

RÉPUBLIQUE DU TOGO

Ministère des Travaux Publics

Direction de l'Hydraulique

Bureau Central d'Études

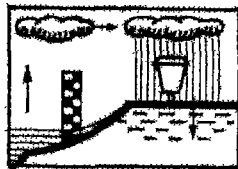
pour les Équipements

d'Outre-Mer

(B. C. E. O. M.)

# ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA KOZA

## RESULTATS ET INTERPRETATION DE LA CAMPAGNE 1974-1975



D8  
LHO

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER  
Centre O. R. S. T. O. M. de LOME (TOGO)

BUREAU CENTRAL HYDROLOGIQUE - PARIS



13077\*

REPUBLIQUE DU TOGO

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

Direction de l'Hydraulique

BUREAU CENTRAL D'ETUDES  
POUR LES EQUIPEMENTS  
D'OUTRE-MER  
(B.C.E.O.M.)

ETUDE HYDROLOGIQUE  
DE LA KOZA

RESULTATS ET INTERPRETATION DE LA CAMPAGNE 1974 - 1975

par

Y. L'HÔTE, Y. MOYON et P. TOUCHÉBEUF

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE LOME - TOGO

BUREAU CENTRAL HYDROLOGIQUE - PARIS. D. - 2



PARIS - JUILLET 1975

20 OCT. 1975

13277

D8  
LHO

# S O M M A I R E

---

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION .....	1
1. - DESCRIPTION ET EQUIPEMENT DU BASSIN .....	4
1.1. - Description sommaire du bassin.....	4
1.2. - Equipement climatologique et hydropluviométrique .....	5
2. - OBSERVATIONS CLIMATOLOGIQUES .....	9
3. - REGIME DES PRECIPITATIONS.....	13
3.1. - Observations de la Campagne 1974-1975 .....	13
3.2. - Précipitations annuelles .....	14
3.3. - Répartition mensuelle des pluies .....	18
3.4. - Précipitations de 24 heures consécutives .....	19
4. - OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES - INTERPRETATION .....	22
4.1. - Jaugeages - Courbe de tarage .....	22
4.2. - Débits moyens journaliers et mensuels .....	24
4.3. - Etude des basses-eaux - Tariessement .....	24
4.4. - Etude des crues.....	26
4.4.1. - Description des crues observées en 1974-1975.....	26
4.4.2. - Quelques observations remarquables sur les crues	29
4.4.3. - Recherches d'une forme de l'hydrogramme de crue de projet .....	32
5. - DETERMINATION DE LA CRUE DE PROJET .....	36
6. - DETERMINATION DE LA CAPACITE DE LA RETENUE NECESSAIRE POUR ASSURER LES BESOINS EN EAU .....	41
6.1. - Besoins en eau et apports naturels .....	41
6.2. - Incidence des transports solides .....	43
6.3. - Incidence de la répartition mensuelle des apports.....	44
6.4. - Incidence des pertes par évaporation .....	48
6.5. - C o n c l u s i o n .....	50

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

---

Dans le cadre des études préliminaires en vue de la construction d'un barrage sur la KOZA, destiné à l'alimentation en eau de la région de LAMA-KARA et des régions avoisinantes, le Ministre des Travaux Publics du TOGO avait commandé à l'ORSTOM, en 1971, une Etude Hydrologique de cette petite rivière, au site même du futur barrage. Le rapport désigné ci-dessous, fournit les résultats de la Campagne 1971, et une première interprétation des données :

" ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA KOZA " ORSTOM - JUIN 1972

par J. BOURGES

Ce rapport a été complété par une note d'ELECTRICITE DE FRANCE, chargée conjointement avec le B.C.E.O.M. de l'étude du projet :

" ALIMENTATION EN EAU DE LA REGION DE LAMA-KARA et NIAMTOUGOU (TOGO )  
DETERMINATION DE LA CAPACITE DE LA RETENUE A CREER SUR LA KOZA "

E.D.F.-DAFECO - B.C.E.O.M. - JUILLET 1972

\* \*

\*

L'ORSTOM a poursuivi, pour son compte, les observations en 1972, jusqu'au 16 Février 1973. A cette date, il a été jugé inutile de continuer les observations, l'étalonnage de la station de jaugeage ayant été fortement modifié par suite de la construction (en fin Octobre 1972) d'un radier, situé à quelques mètres en aval des échelles limnimétriques. Malheureusement, les données hydrométriques supplémentaires ainsi obtenues sont peu utilisables, par suite de la défaillance fréquente du limnigraphe de longue durée, notamment pendant les crues.

\* \*

\*

En Mai 1973, E.D.F. a établi une note dans laquelle figure en particulier une première estimation de la crue exceptionnelle :

" ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA KOZA " - MAI 1973

\* \*

\*

Début Août 1974, le B.C.E.O.M. a confié à l'ORSTOM, par Convention, une Campagne hydrologique complémentaire, les travaux de terrain devant se dérouler d'Août 1974 à Avril 1975 inclus.

La Campagne s'est déroulée comme suit :

- du 12 au 25 Août 1974 : Mission sur le terrain de P. JARRE, Ingénieur hydrologue de l'ORSTOM. Cette mission a compris en particulier : la réinstallation d'une batterie d'échelles à l'emplacement des échelles de 1971, l'installation d'un limnigraphe à cet endroit, la destruction du radier pour tenter de retrouver les conditions d'écoulement de 1971, la réinstallation des postes pluviométriques de 1971 et de la station météorologique. De plus, il a été jugé utile d'installer une deuxième batterie d'échelles (dite : "station aval"), à 300 mètres en aval de la station principale; cette deuxième série d'échelles, qui est exploitée simultanément, doit permettre de poursuivre les observations pendant les travaux de construction du barrage qui entraîneront le détarage, sinon la destruction de la station limnigraphique amont.
- Après le départ de P. JARRE et jusqu'au 15 Octobre 1974, G. JOHNSON, agent technique togolais, qui avait déjà séjourné sur le bassin en 1971, a assuré les mesures hydrométriques, climatologiques et pluviométriques. Les relevés de quatre pluviomètres et d'un pluviographe ont été effectués par un observateur recruté localement, sous le contrôle de G. JOHNSON.
- Du 16 Octobre 1974 au 30 Avril 1975, les relevés climatologiques, les relevés des pluviomètres, et le changement des bandes du pluviographe et du limnigraphe ont été faits par un autre observateur recruté sur place. Cet observateur a dû être remplacé le 23 Février 1975. Pendant toute cette période, les observations ont été vérifiées sept fois lors des tournées de jaugeage effectuées par le technicien hydrologue (Y. MOYON) et les agents techniques (G. JOHNSON et B. DOSSOU-YOVO) du Centre ORSTOM de Lomé.

Il faut noter que cette Campagne a débuté trop tard (le 18 Août). De ce fait, les données hydrométriques de la saison de pluie de 1974 sont incomplètes. En particulier, on peut regretter de n'avoir que des données approximatives sur une crue relativement importante survenue les 31 Juillet et 1er Août, après deux journées de pluie de 43,2 et 66,0 mm à SAHOUDÉ. Seule la cote de pointe de crue a pu être approximativement estimée, les délaissés de crue étant déjà en partie effacés au passage de P. JARRE sur le terrain.

\* \*  
\*

Les observations de la Campagne 1974-1975 ont déjà été consignées pour partie dans les deux rapports suivants :

- " ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA KOZA - Compte rendu de la Campagne des hautes-eaux - 1974, par Y. L'HÔTE et Y. MOYON "

ORSTOM - LOME - PARIS - MARS 1975

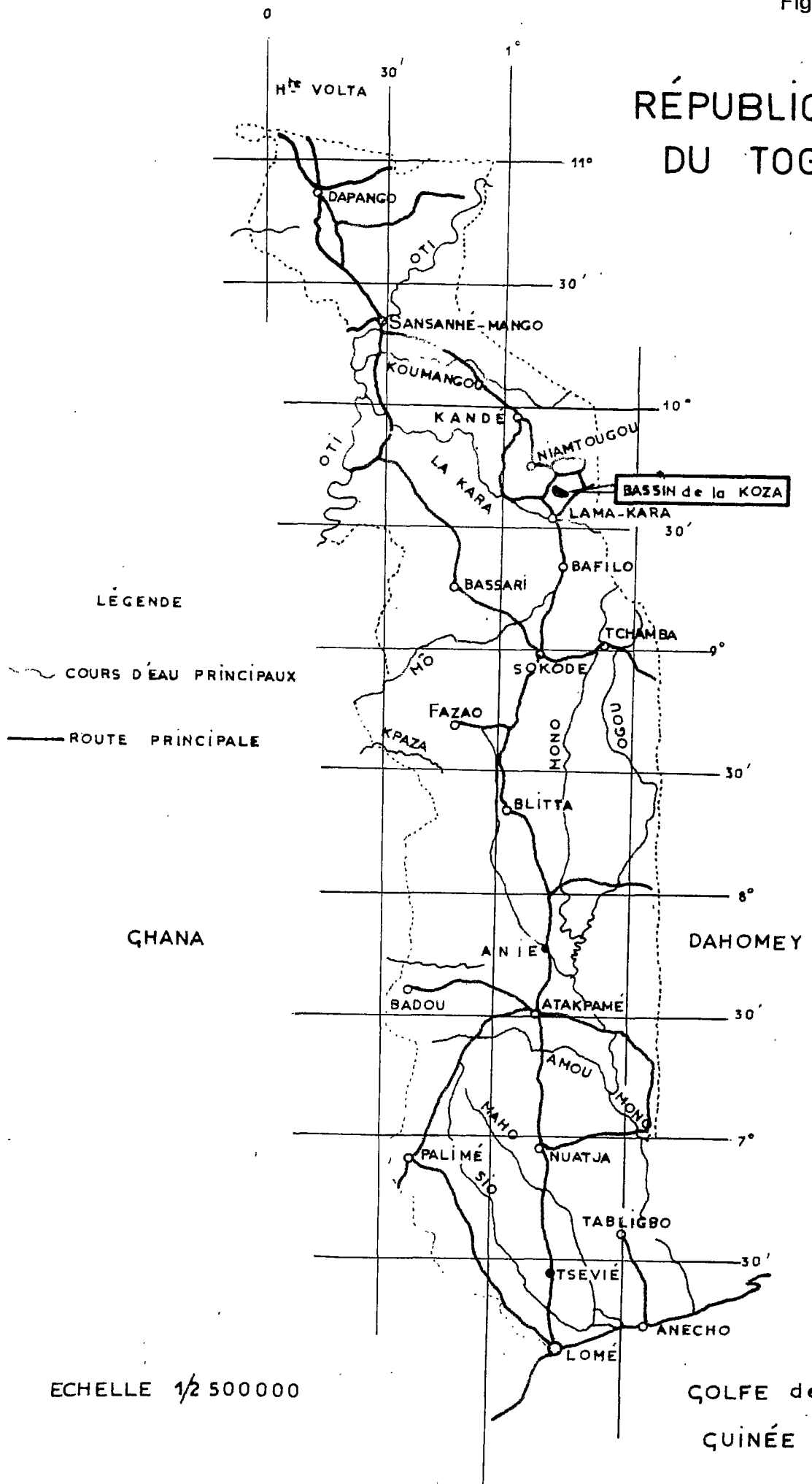
- " ALIMENTATION EN EAU DE LA REGION DE LAMA-KARA ET DES REGIONS AVOISINANTES (TOGO) - Détermination de la capacité de la retenue à créer sur la KOZA "

E.D.F. - DAFECO - ORSTOM - PARIS - AVRIL 1975



Le présent rapport reprend les données brutes fournies dans celui de Mars 1975 et en assure l'analyse et l'interprétation, en particulier, en ce qui concerne la détermination de la crue de projet.

Le rapport d'Avril 1975 a été également intégré dans le présent rapport, qui constitue ainsi un document complet, rendant désormais inutile la consultation des documents antérieurs (sauf éventuellement les annexes du rapport de Juin 1972 de J. BOURGES.

# RÉPUBLIQUE DU TOGO



LÉGENDE

 COURS D'EAU PRINCIPAUX  
 ROUTE PRINCIPALE

GHANA

DAHOMEY

ECHELLE 1/2 500 000

GOLFE de QUINÉE

## 1.- DESCRIPTION ET EQUIPEMENT DU BASSIN

---

### 1.1. - DESCRIPTION SOMMAIRE DU BASSIN

---

Nous reproduisons ici les caractéristiques fournies par J. BOURGES dans son rapport de Juin 1972 :

#### 1.1.1.- Situation générale

Le bassin est situé entre  $9^{\circ} 37'$  et  $9^{\circ} 41'$  de latitude Nord et  $1^{\circ} 10'$  et  $1^{\circ} 13'$  de longitude Est, sur le versant Nord-ouest du Massif de la LAMA, Massif faisant partie de la chaîne de l'ATAKORA.

#### 1.1.2.- Relief

Bordé par une frange de montagnes dont l'altitude varie entre 500 et 800 m, ce bassin se divise en deux sous-bassins adjacents de configuration similaire, séparés par une arête à relief assez mou, d'altitude modérée (500 m) - cf. figure 2. Le point culminant et l'exutoire sont respectivement de 782 m et 375 m I.G.N. L'altitude moyenne est de 537 m.

#### 1.1.3.- Caractéristiques géomorphologiques

Après une nouvelle mesure sur carte au 1/50 000, nous avons adopté la surface de 19,2 km<sup>2</sup>, pour un périmètre stylisé de 19,2 km.

- Le coefficient de compacité  $K_c$  est 1,23.
- Le rectangle équivalent a une longueur  $L = 6,9$  km.
- L'indice de pente global est  $I_g = 42,9$  m/km.
- L'indice de pente  $I_p = 0,236$

Ces deux dernières valeurs permettent de classer le bassin de la KOZA parmi les bassins à relief assez fort, de classe R 5 \*

Concernant le réseau hydrographique, il faut noter l'existence de deux cours d'eau à tracés parallèles, dont le confluent se situe à 300 mètres seulement en amont de la station de jaugeage.

A ce confluent, le cours principal de la KOZA a un bassin de 11,3 km<sup>2</sup>. Celui de l'affluent un bassin de 7,7 km<sup>2</sup>.

.../5

---

\* On définit 7 classes de reliefs : de R1 pour un bassin très plat, à R7 pour un bassin de montagne.



#### 1.1.4.- Géologie et Pédologie

L'assise géologique du Massif est constituée en majorité de gneiss à faciès variés.

Concernant la pédologie, on rencontre des sols peu évolués d'érosion (lithosols) sur les hauteurs, et des sols ferrallitiques et fersiallitiques. L'altération est d'épaisseur variable selon l'altitude.

#### 1.1.5.- Végétation

La savane arborée recouvre une grande partie du bassin. La densité des arbres, pratiquement nulle dans les régions hautes, est très faible dans les fonds par suite de l'occupation des cultures. Près de la moitié de la superficie du bassin est cultivée (mil, haricot, igname, arachide).

### 1.2.- EQUIPEMENT CLIMATOLOGIQUE ET HYDRO-PLUVIOMETRIQUE

#### 1.2.1.- Pluviomètre de la Météorologie Nationale

Le Service de la Météorologie Nationale du TOGO exploite sur le bassin un pluviomètre de type ASSOCIATION. Il est désigné sous le numéro 7 sur la carte n°2 ci-dessous, ainsi que dans les listes des résultats d'observation, en annexe.

Ce poste dit "SAHOUDÉ" est présenté, depuis sa création (1957), dans les résumés mensuels et annuels du temps au TOGO, avec les coordonnées et l'altitude suivantes :

9° 37' N      1° 14' E      193 m d'altitude

Ces coordonnées correspondent bien à celles du village de SAHOUDÉ, avec une erreur d'impression quant à l'altitude (il faut lire 393 m).

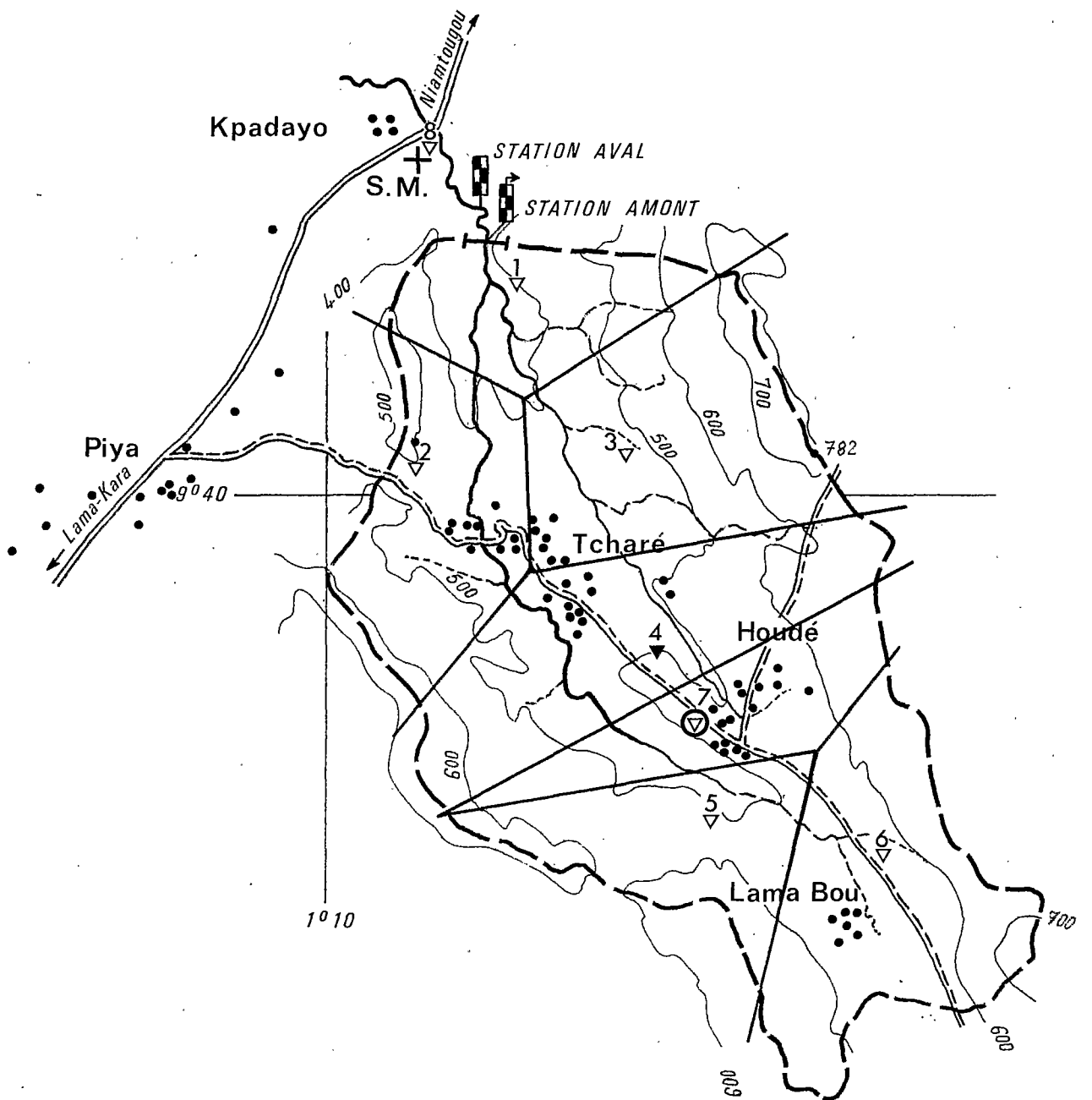
Après notre visite effectuée sur le terrain le 8 Mai 1972, nous proposons pour ce poste, situé en fait à HOUDÉ, et non à SAHOUDÉ, les caractéristiques géographiques suivantes :

9° 39' N      1° 12' E      510 m d'altitude








Nous pensons qu'il y a eu une confusion entre les noms des villages mais qu'il n'y a pas eu de déplacement du poste pluviométrique à une date donnée. La vérification de cette manière de voir est fournie

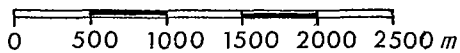
CARTE D'ÉQUIPEMENT

1974



L É G E N D E

-  Echelle limnimétrique
-  Limnigraphe
-  Pluviomètre et son numéro
-  Pluviographe " "
-  Poste du réseau national
-  S.M Station météorologique
-  Village



par la méthode des totaux annuels cumulés développée ci-dessous au paragraphe 3.2.1., pour autant que la méthode le permet, avec 17 années de relevés.

### 1.2.2.- Pluviomètres et pluviographe installés pour la Campagne 1974-75

Cinq pluviomètres ASSOCIATION ont été réimplantés aux mêmes places qu'en 1971; il s'agit des pluviomètres n<sup>os</sup> 1, 2, 3, 5 et 6 sur la carte n° 2 et les tableaux en annexe.

Un pluviographe de marque PRECIS-MECANIQUE, bague de 400 cm<sup>2</sup>, durée de révolution 24 heures, a été replacé sur les piquets laissés après la Campagne 1971. Ces différents appareils ont été implantés entre le 15 et le 19 Août, selon un calendrier qui figure sur la fiche des observations d'Août 1974, en annexe.

Le pluviomètre n° 7, est relevé par l'observateur de la Météorologie Nationale deux fois par jour, à 8 heures et 18 heures. Le carnet de l'observateur est ainsi conçu que la pluie du jour soit la somme de la pluie relevée le jour même à 18 heures et de la pluie relevée le lendemain à 8 heures. Pour homogénéiser les données, les pluviomètres observés par l'ORSTOM sont relevés entre 6 et 8 heures le matin, et l'observation est portée à la date de la veille.

### 1.2.3.- Station climatologique

La station a été réinstallée à la même place\* et dans les mêmes conditions qu'en 1971. Elle comprend :

- Un abri météorologique, en bois, grand modèle avec :
  - . thermomètre à maximum,
  - . thermomètre à minimum,
  - . températures sèche et humide relevées à 6, 12 et 18 heures,
  - . évaporomètre PICHE, relevé à 6 et 18 heures.
  
- Un bac d'évaporation de type ORSTOM, enterré. Il s'agit d'un bac en tôle d'acier soudée de 1 m x 1 m de section x 0,60 m de profondeur, enterré sur 50 centimètres; l'eau est ramenée à chaque mesure (à 6 et 18 heures) au niveau d'une pointe de référence, elle même située au niveau du sol environnant. A un litre d'eau versé correspond un millimètre d'évaporation.

.../7

---

\* la carte, figure 4, du rapport de 1971, donne un emplacement erroné de cette station.

- Un Pluviomètre au sol, dont la bague est située au niveau du bord supérieur du bac d'évaporation et qui sert à faire les corrections de pluie dans les mesures d'évaporation.
- Un pluviomètre avec bague à 1,50 m. Il porte le numéro 8 sur la carte figure 2 et dans les tableaux de résultats, en annexe.
- Un anémomètre type CHAUVIN-ARNOUX pour la mesure de vitesse du vent.

#### 1.2.4.- Stations hydrométriques

##### 1.2.4.1.- Station amont

Nous avons pris soin, lors du démontage de la station ayant servi à la Campagne 1971, de laisser sur place les fers I (bétonnés au sol) des éléments d'échelle 2 à 3 et 3 à 4 mètres. Cette précaution s'est avérée utile puisqu'on a pu replacer les échelles exactement aux mêmes cotes (marques des mètres exacts gravés sur les fers I). Cette batterie d'échelles comprend quatre éléments métriques disposés en escalier sur la rive gauche.

La gaine et la cabine du limnigraphe de 1971 avaient été déposées. Il a été jugé plus intéressant de placer le limnigraphe de 1974 dans la même section que les échelles; le décalage de cet appareil, à 30 mètres en aval des échelles, avait en effet créé des sujétions d'exploitation des mesures lors de la précédente campagne.

L'appareil est un limnigraphe à flotteur de marque OTT, type X, à durée de révolution du tambour de 32 heures, réduction des hauteurs de 1/10. Il a donné entière satisfaction lors de la dernière campagne.

Comme dit dans l'introduction ci-dessus, pour tenter de retrouver la courbe de tarage de 1971, il a été jugé utile de détruire entièrement un pont-radier fait de pierres sèches, soit 15 m<sup>3</sup> de déblais de blocs, environ. Ce radier, qui était situé à 3 mètres en aval de la section des échelles, avait servi au passage de véhicules lors de travaux préliminaires au site du

barrage. Il est à noter qu'en saison sèche 1973, ce radier provoquait en outre une réserve d'eau qui était utilisée en particulier pour des pompages dans des camions-citernes d'une Entreprise de travaux publics travaillant à LAMA-KARA.

1.2.4.2.- Station aval

- - - - -

Afin d'éviter une rupture dans les relevés hydrométriques ultérieurs, et devant l'impossibilité d'interdire par exemple la reconstruction du pont-radier très utile par ailleurs, il a été décidé d'implanter une deuxième batterie de 5 mètres d'échelles située à 300 mètres environ en aval de la station amont.

La corrélation des hauteurs, d'ores et déjà établie, doit permettre de poursuivre les observations hydrométriques pendant les travaux au site du barrage.

## 2. - OBSERVATIONS CLIMATOLOGIQUES

=====

- Rappelons que cette région est sous l'influence du climat tropical de transition, avec une saison de pluie s'étendant de Mai à Octobre en moyenne.

- Le résumé des observations effectuées à la station climatologique de KPADAYO est donné dans les tableaux 1 et 2, pages suivantes.

Au dépouillement de ces données, nous avons observé une baisse de qualité des observations après le départ de l'agent technique JOHNSON, et en particulier après le changement d'observateur en Février 1975. Les données de température et d'humidité de l'air pour Février, Mars et Avril 1975, ont ainsi été jugées trop défectueuses pour être publiées.

\* \*  
\*

Concernant le dépouillement des mesures faites sur le bac d'évaporation lors des journées de pluie, nous avons adopté la méthode suivante :

- Lorsque la pluie, pour un relevé bi-quotidien, est inférieure à 10 mm, on opère ainsi :

• Si la mesure au bac consiste à retirer de l'eau pour amener le niveau à la pointe de référence, la valeur de l'évaporation est la différence entre la hauteur de pluie et la quantité d'eau retirée. Par exemple :

- pluie : 9,0 mm, bac : 7,8 litres retirés, soit 7,8 mm.  
- évaporation : 9,0 - 7,8 = 1,2 mm.

• Si à la mesure au bac on a dû ajouter de l'eau, la tranche d'eau correspondante est additionnée à la hauteur de pluie au lieu d'en être soustraite.

- Lorsque la pluie, pour un relevé bi-quotidien, est supérieure à 10 mm, l'expérience a montré que la correction ci-dessus ne donne pas de résultat précis. Il vaut mieux :

- a) - soit admettre que l'évaporation est nulle pour ce relevé bi-quotidien (ce qui donne une estimation par défaut),
- b) - soit exclure complètement des relevés mensuels d'évaporation les journées dont l'un au moins des relevés bi-quotidiens correspond à une pluie supérieure à 10 mm, (ce qui donne une estimation par excès de la moyenne mensuelle de l'évaporation journalière, puisqu'on ne tient pas compte des jours de pluie où l'évaporation est relativement faible).

\*            \*  
                 \*

STATION METEOROLOGIQUE DE KPADAYO

Résultats des mesures de la Campagne 1974 - 1975

1. -- TEMPERATURES MOYENNES MESUREES SOUS ABRI

M o i s	T. moy.	T. moy.	T. moy.	T. moy.	T. moy.	Mini-Maxi
	à 6 h.	à 12 h.	à 18 h.	mini	maxi	
Mois						2
Mois						
Août 1974 (22 au 31)	21° 8	25° 0	24° 3	22° 2	29° 6	25° 7 *
Septembre	21° 3	27° 4	24° 1	21° 6	30° 1	25° 7 *
Octobre	21° 7	30° 1	26° 2	21° 6	32° 3	27° 0
Novembre	20° 3	32° 5	27° 5	19° 9	33° 7	26° 8
Décembre 1974	20° 9	32° 1	27° 6	21° 6	33° 9	27° 4 *
Janvier 1975	21° 9	30° 4	29° 2	-	35° 2	28° 6 *

\* Moyennes effectuées avec la température à 6 h. et non la température minimale

2. - HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR (en %)

	Humidité U.			
	à 6 heures	U à 12 heures	U à 18 heures	Moyenne
Août 1974 (22 au 31)	89,6	77,7	79,7	82,3
Septembre	89,0	67,2	76,9	77,7
Octobre	86,7	58,4	74,4	73,1
Novembre	61,7	30,4	47,1	46,4
Décembre 1974	32,9	15,8	25,1	24,6
Janvier 1975	25,1	18,2	21,6	21,6



STATION METEOROLOGIQUE DE KPADAYO

Résultats des mesures d'évaporation  
Campagne 1974.- 1975

MOIS	BAC D'EVAPORATION		BAC D'EVAPORATION			EVAPOROMETRE	
	(Méthode a)		(Méthode b)			PICHE	
	Total	Moyenne	Total	Nombre	Moyenne	Total	Moyenne
	en mm	mm/jour	en mm	jours	mm/jour	en mm	mm/jour
				conservés			
( 21 - 31 Août	16,8	1,53	6,7	2	3,35	13,1	1,31
( Septembre	71,1	2,37	55,6	18	3,09	47,5	1,59
( Octobre	114,9	3,71	108,1	26	4,16	66,8	2,15
( Novembre	196,6	6,55	196,6	29	6,78	194,3	6,48
( Décembre	271,5	8,76	271,5	31	8,76	360,7	11,64
( Janvier 1975	306,9	9,90	306,9	31	9,90	496,0	16,0
( Février	242,6	8,66	242,6	28	8,66	-	-
( Mars	(271,0)	(9,70)	267,0	27	9,90	-	-
( Avril	(198,1)	(7,07)	185,4	25	7,41	-	-

- Valeurs relevées incomplètes

( ) Quelques journées non observées - 6 valeurs corrigées en Mars 1975

Nota :

Méthode a) - Pour une demi-journée au cours de laquelle la pluie est supérieure à 10 mm, on a considéré que l'évaporation est nulle.

Le total mensuel est le total des 30 ou 31 valeurs journalières

Méthode b) - On a exclu les journées au cours desquelles on a mesuré au moins une fois plus de 10,0 mm de pluie. Le total mensuel est dans ce cas respectivement la somme des 2, 18, 26, etc... relevés journaliers complets.

3.- REGIME DES PRECIPITATIONS

3.1.- OBSERVATIONS DE LA CAMPAGNE 1974-1975

Nous donnons en annexe les relevés journaliers aux différents postes, ainsi que la quantité d'eau mesurée au seau du pluviographe (n° 4).

Les relevés étaient faits vers 8 heures par C. JOHNSON aux postes 1 et 8. Ils étaient effectués dans la matinée par un observateur, recruté localement, aux postes 2, 3, 4, 5 et 6. Le poste n° 7 est relevé par l'observateur habituel de ce pluviomètre.

Du fait de la présence de plusieurs observateurs, nous avons pu détecter et corriger certaines erreurs de date. Il en reste vraisemblablement dans les relevés d'Août 1974, alors qu'à partir du début Septembre ce type d'erreur a été évité.

Pour le calcul de la précipitation moyenne sur le bassin versant, la méthode des isohyètes est difficile à mettre en oeuvre sur un bassin aussi accidenté, compte tenu du petit nombre de postes observés. Pour la Campagne 1975-1976, quatre nouveaux postes ont déjà été implantés le 7 Mai 1975.

Avec les données de 1974-1975, nous avons préféré le calcul par la méthode classique des polygones de THIESSEN, dont on retrouve le tracé sur la carte n° 2. Les coefficients retenus pour le calcul de la pluie moyenne sur le bassin sont les suivants :

<u>Numéro du pluviomètre</u>	<u>Coefficient de THIESSEN (%)</u>
1	9,7
2	13,5
3	18,3
4	18,7
5	10,9
6	18,6
7	10,3
Total .....	100,0

### 3.2.- PRECIPITATIONS ANNUELLES

Dans ce paragraphe, nous nous proposons de définir la précipitation moyenne interannuelle (ainsi que les valeurs de fréquences rares) au poste de SAHOUE<sup>3</sup> situé au centre du bassin.

Compte tenu du faible nombre d'années observées (17 années, 1958 étant exclue), il est intéressant d'étudier aussi la répartition aux deux postes voisins suivants (cf. carte figure 3) :

- . LAMA-KARA, situé à douze kilomètres au Sud du bassin à vol d'oiseau, observé depuis 1938;
- . PAGOUDA, situé à dix-sept kilomètres au Nord-est, observé depuis 1934.

Mais avant toute étude statistique sur ces données, il convient de vérifier l'homogénéité des séries par la méthode de comparaison des totaux pluviométriques cumulés (ou méthode des doubles masses).

#### 3.2.1.- Comparaison des totaux pluviométriques cumulés

La méthode a été appliquée aux trois postes cités ci-dessus, en prenant par ailleurs comme références des pluviomètres anciens et réputés sûrs, situés entre les isohyètes annuelles 1 200 et 1 400 millimètres, il s'agit (cf. carte 3) :

- au TOGO : de GUERIN-KOUKA (observé depuis 1938) et KANDE<sup>3</sup> (1938)
- au DAHOMEY : de DJOUGOU (1922) et NATITINGOU (1922)

La figure 4, ci-après, ainsi que d'autres combinaisons non reproduites ici, peuvent être interprétées ainsi :

- a) - la série des pluies annuelles de SAHOUE<sup>3</sup> est vraisemblablement homogène, mais la durée d'observation est encore trop faible pour en avoir la certitude;
- b) - la série de LAMA-KARA est homogène, après comparaison avec les séries de GUERIN-KOUKA, KANDE<sup>3</sup> et DJOUGOU. Ces trois derniers postes ont donc des séries, elles aussi, homogènes.

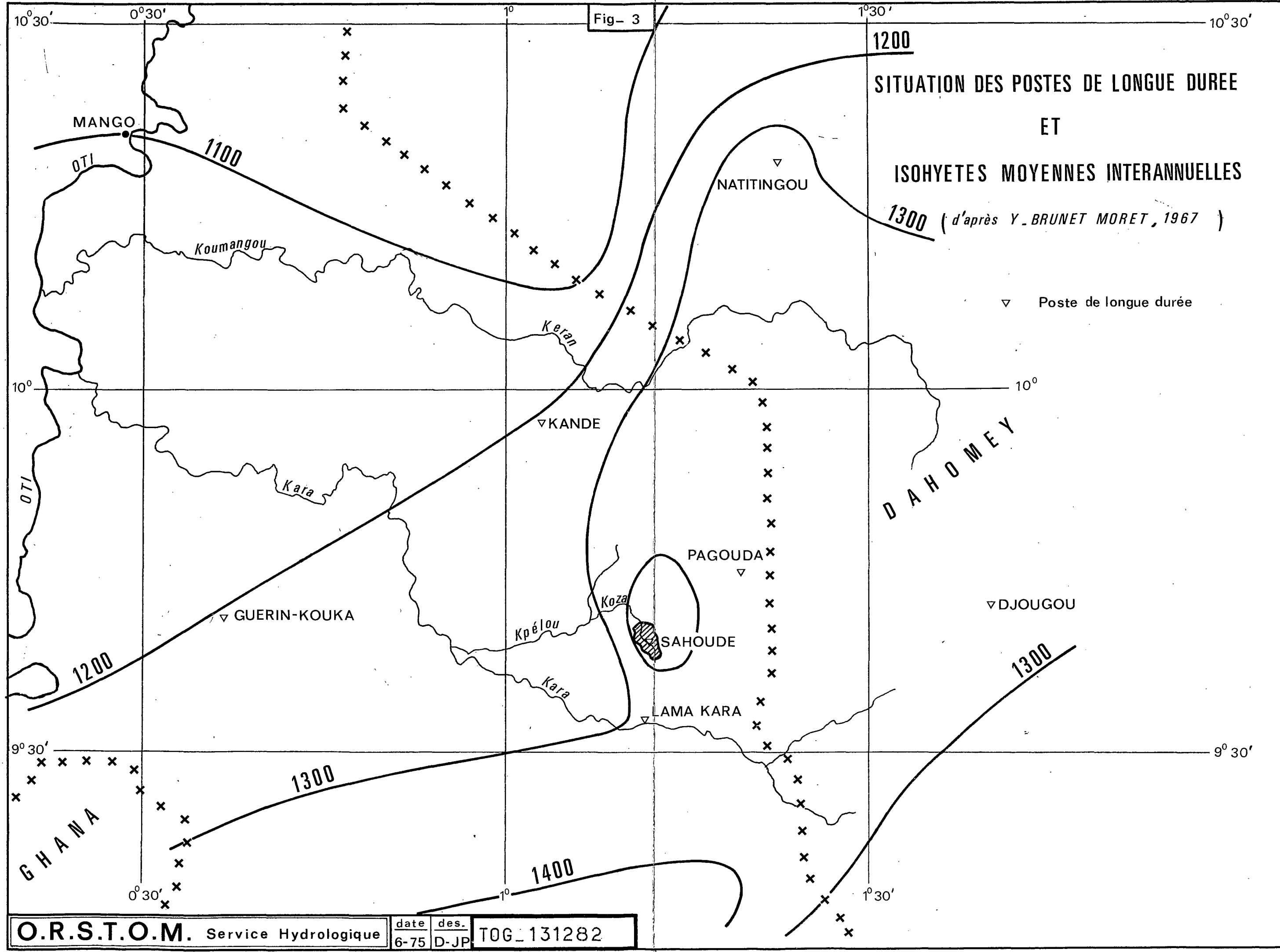


Fig- 3

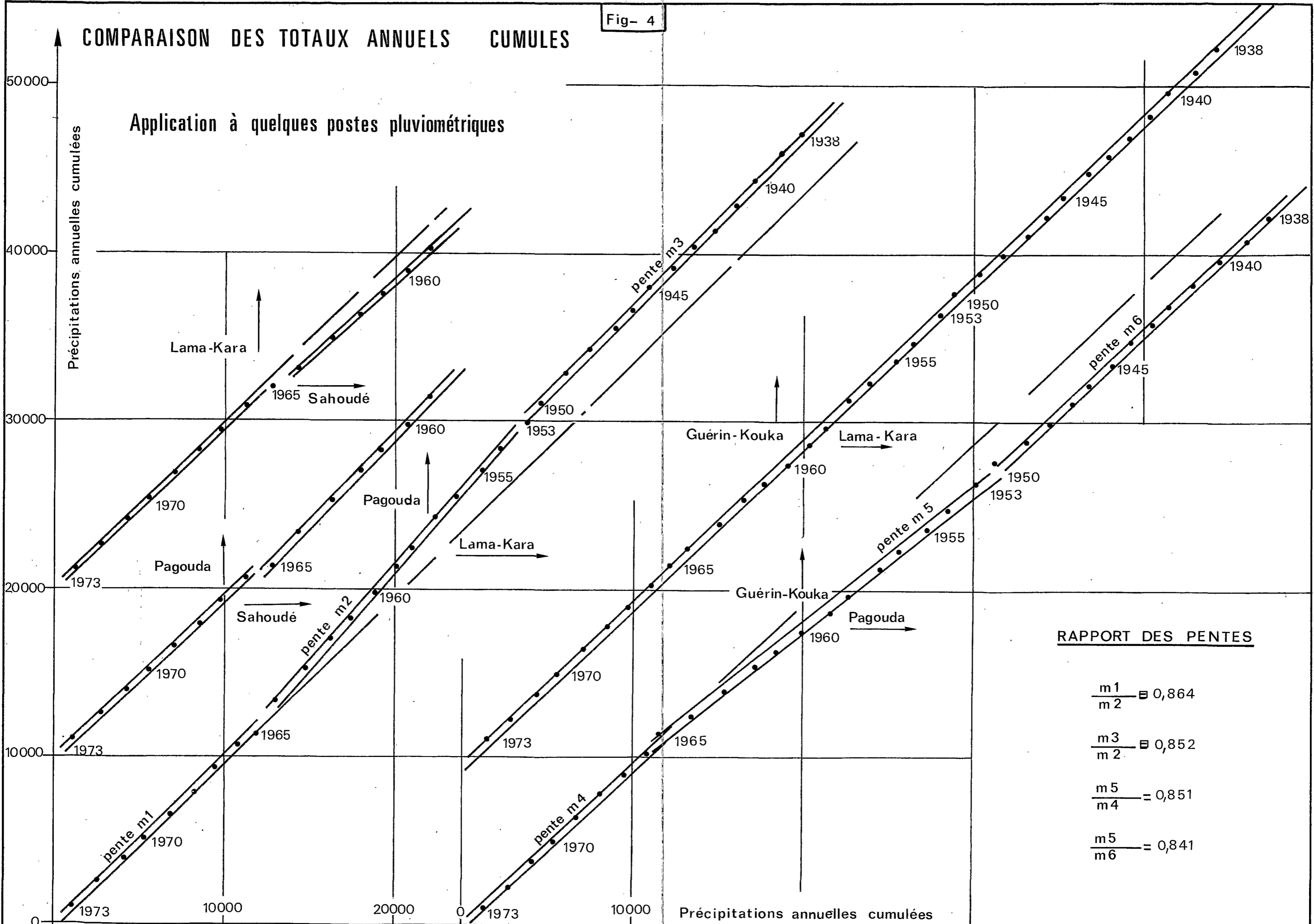
1200  
 SITUATION DES POSTES DE LONGUE DUREE  
 ET  
 ISOHYETES MOYENNES INTERANNUELLES  
 1300 ( d'après Y. BRUNET MORET, 1967 )

▽ Poste de longue durée

Fig- 4

COMPARAISON DES TOTAUX ANNUELS CUMULES

Application à quelques postes pluviométriques



RAPPORT DES PENTES

$$\frac{m1}{m2} = 0,864$$

$$\frac{m3}{m2} = 0,852$$

$$\frac{m5}{m4} = 0,851$$

$$\frac{m5}{m6} = 0,841$$

- c) - Il existe une cassure nette dans la série de PAGOUDA, la pluviométrie de la période 1953 à 1965 étant surestimée. Le rapport des pentes entre les différentes périodes individualisées, soit 0,85 en moyenne ou son inverse 1,176, n'est pas une valeur classique correspondant à l'utilisation d'une éprouvette non conforme au seau du pluviomètre. On peut supposer deux déplacements successifs du poste, au cours de l'année 1952 (lacune de 9 mois) puis aux environs de l'année 1965.

La pluviométrie moyenne interannuelle calculée sur les quarante années de relevés, après correction systématique de 0,85 pour la période 1953 à 1964, est :

1 331 mm

Sans effectuer cette correction, on aurait :

1 400 mm

Quoi qu'il en soit, la station de PAGOUDA pourra difficilement être retenue pour une extension des données à SAHOUDÉ, compte tenu de l'imprécision sur cette erreur systématique décelée.

- d) - La station de NATITINGOU, au DAHOMEY, qui nous avait paru intéressante a priori du fait d'une situation géographique comparable à celle de SAHOUDÉ (altitude - situation par rapport aux reliefs), présente une série non homogène.

- e) - Nous avons pu remarquer quelques anomalies dans les données :

- des totaux exagérément faibles - en 1964 et 1965 à LAMA-KARA  
- en 1965 à PAGOUDA
- un total exagérément fort - en 1964 à PAGOUDA.

### 3.2.2.- Corrélation des totaux pluviométriques annuels

Notre intention est de définir parmi les postes de longue durée, celui ou ceux qui permettent la meilleure extension des données.

Les postes de PAGOUDA et de NATITINGOU doivent être exclus pour raison de non homogénéité.

Parmi les autres postes; celui de LAMA-KARA présente la meilleure corrélation, pour quinze années communes (1964 et 1965 exclues), bien qu'elle soit assez lâche :

Coefficient de corrélation  $r = 0,73$

La figure 5 représente la droite de régression de cette corrélation; elle est de la forme :

$$P. \text{ SAHOUDÉ} = 0,81 \quad P. \text{ LAMA-KARA} + 355 \text{ mm}$$

La corrélation entre les postes de SAHOUDÉ et DJOUGOU (51 années) est plus mauvaise qu'avec LAMA-KARA (coefficient de corrélation de 0,65).

Pour les postes de KANDÉ et GUERIN-KOUKA, le simple report graphique montre que la corrélation ne serait pas satisfaisante.

### 3.2.3.- Etude fréquentielle des précipitations annuelles à LAMA-KARA et SAHOUDÉ

Nous avons testé quatre lois (GAUSS, GUMBEL, GALTON, GOODRICH) sur les séries de pluie annuelle suivantes :

- SAHOUDÉ 17 années (1957 - 1974, exclu 1958)
- LAMA-KARA 36 années (1938 - 1974, exclu 1951)

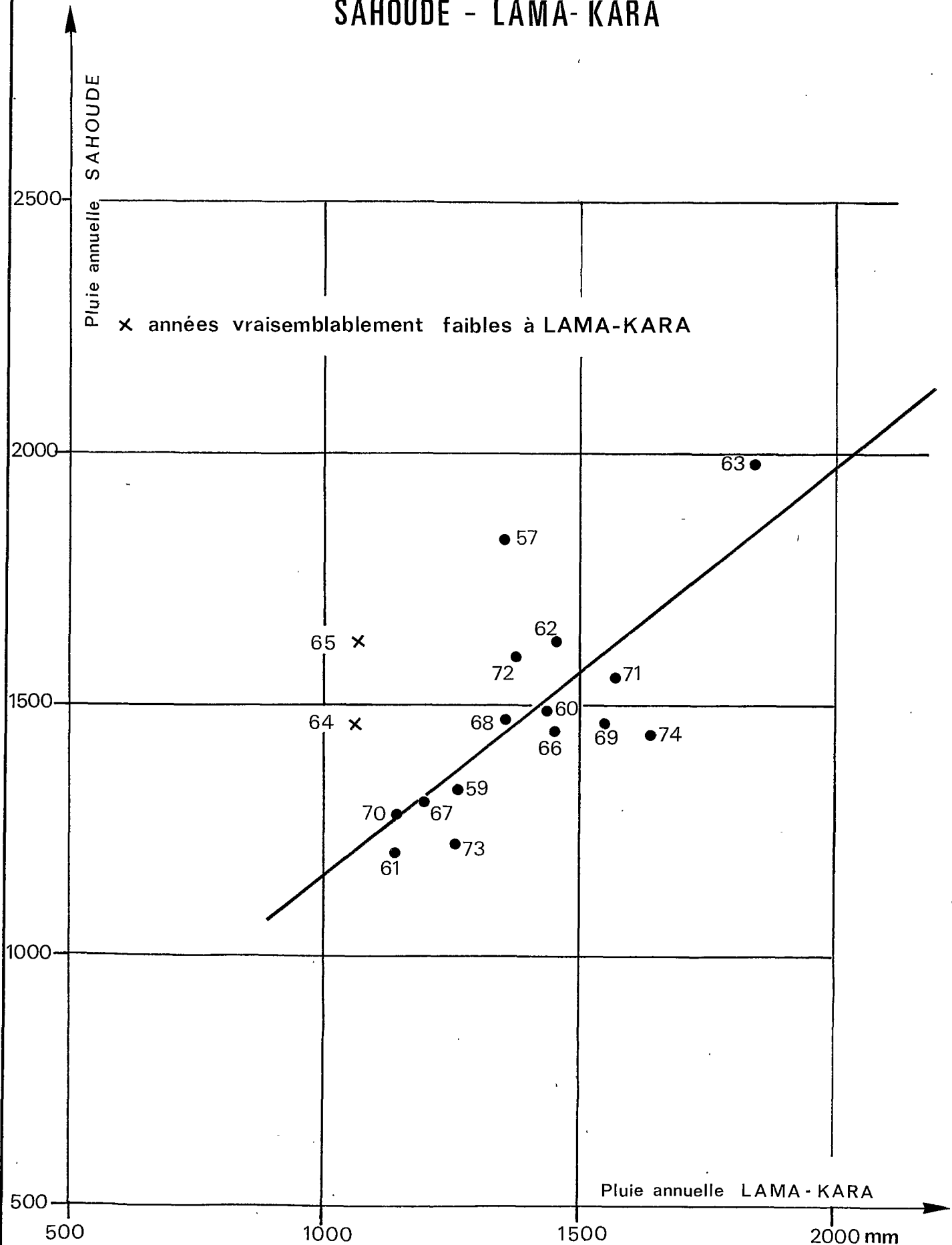
Les lois de GAUSS et GALTON (log - normale) représentent le mieux la répartition des échantillons. Nous avons opté pour la loi de GAUSS, en particulier pour permettre une extension des données de SAHOUDÉ, par les données de LAMA-KARA.

Cette extension, à partir de quinze années communes, nous a permis d'obtenir une série étendue de 34 années, dont la durée efficace n'est cependant que de 21 années en ce qui concerne le gain d'information, compte tenu du coefficient de corrélation de 0,73. Les moyennes obtenues sont les suivantes, avec un intervalle de confiance à 95 % :

- LAMA-KARA (36 années observées) :  $1\ 309 \text{ mm} \pm 78 \text{ mm}$
- SAHOUDÉ (17 années observées) :  $1\ 494 \text{ mm} \pm 104 \text{ mm}$
- SAHOUDÉ (série étendue à 34 années) :  $1\ 422 \text{ mm} \pm 110 \text{ mm}$

C'est bien évidemment la moyenne étendue (1 422 mm) qu'il faut conserver comme moyenne interannuelle sur le bassin de la KOZA.

# CORRELATION DES TOTAUX PLUVIOMETRIQUES ANNUELS SAHOUE - LAMA-KARA





Nous donnons dans le tableau ci-dessous les précipitations de fréquences rares calculées avec la loi de GAUSS :

	LAMA-KARA (36 ans)	SAHOUDÉ extension (34 ans)
Moyenne	1 309	1 422
Ecart-type	238,7	243,6
Coefficient de variation	0,182	0,171
Réccurrence (fréquence)		
100 ans humides (0,01)	1 864	1 988
50 ans humides (0,02)	1 800	1 922
20 ans humides (0,05)	1 702	1 823
10 ans humides (0,10)	1 615	1 734
5 ans humides (0,20)	1 510	1 627
Moyenne (0,50)	1 309	1 422
5 ans secs (0,80)	1 108	1 217
10 ans secs (0,90)	1 003	1 110
20 ans secs (0,95)	917	1 021
50 ans secs (0,98)	819	922
100 ans secs (0,99)	754	855

### 3.2.4.- Situation statistique de la pluviométrie de l'année 1974

Si l'on se reporte à la série étendue, l'année 1974 avec 1 444 mm tombés à SAHOUDÉ, correspond à une fréquence d'apparition de 0,462, soit une pluie proche de la moyenne interannuelle.

Par contre à LAMA-KARA, avec 1 642 mm, on a une fréquence de 0,082, soit une pluie supérieure à la décennale humide.

A PAGOUDA (loi de GAUSS sur la série corrigée de 1953 à 1964), avec 1 413 mm, on a une fréquence de 0,363, soit une valeur représentative d'une année humide apparaissant en moyenne à peu près tous les trois ans.

\* \* \*

Pour tenir compte de ces résultats, assez contradictoires, on dira que l'année 1974 a été plutôt supérieure à la moyenne, sur le bassin de la KOZA, sans qu'on puisse préciser davantage sa période de retour.

3.3. - REPARTITION MENSUELLE DES PRECIPITATIONS

Les deux tableaux, ci-dessous, donnent les moyennes mensuelles arrondies au millimètre, à LAMA-KARA (36 années) et à SAHOUDÉ (17 années) on a figuré aussi sur ces tableaux les valeurs observées en 1974 et au début de 1975.

PLUVIOMETRIE MOYENNE MENSUELLE à LAMA-KARA (en mm.)													
	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	ANNEE
Moyenne (36 ans)	3	10	43	88	125	176	220	231	270	117	20	6	1 309
Année 1974	0	0	71	72	111	148	439	298	338	162	3	0	1 642

PLUVIOMETRIE MOYENNE MENSUELLE à SAHOUDÉ (en mm.)													
	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	ANNEE
Moyenne (17 ans)	3	13	43	91	136	193	250	315	263	146	28	11	1 492
Années 1974	0	0	45	44	118	202	282	272	310	138	33	0	1 444
1975	0	27	102	133									

Les figures 6 et 7 donnent la répartition des précipitations mensuelles observées à ces deux postes (avec médiane = 50 % de chance d'être atteinte ou dépassée, quartile supérieur = 25 % de chance d'être atteinte ou dépassées, etc...)

\* \* \*

Ces deux figures nous permettent de dire que les précipitations de l'année 1974 ont été excédentaires en saison de pluie :

- . Juillet - Septembre et Octobre à SAHOUDÉ
- . Juillet - Août - Septembre et Octobre à LAMA-KARA

Notons, par ailleurs, que le début de l'année 1975 (Février à Avril) a été particulièrement bien arrosé à SAHOUDÉ

REPARTITION DE LA PLUVIOMETRIE

MENSUELLE A LAMA-KARA

1938 - 1974

36 années (1951 exclu)

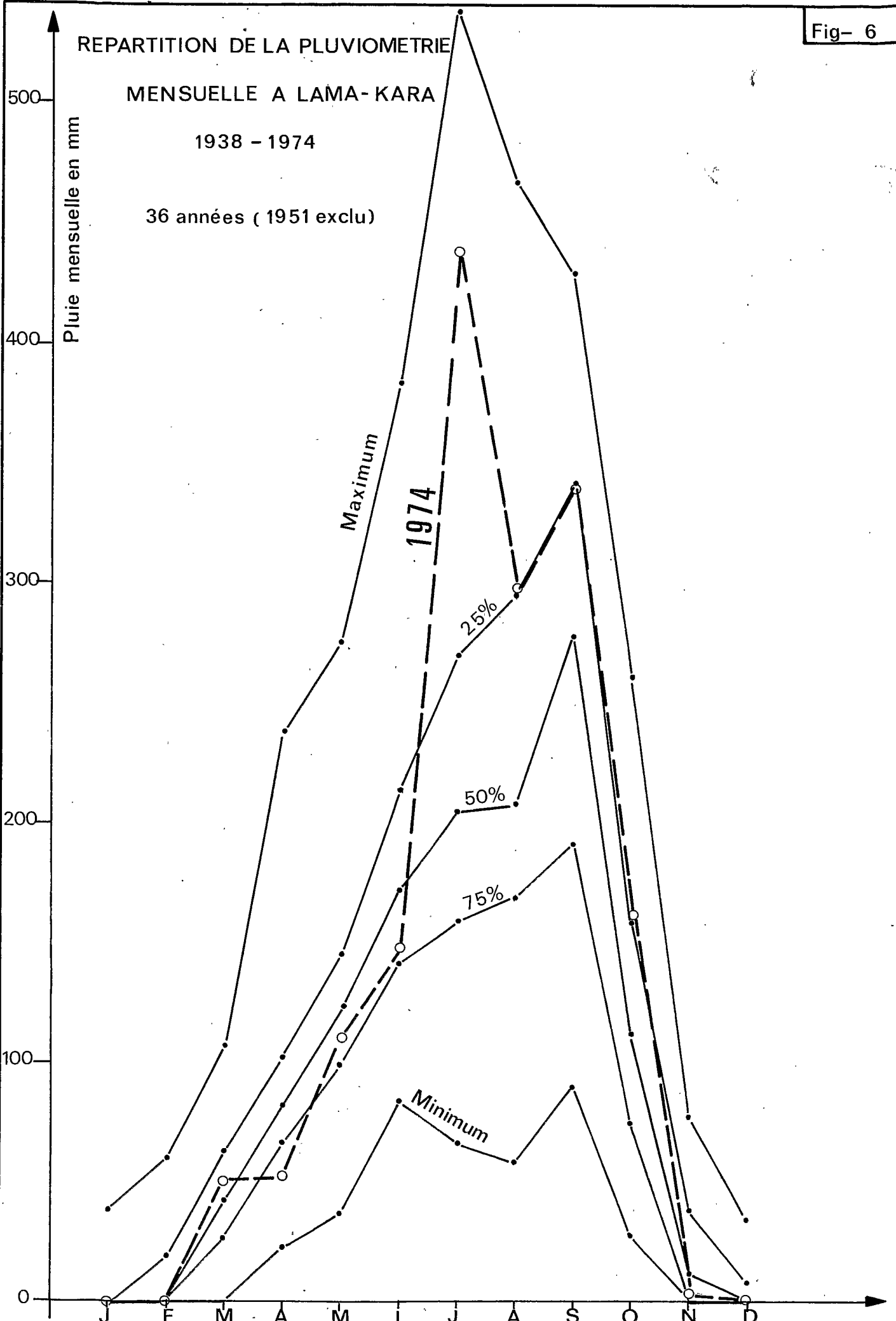


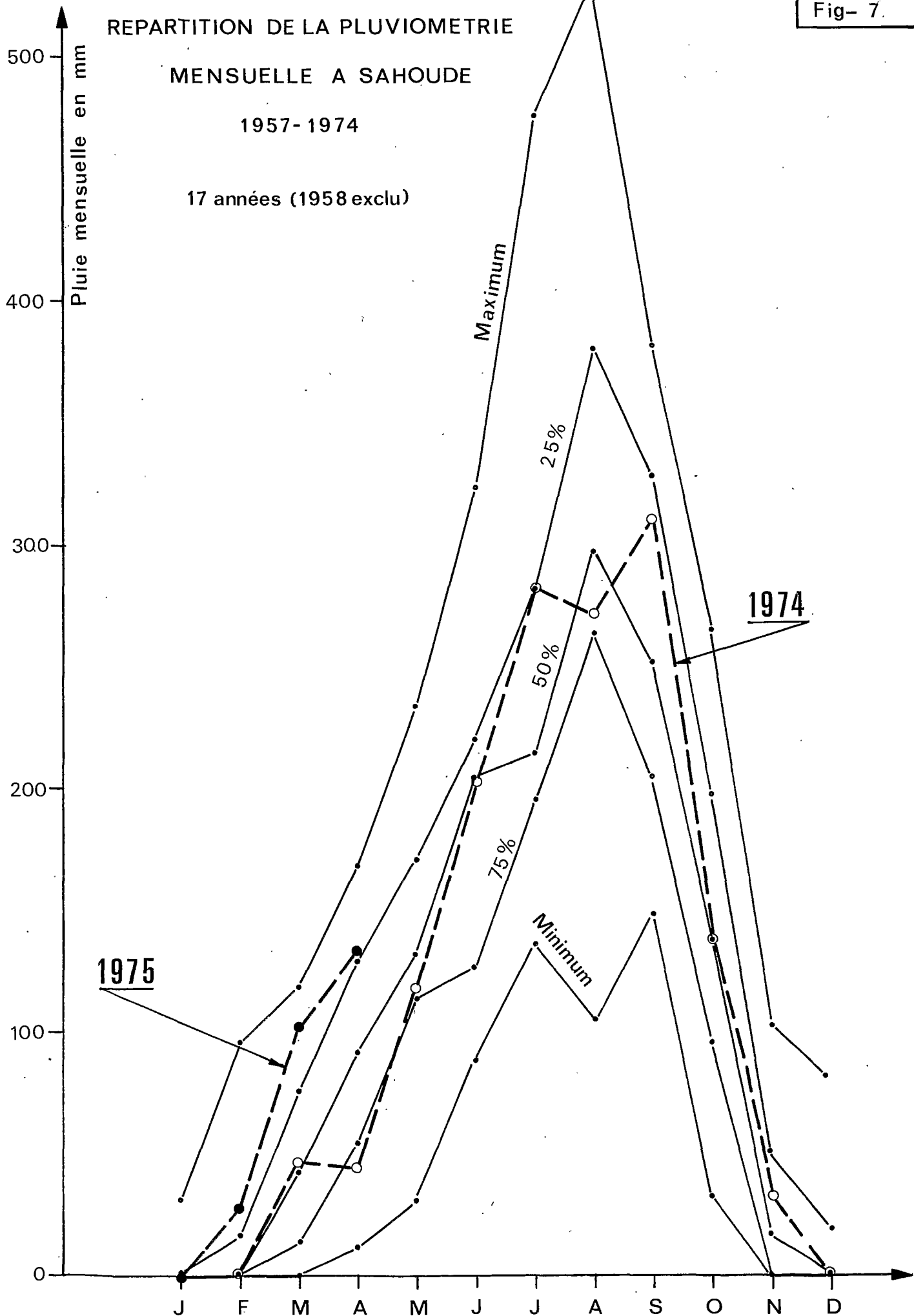
Fig- 7.

# REPARTITION DE LA PLUVIOMETRIE

## MENSUELLE A SAHOUE

1957-1974

17 années (1958 exclu)



### 3.4. - PRECIPITATIONS DE 24 HEURES CONSECUTIVES

L'étude statistique des pluies journalières (total de deux valeurs relevées à 18 heures et à 7 heures le lendemain) n'est qu'un substitut à l'étude statistique des averses, seule méthode qui permettrait en particulier de définir un épisode court (quelques heures) exceptionnel dont on aura besoin ultérieurement pour la détermination de la crue de projet sur un bassin de 19,2 km<sup>2</sup>.

Une étude récente et précise de P. CHAPERON sur dix années de relevés pluviographiques à KORHOGO (CÔTE d'IVOIRE - 9° 25' de latitude Nord - précipitation moyenne interannuelle de 1 407 mm), a montré en effet qu'au-dessus de 100 millimètres relevés en 24 heures, il y a une chance sur deux pour que ces valeurs correspondent à deux fortes averses distinctes.

Nous ne possédons malheureusement pas les originaux des observations pluviométriques de longue durée, mais nous donnons ci-dessous deux exemples de fortes averses se cumulant dans un total en 24 heures, et en particulier le record local :

- à LAMA-KARA, la plus forte précipitation en 24 heures est 234,9 mm, le 30 Août 1951, correspondant en fait à deux épisodes pluvieux :

- 94,9 mm le 30 Août, de 9 h.30 à 15 h.30
- 140,0 mm le 31 Août, de 3 h.00 à 8 h.00

- Pour la deuxième valeur, à LAMA-KARA, soit 196,5 mm le 17 Août 1941, on a bien un seul relevé le 18 à 8 heures, mais deux épisodes :

- le 17 de 18 h.45 à 19 h.25
- puis de 21 h.15 à 8 h.50 le lendemain.

\* \* \*

\*

Quoi qu'il en soit, en absence de données précises sur les averses, nous avons tenté, selon deux méthodes distinctes, l'analyse statistique des pluies en 24 heures aux postes de SAHOUE, LAMA-KARA, PAGOUDA et DJOUGOU.

La première méthode classique d'analyse a consisté à essayer d'ajuster aux échantillons de toutes les pluies observées en 24 heures, la loi GAMMA incomplète tronquée (PEARSON III) ou la loi exponentielle

généralisée tronquée (GOODRICH). Les résultats sont mauvais; en particulier les fortes valeurs observées sont très nettement supérieures aux valeurs calculées avec les ajustements.

La deuxième méthode a consisté à tenter l'ajustement aux pluies maximales annuelles, de l'une des quatre lois suivantes : double exponentielle (GUMBEL), log-normale (GALTON), GAMMA incomplète (PEARSON), exponentielle généralisée (GOODRICH). Les lois de GALTON et PEARSON s'ajustent le mieux aux échantillons. Nous donnons ci-dessous (tableau 3) les valeurs rares calculées avec ces deux ajustements, ainsi que les fréquences observées et calculées pour les records relevés à chacun des quatre postes.

PRECIPITATIONS MAXIMALES ANNUELLES DE 24 HEURES CONSECUTIVES (en mm.)

Valeurs rares, calculées avec ajustements de GALTON et PEARSON

	Réurrence	10 ans	50 ans	100 ans	1.000 ans
	Fréquence au dépassement	0,100	0,020	0,010	0,001
<u>SAHOUDE</u> 17 valeurs annuelles	GALTON	130	158	169	201
	PEARSON	131	162	174	210
<u>LAMA-KARA</u> 34 valeurs annuelles retenues	GALTON	129	195	228	363
	PEARSON	132	185	208	282
<u>PAGOUDA</u> 35 valeurs annuelles retenues	GALTON	111	140	152	193
	PEARSON	112	139	149	183
<u>DJOUGOU</u> 50 valeurs annuelles retenues	GALTON	117	158	177	252
	PEARSON	119	159	176	232

VALEURS RECORDS OBSERVEES ET FREQUENCE CORRESPONDANTES

	Date	Précipitation en 24 heures	Fréquences correspondantes		
		(mm. et 1/10)	OBSERVEE	GALTON	PEARSON
(SAHOUDE (17 val.))	30.6.1969	154,0	0,030	0,026	0,031
(LAMA-KARA (34 val.))	30.8.1951	234,9	0,015	0,009	0,004
(PAGOUDA (35 val.))	1.9.1951	165,0	0,014	0,005	0,004
(DJOUGOU (50 val.))	18.8.1941	168,1	0,010	0,014	0,014

#### 4.- OBSERVATIONS HYDROMETRIQUES - INTERPRETATION

=====

##### 4.1. - JAUGEAGES - COURBE DE TARAGE

-----

La figure 8 représente le profil en travers de la section au droit du limnigraphe.

Il a été effectué 38 jaugeages à KPADAYO entre le 23.8.1974 et le 26.4.1975. Nous donnons la liste de ces mesures en annexe.

Le maximum jaugé point par point est 6,10 m3/seconde pour une cote ayant varié de 1,75 à 1,64 mètre . Par ailleurs, trois jaugeages (n<sup>os</sup> 13, 21 et 22) de hautes-eaux ont consisté à effectuer seulement des mesures de vitesse en surface (au moulinet); en effet, le technicien a jugé qu'il était hasardeux d'effectuer des jaugeages complets, le niveau d'eau variant très rapidement. Ces trois mesures ont été exploitées en tenant compte des corrélations existant entre la section mouillée et les vitesses de surface pour les jaugeages plus faibles effectués au même endroit, c'est-à-dire à la section repérée par un câble fixe qui est resté pendant toute la Campagne 1974-1975.

Pour la Campagne 1975-1976, il a été décidé d'effectuer des jaugeages en continu, avec des verticales imposées qui sont d'ores et déjà repérées et balisées sur le terrain.

La courbe de tarage en moyennes et hautes-eaux a été tracée (cf. figures 9 et 10) en tenant compte principalement des mesures de 1974, mais aussi de quatre jaugeages de hautes-eaux effectués en 1971 (n<sup>os</sup> XIV, XVII, XIX, et XX sur les figures). En effet, nous avons constaté que les courbes de tarage de 1971 et 1974, bien qu'elles soient un peu différentes au-dessous de 70 centimètres, ainsi qu'entre 1 mètre et 1,50 mètre, se rejoignent à partir de cette dernière cote. Ceci est la conséquence de la tentative de retrouver les mêmes conditions d'écoulement qu'en 1971, avec le retrait du pont-radier qui n'existait pas à la première campagne.



La courbe de tarage en basses-eaux a été tracée en s'appuyant sur les résultats des jaugeages n°s 35, 36, 37 et 38, le jaugeage n° 34 nous paraissant partiellement erroné. On peut néanmoins regretter une lacune de mesures entre 24 l/s (jaugeage n° 35) et 368 l/s (jaugeage n°1). Nous pensons que cette lacune pourra être comblée lors de la Campagne 1975-1976.

\* \*  
\*

Pour effectuer la traduction automatique des relevés de hauteur d'eau sur ordinateur, la courbe de tarage a été assimilée, comme il est classique de le faire à l'ORSTOM, à une succession de paraboles limitées par une cote inférieure et une supérieure, paraboles de forme analytique suivante :

$$Q = a H^2 + b H + c$$

avec Q : débit en m<sup>3</sup>/s

et H : différence entre la cote à l'échelle en mètre et la cote de la borne inférieure du segment de parabole.

Les coefficients a, b, et c ainsi calculés sont les suivants :

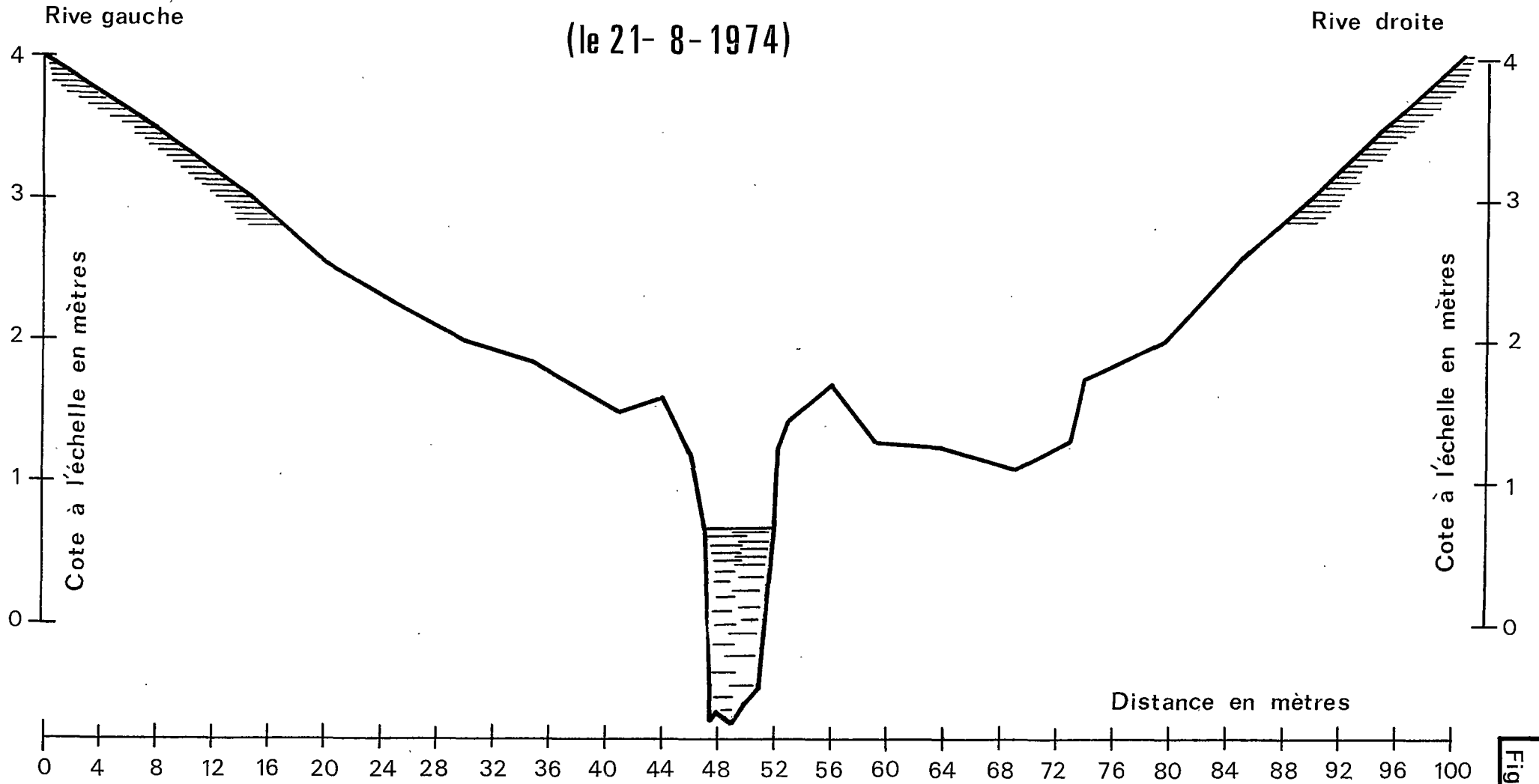
Cote inférieure en mètre	cote supérieure en mètre	a	b	c
0,37	0,39	0,000	0,100	0,000
0,39	0,47	1,667	0,517	0,002
0,47	0,65	3,350	1,152	0,054
0,65	0,80	2,000	2,300	0,370
0,80	1,00	2,692	2,712	0,760
1,00	1,40	4,370	3,478	1,41
1,40	1,60	17,86	5,929	3,50
1,60	1,76	43,86	11,56	5,40
1,76	2,00	73,15	31,19	8,50
2,00	2,40	6,245	70,75	20,2

Nous donnons en annexe le barème n°3 de correspondance des hauteurs à l'échelle et des débits, entre 0,37 et 2,46 mètres.

# B V de la KOZA à KPADAYO ( TOGO )

## Profil en travers au limnigraphe

( le 21- 8- 1974 )



O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

date  
6-75

des.  
D-JP

T06 - 131287

Fig - 8

Fig - 9

# LA KOZA à KPADAYO

## Courbe de tarage 1974

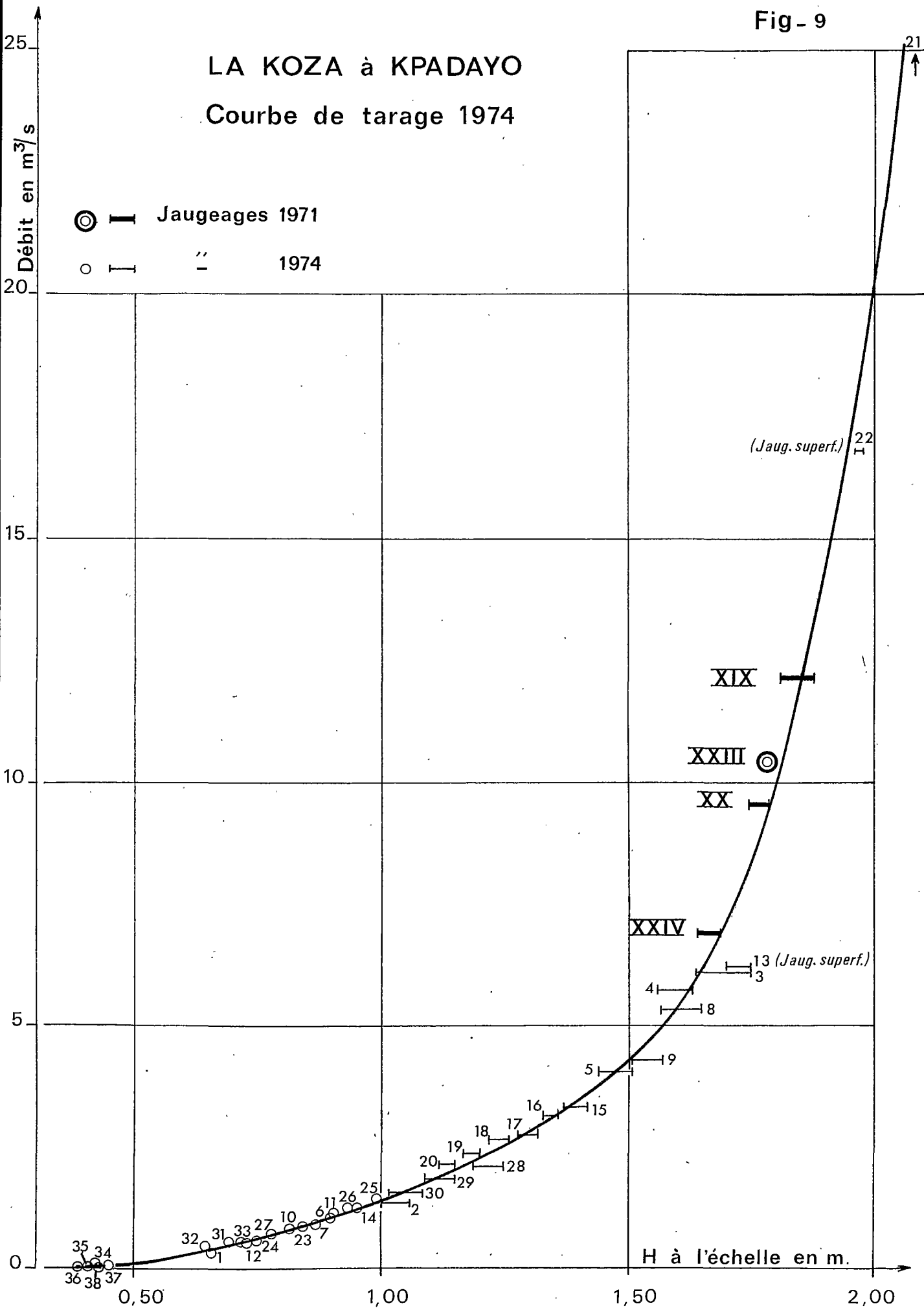
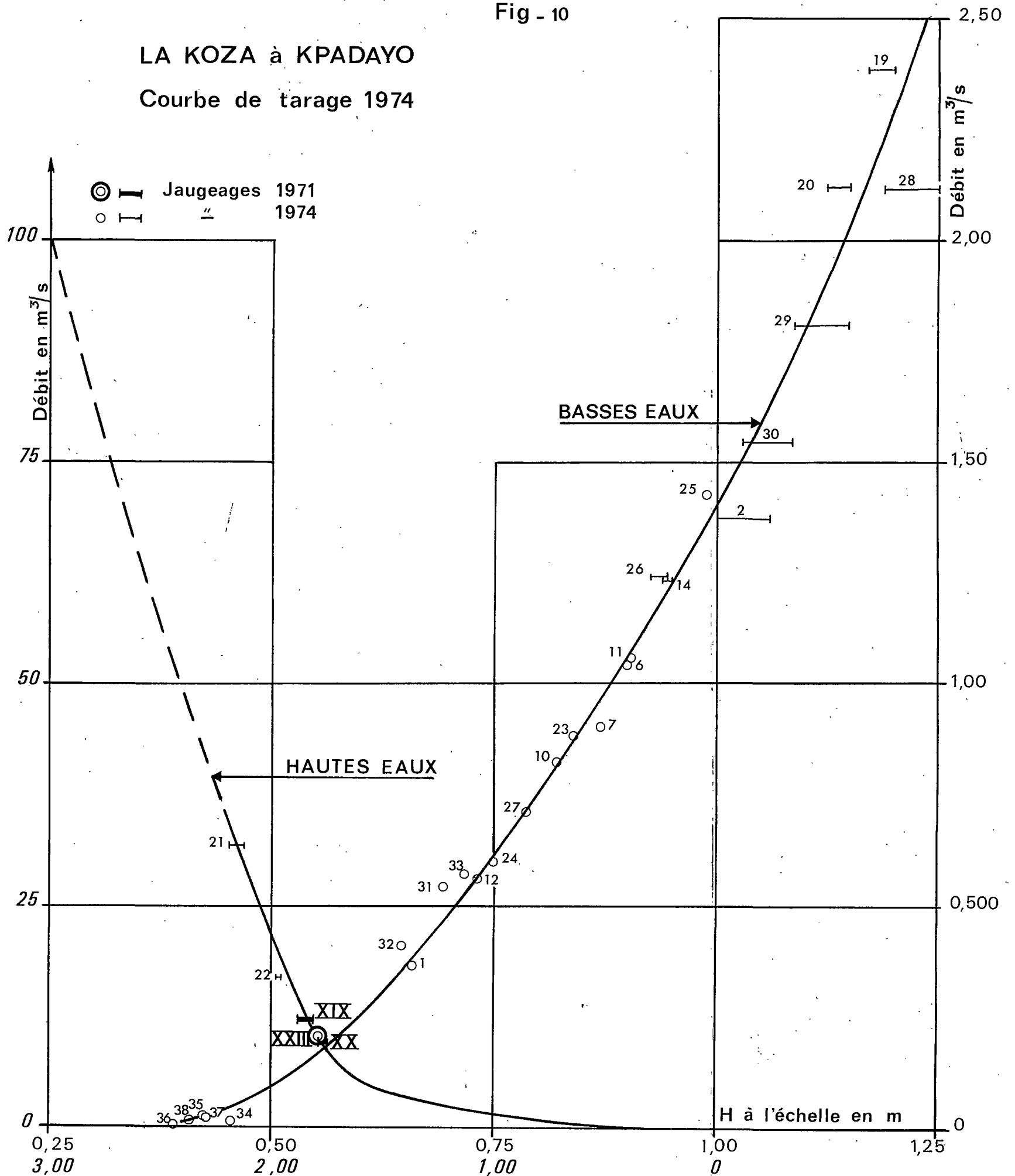


Fig - 10

LA KOZA à KPADAYO  
 Courbe de tarage 1974



4.2. - DEBIT MOYENS JOURNALIERS ET MENSUELS

Le tableau n°4, donne les débits moyens journaliers et mensuels calculés à partir des relevés limnigraphiques et de la courbe de tarage décomposée comme dit ci-dessus (programme POH 310 de l'ORSTOM).

On note que les débits moyens mensuels en 1974-1975 ont été plus forts qu'en 1971-1972, principalement en étiage, ainsi que le montre le tableau ci-dessous :

	Moût	Sept.	Octo.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril
1971-1972	1,34	0,894	0,228	0,048	0,025	0,009	0,004	0,003	0,006
1974-1975	(1,39)	1,45	0,547	0,158	0,055	0,017	0,010	0,066	0,089

4.3. - ETUDE DES BASSES-EAUX -- TARISSEMENT

La figure 11 page suivante représente superposées les courbes de tarissement des Campagnes 1971-1972 et 1974-1975. Ces courbes peuvent être représentées par la relation

$$Q = Q_0 e^{-\alpha t}$$

où  $Q_0$  est le débit initial et  $Q$  le débit enregistré après  $t$  jours

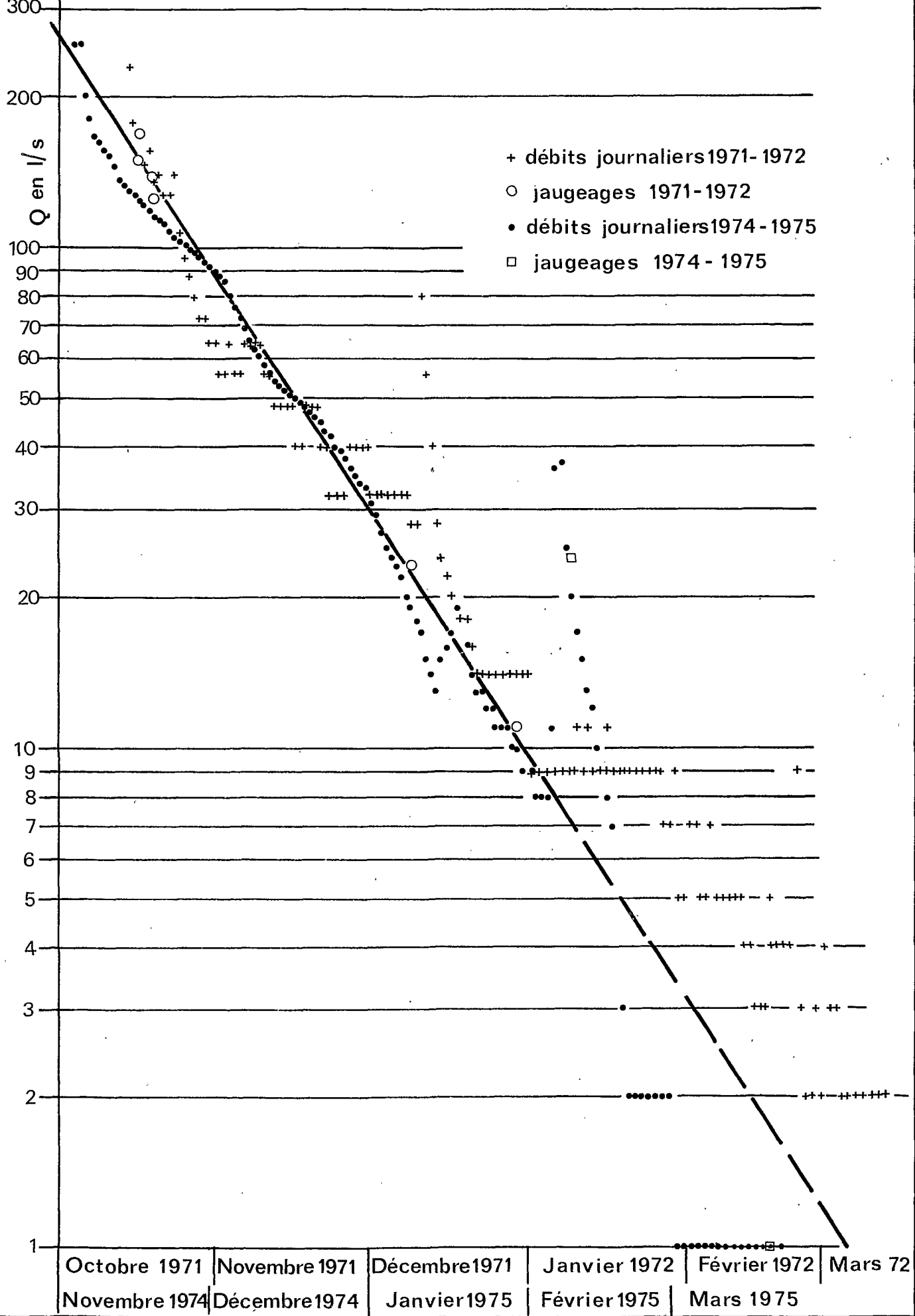
## BASSIN VERSANT DE LA K O Z A à KPADAYO

Débits moyens journaliers et mensuels (en m<sup>3</sup>/s.)

d'AOUT 1974 à AVRIL 1975

DATE	AOUT	SEPTEMBER	OCTOBRE	NOVEM.	DECEM.	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
1		0,643	0,912	0,405	0,090	0,031	0,009	0,002	0,022
2		1,64	0,998	0,534	0,088	0,029	0,009	0,001	0,018
3		1,12	0,972	0,253	0,086	0,027	0,008	0,001	0,012
4		0,724	0,634	0,253	0,080	0,025	0,008	0,001	0,008
5		1,94	0,510	0,200	0,076	0,024	0,008	0,001	0,007
6		7,13	1,05	0,181	0,072	0,023	0,011	0,001	0,007
7		2,28	0,782	0,167	0,069	0,022	0,036	0,001	0,008
8		1,16	0,789	0,162	0,065	0,020	0,037	0,001	0,016
9		1,26	0,733	0,157	0,063	0,019	0,025	0,001	0,007
10		0,890	0,610	0,152	0,061	0,018	0,020	0,001	0,004
11		2,20	0,457	0,145	0,058	0,017	0,017	0,001	0,002
12		1,17	0,407	0,137	0,056	0,015	0,015	0,001	0,001
13		0,826	1,38	0,133	0,054	0,014	0,013	0,001	0,001
14		0,665	1,01	0,130	0,053	0,013	0,012	0,001	0,001
15		0,549	0,630	0,128	0,052	0,015	0,010	0,001	0,001
16		0,567	0,559	0,125	0,051	0,015	0,009	0,001	0,001
17	(1,69)	3,90	0,461	0,122	0,050	0,017	0,008	0,001	1,78
18	0,865	1,28	0,367	0,119	0,049	0,019	0,007	0,001	0,278
19	0,552	1,29	0,329	0,116	0,048	0,018	0,005	0,001	0,063
20	0,441	0,927	0,373	0,114	0,047	0,016	0,003	0,001	0,037
21	0,438	0,678	0,320	0,111	0,046	0,014	0,002	0,001	0,029
22	0,469	0,535	0,398	0,108	0,045	0,013	0,002	0,001	0,113
23	0,550	1,51	0,300	0,105	0,043	0,013	0,002	0,001	0,038
24	4,71	0,984	0,282	0,103	0,042	0,012	0,002	0,260	0,024
25	1,73	2,13	0,290	0,101	0,040	0,012	0,002	0,036	0,018
26	1,35	1,05	0,315	0,100	0,039	0,011	0,002	0,018	0,014
27	3,22	0,813	0,244	0,098	0,038	0,011	0,002	1,37	0,009
28	1,58	0,715	0,221	0,096	0,036	0,011	0,002	0,230	0,066
29	1,05	1,25	0,212	0,094	0,035	0,010		0,049	0,055
30	1,22	1,58	0,205	0,092	0,034	0,010		0,037	0,024
31	0,972		0,212		0,033	0,009		0,028	
MOY	(1,39)	1,45	0,547	0,158	0,055	0,017	0,010	0,066	0,089

# TARISSEMENTS 1971-1972 et 1974-1975



Dans le cas de la droite de la figure 11, tracée en s'appuyant principalement sur le résultat de jaugeage, il vient :

$$e = 0,036 \quad \text{et} \quad 1/e = 28 \text{ jours}$$

On note cependant sur ce graphique une dispersion notable des valeurs au-dessous du débit de 7 litres/s environ; cela est dû en grande partie à l'imprécision de la relation hauteur à l'échelle-débit, pour les très faibles débits.

La valeur de  $1/e$  correspond au nombre de jours au bout desquels le débit est divisé par e. Ainsi il faut vingt-huit jours pour que le débit passe de 272 l/s à 100 litres/s ou de 27,2 litres/s à 10 litres/s.

La valeur trouvée de vingt-huit jours est une valeur faible qui témoigne d'une vidange rapide de la, ou des, nappes superficielles. Toutefois, quelques visites sur le terrain en très basses-eaux, et en particulier lors de la sécheresse de 1973, nous autorisent à penser que la (ou les nappes) à vidange rapide est relayée par une (ou des) nappe assurant un très léger débit soutenu et qui ne tarit peut-être pas complètement; on a mesuré en effet :

Le 29 Février 1972	:	2 litres par seconde
Le 13 Février 1973	:	1/2 litre par seconde

#### 4.4.- ETUDE DES CRUES

##### 4.4.1.- Description des crues observées en 1974-1975

La crue la plus forte de l'année hydrologique 1974-1975 (Avril 1974 à Mars 1975) n'a pas été enregistrée au limnigraphe, car elle est survenue avant la mise en place du dispositif de mesure. La cote maximale a été atteinte le 31 Juillet ou le 1er Août 1974, après deux pluies relativement importantes enregistrées au poste pluviométrique de SAHOUDÉ :

- 43,2 mm, dans la nuit du 30 au 31 Juillet,
- 66,0 mm, le 1er Août au matin (l'averse ayant duré de 18 heures 10 à 18 heures 55 le 31 au soir, d'après les notes de l'observateur).

D'après l'enquête effectuée par P. JARRE à son arrivée sur le terrain, l'eau aurait monté presque jusqu'au tablier du pont de la route TCHITCHAO-KOUMEA, pont qui a servi à J. BOURGES (cf. rapport de 1971) pour estimer le débit de la crue du 31 Août 1951.



Par observation des délaissés de crue, P. JARRE a estimé la cote de pointe de crue à 3 mètres à l'échelle amont. Pour cette cote, nous avons extrapolé la courbe de tarage à 100 m<sup>3</sup>/s, grâce en particulier au profil en travers effectué à la section de jaugeage.

\* \* \*

Avec les relevés limnigraphiques de la Campagne 1974-1975, nous avons sélectionné 46 crues numérotées par ordre chronologique, en y comprenant les deux premières crues les plus intéressantes survenues à la fin de la saison sèche (27 Mars et 17 Avril 1975). Pour chacune des crues sélectionnées on a calculé les caractéristiques classiques qui figurent dans le tableau n° 5 :

- . Les hydrogrammes des 19 crues les plus intéressantes ont été représentés ci-après, en même temps qu'un tracé des isohyètes et que le hyétogramme moyen qui a engendré la crue (figures 12 à 27).
- . Les isohyètes ne sont que figuratives, car le nombre de postes pluviométriques est nettement insuffisant pour obtenir un tracé précis en terrain accidenté.
- . Le hyétogramme moyen est obtenu en multipliant chaque partie de l'averse observée au pluviographe par le rapport de la pluie moyenne sur le bassin, à la pluie enregistrée au pluviographe.
- . Sur les hyétogrammes, on a figuré la valeur de la capacité d'absorption moyenne : Cam, exprimée en millimètres par heure.
- . Pour les crues bien individualisées, le report de la courbe de décrue en coordonnées semi-logarithmiques montre nettement l'existence d'un écoulement retardé (hypodermique) assez long suivi du débit de base. Pour définir l'heure de fin de décrue, nous avons adopté la méthode préconisée par Monsieur ROCHE (cahiers ORSTOM, vol. IV n°1 - 1967) qui consiste à choisir l'heure correspondant au point de concours de l'écoulement de base avec la décrue.

Le tableau n° 5 des caractéristiques des crues donne dans l'ordre :

- colonne 1 : le numéro de la crue, identique au numéro de l'averse;
- colonne 2 : la date (du début de crue)
- colonne 3 : P moy., la pluie moyenne tombée sur le bassin versant, calculée par la méthode de THIESSEN.

Les valeurs des pluies n° 00 à 9, marquées entre parenthèses représentent des valeurs très grossières, puisque le système d'observation des pluies était encore peu rodé et qu'il subsiste des erreurs vraisemblablement dans ces données;

- colonne 4 : P max., la pluie maximale observée à l'un des sept postes situés sur le bassin ;
- colonne 5 : K, le coefficient d'abattement des pluies =  $P_m/P_{max}$ , exprimé en pourcentage;
- colonne 6 : Ta, temps, en jours et heures, séparant l'averse de l'averse antérieure ayant donné un écoulement;
- colonne 7 : Vr, le volume ruisselé, exprimé en milliers de m<sup>3</sup>;
- colonne 8 : Lr, la lame d'eau ruisselée correspondante, exprimée en millimètres d'eau (soit : Volume Vr divisé par la surface du bassin versant, aux unités près);
- colonne 9 : Kr, le coefficient de ruissellement, exprimé en pourcentage (soit :  $L_r / P_m$ );
- colonne 10 : Tm réel, le temps de montée réel, exprimé en heures et minutes.

On a déterminé, en outre, un temps de montée qu'on pourrait appeler "standard" et pour lequel on retire les petites perturbations de début de crue. Le point début de ce temps de montée est donné par la lettre D sur les hydrogrammes de crue;

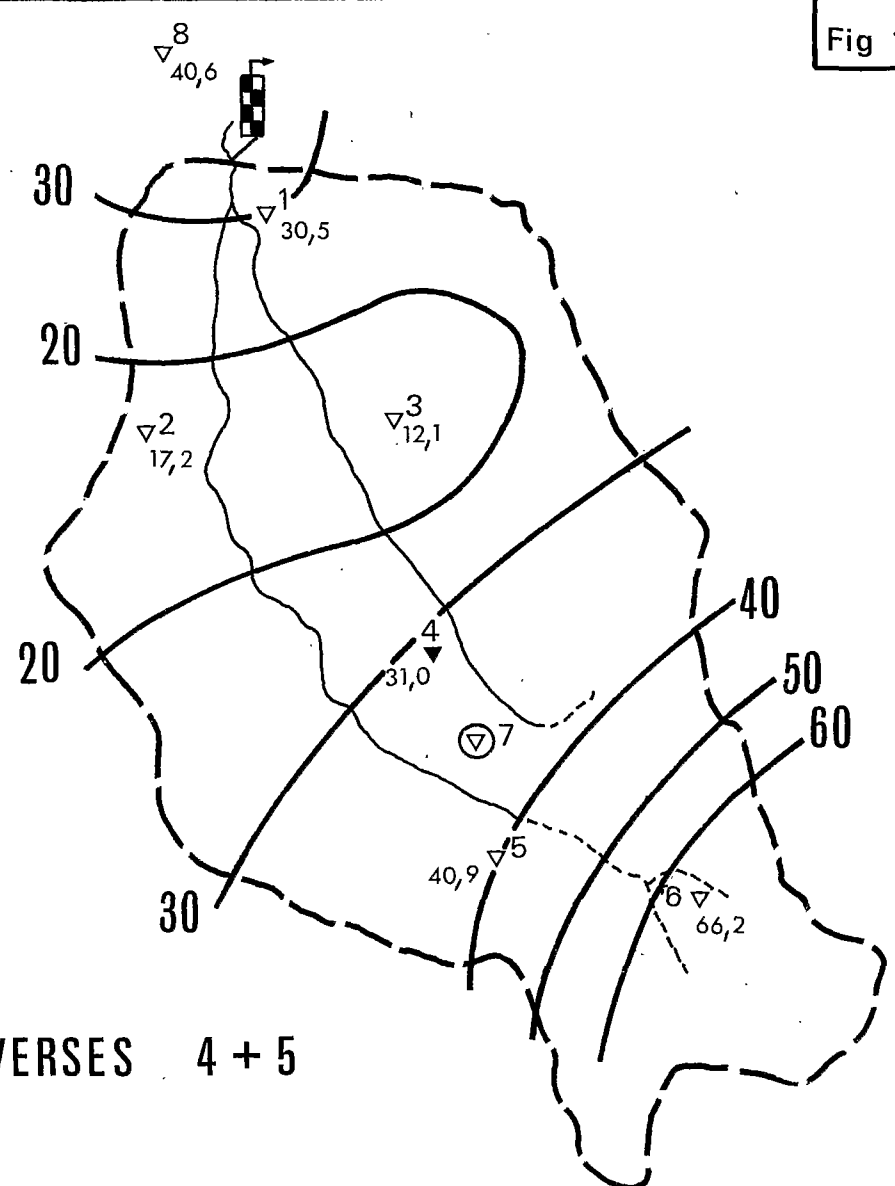
- colonne 11 : Tb, le temps base, calculé à partir du temps de montée "standard", en heures et minutes;
- colonne 12 : Q. max, le débit de pointe de la crue, exprimé en m<sup>3</sup>/s;
- colonne 13 : Q. rx, le débit maximal de ruissellement, il est obtenu en retirant le débit de base instantané du débit de pointe Q. max;
- colonne 14 : Q. rm, le débit moyen de la crue (m<sup>3</sup>/s). C'est le volume ruisselé Vr, divisé par le temps de base Tb.
- colonne 15 :  $\alpha$ , rapport caractéristique de la forme de la crue, égal à  $Q_{rx} / Q_{rm}$ . Plus le rapport alpha est fort, plus la crue a une forme pointue.

BASSIN DE LA KOZA à KPADAYO

Caractéristiques des crues de la Campagne 1974 - 1975

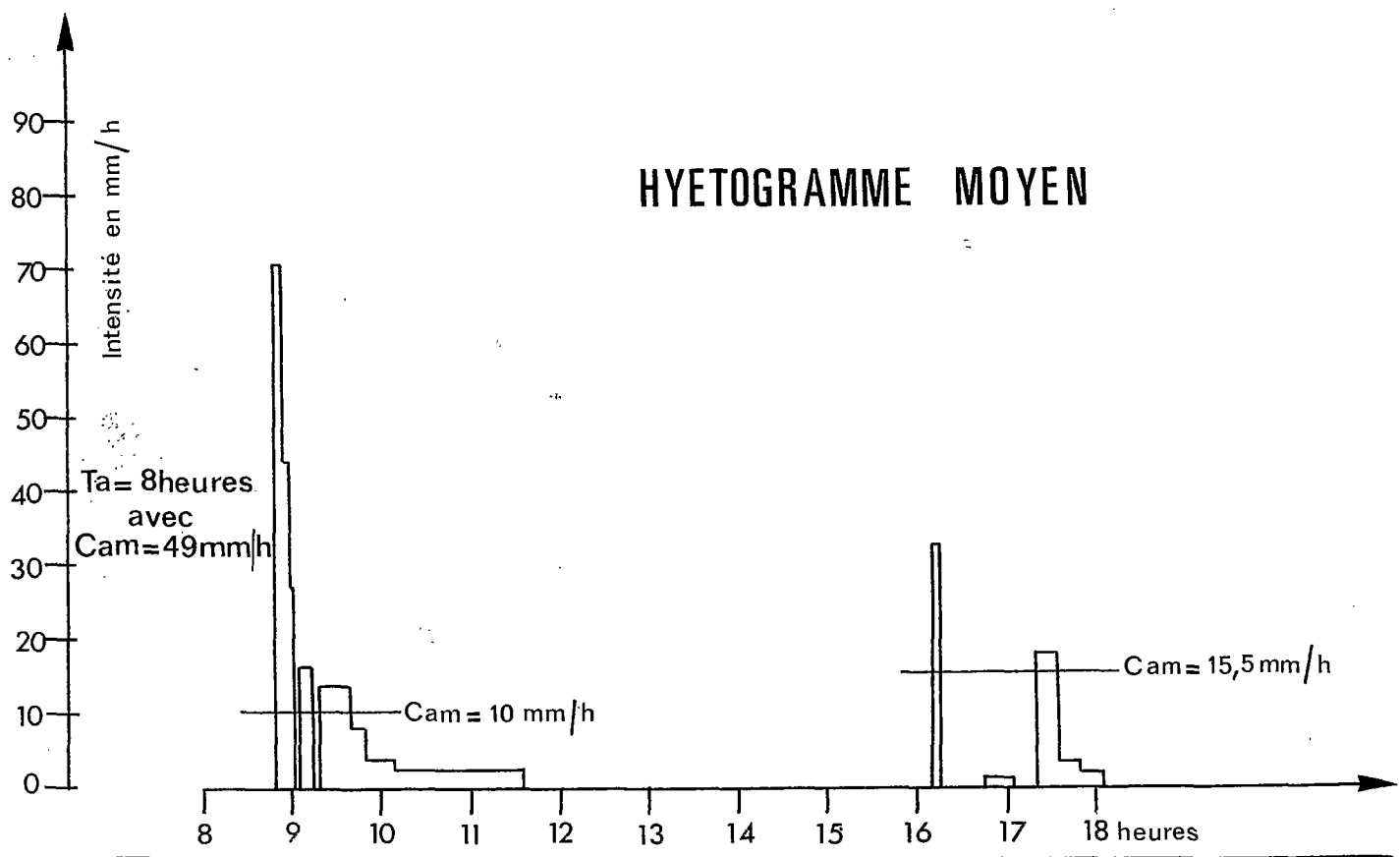
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tm	11	12	13	14	15	
N°	Date	P moy en mm	P max en mm	K en %	Ta Tet h	Vr 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	lr en mm	Kr en %	Frequence h. min	Tm h. min	Standard h. min	Tb h. min	Q max m <sup>3</sup> /s	Qrx m <sup>3</sup> /s	Qrm m <sup>3</sup> /s	α
00	20.08	(6,2)	(13,3)	(47)	3-11	4,4	0,2	(3,7)	2-20	2-50		15-00	0,630	0,260	0,081	3,2
0	21.08	(0,9)	(3,2)	(28)	0-16	2,5	0,1	(14,5)	6-00	4-30		12-00	0,500	0,105	0,058	1,8
1	22.08	(5,2)	(22,1)	(24)	1-06	10,5	0,5	(10,5)	1-30	1-05	1-00	8-30	1,30	1,00	0,344	2,9
2	23.08				1-00	10,3	0,5		2-40	2-25		7-05	1,30	0,900	0,404	2,2
3	24.08	(16,4)	(37,0)	(44)	0-07	46,8	2,4	(18,1)	1-55	0-50	0-45	7-45	5,02	4,30	1,68	2,6
4	24.08				0-08	199,2	10,4		1-10	1-40	0-15	8-40	53,9	32,5	6,38	5,1
5	24.08	(33,3)	(66,2)	(50)	0-06	34,2	2,1	(37,5)	(2-00)	3-25		10-10	5,02	2,70	0,954	2,9
6	25.08	(3,4)	(12,5)	(27)	0-21	14,5	0,8	(22,3)	(2-10)	1-00	0-45	8-35	2,55	1,20	0,471	2,5
7	26.08	(7,2)	(13,0)	(55)	0-18	17,7	0,9	(12,8)	3-00	2-45	2-00	10-00	2,28	1,20	0,492	2,4
8	27.08				1-01	141,0	7,3		1-40	0-20	0-20	9-10	32,4	31,5	4,27	7,4
9	27.08	(17,8)	(49,2)	(36)	0-04	43,9	2,3	(54,0)	2-25	1-50	1-20	8-30	5,65	3,35	1,44	2,3
10	29.08	3,4	6,9	49	1-19	7,8	0,4	11,9	3-00	3-25	0-35	7-20	1,60	0,700	0,295	2,4
11	30.08	13,0	23,9	54	1-01	30,3	1,6	12,1	3-00	2-05	0-35	9-00	4,10	3,25	0,935	3,5
12	02.09	27,3	34,3	80	2-21	82,1	4,3	15,6	2-00	3-10	1-25	11-15	8,50	7,80	2,05	3,8
13	05.09	25,0	34,8	72	2-11	68,6	3,6	14,3	2-15	2-10	1-15	9-40	7,55	6,70	1,97	3,4
14	05.09	34,7	47,8	73	0-20	163,8	8,5	24,6	1-35	4-00	3-00	17-30	8,40	7,20	2,60	2,8
15	06.09	37,0	47,1	79	0-05	267,9	14,0	37,7	1-15	2-05	0-55	10-20	36,8	34,2	7,20	4,7
16	09.09	7,0	11,9	59	2-07	12,6	0,7	10,0	2-20	2-40	1-30	9-20	2,8	1,10	0,375	2,9
17	09.09	6,4	10,7	60	0-13	7,2	0,4	5,9	(1-00)	3-25		8-00	1,48	0,450	0,250	1,8
18	11.09	29,2	43,2	68	1-18	101,4	5,3	18,0	1-00	1-55	0-35	12-15	7,10	6,25	2,30	2,7
19	17.09	43,2	62,5	69	0-22	257,0	13,4	31,0	1-00	1-05	0-40	9-10	42,0	41,3	7,79	5,3
20	19.09	13,0	19,5	67	1-14	21,9	1,1	8,8	(1-30)	3-35	0-40	8-25	2,79	1,75	0,723	2,4
21	20.09	4,1	7,1	58	0-20	6,5	0,3	8,2	5-00	4-00	2-30	10-00	1,23	0,360	0,179	2,0
22	22.09	26,0	32,2	81	3-00	61,0	3,3	12,6	(1-40)	2-00	1-25	10-30	5,52	5,00	1,61	3,1
23	24.09				1-12	26,3	1,4		(2-00)	3-10	2-25	10-25	2,61	1,86	0,702	2,6
24	25.09	(32,0)	(36,5)	(88)	0-07	71,0	3,7	(15,8)	1-35	1-40	1-15	14-40	4,91	3,95	1,35	2,9
25	25.09	4,8	8,0	60	0-13	5,1	0,3	5,5	3-30	2-10	1-25	6-30	1,76	0,480	0,218	2,2
26	27.09	6,6	8,3	80	1-22	6,3	0,3	5,0	5-00	4-45	1-50	6-00	1,28	0,500	0,291	1,7
27	29.09	15,7	25,0	63	1-10	37,6	2,0	12,5	(1-00)	1-20	0-40	11-20	2,60	2,00	0,921	2,2
28	30.09	16,5	19,7	84	0-17	41,3	2,2	13,0	(2-30)	7-00		18-00	2,44	1,40	0,638	2,2
29	02.10				2-09	23,7	1,2		3-00	1-25	0-30	7-50	3,77	3,10	0,840	3,7
29bis	02.10	(18,1)	(30,0)	(60)	0-13	8,4	0,4	(9,1)	3-00	3-30		11-00	1,30	0,400	0,212	1,9
30	06.10	22,5	34,5	65	4-00	49,3	2,6	11,4	(2-15)	2-05	0-35	9-15	6,64	6,10	1,48	4,1
31	08.10	15,3	20,0	76	2-01	18,3	0,9	6,2	(3-00)	3-00	1-00	7-15	2,67	2,10	0,701	3,0
32	09.10	2,7	7,8	35	1-05	4,6	0,2	8,9	2-30	2-00		10-30	0,787	0,210	0,121	1,7
33	13.10	27,1	39,0	69	3-16	93,3	4,9	17,9		1-50	0-50	7-40	23,0	22,6	3,38	6,7
34	15.10	7,4	15,0	50	1-20	9,2	0,5	6,5		2-45		11-15	0,873	0,395	0,227	1,7
35	16.10	7,8	17,3	45	1-00	2,3	0,1	1,6	4-50	2-20		8-50	0,675	0,178	0,073	2,4
36	19.10	7,4	11,5	64	2-22	5,7	0,3	4,0	4-00	4-00		16-00	0,490	0,191	0,100	1,9
37	21.10	10,8	12,0	90	1-22	7,5	0,4	3,6	(2-45)	5-30		17-00	0,647	0,342	0,123	2,8
38	25.10	10,4	15,0	69	3-21	3,4	0,2	1,7	8-00	3-30		10-20	0,490	0,214	0,091	2,4
39	01.11				1-18	7,7	0,4			2-00	1-10	9-15	0,820	0,630	0,230	2,7
40	01.11	(23,1)	(30,0)	(77)		22,0	1,1	(6,7)		2-00	1-20	11-30	1,85	1,50	0,532	2,1
41	04.11	5,0	7,2	69	2-04	1,6	0,1	1,7	8-00	2-40		11-40	0,297	0,077	0,038	2,0
2-75	27.3	60,6	74,7	93	4-00	111	5,8	8,5		1-10	0-40	7-40	31,7	31,5	4,02	7,8
3-75	17.4	76,5	88,9	66	1-00	134	7,0	9,2		1-15	0-40	6-05	32,4	32,2	4,62	7,0

Pmin: 12,1mm  
 Pmax: 66,2 mm  
 Pmoy: 33,3 mm  
 (Thiessen)



ISOHYETES DES AVERSES 4 + 5

HYETOGRAMME MOYEN



# HYDROGRAMMES DES CRUES N° 4 et 5

(24 Août 1974)

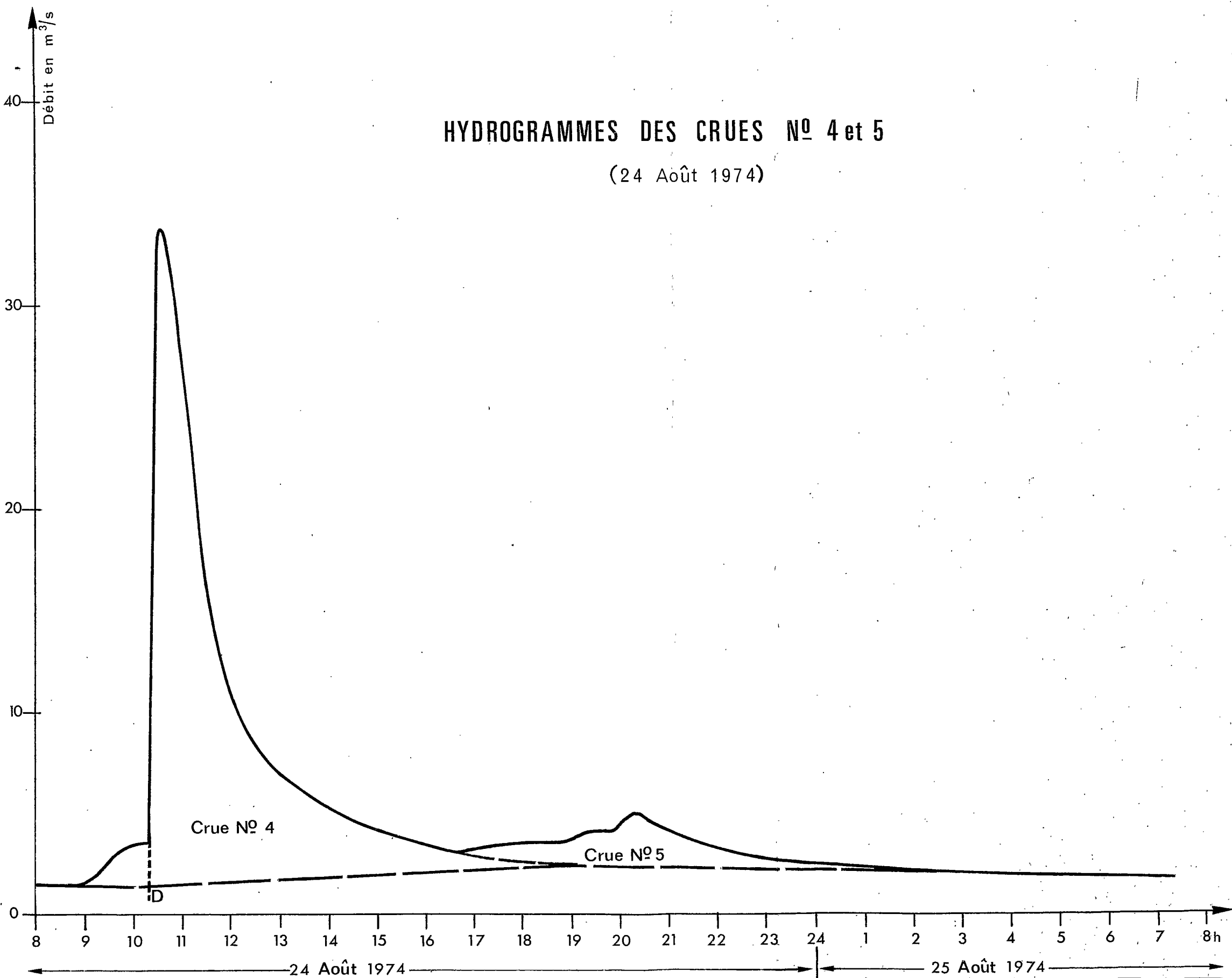
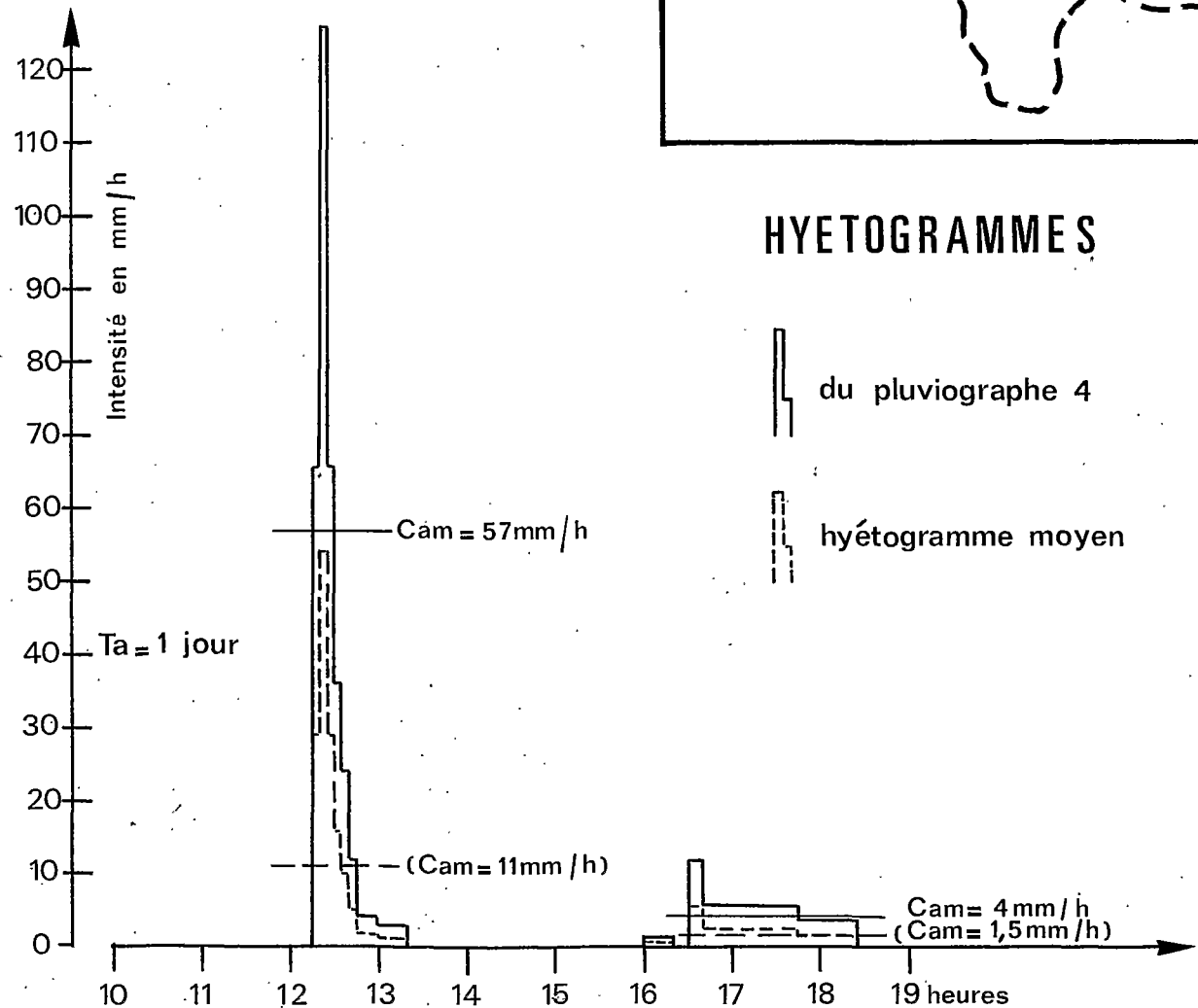
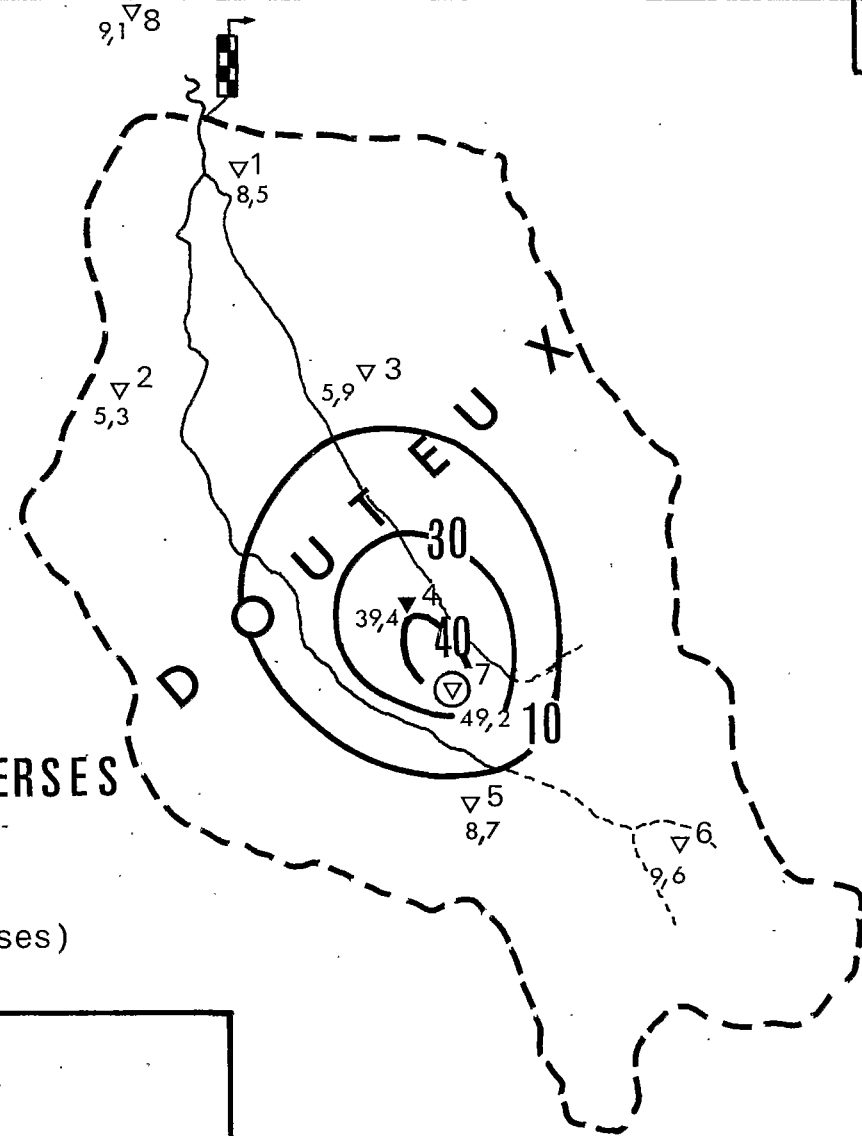


Fig-13

P min: 5,3 mm  
 P max: 49,2 mm  
 P moy: 17,8 mm  
 (Thiessen)

ISOHYETES DES AVERSES  
 8 + 9

(Valeurs très douteuses)



HYETOGRAMMES

du pluviographe 4  
 hyetogramme moyen

HYDROGRAMMES DES CRUES N° 8 et 9

(27 Août 1974)

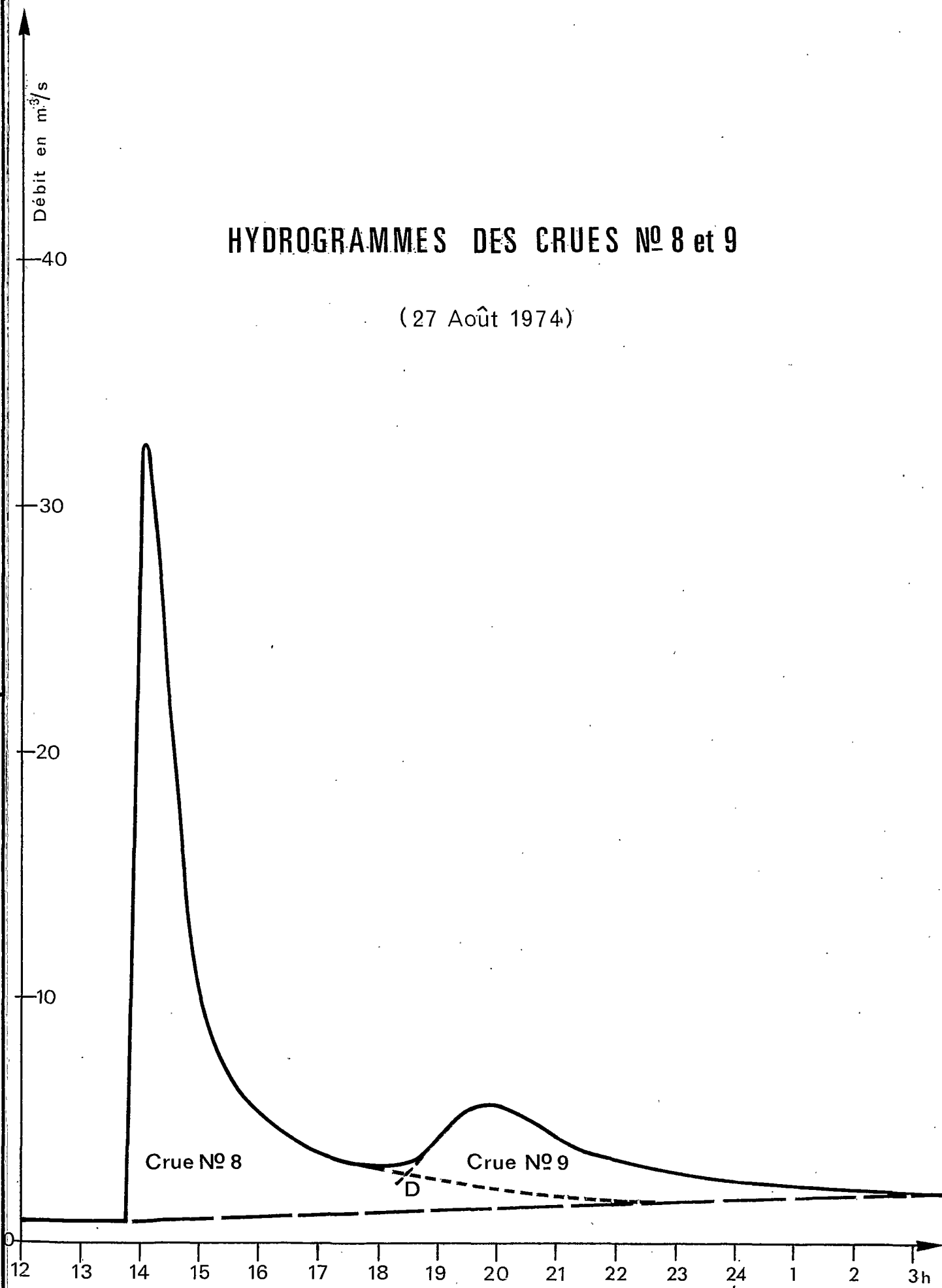
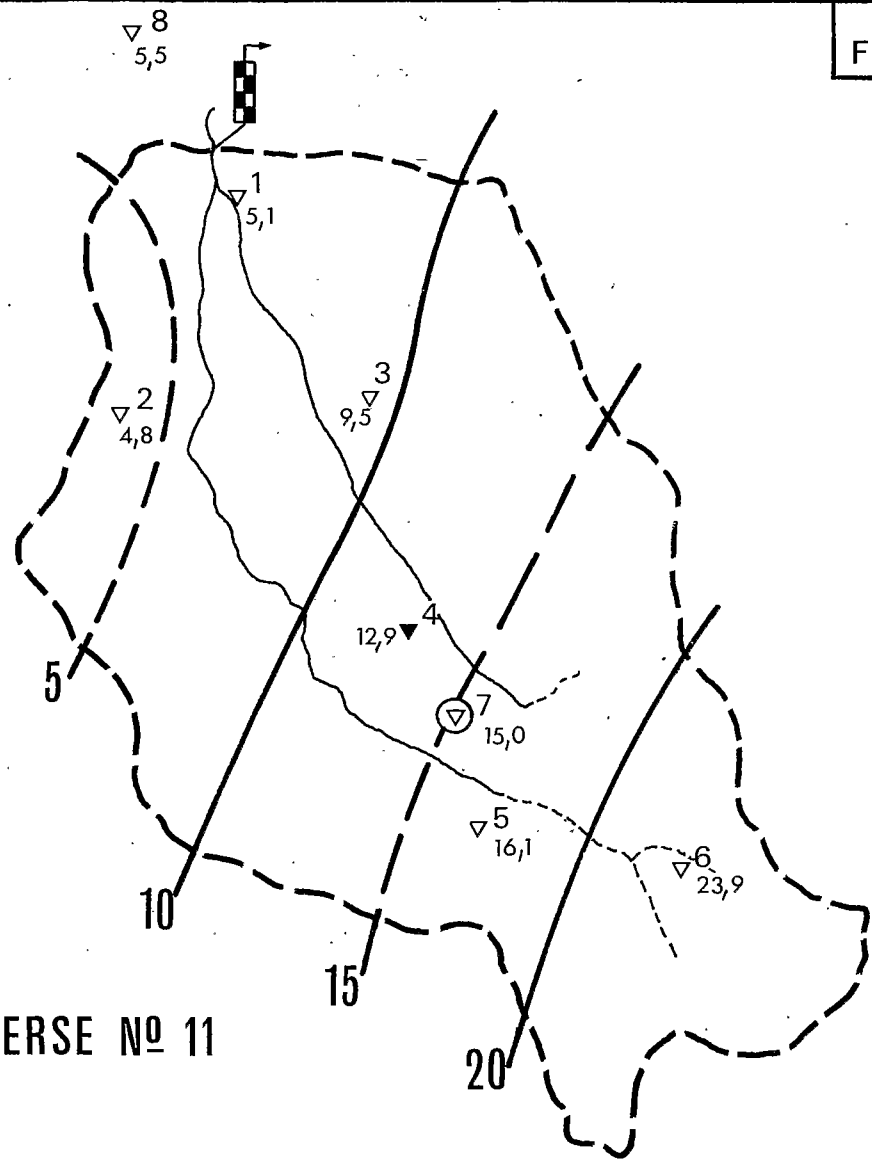


Fig-14

Pmin: 5,1mm  
 Pmax: 23,9mm  
 Pmoy: 13,0mm  
 (Thiessen)



ISOHYETES DE L' AVERSE N° 11

HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 11  
 (30 Août 1974)

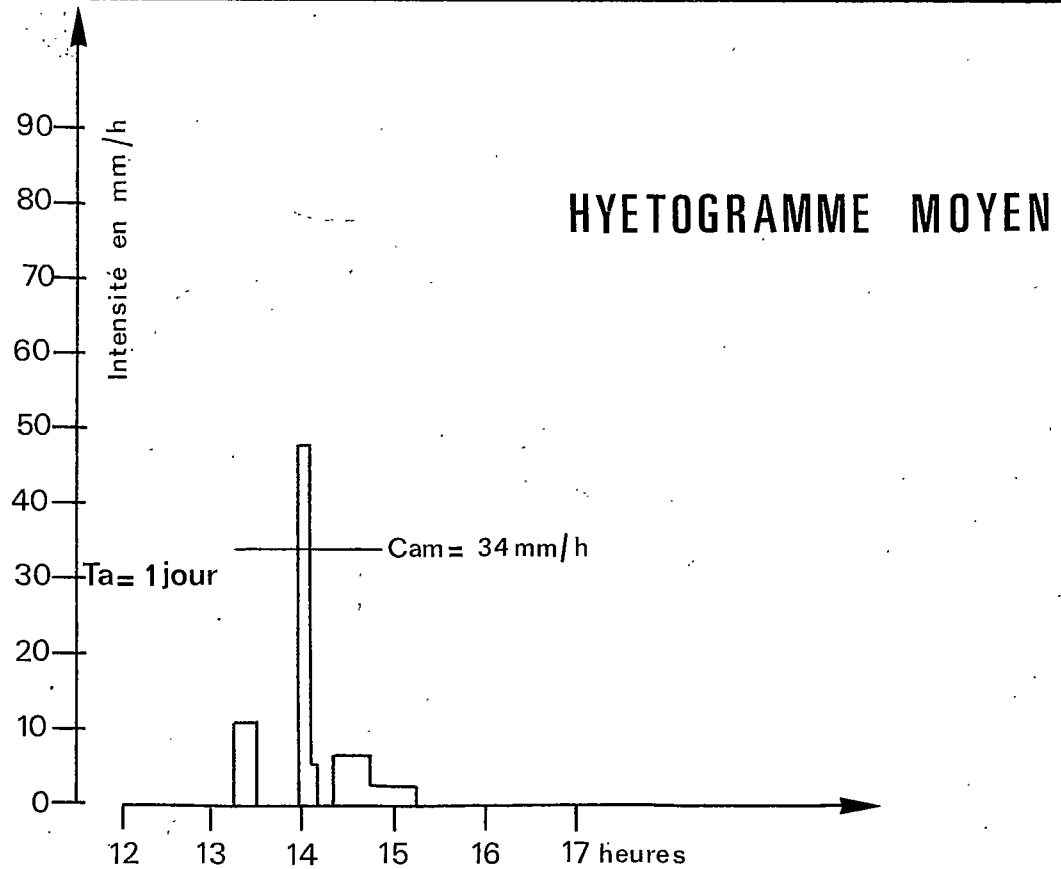
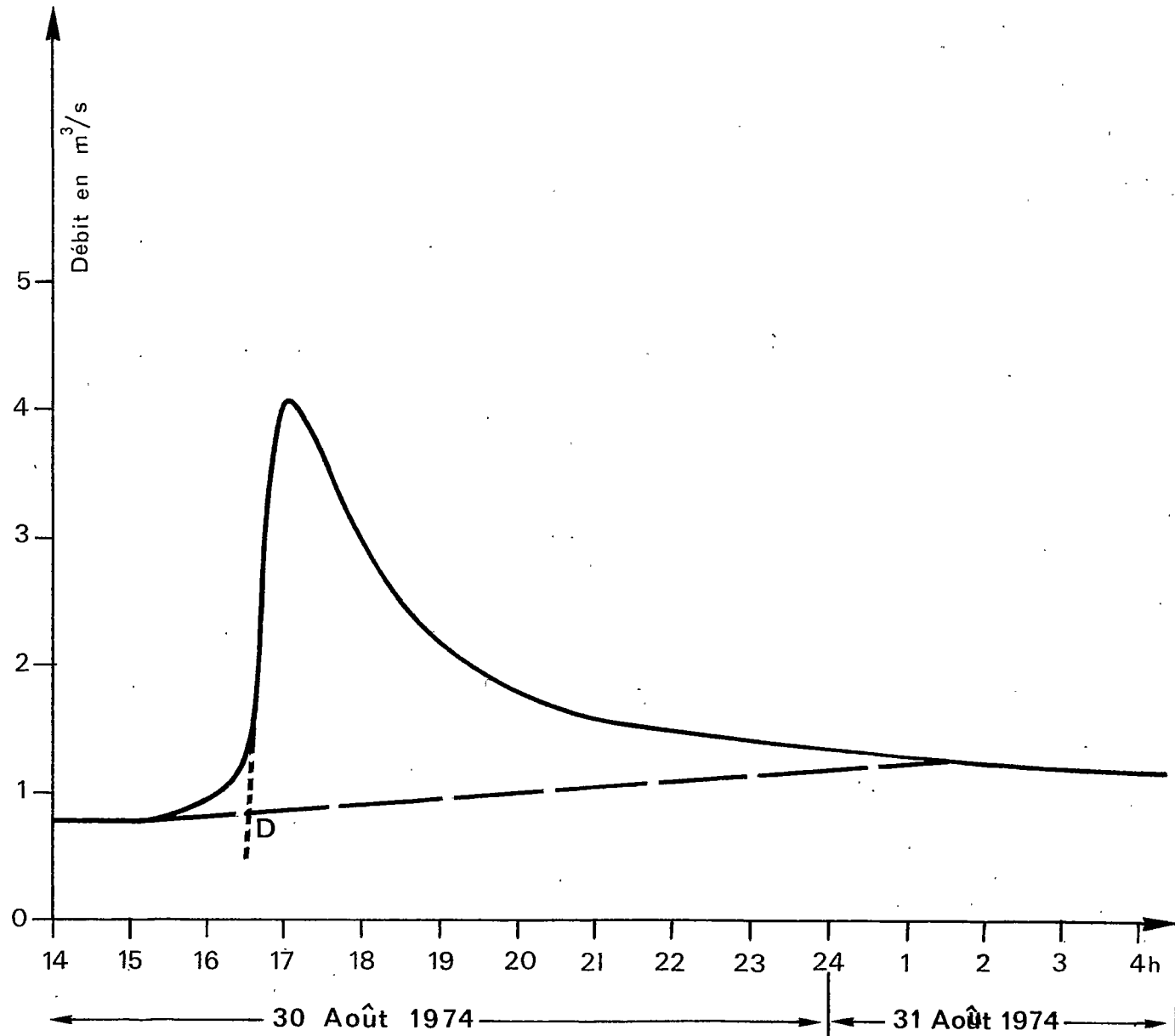
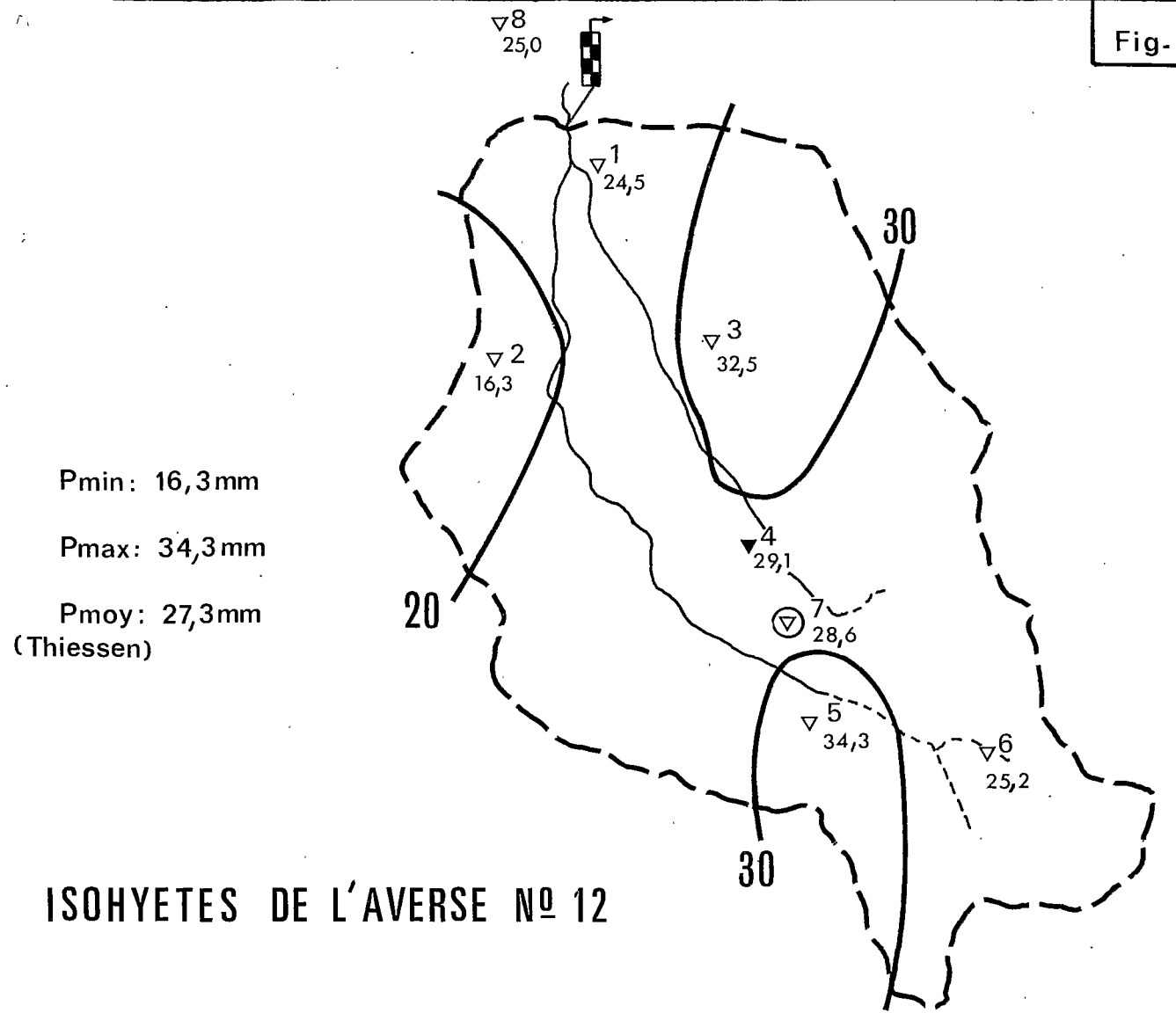


Fig-15

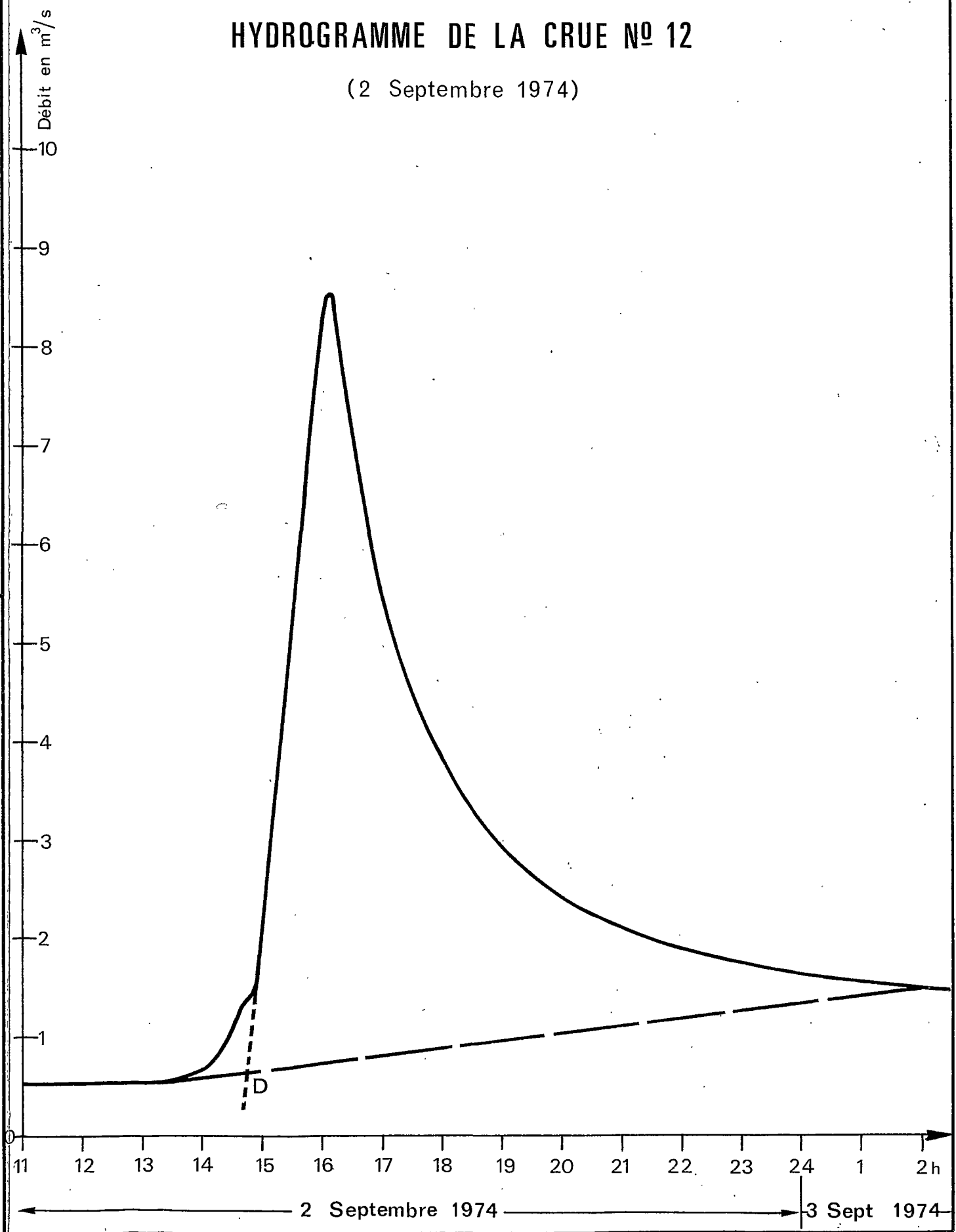


Pmin: 16,3mm  
 Pmax: 34,3mm  
 Pmoy: 27,3mm  
 (Thiessen)

ISOHYETES DE L' AVERSE N° 12

HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 12

(2 Septembre 1974)



HYETOGRAMME MOYEN

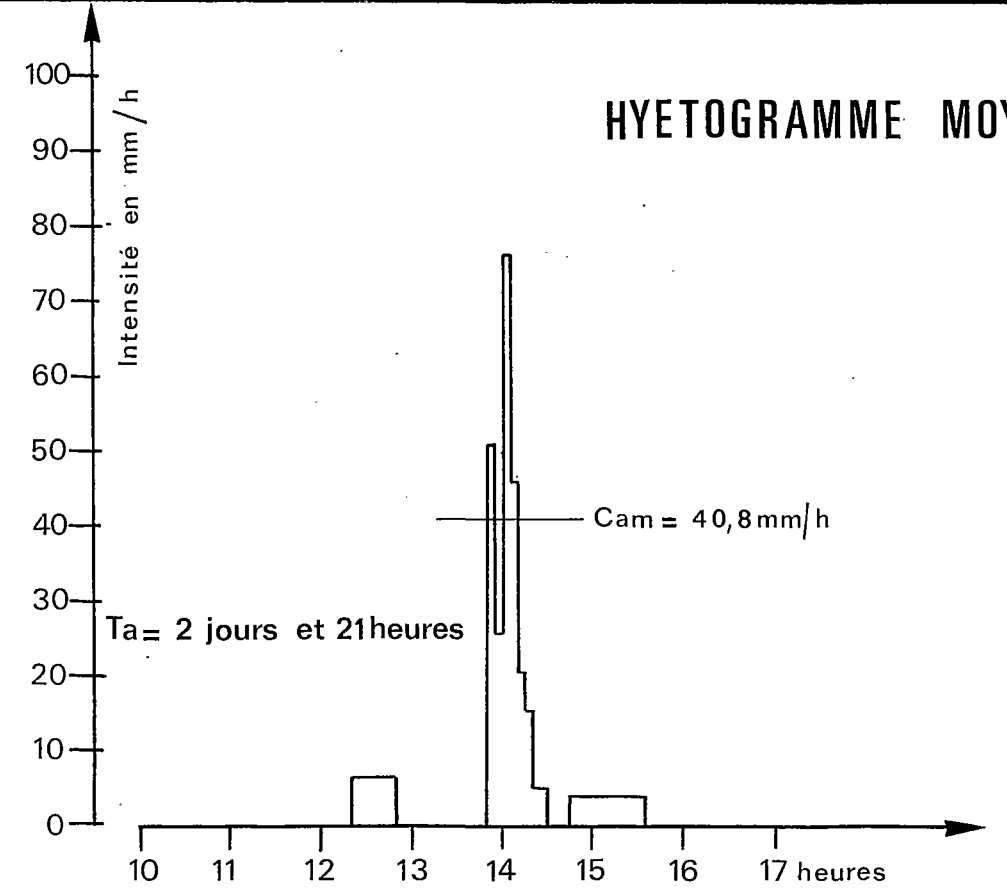
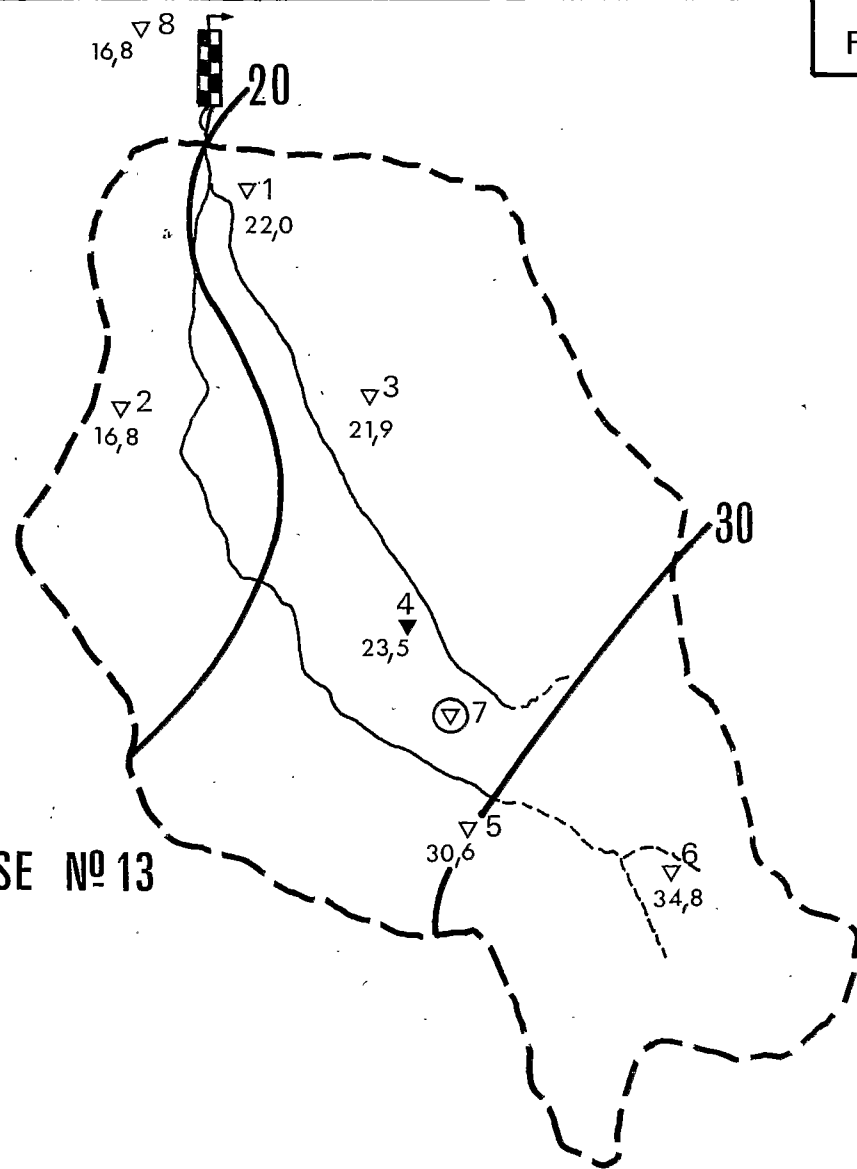




Fig- 16

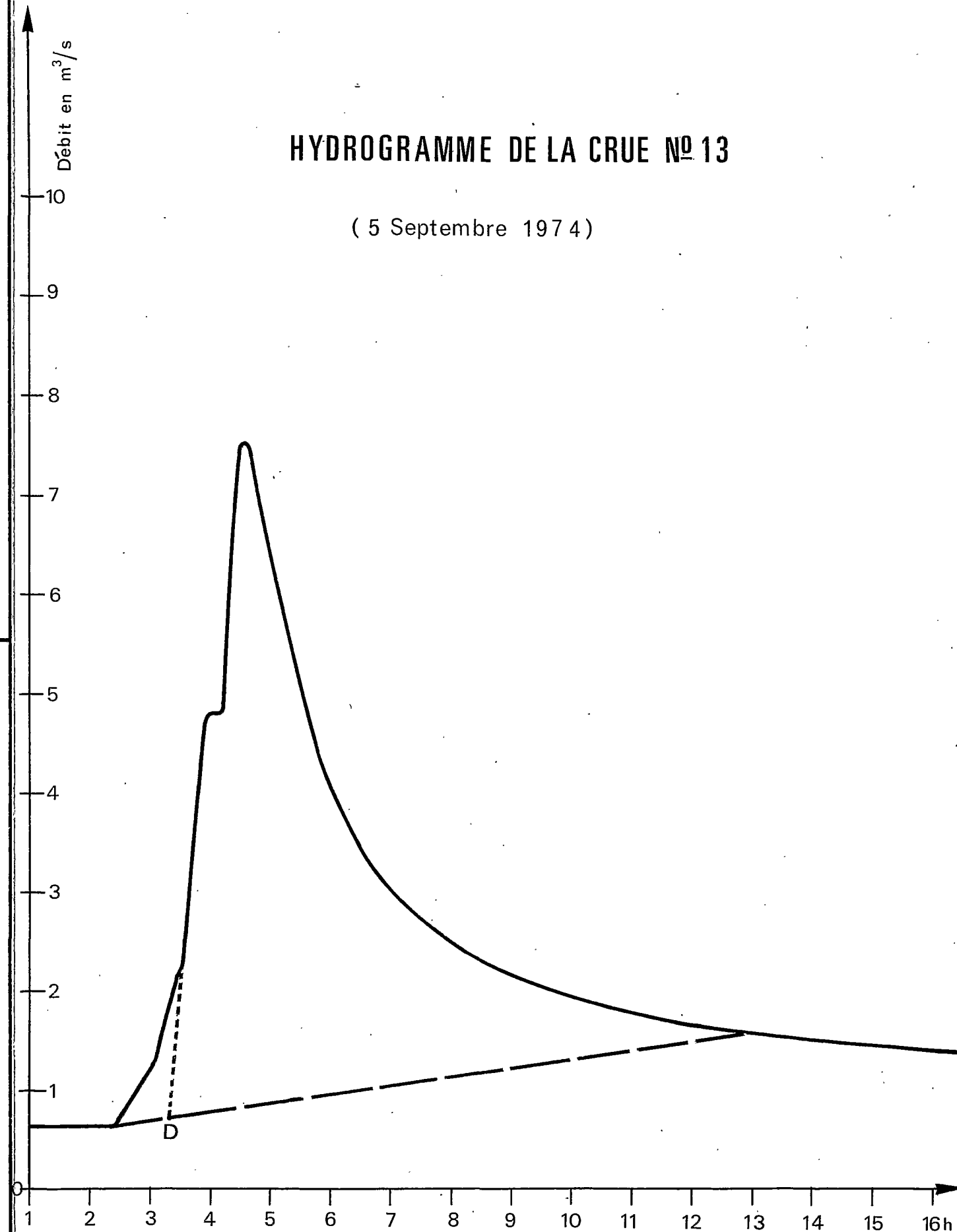
Pmin: 16,8 mm  
Pmax: 34,8 mm  
Pmoy: 25,0 mm  
(Thiessen)

ISOHYETES DE L' AVERSE N° 13



HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 13

( 5 Septembre 1974 )



HYETOGRAMME MOYEN

(Identique à celui du pluviographe)

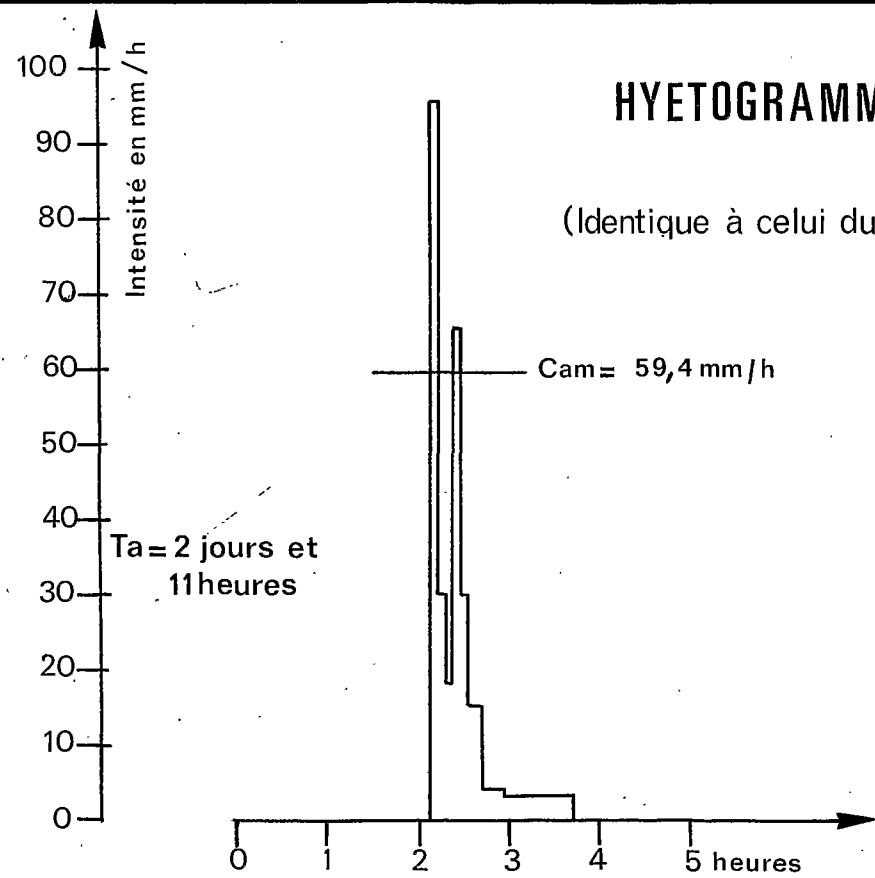
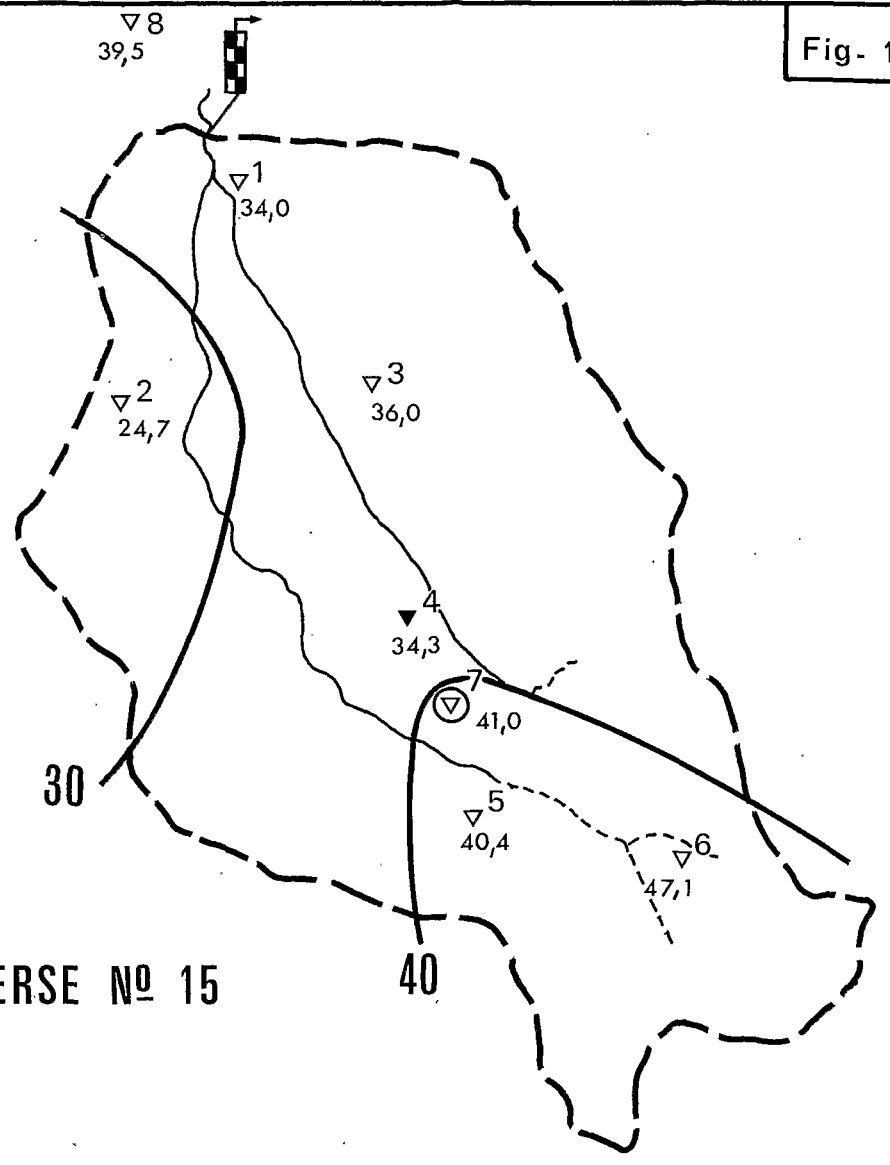


Fig- 17

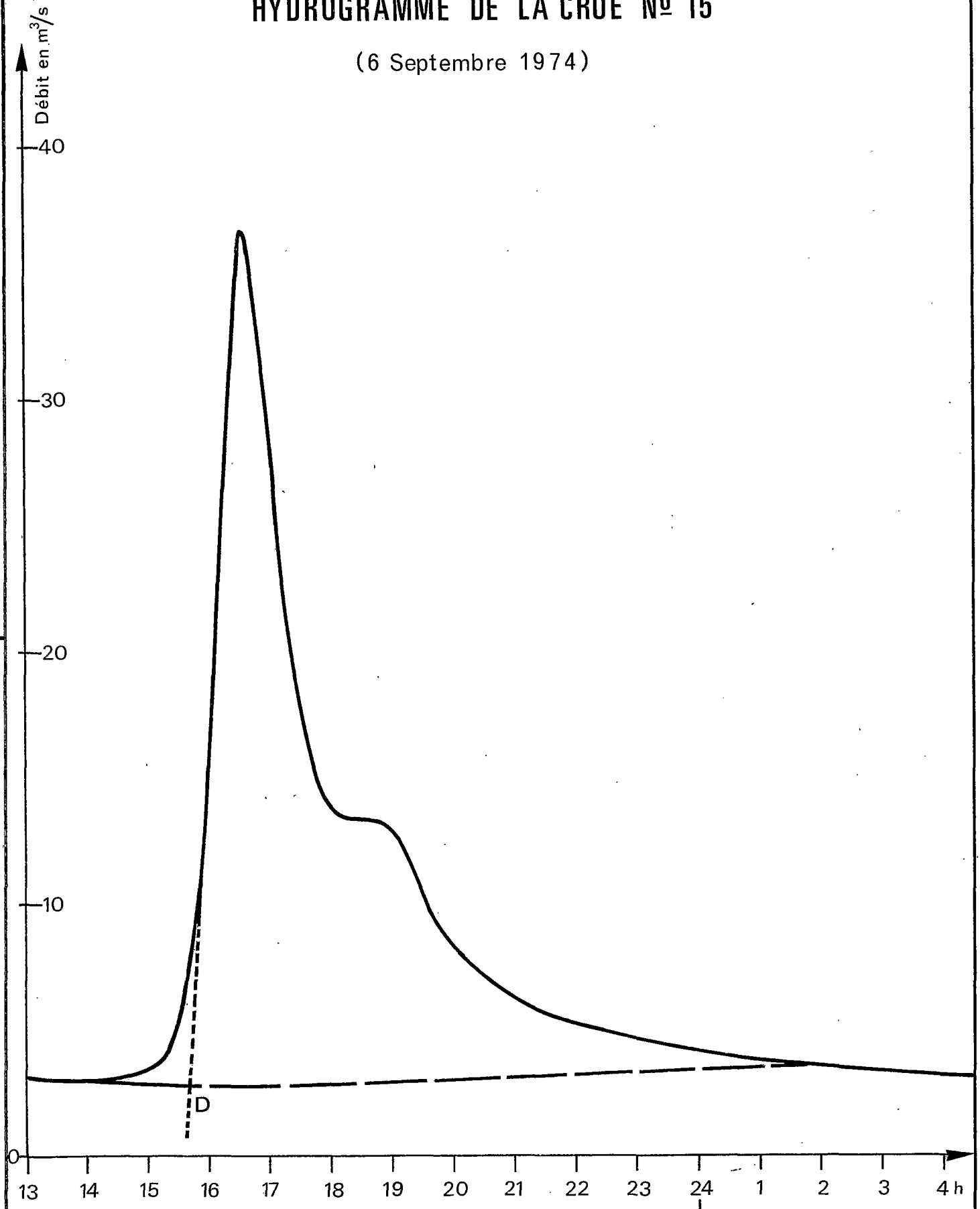
Pmin: 24,7mm  
Pmax: 47,1mm  
Pmoy: 37,0mm  
(Thiessen)



ISOHYETES DE L' AVERSE N° 15

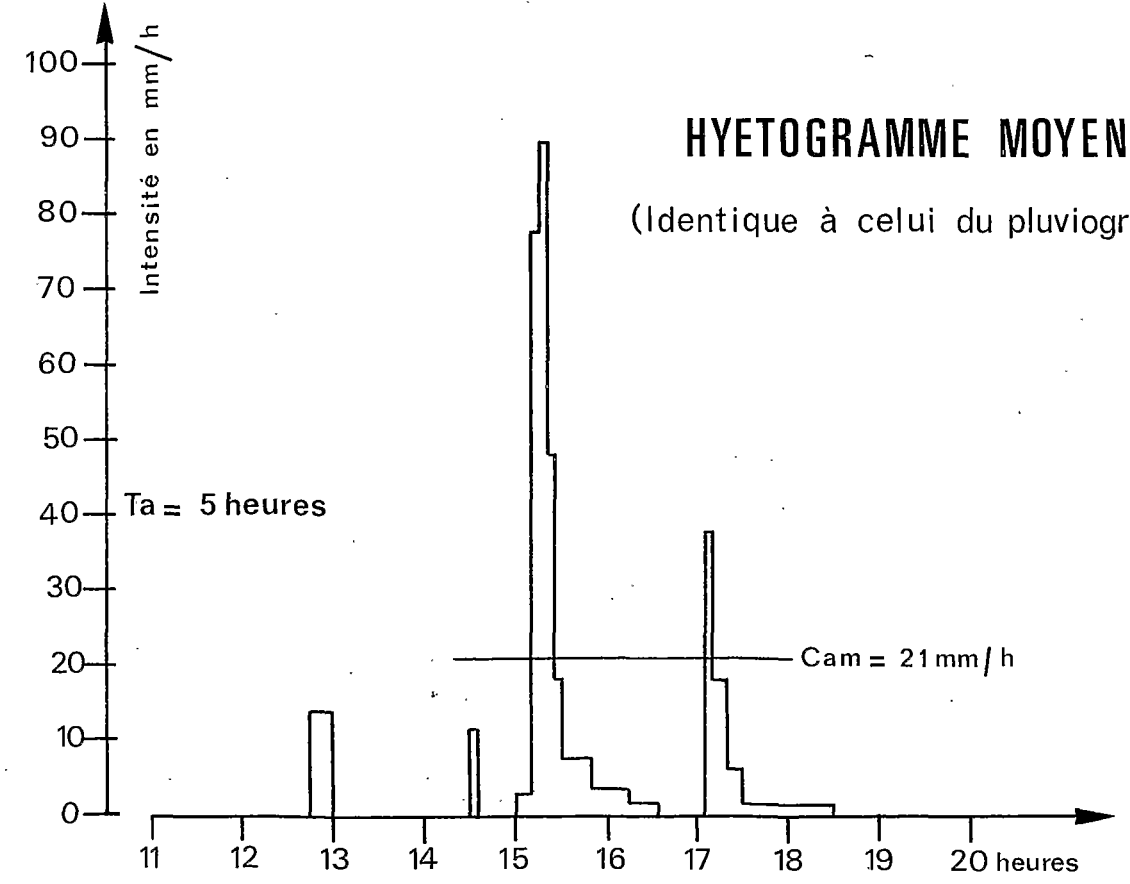
### HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 15

(6 Septembre 1974)



### HYETOGRAMME MOYEN

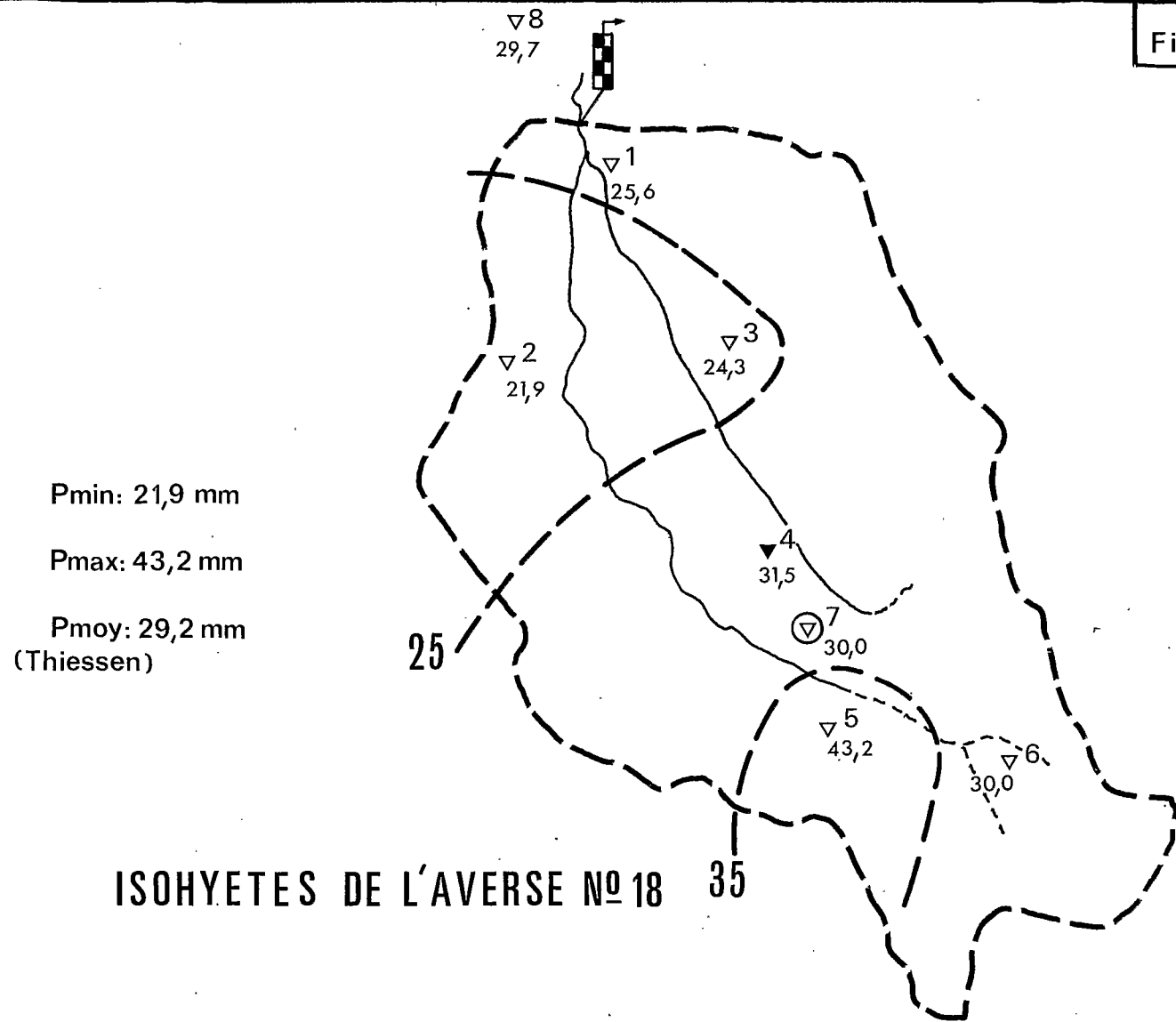
(Identique à celui du pluviographe)



6 Septembre 1974

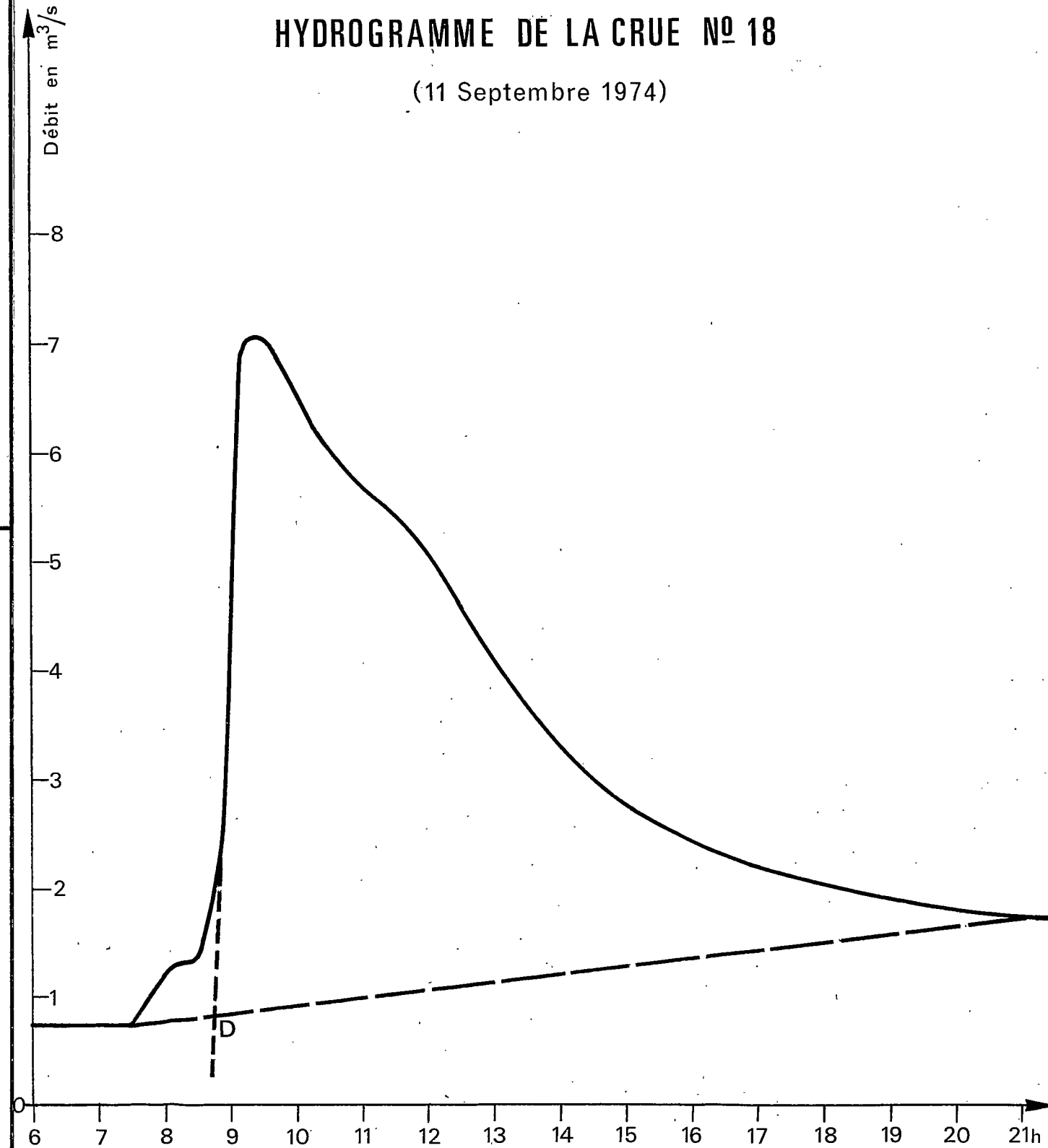
7 Septembre 1974

Fig 18



**HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 18**

(11 Septembre 1974)



11 Septembre 1974

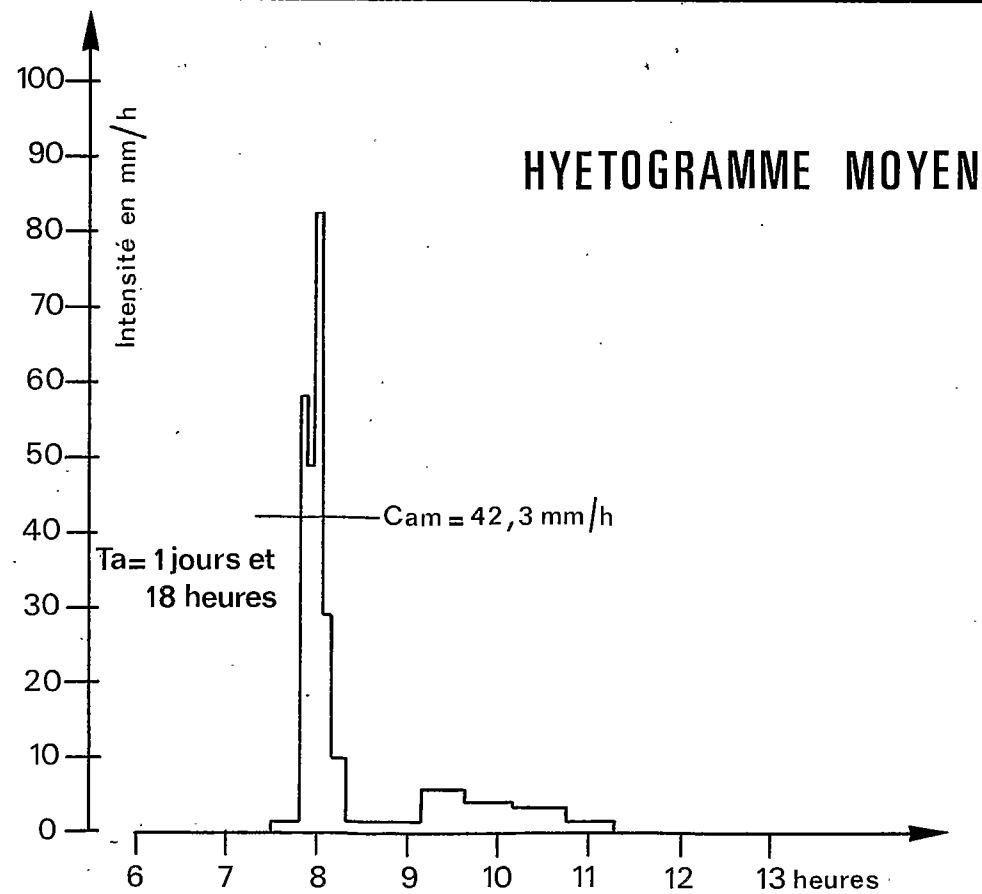
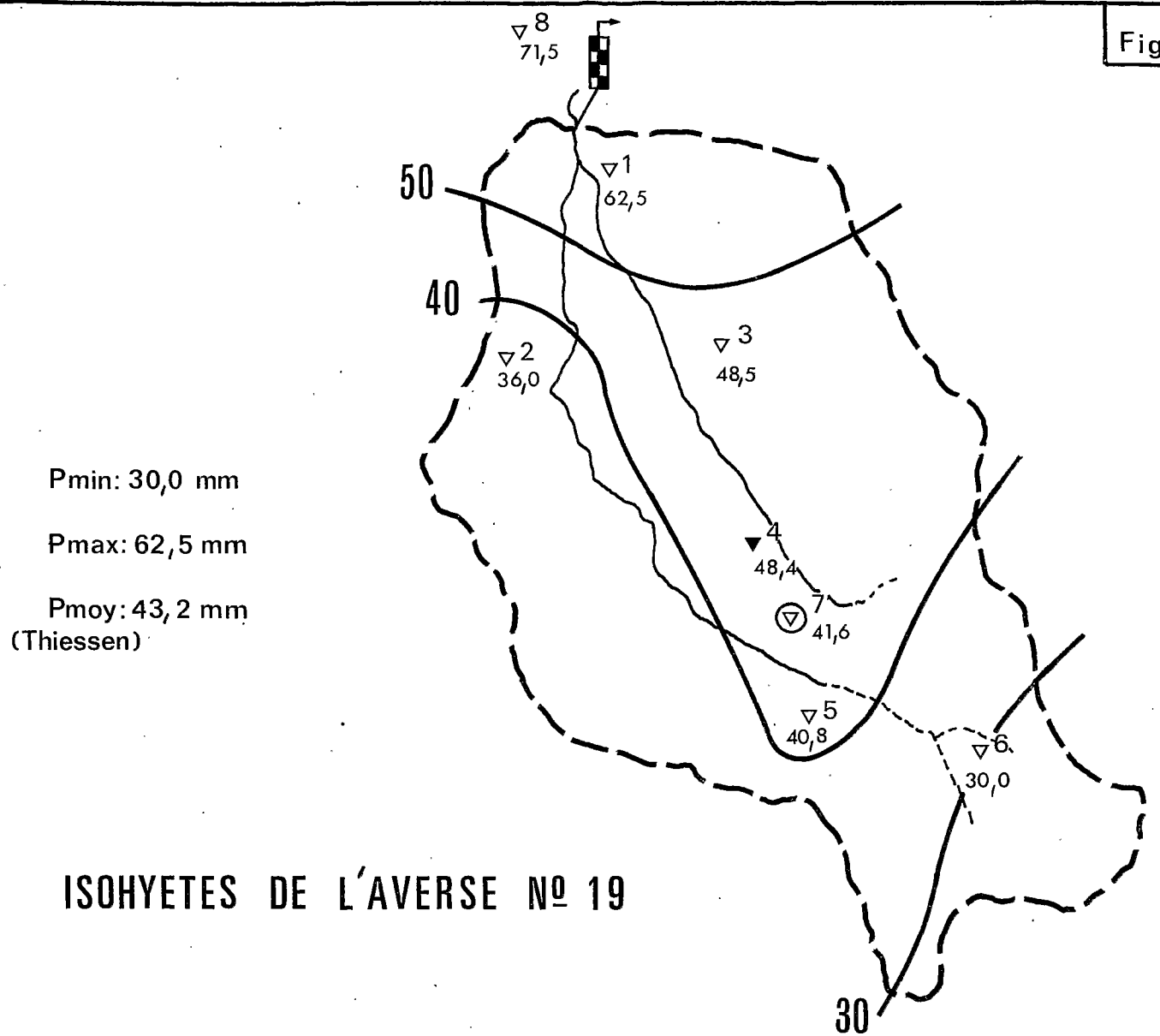
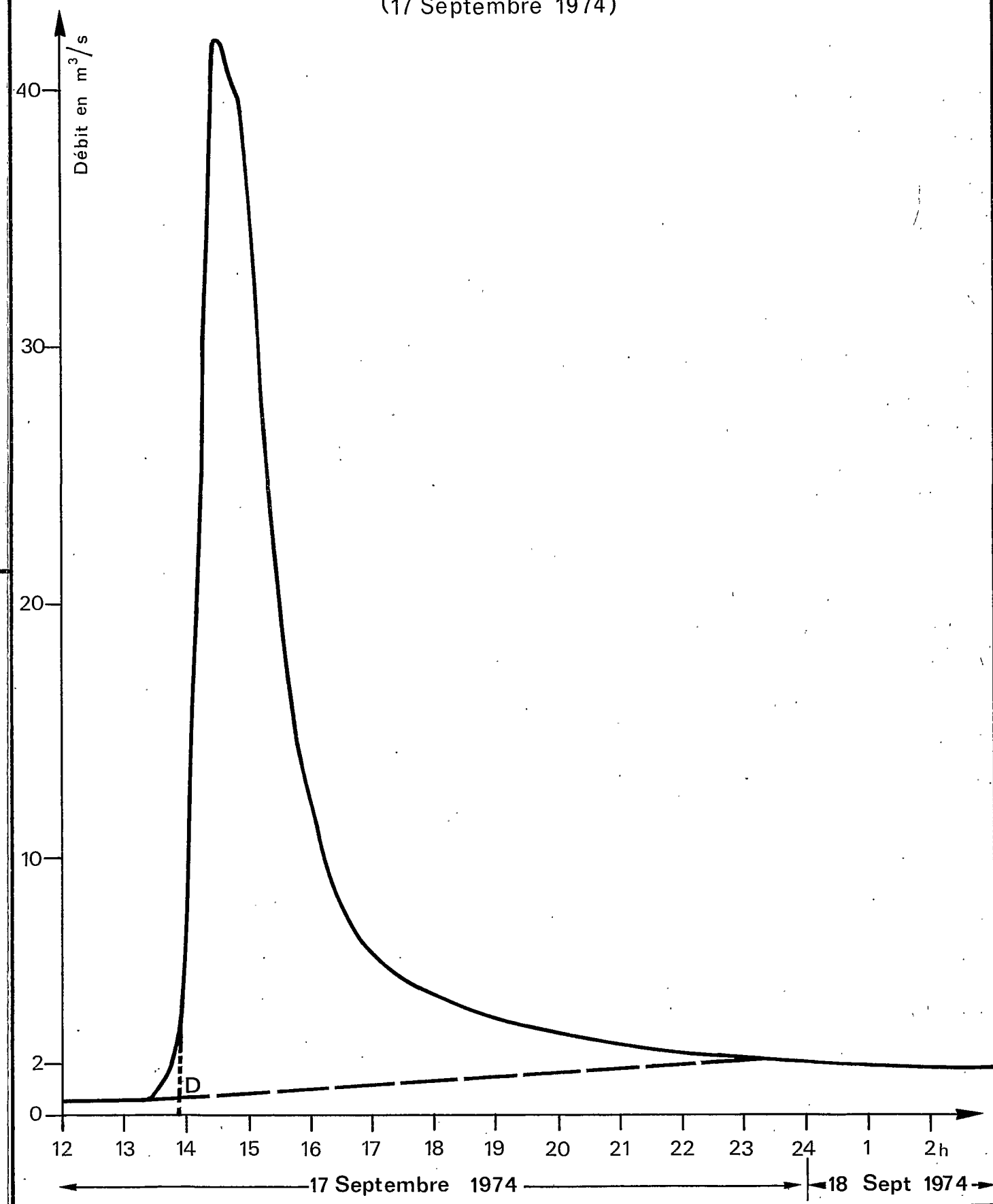


Fig- 19



HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 19

(17 Septembre 1974)



HYETOGRAMME MOYEN

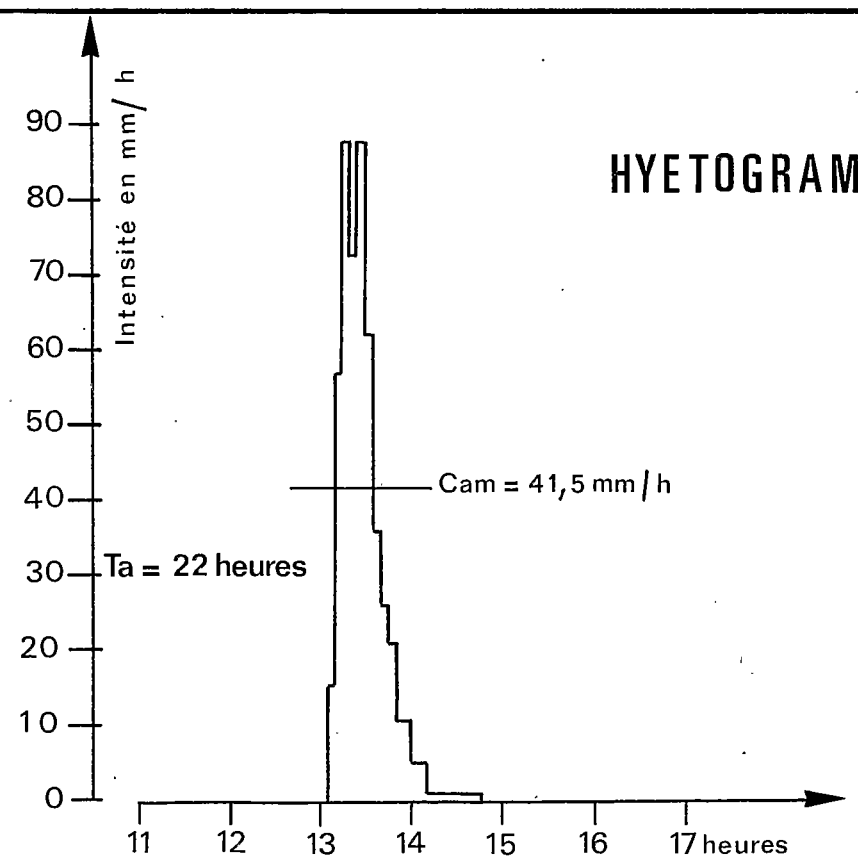
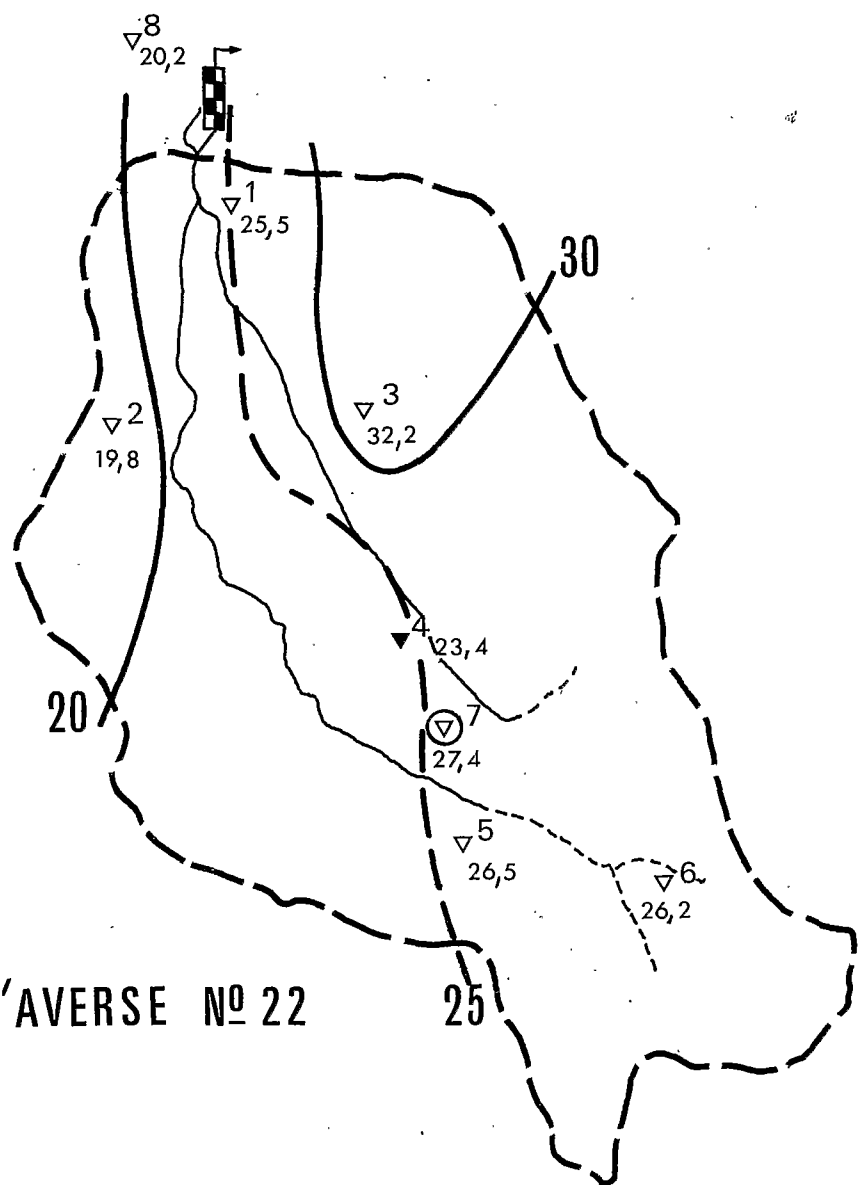


Fig- 20

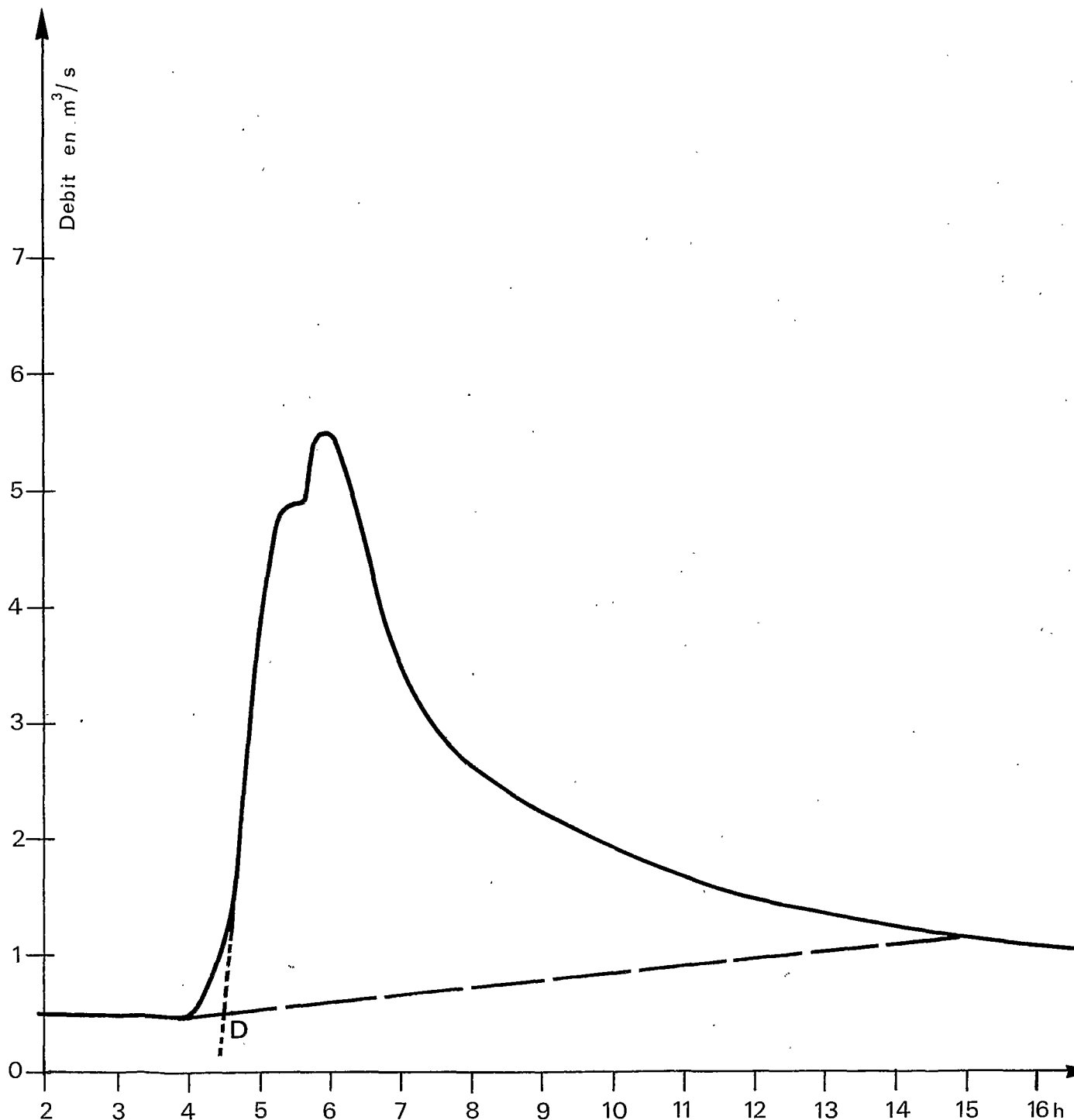
Pmin: 19,8 mm  
 Pmax: 32,2 mm  
 Pmoy: 26,0mm  
 (Thiessen)



ISOHYETES DE L' AVERSE N° 22

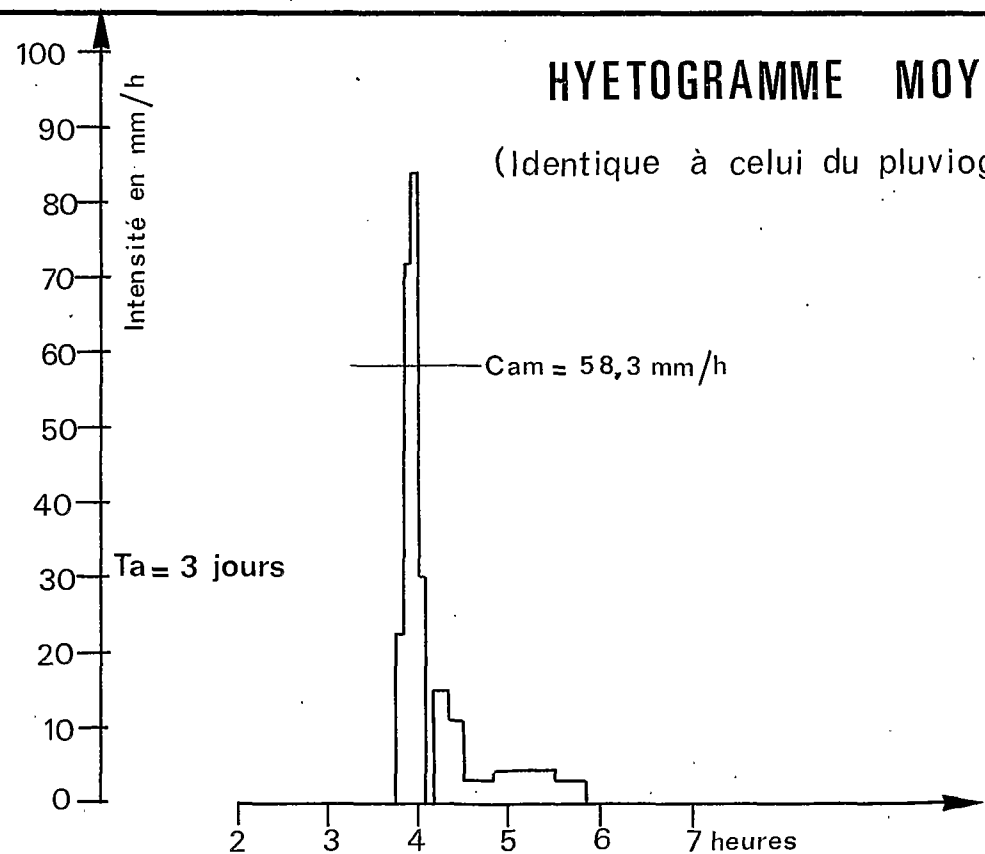
HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 22

(22 Septembre 1974)



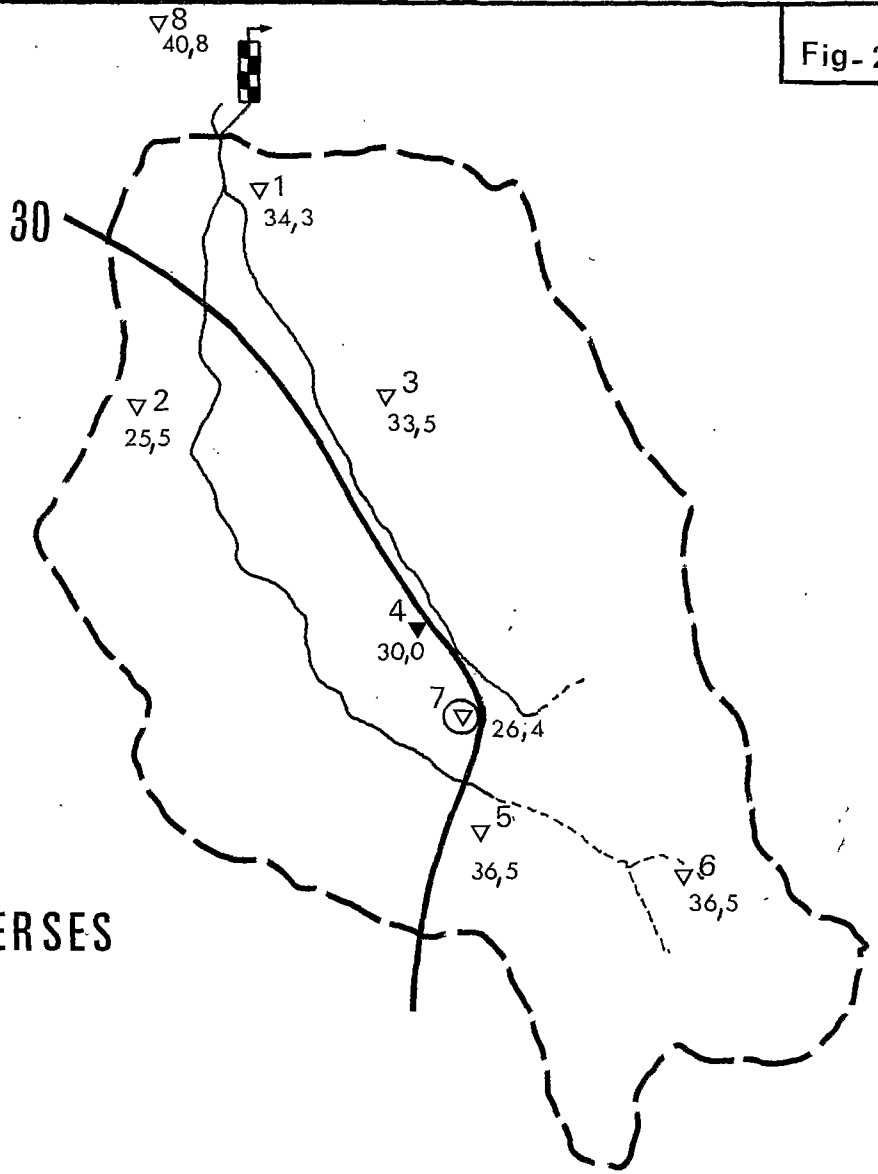
HYETOGRAMME MOYEN

(Identique à celui du pluviographe)



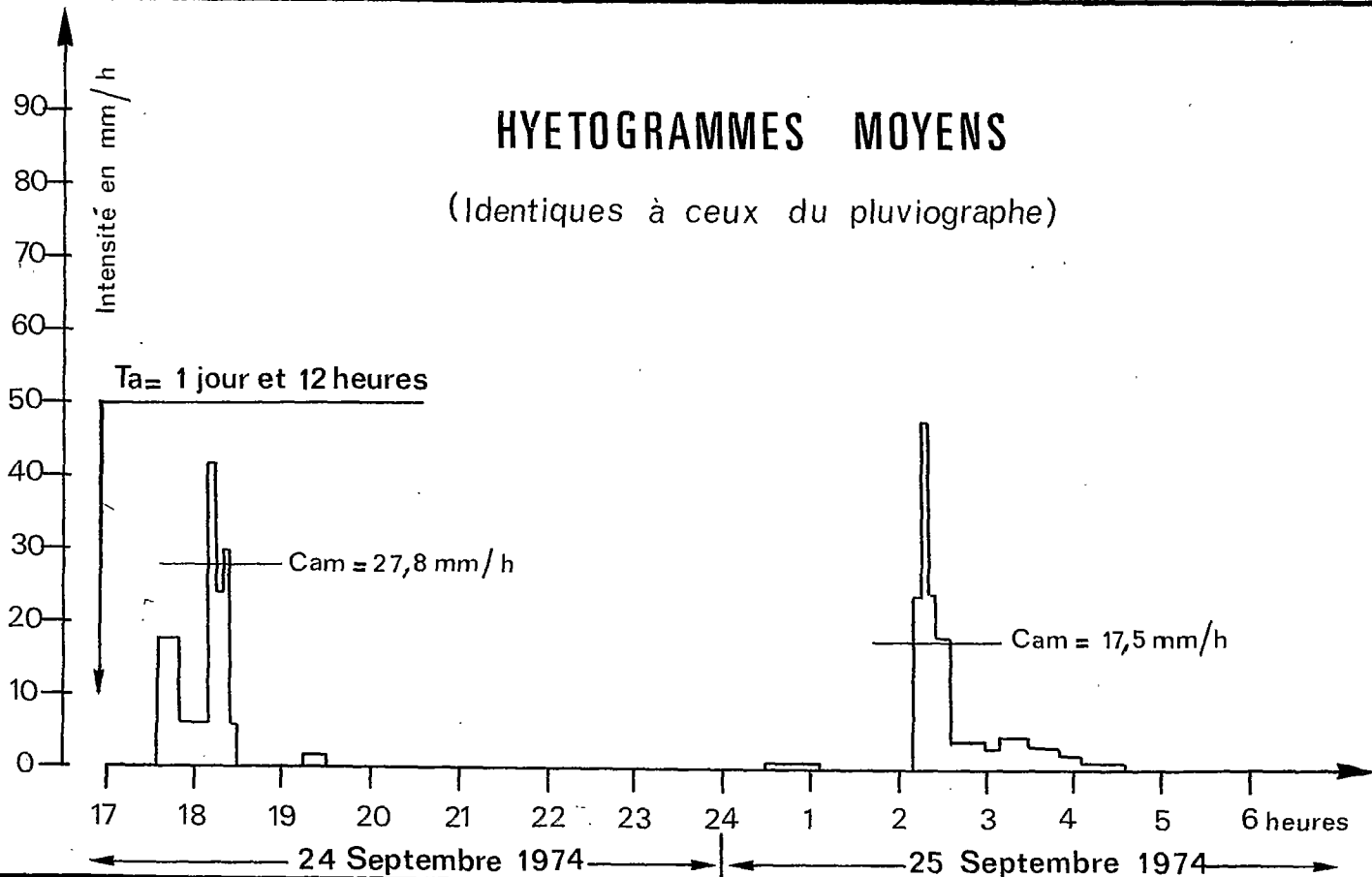
Pmin: 25,5 mm  
 Pmax: 36,5 mm  
 Pmoy: 32,0 mm  
 (Thiessen)

ISOHYETES DES AVERSES  
 23 + 24



HYETOGRAMMES MOYENS

(Identiques à ceux du pluviographe)



# HYDROGRAMMES DES CRUES N° 23 et 24

( 24 et 25 Septembre 1974 )

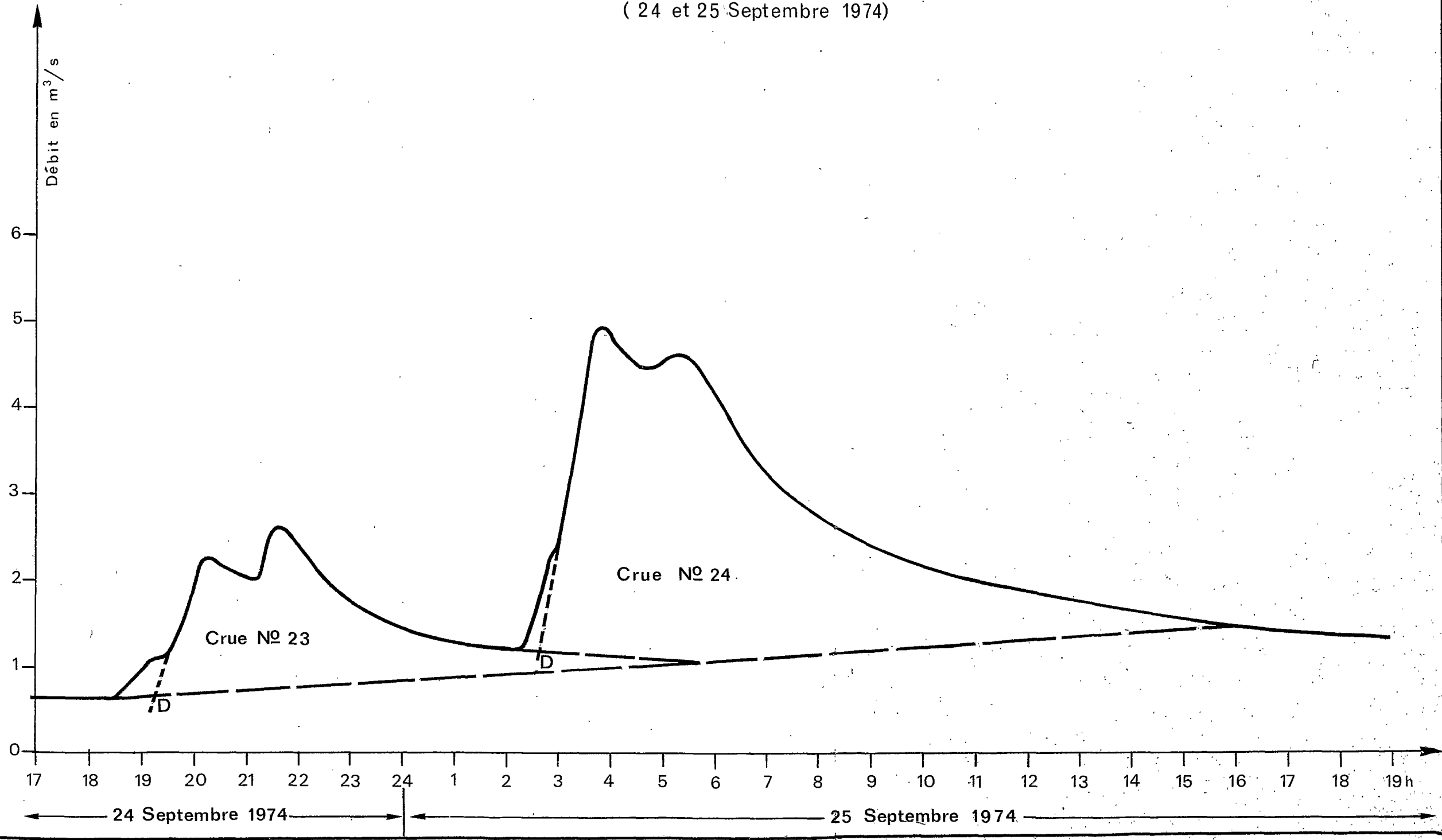
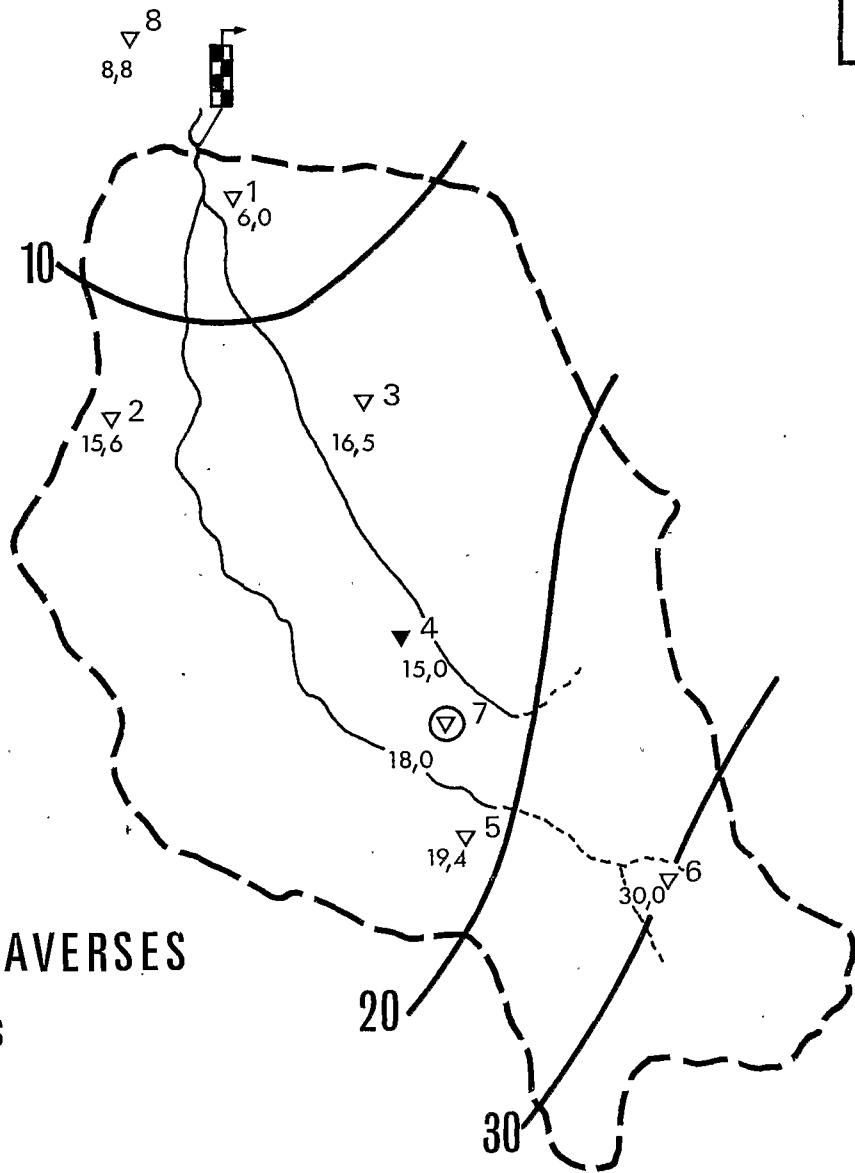


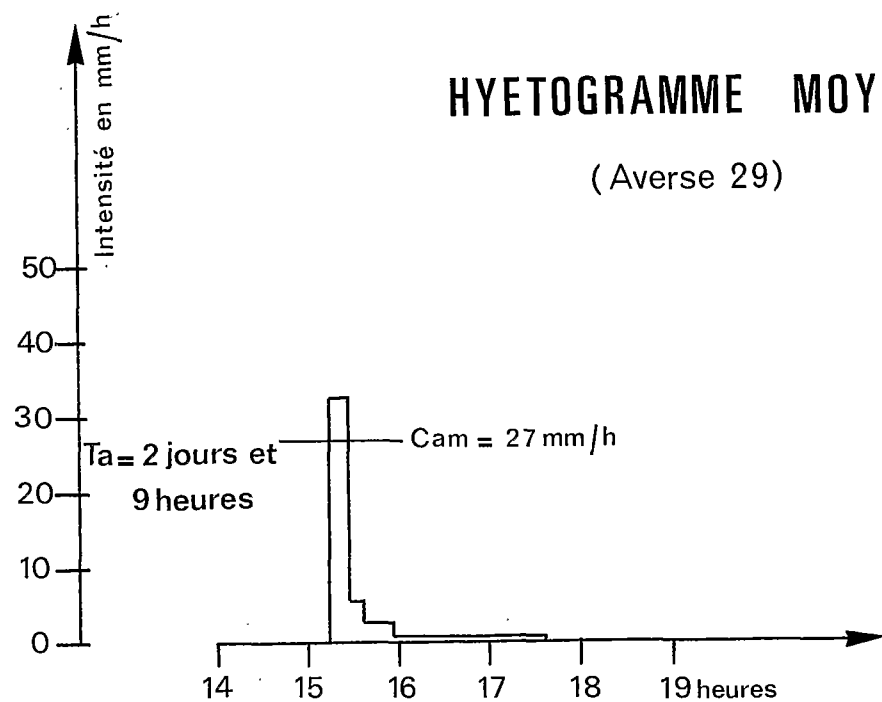
Fig-22

Pmin: 6,0 mm  
 Pmax: 30,0 mm  
 Pmoy: 18,1 mm  
 (Thiessen)

ISOHYETES DES AVERSES  
 29 + 29 bis



HYETOGRAMME MOYEN  
 (Averse 29)



HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 29

(2 Octobre 1974)

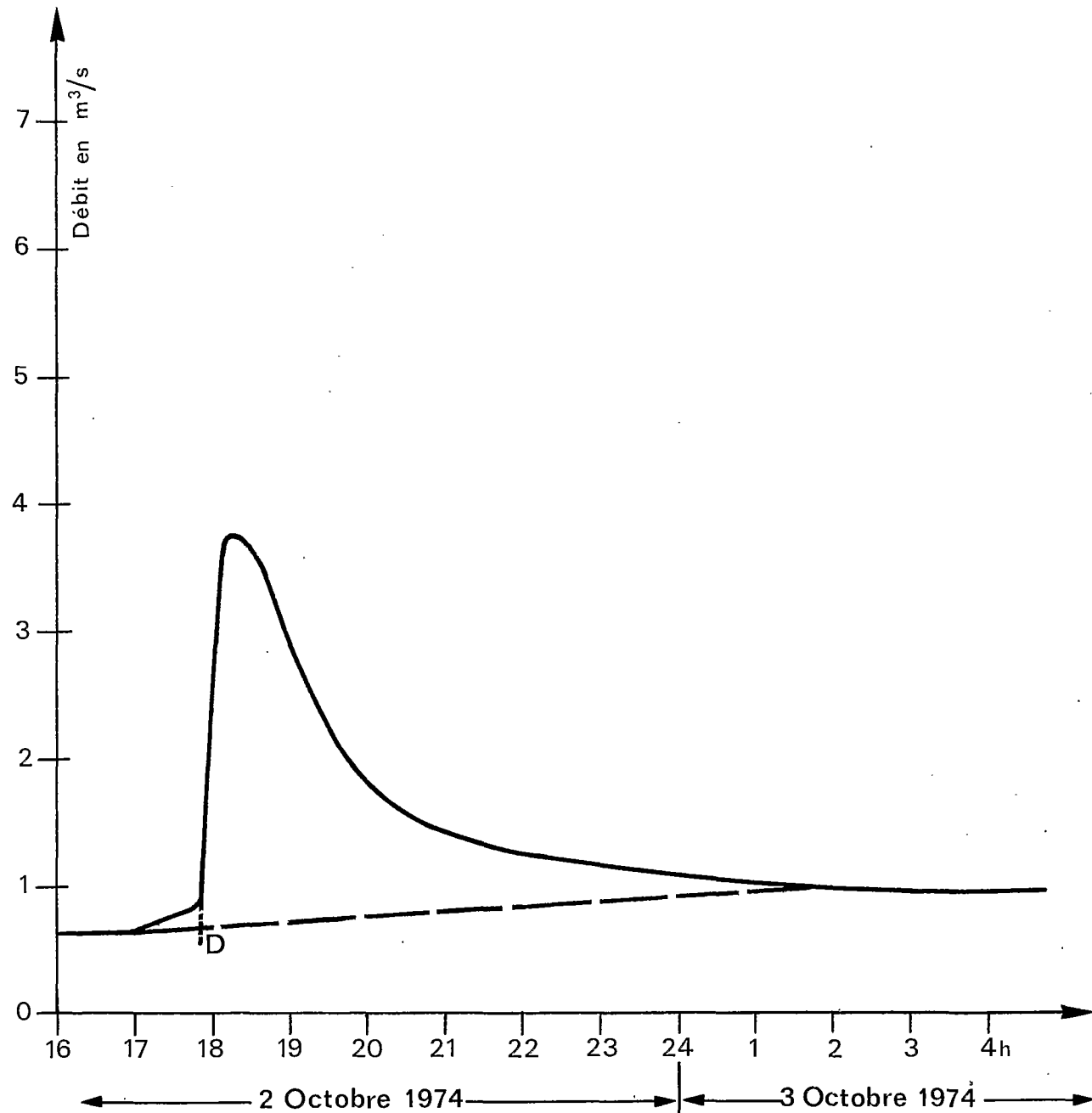
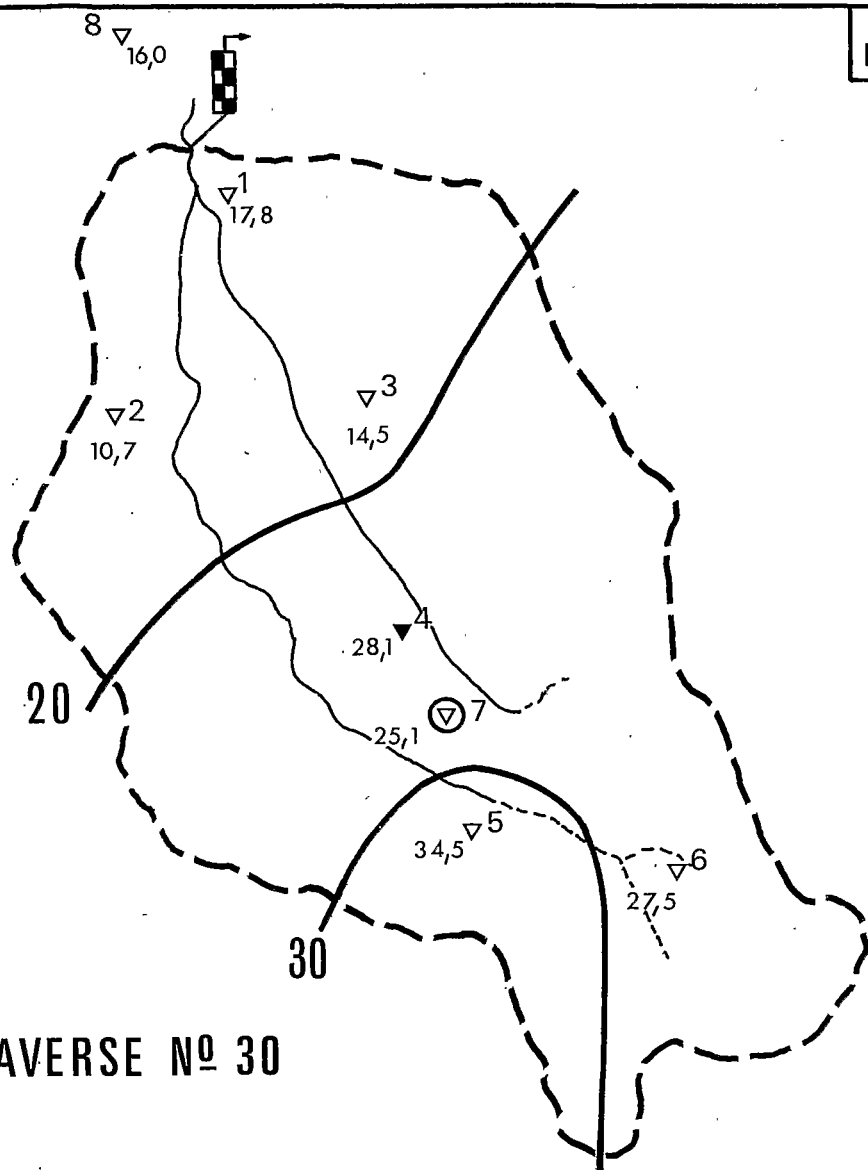




Fig- 23

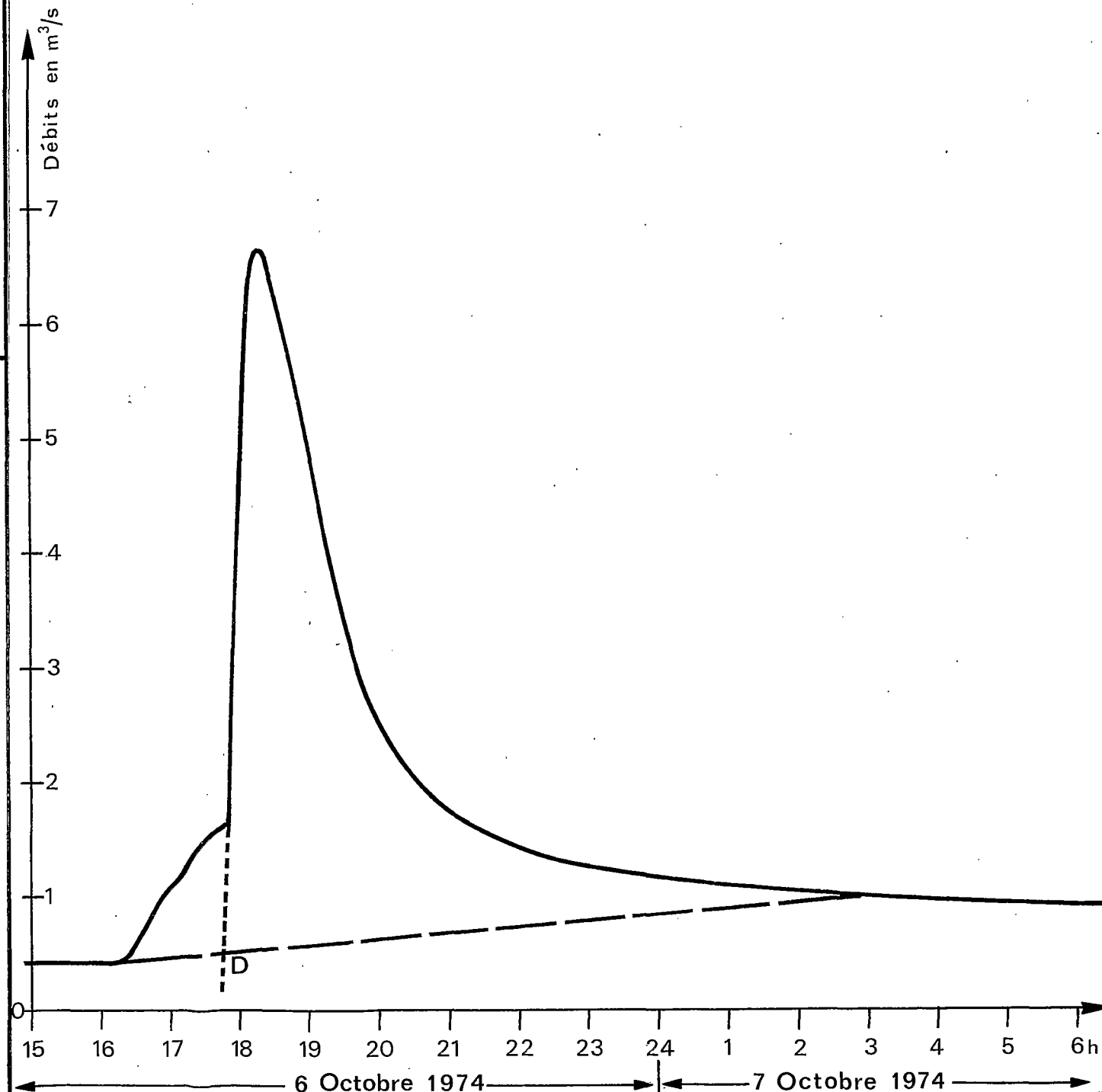
Pmin: 10,7 mm  
 Pmax: 34,5 mm  
 Pmoy: 22,5 mm  
 (Thiessen)



ISOHYETES DE L' AVERSE N° 30

HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 30

(6 Octobre 1974)



HYETOGRAMME MOYEN

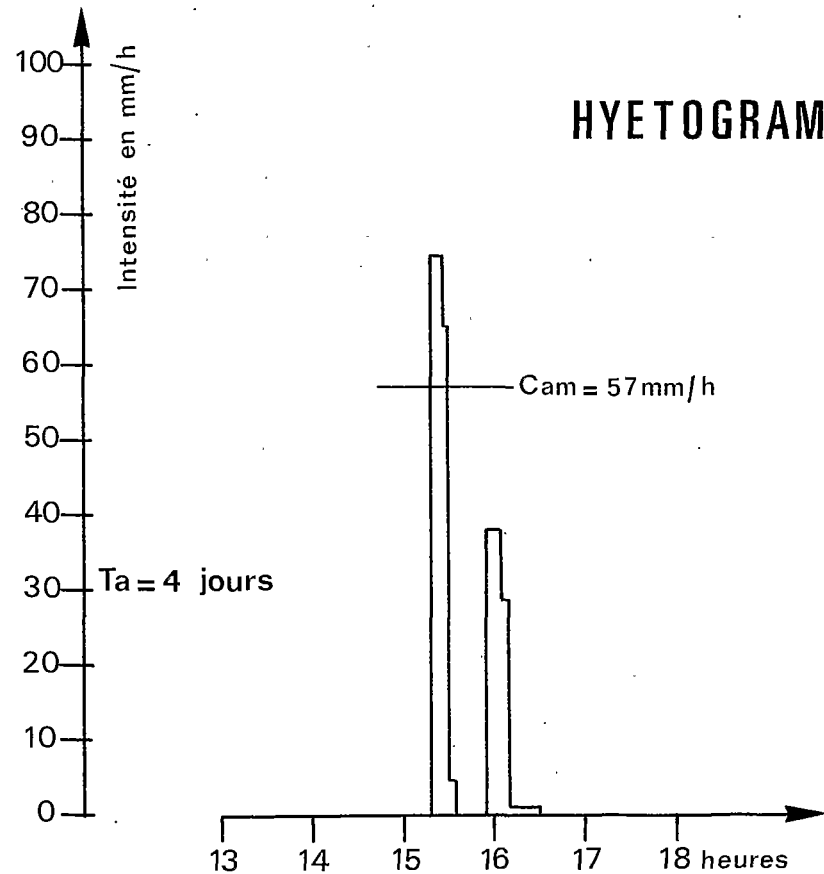
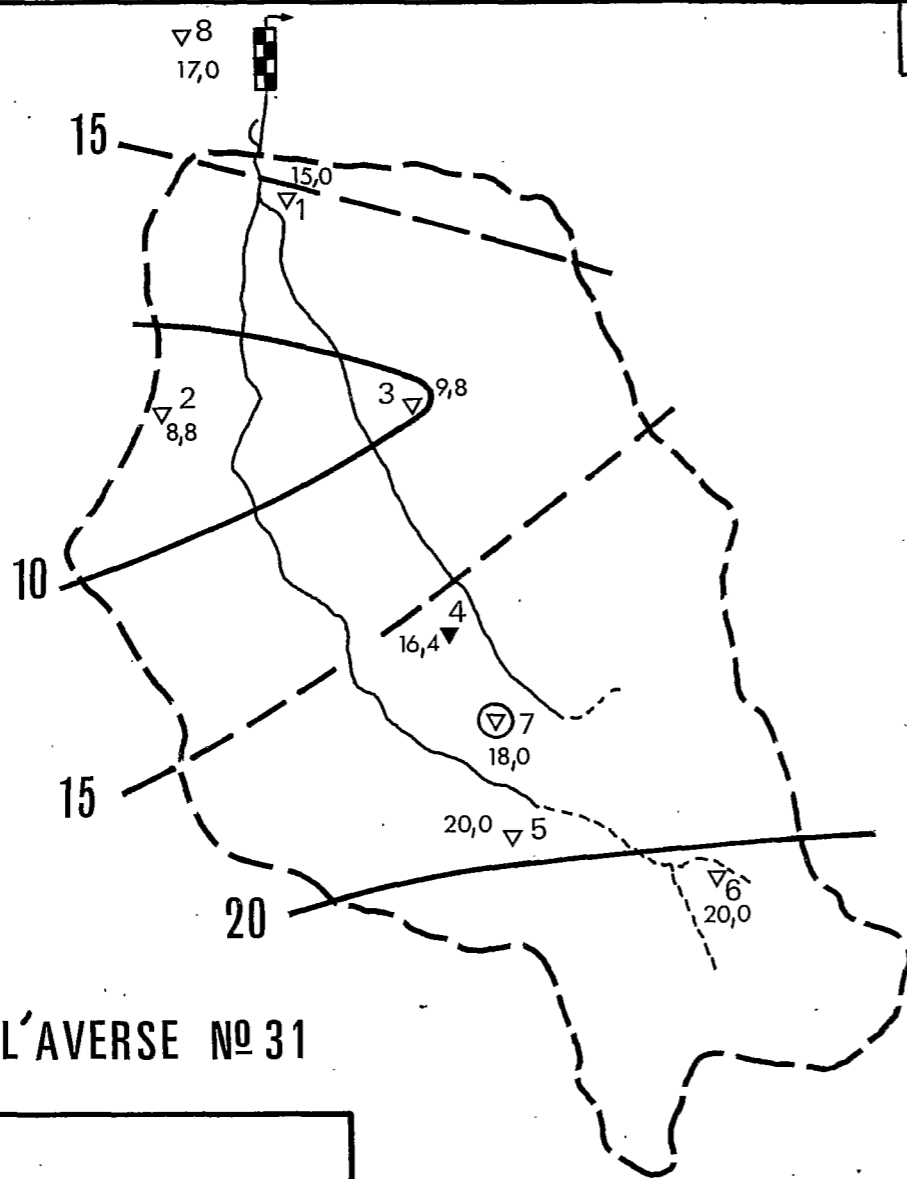


Fig-24

Pmin: 8,8mm  
 Pmax: 20,0mm  
 Pmoy: 15,3 mm  
 (Thiessen)



ISOHYETES DE L'AVERSE N° 31

HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 31

(8 Octobre 1974)

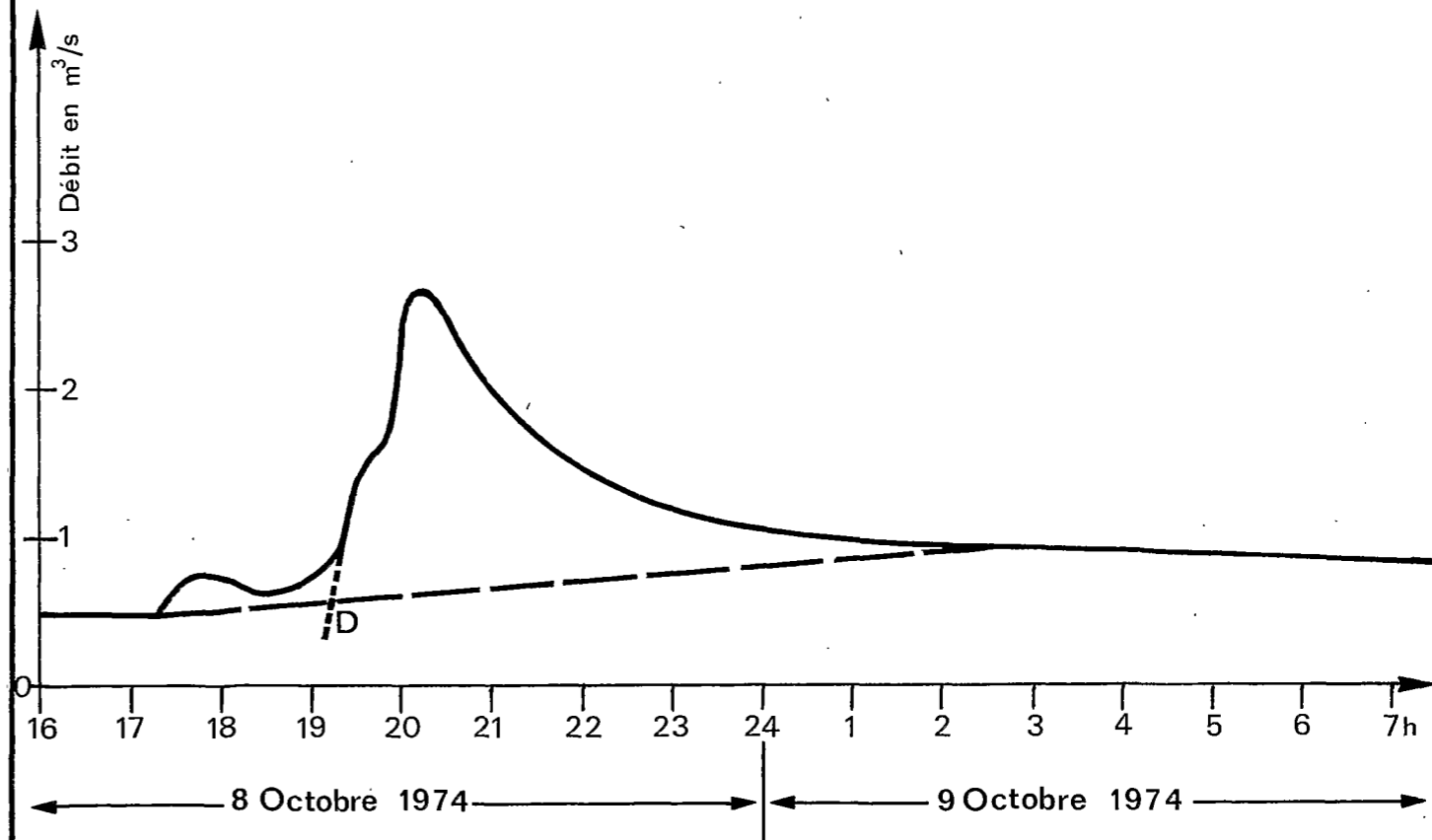
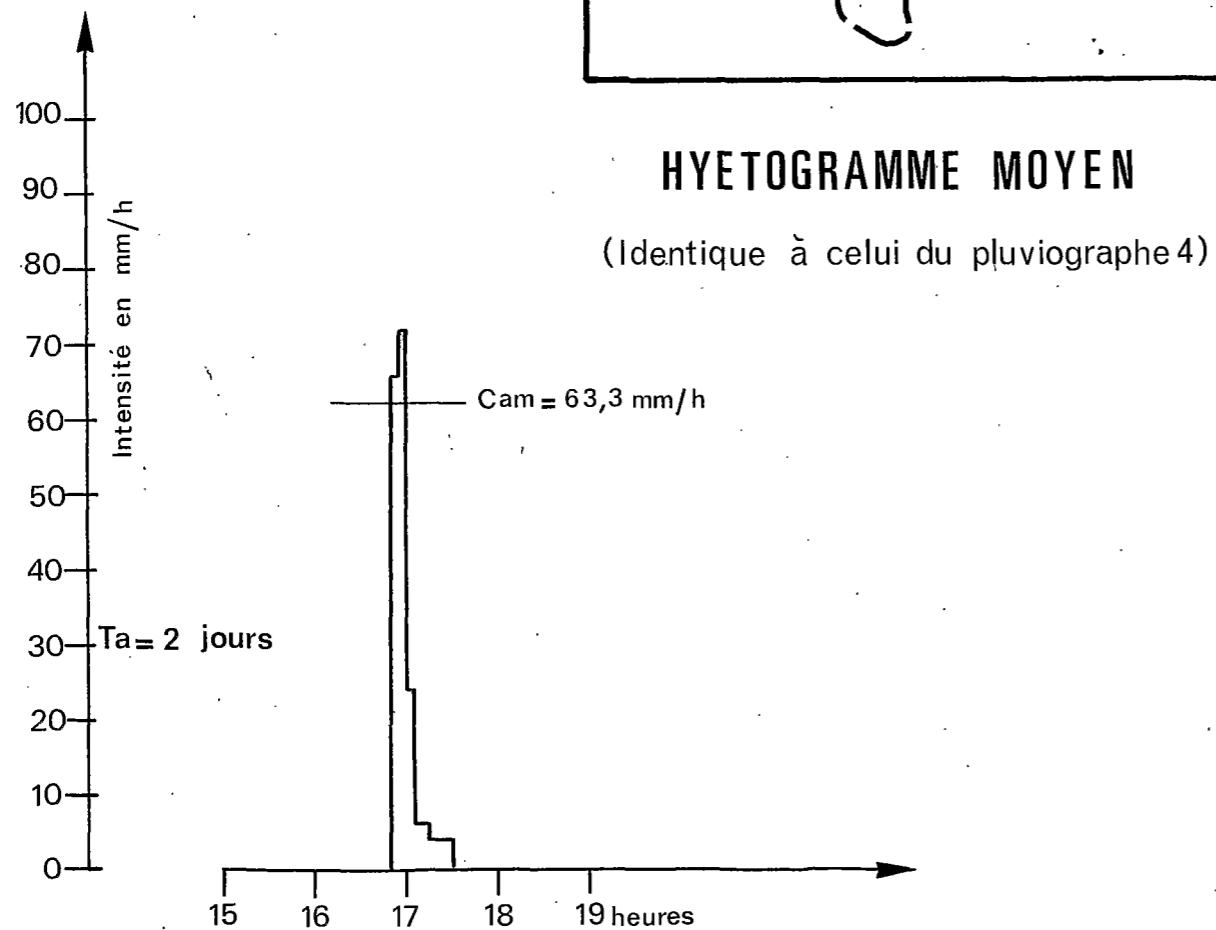
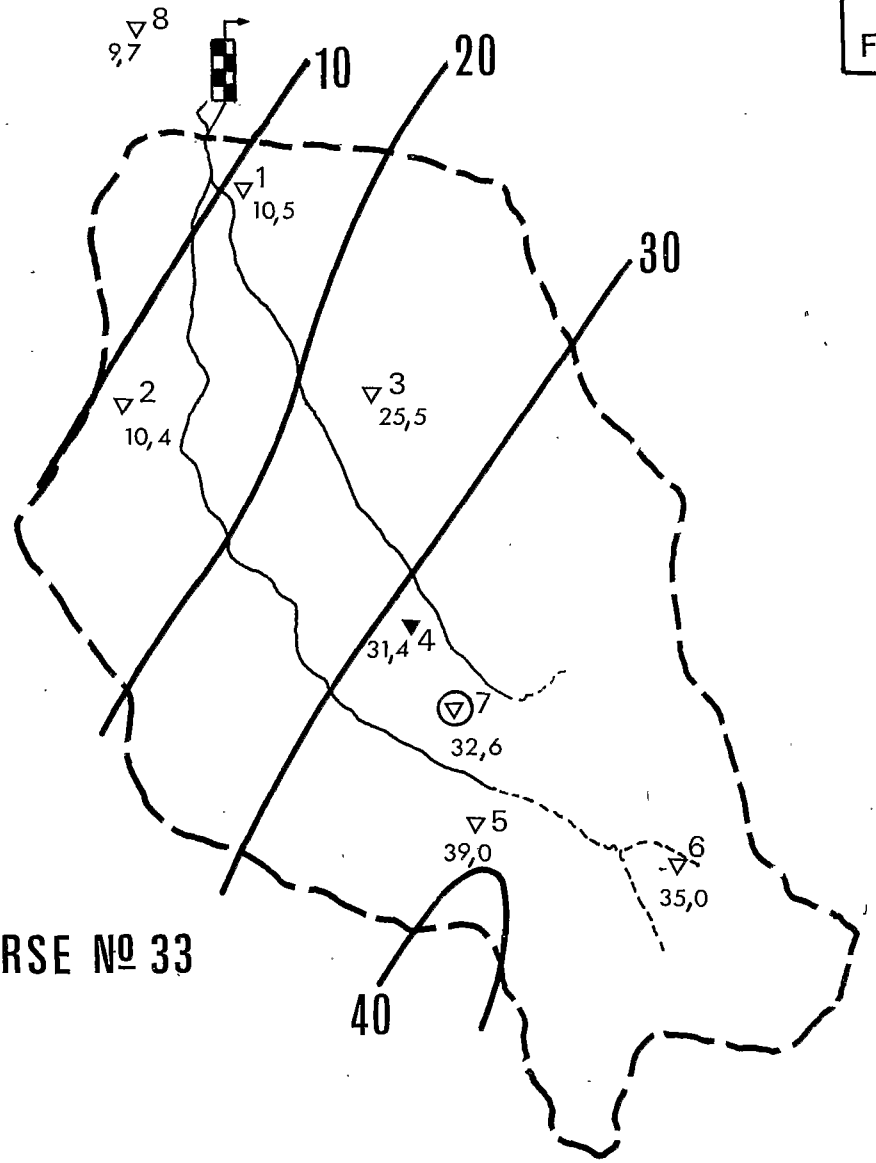


Fig-25

Pmin: 10,4 mm  
Pmax: 39,0 mm  
Pmoy: 27,1 mm  
(Thiessen)

### ISOHYETES DE L'AVERSE N° 33



### HYETOGRAMME

Pluie non enregistrée

Ta = 3 jours et 16 heures

### HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 33

(13 Octobre 1974)

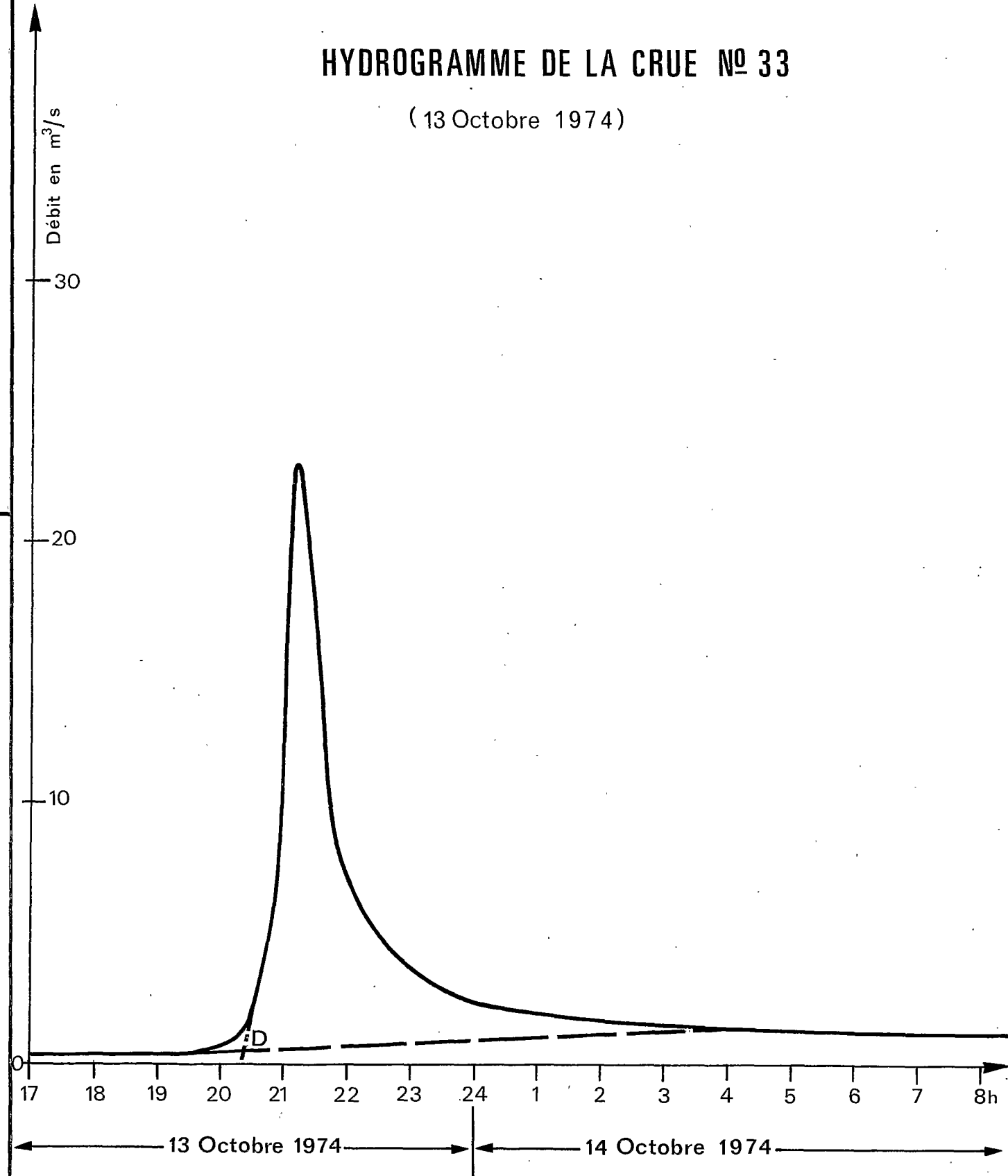
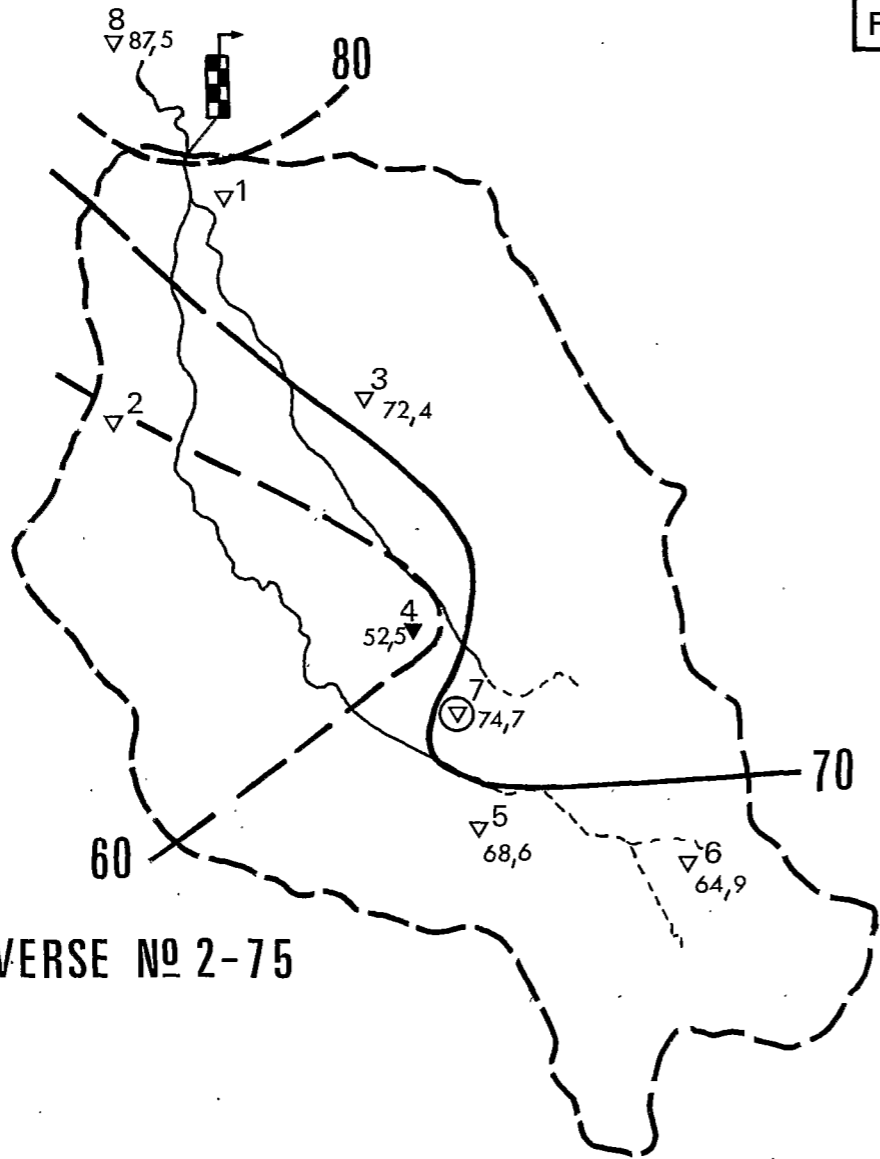


Fig- 26

Pmin: 52,5 mm  
Pmax: 74,7 mm  
P moy: 69,6 mm  
(Thiessen)



ISOHYETES DE L' AVERSE N° 2-75

### HYETOGRAMME

Enregistrement non communiqué

Ta = 4 jours

### HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 2-75

27 Mars 1975

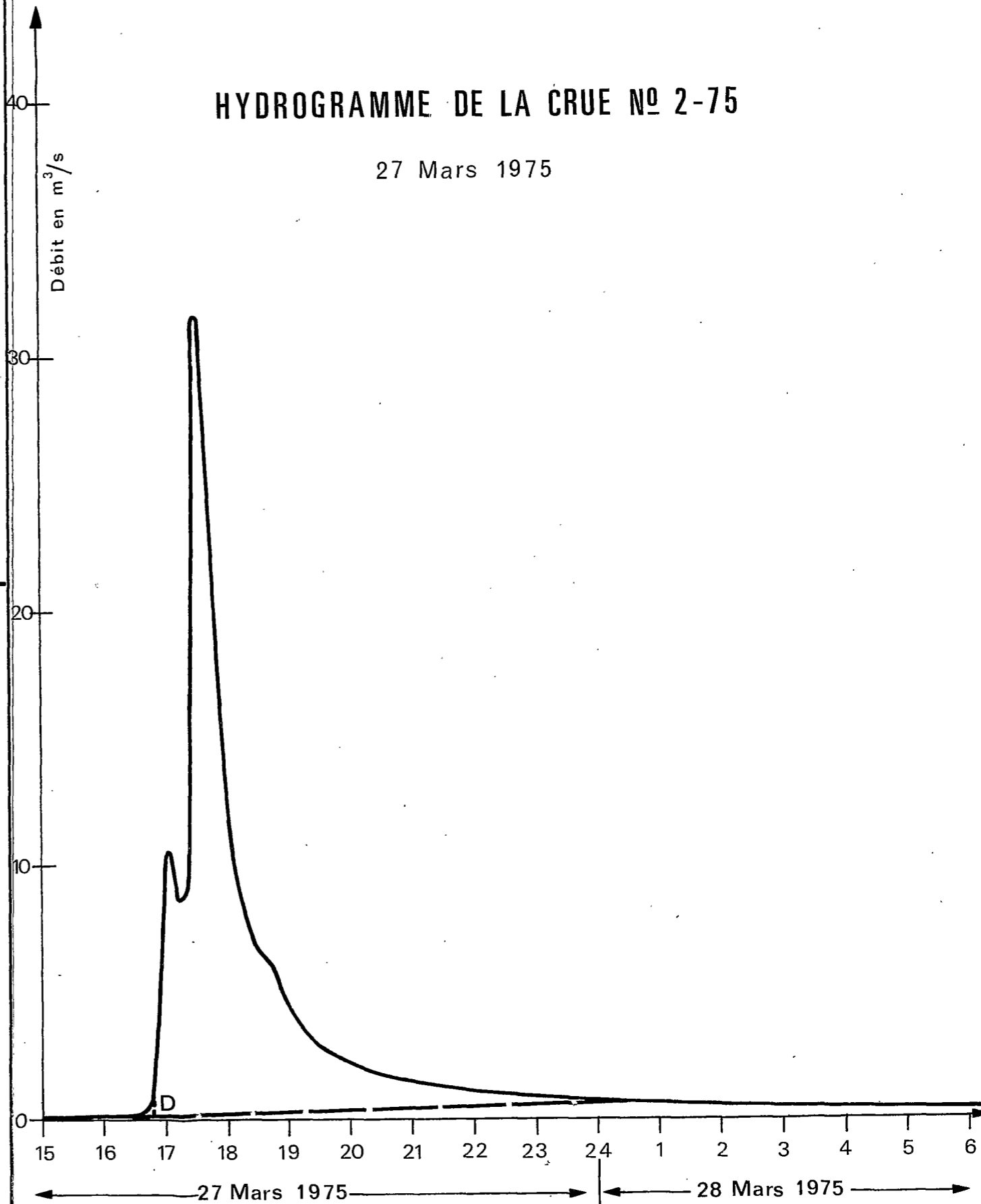
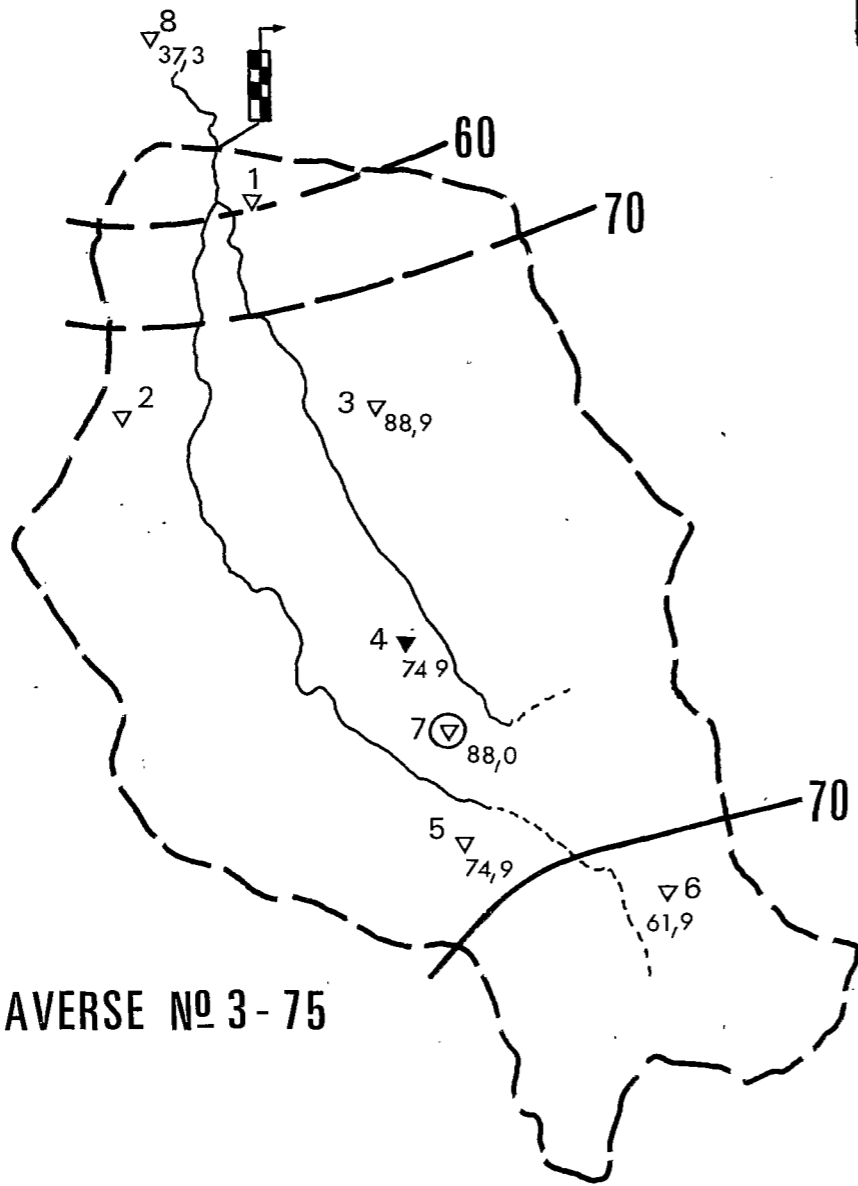


Fig - 27

Pmin: 61,9 mm  
Pmax: 88,9 mm  
Pmoy: 76,5 mm  
(Thiessen)



ISOHYETES DE L' AVERSE N° 3-75

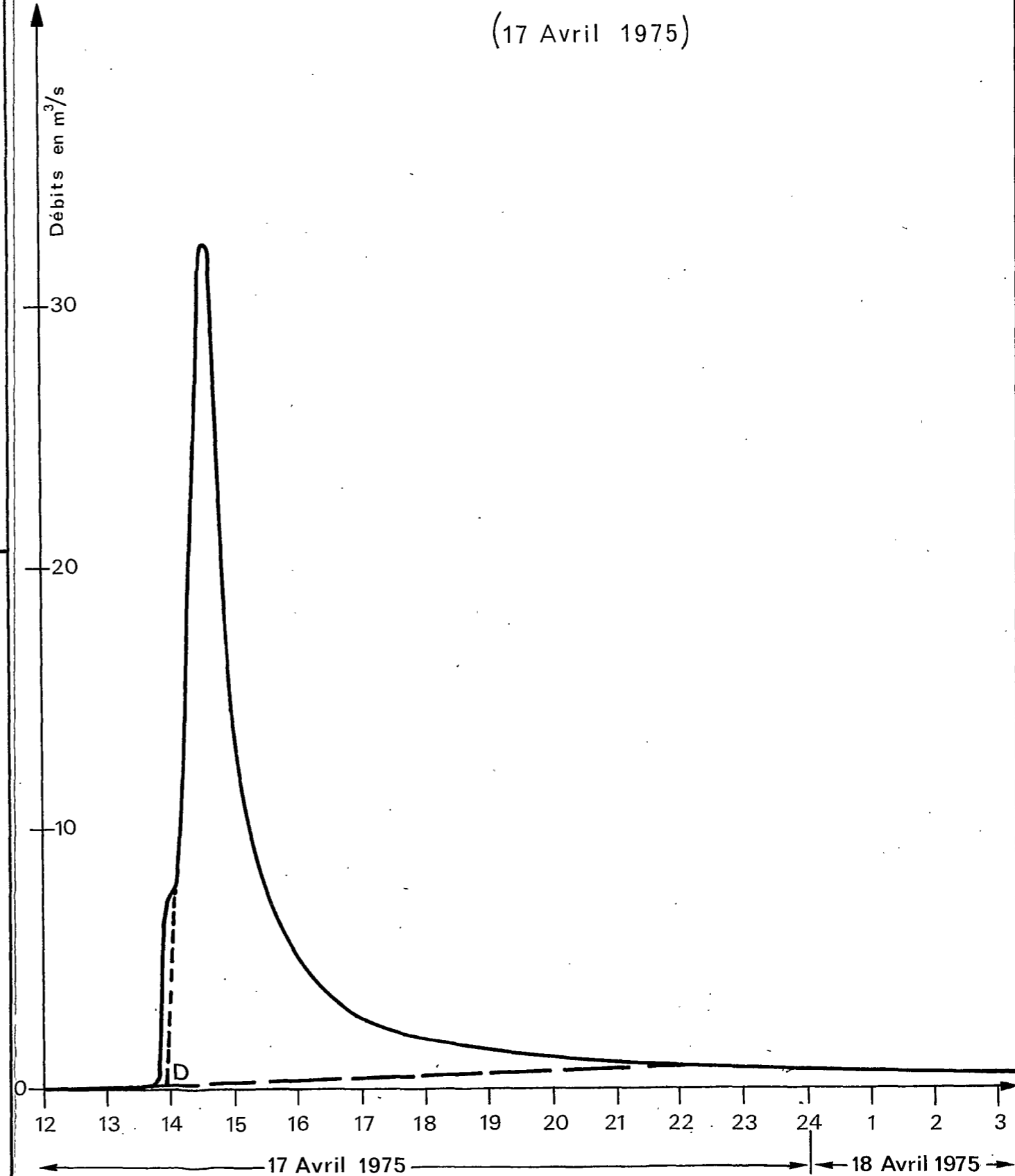
### HYETOGRAMME

Enregistrement non communiqué

Ta = 1 jour

### HYDROGRAMME DE LA CRUE N° 3-75

(17 Avril 1975)



#### 4.3.2. - Quelques observations remarquables sur les crues

Ces observations portent sur trois points :

- a) - Précipitation limite de ruissellement, en hivernage.
- b) - L'estimation du temps de réponse du bassin.
- c) - La présence fréquente de deux pointes de crues.

##### a) - Précipitation limite de ruissellement, en hivernage

Lors du dépouillement des enregistrements limnigraphiques des crues de 1974, nous avons noté que le bassin réagit à des valeurs de pluie très faibles, tout au moins en hivernage :

- c'est le cas en particulier de la crue n° 0 (cf. tableau n° 5),
- c'est le cas aussi de très petites crues non analysées dans le tableau n°5, mais qui ont été enregistrées néanmoins au limnigraphe :
  - . Le 3 Septembre, pour une pluie moyenne de 1,0 mm (maximum : 1,7 mm);
  - . Le 13 Septembre, pour une pluie moyenne de 1,2 mm (maximum : 2,0 mm);
  - . Le 16 Septembre, pour une pluie moyenne de 2,0 mm (maximum : 5,6 mm);
  - . Le 30 Octobre, pour une pluie moyenne de 2,9 mm (maximum : 5,6 mm).

En toute rigueur, ces petites "réactions" observées à l'exutoire sont vraisemblablement des écoulements retardés (hypodermiques) et dire que le seuil limite de ruissellement est très faible (de l'ordre du millimètre de pluie) serait sans doute un abus de langage. Nous ne retiendrons qu'une seule chose : la forte réactivité d'un bassin imperméable dans son ensemble.

-----

A titre de précision, on notera qu'après une longue sécheresse la réaction est plus lente, comme il est normal. Ainsi la pluie de 13,3 mm en moyenne (maximum : 28,8) survenue le 19 Mars 1975 (après 39 jours sans pluie) n'a pas donné de réaction sensible au limnigraphe.

La pluie suivante de 10,6 mm (maximum : 11,3), survenue 4 jours après, soit le 23 Mars 1975, a par contre donné une petite crue.

\* \* \*

\*

b) - Estimation du temps de réponse du bassin

Il s'agit du temps qui sépare le centre de gravité de la pluie efficace du maximum de la crue. Naturellement ce temps n'a pu être mesuré qu'à partir du seul pluviographe disponible, heureusement situé au centre du bassin. De plus, cette détermination est rendue délicate du fait de l'existence fréquente de deux pointes de crue correspondant à une seule averse (cf. paragraphe suivant).

Ces temps, non figurés sur le tableau n° 5, varient de 1 heure à 3 heures (parfois 5 à 8 heures pour des crues très plates). Mais il est remarquable qu'aux crues à débits de pointe les plus forts correspondent des temps de réponse faibles :

<u>Numéro de crue</u>	<u>Débit de pointe en m<sup>3</sup>/s</u>	<u>Temps de réponse en heures et minutes</u>
4	33,9	1 h.10
8	32,4	1 h.40
15	36,8	1 h.15
19	42,0	1 h.00
33	23,0	pluie non enregistrée

On peut avancer, pour une crue importante, un temps de réponse de l'ordre d'une heure

\* \*  
\*

c) - Présence fréquente de deux pointes de crue

Il est fréquent que l'hydrogramme observé présente deux pointes de crue alors que l'averse ne présente, elle, qu'un seul maximum : C'est nettement le cas des crues n°s 23 et 24 (fig. 21). C'est aussi le cas des crues n°s 18, 19 et 22 (fig. 18 - 19 et 20) pour lesquelles les deux pointes sont plus rapprochées entre elles que dans les cas 23 et 24. C'est le cas, enfin, des averses non dessinées n°s 00, 3, 10, 16, 17 et 20. Il n'est pas exclu, par ailleurs, que d'autres cas non cités présentent deux pointes, ou tout au moins des perturbations à la décrue, mais l'averse est alors plus complexe, et ne permet pas une observation aussi certaine que ci-dessus.

Il est remarquable, en outre, que ces crues à deux pointes correspondent à des averses relativement bien réparties sur le bassin, par opposition aux averses n<sup>os</sup> 4, 8 et 33 à répartition pluviométrique nettement hétérogène et qui donnent des crues à une seule pointe.

On peut ainsi avancer l'hypothèse que l'hydrogramme unitaire, correspondant à une averse unitaire à répartition homogène sur le bassin, est vraisemblablement un hydrogramme à deux pointes. Cet hydrogramme serait la somme de deux hydrogrammes simples correspondant :

- l'un au cours principal de la KOZA (bassin de 11,3 km<sup>2</sup> au confluent),
- le deuxième à l'affluent principal qui vient se jeter en rive droite, à 300 mètres en amont de la station de mesure (bassin de 7,7 km<sup>2</sup>).

On peut remarquer, enfin, que les crues les plus fortes, en débit de pointe, correspondent aux crues à une seule pointe. C'est donc dans le groupe des crues à une pointe (ou deux pointes très rapprochées cf. crue n<sup>o</sup> 19) qu'il y aura lieu de rechercher la forme de crue la plus dangereuse.

\*            \*  
\*

#### 4.3.3. - Recherche d'une forme d'hydrogramme de crue de projet

Notre but est de trouver parmi toutes les formes d'hydrogrammes observés, celle qui serait la plus dangereuse (quant au débit de pointe) et cela dans le but d'utiliser cette forme pour le calcul de la crue de projet. (cf. Chapitre 5).

Nous avons utilisé, avec les crues intéressantes à une seule pointe (ou deux pointes rapprochées), la méthode classique de recherche d'une forme d'hydrogramme unitaire, méthode qui consiste à modifier les valeurs ponctuelles de l'hydrogramme observé de telle sorte que l'on obtienne un volume ruisselé fixé à l'avance :

en l'occurrence nous avons choisi une lame ruisselée de 1 millimètre correspondant à un volume ruisselé de 19 200 m<sup>3</sup>.



Pour cette recherche nous avons utilisé le programme GRAPH, rédigé par F. MONIOD et qui est décrit pour partie dans les Cahiers de l'ORSTOM, Hydrologie, volume n° XII-1 - 1975 :

- On introduit avec le programme les cartes de débits limnigraphiques intégraux (Q.L.I.) comprenant la sélection des crues. Le listing de sortie fournit pour chaque crue un tracé par points de l'hydrogramme, pour lequel la pointe de crue est toujours située à la même place. Cette disposition permet de comparer les graphiques entre eux par simple superposition.

Un rapide examen de la liasse des graphiques de crue permet d'écarter ceux d'entre eux qui présentent une décrue visiblement perturbée.

Le report sur un même calque des points des crues retenues (en général les crues les plus fortes) donne le dessin de la figure 28. Si la forme ainsi schématisée est perturbée pour les montées, ce qui est sans grande importance, on observe nettement quatre familles de décrues, correspondant à quatre valeurs moyennes différentes du coefficient  $\alpha$ , coefficient caractérisant justement la forme plus ou moins "pointue" de l'hydrogramme (cf. tableau 5) :

I. - Une première famille, caractérisée par des croix sur la figure 28, correspond aux crues n°s 11, 12, 13, 16 et 31. Les valeurs de  $\alpha$  sont respectivement pour ces crues : 3,5 - 3,8 - 3,4 - 2,9 et 3,0 (moyenne : 3,3).

II. - Une deuxième famille, caractérisée par des cercles, correspond aux crues n°s 4, 15, 29 et 30. Les valeurs de  $\alpha$  sont respectivement : 5,1 - 4,7 - 3,7 et 4,1 (moyenne : 4,4).

III. - La troisième famille (figurée par des carrés) correspond à des crues particulièrement pointues (avec averses hétérogènes) n°s 8 et 33. Alpha est égal respectivement à 7,4 et 6,7 (moyenne 7,05).

IV. - La quatrième famille (figurée par des astérisques) correspond aux deux averses relativement fortes et homogènes du début de saison des pluies 1975, n°s 2-75 et 3-75. Les coefficients alpha valent 7,8 et 7,0 (moyenne : 7,4).

- La crue 19 (la plus forte enregistrée en 1974, figurée par des triangles), a un dessin complexe qui se situe entre les familles II et III; de même le coefficient  $\alpha$  de cette crue (5,3) est intermédiaire entre ceux de ces deux familles.

Fig- 28

LA KOZA A KPADAYO

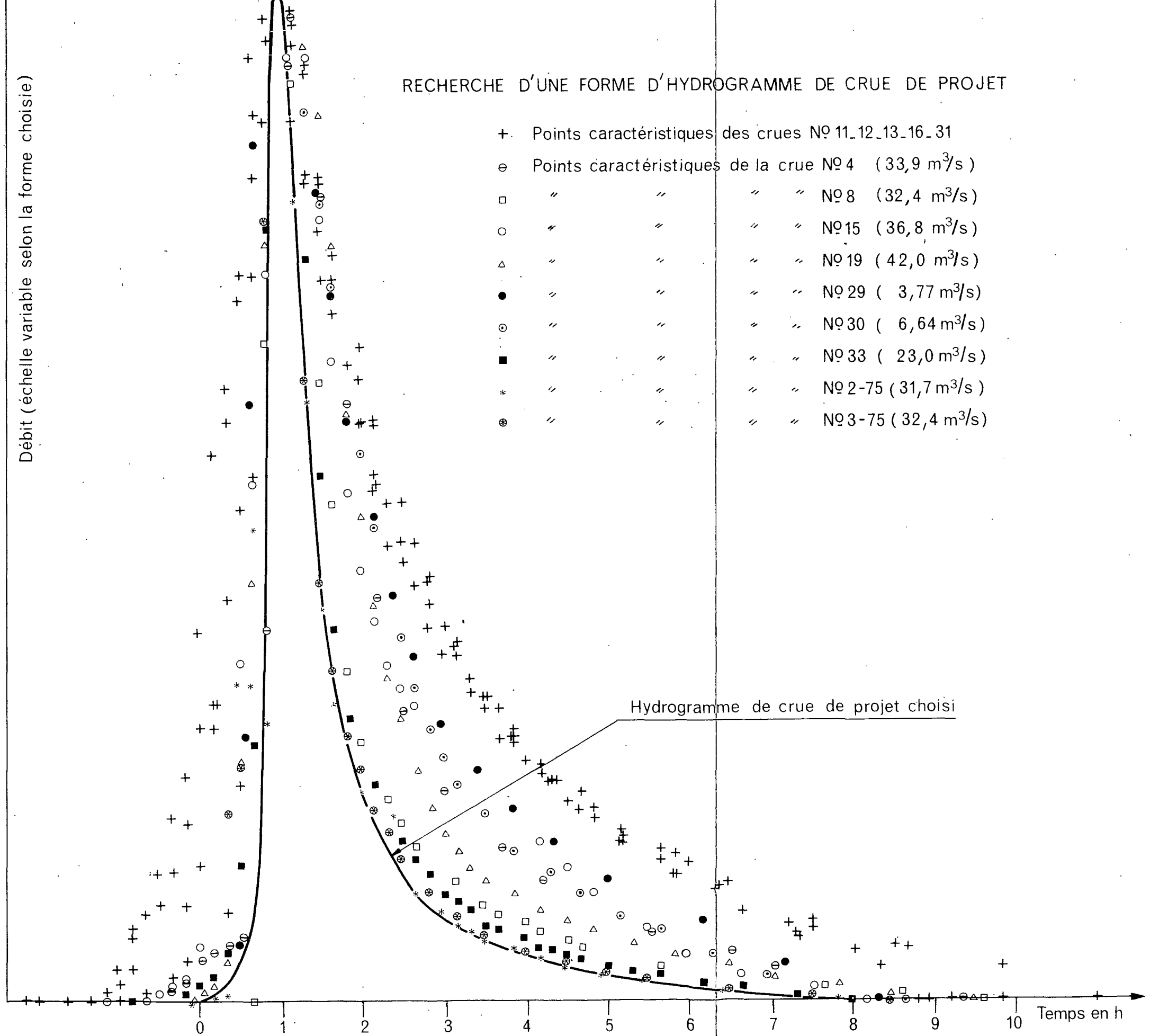
RECHERCHE D'UNE FORME D'HYDROGRAMME DE CRUE DE PROJET

Débit (échelle variable selon la forme choisie)

maximums

- + Points caractéristiques des crues N° 11\_12\_13\_16\_31
- ⊖ Points caractéristiques de la crue N° 4 ( 33,9 m<sup>3</sup>/s )
- " " " " N° 8 ( 32,4 m<sup>3</sup>/s )
- " " " " N° 15 ( 36,8 m<sup>3</sup>/s )
- △ " " " " N° 19 ( 42,0 m<sup>3</sup>/s )
- " " " " N° 29 ( 3,77 m<sup>3</sup>/s )
- ⊙ " " " " N° 30 ( 6,64 m<sup>3</sup>/s )
- " " " " N° 33 ( 23,0 m<sup>3</sup>/s )
- \* " " " " N° 2-75 ( 31,7 m<sup>3</sup>/s )
- ⊗ " " " " N° 3-75 ( 32,4 m<sup>3</sup>/s )

Hydrogramme de crue de projet choisi



- Enfin, toutes les autres crues non représentées, ont des coefficients  $\alpha$  inférieurs à 3,0 et des dessins de décrue situés nettement à droite et au-dessus de celui de la première famille (en croix). La crue n° 22, pour laquelle  $\alpha = 3,1$ , est la seule exception, avec un dessin de décrue assez proche de la première famille.

\* \*  
\*

Pour le choix d'une forme d'hydrogramme unitaire, nous pensons qu'il faudrait prendre l'hydrogramme (légèrement modifié) de la crue 19, qui correspond à une averse forte, homogène sur le bassin et suffisamment courte (durée de l'averse utile : 25 minutes). Avec cette forme, on obtient un débit de pointe de 3,21 m<sup>3</sup>/s, pour 1 millimètre de lame écoulée (temps de montée : 1 heure, temps de base : 8 heures 30 minutes).

Avec une forme d'hydrogramme correspondant à des averses hétérogènes (crues n°s 8 et 33), on obtient un débit de pointe de 4,43 m<sup>3</sup>/s, pour un millimètre écoulé (montée : 1 heure, temps de base : 8 heures).

Pour la forme de l'hydrogramme de projet, nous choisissons la quatrième famille, et en particulier la forme de la décrue n° 2-75. Cette forme, bien qu'elle ait été observée en début de saison de pluie (période pendant laquelle l'hydrogramme est en général plus pointu), nous paraît devoir être retenue pour un événement exceptionnel, de fort débit. En effet, l'expérience a montré par ailleurs, que la forme de l'hydrogramme tend à être plus aigüe pour les crues très fortes. La distribution dans le temps, par intervalle de 15 minutes de cet hydrogramme est donnée dans le tableau n°6. Avec cet hydrogramme on a, pour une lame d'eau écoulée d'un millimètre :

- Temps de montée : 1 heure
- Temps de base : 7 heures 45 minutes
- Débit de pointe : 5,62 m<sup>3</sup>/s
- Rapport  $\alpha$  : 8,2

TABLEAU DE DISTRIBUTION DE L'HYDROGRAMME  
DE LA CRUE DE PROJET (CRUE N° 2-75)

Pour une lame d'eau écoulee de 1 mm, soit 19,200 m<sup>3</sup>

Heure	0h.00	0h.15	0h.30	0h.45	1h.00	1h.15	1h.30	1h.45
Qm <sup>3</sup> /s	0,000	0,071	0,248	1,15	5,62	4,17	2,29	1,58
Heure	2h.00	2h.15	2h.30	2h.45	3h.00	3h.15	3h.30	3h.45
Qm <sup>3</sup> /s	1,15	0,904	0,638	0,550	0,460	0,380	0,340	0,290
Heure	4h.00	4h.15	4h.30	4h.45	5h.00	5h.15	5h.30	5h.45
Qm <sup>3</sup> /s	0,258	0,225	0,195	0,167	0,142	0,126	0,106	0,089
Heure	6h.00	6h.15	6h.30	6h.45	7h.00	7h.15	7h.30	7h.45
Qm <sup>3</sup> /s	0,071	0,057	0,044	0,032	0,020	0,011	0,007	0,000

## 5. - DETERMINATION DE LA CRUE DE PROJET

### 5.1. - CHOIX DES ELEMENTS DU CALCUL

Nous avons utilisé la méthode de l'hydrogramme unitaire, appliquée à la forme d'hydrogramme retenue ci-dessus au paragraphe 4.3.3. Il nous reste à choisir :

- 1°/- la hauteur ponctuelle de pluie exceptionnelle
- 2°/- la forme de l'averse correspondante
- 3°/- le coefficient d'abattement
- 4°/- le coefficient de ruissellement.

#### 5.1.1. - Choix de la hauteur de l'averse ponctuelle exceptionnelle

Compte tenu de l'ampleur relativement modeste de l'aménagement, on a jugé suffisant de retenir la fréquence millénaire pour cette pluie.

Nous avons vu au paragraphe 3.4. ci-dessus, la difficulté qu'il y a d'estimer cette valeur rare à partir des seules données de pluie de 24 heures. Le maximum observé en 12 heures a été de 196,5 millimètres le 17 Août 1941 à LAMA-KARA.

Compte tenu des résultats (tableau 3) des ajustements des lois de PEARSON et GALTON aux pluies maximales annuelles, nous proposons pour valeur ponctuelle de pluie millénaire :

$$P = \underline{250 \text{ millimètres}}$$

Cette valeur correspond sensiblement au record de 234,9 millimètres à LAMA-KARA, mais avec rapprochement de deux averses rares (94,9 et 140,0 mm) en une seule averse.

#### 5.1.2. - Choix de la forme de l'averse

Les hyétogrammes observés en 1974 (cf. figures 12 et suivantes) sont en général très "ramassés"; ces observations ne permettent pas cependant une extrapolation pour des averses très rares. Nous avons choisi comme forme type, celle d'un hyétogramme réellement observé le 10 Juillet 1963 sur le bassin versant de VARALE (CÔTE d'IVOIRE, 9° 40' de latitude Nord, précipitation moyenne interannuelle de 1 150 mm). La hauteur totale enregistrée par un pluviographe a été de 177,8 millimètres ce jour-là.

La figure 29 représente la distribution par tranches de 15 minutes de l'averse réellement observée.

Pour extrapoler à l'averse exceptionnelle de 250 millimètres, le procédé adopté est le suivant :

- a) - nous avons conservé la forme générale du hyétogramme original après avoir rassemblé toutefois les deux pointes situées sur l'original entre 0 h. et 0 h.30 et entre 0 h.45 et 1 h.15;
  - b) - nous avons majoré les intensités dans le rapport des hauteurs, soit 250/180, sans toutefois dépasser les valeurs des intensités maximales de fréquence millénaire, obtenues statistiquement à partir de dix années de relevés pluviographiques à KORHOGO (CÔTE d'IVOIRE - cf. étude de P. CHAPERON déjà citée au paragraphe 3.4.).
- La figure 29 représente le hyétogramme ainsi obtenu, après réduction par le coefficient d'abattement.

### 5.1.3. - Choix du coefficient d'abattement

Le coefficient ( $K_a$ ) est un facteur de réduction qu'il convient d'appliquer à la pluie ponctuelle  $P = 250$  mm pour obtenir la pluie moyenne  $P_m$  sur le bassin versant.

Une étude récente de G. VUILLAUME (Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, vol XI, n°3 - 1974) permet de calculer un coefficient d'abattement de l'ordre de 0,90 pour un bassin de 20 km<sup>2</sup>. Cette étude s'applique néanmoins à des bassins sans relief très marqué et à des pluies sans caractère très exceptionnel.

D'autre part, le coefficient d'abattement de la pluie des 9-10 Juillet 1963 à VARALE était de 0,92 pour un bassin de 10 km<sup>2</sup>.

Nous proposons pour coefficient de la pluie exceptionnelle sur la KOZA :

$$\underline{K_a = 0,95}$$

5.1.4. - Choix du coefficient de ruissellement

Les coefficients de ruissellement observés en 1974 sont relativement très forts en saison de pluie, avec un maximum de 54 % pour une pluie moyenne très modeste de 17,8 mm (crue n° 8-9).

Par ailleurs, nous avons souligné dans le paragraphe 4 que le bassin de la KOZA est nettement imperméable dans son ensemble.

Pour toutes ces raisons, nous avons choisi comme coefficient de ruissellement exceptionnel :

$$\underline{K_r = 90 \%}$$

5.2. - R E S U L T A T S

Rappelons les éléments du calcul :

- Hauteur ponctuelle de la pluie exceptionnelle (P)..... 250 mm
- Coefficient d'abattement (Ka) ..... 0,95
- Hauteur moyenne de pluie sur le bassin versant (Pm=P.Ka)... 237,5 mm
- Coefficient de ruissellement (Kr) ..... 0,90
- Pluie excédentaire, ou lame d'eau ruisselée au cours de la crue de projet : (L = Pm. Kr) ..... 213,8 mm

Cette lame d'eau ruisselée de 213,8 mm correspond à un volume de ruissellement de (bassin de 19,2 km<sup>2</sup>) :

$$\underline{4\ 100 \times 10^3 \text{ m}^3}$$

La figure 29 représente :

- le hyétogramme de la crue observée à VARALE les 9-10 Juillet 1963
- le hyétogramme choisi pour la pluie exceptionnelle sur le bassin de la KOZA (237,5 mm) et défini par intervalles de temps d'un quart d'heure,
- l'hydrogramme de crue obtenu, suivant la méthode classique, à partir du hyétogramme ci-dessus et l'hydrogramme unitaire choisi précédemment (on superpose des ondes de crue élémentaires, convenablement décalées dans le temps. Ces ondes correspondent chacune à un

hydrogramme unitaire dont les ordonnées sont multipliées par la hauteur de pluie excédentaire donnée par le hyétogramme pour un intervalle d'un quart d'heure. Il n'a pas été jugé utile de donner les détails du calcul qui ont été effectués par ordinateur).

L'hydrogramme ainsi obtenu, qui est précisé dans le tableau 7, définit la crue exceptionnelle à prendre en considération pour le projet de barrage de la KOZA. Le débit de base qui n'excède pas quelques mètres cube par seconde peut, en effet, être complètement négligé par rapport aux débits de ruissellement.

Le débit de pointe de la crue du projet peut être arrondi à :

$$\underline{550 \text{ m}^3/\text{s}}$$

soit un débit spécifique de  $28,6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .



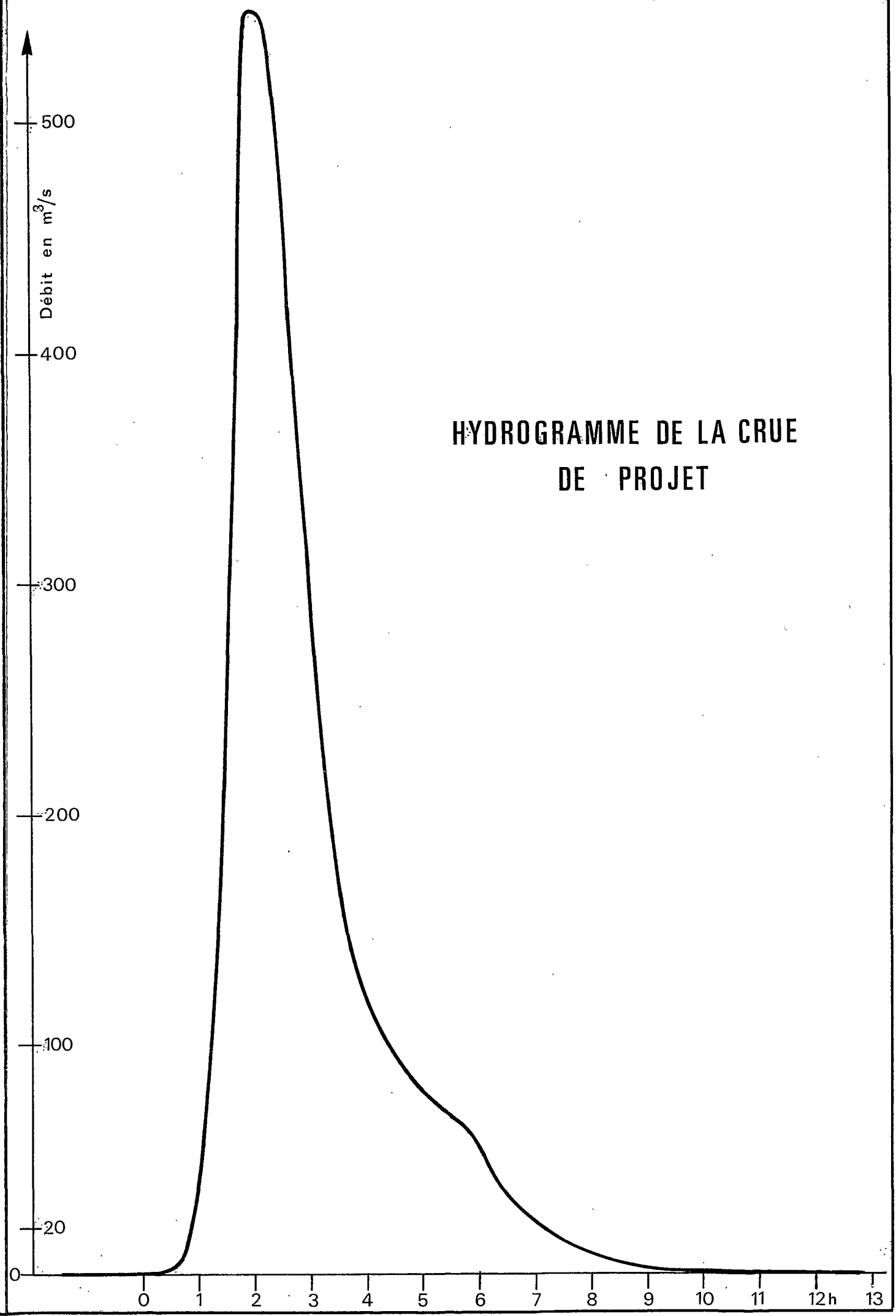
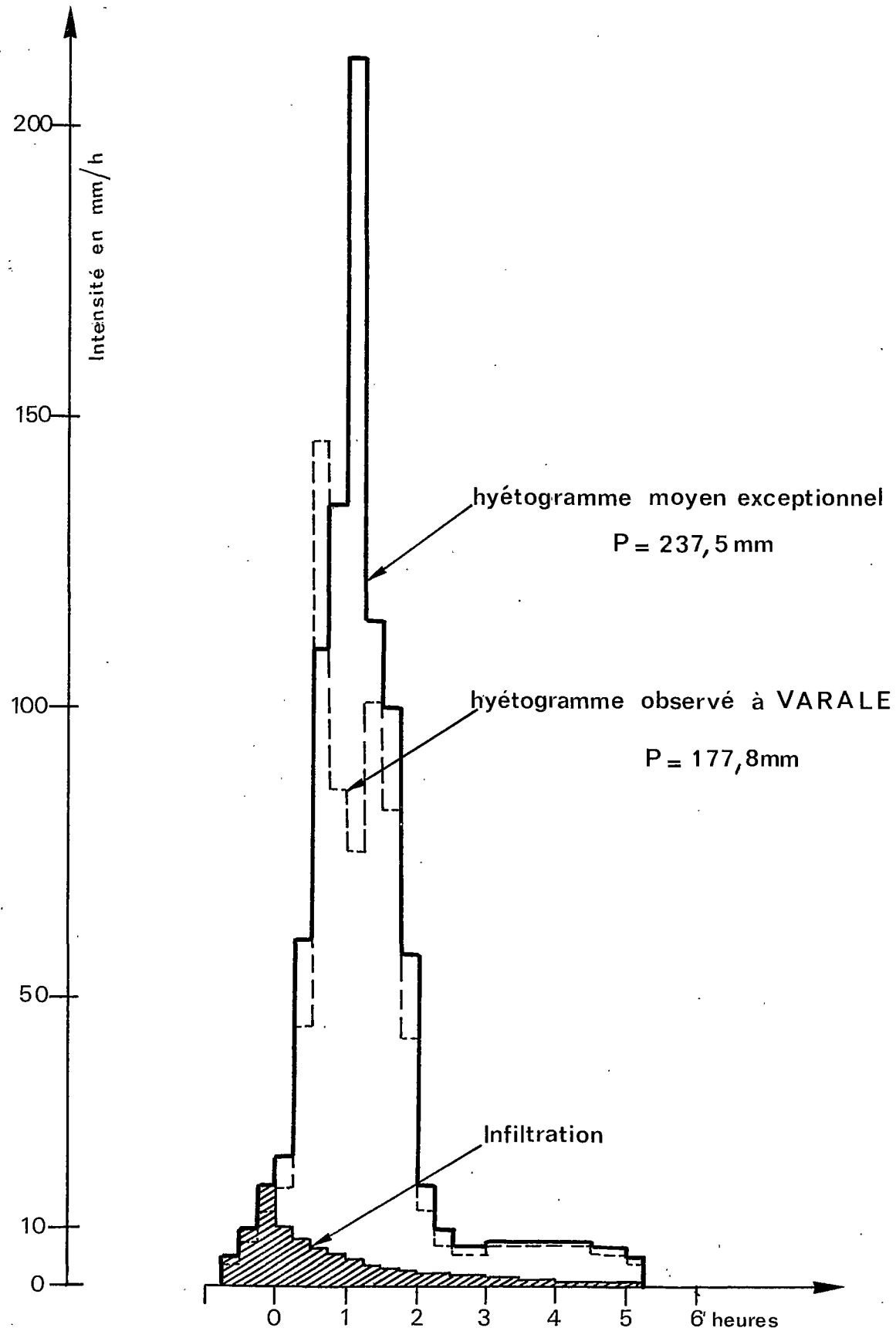
DISTRIBUTION DE L'HYDROGRAMME DE LA CRUE DE PROJET

( Intervalles de Temps de 15 minutes )

Heure	0h.00	0h.15	0h.30	0h.45	1h.00	1h.15	1h.30	1h.45
Qm <sup>3</sup> /s	0,000	0,220	1,69	8,62	41,1	127	258	393
Heure	2h.00	2h.15	2h.30	2h.45	3h.00	3h.15	3h.30	3h.45
Qm <sup>3</sup> /s	548	537	482	399	294	219	169	139
Heure	4h.00	4h.15	4h.30	4h.45	5h.00	5h.15	5h.30	5h.45
Qm <sup>3</sup> /s	118	104	93,9	85,7	79,5	74,1	69,4	64,4
Heure	6h.00	6h.15	6h.30	6h.45	7h.00	7h.15	7h.30	7h.45
Qm <sup>3</sup> /s	56,3	44,0	34,6	28,1	22,8	18,4	14,6	11,5
Heure	8h.00	8h.15	8h.30	8h.45	9h.00	9h.15	9h.30	9h.45
Qm <sup>3</sup> /s	8,77	6,55	4,88	3,53	2,68	2,06	1,63	1,32
Heure	10h.00	10h.15	10h.30	10h.45	11h.00	11h.15	11h.30	11h.45
Qm <sup>3</sup> /s	1,07	0,850	0,660	0,500	0,370	0,260	0,170	0,100
Heure	12h.00	12h.15	12h.30	12h.45	13h.00			
Qm <sup>3</sup> /s	0,055	0,025	0,008	0,000				

Fig- 29

# HYETOGRAMMES



6. - CAPACITE DE LA RETENUE NECESSAIRE POUR ASSURER LES BESOINS EN EAUX

6.1. - BESOINS EN EAU ET APPORTS NATURELS

Les besoins en eau de la région de LAMA-KARA et des régions avoisinantes ont été envisagés dans quatre hypothèses théoriques de développement qui sont définies ci-dessous en différentes unités :

HYPOTHESE	BESOINS EN EAU		
	l/s	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /jour	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an
1	105	9,072	3,311
2	125	10,80	3,942
3	150	12,96	4,730
4	175	15,12	5,519

L'examen de ces différentes hypothèses permettra de mieux cerner les possibilités de régularisation du barrage de la KOZA.

Les apports naturels de la KOZA au site du barrage ne sont connus à l'échelle mensuelle que sur une brève période discontinue :

	DEBITS MENSUELS DE LA KOZA à KPADAYO (l/s)											
	Jan.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Août	Septem.	Oct.	Nov.	Déc.
1971							(1 250)	1 341	894	228	48	25
1972	9	4,5	3,5	5,5	145	97	( 544)	( 756)	(1 092)	(700)		
1973		(0,5)					*					
1974								(1 390)	1 450	547	158	55
1975	17	10	66	89								

\* Débit de 24 l/s le 18 Juillet 1973

Les apports naturels de la KOZA en année moyenne et en année exceptionnellement sèche ont été évalués comme suit par J. BOURGES, à la suite de la Campagne hydrologique de 1971 =

- Année moyenne :

$$\begin{array}{rcl} & 12,7 & \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an} \\ \text{soit :} & 34,8 & \times 10^3 \text{ m}^3/\text{jour} \\ \text{ou :} & 402,7 & \text{l/s} \end{array}$$

- Année exceptionnellement sèche :

$$\begin{array}{rcl} & 2,5 & \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an} \\ \text{soit :} & 6,85 & \times 10^3 \text{ m}^3/\text{jour} \\ \text{ou :} & 79,3 & \text{l/s} \end{array}$$

Les données hydrologiques complémentaires dont on dispose maintenant, ne permettent pas encore d'améliorer sensiblement ces évaluations, surtout celles de l'année exceptionnellement sèche. On remarque immédiatement que pour cette année sèche les apports naturels sont très inférieurs aux besoins en eau, quelle que soit l'hypothèse envisagée. Il est donc nécessaire que le barrage de la KOZA puisse assurer la régularisation des débits, non seulement à l'échelle saisonnière, comme ce serait suffisant en année moyenne, mais aussi à l'échelle interannuelle.

La détermination de la capacité de la retenue pour assurer les besoins en année exceptionnellement sèche doit tenir compte des éléments suivants :

- a) - diminution de la capacité utile de la retenue par dépôts des transports solides;
- b) - répartition mensuelle des apports naturels de la KOZA pendant l'année très sèche, l'année précédente et l'année suivante;
- c) - pertes en eau de la retenue par évaporation.

Nous allons examiner successivement ces trois éléments.

## 6.2. - INCIDENCE DES TRANSPORTS SOLIDES

---

Les transports solides de la KOZA sont mal connus. Les quelques mesures effectuées par l'ORSTOM, pendant la saison des pluies 1971, concernent seulement les transports en suspension, à l'exclusion du charriage de fond. Or, sur un petit bassin versant comme celui de la KOZA, il n'est pas exclu qu'en crue le charriage de fond représente une part appréciable du transport total de sédiments.

Les mesures effectuées indiquent des turbidités modérées qui ne dépassent pas 400 g/m<sup>3</sup> pendant les fortes crues et se maintiennent entre 10 et 20 g/m<sup>3</sup> en régime stable.

Dans ces conditions, il semble improbable que la dégradation spécifique du bassin versant dépasse 250 t/an/km<sup>2</sup>.

Le volume des transports solides susceptibles de se déposer dans la retenue (avec une densité de l'ordre de 1,0) serait alors au maximum de 5 000 m<sup>3</sup>/an. Il s'agit d'une estimation prudente que nous conserverons par souci de sécurité.

Le volume mort à prévoir, pour les dépôts de sédiments dans la retenue, serait :

$$V_S = 50 \times 10^3 \text{ m}^3$$

$$\text{ou } V'_S = 100 \times 10^3 \text{ m}^3$$

suivant que l'on envisage de nettoyer la retenue tous les dix ans ou tous les vingt ans en moyenne.

La courbe V (H) donnant le volume en fonction de la cote de la retenue, courbe qui nous a été fournie par le B.C.E.O.M., montre que la crépine de captage devrait être installée :

- dans le premier cas, à la cote :

$$H_c = 370,7 \text{ m}$$

- dans le deuxième cas, à la cote :

$$H'_c = 371,3 \text{ m}$$

### 6.3. - INCIDENCE DE LA REPARTITION MENSUELLE DES APPORTS

Le fonctionnement de la retenue de la KOZA a été étudié à partir de l'équation élémentaire :

$$Q - Q_R = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1)$$

avec les notations suivantes :

- $Q$  : Débit moyen naturel (en litres/secondes) de la KOZA pendant l'intervalle de temps  $\Delta t$ ,
- $Q_R$  : Débit de captage régularisé à une valeur constante et égale à 105 l/s, 125 l/s, 150 l/s ou 175 l/s suivant l'hypothèse envisagée,
- $\Delta V$  : Variation du remplissage (en litres) de la retenue pendant  $\Delta t$ .

L'intervalle de temps  $\Delta t$  a été pris égal à un mois de 365/12 jours, soit  $2,63 \times 10^6$  sec.

Pendant une période continue de durée  $N \times \Delta t$ , le volume de remplissage  $V$  (en m<sup>3</sup>) à la fin du  $n^{\text{ème}}$  intervalle  $\Delta t$  est obtenu en intégrant l'équation (1), soit :

$$V = V_0 + \frac{\Delta t}{10^3} \times \sum_1^n (Q - Q_R) \quad (2)$$

L'utilisation de cette expression suppose que l'on connaisse la valeur initiale  $V_0$  du remplissage au début de la période considérée. Au lieu de  $V_0$  on peut faire intervenir la valeur finale  $V_N$  du remplissage à la fin de la période considérée. En effet, on a :

$$V_N = V_0 + \frac{\Delta t}{10^3} \times \sum_1^N (Q - Q_R) \quad (3)$$

et en éliminant  $V_0$  entre les expressions (2) et (3) il vient :

$$V = V_N - \frac{\Delta t}{10^3} \times \sum_1^n + 1 (Q - Q_R) \quad (4)$$

Cette dernière expression qui revient à intégrer l'équation (1) en remontant le temps, a été utilisée pour calculer approximativement la capacité nécessaire pour assurer sans défaillance le débit  $Q_R$  pendant une année exceptionnellement sèche. On a admis, comme on le verra plus loin, que  $V_N$  avait une valeur nulle à la fin de la phase la plus critique pour la régularisation.

La principale difficulté de la méthode est de choisir une série de débits mensuels qui soient vraisemblables non seulement pour l'année très sèche, mais aussi pour les deux années qui l'encadrent. On a supposé que l'année très sèche coïncidait avec l'année hydrologique de la région, c'est-à-dire qu'elle commençait le 1er Mai (M = millésime de l'année calendaire) et s'étendait jusqu'au 30 Avril M + 1. En s'inspirant des débits observés en 1958 (année très sèche) sur le bassin voisin de la SARA à BAFILO (superficie = 30 km<sup>2</sup>), on a adopté pour l'année très sèche les débits mensuels suivants (en litres/seconde) qui correspondent à un apport annuel de  $2,5 \times 10^6$  m<sup>3</sup> :

(	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	)													
(	Mai	!	Juin	!	Juil.	!	!Août	!	!Sept.	!	!Oct.	!	!Nov.	!	!Déc.	!	"	Janv	!	!Fév	!	!Mars	!	!Avril	)	
(	M	!		!		!		!		!		!		!		!"	M+1	!		!		!		!		)
(		!		!		!		!		!		!		!"			!"			!"			!"			)
(		!		!		!		!		!		!		!"			!"			!"			!"			)
(	75	!	150	!	100	!	100	!	350	!	125	!	30	!	15	!"	5	!	0	!	0	!	0	!	1	)
(		!		!		!		!		!		!		!"			!"			!"			!"			)

Pour l'année précédant l'année très sèche on a adopté les débits observés de Juillet 1971 à Avril 1972 (Juillet M-1 à Avril M) qui correspondent à une année voisine de la moyenne. Pour l'année succédant à l'année très sèche on a pris les débits observés de Mai 1972 à Octobre 1973 (Mai M+1 à Octobre M+1) qui sont sous-estimés en hautes-eaux (crues écrêtées) et correspondent ainsi à une année plutôt déficitaire.

Le tableau 8 donne le détail des calculs nécessaires pour évaluer mois par mois le volume  $V$  de remplissage de la retenue dans les quatre hypothèses envisagées pour le débit régularisé. Le graphique 1 illustre la méthode très classique utilisée qui s'appuie sur l'équation (4) avec :

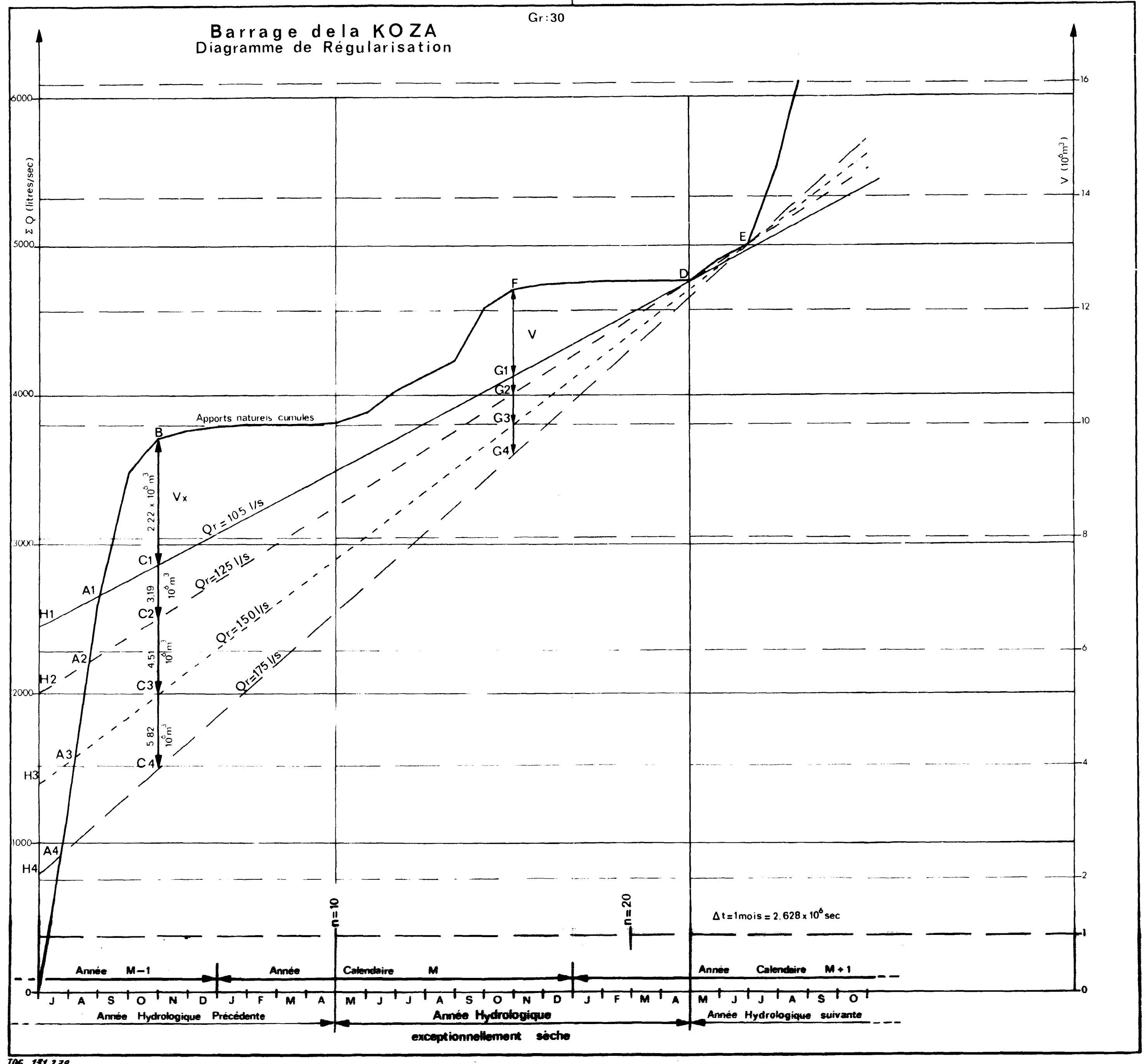
- $N = 22$  pour  $Q_R = 105$  l/s (point D sur graphique)
- $N = 24$  pour  $Q_R \geq 125$  l/s (point E sur graphique)
- $V_N = 0$  pour tous les cas.





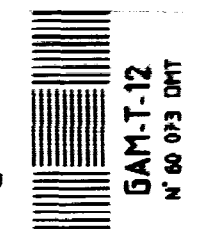
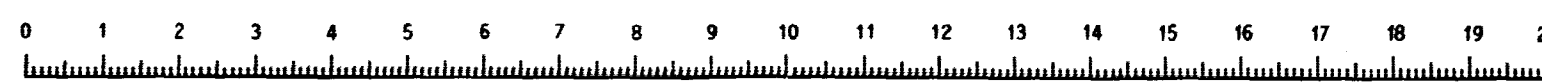
**Barrage de la KOZA**  
**Diagramme de Régularisation**

Gr:30



106 : 171.2.73

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGOUVWMNSZXY  
 zsaocmuvnwixr fkhbdpqqj 7142385690  
 Pour A2, A3 et A4: ABERPFTHLJDOCGOUVWMNSZXY  
 zsaocmuvnwixr fkhbdpqqj 7142385690



Les résultats des colonnes 7, 10, 13 et 16 du tableau 8 et les longueurs FG sur le graphique 30 donnent à un facteur constant près ( $2,63 \times 10^3$ ) les valeurs du remplissage de la retenue à la fin du n<sup>ème</sup> mois. Il n'a été jugé utile de porter en colonnes 8, 11, 14 et 17 du tableau 8 les valeurs réelles de V que pour le maximum de remplissage (longueurs BC sur le graphique 30).

On remarque que le volume maximal de remplissage  $V_x$  est atteint dans tous les cas à la fin du mois d'Octobre M-1 et a pour valeur :

$$\begin{aligned} V_x &= 2,22 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ pour } Q_R = 105 \text{ l/s} \\ V_x &= 3,19 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ pour } Q_R = 125 \text{ l/s} \\ V_x &= 4,51 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ pour } Q_R = 150 \text{ l/s} \\ V_x &= 5,82 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ pour } Q_R = 175 \text{ l/s} \end{aligned}$$

On vérifie que dans les quatre cas une retenue de capacité  $V_x$  pourrait être largement remplie par les apports de Juillet à Octobre M-1 (sur le graphique le point A marque le début du remplissage, la retenue utile étant supposée complètement vide).

Le volume  $V_H$  des apports naturels postérieurs au 1er Juillet M-1 et non utilisés pour la régularisation (longueur OH sur le graphique 30) a pour valeur :

$$\begin{aligned} V_H &= 6,44 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ pour } Q_R = 105 \text{ l/s} \\ V_H &= 5,26 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ pour } Q_R = 125 \text{ l/s} \\ V_H &= 3,68 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ pour } Q_R = 150 \text{ l/s} \\ V_H &= 2,10 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ pour } Q_R = 175 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Compte tenu du volume mort prévu pour les dépôts de sédiments, la cote maximale  $h_x$  de la retenue correspondant à son remplissage maximal  $V_x$  serait en première approximation la suivante selon les cas :

NETTOYAGE DE LA RETENUE		
tous les		
	10 ans	20 ans
$Q_R = 105 \text{ l/s}$	$h_x = 380,7 \text{ m}$	$h_x = 380,8 \text{ m}$
125 l/s	382,9	383,0
150 l/s	385,7	385,8
175 l/s	387,9	388,0

On remarque que la périodicité du nettoyage de la retenue n'a qu'une incidence de l'ordre de 10 cm sur la valeur de  $h_x$ .

#### 6.4. - INCIDENCE DES PERTES PAR EVAPORATION

---

Il est nécessaire de tenir compte des pertes par évaporation sur la retenue pendant toute la période comprise entre la fin du mois d'Octobre M-1 (remplissage maximal) et la fin du mois de l'année M+1 (Avril ou Juin suivant les cas) où la retenue utile devient complètement vide, c'est-à-dire pendant dix-huit ou vingt mois.

Bien que les mesures d'évaporation sur bac Colorado effectuées par l'ORSTOM en 1971 et 1974 n'aient porté que sur la saison des pluies, on peut estimer qu'en année moyenne les pertes brutes par évaporation de la retenue seraient d'environ 1 600 mm/an.

Pour l'année exceptionnellement sèche, on peut admettre une évaporation brute supérieure de 30 % à celle de l'année moyenne, soit 2 100 mm/an.

Le calcul des pertes nettes par évaporation doit cependant tenir compte du fait qu'avant la création de la retenue il existe déjà sur son emplacement des pertes naturelles par évapotranspiration du sol et de la végétation. Ces pertes naturelles doivent être déduites des pertes brutes de la retenue. Elles peuvent être évaluées à 800 mm/an en année moyenne et 700 mm/an en année exceptionnellement sèche. Les pertes nettes sont ainsi de 800 mm/an en année moyenne et de 1 400 mm/an en année très sèche.

On peut, enfin, admettre que sur les 800 mm de pertes nettes en année moyenne, 650 mm se produisent de Novembre M-1 à Avril M et 100 mm en Mai et Juin M+1. On aboutit ainsi à une hauteur totale d'évaporation nette :

$$\begin{aligned} h_E &= \underline{2\ 050\ \text{mm}} && \text{en dix-huit mois} \\ \text{ou } h_E^i &= \underline{2\ 150\ \text{mm}} && \text{en vingt mois} \end{aligned}$$

Par souci de simplicité on pourrait ajouter la valeur de  $h_E$  (ou  $h_E^i$ ) à celle de  $h_x$  (ou  $h_x^i$ ) calculée précédemment, pour obtenir la véritable cote maximale  $E_x$  à prévoir pour la retenue. Cela reviendrait à admettre schématiquement que la totalité des pertes nettes par évaporation s'effectue lorsque la retenue est à son maximum de remplissage et offre ainsi à l'évaporation la plus grande surface possible. On surestimerait ainsi l'effet de l'évaporation. La méthode la plus exacte consisterait à reprendre les calculs du tableau 8 en tenant compte par approxi-

mations successives de la surface à laquelle s'appliquerait chaque mois l'évaporation nette, mais cette méthode serait trop compliquée eu égard à la précision que l'on peut attendre de la présente étude. Il est beaucoup plus simple et suffisamment précis d'admettre que la cote maximale  $H_x$  de la retenue peut être déterminée par la relation :

$$H_x = h_x + a \cdot h_E$$

a étant un coefficient compris entre 0 et 1 qui tient compte de la répartition mensuelle de l'évaporation (faible de Juillet à Septembre, forte de Janvier à Mars), des variations du remplissage de la retenue et enfin de la forme de courbe S (V) de la retenue. On a prudemment estimé à 0,8 la valeur de a et on a considéré uniquement le cas où le nettoyage de la retenue s'effectuerait tous les vingt ans. On aboutit aux résultats suivants :

DEBIT REGULARISE $Q_R$	COTE MAXIMALE DE LA RETENUE $H_x$	VOLUME MAXIMAL DE LA RETENUE $W_x$
105 1/s	382,4 m	$3,0 \times 10^6$ m <sup>3</sup>
125 1/s	384,7 m	$4,0 \times 10^6$ m <sup>3</sup>
150 1/s	387,5 m	$5,6 \times 10^6$ m <sup>3</sup>
175 1/s	389,7 m	$6,9 \times 10^6$ m <sup>3</sup>

Le volume total évaporé varie, suivant la valeur de  $Q_R$ , entre  $0,7$  et  $1,0 \times 10^6$  m<sup>3</sup>. On a vérifié que ce volume peut dans tous les cas être fourni à la retenue par les apports naturels précédemment définis comme théoriquement non utilisés pour la régularisation (longueur  $O_H$  sur le graphique<sup>30</sup>).

## 6.5. - C O N C L U S I O N

Les résultats de l'étude de la régularisation de la KOZA sont illustrés par le graphique 31, qui donnent les variations de la cote maximale et du volume maximal de la retenue en fonction du débit régularisé  $Q_R$ .

Ces résultats n'ont qu'un caractère assez approximatif du fait que les données que l'on possède sur le régime hydrologique de la KOZA sont encore assez limitées, surtout en ce qui concerne les débits en année très sèche.

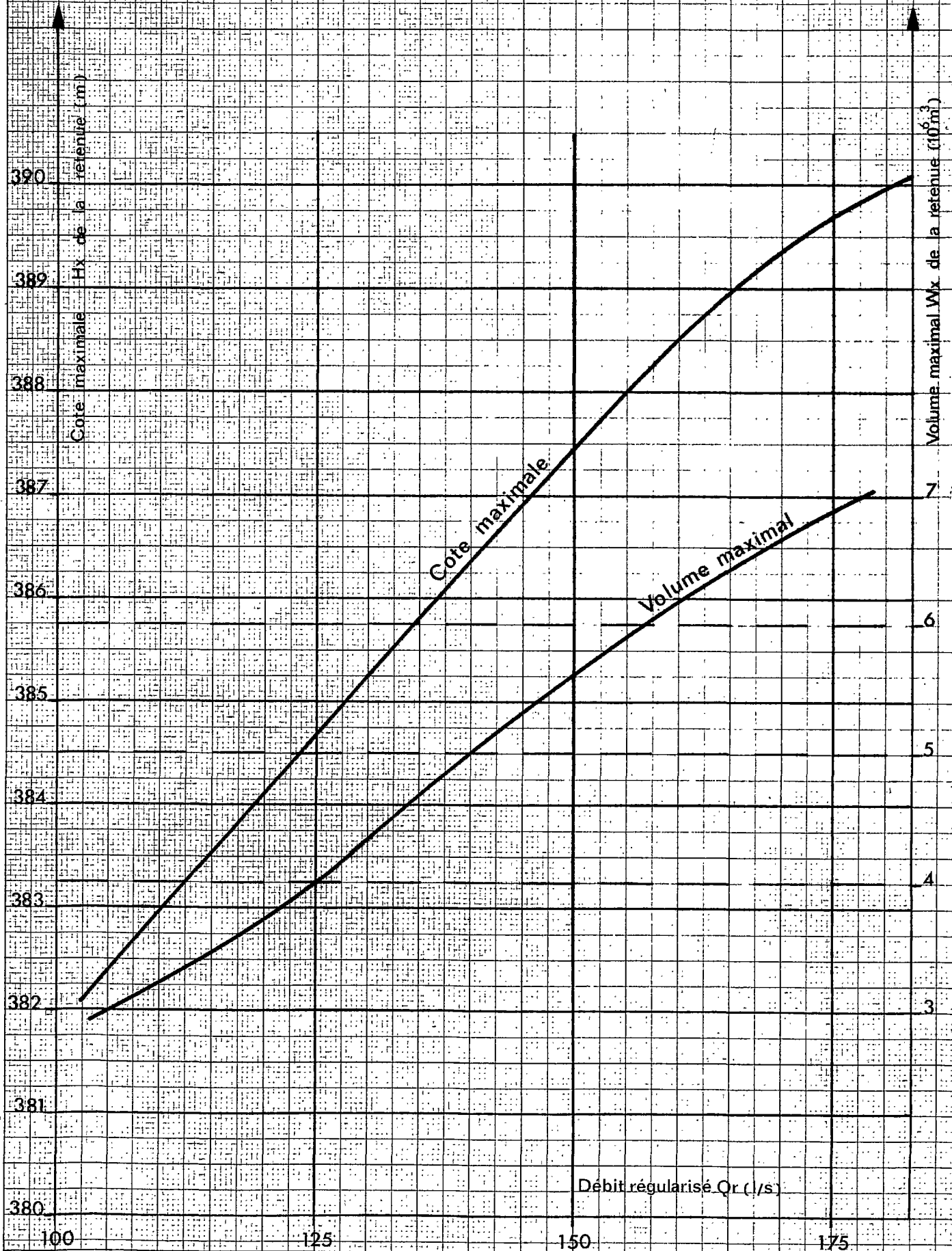
Précisons que la cote maximale de la retenue a été déterminée dans le seul but d'assurer sans défaillance un débit régularisé  $Q_R$  pendant une année exceptionnellement sèche. On n'a pas envisagé d'utiliser la retenue pour un deuxième objectif qui serait le stockage des crues.

---

# Retenue de la KOZA

Gr: 31

Cote maximale et volume maximal en fonction du débit régularisé



BASSIN VERSANT DE LA KOZA à KPADAYO

Relevés Journaliers des Précipitations (en mm.)

AOÛT 1974

J	Pluviomètres N°								Moyenne sur B. V.
	1	2	3	4 (Seau)	5	6	7	8	
1							8,2		
2							10,4		
3							6,9		
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12							31,9		
13									
14									
15				(32,0)					
16				10,6			(90,2)		
17	11,2			3,0			5,7		10,5
18									
19									
20	13,3	6,0	8,5	6,0	3,4	4,4	2,0	12,8	6,2
21	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	3,2	0,0	0,9
22	22,1	6,6	4,8	5,0	0,5	0,0	2,5	32,1	5,2
23	18,0	9,4	9,4	37,0	3,3	3,0	* 16,0	15,2	**16,4
24	30,5	17,2	12,1	31,0	40,9	66,2	* 8,1	40,6	**33,3
25	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	* 10,7	0,0	3,4
26	6,0	5,6	6,9	13,0	9,6	0,7	* 10,0	10,8	7,2
27	8,5	5,3	5,9	39,4	8,7	9,6	* 49,2	9,1	17,8
28									
29	2,7	3,3	2,4	0,9	5,2	6,9	* 2,1	9,9	3,4
30	5,1	4,8	9,5	12,9	16,2	23,9	* 15,0	5,5	13,0
31									
T	117,4	58,2	59,5	206,4	87,8	114,7	272,1	146,5	106,8

— : date de pose de l'appareil

\*16,0 : dates des observations modifiées par nos soins, pour homogénéiser l'ensemble

(32,0) = relevé partiel = pluie du 16.8 (de 4h. à 8h.). Le relevé de la pluie du 15 au matin (9 h.) n'a pas été effectué.

(90,2) = vraisemblablement cumul des pluies du 15 et du 16 Août

\*\* : moyennes faites en excluant le pluviomètre n° 7

BASSIN VERSANT DE LA K O Z A à KPADAYO

Relevés Journaliers des Précipitations (en mm. )

SEPTEMBRE 1974

J	Pluviomètres N°								Moyenne
	1	2	3	4 (Seau)	5	6	7	8	sur B. V.
1									
2	24,5	16,3	32,5	29,1	34,3	25,2	28,6	25,0	27,3
3	0,5	0,0	0,0	1,7	1,6	1,5	2,0	0,4	1,0
4	(22,0)	16,8	21,9	23,5	30,6	34,8*	2,5	(16,8)**	25,0
5	(31,0)	24,3	32,5	39,7	47,8	34,0	34,5	(24,0)	34,7
6	34,0	24,7	36,0	34,3	40,4	47,1	41,0	39,5	37,0
7									
8	4,1	3,5	7,8	11,9	9,2	2,0	10,6	3,6	7,0
9	10,7	5,3	6,6	5,7	6,9	5,9	6,4	10,7	6,4
10									
11	25,6	21,9	24,3	31,5	43,2	30,0	30,0	29,7	29,2
12	0,0	0,3	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,0	0,4
13	2,0	0,3	0,4	1,7	1,4	1,5	1,6	2,2	1,2
14									
15	0,0	0,0	0,0	0,6	0,5	0,4	0,3	0,0	0,3
16	5,6	0,3	0,4	1,9	2,6	2,5	2,0	5,5	2,0
17	62,5	36,0	48,5	48,4	40,8	30,0	41,6	71,5	43,2
18	16,9	9,5	11,4	9,1	14,2	19,5	11,2	16,9	13,0
19	2,1	1,6	2,8	4,5	4,8	7,1	5,0	1,5	4,1
20									
21									
22	25,5	19,8	32,2	23,4	26,5	26,2	27,4	20,2	26,0
23									
24	34,3	25,5	33,5	30,0	36,5	36,5	26,4	40,8	32,0
25	2,0	4,0	5,0	3,2	8,0	7,0	4,0	1,5	4,8
26									
27	8,3	5,2	5,5	7,0	7,0	7,0*	24,0*	23,2**	6,6
28									
29	25,0	11,6	17,5	13,9	14,7	15,7*	8,2	30,0***	15,7
30	19,7	11,0	17,0	17,2	17,2	17,0*	2,5	16,5***	16,5
T	356,3	237,9	336,3	338,9	388,7	351,3	310,1	379,5	333,4

( ) = Valeurs "reconstituées", les pluviomètres 1 et 8 n'ayant été relevés que le 6 au matin (cumul des pluies du 4 et du 5)

\* : Valeurs douteuses

\*\* : Moyennes faites en excluant le poste 7



BASSIN VERSANT DE LA K O Z A à KPADAYO

Relevés Journaliers des Précipitations (en mm. )

OCTOBRE 1974

J	Pluviomètres N°								Moyenne
	1	2	3	4 (Seau)	5	6	7	8	sur B. V.
1									
2	6,0	15,6	16,5	15,0	19,4	30,0	18,0	8,8	18,1
3									
4									
5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6	17,8	10,7	14,5	28,1	34,5	27,5	25,1	16,0	22,5
7	0,0	0,5	0,4	0,7	0,6	0,7	0,0	0,0	0,5
8	15,0	8,8	9,8	16,4	20,0	20,0	18,0	17,0	15,3
9	7,8	1,1	1,2	3,6	3,3	1,3	3,3	2,4	2,7
10	0,2	0,0	0,0	0,5	0,6	0,8	0,8	0,0	0,4
11									
12									
13	10,5	10,4	25,5	31,4	39,0	35,0	32,6	9,7	27,1
14									
15	15,0	5,9	7,7	(6,0)	6,3	6,4	7,0	21,7	7,4
16	17,3	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	5,0	9,5	7,8
17									
18									
19	7,2	6,0	7,4	5,5	11,5	8,3	6,6	10,3	7,4
20									
21	8,6	11,0	11,2	11,2	12,0	11,5	8,9	8,5	10,8
22									
23									
24									
25	3,0	15,0	11,5	7,6	12,9	12,3	8,2	2,1	10,4
26									
27									
28									
29									
30	2,0	0,0	0,0	3,5	4,7	5,6	4,4	0,5	2,9
31									
T	110,7	90,0	111,7	136,5	172,8	168,4	137,9	106,5	133,3

( ) = Valeur extrapolée - Pas de relevé

BASSIN VERSANT DE LA K O Z A à KPADAYO

Relevés Journaliers des Précipitations (en mm.)

NOVEMBRE 1974

J	Pluviomètres N°								Moyenne sur B. V.
	1	2	3	4 (Seau)	5	6	7 (M.N.)	8	
1	23,0	17,2	30,0	(28,0)	23,2	13,2	27,3	28,0	23,1
2									
3	0,0	4,3	6,3	4,2	7,2	6,2	5,6	0,0	5,0
4									
°									
°									
°									
30									
T	23,0	21,5	36,3	(32,2)	30,4	19,4	32,9	28,0	28,1

(28,0) : Valeur extrapolée. - Pas d'enregistrement

DECEMBRE 1974

PAS DE PLUIE

BASSIN VERSANT DE LA K O Z A à KPADAYO

Relevés Journaliers des Précipitations (en mm.)

JANVIER 1975

P A S D E P L U I E

FEVRIER 1975

Pluviomètre N°										Moyenne	
										sur	
J	1	2	3	4	5	6	7	8		B.V.	
				(Seau)					(M. N.)		
1											
2											
.											
.											
6											
7	20,5	—	—	—	—	—	26,6	16,3	(23,0)		
8											
.											
.											
.											
28											
T	20,5	—	—	—	—	—	26,6	16,3	(23,0)		

— Représente une observation non effectuée.

BASSIN VERSANT DE LA K O Z A à KPADAYO

Relevés Journaliers des Précipitations (en mm.)

M A R S 1975

J	P l u v i o m è t r e N°								Moyenne sur B. V.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	(Seau )				(M. N.)				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19	—	1,7	1,8	13,3	27,9	28,8	16,4	0	13,3
20									
21									
22									
23	—	10,2	10,4	10,3	10,7	10,9	11,3	2,9	10,6
24									
25									
26									
27	—	—	72,4	52,5	68,6	64,9	74,7	87,5	69,6
28									
29									
30									
31	—	2,7	2,9	3,4	7,2	5,2	0	0,4	3,6
T	—	—	87,5	79,5	114,4	109,8	102,4	90,8	97,1

— Représente une observation non effectuée

BASSIN VERSANT DE LA K O Z A à KPADAYO

Relevés Journaliers des Précipitations (en mm.)

A V R I L 1975

J	Pluviomètre N°								Moyenne
	1	2	3	4 (Seau)	5	6	7 (M. N.)	8	sur B. V.
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7	—	3,6	0	4,7	7,8	8,7	5,8	30,0	4,4
8									
9									
10	—							7,7	0
11									
12									
13									
14							0,3		0
15									
16	—	6,3	6,4	7,6	8,2	—	5,2	7,5	7,0
17	—	—	88,9	74,9	74,9	61,9	88,0	37,3	76,5
18									
19									
20									
21	—	—	29,0	17,1	14,1	15,1	15,2	33,0	15,7
22									
23									
24									
25									
26									
27	—	—	22,7	18,3	18,2	24,3	18,6	20,3	21,0
28									
29									
30									
T	—	—	147,0	122,6	123,2	110,0	133,1	135,8	124,6

— Représente une observation non effectuée

BASSIN VERSANT DE LA K O Z A à KPADAYO

Liste des Jaugeages effectués au cours de la  
Campagne 1974 - 1975

( Station amont )

N°	Date	Hauteur en m.	Débit en m <sup>3</sup> /s	OBSERVATIONS
1	23.08.74	0,66 - 0,655	0,368	
2	24.08.74	1,06 - 1,00	1,37	
3 *	24.08.74	1,75 - 1,64	6,10	
4 *	24.08.74	1,635 - 1,56	5,72	
5 *	24.08.74	1,51 - 1,44	4,08	
6	26.08.74	0,90 - 0,895	1,05	
7	27.08.74	0,87 - 0,865	0,904	
8 *	28.08.74	1,65 - 1,57	5,33	
9 *	28.08.74	1,57 - 1,515	4,30	
10	30.08.74	0,82	0,824	
11	31.08.74	0,91 - 0,895	1,06	
12	01.09.74	0,735 - 0,73	0,565	
13 *	02.09.74	1,75 - 1,70	6,21	Mesures superficielles
14	03.09.74	0,95 - 0,94	1,24	
15 *	05.09.74	1,42 - 1,37	3,35	
16 *	05.09.74	1,36 - 1,33	3,16	
17 *	05.09.74	1,32 - 1,28	2,78	
18 *	05.09.74	1,26 - 1,215	2,65	
19 *	05.09.74	1,20 - 1,17	2,38	
20 *	05.09.74	1,15 - 1,125	2,12	
21 *	06.09.74	2,20 - 2,13	32,0	Mesures superficielles
22 *	06.09.74	1,98 - 1,96	16,8	Mesures superficielles
23	13.09.74	0,84	0,888	
24	14.09.74	0,755 - 0,745	0,600	
25	18.09.74	0,995 - 0,98	1,43	
26	20.09.74	0,945 - 0,925	1,24	
27	21.09.74	0,785	0,712	
28 *	23.09.74	1,25 - 1,19	2,12	
29 *	23.09.74	1,15 - 1,09	1,81	
30 *	23.09.74	1,085 - 1,03	1,54	
31	08.10.74	0,695 - 0,69	0,545	
32	13.10.74	0,645 - 0,65	0,413	
33	16.10.74	0,72 - 0,715	0,577	
34	19.12.74	0,455	0,018	( résultat douteux )
35	09.02.75	0,425	0,024	
36	21.03.75	0,39	0,001	
37	21.04.75	0,43	0,021	
38	26.04.75	0,415	0,016	

\* Les numéros marqués d'un astérisque représentent les jaugeages effectués à la section du câble fixe. Ils ont servi à l'exploitation des jaugeages superficiels.

ETAT : TOGO

RIVIERE : KOZA

STATION : KPADAYO

B A R E M E N° 3

- VALIDITE : A PARTIR DU 17.8.1974

H(M)	Q(M3/S)	H(M)	Q(M3/S)	H(M)	Q(M3/S)	H(M)	Q(M3/S)	H(M)	Q(M3/S)
0.37	0.0	0.79	0.731	1.21	2.330	1.63	5.790	2.05	23.700
0.38	0.001	0.80	0.760	1.22	2.390	1.64	5.940	2.06	24.500
0.39	0.002	0.81	0.787	1.23	2.440	1.65	6.100	2.07	25.200
0.40	0.007	0.82	0.815	1.24	2.500	1.66	6.270	2.08	25.900
0.41	0.013	0.83	0.844	1.25	2.550	1.67	6.450	2.09	26.600
0.42	0.019	0.84	0.873	1.26	2.610	1.68	6.640	2.10	27.300
0.43	0.025	0.85	0.902	1.27	2.670	1.69	6.830	2.11	28.100
0.44	0.032	0.86	0.932	1.28	2.730	1.70	7.040	2.12	28.800
0.45	0.039	0.87	0.963	1.29	2.790	1.71	7.260	2.13	29.500
0.46	0.046	0.88	0.994	1.30	2.850	1.72	7.490	2.14	30.200
0.47	0.054	0.89	1.030	1.31	2.910	1.73	7.730	2.15	30.900
0.48	0.066	0.90	1.060	1.32	2.970	1.74	7.970	2.16	31.700
0.49	0.078	0.91	1.090	1.33	3.030	1.75	8.230	2.17	32.400
0.50	0.092	0.92	1.120	1.34	3.100	1.76	8.500	2.18	33.100
0.51	0.105	0.93	1.160	1.35	3.160	1.77	8.820	2.19	33.900
0.52	0.120	0.94	1.190	1.36	3.230	1.78	9.150	2.20	34.600
0.53	0.135	0.95	1.230	1.37	3.290	1.79	9.500	2.21	35.300
0.54	0.151	0.96	1.260	1.38	3.360	1.80	9.860	2.22	36.100
0.55	0.168	0.97	1.300	1.39	3.430	1.81	10.200	2.23	36.800
0.56	0.185	0.98	1.340	1.40	3.500	1.82	10.600	2.24	37.500
0.57	0.203	0.99	1.370	1.41	3.560	1.83	11.000	2.25	38.300
0.58	0.221	1.00	1.410	1.42	3.630	1.84	11.500	2.26	39.000
0.59	0.241	1.01	1.450	1.43	3.690	1.85	11.900	2.27	39.800
0.60	0.260	1.02	1.480	1.44	3.770	1.86	12.300	2.28	40.500
0.61	0.281	1.03	1.520	1.45	3.840	1.87	12.800	2.29	41.200
0.62	0.302	1.04	1.560	1.46	3.920	1.88	13.300	2.30	42.000
0.63	0.324	1.05	1.590	1.47	4.000	1.89	13.800	2.31	42.700
0.64	0.347	1.06	1.630	1.48	4.090	1.90	14.300	2.32	43.500
0.65	0.370	1.07	1.670	1.49	4.180	1.91	14.800	2.33	44.200
0.66	0.393	1.08	1.720	1.50	4.270	1.92	15.400	2.34	45.000
0.67	0.417	1.09	1.760	1.51	4.370	1.93	15.900	2.35	45.700
0.68	0.441	1.10	1.800	1.52	4.470	1.94	16.500	2.36	46.500
0.69	0.465	1.11	1.850	1.53	4.570	1.95	17.100	2.37	47.200
0.70	0.490	1.12	1.890	1.54	4.680	1.96	17.700	2.38	48.000
0.71	0.515	1.13	1.940	1.55	4.790	1.97	18.300	2.39	48.700
0.72	0.541	1.14	1.980	1.56	4.910	1.98	18.900	2.40	49.500
0.73	0.567	1.15	2.030	1.57	5.020	1.99	19.500	2.41	50.300
0.74	0.593	1.16	2.080	1.58	5.150	2.00	20.200	2.42	51.000
0.75	0.620	1.17	2.130	1.59	5.270	2.01	20.900	2.43	51.800
0.76	0.647	1.18	2.180	1.60	5.400	2.02	21.600	2.44	52.500
0.77	0.675	1.19	2.230	1.61	5.520	2.03	22.300	2.45	53.300
0.78	0.703	1.20	2.280	1.62	5.650	2.04	23.000	2.46	54.100