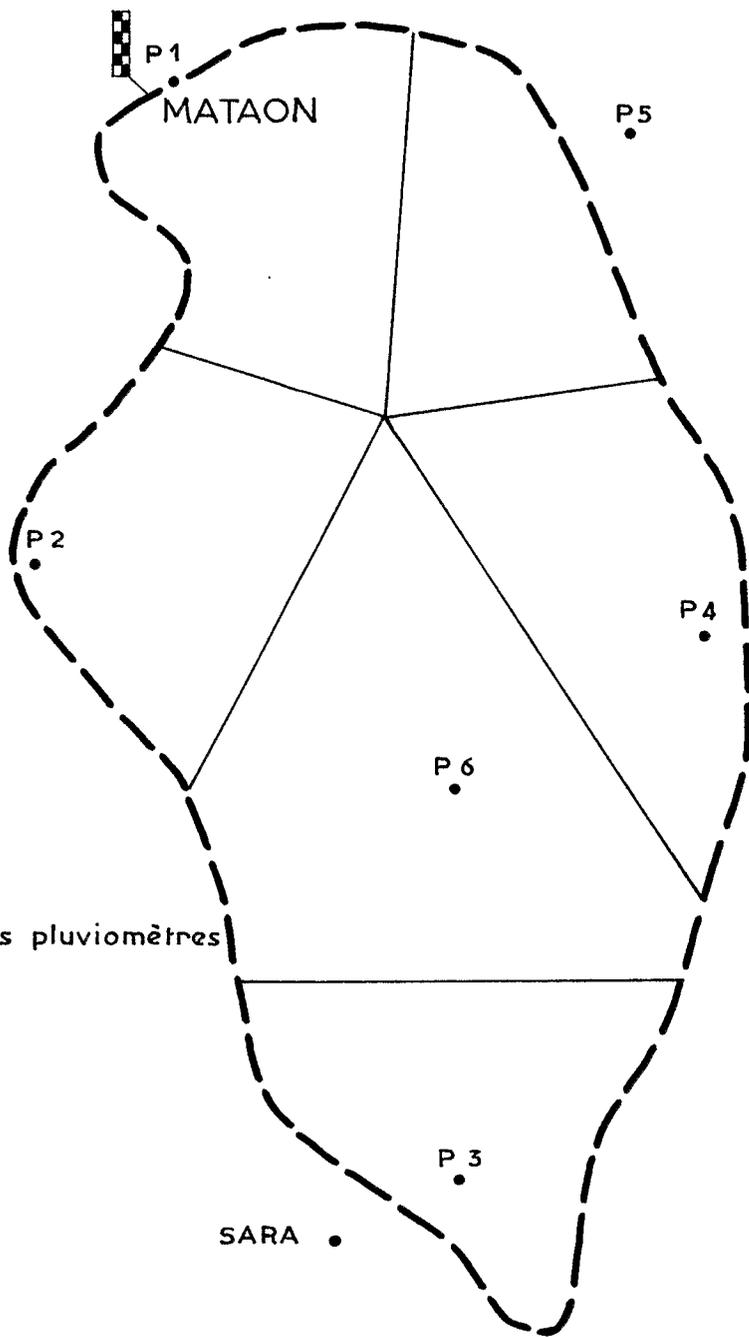
Leur position approximative est donnée sur la carte ci-après :

- P1 - village de MATAON, à proximité de la station de mesures.
- P2 - au Sud-Sud Ouest de MATAON, un peu en retrait des limites du bassin versant sur un plateau en zones de cultures.
- P3 - à l'extrémité Sud du bassin, plateau culminant zone arbustive.
- P4 - au Sud-Sud Est de MATAON en retrait de la ligne de crêtes sur une croupe de terrain (lieu d'anciens champs de culture).
- P5 - plein Est de MATAON. L'absence de piste, même pédestre dans cette zone assez boisée nous a amenés à placer cet appareil un peu à l'extérieur des limites du bassin versant.
- P6 - sur le plus grand axe du bassin, au 3/5ème de sa longueur, au Sud de MATAON.

b) - Pluviométrie moyenne sur le bassin

Vu la petite superficie du bassin et la bonne répartition des pluviomètres la pluviométrie moyenne a été calculée comme étant la moyenne pondérée des observations (méthode de THIESSEN), avec les coefficients de pondération suivants:

BASSIN VERSANT DE MATAON



● Emplacement des pluviomètres

Echelle 1/50.000^e

CRT 7523

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 6 - 2 - 65

DES: S. NICOLÉ

VISA

TUBEN?

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
%	13,40	15,40	14,80	16	11,80	28,60	100
km2	2,25	2,58	2,48	2,68	1,98	4,80	16,77

Il apparait que, pour le mois d'août et de septembre 1964, la pluviométrie est très voisine de celle du bassin de BADE :

Bassins	Août 1964 (mm)	Septembre 1964 (mm)
MATAON	359	295
BADE	346	276

c) - Pluviométrie journalière

La fréquence des averses est indiquée ci-après comparativement avec BADE , MOUNDOU, DELI et TAPOL.

FREQUENCE DES AVERSES

Précipitations journalières
(mm)

	Nbr	0 à 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 60	60 à 70	70 à 80	80 à 90	90 à 100	100 à 110
MATAON	33	11	8	4	5	1	3		1			
ARGAO	30	3	14	2	4	5		1		1		
BADE	45	22	9	7	3		2	1	1			
DELI	45	25	10	3	6		2					
MOUNDOU- Météo	50	28	14	6				1	1			
TAPOL	46	21	12	6	2	2	1	1				1

Il y a eu bien moins de petites averses (P inférieur à 30 mm) sur le bassin de MATAON qu'aux autres stations.

- TABLEAU DES AVERSES

Le tableau ci-dessous donne pour chaque averse : le n°, la date, la hauteur ponctuelle de chaque "Association", enfin la hauteur moyenne calculée pour l'ensemble du bassin.

N°	Date	1	2	3	4	5	6	Moyenne
1	23-VII	6,6	6,-	6,-	7,2	10,-	6,3	6,8
2	24-VII	10,2	8,3	30,6	23,1	25,8	26,2	21,4
3	26-VII	4,-	7,5	1,8	0,-	0,-	0,2	2,-
4	27-VII	31,8	33,2	17,5	19,-	15,6	25,6	24,2
5	29-VII	9,1	10,5	11,4	10,5	10,-	10,8	10,5
6	2-VIII	47,6	33,6	33,9	33,5	30,6	33,2	35,0
7	6-VIII	30,8	30,8	40,9	50,4	40,6	40,2	39,3
8	7-VIII	4,9	2,5	1,1	1,3	1,7	1,5	2,0
9	8-VIII	5,6	10,-	2,7	1,8	3,3	6,3	5,2
10	12-VIII	23,5	37,6	71,6	30,-	33,2	46,3	41,5
11	15-VIII	9,3	11,7	7,2	12,4	17,4	15,6	12,6
12	16-VIII	29,9	17,8	59,-	25,8	38,5	25,7	31,5
13	18-VIII	11,7	8,1	9,7	15,1	15,6	9,3	11,2
14	19-VIII	1,4	1,7	2,5	1,1	1,2	1,5	1,6
15	20-VIII	0,3	0,2	0,-	3,6	3,8	0,8	1,3
16	21-VIII	15,1	17,6	23,7	14,2	12,8	17,5	17,0
17	26-VIII	43,2	78,5	51,9	46,7	44,3	59,1	55,2
18	27-VIII	48,4	55,6	43,4	58,3	61,2	58,2	54,7
19	29-VIII	34,1	33,-	31,6	32,6	42,2	28,3	32,6
20	1-IX	66,1	<u>87,6</u>	59,5	66,5	62,8	<u>76,5</u>	<u>71,1</u>
21	7-IX	17,4	13,8	15,4	15,3	12,6	11,4	13,9

(suite)

N°	Date	1	2	3	4	5	6	Moyenne
22	8-IX	2,9	3,5	4,4	2,6	5,3	6,1	4,4
23	11-IX	24,1	22,8	21,4	27,7	33,1	27,6	26,1
24	12-IX	6,2	5,3	8,6	9,2	10,2	7,8	7,8
25	13-IX	2,6	3,1	4,2	6,2	5,3	6,8	5,0
26	15-IX	31,4	26,1	18,4	25,4	28,5	24,2	25,3
27	17-IX	35,8	38,4	34,5	64,1	63,2	58,9	50,4
28	19-IX	15,4	19,3	18,4	17,2	16,5	15,1	12,5
29	21-IX	46,9	37,6	26,6	48,1	43,5	25,2	36,0
30	22-IX	7,9	6,5	5,3	8,4	9,6	8,8	7,8
31	23-IX	16,8	18,6	25,5	13,4	12,3	14,7	12,5
32	25-IX	18,7	14,5	15,4	19,3	17,9	18,5	17,8
33	27-IX	3,3	2,6	2,7	4,8	5,9	4,2	3,9

V - OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES

Les relevés limnimétriques ont été effectués continuellement en ce qui concerne les crues, du 23 juillet au 15 octobre, le lecteur effectuant une lecture toutes les heures, en période normale et toutes les 10 minutes en période de crue et de décrue.

Le tableau suivant indique les débits moyens journaliers observés. Par comparaison avec le bassin n° II de BADE, nous remarquons :

- que les débits spécifiques mensuels sont plus importants à MATAON
- que l'écoulement souterrain à MATAON, n'augmente pas beaucoup au cours de la saison des pluies.

DEBITS SPECIFIQUES MENSUELS

Stations	Juillet 1964 l/s.km ²	Août 1964 l/s.km ²	Septembre 1964 l/s.km ²
MATAON	10,7	51,8	51,8
BADE	1,5	3,7	8,8
Rapport $\frac{\text{MATAON}}{\text{BADE}}$	7,1	14,0	5,9

STATION DE MATAON - ANNEE 1964

Débits moyens journaliers (m³/s)

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1							0,05	0,16	5,98	0,28		
2							0,05	0,51	0,94	0,27		
3							0,03	0,59	0,62	0,29		
4							0,02	0,29	0,47	0,26		
5							0,09	0,25	0,41	0,23		
6							0,06	0,27	0,37	0,21		
7							0,06	0,98	0,56	0,25		
8							0,04	0,51	0,40	0,25		
9							0,06	0,57	0,40	0,46		
10							0,03	0,36	0,33	0,32		
11							0,02	0,28	0,68	0,23		
12							0,01	0,24	0,43	0,18		
13							0,01	1,03	0,45	0,18		
14							0,01	0,61	0,35	0,17		
15							0,34	0,57	0,60	0,15		
16							0,06	0,51	0,40			
17							0,05	0,90	1,83			
18							0,06	0,91	1,34			
19							0,66	0,61	1,34			
20							0,28	1,53	0,66			
21							0,15	1,23	1,84			
22							0,20	1,05	0,80			
23							0,18	0,56	0,97			
24							0,74	0,43	0,81			
25							0,29	0,39	0,66			
26							0,23	2,06	0,70			
27							0,35	1,70	0,45			
28							0,61	3,19	0,48			
29							0,27	0,98	0,40			
30							0,29	2,45	0,33			
31							0,23	1,15				
Débit moyen mensuel (m ³ /s)							0,18	0,87	0,87			
Volume écoulé 10 ³ m ³							482	2330	2255			

Une crue importante (d'après les habitants) a été observée le 1er septembre 1964.

Issue de l'averse la plus importante de 1964 : 71,1 mm de hauteur moyenne avec un maximum observé de 87,6 mm à P2 la crue engendrée a atteint un débit de 17,4 m³/s. La passerelle de jaugeage a été emportée par les eaux.

La crue a duré 17 heures, avec un temps de montée de 2h30.

Le débit de base, avant la crue, était de l'ordre de 1 m³/s.

VI - ETUDE ANALYTIQUE DES AVERSES ET DES CRUES

Nous avons utilisé les mêmes symboles que pour le bassin de BADE, à savoir :

- Pm = Pluviométrie maximale observée sur le bassin
- P = Pluviométrie moyenne observée sur le bassin
- Pa = Pluie antérieure
- ta = temps séparant la pluie, génératrice de la crue, de la pluie antérieure
- Ih = Indice d'humidité (voir définition plus loin)
- Vp = Volume d'eau apporté par la pluie moyenne
- Vr = Volume ruisselé
- Kr = Coefficient de ruissellement = $\frac{V_r}{V_p}$
- Qo = Débit de base avant la crue
- Qmax = Débit maximum de la crue
- Qmax-Qo = Débit caractéristique de la crue.

14 crues ont été analysées. Les tableaux et graphiques ci-après donnent les résultats de cette analyse.

Lors de la décomposition des divers écoulements sur les hydrogrammes, nous n'avons pas séparé ruissellement et écoulement hypodermique, d'abord à cause du petit nombre de crues analysées et surtout devant la difficulté d'interprétation rencontrée : nous n'avons surtout aucun renseignements sur les intensités des averses.

Ce manque de hyétogrammes ne nous a pas permis de travailler sur la pluie utile.

Nous avons essayé diverses corrélations entre K_r , I_h , P et Q_0 afin de déterminer le volume ruisselé qui correspondra à une averse de hauteur ponctuelle donnée. Il apparaît que le coefficient de ruissellement, K_r est uniquement fonction de l'état de saturation du sol ainsi que cela a déjà été constaté sur plusieurs bassins de zone guinéenne.

Cet état de saturation est défini :

- d'abord par l'indice d'humidité, I_h calculé comme étant la somme des quotients $\frac{P_a}{t_a}$ pour les pluies tombées durant les 5 jours qui ont précédé la crue.
- ensuite par un terme correctif, fonction de l'importance du débit de base avant la crue Q_0 .

On retrouve là 2 facteurs non indépendants qui interviennent généralement dans le calcul de K_r .

Il semblerait ici, que l'importance de la pluviométrie soit sans effet sur K_r .

La dispersion sur ces corrélations demeure assez importante : nous raisonnons, par manque de hyétogrammes, sur la pluie totale et non sur la pluie utile.

Le coefficient de ruissellement prend ici des valeurs de l'ordre de celles que nous avons l'habitude de rencontrer sur la plupart des bassins expérimentaux étudiés. Ici K_r varie de 6 à 32 %, contre 0,4 à 1 % pour la station n° II de BADE. Ceci est principalement dû, les conditions climatologiques étant pratiquement comparables, à la différence dans la nature des sols et dans une moindre mesure, à une pente plus forte.

Enfin, le nombre de crues observées est trop faible pour appliquer strictement la méthode des hydrogrammes unitaires.

Détermination de la crue décennale

Les conditions climatologiques étant identiques à BADE comme à MATAON, nous admettrons les mêmes critères pluviométriques : pluviométrie décennale (maximum ponctuel) : 110 mm, Indice d'humidité : 40.

B.V. MATAON 1964 S = 16,8 km²

TABLEAU DES CARACTERISTIQUES DES CRUES

! N° !	! Date !	! Pm ! ! mm !	! P ! ! mm !	! <u>Pu</u> ! ! Pm !	! ta ! ! jours !	! Ih !	! Vp ! ! m ³ !	! Vr ! ! 10 ³ m ³ !	! Kr ! ! % !	! Qo ! ! l/s !	! Qmax ! ! l/s !	! Qmax- ! ! l/s ^{Qo} !	! Tp ! ! h !	! Tm ! ! h !	! Observations !
! 1 !	! 27 Juillet !	! 33,2 !	! 24,2 !	! 0,73 !	! 1 !	! 10,9 !	! 405,8 !	! 28,4 !	! 7,0 !	! 0,18 !	! 0,93 !	! 0,75 !	! 6 !	! 15 !	! !
! 2 !	! 2 Août !	! 47,6 !	! 35, !	! 0,73 !	! 4 !	! 8,4 !	! 587,0 !	! 43,7 !	! 7,4 !	! 0,10 !	! 1,83 !	! 1,73 !	! 4 !	! 17 !	! !
! 3 !	! 6 Août !	! 50,4 !	! 39,3 !	! 0,78 !	! 4 !	! 8,8 !	! 659,1 !	! 49,1 !	! 7,4 !	! 0,20 !	! 1,74 !	! 1,54 !	! 8 !	! 19 !	! !
! 4 !	! 8 Août !	! 10 !	! 5,2 !	! 0,52 !	! 1 !	! 21,7 !	! 87,2 !	! 15,3 !	! 17,6 !	! 0,42 !	! 0,76 !	! 0,34 !	! 8 !	! 15 !	! !
! 5 !	! 12 Août !	! 71,6 !	! 41,5 !	! 0,58 !	! 4 !	! 5,3 !	! 696,0 !	! 44,4 !	! 6,3 !	! 0,12 !	! 1,70 !	! 1,58 !	! 11 !	! 13 !	! !
! 6 !	! 18 Août !	! 15,6 !	! 11,2 !	! 0,72 !	! 2 !	! 20,1 !	! 187,8 !	! 54,5 !	! 29,0 !	! 0,56 !	! 2,68 !	! 2,12 !	! 12 !	! 12 !	! !
! 7 !	! 21 Août !	! 23,7 !	! 17, !	! 0,72 !	! 1 !	! 12,6 !	! 285,1 !	! 48,2 !	! 16,9 !	! 0,73 !	! 2,30 !	! 1,57 !	! 10 !	! 14 !	! !
! 8 !	! 26 Août !	! 78,5 !	! 55,2 !	! 0,70 !	! 5 !	! 3,5 !	! 925,7 !	! 150,8 !	! 16,3 !	! 0,40 !	! 9,85 !	! 9,45 !	! 2½ !	! 18½ !	! !
! 9 !	! 27 Août !	! 61,2 !	! 54,7 !	! 0,89 !	! 1 !	! 55,2 !	! 917,3 !	! 296,1 !	! 32,3 !	! 0,73 !	! 9,30 !	! !	! 17 !	! 17 !	! !
! 10 !	! 29 Août !	! 42,2 !	! 32,6 !	! 0,77 !	! 2 !	! 45,7 !	! 546,7 !	! 141,3 !	! 25,8 !	! 0,71 !	! 7,60 !	! 6,89 !	! 9 !	! 17 !	! !
! 11 !	! 1er Sept !	! 87,6 !	! 71,1 !	! 0,81 !	! 2 !	! 21,9 !	! 1192,3 !	! 261,0 !	! 21,9 !	! 1,00 !	! 17,40 !	! 16,40 !	! 2¼ !	! 14¾ !	! !
! 12 !	! 17 Sept !	! 64,1 !	! 50,4 !	! 0,79 !	! 2 !	! 15,5 !	! 845,2 !	! 171,0 !	! 20,2 !	! 0,38 !	! 9,12 !	! 8,74 !	! 1 ½ !	! 27 !	! !
! 13 !	! 19 Sept !	! 19,3 !	! 12,5 !	! 0,65 !	! 2 !	! 31,5 !	! 209,6 !	! 57,6 !	! 27,5 !	! 0,64 !	! 3,40 !	! 2,76 !	! 6 !	! 15 !	! !
! 14 !	! 21 Sept !	! 48,1 !	! 36 !	! 0,75 !	! 2 !	! 18,8 !	! 603,7 !	! 100,8 !	! 16,7 !	! 0,56 !	! 4,80 !	! 4,24 !	! 5 !	! 12½ !	! !

Des recherches récentes ont montré que pour un bassin homogène de cette dimension, sous ce climat, le coefficient d'abattement était très voisin de 1. La pluie moyenne décennale sera égale à 110 mm et le volume apporté par la pluie de $1\ 850 \times 10^3 \text{ m}^3$.

Utilisant les corrélations citées plus haut, nous obtenons avec $I_h = 40$ et Q_0 estimé à $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, un coefficient de ruissellement $K_r = 30 \%$. Remarquons que dans la première approximation sur la corrélation entre K_r et I_h , si nous faisons $I_h = 40$, nous obtenons $K_r = 28 \%$. De plus, sur les 14 crues étudiées, une telle valeur (30%) a été dépassée une fois (crue n° 9 $K_r = 32,3 \%$) et approchée également une fois (crue n° 6 $K_r = 29,0 \%$). Il semble donc qu'une telle valeur soit assez correcte.

Le volume ruissellé serait ainsi :

$$V_r = 0,300 \times 1\ 850 \cdot 10^3 \text{ m}^3 = 557 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

Si nous utilisons le même rapport $\frac{Q_{\max}}{V_r}$ que pour la crue n° 11, on trouve :

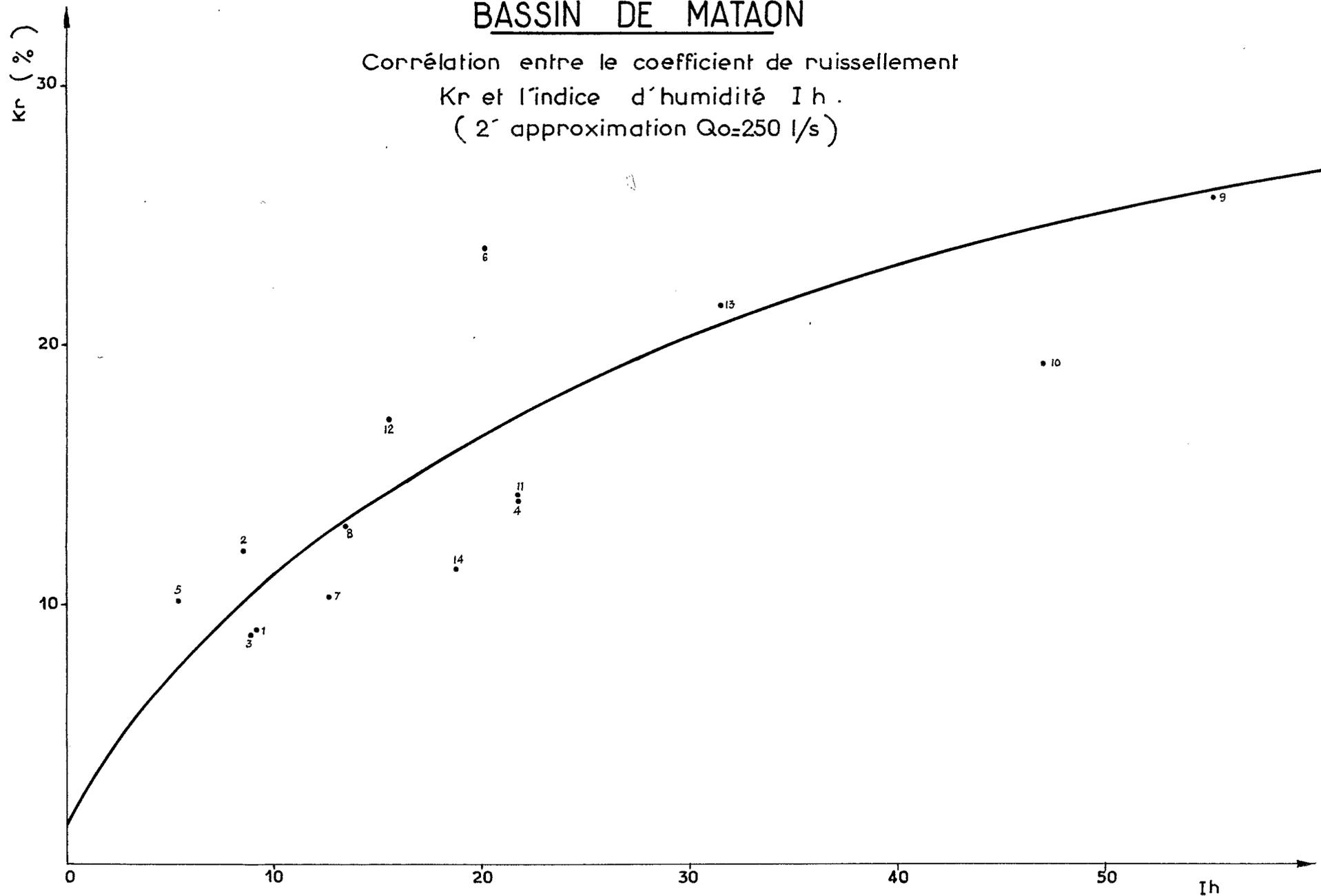
Débit décennal : $\frac{36 \text{ m}^3/\text{s}}$
soit un débit spécifique de $2\ 140 \text{ l/s/km}^2$.

Le débit spécifique est 30 fois plus fort que pour le bassin n° II de BADE.

Rappelons qu'une crue, telle que la crue n° II ($1\ 000 \text{ l/s/km}^2$) a déjà été observée 4 fois en 20 ans à MATAON (d'après les renseignements obtenus des habitants du village).

BASSIN DE MATAON

Corrélation entre le coefficient de ruissellement
 K_r et l'indice d'humidité I_h .
(2^e approximation $Q_0=250$ l/s)



CRT 7512

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 30-1-65

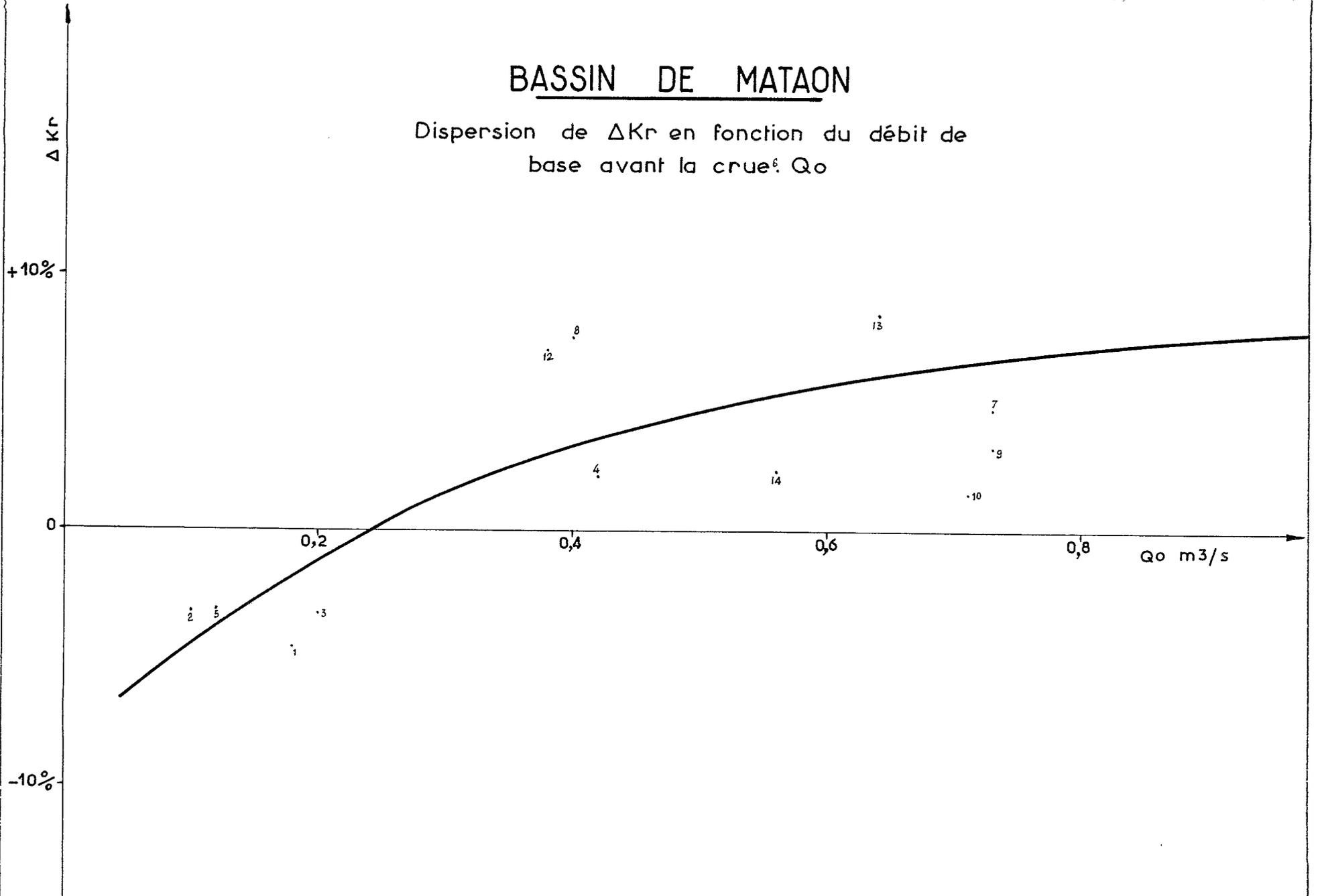
DES: S. NICOE

VISA:

TUBE N°

BASSIN DE MATAON

Dispersion de ΔKr en fonction du débit de base avant la crue: Q_0



CRT 7516

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 4-2-65

DES: S. NICOE

VISA:

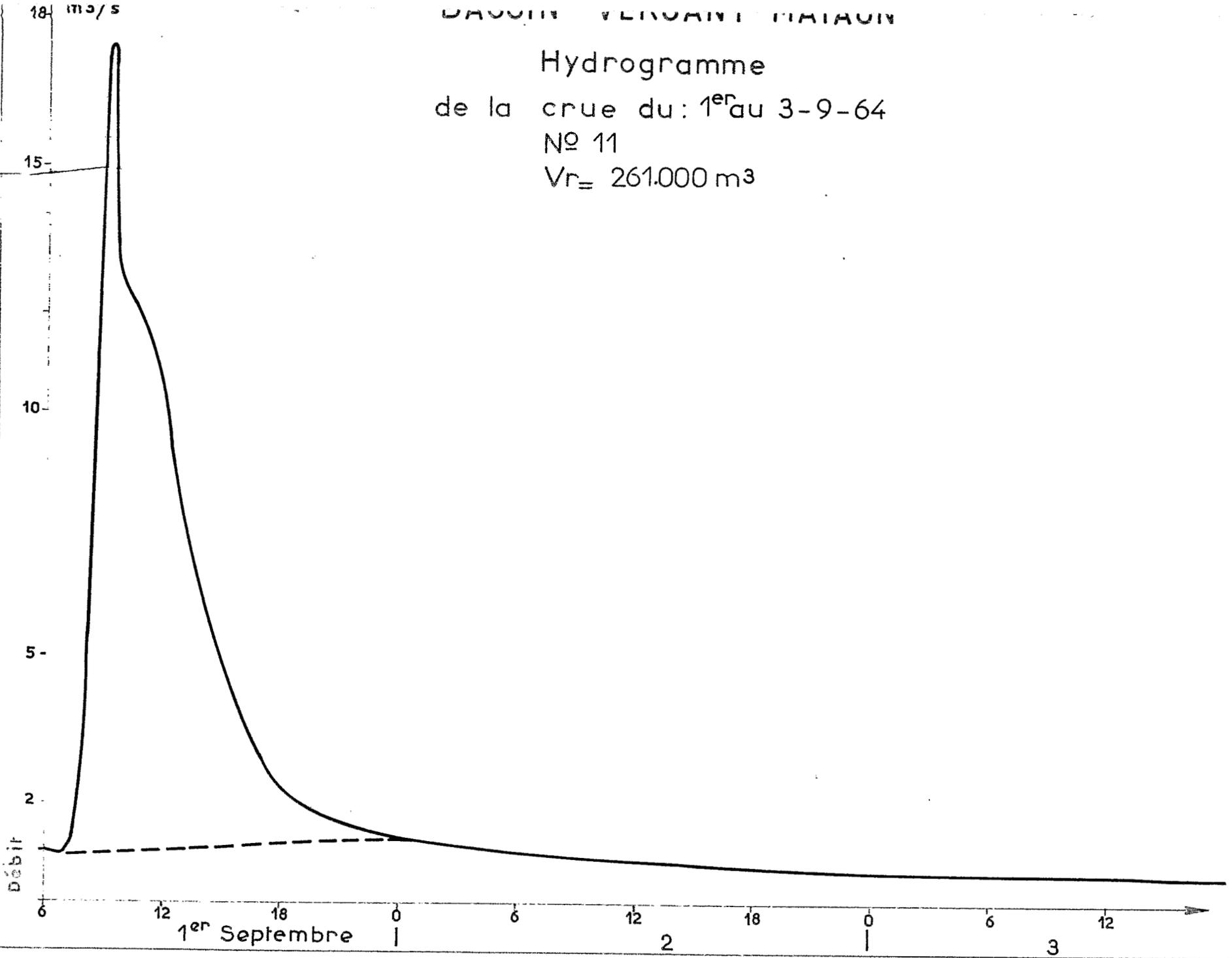
TUBE N°

Hydrogramme

de la crue du: 1^{er} au 3-9-64

N° 11

$V_r = 261.000 \text{ m}^3$



II ROISIEME II) ARTIE



VERIFICATION DES DEBITS DE CRUE ENTRE MOUNDOU ET FORT-ARCHAMBAULT



ETUDE DES DEBITS DE CRUE ENTRE MOUNDOU ET FORT-ARCHAMBAULT

Nous étudierons successivement les débits de crue probables pour les stations suivantes :

- Le LOGONE à MOUNDOU
- Le BAHR SARA à MANDA
- La PENDE à DOBA
- Le CHARI à FORT-ARCHAMBAULT

A - Le LOGONE à MOUNDOU

La station de MOUNDOU est une des plus anciennes stations hydrométriques du Tchad, les premières observations datant de 1935.

Jusqu'en 1960, les observations étaient effectuées à l'échelle dite "REGION". Plusieurs fois emportée par les crues, cette échelle a été successivement calée à l'altitude (IGN 53) de :

- de 1935 à 1947 : 392,69 m
- en 1948 : 393,29 m
- en 1949 : 393,69 m
- de 1950 à 1952 : 392,69 m
- à partir du 30 mars 1953 : 391,11 m
- (nivellement par rapport à la Borne Astronomique de MOUNDOU, d'altitude 400,589 m).

L'échelle REGION a été emportée en 1961, mais depuis 1956 une seconde station, relativement plus stable, a été installée au Pont de MOUNDOU, à 4,5 km en amont de l'échelle REGION. L'échelle Pont est rattachée à une Borne Astronomique posée en mai 1964 dans les environs immédiats du Pont et d'altitude (IGN provisoire) : 400,63 m (IGN 53).

Le zéro de l'échelle PONT est à l'altitude (IGN provisoire) de 393,68 m.

A l'aide des observations de 1956-1960, période où les deux échelles étaient lues simultanément, nous avons essayé d'établir la corrélation entre les hauteurs mesurées à ces deux stations. Les résultats avaient été décevants, car les périodes d'observations communes étaient courtes et les résultats assez disparates. Il était important d'établir cette corrélation : sur les 43 jaugeages effectués à MOUNDOU, 13 seulement ont été rattachés à l'échelle PONT. Aussi avons-nous rétabli l'échelle REGION début 1964 et relevé les hauteurs d'eau simultanément aux deux stations (ces relevés étant effectués soit par P. MICHENAUD, soit par un lecteur sérieux constamment contrôlé par lui).

La correspondance entre les deux échelles a pu être établie de façon satisfaisante (graphique n° 7501). L'extrapolation jusqu'à la cote 5,25 m (maximum observé en 1956) donne une différence de 1,14 m pour 1,15 m observé. La correspondance n'est plus valable en dessous de 1,00 m à l'échelle PONT, la ligne d'eau étant modifiée par les bancs de sable et les barrages de pêcheurs.

Tarage des stations

La station REGION est instable en basses et moyennes eaux : la section se modifie constamment sous l'effet des bancs de sable charriés par les eaux. En hautes eaux, la courbe de tarage est peu perturbée par ces modifications du lit.

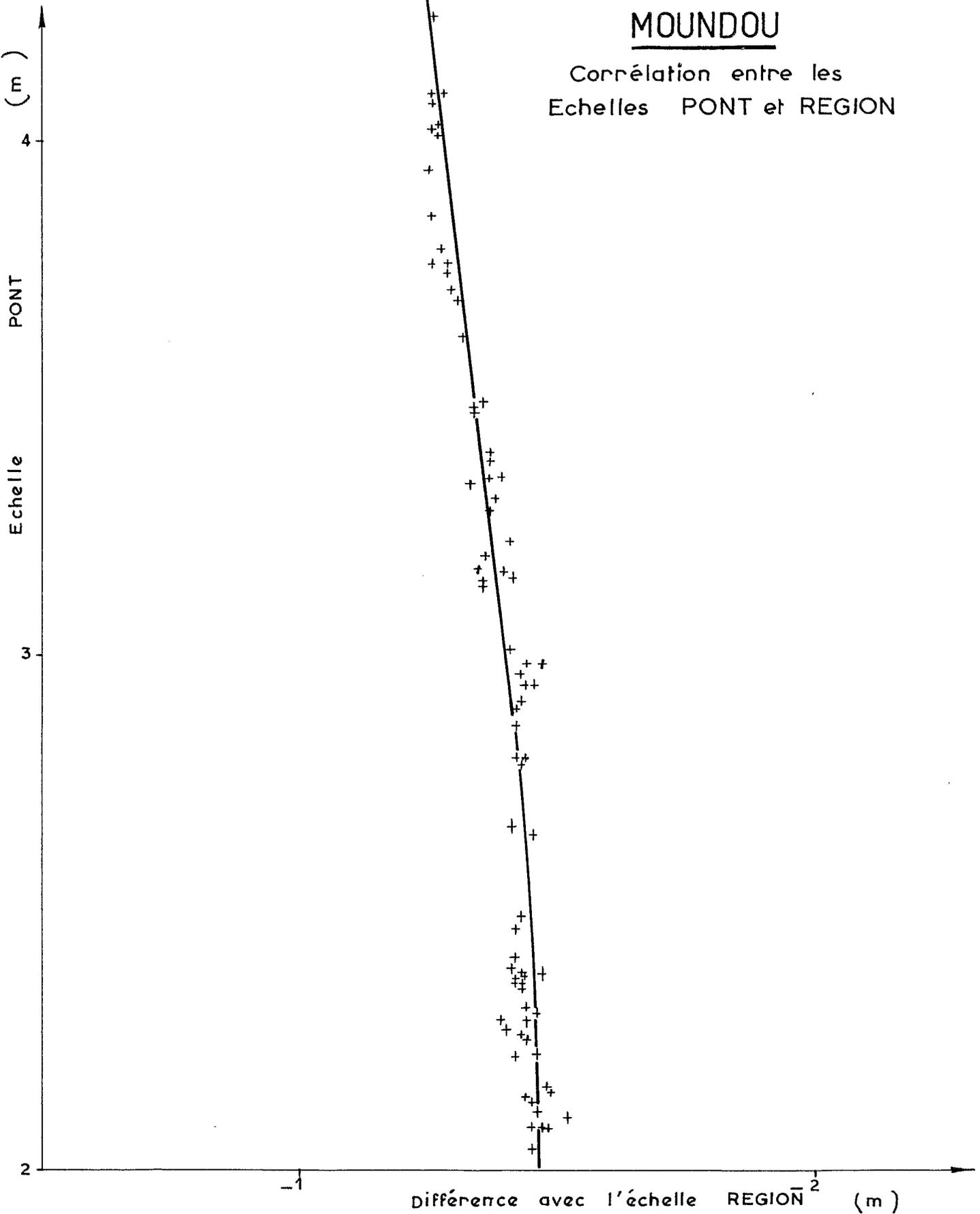
Les jaugeages effectués au PONT, ainsi que les jaugeages de hautes eaux de la REGION, rattachés à l'échelle PONT, indiquent que la station PONT est un peu plus stable en hautes et moyennes eaux que la station REGION.

Les 13 jaugeages effectués au Pont étalonnent la station depuis une hauteur d'eau de - 0,05 m jusqu'à 3,72 m.

Les jaugeages de la REGION amènent cet étalonnage jusqu'à 4,01 m. Enfin, lors de la crue de 1956, A. BOUCHARDEAU a estimé, avec une précision suffisante, le débit pour une hauteur de 5,25 m.

MOUNDOU

Corrélation entre les
Echelles PONT et REGION



CRT 7501

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 27 - 1 - 65

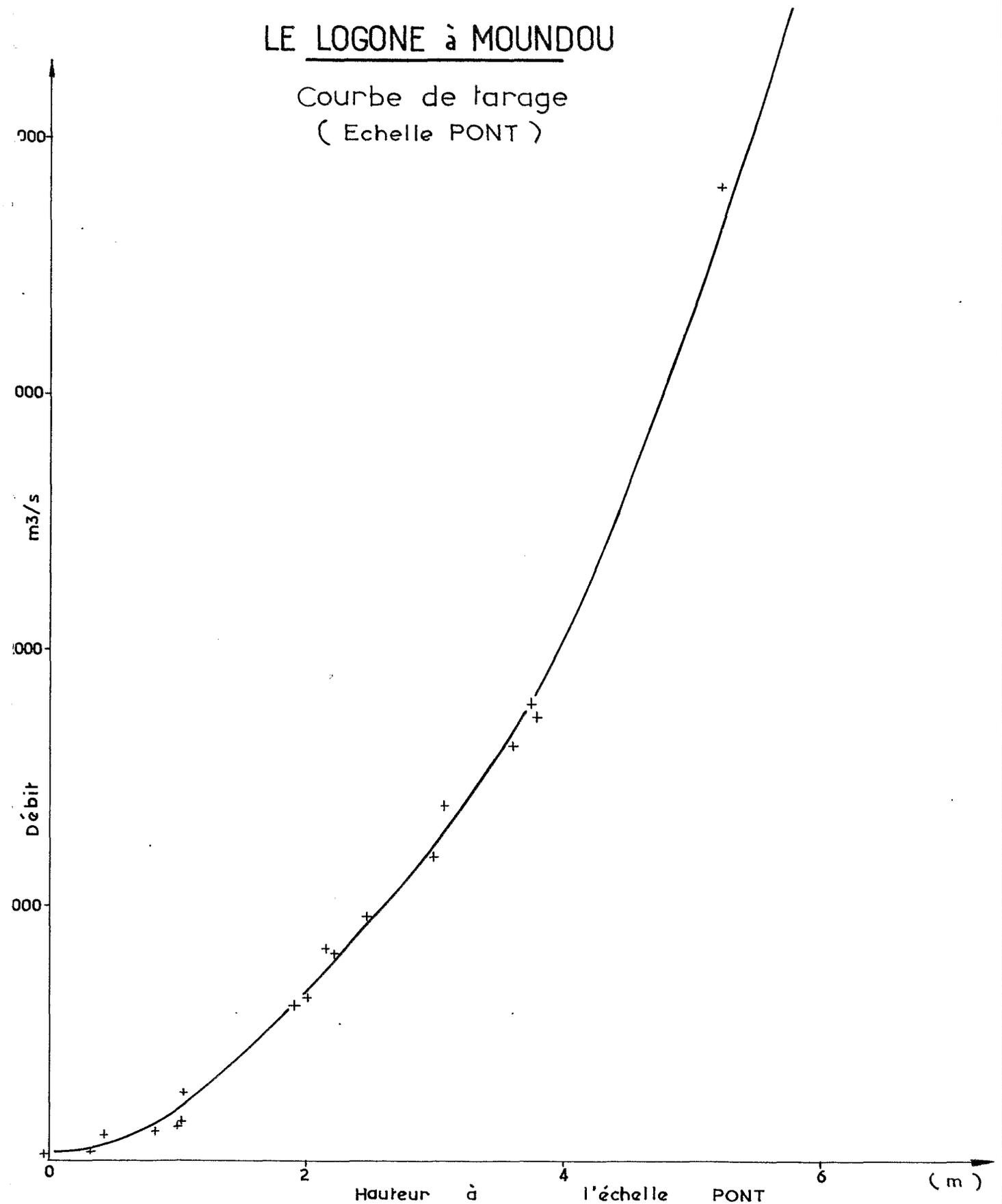
DES: S. NICOLÉ

VISA

TUBEN°

LE LOGONE à MOUNDOU

Courbe de tarage
(Echelle PONT)



CRT 7489

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 23-1-65

DES: G. NICOE

VISA

TUBEN°

Date	Hauteur PONT(m)	Débit (m ³ /s)	Observ.	Date	Hauteur PONT(m)	Débit (m ³ /s)	Observ.
28- 3-64	0,05	33,3		12-10-64	2,48	953	
13- 3-58	0,32	30,8		30- 9-64	2,98	1186	
13- 5-63	0,42	98		12- 9-57	3,08	1380	
16- 5-57	0,82	113		11- 9-54	3,59	1620	d'après
10-12-58	1,00	137		17- 9-64	3,72	1780	Jaug.REG.
11-12-57	1,03	149		1- 9-54	3,80	1731	d'après
26- 6-64	1,04	268		6- 9-54	4,01	1995	jaug.REG.
6- 2-52	1,93	605	d'après	1956	5,25	3800	Estim. A.
27- 7-64	2,01	626	jaug.REG.				BOUCHAR-
19-10-64	2,14	831					DEAU
2-11-54	2,23	808	d'après				
			jaug.REG.				

Le graphique n° 7489 représente la courbe hauteur-débit pour la station PONT.

Détermination de la crue centenaire

Les 26 débits maximaux annuels ont été classés dans le tableau suivant.

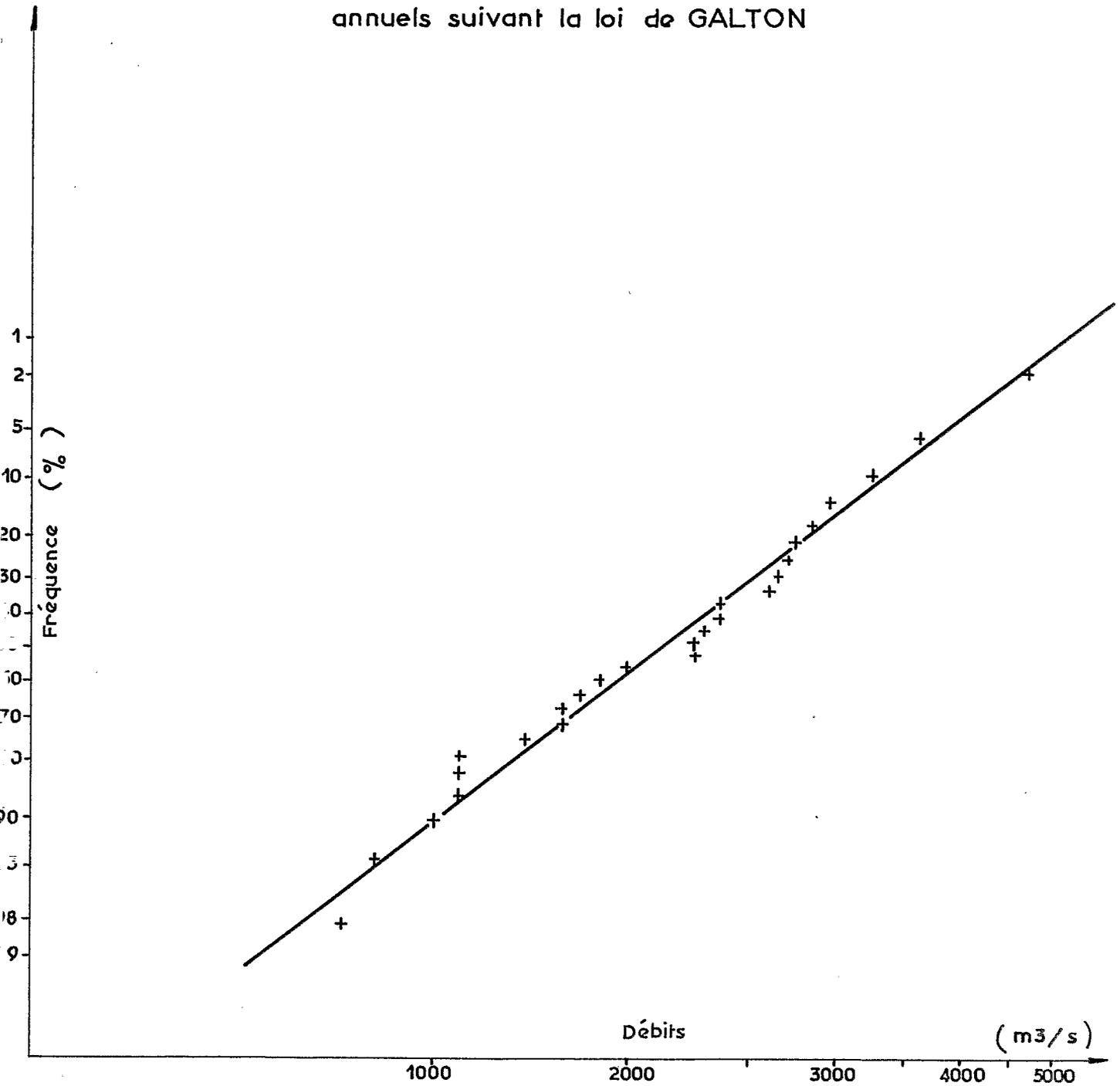
- STATION HYDROMETRIQUE DE MOUNDOU -

TABLEAU DES DEBITS MAXIMAUX ANNUELS CLASSES

N°	Année	Hauteur à l'échelle REGION (m)	Débit (m ³ /s)	F %	Hauteur à l'échelle PONT (m)
1	1947	6,83	4650	1,92	5,73
2	1956	6,40	3600	5,77	5,25
3	1948	6,18	3250	9,61	5,01
4	1935	5,98	2950	13,46	4,78
5	1943	5,93	2850	17,31	4,73
6	1955	5,87	2750	21,15	4,66
7	1945	5,83	2700	25,00	4,62
8	1959	5,78	2650	28,85	4,57
9	1942	5,73	2600	32,69	4,51
10	1963	5,58	2350	36,54	4,34
11	1936	5,58	2350	40,38	4,34
12	1946	5,53	2300	44,23	4,28
13	1964	5,50	2250	48,08	4,24
14	1954	5,48	2250	51,92	4,22
15	1949	5,25	2000	55,77	3,96
16	1950	5,18	1900	59,62	3,88
17	1937	5,13	1850	63,46	3,83
18	1958	5,07	1800	67,31	3,75
19	1952	5,06	1800	71,15	3,75
20	1944	4,93	1700	75,00	3,60
21	1961	(4,80)	1550	78,85	(3,45)
22	1957	4,80	1550	82,69	3,45
23	1940	4,78	1550	86,54	3,43
24	1960	(4,70)	1500	90,39	(3,34)
25	1953	4,60	1400	94,23	3,20
26	1951	4,54	1350	98,08	3,16

Le LOGONE à MOUNDOU

Distribution des débits maximaux annuels suivant la loi de GALTON



Les hauteurs entre parenthèses () représentent les maximums observés pour des années d'observations incomplètes (valeur par défaut).

La distribution de ces 26 observations s'effectue correctement suivant une loi de GALTON(graphique n° 7496).

D'après cette distribution, la crue décennale serait de : 3 300 m³/s soit 95 l/s/km². Pour cette crue, la hauteur à l'échelle PONT serait de 5,1 m.

La crue centenaire serait de 5 100 m³/s. Cette valeur est très voisine de celles établies par A. BOUCHARDEAU (5 000 m³/s) et J. CALLEDE (5 300 m³/s). Vu l'imprécision dans l'estimation du débit de la crue de 1956, nous admettrons que la crue centenaire sera de l'ordre de 5 000 à 5 500 m³/s, la hauteur à l'échelle étant proche de 6,3 m.

B- LA PENDE A DOBA

La PENDE est observée, à DOBA, depuis 1947, mais jusqu'à présent, il n'a pas été possible de découvrir les hauteurs de 1949.

La station est tarée grâce à 27 jaugeages.

Date	Hauteur m	Débit m ³ /s	Observ.	Date	Hauteur m	Débit m ³ /s	Observ.
24- 4-55	0,00	9,6		10-11-51	2,35	162	
11- 3-58	0,02	6,4		12-11-55	2,37	162	
23- 3-60	0,05	5,4		8- 8-52	2,91	243	
24- 5-59	0,09	5,2		11- 8-55	2,94	240	
9- 3-53	0,12	5		22-10-52	3,10	266	
30- 3-56	0,12	11		17- 8-55	3,18	288	
28- 5-51	0,22	19		9- 8-56	3,36	318	
12- 5-63	0,42	12,9		23- 8-53	3,70	380	
3- 2-55	0,44	21,4		31- 8-55	4,06	445	
10- 2-61	0,58	17					
5-12-58	1,01	43,6		15- 9-57	4,15	460	Jaugeage au pont
17- 7-52	1,15	56,6		8-10-52	4,30	515	
11- 7-54	1,46	91		17- 9-53	4,36	520	
31- 7-52	2,10	104		3- 9-54	4,53	556	

Ces jaugeages mettent en évidence une dispersion notable des débits d'étiage : le lit mineur présente de nombreux méandres et les bancs de sable détarent continuellement la station d'une année sur l'autre. Il n'a pas encore été possible de jauger à une cote supérieure à 4,53: l'extrapolation de la relation débit-hauteur au-dessus de cette cote, vu les débordements dans le lit majeur, n'est pas très significative et ne veut que donner un ordre de grandeur des débits écoulés. Le zéro de l'échelle limnimétrique est à l'altitude 376,80 mm dans le système IGN 1953, c'est-à-dire que le repère de nivellement CE 76 (place du Marché) est situé à + 0,902 m.

Le classement des 17 années d'observation a été effectué :

N°	Année	Hauteur à l'échelle	Débit m ³ /s	F (%)
1	1963	5,42	930	2,9
2	1950	5,40	920	8,8
3	1955	5,35	900	14,7
4	1960	5,15	820	20,6
5	1961	5,13	812	26,5
6	1959	5,05	780	32,3
7	1956	5,02	768	38,2
8	1954	4,96	744	44,1
9	1948	4,90	720	50,0
10	1952	4,90	720	55,9
11	1962	4,90	720	61,8
12	1958	4,87	698	67,7
13	1964	4,80	680	73,5
14	1953	4,68	633	79,4
15	1947	4,55	588	85,3
16	1957	(4,25)	(490)	91,2
17	1951	4,16	467	97,1

L'année 1957 est incomplète : le débit maximal est indiqué par défaut.

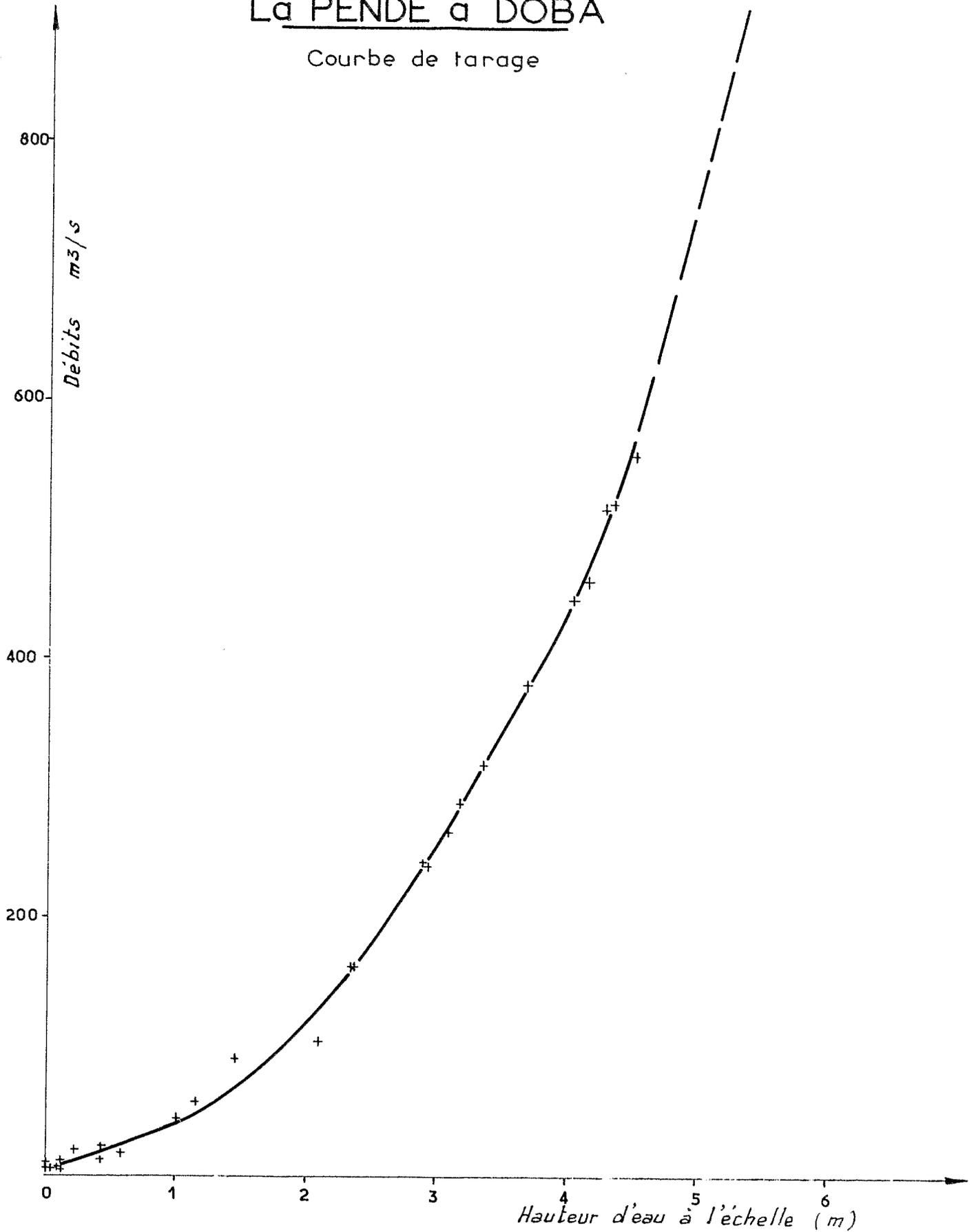
La distribution de ces valeurs est relativement gaussique (graphique n° 7568). Il est même possible que cette distribution soit légèrement hypogaussique.

La crue décennale sera de l'ordre de 900 m³/s, soit une hauteur de 5,35 m à l'échelle. Le débit spécifique serait alors de : 58 l/s/km² (superficie du bassin versant 15.670 km²).

L'échantillonnage n'est pas suffisant pour annoncer une valeur certaine de la crue centenaire. D'après la distribution ci-dessus, elle devrait être de l'ordre de 1200 m³/s, soit un débit spécifique de 77 l/s/km² et une hauteur à l'échelle de 6,0 m environ.

La PENDÉ à DOBA

Courbe de tarage



CRT 7490

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 4 -11-65

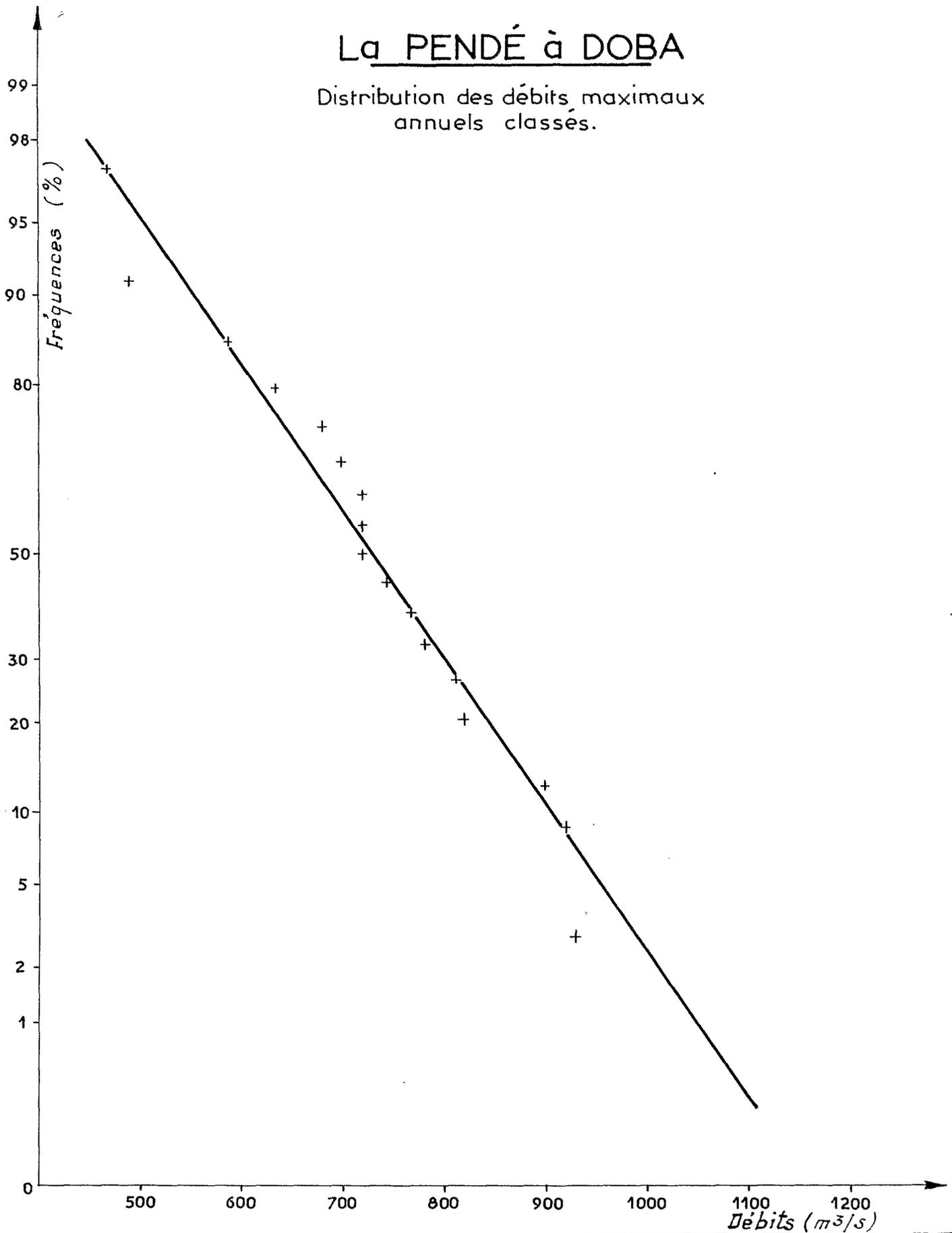
DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

La PENDÉ à DOBA

Distribution des débits maximaux
annuels classés.



CRT 7568

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 4 - 11 - 65

DES: S. NICOE

VISA

TUBEN°

C - Le BAHR SARA à MANDA

L'étude des débits de crue du BAHR SARA a déjà fait l'objet de plusieurs rapports de B.BILLON (Données de base hydrologiques pour des projets de ponts. Campagne 1960 - Idem Campagne 1962 - Evaluation de la crue centenaire de BAHR SARA à MANDA). Néanmoins il nous paraissait intéressant, avec les deux années supplémentaires (1963-1964) de calculer à nouveau ces débits.

14 jaugeages ont été effectués à cette station :

Date	Hauteur m	Débit m ³ /s	Observ.	Date	Hauteur m	Débit m ³ /s	Observ.
15-5-51	0,27	44,5		30-10-62	5,25	1983	
8-6-55	0,56	124		30-9-62	5,53	2304	
3-2-53	0,64	152		20-10-62	5,57	2472	
28-12-54	1,59	322		1-10-62	5,58	2672	
5-12-55	2,97	732		9-10-62	5,77	2804	
1-11-52	3,95	1120		25-10-61	5,88	2690	
8-10-60	4,62	1548	Jaugeage à KERIMBE				
7-10-60	4,64	1604					

B.BILLON a remarqué que la station hydrométrique était influencée par le niveau du Chari et que la courbe de tarage était complexe (graphique n°7208), car fonction du niveau à l'échelle et de la pente de la ligne d'eau du BAHR SARA, influencé par le Chari

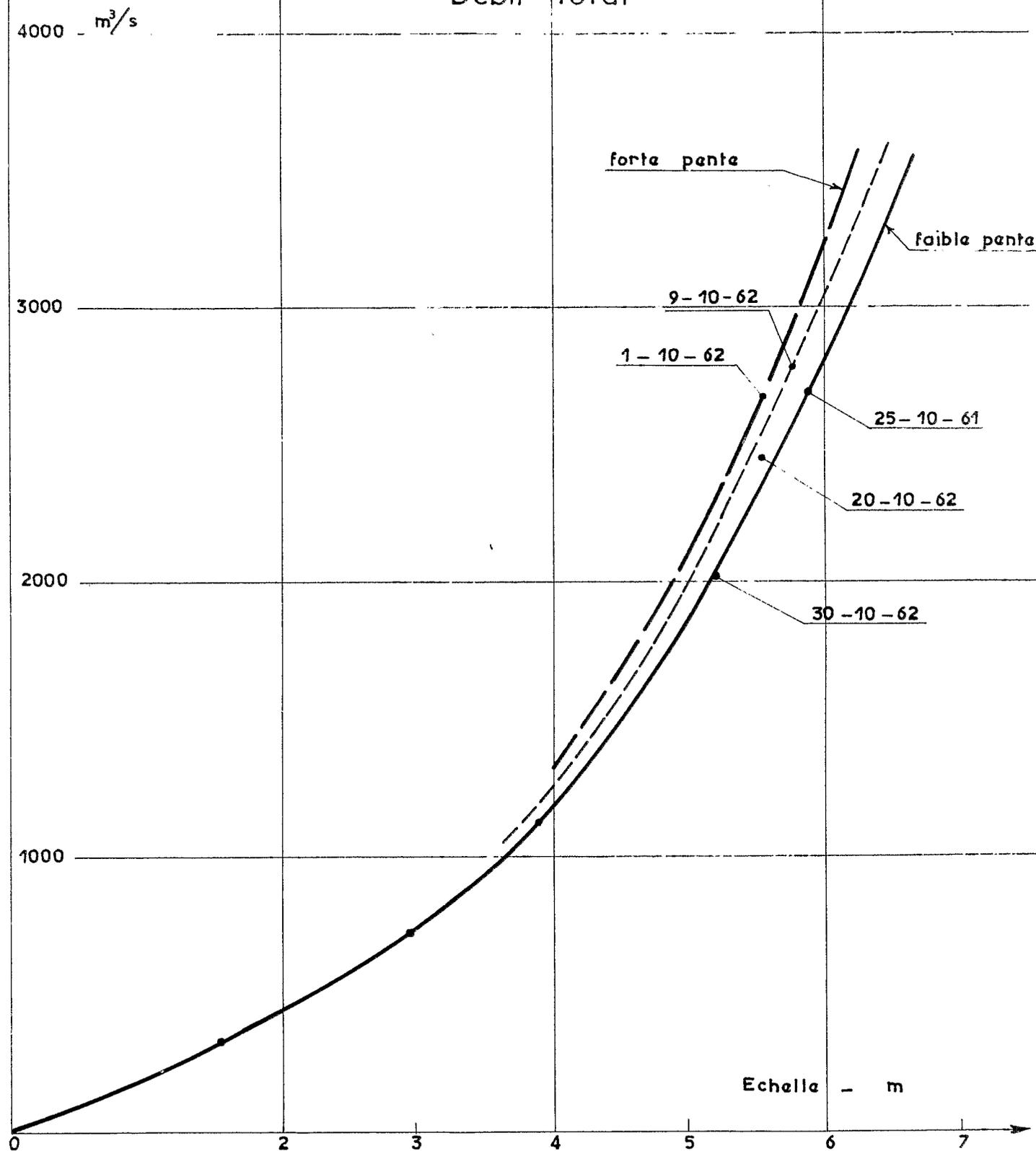
Utilisant une corrélation hauteur-débit avec une pente de la ligne d'eau moyenne, B.BILLON a établi une correspondance entre les débits maximaux annuels observés à FORT-ARCHAMBAULT et à MANDA (graphique n°7210) et, connaissant les débits probables de la crue centenaire à FORT-ARCHAMBAULT (qui possède davantage d'années d'observation que MANDA) il a pu estimer à 3800 m³/s le débit centenaire à MANDA.

Le graphique n°7210 indique que les données des années 1963 et 1964 sont bien en accord avec ce qui a été constaté jusqu'ici.

Nous avons voulu cependant utiliser les 14 années d'observations et tenter l'étude d'une distribution statistique. Il est bien évident que ce nombre d'années est absolument insuffisant pour déterminer, avec une précision suffisante, la crue centenaire. Mais, nous pouvons supposer sans trop de risque de grosse erreur, que l'échantillonnage, bien que très restreint, est par contre très significatif puisqu'il englobe des années (1961, 1955, 1956) auxquelles correspondent de très forts débits à FORT-ARCHAMBAULT, MOUNDOU et FORT-LAMY, stations pour lesquelles nous avons des relevés sur un bien plus longue période.

Bahr Sara à MANDA

Débit total

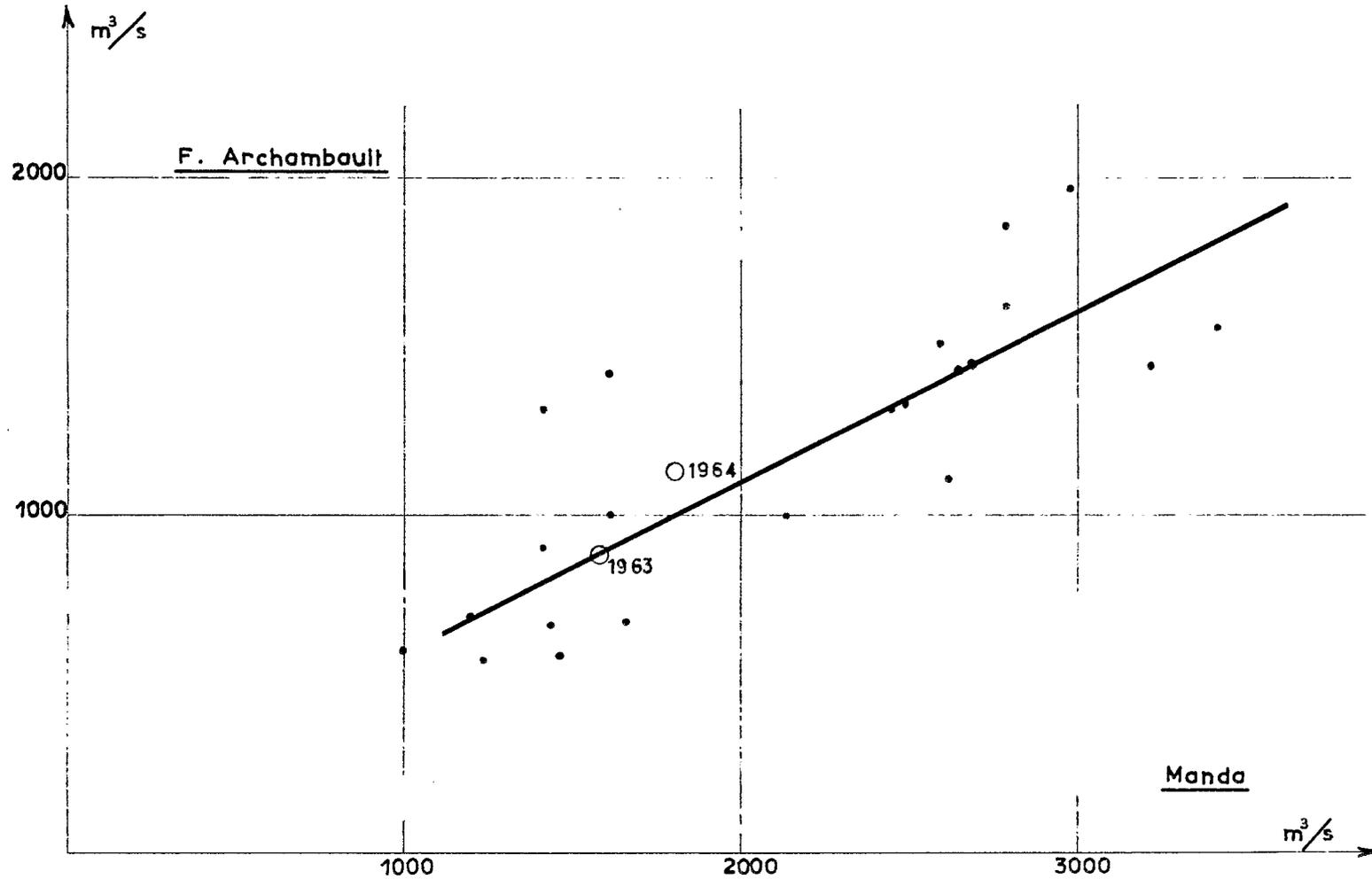


CRT 7208

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 7-3-63	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	------------	----------------	-------	---------	---

Correlation Chari - Bahr Sara



CRT 7210

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 7-3-63

DES. L. TRENQU

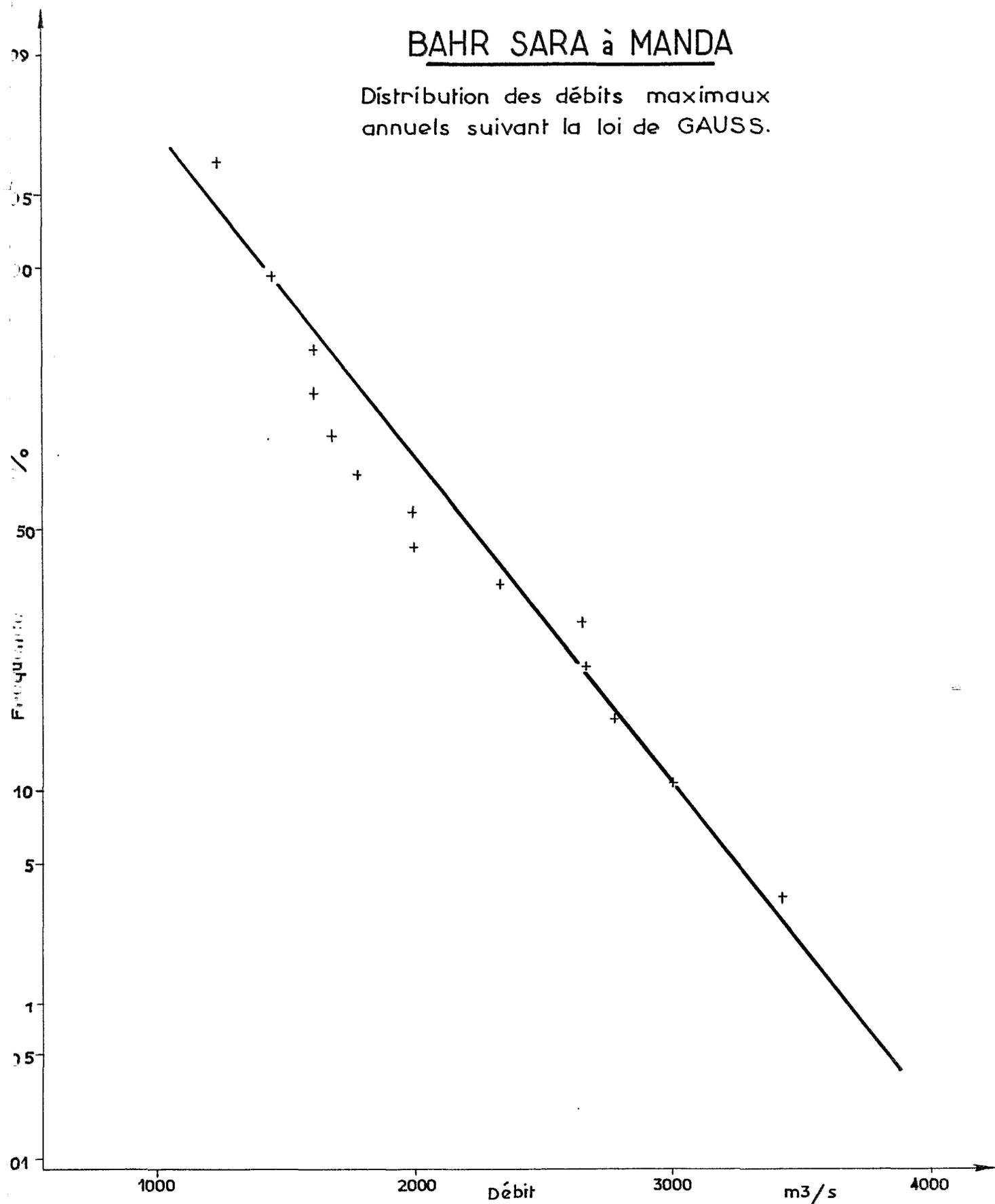
VISA:

TUBE N°

H

BAHR SARA à MANDA

Distribution des débits maximaux
annuels suivant la loi de GAUSS.



CRT 7494

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 25-1-65

DES: NICOE

VISA

TUBEN°

Aussi avons nous classé les 14 débits maximaux annuels observés à
MANDA :

! N° !	! Année !	! Hauteur à ! ! l'échelle !	! Débit ! ! m ³ /s !	! F % !
! 1 !	! 1955 !	! 6,34 ! m	! 3420 !	! 3,6 !
! 2 !	! 1961 !	! 6,15 !	! 3000 !	! 10,7 !
! 3 !	! 1962 !	! 5,78 !	! 2780 !	! 17,9 !
! 4 !	! 1954 !	! 5,67 !	! 2670 !	! 25,0 !
! 5 !	! 1956 !	! 5,64 !	! 2650 !	! 32,1 !
! 6 !	! 1960 !	! 5,34 !	! 2330 !	! 39,3 !
! 7 !	! 1964 !	! 5,02 !	! 2000 !	! 46,4 !
! 8 !	! 1954 !	! 4,99 !	! 1990 !	! 53,6 !
! 9 !	! 1963 !	! 4,74 !	! 1780 !	! 60,7 !
! 10 !	! 1951 !	! 4,61 !	! 1680 !	! 67,9 !
! 11 !	! 1953 !	! 4,52 !	! 1610 !	! 75,0 !
! 12 !	! 1959 !	! 4,52 !	! 1610 !	! 82,1 !
! 13 !	! 1958 !	! 4,29 !	! 1450 !	! 89,3 !
! 14 !	! 1957 !	! 3,98 !	! 1250 !	! 96,4 !

Le zéro de l'échelle limnimétrique a été nivelé par l'ATGT et se trouve à l'altitude (IGN 53) de : 356,11 m.

Etant donné la distribution gaussique des débits de crues des cours d'eau voisins, la longueur du Bahr SARA favorable à une distribution normale, il est logique de rechercher un ajustement graphique suivant la loi de GAUSS. La courbe ajustée indique un débit de crue centenaire de : 3700 m³/s, valeur très voisine de celle calculée, par corrélation, par B. BILLON (3 800 m³/s).

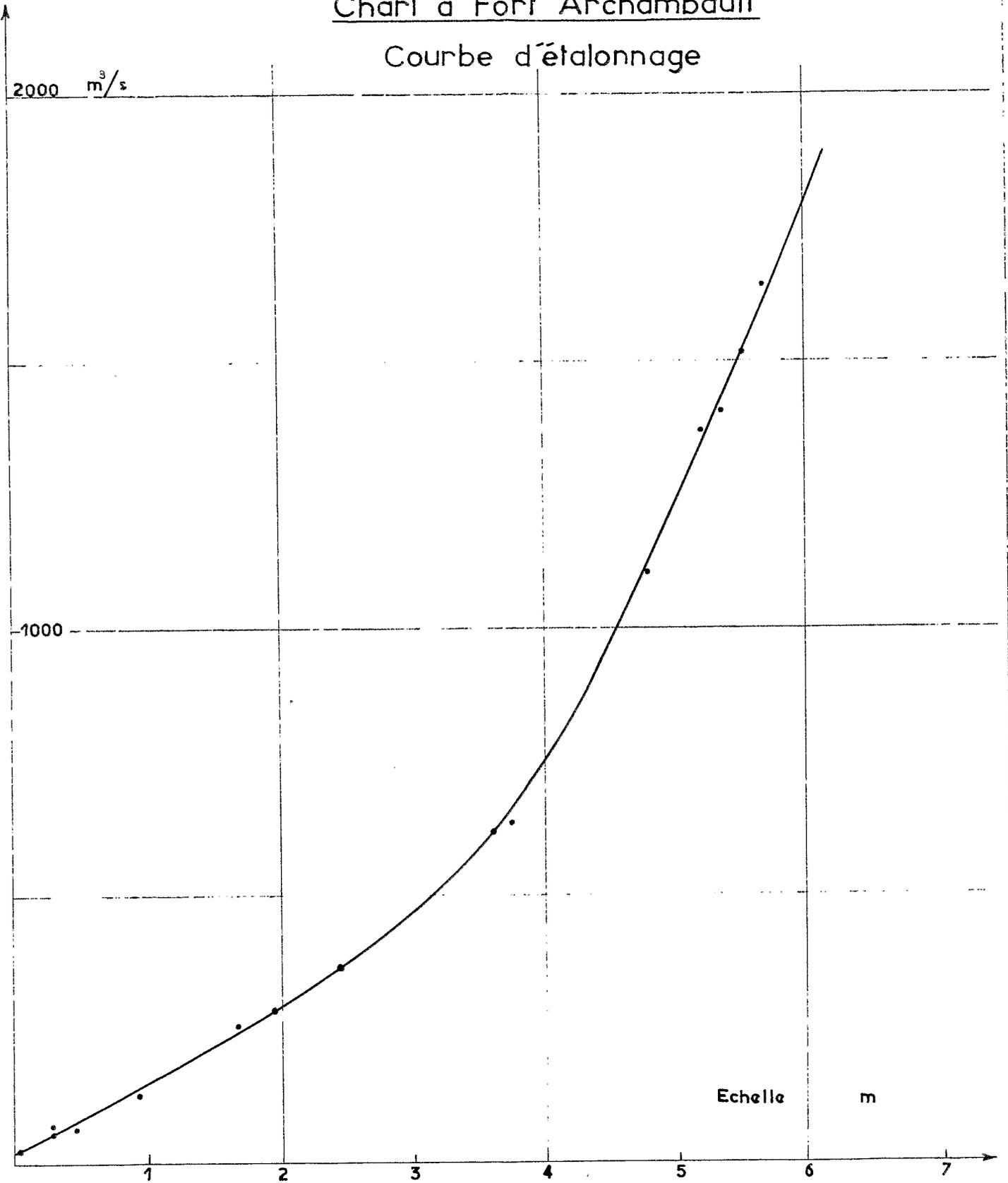
Compte tenu de l'imprécision la valeur de la pente de la ligne d'eau au moment des débits maximaux annuels, nous admettrons une crue probable, à MANDA, comprise entre 3 400 et 4 000 m³/s.

D - Le Chari à FORT-ARCHAMBAULT

La détermination de la crue du Chari à FORT-ARCHAMBAULT faisant l'objet du rapport de B. BILLON "Données de base hydrologiques pour les projets de ponts - Campagne 1962". Il nous a semblé intéressant de calculer à nouveau la valeur de la crue, ayant 3 relevés annuels supplémentaires (1963, 1964 et 1942 retrouvé).

Chari à Fort Archambault

Courbe d'étalonnage



ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

CRT 7213

ED:

1°

LE: 26-3-63

DES: L. TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

Rappelons que la station hydrométrique de FORT-ARCHAMBAULT est bien étalonnée grâce à 17 jaugeages.

Date	Hauteur	Débit	Observ.	Date	Hauteur	Débit	Observ.
18-5-51	0,03	23,7		9-9-55	3,78	630	
9-6-55	0,27	68,1		4-12-55	4,23	969	Douteux
24-4-56	0,45	67		5-11-52	4,85	1100	
8-4-62	0,46	55,4		2-11-60	4,87	925	Chenal seul
5-2-53	0,93	125		5-10-62	5,22	1370	
19-1-62	1,65	255		31-10-55	5,38	1405	
28-8-52	1,97	281		11-10-62	5,53	1510	
30-12-54	2,46	360		16-10-62	5,66	1640	
27-10-51	3,65	620					

Le graphique n°7213 indique l'allure de la courbe d'étalonnage

Le zéro de l'échelle est à l'altitude : 356,33 m (IGN 56)

Nous avons classé les 21 débits maximaux annuels comme suit :

N°	Année	Hauteur à l'échelle(m)	Débit m ³ /s	F %
1	1961	6,28	1960	2,4
2	1946	6,02	1800	7,1
3	1962	5,70	1610	11,9
4	1950	5,64	1564	16,7
5	1955	5,63	1558	21,4
6	1938	5,53	1498	26,2
7	1954	5,44	1444	31,0
8	1956	5,43	1438	35,7
9	1953	5,40	1420	40,5
10	1964	5,08	1240	45,2
11	1939	4,89	1140	50,0
12	1960	4,89	1140	54,8
13	1952	4,85	1115	59,5
14	1959	4,63	1000	64,3
15	1963	4,58	985	69,0
16	1942	4,23	830	73,8
17	1943	4,15	795	78,6
18	1951	3,85	680	83,3
19	1957	3,71	628	88,1
20	1958	3,70	625	92,9
21	1940	3,09	480	97,6

La distribution de ces valeurs suit approximativement la loi de GAUSS (graphique n°7492). La valeur de la crue centenaire serait de l'ordre de 2200 m³/s, valeur comprise dans la fourchette de calcul de B.BILLON (2100 à 2600 m³/s. Aussi admettrons nous comme valeur de crue centenaire :

2200 à 2400 m³/s

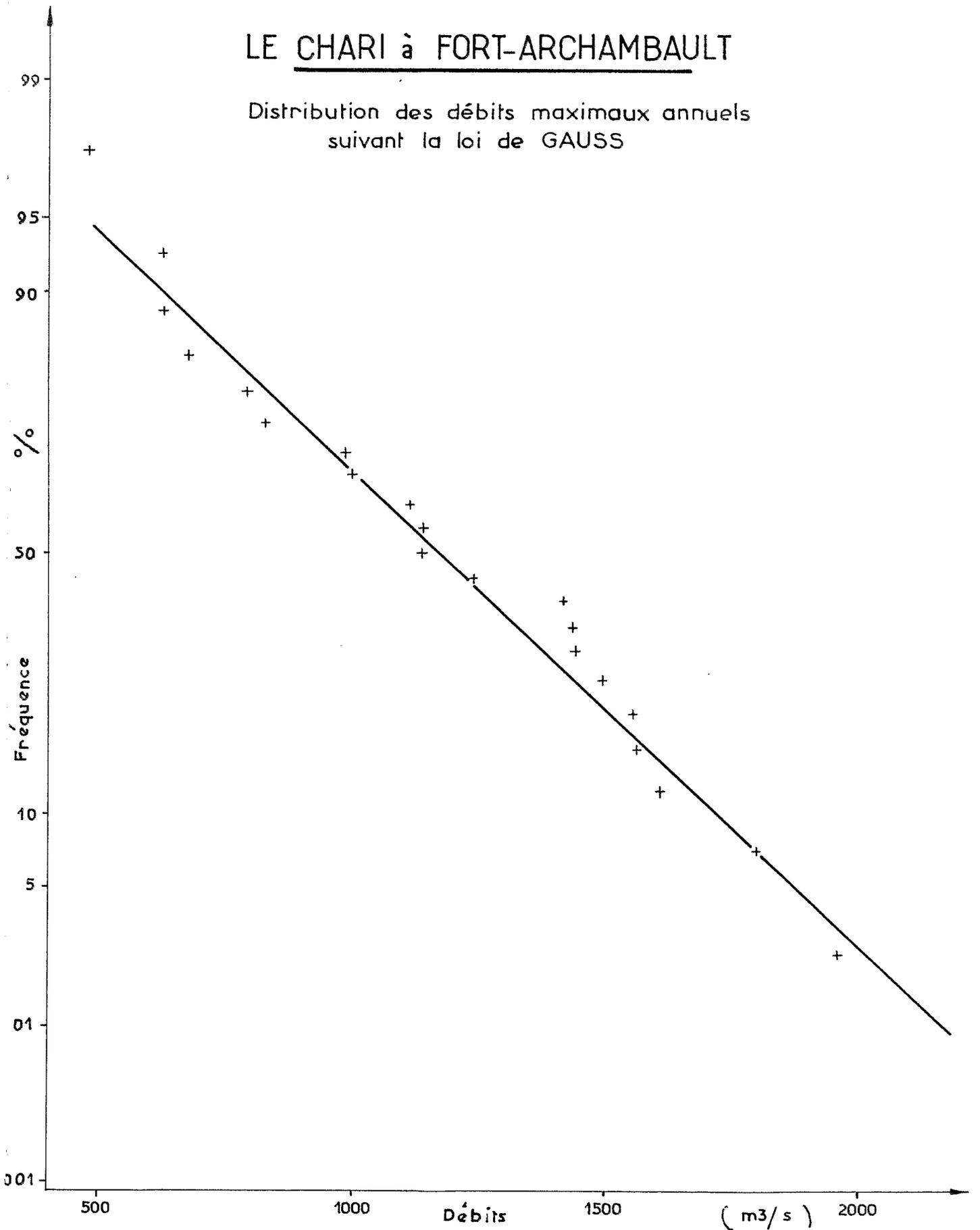
soit un débit spécifique de l'ordre de 12 l/s/km² et une hauteur d'eau à l'échelle de 6,8 m.

La crue décennale serait :

Débit décennale	:	1700 à 1750 m ³ /s
Débit spécifique	:	9 l/s/km ²
Hauteur à l'échelle	:	5,9 m .

LE CHARI à FORT-ARCHAMBAULT

Distribution des débits maximaux annuels
suivant la loi de GAUSS



CRT 7492

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED:

LE: 27-1-65

DES: S. NICOLÉ

VISA

TUBEN°

C O N C L U S I O N

A l'issue des 2 campagnes (1963 et 1964) il nous a été possible d'étudier correctement les écoulements sur les KOROS de BADE. En 1963, grâce à deux averses exceptionnelles, nous avons déjà pu obtenir des données intéressantes et assez précises. Des améliorations dans l'aménagement pluviométrique et hydrométrique du bassin ont permis de contrôler ces premiers résultats et d'utiliser avec une meilleure précision les données recueillies en 1963.

Nous avons obtenus, sur le bassin de BADE, les débits spécifiques suivants pour la crue décennale :

Bassin Versant N° I : 135 l/s/km² pour 2,3 km²
 Bassin Versant N° II : 85-90 l/s/km² pour 22 km²
 Bassin Versant N° III : 55-60 l/s/km² pour 71,6 km²
 Bassin Versant N° IV : 35-40 l/s/km² pour 316 km²

Le graphique n°7493 représente la variation du débit spécifique en fonction de la superficie du bassin.

Ces débits sont très faibles et il semblerait que le débit spécifique ne puisse beaucoup descendre au dessous de 35 l/s/km², valeur atteinte pour une superficie de 1000 km².

Tant que la superficie du bassin n'excédera pas 30 à 40 km² les crues importantes pourront avoir lieu de Juillet à Septembre : elles seront provoquées par des fortes averses tombant dans de bonnes conditions de saturation. Au delà de 40 km², la crue décennale ne pourra guère se produire qu'en Septembre-Octobre, l'écoulement souterrain, alimenté par les pluies antérieures des mois précédents, étant important, et les conditions de saturation du sol favorables au ruissellement. A ceci s'ajoute le fait que, plus la superficie du bassin augmente, plus la durée de la crue est longue : cette durée sera, la plupart du temps, supérieure à l'intervalle entre deux pluies. La grande crue sera complexe et provoquée par la juxtaposition de plusieurs crues élémentaires.

.../...

On peut déduire que, pour des bassins situés dans les KOROS et pour des pentes comparables à celles de BADE, les débits spécifiques à prendre en considération seraient :

- Bassin de superficie comprise entre	2 et 4 km ²	=	110 à 140 l/s/km ²
"	"	4 et 10 km ²	= 90 et 120 l/s/km ²
"	"	10 et 20 km ²	= 75 et 100 l/s/km ²
"	"	20 et 30 km ²	= 65 et 90 l/s/km ²
"	"	30 et 100 km ²	= 50 et 70 l/s/km ²
"	"	100 et 200 km ²	= 45 et 60 l/s/km ²
"	"	200 et 1000 km ²	= 30 et 50 l/s/km ²
"	"	1000 et au delà	= 30 l/s/km ²

Ces normes seraient à majorer si les pentes étaient plus fortes que celles de BADE.

Comme nous le remarquons lors du rapport préliminaire 1963, ces valeurs sont très faibles et nettement inhabituelles. Elles sont cependant en plein accord avec les dernières études de l'ORSTOM sur d'autres terrains plats et perméables situés dans d'autres régions de l'Afrique Tropicale.

Par contre, dès que nous abandonnons le Continental Terminal des KOROS pour le Précambrien des affluents de la rive gauche de la NYA, les débits spécifiques augmentent brutalement, le terrain étant bien moins perméable. Nous retrouvons alors des valeurs plus courantes. Le bassin de MATAON donnerait pour une superficie de 16,8 km², un débit spécifique décennal de 2200 l/s/km². Quand à la NYA à ARGAO, il faut bien compter sur un débit décennal de 200 l/s/km². Il est intéressant de comparer ces valeurs avec celles observées à TOUBORO (CAMEROUN). Le bassin de BOME, de caractéristiques assez voisines, donne une crue décennale voisine de 1700 l/s/km² pour 22 km² environ.

Un examen très minutieux des sols et des pentes devra donc précéder le calcul des débouchés; il y aurait intérêt à ce que cet examen soit fait avec un hydrologue connaissant bien la région.

Enfin l'étude des débits du Logone à MOUNDOU, de la Pendé à DOBA, du Bahr Sara à MANDA et du Chari à FORT-ARCHAMBAULT a permis de contrôler et de confirmer les estimations effectuées depuis quelques années par l'ORSTOM.

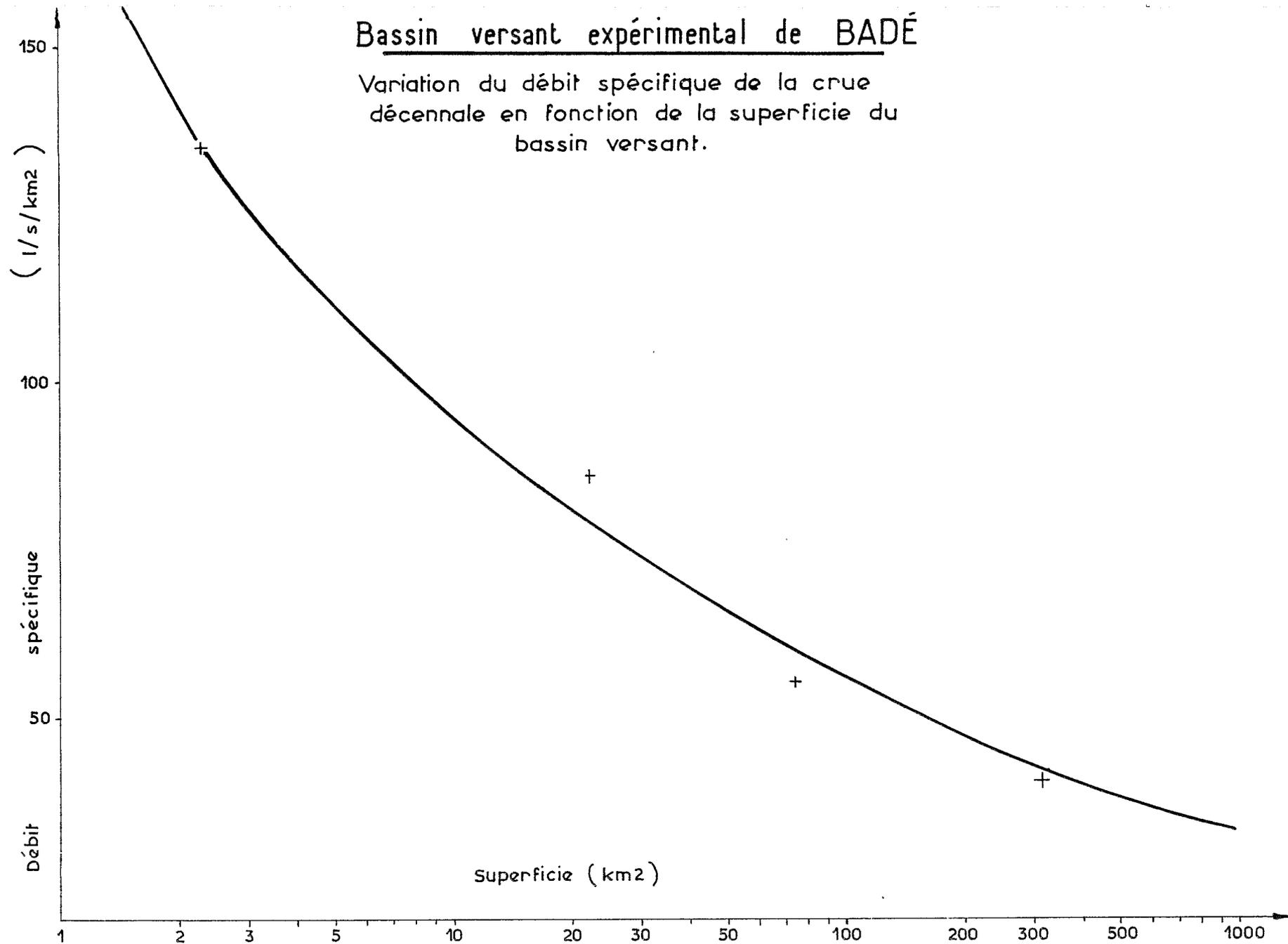
Les débits spécifiques décennaux sont

- Logone à MOUNDOU	: 95 l/s/km ²	pour 35.000 km ²
Pendé à DOBA	: 58 l/s/km ²	pour 15.670 km ²
Bahr Sara à MANDA	: 38 l/s/	pour 80.000 km ²
Chari à FT-ARCHAMBAULT	: 9 l/s	pour 193.000 km ²

Bien que la superficie de son bassin soit plus faible, la Pendé a un débit spécifique plus faible que le Logone à MOUNDOU : ceci est dû à la présence des plaines d'inondations, situées à l'amont de DOBA, et qui amortissent la pointe de la crue.

Bassin versant expérimental de BADÉ

Variation du débit spécifique de la crue
décennale en fonction de la superficie du
bassin versant.



CRT 7493

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED.

LE 25-1-65

DES: S. NICOLE

VISA:

TUBE N°

ANNEXES

PLUVIOMETRIE (mm)

DELI - Météo Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1							15,4	2,6	11,7			
2					17,7			5,3	1,5			
3				8,9	9,5			2,8	2,8			
4							45,0	16,1	39,2	4,7		
5												
6						27,0		9,2		0,4		
7					4,1		55,4	2,9	20,2	9,6		
8								2,0	1,4	3,0		
9					7,0		26,4	8,0	13,1	2,2		
10				1,9	9,8							
11									12,8			
12					3,7	41,5				1,0		
13					1,2	17,0	6,9	3,3	15,5			
14								2,9	10,4			
15				10,4				6,7	0,8			
16								24,6	4,6			
17				2,2			8,4					
18						32,7	33,0	59,6	30,4	0,9		
19				9,0			2,4	32,6	4,4			
20				12,2	17,4		0,2	5,7				
21									32,1			
22				7,3	39,1		18,0		12,4	13,4		
23							5,0	7,0				
24					7,3	19,0			10,4			
25						32,9	8,2					
26								7,0				
27							11,3	31,2				
28			5,5						4,0			
29					1,5			3,8	3,7			
30						6,4	34,9	26,8				
31					19,5		8,3	11,7				
TOTAUX			5,5	51,9	137,8	176,5	278,8	271,8	231,4	35,2		(1137,0)

PLUVIOMETRIE (mm)

T A P O L Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						13,2	22,1	16,4	22,7			
2					4,3			5,8	1,0			
3					24,2			6,8		6,1		
4							13,6		52,7			
5						13,4		14,2				
6								30,0	20,0			
7					7,3		24,6	2,4	16,2	23,5		
8								16,4		3,2		
9					6,5		13,7		4,7	5,3		
10							2,5	11,5	5,8	4,8		
11						13,2						
12					8,0	9,5			4,3			
13						32,4	2,5	7,6	19,5	39,2		
14								5,0	14,2			
15				1,4				51,2	4,4	17,6		
16							20,0	8,0				
17				1,2			24,7			3,1		
18						20,0	20,0	32,1	1,0			
19					8,6		8,7		9,1			
20					34,4		5,6	23,4		3,4		
21								5,5	21,2	7,2		
22				5,0			13,8		32,1	2,5		
23					1,7			5,0	2,0			
24					24,2	9,1	15,1	45,1	12,3			
25						15,4		1,7				
26							2,3	61,9				
27							9,5	29,2	7,5			
28							42,7	20,0				
29								10,0	4,0			
30							11,6	118,6		12,3		
31							22,4			1,0		
TOTAUX				7,6	119,2	126,2	275,4	527,8	254,7	129,2		(1440,1)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviographe "A" Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						9,3	10,6	18,9	21,2			
2					6,5	0,6		10,2	1,0			
3					42,0			1,5		4,7		
4							55,7	0,5	21,6			
5						20,0		6,0				
6									5,0			
7				mise en			36,8	2,6		21,2		
8				service	6,0			20,9	39,9	5,0		
9				0,1	15,4		1,8		0,8	2,6		
10							1,7	0,8				
11						13,5		1,0	15,5			
12					6,1	5,0						
13				3,0		25,9	12,0	13,9	9,6	3,0		
14				2,0				13,8	60,0			
15				2,8	14,2		2,3	24,2		3,7		
16							15,6	18,5				
17				2,3					9,7	6,2		
18						21,1	37,3	51,5	13,5	0		
19					1,9		19,9	1,1				
20					36,1			16,1	29,1			
21								4,3	41,9	0		
22				2,1	0,9		7,6		25,6	7,6		
23							14,8		9,4	7,2		
24					19,6	15,5	1,5	1,6				
25						9,3	0,4		5,4			
26							15,8	18,0				
27							39,8	30,5	3,2			
28												
29							4,3	35,4	6,1			
30							13,5					
31										1,0		
TOTAUX				(12,3)	148,7	120,2	291,4	291,3	318,5	62,2		(1306,8)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviographe "B" Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						4,0	18,6	24,1	26,7			
2					7,2	0,7		17,3	2,5			
3					30,8			19,4		12,4		
4							44,6	5,7	29,0			
5						16,9		3,8				
6								0,6				
7							54,1	3,3	25,0	13,2		
8					3,9			0,9		3,2		
9					8,4		40,2		0,5			
10				0,3				6,1				
11					0,7	19,7			7,9			
12					0,4							
13				0,0		23,3	1,8	18,9	0,8	14,2		
14				7,6				20,5	32,8			
15				3,6	12,9		1,9	38,3	0,3	7,2		
16							34,2	15,4		28,4		
17				1,9			25,3		0,9			
18						19,0	18,0	85,4	15,2	22,4		
19					0,9				20,8			
20					30,5			11,9		15,0		
21								4,2	51,0	1,4		
22				13,2	5,6		15,4		18,7	2,0		
23							26,0		8,7	2,4		
24					31,0	14,9		11,1		1,0		
25						10,8	3,3		13,0			
26							1,1	10,8				
27							10,6	14,2	5,6			
28					0,7				3,8			
29							51,7	64,9	0,0			
30							3,0					
31								0,1		12,4		
TOTAUX				26,6	133,0	109,3	349,8	376,9	263,2	135,2		(1394,0)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviographe "C" Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						19,2	16,0	12,5	20,7			
2					1,6	6,1		6,4	1,9			
3					45,7			1,3		5,0		
4							33,0	11,5	57,4			
5						17,1		13,1				
6								0,5				
7							54,2	2,1	32,0	15,9		
8					1,7			0,4		9,4		
9					7,0		24,0		3,8			
10				2,4				8,4				
11					1,1	35,7			6,2			
12												
13				0,0		12,5	2,0	10,6	1,0	39,7		
14								9,1	8,1			
15				0,4	6,3		1,3	31,2	12,7	0,7		
16							23,2	27,0		12,0		
17							20,6			3,9		
18						20,6	16,9	75,5	13,1	18,4		
19					0,3				4,4			
20					30,6			61,1		4,2		
21								6,0	33,7	2,8		
22				16,2	3,6		21,1		35,8	1,9		
23							29,6		9,5			
24					27,2	12,8		17,8				
25						10,2	2,2		11,2			
26							1,3	7,2				
27							9,6	17,8	11,7			
28					0,1							
29							27,9	67,7	8,2			
30							30,7		4,1	6,6		
31								0,2				
TOTAUX				19,0	125,2	134,2	313,6	387,4	275,5	120,5		(1375,4)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviographe "D" Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1							17,5	3,5	11,5			
2								5,0	1,5			
3								0,5	2,5			
4							18,5	10,0	27,0			
5						51,5		4,5	0,5			
6								0	23,5			
7							51,0	2,5		4,5		
8								11,0		0,5		
9							19,0		6,5	0,5		
10								14,0				
11									6,0			
12								0,5		1,0		
13						42,0	4,0	7,5	5,0			
14								9,5	3,0	3,5		
15								0,0	14,0	5,5	5,5	
16								9,0	11,0	7,5	6,0	
17								44,0				
18								62,0	19,0			
19								0,5	13,0			
20								68,0				
21												
22								5,0	30,5			
23								0,5	35,5			
24									1,0			
25								11,5				
26									10,5			
27								5,5	38,0	2,5		
28								3,5		4,0		
29								16,5		17,5		
30								14,5	50,5			
31												
TOTAUX						119,5	274,0	329,0	233,5	39,0		(995,0)

du 14 au 30 Juin = 26,0

du 18 au 25 Juillet
70,5

du 16 au 31
Octobre = 17,5

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviographe "E" Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1							19,4	7,5	26,8			
2								14,0	1,9			
3								0,4		5,8		
4							52,5	3,5	54,8			
5						19,4		4,3				
6								0,2				
7							33,8	3,3	29,0	18,8		
8								2,8		8,8		
9							17,4		0,0			
10								2,6				
11						20,3			7,0			
12												
13						28,1	2,3	18,1	4,8	25,3		
14								9,6	29,8			
15							2,0	39,1	9,0	2,3		
16							9,3	16,4		7,4		
17							22,0		3,8			
18						18,6	11,3	67,6	11,6	2,8		
19									12,2			
20								44,7		6,6		
21								3,9	37,5	0,8		
22							9,3		24,0	1,1		
23							14,6		10,2	0,2		
24						11,8		7,1				
25						9,9	2,7		19,8			
26							1,2	20,9				
27							13,0	34,5	9,6			
28									4,6			
29							42,0	37,0	0,0			
30							11,4	0		5,8		
31								0,2				
TOTAUX						1108,1	264,2	337,7	296,4	85,7		(1092,1)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n° 4

Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1					7,6!	9,5!	25,3!	25,0!	20,2!			
2						0,4!		10,1!	1,0!			
3								4,2!		13,9!		
4							46,8!	0,9!	36,3!			
5						25,7!		8,3!				
6								0,7!				
7							51,2!	3,3!	42,2!	20,7!		
8					6,7!			18,3!		4,2!		
9					12,7!		1,7!		0,5!	0,7!		
10								1,5!				
11						13,5!			14,2!			
12					4,8!							
13				8,9!		30,0!	10,7!	17,3!	13,5!	8,8!		
14				1,6!				9,8!	50,1!			
15				1,2!	11,1!		2,1!	24,9!		10,3!		
16							15,2!	11,7!	12,7!			
17				4,8!			39,2!			7,0!		
18						22,8!	34,8!	54,7!	21,5!	0		
19					2,6!				24,8!			
20					41,3!			19,7!				
21								4,5!	35,5!	0,1!		
22				4,3!	0,9!		6,5!		20,3!	11,1!		
23							18,4!		10,3!	6,8!		
24					19,7!	17,0!	1,8!	1,8!				
25						9,9!	0,2!		6,6!			
26							9,8!	20,2!				
27							37,5!	20,6!	5,0!			
28									10,0!			
29								40,0!				
30							16,9!	0,3!				
31												
Totaux				20,8!	107,4!	128,8!	318,1!	297,8!	324,7!	83,6!		
											(1281,2)	

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n° 16 Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1									21,0	15,0		
2								14,0				
3					12,5			8,0		0,7		
4							74,0		52,0			
5						22,0		10,0				
6										73,0		
7							24,0		33,0	49,3		
8												
9					29,7			12,0		17,0		
10									14,0	12,0		
11						53,0						
12					13,0		12,0	13,0	28,0			
13				14,2					24,0			
14								32,5	14,0			
15					10,0		13,5		64,2	12,0		
16							10,0	66,3				
17							22,0		15,3			
18						17,0	89,0					
19								31,0	20,3			
20												
21						40,9			47,5			
22									38,2			
23							30,0		10,0			
24					15,4	7,0						
25						13,5						
26							8,0	45,0				
27								47,0	20,0			
28												
29							18,5	55,0	0,8			
30							26,0					
31												
TOTAUX				14,2	80,6	153,4	327,0	333,8	402,3			

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n°17 Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						13,9	17,6	16,0	20,9			
2					6,0	1,2		30,6	1,7			
3					25,8			2,5		10,6		
4							35,5	6,3	12,5			
5						11,1		4,3				
6												
7							76,2		32,6	35,3		
8					2,7					2,7		
9					14,2		7,1			5,3		
10				4,5								
11						32,0			9,6			
12					2,7							
13						26,5	17,8	15,8	19,5			
14								15,6	35,1			
15				1,5	4,9		18,9	21,0		0,9		
16							13,0	22,5				
17							63,2	107,5		1,9		
18						34,3			8,1	24,0		
19					6,0				11,8			
20					7,6			15,7				
21								6,0	39,6	2,3		
22				13,6	1,6		15,6		36,3	12,1		
23							15,3		21,0	9,6		
24					27,1	15,6		15,3		1,2		
25						19,5	2,5		13,0			
26							27,2					
27								31,6	1,4			
28							3,7		8,3			
29								19,7				
30							24,7					
31												
TOTAUX				19,6	98,6	154,1	338,3	330,4	271,4	105,9		(1318,3)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n° 18 Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						18,5	12,1	19,1	22,4			
2					2,0	9,2		4,9	1,4			
3					53,1			0,4		7,2		
4							29,7	8,8	45,0			
5						14,4		8,5				
6								1,7				
7							63,1	2,0	31,3	14,3		
8					0,9			2,8		18,6		
9					10,0		25,2		30,4			
10				14,2				24,2				
11						36,4			8,2			
12					0,9							
13						13,8	2,8	8,3	0,3	31,3		
14								6,0	4,8			
15				14,9	3,3		1,3	41,8	14,8	0		
16							20,8	14,6		9,1		
17							27,1			4,0		
18						12,6	13,2	84,6	12,1	14,8		
19					1,2				5,6			
20					32,1			42,3		12,0		
21								4,3	37,8	2,8		
22				4,4	8,7		64,0		21,8	5,5		
23							18,5		5,5			
24					33,2	8,9		20,3				
25						14,0	2,3		5,3			
26							3,2					
27							11,2	13,4	6,4			
28									10,5			
29							33,6	76,8	4,7			
30							9,8	0,2				
31												
TOTAUX				33,5	145,4	127,8	337,9	385,0	268,3	119,6		(1417,5)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n° 20 Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						21,9	20,5	1,6	14,5			
2					8,9	4,4		3,1	4,6	3,0		
3					12,6			3,5	1,2	9,5		
4							26,4	17,5	47,5			
5						24,9		17,3				
6										18,3		
7							80,0	6,3	28,6			
8					1,2			45,3				
9					16,1		5,7		27,6			
10								3,4				
11						57,8			11,6			
12							22,3	1,2				
13						27,6	22,3	3,9	20,1	6,3		
14								11,4	3,9			
15					1,0		0,5		11,9	0,4		
16							10,9	41,4		0		
17							30,1	70,8				
18						29,1	22,6		25,1	6,5		
19									17,0			
20				1,4	40,8			33,0				
21						6,0		5,4	39,1	8,5		
22					41,1		18,2		24,9			
23						18,3	11,6		10,9			
24					7,1		4,5	13,1				
25						12,5			1,5			
26												
27							10,0	22,5	1,4			
28									1,9			
29							78,4		3,7			
30							4,8	57,0				
31												
TOTAUX				1,4	128,8	202,5	368,8	357,7	297,0	52,5		(1408,7)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n° 21 Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						13,8	24,0	15,2	9,1			
2					5,6	0,8		20,7	0,9			
3					26,3			5,6		11,4		
4							50,0	10,0	13,7			
5						23,8		0,9				
6												
7							55,6		24,4	43,5		
8					2,4					3,6		
9					14,9		11,5			4,3		
10												
11						27,0			23,6			
12					1,4							
13						23,2	24,9	16,7	9,2	0,7		
14				2,8				14,5	41,4			
15					4,0		18,0	13,8				
16							13,0	23,1				
17							103,4	41,4		10,7		
18						22,9		23,2	11,9	3,3		
19					5,9				7,4			
20					36,4			14,9				
21								7,5	48,9	7,1		
22				5,7	1,1		12,3		12,7	7,4		
23							12,4		12,7	17,7		
24					26,6	21,8		3,3		1,8		
25						13,8	5,4		6,8			
26							5,9					
27								15,5	3,2			
28							2,4					
29								16,0	4,5			
30							27,4					
31												
TOTAUX				8,5	124,6	147,1	366,2	242,3	230,4	111,5		(1230,6)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n° 23 Année 1964

! Jours !	! J !	! F !	! M !	! A !	! M !	! J !	! J !	! A !	! S !	! O !	! N !	! D !
1						21,2	18,2	5,6	11,0			
2					12,4	9,8		3,4	3,1	1,2		
3					14,7			5,0	0,7	10,7		
4							20,0	7,4	39,1			
5						37,2		15,2				
6										22,7		
7							72,9	6,0	29,7			
8					0,8			40,6	2,1			
9					13,3		4,7		7,0			
10				8,9				3,2				
11						52,6			10,0			
12							14,9	3,0				
13						15,8	10,2	3,5	19,0	9,3		
14								15,5	3,4			
15				15,6	1,0		0,6		16,7	0,6		
16							8,6	27,0		0		
17							50,9	74,4				
18						21,7	16,4		24,4	12,0		
19									22,2			
20				2,8	40,7		10,6	50,5		0		
21						13,5		5,8	36,9	6,8		
22					47,9		21,7		33,0			
23						16,4	14,1		9,3			
24					6,9		3,3	12,1				
25						12,1			2,2			
26												
27							12,8	29,4	1,9			
28									4,8			
29							64,0		22,0			
30							5,7	66,3				
31												
TOTAUX				27,3	137,7	200,3	349,6	373,9	298,5	63,3		(1450,6)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association n° 24 Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						21,2	15,3	17,0	33,2			
2					6,5	1,4		18,2	2,2			
3					39,8			0,9		14,9		
4							42,2	3,1	9,3			
5						5,3		1,6				
6												
7							57,2		39,6	30,2		
8					3,1					6,6		
9					17,9		2,9			5,4		
10				0,3								
11						38,3			11,5			
12					0,4			7,7				
13				0,3		24,4	3,7	16,1	14,2	1,5		
14								23,2	48,3			
15				0,4	3,2		12,2	25,8				
16							14,2	9,7				
17				0,9			84,4	36,2		5,6		
18						24,3		34,0	8,2	1,9		
19					3,9				20,5			
20				0,4	26,3			25,0				
21								14,9	53,8	6,8		
22				6,8	1,2		10,4		43,0	7,4		
23							13,3		29,6	7,4		
24					20,5	3,3		8,8		0,5		
25						23,9	3,0		21,5			
26							10,0					
27								5,8	2,0			
28							11,5		6,1			
29								42,2				
30							19,3					
31												
TOTAUX				9,1	122,8	142,1	299,6	282,5	343,0	88,2		(1287,3)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n° 25 Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						17,1	18,1	48,2	17,9			
2					3,7	4,9		10,0	2,6			
3					51,5			6,3		4,2		
4							22,7	7,2	17,6			
5						18,1		13,6				
6												
7							69,3		32,9	26,3		
8					2,2					5,1		
9					11,0		6,8			2,8		
10												
11						31,3			6,1			
12					1,1							
13						20,6	3,5	19,2	8,9	7,8		
14								16,4	15,6			
15					14,6		12,0	37,4				
16							15,1	7,6				
17							47,5	43,8		13,2		
18						19,4		43,2	6,9	31,8		
19					2,3				8,2			
20				6,5	27,6			21,7				
21								14,8	41,4	4,5		
22				10,5	4,9		16,4		28,0	6,7		
23							18,2		19,6	4,7		
24					46,0	8,5		6,2		0		
25						12,7	2,7		14,8			
26							9,7					
27								9,4	2,4			
28							8,9		7,5			
29								55,4				
30							32,0					
31												
TOTAUX				17,0	164,9	132,6	282,9	360,4	230,4	107,1		(1295,3)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association " n° 26 Année 1964

! Jours !	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1						26,4	16,2	16,1	15,3			
2					6,2	2,4		12,8	2,2			
3					47,4			14,1		13,7		
4							45,5	5,1	27,0			
5						24,5		7,1				
6												
7							53,4	3,0	23,3	10,6		
8					2,4			0,3		4,0		
9					11,0		41,4		3,2	2,2		
10								10,0				
11					0,3	27,8			6,2			
12					0,4							
13						25,3	1,1	19,9	0,2	11,3		
14								20,2	21,2			
15					16,2		0,9	25,2	0,6			
16							42,3	11,8				
17							23,5					
18						13,4	22,3	69,2	15,6	9,2		
19					0,5				16,9			
20					33,8			39,9		5,3		
21								7,3	45,8	1,6		
22					8,5		8,1		23,5	2,9		
23							20,2		9,3	1,2		
24					29,8	16,2	2,7	8,8				
25						8,5	0,4		9,6			
26							1,4	6,2				
27							13,7	15,3	6,8			
28					1,8				8,0			
29								73,6	0,8			
30							41,7					
31												
TOTAUX					158,3	144,5	334,8	365,9	235,5	62,0		(1301,0)

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n° 27 Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1							24,0!	14,6!	42,7!			
2								22,5!	2,5!			
3								3,8!		10,3!		
4							65,0!	3,9!	50,6!			
5						20,8!		3,0!				
6								0,9!				
7							41,0!	2,9!	27,2!	16,3!		
8								2,3!		4,5!		
9							14,5!		0,2!			
10								4,0!				
11						23,4!			8,5!			
12												
13						27,4!	4,8!	22,2!	5,6!	19,8!		
14								21,1!	29,0!			
15							2,0!	32,8!	14,2!	2,6!		
16							11,2!	18,8!		28,4!		
17							25,6!		3,6!			
18						16,1!	13,0!	69,2!	12,8!	4,2!		
19									19,2!			
20								43,5!		8,6!		
21								4,5!	44,8!	0,7!		
22							12,7!		19,3!	0,8!		
23							17,1!		11,0!	0,4!		
24						14,8!		8,7!				
25						9,8!	2,8!		14,2!			
26							0,2!	9,8!				
27							19,8!	13,9!	10,0!			
28									5,3!			
29							35,7!	46,8!				
30							6,7!	0,9!				
31												
TOTAUX						112,3!	296,1!	350,1!	320,7!	96,6!		

PLUVIOMETRIE (mm)

Pluviomètre "Association" n° 28 Année 1964

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1							12,6	49,0	18,6			
2								4,5	6,2	2,6		
3								0,7				
4							58,3	5,4	12,9			
5								9,2				
6												
7							64,0		44,8	26,1		
8												
9							9,1			7,3		
10										4,6		
11									12,1			
12												
13							5,8	19,5	12,8			
14								11,8	4,4			
15							31,5	17,9		2,0		
16							39,1	42,5		6,6		
17				du 5/4 au 30/6			34,1	50,2		6,5		
18				P = 327 mm				17,3	6,9	20,6		
19									9,3			
20								14,2				
21								6,7	43,4	8,7		
22							22,0		32,9	10,0		
23							10,1		10,6	11,0		
24								10,0		3,0		
25							35,5		6,7			
26												
27								27,9	2,1			
28							1,6		19,4			
29								35,8				
30							34,7					
31												
TOTAUX							358,4	322,6	243,1	106,0		
											(1357)	