

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

COMITÉ INTER-AFRICAIN  
D'ÉTUDES HYDRAULIQUES

# ÉTUDE DE RUISSELLEMENT EN ZONE URBAINE A NIAMEY



## Les bassins versants du GOUNTI-YENA

par J. HERBAUD

Tome 1 - texte

PARIS - septembre 1966

OFFICE de La RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
et TECHNIQUE OUTRE-MER

---

COMITE INTER-AFRICAIN  
d'ETUDES HYDRAULIQUES

---

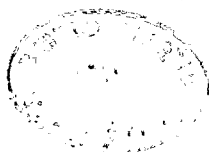
ETUDE de RUISSELLEMENT en ZONE URBAINE  
à NIAMEY

---

Les Bassins Versants du  
GOUNTI-YENA

---

par  
J. HERBAUD



22 11 1966

Paris, Septembre 1966

D 8  
HER

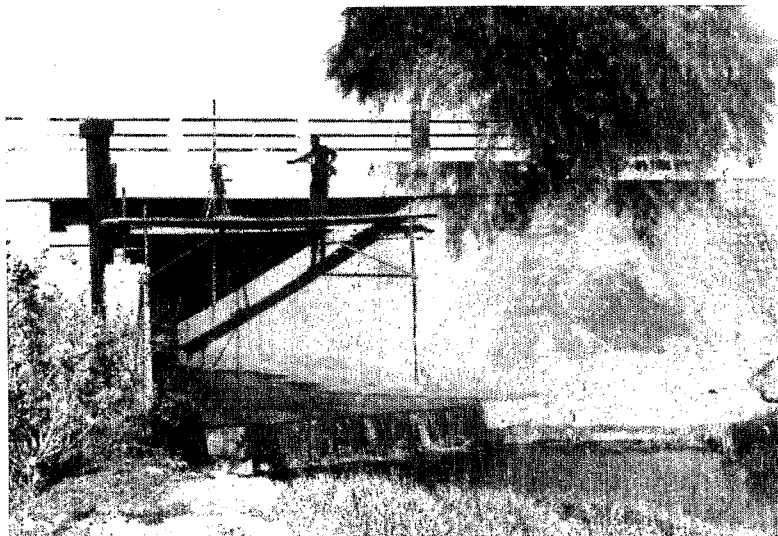
7292 ~~HER~~

## S O M M A I R E

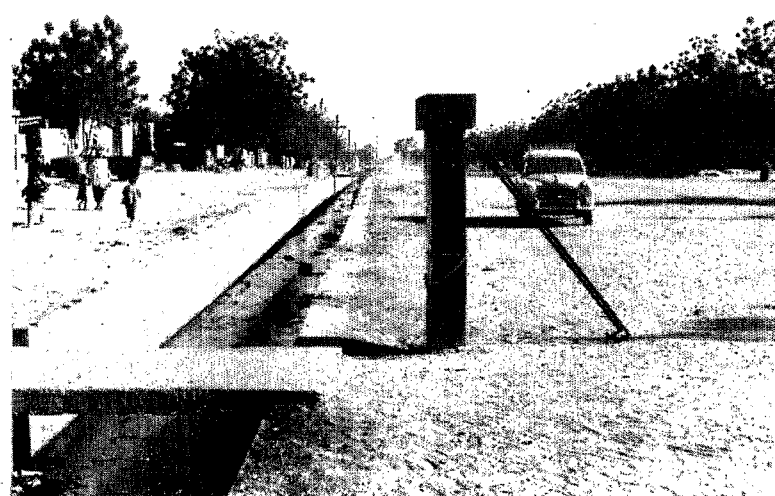
	Page
<u>1 - Description physique du bassin</u>	2
1.1. Caractères naturels	2
1.2. Caractères liés à l'urbanisation	3
1.3. Description des bassins à l'aide des caractéristiques physiques classiques	4
<u>2 - Historique des observations et description de l'équipement</u>	5
2.1. Campagnes effectuées	5
2.2. Mesures des débits	5
2.3. Mesures des précipitations	6
<u>3 - Données recueillies à l'occasion des principales averses</u>	7
3.1. Campagnes 1963 et 1965	7
3.2. Observations effectuées en 1964	20
<u>4 - Relations existant entre la "lame ruisselée" et les facteurs qui la déterminent</u>	23
4.1. Cas des bassins de la zone urbanisée (n° I et II)	23
4.2. Cas du petit bassin amont (n° VI)	25
4.3. Cas du bassin semi-urbain de la B.A.O. et du Trésor (n° III-IV)	25
4.4. Influence de l'état de saturation sur les bassins n° I, II et VI	28
<u>5 - Forme des hydrogrammes en zone urbaine</u>	29
5.1. Reconstitution des hydrogrammes du bassin n° I	29
5.2. Reconstitution des hydrogrammes du bassin n° II	31
<u>6 - Variation de l'aptitude au ruissellement en fonction de l'urbanisation et des caractères naturels des bassins</u>	36
6.1. Délimitation de la partie "active" du bassin du GOUNTI-YENA	36
6.2. Bilan des apports constituant l'onde de ruissellement observée à la station n° V	36
6.3. Etude comparative de l'aptitude au ruissellement des divers bassins ou zones	41
6.4. Essai de définition de paramètres caractérisant l'urbanisation et pouvant rendre compte des résultats précédents	42

	Page
7 - <u>Estimation des crues décennales en zone urbaine</u>	46
7.1. Estimation de l'averse de fréquence décennale	46
7.2. Estimation de la lame de ruissellement	48
7.3. Construction d'un hydrogramme	48
7.4. Comparaison des bassins n° I et II et du bassin du MAKELEKELE	49
7.5. Estimation sommaire de la crue de fréquence vicennale	51

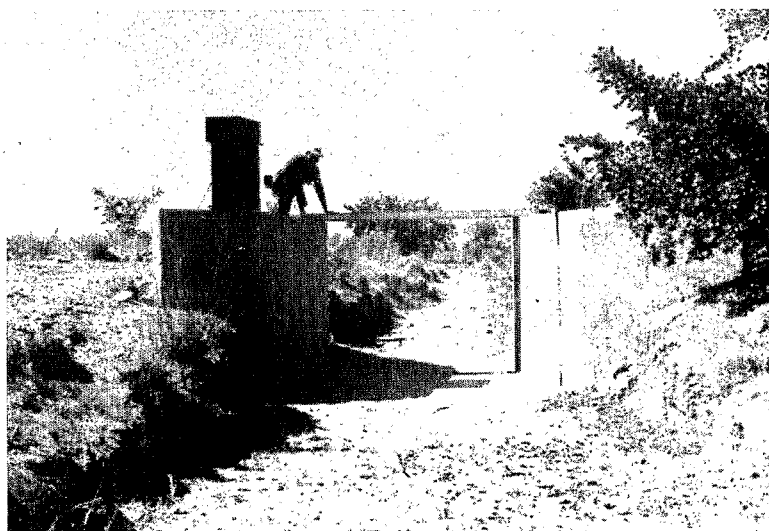
## EQUIPEMENT DES STATIONS DU BASSIN DU GOUNTI-YENA



Dispositif pour le jaugeage du GOUNTI-YENA à l'exutoire  
(Station n° V).

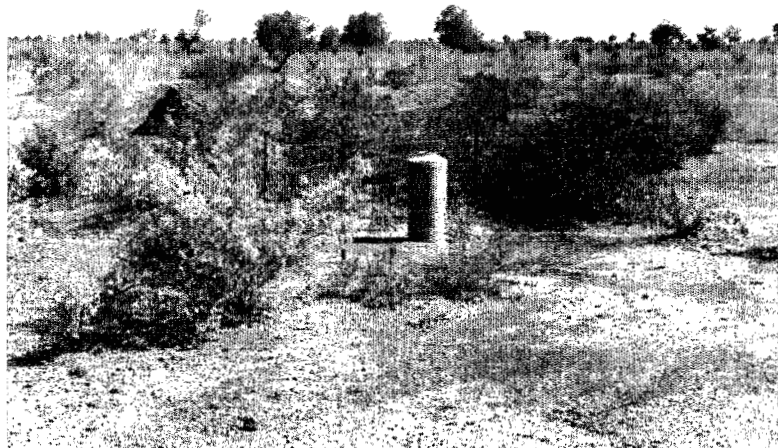


Station de l'Avenue SALAMA (n° I).

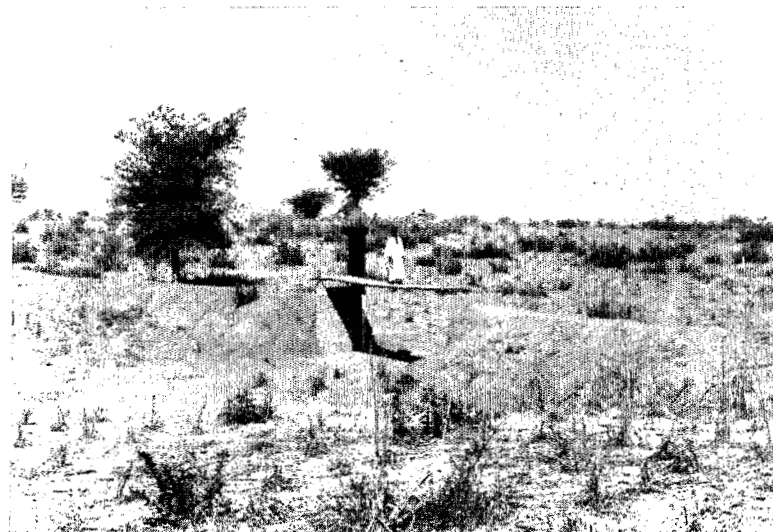


Jaugeur PARSHALL de la Station n° VI.

DIVERS ASPECTS DU BASSIN DU GOUNTI-YENA



Le « Petit Bassin amont » (Bassin n° VI).



Absence de lit bien marqué à l'extrémité aval du bassin n° VII.



Zone d'érosion intense aux abords du thalweg principal.

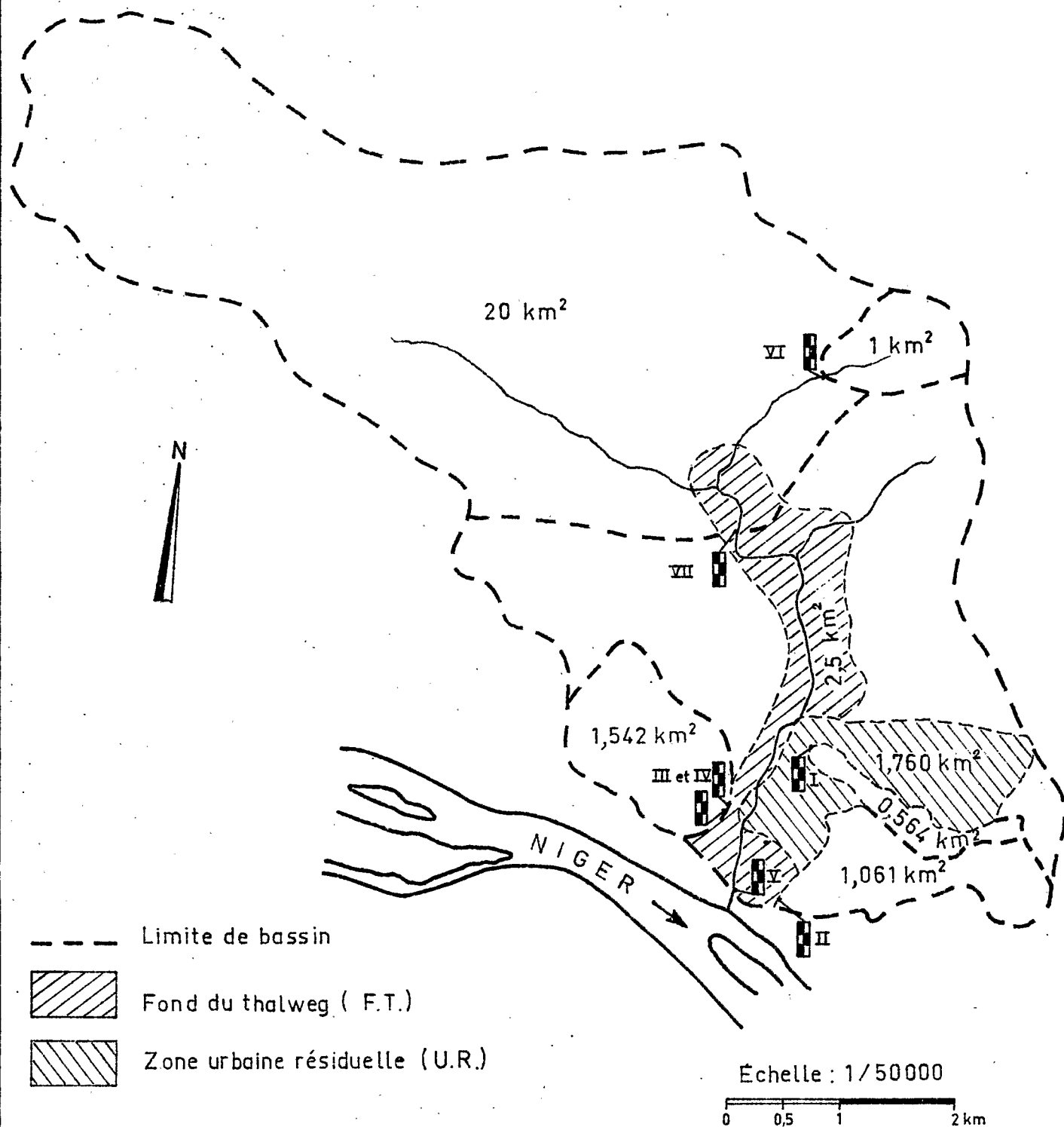
Avant 1963, aucune étude systématique n'avait été faite du ruissellement en zone urbaine en région tropicale. La première campagne d'observations et de mesures a été entreprise à NIAMEY par l'ORSTOM, en 1963, en exécution d'une commande du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques.

Les stations de mesures ont été aménagées sur le bassin du GOUNTI-YENA, et deux d'entre elles ont servi plus particulièrement à étudier le ruissellement en zone urbaine (bassins n° I et II), les autres étant destinées à fournir des éléments de comparaison.

On trouvera sur la carte n° 1 leurs emplacements respectifs, et ci-dessous les noms qui ont été donnés aux stations et aux bassins correspondants :

- n° I : Avenue SALAMA
- n° II : Dispensaire
- n° III-IV : B.A.O.-Trésor (les débits à la sortie de ce bassin étant répartis entre deux collecteurs parallèles, on a aménagé sur ceux-ci les stations n° III et n° IV et c'est la somme des débits mesurés à chacune d'elles qui a été prise en considération).
- n° V : Exutoire du GOUNTI-YENA
- n° VI : Petit bassin amont
- n° VII : Grand bassin amont

## BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA





## 1 - DESCRIPTION PHYSIQUE du BASSIN

### 1.1. CARACTERES NATURELS -

#### 1.1.1. Sols et végétation

L'ensemble des bassins étudiés, aussi bien en zone urbaine qu'à l'extérieur de l'agglomération de NIAMEY, présente des sols sableux perméables, sauf en certains endroits où l'on trouve des plaques de cuirasse ferrugineuse et des sables argileux rouges (bassin n° VI).

La flore naturelle est essentiellement formée par des arbustes clairsemés (*Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis*), et cette formation est d'autant plus dégradée que la pente et l'érosion sont plus fortes. Sur la plus grande partie de la moitié amont du bassin du GOUNTI-YENA (60 % de la superficie du bassin n° VII), on pratique la culture du mil. Enfin, les arbres plantés autour des villas ont parfois une densité et un développement très supérieurs à ceux de la flore naturelle, par exemple sur le bassin n° III - IV.

#### 1.1.2. Relief

La pente générale du terrain est faible sur la plus grande partie du bassin du GOUNTI-YENA, sauf aux abords immédiats de la station n° VII, en aval de celle-ci le long du thalweg principal, et dans les zones qui nous intéressent davantage : à l'extrémité aval du bassin n° III - IV et dans une bande de terrain orientée du Nord au Sud, d'environ 500 m de large, et traversant en son milieu la zone urbaine et en particulier le bassin n° II. La pente moyenne sur cette bande varie entre 10 et 30 m par km, ce qui est nettement supérieur à la moyenne générale.

L'érosion est sensible dans la partie amont du bassin n° VI, et l'on trouve des escarpements de terre tout au long du thalweg principal du GOUNTI YENA entre les stations n° V et VII et un peu au-delà de cette dernière vers l'amont.

## 1.2. CARACTERES LIES à l'URBANISATION -

### 1.2.1. Drainage artificiel

Un réseau de collecteurs d'eaux pluviales était construit avant le début des études, et le réseau n'a pas été modifié au cours des années 1963 à 1965, après que l'on eut vérifié l'absence de tout passage incontrôlable de débits d'un bassin à l'autre, passage qui caractérise les réseaux maillés.

Les caniveaux diffèrent entre eux essentiellement par leur largeur, de l'ordre de 1 à 2 mètres.

### 1.2.2. Forme des bassins

Il se trouve que les bassins n° I et II, représentatifs de la zone urbaine drainée par des caniveaux, ont une forme allongée aux contours très irréguliers, bien différents des limites topographiques naturelles.

### 1.2.3. Divers aspects de l'urbanisation

Le bassin n° I et la moitié orientale du bassin n° II sont situés dans la zone d'habitations africaines de construction traditionnelle : maisons de petite taille mais nombreuses et rapprochées, sol très tassé, rues relativement étroites, non goudronnées, mais formant un quadrillage serré. On trouve une urbanisation de ce type au-delà des limites du bassin n° I vers le N.E. jusqu'aux confins de l'agglomération.

La moitié occidentale du bassin n° II est couverte par le centre commercial et administratif et par quelques villas, et sillonnée par des routes goudronnées. Les arbres y sont plus nombreux.

La partie du bassin total n° V comprise entre l'exutoire et les limites aval des bassins n° I à IV est occupée en partie par des habitations du type traditionnel (quartier HAOUSSA), en partie par le prolongement du quartier commercial, sauf aux abords immédiats de l'exutoire, zone non urbanisée.

Le bassin n° III-IV est couvert de villas dispersées au milieu des jardins, traversé par deux routes goudronnées, et drainé par quelques caniveaux seulement dans sa partie aval; le réseau de drainage est donc nettement moins important que sur le reste de l'agglomération.

1.3. DESCRIPTION des BASSINS à l'AIDE des CARACTERISTIQUES PHYSIQUES CLASSIQUES -

Le tableau I résume les données relatives à chaque bassin, mais il faut se garder de l'utiliser sans précautions si l'on veut situer les bassins n° I et II par rapport à des bassins naturels.

L'hypsométrie des bassins n° I, II, III-IV, V et VII est précisée par les graphiques n° 2 à 6.

TABLEAU I

Caractéristiques physiques des bassins versants du GOUNTI-YENA

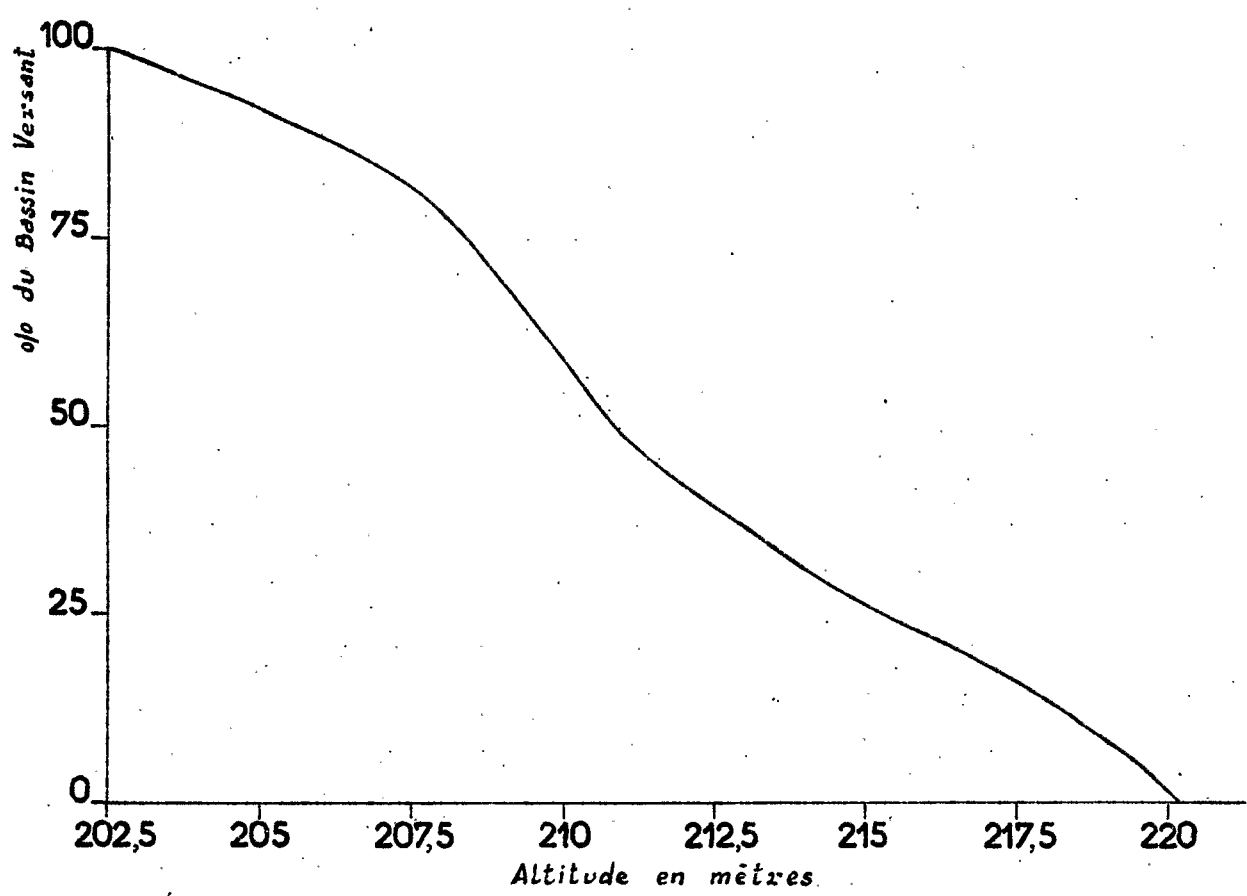
N° du bassin	I	II	III-IV	V	VI	VII
Superficie A (km <sup>2</sup> )	0,564	1,06	1,54	34,3	1,00	20,0
Périmètre P (km)	5,2	6,0	5,0	28	3,7	20,1
Indice de compacité $K_c = \frac{0,28 P}{\sqrt{A}}$	1,94	1,63	1,13	1,34	(xx)	1,26
Rectangle équivalent (L (km))	2,4	2,6	1,5	10,8	-	7,1
(l (km))	0,23	0,4	1	3,2	-	2,65
Indice de pente de ROCHE	0,086	0,092	0,106	0,061	-	0,057
Indice global de pente (m/km)	6,9	7,4	7,7	2,8	-	2,4
(x)						

N.B. (x) indice calculé en divisant par L la dénivelée entre les altitudes dépassées respectivement sur 5 % et 95 % du bassin.

(xx) valeur impossible à calculer, par suite du manque de carte à grande échelle.

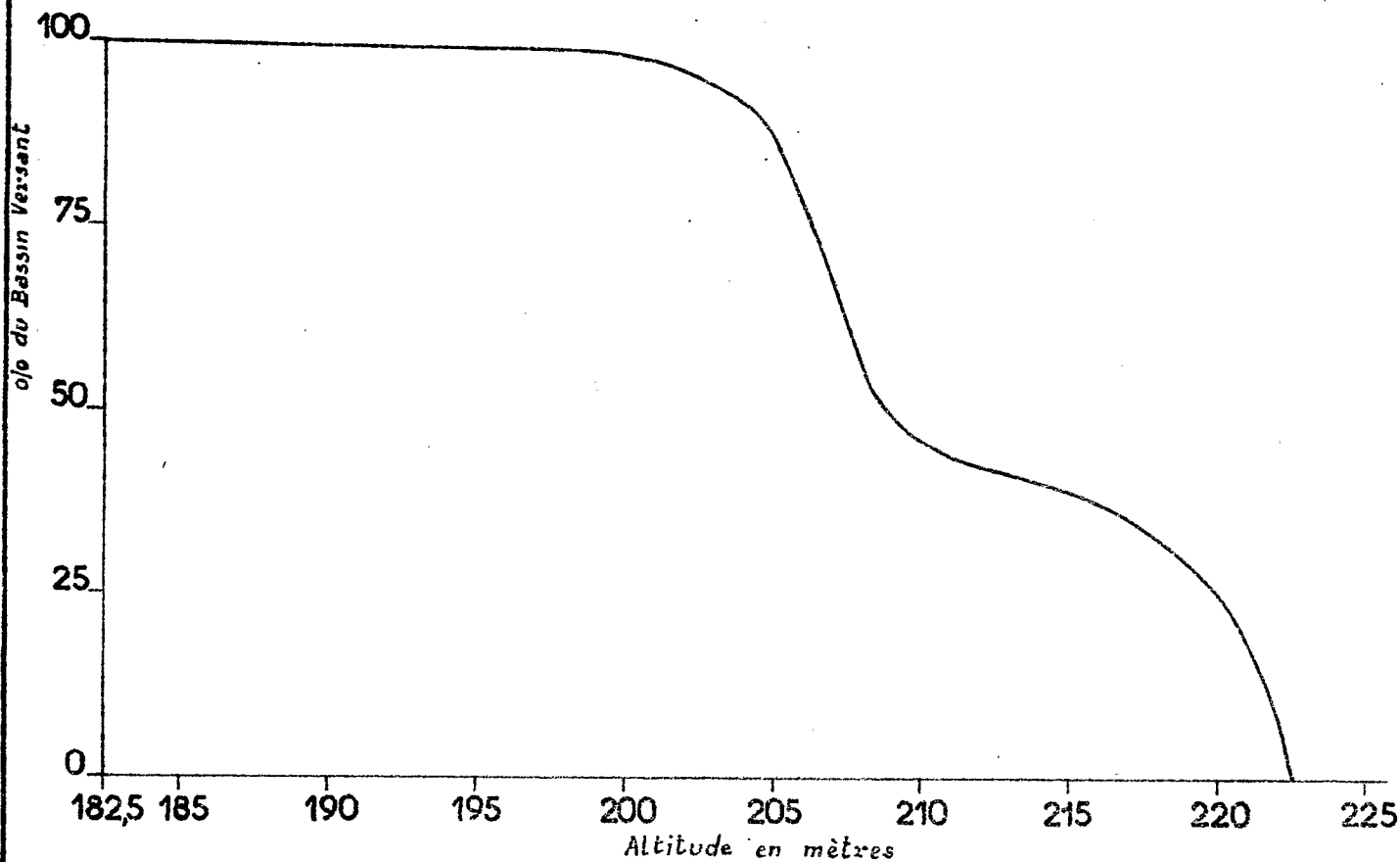
# BASSIN VERSANT DE L'AVENUE SALAMA

## COURBE HYPSONOMETRIQUE



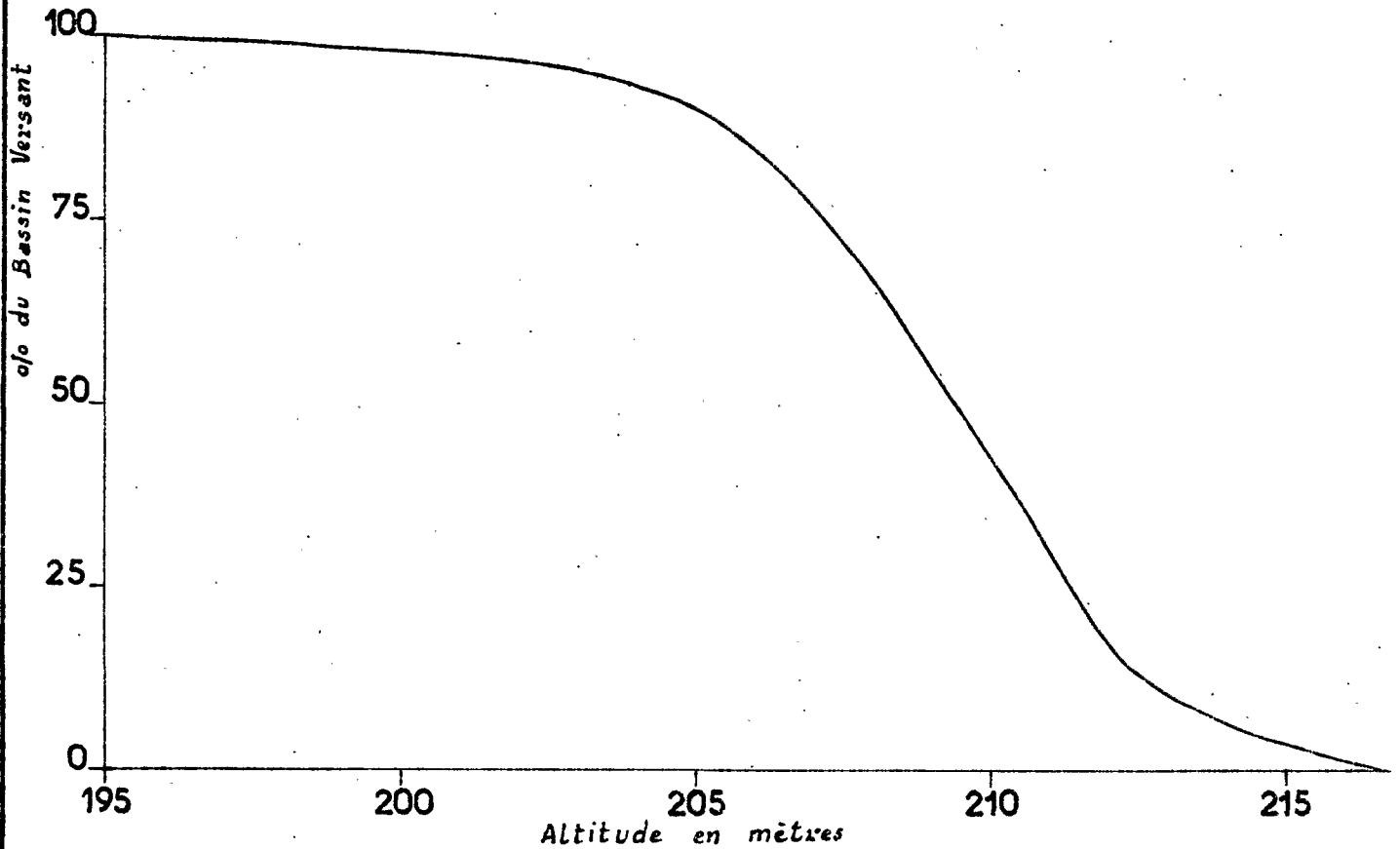
# BASSIN VERSANT DU DISPENSAIRE

## COURBE HYPSONOMETRIQUE



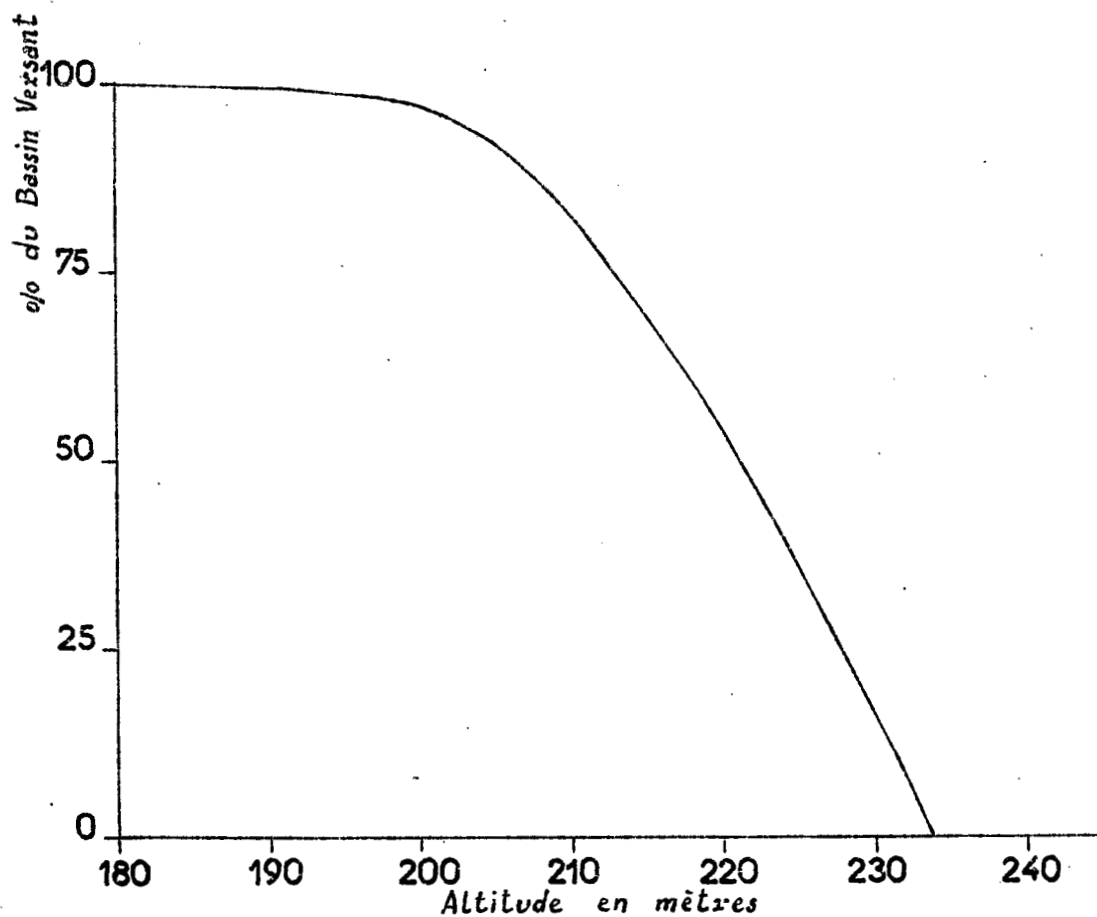
# BASSIN VERSANT DES CANIVEAUX COTE BAO. ET COTE TRESOR

## COURBE HYPSONOMETRIQUE



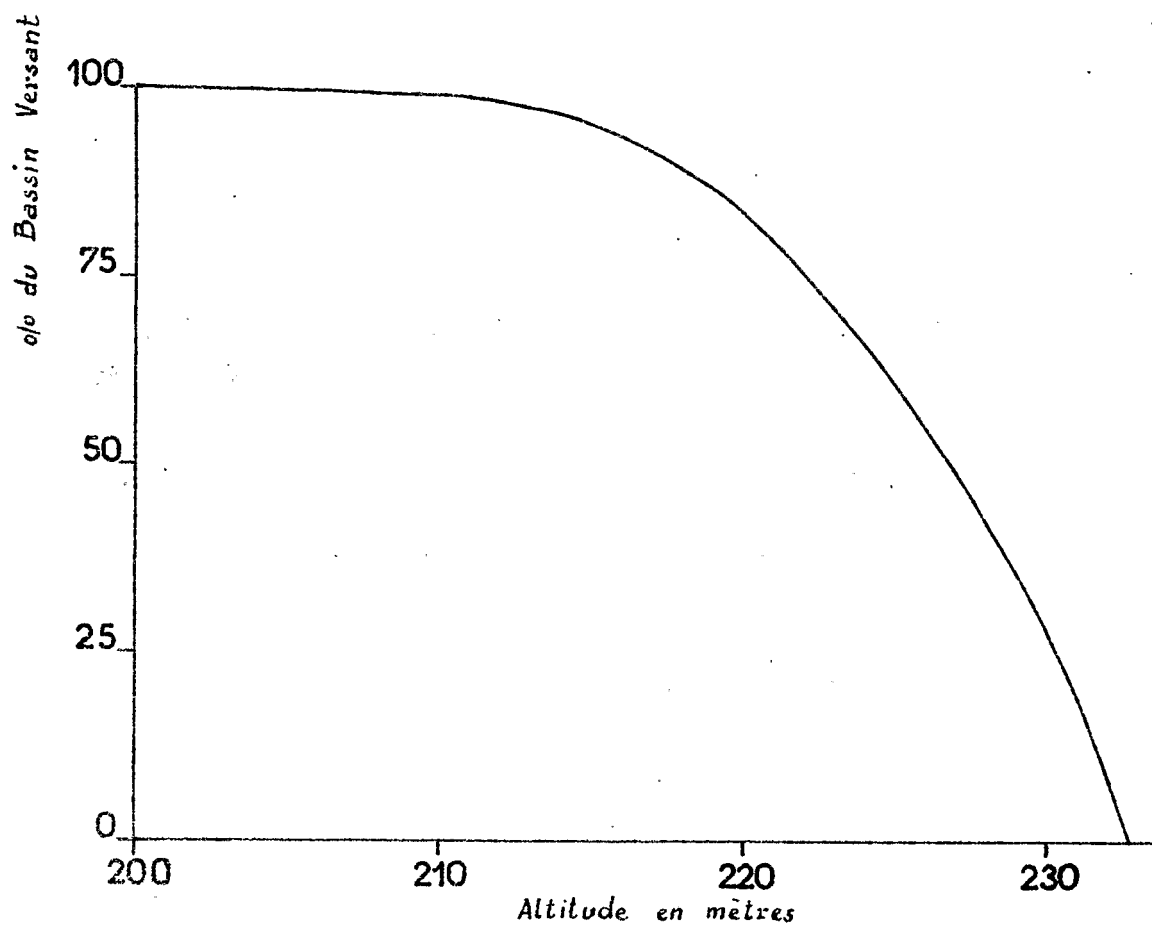
# BASSIN VERSANT DU GOUNTI YENA

## COURBE HYPSONOMETRIQUE



# GRAND BASSIN VERSANT AMONT

## COURBE HYPSONOMETRIQUE





## 2 - HISTORIQUE des OBSERVATIONS et DESCRIPTION de l'EQUIPEMENT

### 2.1. CAMPAGNES EFFECTUEES -

La première campagne réalisée en 1963 a permis de réunir quelques données relatives au ruissellement sur chacun des six bassins, et de voir que le bassin n° VII ne présente qu'exceptionnellement une réaction à la pluie : seules deux crues y ont été observées, bien que de façon imparfaite, et le débit maximal a dû être atteint le 27 Juillet 1963 (300 l/s).

Les crues observées sur les bassins n° I à VI étant toutes au maximum de l'ordre de la crue annuelle, on a décidé d'effectuer une autre campagne en maintenant le même dispositif de mesures.

Cependant, gênés par des difficultés financières, les hydrologues n'ont pu procéder qu'à des mesures très incomplètes en 1964, et c'est en 1965 qu'a été obtenue une nouvelle série de données intéressantes, qui a confirmé la très faible aptitude au ruissellement du bassin n° VII (débit maximal peut-être de l'ordre de 1 à 3 m<sup>3</sup>/s le 3 Septembre 1965) et a fourni des débits maximaux de crue plus élevés qu'en 1963 en ce qui concerne les bassins n° V et VI.

### 2.2. MESURES des DEBITS -

Les installations utilisées comportaient à chaque station un limnigraphe à flotteur et une échelle, ainsi qu'une passerelle pour faciliter les jaugeages. Ces derniers étaient effectués à la perche, et un équipement spécial s'était avéré nécessaire à la station n° V où la vitesse du courant peut dépasser 3 m/s et où les détritiques charriés par l'eau constituent un danger pour le matériel : on avait donc installé une passerelle à l'aval immédiat du pont de la route de l'Hôpital, afin d'opérer dans une section perpendiculaire au courant et plus près du plan d'eau que depuis le pont, et surtout afin de pouvoir manoeuvrer une perche de forte section à l'aide d'un treuil monté sur un chariot. L'écoulement, toujours à la station V, avait été régularisé par la rectification du radier sous le pont et l'aménagement d'une chute à l'aval de la passerelle.

Des jaugeages complets ont été effectués chaque fois que la variation de la cote était assez lente, et on a exploité les autres mesures de vitesses par la méthode d'intégration par verticale, le nombre des verticales fixes étant de 5 à 6 suivant les stations pour des largeurs totales de 2 à 5 mètres. Ce dépouillement a permis d'ajuster la formule de MANNING pour obtenir des courbes d'étalonnage de forme satisfaisante. Celles-ci ont d'ailleurs été contrôlés dans la gamme des plus forts débits par des mesures de vitesses superficielles.

En ce qui concerne la station n° VI, l'étalonnage a été fourni par la formule correspondant aux dimensions normalisées d'un jaugeur PARSHALL, mais ce dernier n'étant pas complètement installé au début de la première campagne, on n'a pas observé la crue du 14 Juillet 1963. Des jaugeages de contrôle ont amené à modifier légèrement la courbe de tarage théorique.

L'étalonnage des stations n° I à VI est traduit par les courbes figurant sur les graphiques n° 7 à 11.

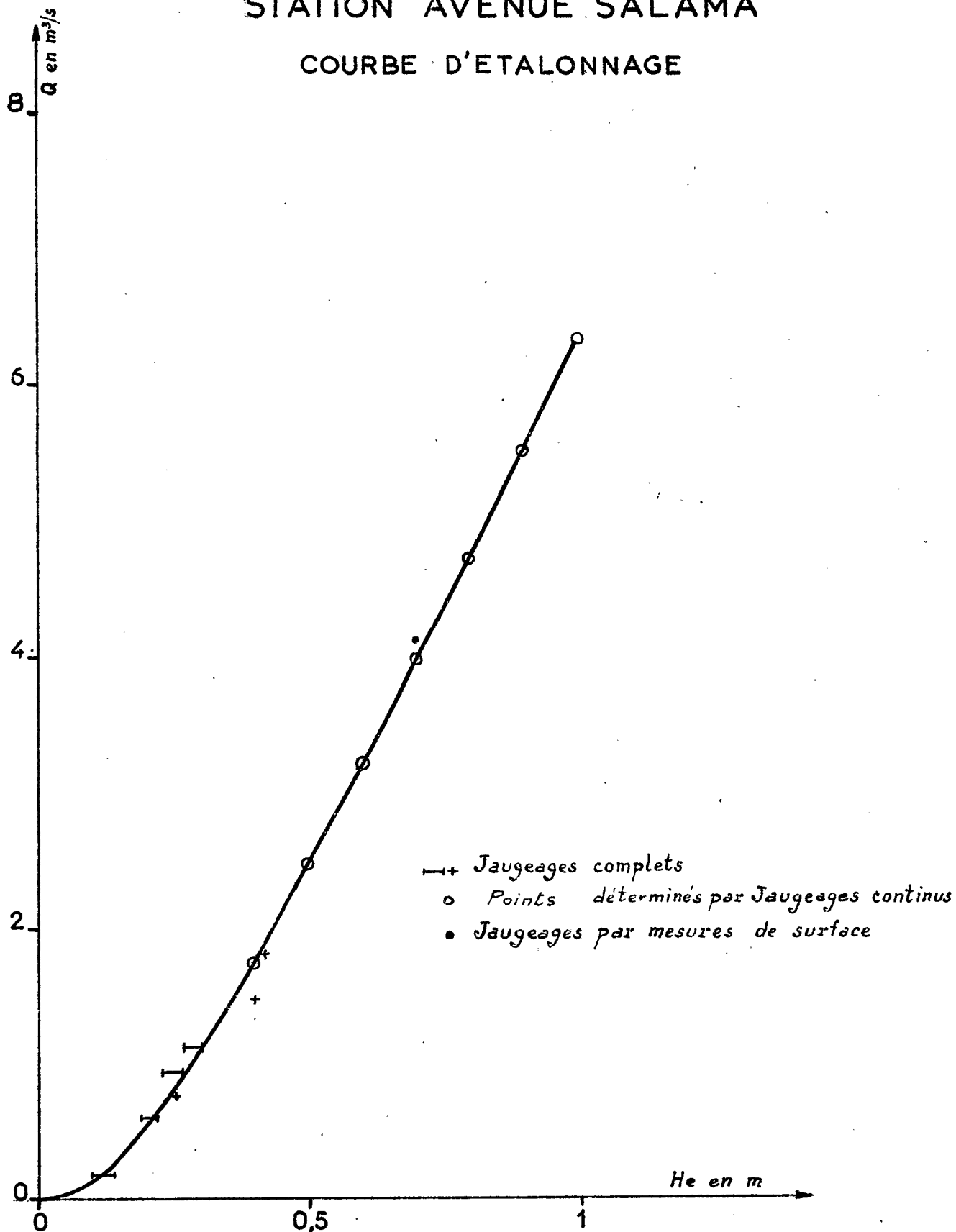
### 2.3. MESURES des PRECIPITATIONS -

L'équipement des bassins comportait dès le début des études 5 pluviographes situés chacun au milieu d'un des bassins n° I, II, III-IV, VI et VII, et 13 pluviomètres répartis sur l'ensemble des bassins mais avec une densité plus forte dans la zone urbanisée. Toutes les averses de Juillet à Septembre 1963 ont été mesurées sauf les 12, 15 et 21 Juillet à l'appareil P 12 et les 12 et 15 Juillet à l'appareil P 13.

En 1965, on a ajouté quelques pluviomètres, en particulier sur le bassin n° VI : le poste P 12, dans la partie amont du bassin n° VII, a été supprimé, et on a créé les postes P 15, P 16, P 17, P 19 et P 20. Ces derniers ont fonctionné à partir du 14 Juillet. Toutes les averses de Mai à Octobre ont été mesurées sur l'ensemble du réseau d'appareils, sauf celle du 9 Août observée seulement grâce aux enregistreurs, et celles du 1er et du 4 Septembre où certains appareils n'ont pas été relevés à temps et auxquels on a mesuré seulement la somme des hauteurs de pluie de l'averse citée et de celle du jour suivant.

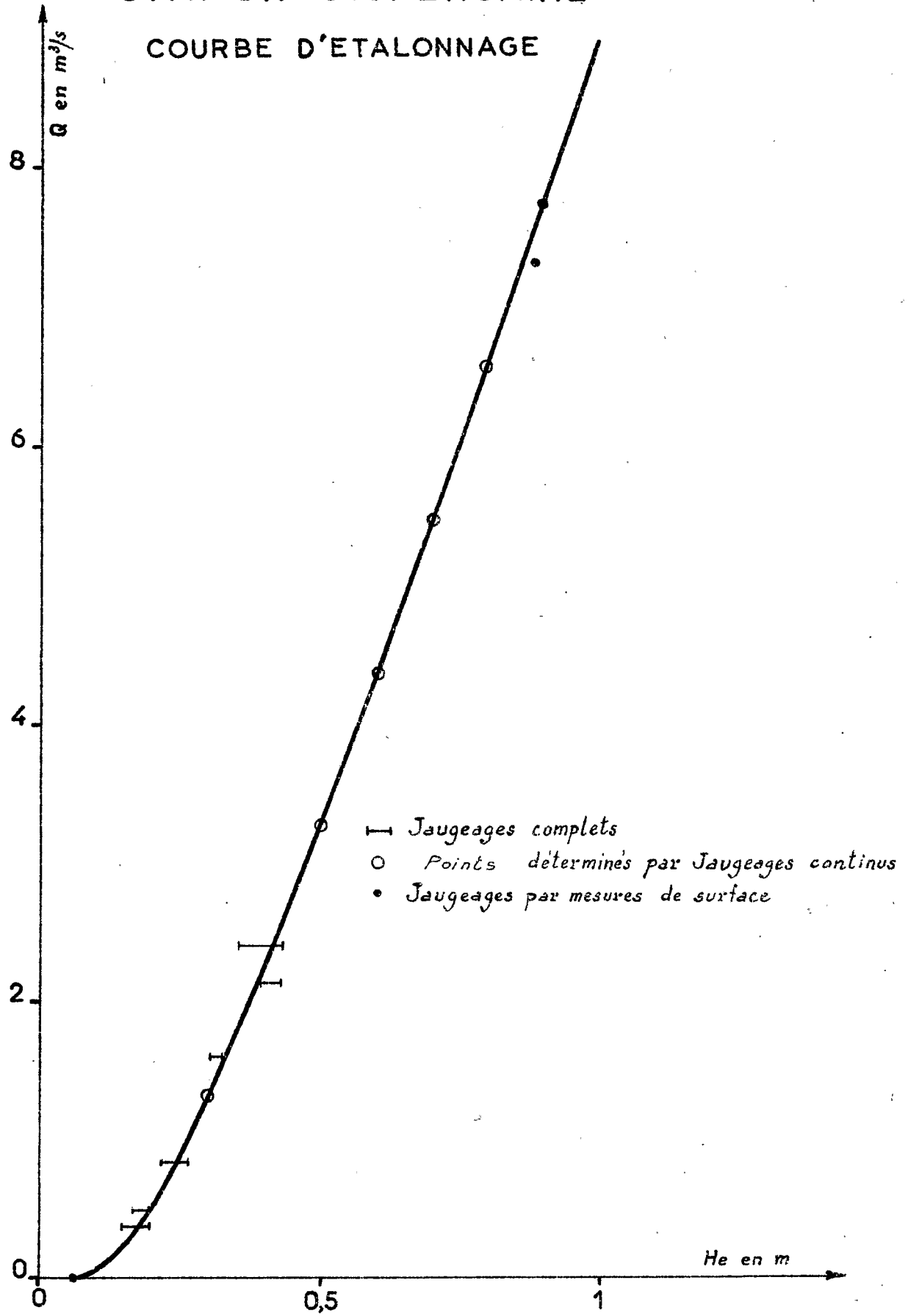
## STATION AVENUE SALAMA

## COURBE D'ETALONNAGE



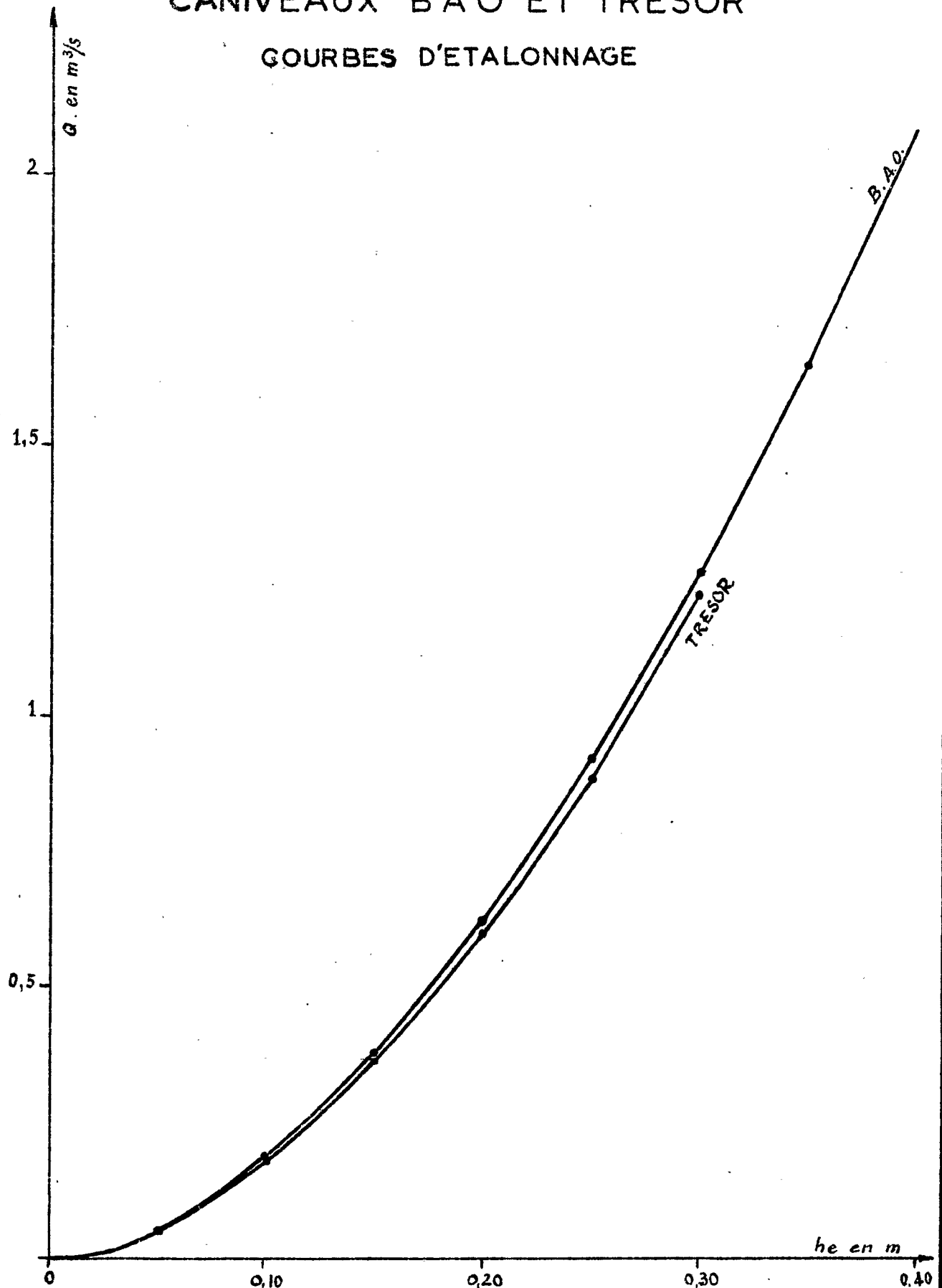
# STATION DISPENSAIRE

## COURBE D'ETALONNAGE



# CANIVEAUX BAO ET TRESOR

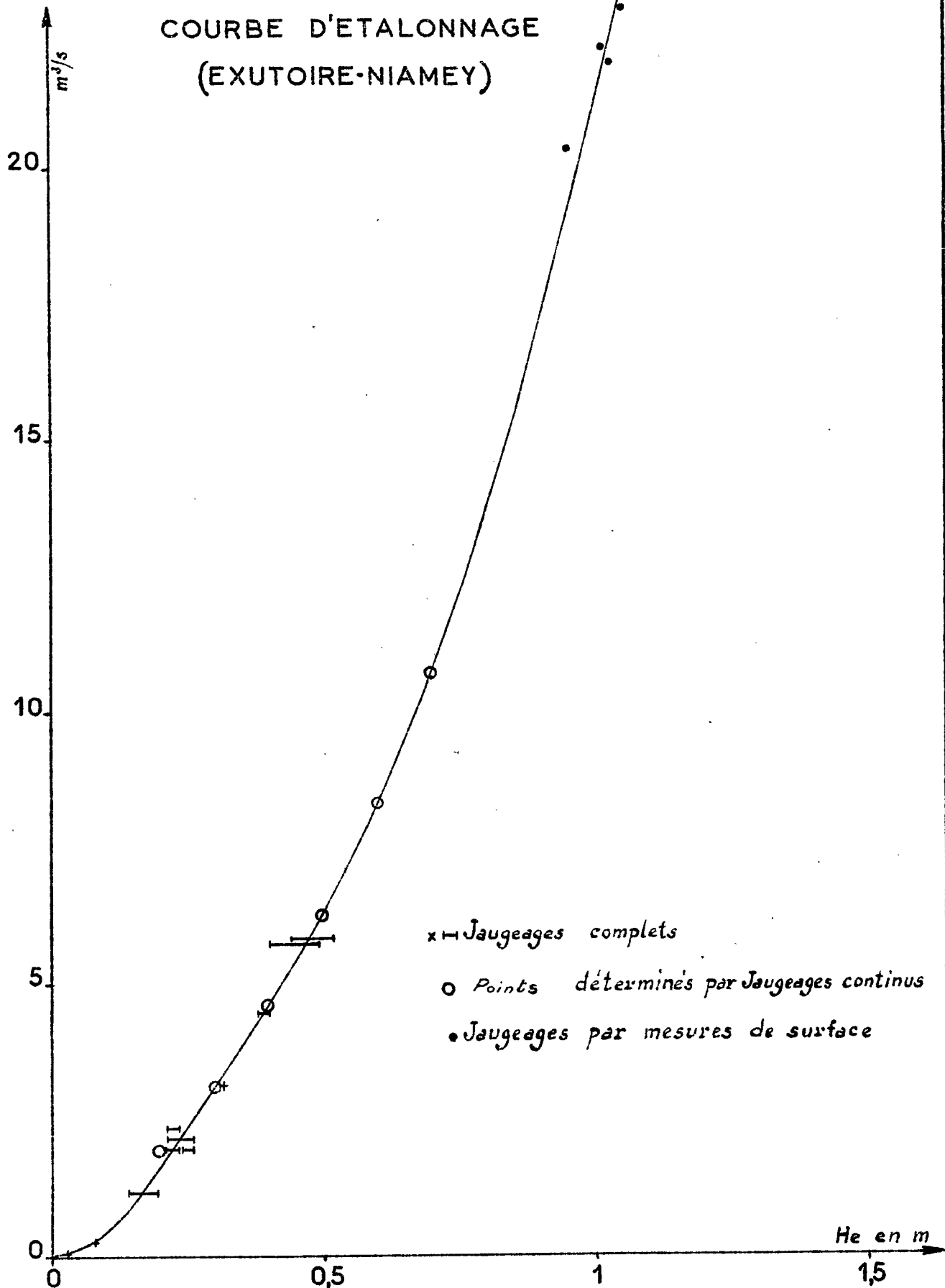
## GOURBES D'ETALONNAGE



# GOUNTI YENA

Gr.10

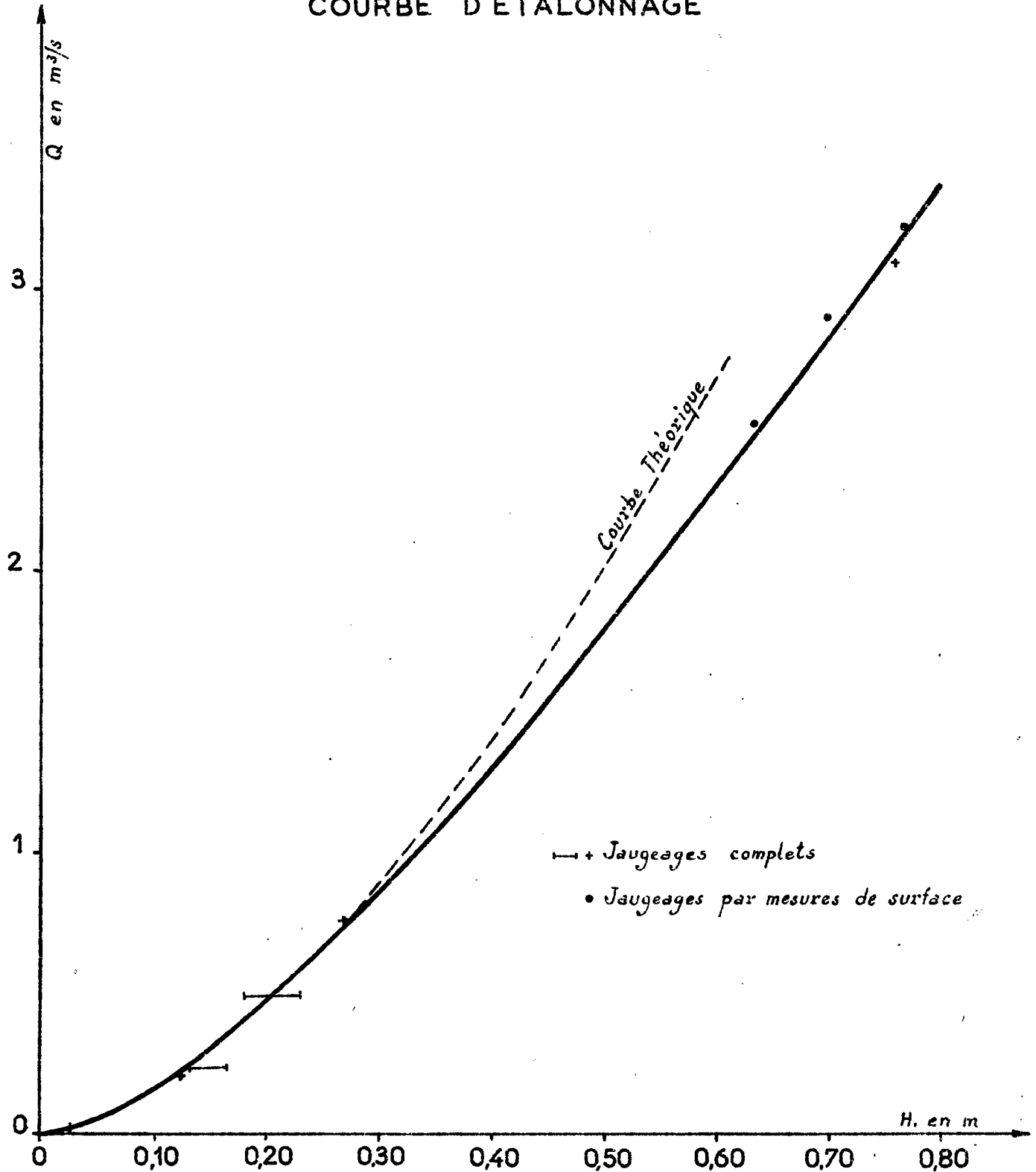
## COURBE D'ETALONNAGE (EXUTOIRE-NIAMEY)



## PETIT BASSIN VERSANT AMONT

(JUGEUR PARSHALL)

COURBE D'ETALONNAGE



3 - DONNEES RECUEILLIES à l'OCCASION des PRINCIPALES AVERSES

3.1. CAMPAGNES 1963 et 1965 -

Le tableau II donne quelques caractéristiques de 14 averses et des crues correspondantes, dont 8 ont eu lieu en 1963 et 6 en 1965. Pour le bassin n° V, tous les calculs ont été faits en considérant que la partie "active" du bassin n'occupe qu'une superficie de 7,43 km<sup>2</sup> comme il est indiqué plus loin au chapitre 6. Pour éviter toute confusion, les numéros des crues de 1963 sont indiqués entre parenthèses dans le texte ou cerclés sur les graphiques. Le tableau contient trois catégories de données concernant d'abord l'averse elle-même, ensuite l'état de saturation du sol, enfin la crue.

3.1.1. Les averses sont décrites par l'ensemble des données suivantes :

- $P_m$  : minimum observé de hauteur de pluie ponctuelle entre les postes situés sur chaque bassin ou à proximité immédiate :
- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| PE 1, P 1 et P 3               | pour le bassin n° I          |
| PE 2, P 2, P 4 et P 5          | " n° II                      |
| PE 3, P 7, P 8 et P 9          | " n° III-IV                  |
| PE 1, PE 2, PE 3 et P 1 à P 10 | pour le bassin n° V          |
| PE 5, P 15, P 16 et P 17       | " n° VI à partir d'Août 1965 |
- $P_M$  : maximum observé de hauteur de pluie ponctuelle, défini de la même façon que  $P_m$ .
- $\bar{P}$  : hauteur moyenne de l'averse sur chaque bassin, calculée par la méthode des zones d'influence de THIESSEN.
- $\bar{P}_u$  : hauteur moyenne de la "pluie utile" sur chaque bassin définie à partir de la "pluie utile" ponctuelle donnée par les relevés pluviographiques (hauteur de pluie partielle, l'averse étant limitée aux intervalles de temps où l'intensité est supérieure à 20 mm/h). La valeur moyenne  $\bar{P}_u$  est calculée en admettant que la différence  $(\bar{P} - \bar{P}_u)$  est la même que celle  $(P - P_u)$  mesurée au pluviographe du bassin. (Dans le cas du bassin n° V, on a pris la moyenne arithmétique des valeurs  $(P - P_u)$  mesurées aux pluviographes PE 1, PE 2, PE 3 et PE 5).



$I_5$  : intensité maximale de 5 minutes observée au pluviographe situé sur le bassin.

$I_{15}$  et  $I_{30}$  : intensités maximales de 15 et de 30 minutes

L'hypothèse ayant permis le calcul de  $\bar{P}_u$  peut être justifiée en considérant l'ensemble des données des pluviographes pour les 14 averses étudiées :

soit :  $P_i$  : la hauteur de pluie au pluviographe  $PE_i$   
 $P_{ui}$  : la pluie utile au pluviographe  $PE_i$   
 $D_i$  : la différence  $P_i - P_{ui}$   
 $P_{moy}$  : la moyenne arithmétique des  $P_i$   
 $P_{u\text{moy}}$  : " " des  $P_{ui}$   
 $D_{moy}$  : " " des  $D_i$  (on a :  $D_{moy} = P_{moy} - P_{u\text{moy}}$ ).

On a calculé des valeurs théoriques de  $P_{ui}$  (représentées par la notation  $p_{ui}$ ) de trois façons différentes :

a)  $p_{ui} = P_{u\text{moy}}$

b)  $p_{ui} = P_{u\text{moy}} \frac{P_i}{P_{moy}} = P_i - D_{moy} \frac{P_i}{P_{moy}}$

c)  $p_{ui} = P_i - D_{moy}$

L'écart moyen obtenu caractérisant l'estimation de  $P_{ui}$  par  $p_{ui}$  dans chacun des trois modes de calcul est :

a) 4,17 mm - b) 1,95 mm - c) 1,68 mm

On a alors essayé l'estimation suivante :

$$p_{ui} = P_i - \frac{D_{moy}}{2} \left( 1 + \frac{P_i}{P_{moy}} \right)$$

pour vérifier si le mode de calcul le plus satisfaisant n'était pas un mode intermédiaire entre b) et c) mais l'écart moyen étant 1,75 mm, il s'avère que la meilleure estimation de  $P_{ui}$  est obtenue par la formule c) en supposant que  $D_i$  a la même valeur partout pour une averse donnée. C'est l'hypothèse qui a été retenue pour estimer  $P_u$  sur un bassin où l'on ne possède qu'une valeur ponctuelle de  $P_u$  (1).

3.1.2. L'état de saturation du sol avant chaque averse est indiqué par la série des valeurs suivantes dans le tableau II :

$t_{a1}, t_{a2}, t_{a3}$  : nombre de jours écoulés depuis l'averse précédente, l'avant-dernière et l'antépénultième,

$P_{a1}, P_{a2}, P_{a3}$  : valeurs de  $P_M$  observées lors de chacune de ces averses (ou valeurs de  $P$  au poste PE 5 pour le bassin n° VI).

3.1.3. Les caractéristiques des crues fournies par le même tableau II sont les suivantes :

$t_m$  : temps de montée

$t_p$  : " de réponse

$T_B$  : " de base ou durée du ruissellement

$V_r$  : volume de ruissellement

$K_r$  : coefficient de ruissellement ( $K_r = \frac{L}{P}$ )

$L$  : lame d'eau équivalente au volume  $V_r$  réparti sur la surface du bassin ("lame ruisselée").

$Q_{\max r}$  : débit maximal de ruissellement

$k$  : rapport  $\frac{Q_{\max r}}{m}$  caractérisant la forme de l'hydrogramme ( $m$  étant le débit moyen de ruissellement, soit  $m = \frac{V_r}{T_B}$ )

---

(1) L'extrapolation des résultats d'une analyse de variables indépendantes (hauteurs d'averses en un point à différentes dates) à une série de variables liées (hauteurs d'une même averse en différents points) n'est peut-être pas rigoureuse, mais toutes les études actuelles à l'ORSTOM convergent vers le même résultat : la très faible variabilité dans l'espace et dans le temps de la traîne d'averse simple (c'est-à-dire de  $P = P_u$ ), au moins tant que la hauteur totale n'est pas trop forte, d'où le bien-fondé de cette extrapolation.

TABLEAU II

Caractéristiques d'averses et de crues

Bassin n° I (0,564 km<sup>2</sup>)

Campagne 1963

Date	P <sub>m</sub> et PM	P̄ mm	P̄ <sub>u</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>15</sub>	I <sub>30</sub>	t <sub>a1</sub> et P <sub>a1</sub>	t <sub>a2</sub> et P <sub>a2</sub>	t <sub>a3</sub> et P <sub>a3</sub>	t <sub>m</sub>	t <sub>p</sub>	T <sub>B</sub>	V <sub>r</sub> et K <sub>r</sub>	L mm	Q <sub>max r</sub> m <sup>3</sup> /s	k
N°							jours et mm				mn		m <sup>3</sup> et %			
14-7 (1)	36,9 60,0	51,1	35,1	208	131	84	3 3,5	10 1,0	> 15 x	20	10	80	11 160 39	19,8	5,46	2,4
21-7 (2)	13,4 24,0	18,6	15,6	94	70	37	6 60,0	9 3,5	16 1,0	25	15	65	5 210 50	9,25	3,00	2,2
27-7 (3)	53,2 61,0	56,8	37,8	136	124	85	3 7,2	5 12,9	6 24,0	25	20	80	9 020 28	16,0	4,40	2,3
1-8 (4)	16,5 19,5	18,2	14,7	50	44	34	2 11,0	5 61,0	8 7,2	15	15	50	2 590 25	4,60	1,94	2,3
15-8 (5)	31,7 36,5	34,0	16,0	86	65	43	4 1,0	5 1,0	7 21,0	20	-	60	3 840 20	6,81	2,20	2,1
28-8 (6)	18,0 21,7	19,9	8,4	66	37	26	1 16,3	3 3,6	5 15,0	-	-	80	2 170 19	3,85	1,04	-
1-9 (7)	25,3 32,1	27,4	12,4	70	45	30	4 21,7	5 16,3	7 3,6	(25)	15	80	2 260 15	4,00	2,36	-
4-9 (8)	25,8 30,0	28,2	20,7	114	81	51	2 1,0	3 32,1	7 21,7	(30)	-	70	4 010 25	7,10	3,88	4,1

TABLEAU II

Caractéristiques d'averses et de crues

Bassin n° I (0,564 km<sup>2</sup>)

Campagne 1965

Date et n°	P <sub>m</sub> et PM	$\bar{P}$	$\bar{P}_u$	I <sub>5</sub>	I <sub>15</sub>	I <sub>30</sub>	t <sub>a1</sub> et P <sub>a1</sub>	t <sub>a2</sub> et P <sub>a2</sub>	t <sub>a3</sub> et P <sub>a3</sub>	t <sub>m</sub>	t <sub>p</sub>	T <sub>B</sub>	V <sub>r</sub> et K <sub>r</sub>	L	Q <sub>maxr</sub>	k
	mm						jours et mm				mn		m <sup>3</sup> et %	mm	m <sup>3</sup> /s	
1-7 (1)	21,3 34,2	30,9	22,7	54	45	39	3 6,2	10 40,3	14 26,4	-	-	85	5 470 31	9,70	1,98	-
5-7 (2)	15,7 21,2	18,8	x	x	x	x	4 34,2	7 6,2	14 40,3	20	-	55	3 240 30	5,75	2,90	3,0
14-7 (3)	23,6 25,5	23,8	x	x	x	x	1 23,0	4 21,7	9 21,2	10	-	55	3 025 23	5,36	2,24	2,4
6-8 (4)	55,9 64,5	62,0	51,5	97	90	80	1 3,3	2 6,4	5 8,9	20	-	85	12 550 36	22,2	5,48	2,2
1-9 (5)	8,1 14,4	10,7	6,3	66	39	21	1 11,0	3 4,1	5 17,1	15	10	40	3 040 50	5,40	2,60	2,1
3-9 (6)	67,5 69,4	68,2	49,8	114	87	74	1 12,2	2 22,6	3 11,0	(35)	-	120	13 900 36	24,6	4,66	2,4

TABLEAU II

Caractéristiques d'averses et de crues

Bassin n° II (1,061 km<sup>2</sup>)

Campagne 1963

Date et N°	P <sub>m</sub> et P <sub>M</sub>	$\bar{P}$ mm	$\bar{P}_u$	I <sub>5</sub>	I <sub>15</sub> mm/h	I <sub>30</sub>	t <sub>a1</sub> et P <sub>a1</sub>	t <sub>a2</sub> et P <sub>a2</sub>	t <sub>a3</sub> et P <sub>a3</sub>	t <sub>m</sub>	t <sub>p</sub>	T <sub>B</sub>	V <sub>r</sub> et K <sub>r</sub>	L	Q <sub>maxr</sub> mm <sup>3</sup> /s	k
14-7 (1)	48,5 65,0	53,7	39,2	186	151	97	3 2,2	10 1,6	15 x	35	20	100	25 740 45	24,2	8,40	2,0
21-7 (2)	15,3 20,0	18,2	14,2	96	62	35	6 65,0	9 2,2	16 1,6	15	15	50	3 770 20	3,55	3,22	2,6
27-7 (3)	47,5 61,5	53,7	28,2	132	90	73	3 3,2	5 18,7	6 20,0	30	20	90	16 860 30	15,9	7,10	2,3
1-8 (4)	16,9 20,3	18,1	13,6	52	42	31	2 12,2	5 61,5	8 3,2	15	25	55	3 660 19	3,45	2,55	2,3
15-8 (5)	26,0 35,5	31,5	15,0	66	56	39	4 0,8	5 2,1	7 26,0	15	-	65	5 160 15	4,86	2,75	2,1
28-8 (6)	16,2 20,0	18,5	4,5	49	29	23	1 19,6	3 3,5	5 17,0	-	-	90	3 690 19	3,48	1,50	-
1-9 (7)	22,0 37,2	29,1	13,1	84	59	36	4 20,0	5 19,6	7 3,5	15	15	100	4 800 16	4,52	3,20	-
4-9 (8)	25,1 30,5	28,3	20,8	128	79	48	2 0,7	3 37,2	27 20,0	25	20	80	9 600 32	9,05	5,55	2,8

TABLEAU II

Caractéristiques d'averses et de crues

Bassin n° II (1,061 km<sup>2</sup>)

Campagne 1965

Date et N°	P <sub>m</sub> et P <sub>M</sub>	$\bar{P}$	$\bar{P}_u$	I <sub>5</sub>	I <sub>15</sub>	I <sub>30</sub>	t <sub>a1</sub> et P <sub>a1</sub>	t <sub>a2</sub> et P <sub>a2</sub>	t <sub>a3</sub> et P <sub>a3</sub>	t <sub>m</sub>	t <sub>p</sub>	T <sub>B</sub>	V <sub>r</sub> et Kr	L	Q <sub>maxr</sub>	k
	mm			mm/h			jours et mm				mn		m <sup>3</sup> et %	mm	m <sup>3</sup> /s	
1-7 (1)	29,7 39,8	33,8	27,6	69	52	42	3 6,2	10 45,2	14 21,3	-	-	90	8 070 22	7,60	2,50	-
5-7 (2)	14,7 21,1	18,1	10,0	80	52	33	4 39,8	7 6,2	14 45,2	15	20	40	2 820 15	2,66	3,00	2,6
14-7 (3)	23,5 29,6	26,4	14,1	63	45	31	1 20,5	4 18,2	9 21,1	15	30	50	4 710 17	4,45	3,27	2,1
6-8 (4)	56,0 66,1	62,8	55,7	105	98	86	1 2,4	2 3,6	5 5,5	-	-	130	36 270 54	34,2	8,40	1,8
1-9 (5)	10,0 16,3	12,4	7,1	60	40	25	1 10,7	3 5,0	5 15,5	15	15	50	4 140 31	3,90	3,25	2,4
3-9 (6)	51,4 66,3	61,8	44,2	75	70	66	1 15,3	2 24,0	3 10,7	(55)	-	160	32 280 49	30,4	7,85	2,3

TABEAU II

Caractéristiques d'averses et de crues

Bassin n° III-IV (1,542 km<sup>2</sup>)

Campagne 1963

Date et N°	$P_{m\text{ et }P_M}$	$\bar{P}$	$\bar{P}_u$	$I_5$	$I_{15}$	$I_{30}$	$t_{a1\text{ et }P_{a1}}$	$t_{a2\text{ et }P_{a2}}$	$t_{a3\text{ et }P_{a3}}$	$t_m$	$t_p$	$T_B$	$V_r\text{ et }K_r$	$L$	$Q_{max}$	$k$
	mm	mm	mm	mm/h	mm/h	mm/h	jours et mm			mn	mn	mn	m <sup>3</sup> et %	mm	m <sup>3</sup> /s	
14-7 (1)	46,2 69,5	52,4	44,4	115	99	81	3 3,6	> 15 x	> 15 x	15	5	55	4 160 5	2,70	2,60	2,1
21-7 (2)	14,0 20,2	16,0	12,0	72	52	30	6 69,5	9 3,6	> 15 x	10	10	35	540 2	0,35	0,56	2,2
27-7 (3)	49,1 60,9	53,8	37,8	168	132	86	3 2,0	5 18,3	6 20,2	-	-	60	3 050 4	1,98	1,92	2,3
1-8 (4)	18,5 20,2	18,7	11,9	36	31	28	2 10,0	5 60,9	8 2,0	x	x	x	x	x	x	x
15-8 (5)	27,0 30,0	27,7	10,2	38	33	26	4 0,4	5 1,0	7 27,6	-	-	-	≈ 0	≈ 0	≈ 0	-
28-8 (6)	19,4 24,5	21,7	10,2	75	45	31	1 16,5	3 6,5	5 10,8	-	-	70	360 1,1	0,23	0,17	-
1-9 (7)	34,7 38,5	36,9	21,4	77	61	43	4 24,5	5 16,5	7 6,5	-	-	55	1 080 2	0,70	0,78	-
4-9 (8)	22,0 27,0	24,2	18,7	80	72	44	2 1,0	3 38,5	7 24,5	10	5	50	1 740 5	1,13	1,26	2,2

TABLEAU II

Caractéristiques d'averses et de crues

Bassin n° III-IV (1,542 km<sup>2</sup>)

Campagne 1965

Date et N°	$P_m$ et $P_M$	$\bar{P}$	$\bar{P}_u$	$I_5$	$I_{15}$	$I_{30}$	$t_{a1}$ et $P_{a1}$	$t_{a2}$ et $P_{a2}$	$t_{a3}$ et $P_{a3}$	$t_m$	$t_p$	$T_B$	$V_r$ et $K_r$	$L$	$Q_{max}^r$	$k$
	mm			mm/h			jours et mm			mn			m <sup>3</sup> et %	mm	m <sup>3</sup> /s.	
1-7 (1)	20,2 27,1	22,4	17,6	66	54	38	3 12,0	10 39,7	14 27,9	-	-	75	400 1,2	0,26	0,18	-
5-7 (2)	18,8 21,5	20,6	16,8	70	56	38	4 27,1	7 12,0	14 39,7	10	10	35	420 1,3	0,27	0,90	4,5
14-7 (3)	18,3 22,0	19,3	7,3	45	30	20	1 35,0	4 13,7	9 21,5	10	15	35	180 0,6	0,12	0,16	1,9
6-8 (4)	47,2 51,0	49,2	45,0	102	71	62	1 20,9	2 1,7	5 4,6	-	-	65	3 120 4,1	2,02	1,68	2,1
1-9 (5)	9,8 12,3	11,2	9,9	44	35	22	1 15,0	3 4,7	5 20,2	10	5	25	190 1,1	0,12	0,33	2,5
3-9 (6)	51,1 54,3	52,1	36,9	102	79	60	1 13,2	2 18,9	3 15,0	-	-	80	2 990 3,7	1,94	1,90	3,1



TABLEAU II

Caractéristiques d'averses et de crues

Bassin n° V (7,43 km<sup>2</sup>)

Campagne 1963

Date et N°	$P_m$ et $P_M$	$\bar{P}$	$\bar{P}_u$	$t_{a1}$ et $P_{a1}$	$t_{a2}$ et $P_{a2}$	$t_{a3}$ et $P_{a3}$	$t_m$	$t_p$	$T_B$	$V_r$ et $K_r$	L	$Q_{max}^r$	k
	mm			jours et mm				mn		$\frac{m^3}{s}$ et %	mm	$\frac{m^3}{s}$	
14-7 (1)	36,9 69,5	53,9		3 3,6	10 1,6	>15 x	45	40	140	57 120 14	7,72	13,60	2,0
21-7 (2)	13,4 24,0	19,4	16,4	6 69,5	9 3,6	16 1,6	20	15	150	14 740 10	1,99	5,25	3,2
27-7 (3)	47,5 61,5	55,4	35,4	3 7,2	5 18,7	6 24,0	35	35	130	59 520 15	8,10	17,7	2,3
1-8 (4)	16,5 20,3	18,2		2 12,2	5 61,5	8 7,2	25	20	130	11 420 9	1,55	5,00	3,4
15-8 (5)	26,0 36,5	30,6		4 1,0	5 2,1	7 27,6	-	-	120	15 460 7	2,09	4,66	2,2
28-8 (6)	16,2 24,5	21,4	9,7	1 19,6	3 6,5	5 17,0	-	-	140	14 930 9	2,02	4,20	2,4
1-9 (7)	22,0 38,5	32,4	16,9	4 24,5	5 19,6	7 6,5	-	-	130	18 770 8	2,54	5,85	2,4
4-9 (8)	22,0 30,5	27,0	20,1	2 1,0	3 38,5	7 24,5	20	20	130	30 530 15	4,12	10,8	2,8

TABIEAU II

Caractéristiques d'averses et de crues

Bassin n° V (7,43 km<sup>2</sup>)

Campagne 1965

Date et N°	P <sub>m</sub> et P <sub>M</sub>	$\bar{P}$	$\bar{P}_u$	t <sub>a1</sub> et P <sub>a1</sub>	t <sub>a2</sub> et P <sub>a2</sub>	t <sub>a3</sub> et P <sub>a3</sub>	t <sub>m</sub>	t <sub>p</sub>	T <sub>B</sub>	V <sub>r</sub> et K <sub>r</sub>	L	Q <sub>max</sub> <sup>r</sup>	k
	mm			jours et mm				mn		m <sup>3</sup> et %	mm	m <sup>3</sup> /s	
1-7 (1)	20,2 39,8	27,5	19,7	3 12,0	10 45,2	14 32,0	60	-	110	21 000 10	2,84	5,50	1,7
5-7 (2)	14,7 21,5	19,7		4 39,8	7 12,0	14 45,2	30	25	80	14 160 10	1,91	6,00	2,0
14-7 (3)	17,6 29,6	22,3		1 35,0	4 21,7	9 21,5	40	-	80	16 080 10	2,17	5,80	1,7
6-8 (4)	47,2 66,1	55,5	49,7	1 20,9	2 6,4	5 8,9	60	-	130	94 800 23	12,80	25,60	2,1
1-9 (5)	8,1 16,3	11,3	8,1	1 15,0	3 5,0	5 20,2	15	15	80	11 000 16	1,48	5,30	2,3
3-9 (6)	50,8 69,4	59,0	43,9	1 16,2	2 24,0	3 15,0	30	-	250	115 000 26	15,55	24,20	3,2

TABLEAU II

Caractéristiques d'averses et de crues

Bassin n° VI (1,00 km<sup>2</sup>)

Campagne 1963

Date et N°	$\bar{P}$ mm	$\bar{P}_u$	$I_5$	$I_{15}$ mm/h	$I_{30}$	$t_{a1}$ et $P_{a1}$	$t_{a2}$ et $P_{a2}$	$t_{a3}$ et $P_{a3}$	$t_m$	$t_p$	$T_B$	$V_r$ et $K_r$	L	$Q_{max}$	$P$ k
						jours et mm				mn		m <sup>3</sup> et %	mm	m <sup>3</sup> /s	
14-7 (1)	38,5	x	x	x	x	> 15 x	> 15 x	> 15 x	x	x	x	x	x	x	x
21-7 (2)	11,0	10,0	62	39	20	6 38,5	> 15 x	> 15 x	10	5	20	37 0,4	0,04	0,064	2,1
27-7 (3)	60,0	42,0	115	94	80	3 1,2	5 7,5	6 11,0	55	5	160	6 720 11	6,7	1,80	2,6
1-8 (4)	15,0	12,0	45	40	29	2 12,4	5 60,0	8 1,2	40	15	150	1 680 11	1,68	0,70	3,7
15-8 (5)	45,0	x	x	x	x	5 0,4	7 9,8	9 9,0	30	-	110	3 260 7	3,26	1,38	2,8
28-8 (6)	21,0	11,0	82	47	28	1 11,7	3 10,9	5 11,7	-	-	200	2 110 10	2,11	0,67	-
1-9 (7)	26,6	11,0	54	38	27	4 21,0	5 11,7	7 10,9	20	7	140	1 410 5	1,41	0,73	4,3
4-9 (8)	29,2	22,0	120	87	51	2 3,0	3 26,6	7 21,0	10	< 5	100	3 600 12	3,60	1,58	2,6

TABLEAU II  
 Caractéristiques d'averses et de crues  
 Bassin n° VI (1,00 km<sup>2</sup>)  
 Campagne 1965

Date et N°	P <sub>m</sub> et P <sub>M</sub>	$\bar{P}$	$\bar{P}_u$	I <sub>5</sub>	I <sub>15</sub>	I <sub>30</sub>	t <sub>a1</sub> et P <sub>a1</sub>	t <sub>a2</sub> et P <sub>a2</sub>	t <sub>a3</sub> et P <sub>a3</sub>	t <sub>m</sub>	t <sub>p</sub>	T <sub>B</sub>	V <sub>r</sub> et K <sub>r</sub>	L	Q <sub>max r</sub>	k
	mm			mm/h			jours et mm			mn			m <sup>3</sup> et %	mm	m <sup>3</sup> /s	
1-7 (1)	-	12,0	0	18	18	16	3 10,4	10 21,0	14 15,9	-	-		300 2,4	0,30	0,20	-
5-7 (2)	-	22,5	20,0	118	66	41	4 12,0	7 10,4	14 21,0	7	< 5	80	2 140 9,5	2,14	1,77	3,9
14-7 (3)	-	22,4	13,0	70	55	33	1 28,1	4 5,9	9 22,5	15	5	80	1 400 6,2	1,40	0,64	2,2
6-8 (4)	16,6 26,0	23,0	20,2	56	50	39	1 6,1	5 5,2	7 3,6	30	-	120	2 230 10	2,23	0,80	2,6
1-9 (5)	14,3 18,8	16,8	15,0	151	70	35	1 6,3	3 0,7	5 15,8	12	10	140	2 500 15	2,50	1,18	3,9
3-9 (6)	72,1 84,2	75,3	66,2	92	82	75	1 5,8	2 24,8	3 6,3	-	-	180	13 990 19	14,00	3,32	2,6

On n'a donné les valeurs de  $t_m$  et de  $t_p$  que lorsque leur détermination peut se faire sans ambiguïté.

Les valeurs de  $t_m$  données entre parenthèses se rapportent à des crues dont la montée n'a pas été d'emblée très rapide, comme c'est le cas général.

Au chapitre 6, on trouvera un tableau présenté dans un ordre différent : il résume pour chaque phénomène "averse-crue", pris l'un après l'autre, quelques-unes des données relatives à ce phénomène sur l'ensemble des bassins.

### 3.2. OBSERVATIONS EFFECTUEES en 1964 -

Comme il a été dit au paragraphe 2.1., les données recueillies en 1964 sont très fragmentaires. La plupart d'entre elles, pour cette raison, ne pouvaient servir à vérifier les résultats de l'analyse des données de 1963 et 1965. C'est pourquoi nous ne présentons que les caractéristiques de deux crues bien observées dans la zone urbaine :

#### 3.2.1 - Crue n° 2 du 31 Août au 1er Septembre 1964

Les hauteurs de pluies mesurées sont, en mm :

Poste	P	Poste	P	Poste	P	Poste	P	Poste	P	Poste	P
PE <sub>1</sub>	66,5	PE <sub>4</sub>	31,1	P <sub>2</sub>	61,9	P <sub>5</sub>	58,3	P <sub>8</sub>	x	P <sub>11</sub>	24,9
PE <sub>2</sub>	62,0	PE <sub>5</sub>	37,1	P <sub>3</sub>	61,4	P <sub>6</sub>	55,5	P <sub>9</sub>	47,0	P <sub>12</sub>	31,8
PE <sub>3</sub>	41,3	P <sub>1</sub>	58,5	P <sub>4</sub>	70,8	P <sub>7</sub>	51,4	P <sub>10</sub>	55,3	P <sub>13</sub>	27,2

Pour le bassin n° I, on a, les notations étant les mêmes que pour les crues décrites dans le tableau II :

$\bar{P}$	= 62,3 mm	$\bar{P}_u$	= 43,8 mm		
$V_r$	= 13 360 m <sup>3</sup>	L	= 23,7 mm	$K_r$	= 38,0 %
$t_m$	= 35 mn	$t_p$	= 15 mn	$T_B$	= 105 mn
$Q_{maxr}$	= 4,66 m <sup>3</sup> /s	k	= 2,20		

Pour le bassin n° II, on a :

$\bar{P}$	= 63,3 mm	$\bar{P}_u$	= 44,9 mm		
$V_r$	= 30 900 m <sup>3</sup>	L	= 29,1 mm	$K_r$	= 46,0 %
$t_m$	= 45 mn	$t_p$	mal observé	$T_B$	= 145 mn
$Q_{maxr}$	= 8,00 m <sup>3</sup> /s	k	= 2,25		

3.2.2. Crue n° 10 du 25 Septembre 1964

Les hauteurs de pluie mesurées sont, en mm :

: Poste	: Poste	: Poste	: Poste	: Poste	: Poste	: Poste					
:	P :	P :	P :	P :	P :	P :					
: PE <sub>1</sub>	19,3	: PE <sub>4</sub>	30,0	: P <sub>2</sub>	17,4	: P <sub>5</sub>	21,5	: P <sub>8</sub>	34,4	: P <sub>11</sub>	25,4
: PE <sub>2</sub>	18,6	: PE <sub>5</sub>	30,2	: P <sub>3</sub>	16,5	: P <sub>6</sub>	24,4	: P <sub>9</sub>	29,5	: P <sub>12</sub>	41,6
: PE <sub>3</sub>	33,2	: P <sub>1</sub>	20,6	: P <sub>4</sub>	15,3	: P <sub>7</sub>	31,6	: P <sub>10</sub>	26,6	: P <sub>13</sub>	29,7

Pour le bassin n° II, on a :

$$\begin{array}{llll} \bar{P} & = & 18,4 \text{ mm} & \bar{P}_u & = & 10,8 \text{ mm} \\ V_r & = & 1\,485 \text{ m}^3 & L & = & 1,40 \text{ mm} & K_r & = & 7,60 \% \\ t_m & = & 10 \text{ mn} & t_p & = & 10 \text{ mn} & T_B & = & 65 \text{ mn} \\ Q_{\text{maxr}} & = & 0,86 \text{ m}^3/\text{s} & k & = & 2,25 & & & \end{array}$$

3.2.3. Remarque :

Parmi toutes les crues observées plus ou moins complètement en 1964, aucune ne semble avoir donné lieu à un volume de ruissellement ou à un débit maximal de ruissellement supérieur aux plus fortes valeurs connues, pour aucun des bassins étudiés.

#### 4 - RELATIONS EXISTANT entre la "LAME RUISSELEE" et les FACTEURS qui la DETERMINENT

On a cherché la méthode la plus adéquate permettant de déterminer la "lame ruisselée"  $L$  en fonction des caractéristiques des averses et de l'état de saturation du sol, ceci en ce qui concerne les bassins n° I et II, puisque ce sont eux qui représentent le mieux la zone urbanisée dont on veut connaître l'aptitude au ruissellement. En fait, la méthode retenue est également une des meilleures qui soient applicables aux autres bassins, mais on ne sait pas si c'est celle qui utilise au mieux l'information recueillie car on a effectué beaucoup moins d'essais que pour les bassins n° I et II. D'ailleurs, comme on le sentira plus loin pour le bassin n° III-IV, la variation de la déviation moyenne, suivant le choix du facteur principal du ruissellement, est inférieure à la correction que l'on peut introduire du fait d'un facteur secondaire.

##### 4.1. Cas des bassins de la zone urbanisée (n° I et II)

On a essayé de considérer  $L$  comme fonction de la hauteur moyenne de l'averse  $P$ , les écarts étant justifiés par la valeur d'un facteur secondaire représentant l'intensité de l'averse et déduit des données du pluviographe du bassin :  $I_5$ ,  $I_{15}$ , ou  $I_{30}$ , ou encore  $P_u$  ou  $P'_u$ , "pluie utile" définie ponctuellement comme il a été indiqué au paragraphe 3.1.1. en ce qui concerne  $P_u$  (pour  $P'_u$ , la définition est la même avec un seuil de 10 mm/h au lieu de 20 mm/h).

On aurait pu envisager d'appliquer la méthode des "déviations résiduelles" pour déterminer  $L$  en fonction de  $P$  et de l'un des facteurs secondaires cités, mais il s'est avéré très vite, sans qu'il soit nécessaire de mener les calculs jusqu'au bout, que les résultats seraient décevants : faible amélioration de l'écart moyen entre lame calculée et lame observée par rapport à ce que l'on obtient sans faire intervenir un facteur secondaire, mise en évidence de cas où le facteur secondaire rend correctement compte d'un écart pour un bassin, et ne peut rendre compte d'un écart de sens contraire pour l'autre bassin.



En fait, l'intensité des averses n'est pas assez bien connue, à cause de la forme des bassins et de leur hétérogénéité : le nombre de pluviographes nécessaires serait probablement bien supérieur à deux.

On pourrait donner l'illusion que la dispersion des résultats est moins forte en ajustant deux courbes, l'une à l'ensemble des crues du bassin n° I, et l'autre à celui du n° II, ou bien en considérant les valeurs moyennes de  $L$ ,  $\bar{P}$  et du facteur secondaire calculées pour le bassin total (I + II) : dans le premier cas, on mettrait en évidence le fait que le bassin n° II paraît ruisseler moins que le n° I pour les valeurs de  $\bar{P}$  inférieures à 40 mm et davantage au contraire pour les valeurs de  $\bar{P}$  supérieures, mais on devrait admettre un intervalle de confiance plus grand, l'information étant réduite de moitié pour chaque ajustement; dans le deuxième cas, cet élargissement de l'intervalle de confiance serait encore plus fort car on aurait affaire à un bassin plus hétérogène.

En conclusion, les facteurs secondaires les plus adéquats sont  $I_{15}$  et  $P_u$ . Cela nous a incités à étudier la lame  $L$  en fonction de  $\bar{P}_u$  considéré comme facteur principal. On évite ainsi la mise en oeuvre de la méthode des déviations résiduelles, visiblement trop lourde pour le volume des données disponibles et pour le gain de précision escompté, inférieur ou du même ordre que le gain obtenu finalement.

Le graphique 13 montre le résultat obtenu, et si on le compare au graphique 12 où  $L$  est portée en fonction de  $\bar{P}$ , on voit que le principal intérêt de la corrélation entre  $L$  et  $\bar{P}_u$  est de permettre l'ajustement d'une courbe facile à extrapoler.

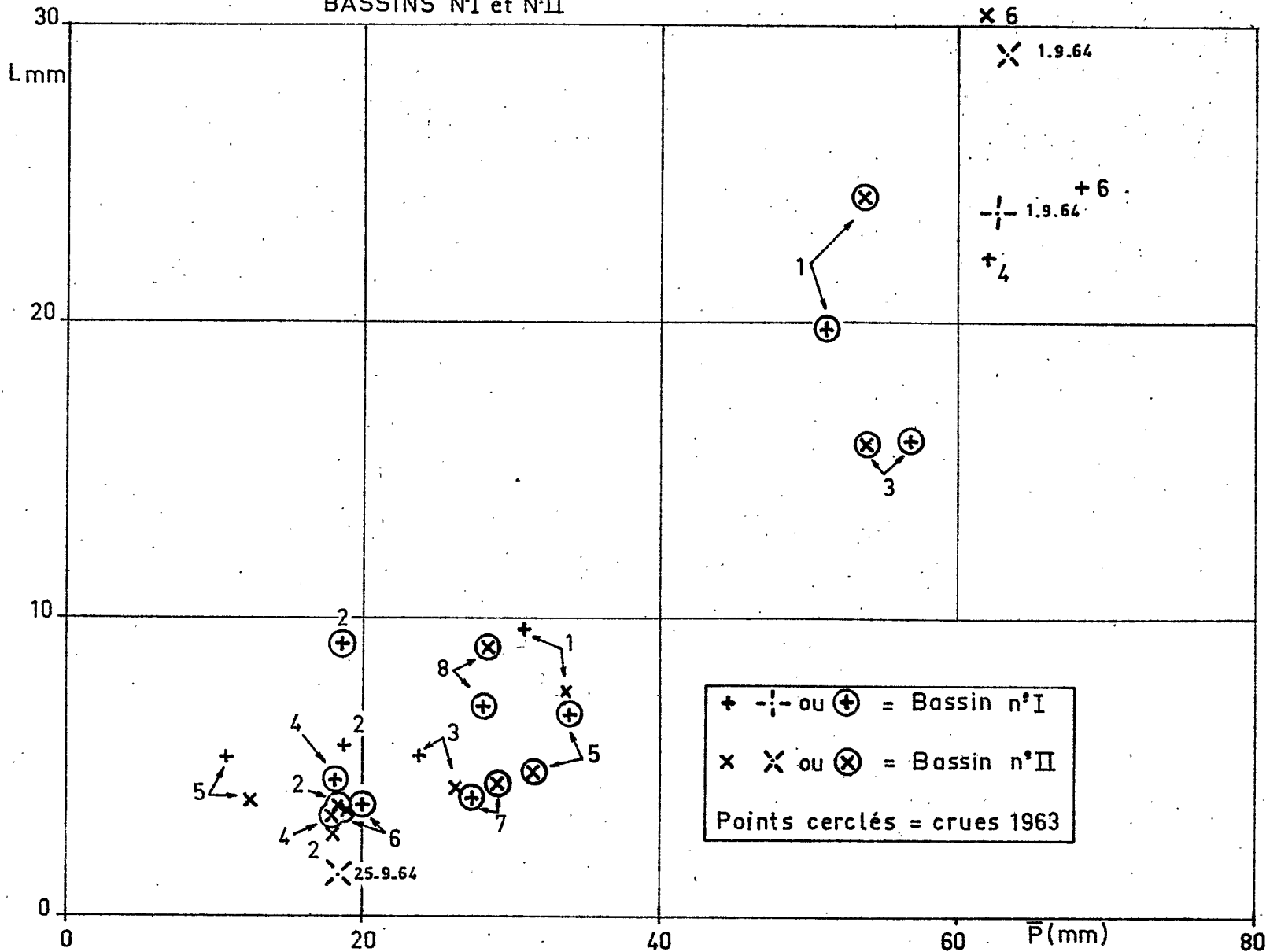
On a choisi un tracé déterminé au jugé en accordant un peu plus de poids aux résultats du bassin n° II, le plus grand des deux, et en donnant une courbure telle que la différence  $\bar{P}_u - L$  soit censée augmenter sans cesse ou au moins ne présenter éventuellement une faible tendance à diminuer que pour de très fortes valeurs de  $\bar{P}_u$ . D'autre part, bien qu'en aucun cas, au cours des essais décrits ci-dessus, il n'ait été possible de faire intervenir systématiquement l'état de saturation du sol comme facteur secondaire ou tertiaire du ruissellement, on notera que le tracé choisi pour la courbe du graphique n° 13 respecte le fait que l'averse n° 6, tombée sur un sol très saturé (voir tableau II) doit ruisseler bien davantage que ne l'indique la valeur théorique de  $L$  (le point représentatif pour le bassin n° II est effectivement au-dessus de la courbe et le point représentatif du bassin total I + II, non figuré, serait aussi, mais très légèrement, au-dessus).

# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

x 4

## Lame ruisselée et pluie moyenne

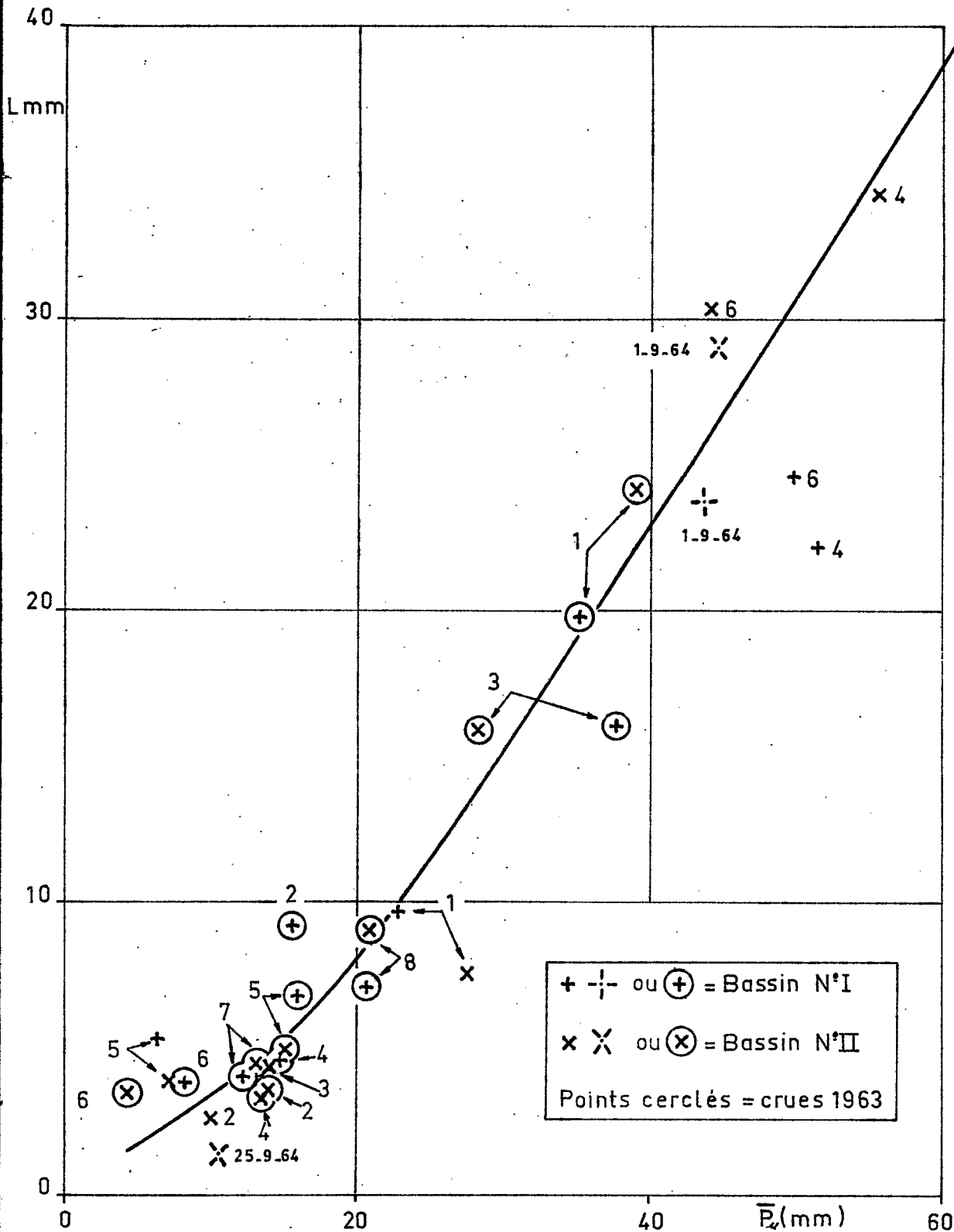
### BASSINS N°I et N°II



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Lame ruisselée et pluie utile moyenne

BASSINS N°I et N°II



Il pourrait paraître préférable de considérer à part le bassin n° II pour lequel on obtiendrait une courbe plus étroitement ajustée au nuage de points, mais nous avons cherché à dégager une loi valable sur une plus grande superficie, c'est-à-dire en tenant compte de l'ensemble des données des bassins n° I et n° II, malgré l'hétérogénéité de cet assemblage. En effet, on a vu que, même en considérant le bassin n° II seul, on n'échappe pas à cet inconvénient de l'hétérogénéité.

#### 4.2. Cas du petit bassin amont (n° VI)

La corrélation, adoptée pour les bassins n° I et II, donne ici aussi satisfaction, de préférence à la simple corrélation entre la pluie moyenne et la lame ruisselée.

On remarquera que, comme pour les bassins n° I et II, l'extrapolation de la courbe vers les fortes valeurs est plus facile si on choisit la corrélation entre  $P_u$  et  $L$  (voir les graphiques n° 14 et 15).

#### 4.3. Cas du bassin semi-urbain de la B.A.O. et du Trésor (n° III-IV)

Il n'y avait aucune raison a priori de chercher à rompre l'homogénéité de l'étude des bassins du GOUNTI-YENA et c'est pourquoi on a commencé par établir la corrélation entre les valeurs de  $P_u$  et de  $L$ , qui est d'ailleurs plus satisfaisante que celle établie entre  $\bar{P}$  et  $L$  (voir les graphiques n° 16 et 17).

Il est apparu une forte dispersion provenant des variations de l'état de saturation du sol avant l'averse.

On aurait pu rechercher un indice de saturation qui soit une fonction simple des valeurs  $t_{a1}$ ,  $t_{a2}$ ,  $t_{a3}$ ,  $P_{a1}$ ,  $P_{a2}$ ,  $P_{a3}$ , données dans le tableau II, ainsi même que des valeurs  $t_a$  et  $P_a$  correspondant à des averses plus anciennes. On aurait pu, dans cette optique, essayer d'ajuster la formule de KOHLER :

$$I_h = \sum P_{ai} k^{t_{ai}}$$

ou encore une formule du type :

$$I_h = \sum \frac{P_{ai}}{(t_{ai})^n}$$

Comme l'on disposait d'une information limitée, donc assez facile à manipuler, il a paru intéressant d'appliquer une méthode plus complexe mais où l'on ne fait aucune hypothèse au départ sur la forme mathématique de l'indice de saturation : ce dernier sera variable par exemple théoriquement de 0 à quelques unités et sera considéré comme la moyenne de 8 indices journaliers  $i_h$  calculés pour chacun des 8 jours précédant la crue, les jours de pluie plus anciens étant censés ne pas influencer l'indice global  $I_h$ .

Les indices journaliers  $i_h$  dépendant chacun de  $P_a$  et de  $t_a$ , on peut imaginer dans un système de coordonnées à deux dimensions un réseau de courbes le long desquelles l'indice journalier reste constant. On sait quelle doit être l'allure de ces courbes puisque l'indice croît avec  $P_a$  et avec  $\frac{1}{t_a}$ . D'autre part, la courbe  $I_h = 0$  est confondue, par hypothèse, avec les droites  $t_a = 9$  et  $P_a = 0$ . Le réseau obtenu figure sur le graphique n° 18.

L'indice global étant connu pour chacune des crues, on peut imaginer qu'au lieu d'avoir une relation entre  $\bar{P}_u$  et  $L$  représentée par une simple courbe, la lame  $L$  doit être considérée comme fonction des deux variables  $\bar{P}_u$  et  $I_h$ . La forme d'abaque la plus intéressante à utiliser, en considérant que les relations du type  $L = f(\bar{P}_u)$  ne sont qu'un cas particulier de la relation générale  $L = f(\bar{P}_u, I_h)$ , est un réseau de courbes correspondant chacune à une valeur de  $I_h$ , dans un système de coordonnées en  $\bar{P}_u$  et  $L$  (voir graphique n° 19).

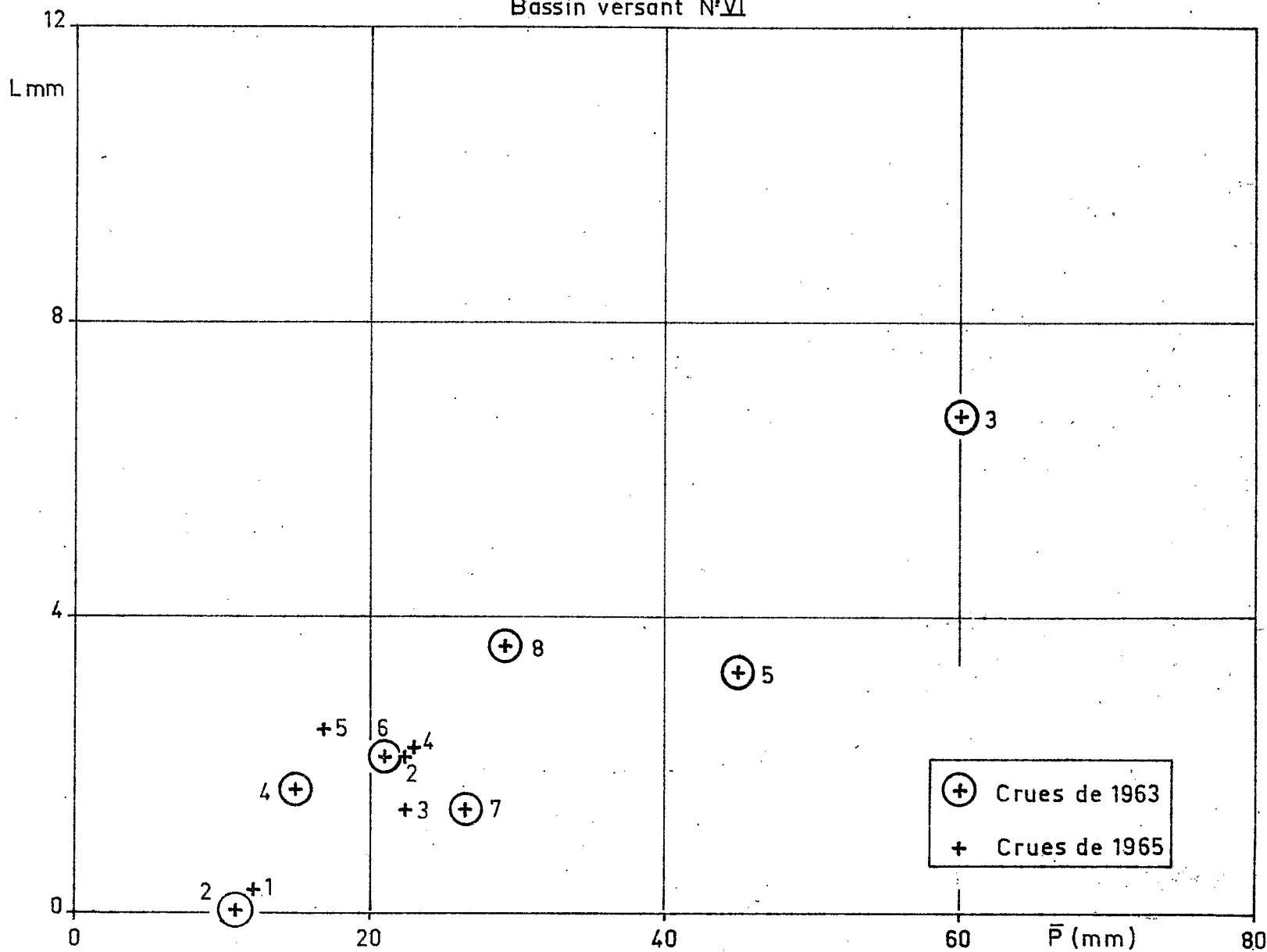
En pratique, la méthode décrite ci-dessus a été mise en oeuvre par tâtonnements, les deux réseaux de courbes étant tracés simultanément et en s'efforçant de minimiser les écarts entre lames calculée et observée. Cela n'a pas été très difficile, à condition de se limiter aux averses pour lesquelles  $\bar{P}_u \leq 30$  mm (ou aux crues de lame ruisselée  $L \leq 1,5$  mm). On a obtenu ainsi les valeurs suivantes de l'indice  $I_h$  et de la lame ruisselée calculée à partir des abaques (voir également le graphique n° 20) :

# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

+ 6

## Lame ruisselée et pluie moyenne

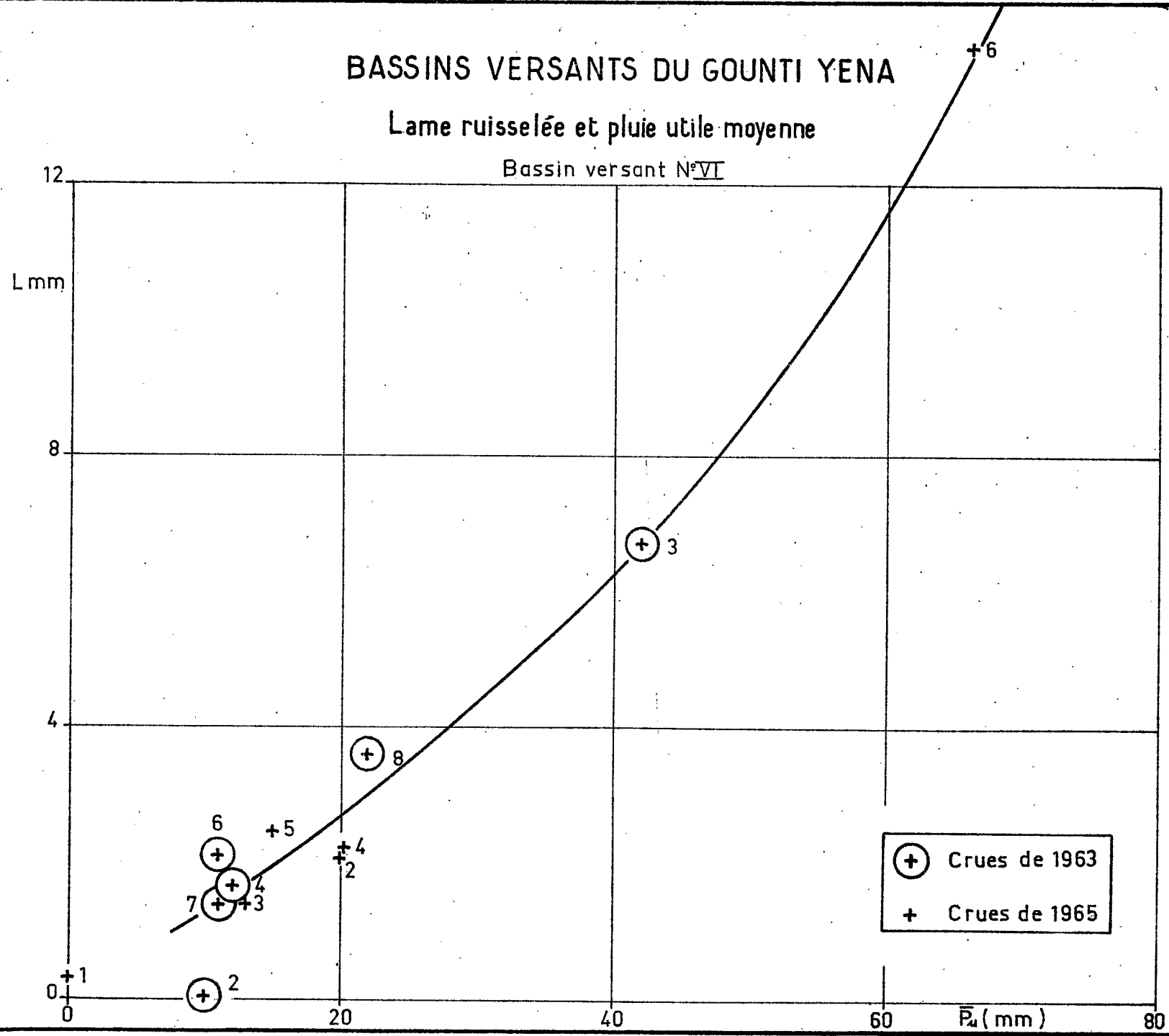
### Bassin versant N°VI



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Lame ruisselée et pluie utile moyenne

Bassin versant N°VI

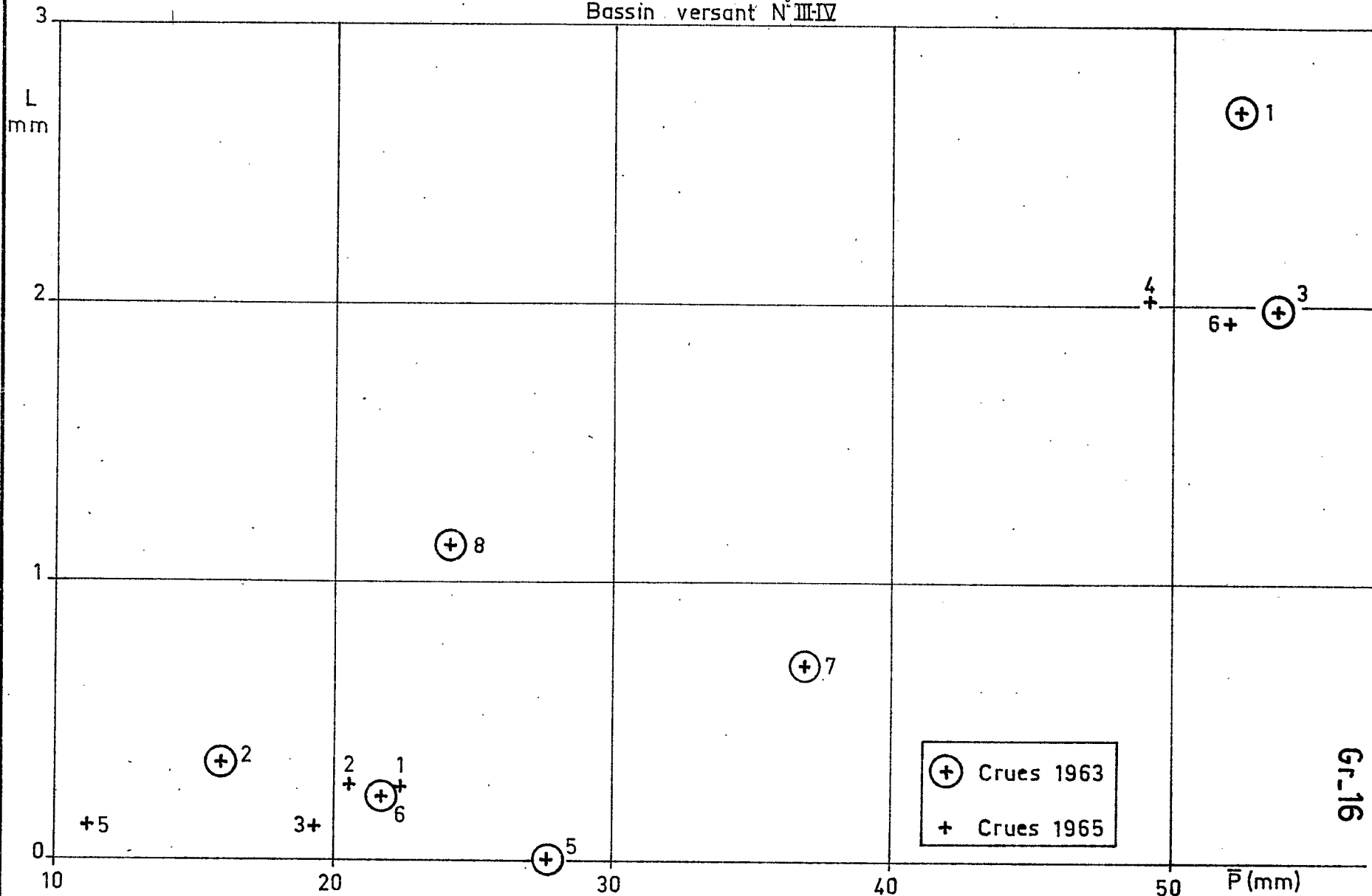


⊕ Crues de 1963  
+ Crues de 1965

# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Lame ruisselée et pluie moyenne

Bassin versant N° III-IV



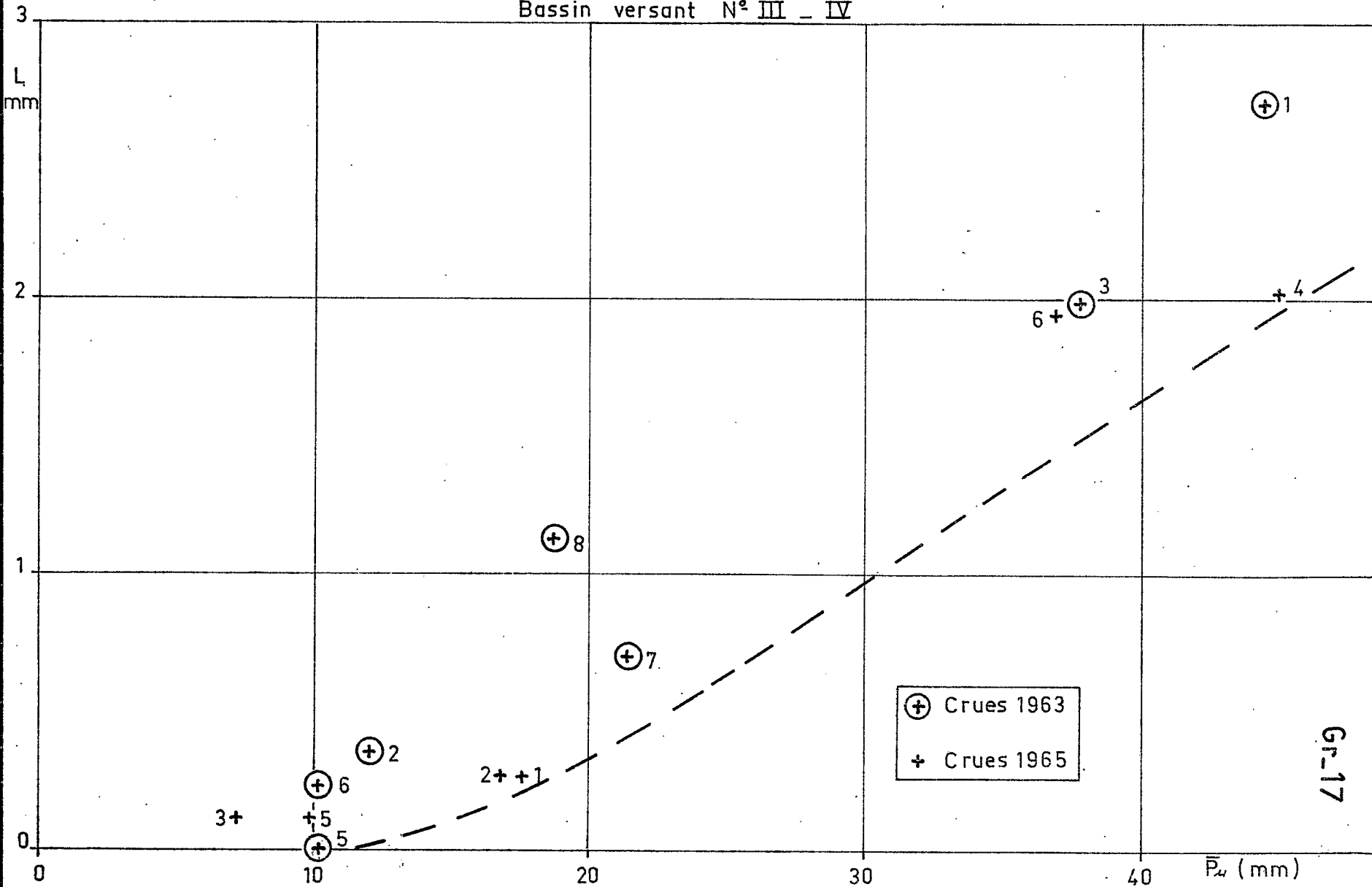
Gr-16



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Lame ruisselée et pluie utile moyenne

### Bassin versant N° III - IV



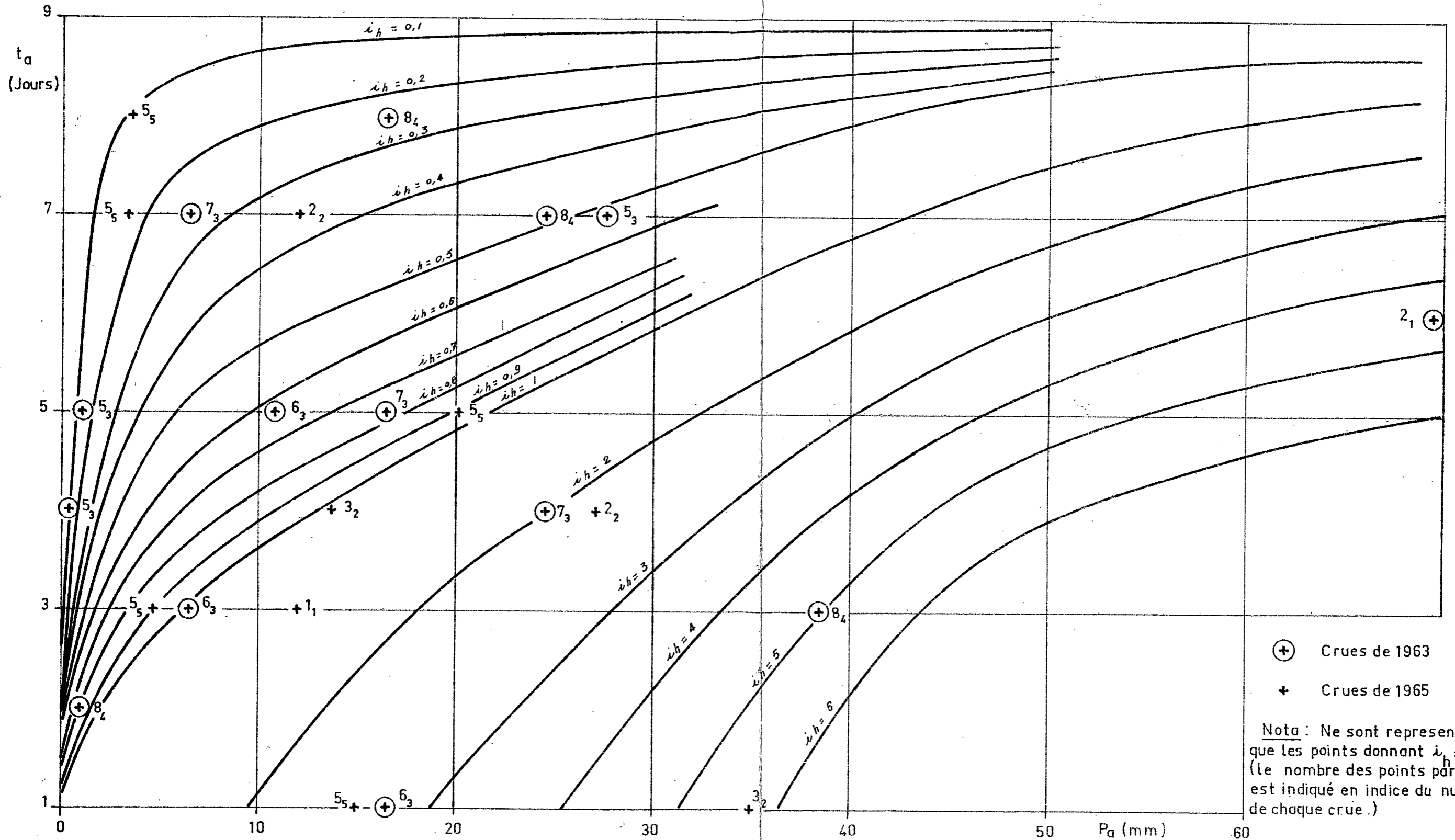
Gr-17

# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Gr. 18

## Détermination de l'indice de saturation $I_h$

BASSIN N° III - IV



⊕ Crues de 1963

+ Crues de 1965

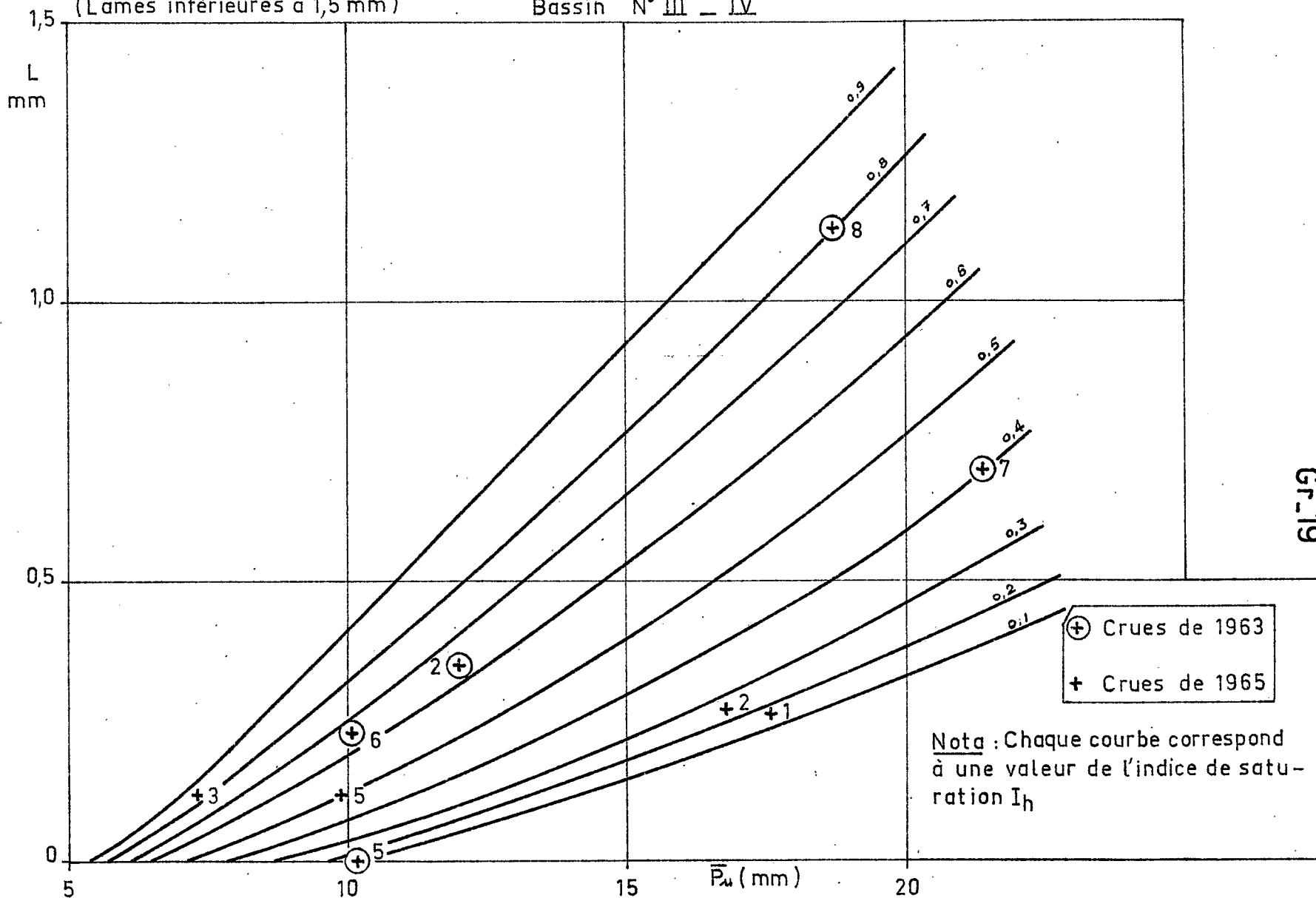
Nota : Ne sont représentés que les points donnant  $I_h \neq 0$  (le nombre des points par crue est indiqué en indice du numéro de chaque crue.)

# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Lame ruisselée et pluie utile moyenne

(Lames inférieures à 1,5 mm)

Bassin N° III - IV



Gr.19

⊕ Crues de 1963  
+ Crues de 1965

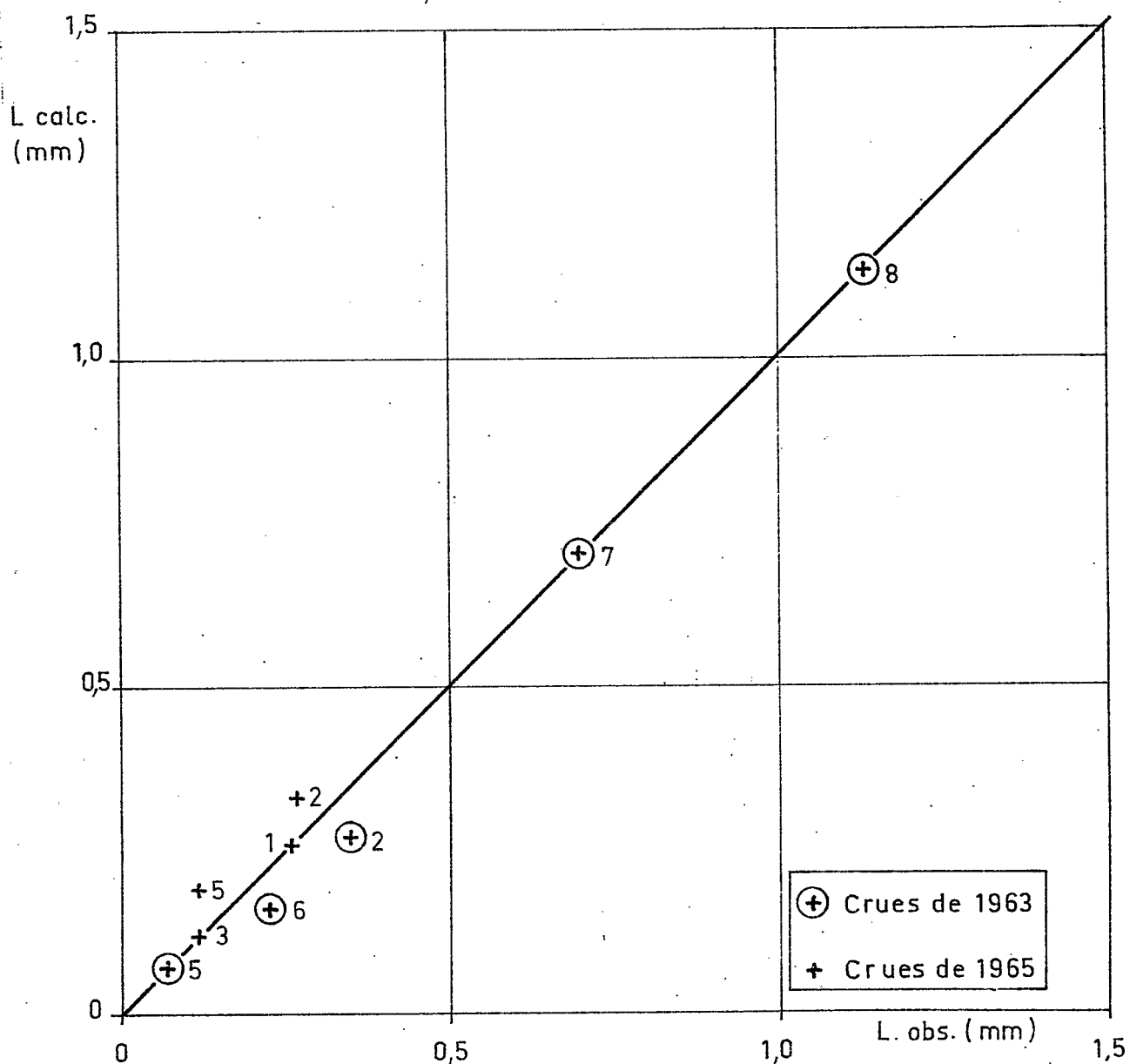
Nota : Chaque courbe correspond à une valeur de l'indice de saturation I<sub>h</sub>

## BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Lames ruisselées observées et calculées à l'aide des abaques n° 18 et 19

Bassin N° III - IV

(Lames inférieures à 1,5 mm)



N°	(2)	(5)	(6)	(7)	(8)	-1-	-2-	-3-	-5-
$I_h$	0,55	0,10	0,55	0,40	0,80	0,15	0,35	0,85	0,60
L observée (mm)	0,35	0,07	0,23	0,70	1,13	0,26	0,27	0,12	0,12
L calculée (mm)	0,27	0,07	0,16	0,70	1,13	0,26	0,34	0,12	0,19

Il était impossible d'ajuster de façon vraisemblable les deux abaques à l'ensemble des données des 13 crues observées, mais on peut chercher à justifier le non-ajustement des 4 plus fortes crues en considérant, outre l'indice  $I_h$ , la somme  $\Sigma$  des valeurs de  $P_a$  observées au cours des 20 jours antérieurs : on tient compte ainsi de pluies survenues 12 jours avant que "l'indice journalier"  $i_h$  cesse d'être nul, et on ne tient plus compte de  $t_a$ , deux raisons qui peuvent rendre  $\Sigma P_a$  plus représentatif que  $I_h$  des réserves d'eau relativement profondes du sol, réserves intervenant pour augmenter la part du ruissellement dans les dernières tranches d'une longue averse.

Classons les quatre fortes crues citées de façon que l'on ait des valeurs croissantes pour les écarts existant entre leur lame ruisselée et l'enveloppe inférieure supposée tracée sur le graphique n° 17 des courbes  $L = f(P_u)$ . Indiquons pour ces quatre crues les valeurs de  $I_h$  et de  $\Sigma P_a$ .

N°	$I_h$	$\Sigma P_a$ (mm)
4	0,65	56,5
(3) et 6	0,25 et 1	113,6 et 78,8
(1)	0,1	~ 20

Les valeurs de  $\sum P_a$  justifient le classement des crues n° (3) et 6 au même rang malgré la différence des valeurs de  $I_h$ , et elles justifient le classement de ces deux crues par rapport à la crue n° 4.

La crue n° (1) semble avoir présenté un ruissellement beaucoup plus fort que ne peut le justifier cette analyse. Survenue au début de la saison des pluies, elle a peut-être rencontré une végétation assez peu développée, et pas encore capable de jouer le rôle de frein qu'elle acquiert quand la hauteur des pluies, cumulée depuis le début de la saison, atteint un certain seuil. Peut-être aussi devrait-on tenir compte de la répartition spatiale des averses, et constater que c'est à proximité de la station (partie du bassin où l'aptitude au ruissellement est sans doute maximale), que la hauteur de pluie a été la plus forte pour l'averse n° (1), averse particulièrement hétérogène.

Il ne faudrait pas attacher une signification excessive au fait que l'on ait pu obtenir une corrélation étroite entre les lames observées et celles calculées par la méthode du double abaque. Ce serait perdre de vue que l'on disposait seulement des données de 9 crues pour déterminer un ensemble de relations graphiques qui seraient équivalent à de nombreux paramètres si on voulait le formuler mathématiquement. Avec un plus grand volume de données, la détermination des abaques aurait été bien plus délicate, et il aurait fallu opérer par tâtonnements, non seulement pour choisir le tracé des courbes, mais aussi pour choisir la durée pendant laquelle les indices journaliers  $i_h$  ne sont pas nuls.

#### 4.4. Influence de l'état de saturation sur les bassins n° I, II et VI

A priori, la corrélation entre lames ruisselées observées et calculées ne paraissait guère pouvoir être améliorée par l'introduction d'un indice  $I_h$  que dans le cas du bassin n° VI. On a donc fait plusieurs essais d'application à ce bassin de la méthode décrite au paragraphe précédent : il s'est avéré impossible d'améliorer la corrélation, que ce soit en adoptant simplement l'abaque du graphique n° 18, ou que ce soit en déterminant un abaque semblable par tâtonnements pour le bassin n° VI (1).

En conclusion, on peut dire que l'état de saturation joue un rôle très important sur le bassin n° III-IV où la nature du sol et l'absence d'un réseau naturel ou artificiel de drainage efficace font que l'infiltration est prédominante. Un facteur secondaire du ruissellement du type  $I_h$  pourrait être éventuellement mis en évidence dans l'analyse des données des autres bassins, à condition d'avoir dégagé au préalable, avec plus de précision que cela n'a été possible ici, l'influence de l'intensité de la précipitation.

---

(1) de ceci on ne doit pas nécessairement conclure à une absence d'influence de l'état de saturation, car on ne possède que 2 crues importantes et 11 crues au total, ce qui constitue une information un peu insuffisante.

## 5 - FORME des HYDROGRAMMES en ZONE URBAINE

### 5.1. Reconstitution des hydrogrammes du bassin n° I

On peut dire qu'il est pratiquement impossible d'observer une averse unitaire sur le bassin n° I.

En se donnant pour unique critère de vraisemblance la réussite de la reconstitution des hydrogrammes observés, on a déterminé par tâtonnements un diagramme de distribution correspondant théoriquement à une averse de 5 minutes, et des règles conventionnelles permettant de connaître les coefficients de ruissellement à adopter au cours des tranches successives de 5 minutes découpées dans un hyétogramme réel.

#### 5.1.1. Diagramme de distribution

Pour un ruissellement total de  $564 \text{ m}^3$ , correspondant à une lame de 1 mm, on a choisi :

:	Intervalles	:	de 0	:	de 5	:	de 10	:	de 15	:	de 20	:	de 25	:	de 30	:	de 35	:
:	en minutes	:	à 5	:	à 10	:	à 15	:	à 20	:	à 25	:	à 30	:	à 35	:	à 40	:
:	débits en $\text{m}^3/\text{s}$	:	0,082	:	0,246	:	0,328	:	0,410	:	0,328	:	0,246	:	0,164	:	0,082	:
:		:		:		:		:		:		:		:		:		:

(On remarquera que tous les débits sont des multiples de  $0,082 \text{ m}^3/\text{s}$ , ce qui facilitera grandement les calculs).

#### 5.1.2. Règles conventionnelles pour déterminer les coefficients de ruissellement $k_r$ applicables à chaque tranche d'averse

On a supposé que les coefficients à appliquer aux tranches successives de 5 minutes formaient une série arithmétique dont la raison serait égale à son premier terme. Autrement dit, si à la première tranche correspond le coefficient  $(k_r)_1 = 10 \%$ , à la seconde correspondra :  $(k_r)_2 = 20 \%$ , à la troisième  $30 \%$ , etc.....

D'autre part, le calcul des hauteurs de pluie partielle de chaque tranche ne tient pas compte des hauteurs tombées avec une intensité inférieure ou égale à 10 mm/h : de telles intensités sont considérées comme nulles, même si elles n'apparaissent que pendant 1 minute. Mais le découpage par tranches de 5 minutes reste le même que si toutes les intensités étaient prises en compte (1).

De plus, on affecte, à toute tranche qui comprend des intensités survenant à la suite d'une accalmie de moins de 10 mm/h, un coefficient  $(k_r)_i$  égal seulement à celui de l'antépénultième tranche (ou de la première, si la tranche considérée est de rang 2 ou 3). Les tranches suivantes sont affectées de coefficients  $k_r$  qui vont en croissant comme les premiers de la série, c'est-à-dire que :

$$(k_r)_{i+1} = (k_r)_i + (k_r)_1, \quad (k_r)_{i+2} = (k_r)_i + 2(k_r)_1 \text{ etc.....}$$

Evidemment, l'ensemble de règles conventionnelles décrit ci-dessus ne permet pas à lui seul de déterminer les coefficients  $k_r$ . Le calcul devant conduire au volume ruisselé  $V_r$  est fait tout d'abord en se donnant un coefficient arbitraire  $k'_{r1}$  pour la première tranche d'averse, et on obtient une valeur  $V'_r$  différente de  $V_r$ . Il suffit alors d'adopter :

$$k_{r1} = k'_{r1} \frac{V_r}{V'_r}$$

d'où l'on déduit toute la série des autres coefficients.

Si au cours de ce calcul on s'aperçoit qu'à partir d'une certaine tranche les coefficients trouvés sont supérieurs à 0,90 (ils peuvent même être supérieurs à 1), il est préférable d'y remédier, bien que l'on ne se soit pas assigné le but de trouver une représentation fidèle des phénomènes dans le détail. Donc, pour éviter cet inconvénient, on peut, à partir d'un certain rang à déterminer, considérer que les coefficients de ruissellement ne croissent plus (cette hypothèse a d'ailleurs été retenue également parce qu'elle facilitait l'ajustement aux crues observées).

(1) La simplicité des règles de variation de  $k_r$  adoptées, qui entraîne une certaine rigidité d'emploi, peut justifier le choix d'un seuil de 10 mm/h, qui fournit une meilleure reconstitution des hydrogrammes que le seuil de 20 mm/h (calcul de  $P_u$  - chapitre 3.1.).



### 5.1.3. Composition des hydrogrammes correspondant aux tranches successives de l'averse

La composition se fait en supposant que le temps de réponse reste invariable au cours de l'averse et en faisant coïncider exactement le début de l'averse et celui du ruissellement.

### 5.1.4. Résultats obtenus pour le bassin n° I

Les graphiques n° 21 et 22 représentent les hydrogrammes de ruissellement observés et reconstitués des crues n° (1), (2), (5) et 4. Les seconds ont été superposés aux premiers sans chercher à faire coïncider dans le temps les sommets des hydrogrammes, puisqu'on a suivi la règle énoncée au paragraphe précédent.

L'ordre de grandeur du débit maximal de ruissellement est fourni de façon assez satisfaisante par l'hydrogramme reconstitué. L'écart relatif maximal est atteint avec la crue n° (5) : débit observé égal à 121 % du débit calculé. Pour les fortes crues, cet écart est plus faible, le pourcentage défini ci-dessus étant 95 % pour la crue n° (1) et 98 % pour la crue n° 4. On pourra admettre que les débits maximaux des fortes crues sont égaux à ceux des hydrogrammes reconstitués à ± 15 % près avec une forte probabilité.

Par contre, le plus souvent, la forme de l'hydrogramme reconstitué s'éloigne sensiblement de la réalité, d'autant plus que l'averse est elle-même plus différente de l'averse unitaire.

Il est possible qu'en modifiant la forme du diagramme de distribution et certaines des règles conventionnelles énoncées plus haut, on parvienne à un meilleur ajustement, mais au prix de tâtonnements très fastidieux et toujours sans être sûr que la réalité des phénomènes soit bien interprétée dans le détail, ce qui laisserait planer le même doute sur les possibilités d'extrapolation de la méthode aux averses exceptionnelles.

## 5.2. Reconstitution des hydrogrammes du bassin n° II

On s'est trouvé avec le bassin n° II devant les mêmes difficultés qu'avec le bassin n° I, et, en outre, on a dû affronter le problème posé par l'hétérogénéité plus grande du bassin. Enfin, il semble que, le dimensionnement des caniveaux étant comparable sur les deux bassins, et les débits

à évacuer pouvant être ici bien plus importants (la surface réceptrice étant plus grande), on assiste à certains moments, au cours des fortes averse, à une sorte d'engorgement qui, même s'il ne se manifeste pas par des débordements de caniveaux, s'accompagne d'un amortissement de la crue.

#### 5.2.1. Diagrammes de distribution

Compte tenu des remarques ci-dessus, on a été amené à définir 4 diagrammes.

5.2.1.1. Moitié aval du bassin (drainée par un réseau important de caniveaux). Pour un ruissellement total de  $530 \text{ m}^3$ , correspondant à une lame de 1 mm, on a choisi:

:	Intervalles	:	de 0	:	de 5	:	de 10	:	de 15	:	de 20	:	de 25	:
:	en minutes	:	à 5	:	à 10	:	à 15	:	à 20	:	à 25	:	à 30	:
:	Débits en $\text{m}^3/\text{s}$	:	0,088	:	0,530	:	0,618	:	0,265	:	0,177	:	0,088	:
:		:		:		:		:		:		:		:

(On remarquera que tous les débits sont des multiples de  $0,088 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

#### 5.2.1.2. Moitié amont du bassin (dépourvue de caniveaux) :

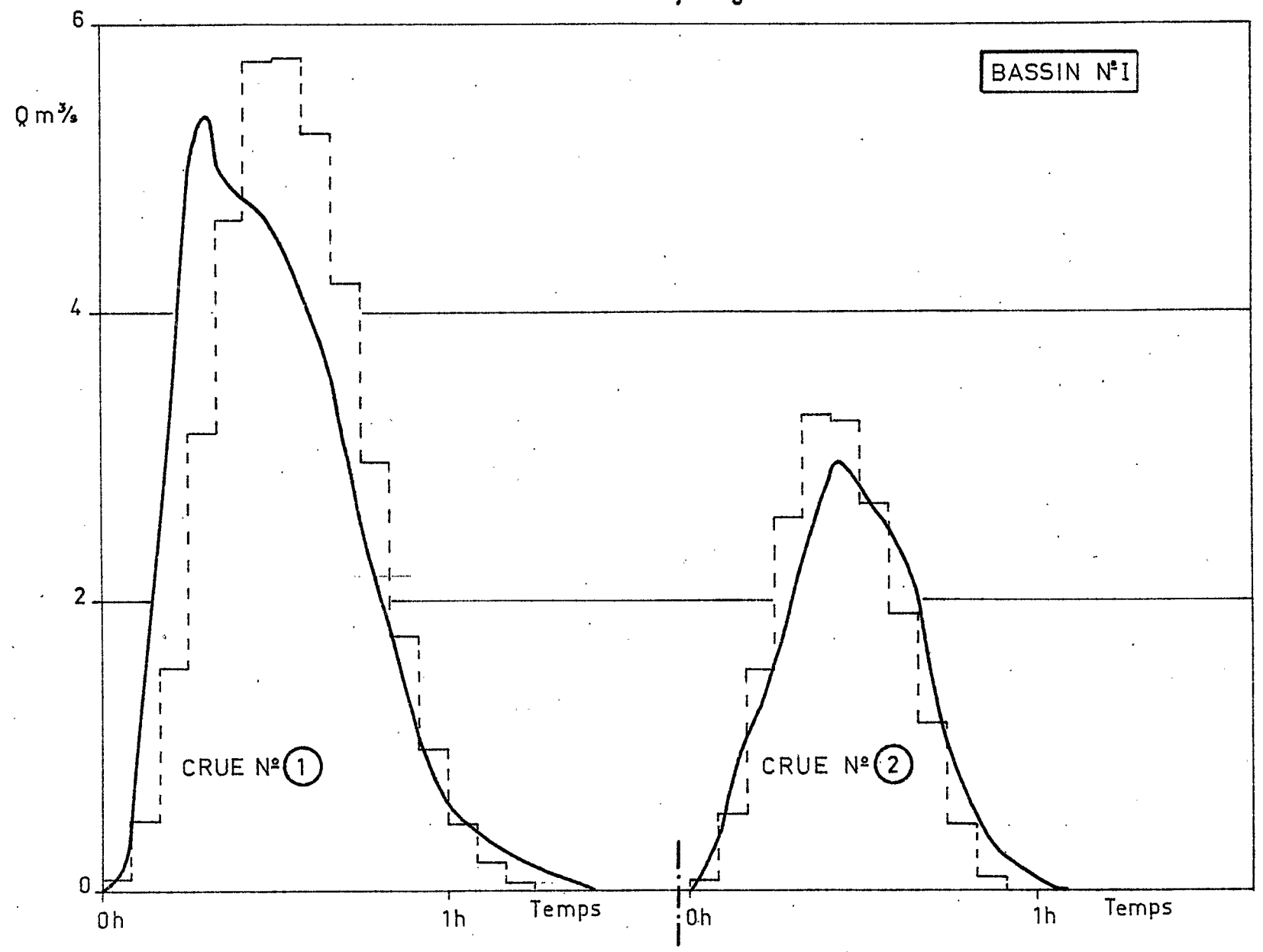
:	Intervalles	:	de 0	:	de 5	:	de 10	:	de 30	:	de 35	:	de 40	:
:	en minutes	:	à 5	:	à 10	:	à 30	:	à 35	:	à 40	:	à 45	:
:	Débits en $\text{m}^3/\text{s}$	:	0,088	:	0,177	:	0,265	:	0,177	:	0,177	:	0,088	:
:		:		:		:		:		:		:		:

#### 5.2.1.3. Diagramme amorti (forme provoquée, censément, par un phénomène d'engorgement) et relatif à la moitié aval du bassin.

On a choisi ici le même diagramme que ci-dessus (paragraphe 5.2.1.2.).

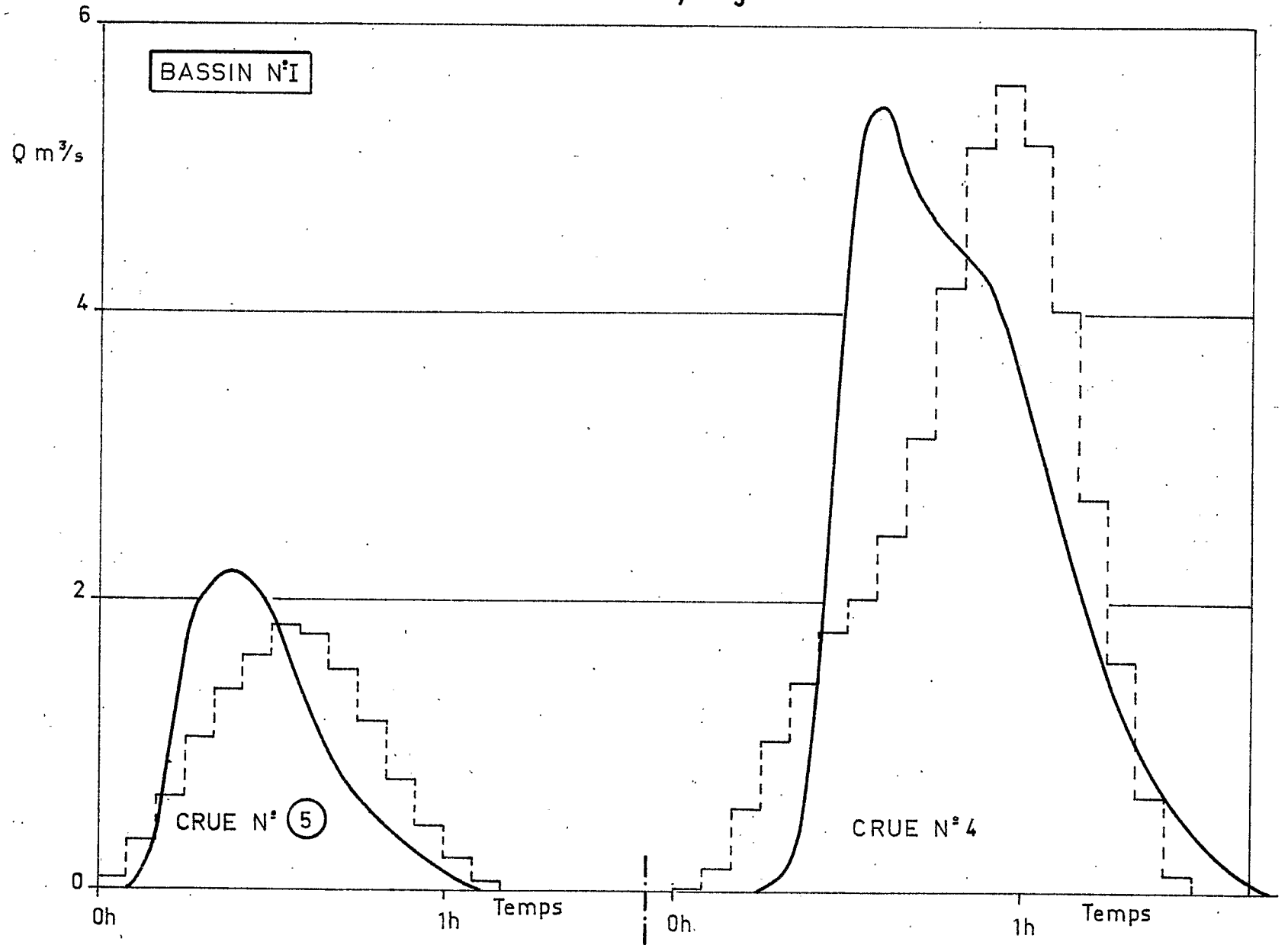
# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Reconstitution des hydrogrammes de crue



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Reconstitution des hydrogrammes de crue



5.2.1.4. Diagramme amorti relatif à la moitié amont du bassin :

:	Intervalles	:	de 0	:	de 30	:	de 40	:	de 50	:	de 55	:
:	en minutes	:	à 30	:	à 40	:	à 50	:	à 55	:	à 65	:
:	Débits en m <sup>3</sup> /s	:	0,088	:	0,177	:	0,265	:	0,177	:	0,088	:
:		:		:		:		:		:		:

On a été amené, pour ce dernier diagramme, à choisir un temps de base très long et il n'est pas exclu que ce soit dû à une erreur d'interprétation de la forme des hydrogrammes observés : on a considéré que le débit d'origine hypodermique était relativement très faible, en dépit de la nature du sol. Même si c'est inexact, cela aura permis de mieux analyser le mode de formation de la pointe de crue, car on avait intérêt pour cela à supposer que le débit de pointe fût en grande partie dû au ruissellement.

5.2.2. Règles conventionnelles pour déterminer les coefficients de ruissellement de chaque tranche d'averse

On a supposé que les coefficients  $k_r$  à appliquer aux tranches successives de 5 minutes formaient une série arithmétique dont la raison serait égale à la moitié du premier terme. Autrement dit, si à la première tranche correspond le coefficient 10 %, à la seconde correspondra 15 %, à la troisième 20 % etc....

On a considéré, comme dans le cas du bassin n° I, que les intensités inférieures ou égales à 10 mm/h ne donnaient pas lieu à un ruissellement (voir paragraphe 5.1.2.). Mais ici on n'a pas modifié le rythme de croissance des coefficients  $k_r$  dans le temps à la suite d'une "accalmie".

Par contre, si une tranche d'averse totalise moins de 2,5 mm en 5 minutes (intensité moyenne inférieure à 30 mm/h), on lui applique un coefficient  $k_r$  seulement égal à celui de la première tranche et par suite, on calcule les coefficients suivants comme si le rang des tranches correspondantes était diminué d'une unité.

Enfin, il fallait tenir compte du fait que le ruissellement doit toujours être plus fort sur la partie aval du bassin. On a établi un barème donnant le coefficient  $\alpha$ , rapport du coefficient de ruissellement global

de l'averse sur la partie amont à son correspondant sur la partie aval, en fonction de la pluie moyenne sur l'ensemble du bassin. Cette définition de  $\alpha$  reste valable tant que la répartition spatiale de la pluie est assez uniforme, condition remplie pour les 6 averses qui ont été soumises à des calculs de reconstitution d'hydrogrammes. Nous donnons ci-dessous le rapport  $\alpha$ , le rapport  $\beta$  approximatif entre la pluie moyenne sur la partie amont et la pluie moyenne sur la partie aval, et le produit  $\alpha \beta$  qui a été utilisé pour les calculs :

N° des crues	$\bar{P}$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha \beta$
(2)	18,2	0,12	0,85	0,10
(8)	28,3	0,28	0,90	0,25
(5)	31,5	0,35	0,85	0,30
(3)	53,7	0,70	0,85	0,60
(1)	53,7	0,70	1	0,70
-6-	61,8	0,80	1,10	0,90
-4-	62,8	0,82	1,10	0,90

### 5.2.3. Choix et composition des hydrogrammes

Le choix entre les diagrammes du type normal ou du type amorti dépend de l'intensité moyenne des tranches précédentes. On choisit le type amorti si l'intensité est supérieure ou égale à 180 mm/h pendant les 5 minutes précédentes ou si elle est supérieure ou égale à 54 mm/h pendant les 20 minutes précédentes.

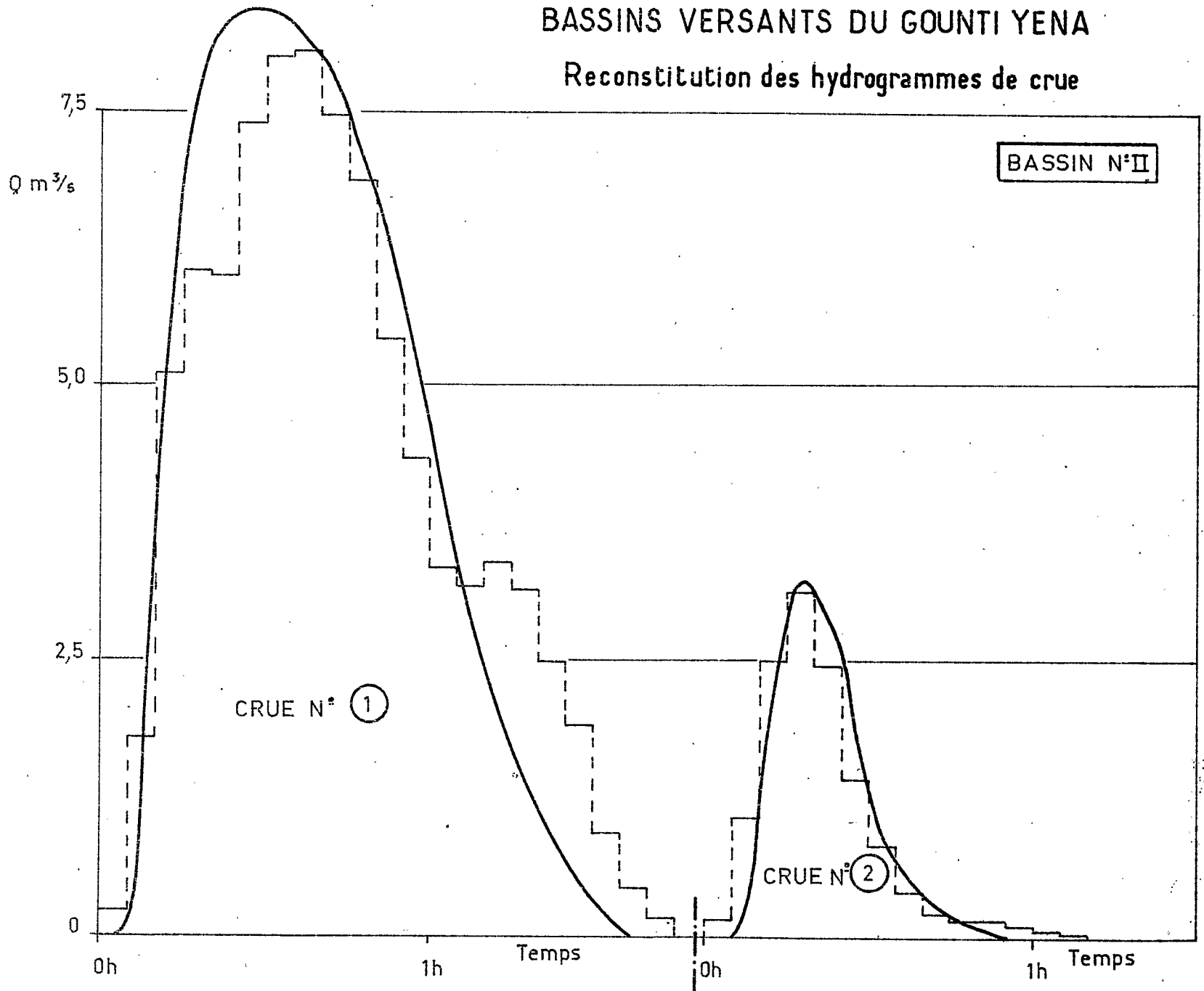
La composition se fait en supposant que le temps de réponse reste invariable au cours de l'averse et en faisant coïncider le début de l'averse et celui du ruissellement en ce qui concerne la moitié aval, en les séparant par un intervalle de 15 minutes en ce qui concerne la moitié amont.

### 5.2.4. Résultats obtenus pour le bassin n° II

Les graphiques n° 23, 24, 25 et 26 représentent les hydrogrammes de ruissellement observés et reconstitués pour les crues énumérées plus haut à la fin du paragraphe 5.2.2., sauf la crue n° (3) : ce sont les hydrogrammes

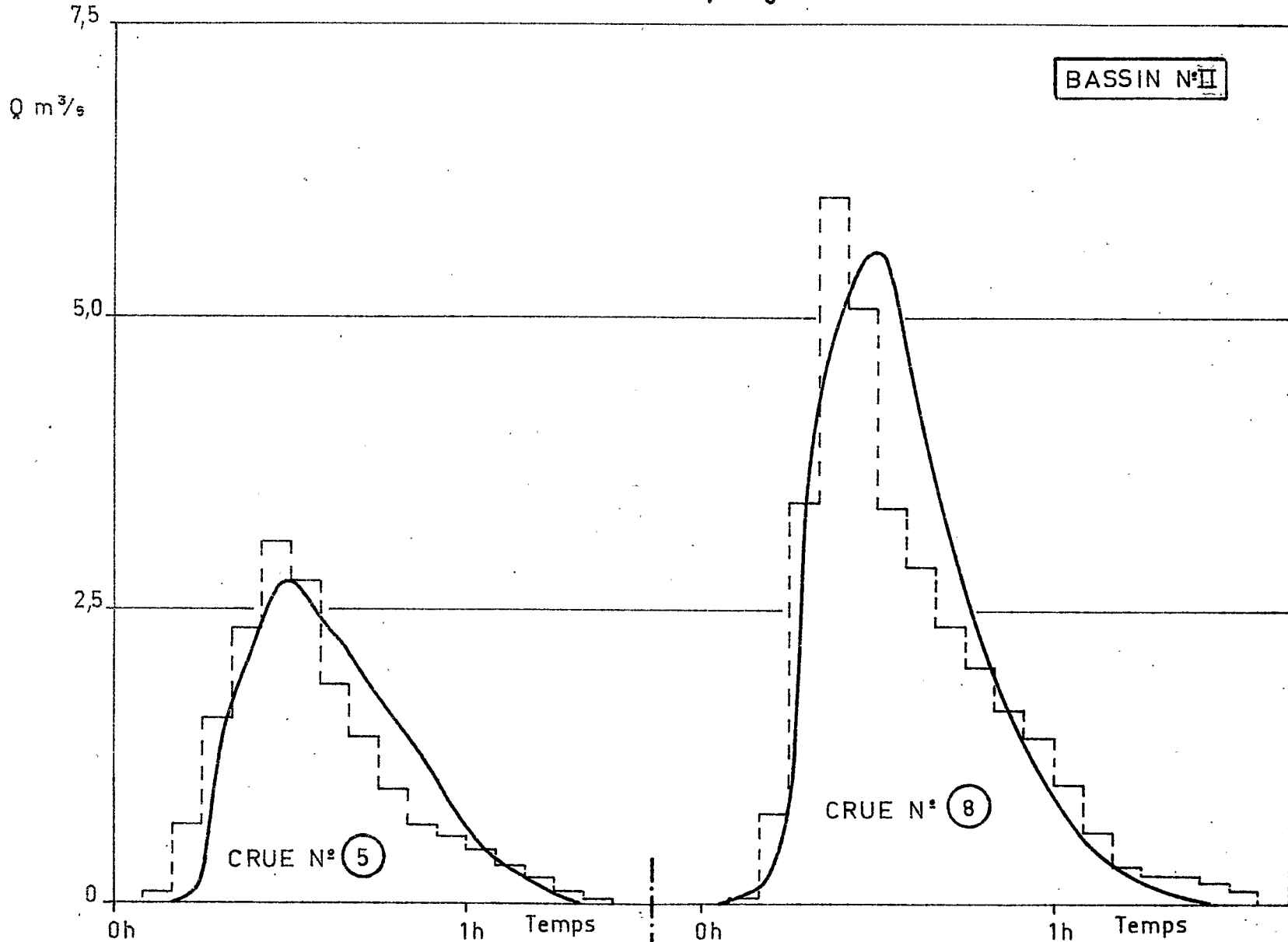
# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Reconstitution des hydrogrammes de crue



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Reconstitution des hydrogrammes de crue

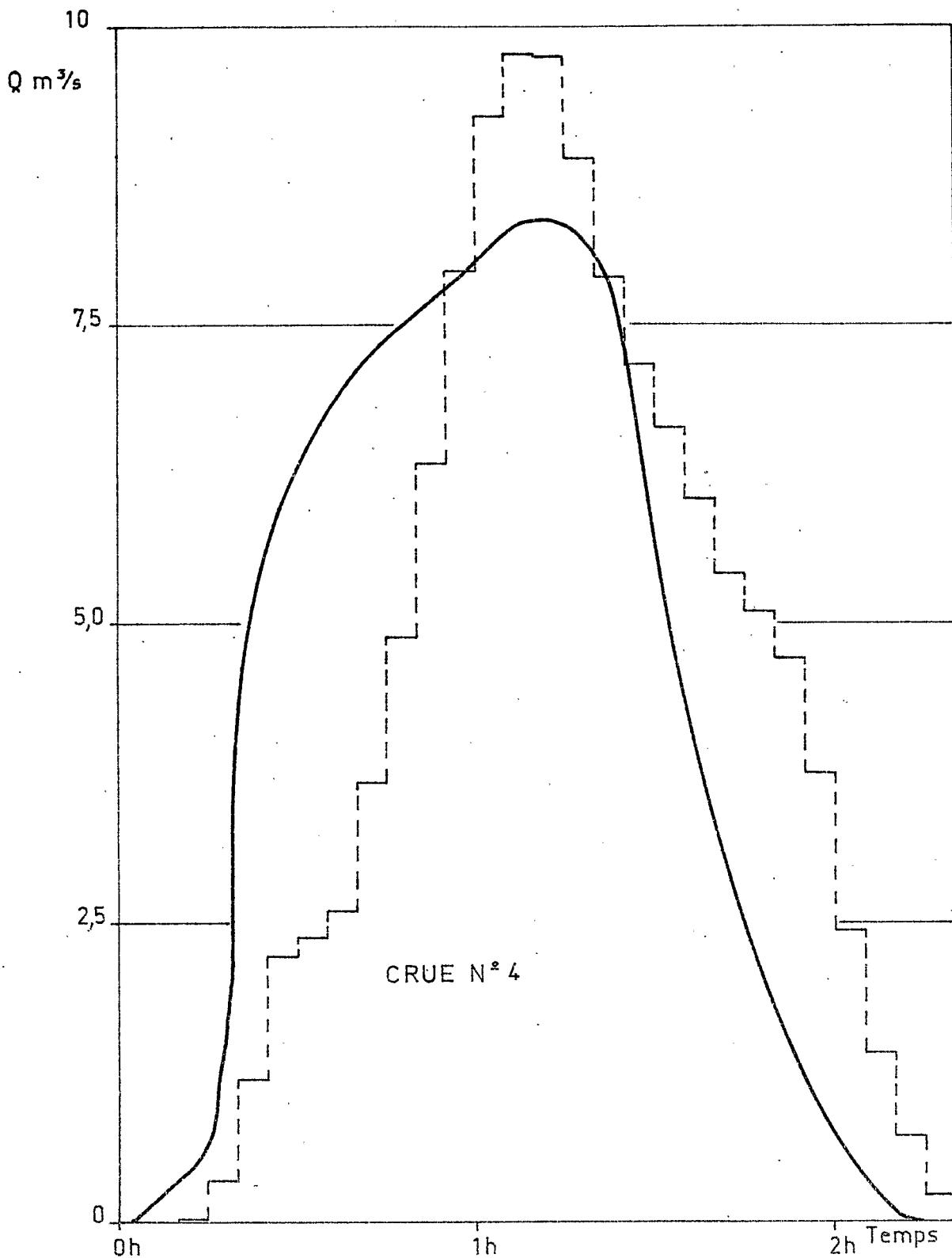




# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Reconstitution des hydrogrammes de crue

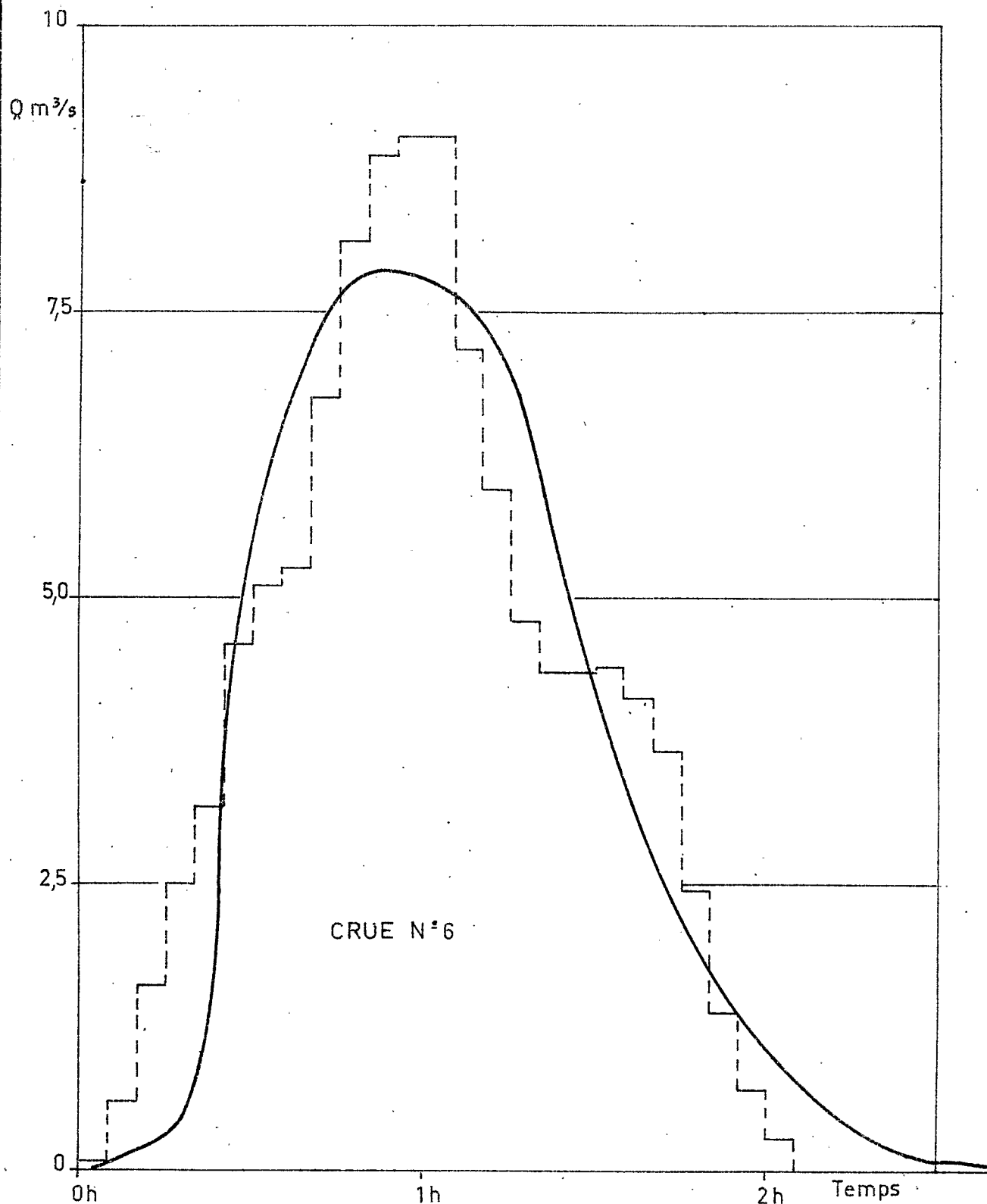
BASSIN N°II



## BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Reconstitution des hydrogrammes de crue

BASSIN N°II



sur lesquels on s'est appuyé pour déterminer la forme des divers diagrammes de distribution et les règles conventionnelles de calcul des coefficients  $k_r$ .

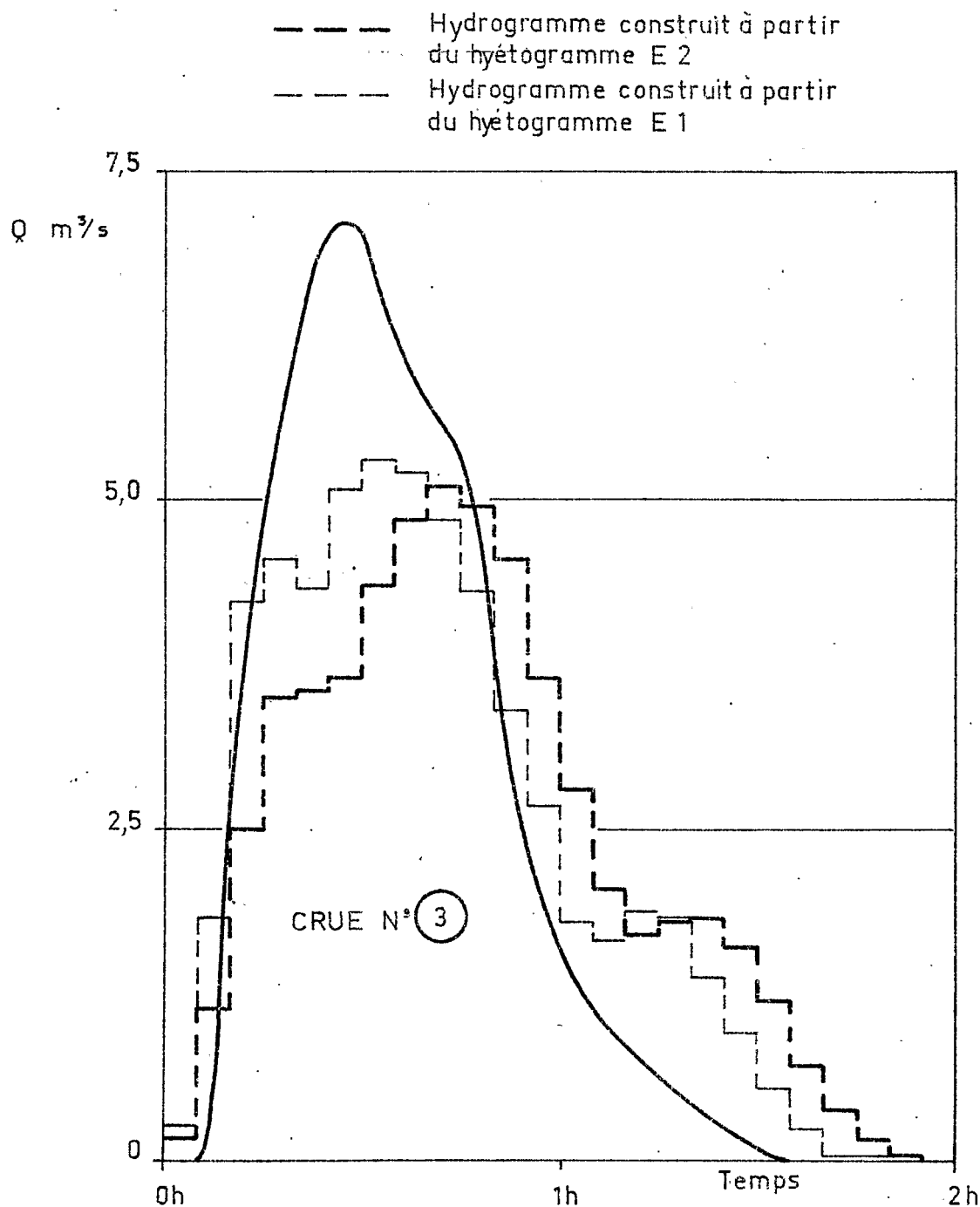
On peut voir que les résultats sont satisfaisants en ce qui concerne les débits maximaux, et qu'ils le sont moins en ce qui concerne la forme des hydrogrammes, bien que la concordance soit en moyenne meilleure que pour le bassin n° I, au prix, comme on l'a vu, d'une aggravation de la complexité des hypothèses de base du calcul. C'est encore la crue n° 4 qui paraît relever d'un mécanisme de formation différent des autres.

L'hydrogramme reconstitué de la crue n° (3), tel qu'il apparaît sur le graphique n° 27, est lui aussi assez différent de l'hydrogramme observé, et même le débit maximal est nettement plus faible. Les hyétogrammes fournis par les appareils E1 et E2 étant assez différents, on leur a appliqué à tous les deux la méthode de reconstitution de l'hydrogramme, et il se trouve que le choix de E1 est un peu plus satisfaisant. De toute façon, cet essai montre que même si l'on avait les moyens de connaître le hyétogramme moyen exact pour toutes les averses, on n'obtiendrait sans doute pas une estimation du débit maximal à moins de 30 % près pour une crue telle que la crue n° (3), à moins de la prendre en considération, comme les 7 citées plus haut, dans la recherche du mode de calcul. Cependant, l'écart maximal observé parmi ces 7 crues étant inférieur à 15 % (pour la crue n° 4, débit observé égal à 86 % du débit calculé), on pourra estimer sans optimisme exagéré que les débits maximaux calculés sont vrais à 15 % près avec une probabilité nettement supérieure à 0,5.

## BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

## Reconstitution des hydrogrammes de crue

BASSIN N°II



## 6 - VARIATION de l'APTITUDE au RUISSELLEMENT en FONCTION de l'URBANISATION et des CARACTERES NATURELS des BASSINS

Afin de vérifier la validité de l'ensemble des mesures effectuées aux cinq stations hydrométriques, et pour présenter en même temps un résumé des données sous une forme synthétique, on a cherché à faire le bilan des volumes ruisselés sur les différentes zones du bassin du GOUNTI-YENA. On a utilisé la somme des apports, mesurée à la station n° V, pour estimer ceux qui ont échappé, de par leur provenance, aux mesures directes.

### 6.1. DELIMITATION de la PARTIE "ACTIVE" du BASSIN du GOUNTI-YENA -

Etant donné que le bassin n° VII a une très faible aptitude au ruissellement, et que les apports du bassin n° VI eux-mêmes semblent le plus souvent absorbés par infiltration entre les stations n° VI et VII, on a délimité une zone censée être la seule à fournir le volume de l'onde de ruissellement observée à la station n° V. Cette zone comprend, outre les bassins n° I, II et III-IV :

- a) une zone dite "urbaine résiduelle", de  $1,76 \text{ km}^2$  (U.R.)
- b) une zone dite "fond de thalweg", de  $2,50 \text{ km}^2$  (F.T.) à fortes pentes transversales (escarpements).

Les limites de ces deux zones sont représentées sur la carte n° 1. Les apports à la station n° V sont finalement rapportés à une surface totale de  $7,43 \text{ km}^2$ .

### 6.2. BILAN des APPORTS CONSTITUANT l'ONDE de RUISSELLEMENT OBSERVEE à la STATION n° V

Le tableau III résume les données essentielles relatives à chaque crue (pluie moyenne  $\bar{P}$ , pluie utile moyenne  $\bar{P}_u$ , volume de ruissellement  $V_r$  et coefficient de ruissellement  $K_r$ ).

Les valeurs de  $\bar{P}_u$  ont été calculées comme il est indiqué dans la description du tableau I (paragraphe 3.1.1.), et il suffit d'ajouter ici que pour la zone U.R. on a pris la moyenne arithmétique des valeurs de  $(P - P_u)$  mesurées en E1, E2 et E3, et pour la zone F.T. on a pris la moyenne arithmétique des valeurs mesurées en E1, E2, E3 et E5.

TABLEAU III

Bilan des volumes ruisselés parvenant à la station n° V

Date de la crue	N° de la crue	Bassin ou zone	$\bar{P}$ mm	$\bar{P}_u$ mm	$V_r$ m <sup>3</sup>	$K_r$ %
14/7/1963	(1)	I	51,1	35,1	11 160	39
		II	53,7	39,2	25 740	45
		I + II	52,8	37,6	36 900	43
		III-IV	52,4	44,4	4 160	5
		I + II + III-IV:			41 060	
		U.R.	49,8	37,0	(14 000)	(16)
		F.T.	~ 50	35 à 45 ?	(2 060)	(1,6)
		Total V	53,9	x	57 120	14
		VI	38,5	x	x	x
		21/7/1963	(2)	I	18,6	15,6
II	18,2			14,2	3 770	20
I + II	18,3			14,8	8 980	30
III-IV	16,0			12,0	540	2
I + II + III-IV:					9 520	
U.R.	19,3			15,6	(4 300)	(13)
F.T.	~ 17			~ 14	(920)	(2,2)
Total V	19,4			16,4	14 740	10
VI	11,0			10,0	37	0,4
27/7/1963	(3)			I	56,8	37,8
		II	53,7	28,2	16 860	30
		I + II	54,8	32,6	25 880	29
		III-IV	53,8	37,8	3 050	4
		I + II + III-IV:			28 930	
		U.R.	55,0	34,8	(20 000)	(21)
		F.T.	~ 55	~ 35	(10 590)	(8)
		Total V	55,4	35,8	59 520	15
		VI	60,0	42,0	6 720	11

TABLEAU III (Suite)

Date de la crue	N° de la crue	Bassin ou zone	$\bar{P}$ mm	$\bar{P}_u$ mm	$V$ $m^3$	$K_r$ %
1/8/1963	(4)	I	18,2	14,7	2 590	25
		II	18,1	13,6	3 660	19
		I + II	18,1	14,1	6 250	21
		III-IV	18,7	11,9	(580)	(2)
		I + II + III-IV			6 830	
		U.R.	17,6	12,7	(4 180)	13
		F.T.	~ 16	~ 12	(410)	(1)
		Total V VI	18,2 15,0	13,8 12,0	11 420 1 680	9 11
15/8/1963	(5)	I	34,0	16,0	3 840	20
		II	31,5	15,0	5 160	15
		I + II	32,4	15,2	9 000	17
		III-IV	27,7	10,2	0	0
		I + II + III-IV			9 000	
		U.R.	32,5	15,2	(5 900)	(10)
		F.T.	~ 35	10 à 16 ?	(560)	(0,6)
		Total V VI	30,6 45,0	x 10 à 16 ?	15 460 3 260	7 7
28/8/1963	(6)	I	19,9	8,4	2 170	19
		II	18,5	4,5	3 690	19
		I + II	19,0	6,3	5 860	19
		III-IV	21,7	10,2	360	1,1
		I + II + III-IV			6 220	
		U.R.	20,5	8,2	(5 300)	(15)
		F.T.	~ 22	~ 10	(3 410)	(6)
		Total V VI	21,4 21,0	9,7 11,0	14 930 2 110	9 10
1/9/1963	(7)	I	27,4	12,4	2 260	15
		II	29,1	13,1	4 800	16
		I + II	28,5	13,0	7 060	15
		III-IV	36,9	21,4	1 080	2
		I + II + III-IV			8 140	
		U.R.	30,0	14,5	(6 340)	(12)
		F.T.	~ 32	~ 16	(4 290)	(5)
		Total V VI	32,4 26,6	16,9 11,0	18 770 1 410	8 5

TABLEAU III (Suite)

Date de la crue	N° de la crue	Bassin ou zone	$\bar{P}$ mm	$\bar{P}_u$ mm	V m <sup>3</sup> r	K ‰r
4/9/1963	(8)	I	28,2	20,7	4 010	25
		II	28,3	20,8	9 600	32
		I + II	28,3	20,8	13 610	30
		III-IV	24,2	18,7	1 740	5
		I + II + III-IV			15 350	
		U.R.	28,3	21,5	(9 960)	(20)
		F.T.	~ 28	~ 21	(5 220)	(7)
		Total V VI	27,0 29,2	20,1 22,0	30 530 3 600	15 12
1/7/1965	-1-	I	30,9	22,7	5 470	31
		II	33,8	27,6	8 070	22
		I + II	32,8	25,6	13 540	25
		III-IV	22,4	17,6	400	1,2
		I + II + III-IV			13 940	
		U.R.	27,9	21,5	(6 400)	(13)
		F.T.	~ 20	~ 12	(660)	(1,3)
		Total V VI	27,5 12,0	19,7 0	21 000 300	10 2,4
5/7/1965	-2-	I	18,8	10 à 12 ?	3 240	30
		II	18,1	10,0	2 820	15
		I + II	18,3	x	6 060	20
		III-IV	20,6	16,8	420	1,3
		I + II + III-IV		x	6 380	
		U.R.	19,1	14 à 20 ?	(5 040)	(15)
		F.T.	~ 22	14 à 20 ?	(2 640)	(5)
		Total V VI	19,7 22,5	x 20,0	14 160 2 140	10 9,5
14/7/1965	-3-	I	23,8	8 à 15 ?	3 025	23
		II	26,4	14,1	4 710	17
		I + II	25,5	x	7 735	19
		III-IV	19,3	7,3	180	0,6
		I + II + III-IV		x	7 915	
		U.R.	22,7	8 à 15 ?	4 800	12
		F.T.	~ 20	8 à 15 ?	3 365	7
		Total V VI	22,3 22,4	x 13,0	16 080 1 400	10 6,2



TABLEAU III (Suite)

Date de la crue	N° de la crue	Bassin ou zone	$\bar{P}$ mm	$\bar{P}_u$ mm	V. m <sup>3</sup> r	K %
6/8/1965	-4-	I	62,0	51,5	12 550	36
		II	62,8	55,7	36 270	54
		I + II	62,5	53,7	48 820	48
		III-IV	49,2	45,0	3 120	4,1
		I + II + III-IV			51 940	
		U.R.	58,2	50,9	(30 700)	(30)
		F.T.	~ 48	~ 42	(12 160)	(10)
		Total V VI	55,5 23,0	49,4 20,2	94 800 2 230	23 10
1/9/1965	-5-	I	10,7	6,3	3 040	50
		II	12,4	7,1	4 140	31
		I + II	11,8	7,0	7 180	37
		III-IV	11,2	9,9	190	1,1
		I + II + III-IV			7 370	
		U.R.	9,8	6,1	2 590	15
		F.T.	~ 13	~ 10	1 040	3
		Total V VI	11,3 16,8	8,1 15,0	11 000 2 500	16 15
3/9/1965	-6-	I	68,2	49,8	13 900	36
		II	61,8	44,2	32 280	49
		I + II	64,0	46,0	46 180	44
		III-IV	52,1	36,9	2 990	3,7
		I + II + III-IV			49 170	
		U.R.	64,5	47,4	40 800	36
		F.T.	~ 65	~ 50	25 030	15
		Total V VI	59,0 75,3	43,9 66,2	115 000 13 990	26 19

L'estimation des apports des zones U.R. et F.T. a été faite en considérant :

- a) qu'il ne doit pas apparaître de déficit, les pertes par infiltration dans le lit étant déjà prises en compte dans le bilan de la zone F.T.,
- b) que, pour cette même raison, le coefficient de ruissellement de la zone F.T. devait être faible malgré la présence des escarpements ( $K_r$  de l'ordre de celui du bassin n° III-IV au minimum, ou de l'ordre de celui du bassin n° VI au maximum),
- c) que les coefficients de ruissellement  $K_r$  doivent, grosso-modo, croître en même temps que la pluie utile moyenne  $P_u$ .

### 6.3. ETUDE COMPARATIVE de l'APTITUDE au RUISSELLEMENT des DIVERS BASSINS ou ZONES

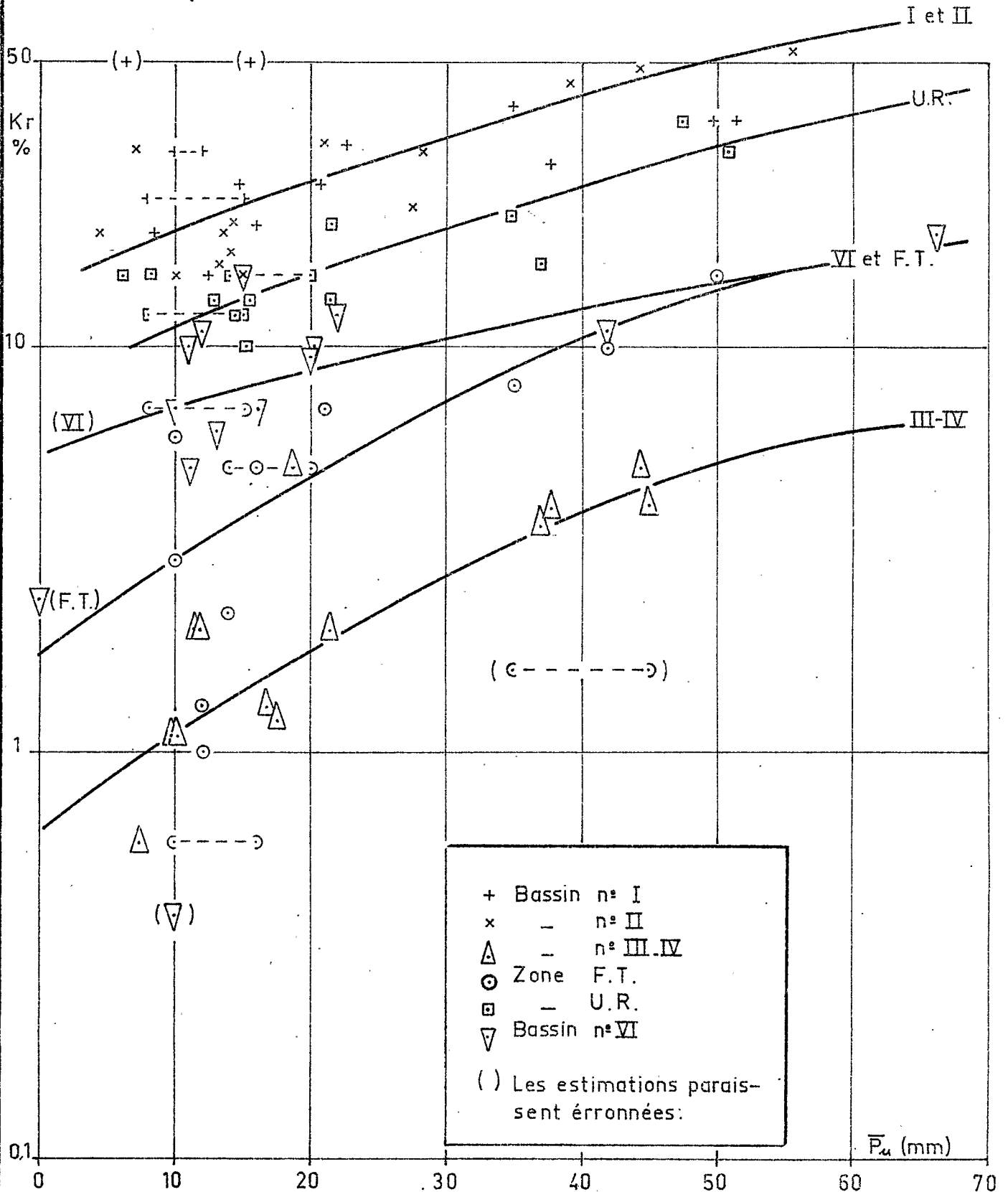
Le graphique n° 28 représente, avec des ordonnées logarithmiques, le coefficient  $K_r$  en fonction de  $P_u$ . Il existe entre eux une corrélation moins étroite qu'entre la lame ruisselée et  $P_u$ , mais meilleure cependant qu'entre  $K_r$  et les autres caractéristiques des averses tenant compte de l'intensité. Les ordonnées logarithmiques permettent de mettre en évidence un rapport à peu près constant entre les coefficients  $K_r$  de certains bassins, ou du moins entre les valeurs médianes de  $K_r$  qu'on peut estimer pour chaque valeur de  $P_u$ , si on reste dans la gamme des valeurs observées.

On voit que les bassins n° I et II présentent les plus forts coefficients  $K_r$ . Il est plus difficile de mettre en évidence ici la différence apparue entre ces bassins quand on a étudié la lame ruisselée en fonction de  $P_u$  (les pluies faibles et modérées ruisselleraient légèrement plus sur le bassin n° I, et les fortes pluies légèrement plus sur le bassin n° II).

Pour simplifier, on n'a tracé qu'une courbe moyenne pour les bassins n° I et II et on voit qu'ils présentent en moyenne des valeurs de  $K_r$  supérieures de 50 à 100 % à celles de la zone U.R.

Les différences de perméabilité du sol semblent devoir être mises en cause pour expliquer que les faibles pluies ruissellent beaucoup plus sur le bassin n° VI que sur le bassin n° III-IV et sur la zone F.T. C'est sans doute le bassin VI qui possède les sols les moins perméables, et c'est avec lui que l'on note la plus faible pente de la courbe  $K_r$  ( $P_u$ ) au départ; on peut faire la remarque inverse pour le bassin n° III-IV.

## Comparaison des coefficients de ruissellement des divers bassins



+ Bassin n° I  
 x - n° II  
 $\Delta$  - n° III-IV  
 $\circ$  Zone F.T.  
 $\square$  - U.R.  
 $\nabla$  Bassin n° VI  
 ( ) Les estimations paraissent érronnées:

Notons en outre qu'entre les coefficients  $K_r$  de ce dernier et ceux de la zone F.T. il y a un rapport de 1 à 2,5 à 3.

Enfin, pour des averses de l'ordre de 75 mm ( $\bar{P}_u = 65$  mm), on peut estimer que l'échelle des valeurs de  $K_r$  est la suivante :

Bassins ou zones	III-IV	VI et F.T.	U.R.	I et II
$K_r$ (%)	6,5	17,5	40	66
(valeurs indexées)	1	3	6	10

(Les valeurs indexées de  $K_r$ , quand on se réfère au bassin n° III-IV, sont valables dans un intervalle assez large de variation de  $\bar{P}_u$ , 40 à 65 mm, correspondant à la gamme de 50 à 75 mm pour  $\bar{P}$  dans l'échantillon d'averses observées). Cette échelle indexée des valeurs de  $K_r$  s'applique donc à des précipitations dont les périodes de retour vont d'un peu moins d'un an à presque 5 ans. Il est vraisemblable que cette échelle se rétrécit pour des précipitations plus importantes, mais dans des proportions inconnues par manque d'observation de tels phénomènes.

#### 6.4. ESSAI de DEFINITION de PARAMETRES CARACTERISANT l'URBANISATION et POUVANT RENDRE COMPTE des RESULTATS PRECEDENTS -

Il est certain qu'une série de différences évidentes, dans le mode de construction et la structure urbaine, entre les quartiers de type africain traditionnel et les autres doit entraîner une réaction différente des bassins au point de vue du ruissellement. Mais pour une étude systématique, on pourrait proposer l'utilisation d'indices faciles à calculer tels que :

- le nombre de constructions d'un seul tenant, rapporté à la superficie du bassin,

- la valeur moyenne ou médiane de la plus grande dimension (diagonale en général) des constructions d'un seul tenant,
- la longueur totale du réseau de rues,
- la longueur totale du réseau de rues à chaussée revêtue,
- la valeur moyenne ou médiane de la plus grande dimension des polygones délimités par les rues.

Mais le facteur le plus important de l'augmentation de l'aptitude au ruissellement en zone urbaine semble bien être le développement du réseau de caniveaux, qui est représenté de façon satisfaisante par la densité de drainage artificielle  $Dd$  obtenue en divisant la longueur totale  $L$  du réseau de caniveaux par la superficie  $S$  du bassin.

On n'a calculé que ce dernier indice  $Dd$  car la liaison de l'aptitude au ruissellement à un plus grand nombre de paramètres ne peut pas ressortir de l'analyse des données dont on disposait : données de deux bassins seulement (n° I et II) qui diffèrent au moins par trois de leurs caractères (structure urbaine, réseau de collecteurs et homogénéité), le bassin n° III étant peu comparable à un bassin urbain à cause de sa fort couverture végétale, et la zone U.R. d'ailleurs très hétérogène n'étant connu au point de vue hydrologique que par suite d'estimations très sommaires des volumes ruisselés.

Quoiqu'il en soit, les valeurs trouvées pour  $Dd$  sont les suivantes :

- Bassin n° I	( $S = 0,564 \text{ km}^2$ , $L = 1,85 \text{ km}$ )	: $Dd = 3,28 \text{ km/km}^2$
- Bassin n° II	( $S = 1,061 \text{ km}^2$ , $L = 4,41 \text{ km}$ )	: $Dd = 4,15 \text{ km/km}^2$
- Ensemble I + II	( $S = 1,625 \text{ km}^2$ , $L = 6,26 \text{ km}$ )	: $Dd = 3,85 \text{ km/km}^2$
- Bassin n° III-IV	( $S = 1,542 \text{ km}^2$ , $L = 1,85 \text{ km}$ )	: $Dd = 1,20 \text{ km/km}^2$
- Zone "U.R."	( $S = 1,76 \text{ km}^2$ , $L = 4,88 \text{ km}$ )	: $Dd = 2,77 \text{ km/km}^2$

On peut dire que le paramètre  $Dd$  rend compte de façon satisfaisante du fait que l'aptitude au ruissellement de la zone U.R. est plus faible que celle de l'ensemble des bassins n° I et II, malgré une ressemblance assez poussée des autres caractéristiques (même gamme de variations des pentes locales, même superficie et même diversité des types d'urbanisation).

Cependant, il est probable qu'on se trouve dans des conditions exceptionnellement favorables pour mettre en évidence cette influence du paramètre  $D_d$ , car les bassins comparés ont tous des pentes faibles et un sol perméable.

#### 6.5. CONCLUSIONS de l'ETUDE de l'APTITUDE au RUISSellement

Pour généraliser les résultats obtenus, on peut tout d'abord les présenter sous la forme suivante :  $K_{ri}$  étant la valeur indexée la plus probable du coefficient de ruissellement pour des averses de 50 à 75 mm, sous un climat où dominant largement les averses non cycloniques (cas général en Afrique Occidentale), et l'indexation étant faite par rapport au type présentant la plus faible aptitude au ruissellement dans le groupe de bassins considéré, on a :

:	:	Zone résidentielle	:	Zone urbaine	:	Zone urbaine	:
:	Type de	boisée	:	à réseau de	:	à réseau de	:
:	Bassin	(villas et jardins)	:	caniveaux	:	caniveaux	:
:	:	:	:	peu développé	:	bien développé	:
:	$K_{ri}$	1	:	6	:	10	:
:	:	:	:	:	:	:	:

Les valeurs 6 et 10 seraient peut-être à diviser par 2 ou 3 dans le cas d'un ensemble de bassins à forte pente et sur terrain imperméable; et le rapport de 6 à 10 serait modifié dans le sens de l'uniformisation, par le double fait que :

- a) le type de bassin servant de référence posséderait un réseau de drainage naturel efficace et par conséquent le ruissellement y serait bien plus fort que sur le bassin n° III-IV de NIAMEY ;
- b) le passage du type boisé au type véritablement urbain (centre commercial, quartiers à forte densité de population) constituerait la principale cause d'augmentation de l'aptitude au ruissellement.

Malgré une différence importante de climat qui sera précisée plus loin (paragraphe 7.4.), on peut évoquer un résultat obtenu sur le bassin du MAKELEKELE à BRAZZAVILLE : pour des averses de 40 à 50 mm, la

zone dite C où la "densité de drainage artificielle" est  $6,7 \text{ km/km}^2$  présenterait un coefficient de ruissellement égal à 2 à 3 fois celui de la zone AB dont le drainage est assuré essentiellement par le thalweg du ruisseau MAKELEKELE en partie canalisé (2,5 km environ pour  $2,44 \text{ km}^2$  dont  $1,34 \text{ km}^2$  de terrains urbanisés dits zone B et  $1,10 \text{ km}^2$  de terrains naturels en pente plus forte dits zone A). En estimant que l'aptitude au ruissellement des zones A et B est assez uniforme, les facteurs urbanisation et pente compensant leurs effets, on trouve entre les zones B et C un rapport entre les  $K_{ri}$  inférieur à  $6/10$ . Cela confirme que ce rapport a tendance à augmenter quand la pente et l'imperméabilité s'accroissent (voir le tableau des caractéristiques des bassins au paragraphe 7.4.).

7 - ESTIMATIONS des CRUES DECENNALES en ZONE URBAINE

7.1. ESTIMATION de l' AVERSE de FREQUENCE DECENNALE

7.1.1. Hauteur totale de précipitation

Dans l' "Etude Générale des Averses Exceptionnelles en Afrique Occidentale - République du Niger" - Juin 1963, Y. BRUNET-MORET indique les valeurs suivantes calculées par l'ajustement d'une loi gaussio-logarithmique :

- poste de NIAMEY-Ville (56 ans d'observations) : 91,6 mm
- poste de NIAMEY-Aérodrome (20 ans d'observations) : 95,9 mm

D'autre part, dans la même étude, l'auteur a tracé les lignes d'égales hauteurs journalières de précipitation de probabilité 1 fois en 10 ans, et le réseau stylisé en fonction des données des postes voisins conduit à admettre plutôt 98 mm pour les environs de NIAMEY. Il est évident que ces trois estimations se trouvent dans l'intervalle de confiance imposé par la longueur des périodes d'observation et par la variabilité du phénomène sur de faibles distances. On prendra donc, sans rechercher une plus grande précision :  $P_{10} = 95$  mm.

La superficie des bassins de la zone urbaine étant très inférieure à 25 km<sup>2</sup>, on doit estimer que le coefficient d'abattement est égal à 1, et il vient :

$$\bar{P}_{10} = 95 \text{ mm}$$

7.1.2. Choix d'un hyétogramme

L'expérience des études hydro-pluviométriques dans la zone climatique de NIAMEY laisse penser que l'on peut envisager deux éventualités nettement plus fréquentes que toutes les autres en ce qui concerne la hauteur de précipitation journalière décennale :



- a) cette hauteur est la somme de deux averses nettement séparées (par exemple par un intervalle d'au moins une heure sans intensité moyenne mesurable avec les pluviographes à augets) et la plus forte des deux averses présente un corps à une seule pointe d'intensité ;
- b) cette hauteur est celle d'une seule averse présentant au moins deux pointes d'intensité.

Une étude récente de Y. BRUNET-MORET, dont les résultats figurent dans le tome "République du TCHAD" de l'"Etude Générale" citée au paragraphe 7.1.1., permet de déterminer un hyétogramme-type dans la première éventualité : la valeur médiane des corps d'averse  $C_3$  et  $C'_3$  (définis pour des intensités  $\geq 18$  mm/h) se déduit de la hauteur journalière P par les formules :

$$C_3 + C'_3 = 0,90 (P - 10)$$

$$C_3 = 0,70 (C_3 + C'_3) \text{ si } C_3 > C'_3$$

On trouve ainsi à partir de  $P = 95$  mm,  $C_3 = 53,5$  mm pour le corps de l'averse la plus forte. En supposant qu'il y a une seule pointe d'intensité, la durée du corps est donnée par la formule :

$$t = 14,9 (C_3 + 1,82)^{1/3} - 18,2 \text{ minutes}$$

(on obtient  $t = 39$  minutes)

et les durées  $t_I$  correspondant aux diverses intensités classées I du hyétogramme sont données par la formule :

$$t = t_I = 10,5 \sqrt{\frac{I}{6}} - 18,2$$

L'intensité maximale instantanée (pour  $t_I = 0$ ) est donc connue en fonction de la durée du corps et on trouve  $I_M = 176$  mm/h.

Un autre résultat de l'étude citée indiquant que ce maximum est atteint 8,8 minutes après le début de l'averse, on peut construire le hyétogramme avec une montée rectiligne de 0 à 176 mm/h en 8,8 minutes et une descente suivant une courbe calculée avec la formule donnant  $t_I$ .

Le hyétogramme **choisi** doit présenter des paliers de 5 minutes à intensité constante. Il a été construit à partir du précédent en s'imposant la plus forte valeur possible de l'intensité maximale de 5 minutes. Il n'est pas achevé du côté de la traîne de l'averse (voir le graphique n° 29).

La valeur de  $P_u$  (corps à intensité  $\geq 20$  mm/h), d'après les formules citées plus haut, n'est inférieure que de 0,3 mm à C3. On a conservé pour déterminer la lame de ruissellement :  $P_u = 53,5$  mm, d'où évidemment  $\bar{P}_u = 53,5$  mm.

## 7.2. ESTIMATION de la LAME de RUISSELLEMENT

En fonction de  $\bar{P}_u$ , la zone urbanisée où se trouvent les bassins n° I et II doit présenter, d'après le graphique n° 13, une lame de ruissellement de 33,5 mm.

En tenant compte de la différence qui se manifeste entre les deux bassins, on peut estimer cette lame à :

$$L_{10} = 30 \text{ mm sur le bassin n° I}$$

$$L_{10} = 38 \text{ mm sur le bassin n° II}$$

## 7.3. CONSTRUCTION d'un HYDROGRAMME

### 7.3.1. Bassin n° I

Le hyétogramme du graphique n° 29 a été "transformé" en hydrogramme, et on trouve pour débit de pointe : 8,3 m<sup>3</sup>/s.

En adoptant l'intervalle de confiance de  $\pm 15$  %, valeur suggérée par les résultats de l'ajustement de la "transformation hyétogramme - hydrogramme" (voir paragraphe 5.1.4.) :

$$Q_{\max r10} = 7 \text{ à } 9,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 7.3.2. Bassin n° II

La "transformation", selon les règles conventionnelles déterminées pour ce bassin, conduit de même à un débit de pointe :  $11,55 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit avec l'intervalle de confiance de  $\pm 15 \%$  :

$$Q_{\text{max r10}} = 10 \text{ à } 13,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 7.3.3. Remarque

La seconde éventualité envisagée au début du paragraphe 7.1.2 ne peut être étudiée avec la même rigueur que la première, car on ignore encore quelle est la forme précise la plus fréquente des hyétogrammes à plusieurs pointes, et quelles sont, pour les averses de cette catégorie considérées séparément, les relations intensités-durées à utiliser.

Cependant, un essai de détermination arbitraire du hyétogramme-type à deux pointes, à partir des intensités-durées déduites de l'étude des hauteurs de précipitations en 24 heures (voir l'étude citée au paragraphe 7.1.1.), conduit à des résultats du même ordre pour les débits de pointe de la crue décennale sur chacun des bassins I et II, sans qu'apparaisse un écart systématique positif ou négatif.

On peut donc adopter les valeurs données ci-dessus pour

$Q_{\text{max r10}}$ .

## 7.4. COMPARAISON des BASSINS n° I et II et du BASSIN du MAKELEKELE

Ce dernier bassin, situé dans l'agglomération de BRAZZAVILLE-BACONGO, a été observé entre 1955 et 1957 et il a été possible d'en estimer la crue décennale à  $12 \text{ à } 15 \text{ m}^3/\text{s}$  pour  $3,08 \text{ km}^2$ .

Bien que ce bassin soit soumis à un climat équatorial de transition austral de pluviométrie moyenne interannuelle plus que double de celle de NIAMEY ( $1300 \text{ mm}$  contre  $600 \text{ mm}$  environ), il a paru intéressant de mettre en parallèle les débits spécifiques de pointe de crue décennale des trois bassins, les seuls représentatifs de zone urbaine que l'ORSTOM ait étudiés :

- Bassin n° I (0,564 km <sup>2</sup> )	:	$q_{\max} r_{10}$	=	14 700 l/s.km <sup>2</sup>	(12 500 à 17 000)
- Bassin n° II (1,061 km <sup>2</sup> )	:	$q_{\max} r_{10}$	=	10 900 l/s.km <sup>2</sup>	(9 000 à 12 500)
- MAKELEKELE (3,08 km <sup>2</sup> )	:	$q_{\max} r_{10}$	=	4 500 l/s.km <sup>2</sup>	(4 000 à 5 000)

Ce dernier bassin pourrait en réalité présenter une crue bien plus forte (son taux d'urbanisation était seulement 64 % et seulement 21 % de sa surface étaient couverts d'un réseau serré de collecteurs). On avait estimé dans l'hypothèse du passage à 100 % de ces deux taux caractéristiques du développement urbain, autrement dit en supposant que l'aptitude au ruissellement de la zone dite C pouvait être étendue à tout le bassin :

- pour 3,08 km<sup>2</sup> :  $q_{\max} r_{10} = 9\ 000\ \text{l/s.km}^2$

Il apparaît alors que pour les trois bassins urbains comparés, la décroissance des débits spécifiques de crue décennale est à peu près normale malgré la différence climatique signalée plus haut (différence qu'on peut préciser en notant qu'à BRAZZAVILLE l'averse décennale a été estimée à 120 mm avec une intensité maximale de 30 minutes égale à 120 mm/h, contre 95 mm et 83 mm/h à NIAMEY).

Il se trouve que la différence climatique est compensée par l'influence de la nature du sol et de la pente :

Bassins	Nature du Sol	Indice global de pente (m/km)	Densité de drainage artificielle (km/km <sup>2</sup> )
Zone C du MAKELEKE	très perméable	3 à 4 (1)	6,7
Bassin n° I de NIAMEY	perméable	6,9	3,28
Bassin n° II de NIAMEY	perméable	7,4	4,15

(1) Indice non calculé car les levés topographiques étaient insuffisants.

Ces deux facteurs naturels, nature du sol et pente, pourraient bien, en définitive, et comme on l'entrevoit à la lecture du tableau ci-dessus, avoir une influence plus grande que la densité de drainage artificielle  $D_d$ , laquelle serait surtout efficace pour différencier l'aptitude générale au ruissellement (dans toute la gamme des averses possibles) de bassins comparables en tous points par ailleurs. On a déjà vu, en outre, que l'influence de  $D_d$  pourrait apparaître encore moins nettement s'il s'agissait de bassins plus imperméables et de pentes plus forte (voir paragraphe 6.5.).

#### 7.5. ESTIMATION SOMMAIRE de la CRUE de FREQUENCE VICENNALE (1)

Pour prévoir cet évènement, on peut partir d'une hauteur de précipitation de 110 mm en 24 heures, d'où :

$$\begin{aligned}C_3 + C'_3 &= 90 \text{ mm} \\C_3 &= 63 \text{ mm} \\t &= 42 \text{ minutes} \\I_m &= 197 \text{ mm/h}\end{aligned}$$

Le hyétogramme construit comme celui de l'averse décennale, figure également sur le graphique n° 29. La valeur de  $\bar{P}_u$ , bien que légèrement inférieure à  $C_3$ , a été arrondie à 63 mm : elle conduit à une lame de ruissellement de 43,5 mm et on a adopté :

$$\begin{aligned}L_{20} &= 40 \text{ mm sur le bassin n° I} \\L_{20} &= 50 \text{ mm sur le bassin n° II}\end{aligned}$$

Les hydrogrammes de crue construits toujours par application des mêmes règles, conduisent, avec des intervalles de confiance de 15 à 20 % à :

$$\begin{aligned}Q_{\max r20} &= 11 \text{ m}^3/\text{s pour le bassin n° I ( 9 à 13 m}^3/\text{s)} \\Q_{\max r20} &= 15 \text{ m}^3/\text{s pour le bassin n° II (12 à 18 m}^3/\text{s)}\end{aligned}$$

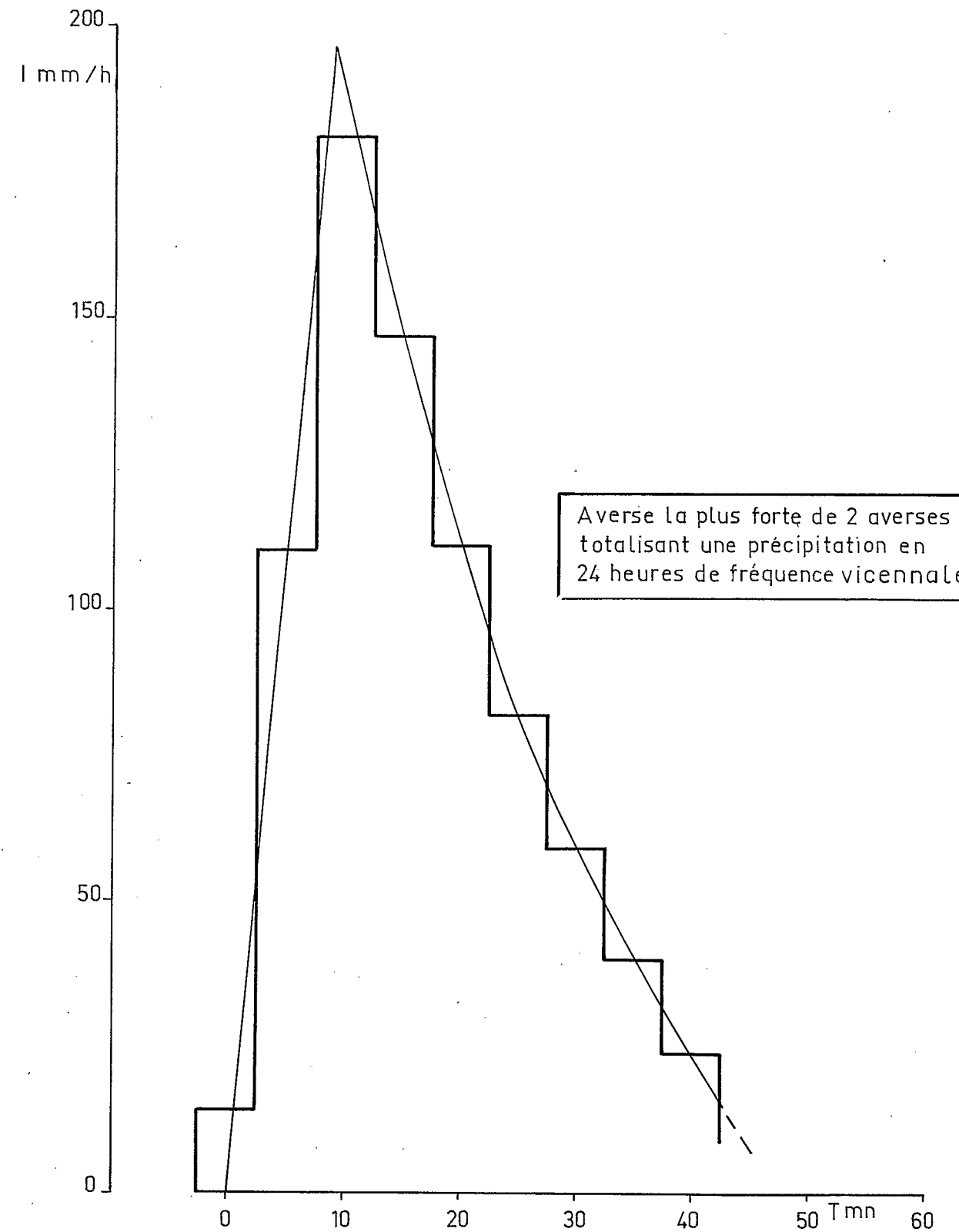
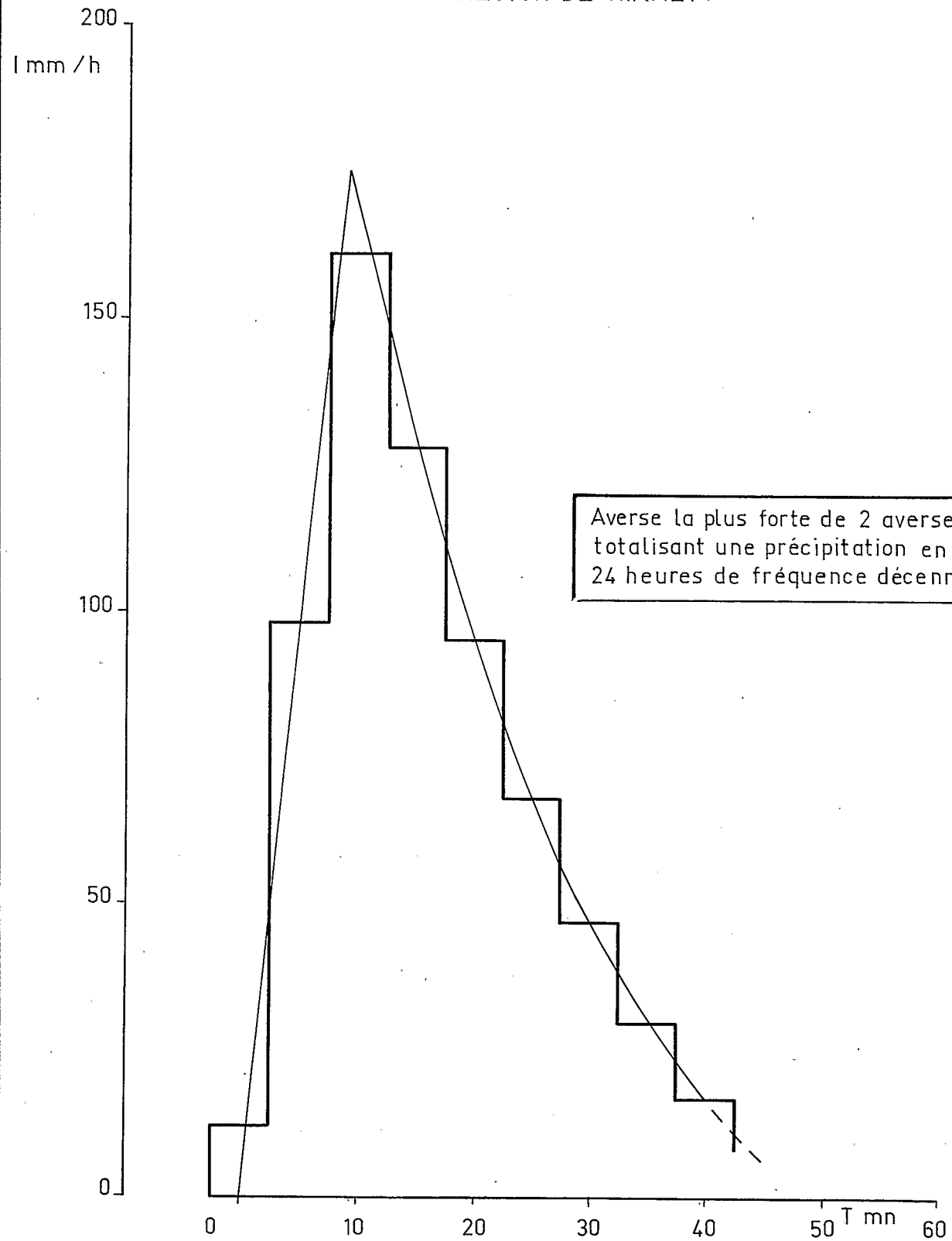
---

(1) tous les vingt ans

# HYÉTOGRAMMES TYPES

Pour des corps d'averse à une seule pointe d'intensité

(RÉGION DE NIAMEY)



Exprimés en valeurs spécifiques, ces débits deviennent :

- Pour le bassin n° I : 19 500 l/s.km<sup>2</sup> (16 000 à 23 000)
- Pour le bassin n° II : 14 000 l/s.km<sup>2</sup> (11 500 à 17 000)

On s'aperçoit en effectuant le calcul de "transformation" du hyétogramme en hydrogramme, qu'on se trouve sans doute dans des conditions-limites où les règles admises sont encore applicables : pour des averses plus fortes, le coefficient de ruissellement global rapporté à la pluie utile moyenne serait de l'ordre de 1 et il en résulterait l'inutilité pratique de l'hypothèse de croissance dans le temps des coefficients à affecter aux tranches successives de l'averse, puisqu'on s'impose la condition qu'aucun de ces coefficients ne dépasse 90 %. Autrement dit, on se trouverait, pour estimer par exemple la forme de l'hydrogramme cinquantenaire, devoir utiliser les règles adoptées apparemment amputées, circonstance qui ne s'est pas présentée quand on les a établies.

L'élargissement de l'intervalle de confiance en résultant, fait que l'estimation des crues de période de retour supérieure à 20 ans ne présente plus grand intérêt.

**ANNEXE**

**Précipitations journalières  
Campagnes 1963 et 1965**



# FICHE PLUVIOMETRIQUE MENSUELLE

## BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

MOIS DE JUILLET 1963

JOURS	PE 1		PE 2		PE 3		PE 4		PE 5		P 1		P 2		P 3		P 4		P 5		P 6		P 7		P 8		P 9		P 10		P 11		P 12		P 13			
	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>				
1																																						
2																																						
3																																						
4																																						
5	9,0																																					
6																																						
7																																						
8																																						
9																																						
10																																						
11																																						
12	1,7		1,3		2,2																																	
13																																						
14																																						
15	60,0		62,5		52,0		36,5		38,5		54,2		65,0		36,9		49,0		48,5		63,5		57,3		46,2		62,5		57,0		37,3							
16																																						
17																																						
18																																						
19																																						
20																																						
21	20,0		20,0		17,0		14,5		11,0		24,0		19,4		13,4		15,3		18,6		18,8		20,2		14,0		17,7		22,5		12,4				11,0			
22		6,5		16,0		16,0		9,5		7,5		12,9		14,5		10,3		14,2		18,7		17,9		18,3		14,2		14,4		13,0		10,6		14,1		8,1		
23																																						
24	2,1		2,1		1,8		1,8		1,2		2,0		2,6		7,2		3,2		2,3		2,1		2,0		1,5		1,8		1,9		1,5		1,7		2,0			
25																																						
26																																						
27	61,0		61,5		58,0		41,5		60,0		53,2		53,5		55,5		47,5		52,4		59,0		60,9		49,1		55,5		54,5		36,6		32,5		38,4			
28																																						
29																																						
30	11,0		12,0		9,0		12,5		12,4		9,7		12,2		7,6		10,7		11,0		10,0		10,0		10,0		9,8		8,8		12,9		10,3		16,5			
31																																						
	155,8	6,5	159,4	16,0	140,0	16,0	106,8	9,5	123,1	7,5	146,8	12,9	155,3	14,5	123,2	10,3	128,7	14,2	135,0	18,7	155,8	17,9	152,8	18,3	124,4	14,2	157,1	14,4	147,7	13,0	100,7	10,6	44,5	14,1	67,9	8,1		
	162,3	175,4	156,0	116,3	130,6	159,7	169,8	133,5	142,9	153,7	173,7	171,1	138,6	171,5	160,7	111,3	58,6	76,0																				

# FICHE PLUVIOMETRIQUE MENSUELLE

## BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

MOIS D'AOUT 1963

JOURS	PE 1		PE 2		PE 3		PE 4		PE 5		P 1		P 2		P 3		P 4		P 5		P 6		P 7		P 8		P 9		P 10		P 11		P 12		P 13	
	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup> à 7 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup> à 19 <sup>h</sup>		
1		19,5		19,5		18,5		29,0		15,0		19,0		20,3		16,5		17,0		16,9		17,0		18,7		18,5		20,2		17,3		20,3		13,3		20,0
2																																				
3																																				
4																																				
5																																				
6																																				
7	8,0		8,5		8,5		9,0		9,0		7,2		7,6		7,4		7,5		8,2		8,3		8,2		8,4		8,5		8,0		8,7		8,7		24,5	
8																																				
9	15,0	6,0	17,0	7,5	13,5	13,5	16,5	6,5	5,0	4,8	14,0	5,2	16,8	5,6	13,5	4,8	16,4	5,0	17,0	9,0	15,9	10,5	15,7	11,0	13,1	14,5	14,0	10,0	13,5	7,2	17,0	6,7	13,2	17,0	2,0	6,5
10																																				
11		1,0		0,8		0,3		1,7		0,4		0,8		1,5		0,9		2,1		1,2		1,0		0,5		1,0		0,7		1,2		0,6		2,0		1,0
12		1,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,5		0,8		0,0		0,6		0,0		0,2		0,4		0,0		0,0		0,6		0,0		0,0		0,0
13																																				
14																																				
15																																				
16	36,5		35,5		27,5		36,0		45,0		34,5		32,3		31,7		26,0		32,0		31,0		28,0		27,0		30,0		30,0		34,5		36,8		51,5	
17																																				
18																																				
19																																				
20																																				
21																																				
22																																				
23	15,0		14,5		7,0		10,5		11,7		13,0		15,5		14,8		17,0		11,7		19,0		8,5		7,1		10,8		12,0		12,0		12,8		11,0	
24																																				
25		3,0		3,5		4,5		23,0		10,3		3,6		3,5		3,3		3,5		3,0		3,2		4,2		6,5		5,0		4,0		20,8		3,8		22,2
26																																				
27	12,0	1,5	15,0	1,5	5,0	7,0	8,0		11,7		14,0	1,0	13,2	1,9	14,7	1,6	14,1	2,0	17,8	1,8		17,0		16,5		11,3	13,2		14,5	8,0		14,3	8,0			
28		20,5		20,0		24,5		18,0		21,0		21,7		17,6		18,0		16,2		19,2		20,8		22,5		19,4		23,5		23,2		16,5		19,6		10,0
29																																				
30																																				
31																																				
	86,5	52,5	90,5	52,8	61,5	68,3	80,0	69,2	82,4	52,1	82,7	51,8	85,4	51,2	82,1	45,1	81,0	46,4	86,7	51,1	65,2	69,7	60,4	73,8	55,6	71,2	76,5	59,4	63,5	68,0	80,2	64,9	71,5	70,0	97,0	59,7
	139,0		143,3		129,8		149,2		134,5		134,5		136,6		127,2		127,4		137,8		134,9		134,2		126,8		135,9		131,5		145,1		141,5		156,7	

# FICHE PLUVIOMETRIQUE MENSUELLE

## BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

MOIS DE SEPTEMBRE 1963

JOURS	PE 1		PE 2		PE 3		PE 4		PE 5		P 1		P 2		P 3		P 4		P 5		P 6		P 7		P 8		P 9		P 10		P 11		P 12		P 13	
	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h	19h à 7h	7h à 19h		
1	26,0	30,0	38,5	29,5	26,6	32,1	25,7	25,3	22,0	37,2	33,0	34,7	36,5	38,0	32,2	37,1	21,6	24,6																		
2		0,8	0,5	0,7	4,2	3,0	1,0	0,6	1,0	0,7	0,4	0,3	0,4	1,0	0,7	0,6	3,7	3,6	7,8																	
3																																				
4	29,5	30,5	25,5	22,0	29,2	30,0	27,5	25,8	25,1	30,0	29,1	27,0	22,0	26,5	28,8	23,5	28,0	23,2																		
5																																				
6																																				
7																																				
8																																				
9	3,8	4,2	1,4	2,8	7,1	2,8	4,6	3,7	3,9	4,5	3,5	2,5	1,2	2,0	2,2	2,0	3,0	3,6																		
10																																				
11	11,0	11,5	5,0	5,5	8,9	8,5	12,5	10,0	13,5	9,8	7,6	6,0	4,3	5,6	8,0	4,9	9,8	9,6																		
12																																				
13																																				
14																																				
15																																				
16																																				
17	6,0	6,4	6,5	5,3	0,7	5,0	6,5	6,3	5,5	5,3	5,5	6,5	6,2	7,6	5,9	6,7	6,0	1,3	4,9	1,5	1,1															
18																																				
19																																				
20		0,5	0,0	1,0	1,3	3,0	2,2	0,3	0,5	0,0	0,7	1,5	1,8	2,1	2,4	3,2	7,3	2,8	3,5																	
21																																				
22																																				
23																																				
24																																				
25																																				
26	1,5	2,1	3,2	3,0	5,6	5,6	0,5	0,7	0,0	3,2	4,8	2,8	3,6	4,5	2,9	5,0	1,5	1,5																		
27																																				
28																																				
29																																				
30		10,5	8,0	6,1	4,9	5,0	10,5	9,2	11,7	7,0	7,4	9,1	8,5	8,2	6,7	8,9	5,2	2,2	2,1																	
	77,8	11,8	84,7	8,5	80,1	7,8	68,1	11,1	82,4	11,0	85,5	13,7	77,1	10,1	71,0	13,2	69,8	7,7	90,2	8,5	84,5	10,9	79,2	10,7	75,2	11,3	82,5	9,8	80,8	12,7	78,5	11,5	68,8	8,6	64,0	14,5
	89,6	93,0	87,9	79,2	93,4	99,2	87,1	84,2	77,5	98,7	95,4	89,9	86,5	92,3	93,5	90,0	77,4	78,5																		

FICHE PLUVIOMETRIQUE MENSUELLE

BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

MOIS DE MAI - JUIN - JUILLET 1965

Jours	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE 5	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 13	P 15	P 16	P 17	P 19	P 20			
23/5	1,5	0,9	3,2	3,6	7,2	0,7	1,4	1,6	1,0	1,1	1,1	1,0	4,4	2,2	1,6	6,2	7,3								
4/6	8,8	8,7	19,2	15,2	14,0	13,7	7,4	8,8	7,4	10,0	14,5	17,7	26,0	19,2	16,0	11,8	14,2								
6	33,9	32,7	24,3	7,8	9,2	30,5	38,0	32,0	28,0	34,3	32,0	27,7	23,0	26,5	31,5	9,5	10,5								
17	17,6	17,2	27,6	10,2	15,9	26,4	16,4	21,5	14,6	21,3	17,5	25,4	27,9	27,6	32,0	13,0	13,6								
21	38,9	45,2	28,0	23,1	21,0	40,3	41,0	36,8	39,6	44,0	40,2	36,7	39,7	35,7	40,3	24,6	19,5								
28	6,0	5,4	8,3	11,7	10,4	6,1	5,9	6,2	6,2	5,2	5,1	10,0	12,0	7,5	7,0	15,8	16,0								
T	105,2	109,2	107,4	68,0	70,5	117,0	108,7	105,3	95,8	114,8	109,3	117,5	128,6	116,5	126,8	74,7	73,8								
1/7	34,2	34,2	21,8	10,2	12,0	21,3	35,9	33,2	39,8	29,7	25,4	27,1	20,2	26,7	29,1	10,4	7,6	x	x	x	x	x			
5	20,2	21,1	18,8	15,7	22,5	21,2	17,8	15,7	14,7	19,0	19,9	20,9	21,5	20,6	20,9	28,9	28,1	x	x	x	x	x			
10	21,5	18,2	10,0	5,6	5,9	21,7	17,4	18,2	16,6	15,4	13,6	13,5	10,7	13,7	18,4	7,0	2,9	x	x	x	x	x			
13	21,5	19,1	28,1	27,0	28,1	23,0	17,5	17,8	16,2	20,5	22,0	27,0	35,0	26,0	25,5	27,5	27,8	x	x	x	x	x			
14	23,9	26,3	19,0	17,6	22,4	25,5	28,7	23,6	29,6	23,5	22,6	21,5	18,3	22,0	15,1	19,6	22,9	x	x	x	x	x			Matin
14	1,7	1,6	1,7	3,4	8,3	1,8	1,7	2,2	2,1	1,5	1,4	1,4	2,1	1,9	1,7	2,9	0,9	7,9	4,4	8,9	4,3	2,4			Soir
17	12,2	11,3	11,9	11,6	11,5	11,2	11,7	13,8	13,4	9,6	9,0	10,8	12,7	10,8	11,5	11,1	26,7	11,3	16,2	11,5	13,6	12,5			
20	1,9	1,8	4,5	5,8	6,7	3,3	1,8	2,2	1,7	2,0	2,6	4,6	5,7	4,1	3,5	7,0	1,7	8,2	5,4	6,7	3,3	2,6			
25	6,5	5,7	2,9	2,7	6,9	4,5	7,1	8,2	7,7	4,0	3,5	3,8	3,9	2,7	3,3	2,5	4,3	8,5	4,4	5,3	4,0	5,4			
30	9,4	10,5	5,8	2,2	3,6	8,3	11,2	10,8	14,7	8,8	7,3	6,7	4,8	7,0	8,4	2,4	5,8	4,8	3,9	3,3	6,1	7,6			
T	153,0	149,8	124,5	101,8	127,9	141,8	150,8	145,7	156,5	134,0	127,3	137,3	134,9	135,5	137,4	119,3	128,7								

FICHE PLUVIOMETRIQUE MENSUELLE

BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

MOIS D'AOUT 1965

Jours	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE 5	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 13	P 15	P 16	P 17	P 19	P 20		
1	4,8	3,9	1,8	1,3	5,2	8,9	4,5	5,2	2,8	5,5	6,5	4,2	1,8	4,6	8,2	2,3	5,7	6,3	5,4	4,5	4,5	8,4		
4	3,4	3,6	1,3	0,0	0,0	6,4	1,9	1,0	0,1	4,4	4,1	1,2	1,0	1,7	4,1	0,6	1,2	0,7	0,7	0,7	0,2	0,5		
5	1,9	1,9	17,0	12,2	6,1	3,3	1,7	1,3	1,4	2,4	3,7	17,3	20,9	7,2	3,5	21,8	23,5	5,1	7,4	8,5	5,6	3,1		
6	64,5	66,1	47,2	41,9	23,8	55,9	65,9	64,2	65,1	56,0	52,6	51,0	50,0	48,7	53,0	46,7	4,8	24,0	16,6	26,0	56,2	56,9		
9	3,2	3,6	3,7	3,3	2,7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
11	21,2	14,3	21,0	18,3	30,7	19,4	13,2	11,3	11,7	19,0	17,7	19,7	19,5	20,4	20,5	18,1	60,2	31,4	39,7	29,6	16,0	11,5		
12	11,0	11,3	18,2	13,7	8,1	9,5	8,6	8,8	10,2	10,1	11,9	17,0	24,1	15,0	12,3	16,0	1,8	9,4	9,5	8,2	10,3	10,4		
15) 16}	17,7	16,9	22,9	25,1	23,4	18,0	18,5	14,7	15,5	16,7	16,9	21,9	27,5	22,0	19,8	28,1	24,4	23,8	23,1	23,0	18,0	16,2		
18	6,6	6,4	5,5	4,0	4,7	7,7	6,7	7,5	4,5	5,6	5,0	5,4	3,7	7,2	6,5	2,9	0,9	6,1	3,5	4,2	4,6	4,8		
22	8,7	10,4	13,4	17,4	15,7	9,0	7,9	6,8	7,9	11,2	9,5	13,8	17,8	10,7	10,7	17,4	22,8	14,3	14,8	15,3	11,3	7,0		
24	2,6	2,7	1,9	1,4	3,5	1,9	3,9	2,8	2,0	1,6	2,9	1,7	3,5	2,5	2,8	4,0	2,9	3,3	3,8	3,6	2,7	2,3		
25	1,4	1,4	2,2	2,0	3,8	3,0	1,7	1,7	1,7	2,0	2,1	3,1	1,8	3,3	3,8	2,8	7,4	6,0	6,0	2,5	5,2	3,8		
27	15,7	15,5	15,6	11,3	15,8	17,1	15,1	14,0	13,0	15,5	15,7	20,2	15,1	17,8	17,9	11,8	17,7	18,7	15,5	13,4	13,9	17,0		
29	0,7	1,4	3,1	0,9	0,7	4,1	0,6	0,9	0,9	5,0	3,8	3,1	2,2	4,7	3,7	1,4	0,6	0,7	0,6	1,0	0,9	1,4		
31	8,9	9,1	14,2	13,3	6,3	11,0	8,5	6,4	7,0	10,7	11,3	12,1	14,3	15,0	13,4	15,4	8,6	6,8	5,0	6,7	7,3	7,6		
T	172,3	168,5	189,0	166,1	150,5	(175,2)	(158,7)	(146,6)	(143,8)	(165,7)	(163,7)	(191,7)	(203,2)	(180,8)	(180,2)	(189,3)	(182,5)	(156,6)	(151,6)	(147,2)	(156,7)	(150,9)		

FICHE PLUVIOMETRIQUE MENSUELLE

BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

MOIS DE SEPTEMBRE & OCTOBRE 1965

Jours	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE 5	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 13	P 15	P 16	P 17	P 19	P 20		
1	14,4	16,3	9,8	15,0	18,8	8,4	10,0	8,1	10,3	14,1	13,2	12,3	11,9	10,2	11,8	x	x	16,1	14,3	15,5	x	x	Matin	
1	8,2	7,7	6,4	5,6	6,0	5,0	8,0	7,0	8,0	7,5	7,0	6,6	5,0	7,9	7,7	(18,5)	(23,6)	6,5	6,0	6,5	(19,2)	(20,0)	Soir	
2	6,9	6,9	10,6	7,0	5,8	16,2	15,3	14,1	13,7	12,4	12,4	12,1	13,2	11,2	11,9	10,0	12,2	9,4	10,3	10,0	9,2	9,4		
3	69,4	63,6	53,2	70,5	72,1	67,5	63,4	69,0	66,3	51,4	50,8	52,2	51,1	54,3	60,0	61,6	75,6	79,7	84,2	76,8	66,6	63,1		
4	9,0	10,7	16,2	16,5	19,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	18,5	18,1	17,6	x	x		
5	47,2	53,9	48,6	40,1	33,2	(58,7)	(62,0)	(60,6)	(61,4)	(63,8)	(65,3)	(65,9)	(67,9)	(63,6)	(62,3)	(60,3)	(57,5)	34,4	39,6	33,4	(51,8)	(54,2)		
7	3,7	4,0	4,9	9,2	12,5	5,9	5,2	5,6	3,9	4,2	4,7	4,6	4,9	4,3	4,9	1,8	10,8	11,1	11,0	12,2	6,5	5,9		
9	13,4	12,5	9,5	6,6	6,8	11,9	9,5	9,5	5,9	12,8	12,1	12,7	11,5	9,7	11,4	6,5	11,9	8,4	8,5	8,5	7,5	7,0		
12	10,2	10,5	13,3	17,5	23,8	12,7	10,6	8,8	10,2	10,6	10,9	14,6	15,1	14,2	14,4	15,7	18,0	22,2	21,6	21,6	16,8	11,5		
14	9,8	8,9	10,8	7,2	8,6	11,8	8,2	7,0	6,3	9,4	10,7	12,3	11,9	13,4	13,1	7,6	15,1	8,8	8,2	9,2	8,6	8,4		
16	10,7	10,9	5,5	7,5	11,8	8,8	10,3	7,4	7,3	9,8	9,7	7,5	3,7	7,0	8,2	7,6	6,3	11,9	9,7	11,8	5,1	5,1		
24	11,6	11,3	5,0	4,1	2,5	8,2	14,0	8,2	10,6	10,4	7,8	6,5	5,7	6,0	6,8	4,2	13,0	3,5	2,0	3,9	4,3	5,4		
T	214,5	217,2	193,8	206,8	221,4	215,1	216,5	205,3	203,9	206,4	204,6	207,3	201,9	201,8	212,5	193,8	244,0	230,5	233,5	227,0	195,6	190,0		
6/10	10,7	10,7	1,4	2,1	2,4	4,4	14,7	9,7	19,2	7,4	5,0	2,2	1,3	2,3	3,1	1,8	0,0	3,1	2,2	2,2	2,5	0,0		

NOTA: (000,0 = Hauteurs d'eau de la journée et de la veille cumulées

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

COMITÉ INTER-AFRICAIN  
D'ÉTUDES HYDRAULIQUES

# ÉTUDE DE RUISSELLEMENT EN ZONE URBAINE A NIAMEY



## Les bassins versants du GOUNTI-YENA

par J. HERBAUD

Tome 2 - annexes

PARIS - septembre 1966

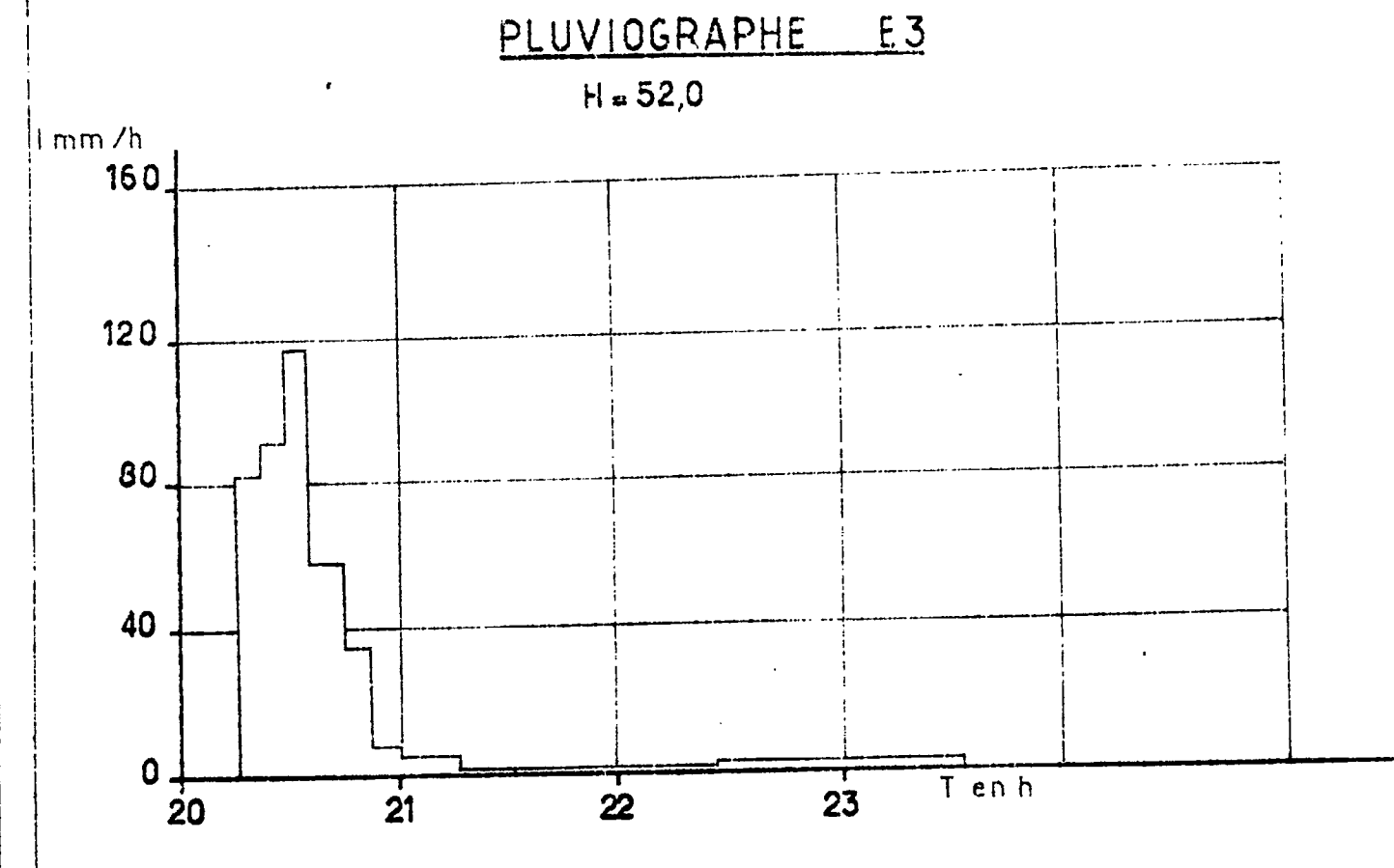
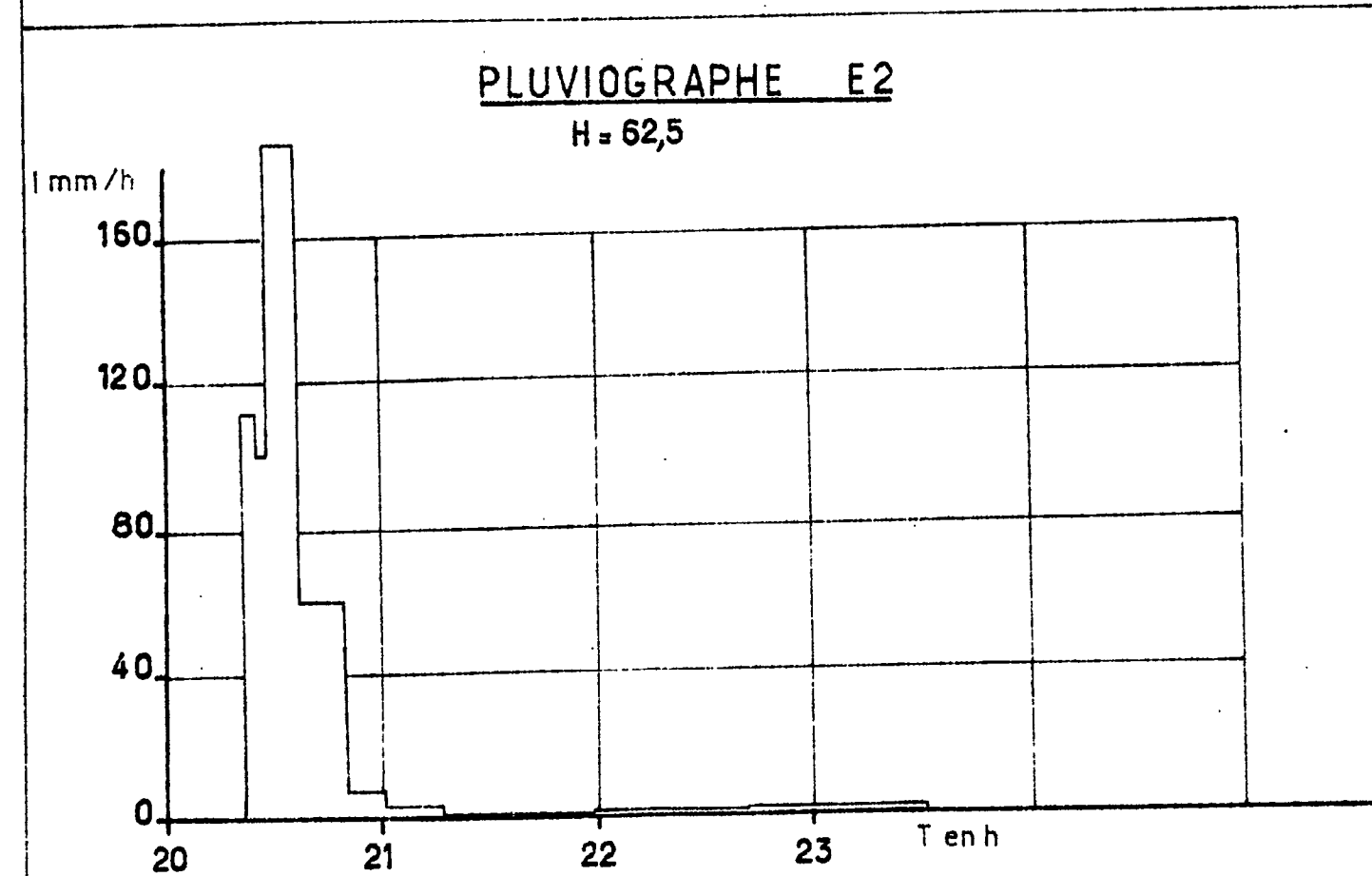
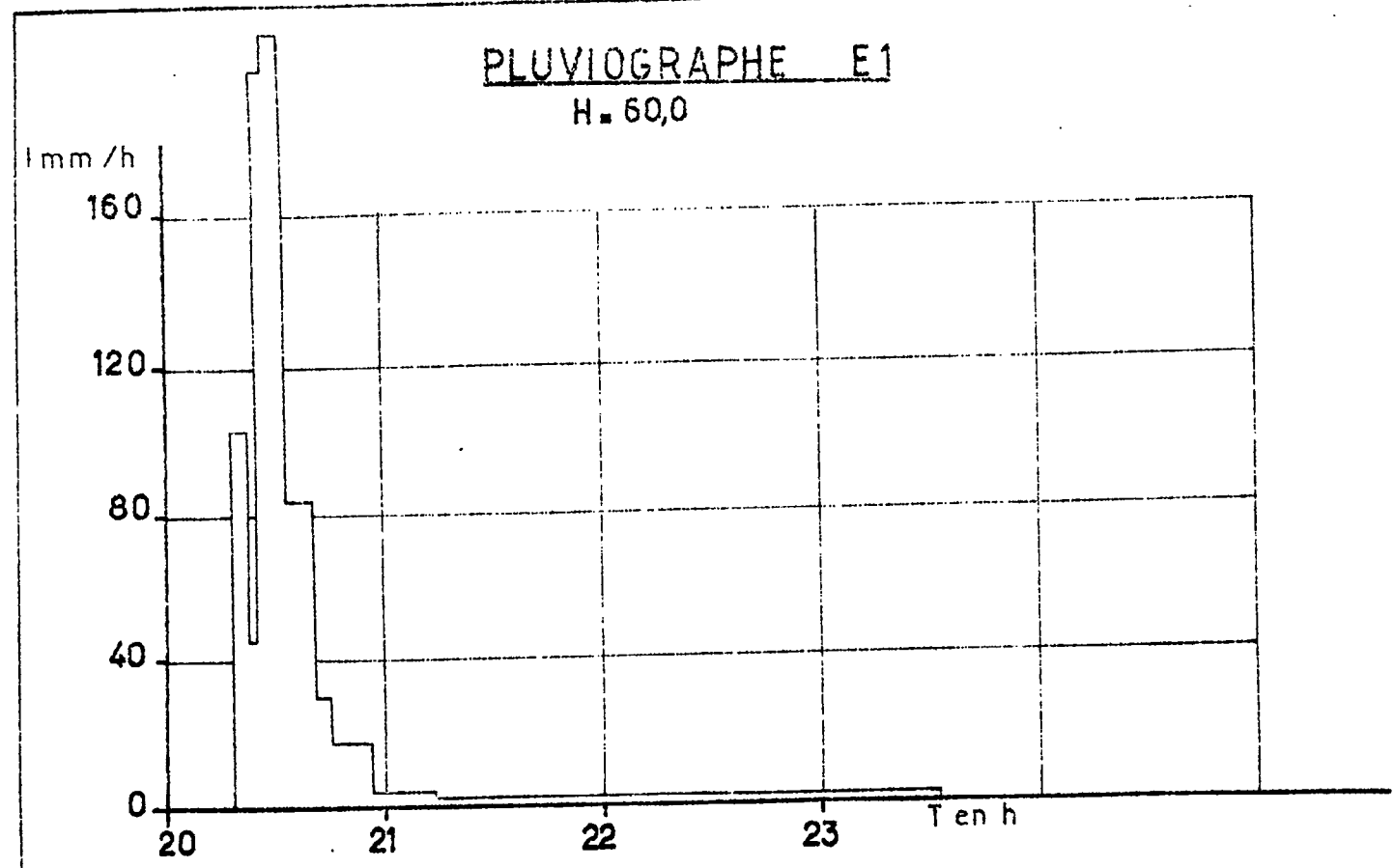
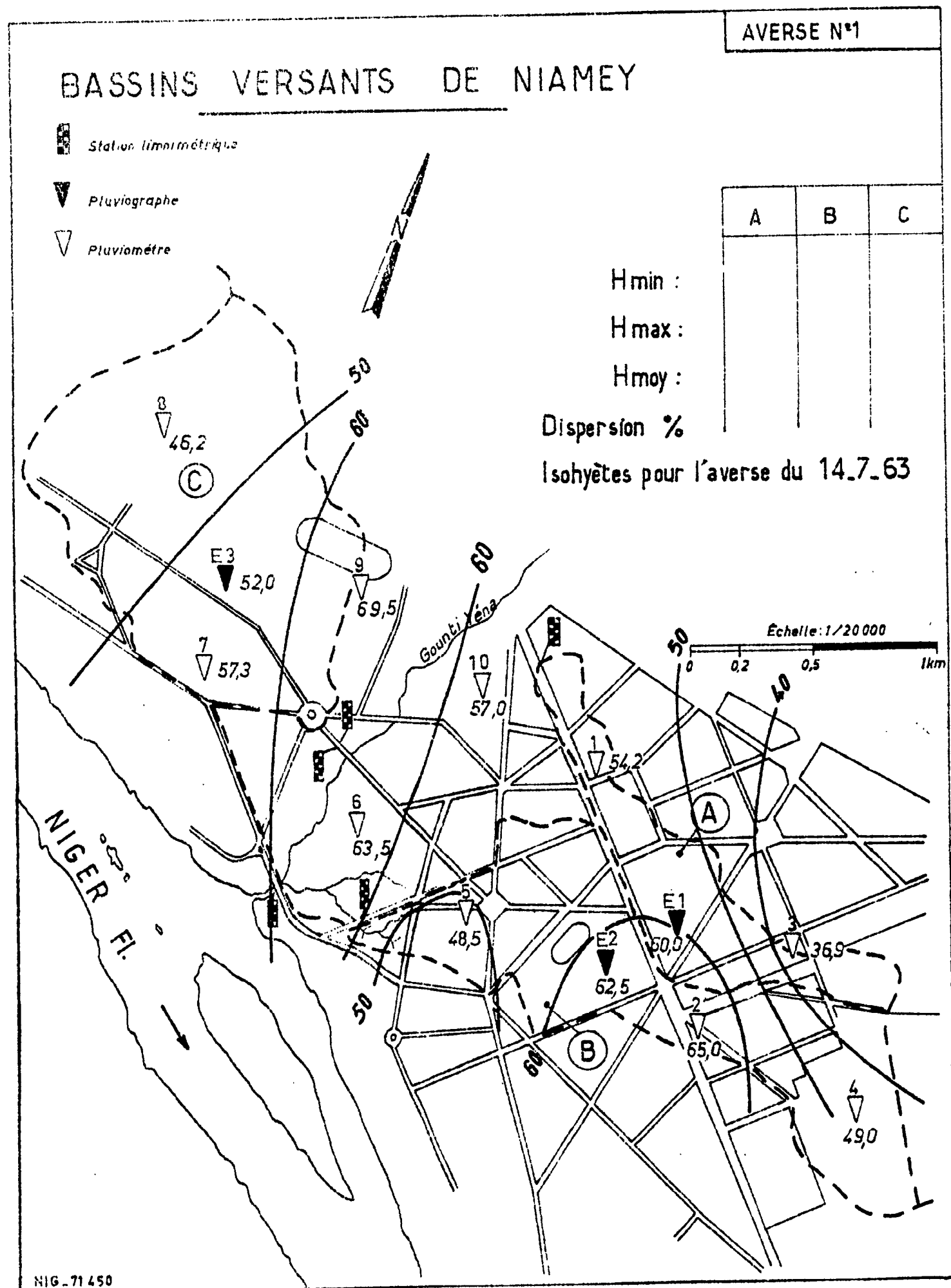
7232/403

# **ANNEXE I**

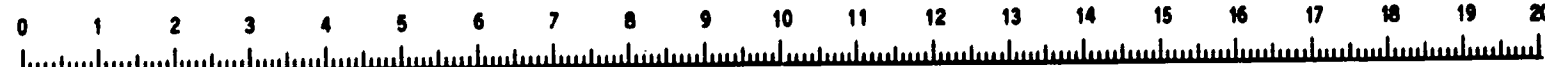
## **Averses et crues observées Campagne 1963**

D8  
HER








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



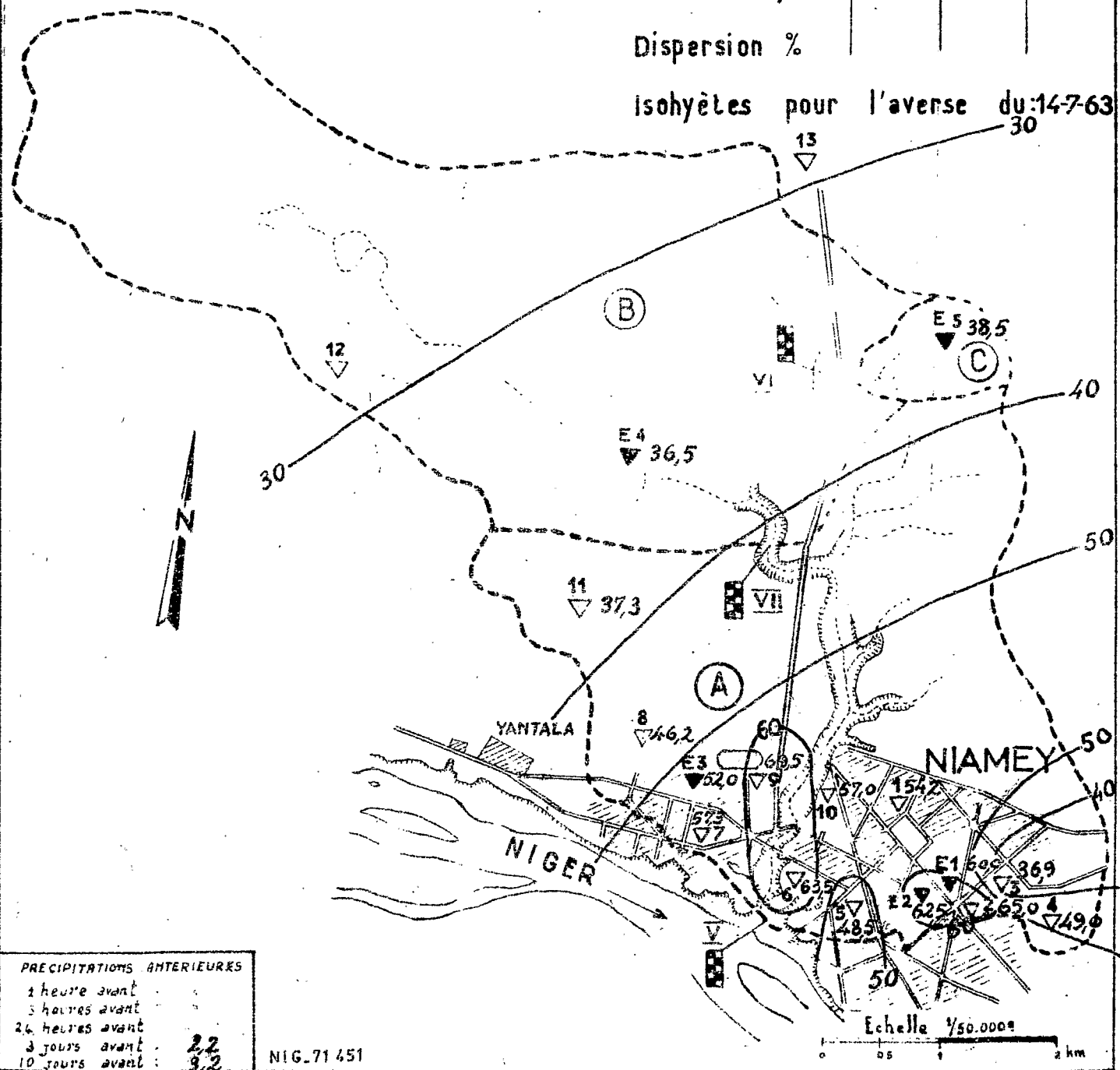
BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

-  Station limnographique
-  Pluviographe
-  Pluviomètre

	A	B	C
H min :	29,0	29,0	38,5
H max :	69,5	38,5	38,5
H moy :	39,7	32,6	38,5

Dispersion %

isohyètes pour l'averse du 14-7-63



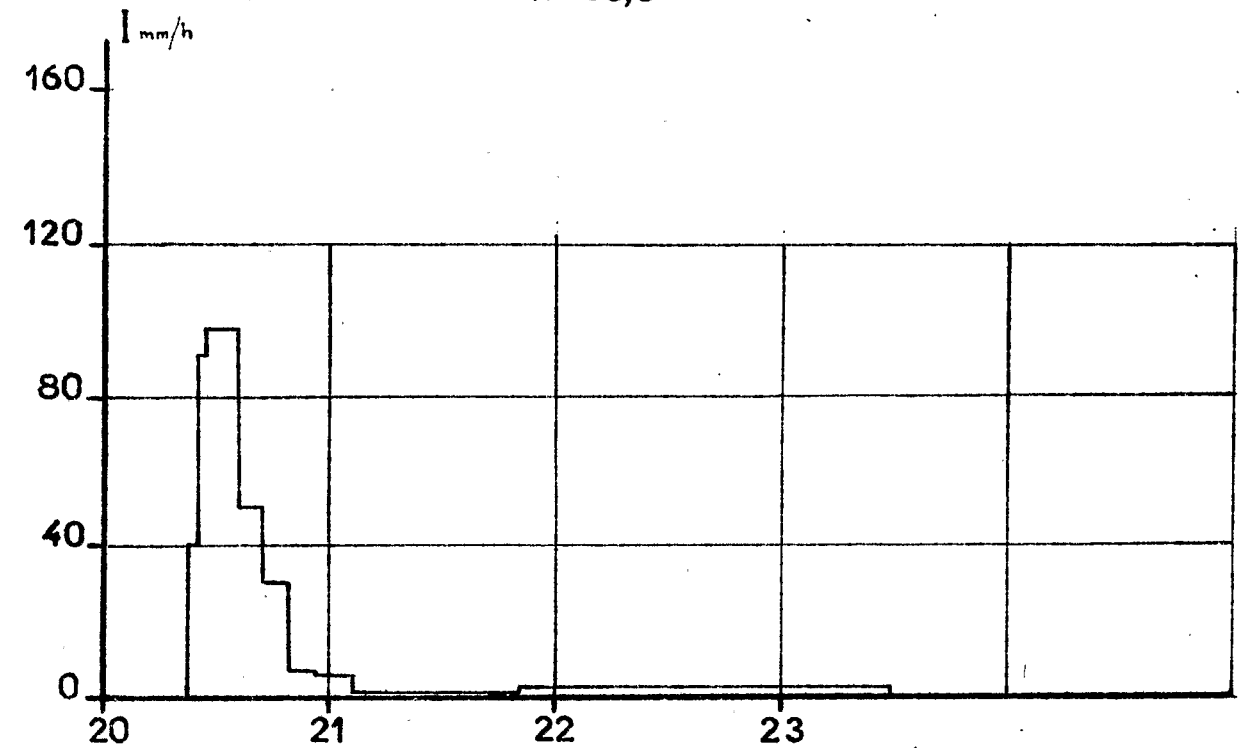
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant	0
3 heures avant	0
24 heures avant	0
3 jours avant	2,2
10 jours avant	9,2

NIG-71 451

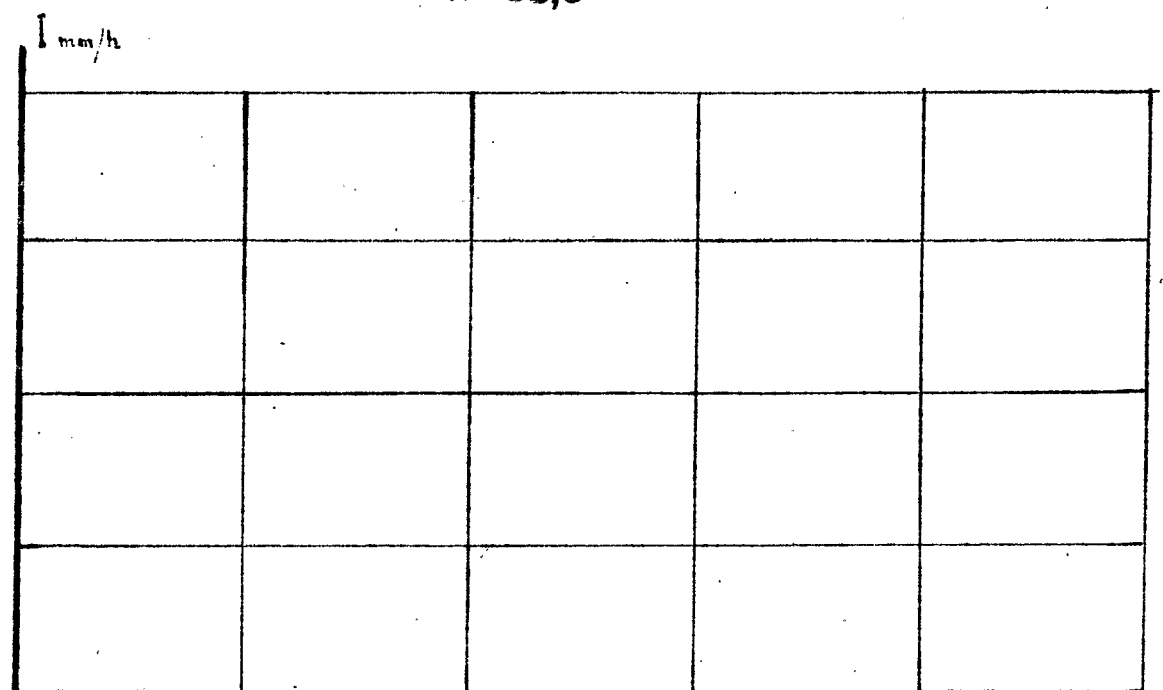
PLUVIOGRAPHE E4

H = 36,5

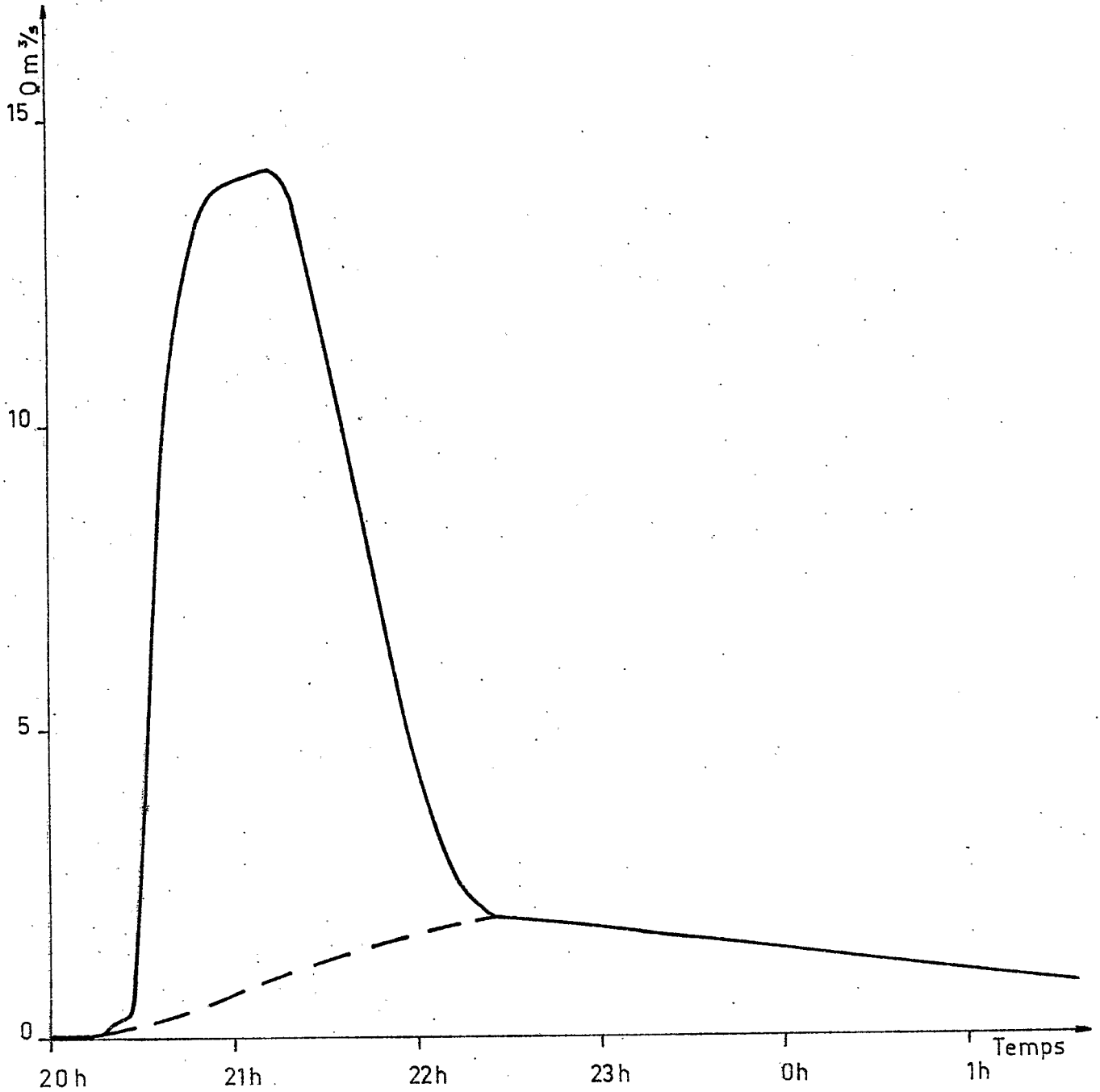


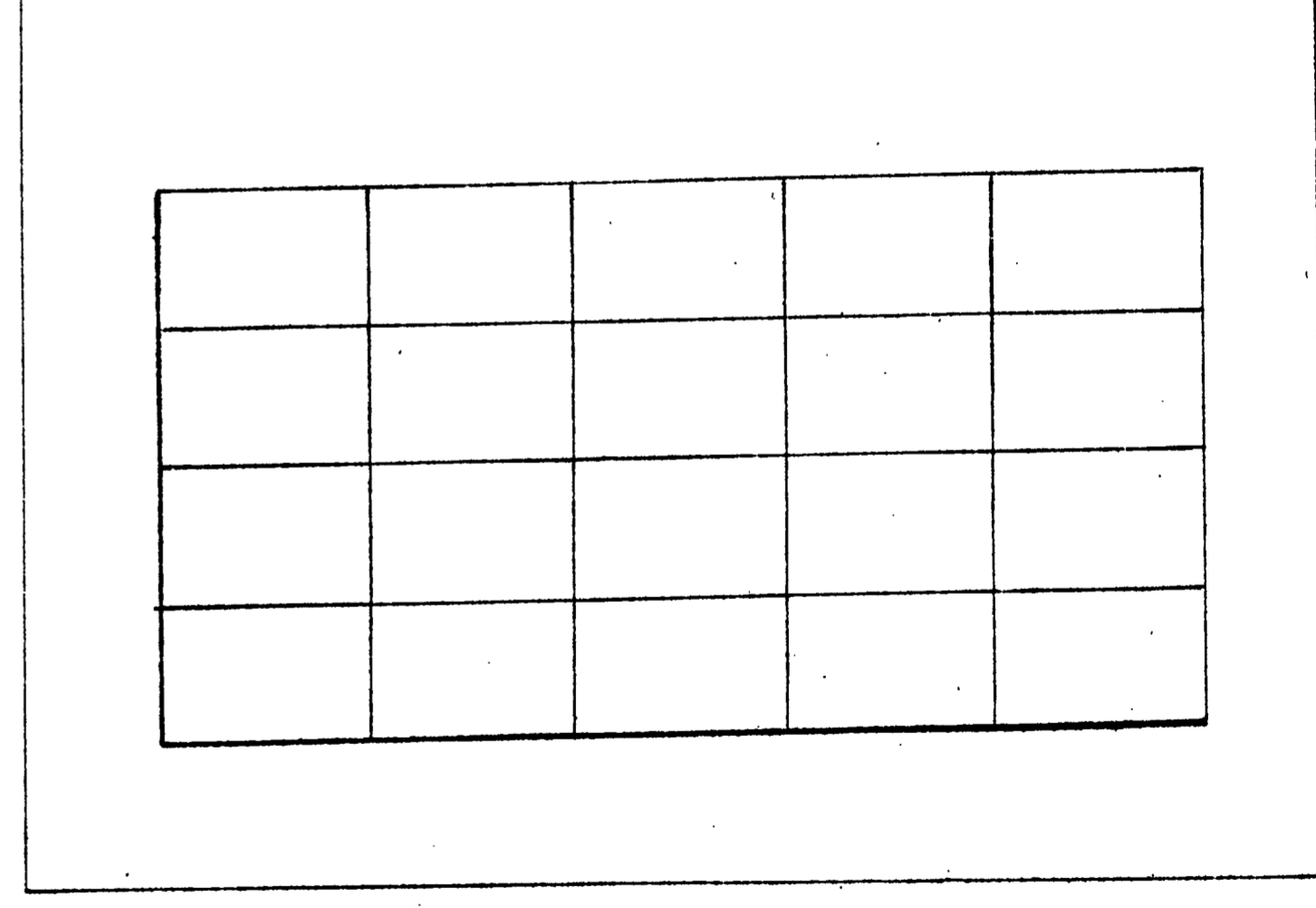
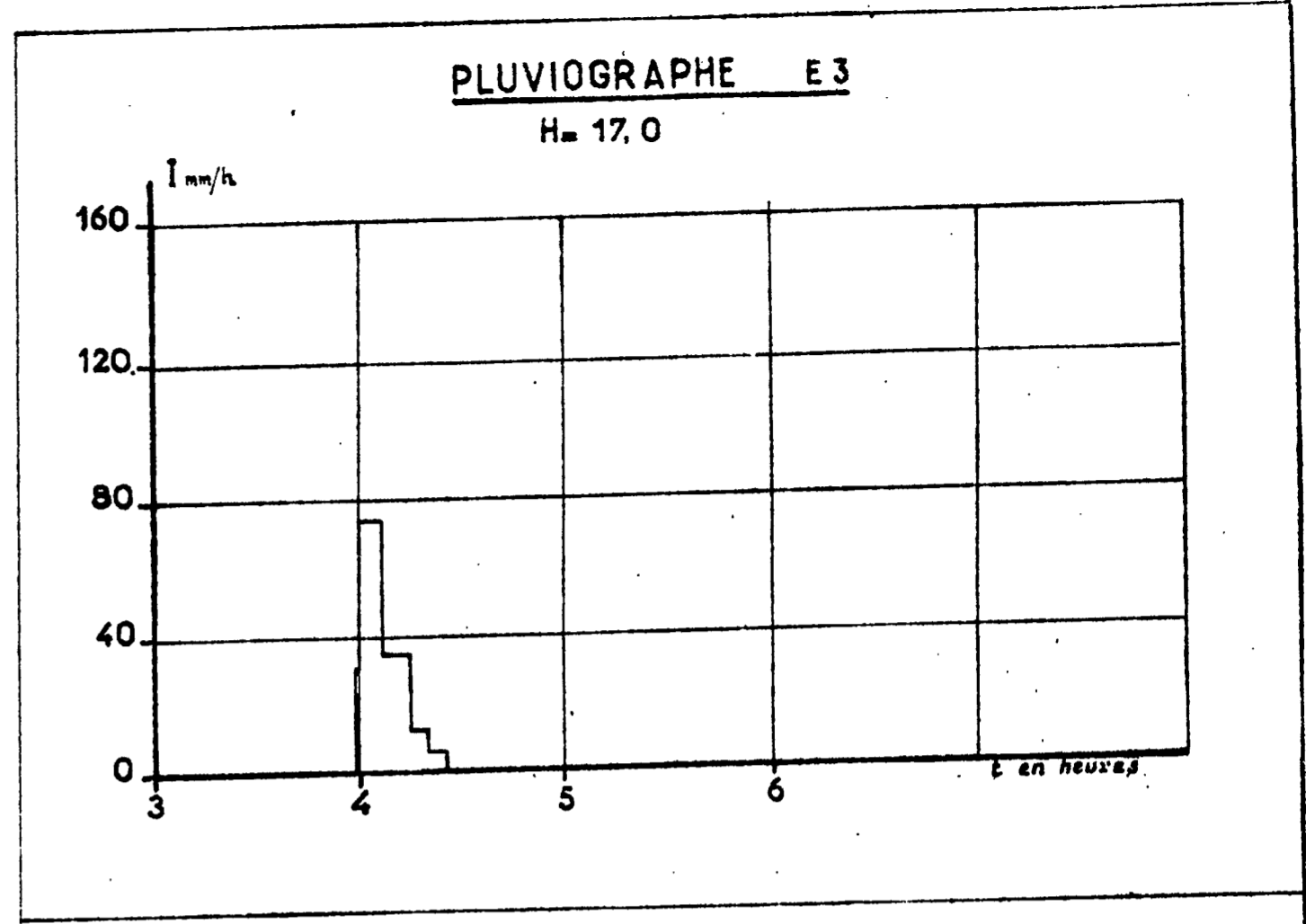
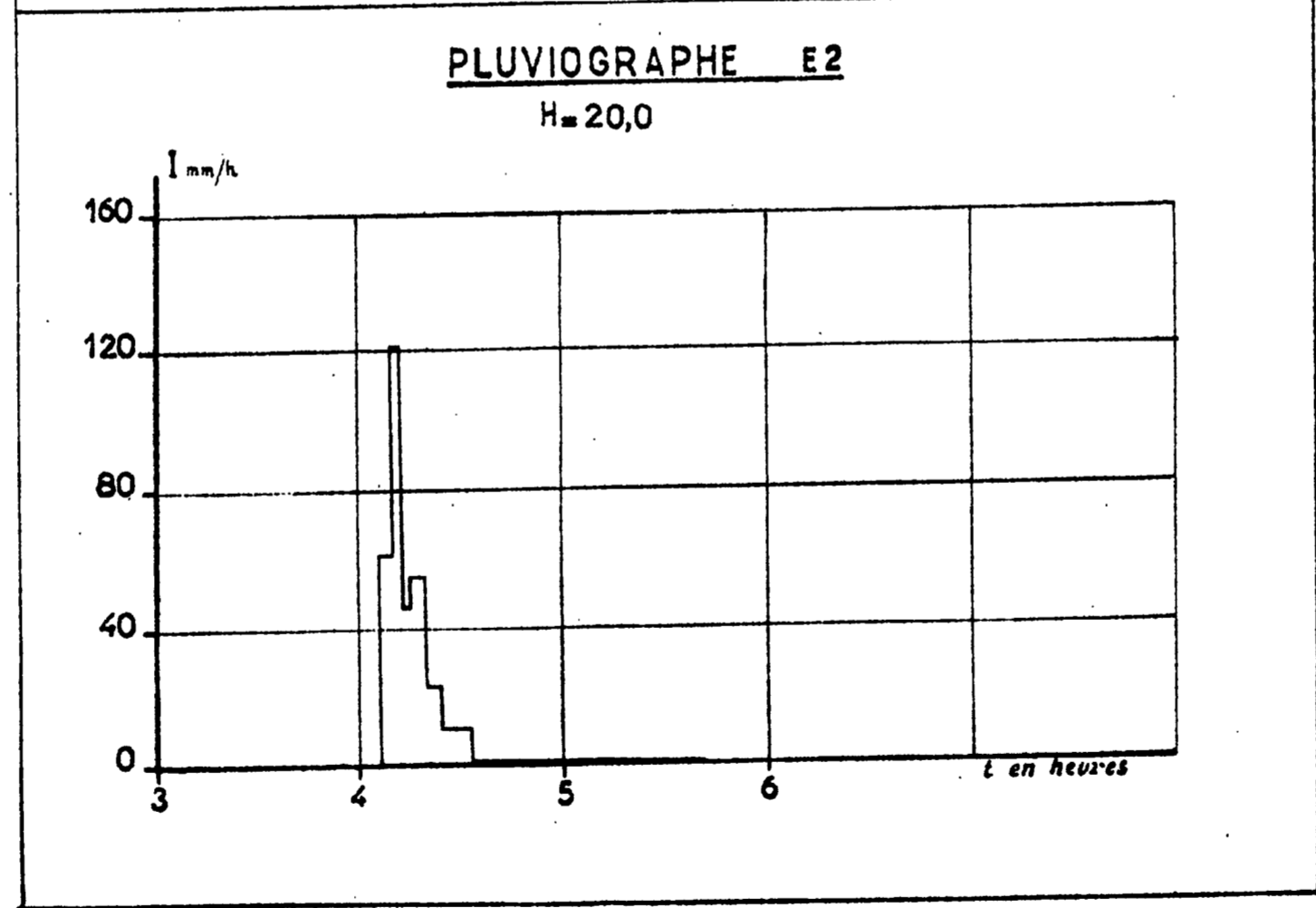
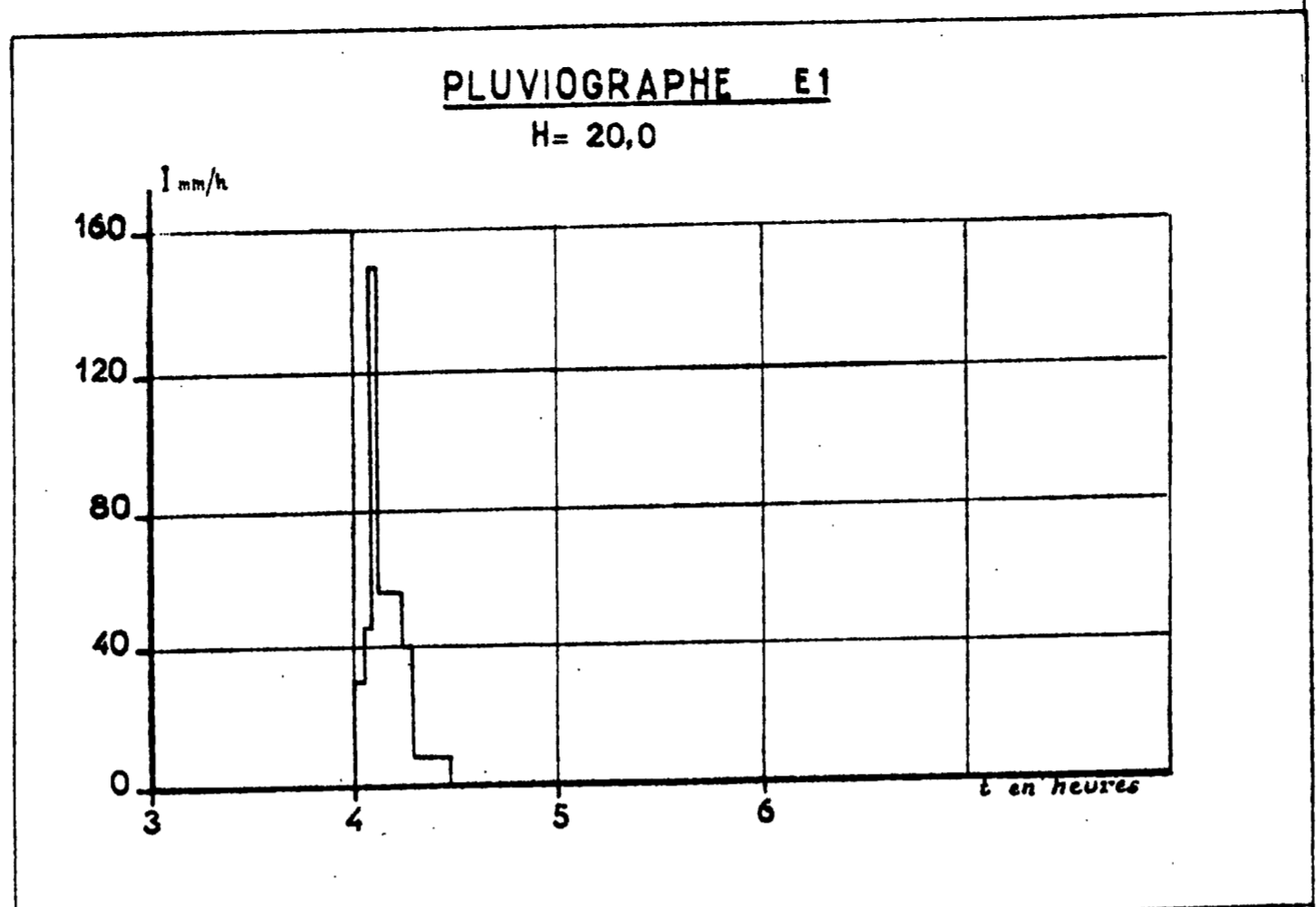
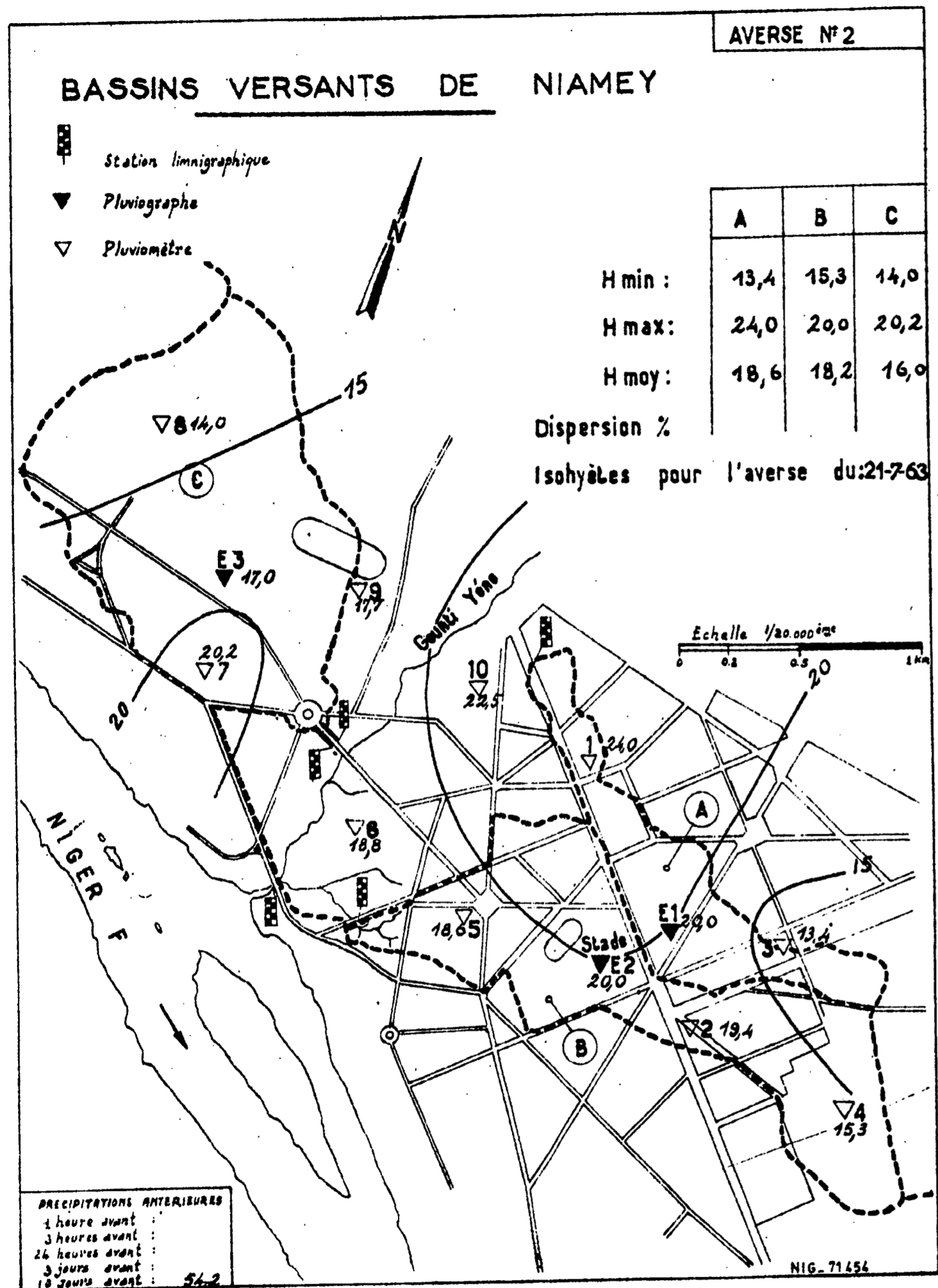
PLUVIOGRAPHE E5

H = 38,5

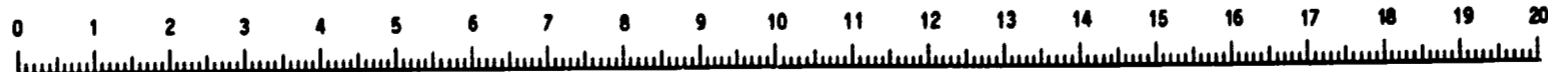


STATION  $\nabla$  Exutoire  
CRUE N°1 du 14.7.1963








Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXY  
 zsaocmuvnw xirfk hbdpggyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGQUVWMNSZXY  
 zsaocmuvnw xirfk hbdpggyjt 7142385690



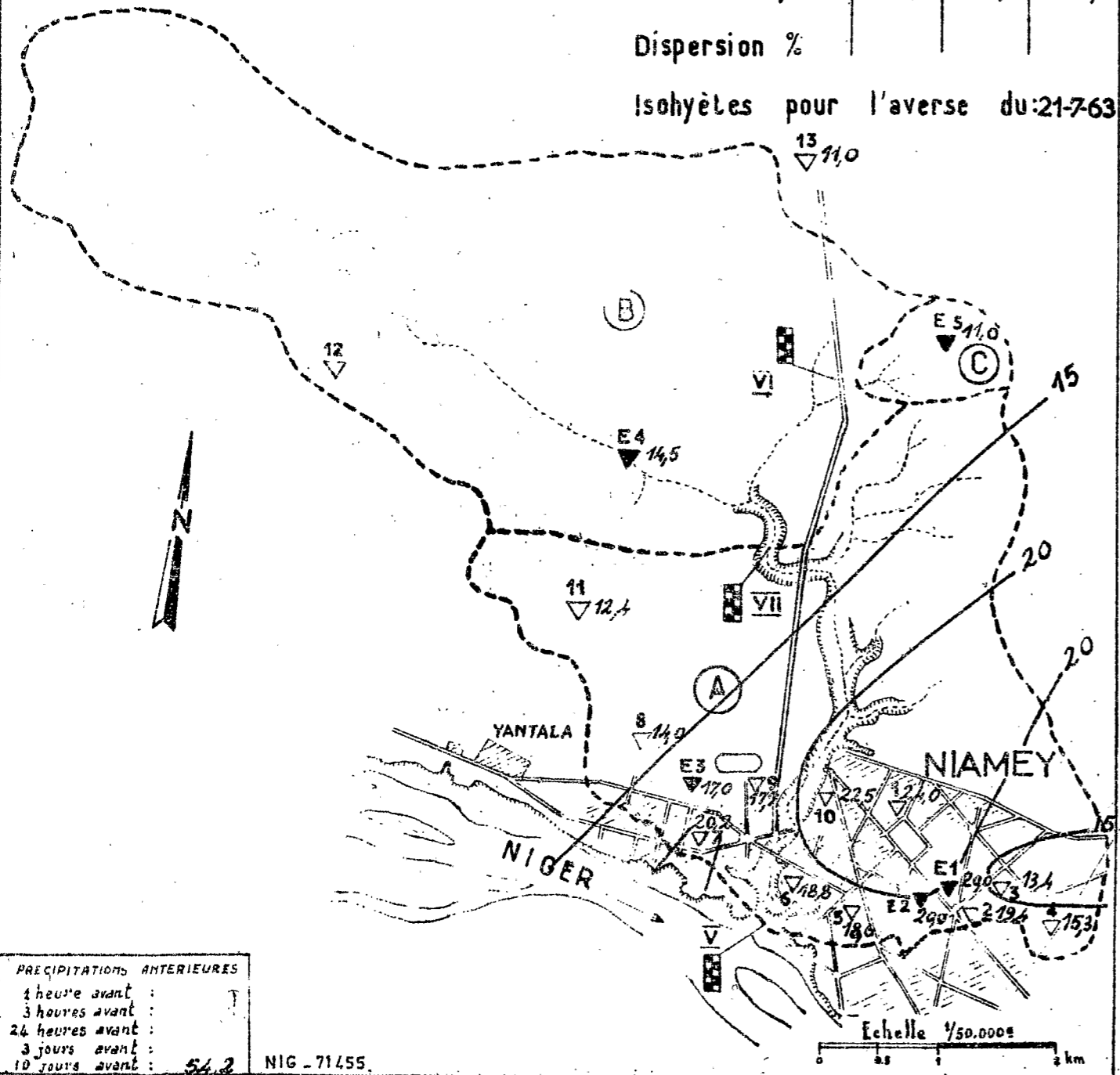
BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

-  Station limnigraphique
-  Pluviographe
-  Pluviomètre

	A	B	C
H min :	10,0	10,0	11,0
H max :	24,0	14,5	11,0
H moy :	14,0	10,9	11,0

Dispersion %

Isohyètes pour l'averse du:21-763



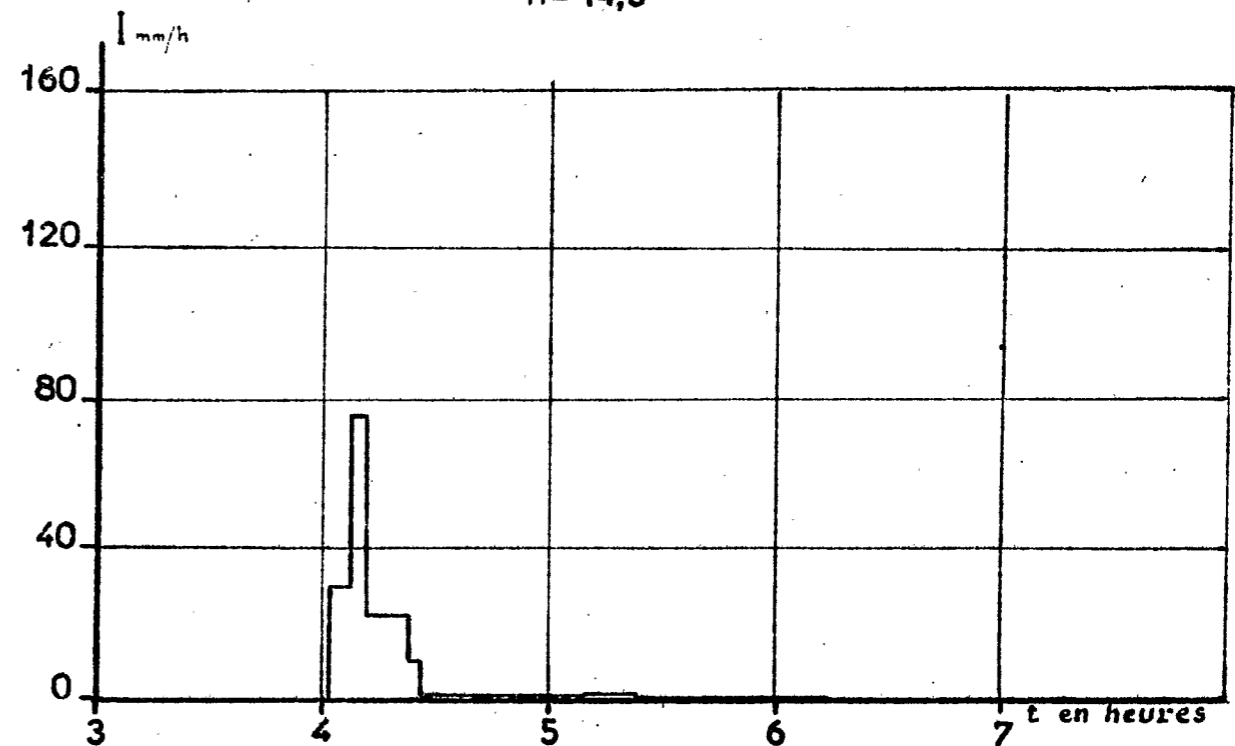
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant :	
3 heures avant :	
24 heures avant :	
3 jours avant :	
10 jours avant :	54,2

NIG - 71455

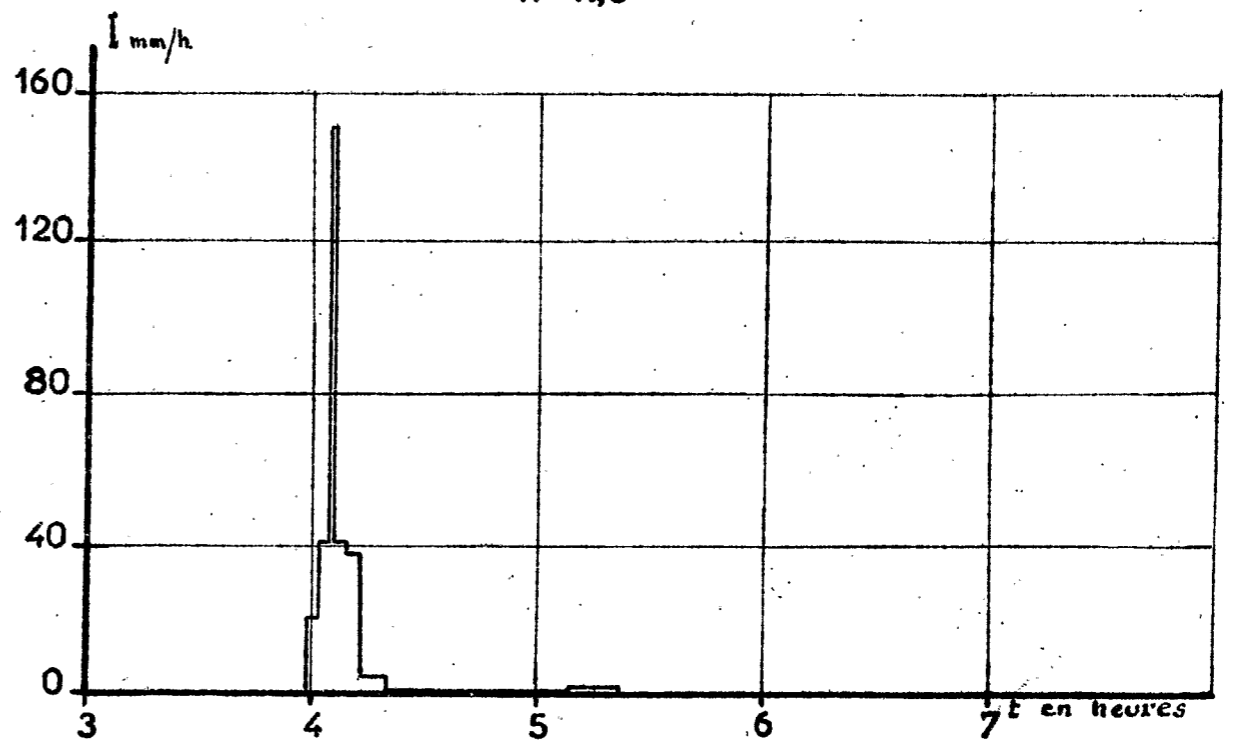
PLUVIOGRAPHE E4

H = 14,5

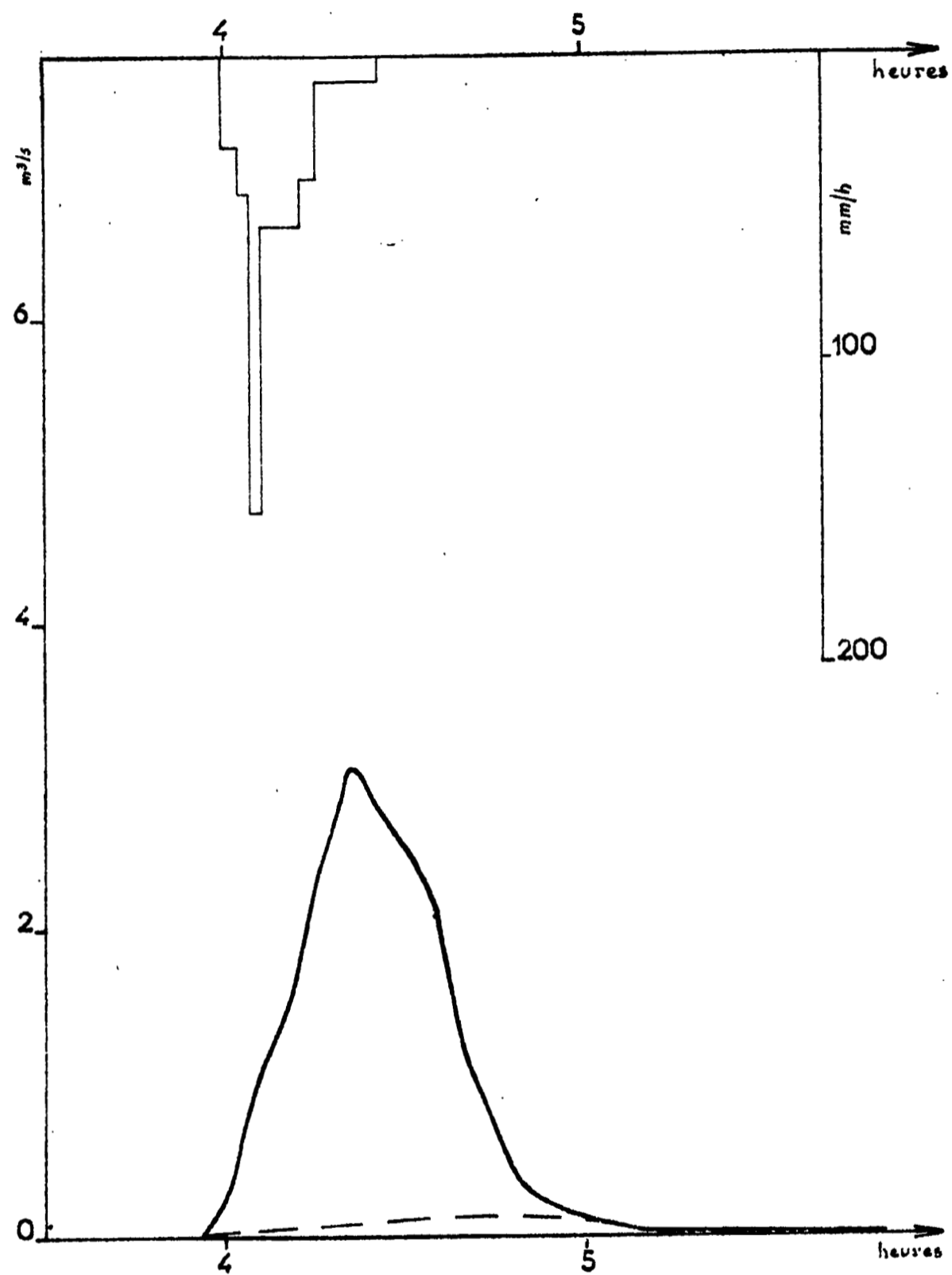


PLUVIOGRAPHE E5

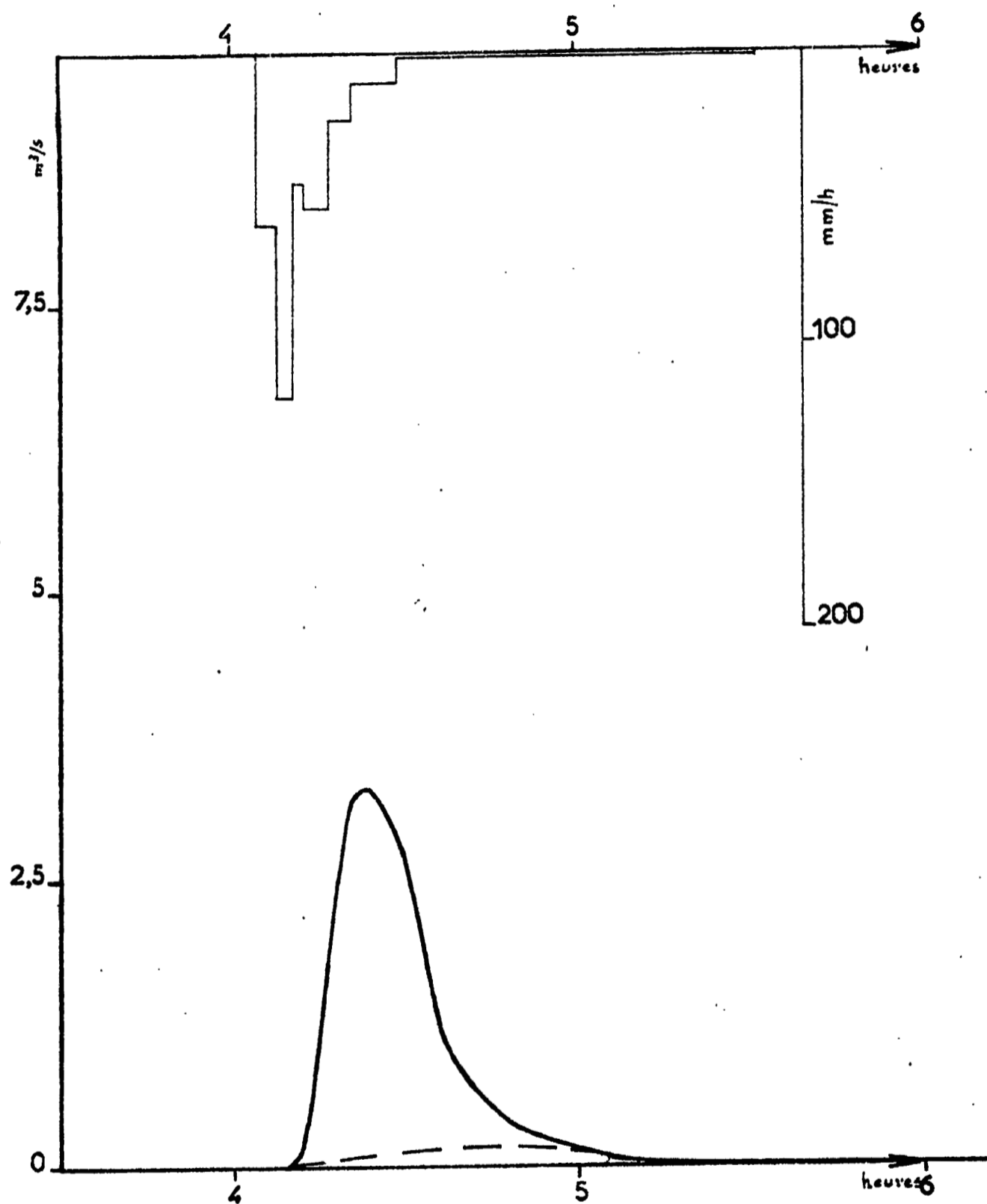
H = 11,0



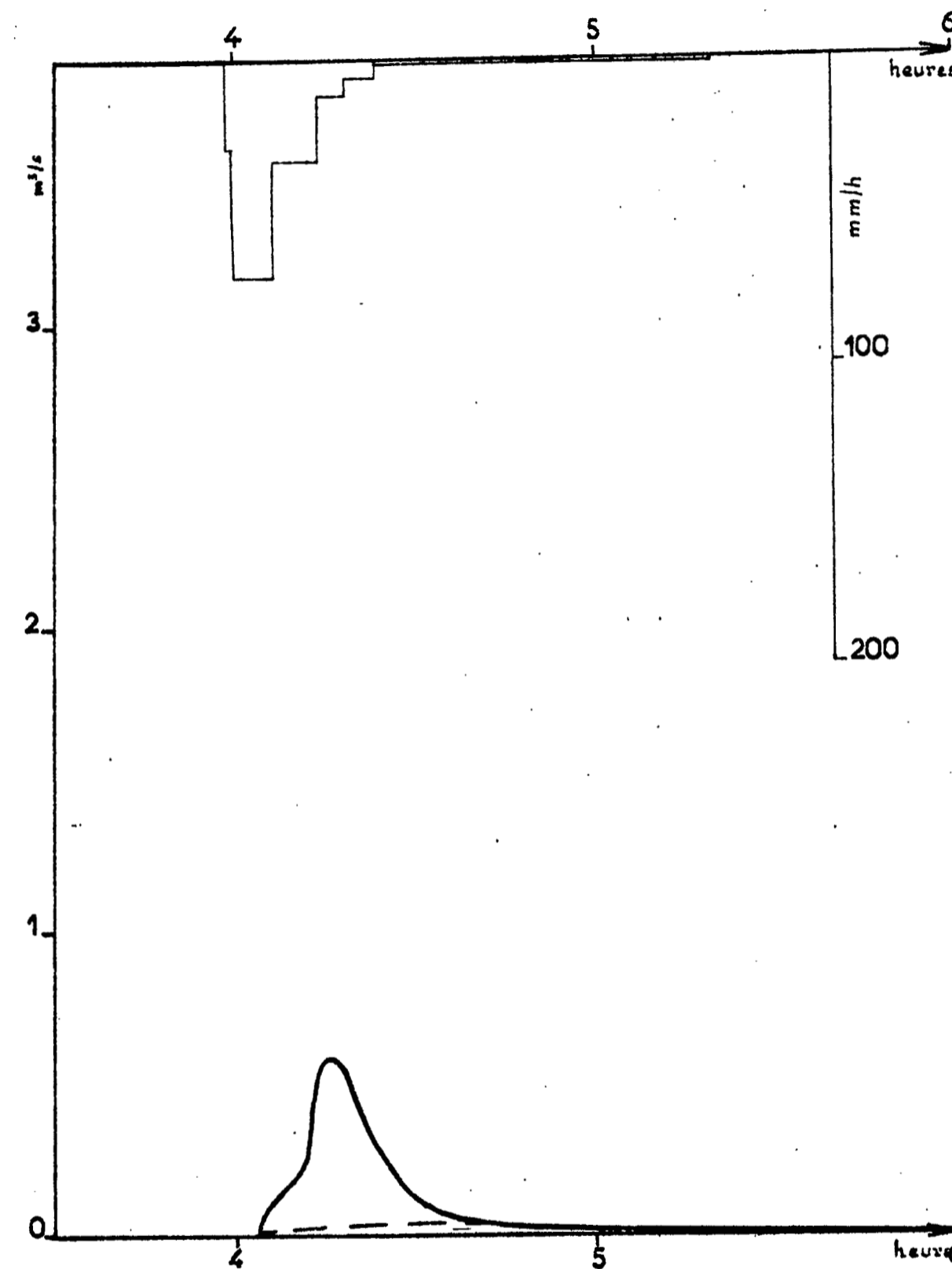
Station I Avenue SALAMA  
Crue n° 2 du 21-7-1963



Station II DISPENSAIRE



Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR

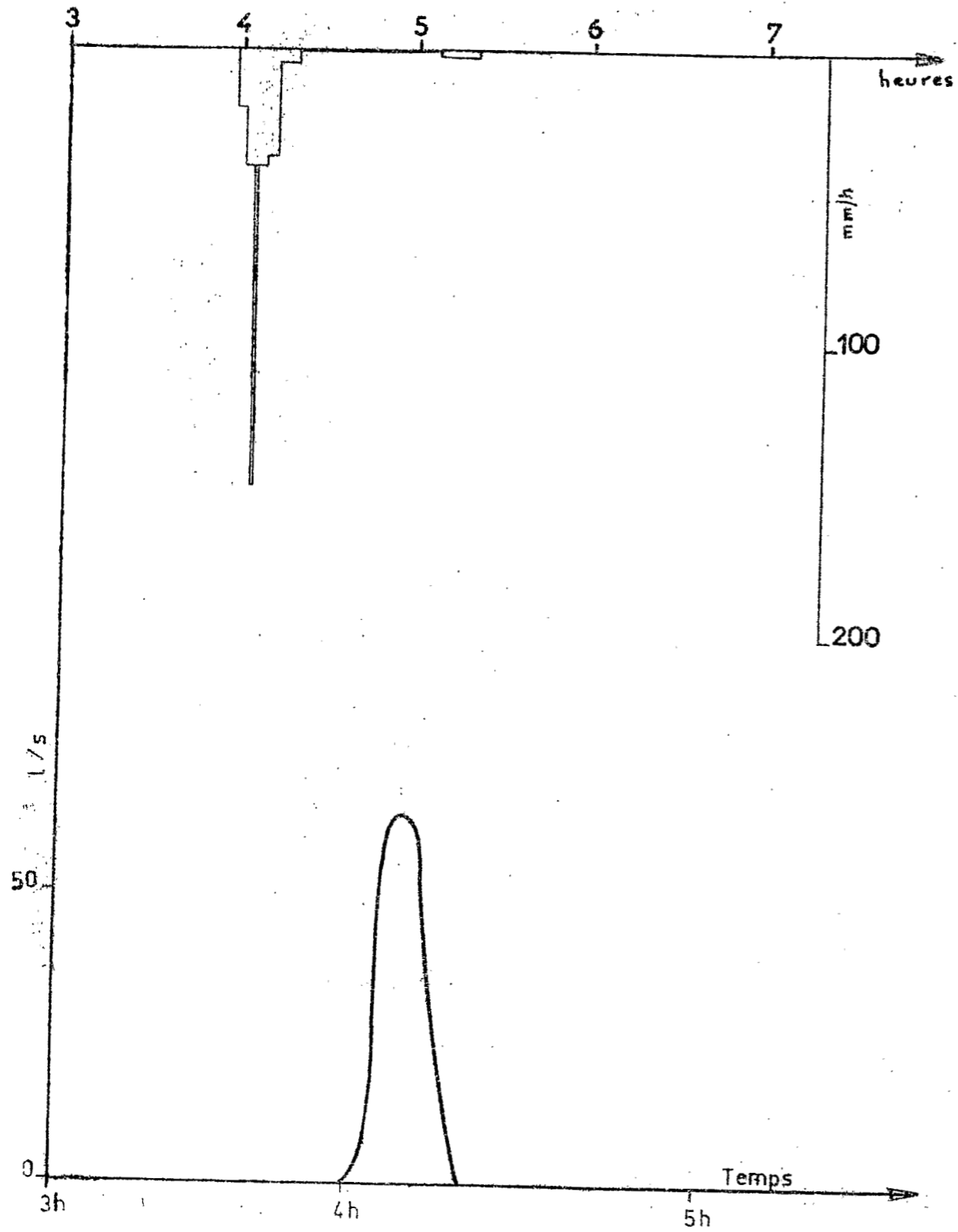


NIG.71 456

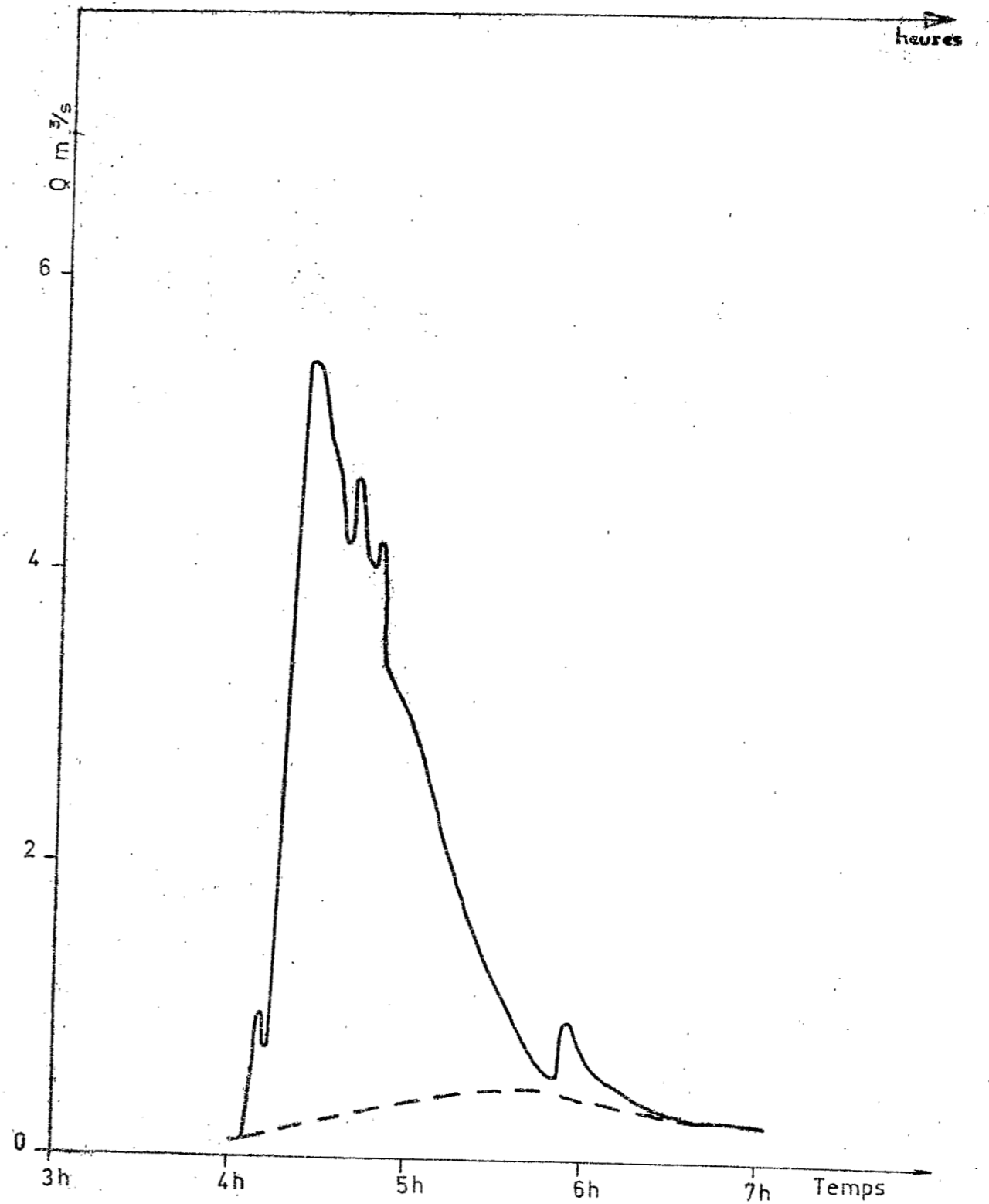
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaeocmuvnwxfkhdppqjlt 7142385690  
 Pour A2 A3 A4: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaeocmuvnwxfkhdppqjlt 7142385690

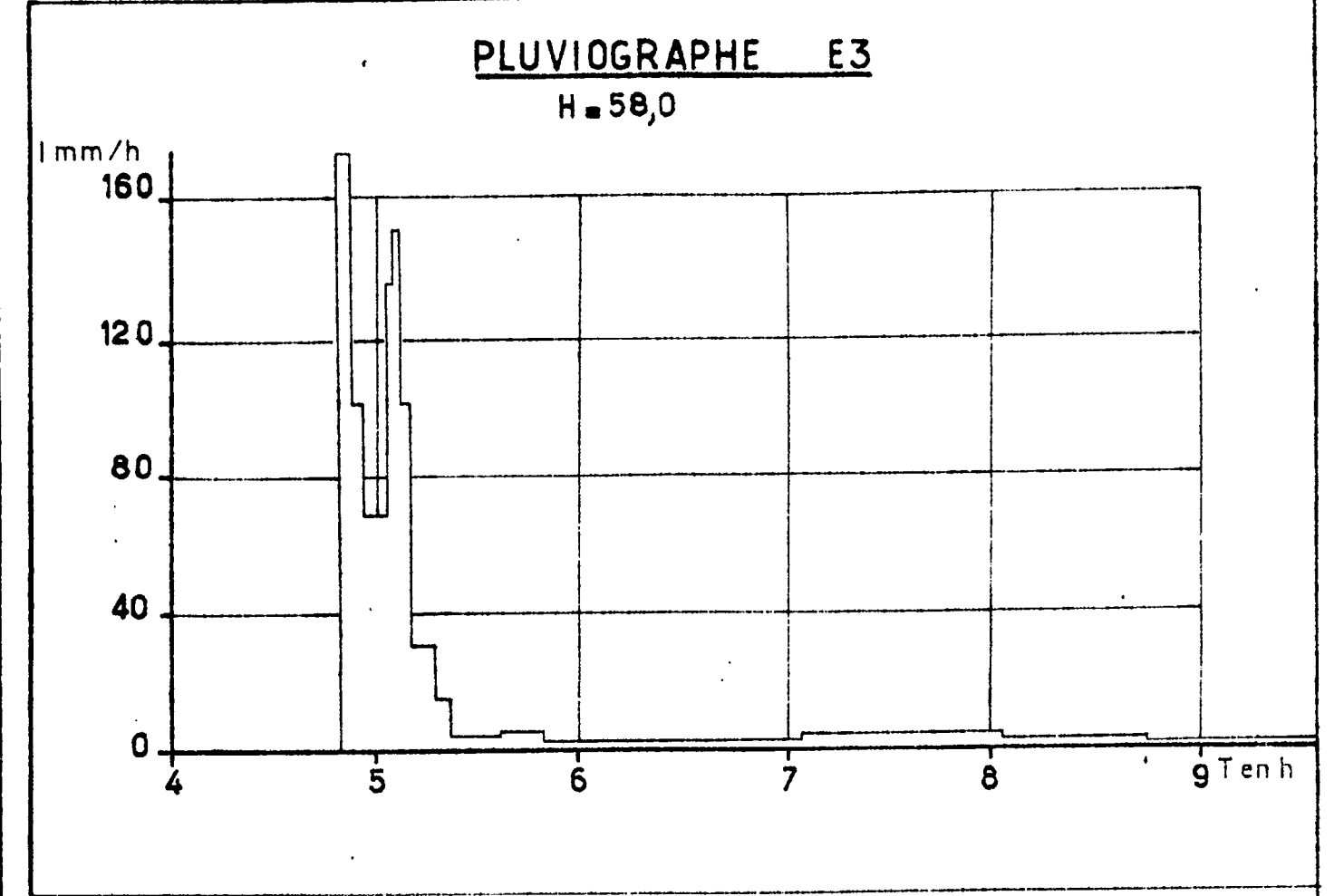
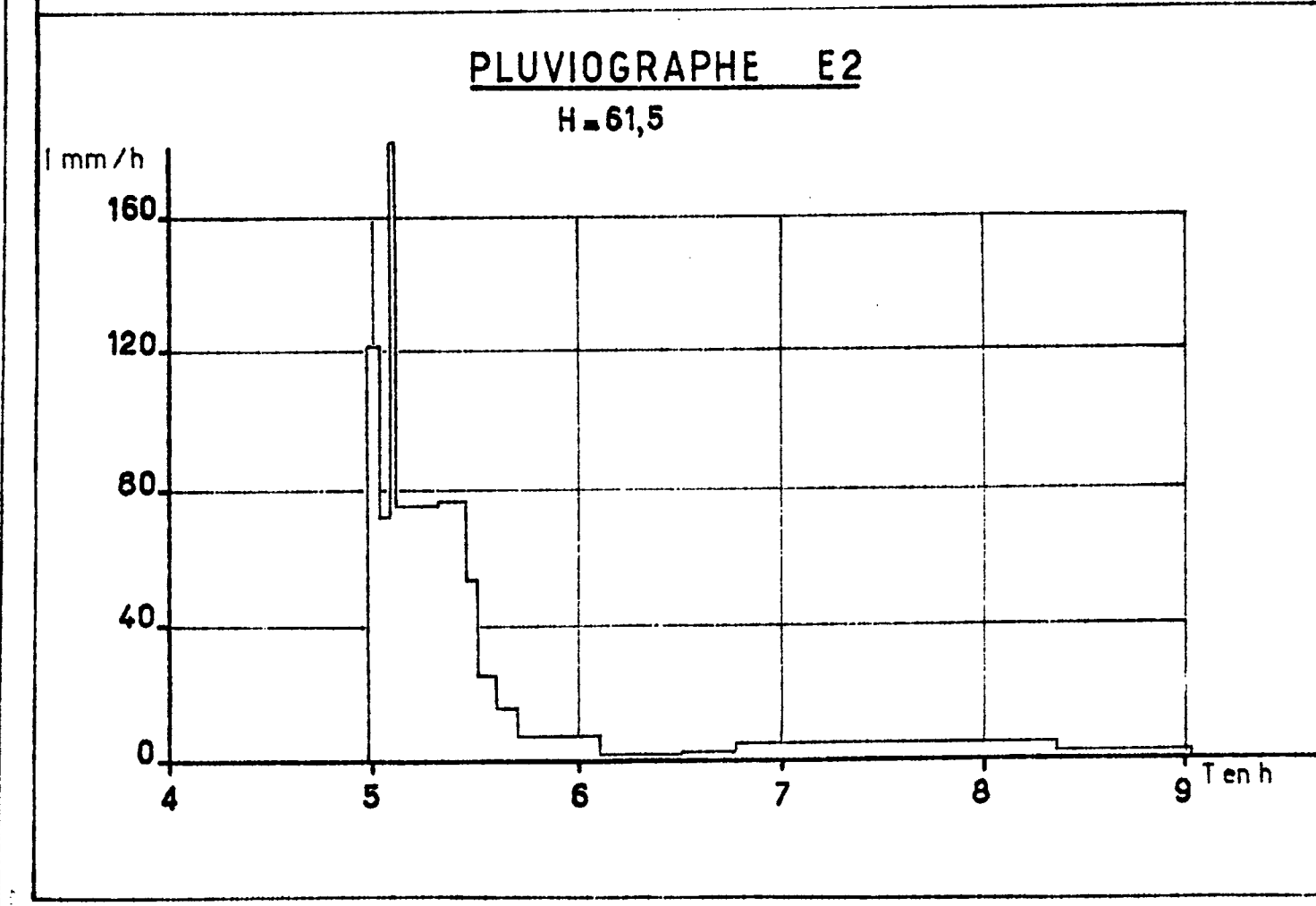
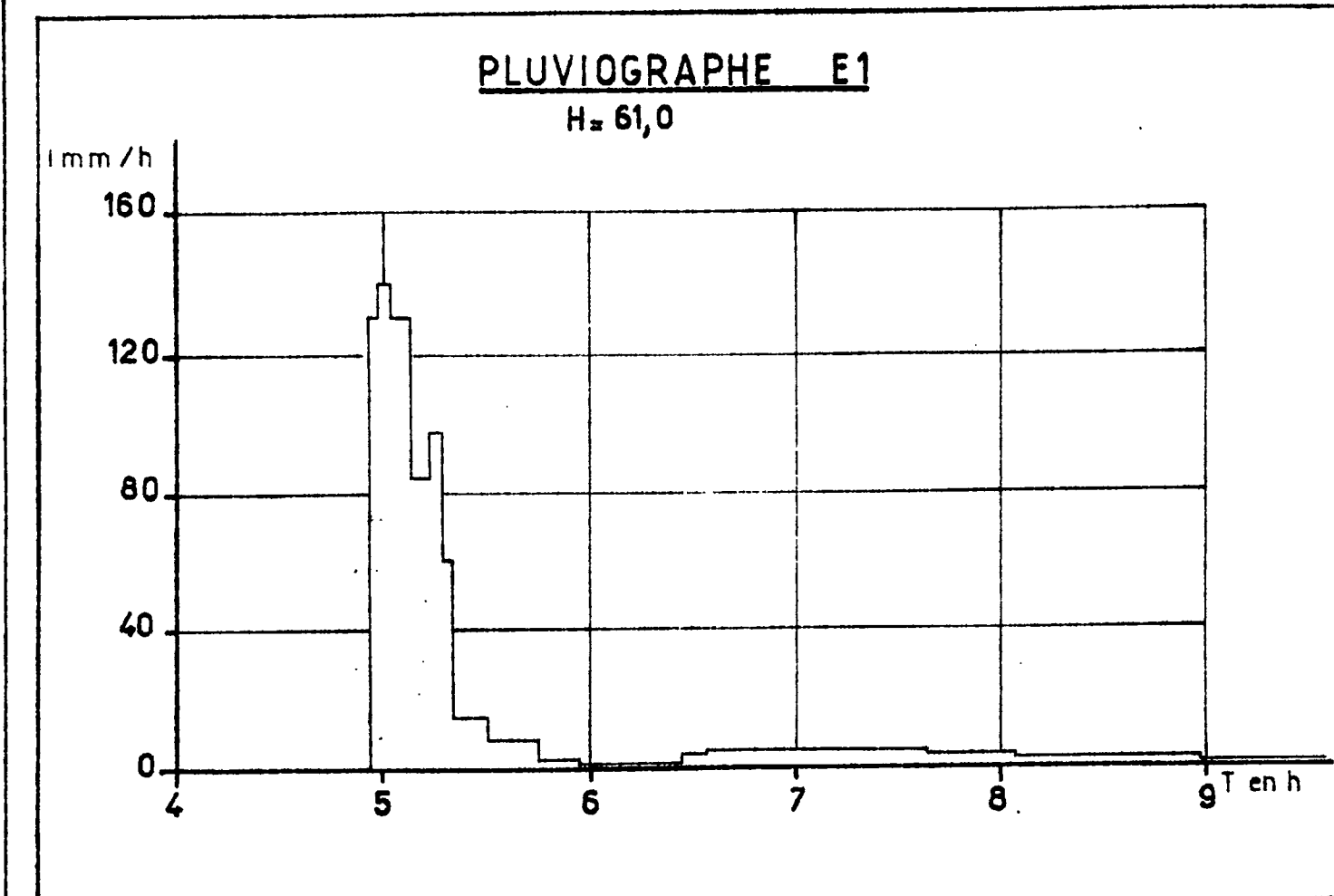
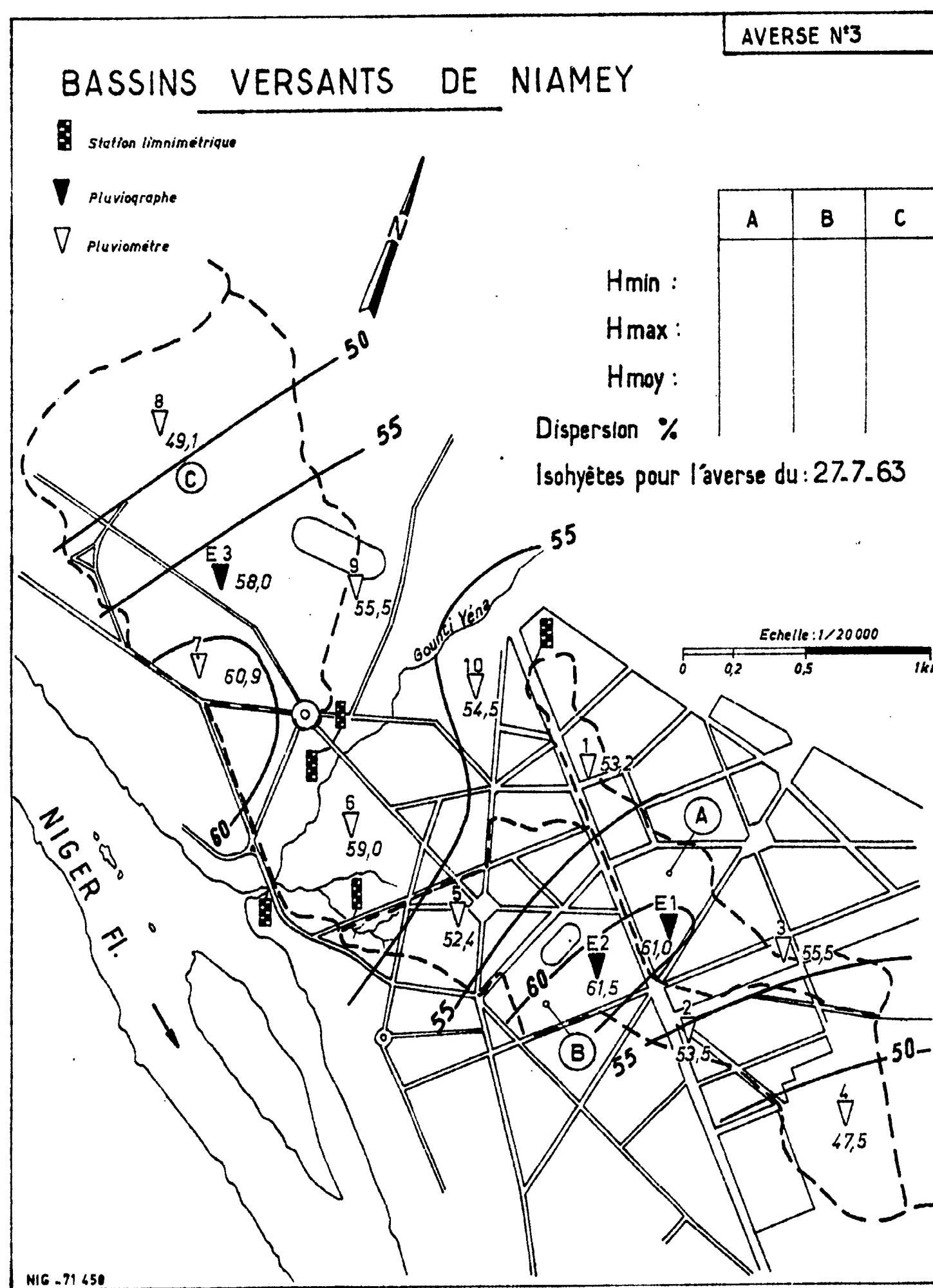


Station VI Jaugeur PARSHALL  
 Crue n°2 du 21-7-1963

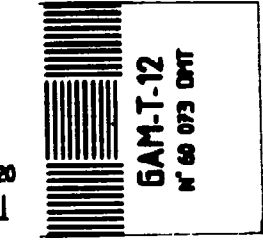
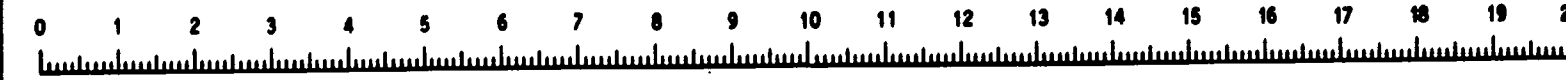


Station V Exutoire








Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDGQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwxfkhdpgqjlt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDGQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwxfkhdpgqjlt 7142385690





VERSE N°3

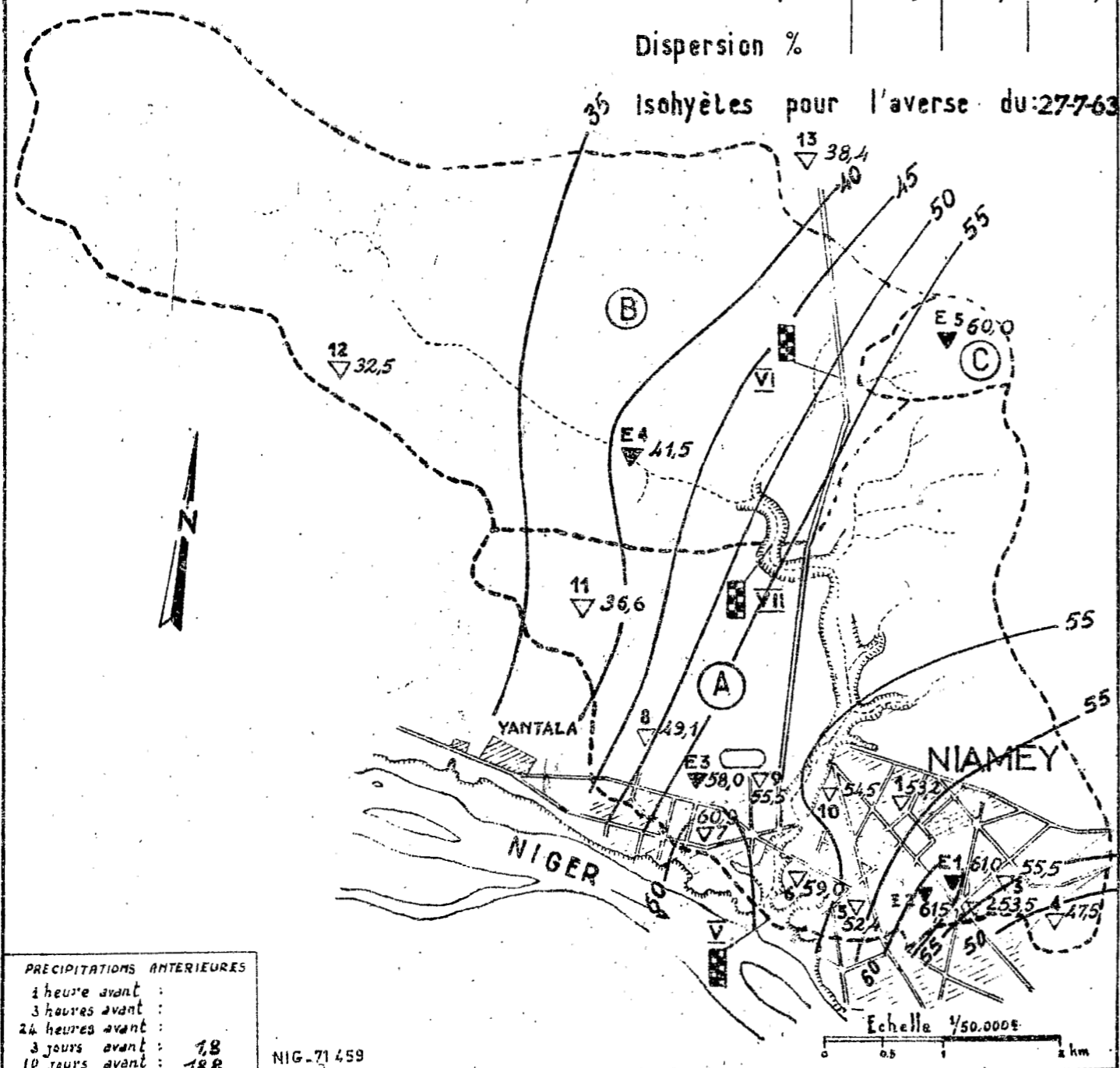
# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

-  Station limnographique
-  Pluviographe
-  Pluviomètre

	A	B	C
H min :	32,5	32,5	60,0
H max :	60,0	61,5	60,0
H moy :	44,6	41,7	60,0

Dispersion %

3 Isohyètes pour l'averse du:27-7-63



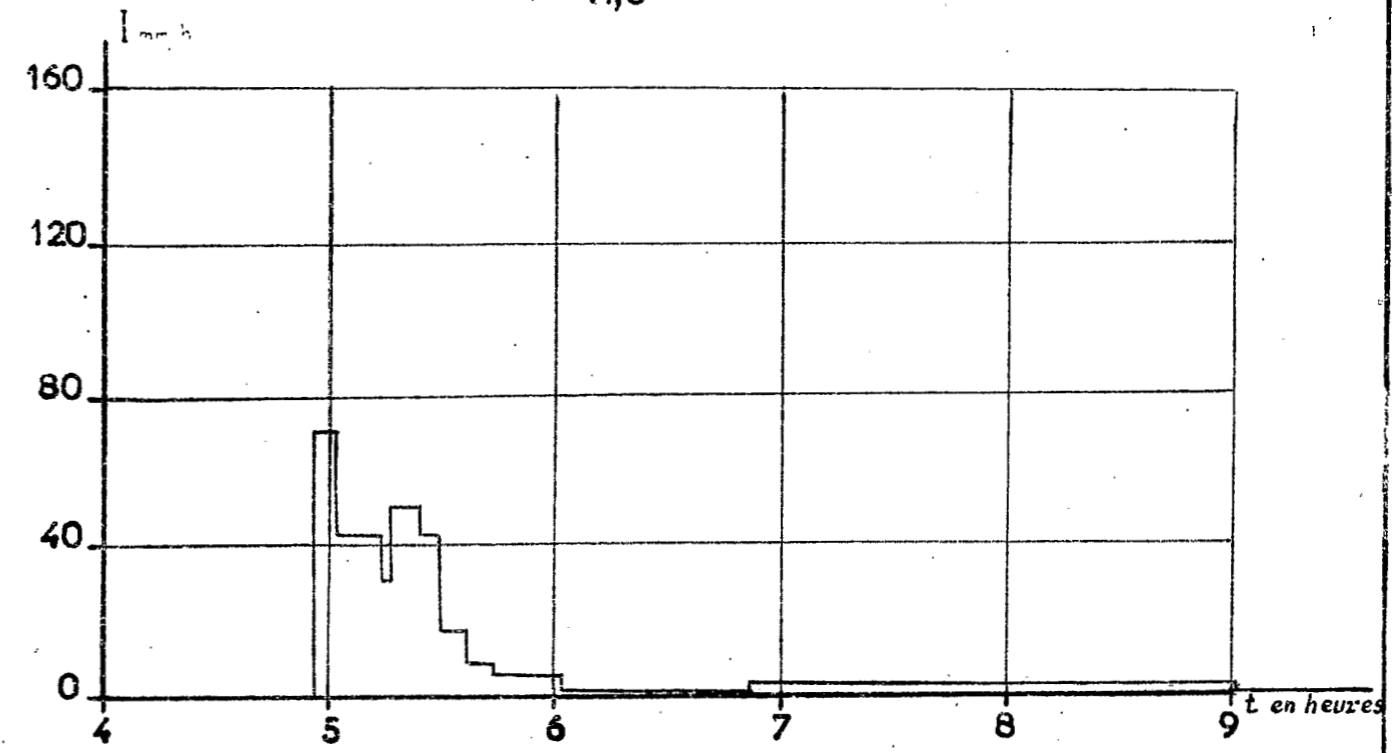
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant :	
3 heures avant :	
24 heures avant :	
3 jours avant :	7,8
10 jours avant :	18,8

NIG-71459

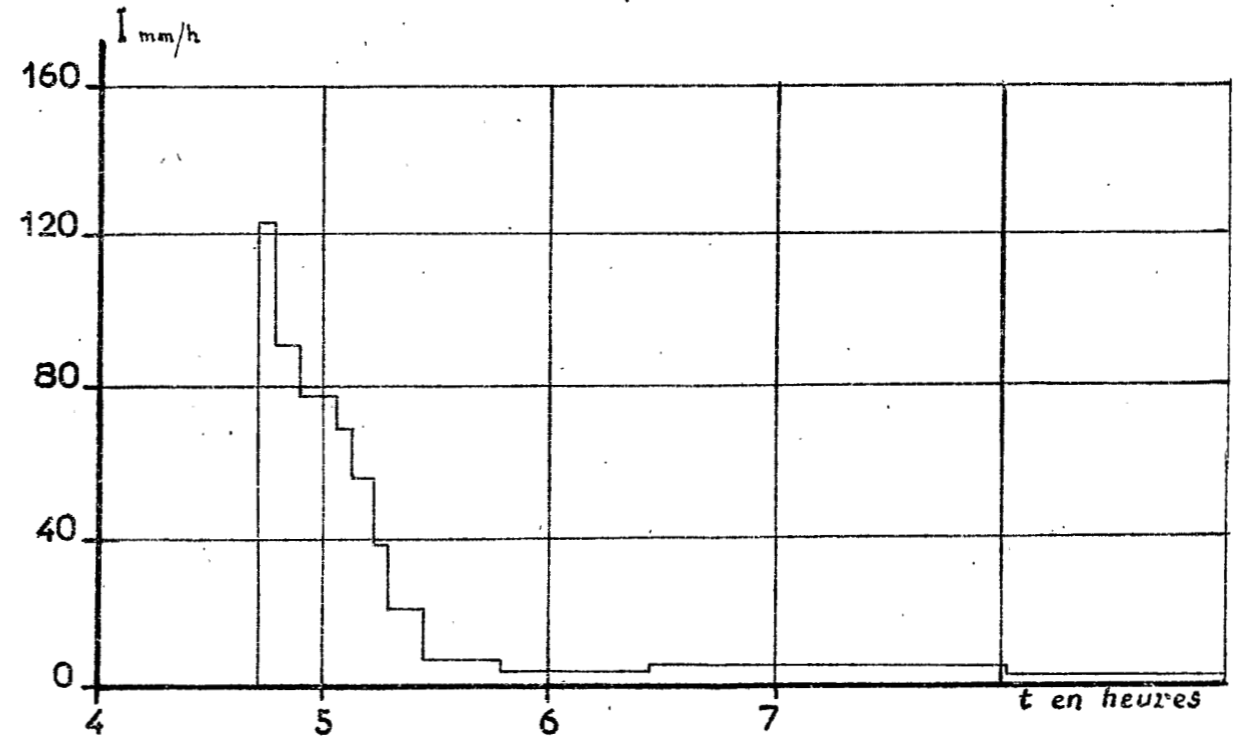
## PLUVIOGRAPHE E4

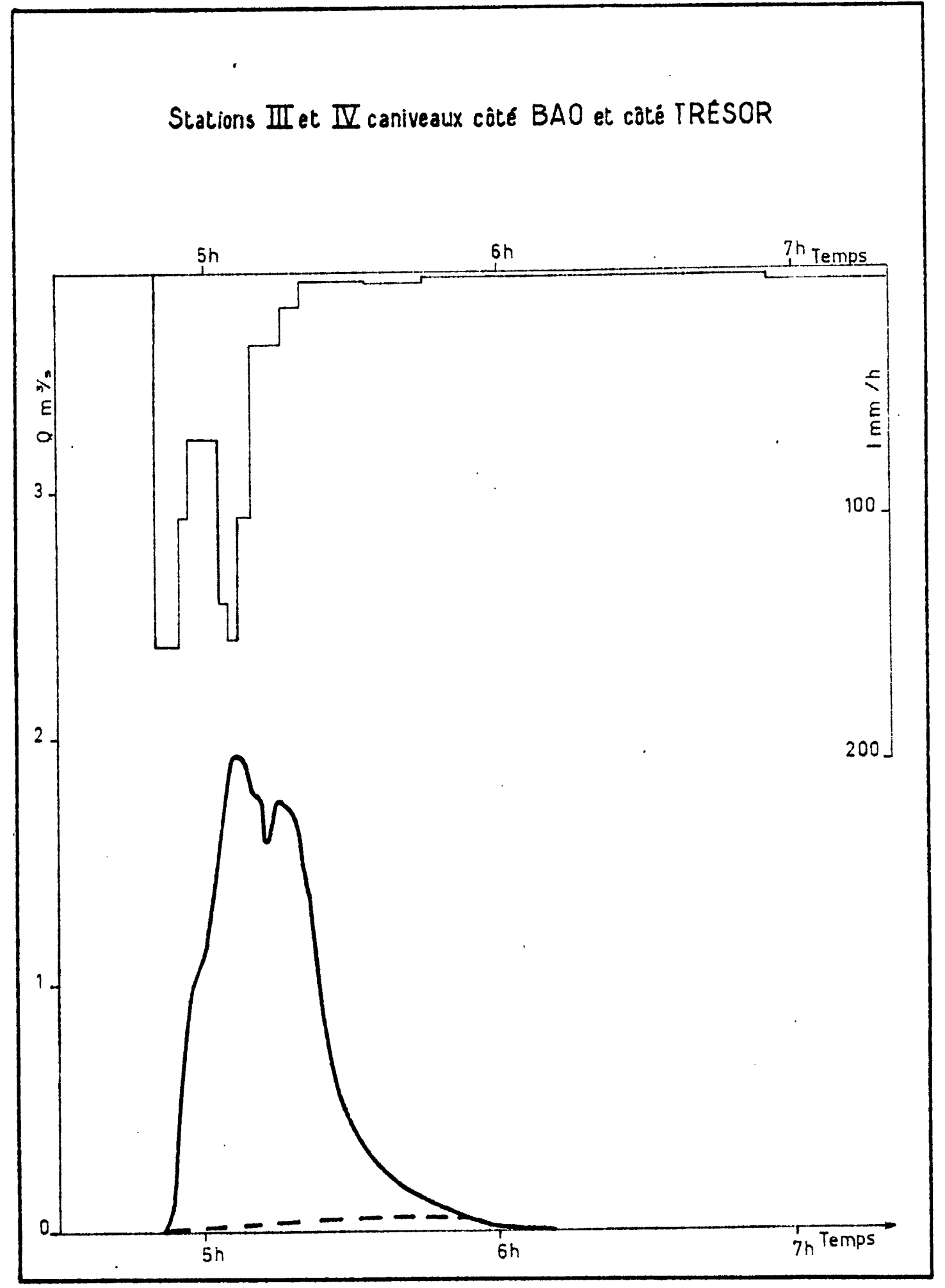
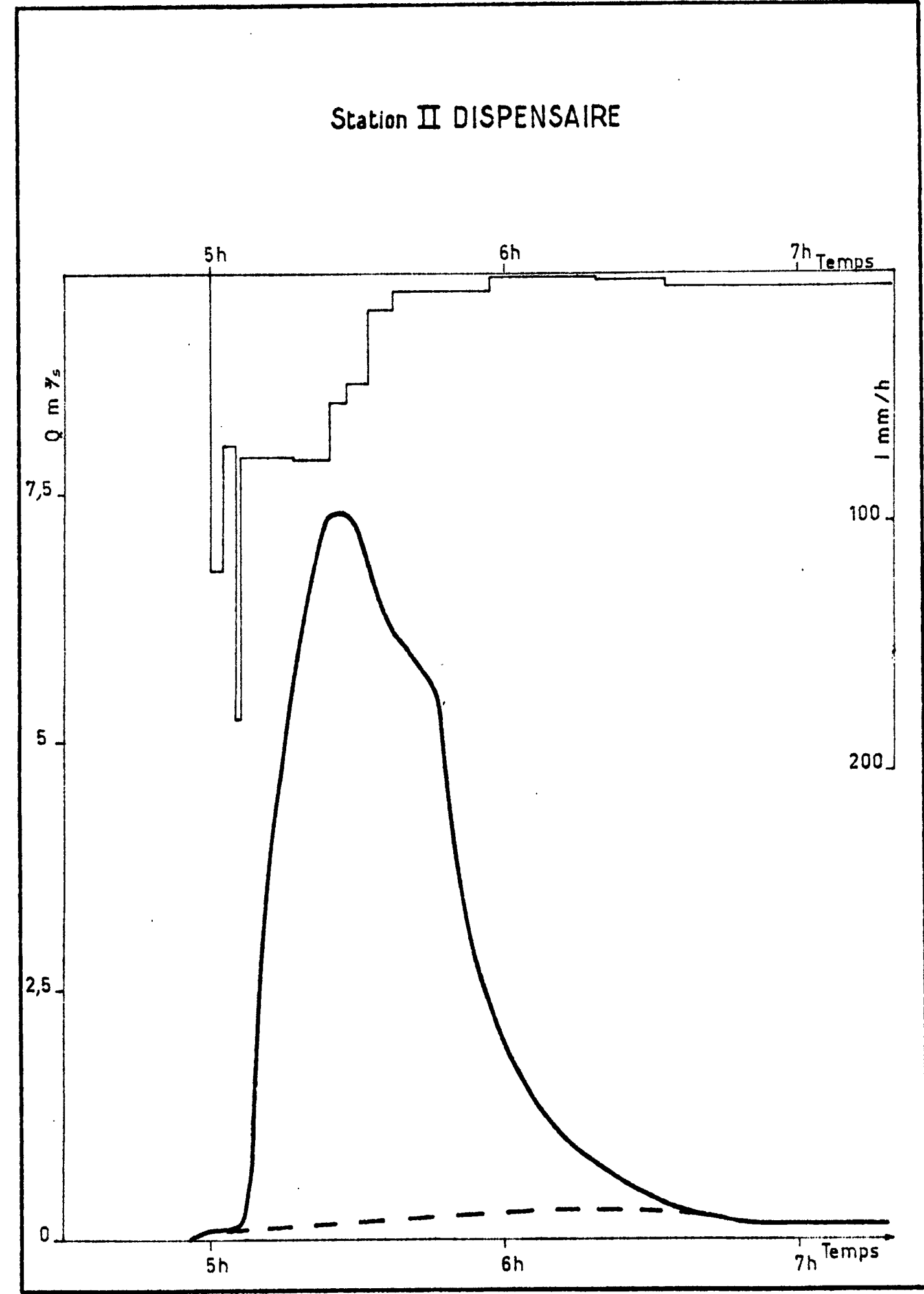
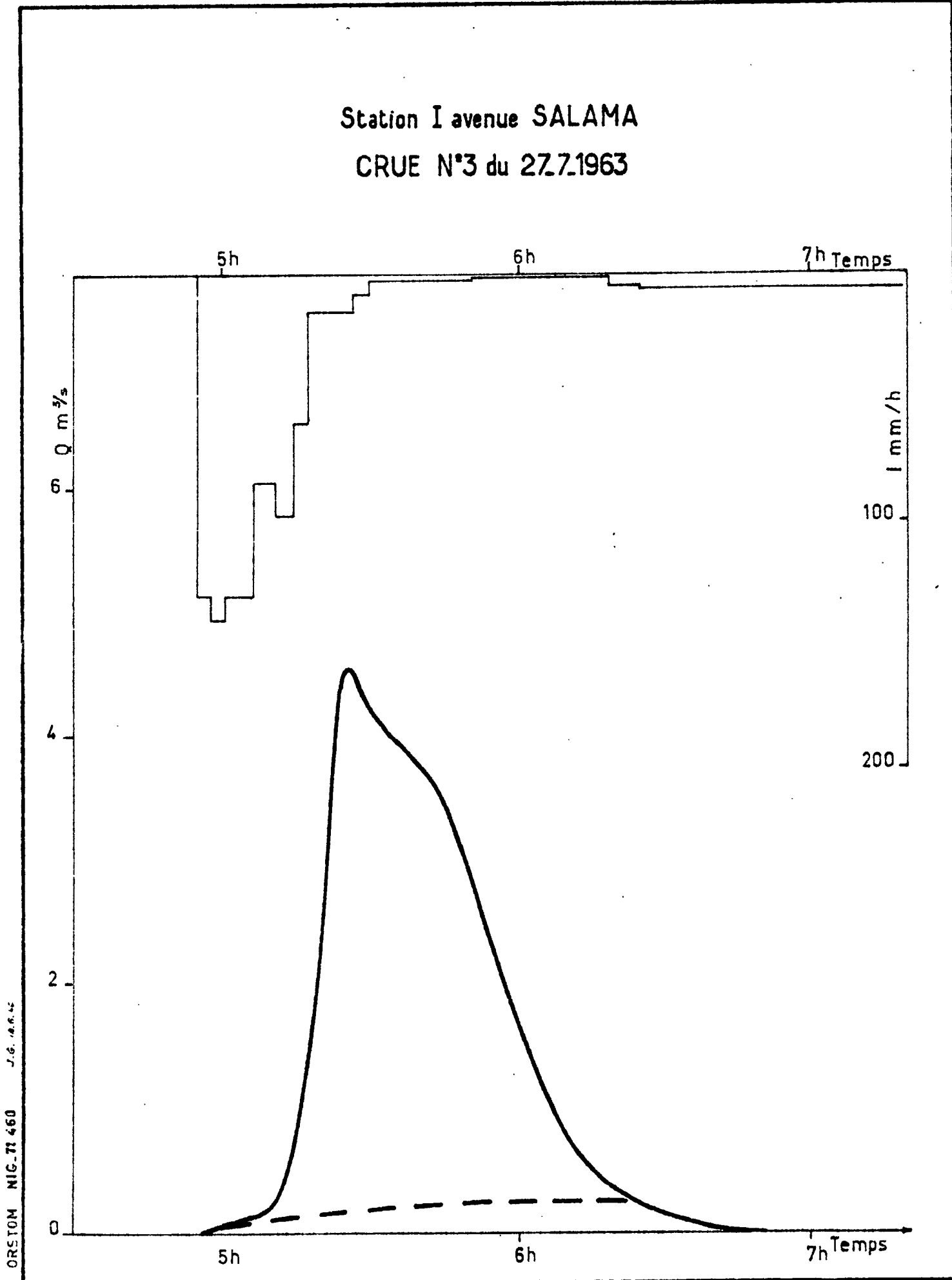
H = 41,5



## PLUVIOGRAPHE E5

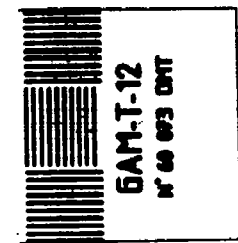
H = 60,0



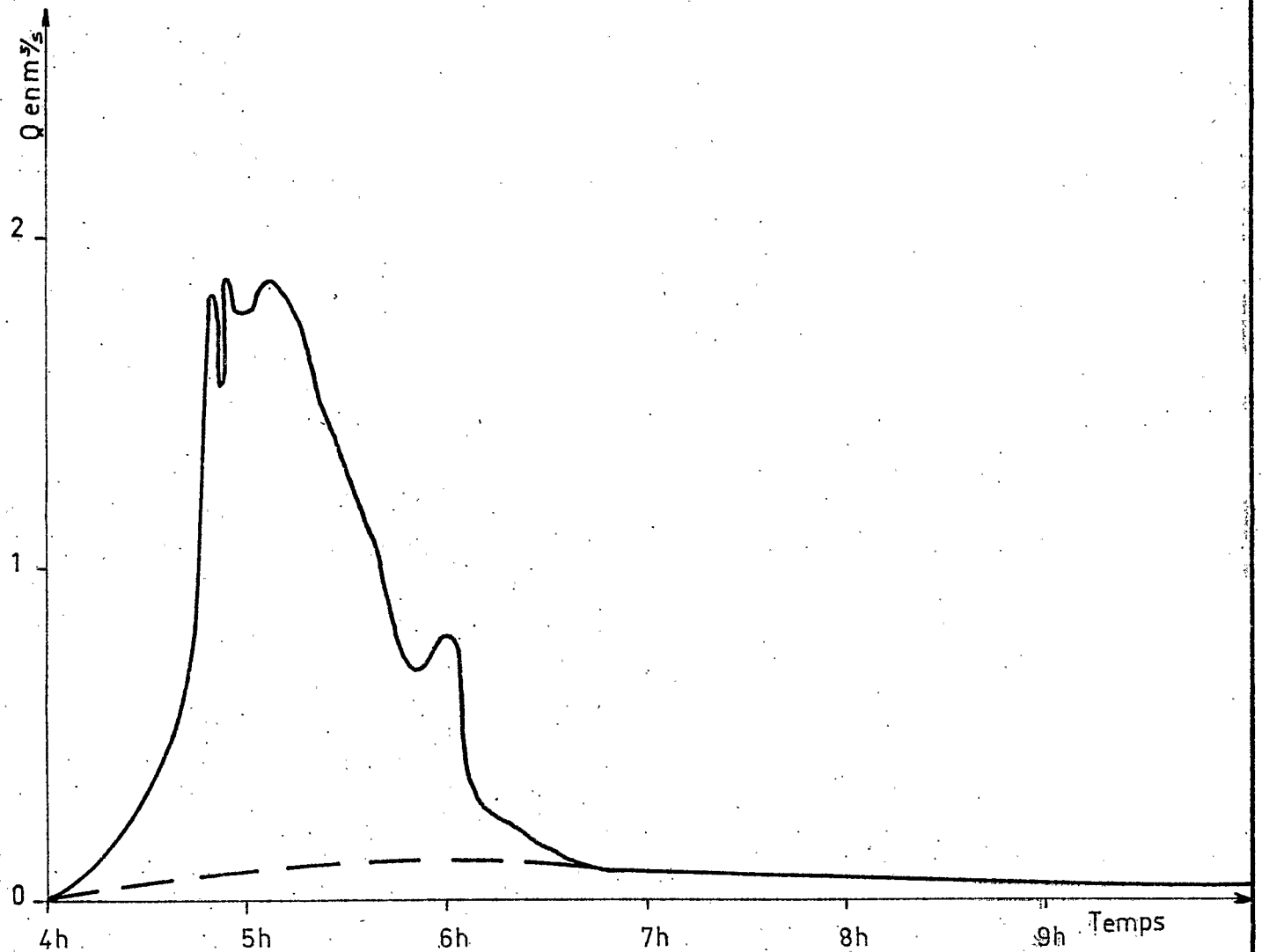


OREYOM NIC. 71.460 J.G. 14.6.62

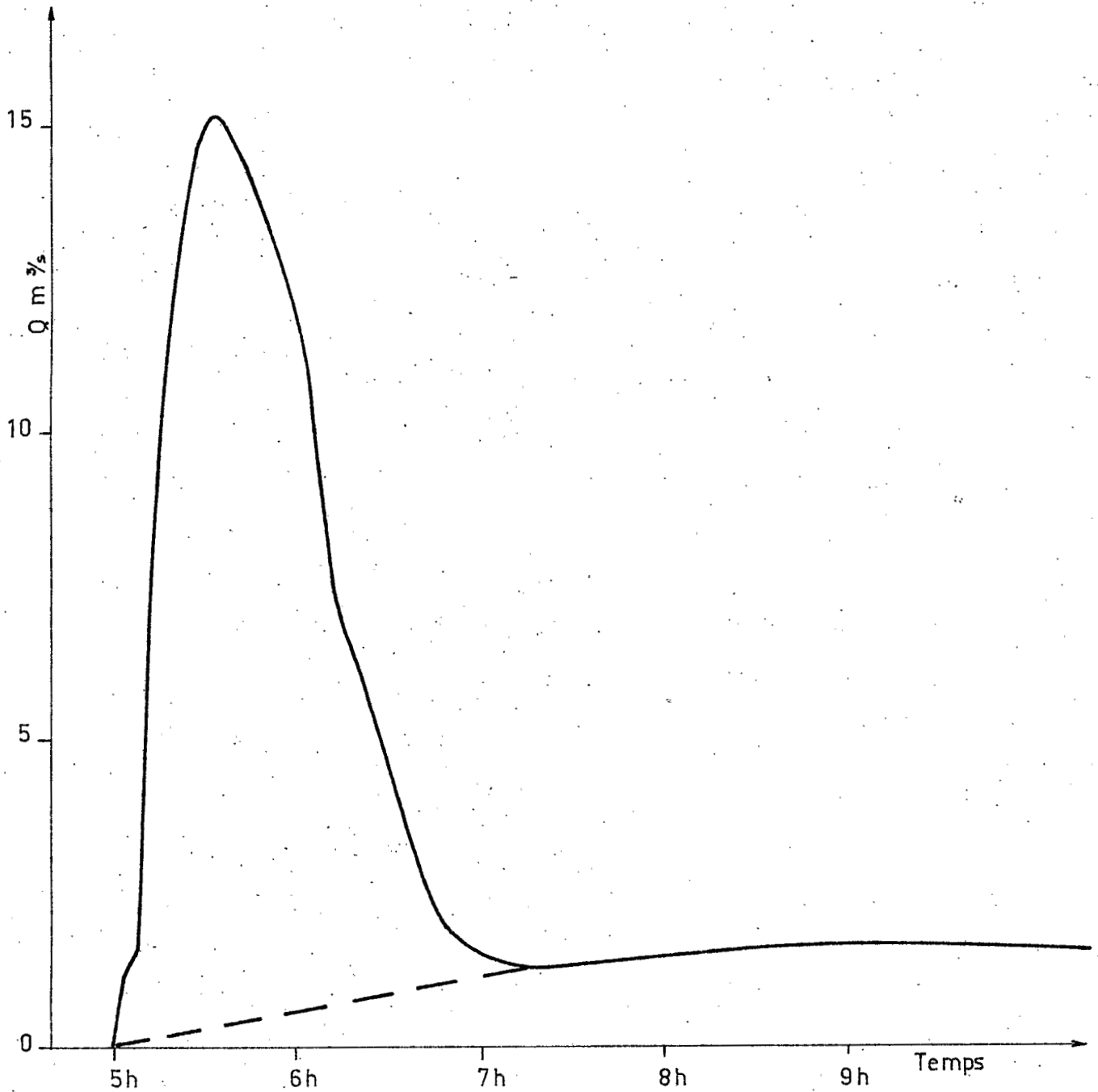
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFJHLJDOC6QUVWMNSZXY  
 zsaecmuvnwxfkhdppgyj 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOC6QUVWMNSZXY  
 zsaecmuvnwxfkhdppgyj 7142385690

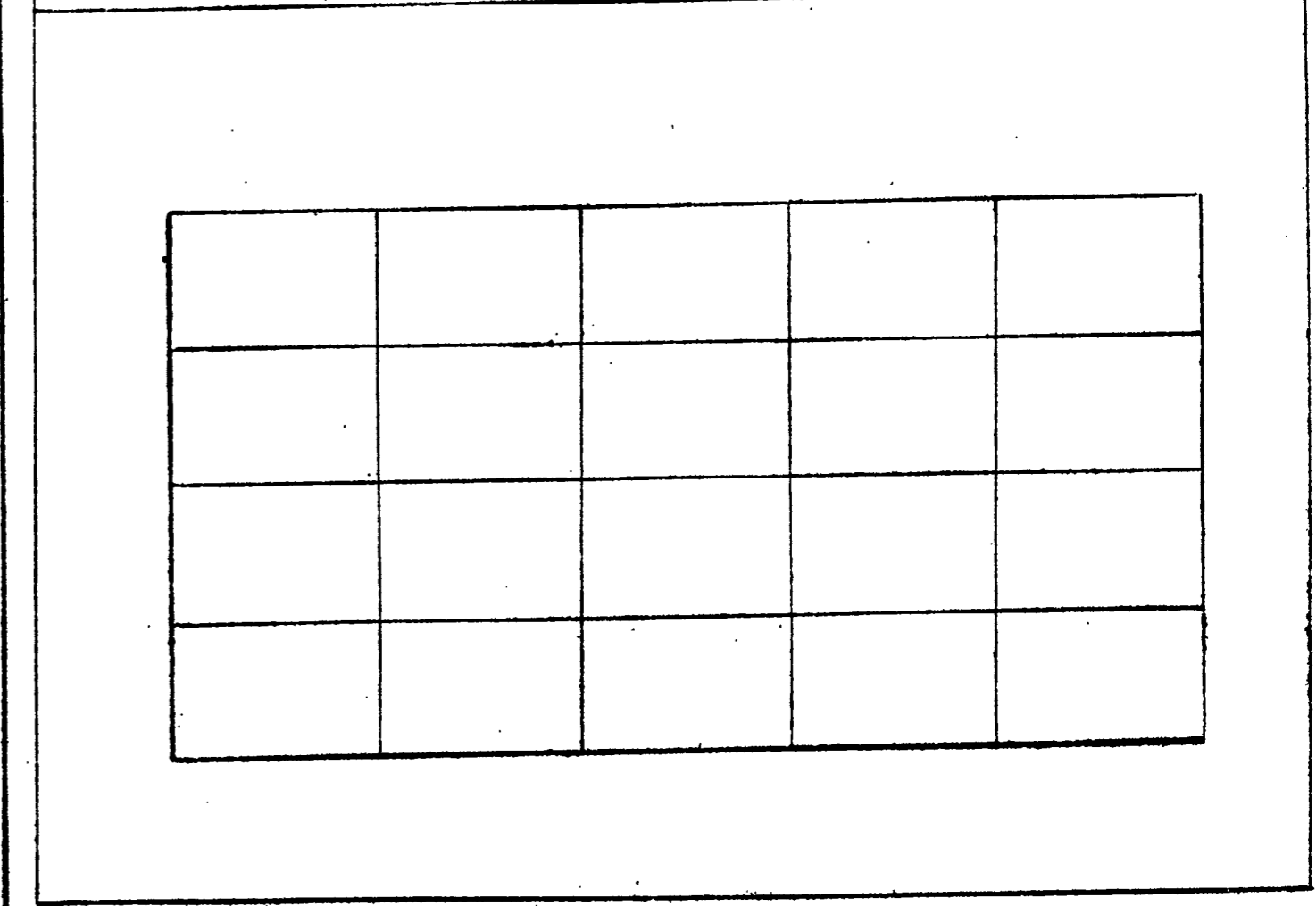
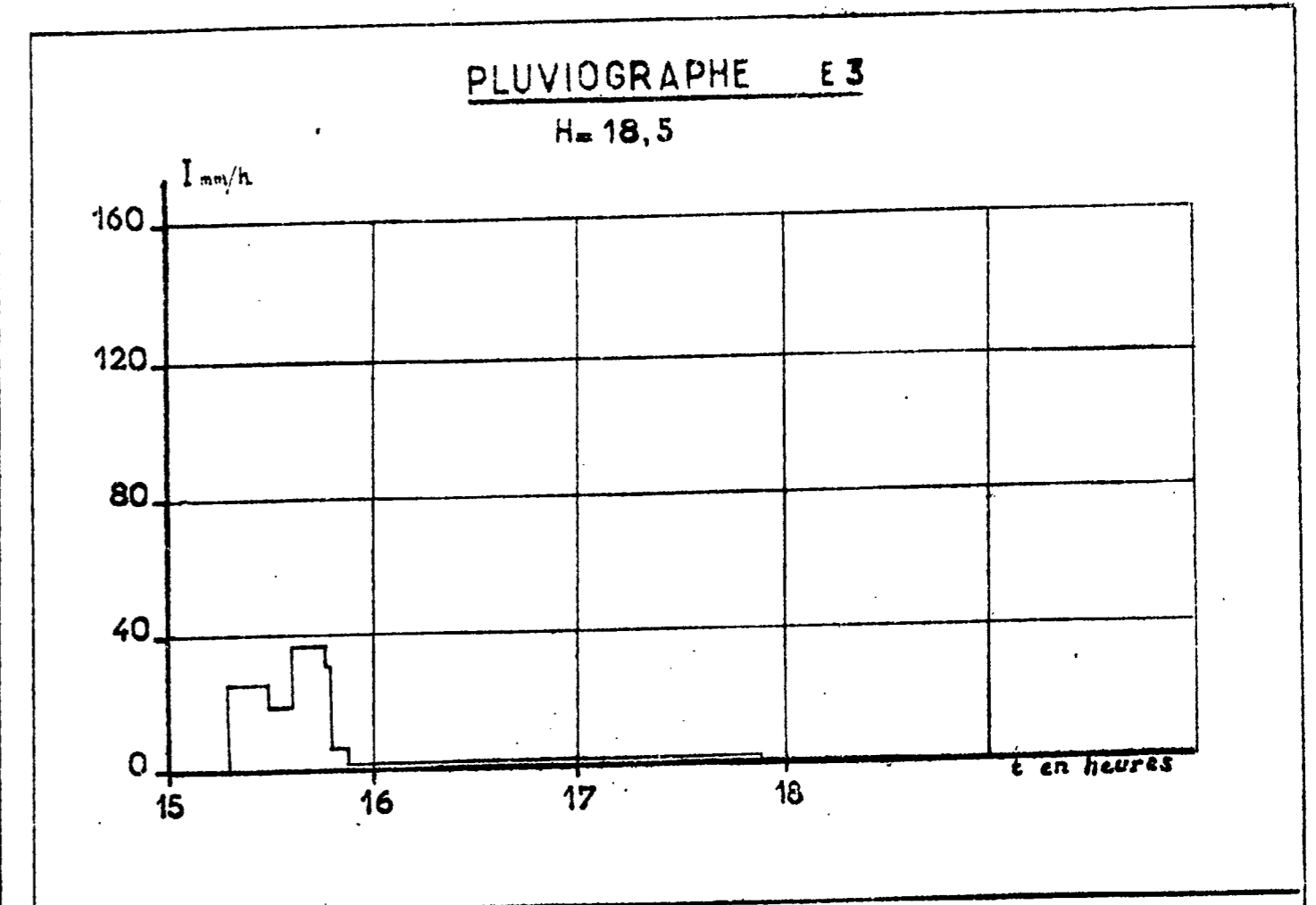
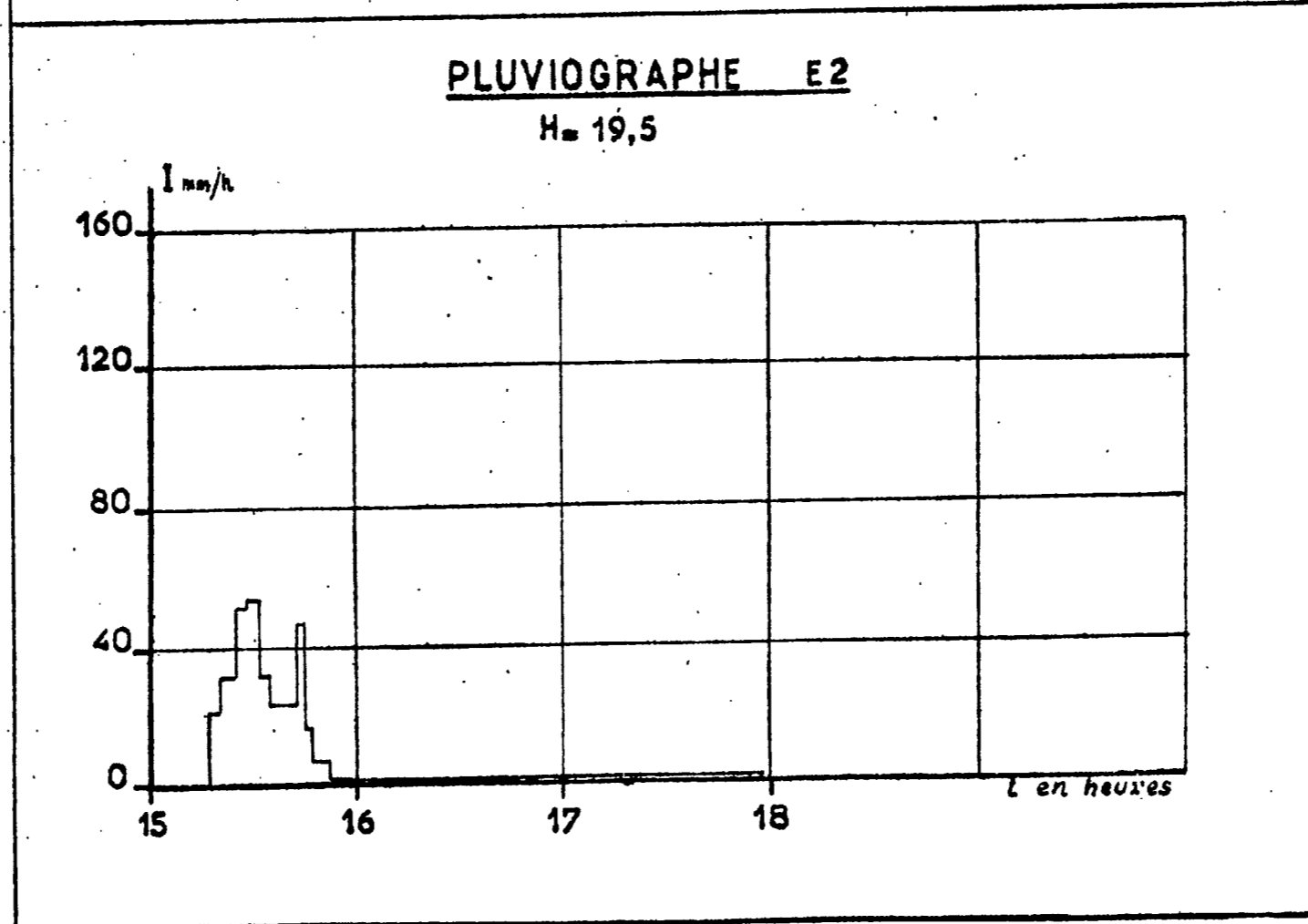
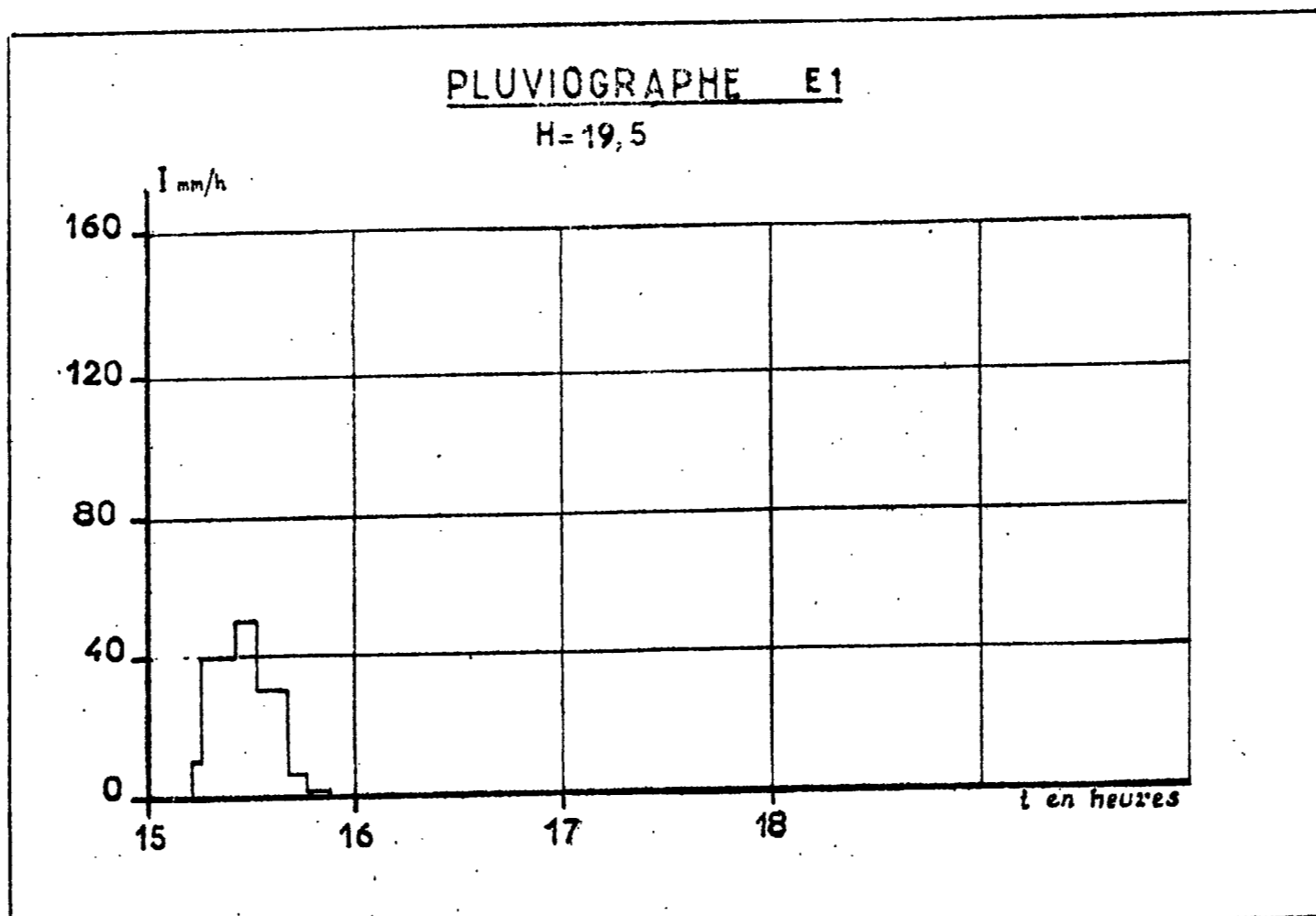
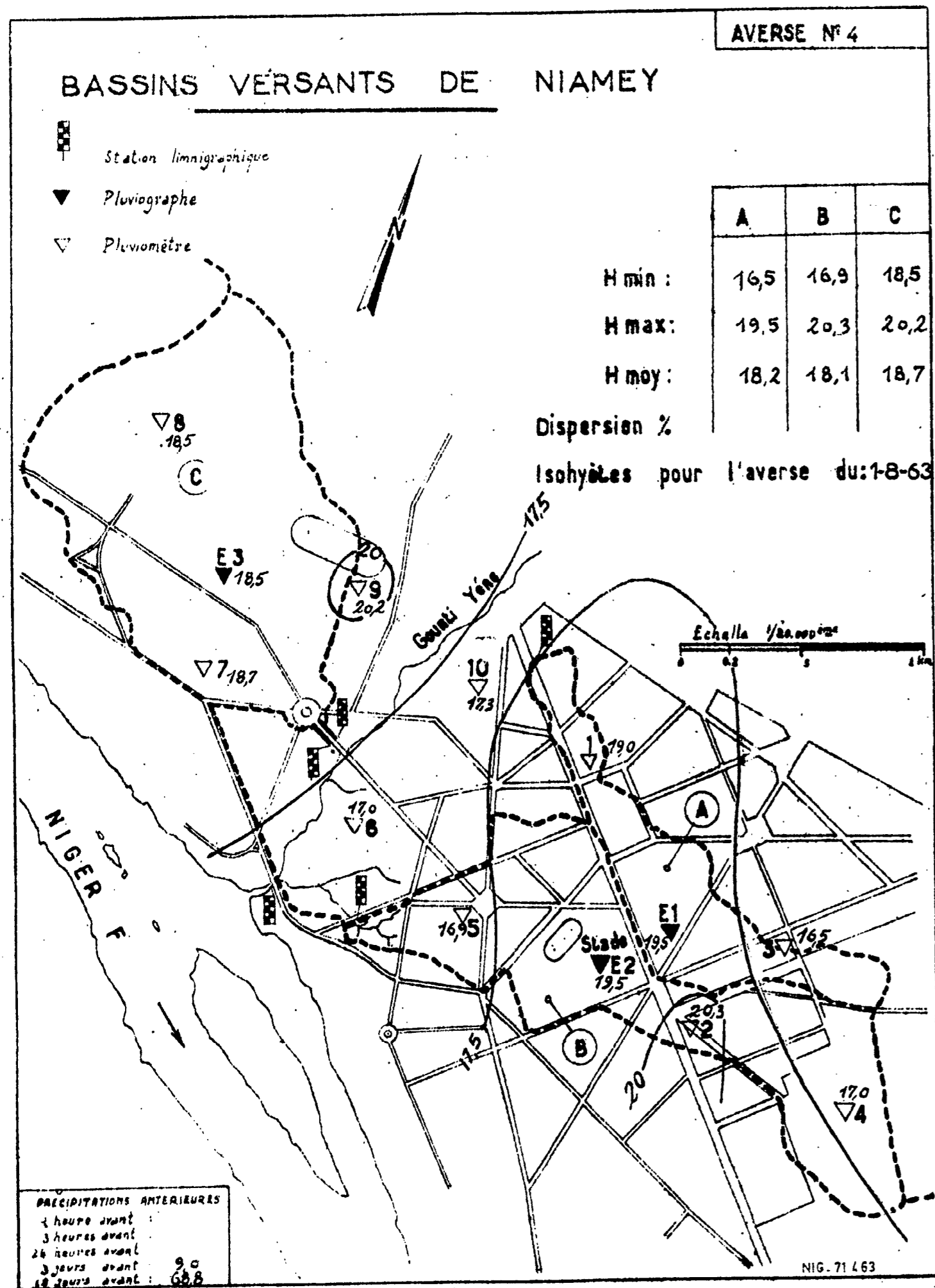


Station VI jaugeur PARSHALL  
Crue N°3 du 27.7.1963

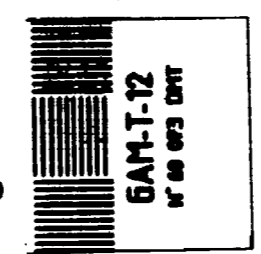
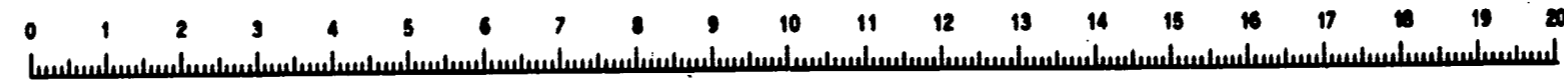


STATION  $\nabla$  Exutoire  
CRUE N°3 du 27.7.1963





Cette mire doit être lisible dans son intégralité.  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCQUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwixrfkhbdpgyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCQUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwixrfkhbdpgyjt 7142385690

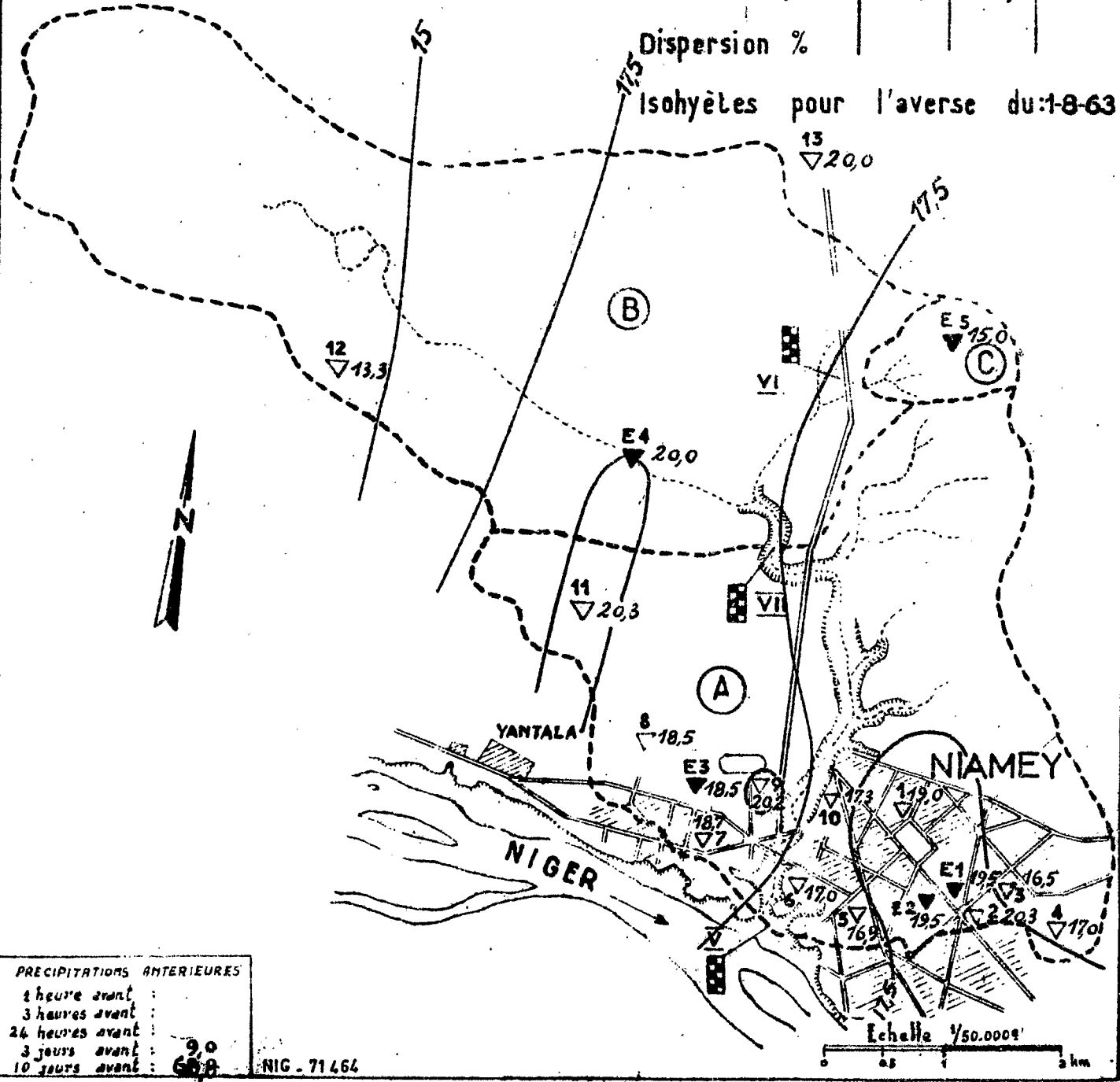


# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

- Station limnigraphique
- Pluviographe
- Pluviomètre

	A	B	C
H min :	13,3	13,3	15,0
H max :	20,3	20,0	15,0
H moy :	16,9	15,4	15,0

Dispersion %  
Isohyètes pour l'averse du:1-8-63



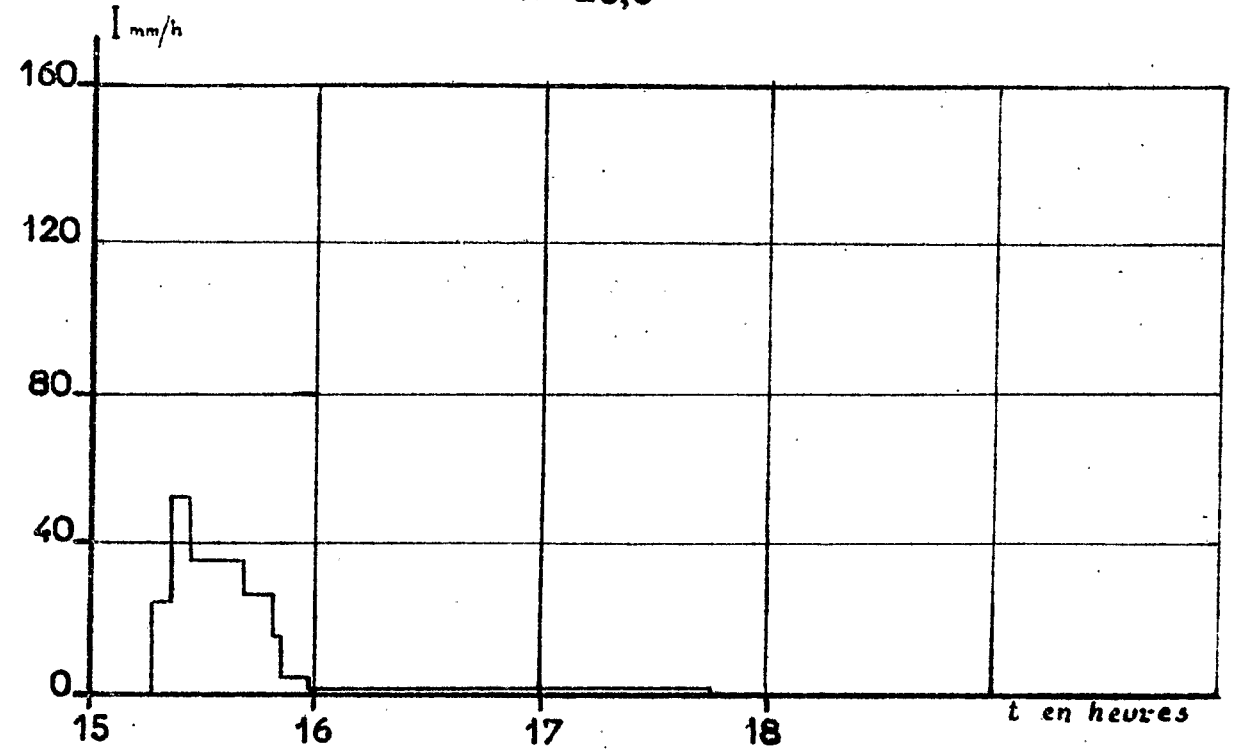
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant :	
3 heures avant :	
24 heures avant :	
3 jours avant :	9,0
10 jours avant :	6,8

NIG - 71464

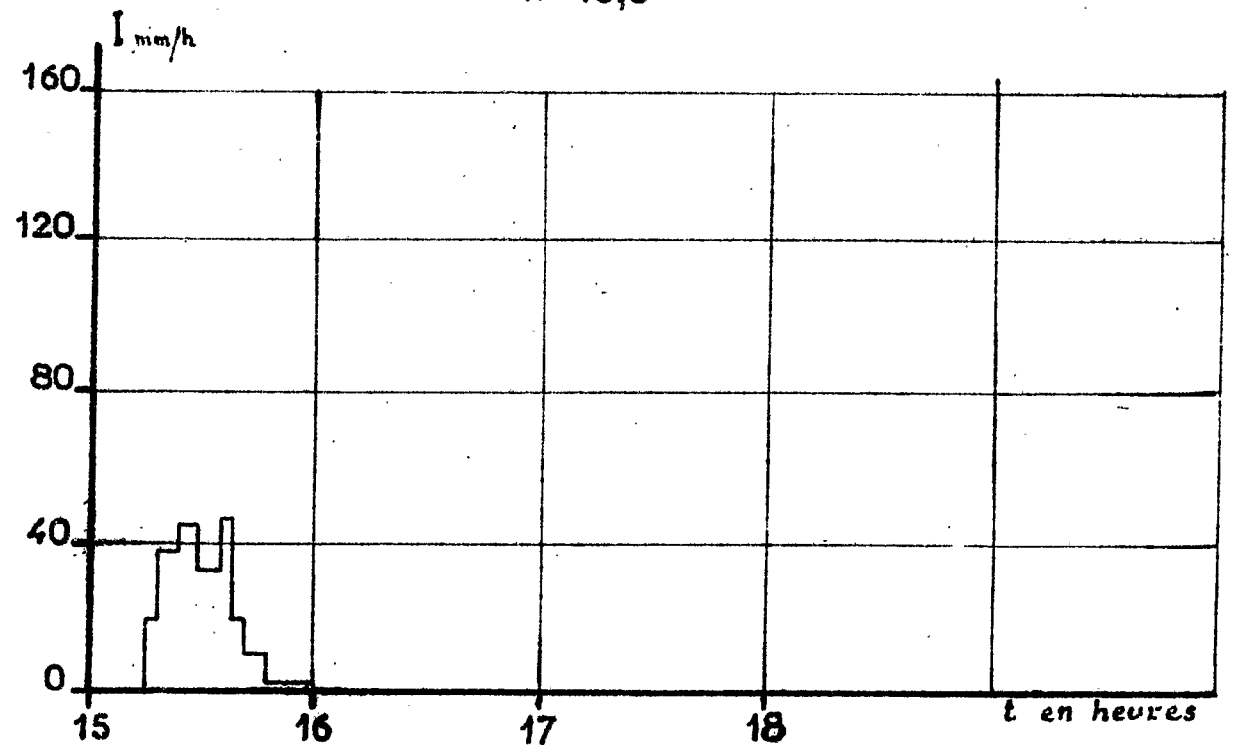
## PLUVIOMETRE E4

H = 20,0

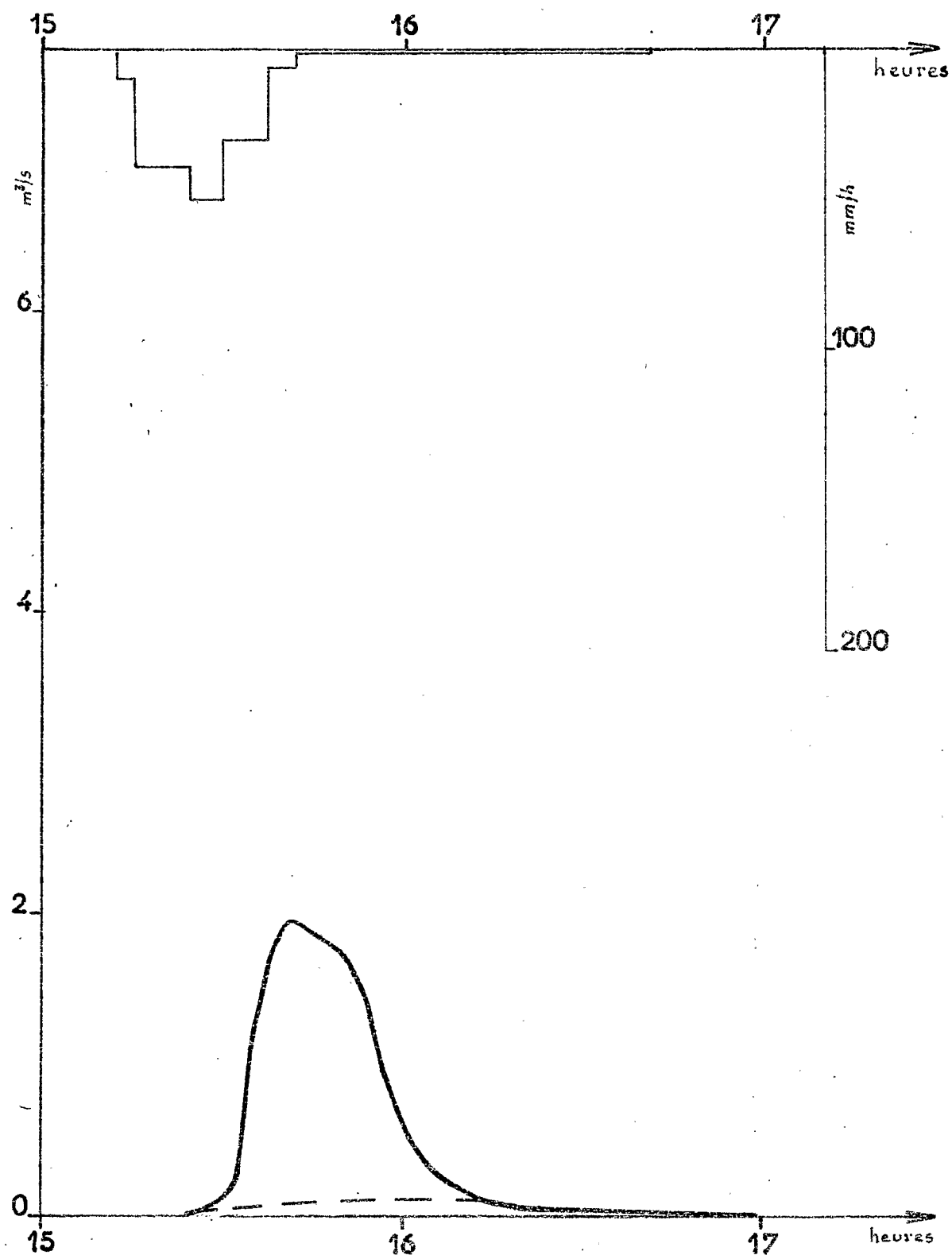


## PLUVIOMETRE E5

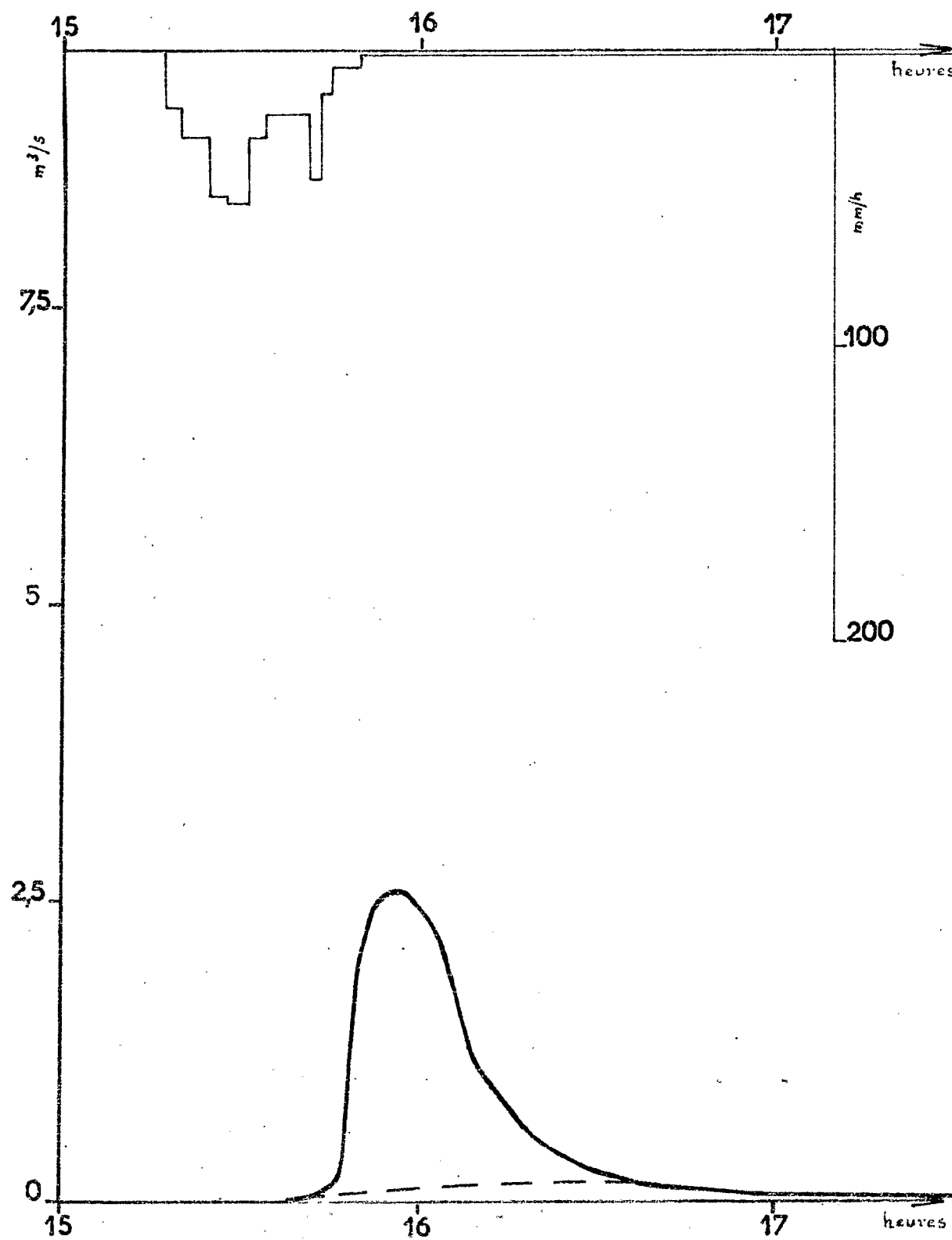
H = 15,0



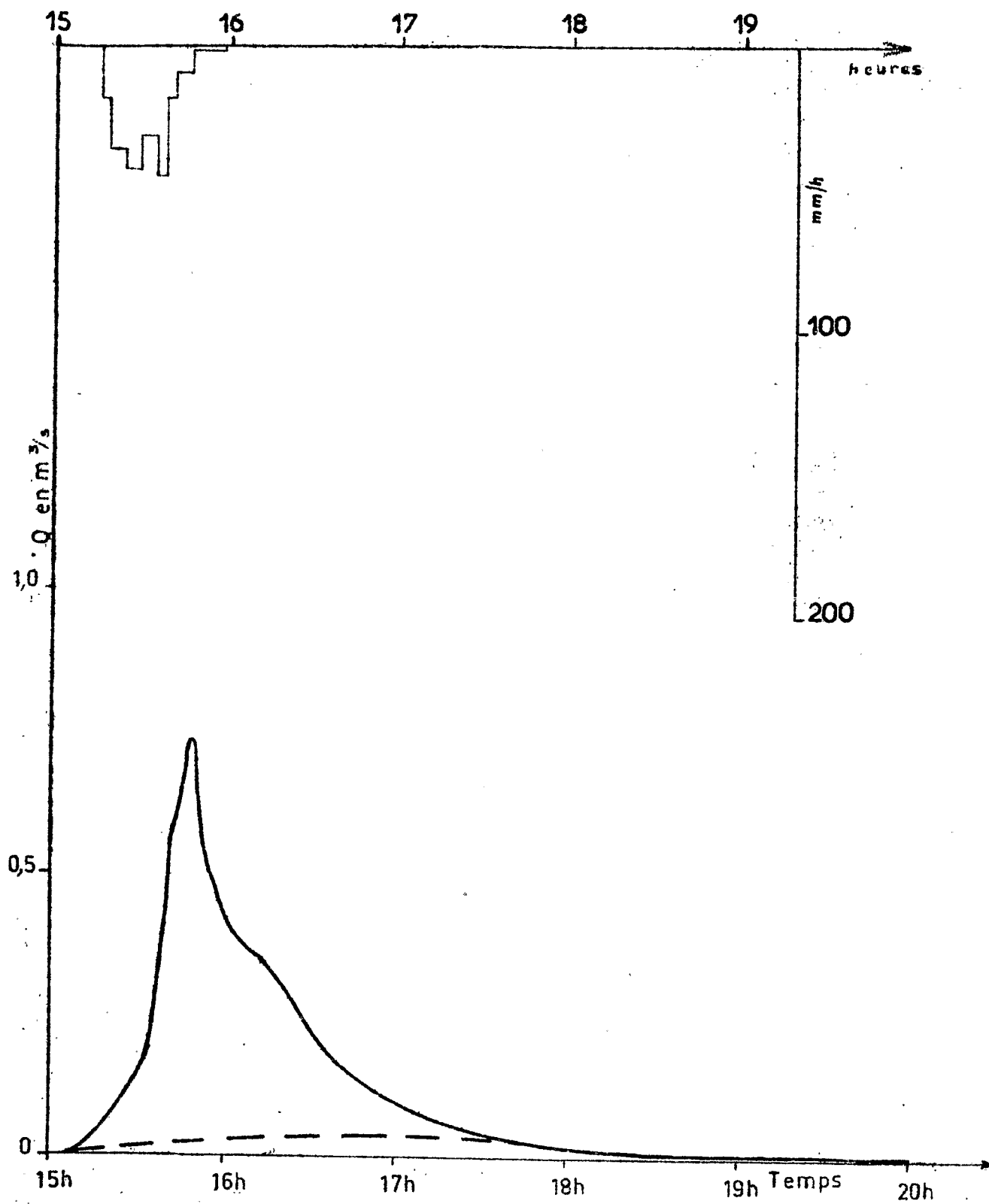
Station I Avenue SALAMA  
 Crue n° 4 du 1-8-1963



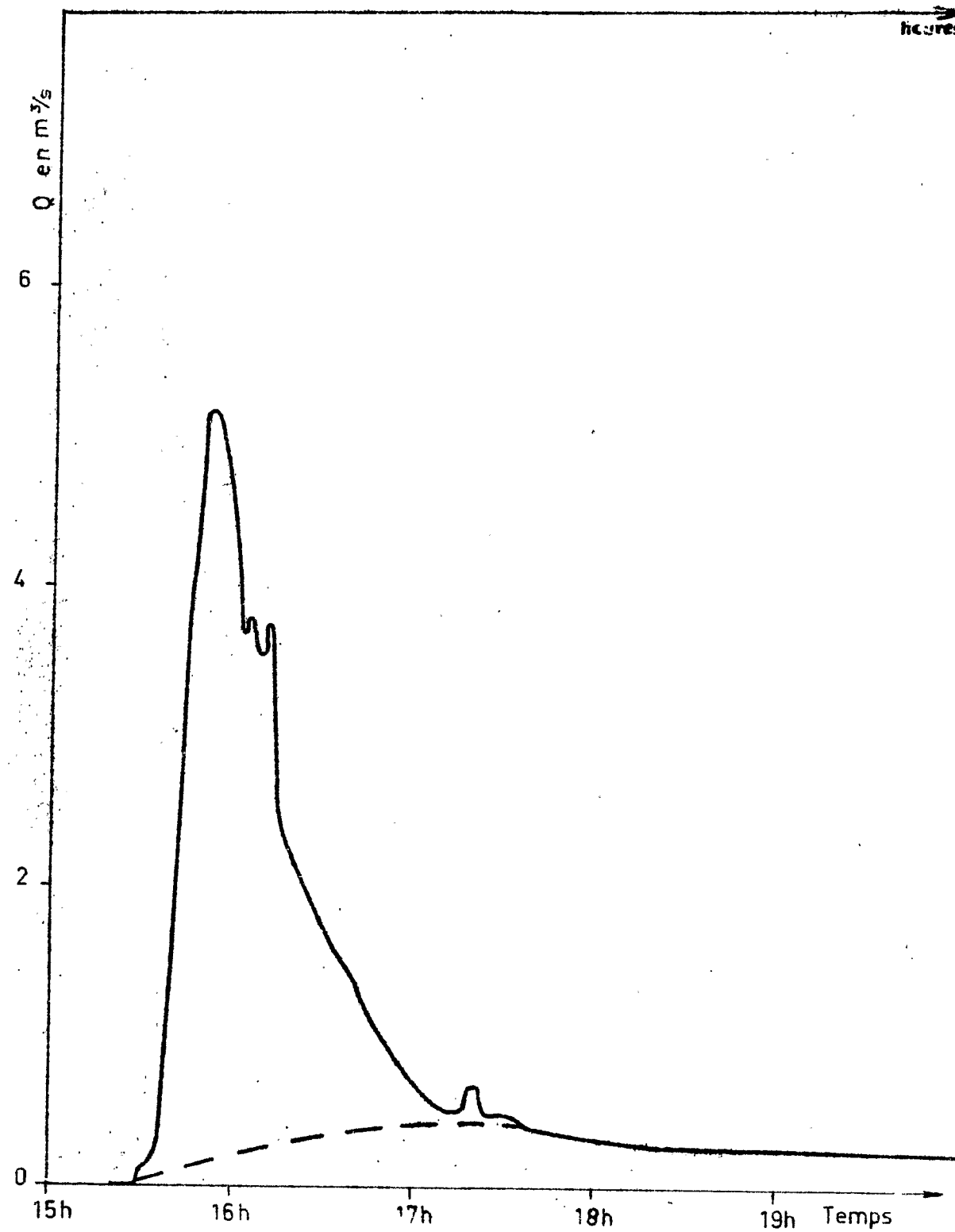
Station II DISPENSAIRE



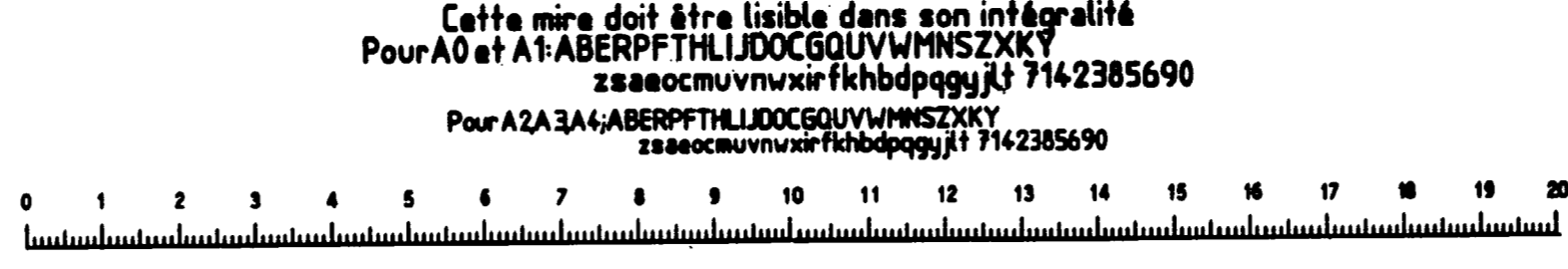
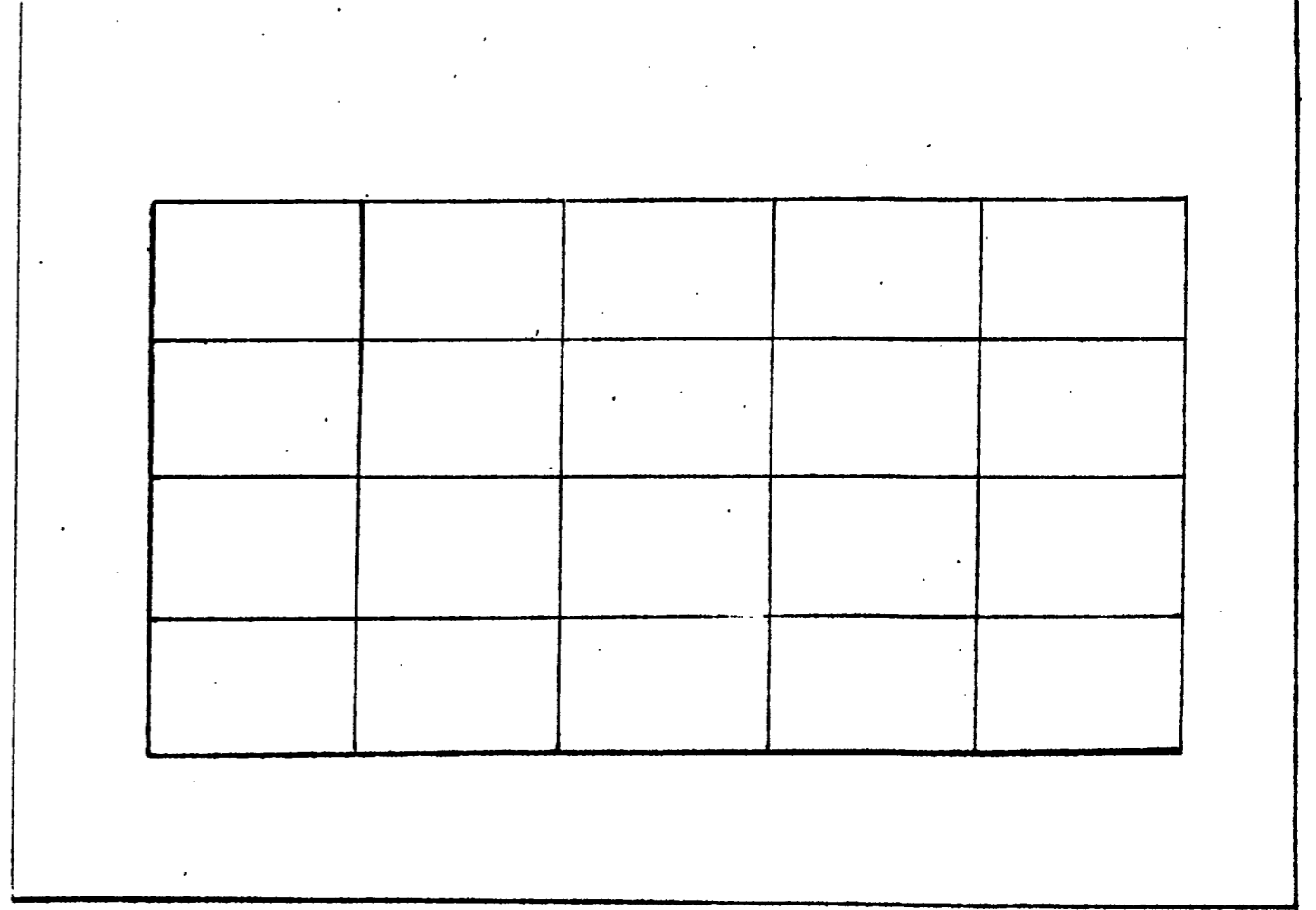
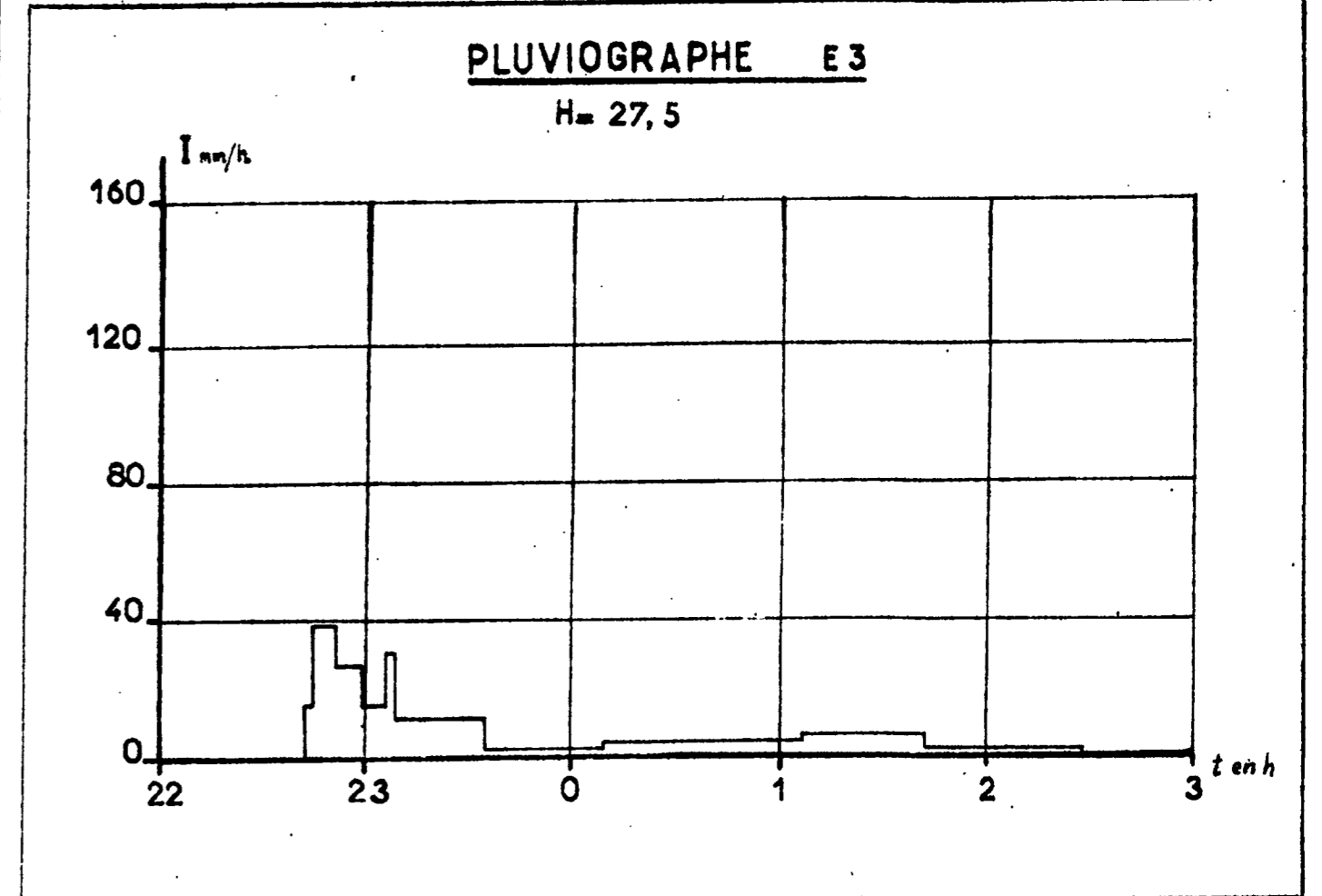
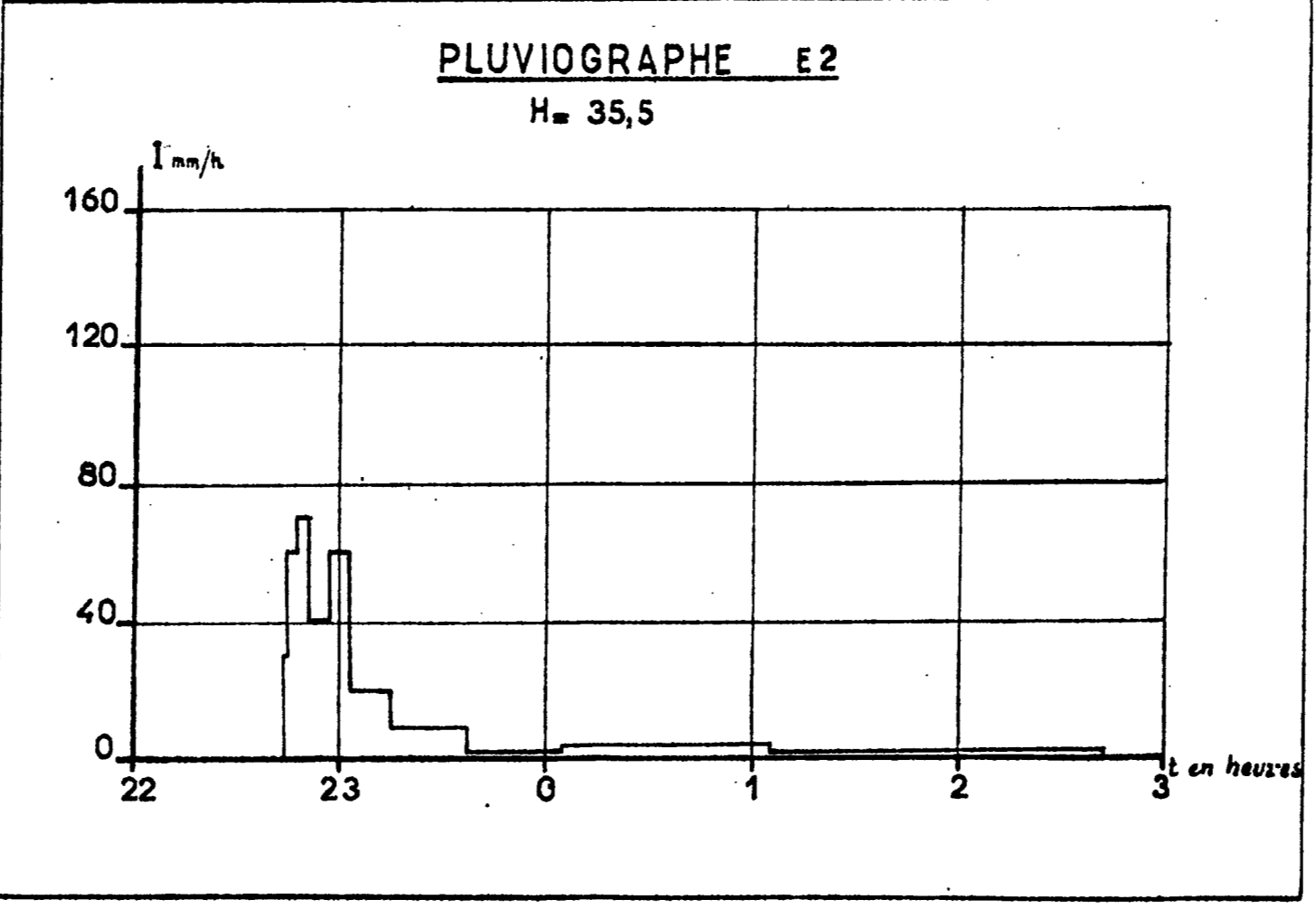
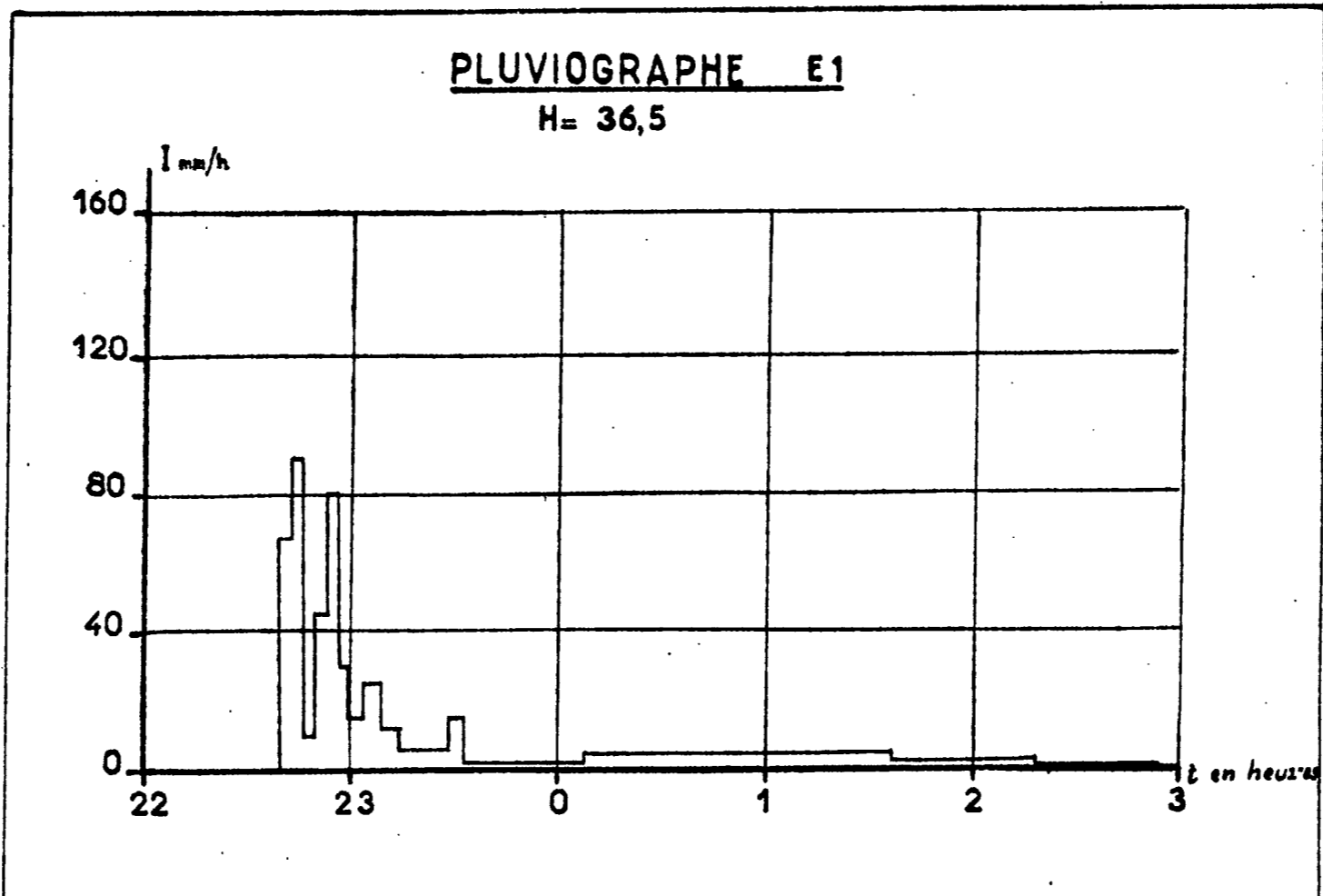
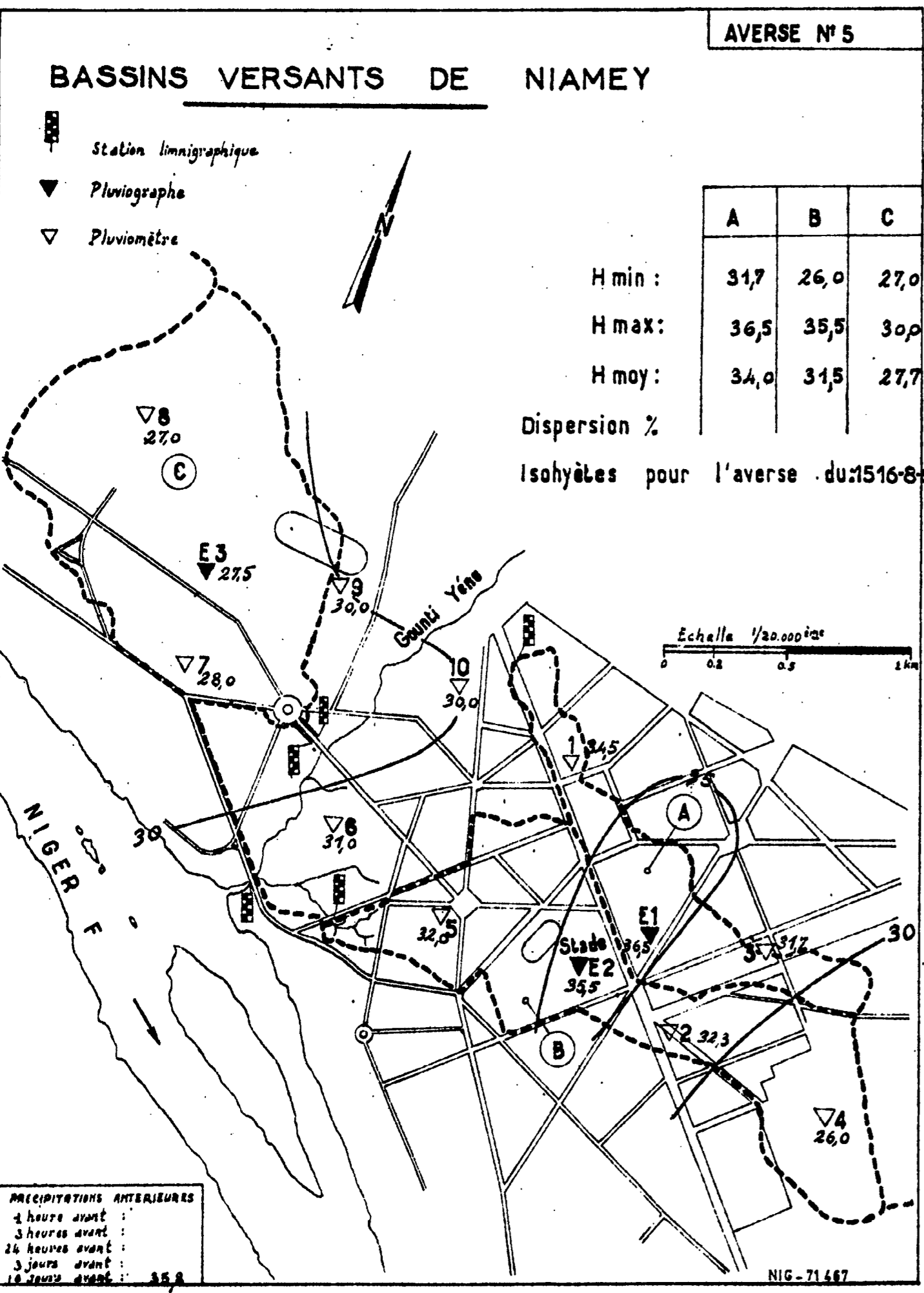
Station VI Jaugeur PARSHALL  
 Crue n° 4 du 1-8-1963



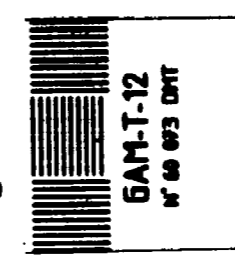
Station V Exutoire










Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGUVWMNSZXY  
 zsaocmuvnwxfkhdpggyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGUVWMNSZXY  
 zsaocmuvnwxfkhdpggyjt 7142385690



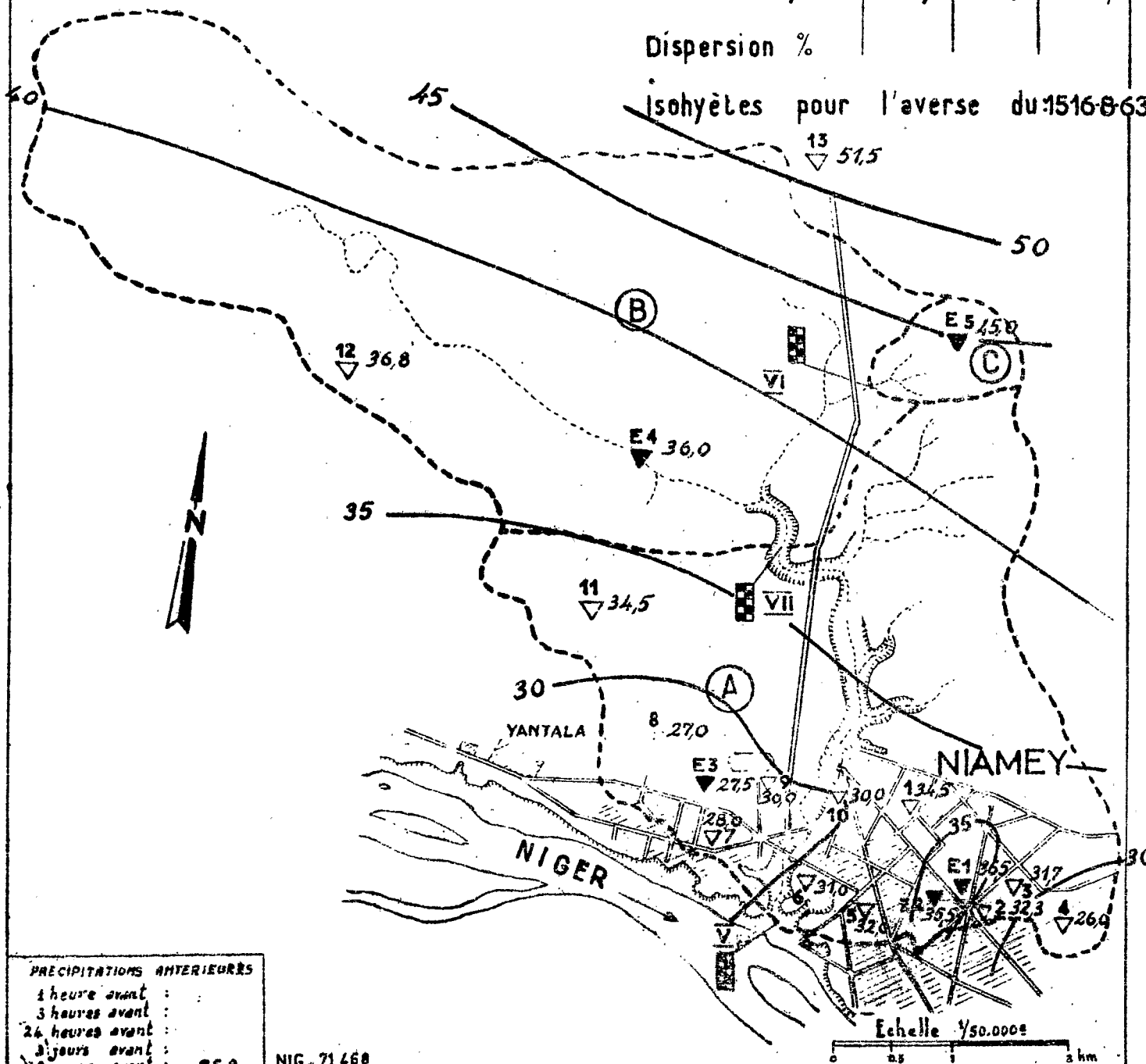
# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

VERSE N° 5

-  Station limnigraphique
-  Pluviographe
-  Pluviomètre

	A	B	C
H min :	26,0	36,0	45,0
H max :	51,5	51,5	45,0
H moy :	34,3	41,0	45,0

Dispersion %  
isohyètes pour l'averse du 1516-8-63



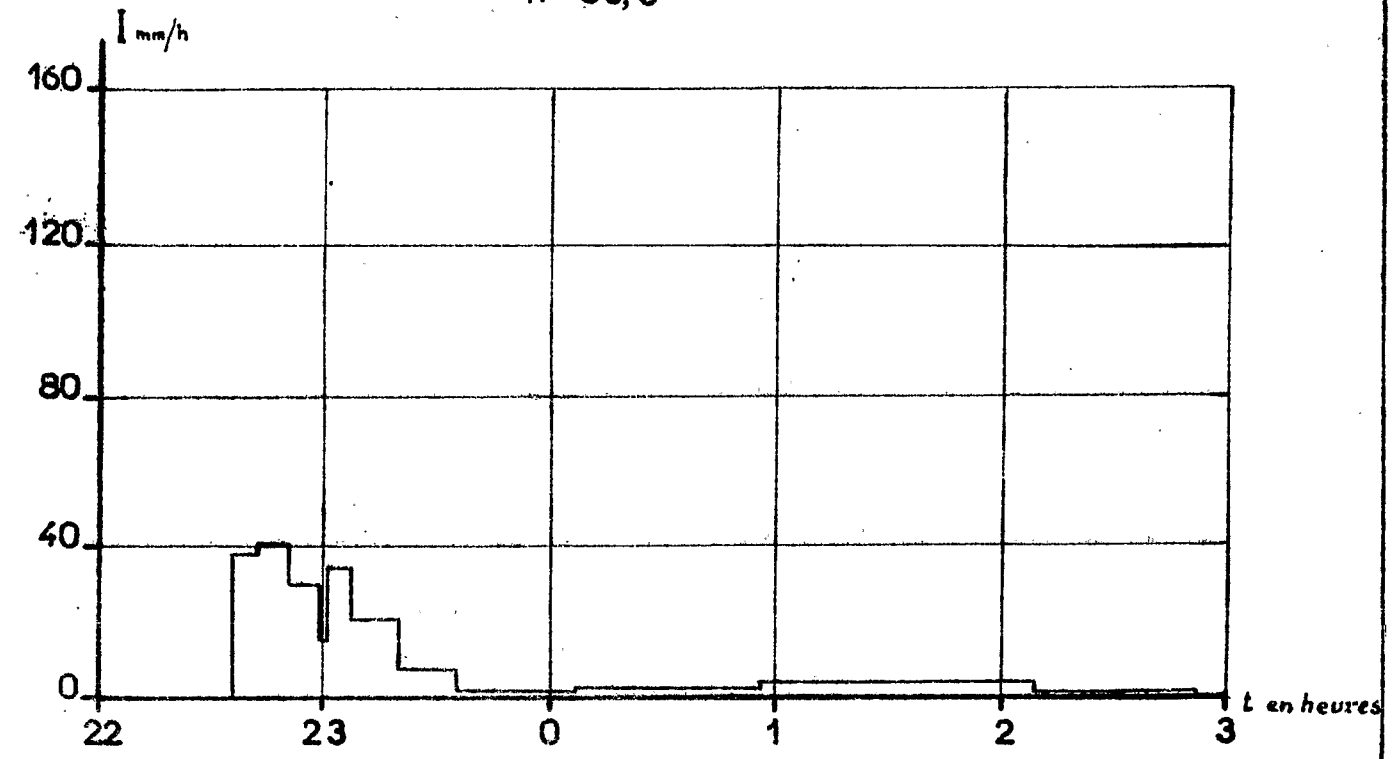
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant :	
3 heures avant :	
24 heures avant :	
3 jours avant :	
30 jours avant :	95,8

NIG. 71 468

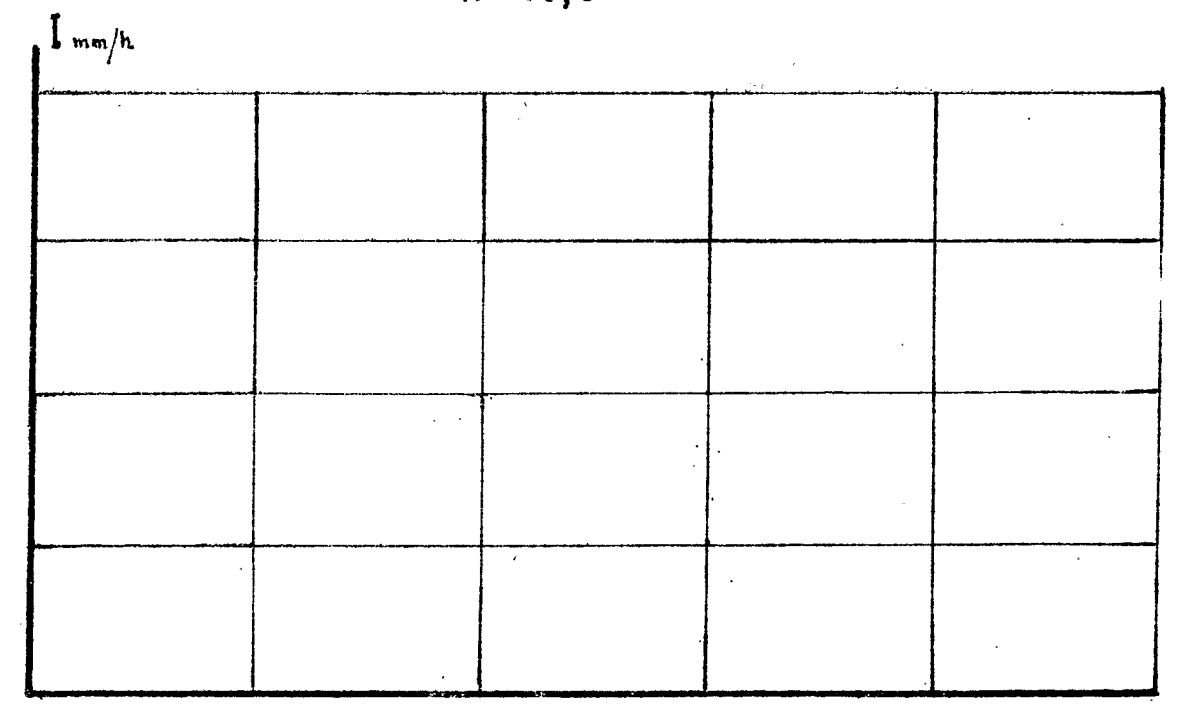
## PLUVIOGRAPHE E4

H = 36,0

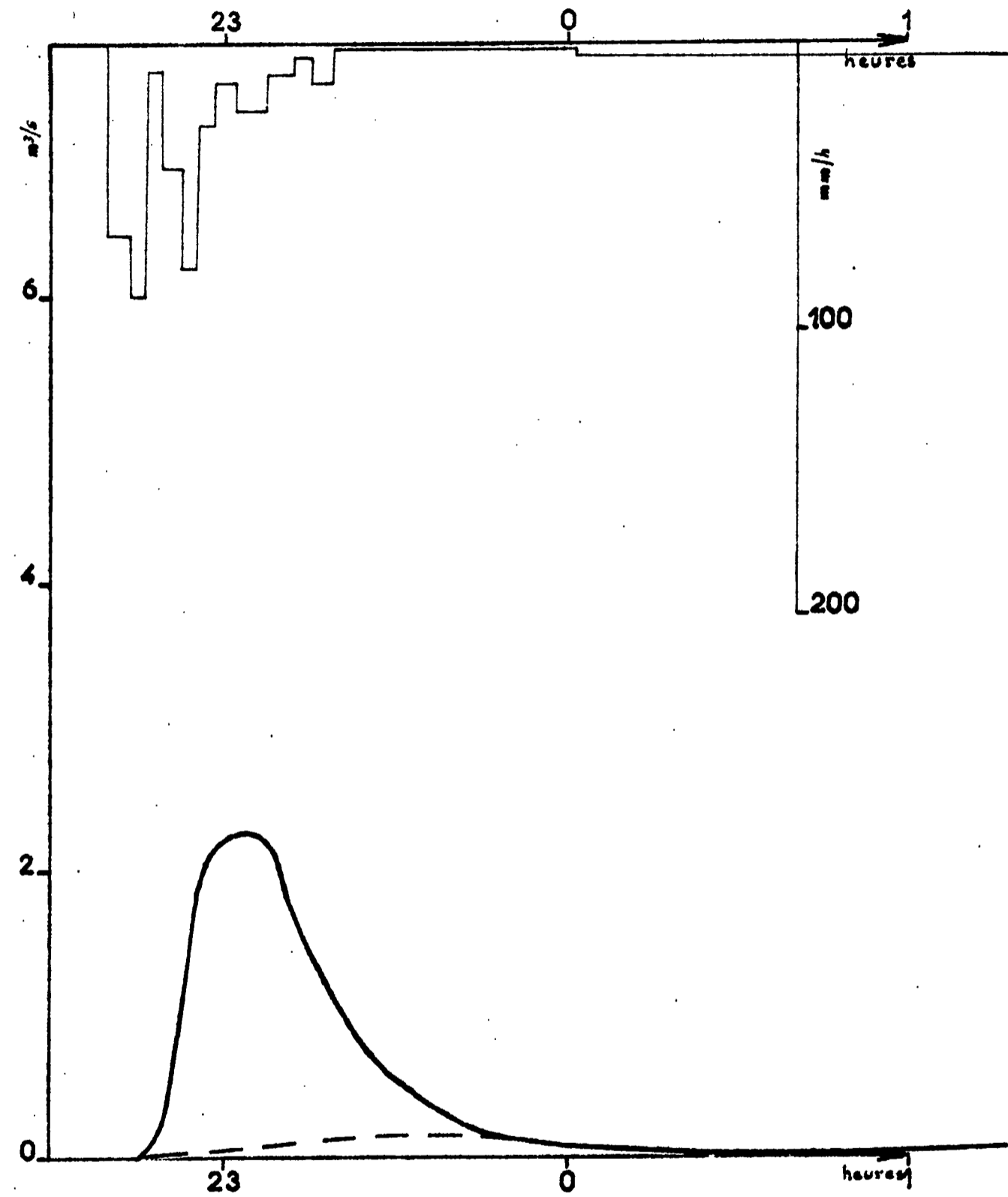


## PLUVIOGRAPHE E5

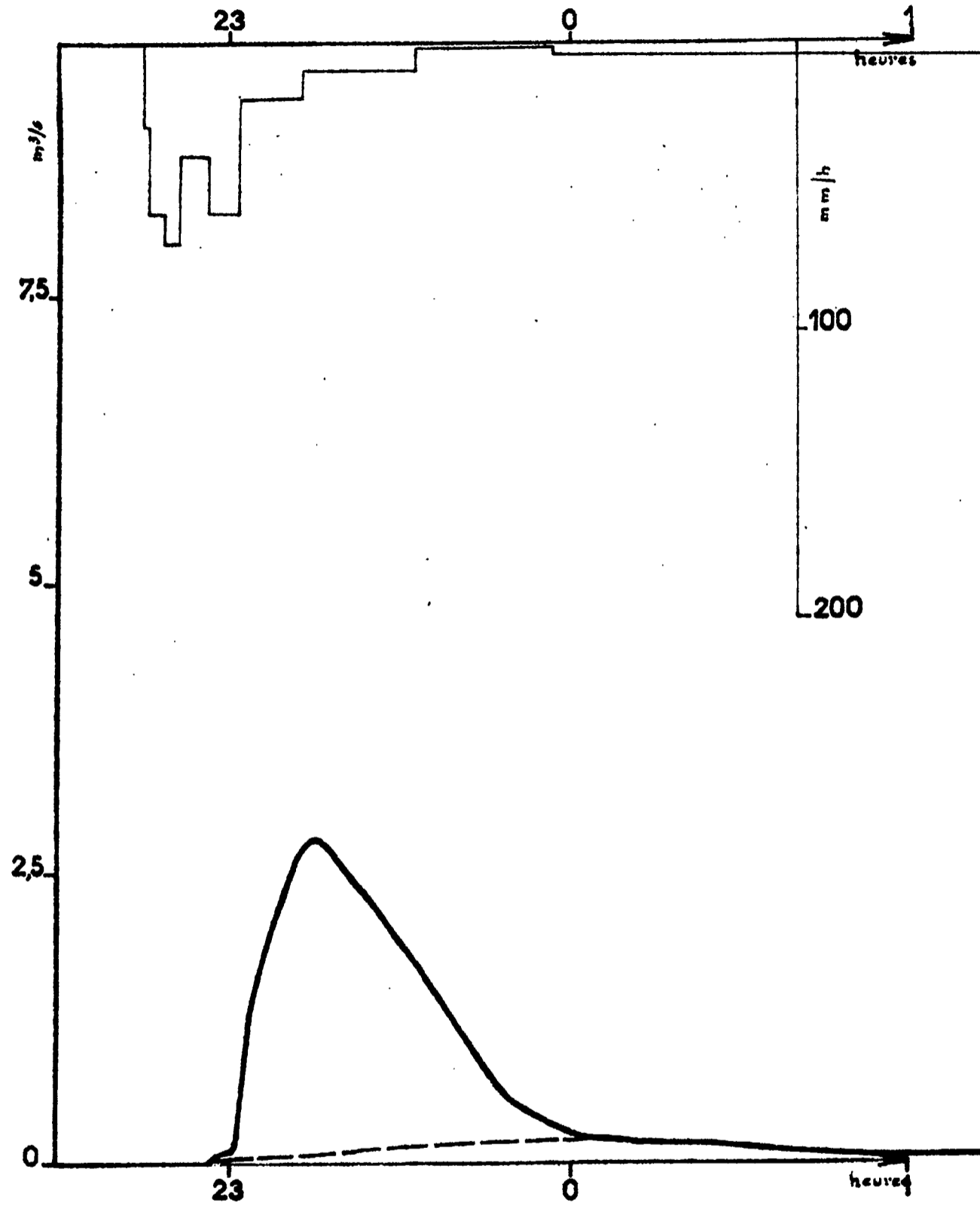
H = 45,0



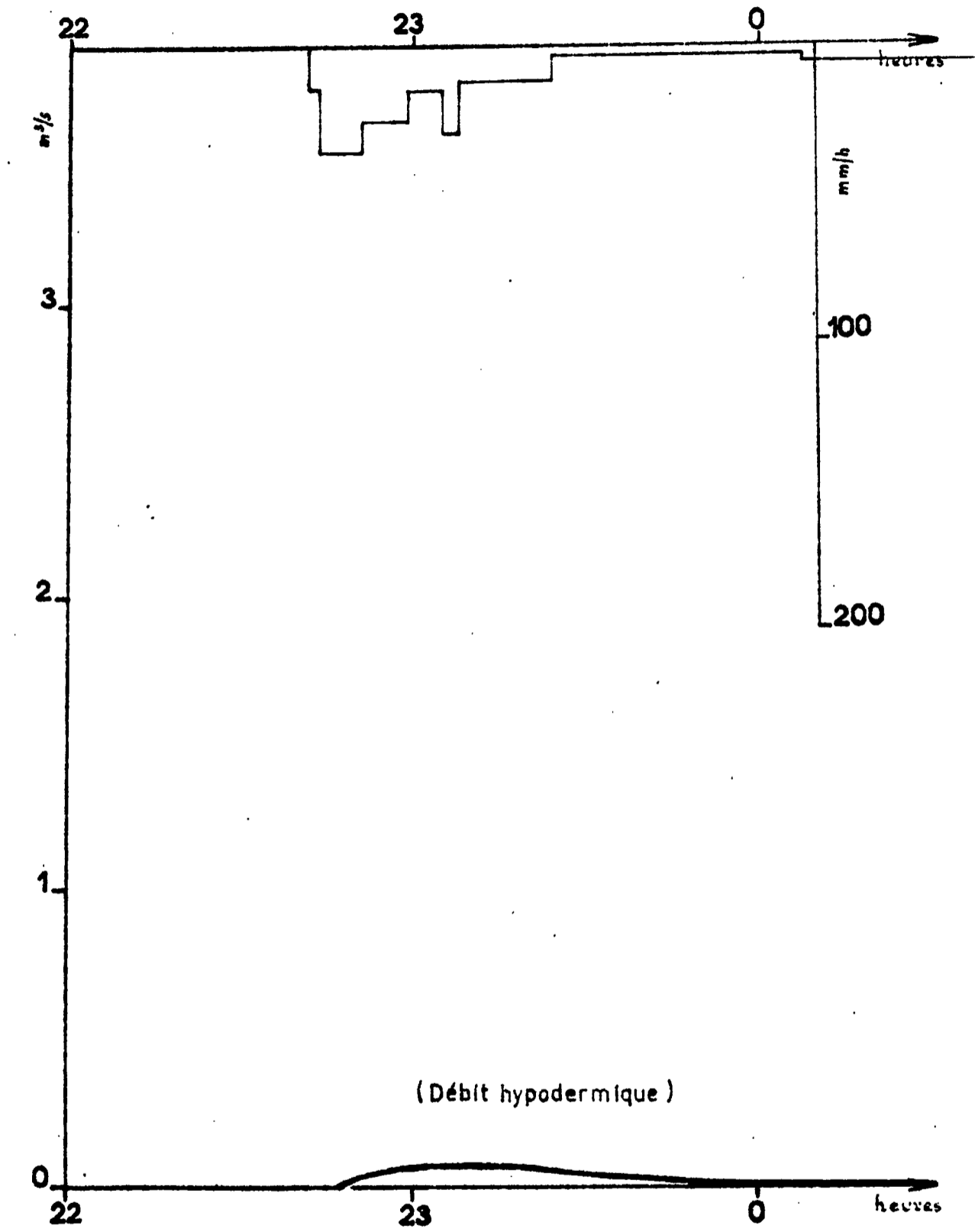
Station I Avenue SALAMA  
Crue n° 5 du 14-15-8-1963



Station II DISPENSAIRE

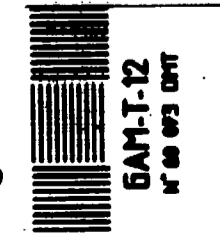
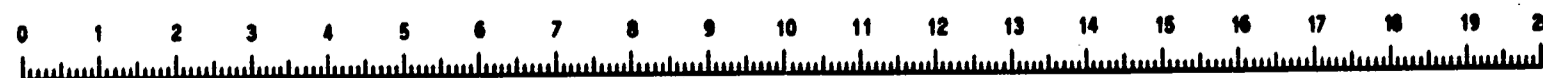


Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR

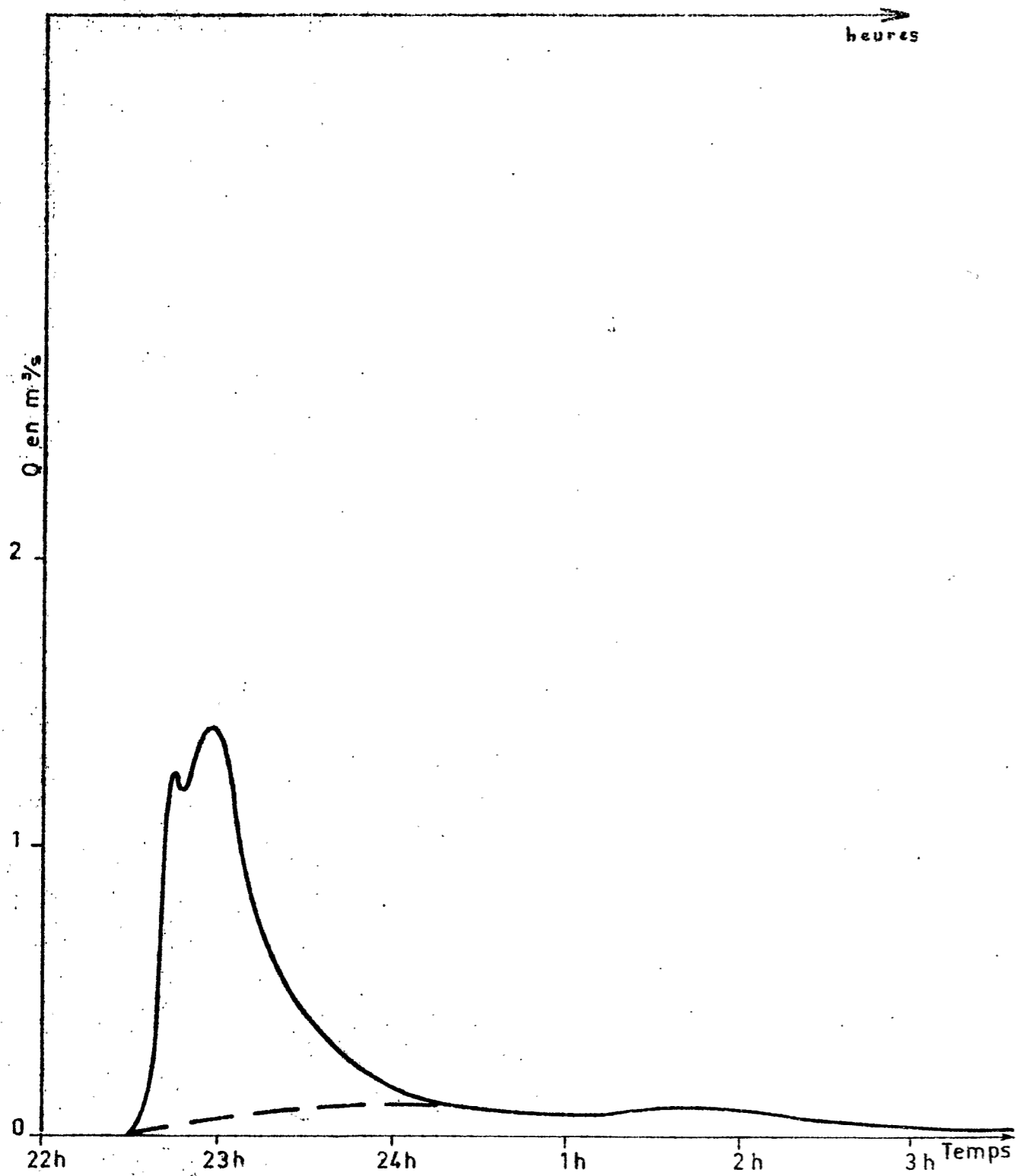


NIG. 71469

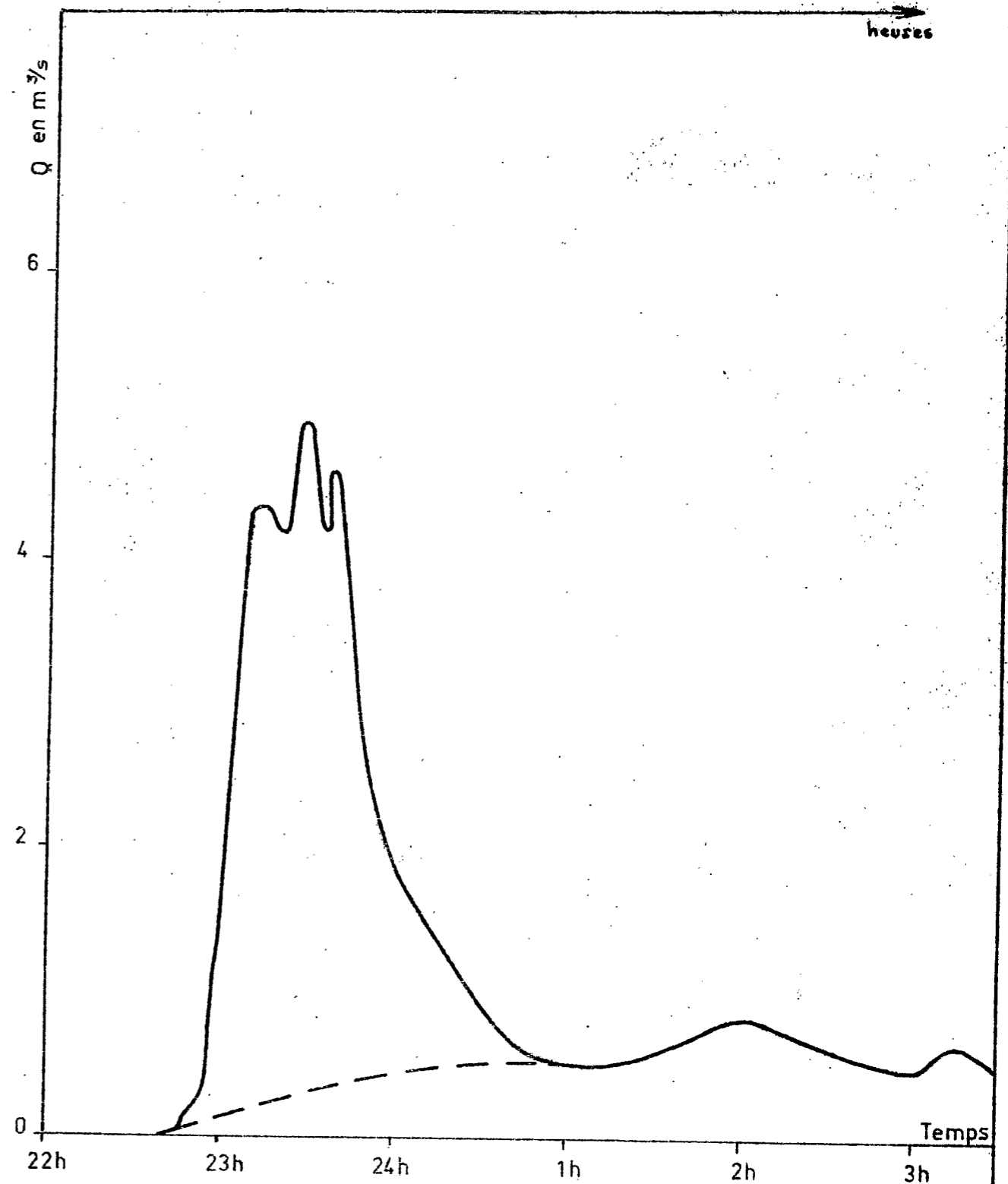
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGUVWMNSZXKY  
zsaecmuvnwixrfkhdpggyjt 7142385690  
Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGUVWMNSZXKY  
zsaecmuvnwixrfkhdpggyjt 7142385690

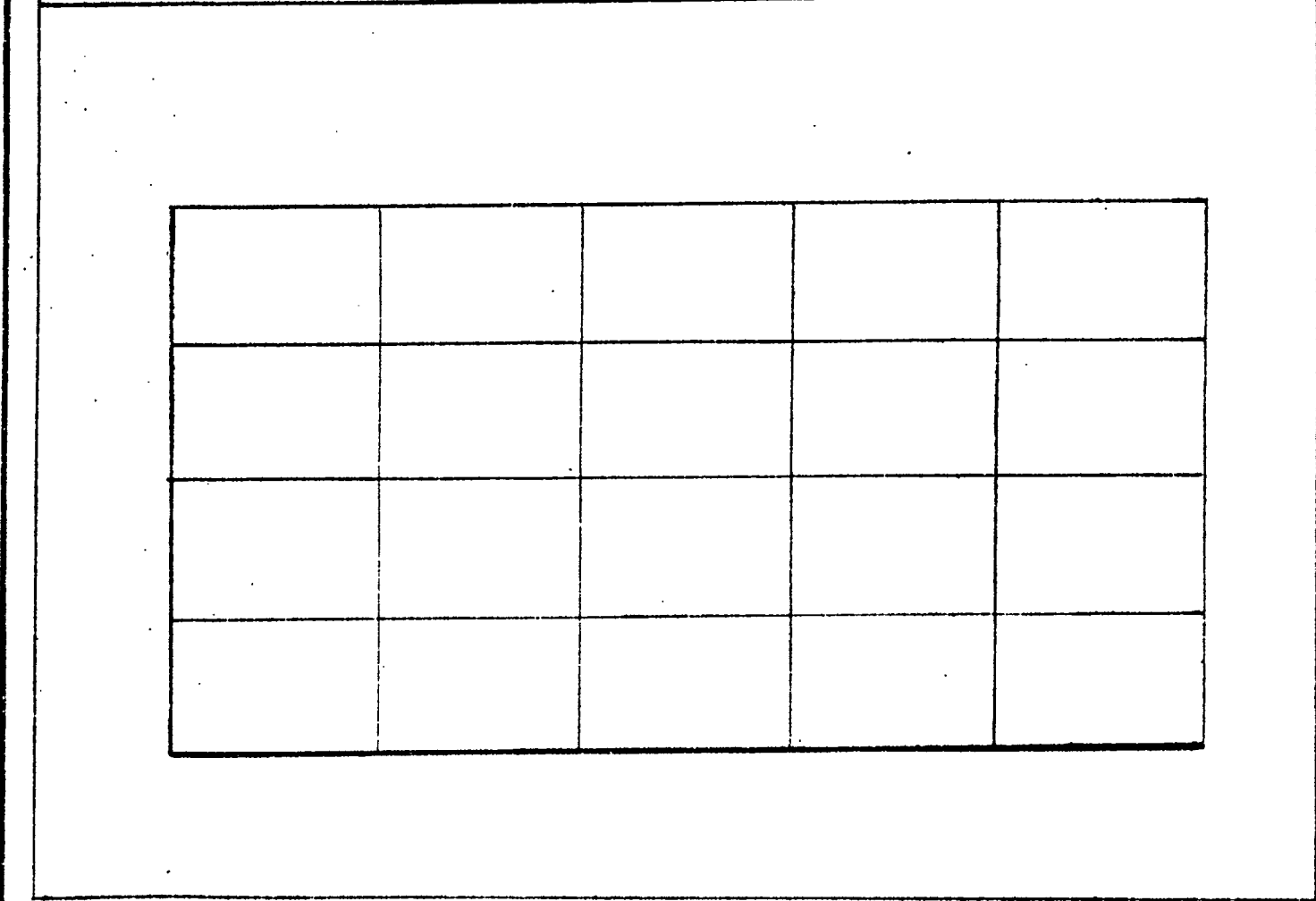
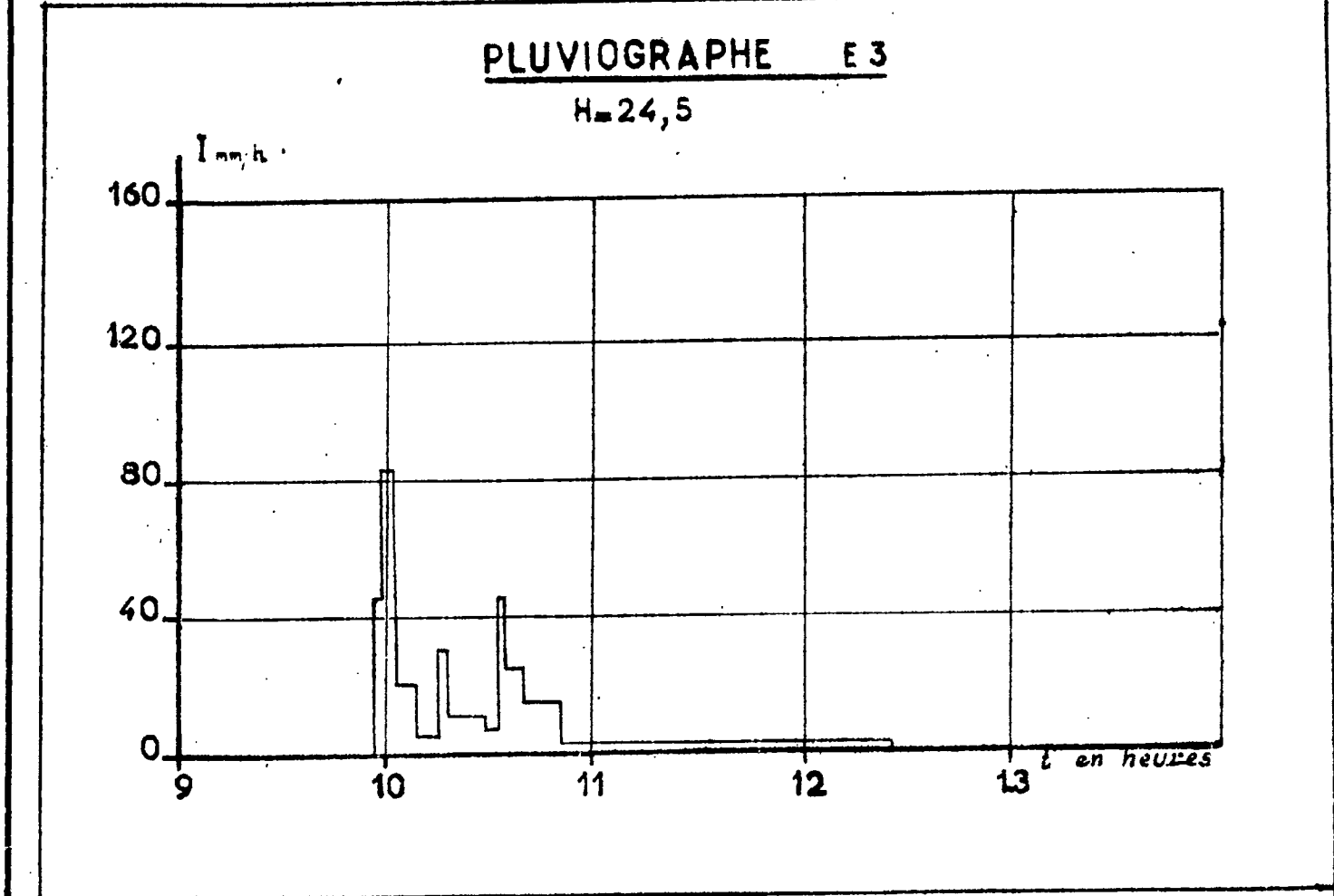
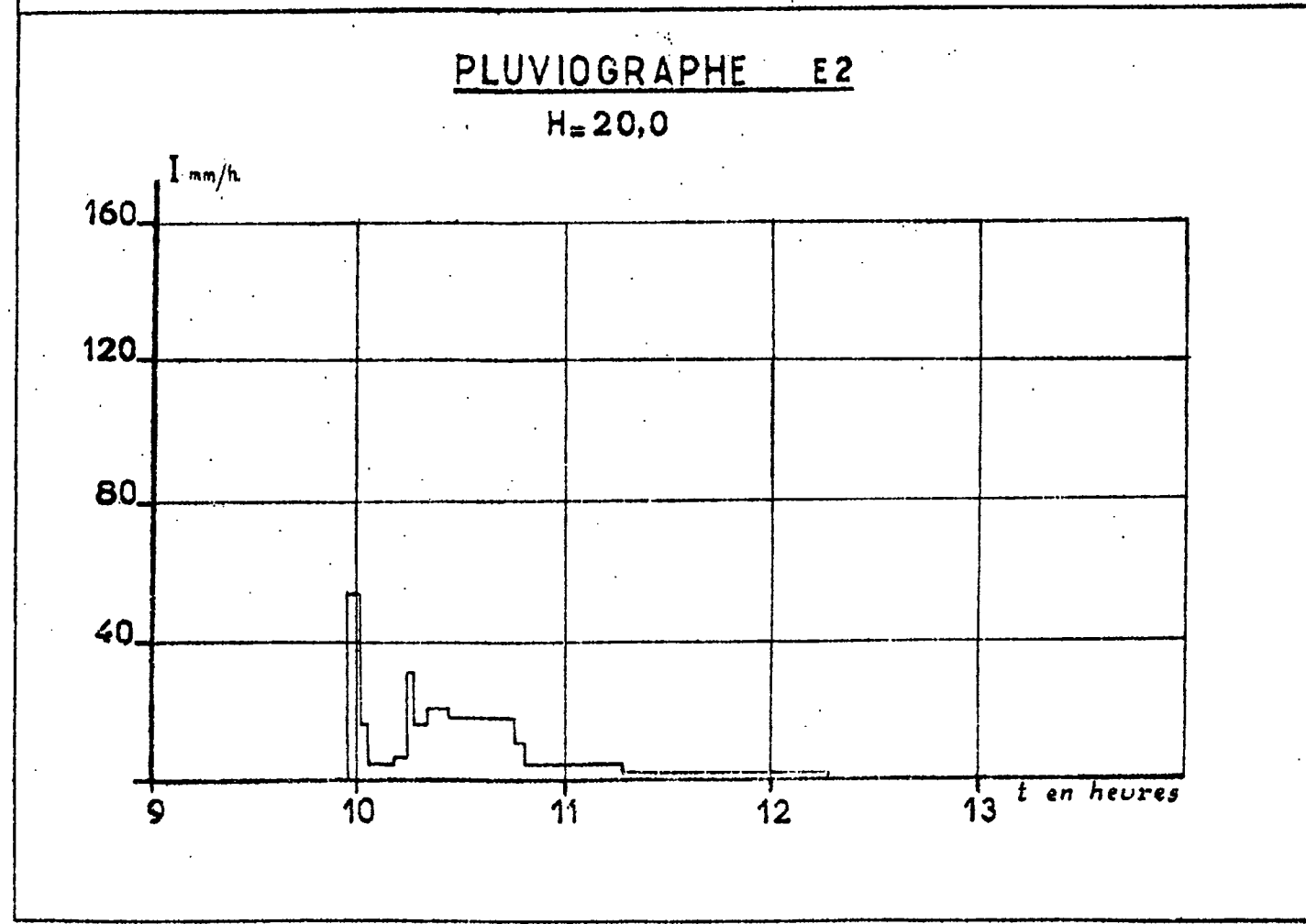
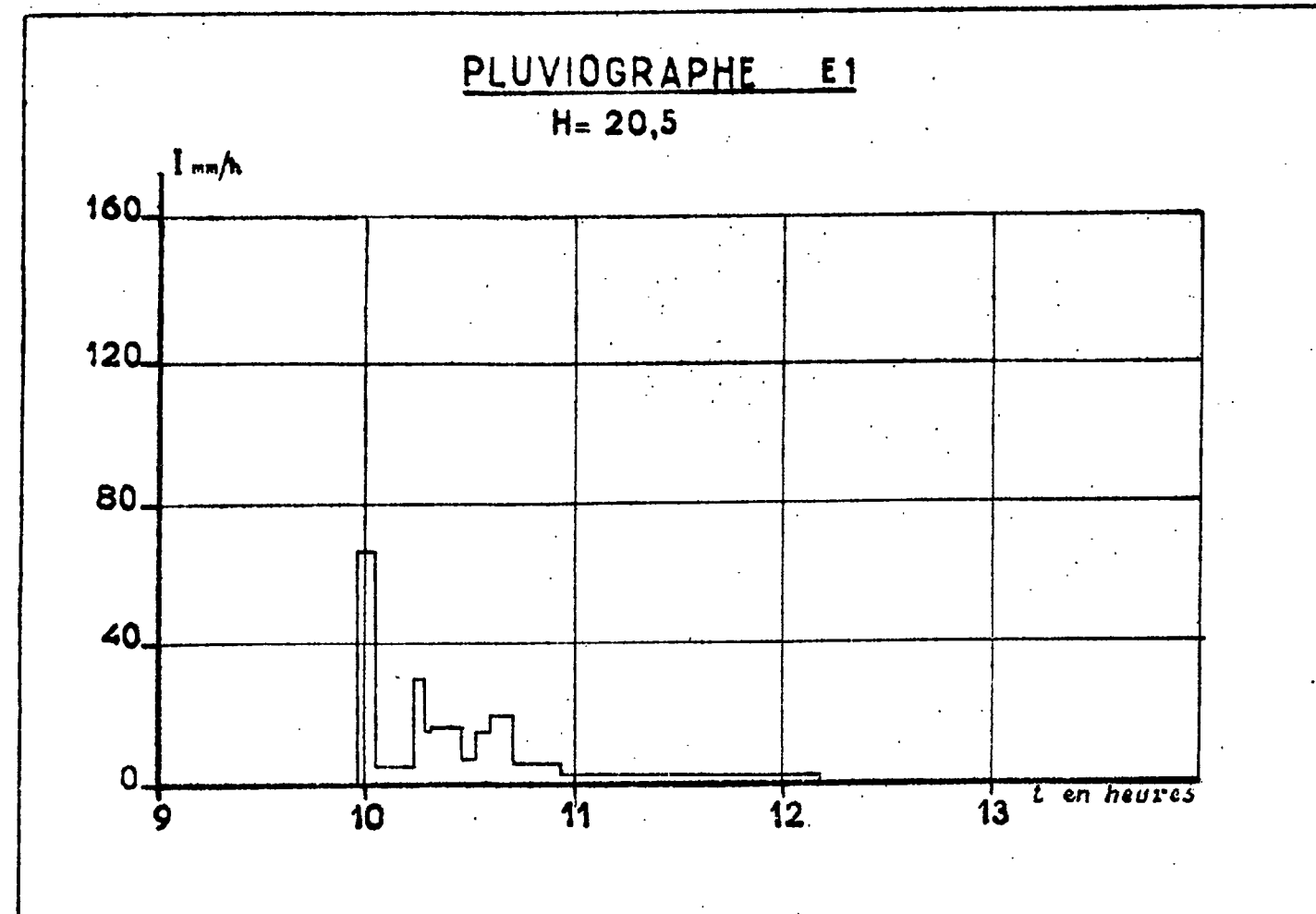
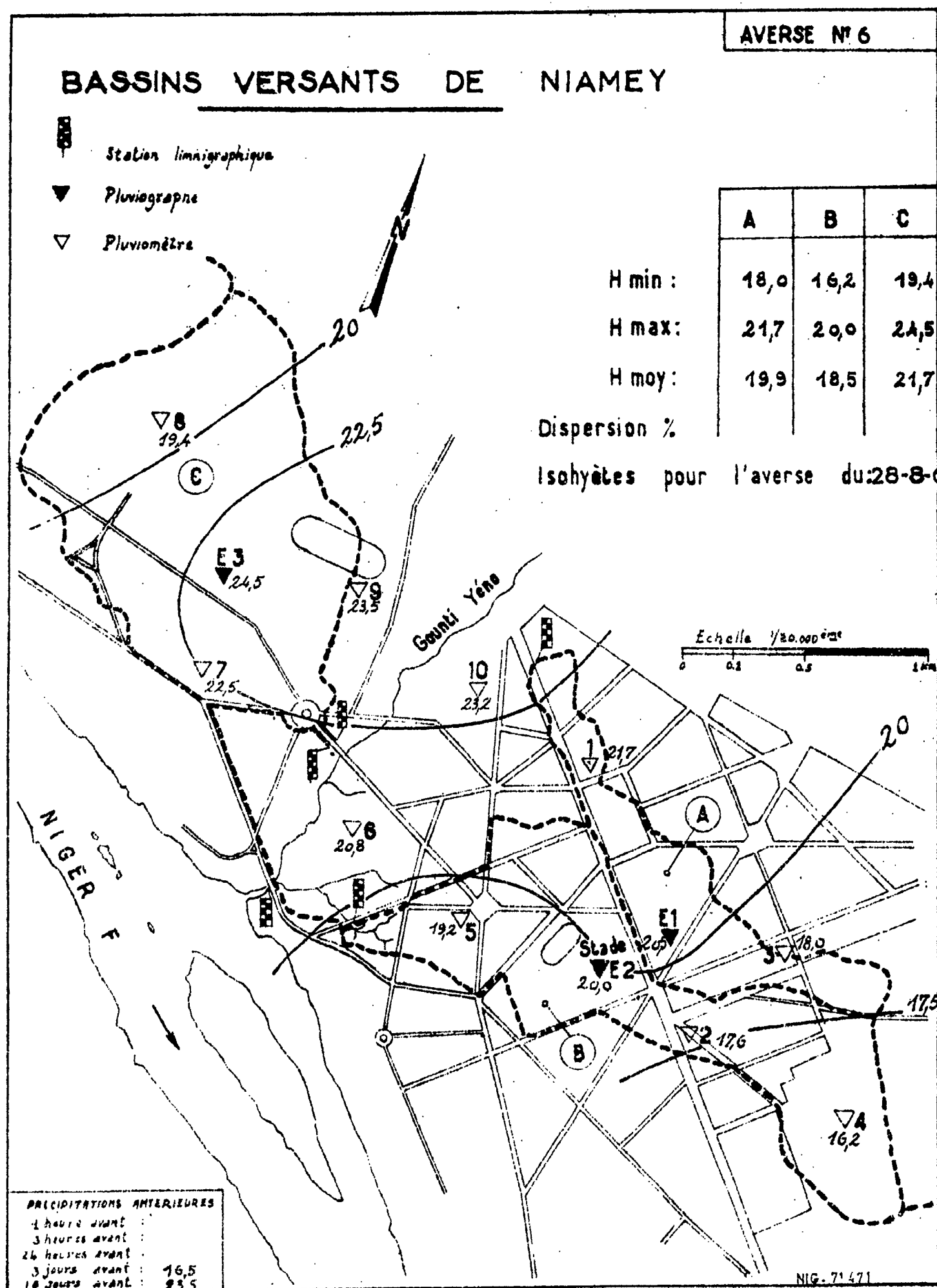


Station VI Jaugeur PARSHALL  
Crue n° 5 du 15-16-8-1963



Station V Exutoire








Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhdpggyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhdpggyjt 7142385690



AVERSE N° 6

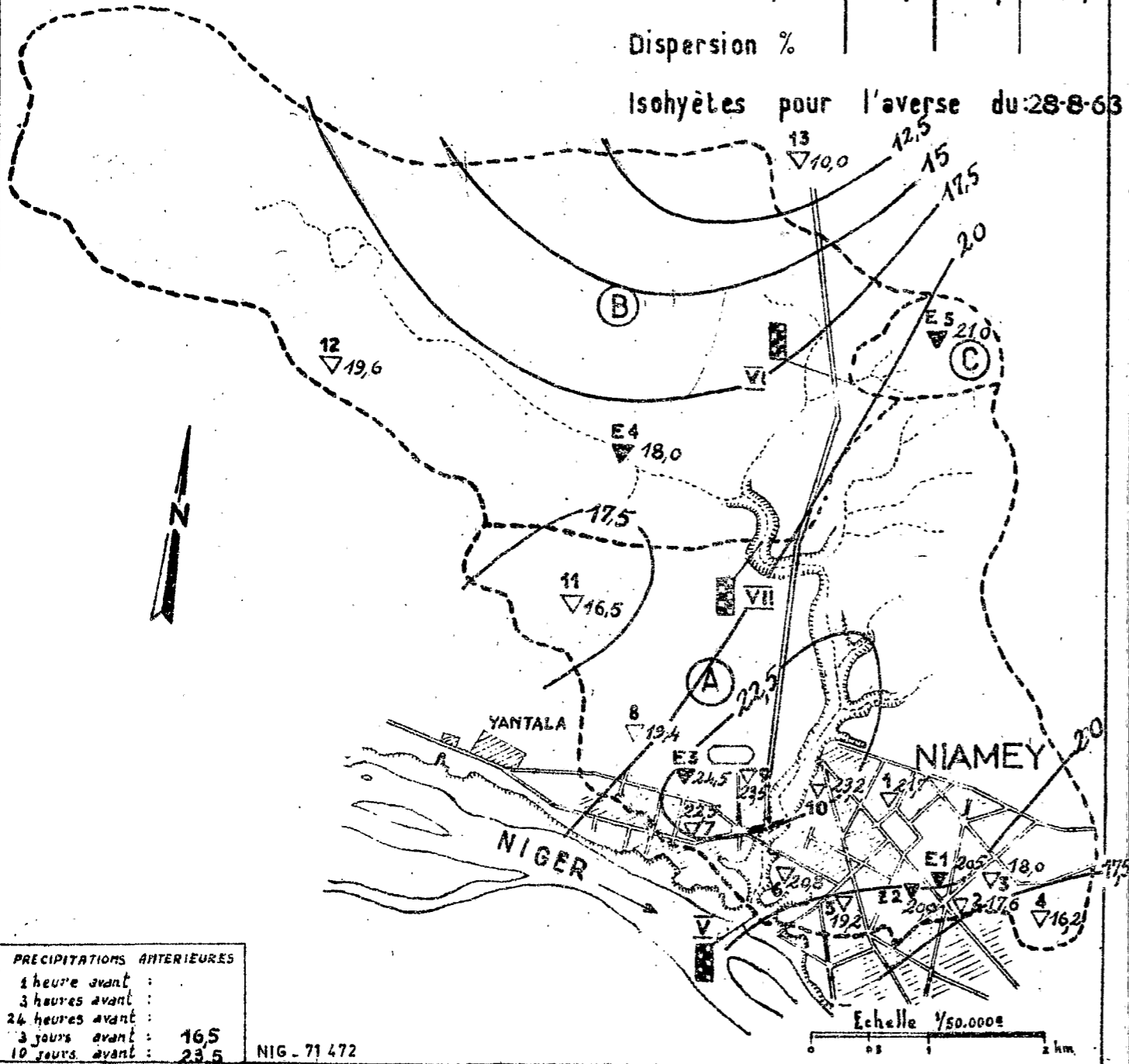
# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

-  Station limnigraphique
-  Pluviographe
-  Pluviomètre

	A	B	C
H min :	10,0	10,0	21,0
H max :	24,5	21,0	21,0
H moy :	18,9	18,7	21,0

Dispersion %

Isohyètes pour l'averse du 28-8-63



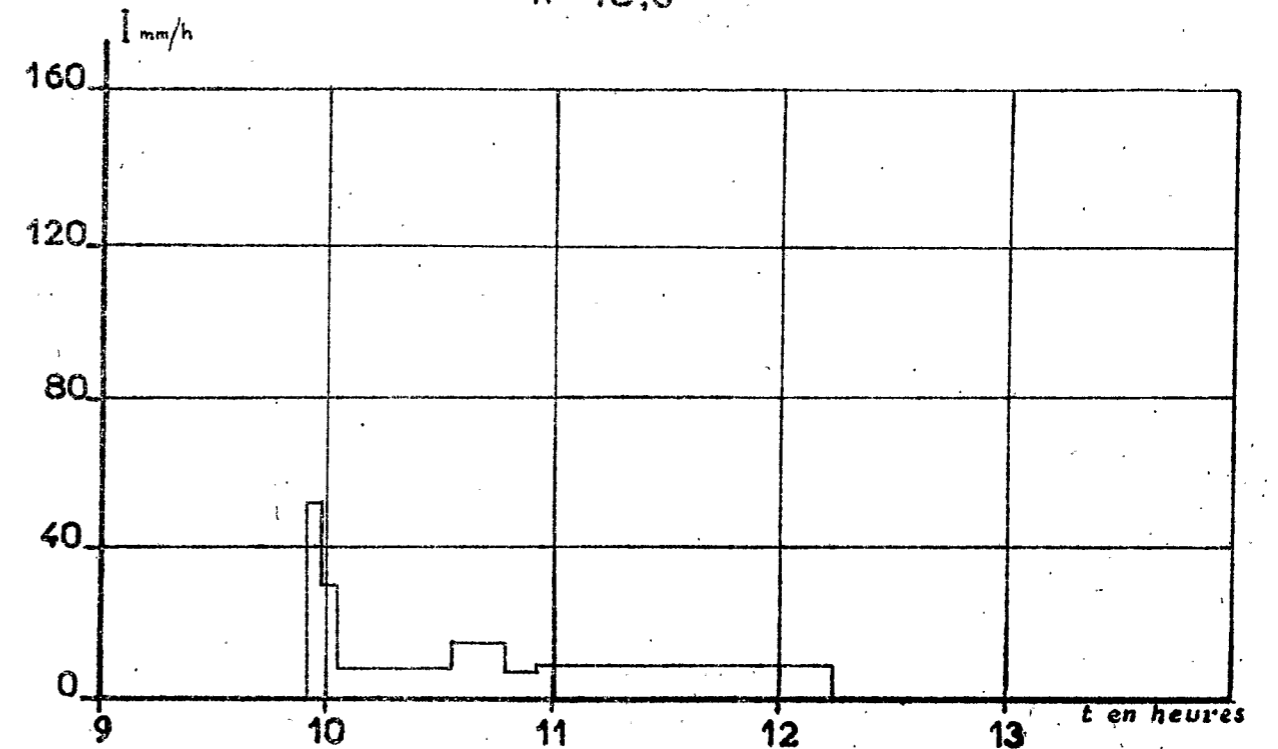
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant :	
3 heures avant :	
24 heures avant :	
3 jours avant :	16,5
10 jours avant :	23,5

NIG - 71 472

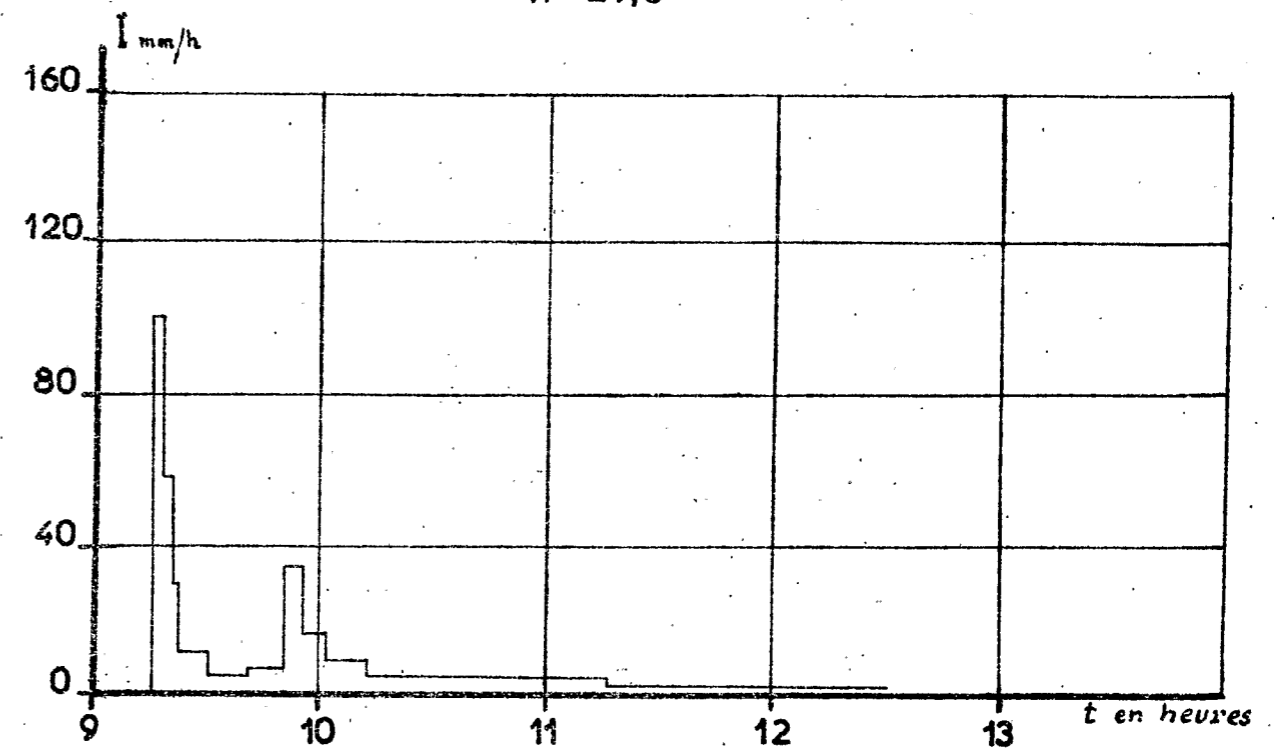
## PLUVIOGRAPHE E4

H = 18,0

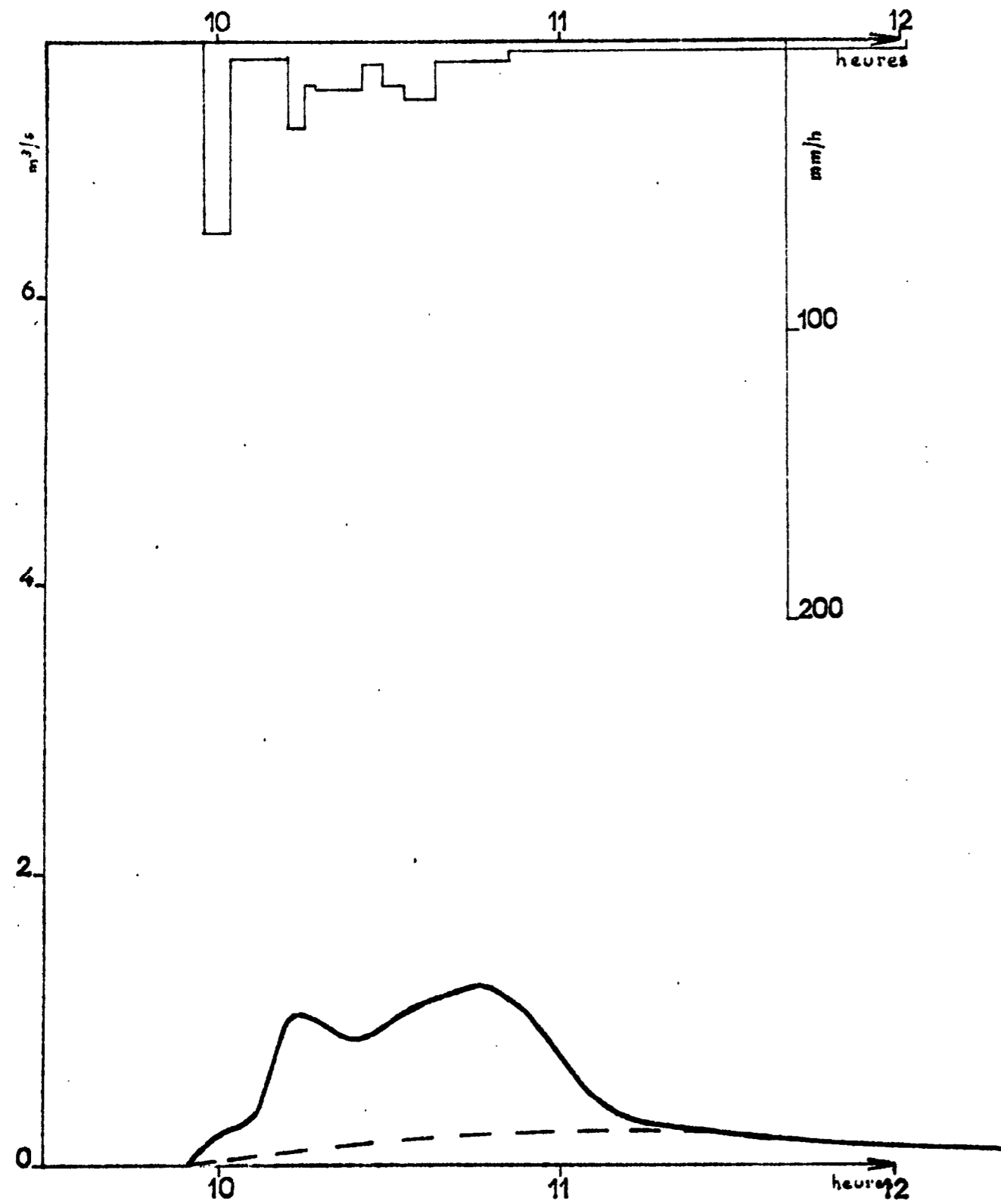


## PLUVIOGRAPHE E5

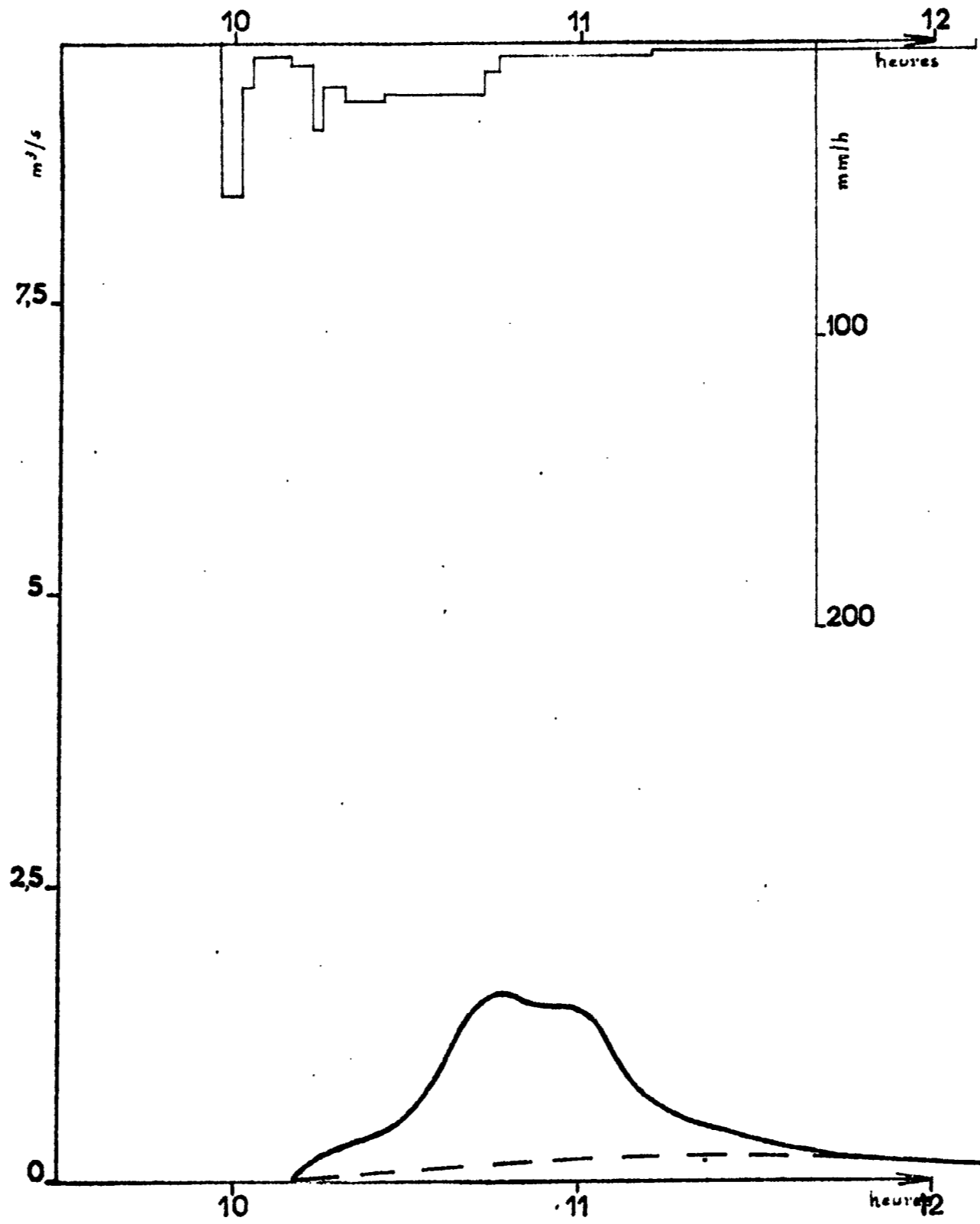
H = 21,0



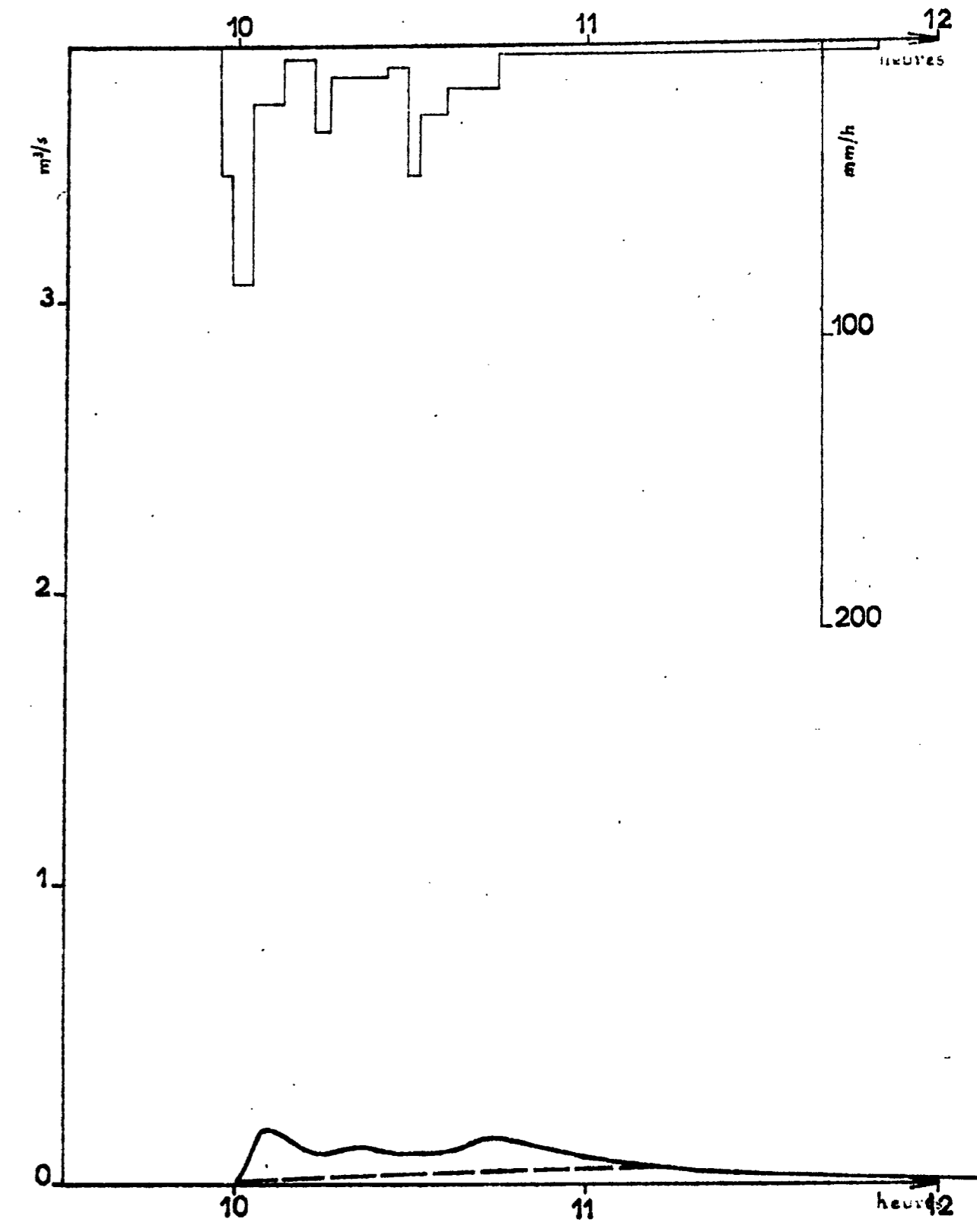
Station I Avenue SALAMA  
Crue n° 6 du 28-8-1963



Station II DISPENSAIRE

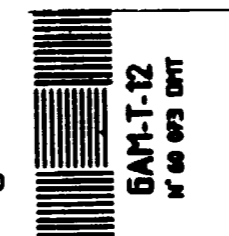
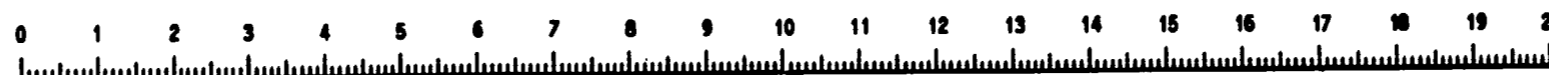


Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR

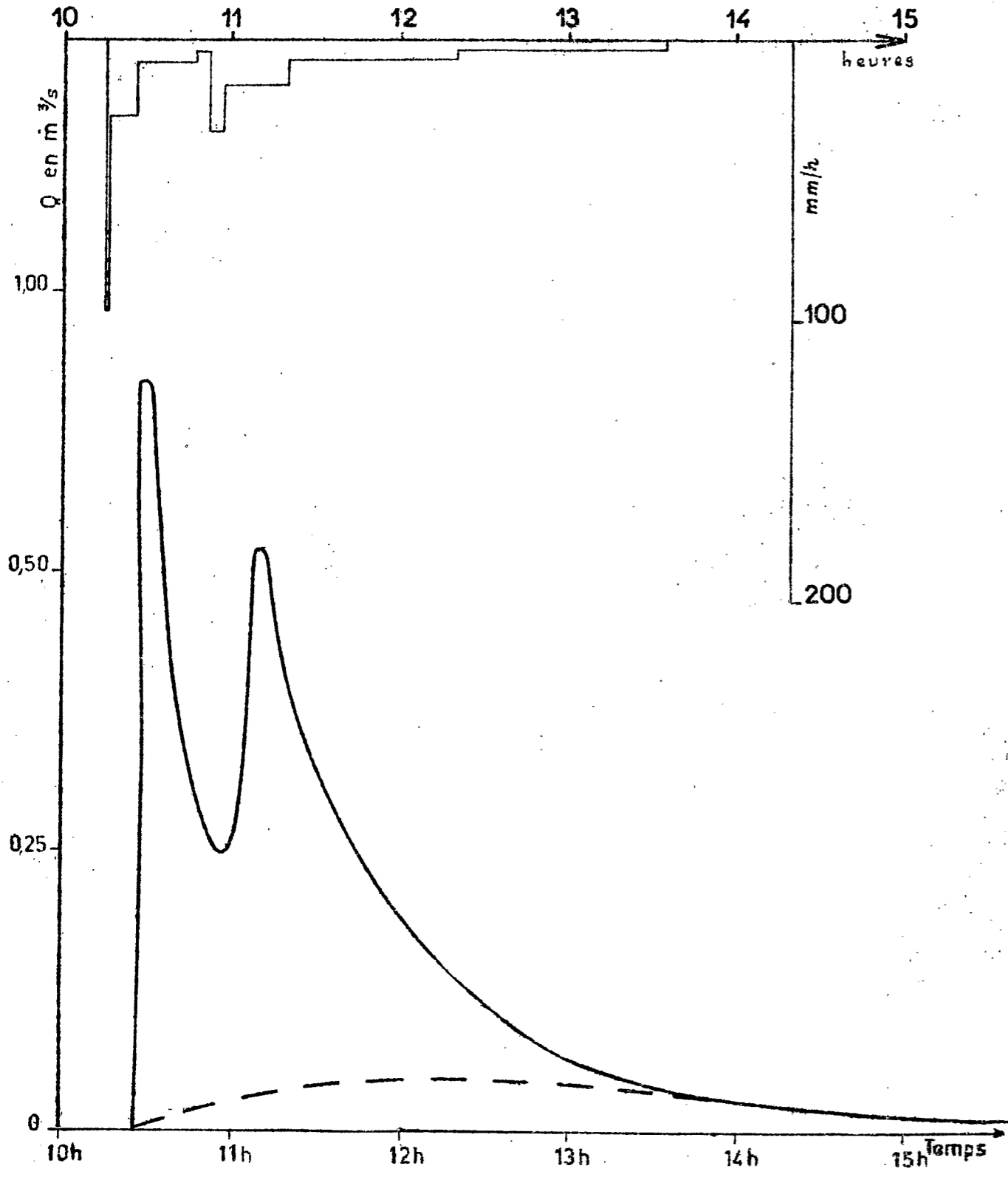


NIG 71473

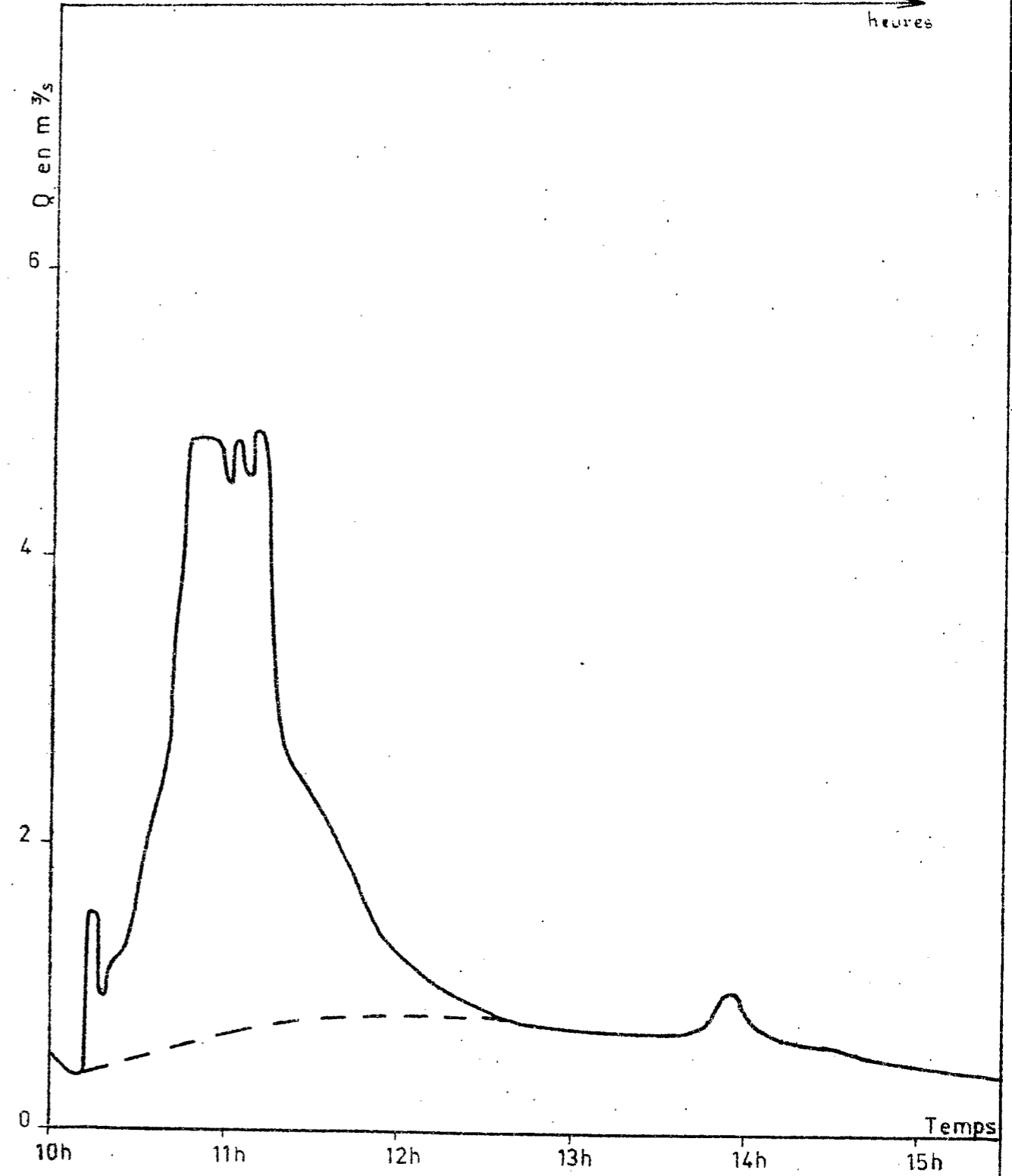
Cette mire doit être lisible dans son intégralité.  
Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGQUVWMSZXY  
zsaecmuvnwxfkhdpggyj 7142385690  
Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGQUVWMSZXY  
zsaecmuvnwxfkhdpggyj 7142385690



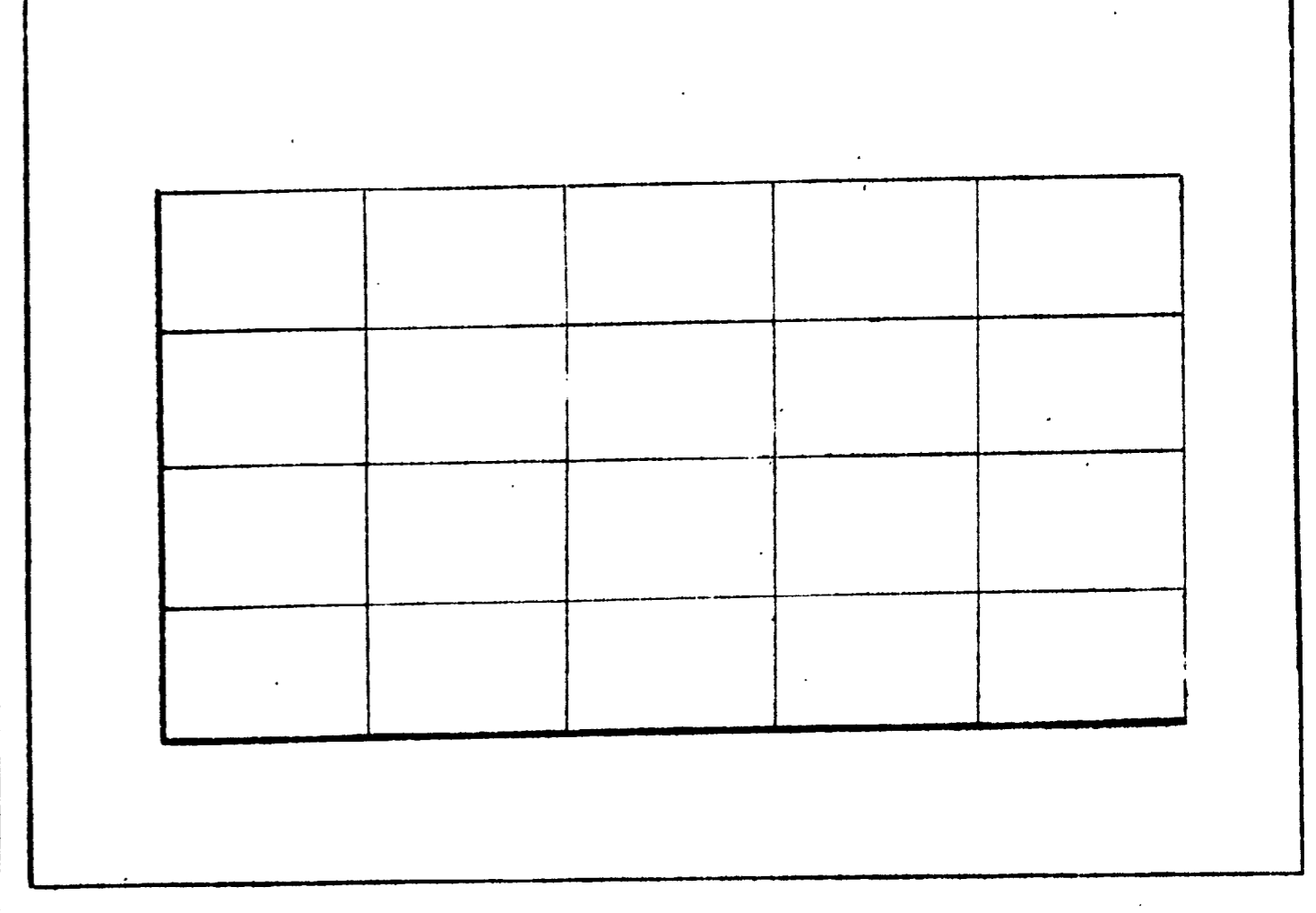
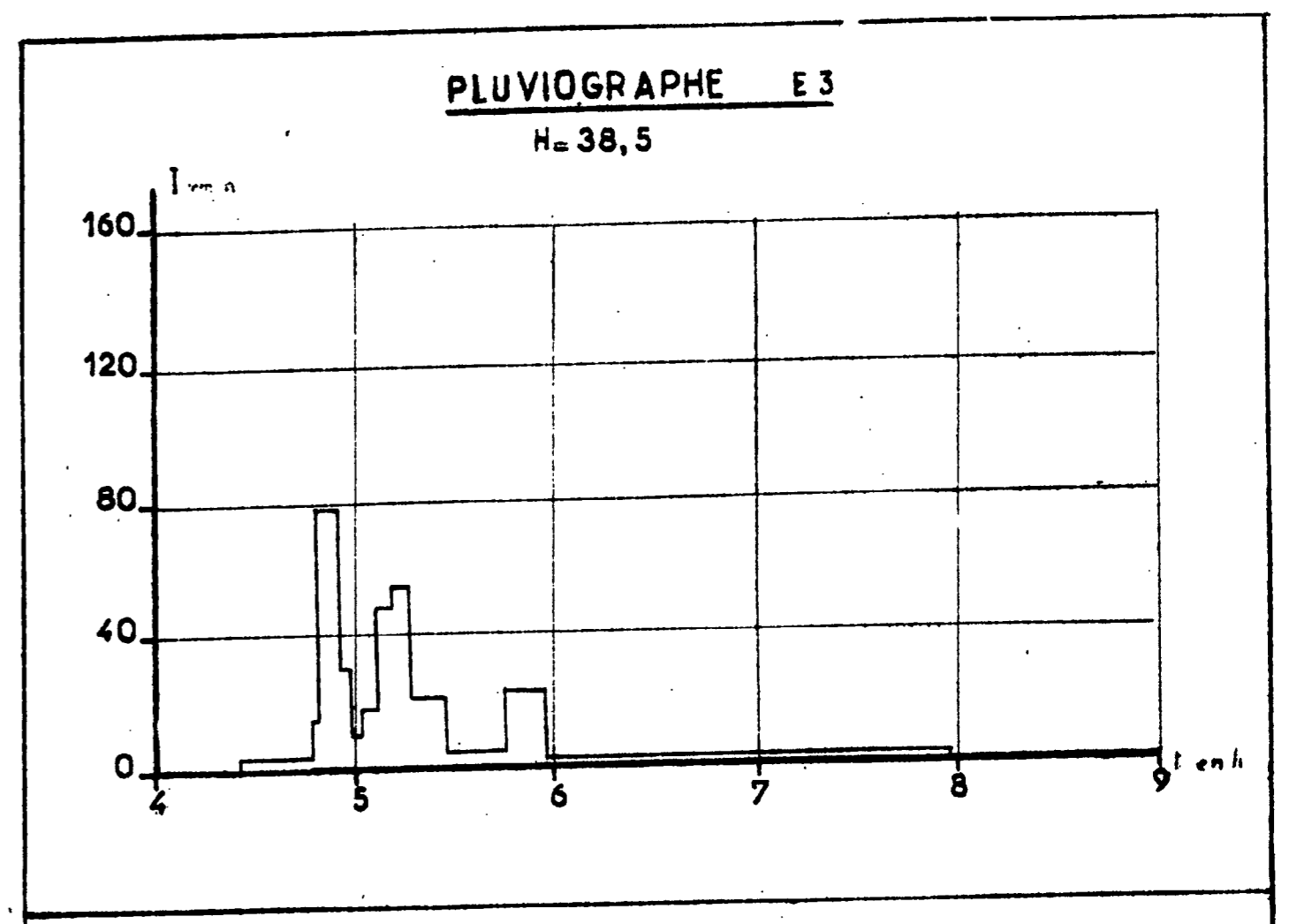
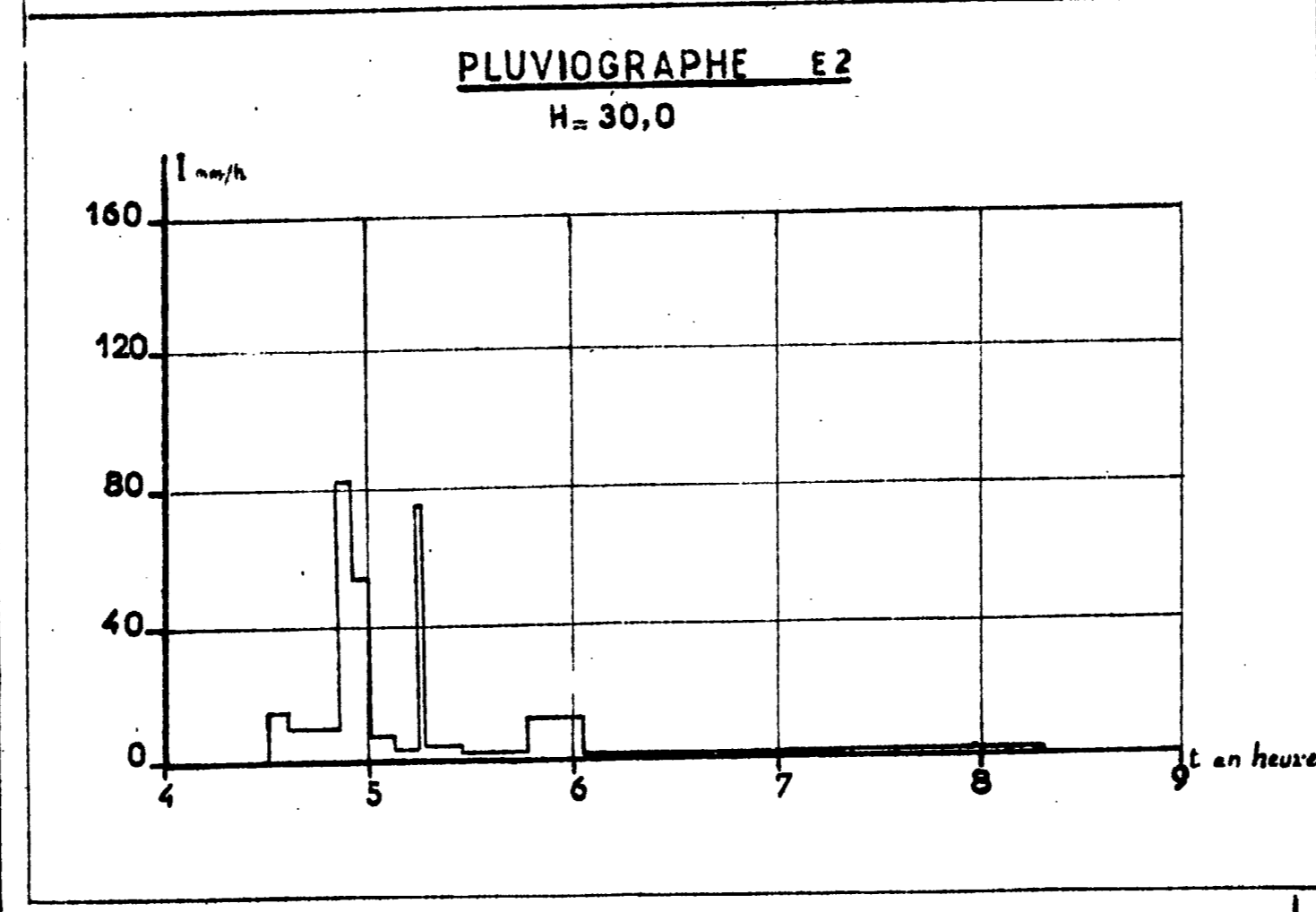
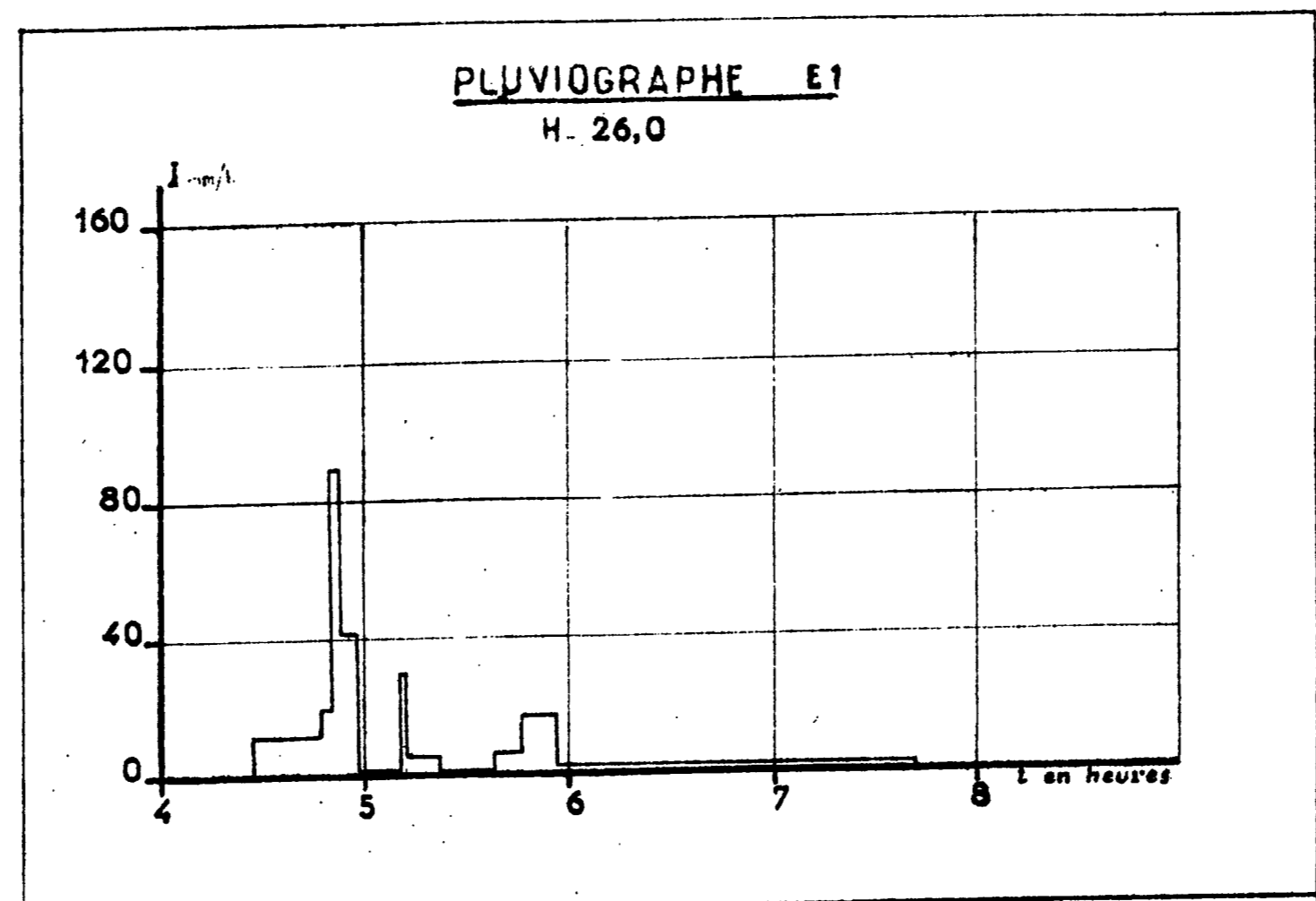
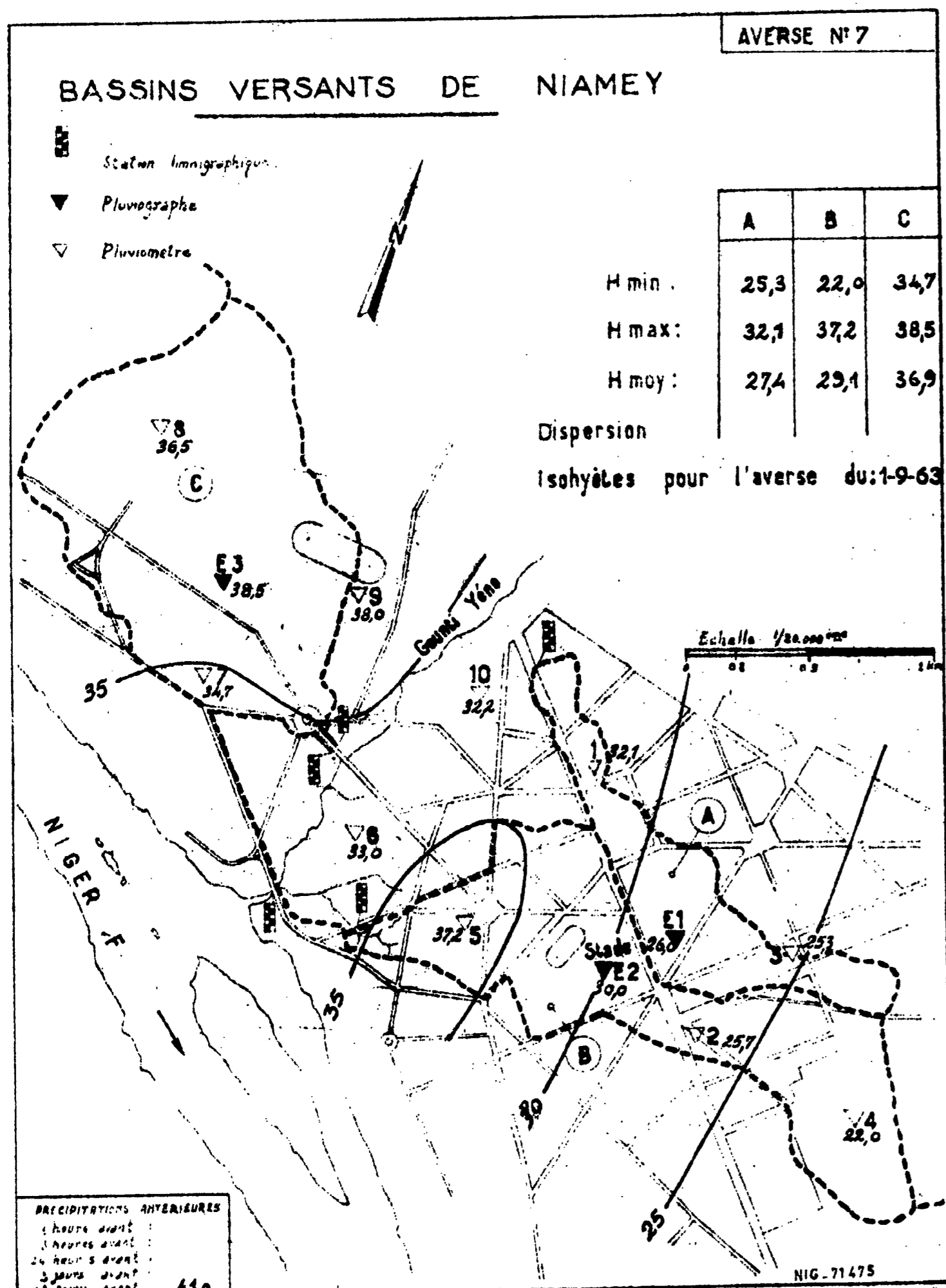
Station VI Jaugeur PARSHALL  
 Crue n° 6 du 28-8-1963



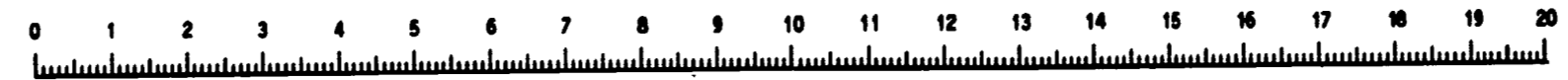
Station V Exutoire










Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTLJDOCQOUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwxfkhdpggyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTLJDOCQOUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwxfkhdpggyjt 7142385690



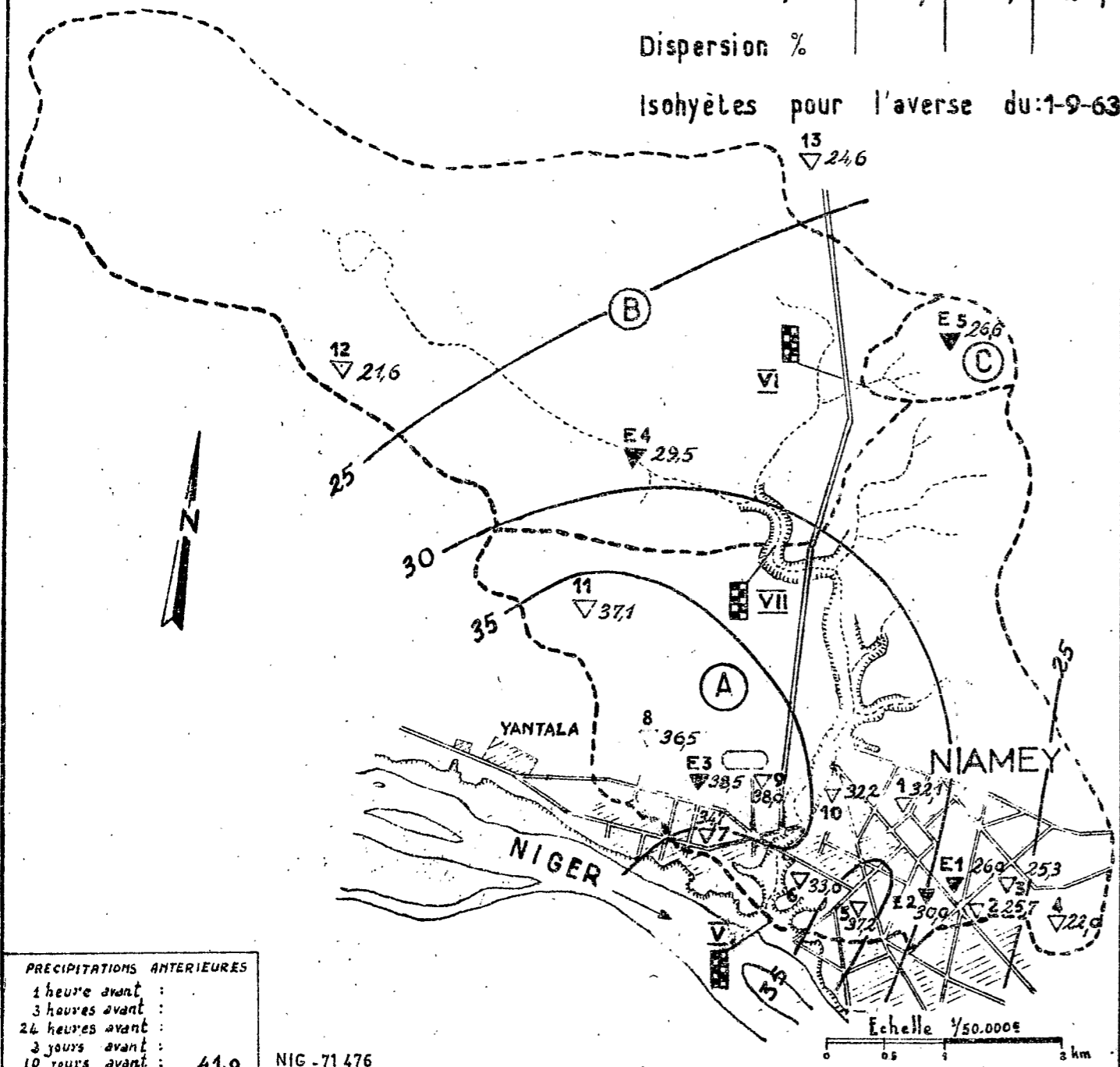
BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

-  Station limnigraphique
-  Pluviographe
-  Pluviometre

	A	B	C
H min :	21,6	21,6	26,6
H max :	38,5	29,5	26,6
H moy :	25,8	24,3	26,6

Dispersion %

Isohyètes pour l'averse du:1-9-63



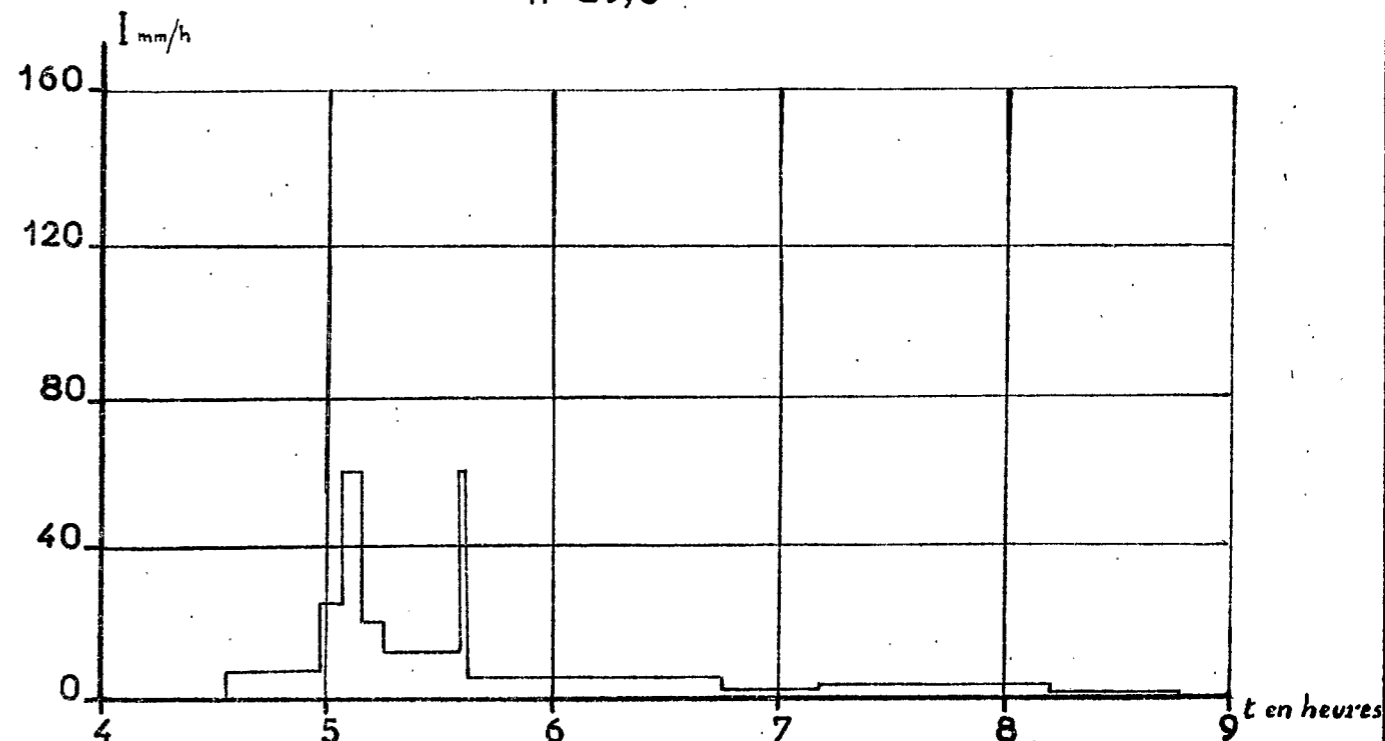
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant :	
3 heures avant :	
24 heures avant :	
3 jours avant :	
10 jours avant :	41,0

NIG - 71 476

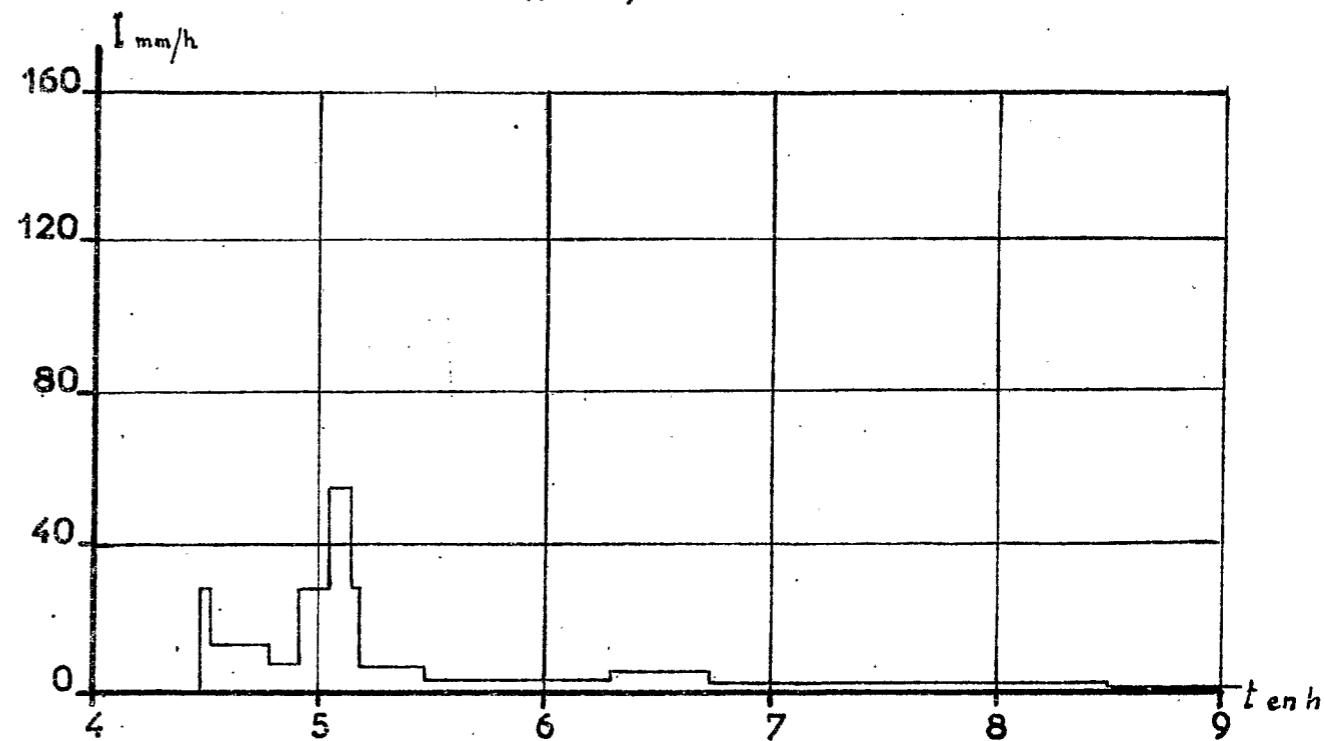
PLUVIOGRAPHE E 4

H=29,5

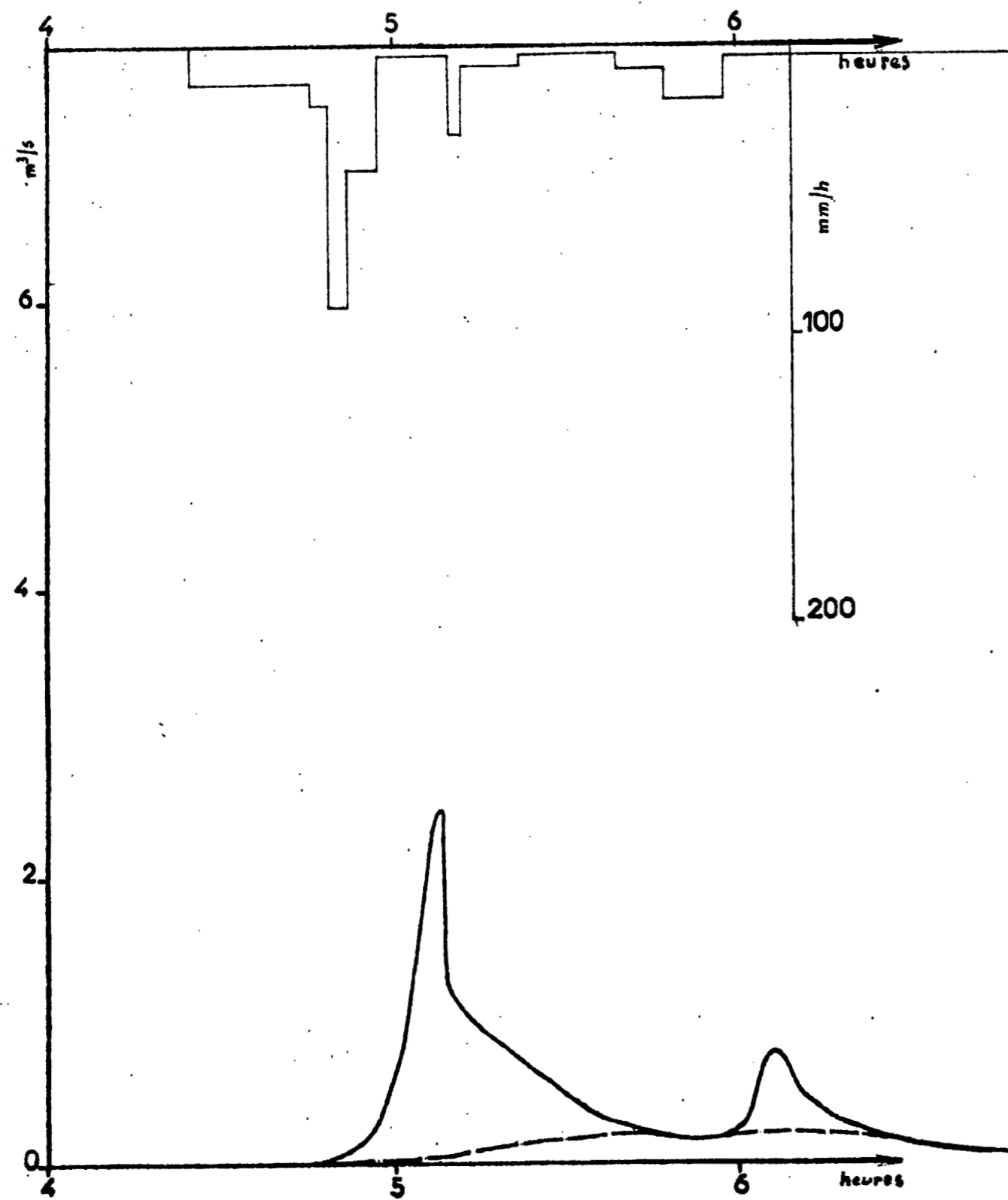


PLUVIOGRAPHE E 5

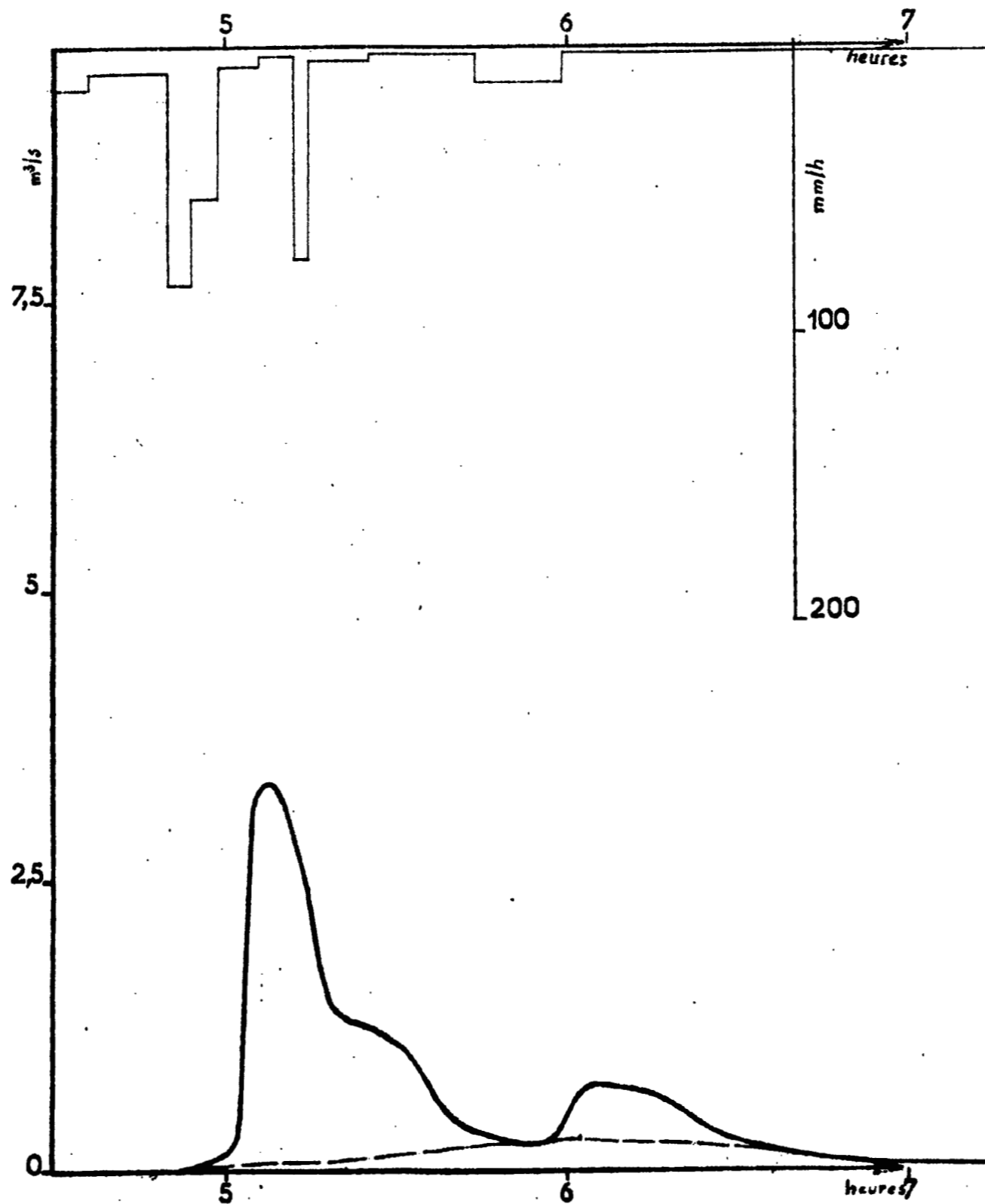
H=26,6



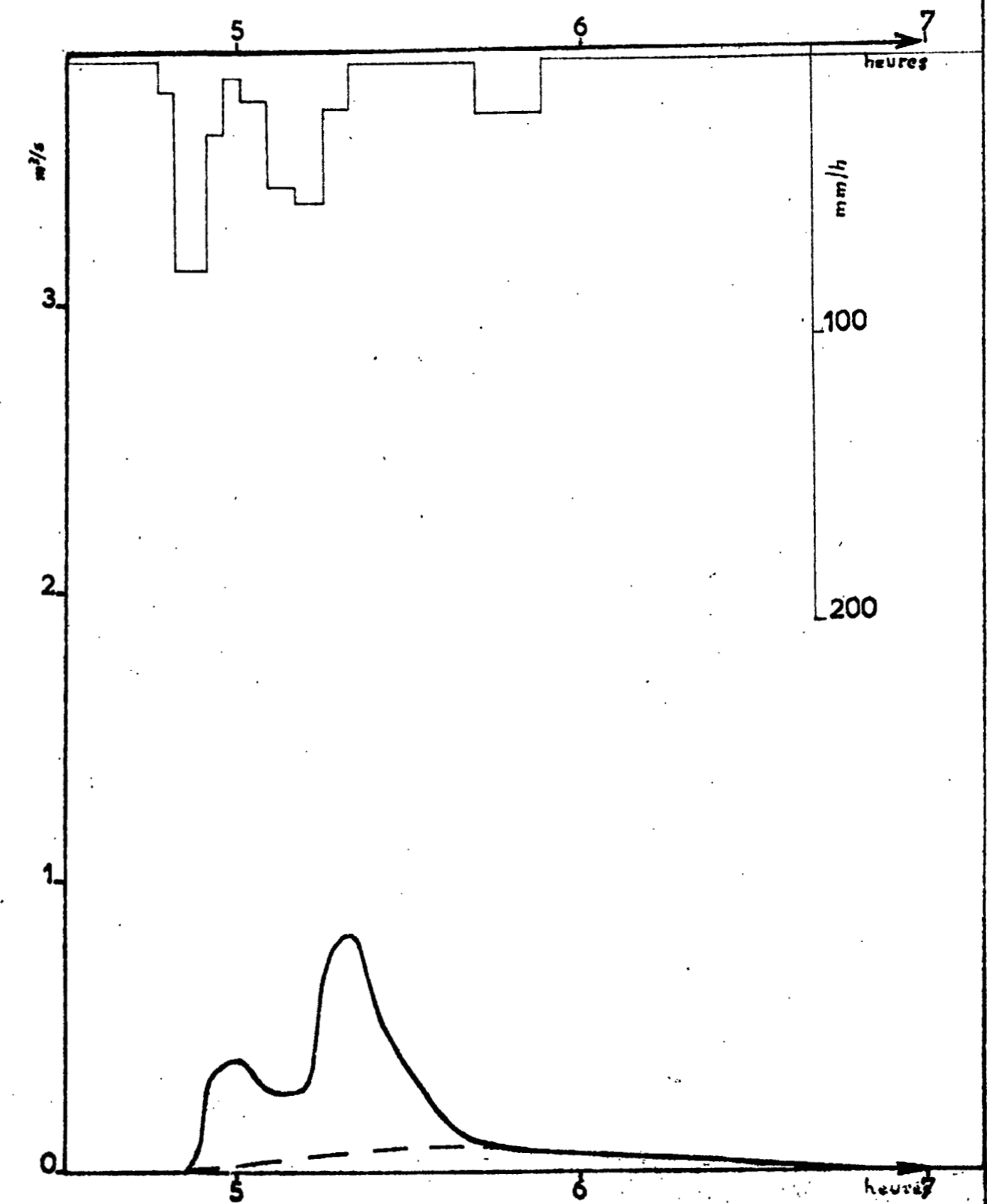
Station I Avenue SALAMA  
Crue n° 7 du 1-9-1963



Station II DISPENSAIRE

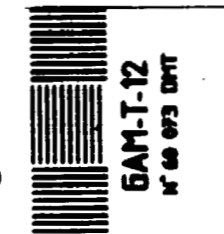


Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR

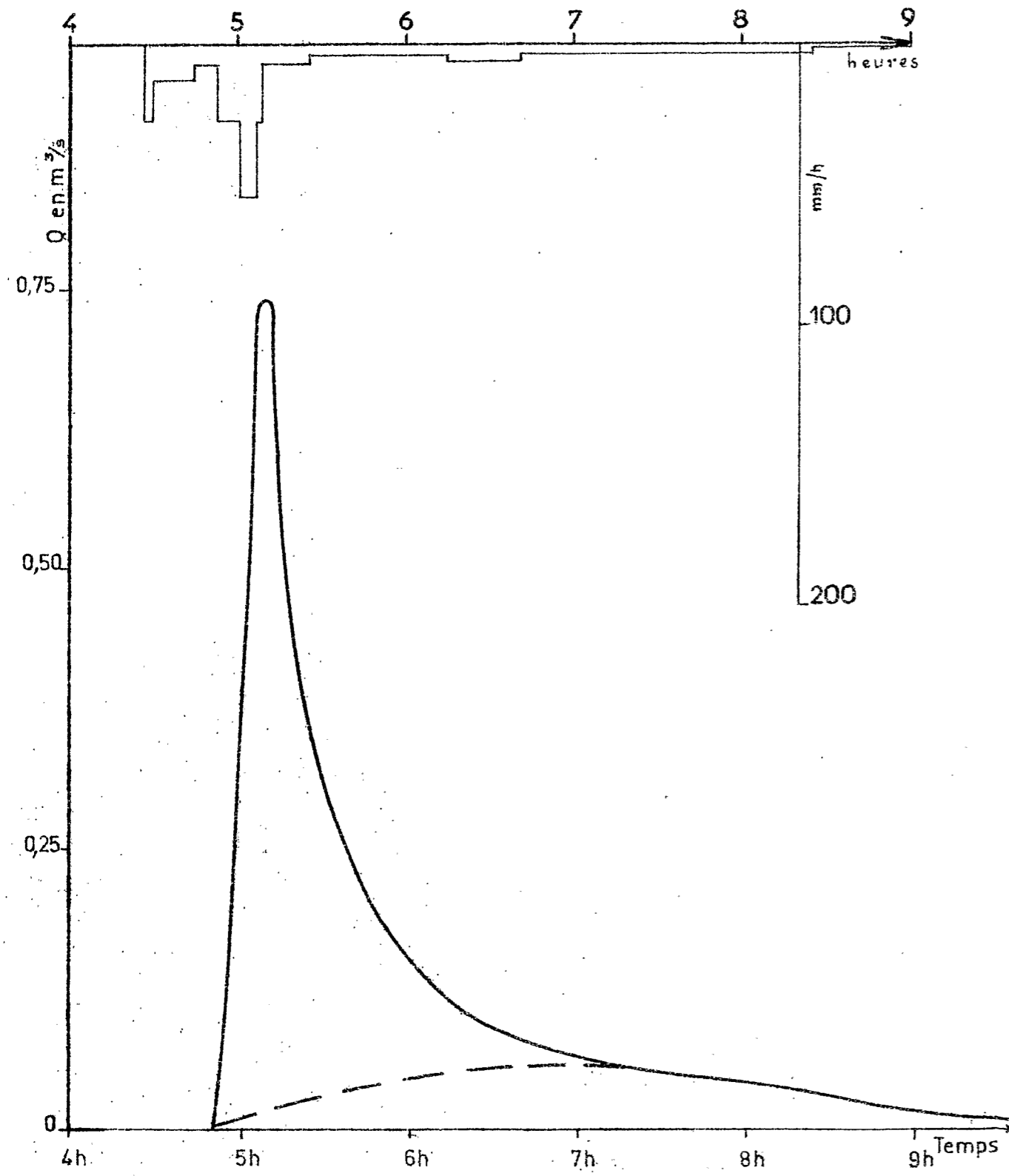


NIG - 71477

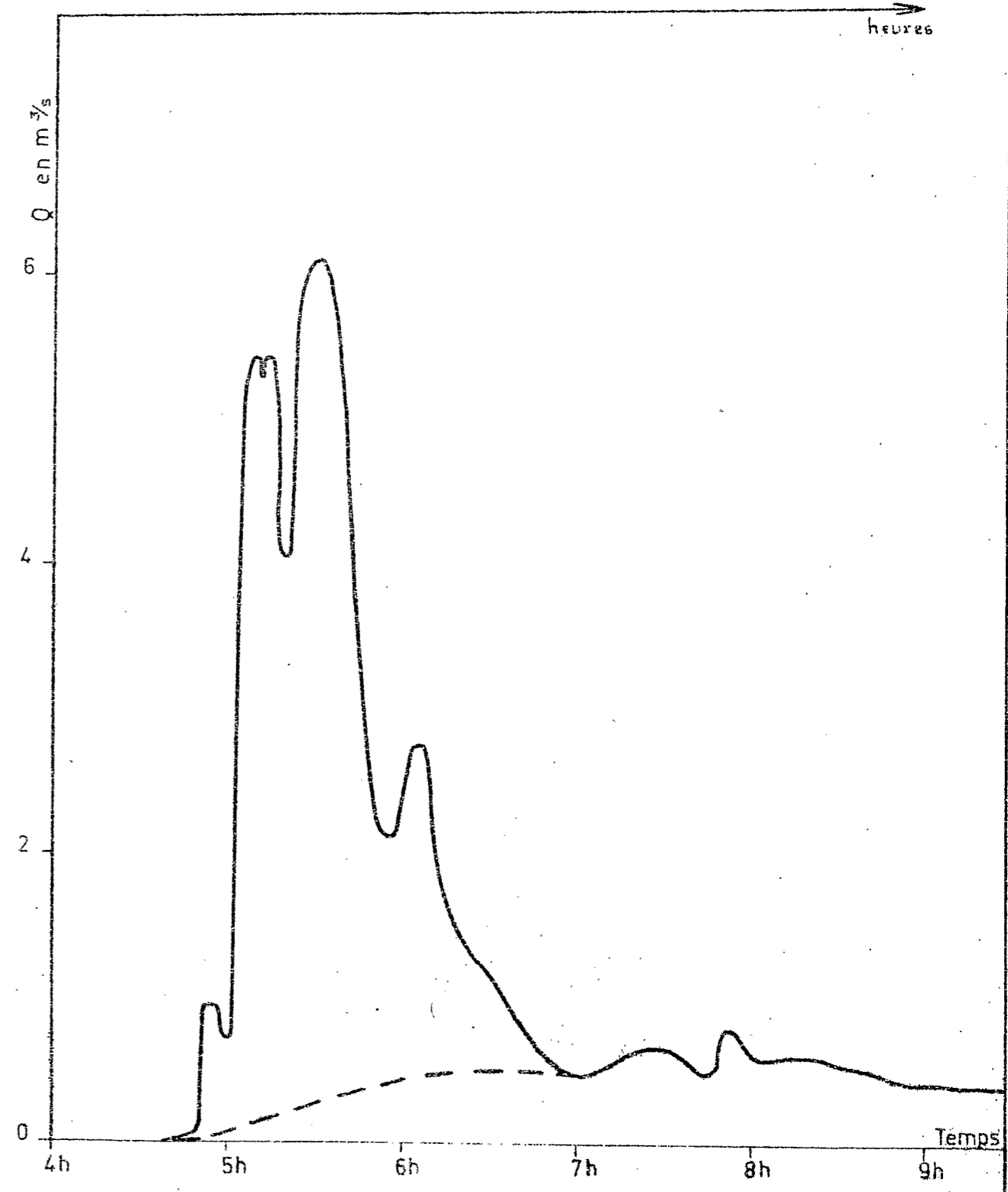
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhbdpggyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhbdpggyjt 7142385690

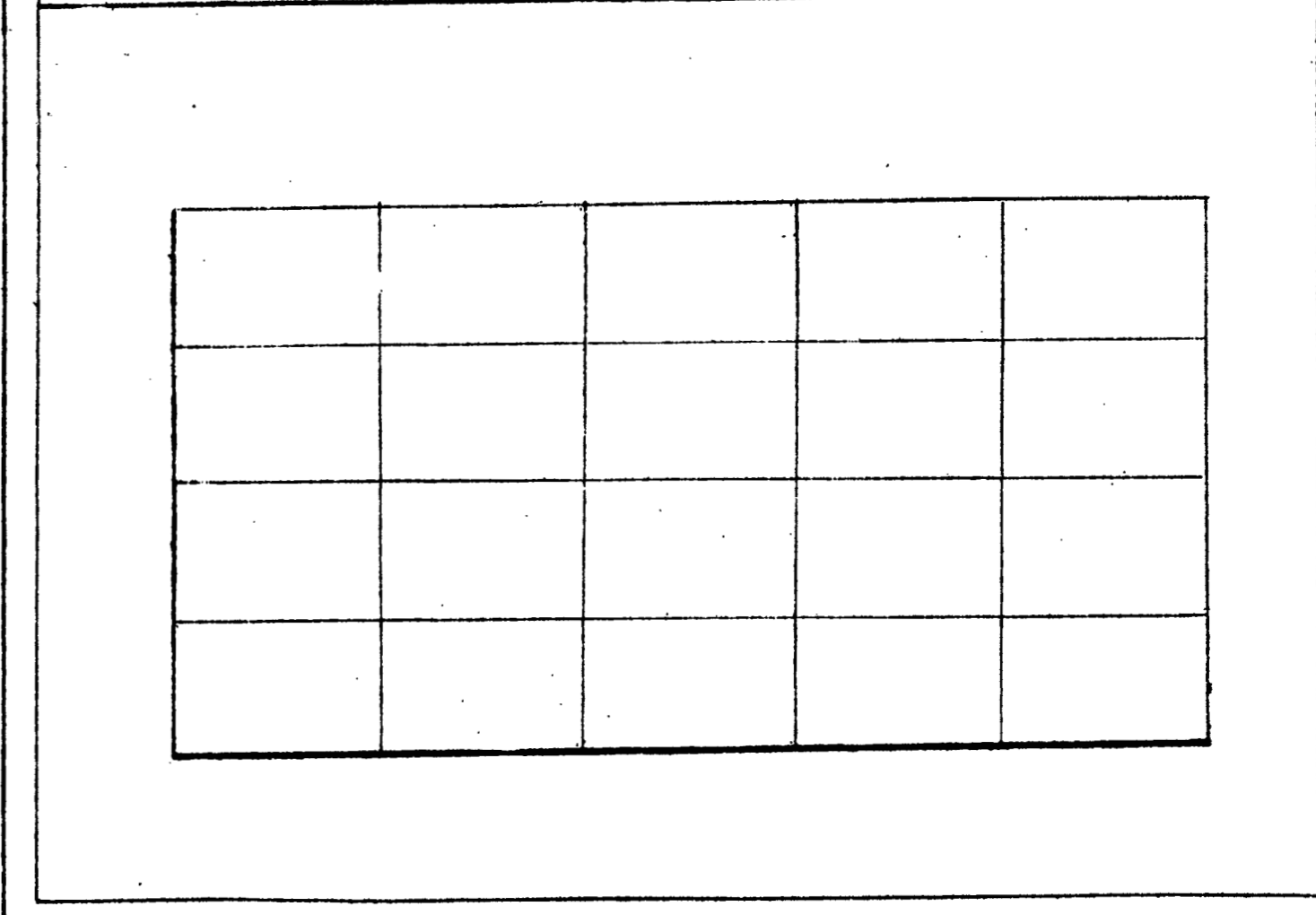
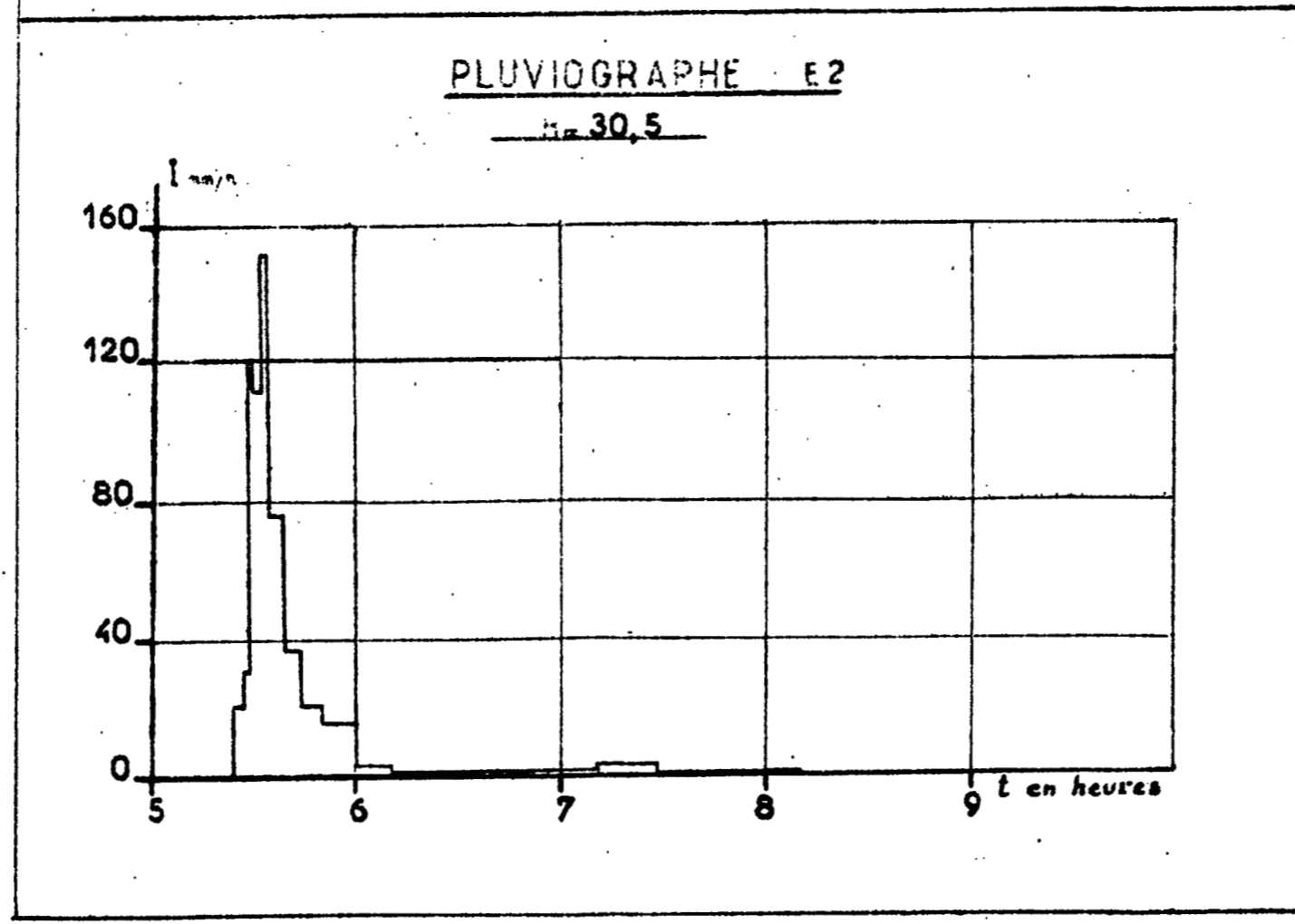
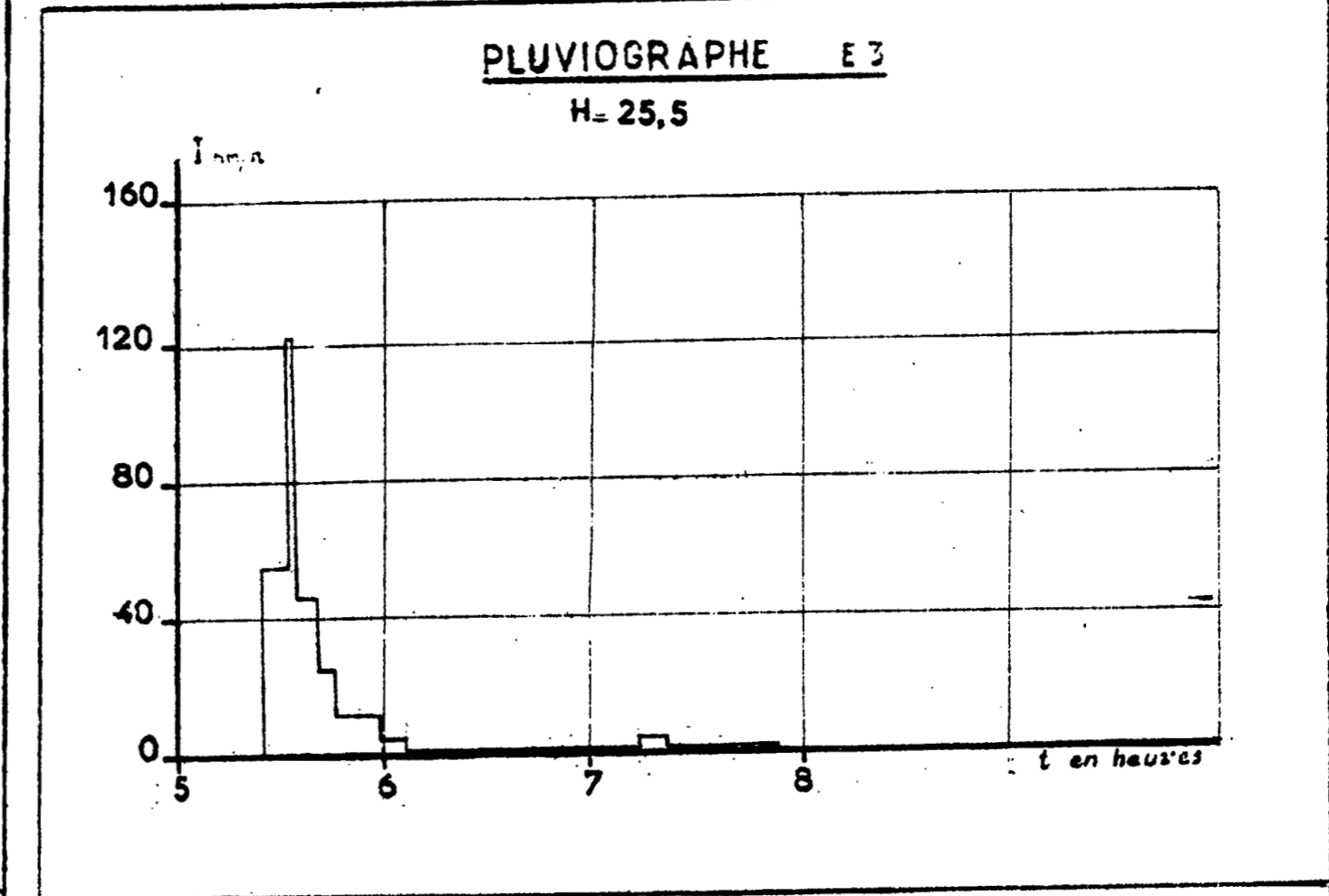
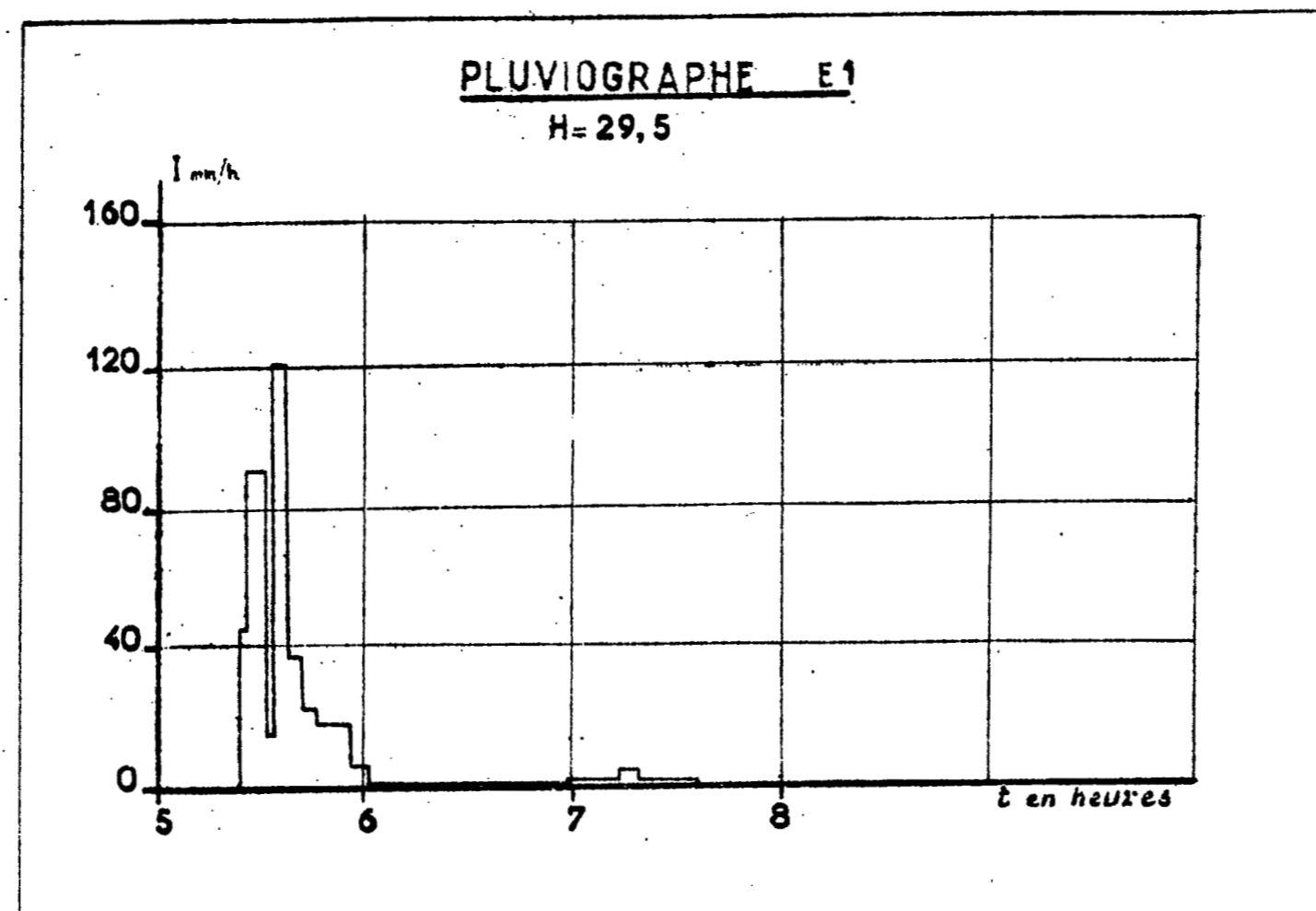
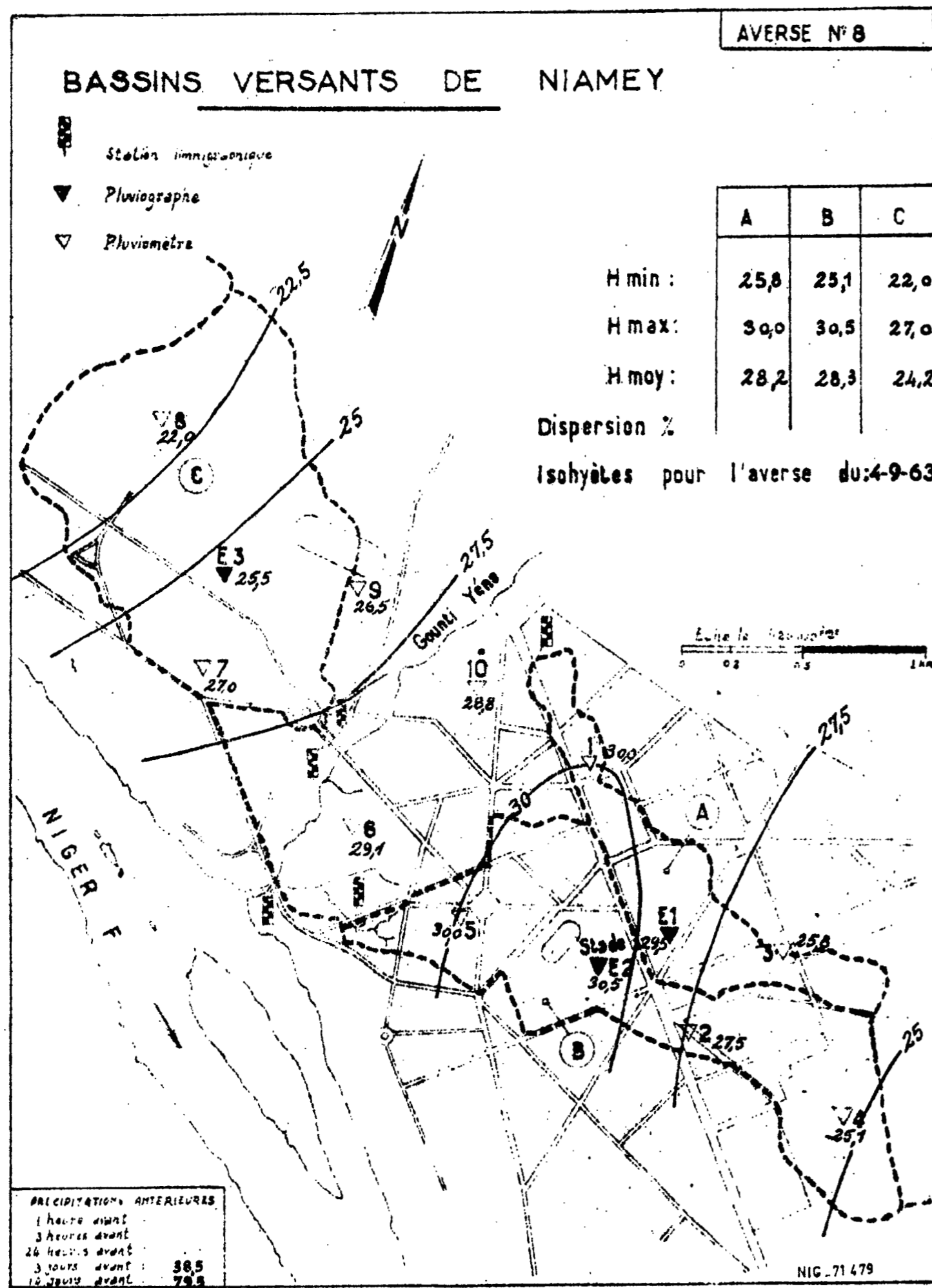


Station VI Jaugeur PARSHALL  
 Crue n° 7 du 1-9-1963

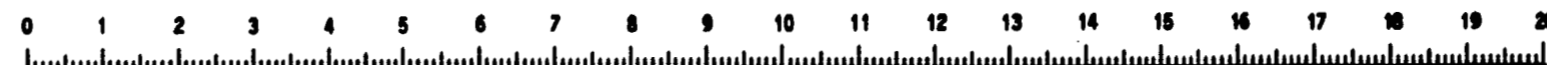


Station V Exutoire








Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTLJDOCQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhdpggyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTLJDOCQUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhdpggyjt 7142385690



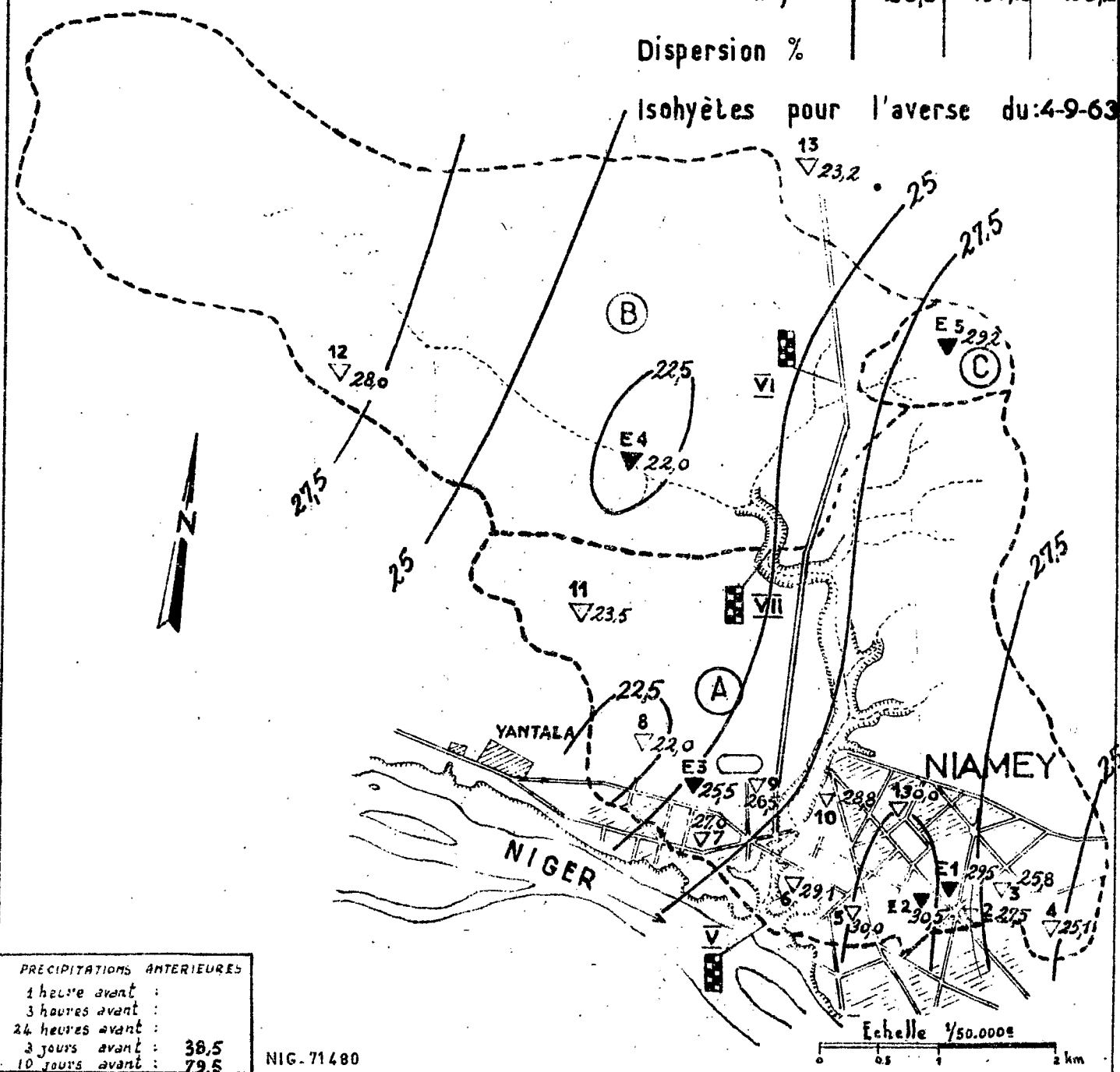
BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

-  Station limnographique
-  Pluviographe
-  Pluviometre

	A	B	C
H min :	22,0	22,0	29,2
H max :	30,5	29,2	29,2
H moy :	26,3	27,2	29,2

Dispersion %

Isohyètes pour l'averse du:4-9-63



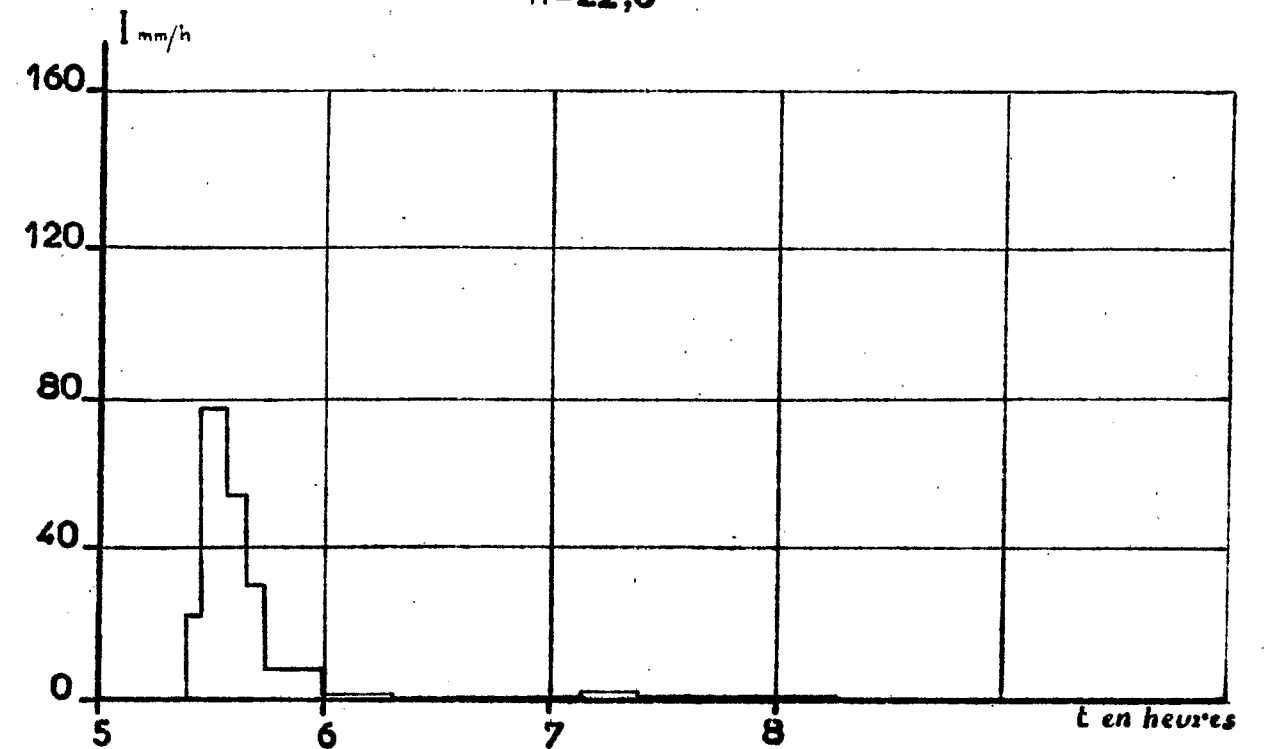
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant :	
3 heures avant :	
24 heures avant :	
3 jours avant :	38,5
10 jours avant :	79,5

NIG. 71480

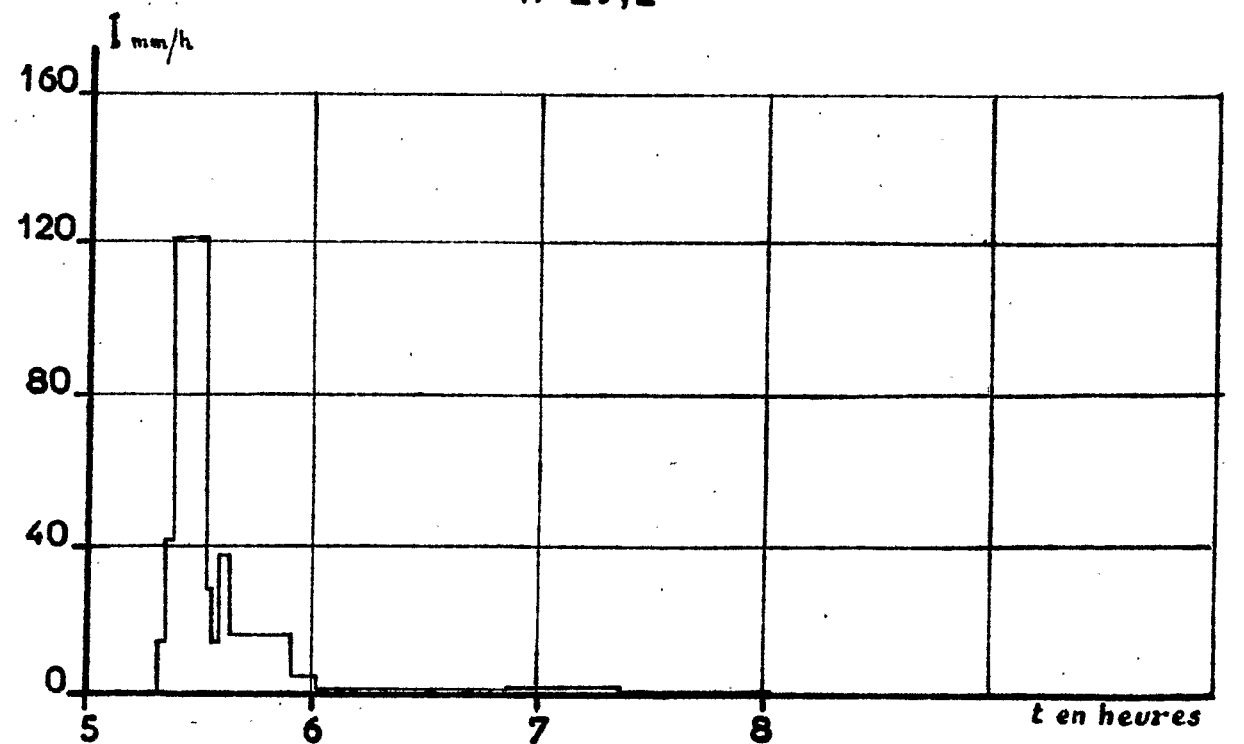
PLUVIOGRAPHE E4

H=22,0

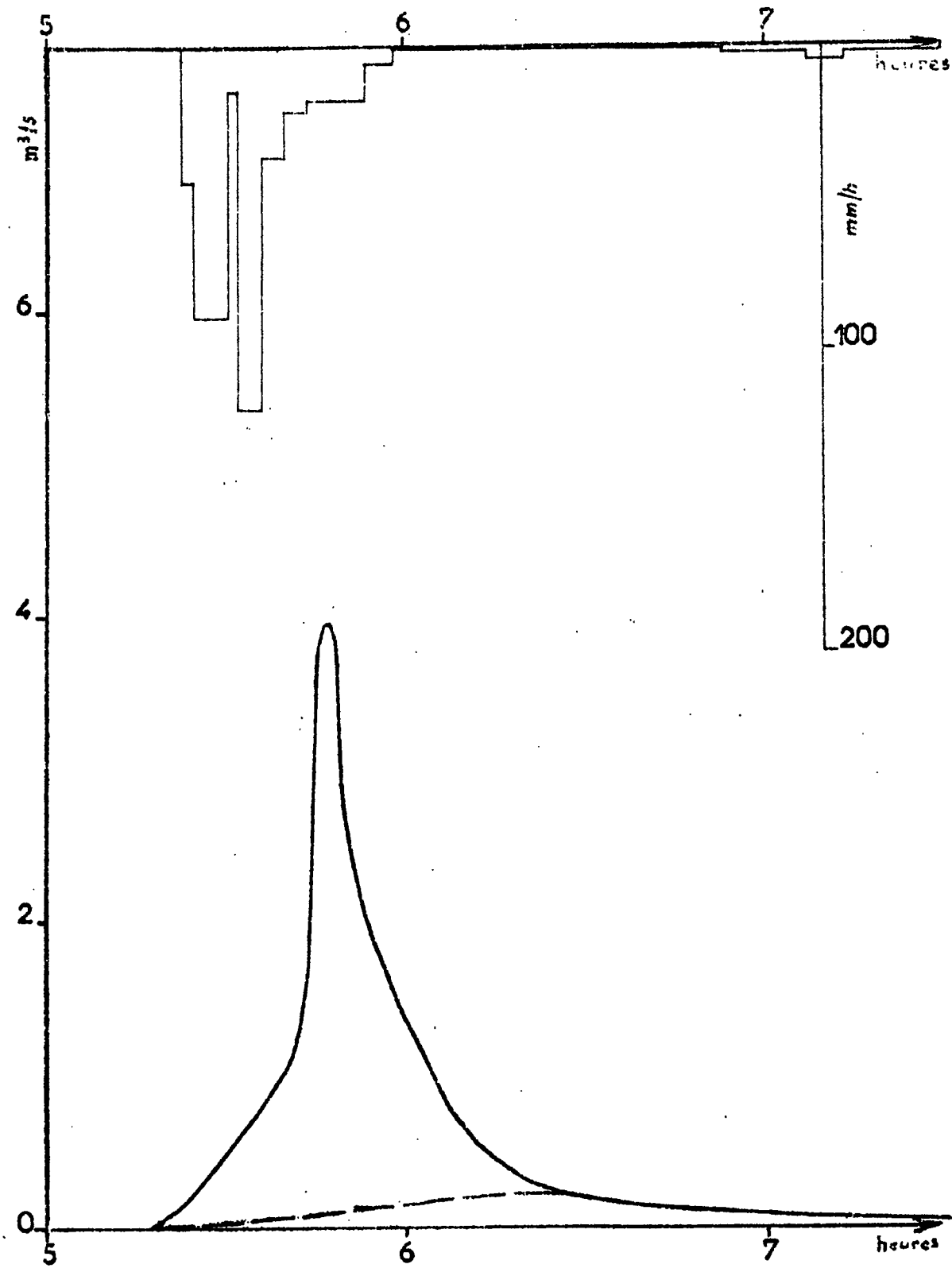


PLUVIOGRAPHE E5

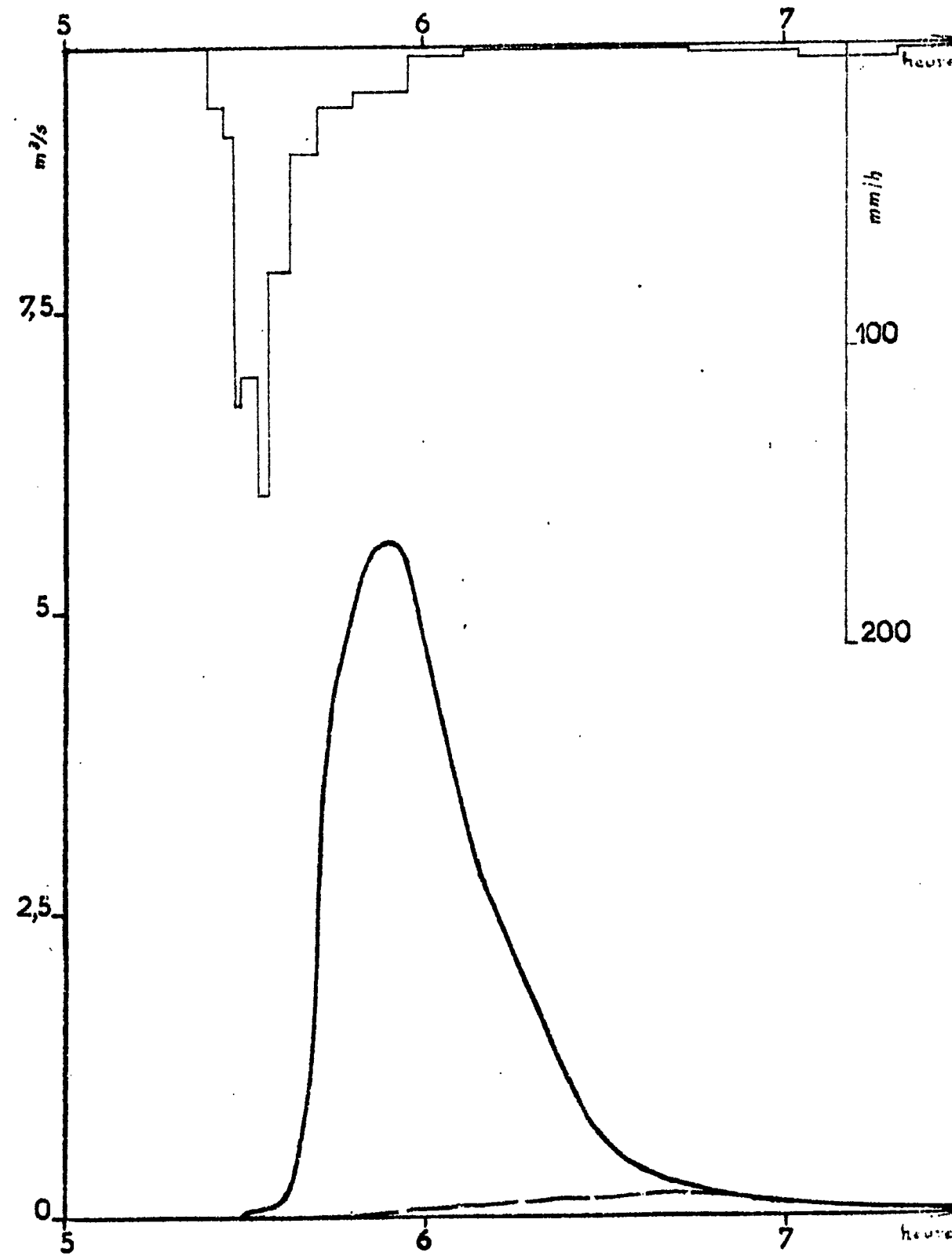
H=29,2



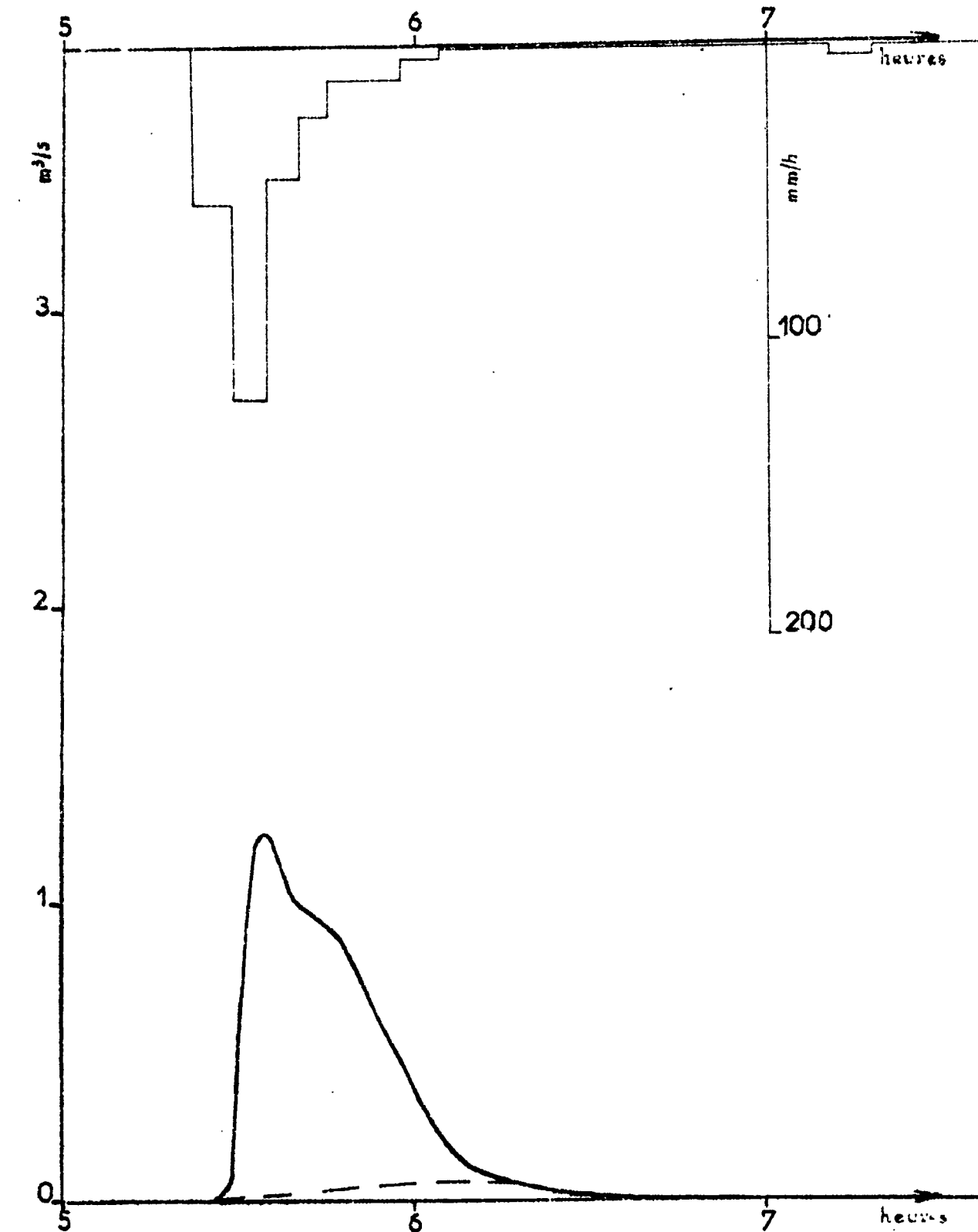
Station I Avenue SALAMA  
Crue n° 8 du 4-9-1963



Station II DISPENSAIRE

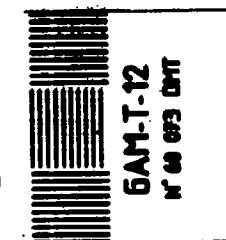


Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR

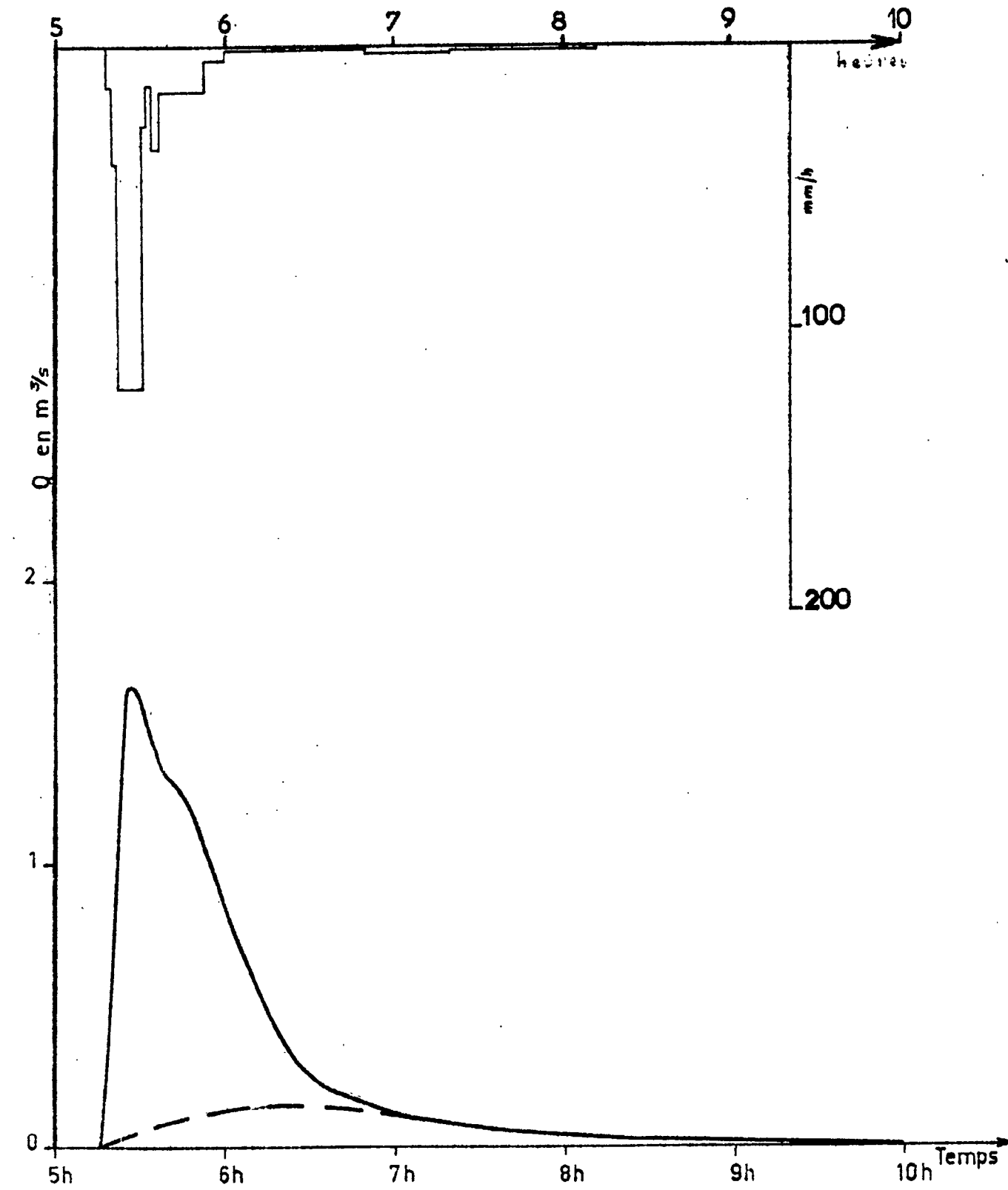


NIG - 71 481

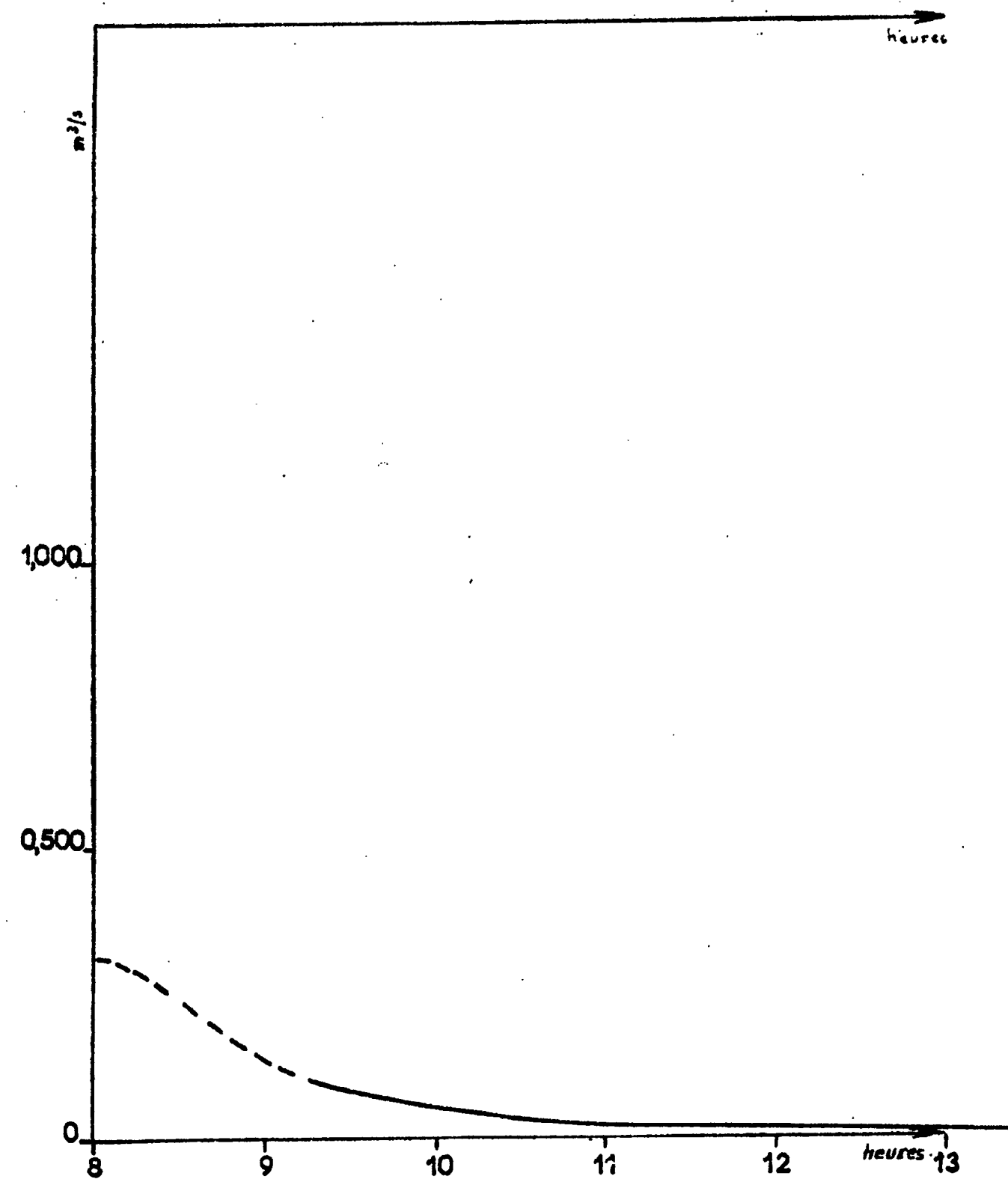
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGOUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhdpggyj 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGOUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrfkhdpggyj 7142385690



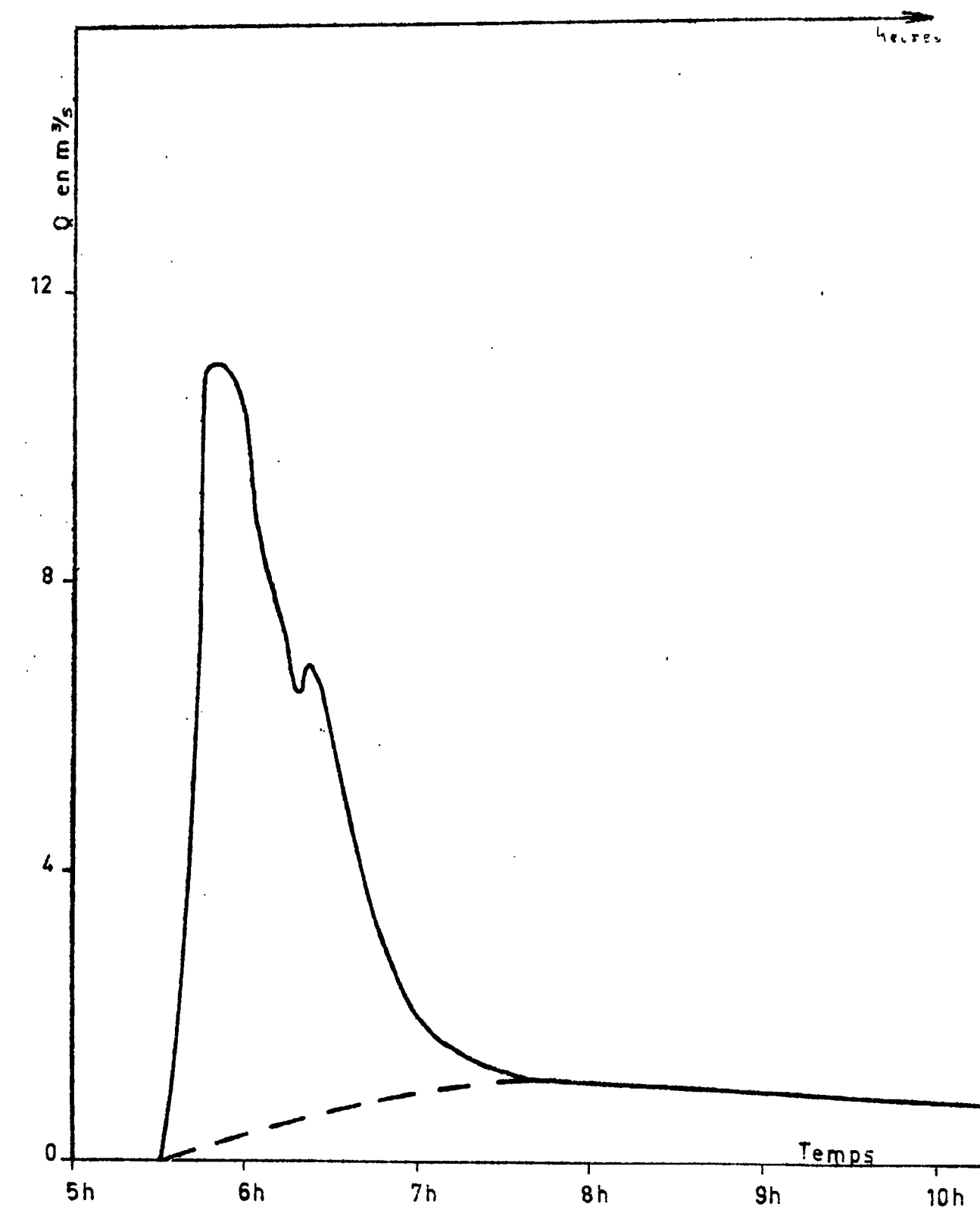
Station VI Jaugeur PARSHALL  
Crue n° 8 du 4-9-1963



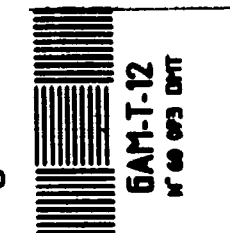
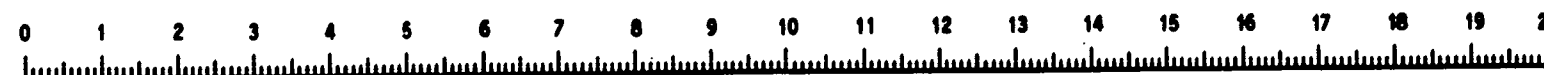
Station VII Grand Bassin Amont



Station V Exutoire



Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDQCGUVWMSZXY  
zsaocmuvnwixirfkhdppqjlt 7142385690  
Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDQCGUVWMSZXY  
zsaocmuvnwixirfkhdppqjlt 7142385690





**ANNEXE II**

**Averses et crues observées  
Campagne 1965**

# BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

AVERSE N° 1

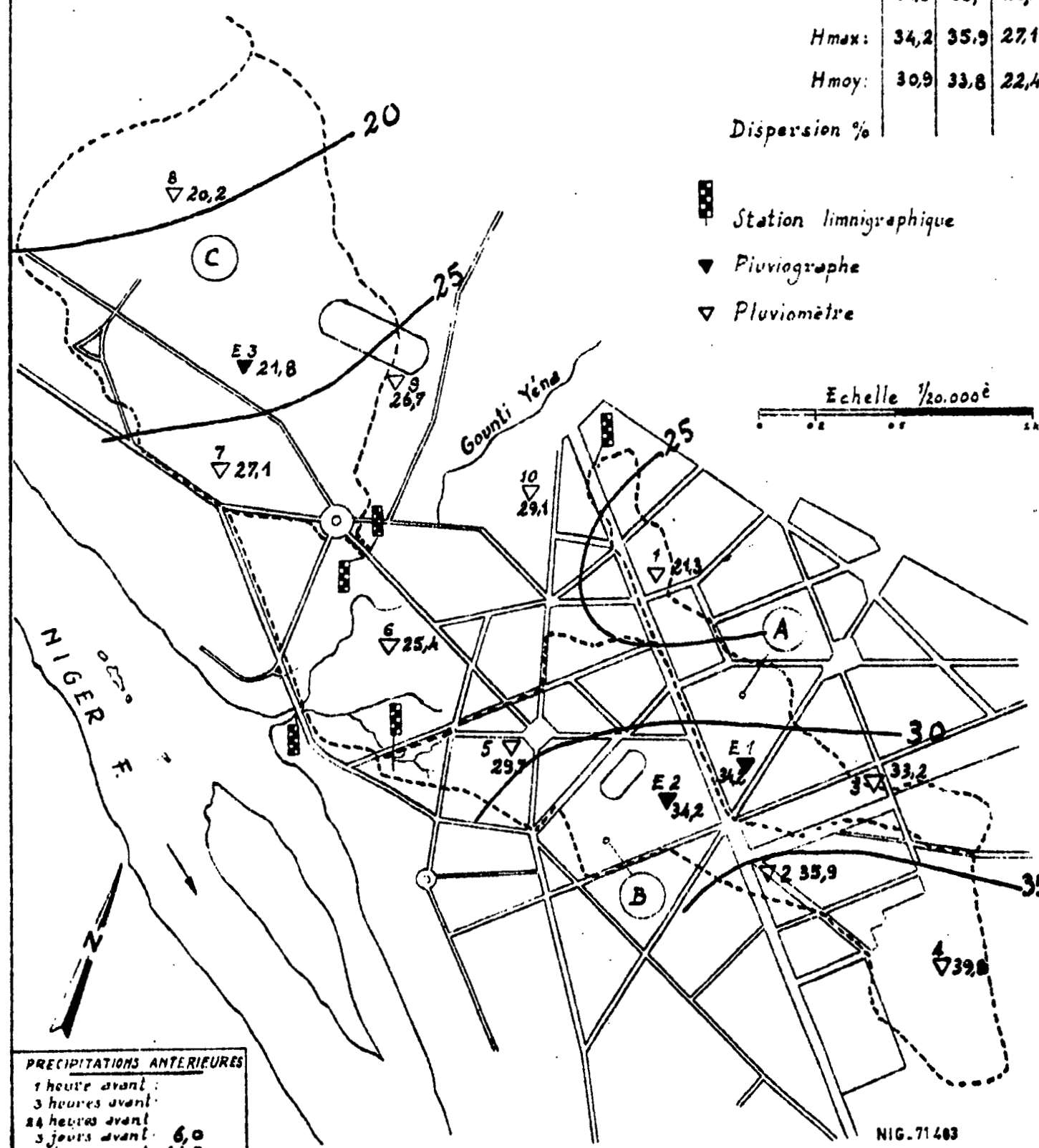
Isohyètes pour l'averse du: 1-7-65

	A	B	C
Hmin:	21,3	29,7	29,2
Hmax:	34,2	35,9	27,1
Hmoy:	30,9	33,8	22,4

Dispersion %

- Station limnigraphique
- Pluviographe
- Pluviomètre

Echelle 1/20.000<sup>e</sup>

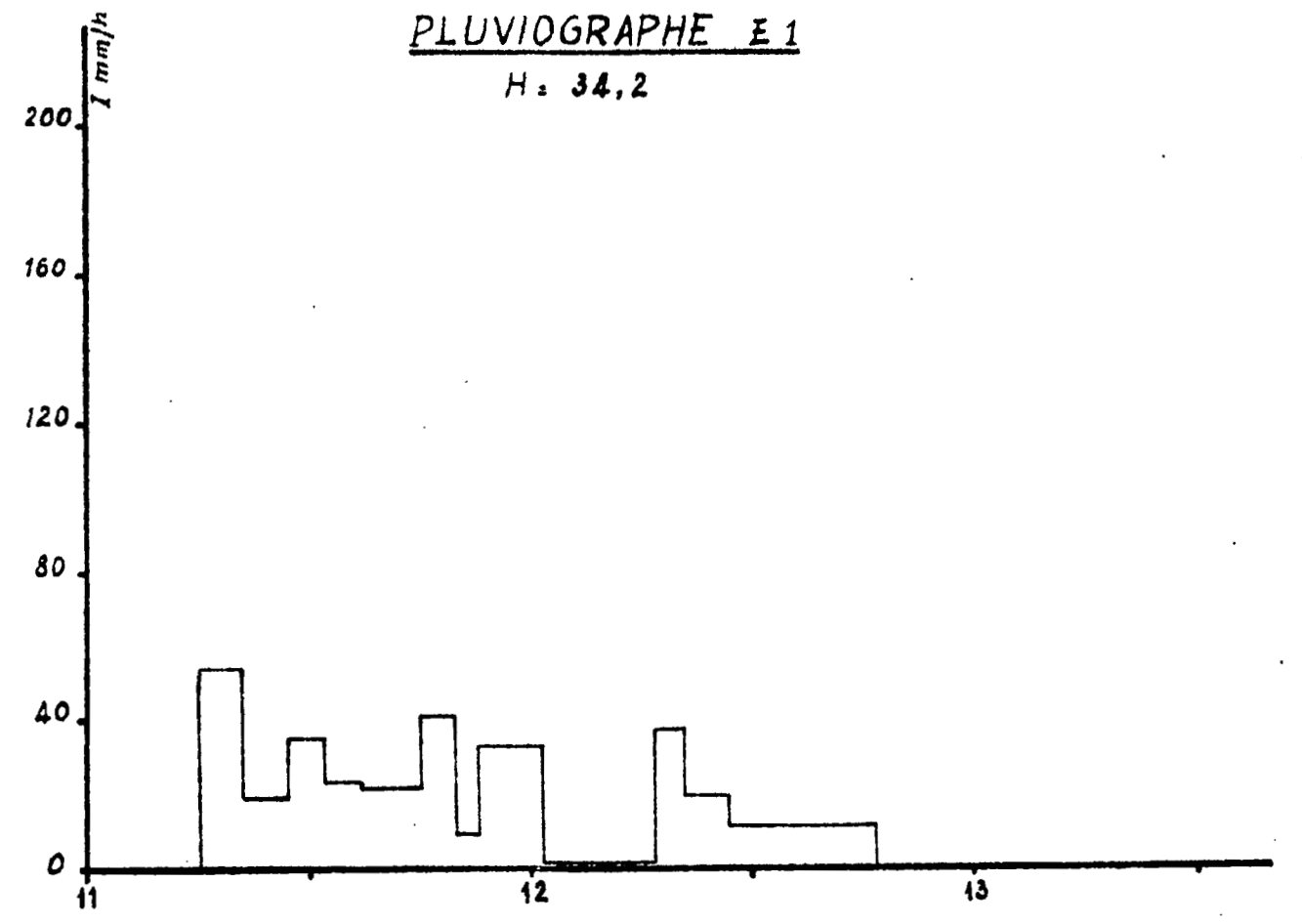


PRECIPITATIONS ANTERIEURES

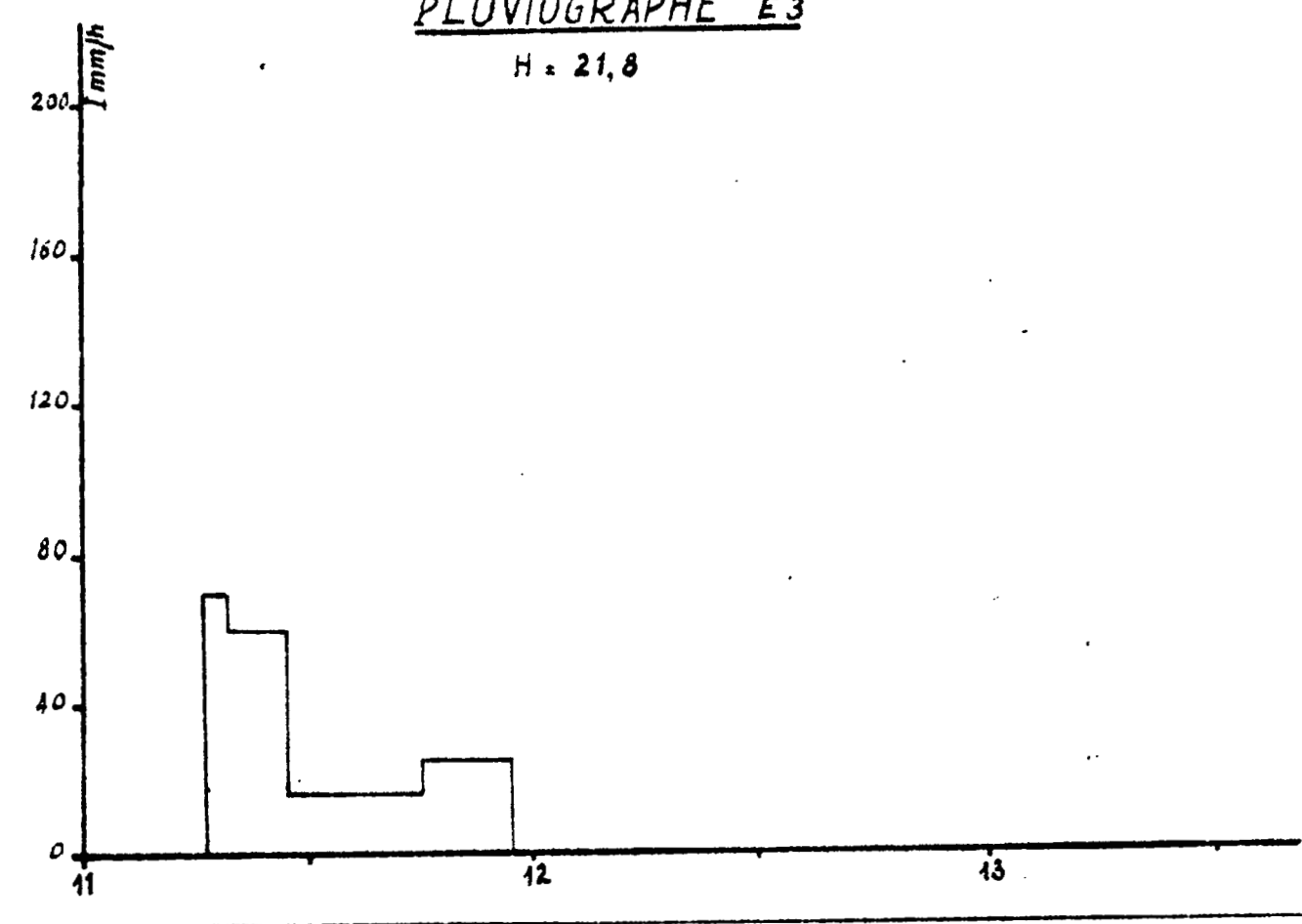
1 heure avant:	
3 heures avant:	
24 heures avant:	
3 jours avant:	6,0
10 jours avant:	14,9

NIG. 71.483

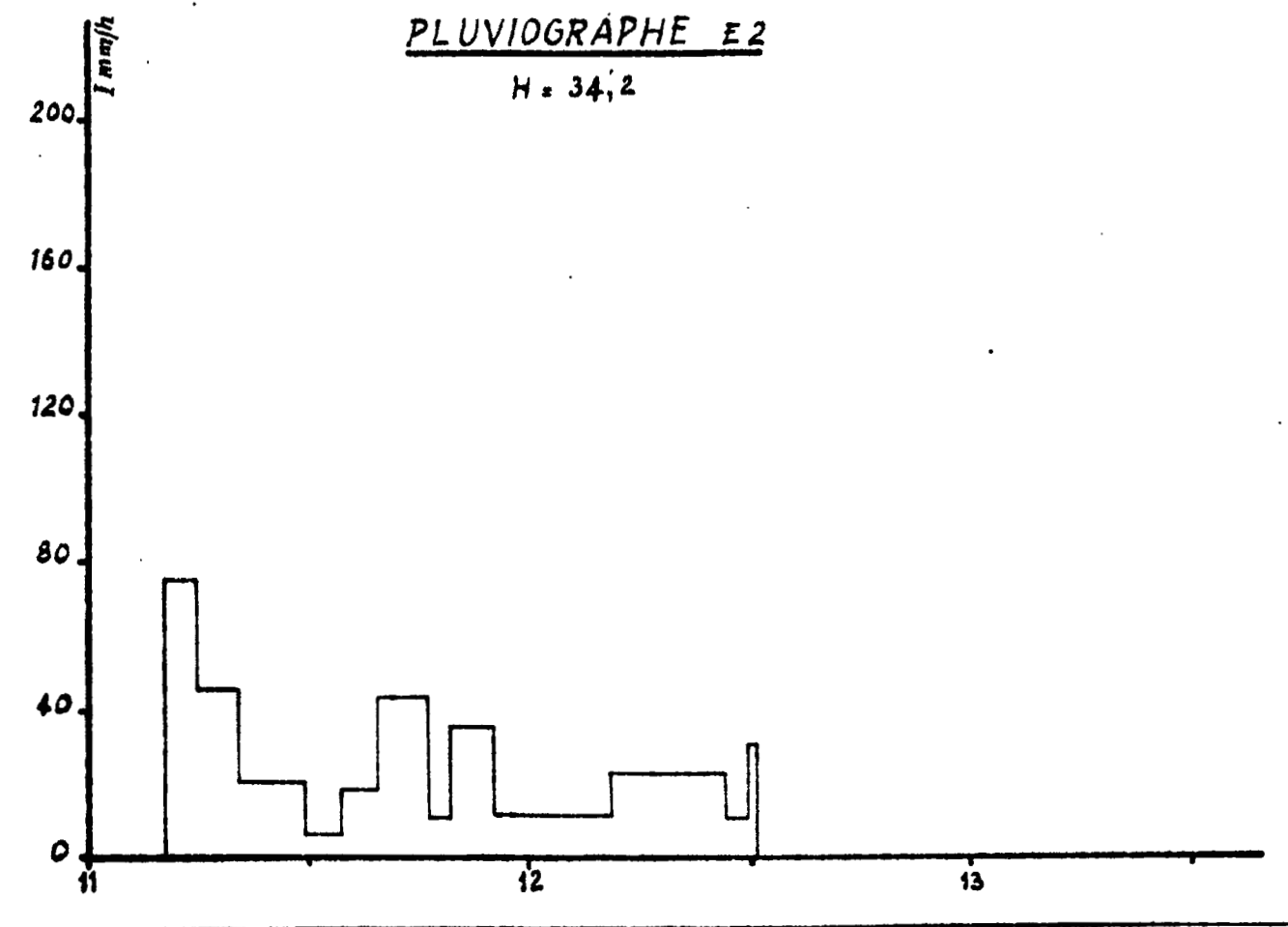
PLUVIOGRAPHE E1  
H = 34,2



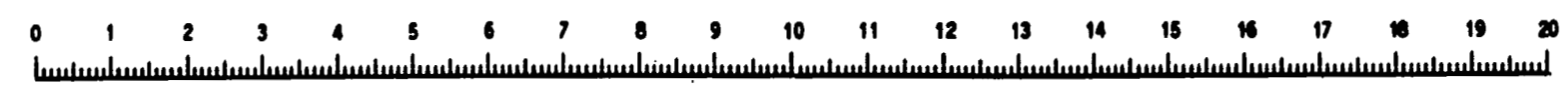
PLUVIOGRAPHE E3  
H = 21,8



PLUVIOGRAPHE E2  
H = 34,2



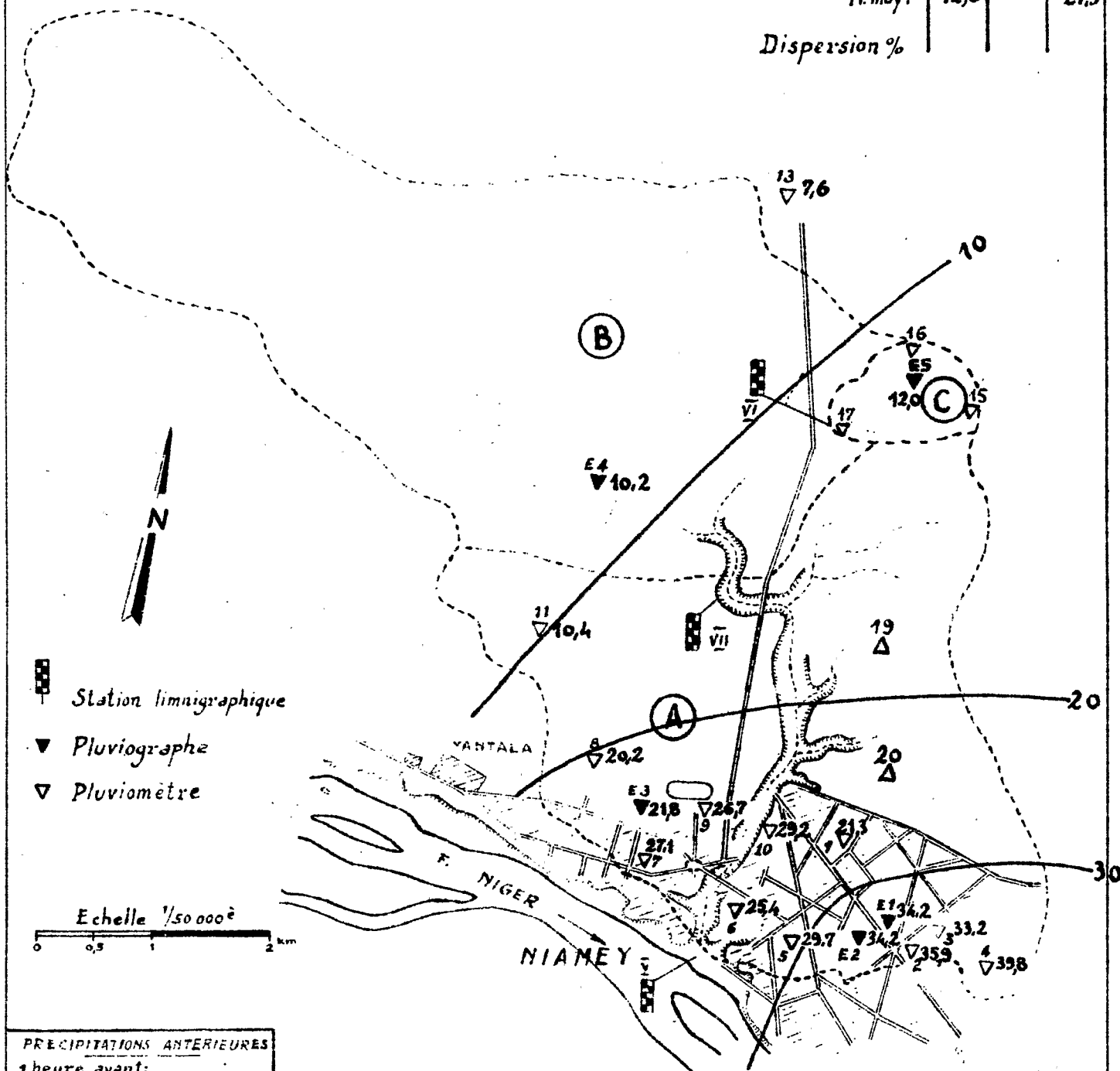
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCQUVWMNSZXY  
 zsaeocmuvnwxfkhdpggyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCQUVWMNSZXY  
 zsaeocmuvnwxfkhdpggyjt 7142385690



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Isohyètes pour l'averse du: 1-7-65

	A	B	C
H min:			20,2
H max:			39,8
H moy:	12,0		27,5
Dispersion %			

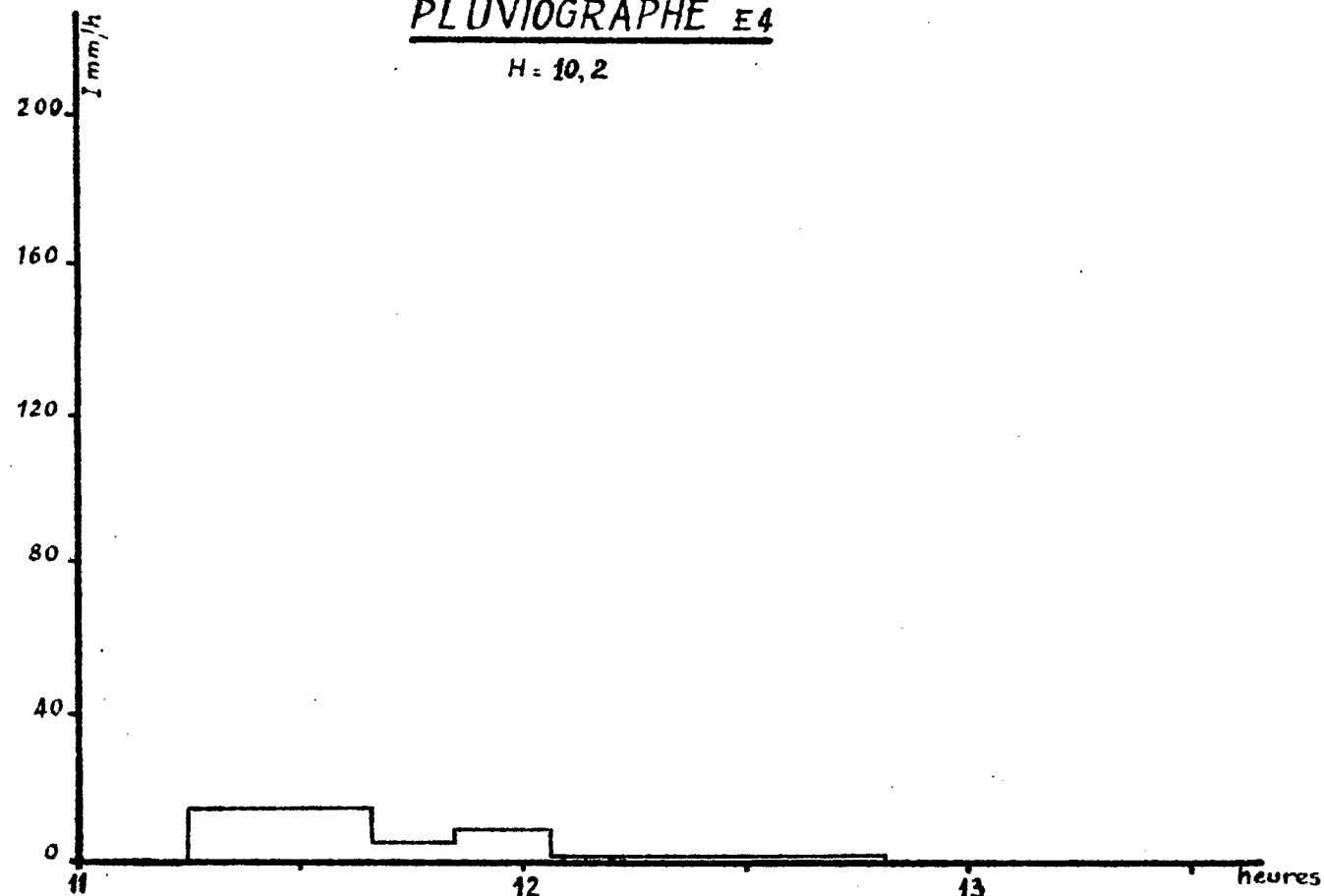


PRECIPITATIONS ANTERIEURES  
 1 heure avant:  
 3 heures avant:  
 24 heures avant:  
 3 jours avant: 6,0  
 10 jours avant:

NIG-71484

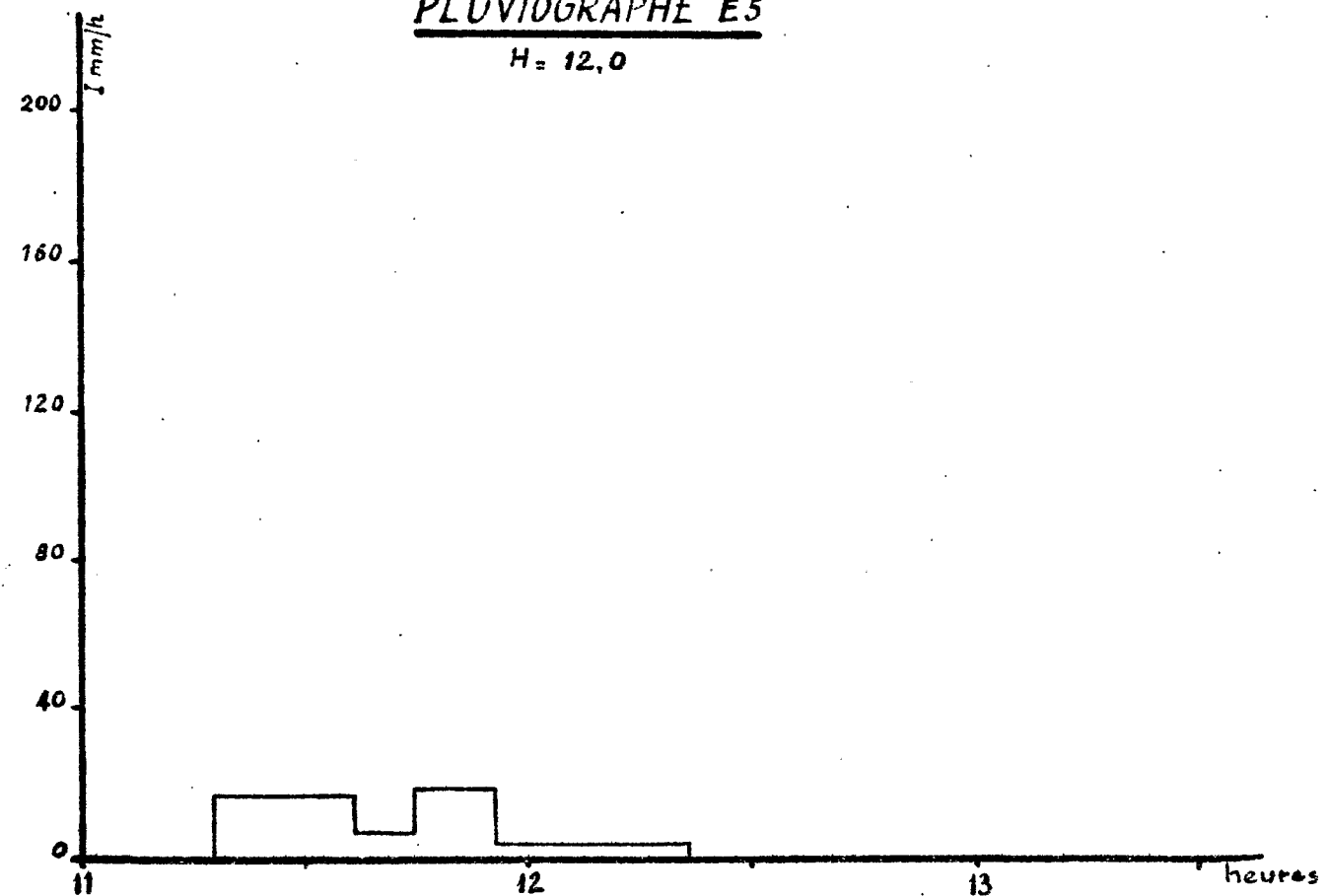
## PLUVIOGRAPHE E4

H = 10,2

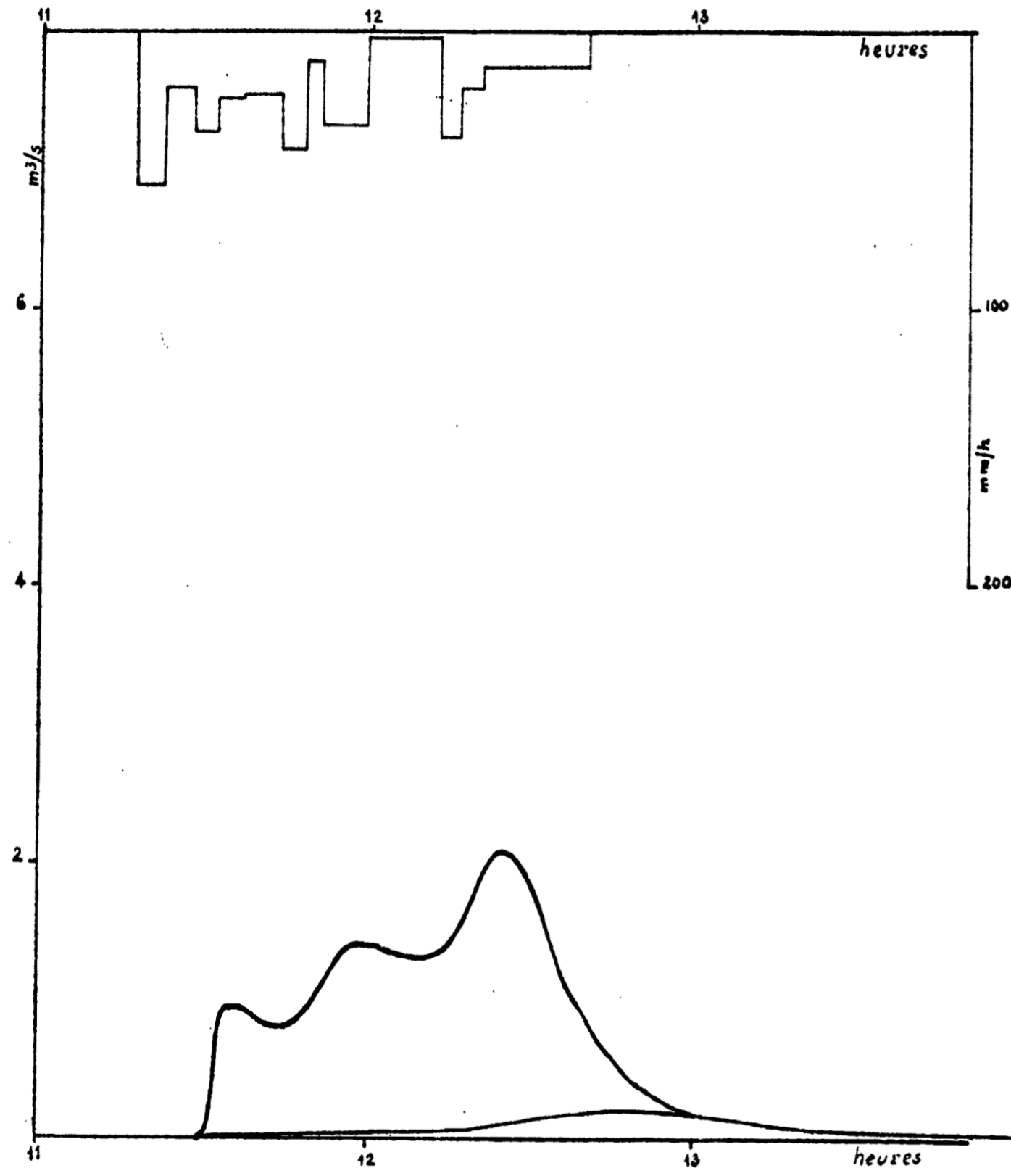


## PLUVIOGRAPHE E5

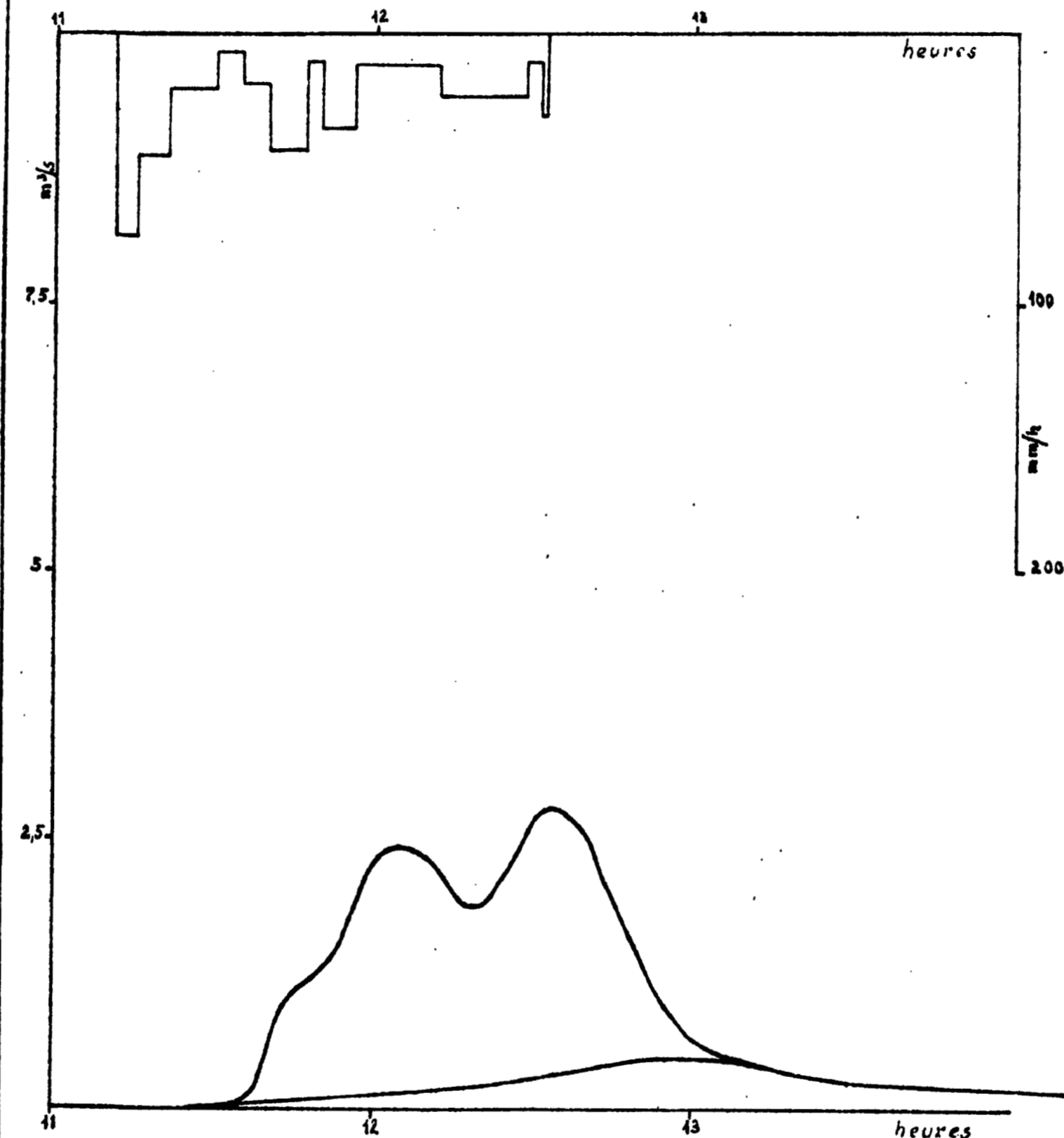
H = 12,0



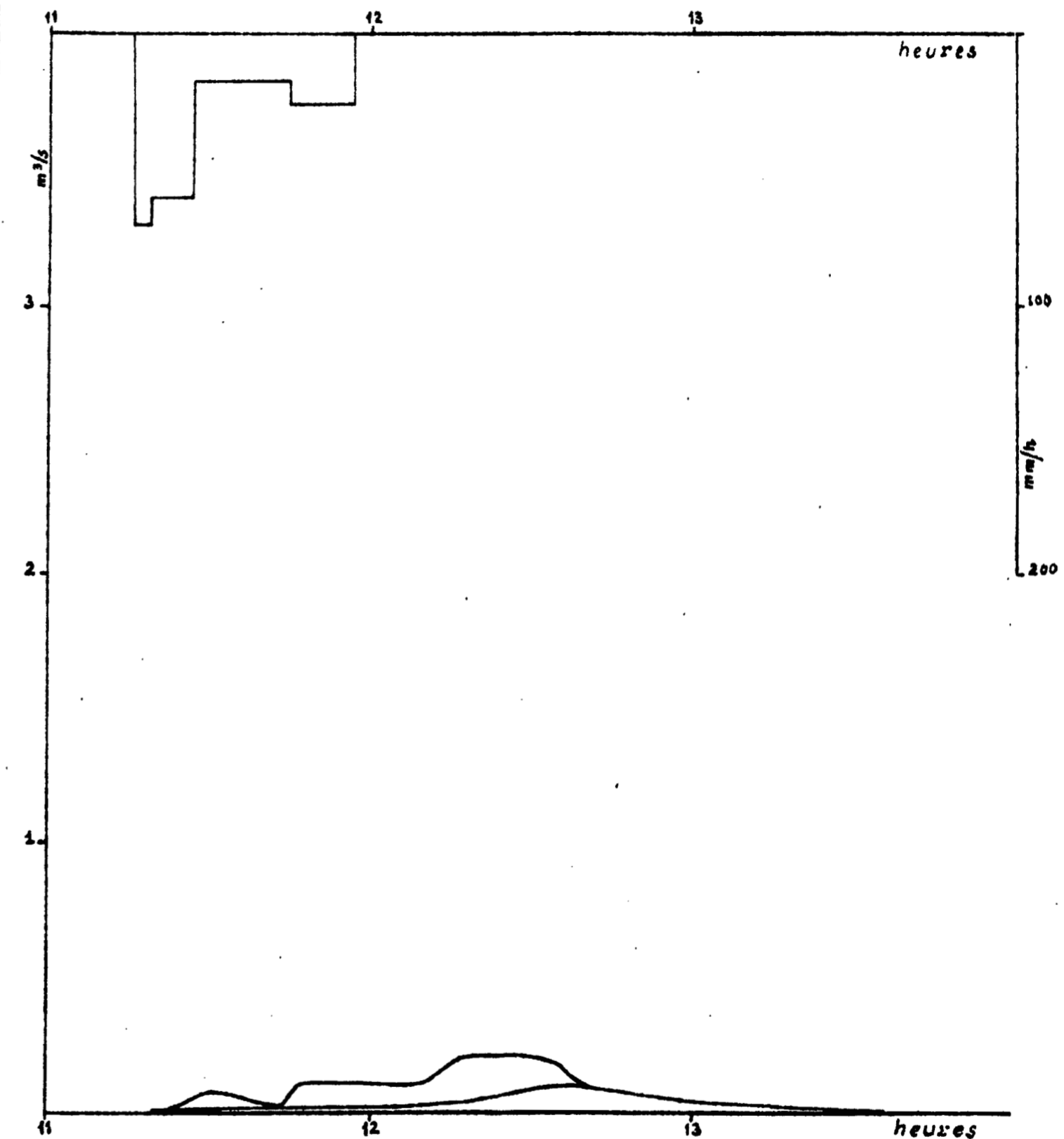
Station I Avenue SALAMA  
Crue n° 1 du 1-7-65



Station II DISPENSAIRE

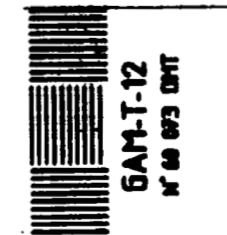
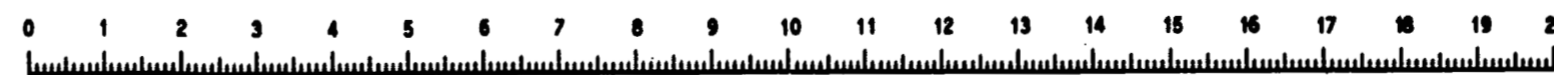


Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR

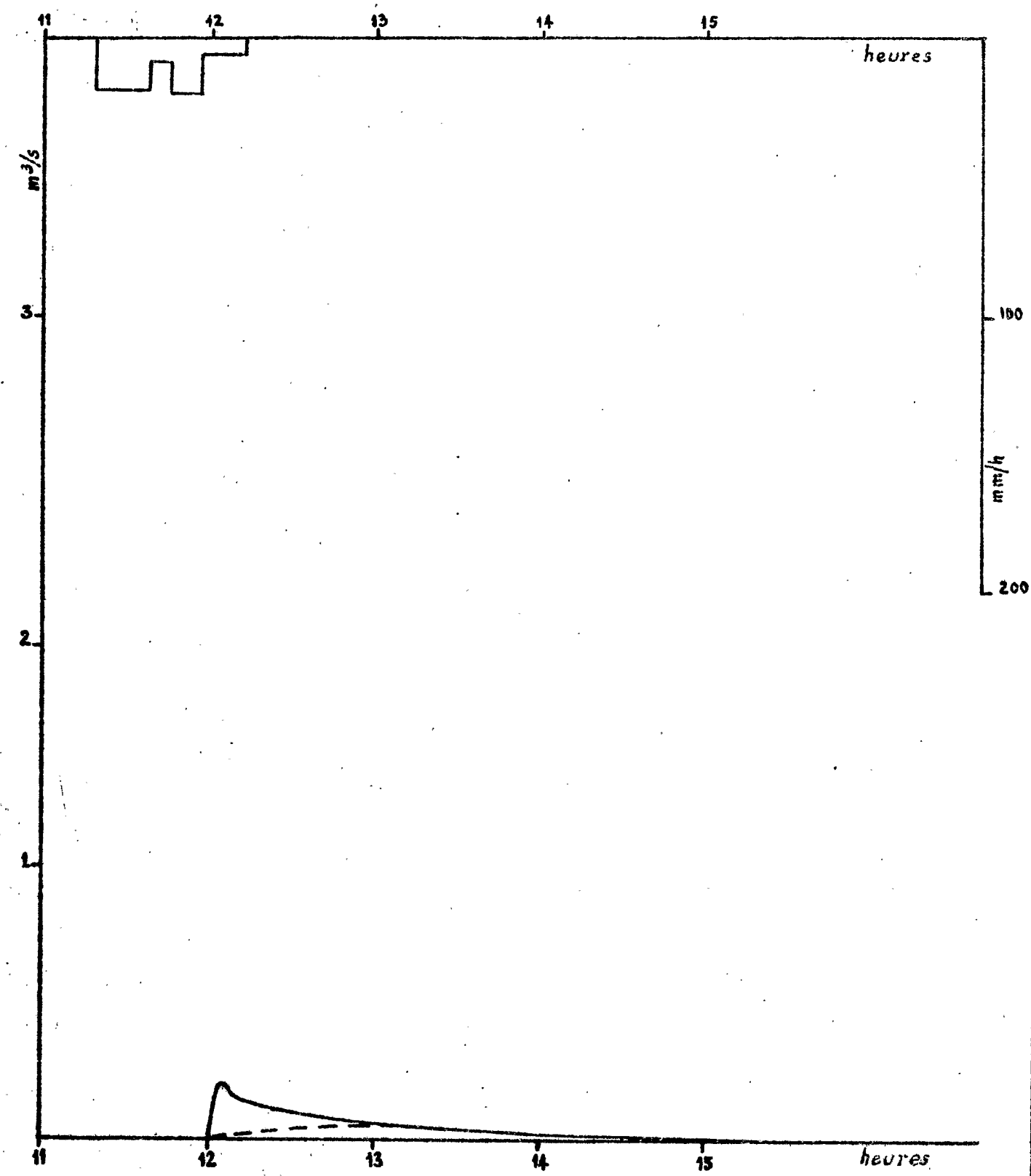


NIG.71 405

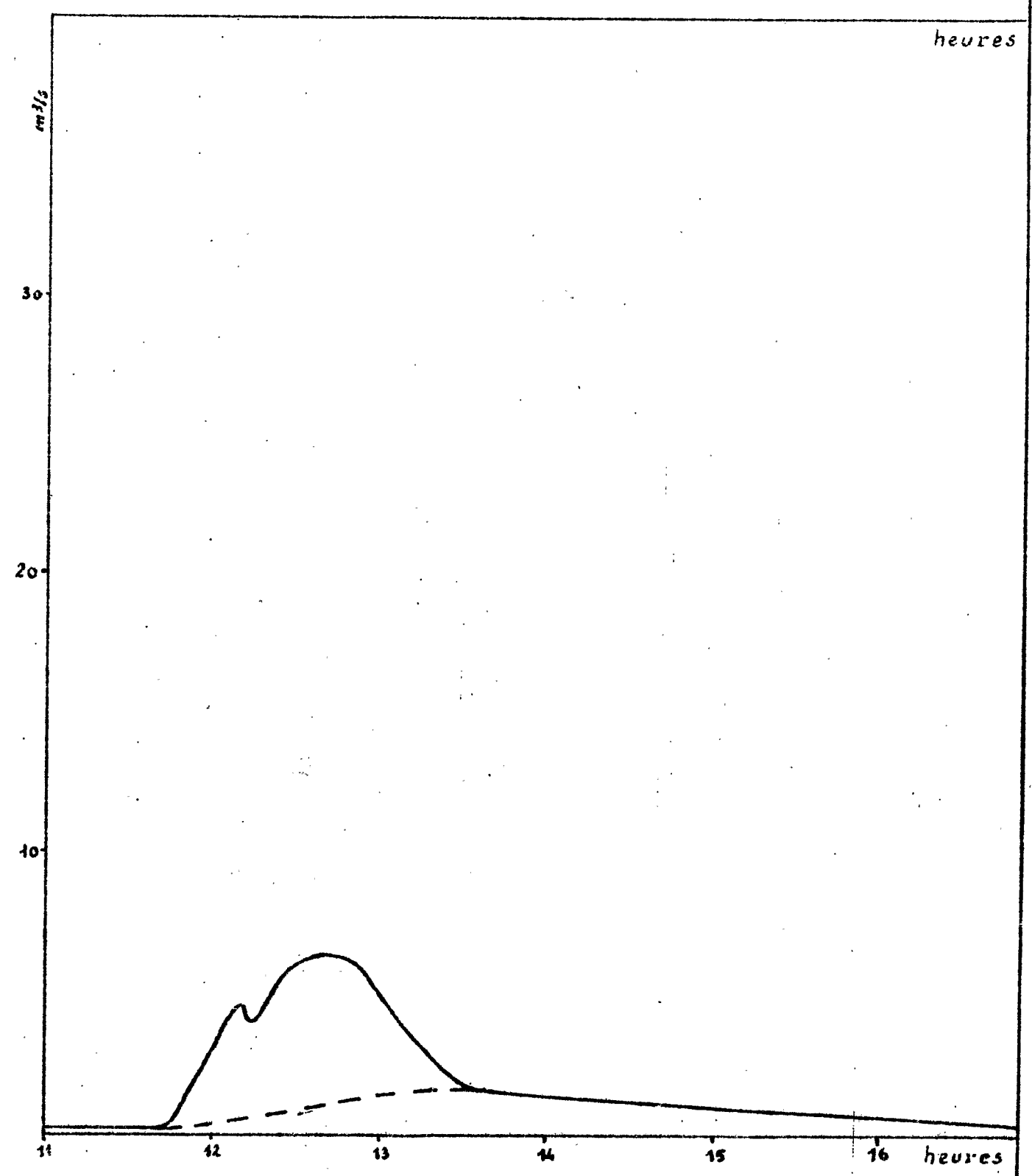
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwixr fkhbdpqqjlt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwixr fkhbdpqqjlt 7142385690



Station VI Jaugeur PARSHALL  
 Crue n° 1 du 1-7-65



Station V Exutoire






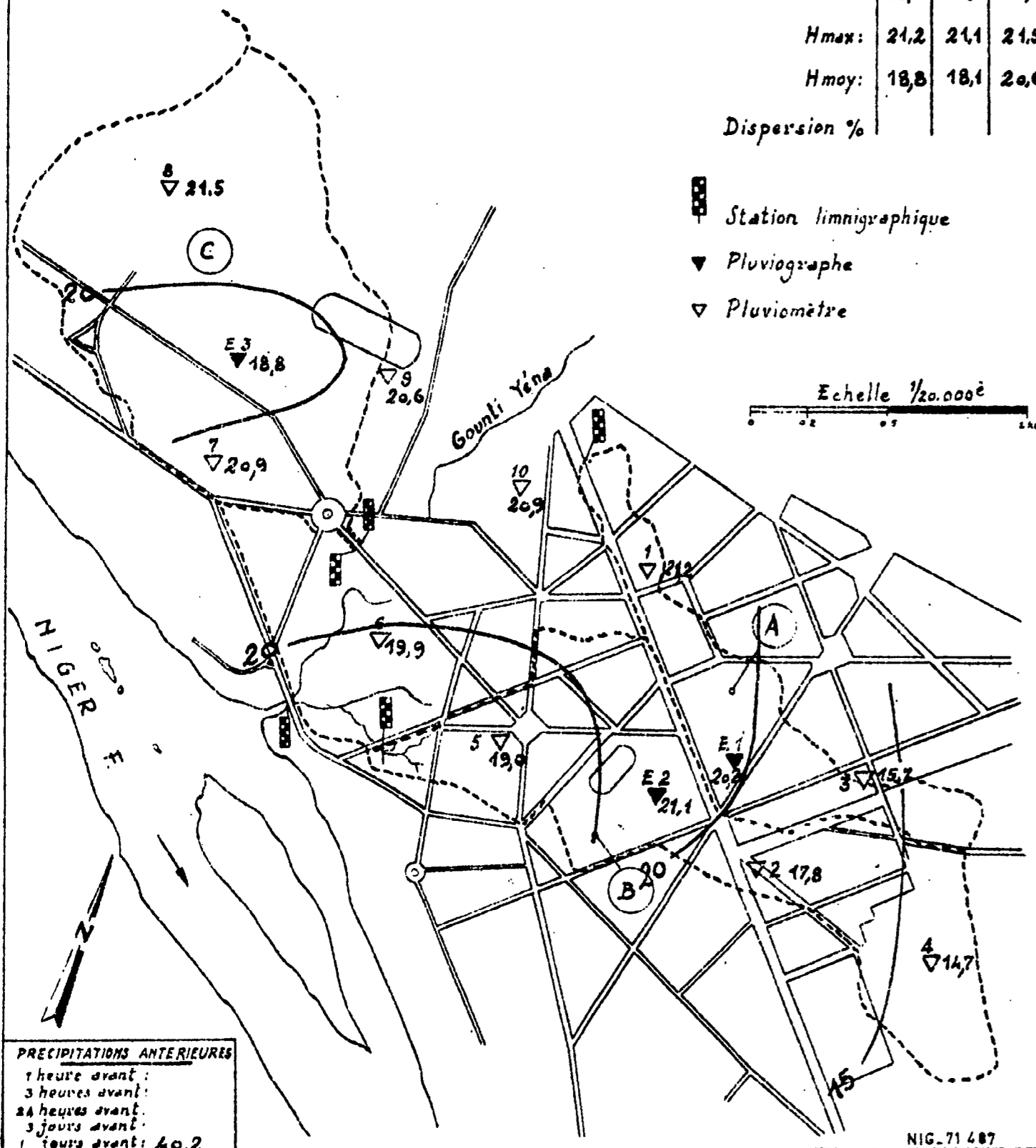
**BASSINS VERSANTS DE NIAMEY**  
**AVERSE N° 2**

*Isohyètes pour l'averse du: 5-7-65*

	A	B	C
Hmin:	15,7	14,7	18,8
Hmax:	21,2	21,1	21,5
Hmoy:	18,8	18,1	20,6

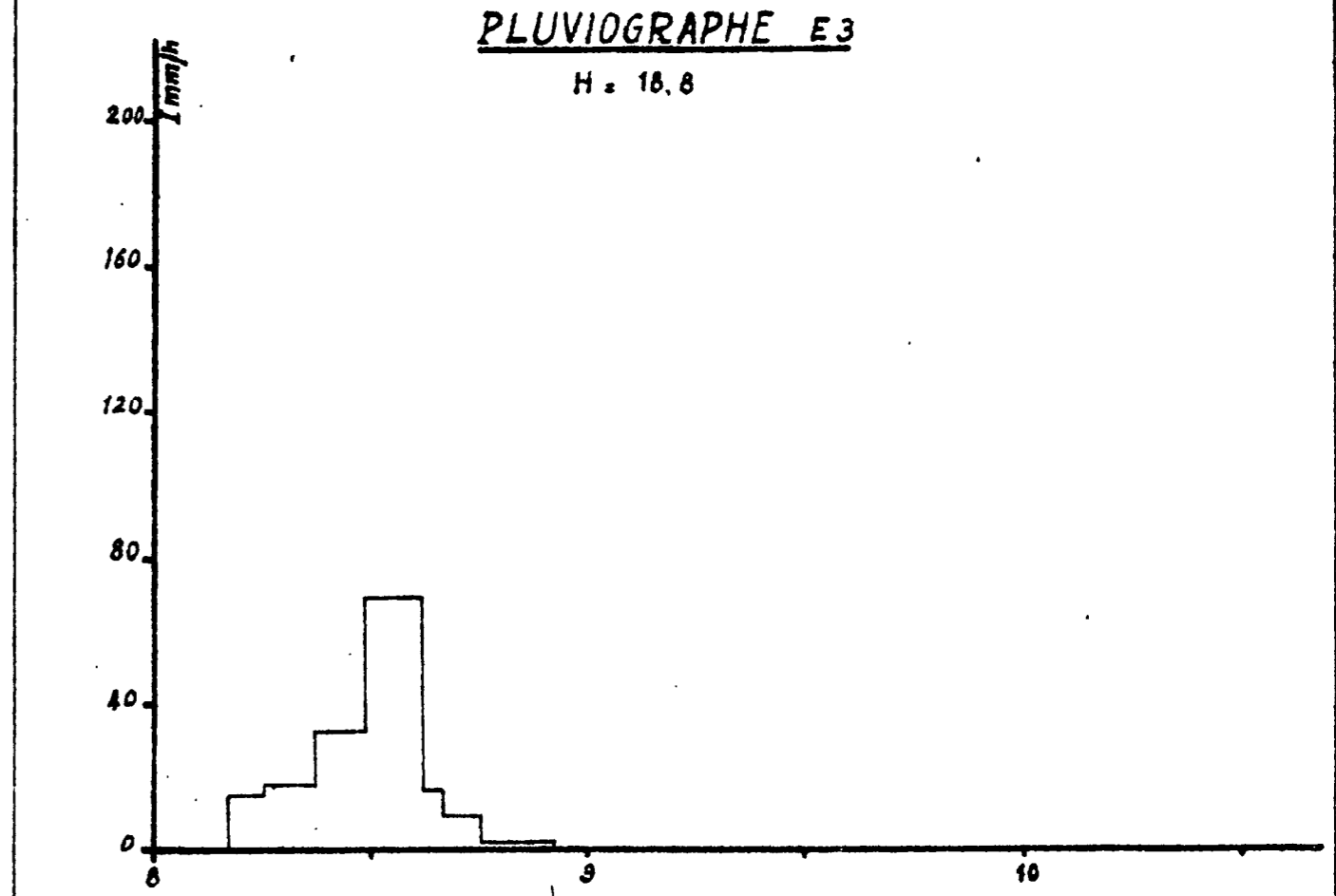
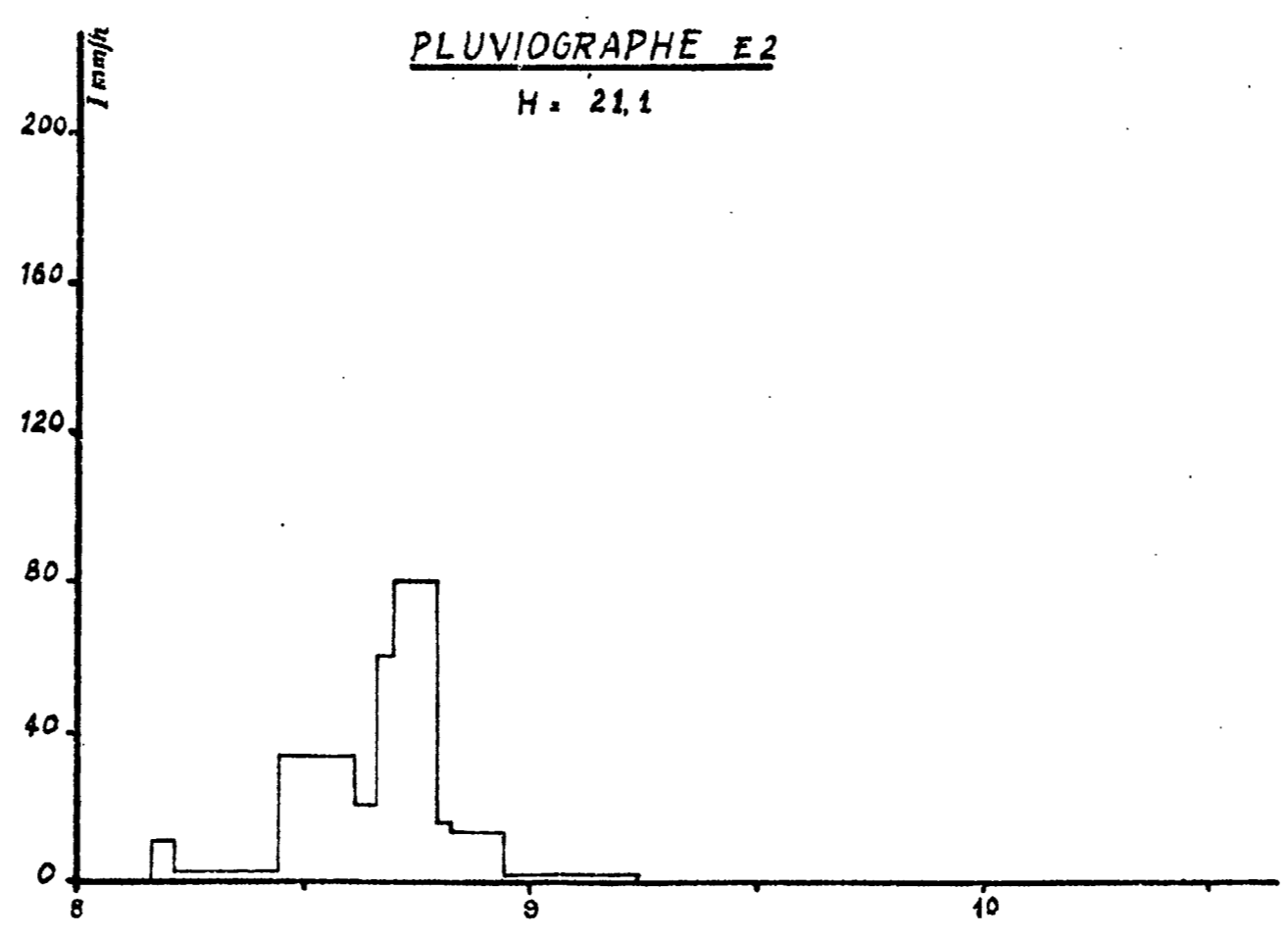
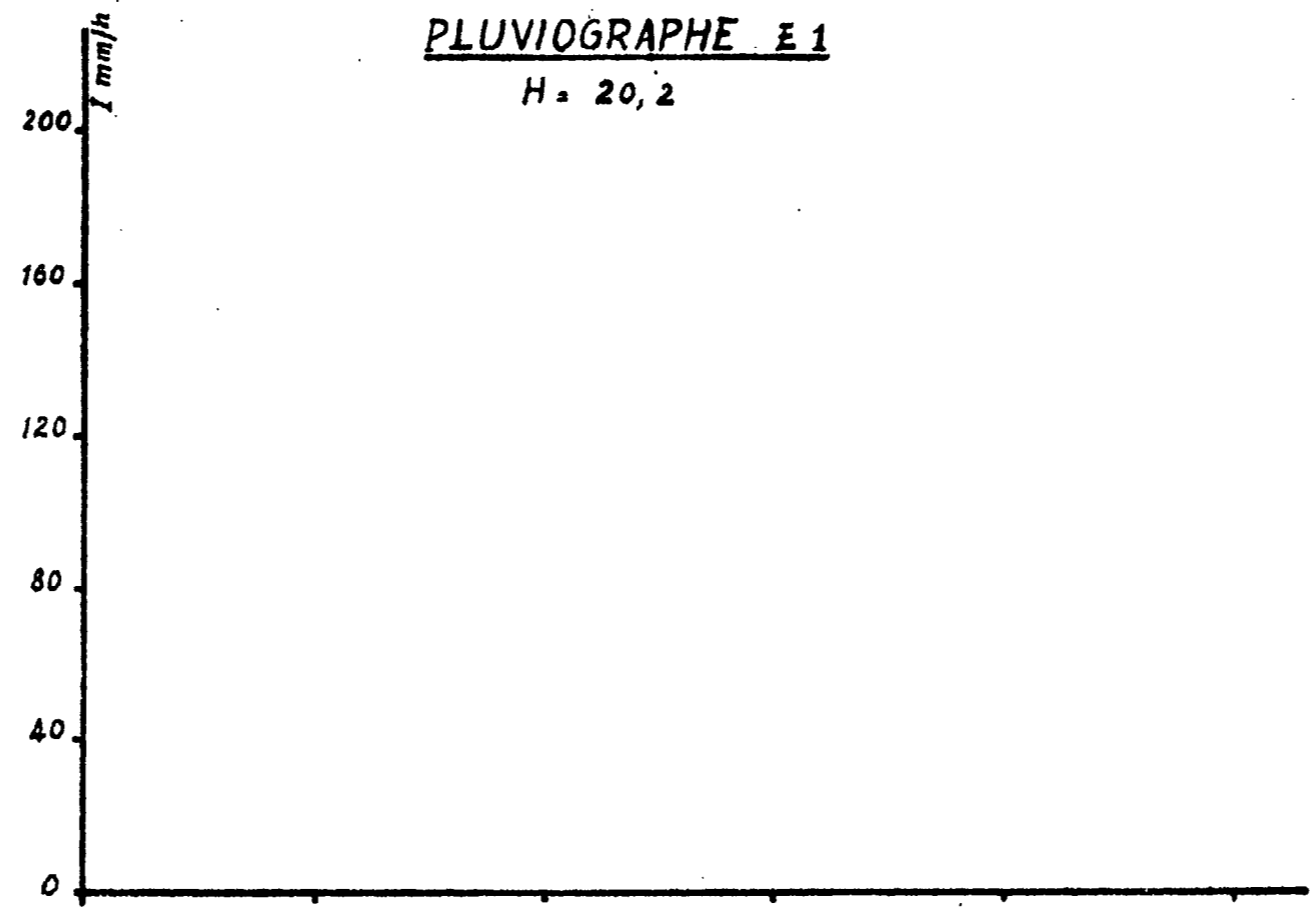
Dispersion %

-  Station limnigraphique
-  Pluviographe
-  Pluviomètre

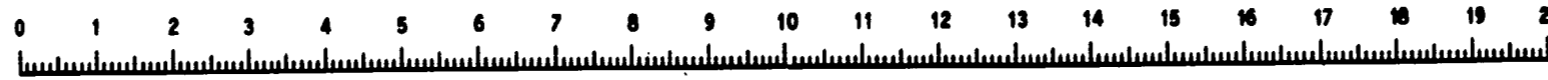


PRECIPITATIONS ANTERIEURES  
 1 heure avant :  
 3 heures avant :  
 24 heures avant :  
 3 jours avant :  
 1 mois avant : 40,2

NIG-71 487



Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOC GOUVWMSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhbdpqqyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOC GOUVWMSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhbdpqqyjt 7142385690

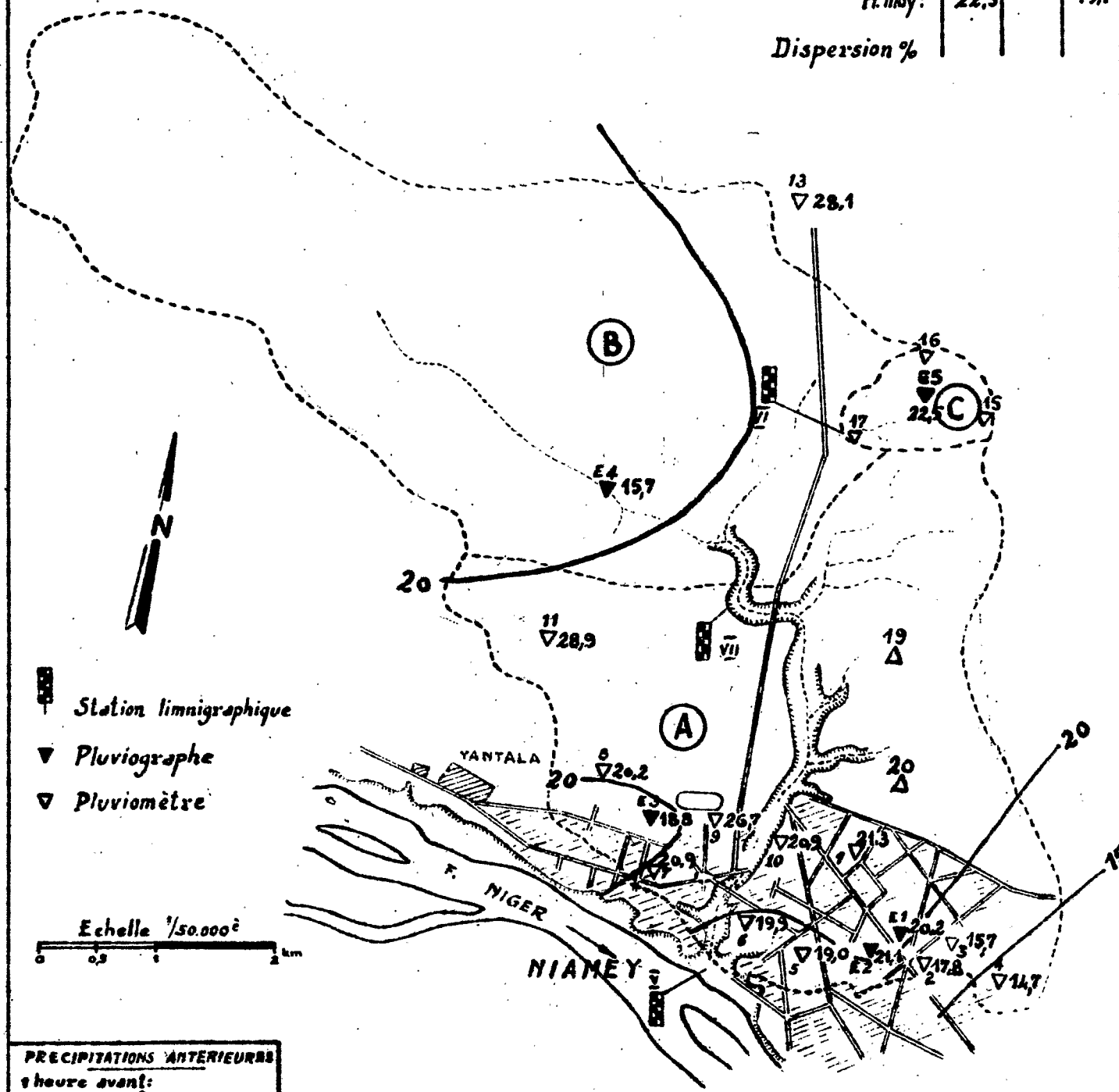


# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Isohyètes pour l'averse du: 5-7-65

	A	B	C
H min:			14,7
H max:			21,5
H. moy:	22,5		19,7

Dispersion %



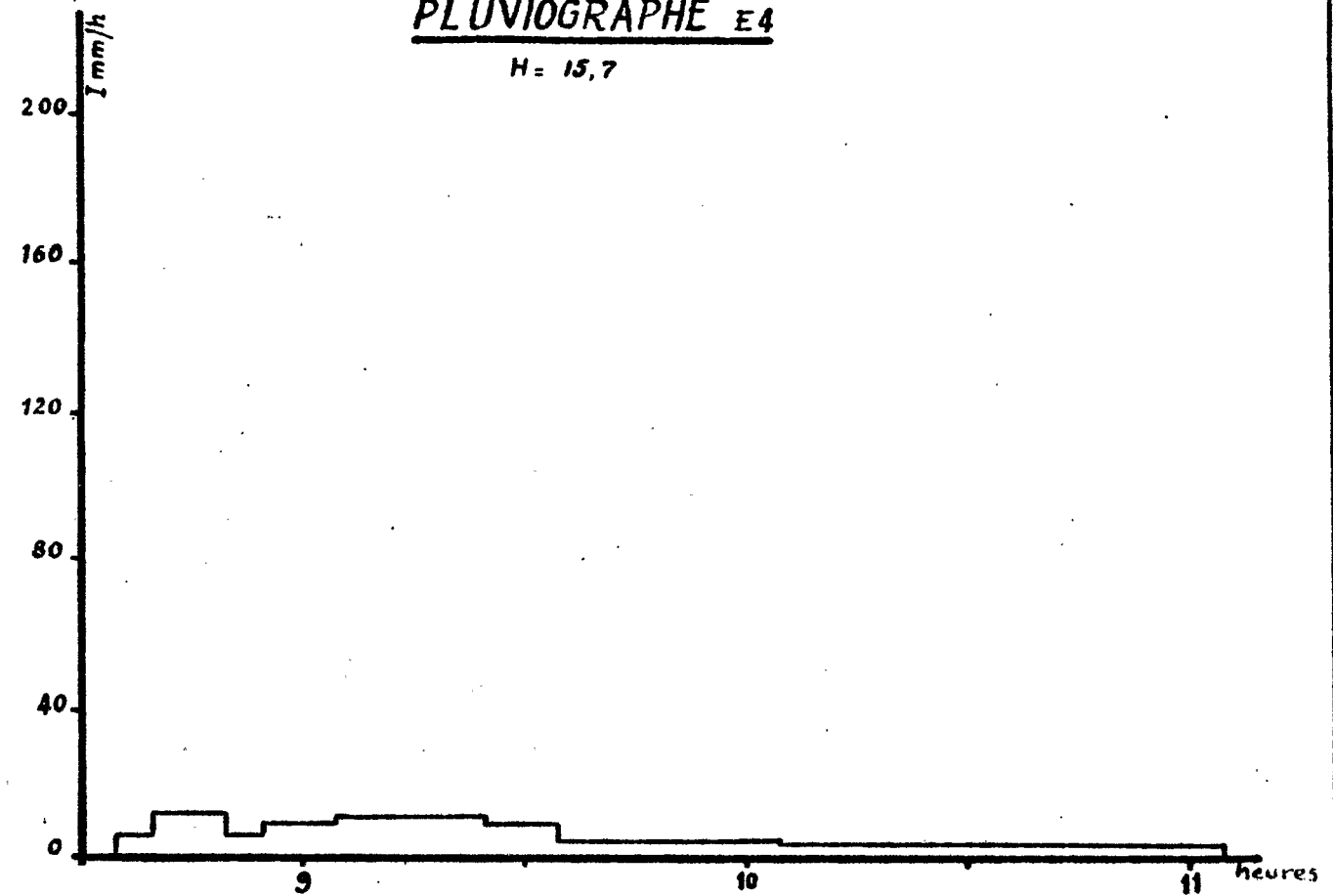
- Station limnigraphique
- Pluviographe
- Pluviomètre

Echelle 1/50.000<sup>e</sup>  
0 0,5 1 2 km

PRECIPITATIONS ANTERIEURES  
 1 heure avant:  
 3 heures avant:  
 24 heures avant:  
 3 jours avant:  
 10 jours avant: 40,2

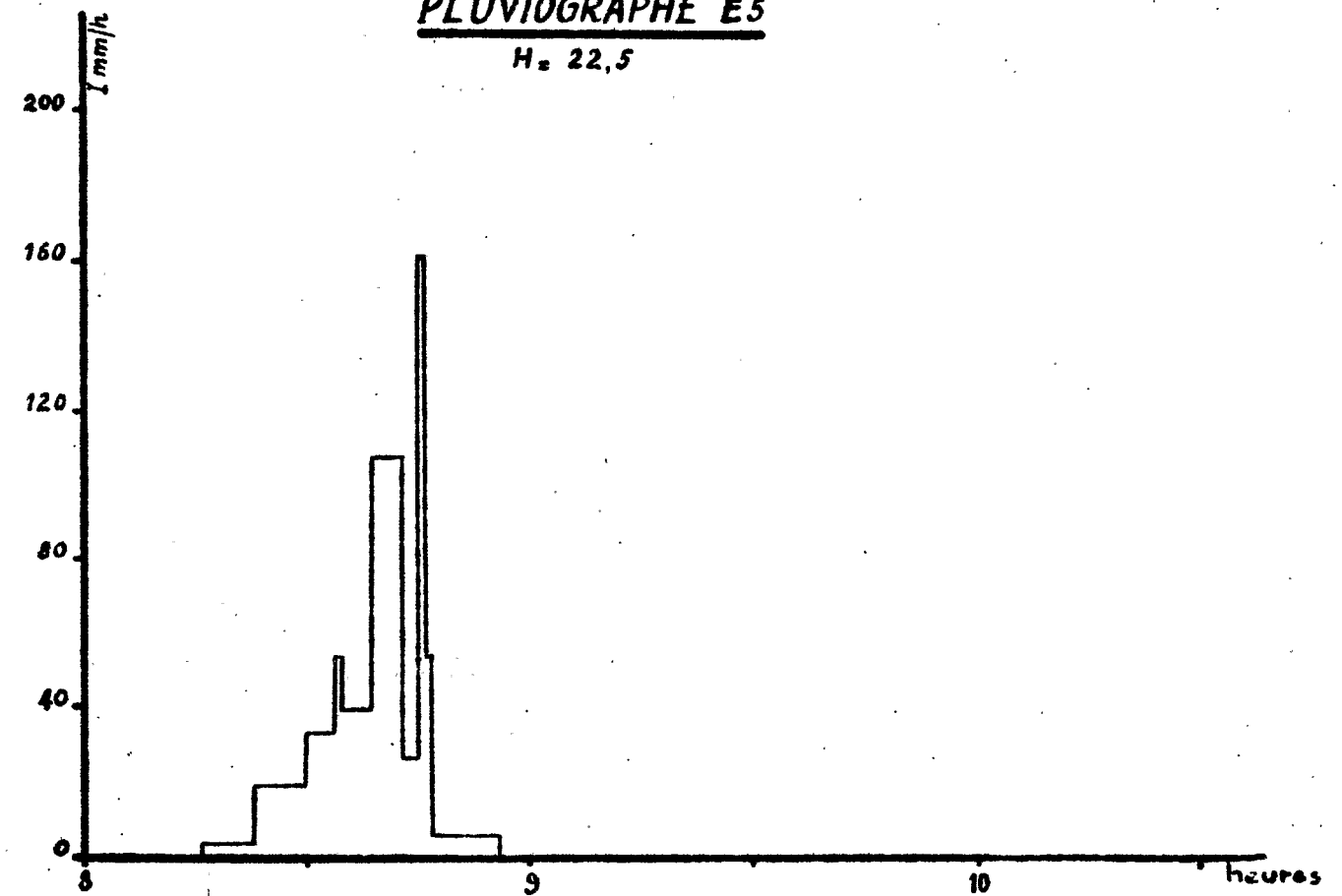
## PLUVIOPHAPHE E4

H = 15,7

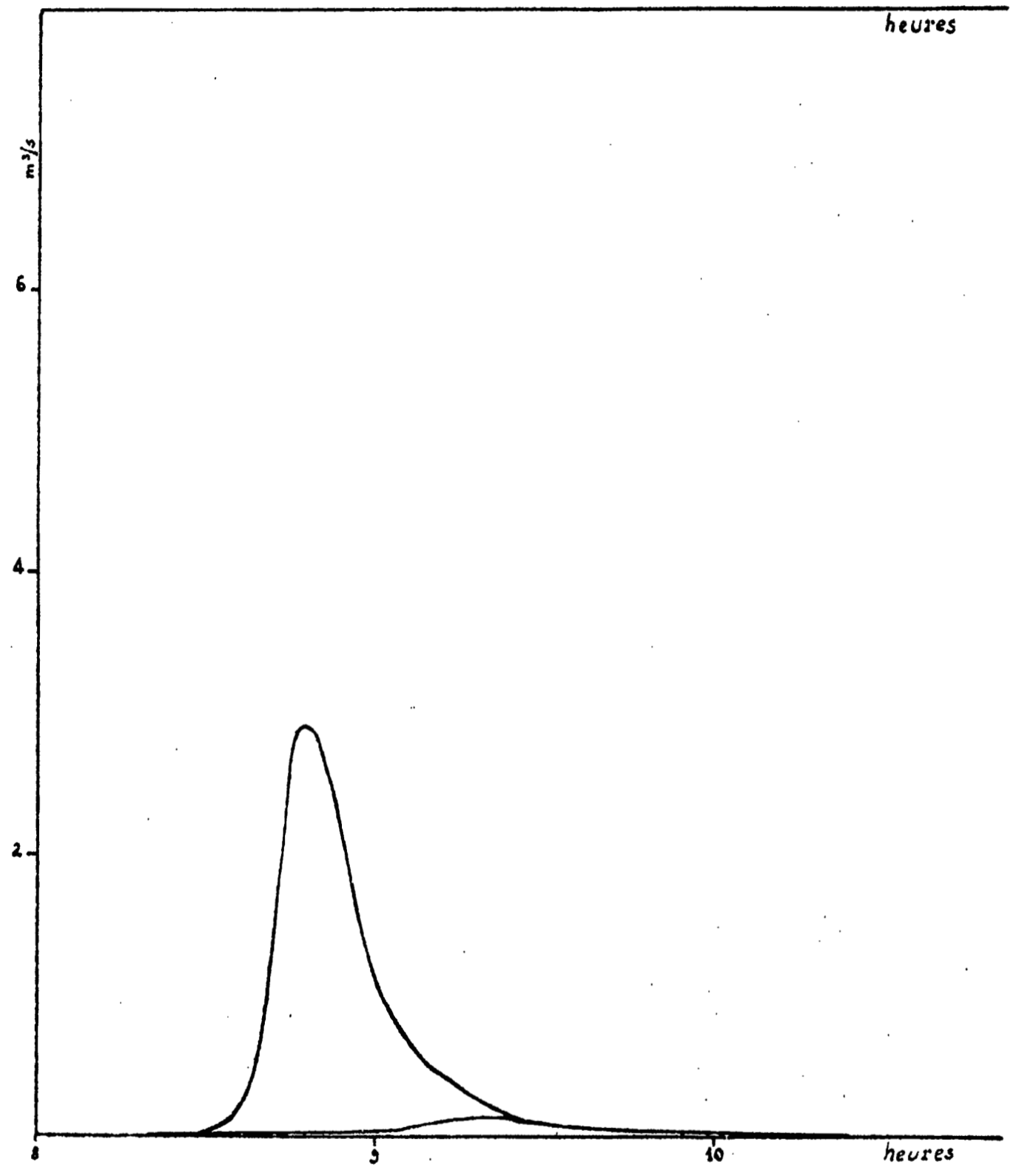


## PLUVIOPHAPHE E5

H = 22,5

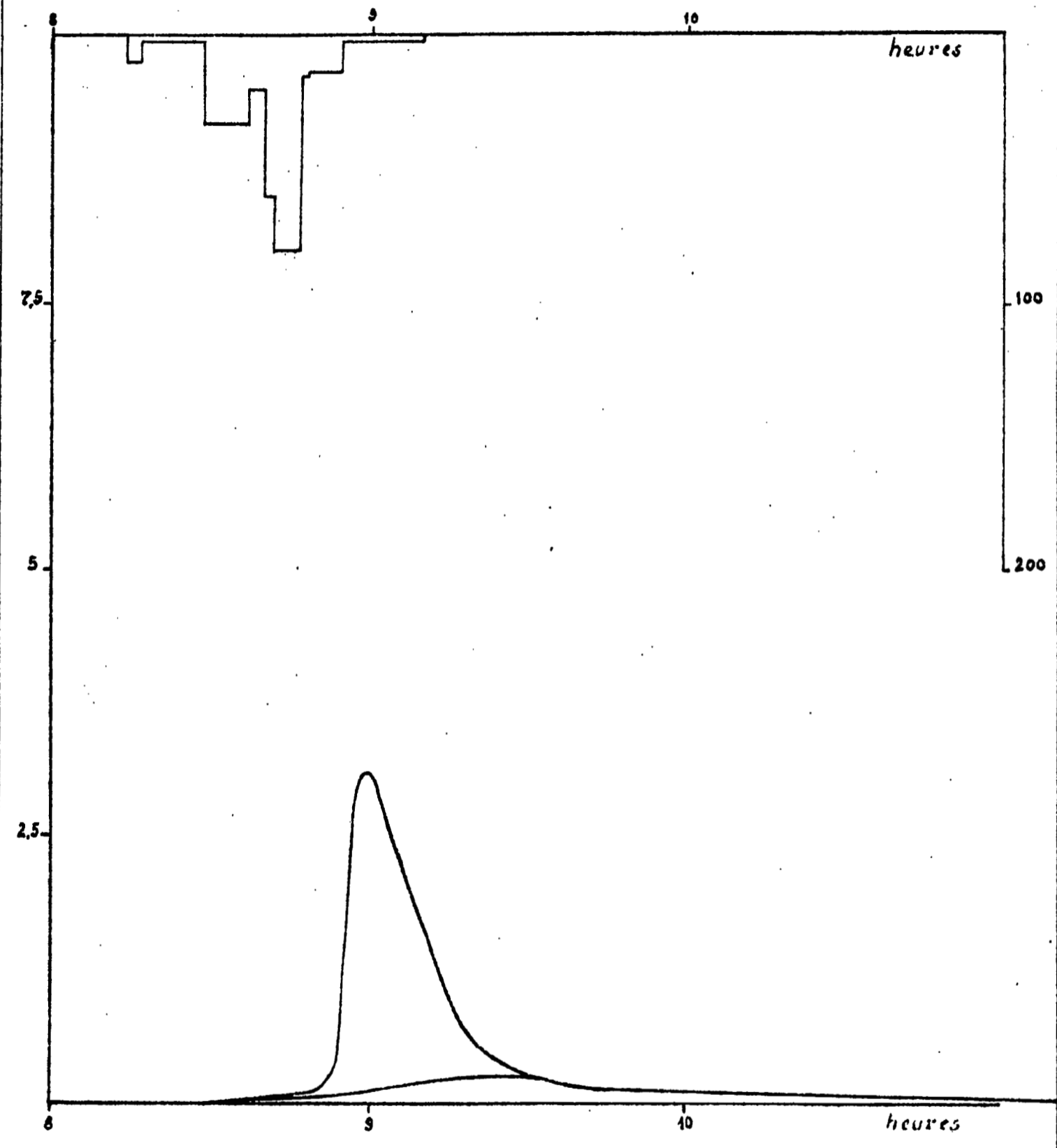


Station I Avenue SALAMA  
 Crue n° 2 du 5-7-65

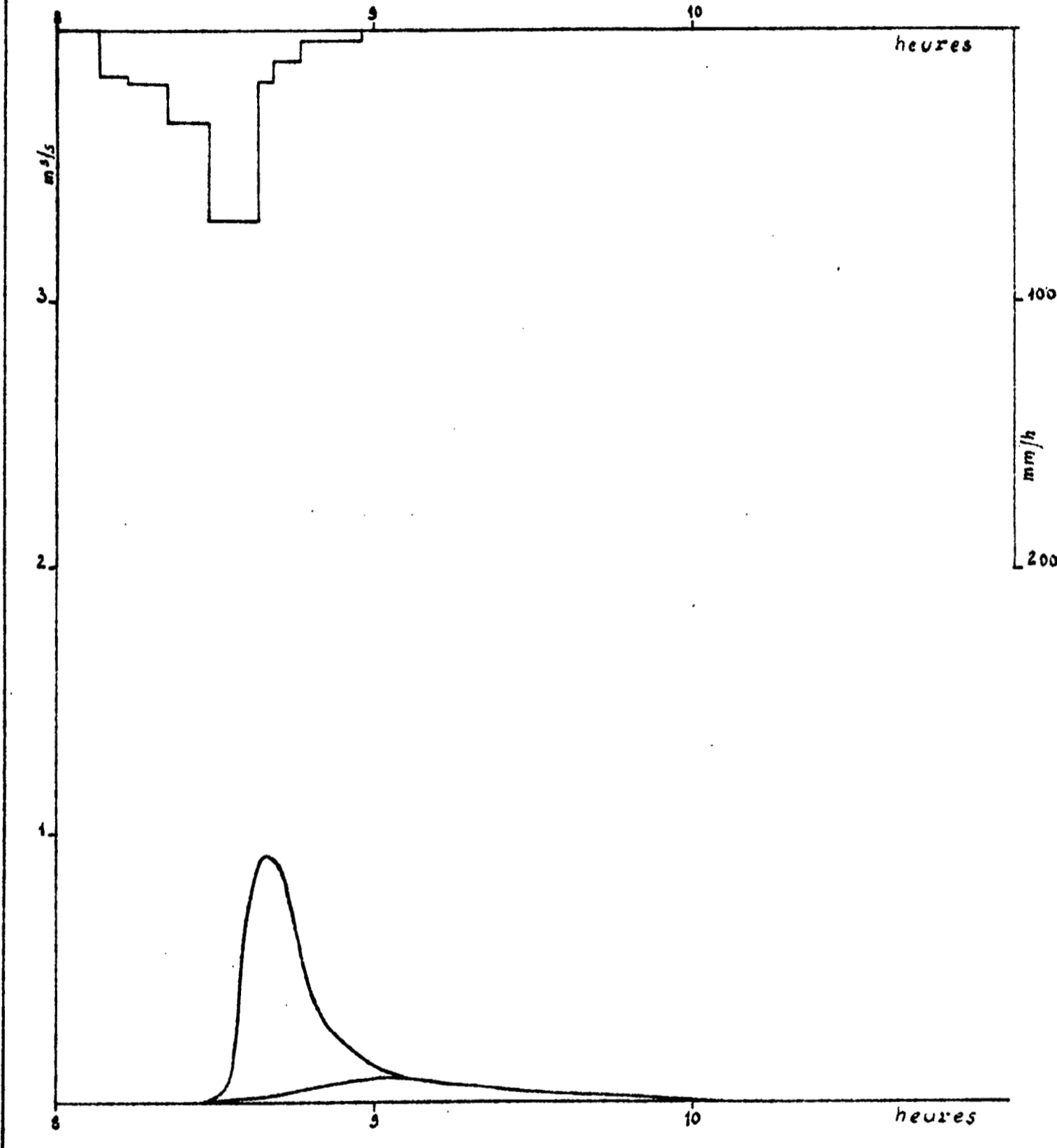


NIG-71 4 89

Station II DISPENSAIRE



Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR

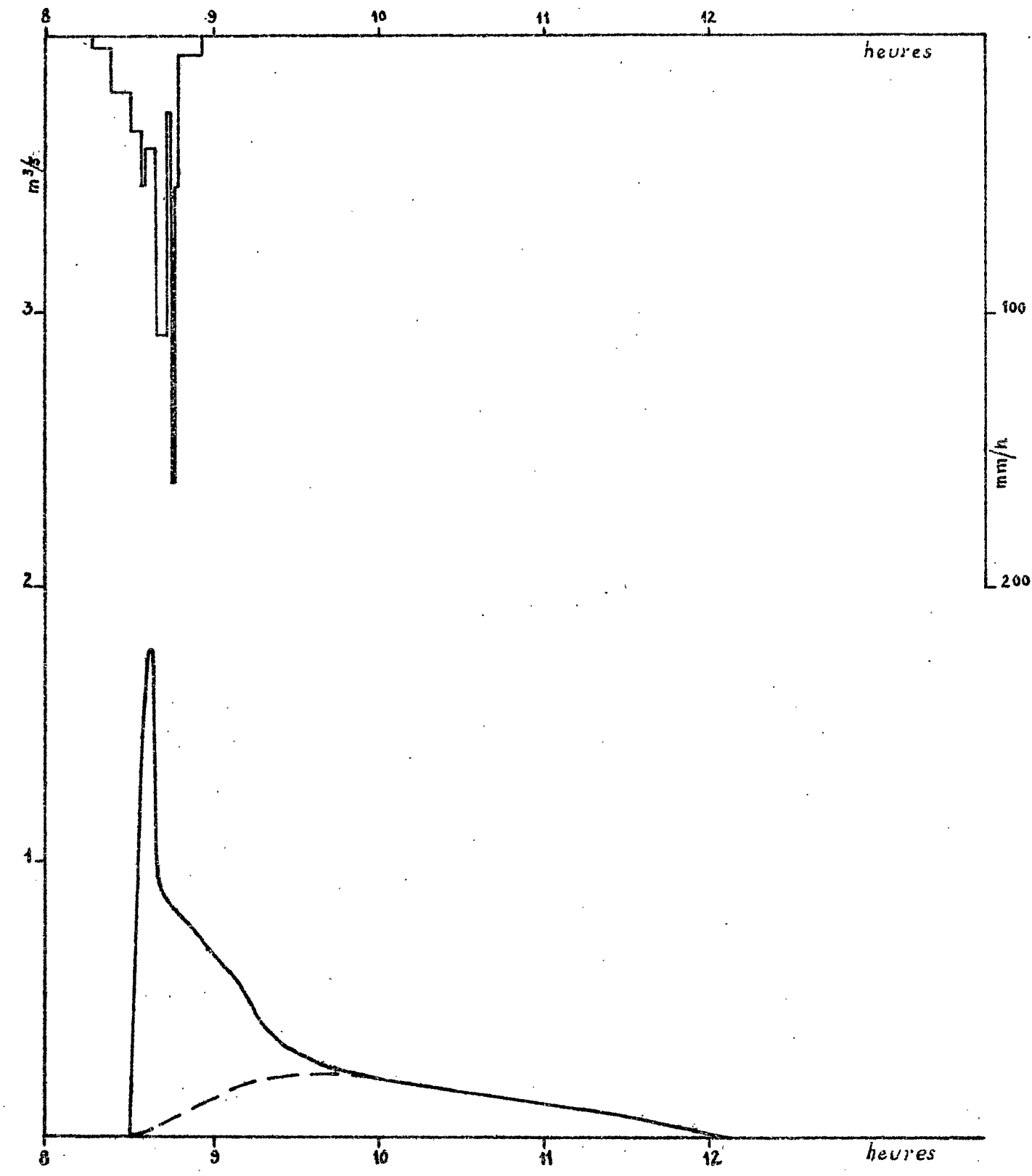


Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOC6OUVWMSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhdpggyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOC6OUVWMSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhdpggyjt 7142385690



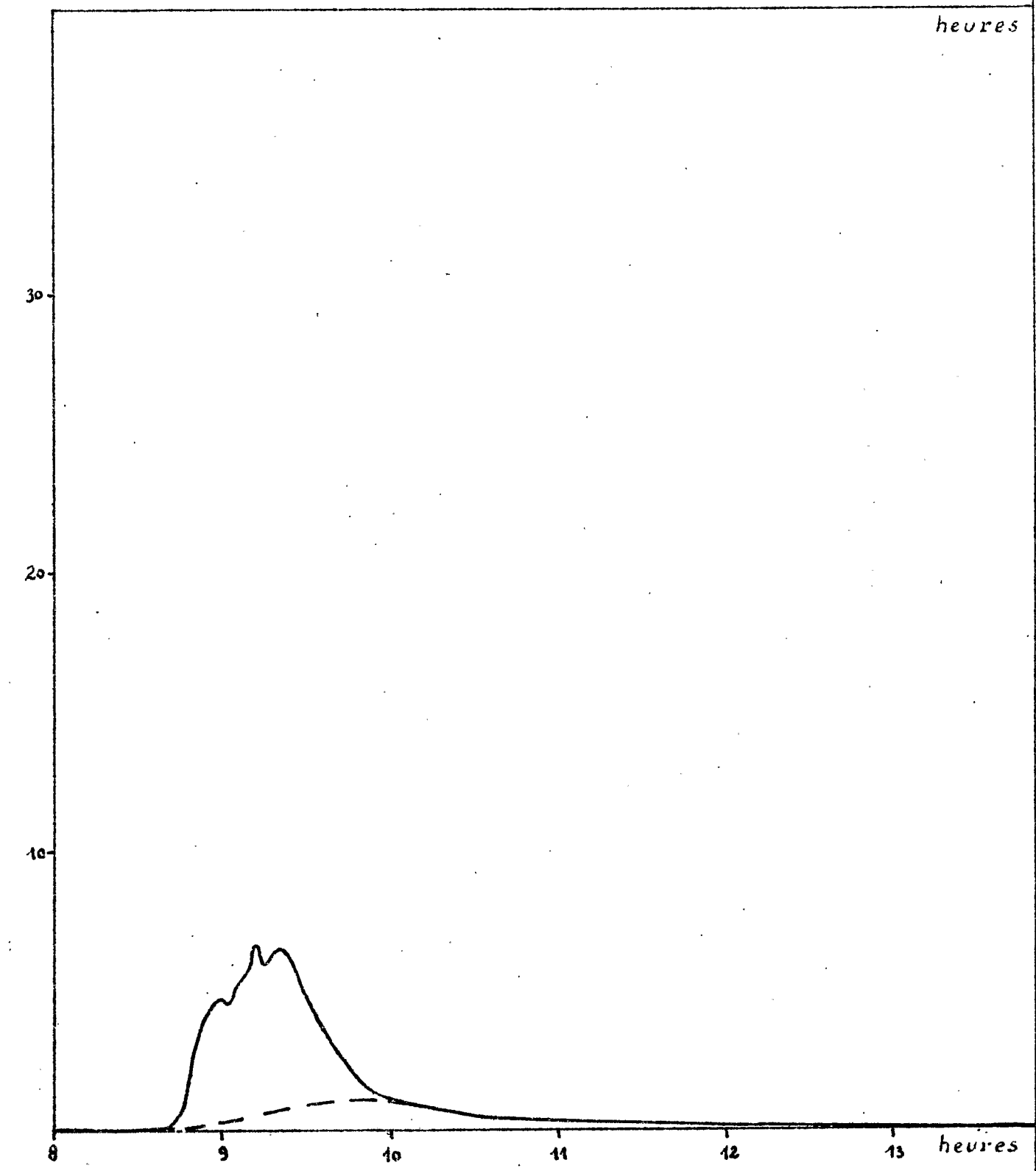


Station VI Jaugeur PARSHALL  
Crue n° 2 du 5-7-65



NIG-71 490

Station V Exutoire



VERSE N° 3

BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

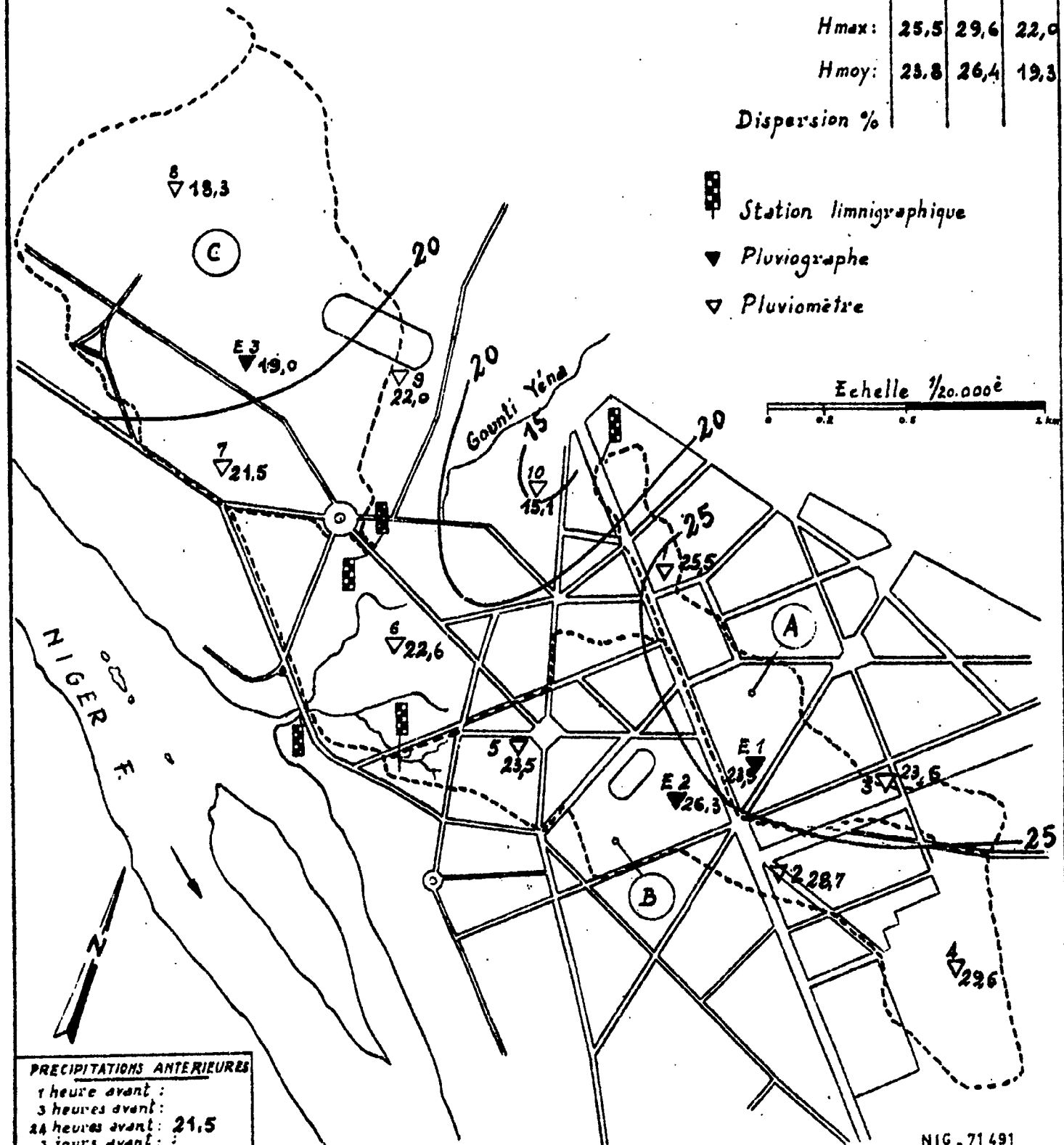
Isohyètes pour l'averse du: 14-7-65

	A	B	C
H min:	23,6	23,5	18,3
H max:	25,5	29,6	22,0
H moy:	23,8	26,4	19,3

Dispersion %

- Station limnigraphique
- Pluviographe
- Pluviomètre

Echelle 1/20.000<sup>e</sup>

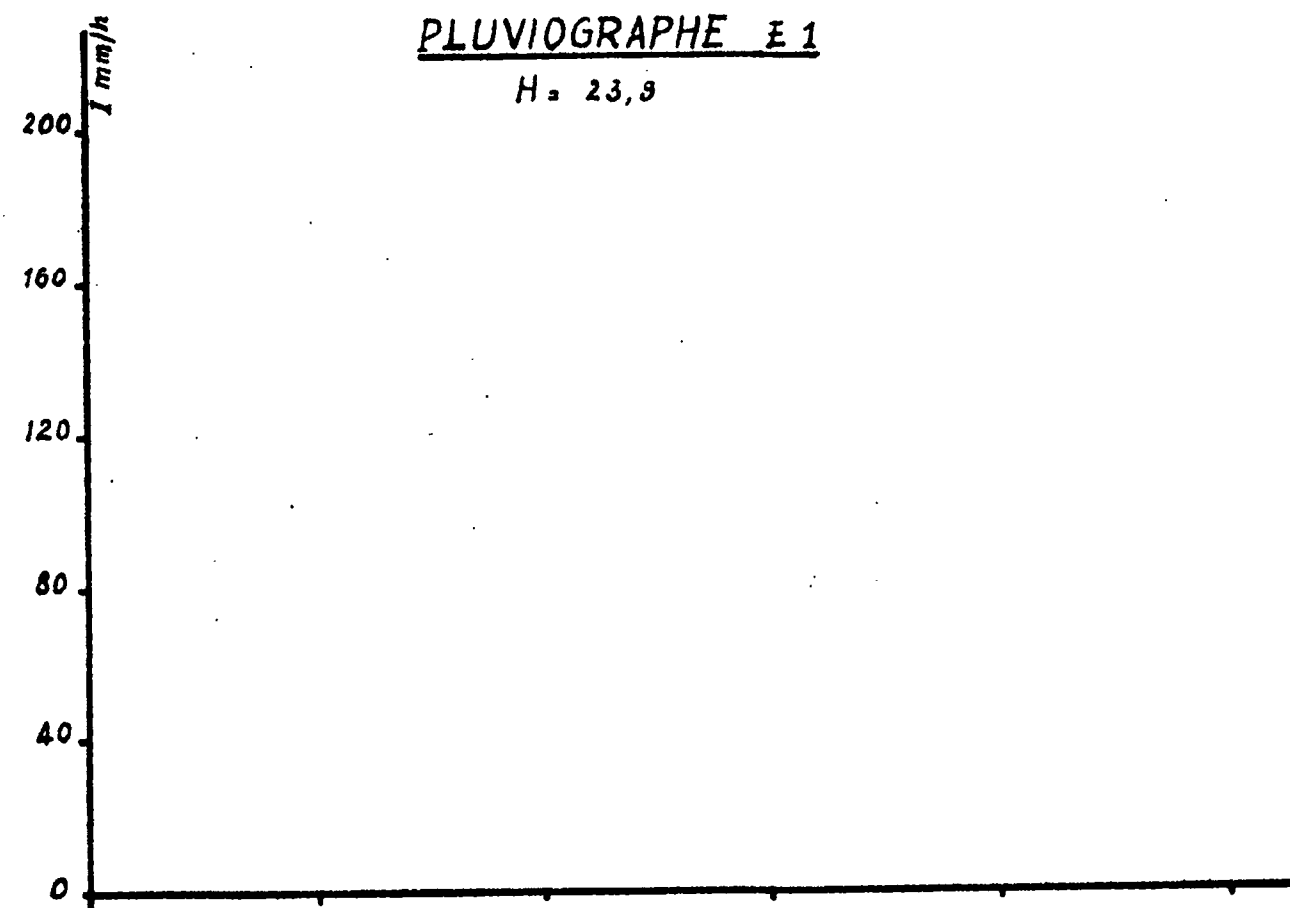


PRECIPITATIONS ANTERIEURES  
 1 heure avant :  
 3 heures avant :  
 24 heures avant : 21,5  
 3 jours avant :  
 10 jours avant : 59,9

NIG. 71 491

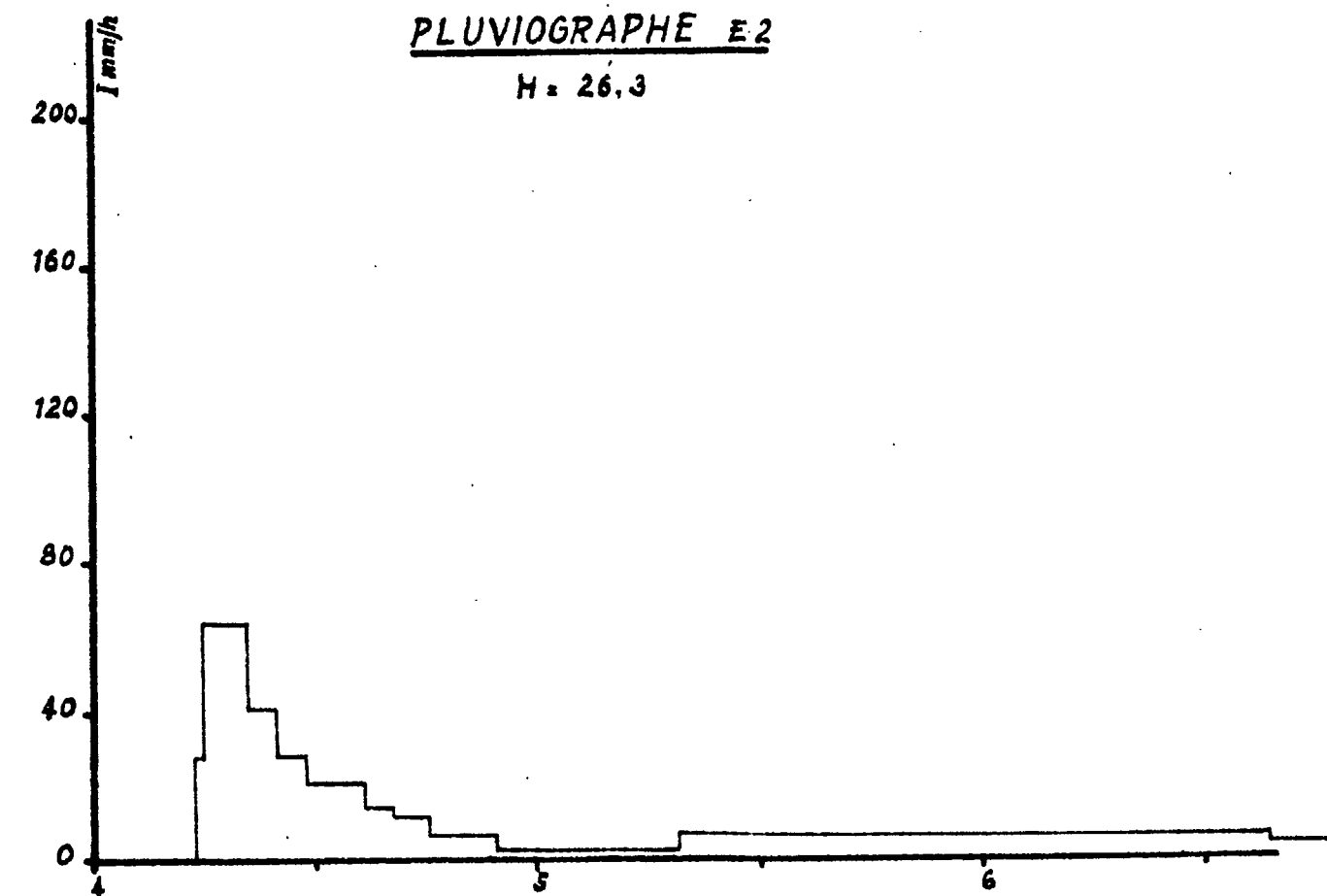
PLUVIOGRAPHE E1

H = 23,9



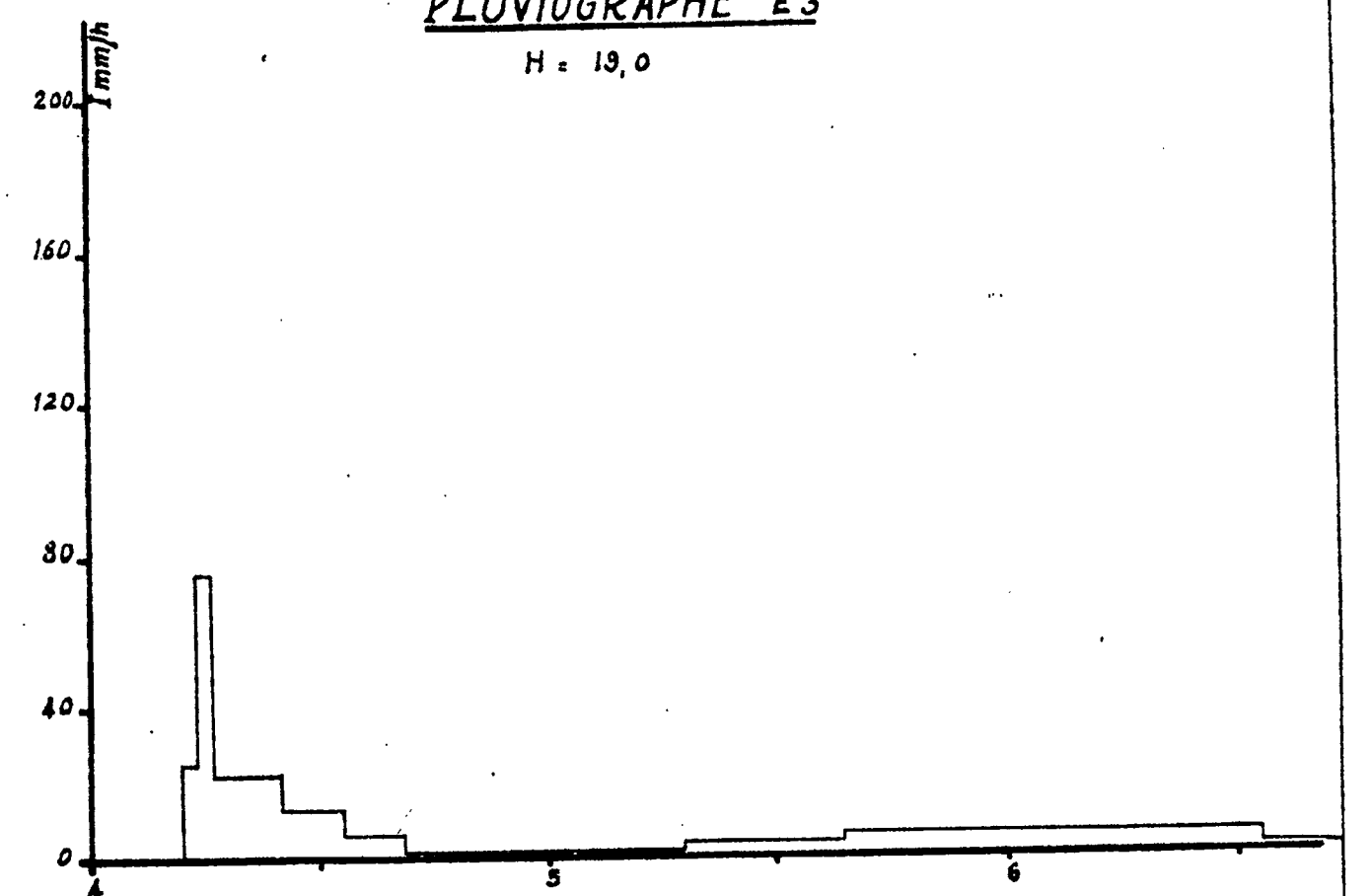
PLUVIOGRAPHE E2

H = 26,3

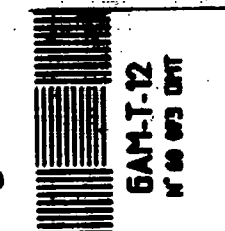


PLUVIOGRAPHE E3

H = 19,0



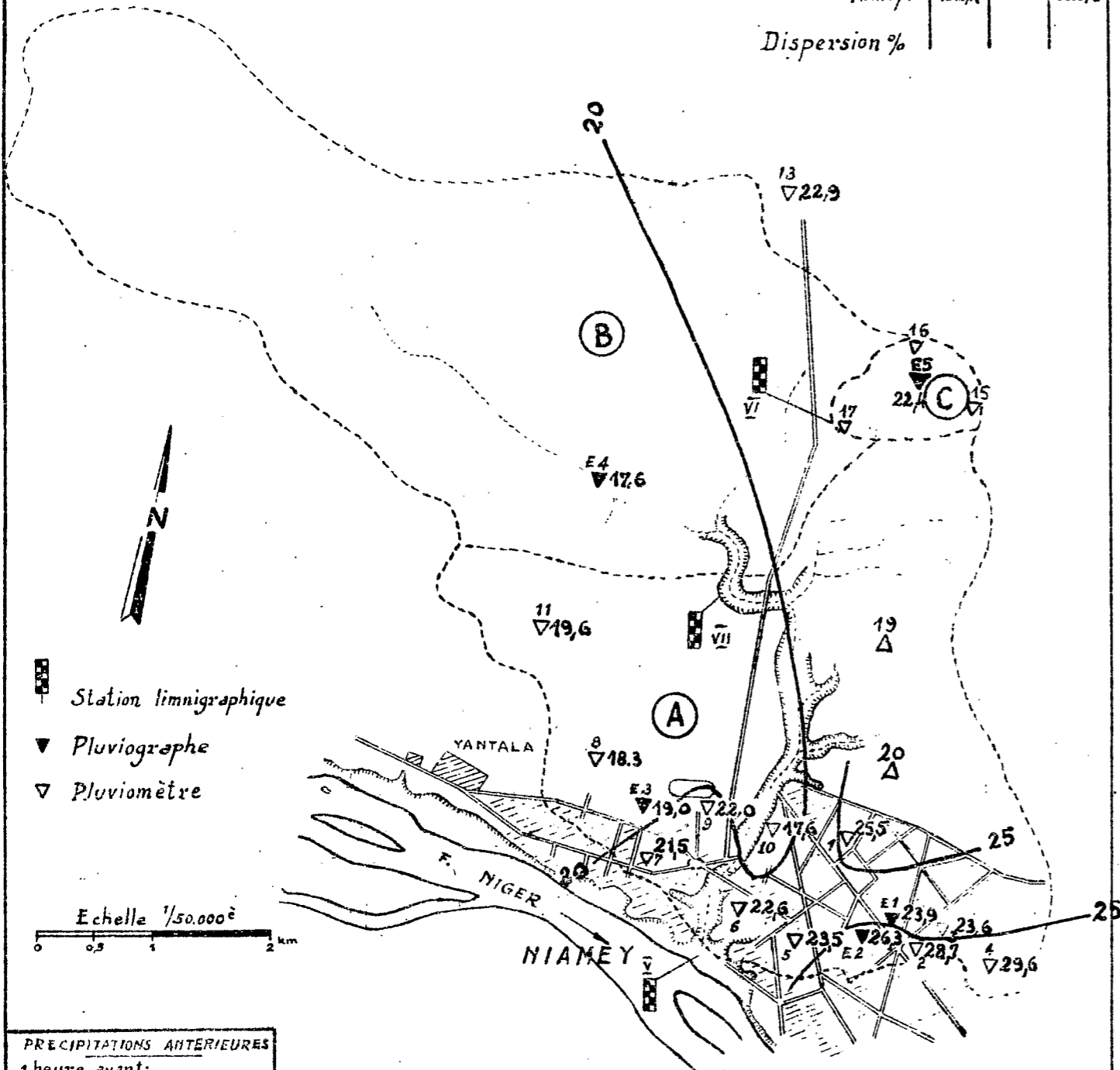
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTLJDOCQUVWNSZXY  
 zsaocmuvnwxfkhdpggyj 7142385690  
 Pour A2 A3 A4: ABERPFTLJDOCQUVWNSZXY  
 zsaocmuvnwxfkhdpggyj 7142385690



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Isohyètes pour l'averse du: 14-7-65

	A	B	C
H min:			15,1
H max:			29,6
H moy:	22,4		22,3
Dispersion %			

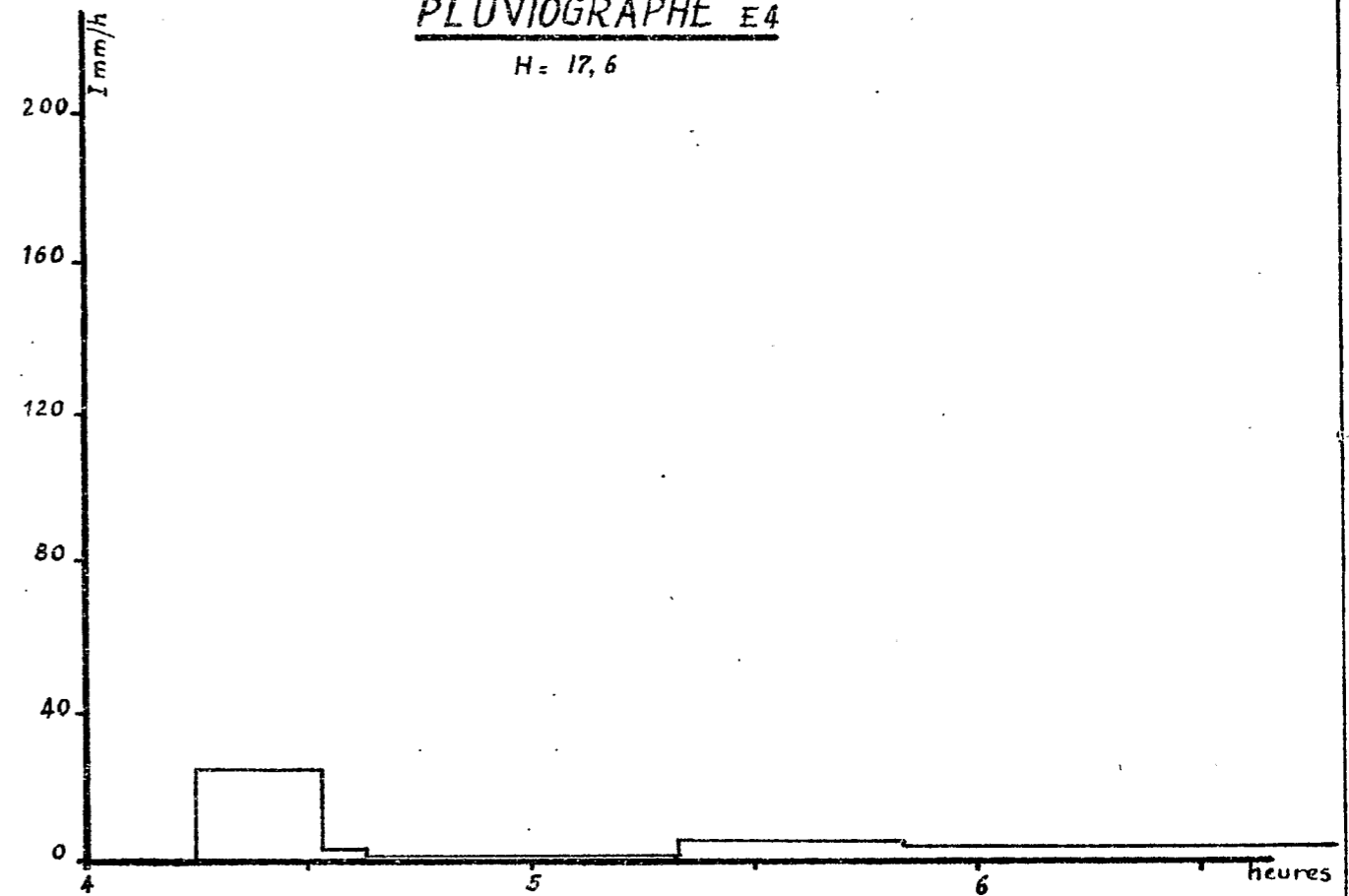


PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant:	
3 heures avant:	
24 heures avant:	21,5
3 jours avant:	13,0
10 jours avant:	63,2

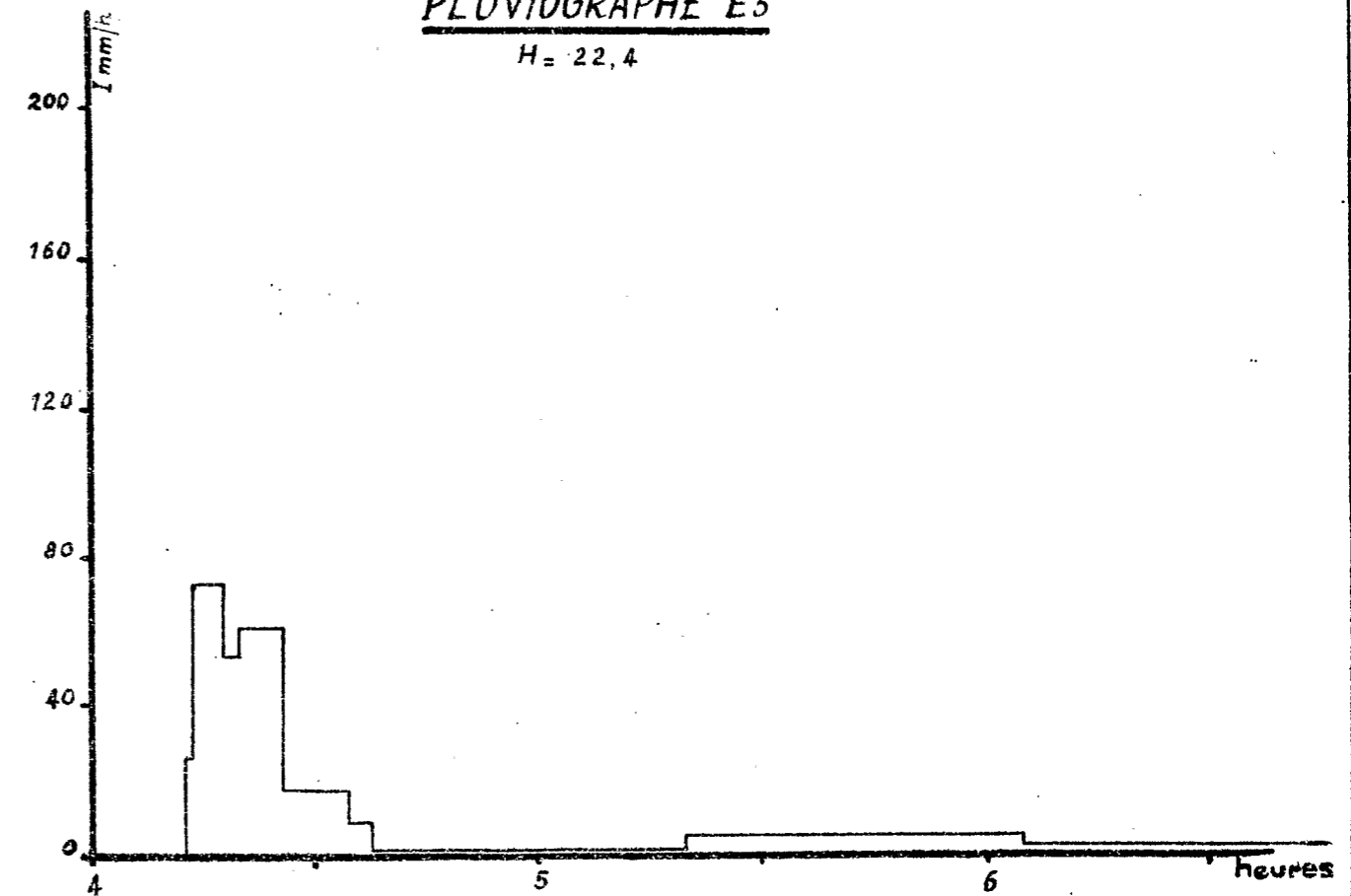
## PLUVIOGRAPHE E4

H = 17,6

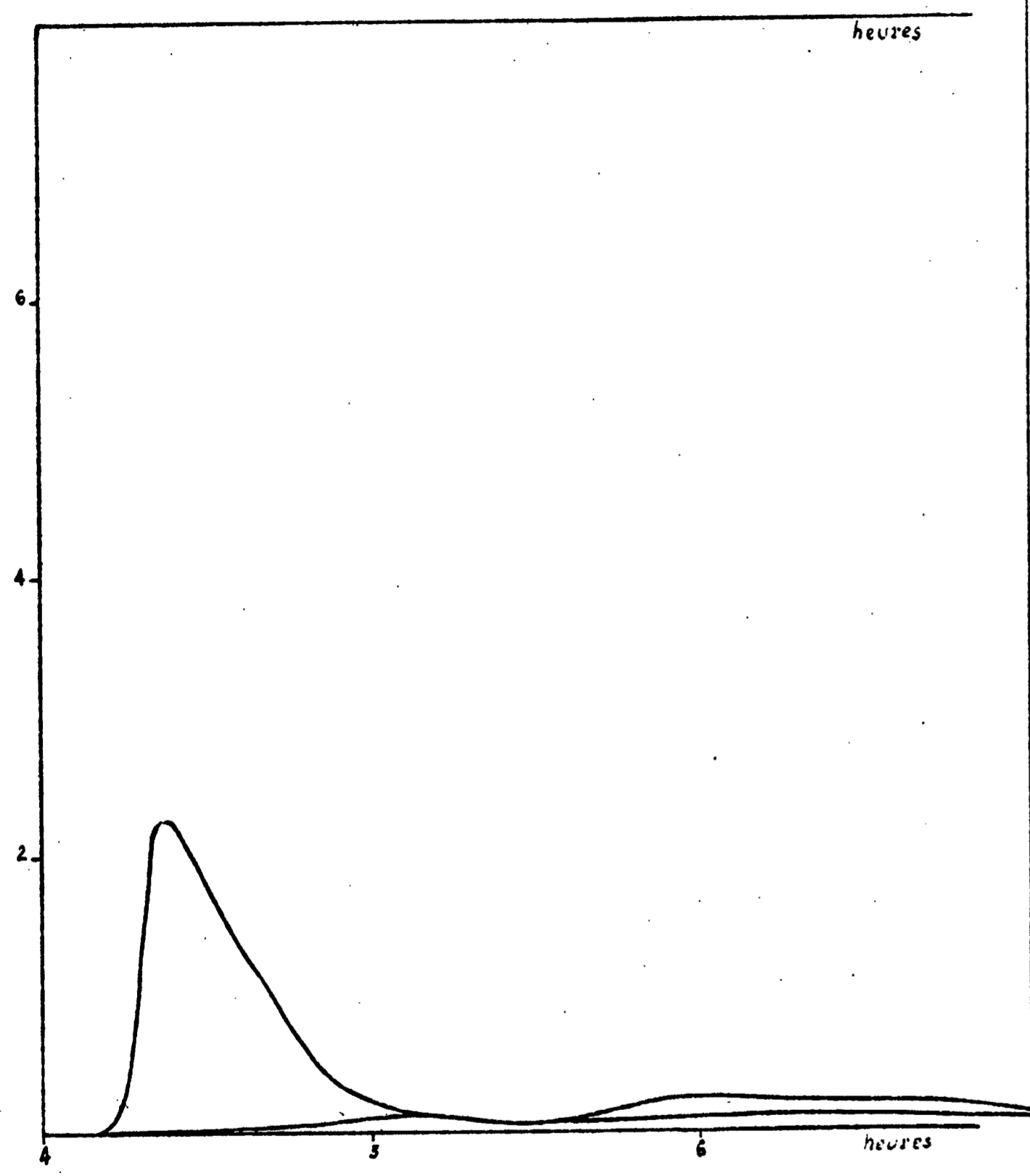


## PLUVIOGRAPHE E5

H = 22,4

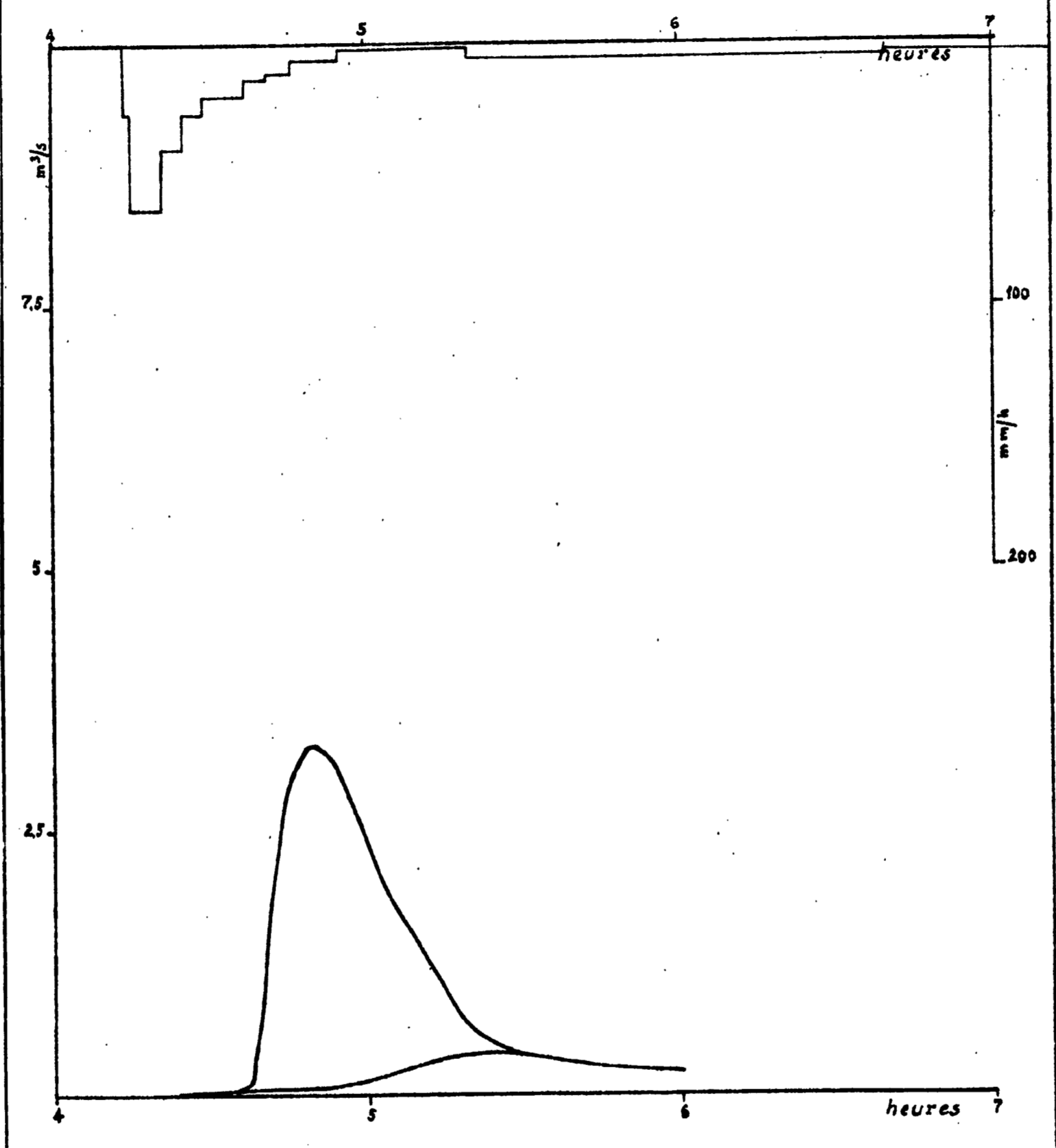


Station I Avenue SALAMA  
 Crue n° 3 du 14-7-65

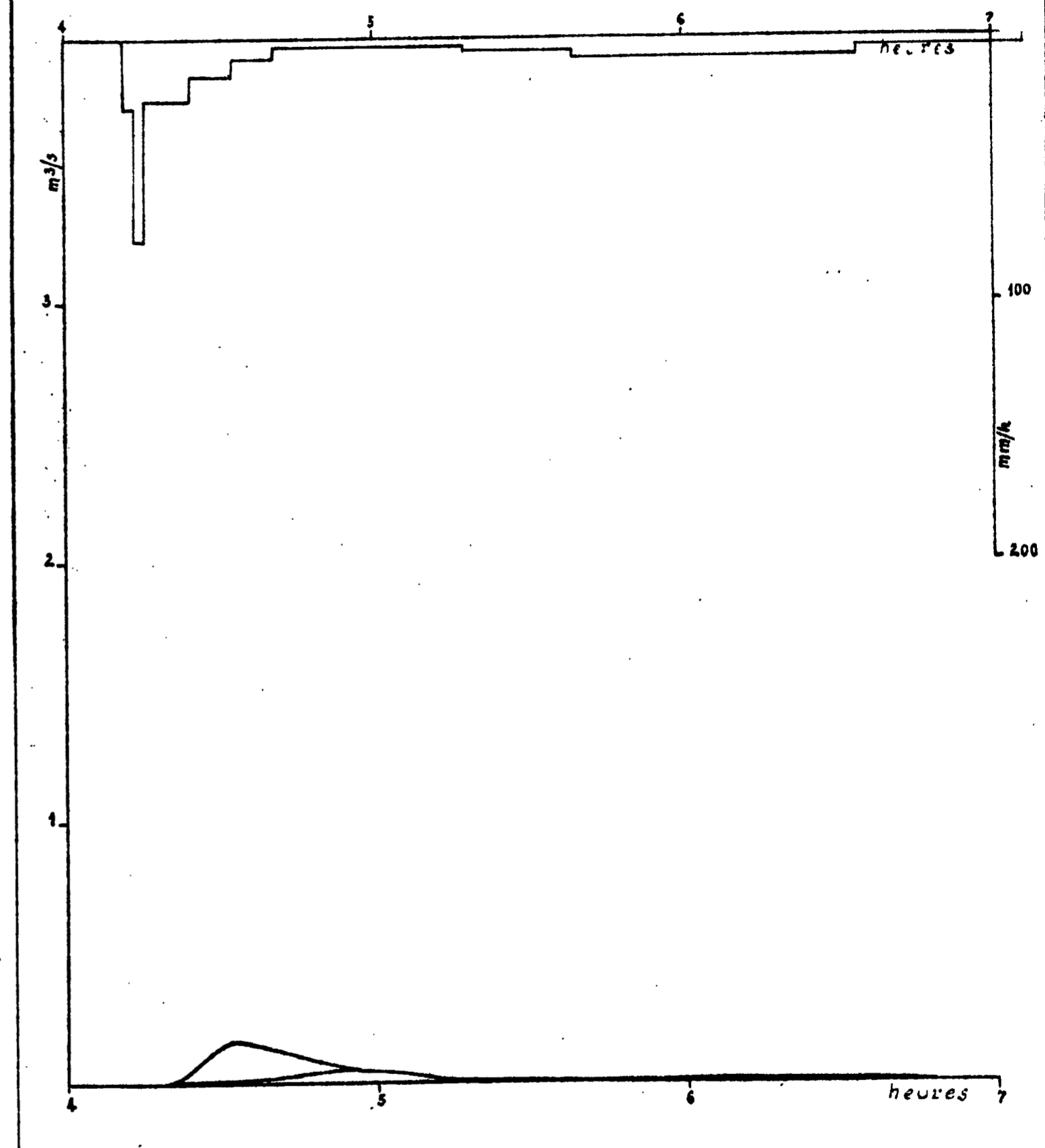


NIG. 71 483

Station II DISPENSAIRE



Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR

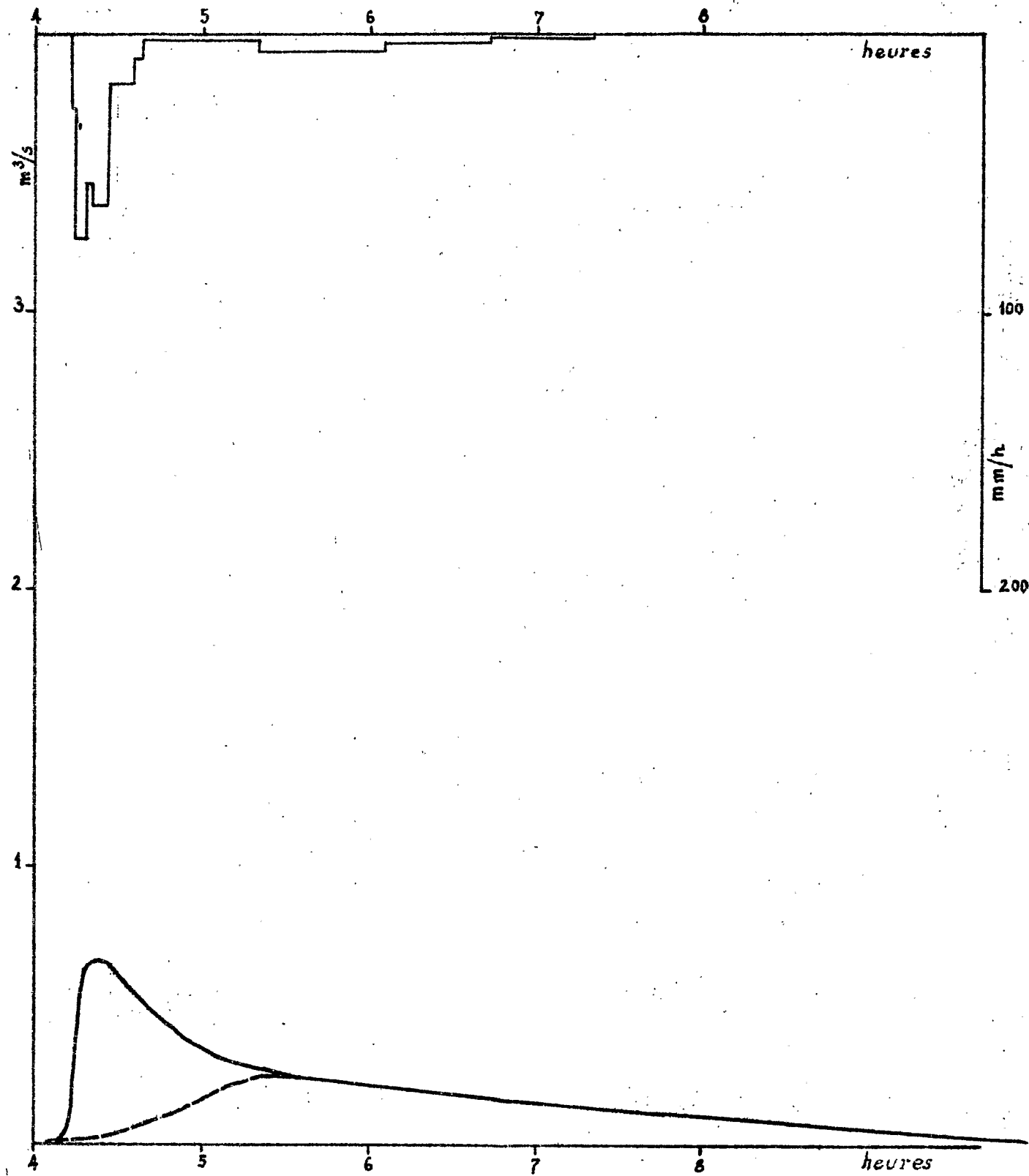


Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPPTHLLJDOCQVWVWNSZXY  
 zsaocmuvnxirfkhbdpqqj 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPPTHLLJDOCQVWVWNSZXY  
 zsaocmuvnxirfkhbdpqqj 7142385690



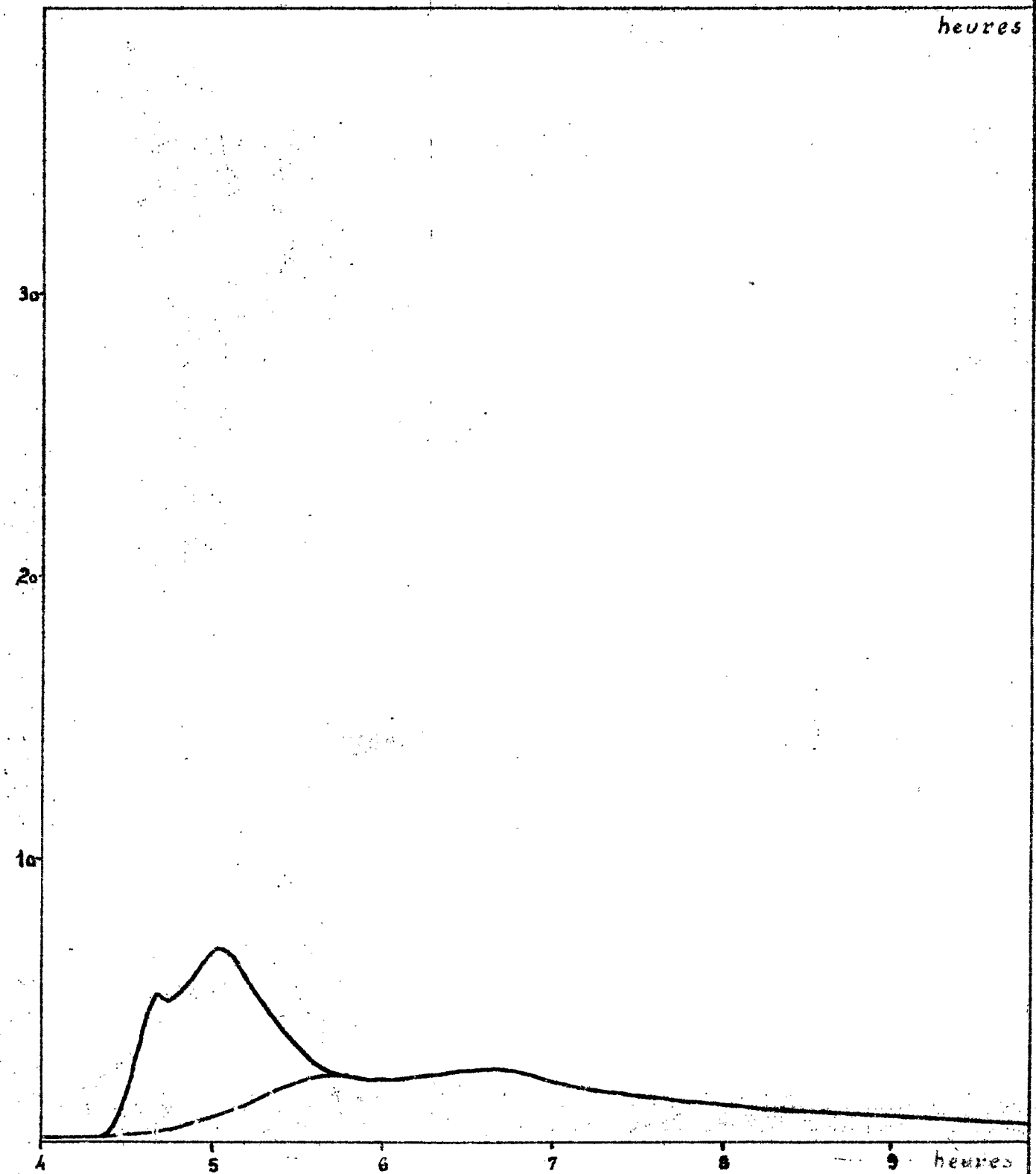
Station VI Jaugeur PARSHALL

Crue n° 3 du 14-7-65



NIG 71494

Station V Exutoire



# BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

VERSE N° 4

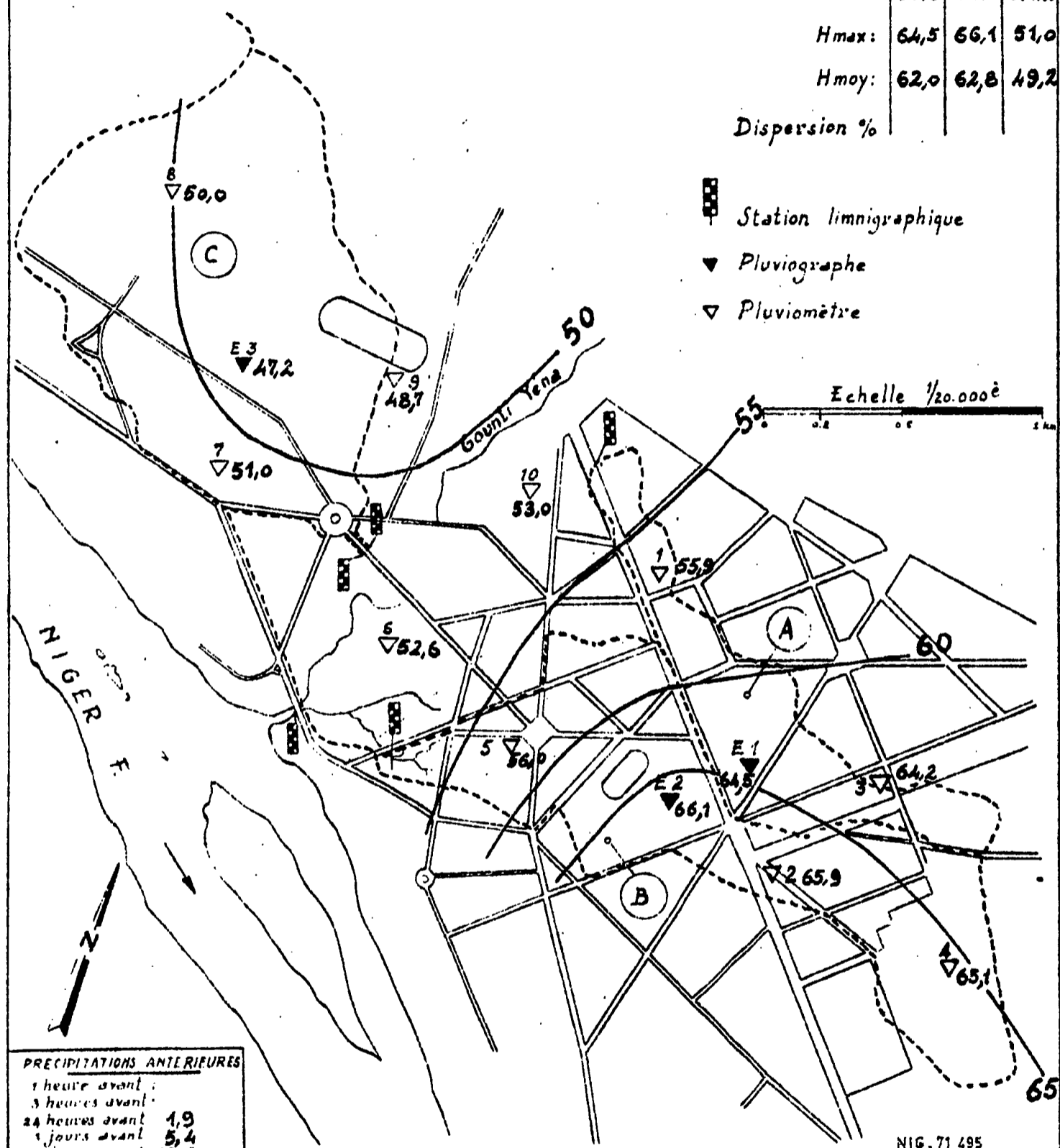
Isohyètes pour l'averse du: 6-8-65

	A	B	C
Hmin:	55,9	56,0	47,2
Hmax:	64,5	66,1	51,0
Hmoy:	62,0	62,8	49,2

Dispersion %

- Station limnigraphique
- Pluviographe
- Pluviomètre

Echelle 1/20.000



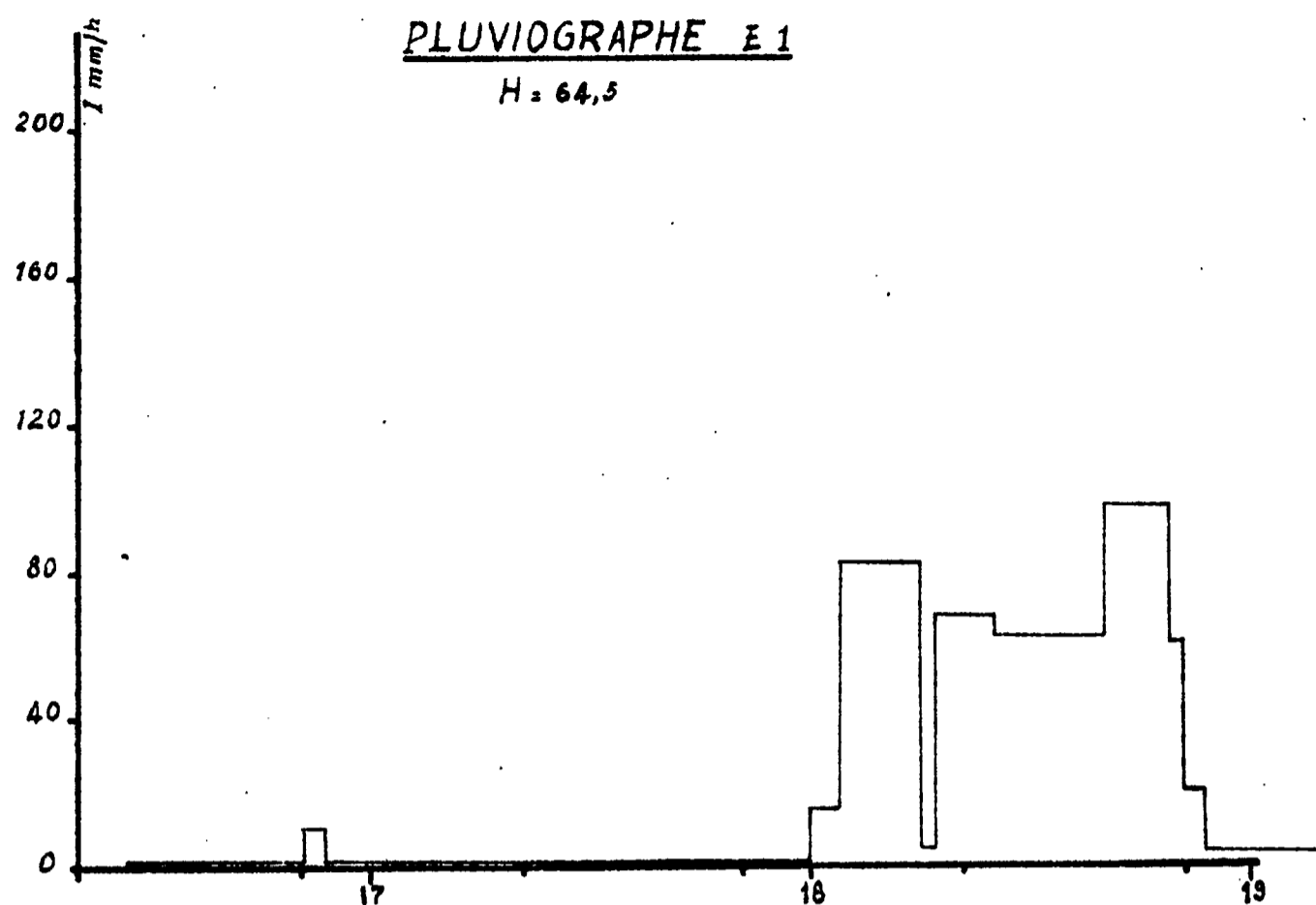
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant:	
3 heures avant:	
24 heures avant:	1,9
1 jours avant:	5,4
10 jours avant:	19,6

NIG. 71 495

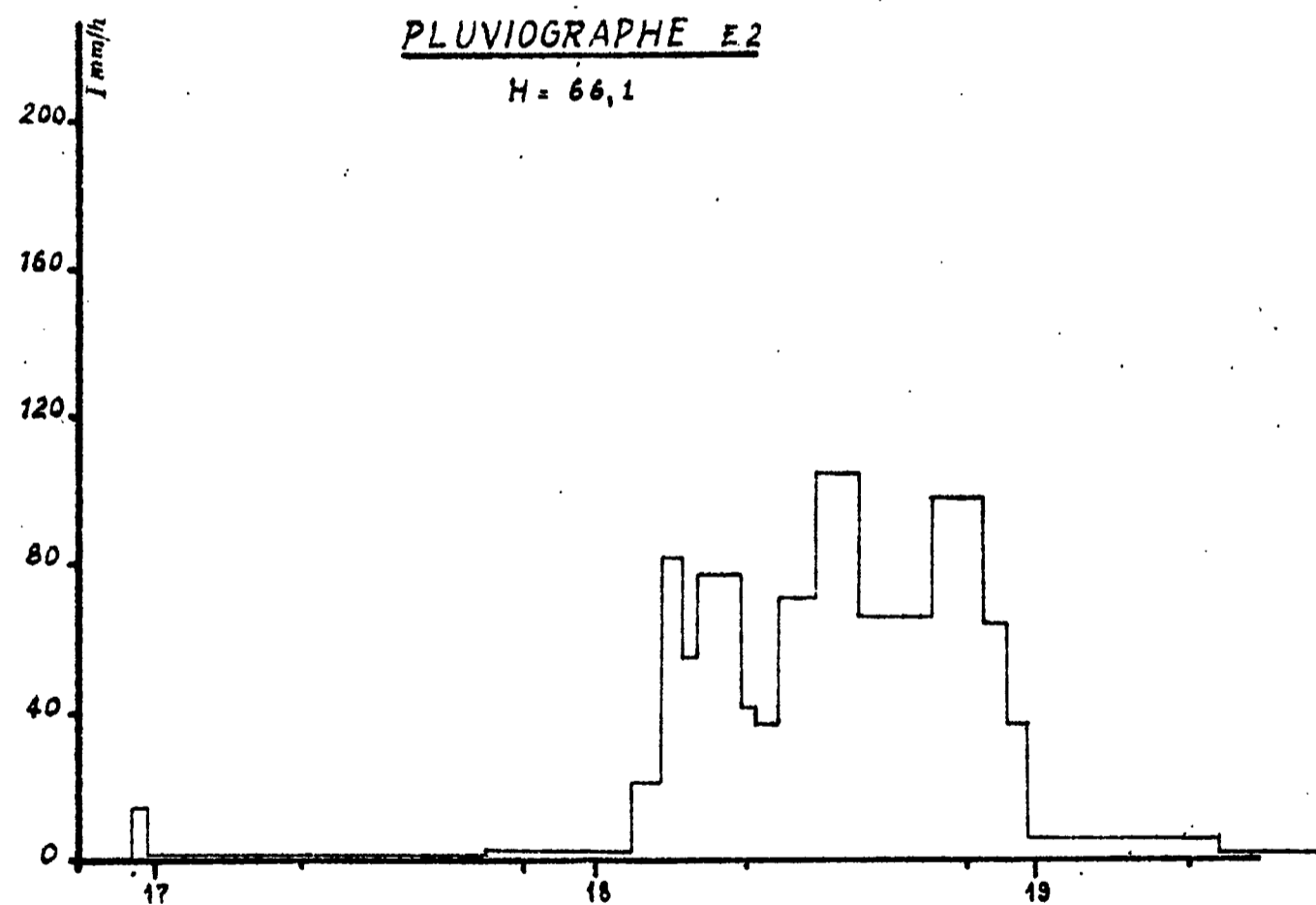
## PLUVIOGRAPHE E1

H = 64,5



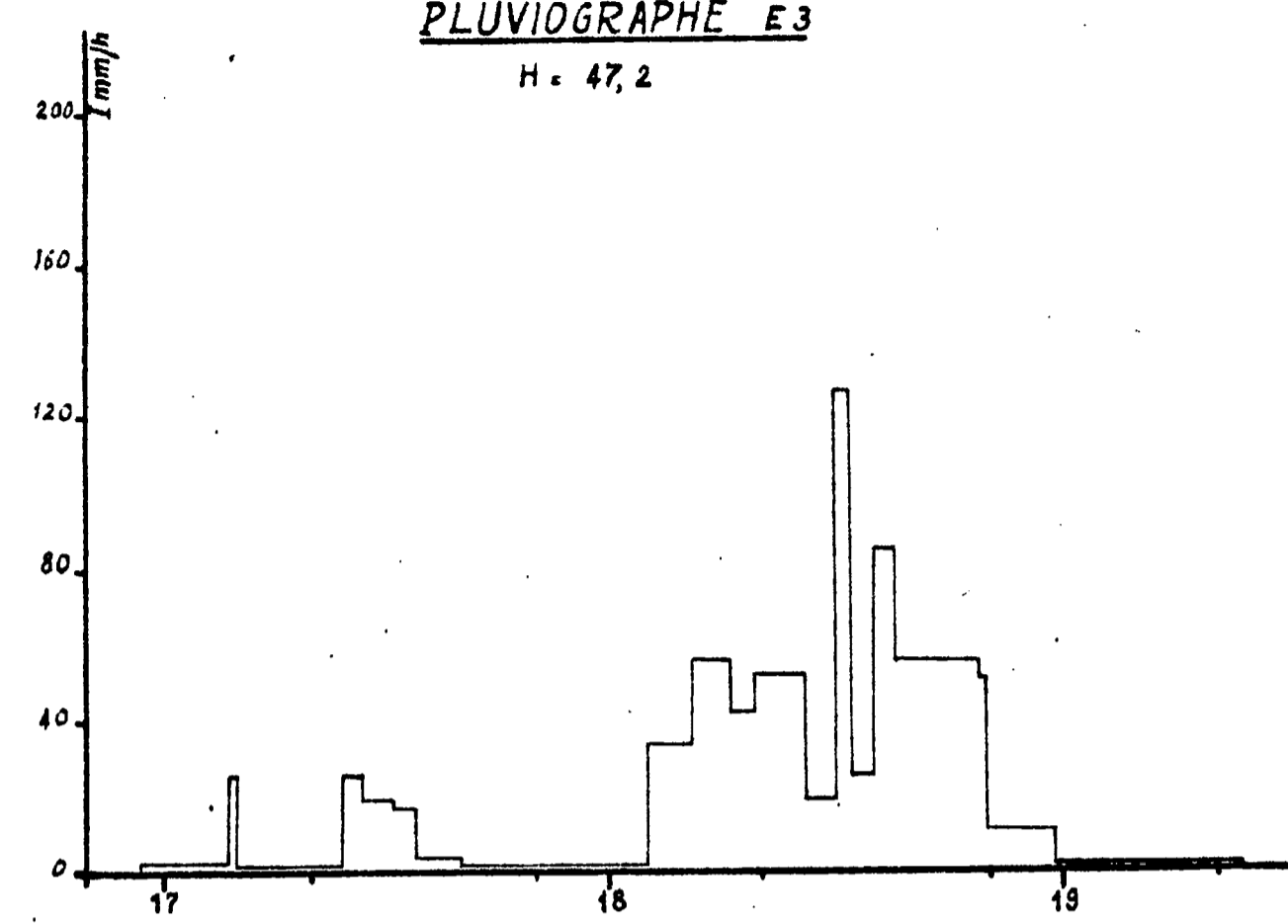
## PLUVIOGRAPHE E2

H = 66,1

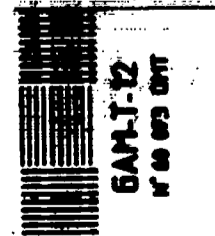


## PLUVIOGRAPHE E3

H = 47,2



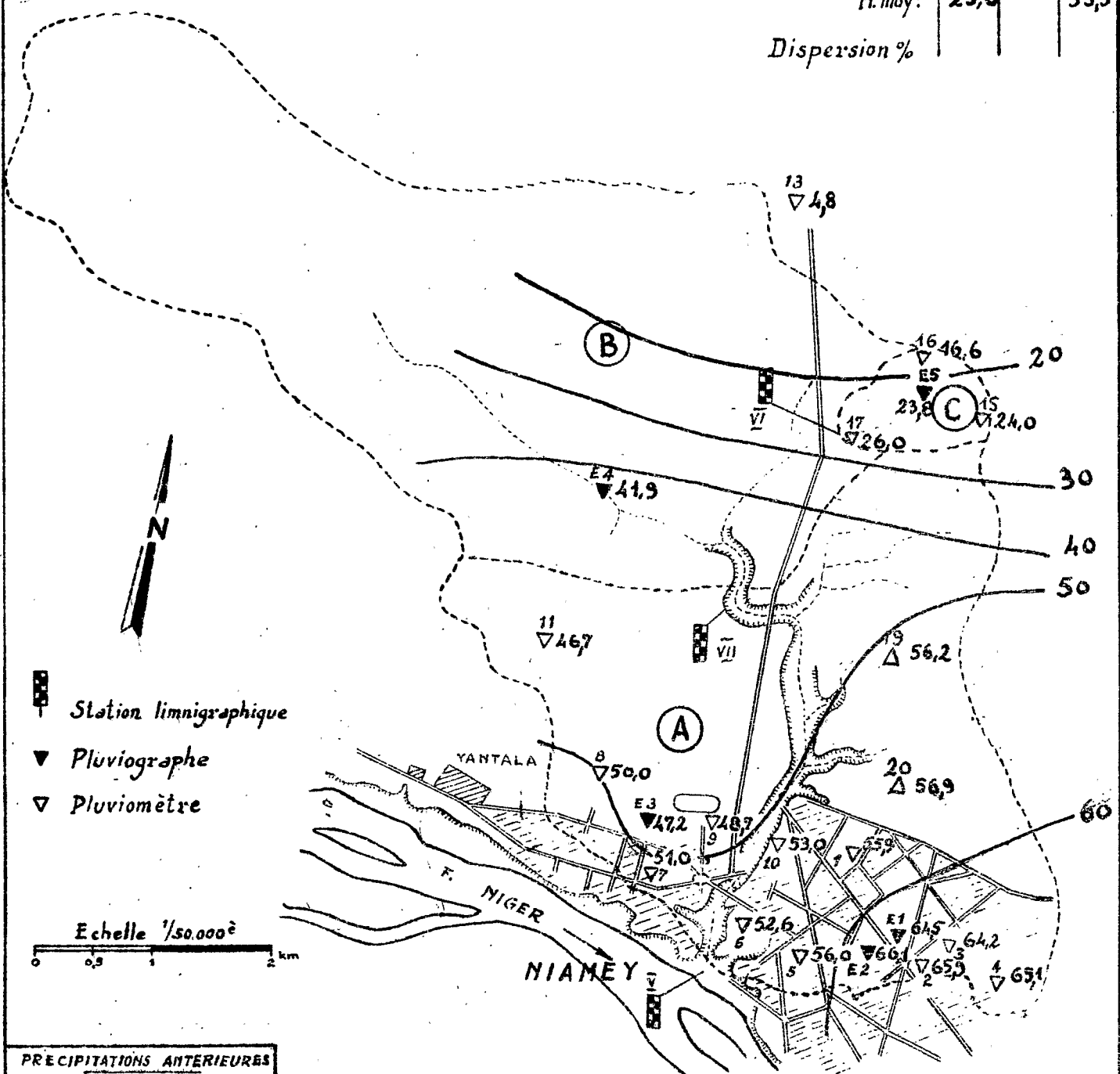
Cette mire doit être lue dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrkhdpggyj 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGUVWMSZXY  
 zsaocmuvnwixrkhdpggyj 7142385690



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Isohyètes pour l'averse du: 6 - 8 - 65

	A	B	C
H min:	16,6		47,2
H max:	26,0		66,1
H. moy:	23,0		55,5
Dispersion %			

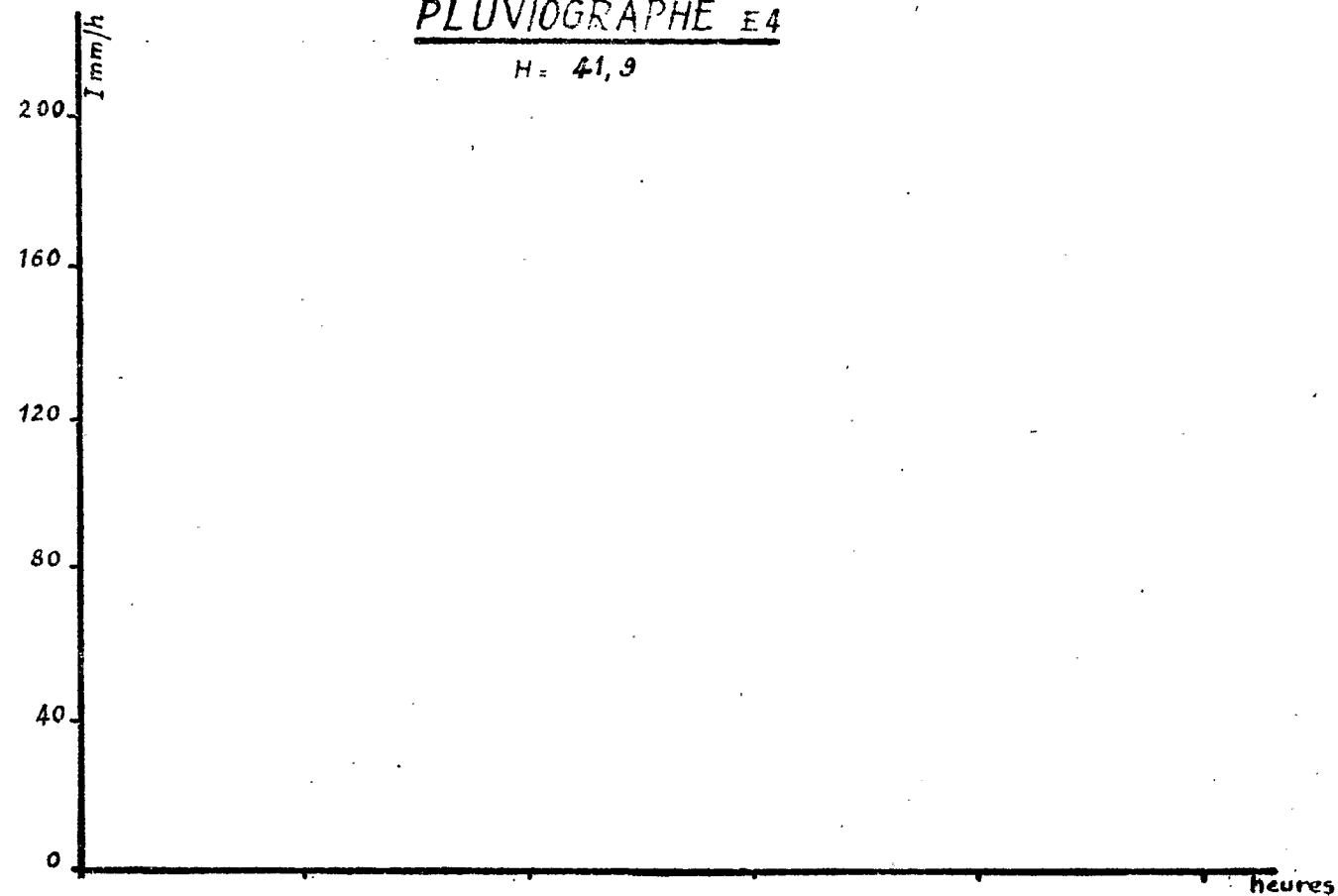


PRÉCIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant:	
3 heures avant:	
24 heures avant:	1,9
3 jours avant:	5,3
10 jours avant:	19,5

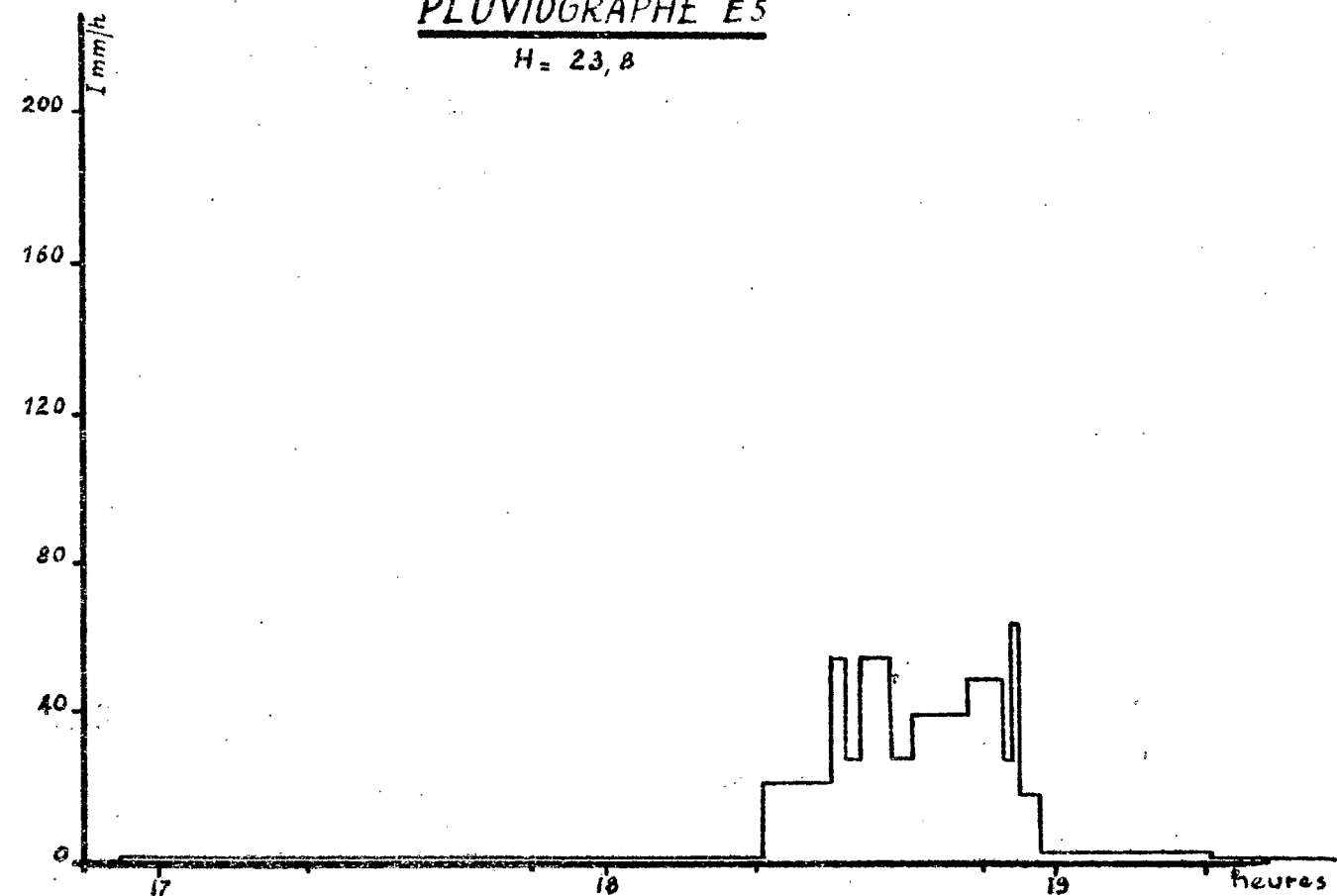
## PLUVIOGRAPHE E4

H = 41,9

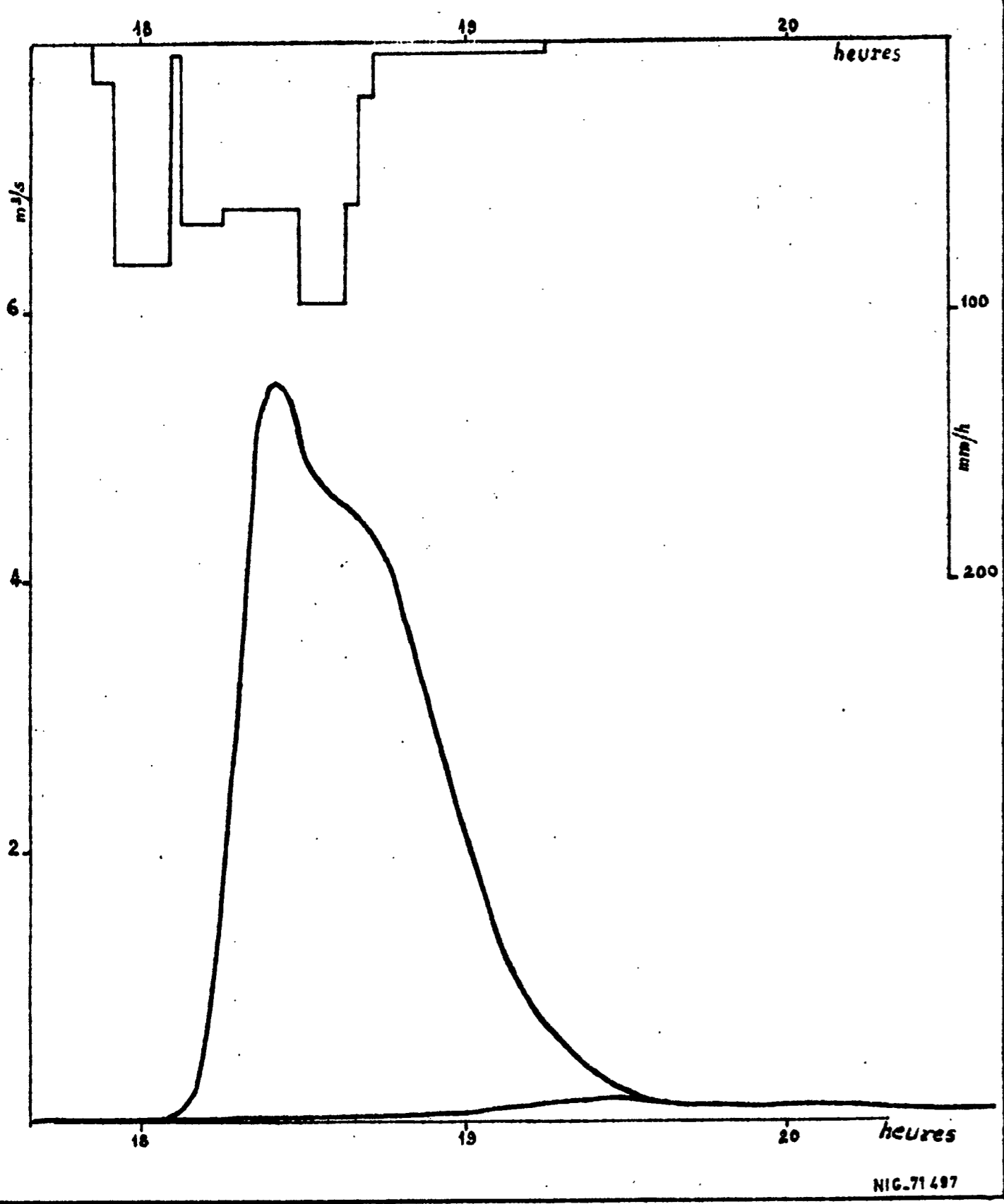


## PLUVIOGRAPHE E5

H = 23,8

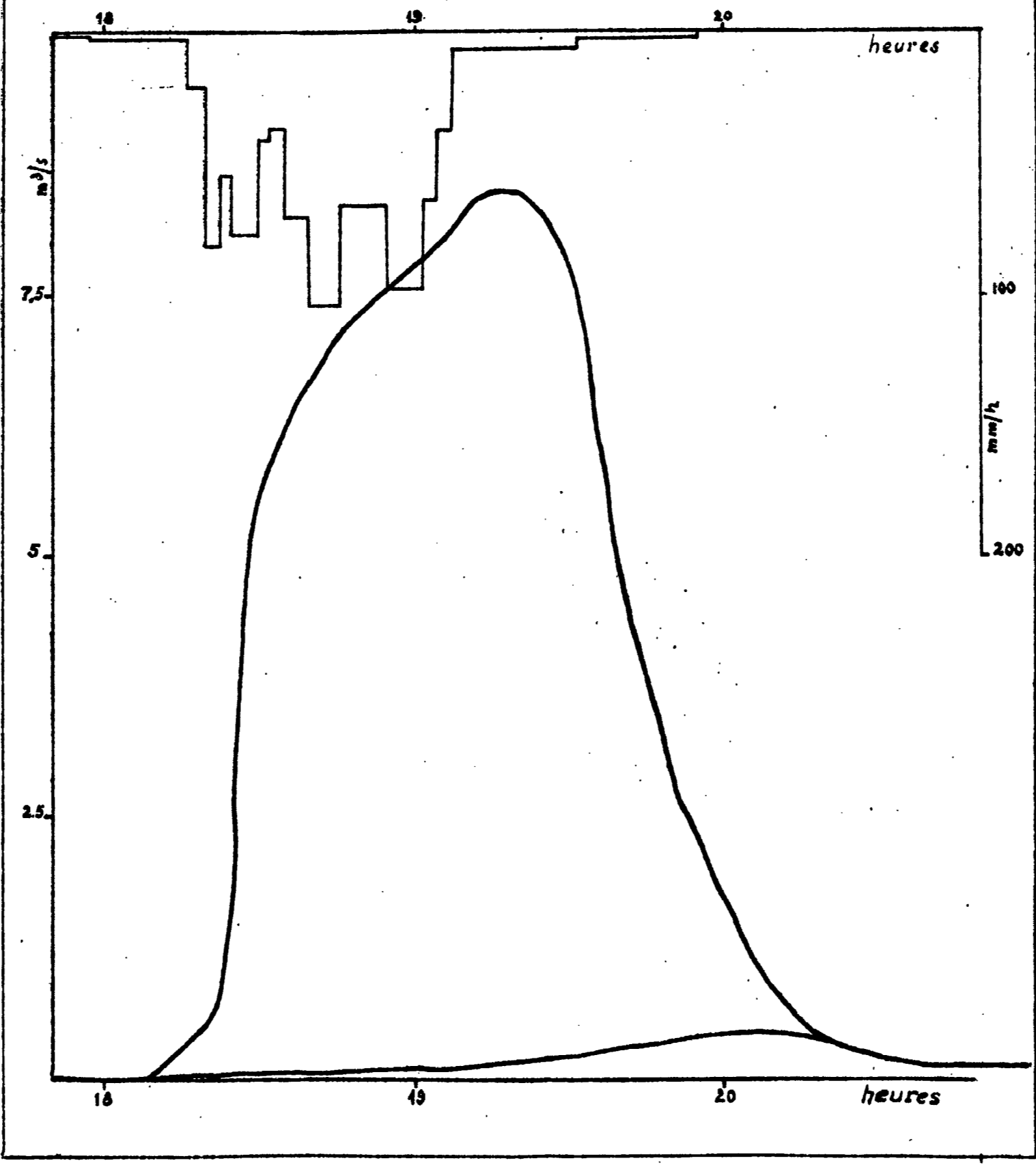


Station I Avenue SALAMA  
Crue n° 4 du 6-8-65

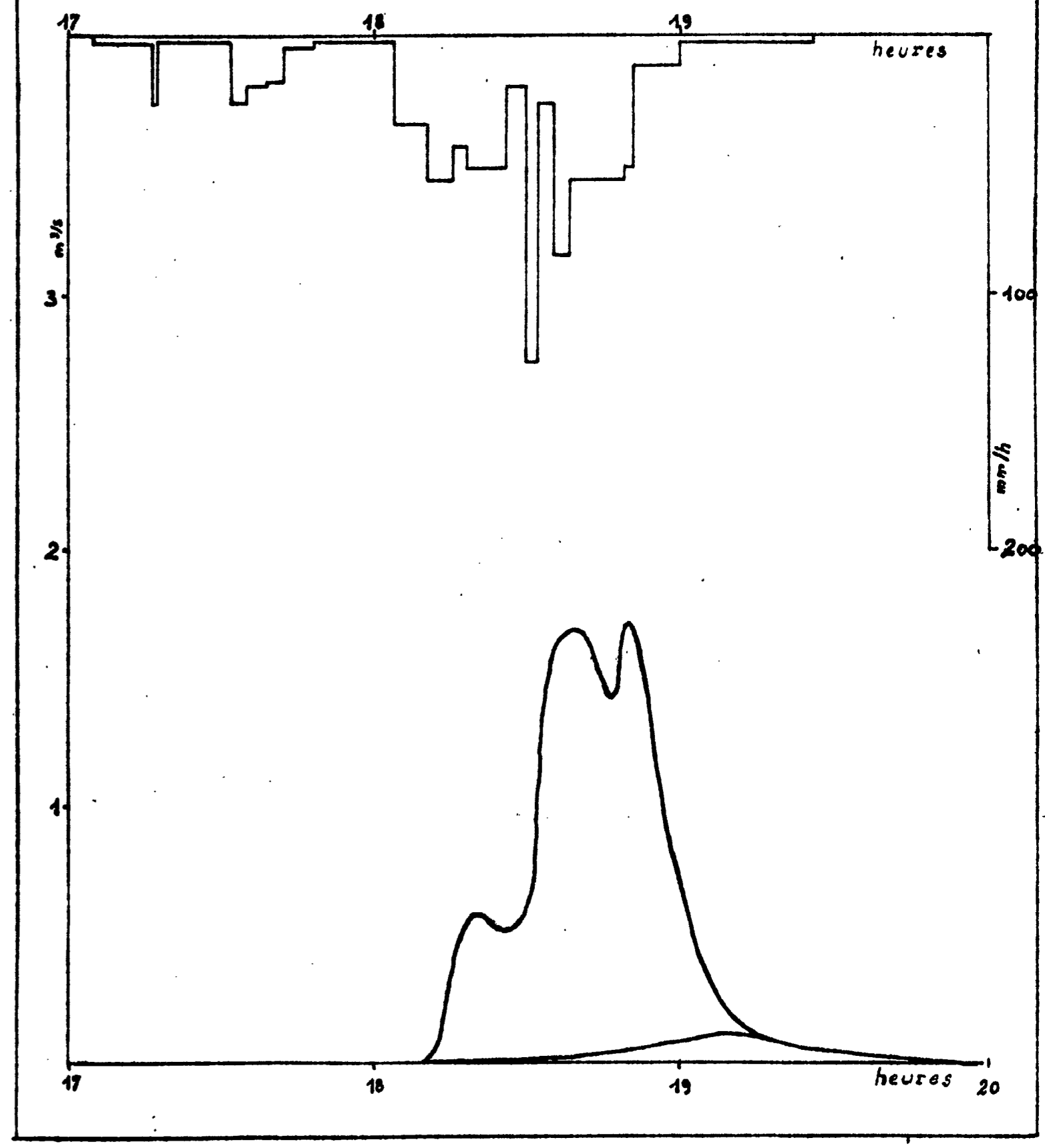


NIG-71497

Station II DISPENSAIRE



Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR



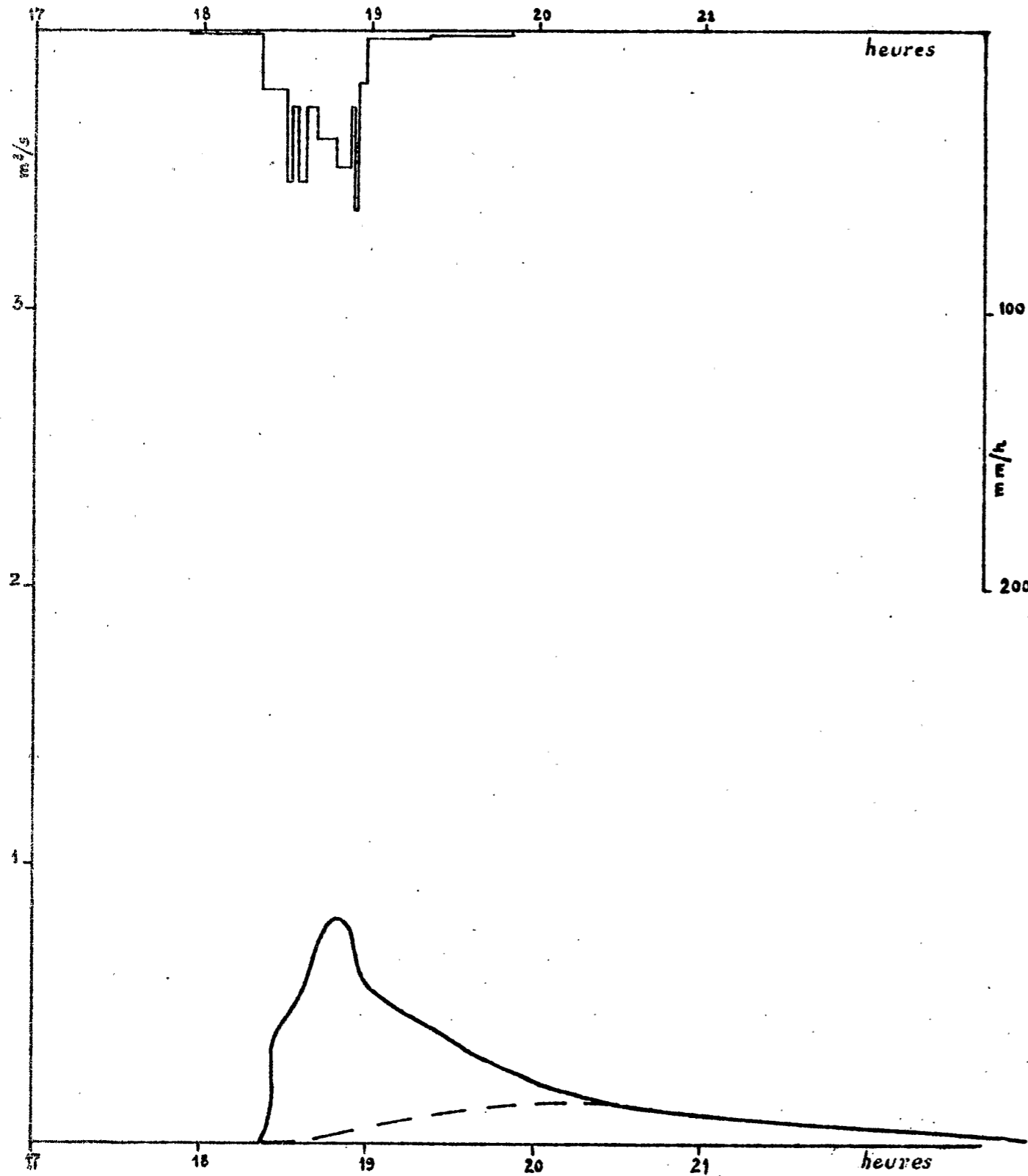
Cette mire doit être lue dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFIHLJDOCBQVWVNSZXY  
 zsaocauvwxrftchbdpqgjt 7142385690  
 Pour A2 A3 A4: ABERPFIHLJDOCBQVWVNSZXY  
 zsaocauvwxrftchbdpqgjt 7142385690



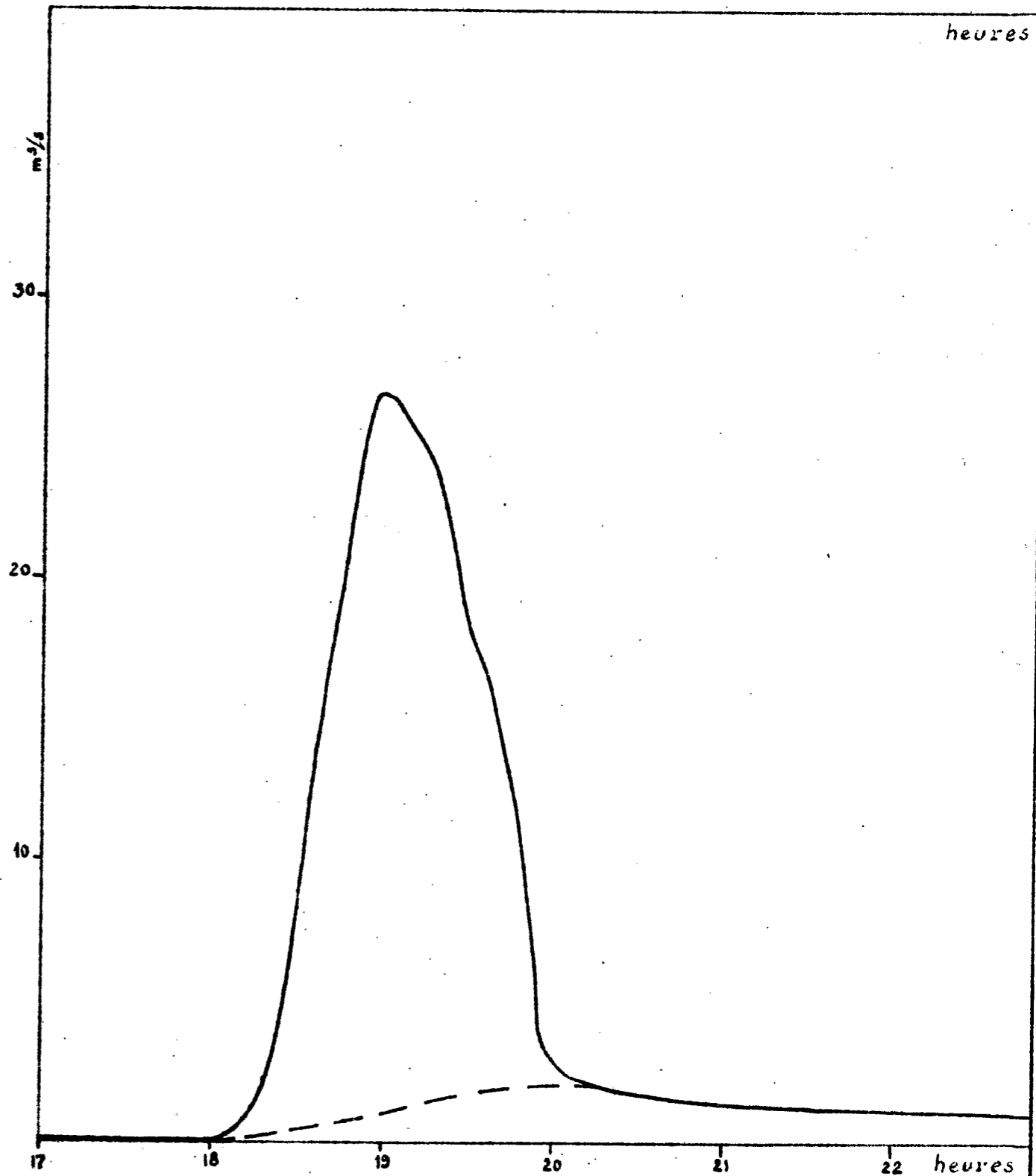


Station VI Jaugeur PARSHALL

Crue n° 4 du 6-8-65



Station V Exutoire






# BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

AVERSE N° 5

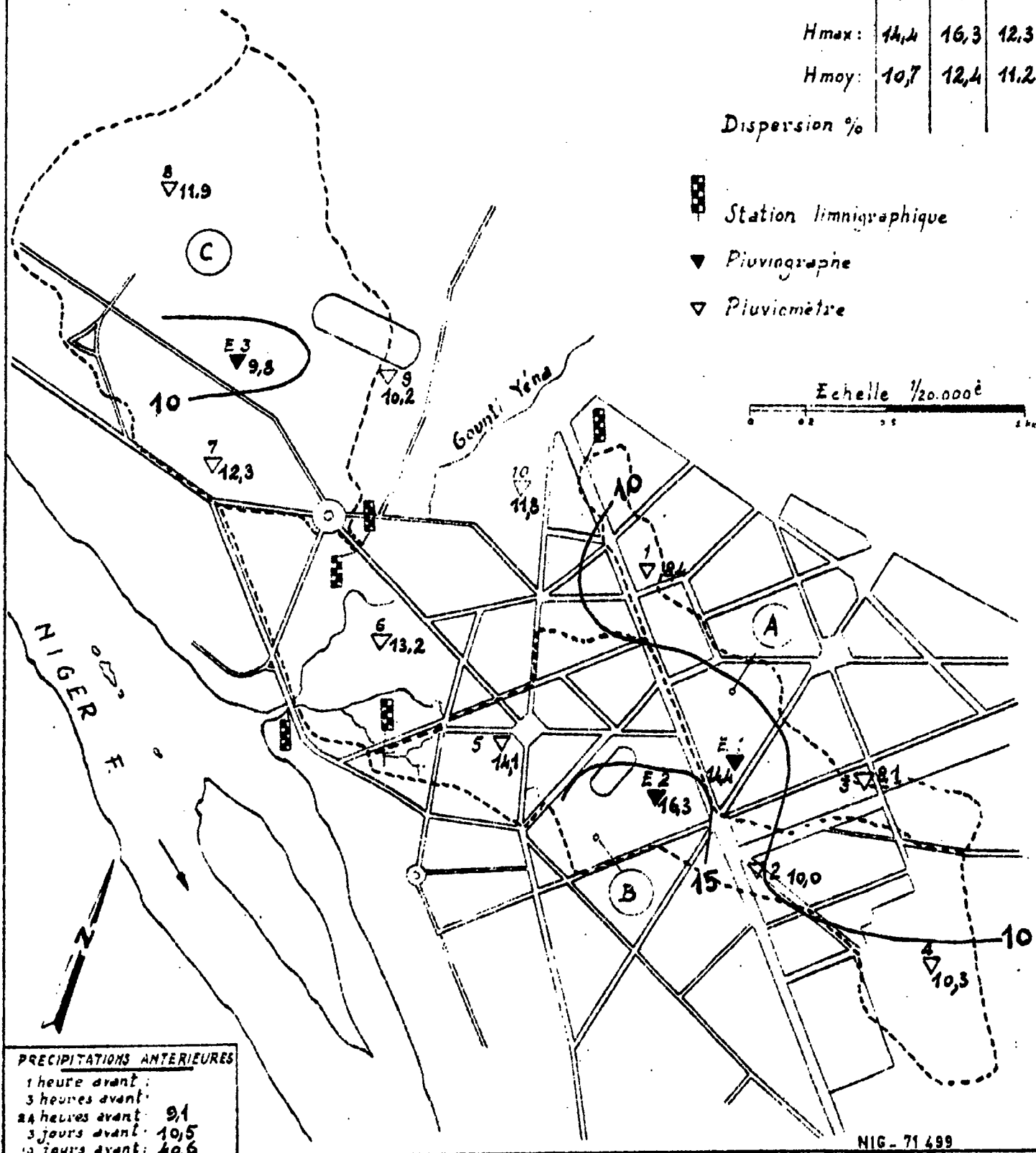
Isohyètes pour l'averse du: 1-9-65

	A	B	C
Hmin:	8,1	10,0	9,8
Hmax:	14,4	16,3	12,3
Hmoy:	10,7	12,4	11,2

Dispersion %

-  Station limniographique
-  Pluviographe
-  Pluviomètre

Echelle 1/20.000

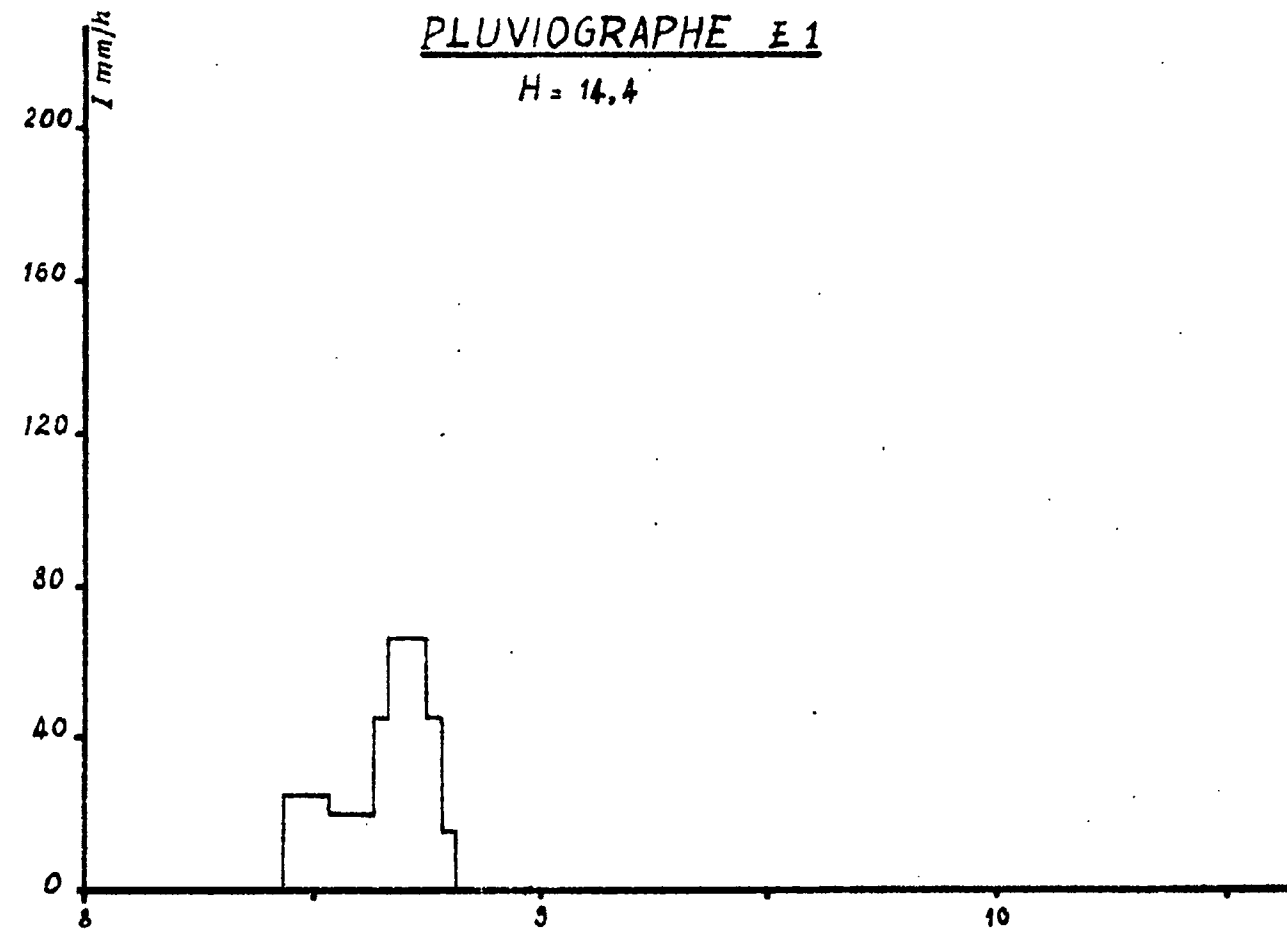


PRECIPITATIONS ANTERIEURES  
 1 heure avant: ...  
 3 heures avant: ...  
 24 heures avant: 9,1  
 3 jours avant: 10,5  
 10 jours avant: 10,6

NIG-71499

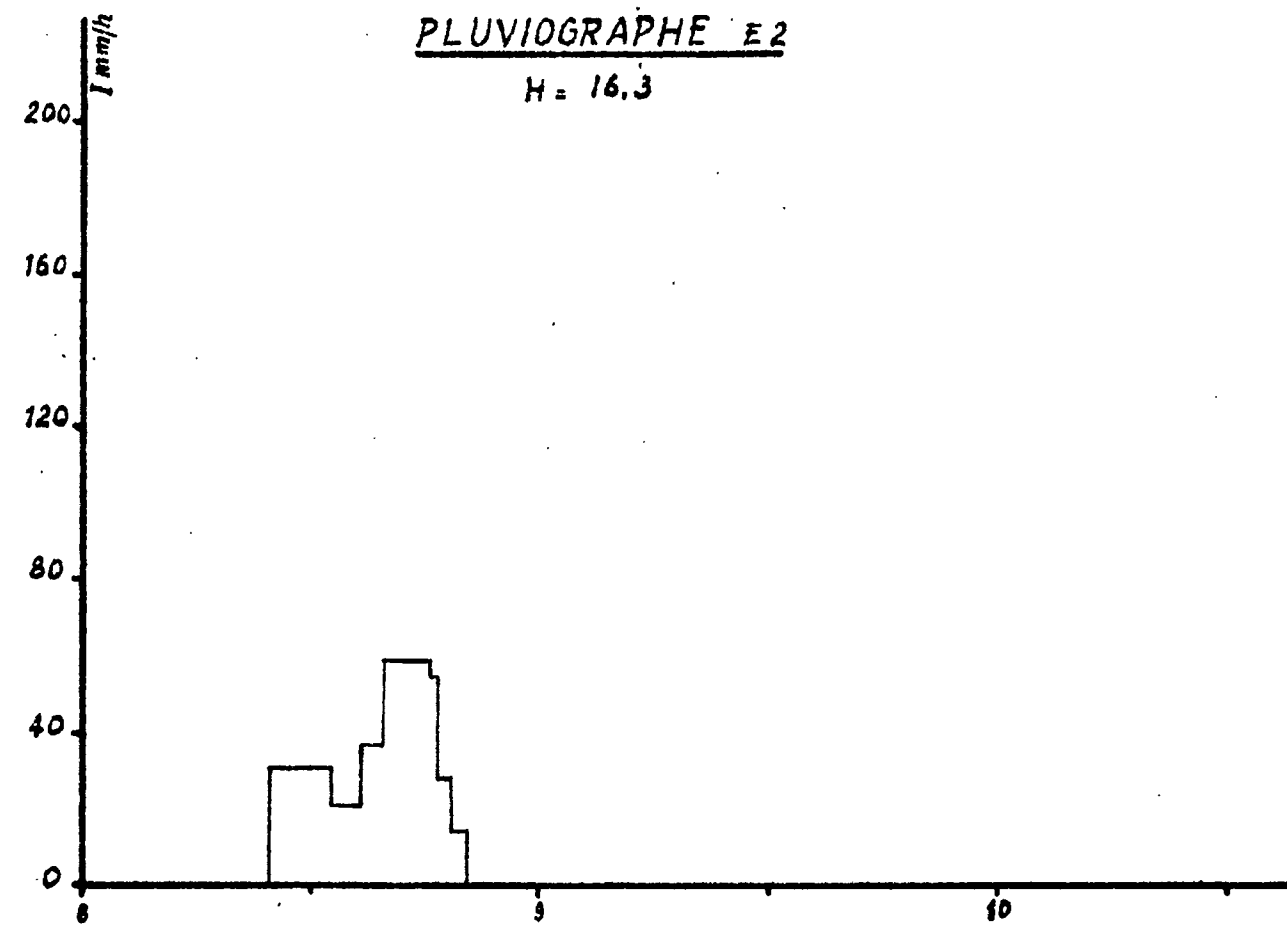
## PLUVIOGRAPHE E1

H = 14,4



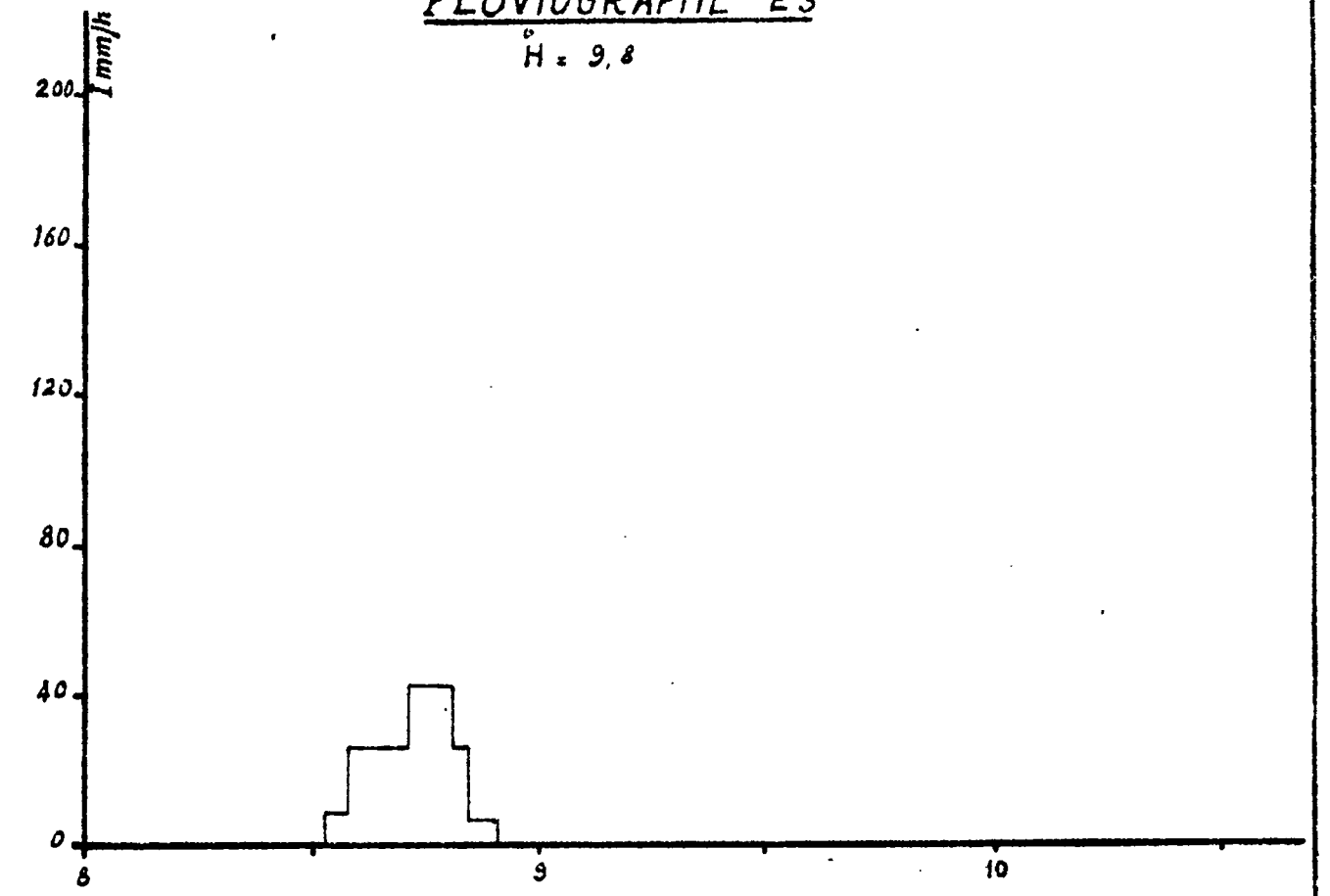
## PLUVIOGRAPHE E2

H = 16,3

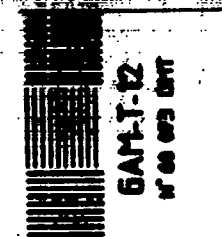


## PLUVIOGRAPHE E3

H = 9,8



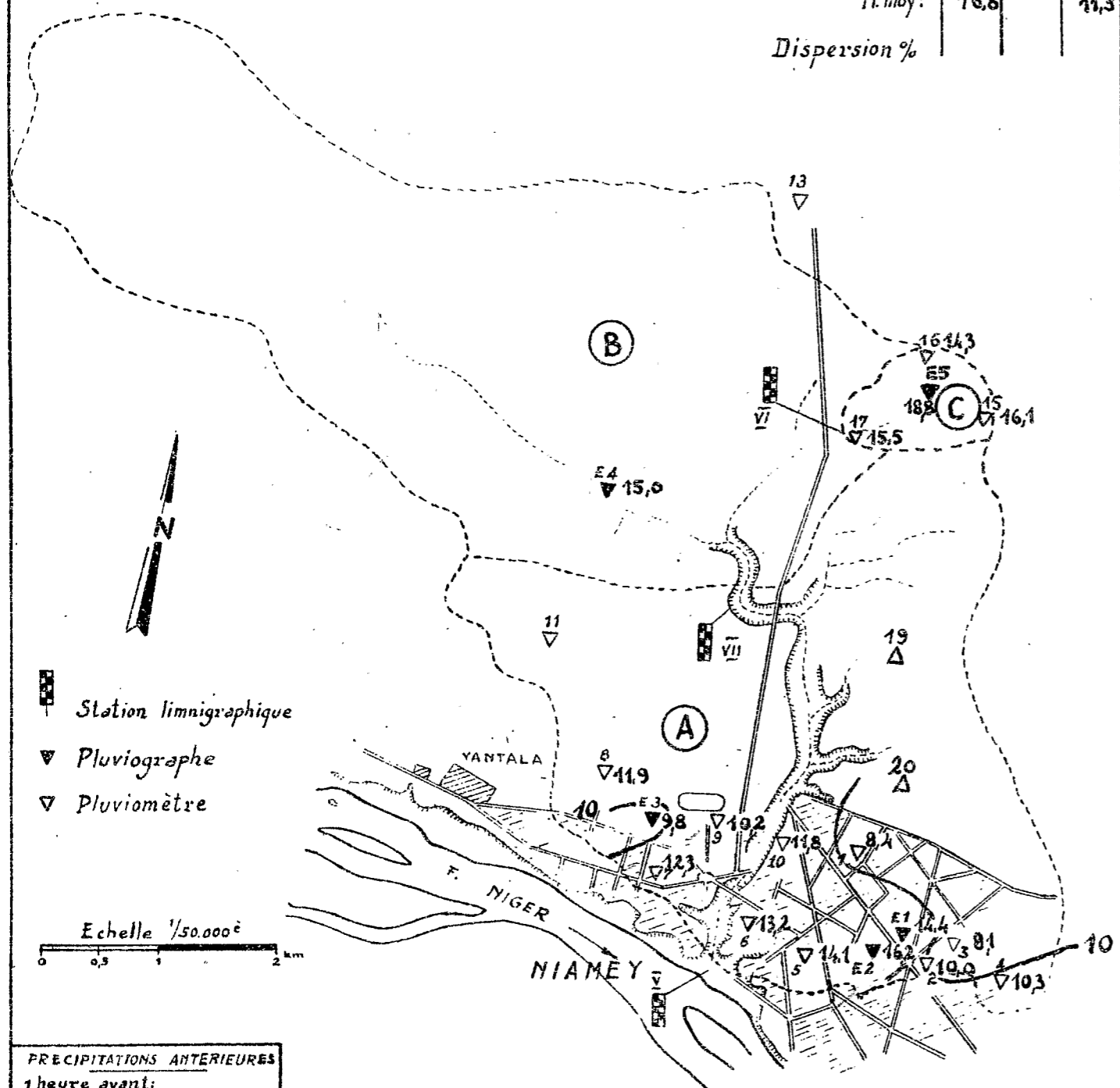
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPPTHLLJDOCBQVWVNSZXY  
 zsaocmuvnxirfkhbdpgyjt 7142385690  
 Pour A2 A3 A4: ABERPPTHLLJDOCBQVWVNSZXY  
 zsaocmuvnxirfkhbdpgyjt 7142385690



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Isohyètes pour l'averse du: 1-9-65

	A	B	C
H min:	14,3		8,1
H max:	18,8		16,3
H moy:	16,8		11,3
Dispersion %			



- Station limnigraphique
- Pluviographe
- Pluviomètre

Echelle 1/50.000<sup>e</sup>

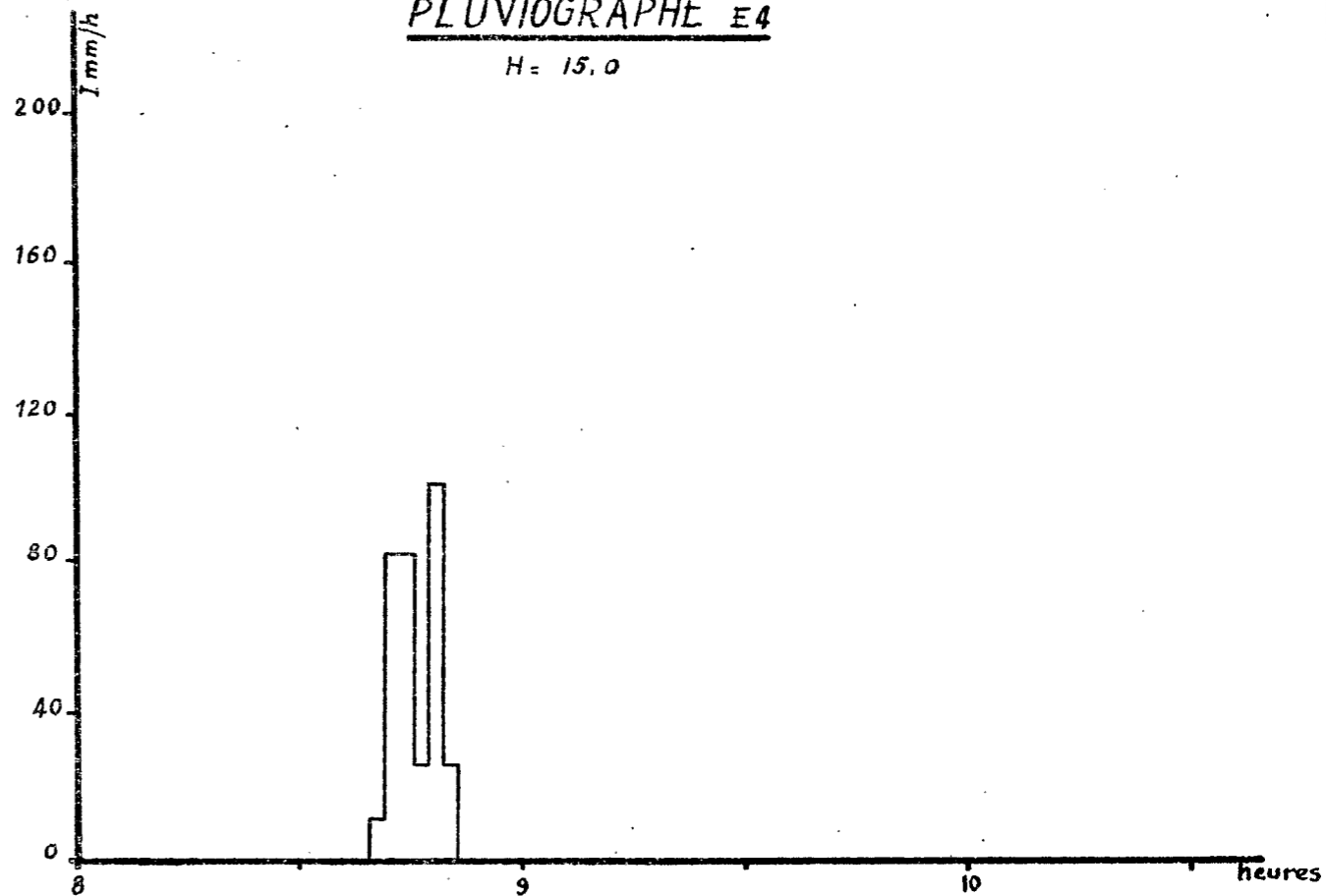
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant:	
3 heures avant:	
24 heures avant:	13,3
3 jours avant:	14,2
10 jours avant:	16,3

NIG.71 500

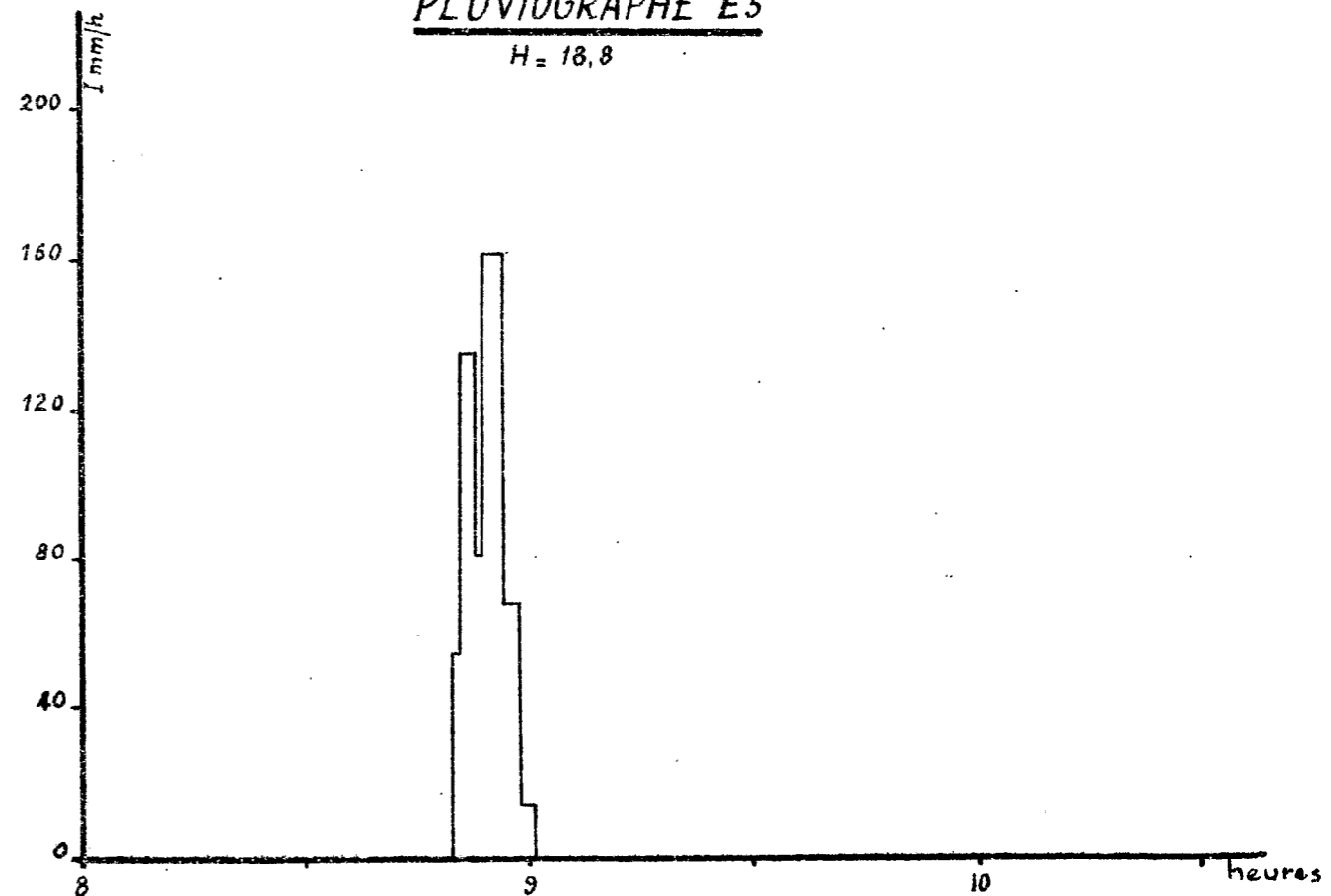
## PLUVIOGRAPHE E4

H = 15,0

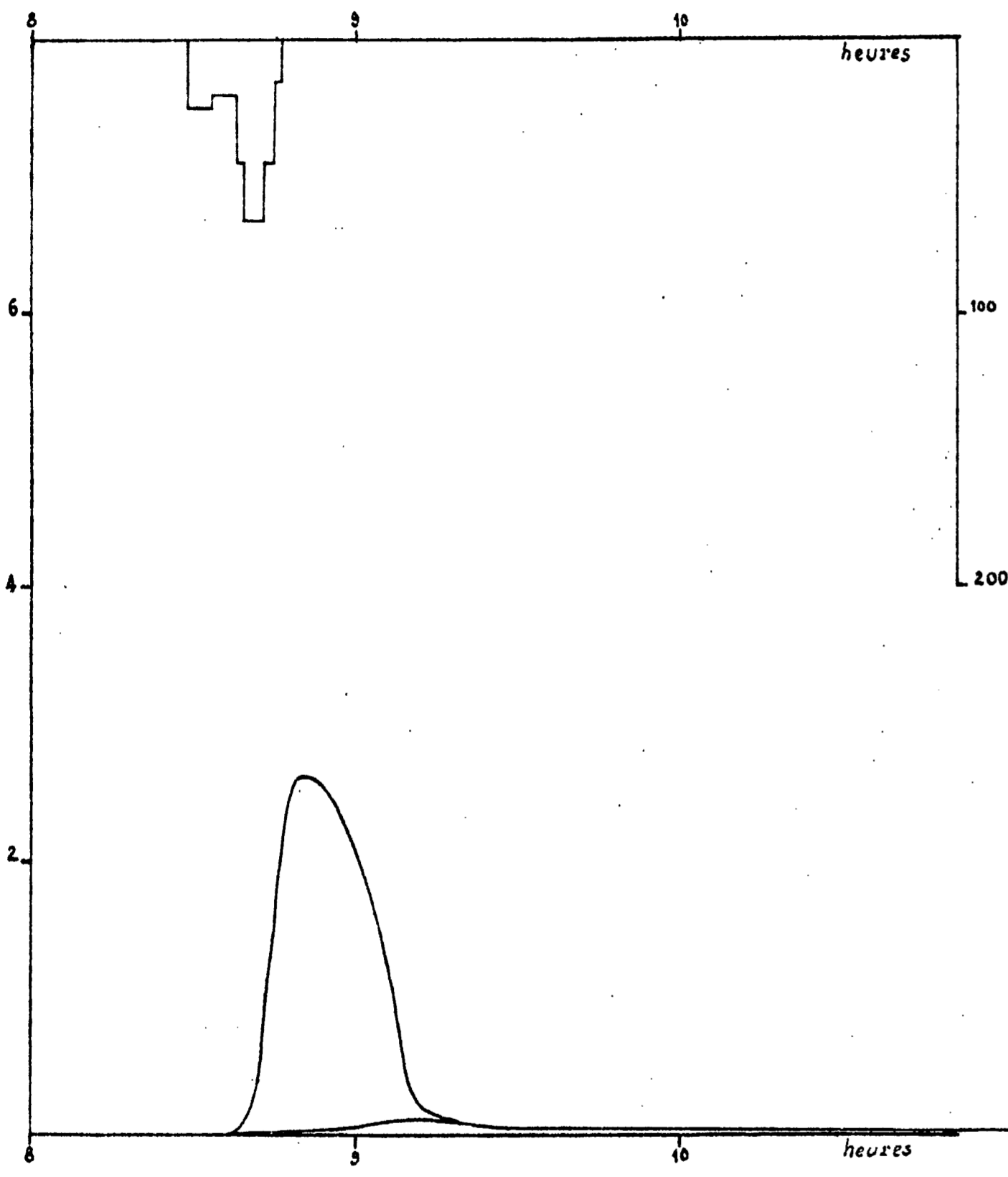


## PLUVIOGRAPHE E5

H = 18,8

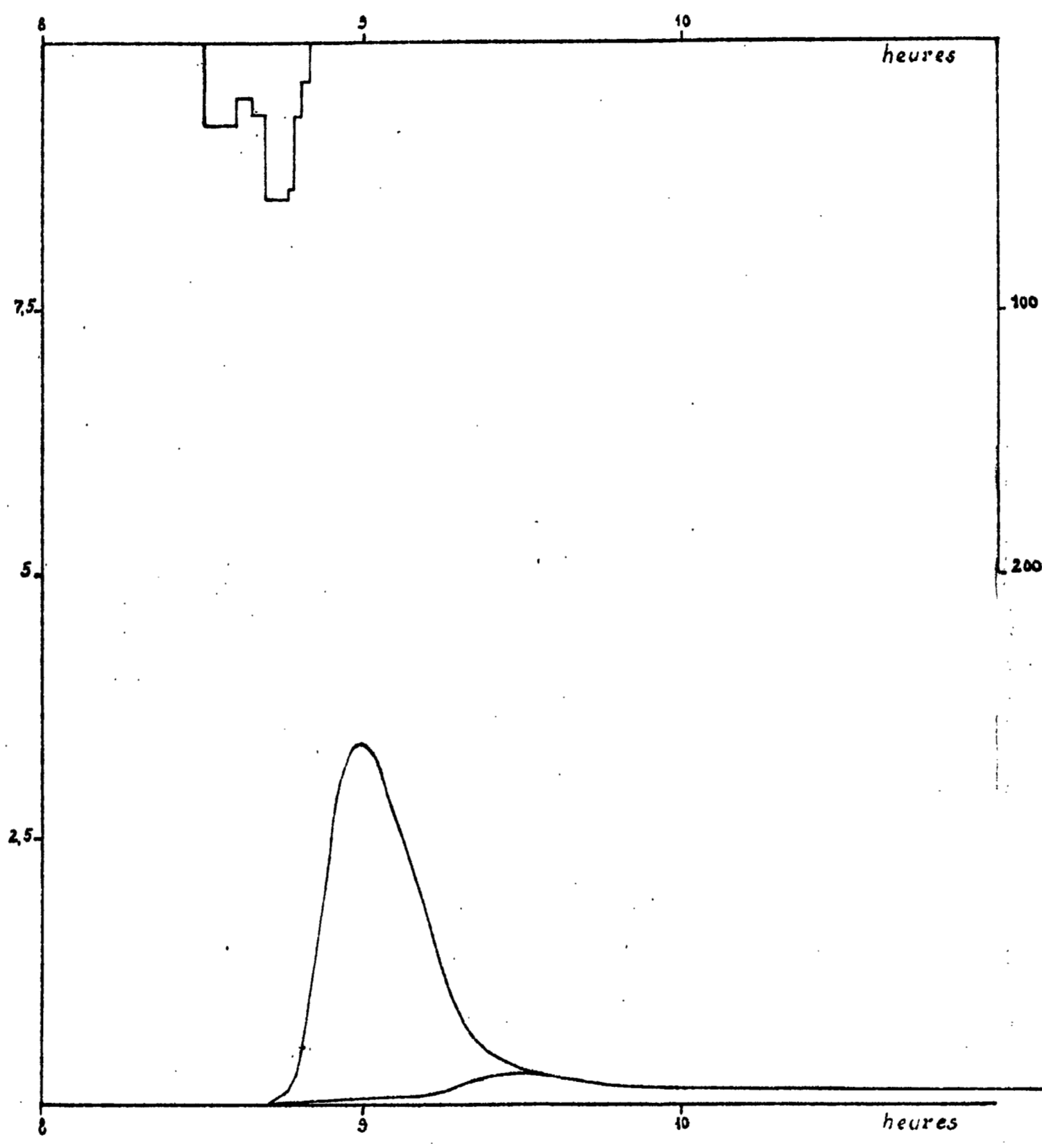


Station I Avenue SALAMA  
 Crue n° 5 du 1-9-65

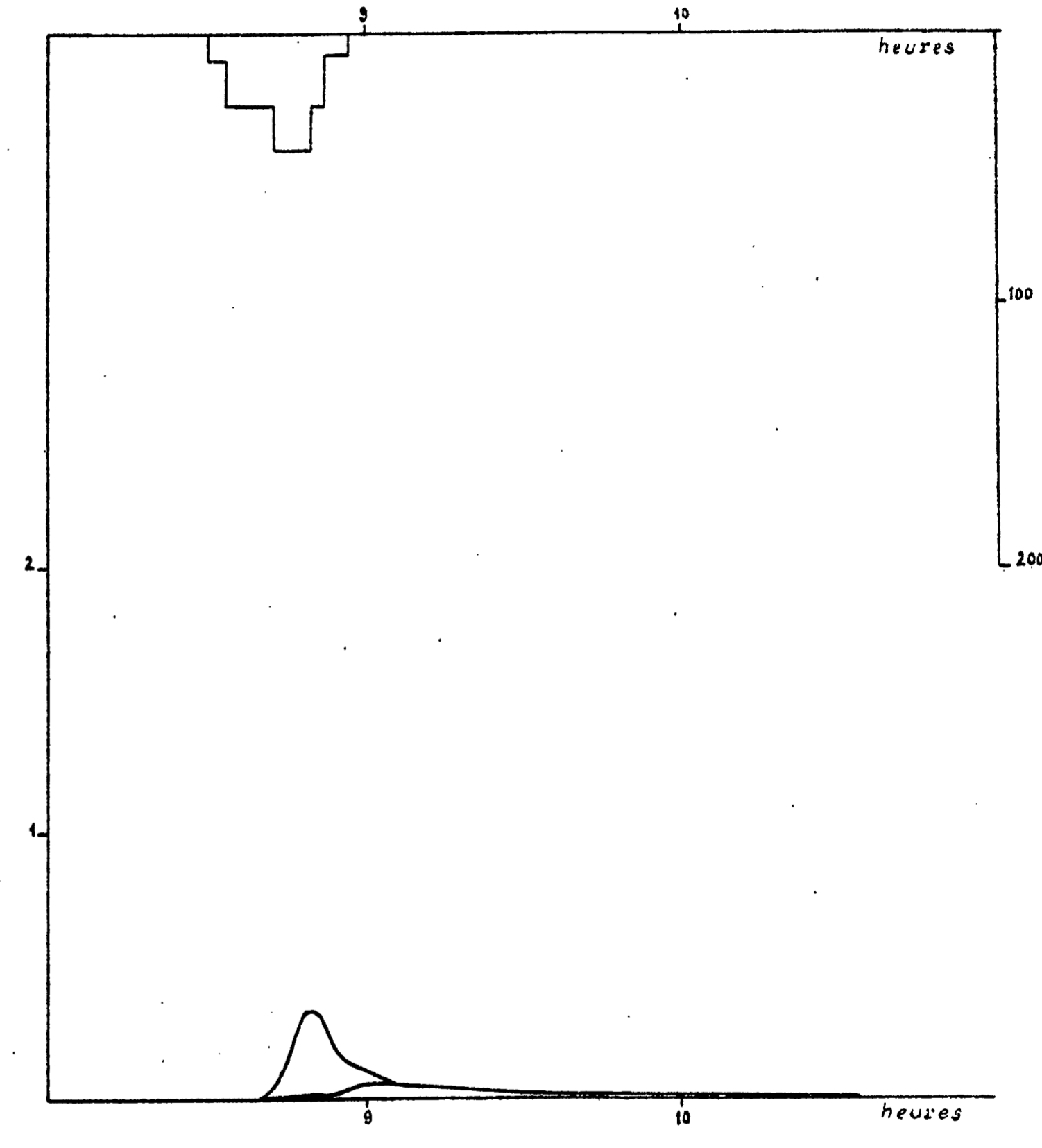


NIC. 71 501

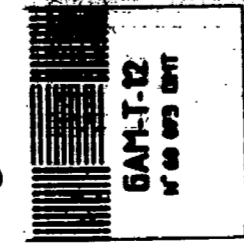
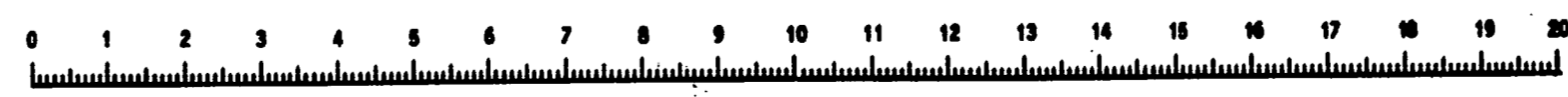
Station II DISPENSAIRE



Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR

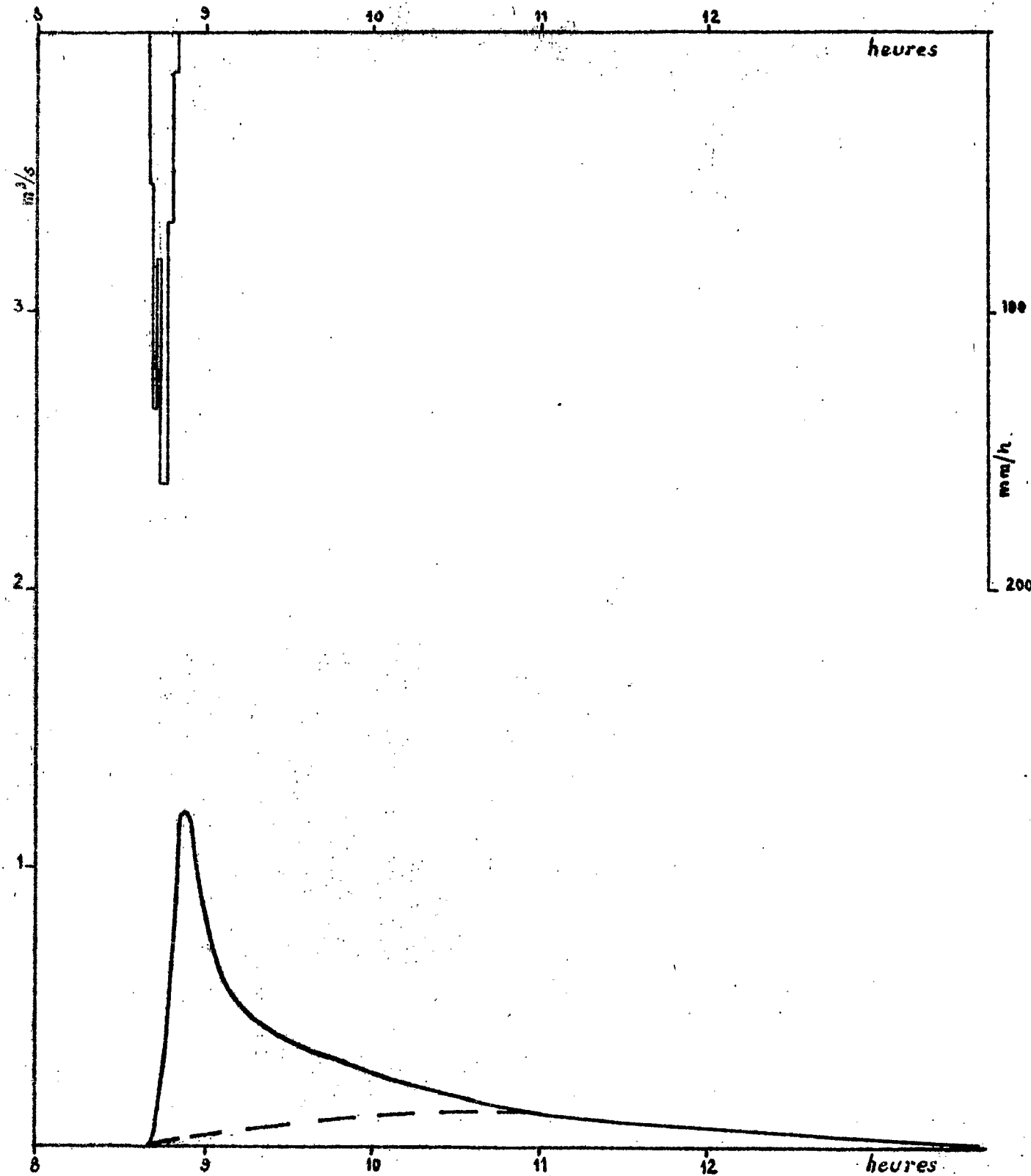


Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOC6OUVWMSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhbdpggjj 7142385690  
 Pour A2 A3 A4: ABERPFTHLJDOC6OUVWMSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhbdpggjj 7142385690



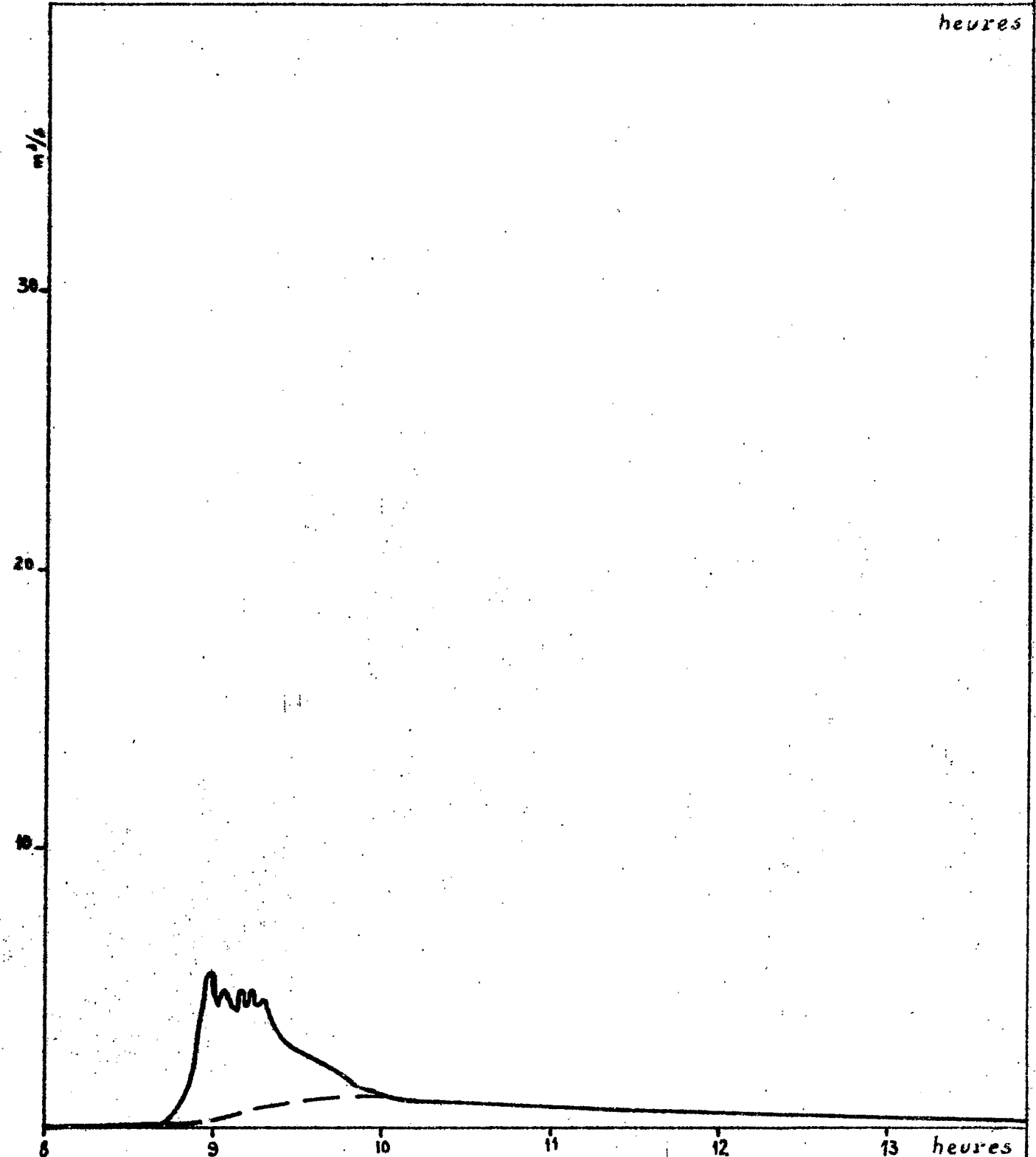
Station VI Jaugeur PARSHALL

Crue n° 5 du 1-9-65



NIG.71 502

Station V Exutoire



BASSINS VERSANTS DE NIAMEY

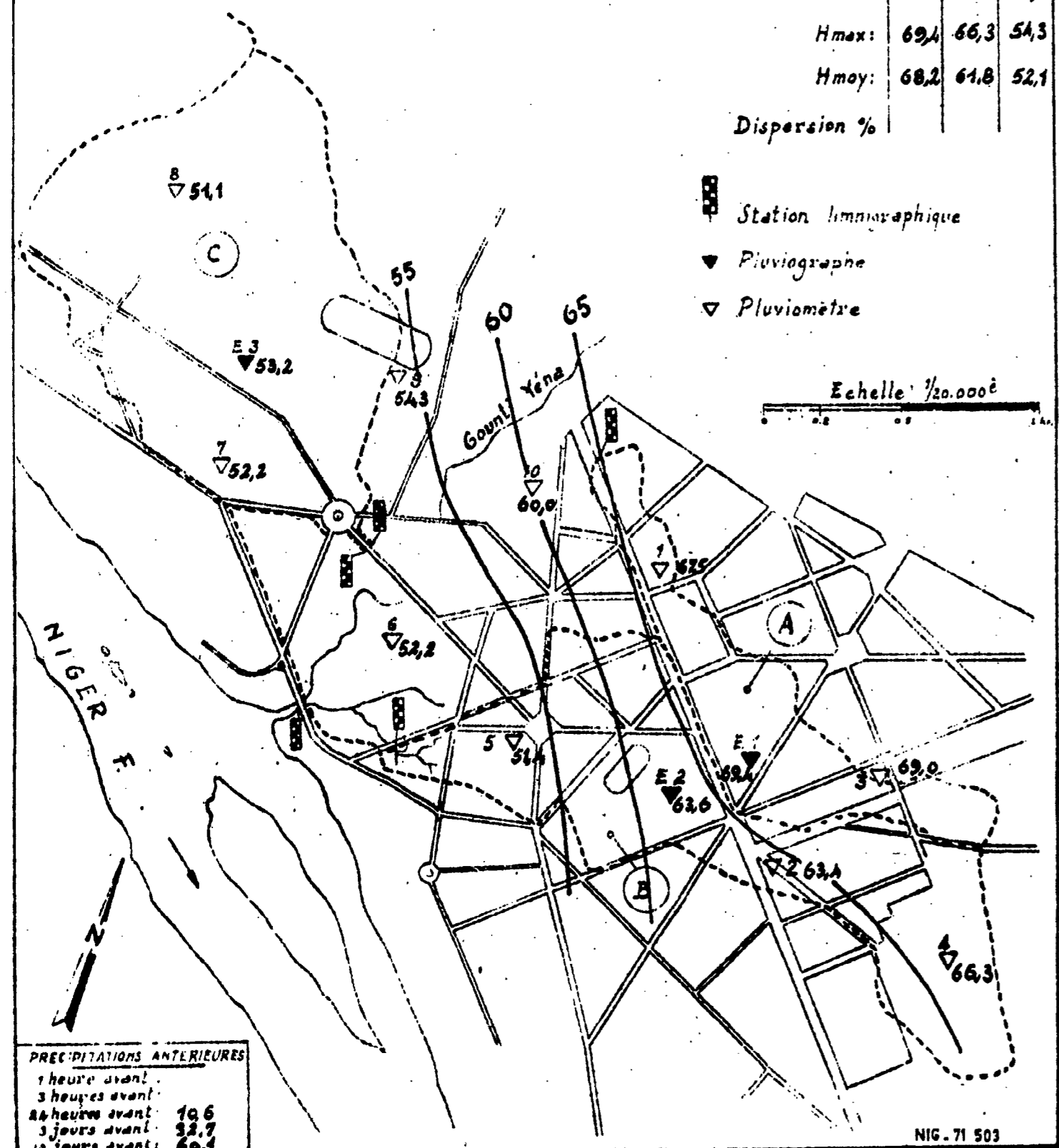
Isohyètes pour l'averse du: 3-9-65

	A	B	C
Hmin:	67,5	54,4	51,1
Hmax:	69,4	66,3	54,3
Hmoy:	68,2	61,8	52,1

Dispersion %

- Station limnigraphique
- Pluviographe
- Pluviomètre

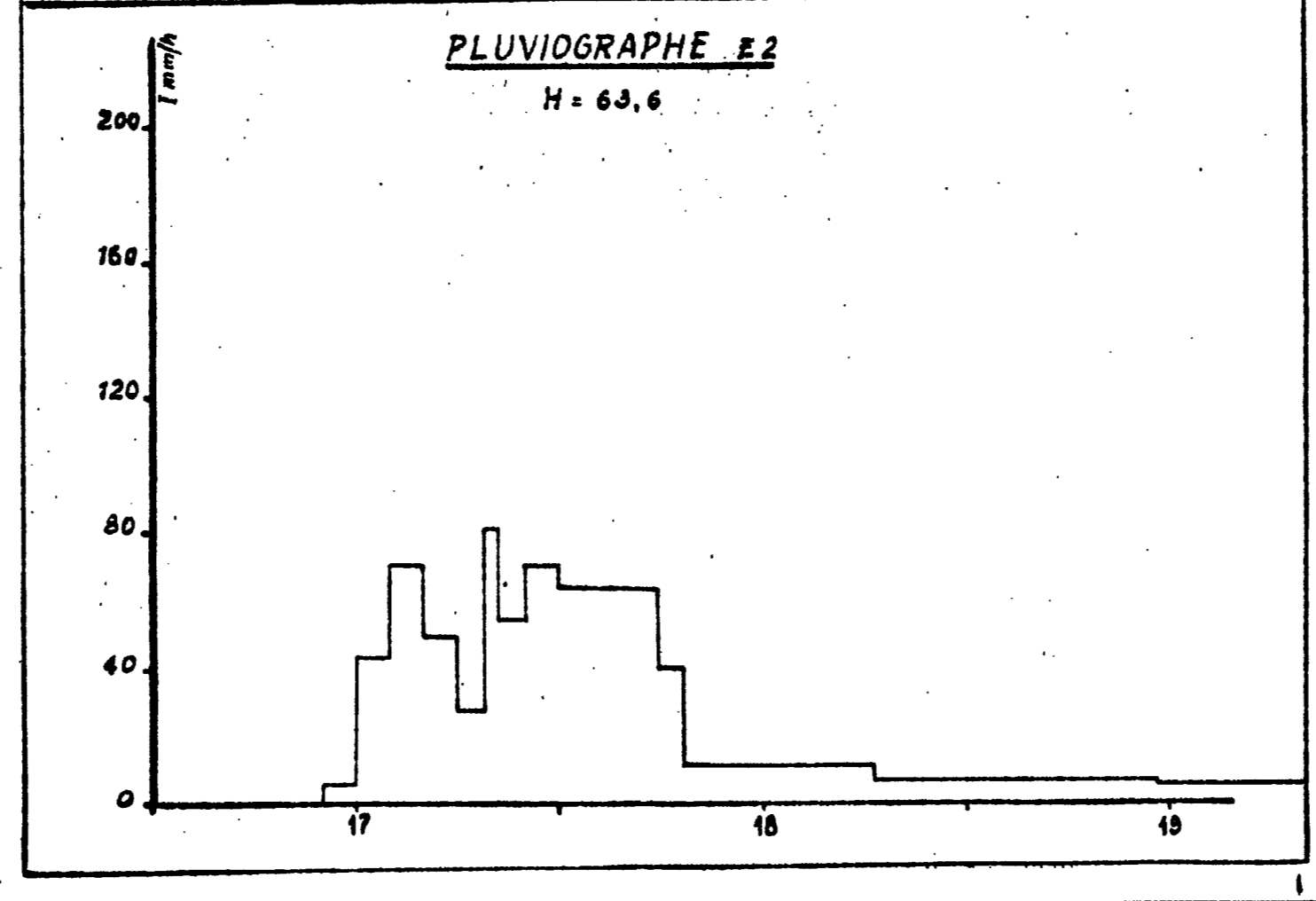
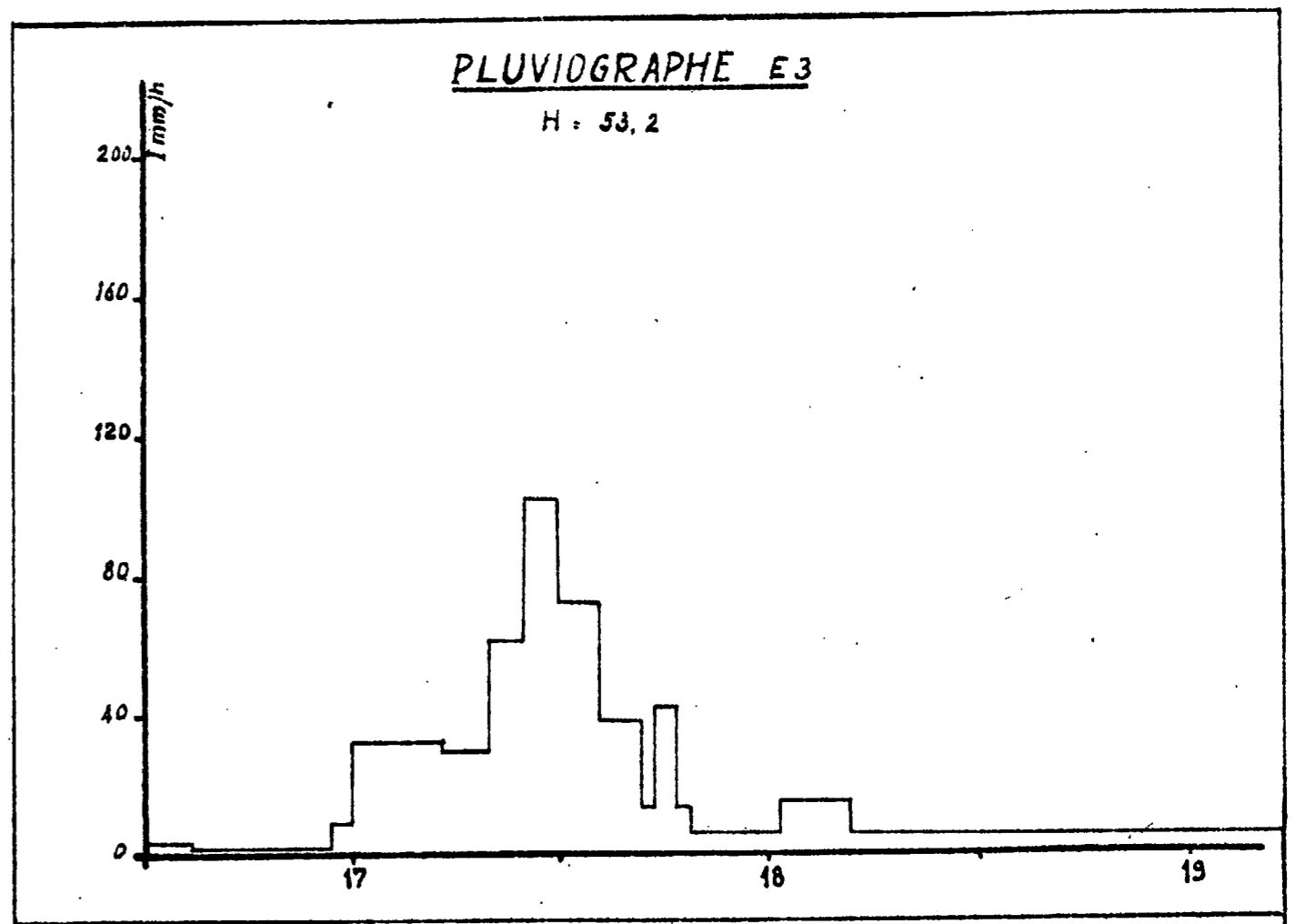
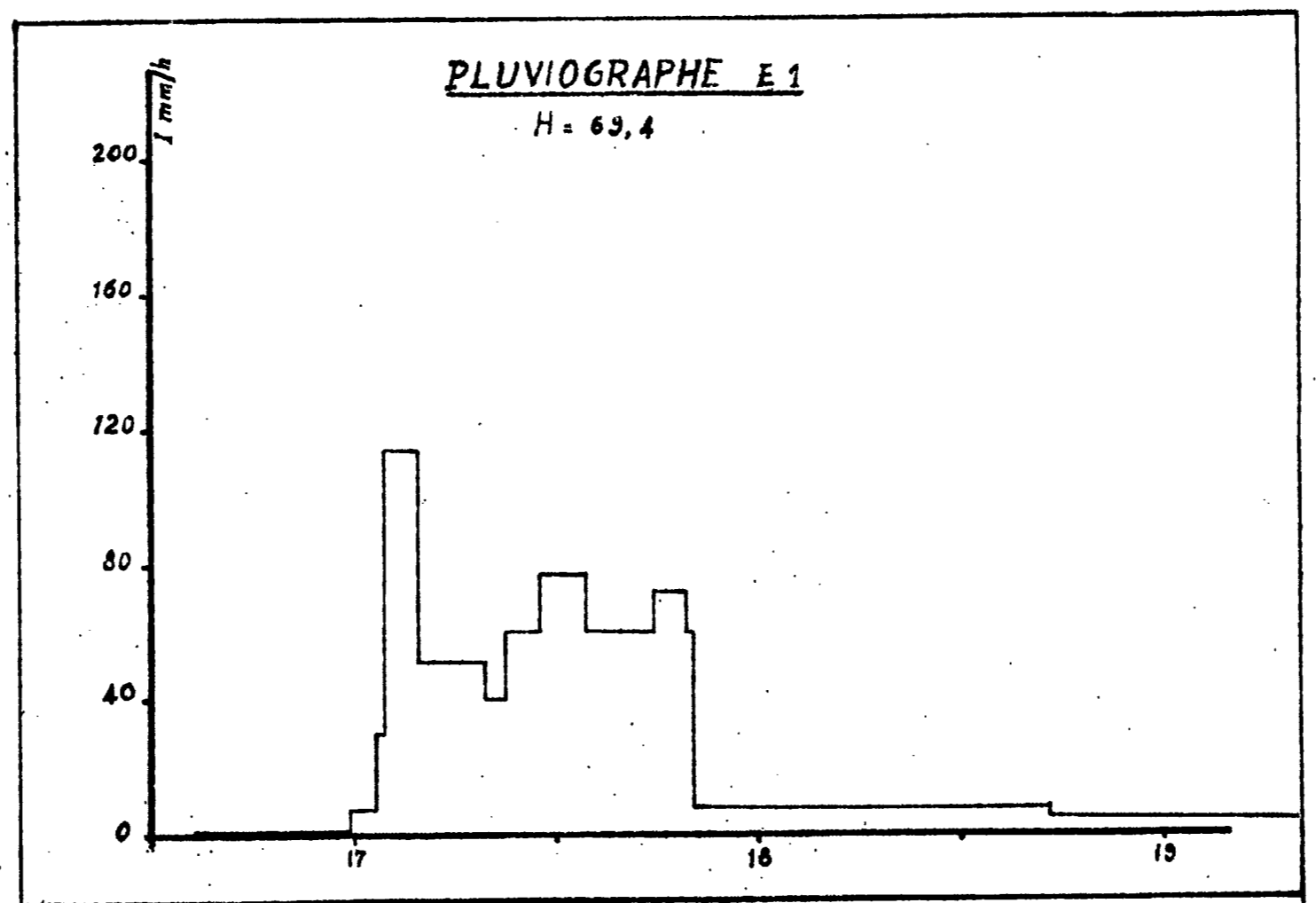
Echelle 1/20.000<sup>e</sup>



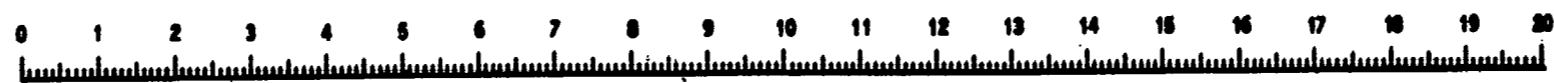
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant:	
3 heures avant:	
24 heures avant:	10,6
3 jours avant:	52,7
10 jours avant:	69,4

NIG. 71 503



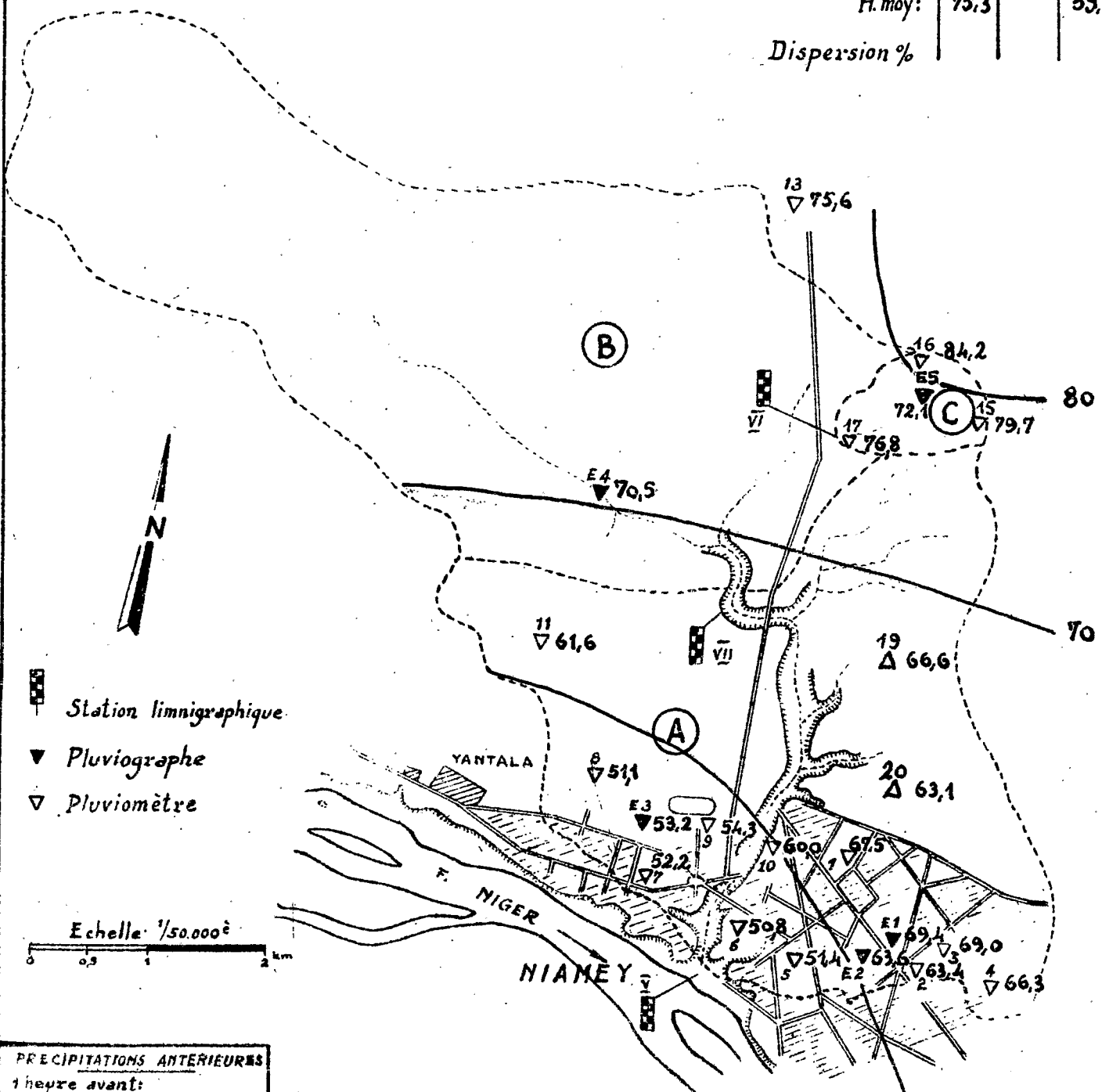
Cette mire doit être lue dans son intégralité  
 Pour A0 et A1 ABERPPTLJDOCBQVWVNSZKY 7142385690  
 Pour A2 A3 A4 ABERPPTLJDOCBQVWVNSZKY 7142385690



# BASSINS VERSANTS DU GOUNTI YENA

Isohyètes pour l'averse du: 3-9-65

	A	B	C
H min:	72,1		50,8
H max:	84,2		69,4
H moy:	75,3		59,0
Dispersion %			



- Station limnigraphique
- Pluviographe
- Pluviomètre

Echelle: 1/50.000<sup>e</sup>

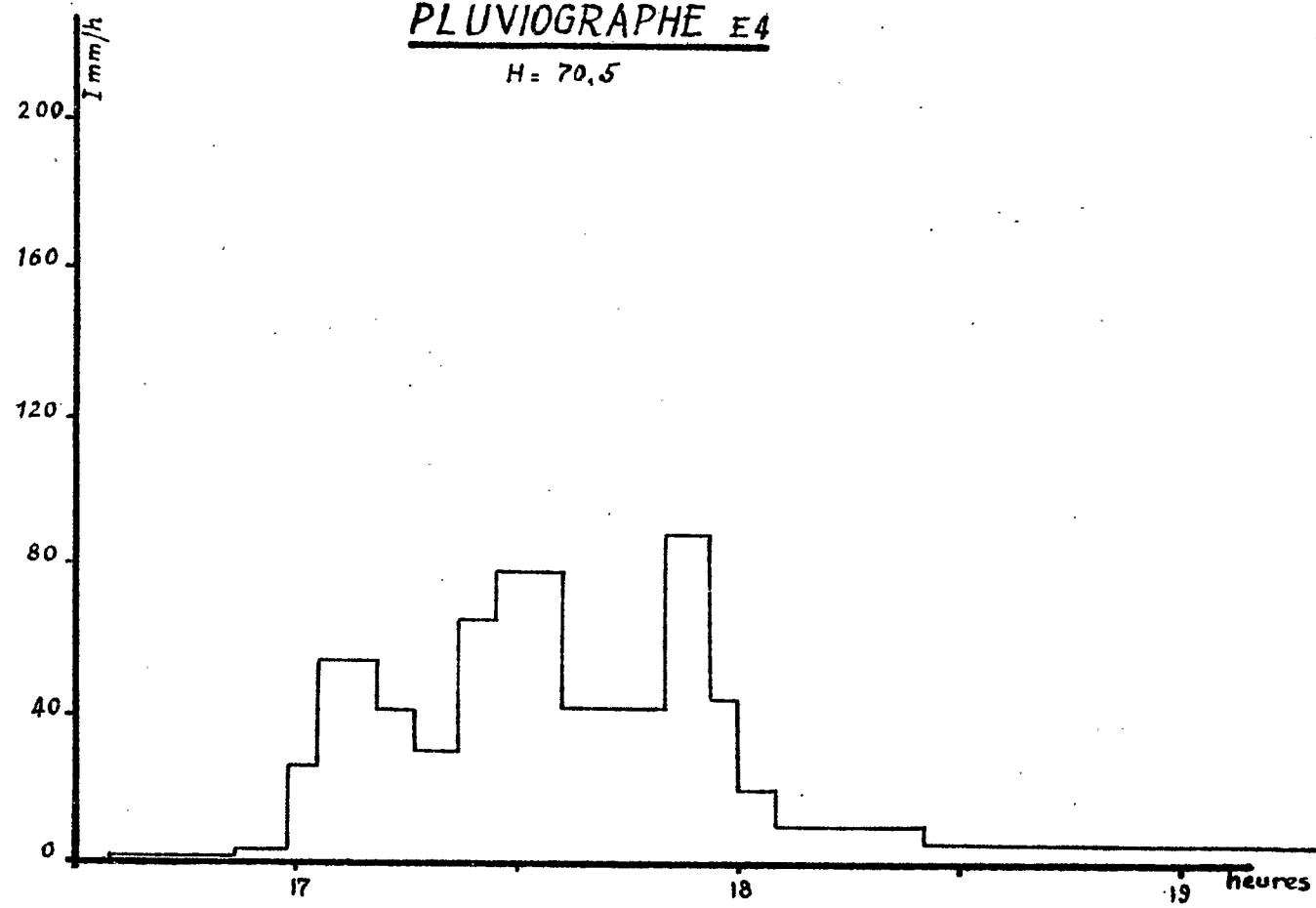
PRECIPITATIONS ANTERIEURES

1 heure avant:	
3 heures avant:	
24 heures avant:	69
3 jours avant:	42,8
10 jours avant:	79,7

NIG-71 504

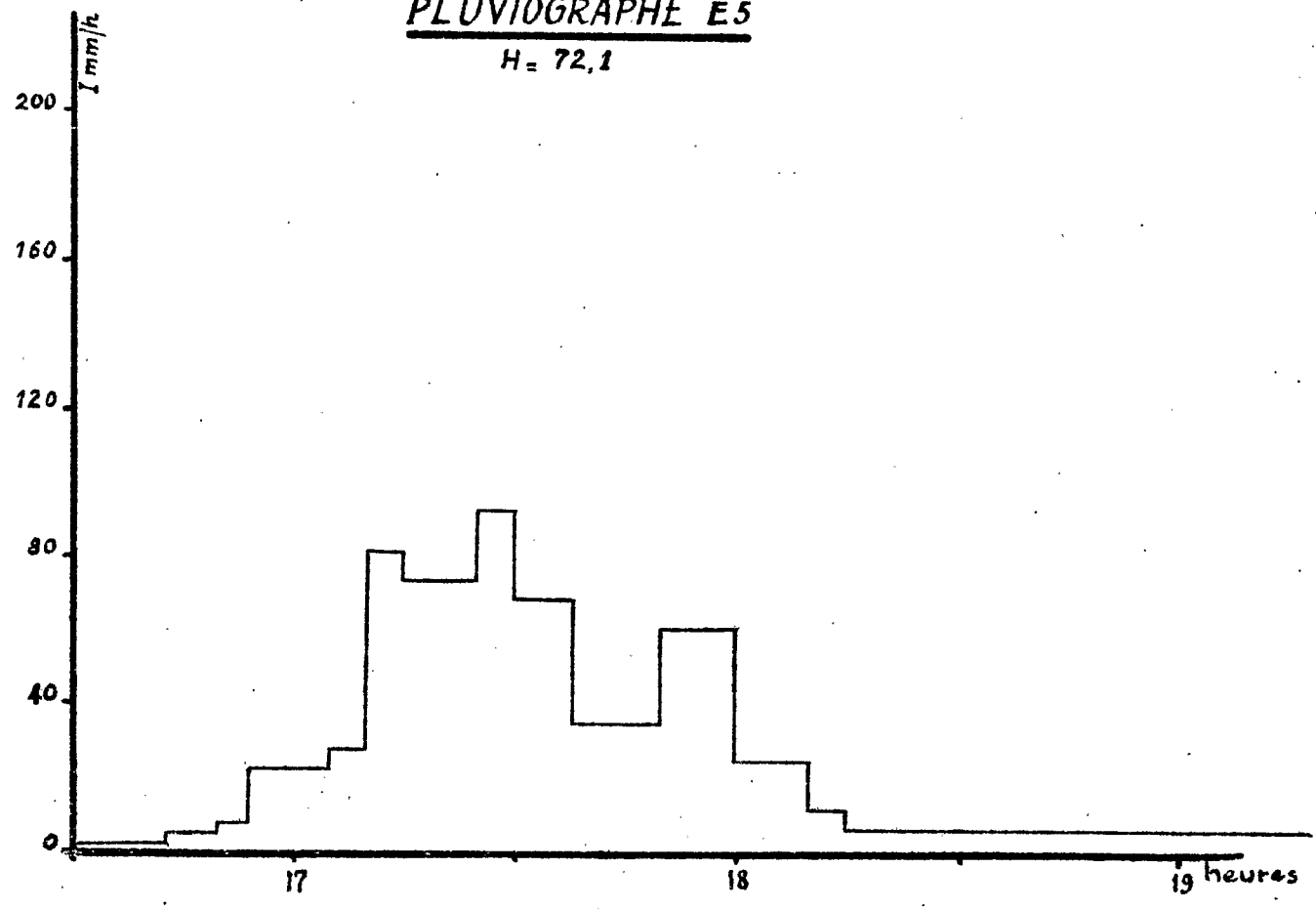
## PLUVIOGRAPHE E4

H = 70,5



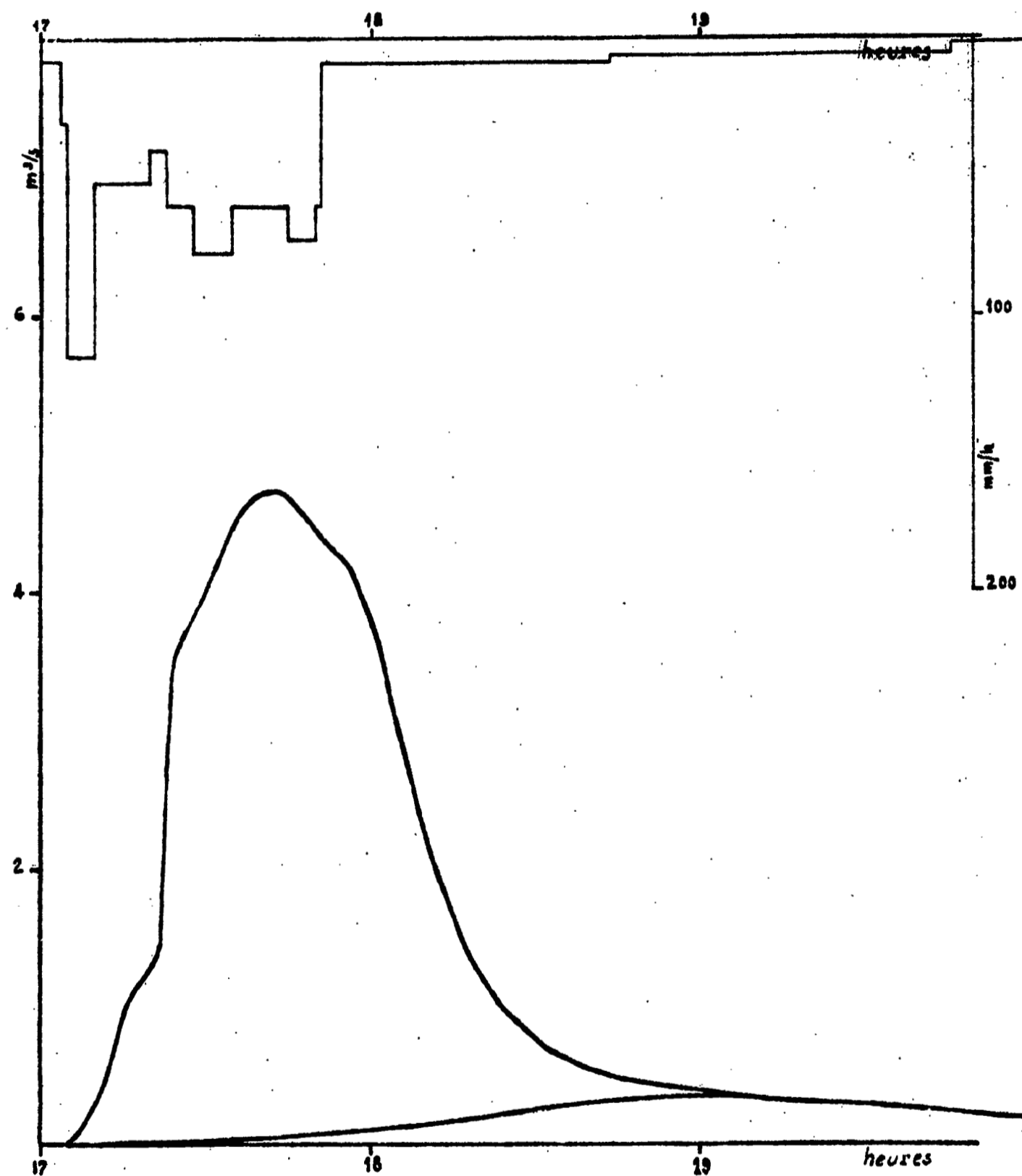
## PLUVIOGRAPHE E5

H = 72,1



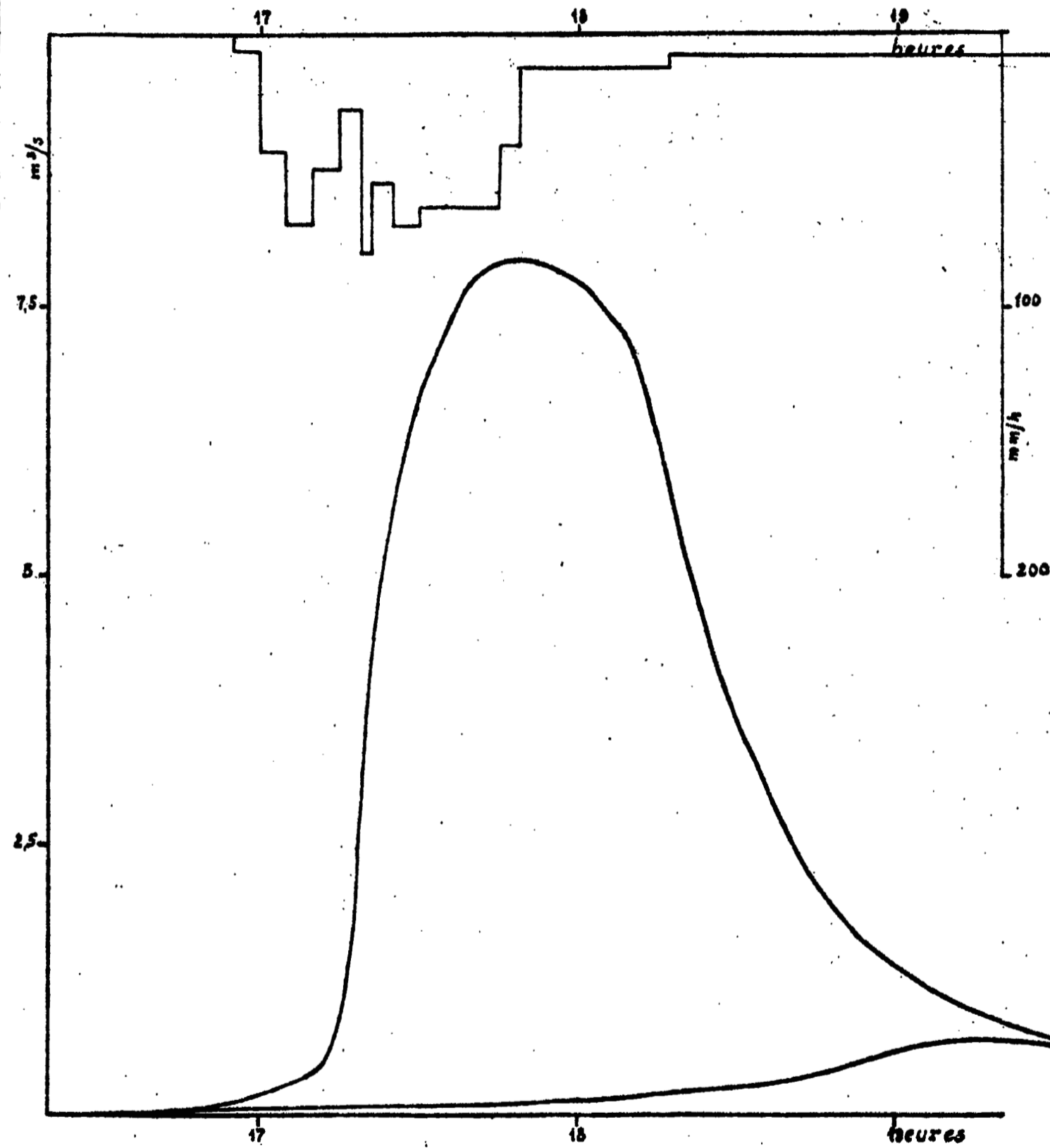
Station I, Avenue SALAMA

Crue n° 6 du 3-9-65

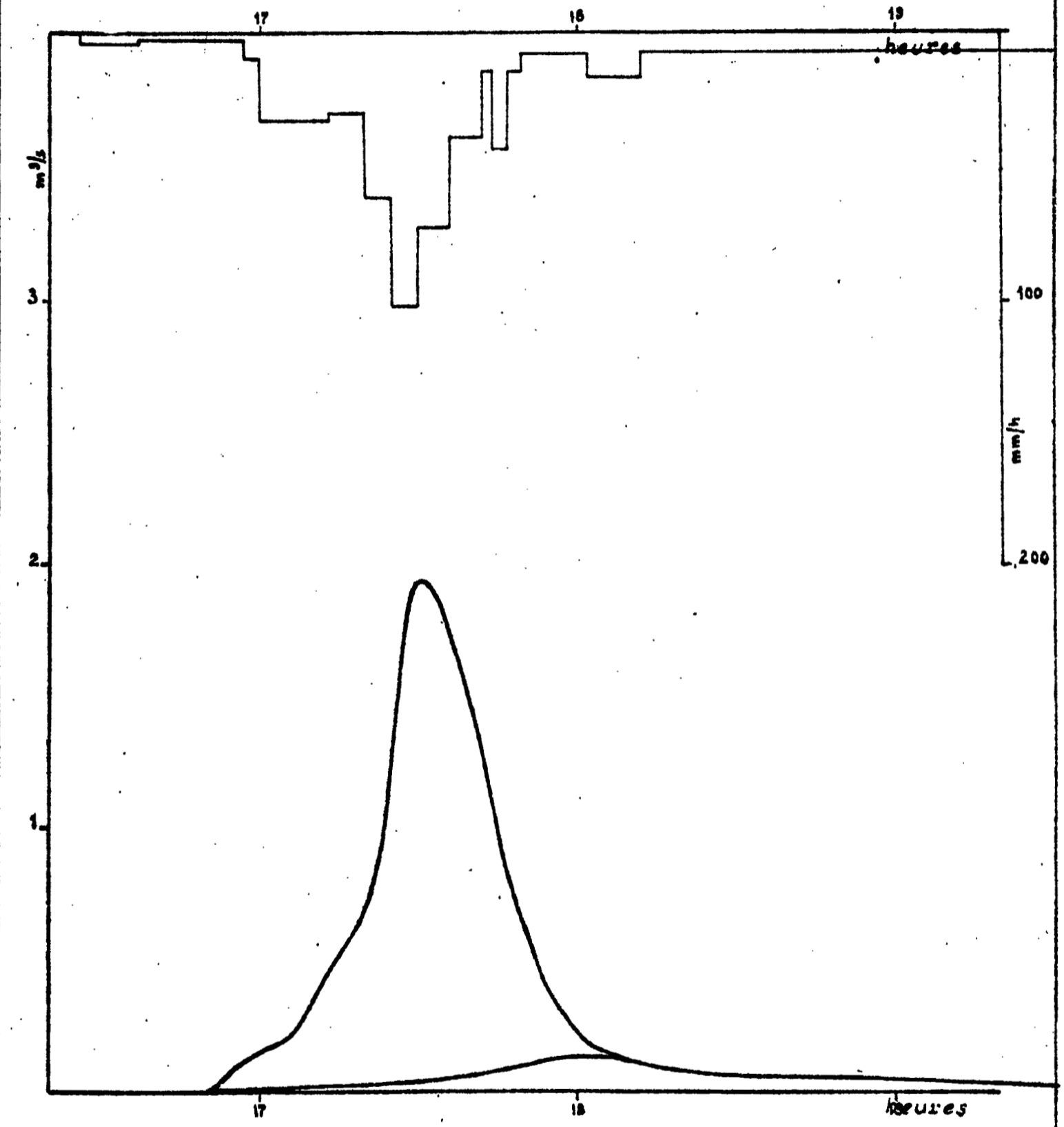


NIG. 71 505

Station II DISPENSAIRE

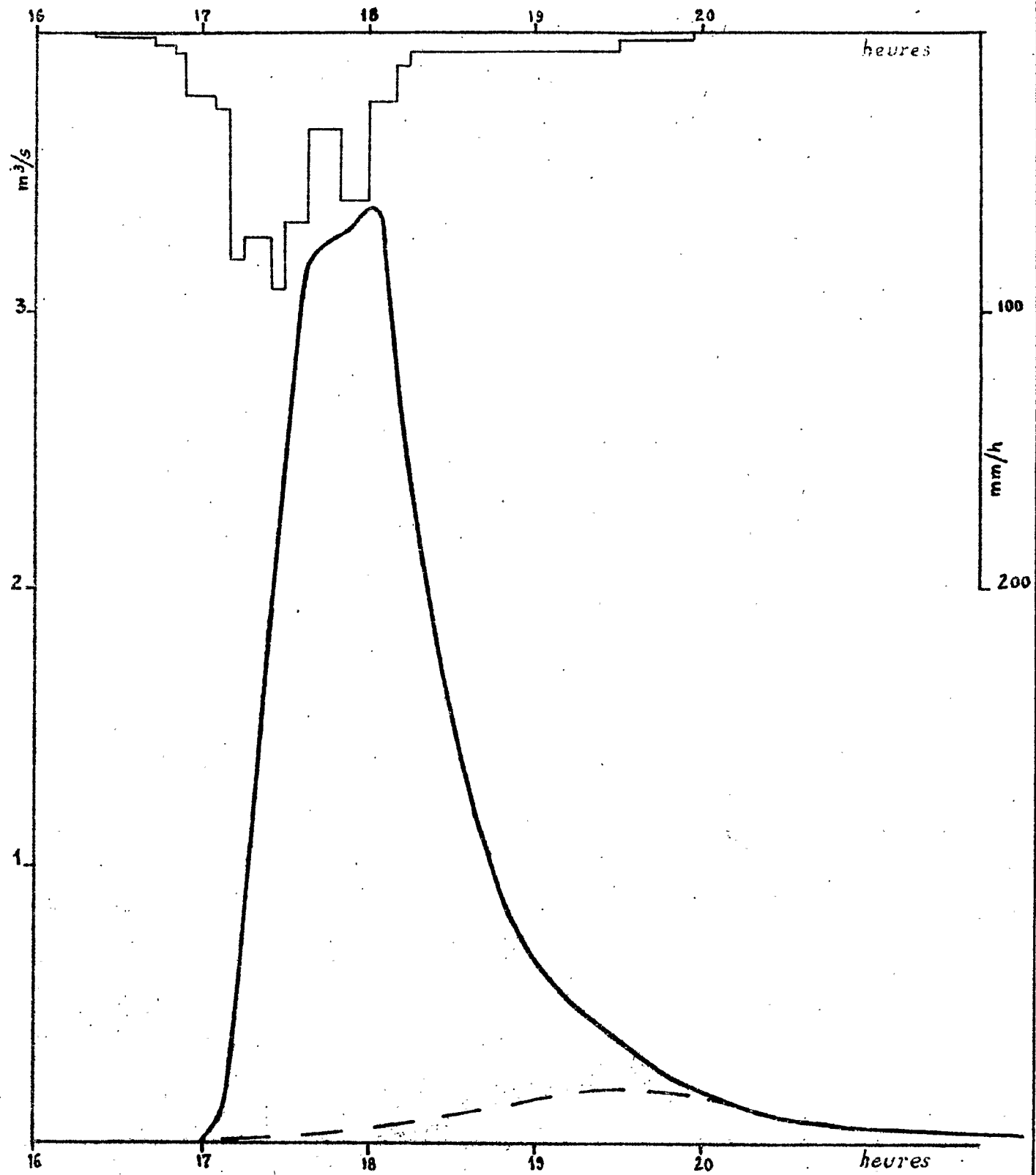


Station III et IV Caniveaux côté BAO et côté TRESOR



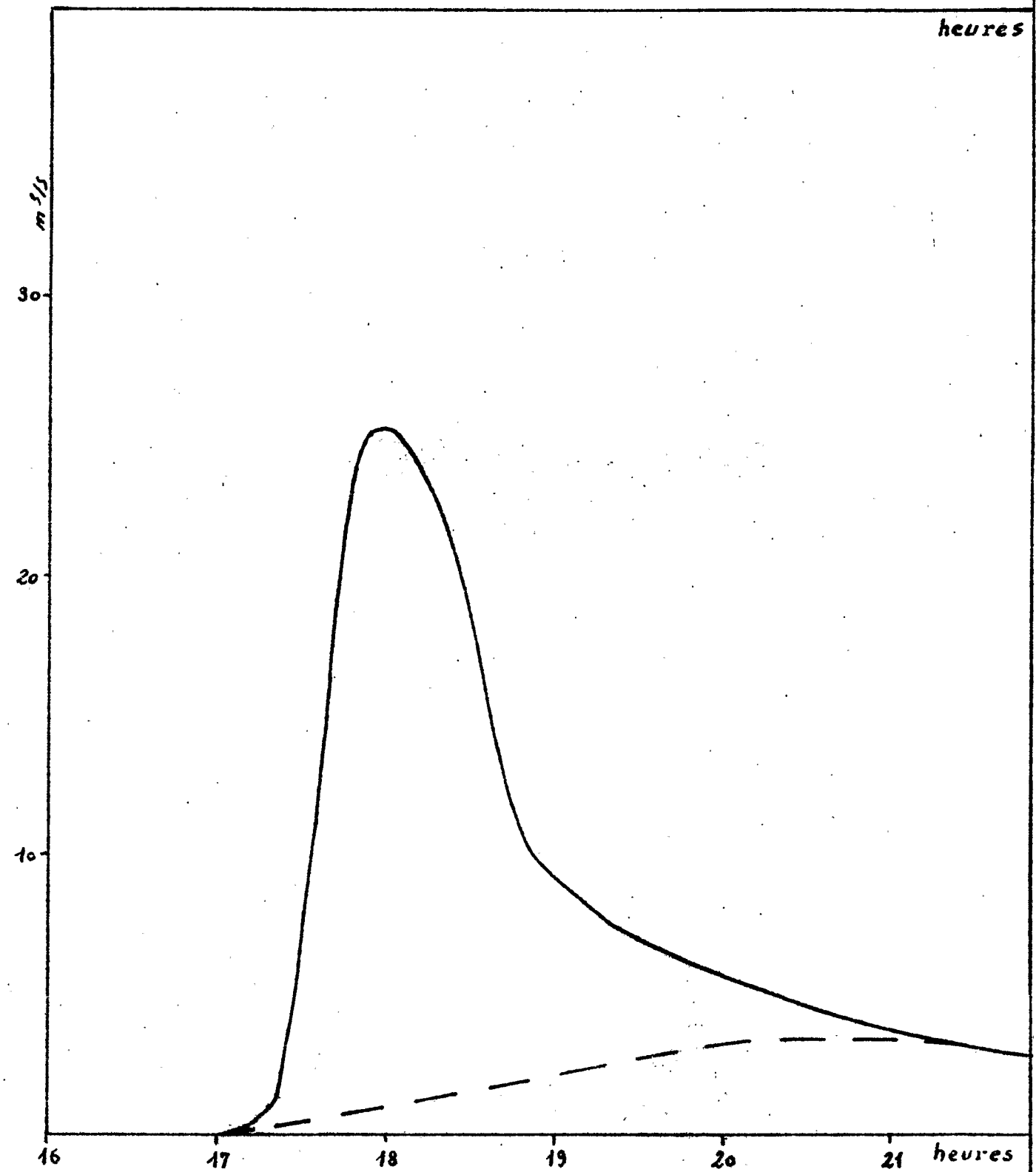


Station VI Jaugeur PARSHALL  
 Crue n° 6 du 3-9-65



NIG-71 506

Station V Exutoire

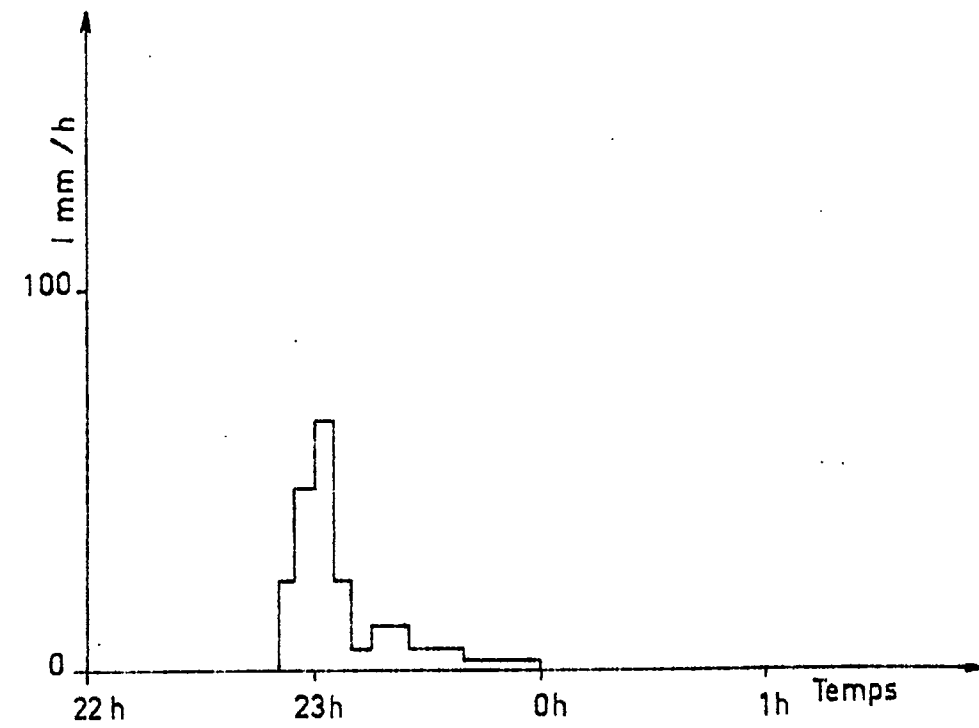


**ANNEXE III**

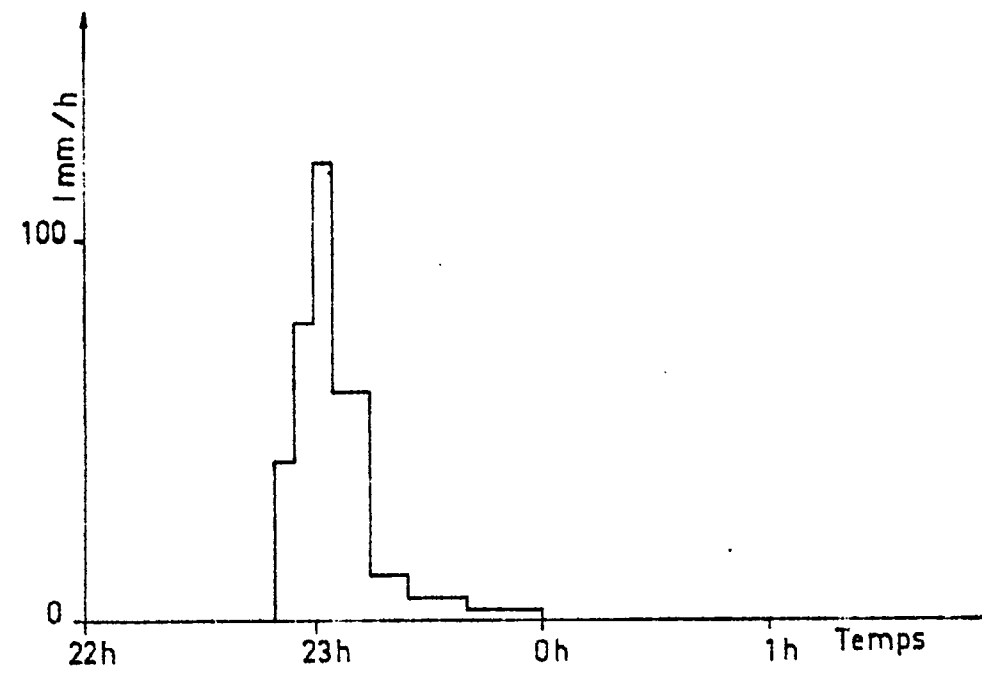
**Averses et crues observées  
en 1964**

AVERSE N°10 du 25.9.1964.

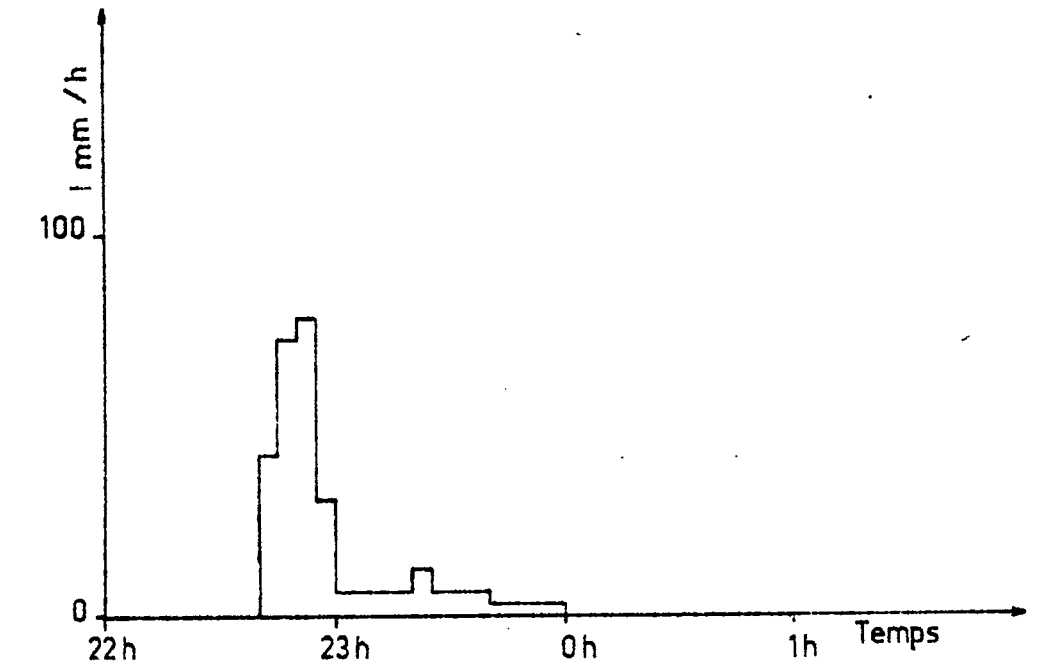
PLUVIOGRAPHE E1



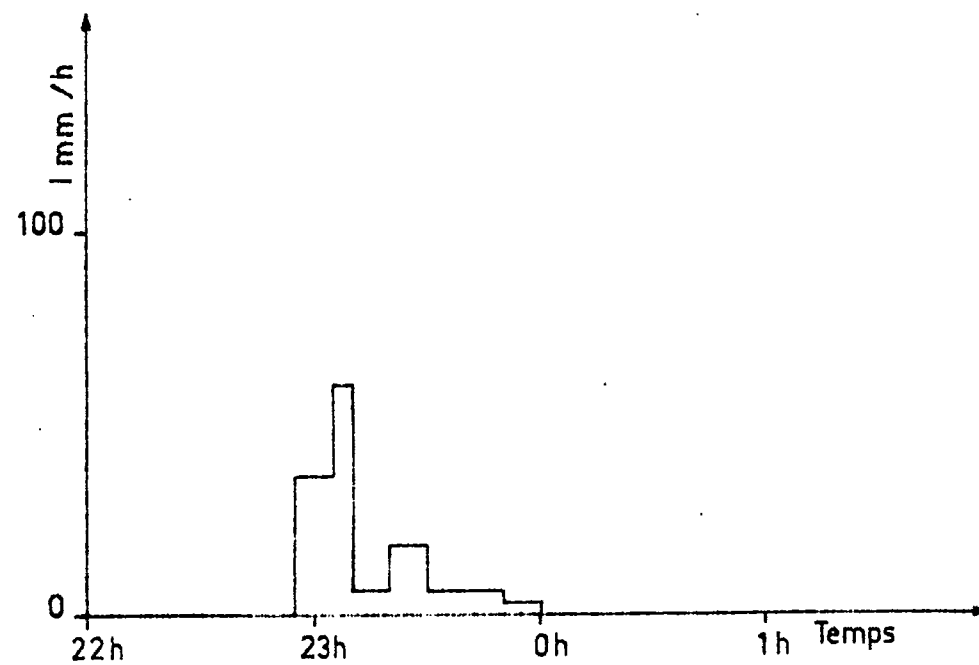
PLUVIOGRAPHE E3



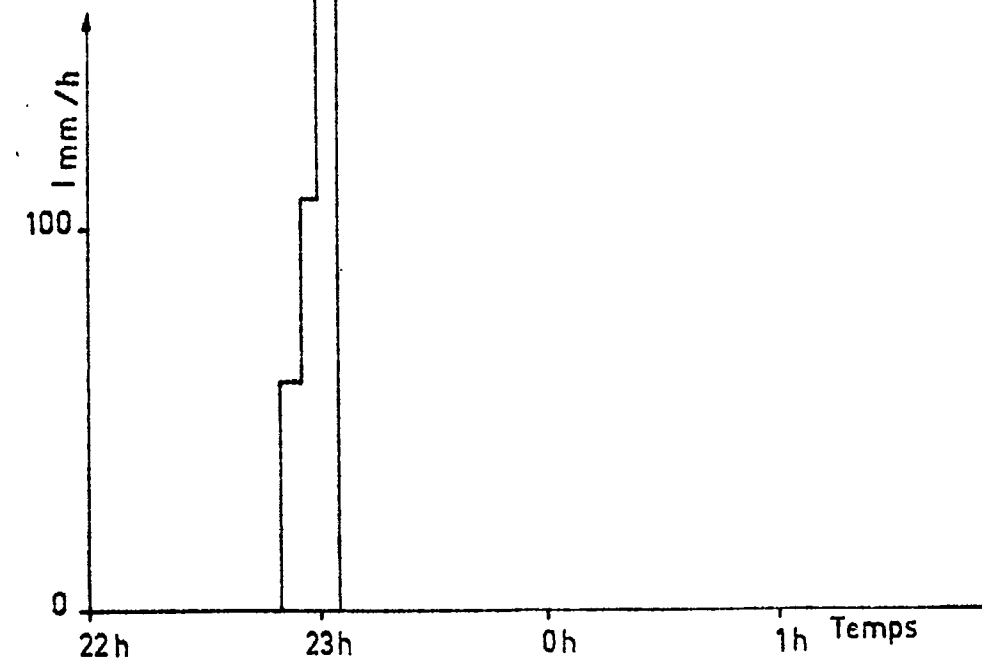
PLUVIOGRAPHE E5



PLUVIOGRAPHE E2

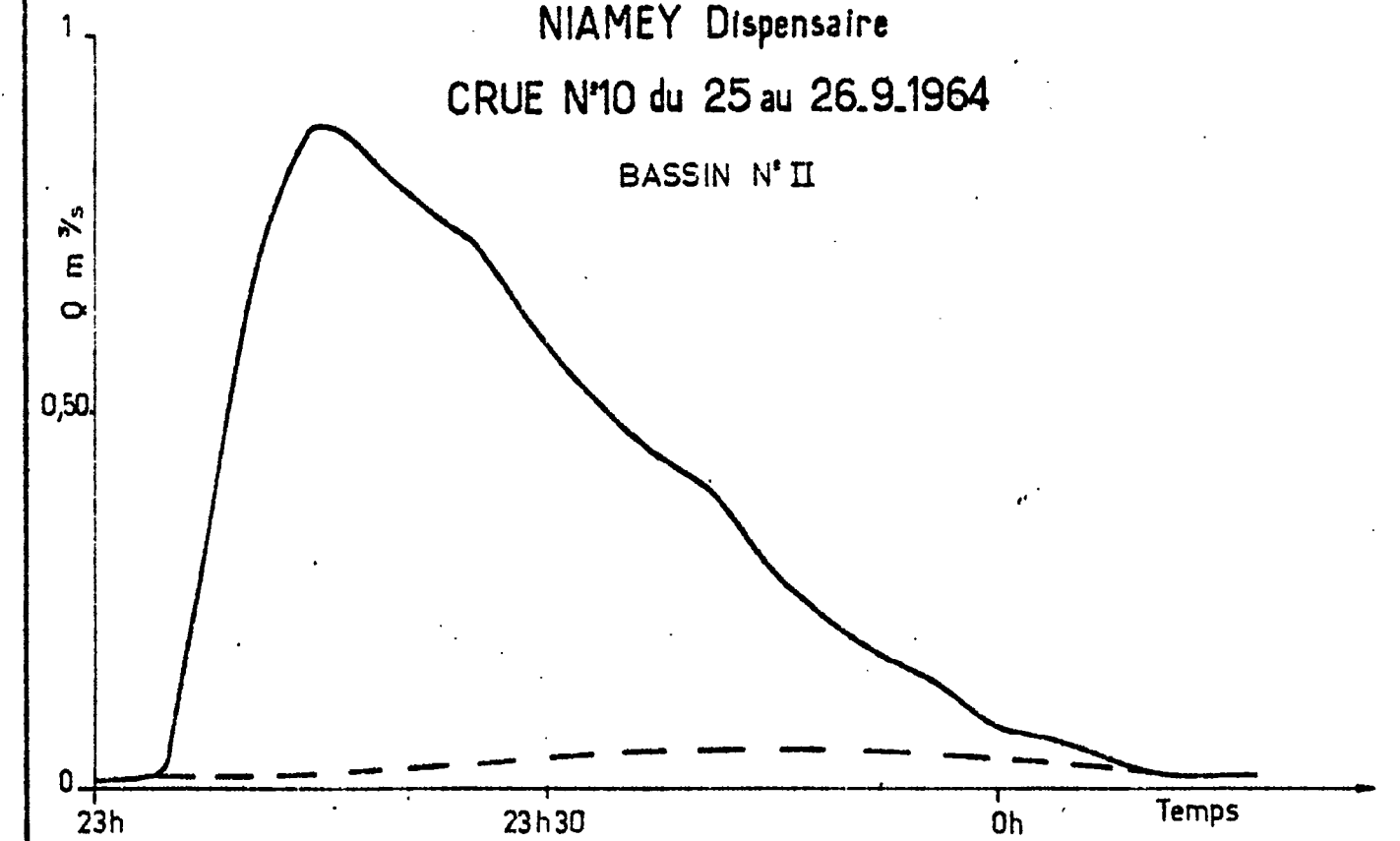


PLUVIOGRAPHE E4

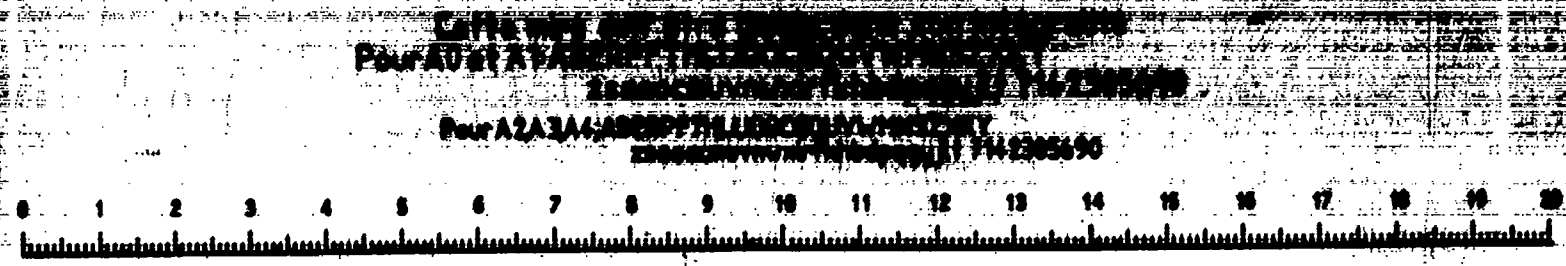


HYDROGRAMME

NIAMEY Dispensaire  
CRUE N°10 du 25 au 26.9.1964  
BASSIN N°II

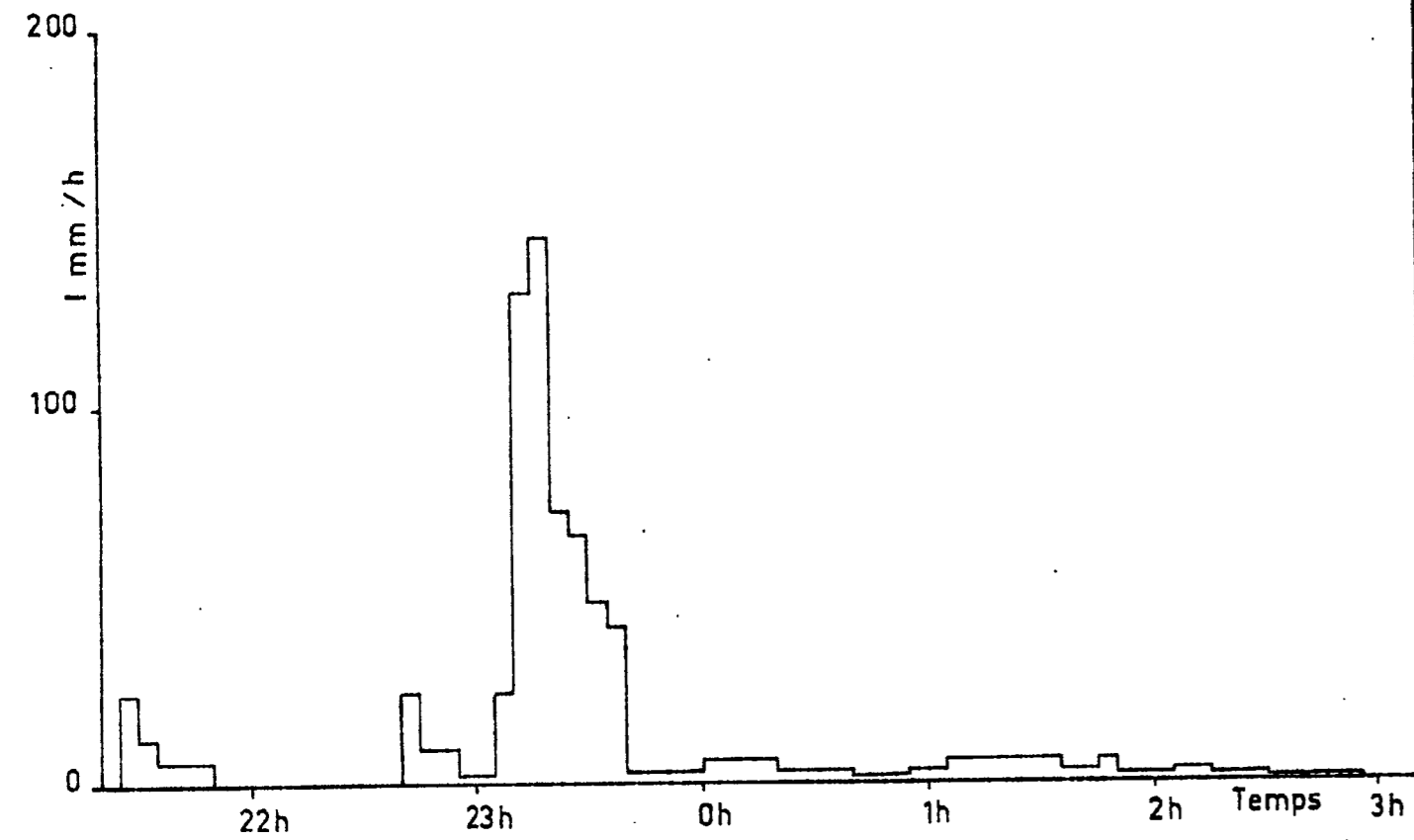


ORSTOM NIG. 71 507 J.6.11.64

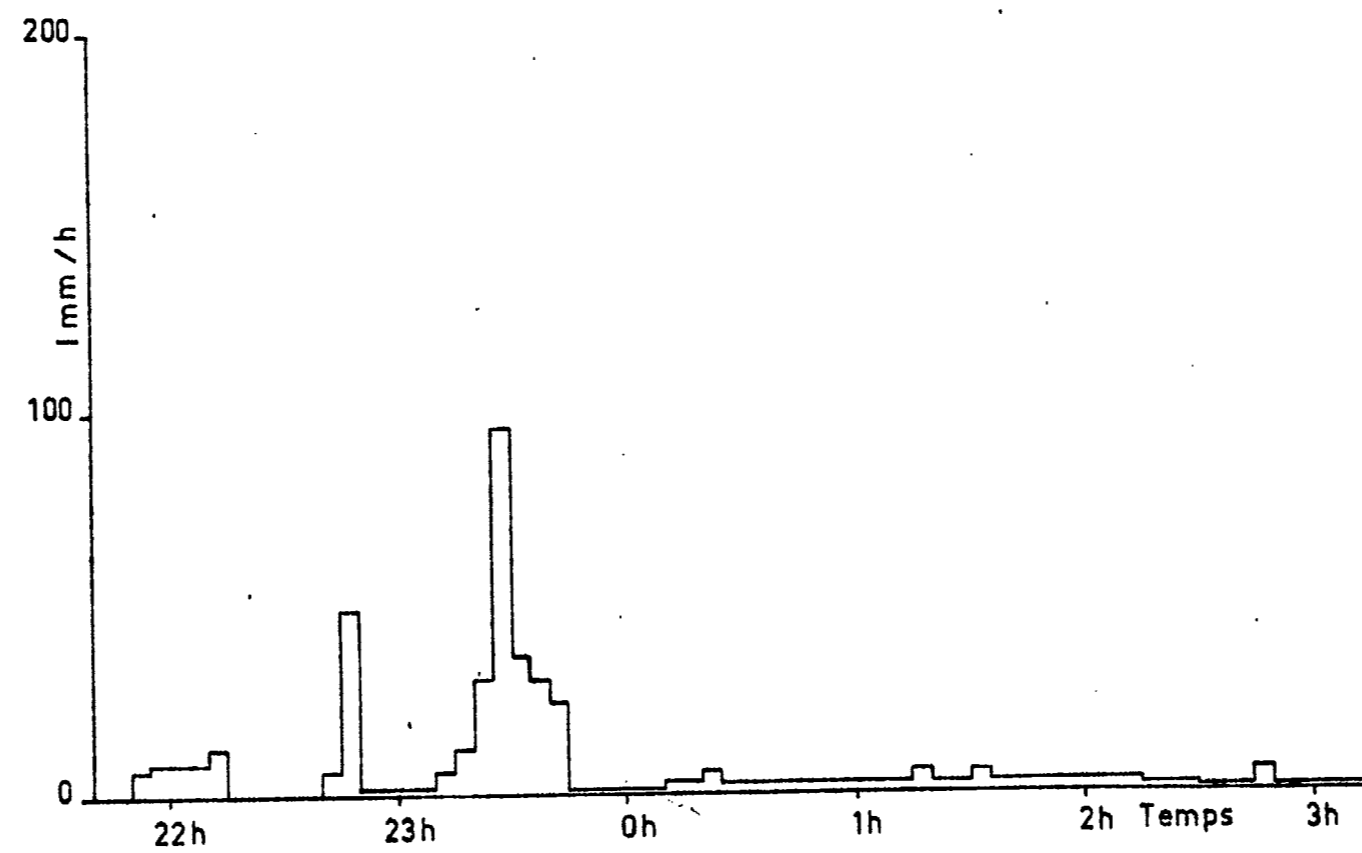


AVERSE N°2 du 31 au 1.9.1964

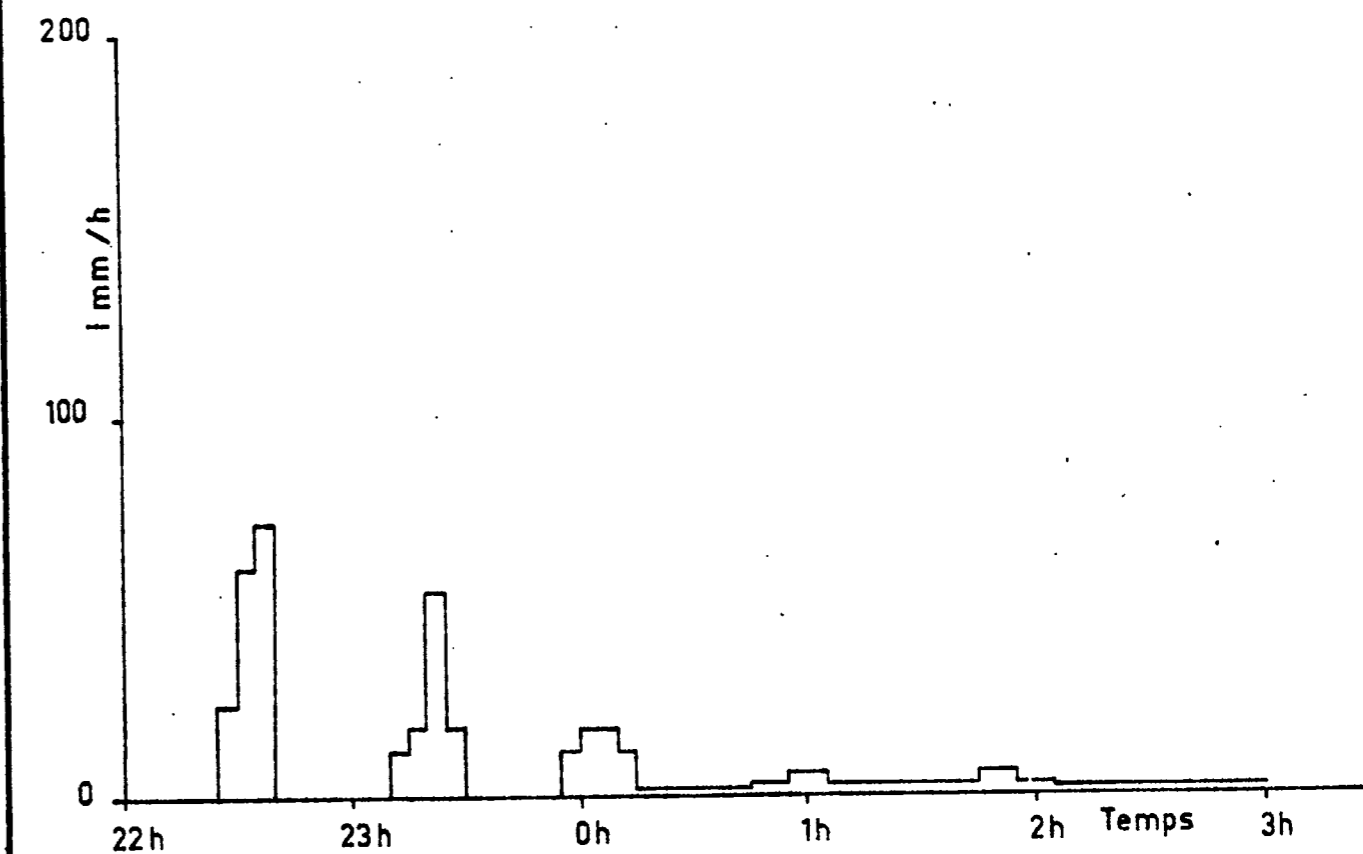
PLUVIOGRAPHE E 1



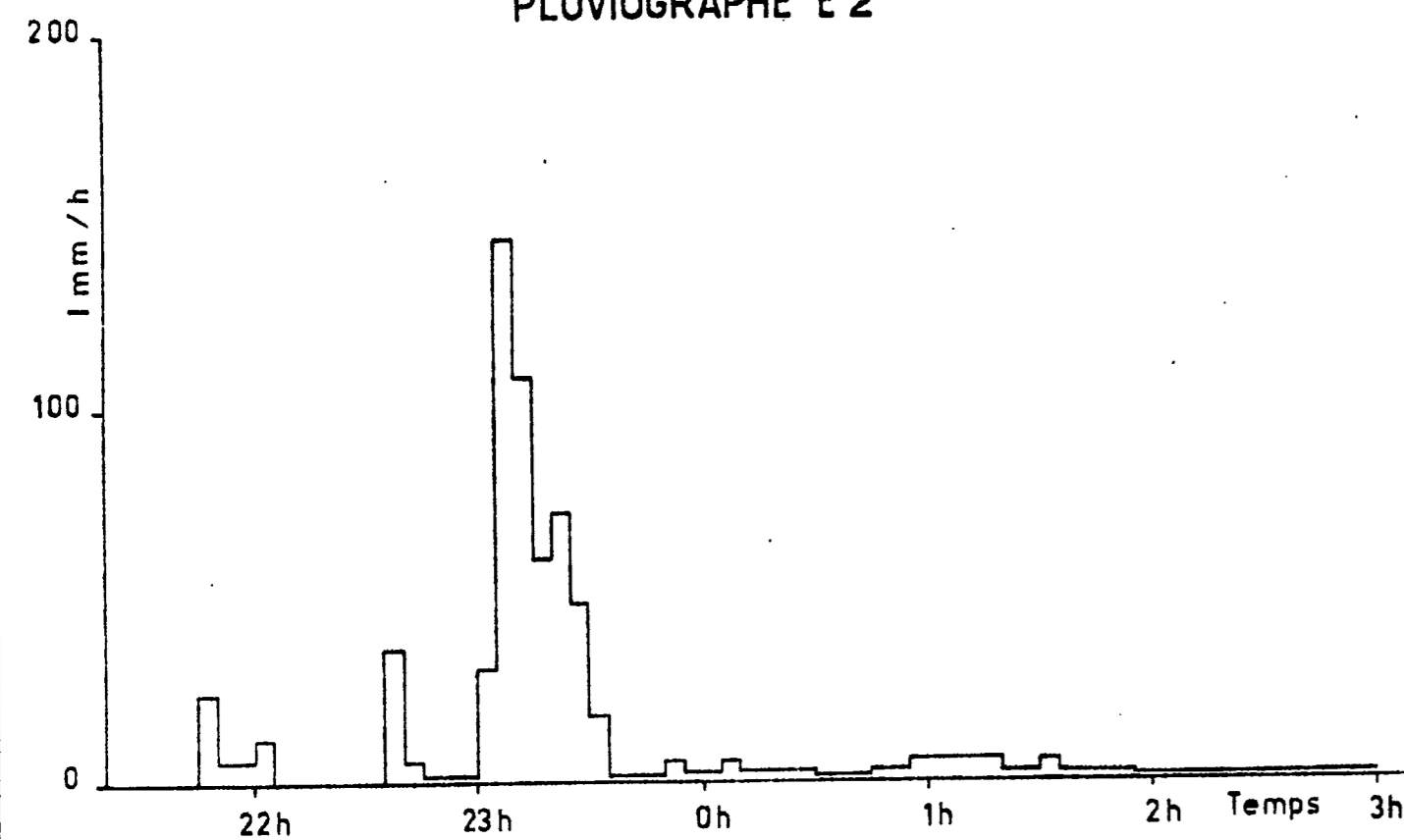
PLUVIOGRAPHE E 3



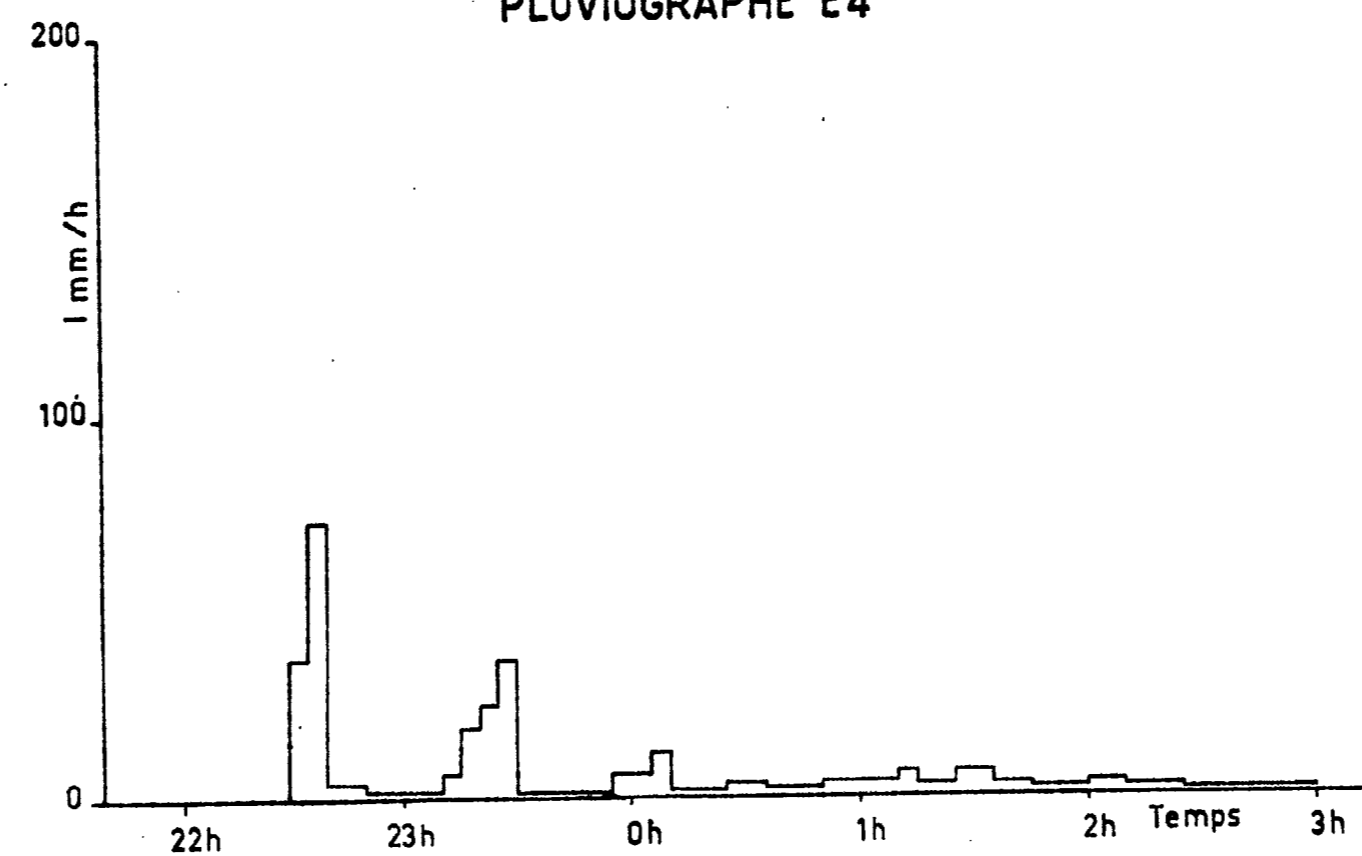
PLUVIOGRAPHE E 5



PLUVIOGRAPHE E 2

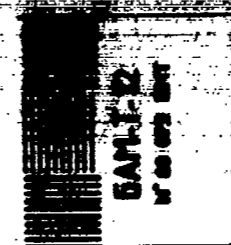
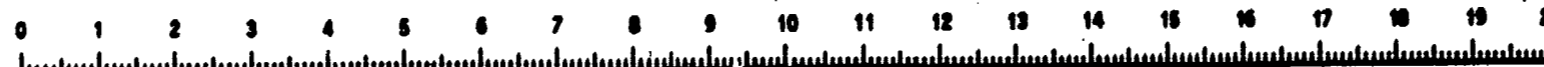


PLUVIOGRAPHE E 4



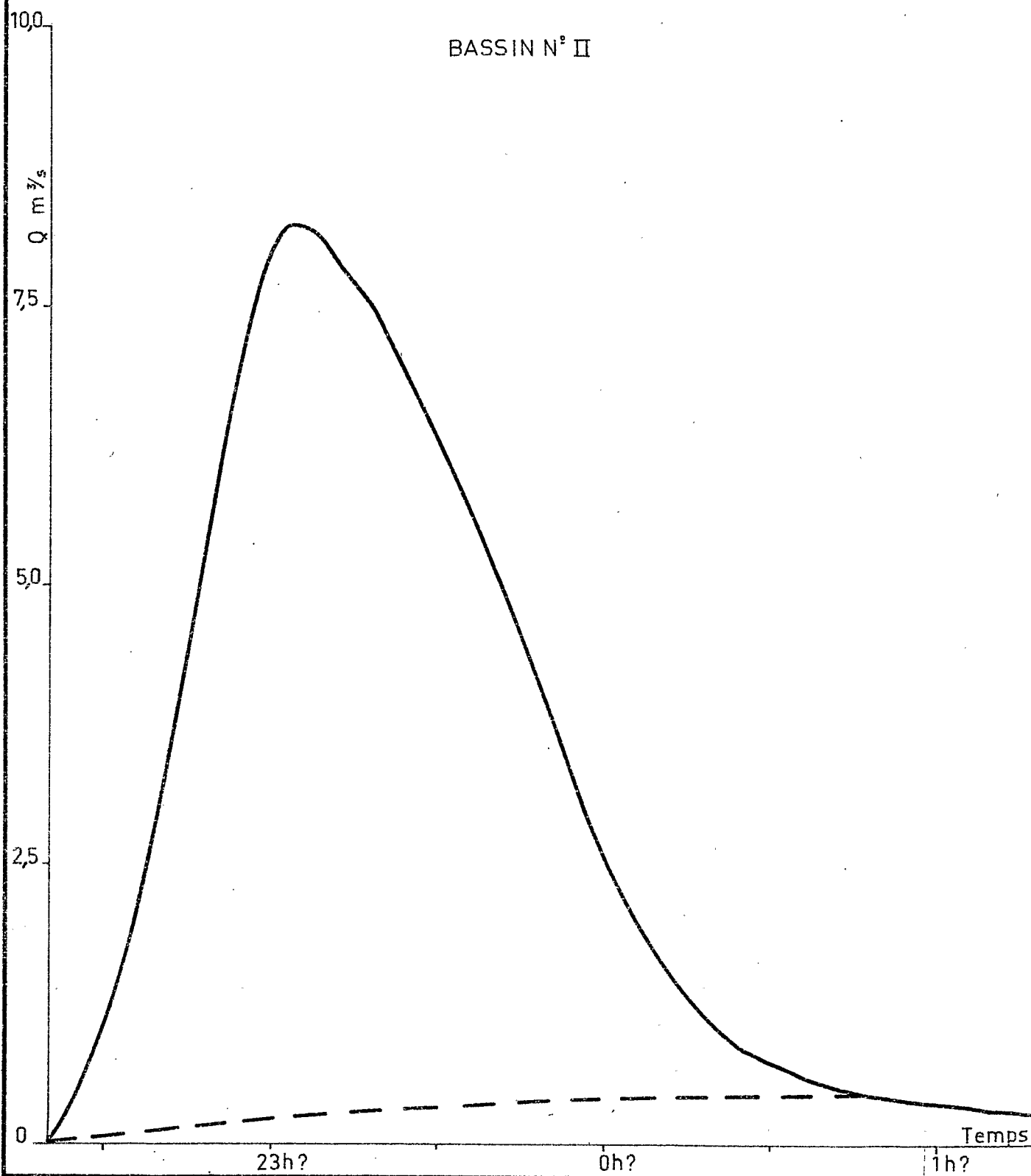
ORSTOM, NIG-71508 J.G. 16.6.64

Cette note doit être lue dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPPTLHLDQCBQVWWSZXY  
 zsaocuvvn/rfkhdpggyj 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPPTLHLDQCBQVWWSZXY  
 zsaocuvvn/rfkhdpggyj 7142385690



HYDROGRAMME  
NIAMEY Dispensaire  
CRUE N°2 du 31 au 1.9.1964

BASSIN N° II



HYDROGRAMME  
NIAMEY av. Salama  
CRUE N°2 du 31 au 1.9.1964

BASSIN N° I

