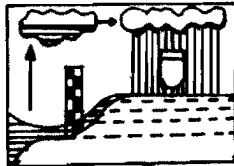


# MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN HYDROLOGIE



A. BOUCHAALA

Septembre 1986

---

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

---

MISSION AU NIGER

---

A. BOUCHAALA  
O.R.S.T.O.M  
Niamey  
NIGER

## R E S U M E

Afin de compléter la formation théorique déjà acquise au cours de ma première année d'étude en hydrologie et en hydrogéologie, et comme le métier d'hydrologue exige un équilibre relatif entre la théorie et la pratique, la République du NIGER nous a été proposée pour effectuer la deuxième année de formation au centre ORSTOM de Niamey durant laquelle, j'ai pu travailler sur des thèmes variés. Ce qui explique la diversité des activités effectuées, que ce soit des activités de bureau ou des activités de terrain.

Au bureau, notre travail a été consacré essentiellement à la mise à jour du rapport 1985 de la cuvette d'Agadez. Nous avons pu acquérir une méthodologie de dépouillement, de vérification et de contrôle des données et observations recueillies sur le terrain. Ceci m'a montré surtout l'importance des données hydropluviométriques fiables et les plus complètes possibles.

De plus, cette étude a permis de soulever principalement la situation actuelle inquiétante du niveau de la nappe phréatique dans la ville d'AGADEZ.

La campagne 1986 à Agadez a été donc consacrée, à part le suivi hydrologique d'un bassin versant expérimental (Bassin Elèves) au suivi de certaines stations en vue de contrôler l'efficacité des barrages qui ont été construits cette année visant à améliorer l'alimentation de la nappe. Cette campagne nous a permis d'améliorer nos connaissances sur les écoulements et les précipitations en zone subdésertique.

Pendant la saison sèche, il nous a été possible de suivre pendant quelques jours la campagne de simulation de pluies où on s'est rendu compte de l'importance de cette nouvelle technique peu onéreuse dans la détermination de façon relativement complète et rapide des caractéristiques hydrodynamiques des sols constituant le bassin et dans l'établissement de la relation pluie-débit pour différentes fréquences de pluies.

De plus nous avons entrepris une étude qui pourrait être à la base de l'emploi du simulateur de pluies. Il s'agit de l'étude de la détachabilité des sols. Les mesures de turbidité permettant de comparer entre elles les différentes parcelles.

Parallèlement, après la campagne de simulation de pluies, nous avons eu l'occasion de participer à l'établissement de la cartographie des états de surface. Elle devrait en principe précéder la campagne de simulation de pluies en vue de permettre un choix adéquat des sites d'implantation des parcelles, mais comme elle la succède, elle s'est transformée en test de représentativité des sites et des parcelles, outre la détermination des unités cartographiques.

Par ailleurs, l'étude portait sur la détermination pratique de la capacité d'une mare a pour objectif principal le choix d'une méthodologie aussi simple que possible qui puisse être mise en oeuvre par des équipes de terrain. Ceci entre dans le cadre d'une utilisation optimale des mares du pays afin de permettre aux cultures de contre saison de donner leur plein potentiel.

La campagne 1986 de jaugeages sur le fleuve NIGER a concerné uniquement le suivi de la station à Niamey. C'était là le début de la manipulation du matériel hydrologique et de son utilisation dans les meilleures conditions.

## S O M M A I R E

### **INTRODUCTION GENERALE**

### **PREMIERE PARTIE : ETUDE DU KORI TELOUA "Cuvette d'Agadez" Campagne 1985**

Introduction	p. 1
Chapitre I : Equipements	2
Chapitre II : Observations et mesures	5
Chapitre III : Commentaire et analyse	11
Conclusion	28

### **DEUXIEME PARTIE : CAMPAGNE 1986 A AGADEZ**

I. Introduction	29
II. Equipements hydrométriques	29
III. Mesures de débits	29
IV. Apports	30
V. Bilan entre PERTUIS et NIGELEC	30
VI. Conclusion	31

### **TROISIEME PARTIE : BASSIN EXPERIMENTAL (BASSIN ELEVES)**

I. Introduction	32
II. Equipements hydro pluviométriques du bassin	32
III. Paramètres géométriques et morphométriques	33
IV. Pluviométrie	33
V. Hydrométrie	34
VI. Conclusion	35

### **QUATRIEME PARTIE : SIMULATION DE PLUIES SUR LE BASSIN VERSANT DE KOUNTKOUZOUT**

I. Introduction	38
II. Situation du bassin de Kountkouzout	38
III. Résultats	39
IV. Cartographie des états de surface	45
V. Conclusion	48

**CINQUIEME PARTIE : NOTE SUR LA DETERMINATION PRATIQUE DE LA CAPACITE  
D'UNE MARE**

I. Objectif	49
II. Méthodologie, Domaine de validité	49
III. Dépouillements, Déterminations du volume de la mare et établissement de la relation Hauteur - Volume	51
IV. Installation d'une batterie d'échelle	51

**SIXIEME PARTIE : LE NIGER A NIAMEY**

I. Introduction	52
II. Niger à Niamey	52
III. Conclusion	52

**CONCLUSION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

Au cours de ma première année de formation j'ai suivi le DEA "Ressources en Eau" organisé conjointement par l'Université PARIS-SUD et l'ORSTOM. Ce dernier m'a plutôt permis d'acquérir une formation complémentaire de base en hydrologie.

Dans le cadre de ma deuxième année, j'ai été affecté au sein de la section hydrologique de l'ORSTOM au NIGER. J'ai pu participer aux différentes activités de la section : activités de bureau et activités de terrain. Ce qui explique la diversité des sujets abordés par ce présent mémoire dont j'évoquerai ceux les plus marquantes de l'année à savoir :

- . Le rapport 1985 de la Cuvette d'AGADEZ
- . Une étude portant sur la détermination pratique de la capacité d'une mare.
- . La simulation de pluie sur le bassin versant de KOUNTKOUZOUT.
- . La campagne 1986 de jaugeages sur le fleuve NIGER
- . La campagne 1986 du bassin du TELOUA dans l'AÏR. Elle comporte :
  - Suivi hydrologique d'un bassin versant expérimental
  - Suivi de certaines stations en vue de contrôler l'efficacité d'un projet visant à améliorer l'alimentation de la nappe qui assure le besoin en eau de la ville d'AGADEZ.

Je souligne enfin que cette seconde année a été accomplie en collaboration avec Monsieur M. AMRI qui effectue également sa deuxième année de spécialisation en hydrologie au NIGER. Cela a permis d'acquérir une expérience de discussion très enrichissante, ce qui explique certaines parties communes à nos mémoires.

Premiere Partie

ETUDE DU KORI TELOUA "CUVETTE D AGADEZ"

campagne 1985

**REPUBLIQUE DU NIGER**

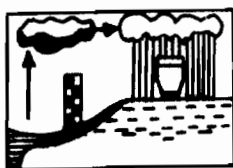
**MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT**

**DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU**

# **ETUDE du KORI TELOUA**

## **LES STATIONS EN AVAL D'AZEL**

**CAMPAGNE 1985**



**M. AMRI  
A. BOUCHAALA**

**INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
— POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION  
MISSION AU NIGER**

**JUILLET 1986**



## S O M M A I R E

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : EQUIPEMENT</b>	<b>2</b>
I.1. Les équipements hydrométriques	2
I.1.1. Azel	2
I.1.2. Azamella	2
I.1.3. Agassaghas	3
I.1.4. Agadez-Nigelec	3
I.1.5. Radier 2	3
I.2. Les équipements pluviométriques	4
I.3. Les équipements piézométriques	4
<b>CHAPITRE II : OBSERVATIONS ET MESURES</b>	<b>5</b>
II.1. Pluviométrie	5
II.2. Hydrométrie	5
II.2.1. Hauteurs d'eau	5
II.2.2. Mesures de débit	6
II.3. Piézométrie	10
<b>CHAPITRE III : COMMENTAIRES ET ANALYSE</b>	<b>11</b>
III.1. Précipitations	11
III.2. Débits	13
III.2.1. Apports a Azel	14
III.2.2. Apports à Agadez-Nigelec	14
III.2.3. Apports au Radier 2	15
III.2.4. Comparaison des volumes écoulés au niveau des radiers R.T.A.	17
III.2.5. Apports des BV intermédiaires	18
III.3. Bilan entre Azel et les deux radiers	21
III.4. Schéma des écoulements entre Azel et les radiers	21
III.5. Piézométrie	23
III.6. Hydrogramme type médian des BV d'Agassaghas et Azamella	25
<b>CONCLUSION</b>	<b>28</b>

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

Comme chaque année le rapport de campagne 1985 concernant la cuvette d'AGADEZ présente l'étude des phénomènes hydropluviométriques du bassin du Téloua situé en aval de la station d'AZEL.

Il fait suite au rapport qui traite, pour la même période, des stations situées en amont et intitulé le "Haut Téloua".

Au cours de cette campagne l'étude de la "Cuvette" a été strictement limitée à la partie comprise entre Azel et les Radiers de la route Tahoua-Arlit (RTA) pour des raisons de personnel ; la gestion de la station de N'DOUNA s'étant révélée très difficile.

En aval des radiers, seul donc, le niveau de la nappe, sera l'objet en 85 d'un suivi par l'intermédiaire des quelques piézomètres encore exploitables.

Le schéma de déroulement de la campagne a été le suivant :

- ◊ Du 28 mai au 1er juin une équipe dirigée par R. GALLAIRE a assuré la remise en fonctionnement des appareils de contrôle des précipitations (pluviographes, pluviomètres) et des écoulements (limnigraphes).
- ◊ La campagne proprement dite a débutée le 26 juin sous le contrôle de J.P. BRICQUET relayé le 29 juillet par J.M. DELFIEU qui assurera la continuité des opérations jusqu'au 15 septembre date de fermeture des bassins.

L'équipe de base est temporairement et successivement renforcée ;

- du 25 au 29/7 par R. GALLAIRE
- du 25/7 au 25/8 par C. BEN SALA et J.C. N'TONGA stagiaires ORSTOM

Le contrôle de fin de saison des pluies est effectué du 26 au 29 novembre par R. GALLAIRE et les deux nouveaux stagiaires M. AMRI et A. BOUCHAALA.

En dehors de la saison pluvieuse proprement dite un suivi des niveaux piézométriques a été assuré tous les 3 mois environ.

Le fait marquant de cette année est la crue du 18 Août qui a constitué le deuxième événement hydrologique, par ordre d'importance, des dix dernières années, et ce malgré une pluviosité annuelle largement déficitaire.

Ce rapport a été rédigé conjointement par M. AMRI et A. BOUCHAALA avec la collaboration de R. GALLAIRE.

## CHAPITRE I

### EQUIPEMENTS

Le dispositif de mesure n'a pas évolué par rapport à 1984. La figure 1 représente les différentes implantations.

#### I.1. Les équipements hydrométriques

##### I.1.1. Azel

Cette station a été implantée en 1975. Elle contrôle l'entrée des débits dans la cuvette. La reconstruction du seuil de stabilisation a permis d'obtenir une courbe de tarage unique et précise depuis 1983 (Fig. 2 et 3).

La station est équipée de .:

- \* Un limnigraphe OTT X à rotation journalière,
- \* Une échelle de 4 m, graduée de "0" à 400 cm, dont le zéro est à l'altitude 525,886 m d'après la borne IGN n° 2.
- \* Un transporteur aérien de 100 m de portée muni d'un treuil OTT et d'un saumon de 100 kg.

##### I.1.2. Azamella

Cette station a été mise en place en 1978 sur le kori "Azamella" qui draine un BV de 61 km<sup>2</sup>; elle est équipée de :

- \* Un limnigraphe OTT type X à rotation journalière situé en rive droite sur un promontoire rocheux, à quelques centaines de mètres en amont du confluent avec le kori Téloua.
- \* Deux éléments d'échelle de crue gradués de "0" à 200 cm ont été attachés à la gaine de ce limnigraphe.
- \* Un transporteur aérien de 50 m de portée, muni d'un treuil Neyrpic et d'un saumon de 20 kg, installé en avril 1983.

### I.1.3. Agassaghas

La station a été également installée en 1978. L'échelle de crue est composée de deux éléments de 0 à 200 cm situés en rive droite ainsi que d'un limnigraphe OTT de type X à rotation journalière.

Le bassin versant en amont de cette station est de 5,8 km<sup>2</sup> (d'après les photographies aériennes de 1955 au 1/50.000). Les jaugeages sont réalisés à partir d'une passerelle de 10 m de portée entre les deux berges maçonnées.

Pour assurer la stabilité du tarage de la station un seuil bétonné a été mis en place sous la passerelle de jaugeages. Il a été modifié en juillet 1983 en vue d'améliorer la sensibilité des basses eaux.

### I.1.4. Agadez-Nigelec

Devant l'impossibilité d'effectuer des mesures de débit sur le radier 1 de la route TAHOUA-ARLIT, à la sortie d'Agadez (grande largeur, ensablement du lit du kori, écoulements transversaux...), un meilleur site a été recherché pour le contrôle des débits transitant sur le bras gauche. Le choix s'est porté sur une section située à 700 m environ en amont de la route AGADES-ARLIT, entre la centrale électrique et la station de pompage NIGELEC. L'équipement, réalisé en 1980, comprend deux éléments d'échelle :

- \* 9-10 m fixé le 25/3/80
- \* 0-1 m (servant d'élément 10-11 m) fixé le 21/8/80
- \* Un limnigraphe OTT type X à flotter mis en place le 25/3/80

### I.1.5. Radier 2 - Bras droit

Une première échelle est mis en place en 1979 en rive gauche du bras droit (ou bras nord) à 38 mètres en amont du radier. Il s'agit d'un élément de 500 à 600 cm rapidement remplacé par un élément 300-400 cm.

En 1980, un limnigraphe est installé à une trentaine de mètres en amont du radier au milieu du lit de sable avec également un élément 300-400 cm calé à la même côte que l'élément rive gauche. L'ensemble est complété par un élément 400-500 cm implanté toujours en rive gauche en amont du radier.

Le radier bétonné qui avait subi d'importants dégats pendant la saison des pluies 1982, a été entièrement reconstruit pendant la saison sèche 1982-1983. Sa reconstitution a été faite à une côte légèrement inférieure au radier précédent. Le limnigraphe OTT a été réinstallé à 15 m en amont du radier sans que les côtes des éléments d'échelle changent.

Le téléphérique installé en 1983 sur le lit mineur, en aval du radier, n'a été opérationnel qu'au cours de la saison des pluies 1984-1985.

Cette station comporte deux autres éléments d'échelle :

- \* Le premier (de 100-200 cm) est implanté sur le bras rive droite alimenté par une diffluence amont du TELOUA
- \* Le deuxième (de 800-900 cm) a été mis en place pour contrôler les écoulements de hautes eaux du dalot situé en rive gauche à quelques centaines de mètres du radier de la station Radier 2.

Un profil en travers, une vue en plan et un rattachement des échelles, ont été réalisés au cours du mois de mai 1986, illustrés par les figures 5 et 6.

## **I.2. Les équipements pluviométriques**

A part les postes d'AZEL et d'AGADEZ, les pluviomètres sont concentrés sur les deux bassins d'AGASSAGHAS et AZAMELLA (fig. 1)

## **I.3. Les équipements piézométriques**

Le niveau d'eau de la nappe dans la cuvette était suivi à l'origine sur 12 Puits et 12 piézomètres (fig. 7). Malheureusement, l'insuffisance de la profondeur des forages et la mauvaise alimentation de la nappe au cours de ces dernières années font qu'un nombre croissant de piézomètres et de puits se retrouvent à sec. Ainsi, sur les 12 piézomètres, 6 seulement furent suivis, dont un, (N 8) asséché, n'a pas retrouvé sa fonction après la saison des pluies. De même sur les douze puits suivis on notera l'assèchement des N° 58, 20 et temporairement du N° 7.

## CHAPITRE II

### OBSERVATIONS ET MESURES

#### II.1. La pluviométrie

Bien que la pluie moyenne annuelle (69 mm) se situe nettement en dessous de la moyenne elle est loin d'être aussi faible qu'au cours de la saison précédente (8,8 mm en 1984).

Les relevés pluviométriques ont été effectués après chaque averse durant l'hivernage. Hors de la saison les totaux pluviométriques ont été mesurés grâce aux appareils restés en place et fonctionnant soit en totalisateur, soit en journalier (Azel, In Doudou). Les tableaux 1, 2, 3 et 4 regroupent les résultats obtenus sur les pluviomètres et pluviographes des bassins intermédiaires.

#### II.2. Hydrométrie

##### II.2.1. Hauteurs d'eau

Les appareils enregistreurs de chacune des stations ont parfaitement fonctionné. Ainsi toutes les crues ont été enregistrées aux stations suivantes : AZEL, AGASSAGHAS, AZAMELLA, NIGELEC et RADIER 2 ; le bilan au niveau de la cuvette sera donc arrêté à la route Tahoua-Arlit (RTA), la station de N'DOUNA marquant l'exutoire de la cuvette n'étant plus observée depuis 2 ans.

Une seule crue a transité sur le bras sud (Radier I), consécutivement à l'ouverture partielle de la digue située en amont.

Enfin, il faut noter la nécessité d'ajouter un élément d'échelle (200-300 cm) au niveau du débordement au RADIER 2, car au cours de l'évènement principal de la saison (crue du 18/08) l'élément existant à été presque submergé.

## II.2.2. Mesures de débit

### ◇ AZEL :

C'est la station de transition entre le haut bassin du TELOUA et la cuvette d'AGADEZ. Les 7 jaugeages effectués en 1985 (voir tableau ci-dessous) ont servi seulement à l'ajustement des moyennes et basses eaux de la courbe de tarage. Aucun jaugeage n'a été réalisé en hautes eaux (2,60 m cette année) car la stabilité de la station est parfaitement assurée par le seuil remis en état en février 1983.

Liste des jaugeages à AZEL (1985)

N°	Crue du	Variation du H (m)	H moyen (m)	Q m <sup>3</sup> /s
1	16 - 07 - 85	1,26 - 102	1,14	60,5
2	16 - 07 - 85	0,98 - 0,80	0,89	27,9
3	20 - 07 - 85	0,52 - 0,50	0,51	6,72
4	20 - 07 - 85	0,17 - 0,15	0,16	0,11
5	17 - 08 - 85	0,16 - 0,15	0,155	0,02
6	17 - 08 - 85	0,15 - 0,15	0,15	0,02
7	18 - 08 - 85	1,60 - 1,36	1,48	112

### ◇ AZAMELLA :

Afin de suivre l'évolution du tarage due à l'instabilité de la section très sableuse, trente trois jaugeages ont été réalisés au cours de la saison à cette station. La liste de ces 33 jaugeages est reproduite dans le tableau suivant. Les courbes de tarage sont présentées par la figure n° 8. Des jaugeages en hautes eaux ont permis de préciser la partie supérieure de la courbe.

BASSIN VERSANT D'AZAMELLA

Liste des jaugeages (1985)

Date	H moyen (cm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Obs.	Date	H moy (cm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Obs.
11-07	35	6,17	Téléphérique	8-08	9	0,06	Perche
12-07	26	3,01	Perche	"	2	0,02	"
"	26	3,22	"	17-08	76	48,8	Téléphérique
"	19	0,5	"	"	98	95,4	"
15-07	40	14,3	Téléphérique	18-08	115	114,4	"
"	40	7,70	Perche	"	119	108,7	"
"	38	6,75	"	"	86	60,6	"
"	29	1,70	"	"	62	21,7	"
"	23	0,88	"	"	46	10,9	Perche
"	19	0,70	"	"	40	9,24	"
"	12	0,20	"	"	34	5,70	"
8-08	50	18,1	Téléphérique	"	28	4,0	"
"	64	49,3	"	"	19	1,70	"
"	36	9,75	Perche	"	15	0,88	"
"	26	4,73	"	"	10	0,33	"
"	19	0,53	"	"	5	0,03	"
"	14	0,14	"				

◇ AGASSAGHAS

La station se trouve un peu en amont de la confluence avec le kori TELOUA. Huits jaugeages de contrôle seulement ont été effectués durant la campagne 1985.



Date	H moyen (cm)	Q m <sup>3</sup> /s	Obs.	Date	H moyen (cm)	Q m <sup>3</sup> /s	Obs.
27-06-85	33,0	1,05		12-08-85	40,0	1,71	
"	35,0	1,95	"	"	38,5	1,22	"
"	32,5	0,94	"	"	35,0	0,79	"
12-08-85	36,5	0,89	"	"	25,0	0,052	"

Comme le montre le tableau précédent tous les jaugeages ont été réalisés en basses eaux car la présence du seuil garantit la stabilité de la station en moyennes et hautes eaux. Une légère instabilité en basses eaux est provoquée par quelques atterrissements de sable sur le seuil. La nouvelle courbe de tarage complétée par les jaugeages effectués en 1983 est représentée sur la fig. n° 4.

#### ◇ AGADECZ - NIGELEC

Elle contrôle les écoulements du Radier I ; aucun jaugeage n'a été effectué à cette station en 1985. La courbe de 1982 (fig. 9) a donc été utilisée pour déterminer le volume de l'unique crue (18-08) qui a transité par cette station (72 600 m<sup>3</sup>)

#### ◇ RADIER 2

Les débits à cette station sont constitués par la somme de trois écoulements : lit mineur, bras rive droite et dalot rive gauche (voir vue en plan fig. n° 5). Le bras rive droite et le dalot rive gauche sont équipés chacun d'un élément d'échelle. Les corrélations inter-échelles établies jusqu'ici entre le lit mineur, le débordement RD et le dalot RG permettaient de déterminer les débits totaux transités au niveau du "Radier 2". Mais cette année l'importance de la crue et l'absence de jaugeages réalisés en hautes eaux, le fait que lit mineur et débordement RD communiquent à partir de la côte 130 (RD) ont compliqué le schéma et l'emploi de la formule de Manning-Strickler, pour extrapoler les hautes eaux, n'a même été possible que pour le dalot Rive gauche (fig. 10 et 11) faute de levés topographiques satisfaisants pour les deux autres sections.

En effet pour l'ensemble Lit Mineur - Rive droite, le lever topographique effectué sur le Radier à la fin de la saison des pluies 1985 introduit dans la formule de Manning Strickler conduisait à une surestimation aberrante des débits. Pour cette raison un nouveau lever topographique a été réalisé. Les figures 12 et 13 présentent respectivement les courbes de tarage du débordement et du lit mineur.

Les 21 jaugeages réalisés en 1985 sur le lit mineur sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

RADIER 2 - Lit mineur

Date	H (cm)	Q m <sup>3</sup> /s	Obs.	Date	H (cm)	Q m <sup>3</sup> /s	Obs.
16-07	365	25	Perche	16-08	351	6.43	Perche
"	353	8.45	"	"	350	5.36	"
20-07	354	8.66	"	18-08	397	118	Téléphérique
08-08	366	16.3	"	"	386	78.2	"
"	361	9.8	"	"	377	37.5	Perche
10-08	372	22.5	Téléphérique	"	443	208	Téléphérique
"	369	22.8	"	"	434	131	"
"	367	17	"	"	421	134	"
11-08	349	5.66	Perche	"	409	88.1	"
"	348	6.5	"	"	399	68.6	"
16-08	352	6	"				"

Le bras rive droite alimenté par les débordements amont du TELOUA a fait l'objet des mesures suivantes :

Date	H (cm)	Q m <sup>3</sup> /s	Obs.	Date	H (cm)	Q m <sup>3</sup> /s	Obs.
08-08	123	4,08	Perche	16-08	114	1,72	Perche
16-08	115	2,03	"	16-08	113	1,71	"

Au niveau du dalot rive gauche situé à quelques centaines de mètres, sur la route avant d'arriver au Radier 2, deux jaugeages ont été réalisés en 1985 :

Date	H (cm)	Q m <sup>3</sup> /s	Obs.
28-08	814,5	0,45	Perche
20-08	815	0,47	Perche

Sur la courbe de corrélation RD-Lit mineur (fig. n° 14 b), on distingue deux parties.

Un premier tronçon ( $H < 130$  cm RD) qui correspond à deux sections complètement indépendantes au niveau du radier. La cote de débordement atteinte en premier lieu au niveau de la rive droite, se traduit juste à l'amont du radier par un déversement partiel des écoulements du débordement dans le lit mineur ; sur le graphique 14 b par une nouvelle pente et un nouveau coefficient de corrélation entre les deux échelles.

Les débits qui transitent par le dalot sont plus faibles que ceux du bras RD. Il faut une crue importante comme celle du 18-08 pour qu'un écoulement s'y produise. Le manque d'observation en 1985 pour cette section nous amène à conserver la courbe de corrélation des hauteurs établie en 1982 (fig. 14 a)

### II.3 Piézomètre

Huit séries de hauteurs piézométriques ont été réalisées entre mai 1985 et février 1986 sur 8 piézomètres et 12 puits de la cuvette.

Les résultats des mesures sont regroupés dans les tableaux n° 7 et 8.

Les graphiques 15 à 19 présentant les variations ponctuelles du niveau de la nappe depuis l'origine des observations (qui remonte parfois à juin 1977).

Un lissage des courbes a été effectué afin de gommer les fluctuations parasites liées aux pompages essentiellement.

Des relevés plus fréquents ont été effectués dans le puits d'AZEL, à un rythme de 4 observations mensuelles, pendant les mois de septembre, octobre et novembre 1985. Ils sont regroupés dans le tableau n° 9 et présentés par le graphique n° 20.

## CHAPITRE III

### COMMENTAIRE ET ANALYSE

#### III.1 Précipitations

Depuis 1982, à part les postes d'Azal et d'Agadez, les pluviomètres de la cuvette sont concentrés sur les deux bassins d'AGASSAGHAS et d'AZAMELLA. Cette répartition n'est pas très satisfaisante mais elle permet cependant d'estimer la précipitation moyenne sur la partie amont de la cuvette entre Azal et RTA.

L'ensemble des pluviomètres a été mis en place le 30 mai et les précipitations ont été régulièrement relevées jusqu'au 13 septembre.

Afin de situer la pluviométrie de l'année 1985 dans le contexte inter annuel récent, l'analyse des précipitations a été précédée par une étude de la pluviométrie à AGADEZ depuis l'origine des observations (fig. 12 et 22) qui nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

	1922 - 1985 *	1922 - 1968 *	1969 - 1985
1. Pm annuelle (mm)	147	166	94
2. Nbre de Jours de pluie	24	25	21
Coefi. de corrélation entre 1 et 2	0,60	0,52	0,74

Tableau -a-

\* On n'a pas tenu compte de 1942 qui est une année incomplète.

en 1985 les résultats sont les suivants :

	AZEL	BV AGASSAGHAS	BV AZAMELLA	Pluie moy cuvette	AGADEZ
Pm annuelle (mm)	76	65,3	73,6	69,0	60,8
Nbre de jours de pluie	17	11	13	17	18

Tableau -b-

Le tableau -a- et la fig. 21, mettent en évidence l'existence de deux périodes : la première la plus humide qui prend fin en 1968 avec une pluie annuelle moyenne de 166 mm, la deuxième qui commence en 1969 et qui continue jusqu'à nos jours avec une pluie annuelle moyenne de 94 mm (soit un affaiblissement de près de 45 % par rapport à la période précédente.)

Le tableau -b- met deux autres faits en évidence :

◊ Les pluies ont été homogènes en 1985 sur la cuvette (ce qui permettra de retenir l'évènement principal du 18-8 pour la détermination des hydrogrammes types médians).

◊ La pluie moyenne sur le bassin est proche de celle du poste d'Agadez. (cf. corrélations 2-3, 3-4 de la fig. 23 b).

Après 1984 extrêmement déficitaire (4,2 mm) en 5 jours, l'année 1985 à AGADEZ avec 60,8 mm et 18 jours de pluie est encore éloignée de la normale de la période sèche récente définie précédemment (94 mm).

La corrélation entre la pluie annuelle et le nombre de jours de pluie n'est guère significative pour la période 1922-1985 ( $r = 0,60$ ). Elle montre qu'une année considérée comme humide peut avoir une pluviométrie concentrée sur quelques jours. Inversement, une année déficitaire peut présenter un nombre d'évènements relativement importants.

Mais l'observation du tableau -a- montre aussi que la diminution de la pluie annuelle de plus de 40 % ne s'accompagne que d'une diminution d'évènements de 16 %. Les pluies de moindre importance seraient donc plus nombreuses qu'avant.

- La répartition des pluies est très inégale durant la saison. En effet en juin et septembre on relève une seule pluie de faible importance ; les trois

averses de juillet ne représentant qu'environ 20 % de la pluie annuelle, le mois d'Août en concentrant de 70 à 80 %. Ce phénomène a été souvent constaté au cours des années précédentes.

- A la station d'AGADEZ, l'ajustement statistique des totaux annuels sur 63 ans entre 1921 et 1985 (les années 1921 et 1924 incomplètes ayant été écartées) suivant la méthode de maximum de vraisemblance de Y. BRUNET - MORET (adaptée par P. RIBSTEIN sur HP 41) montre que la loi de GALTON est la mieux adaptée. Toutefois cette loi surestime les faibles valeurs annuelles compte tenu du fait que sur 63 années d'observation la valeur 4 mm a déjà été relevée une fois. Il est donc vraisemblable que la centenaire sèche puisse tendre vers 0. Suivant GALTON, les valeurs, pour les fréquences en dépassement caractéristiques, sont les suivantes :

Fréquence au dépassement	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99
P mm	298.1	276.4	245.5	219.4	137.6	69.5	52.3	34.0	22.4

- La pluie maximale journalière enregistrée au 15 (27,7 mm) correspond à la pluie journalière de fréquence annuelle à Agadez (26 mm).

- Les bons coefficients moyens d'écoulement relevés cette année (41 et 40 %) sur les deux bassins (avec une pointe de 88 % à Agassaghas le 18/08) sont liés à la relative concentration des averses d'août dont celle du 18/08 qui représente le point final marquant (30 % du total annuel à Azamella, 35 % à Agassaghas)

### III.2 Débits

Au cours de cette campagne le contrôle des écoulements dans la cuvette a été limité à la partie amont comprise entre Azel et les radiers RTA. Les apports du bassin intermédiaire essentiellement représenté par les bassins d'Agassaghas et d'Azamella, ont donc aussi été contrôlés grâce à ces deux stations. De ce fait un bilan a pu être dressé entre l'entrée et la sortie

### III.2.1. Apports à AZEL

Les volumes écoulés à Azel sont liés aux précipitations moyennes sur le haut bassin (voir rapport HAUT-TELOUA 1985) mais une certaine dispersion subsiste avec les hauteurs de précipitations à Agadez ce qui ne permet pas de reconstituer une longue série de modules à partir des précipitations de ce poste.

Apports du Téloua à Azel  
en millions de m<sup>3</sup> (Voir fig. 12)

1959 (Razel)	46	1985	12
1980	46	1979	10
1977	34	1960	9
1975	29	1964	8
1978	24	1983	6
1981	24	1976	2
1982	23	1984	1

Avec 12 millions de m<sup>3</sup> l'année 1985 s'annonce meilleure que les deux précédentes (6 et 1 millions de m<sup>3</sup>) mais elle se situe encore nettement en deça de l'année moyenne (20 millions) fig. 23 a.

Le tableau n° 10 présente les crues enregistrées cette année avec leurs caractéristiques principales et le tableau n° 11 les débits moyens journaliers, mensuels et annuels. Douze crues ont été enregistrées, qui ont engendrées un volume de  $11,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , pour une lame écoulée de 8.6 mm. 73 % du volume écoulé reviennent à la crue du 18-08 qui est la deuxième crue, par ordre d'importance, depuis le début des observations.

### III.2.2. Apports à AGADEZ-NIGELEC et RADIER 1

Un seul écoulement a eu lieu le 18-08 résultant de deux petites crues consécutives à deux heures d'intervalle. Le volume total écoulé est de  $72,6 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  avec un débit maximal de  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  qui correspond à une côte à

l'échelle Nigelec de 009 cm. Toutes les autres crues sont passées dans le bras nord du Téloua à la station Radier 2.

### III.2.3. Apports à RADIER 2

Les débits à cette station sont obtenus par la somme des éléments : lit mineur, bras rive droite et dalot rive gauche.

Les tableaux suivants présentent les crues et leurs caractéristiques à chacune des trois stations :

#### RADIER 2 - Lit mineur

Dates	H max (cm)	Q max (m <sup>3</sup> /s)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	te (h)
27/06	335	0.5	4.11	5
28/06	334	0.4	3.3	6
12/07	350	5	36	6
14/07	342	1.5	7.8	6
15/07	341	1.2	9.12	5.5
16/07	376	41	258	21
20/07	356	10.5	312	19.5
08/08	380	50	180	7
11/08	370	30	435	17.5
12/08	356	11	134.3	17
16/08	351	5.5	141	18.5
18/08	461	265	6 900	55

Ve = volume écoulé  
te = temps d'écoulement



**RADIER 2 - Bras RD**

Dates	H max (cm)	Q max (m <sup>3</sup> /s)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	te (h)
27/06	107	0.15	1.26	4.5
28/06	106	0.13	0.37	1.5
12/07	115	1.67	11	6
14/07	111	0.7	5.52	6
15/07	110	0.52	4.05	5
16/07	129	8.35	67.9	17
20/07	118	2.65	89.8	18.5
08/08	131	9.75	47.1	7
11/08	126	6.5	108.9	17.5
12/08	118	2.65	45	16.5
16/08	116	1.97	58.8	15.5
18/08	187	51	1390	55

**RADIER 2 - Dalot**

Dates	H max (cm)	Q max (m <sup>3</sup> /s)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	te (h)
12/07	806	0.1	0.51	3
16/07	828	1.24	5.7	6
20/07	811	0.28	5.79	9
08/08	831	1.44	4.2	4.5
11/08	823	0.88	9	9.5
12/08	811	0.28	2.1	6
16/08	807	0.12	1.92	8.5
18/08	899	8	210	51

Les 12 crues relevées à Azel ont transité par le Radier 2 simultanément sur le bras RD et le lit mineur, mais 8 seulement ont été enregistrées au niveau du dalot.

Les tableaux 12 et 13 rassemblent :

◊ Les débits moyens journaliers, mensuels et annuels à cette station pour l'année 1985.

◊ Les principales caractéristiques des crues pour cette même année.

Le volume écoulé cette année au niveau du Radier 2 est de 10,5 millions de m<sup>3</sup>, dont 81 % reviennent à la crue du 18/08.

#### III.2.4. Comparaison des volumes écoulés sur chacun des Radiers R.I.A.

A l'origine la plus grande partie des écoulements du TELOUA transitait par le Radier 1. Mais des travaux de GENIE-CIVIL ont été entrepris en amont de ce radier pour essayer de reporter sur le Radier 2 la majeure partie des volumes écoulés, afin de protéger AGADEZ des inondations. Au cours de la deuxième crue de juillet 1981, les premiers ouvrages (épis et digues) ont été partiellement détruits et une partie non négligeable des écoulements postérieurs (27 %) a continué à transiter sur le bras sud. Mais en 1982 seulement 10 % des volumes écoulés sur le radier 2 ont transité par le bras sud, ce qui montre l'efficacité des ouvrages remis en état après la saison des pluies 1981. En 1983 et 1984 la faiblesse des écoulements n'a pas permis au bras sud de fonctionner.

A l'heure actuelle, les petites crues passent en totalité sur le Radier 2. Au dessus d'une certaine côte les crues plus importantes transitent en partie par le Radier I.

Les écoulements importants de 1985 lèvent tout doute sur l'efficacité des ouvrages GTZ pour la protection de la ville contre les crues. Mais cette efficacité a engendré des conséquences négatives sur l'alimentation de la nappe dans cette partie de la cuvette qui assure l'approvisionnement en eau de la ville.

En effet depuis 1983 on y constate une baisse continue du niveau piézométrique. Et pour remédier à cette situation des travaux sont en cours afin d'améliorer l'alimentation et l'infiltration dans cette partie sensible de la cuvette.

### III.2.5. Les apports des bassins intermédiaires

#### a) AGASSAGHAS

A partir du même dispositif qu'en 1984, 11 averses et 4 crues ont été enregistrées dont deux sont faibles (moins que  $5.10^3 \text{ m}^3$ ). Les pluviométries moyennes qui ont donné lieu à un écoulement sur le bassin sont supérieures à 6 mm, si l'on excepte le très faible écoulement obtenu le 27-06, qui correspond à un ruissellement localisé uniquement à l'exutoire.

Les apports crue par crue et leurs principales caractéristiques ainsi que les débits moyens journaliers, mensuels et annuels sont regroupés dans les tableaux 14 et 15 ; les isohyètes mensuelles et annuelles dans les graphiques 24, 25, 26, 27.

La crue du 18/08 produit à elle seule 77 % de l'écoulement annuel. Le débit maximum atteint  $36 \text{ m}^3$ . Les coefficients d'écoulement sont très variables ; le minimum a été logiquement enregistré en début de saison des pluies (le 27/06 il est de 13 %) , le maximum en fin de saison au cours de la crue du 18/08 (88 %). La variabilité du coefficient d'écoulement est liée à divers facteurs :

- l'importance de l'averse, son intensité, son homogénéité dans le temps et dans l'espace
- l'écart qui sépare deux évènements et qui influe sur l'état de surface et de saturation des sols et du lit alluvial.

a-1 Variabilité interannuelle des écoulements

Années	Ve ( $10^3 \text{ m}^3$ )	Pm (mm)	He (mm)	Ke %
1978	47	100	8.2	8
1979	49	75	8.5	11
1980	243	150	42	25
1981	280	115	48.3	42
1982	390	171	67	40
1983	12	70	2	3
1984	12	9	2	26
1985	152	65	26.3	40
La moyenne	148	94	25.5	24

En fonction des volumes écoulés, l'année 1985 apparaît (tableau précédent) à Agassaghas comme une année normale. Si la pluie moyenne est plus faible que la valeur interannuelle, les autres paramètres du rapport "précipitation / écoulement" sont plutôt au-dessus de la moyenne. Mais il est nécessaire de garder à l'esprit que la période d'observation est entièrement comprise dans la phase sèche définie précédemment (fig. 21) et que confirme la corrélation entre pluie moyenne et annuelle à Agassaghas et à Agadez (coefficient de 0,93 sur 8 couples) fig. 23 b. Et dans ce cas les valeurs enregistrées en 1985 pourraient ne plus apparaître excédentaires.

b) AZAMELLA

Le kori d'Azamella a été suivi de la même façon que les années précédentes. 13 averses et 11 crues ont été enregistrées. Le volume total écoulé a été de 1,85 millions de  $\text{m}^3$  ce qui correspond pour un bassin de  $61 \text{ Km}^2$  à une lame d'eau écoulée de 30.3 mm.

Les tableaux n° 20 et 21 et les graphiques n° 28 à 35 regroupent respectivement :

- ◊ les principales caractéristiques des crues en 1985
- ◊ les débits moyens journaliers, mensuels et annuels en 1985
- ◊ les isohyètes mensuelles et annuelles, les hydrogrammes des crues du 08/08 et 18/08 et les isohyètes correspondantes.

b-1- Variabilité interannuelle des écoulements :

Années	Ve ( $10^3 \text{ m}^3$ )	Pm (mm)	He (mm)	Ke %
1978	610	(110)	10,0	9
1979	420	81	6,8	8
1980	2 490	223	41,3	18
1981	2 260	128	37,7	29
1982	3 150	146	51,6	35
1983	428	71	7,0	10
1984	0	7,4	0	0
1985	1 848	73,6	30,3	41
La moyenne	1 401	105	23,1	19

Les écoulements sur Azamella en 1985 présentent proportionnellement les mêmes aspects qu'à Agassaghas.

Le coefficient d'écoulement est même le plus élevé enregistré sur les huit années d'observation. Avec 41 % il égale celui d'Agassaghas habituellement plus élevé en raison de la moindre superficie du bassin.

### III.3 Bilan entre Azel et les 2 Radiers

Dates	Ve AZEL (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Ve AGASSAGHAS (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Ve AZAMELLA (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Ve Radier II (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Ve Radier I (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Pertes * (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
27-06	6.5	3.56		5.37		4.69
28-06	430			3.67		426
12-07	144		183	47.5		279.5
13-07	107			13.3		93.2
15-07	57.0		79.2	13.2		123
16-07	570		139.5	332		378
19-07	474			408		66.4
08-08	113	27.0	453	231		362
10-08	657		3.75	553		108
12-08	190	4.50	96.5	181.5		110
16-08	341		10.7	202		150.4
18-08	8 815	117.0	882.0	8 500	72.6	1 241
TOTAL	11 904	152	1 848	10 490	72.6	3 341

$$\begin{aligned} \text{Pertes} &= \text{Ve (AZEL + AGASSAGHAS + AZAMELLA)} - \text{Ve (RADIERS)} \\ &= (11\,904 + 152,06 + 1847,6) 10^3 - (10\,490 + 72,6) 10^3 \end{aligned}$$

$$\text{Pertes} = 3\,341 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

### III.4 Schéma des écoulements entre Azel et les Radiers

Si on néglige les pertes par évaporation, le volume stocké dans les nappes d'inféro-flux et alluviales du kori apparaît comme la différence entre les volumes d'entrée mesurées à Azel et sur les deux bassins intermédiaires et les volumes de sortie mesurés au passage de la route Tahoua-Arlit (RTA)

Afin de mieux comprendre les mécanismes d'infiltration et d'écoulement en fonction du temps durant la saison, le tableau précédent a été complété par deux graphiques ("36 a" et "36 b") à coordonnées log-log.

- le graphique "36 a" fait correspondre le log de la somme des volumes d'entrée ;  $\log \xi (V_{azel} + V_{ag} + V_{aza})$  ; avec celui des pertes ;  $\log \xi$  (pertes)

Remarque :

Chaque point correspond donc à des valeurs cumulées de volumes et caractérise l'évolution temporelle des phénomènes. L'intérêt des échelles log est qu'elles linéarisent les valeurs cumulées, les cassures éventuelles signalant un changement de régime dans les mécanismes.

Ainsi sur le graphique "36 a" peut-on distinguer deux phases :

- la première : du 27/06 au 16/07 correspond à la reconstitution de la nappe alluviale, et à un taux d'infiltration important compte tenu de l'état du lit en début de saison.
- La deuxième phase : du 16/07 au 18/08 correspond à l'arrivée de volumes d'eau plus importants consécutifs à des averses plus fortes et à un lit pratiquement saturé d'où une réduction relative du volume des pertes.
- Le graphique "36 b" est du même type ; mais à la différence du "36 a" il met en rapports le log de la somme des volumes d'entrée  $\log \xi (V_{AZ} + V_{AG} + V_{AGA})$  avec celui de la somme des volumes écoulés aux niveaux de RTA (c'est à dire la valeur complémentaire des pertes aux volumes d'entrée) ;  $\log \xi (V_e (R_I + R_{II} + D))$

Sur ce graphique trois tronçons de droite apparaissent :

- ◇ le premier : il correspond aux premiers écoulements de la saison où le pourcentage de volume arrivant aux radiers est insignifiant (juin = 2 %)
- ◇ le second correspond aux écoulements de juillet où le pourcentage écoulé aux radiers est égal à 46 %.
- ◇ le troisième correspond aux écoulements d'Août où le pourcentage écoulé aux radiers atteint 83 %. Ce pourcentage étant largement influencé par la dernière et forte crue du 18 Août au cours de

laquelle les pertes n'ont pas dépassé 13 % ce qui traduit un état avancé de saturation de la nappe alluviale.

### III.5 Piézométrie

Les hauteurs piézométriques relevées au cours de l'année 1985 présentées dans les tableaux 7 et 8 et reportées sur les graphiques 15, 16, 17, 18 et 19 permettent de suivre l'évolution du niveau de la nappe, depuis 1977 avec les piézomètres, depuis 1979 avec les puits.

Sur l'ensemble des 12 courbes de la cuvette, on peut distinguer trois périodes plus ou moins nettes selon la distance qui sépare les points de mesure du kori Téloua.

La première période regroupe les années 77 à 79 au cours de laquelle les apports du Téloua sont proches de la moyenne des 10 dernières années.

La deuxième période de 1980 à 1983 regroupe les années excédentaires de la dernière décennie qui correspondent à une recharge de la nappe.

La troisième période après 1982 liée à l'impact des années déficitaires (saisons 83-84 et 84-85) et au transfert de la quasi totalité des écoulements sur le bras nord.

La comparaison des différentes courbes permet toujours de dégager 4 groupes de comportement :

◊ Le premier groupe est représentatif des phénomènes proches du Kori en amont des ouvrages GTZ. Jusqu'en 1984 ces puits présentaient des fluctuations importantes directement liées aux écoulements du Téloua, mais tous restaient en eau. Depuis, un certain nombre présentent des réactions inquiétantes : Le puits n° 7 ; il s'est asséché à la fin de la saison sèche 85. En eau dès les premières crues, il présentait en fin de saison humide une remontée de 3 mètres. Mais en novembre 85 il était de nouveau à sec.



Le puits 58 est sec lui aussi depuis l'automne 1984 ; le puits 20 depuis le printemps 1985. Les réactions, l'état de ces 3 puits montrent bien l'affaiblissement général de la nappe phréatique après les dernières années de sécheresse et l'insuffisance de la recharge en 1985 malgré la belle, mais trop rapide crue du 18/08/85. Les autres puits du groupe, 11 et 61, ont mieux résistés mais leurs variations sont très importantes au cours de la saison (parfois spectaculaire ; + 6 mètres pour le 11 après le 18/08), mais aussi très rapides, les niveaux s'effondrent très vite après le passage de la crue, faute de réserve suffisante de la nappe.

◊ Le deuxième groupe : il comprend les puits 50, 53, 54 et 105 dont les variations de niveau sont représentatives des phénomènes bordiers de la nappe (fig. 16).

Contrairement au groupe précédent qui reflète les apports du Téloua, ce groupe présente des réactions plus lentes et moins prononcées.

Depuis la fin de 1982 et en raison des années déficitaires qui ont suivi, on note une décroissance continue des courbes. Ce phénomène est plus net pour les puits 50 et 53, qui atteignent des niveaux inférieurs à ceux de 1979, que pour les puits 54 et 105, du fait de leur situation plus éloignée par rapport au kori, et de leur profondeur.

◊ Troisième groupe : il est constitué des puits 47, 37 et 42 ainsi que des piézomètres B2 et C3. Ce groupe représentatif des phénomènes proches du KORI en aval des ouvrages GTZ a une réponse comparable à celle du premier groupe, aux apports du KORI, mais d'une manière moins prononcée. La présence de la digue sur le bras sud et la faiblesse des écoulements depuis 3 ans sont sans doute à l'origine de la descente continue et des faibles fluctuations annuelles du niveau.

Phénomène inquiétant pour les pompages NIGELEC B2 et C3 qui connaissent un rabattement spectaculaire. Actuellement, la nappe est à moins 7 m par rapport à la fin de 1982. Les autorités conscientes de la gravité de la situation ont entrepris de nouveaux travaux dans le lit et sur les berges en vue d'améliorer l'alimentation du bras sud et de refavoriser l'infiltration dans cette zone sensible.

Ces travaux consistent à pratiquer une ouverture dans la digue qui fermait le bras sud au niveau des 3 Epis (puits 20) et à construire une autre digue au travers du KORI juste en aval de l'ouverture pour dévier les faibles écoulements du TELOUA vers la brèche.

◊ 4ème groupe : Situé en aval des Radiers, ce groupe est constitué des piézomètres  $N_2$ ,  $N_4$ ,  $N_6$  et  $N_8$ . A part  $N_8$  qui est à sec depuis la saison précédente, les autres piézomètres traduisent bien par leur réponse l'impact de ces dernières années sur la nappe dans cette partie de la cuvette. La figure 18 montre un affaiblissement régulier des niveaux de  $N_2$  et  $N_6$ , malgré un léger sursaut de fin de saison humide. Une réponse normale si on tient compte de la pauvreté des écoulements de ses dernières années et des positions respectives de ses piézomètres.

$N_8$  dont le comportement était jusqu'à présent différent de celui de ses voisins ( $N_6$ ) -fig. 19- par ses réactions plus prononcées et qui se retrouve à sec semble confirmer les deux hypothèses émisent en 1984 concernant la structure de la nappe dans la cuvette (rapport 1984 - R. GALLAIRE)

La nappe de la cuvette d'Agadez en aval des radiers pourrait ne pas être une unité, mais plutôt une série de petites nappes indépendantes sans grande relation entre elles et avec les couloirs d'écoulements de surface (différence  $N_6$ ,  $N_8$ ).

Elle pourrait aussi constituer un complexe étagé qui expliquerait l'assèchement rapide de certains piézomètres et la bonne résistance de certains autres aux années sèches successives.

### **III.6 Hydrogramme type median des bassins versants d'AGASSAGHAS et d'AZAMELLA**

Sur les crues observées entre 1978 et 1985, il a été procédé à une sélection très sévère des événements averses-crues dans le but de dégager les phénomènes unitaires. 5 événements ont ainsi été sélectionnés sur chacun des bassins d'AZAMELLA et d'AGASSAGHAS dont 4 ont été retenus parmi les 7 choisis par A. RABHI en 1982 pour la détermination de l'hydrogramme unitaire sur ce dernier bassin. Les années 83 et 84 n'ont produit aucun événement intéressant.

En 1985, seul celui ayant engendré la crue du 18 Août a pu être ajouté  
Les critères de sélections sont les suivants :

- 1) Homogénéité dans le temps et dans l'espace de l'averse, en se basant :
  - ◊ Sur les isohyètes avec les pluies moyennes, maximales, minimales et le rapport  $Q_{rx}/L_r$  ( $Q_{rx} = Q_{max} - Q_{base}$ ) pour la détermination de l'homogénéité spatiale.
  - ◊ Sur le temps de montée ( $t_m$ ) et le temps de base ( $t_b$ ) pour vérifier l'homogénéité temporelle.
- 2) Une quantité d'eau suffisante, susceptible de produire une lame ruisselée représentative de l'ensemble du bassin :  
En se basant : sur le volume ruisselé, la lame ruisselée et le coefficient de ruissellement.

Les caractéristiques des averses sélectionnées sur les deux bassins sont regroupées dans les tableaux suivants :

#### Bassin Versant d'AGASSAGHAS

Pluviométrie									
Dates	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P max (mm)	P moy (mm)	P min (mm)
19-07-81	23,4	18,1	16,5	29,5	17,4	15,0	29,5	18,5	15,0
9-08-82	15,2	14,0	21,2	23,1	22,5	27,0	27,0	21,8	14,0
12-08-82	28,5	15,7	18,5	13,1	19,1	20,3	28,5	18,6	13,1
31-08-82	25,5	32,7	32,8	45,1	47,0	46,8	47,0	40,5	25,5
18-08-85	8,5	18,0	23,0	27,5	24,6	25,8	27,5	23,0	8,5

Crue								
Dates	$V_r$ ( $10^3 m^3$ )	$L_r$ (mm)	$K_r$ %	$t_m$ (mn)	$t_b$ (mn)	$Q_{max}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{rx}$	$\frac{Q_{rx}}{L_r}$
19-07-81	48,0	8,3	44	60	165	16,6	16,5	1,98
9-08-82	38,2	6,6	30	50	155	13,8	13,7	2,07
12-08-82	29,2	5,0	27	60	157	7,7	7,4	1,47
31-08-82	144,6	24,9	61	70	150	51,3	50,8	2,04
18-08-85	93,6	16,1	70	52	174	36,0	35,8	2,22

### Bassin Versant d'AZAMELLA

Pluviométrie									
Dates	P 10	P 11	Pe 12	P 13	P 14	P 15	P max (mm)	P moy (mm)	P min (mm)
12-07-80	12.4	17.4	18.2	23.7	18.9	19.4	23.7	19.7	12.4
14-08-80	20.0	34.7	19.0	38.2	25.8	11.0	38.2	28.3	11.0
09-08-82	19.1	23.0	24.5	27.5	32.7	36.3	36.3	27.4	19.1
12-08-82	19.6	20.0	22.2	26.5	15.7	20.4	26.5	21.1	15.7
18-08-85	15.2	24.7	20.5	17.0	21.5	27.5	27.5	21.5	15.2

Crue								
Dates	Vr (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Lr (mm)	Kr %	tr. (mn)	tb (mn)	Q max (m <sup>3</sup> /s)	Qrx (m <sup>3</sup> /s)	Qrx Lr
12-07-80	367	6.0	25	72	372	88	87	14.5
14-08-80	427	7.0	25	70	397	99	98	14.0
09-08-82	576	9.4	34	75	378	108	106	11.27
12-08-82	630	10.3	48	90	426	101	100	8.92
18-08-85	682	11.2	40	95	410	117	116	10.4

Les hydrogrammes et les ischyètes des averses sélectionnées sont reportés sur les graphiques 37 à 41 pour le bassin versant d'AGASSAGHAS et sur les graphiques 43 à 47 pour le bassin d'AZAMELLA. Les hydrogrammes de ruissellement pur de ces crues réduits à une lame ruisselée de 1 mm sont donnés pour les bassins d'AGASSAGHAS et AZAMELLA respectivement dans les tableaux 18 et 19. Sur les figes 42 et 48 on a représenté les hydrogrammes moyens et médians. Par leurs tracés respectifs qui sont pratiquement confondus, les hydrogrammes moyens et médians prouvent la bonne homogénéité des crues sélectionnées. La valeur de ces hydrogrammes pourra peut-être être testée durant la saison des pluies 1986.

## C O N C L U S I O N

L'année 1985, bien qu'elle fasse partie de la série des années déficitaires de la dernière décennie, est loin d'être aussi catastrophique que 1984. Les précipitations sur la cuvette ont été relativement faibles mais les écoulements à AZEL se placent dans la moyenne des 10 années connues.

La crue du 18 Août qui constitue à AZEL le deuxième évènement par ordre d'importance et qui représente en 1985 74 % des apports annuels du haut TELOUA a permis de confirmer l'efficacité des ouvrages qui assurent la protection d'AGADEZ. Cette crue a d'autre part mis en évidence la nécessité d'assurer un contrôle plus précis des écoulements du débordement rive droite du Radier II à partir de la cote de communication avec le lit mineur sur la route Tahoua - Arlit.

Le volume d'eau piégé dans la partie amont de la cuvette s'élève en 1985 à 3,3 millions de m<sup>3</sup>. Un apport apparemment insuffisant puisque la descente de la nappe continue ; phénomène inquiétant du fait de l'accroissement du nombre de piézomètres et de puits asséchés. C'est ainsi que des travaux sont en cours pour ouvrir partiellement la digue qui fermait le bras sud et dévier les faibles écoulements vers la zone de recharge de la nappe assurant l'alimentation de la ville d'AGADEZ. Un contrôle de l'efficacité de ces modifications de la répartition des écoulements de surface sera entrepris pendant la saison 1986.

## LISTE DES TABLEAUX

- 1 - AGASSAGHAS : Pluviométrie de Juin et Juillet
- 2- AGASSAGHAS : Pluviométrie d'Août et Septembre
- 3- AZAMELLA : Pluviométrie de Juin et Juillet
- 4- AZAMELLA : Pluviométrie d'Août et Septembre
- 5- AGASSAGHAS : Pluviométrie mensuelle et annuelle
- 6- AZAMELLA : Pluviométrie mensuelle et annuelle
- 7- Cuvette d'AGADEZ : Relevés des niveaux piézométriques
- 8- Cuvette d'AGADEZ : Relevés du niveau des puits
- 9- AZEL : Evolution du niveau d'eau dans le puits
- 10- AZEL : Caractéristiques des crues
- 11- AZEL : Débits moyens journaliers
- 12- RADIER 2 : Débits moyens journaliers
- 13- RADIER 2 : Caractéristiques des crues
- 14- B.V. AGASSAGHAS : Caractéristiques des crues
- 15- B.V. AGASSAGHAS : Débits moyens journaliers
- 16- AZAMELLA : Caractéristiques des crues
- 17- AZAMELLA : Débits moyens journaliers
- 18- AGASSAGHAS : Hydrogrammes moyen et médian
- 19- AZAMELLA : Hydrogrammes moyen et médian.

TABLEAU N° 1  
Précipitation AGASSAGHAS ( 1985 )

J U I N							J U I L L E T					
Jours	P 2	P 3	Pe 4	P 5	P 6	P 7	P 2	P 3	Pe 4	P 5	P 6	P 7
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11							(13,6)	10,1	7,3	8,6	7,6	8,9
12												
13												
14							0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15							0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16							1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27	( 9,0)	4,8	5,0	6,1	3,8	2,9						
28												
29												
30												
31												
TOTAL	( 9,0)	4,8	5,0	6,1	3,8	2,9	15,5	10,3	7,3	8,6	7,6	8,9

Pluie moyenne de Juin  
sur le Bassin = 4,6 mm

Pluie moyenne de Juillet  
sur le Bassin = 8,9 mm

TABLEAU N° 2  
Précipitation AGASSAGHAS ( 1985 )

A O U T							S E P T E M B R E					
Jours	P 2	P 3	Pe 4	P 5	P 6	P 7	P 2	P 3	Pe 4	P 5	P 6	P 7
1												
2							0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,2
3												
4	1,0	1,5	0,9	2,1	1,3	3,0						
5												
6												
7												
8	(22,0)	10,2	4,0	8,2	12,5	13,3						
9												
10	3,6	5,4	3,0	3,7	5,7	6,9						
11												
12	( 3,0)	5,8	5,0	12,5	9,5	8,3						
13												
14												
15	5,0	4,5	3,0	2,8	2,5	1,9						
16												
17												
18	( 8,5)	18,0	23,0	27,7	24,6	25,8						
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31	0,5	0,5	0,0	0,2	0,3	0,1						
TOTAL	43,6	45,9	38,9	57,0	56,4	59,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,2

Pluie moyenne d'Août  
sur le bassin = 51,4 mm

Pluie moyenne de Septembre  
sur le bassin = 0,3 mm



TABLEAU N° 3  
Précipitation AZAMELLA ( 1985 )

J U I N							J U I L L E T					
Jours	P 10	P 11	Pe 12	P 13	P 14	P 15	P 10	P 11	Pe 12	P 13	P 14	P 15
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11							18,3	14,0	10,0	6,3	7,5	8,9
12												
13												
14												
15							1,0	1,0	6,0	12,0	5,0	0,0
16							1,8	1,7	2,8	14,7	5,3	0,0
17												
18												
19							0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27	6,2	5,0	3,2	4,8	3,0	2,1						
28							0,6	0,0	1,5	3,3	3,1	3,4
29												
30												
31												
TOTAL	6,2	5,0	3,2	4,8	3,0	2,1	20,8	15,8	14,9	25,5	16,4	12,4

Pluie moyenne de Juin  
sur le Bassin = 4 mm

Pluie moyenne de Juillet  
sur le bassin = 17,8 mm

TABLEAU N° 4

Précipitation AZAMELLA ( 1985 )

A O U T							S E P T E M B R E					
Jours	P 10	P 11	Pe 12	P 13	P 14	P 15	P 10	P 11	Pe 12	P 13	P 14	P 15
1												
2							1,0	0,3	0,0	0,1	0,3	0,8
3												
4	3,1	1,7	2,0	2,2	1,8	1,5						
5												
6												
7												
8	16,0	9,4	14,2	16,5	17,0	19,5						
9												
10	7,8	4,5	1,0	1,5	1,5	2,8						
11												
12	11,3	1,5	7	8,8	6,0	5,5						
13												
14												
15	5,5	4,9	6,0	3,7	3,2	5,2						
16												
17												
18	15,2	24,7	20,5	17,0	21,9	27,5						
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31	0,8	0,5	0,0	0,1	0,2	0,0						
TOTAL	59,7	47,2	50,7	49,8	51,2	62	1,0	0,3	0,0	0,1	0,3	0,8

Pluie moyenne d'Août  
sur le bassin = 51,5 mm

Pluie moyenne de Septembre  
sur le bassin = 0,3 mm

B.V. D'AGASSAGHAS

Précipitations mensuelles et annuelles 1985

Tableau n° 5

N° PLUVIO	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	TOTAL	Coefficient de THIESSEN
P2	9,0	15,5	43,6	0,5	68,6	0,07
P3	4,8	10,3	45,9	0,3	61,3	0,13
Pe 4	5,0	7,3	38,9	0,5	51,7	0,20
P5	6,1	8,6	57,0	0,3	72,0	0,14
P6	3,8	7,6	56,4	0,3	68,1	0,22
P7	2,9	8,9	59,3	0,2	71,3	0,24
<b>Pluie P : moyenne</b>	4,6	8,9	51,4	0,3	65,3	

B.V. D'AZAMELLA

Précipitations mensuelles et annuelles 1985

Tableau n° 6

N° PLUVIO	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	TOTAL	Coefficient de THIESSEN
P10	6,2	20,8	59,7	1,0	87,7	0,05
P11	5,0	15,8	47,2	0,3	68,3	0,25
Pe 12	3,2	14,9	50,7	0,0	68,8	0,17
P13	4,8	25,5	49,8	0,1	80,2	0,23
P14	3,0	16,4	51,2	0,3	70,9	0,18
P15	2,1	12,4	62,0	0,8	77,3	0,12
Pluie P : moyenne	4,0	17,8	51,5	0,3	73,6	

Evolution des niveau d'eau  
dans les piézomètres

Tableau n° 7

Dates Piézo	29-05-85	1-07-85	15-07-85	30-07-85	15-08-85	30-08-85	27-11-85	18-02-85
B2	13,22	13,45	13,60	13,66	13,73	13,72	13,99	14,69
C3	13,17 *	13,50	13,35	13,57	13,65	13,36	14,00 *	14,40
N2	14,42	14,50	14,55	14,60	14,66	14,65	14,25	14,62
N4	23,07	22,95	23,00	22,96	22,93	22,85	22,93	22,92
N6	21,47	21,30	21,30	21,35	21,37	21,41	21,53	21,60
N8	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec

\* C3 en cours de pompage

E v o l u t i o n   d e s   n i v e a u x   d ' e a u  
d a n s   l e s   p u i t s

Tableau n° 8

	Dates Puits	31-05-85	1-07-85	15-07-85	30-07-85	15-08-85	30-08-85	27-11-85	18-02-85
Camping	7	sec	sec	sec	8,80	8,75	5,25	7,68	8,90
Azamella	61	8,12	8,03	7,80	6,35	5,70	3,50	4,94	6,00
Agassaghas	58	sec	sec	sec	sec	sec	sec	7,80 *	sec
Pépinière	11	8,52	8,30	6,65	5,32	7,19	1,72	3,02	4,12
Alarcès	20	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
Gendarmerie	54	16,26	16,45	16,54	16,52	16,55	16,57	16,74	16,85
Gendarmerie	53	12,97	13,00	13,20	13,30	13,45	sec	13,10	sec
Fort	50	12,09	12,20	12,20	12,33	12,40	12,45	12,85	13,40
Nigelec	37	13,17	13,10	13,65	13,33	13,47	13,76	13,86	sec
Nigelec	47	13,27	12,80	13,60	13,20	12,97	13,90	***	15,0
Tanneurs	42	11,27	12,00	12,15	12,06	12,34	12,50	12,79 **	13,20
Algerien	105	15,62	15,50	15,55	15,49	15,55	15,54	15,80	16,0

- \* 58 bis : un puits à 20 m du 58 (qu'il faut rattacher)
- \*\* Ancien point d'origine sud remplacé par point d'origine à l'est (Nivelé % à la base:  
Différence : 40 cm de plus que l'ancien
- \*\*\* Puit en cours d'approfondissement.

**Evolution du niveau d'eau  
dans le puit d'Azél**

Date	9-09-85	16-09-85	23-09-85	30-09-85	7-10-85	14-10-85	21-10-85	28-10-85
Puit à AZEL	5,45	6,60	7,00	6,40	8,40	9,53	8,20	10,40

Dates	4-11-85	11-11-85	18-11-85	25-11-85
Puit à AZEL	10,20	10,20	10,60	10,64

**Tableau n° 9**

Tableau n° 10

Caractéristiques des crues  
à AZEL (1985)

Dates	H max (m)	Q max (m <sup>3</sup> /s)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	He (mm)	Tm (mn)	Te (mn)
27-06-85	0,26	0,8	6,5	0,005	35	255
28-06-85	0,80	21,3	429,9	0,32	100	645
12-07-85	0,66	12,4	144,0	0,11	50	960
13-07-85	0,50	5,5	106,5	0,08	10	840
15-07-85	0,62	10,3	57,0	0,04	35	845
16-07-85	1,52	124,0	570,0	0,42	14	1107
19-07-85	1,02	47,1	474,0	0,35	15	1090
08-08-85	0,67	12,9	113,2	0,08	155	555
10-08-85	1,05	51,5	657,0	0,48	60	1260
12-08-85	0,60	9,3	190,2	0,14	315	1345
16-08-85	0,63	10,8	341,4	0,25	555	2220
18-08-85	2,60	395,0	8815	6,29	430	4540
TOTAL			11 904			

\* La superficie du B.V. (jusqu'à AZEL) = 1360 km<sup>2</sup>



TABLEAU N° 11

A Z E L

Débits moyens journaliers (m<sup>3</sup>/s) en 1985

Jours	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8								1.26				
9								0.05				
10								4.90				
11								2.71				
12							1.67	1.56				
13							1.232	0.64				
14												
15							0.59					
16							5.45	3.78				
17							1.21	0.173				
18								66.32				
19							0.92	27.08				
20							4.57	5.44				
21								0.125				
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28						4.98						
29												
30												
31												
Q moy						0.166	0.505	3.68				

Module 369 l/s  
 Volume écoulé 11 904 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>  
 Lamé d'eau écoulée 8,7 mm  
 P moy. Bassin versant : 76 mm  
 Coefficient d'écoulement : 11,4 %  
 Superficie du bassin : 1364 km<sup>2</sup>

Crue maximale le 18/08/85

Q max = 395 m<sup>3</sup>/s

TABLEAU N° 12

RADIER II

Débits moyens journaliers (m /s) en 1985

Jours	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8								2.19				
9								0.49				
10												
11								2.64				
12							0.55	4.92				
13								0.94				
14							0.154					
15							0.12					
16							3.00	2.24				
17							0.865	0.095				
18								42.13				
19								49.0				
20							4.72	7.275				
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27							0.063					
28							0.042					
29												
30												
31												
Q moy						0.004	0.303	3.61				

Module : 333 l/s  
 Volume écoulé : 10 490.10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>

Tableau n° 13

LE TELOUA A RADIER 2

Principales caractéristiques des crues en 1985

	Dates	H max (cm)	Q max (m <sup>3</sup> /s)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
1	27-06	335	0,5	5,37
2	28-06	334	0,4	3,67
3	12-07	350	5,0	47,51
4	14-07	342	1,5	13,32
5	15-07	341	1,2	13,17
6	16-07	376	41	331,60
7	20-07	356	10,5	407,59
8	08-08	380	50	231,3
9	11-08	370	30	553
10	12-08	356	11	181,5
11	16-08	351	5,5	201,72
12	18-08	461	265	8 500

AGASSAGHAS EN 1985

Listes des crues  $s = 5,0 \text{ km}^2$

Tableau n° 14

Date	P max (mm)	P moy (mm)	P min (mm)	H max (cm)	Q max (m <sup>3</sup> /s)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	He (mm)	Ke (%)	Tm (mn)	Te (mn)	Mensuel		
											Pm (mm)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Ke (%)
27-06-85	9,0	4,6	2,9	35	0,8	3,56	0,6	13,0	65	882	4,6	3,56	13,3
11-07 12-07	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8-08	22,0	10,7	4,0	63	5,0	27,00	4,7	43,9	70	840	51,4	148,5	50,0
12-08	12,5	7,8	3	40	1,5	4,5	0,8	10,2	30	918			
18-08	27,5	23,0	8,5	120	36,0	117,0	20,2	87,8	50	1110			
Annuel	-	65,3	-	120	36,0	152,06	26,3	40,2	-	3750			

TABLEAU N° 15

BASSIN VERSANT : AGASSAGHAS

Débits moyens journaliers (m<sup>3</sup>/s) en 1985

Jours	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8								0.28				
9								0.034				
10												
11												
12								0.048				
13								0.004				
14												
15												
16												
17												
18								1.343				
19								0.011				
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27						0.038						
28						0.003						
29												
30												
31												
						0.01		0.05				

Module 4.6 l/s  
 Volume écoulé 152 060 m<sup>3</sup>  
 Lamé d'eau écoulée 26.3 mm  
 Pluie moyenne 65.3 mm  
 Coefficient d'écoulement 40,2 %

Crue maximale  
 Q max = 36<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/s le 18/08/85  
 Superficie du bassin 5,8 km<sup>2</sup>

A Z A M E L L A E N 1 9 8 5

Caractéristiques des crues S = 61 km<sup>2</sup>

TABLEAU 16

Date	P max (mm)	P moy (mm)	P min (mm)	H max (cm)	Q max (m <sup>3</sup> /s)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	He (mm)	Ke (%)	Tm (mn)	Te (mn)	Mensuel		
											Pm (mm)	Ve (10 <sup>3</sup> hr <sup>3</sup> )	Ke (%)
11 12 07-85	18,3	10,0	6,3	41	9,5	183	3,0	30,0	285	780	17,8	401,7	37
15-07-85	12,0	5,0	0,0	45	11,5	79,2	1,3	26,0	20	300			
16-07-85	14,7	5,3	0,0	52	16	139,5	2,3	43,4	20	680			
8-08-85	19,5	14,7	9,4	80	51	453	9,1	61,9	80	695	51,5	1446	46
10-08-85	7,8	2,6	1	12	0,4	3,75	0,1	4	10	337			
12-08-85	11,3	5,8	1,5	50	15	96,5	1,6	27,6	35	500			
15-08-85	6,0	4,6	3,2	19	1,5	10,7	0,2	4,3	20	240			
18-08-85	27,5	21,5	17,0	120	118	882,0	14,5	67,2	95	885			
Annuel	-	73,6	-	120	118	1847,6	30,3	41,1	-	4417			

TABLEAU N° 17  
 BASSIN VERSANT : AZAMELLA  
 Débits moyens journaliers (m<sup>3</sup>/s) en 1985

Jours	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8								4.83				
9								0.417				
10								0.043				
11							0.517					
12							1.63	1.12				
13												
14												
15							0.764	0.124				
16							1.52					
17							0.094					
18								10.1				
19								0.069				
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
Q moy							0.146	0.539				

Module 58.2 l/s  
 Volume écoulé 1 847 600 m<sup>3</sup>  
 Lamé d'eau écoulée 30.3 mm  
 Pluie moyenne 73.6 mm  
 Coefficient d'écoulement : 41.1 %

Crue maximale  
 Q max = 118 m<sup>3</sup>/s le 18/08/85  
 Superficie du bassin : 61 km<sup>2</sup>

B.V. D'AGASSAGHAS - Hydrogramme moyen et median

TABLEAU N° 18

Dates	Temps																	
	- 60	- 50	- 40	- 30	- 20	- 10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
19-07-81	60	0,07	0,15	0,27	0,46	1,00	1,97	1,80	1,85	1,29	0,50	0,29	0,17	0,07	0,01			
9-08-82	0	0,08	0,38	0,80	1,04	1,22	1,48	1,42	1,22	0,82	0,52	0,36	0,22	0,14	0,02			
12-08-82	0	0,03	0,10	0,22	0,48	1,71	2,06	1,75	1,39	0,80	0,45	0,30	0,21	0,15	0,09	0,04	0,01	
31-08-82	0,09	0,19	0,33	0,65	1,41	1,89	2,02	1,62	0,77	0,29	0,16	0,08	0,04	0,02	0			
18-08-85	0,02	0,09	0,21	0,58	1,19	1,87	2,20	1,92	1,51	1,09	0,67	0,40	0,28	0,20	0,15	0,12	0,08	0,06
Hyd Median	0	0,08	0,21	0,58	1,04	1,71	2,02	1,75	1,39	0,82	0,50	0,30	0,21	0,14	0,02	0	0	0
Hyd Moyen	0,02	0,09	0,23	0,50	0,91	1,53	1,94	1,70	1,35	0,86	0,46	0,28	0,18	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01



B.V. D'AZAMELLA - Hydrogramme moyen et médian

Tableau n° 19

Dates	- 90	- 80	- 70	- 60	- 50	- 40	- 30	- 20	- 10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
12-07-80				0,25	2,50	6,66	9,20	11,3	13,3	14,5	12,8	8,50	5,83	4,41	3,16	2,00	1,25	0,95	0,79	0,70
14-08-80				0,11	0,68	3,50	7,80	11,0	13,3	13,9	12,8	10,6	7,67	5,14	3,85	2,85	2,14	1,50	1,00	0,75
09-08-82				1,38	3,82	5,85	7,44	9,41	10,7	11,3	11,0	9,57	7,65	6,01	4,41	3,45	2,87	2,50	2,18	1,91
12-08-82	1,21	1,99	2,18	1,94	2,35	4,03	6,40	8,25	9,32	9,6	9,02	7,71	6,69	5,38	4,32	2,96	2,23	1,94	1,69	1,55
18-08-85	0,26	0,75	1,74	3,83	5,66	7,00	6,25	7,18	9,15	10,40	9,15	6,83	5,16	3,41	2,75	2,39	2,17	2,00	1,83	1,72
Hyd médian	0,29	0,54	0,78	1,38	2,50	5,85	7,44	9,41	10,7	11,3	11,0	8,50	6,69	5,14	3,85	2,85	2,17	1,94	1,69	1,55
Hyd moyen	0,29	0,54	0,78	1,50	3,00	5,40	5,93	9,42	11,15	11,94	10,95	8,64	6,6	4,87	3,69	2,73	2,13	1,77	1,50	1,33

110	120	130	140	150	160	170	180	190	210	230	250	270	290	310	330	350	370	390
0,66	0,60	0,58	0,50	0,45	0,41	0,33	0,29	0,25	0,20	0,16	0,08	0,06	0,04					
0,57	0,47	0,42	0,35	0,32	0,28	0,21	0,18	0,14	0,17	0,14	0,11	0,07	0,04	0,01				
1,75	1,59	1,38	1,22	1,09	0,98	0,85	0,79	0,69	0,53	0,47	0,35	0,21	0,15	0,05				
1,45	1,35	1,21	1,16	1,06	1,01	0,97	0,92	0,87	0,77	0,74	0,67	0,58	0,51	0,48	0,33	0,24	0,19	0,09
1,58	1,47	1,33	1,25	1,11	1,02	0,91	0,80	0,71	0,56	0,40	0,29	0,22	0,16	0,11	0,07			
1,45	1,35	1,21	1,16	1,06	0,98	0,85	0,79	0,69	0,53	0,40	0,29	0,21	0,15	0,08	0,08	0	0	0
1,20	1,09	0,98	0,89	0,80	0,74	0,65	0,59	0,53	0,44	0,38	0,30	0,22	0,18	0,13	0,08	0,05	0,04	0,02

## LISTE DES FIGURES

1. Equipement hydropluviométrique
2. TELOUA à AZEL : Courbe de tarage basses eaux
3. TELOUA à AZEL : Courbe de tarage plus hautes eaux
4. B.V. AGASSAGHAS : Courbe de tarage
5. TELOUA à RADIER 2 : Vue en plan
6. TELOUA à RADIER 2 : Profil en travers
7. Puits et piézomètres entre AZEL et N'DOUNA
8. B.V. AZAMELLA : Courbe de tarage
9. TELOUA à NIGELEC : Courbe de tarage
10. TELOUA à DALOT : Courbe de tarage basses eaux
11. TELOUA à DALOT : Courbe de tarage plus hautes eaux
12. TELOUA à RADIER 2 : Courbe de tarage
13. TELOUA à RADIER 2 : Lit mineur - Courbe de tarage
- 14.a TELOUA à RADIER 2 : Corrélation - Lit mineur - Dalot
- 14.b TELOUA à RADIER 2 : Corrélation - Lit mineur - RD
15. Cuvette d'AGADEZ : Variations du niveau de la nappe aux puits 7-11-61
16. Cuvette d'AGADEZ : " " " " " " aux puits 50-53-54
17. Cuvette d'AGADEZ : " " " " " " aux puits 37-42 et piézo C3.
18. Cuvette d'AGADEZ : " " " " " " aux piézos N2 - N6
19. Cuvette d'AGADEZ : " " " " " " au piézo N8
20. Cuvette d'AGADEZ : " " " " " " dans le puit d'AZEL
21. AGADEZ : Pluviosité

22. AGADEZ : Pluviosité - Nombre de jours de pluie (apporté à la moyenne)
23. AZEL : Pluie annuelle - Volume écoulé
  - \* AZEL - AGASSAGHAS - AZAMELLA - AGADEZ : Pluie moyenne
24. B.V. AGASSAGHAS : Isohyètes du mois de juin
25. B.V. AGASSAGHAS : " " " de juillet
26. B.V. AGASSAGHAS : " " " d'août
27. B.V. AGASSAGHAS : Isohyètes annuelle - 1985 -
28. B.V. AZAMELLA : Isohyètes du mois de juin
29. B.V. AZAMELLA : " " " de juillet
30. B.V. AZAMELLA : " " " d'août
31. B.V. AZAMELLA : Isohyètes annuelle - 1985 -
32. AZAMELLA : Isohyètes de la crue du 8/08/1985
33. AZAMELLA : Hydrogramme de la crue du 8/08/1985
34. AZAMELLA : Isohyètes de la crue du 18/08/1985
35. AZAMELLA : Hydrogramme de la crue du 18/08/85
36. Cuvette d'AGADEZ : Volume cumulés entre AZEL et les RADIERS
37. AGASSAGHAS : Hydrogramme et isohyètes de la crue du 19/07/81
38. AGASSAGHAS : " et " de la " du 9/08/82
39. AGASSAGHAS : " et " de la " du 12/08/82
40. AGASSAGHAS : " et " de la " du 31/08/82
41. AGASSAGHAS : " et " de la " du 18/08/85
42. AGASSAGHAS : Hydrogrammes moyen et médian
43. AZAMELLA : Hydrogrammes et Isohyètes de la crue du 12/07/80
44. AZAMELLA : " et " de la crue du 14/08/80
45. AZAMELLA : " et " de la crue du 9/08/82
46. AZAMELLA : " et " de la crue du 12/08/82

- 47. AZAMELLA : Hydrogrammes et Isohyètes de la crue du 18/08/85
- 48. AZAMELLA : Hydrogrammes moyen et median
- 49. Cuvette d'AGADEZ : Courbes isopiezes du fin de saison 27/11/85
- 50. RADIER 2 - Lit mineur : Hydrogramme de la crue du 18/08/1985
- 51. RADIER 2 - RD ; Hydrogramme " " " " " "
- 52. RADIER 2 - DALOT : Hydrogramme " " " " " "
- 53. TELOUA à la NIGELEC : Hydrogramme " " " " " "
- 54. TELOUA à AZFL : Hydrogramme " " " " " "
- 55. B.V. AGASSAGHAS : Pluie moyenne - Volume écoulé - Coefficient d'écoulement  
(1978 - 1985)
- 56. B.V. AGASSAGHAS : Hydrogramme de la crue du 12/08/1985
- 57. B.V. AGASSAGHAS : Profils en travers
- 58. B.V. AZAMELLA : " " "

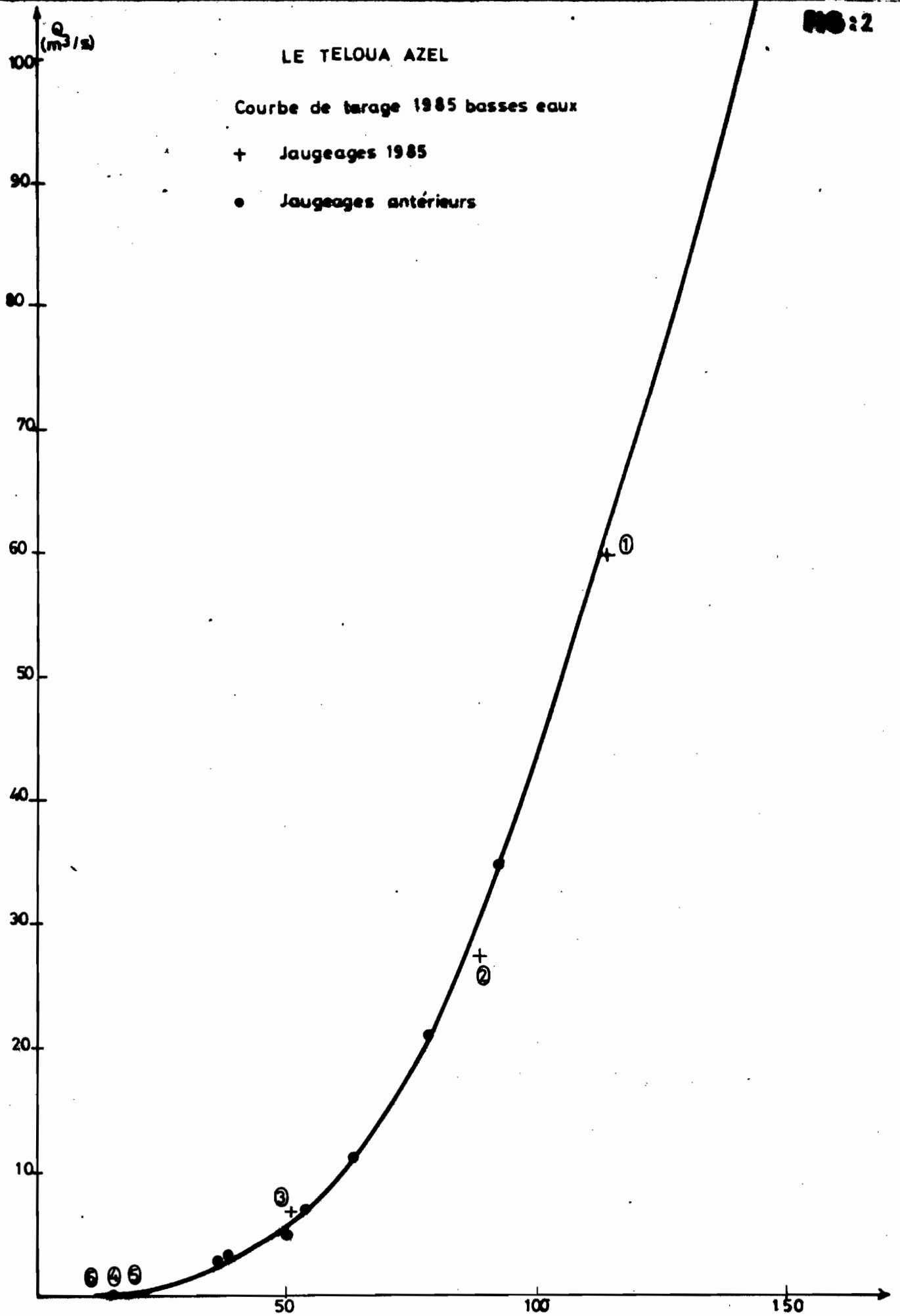


LE TELOUA AZEL

Courbe de tarage 1985 basses eaux

+ Jaugeages 1985

• Jaugeages antérieurs



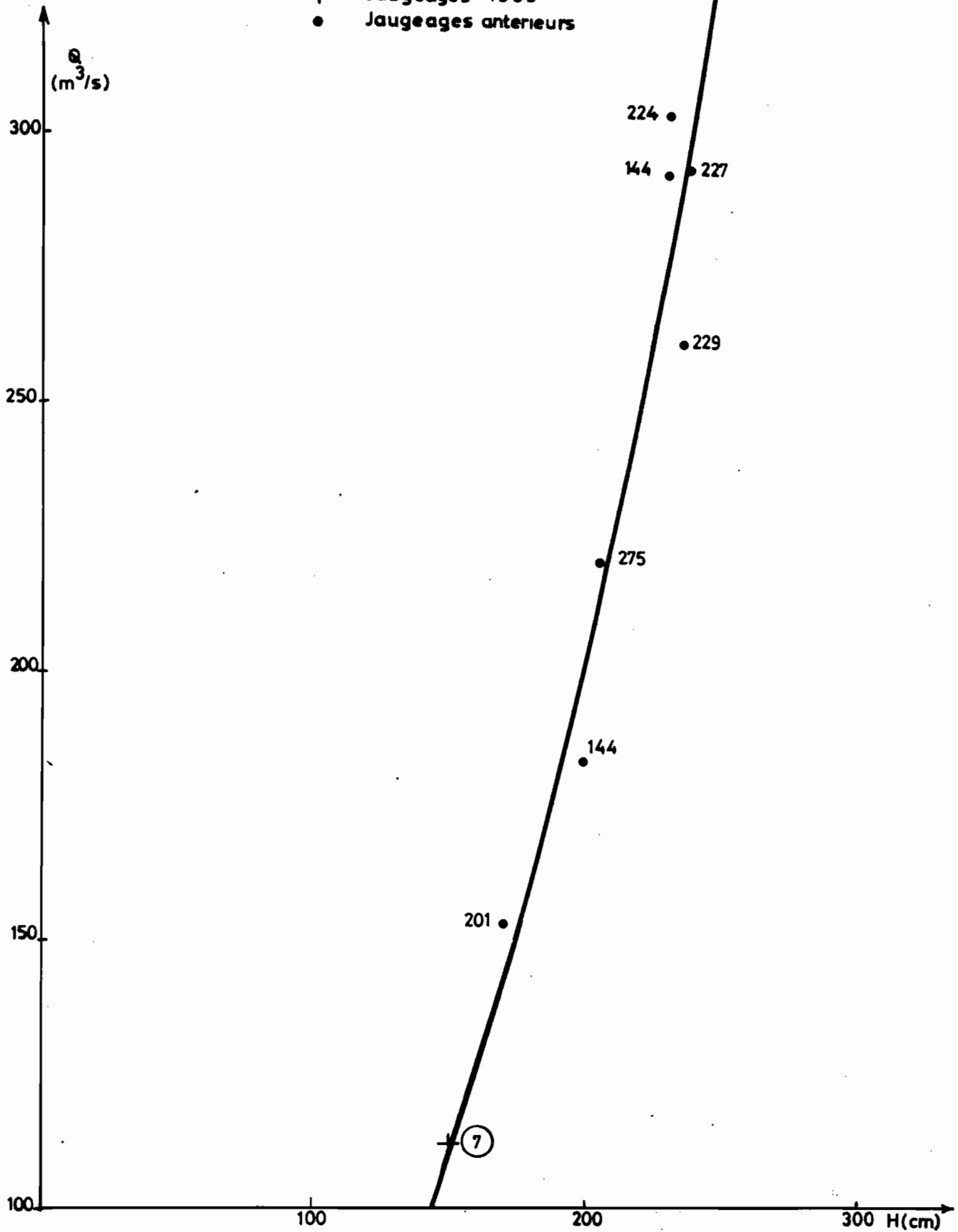
LE TELOUA A AZEL

Courbe de tarage 1985

Hautes eaux

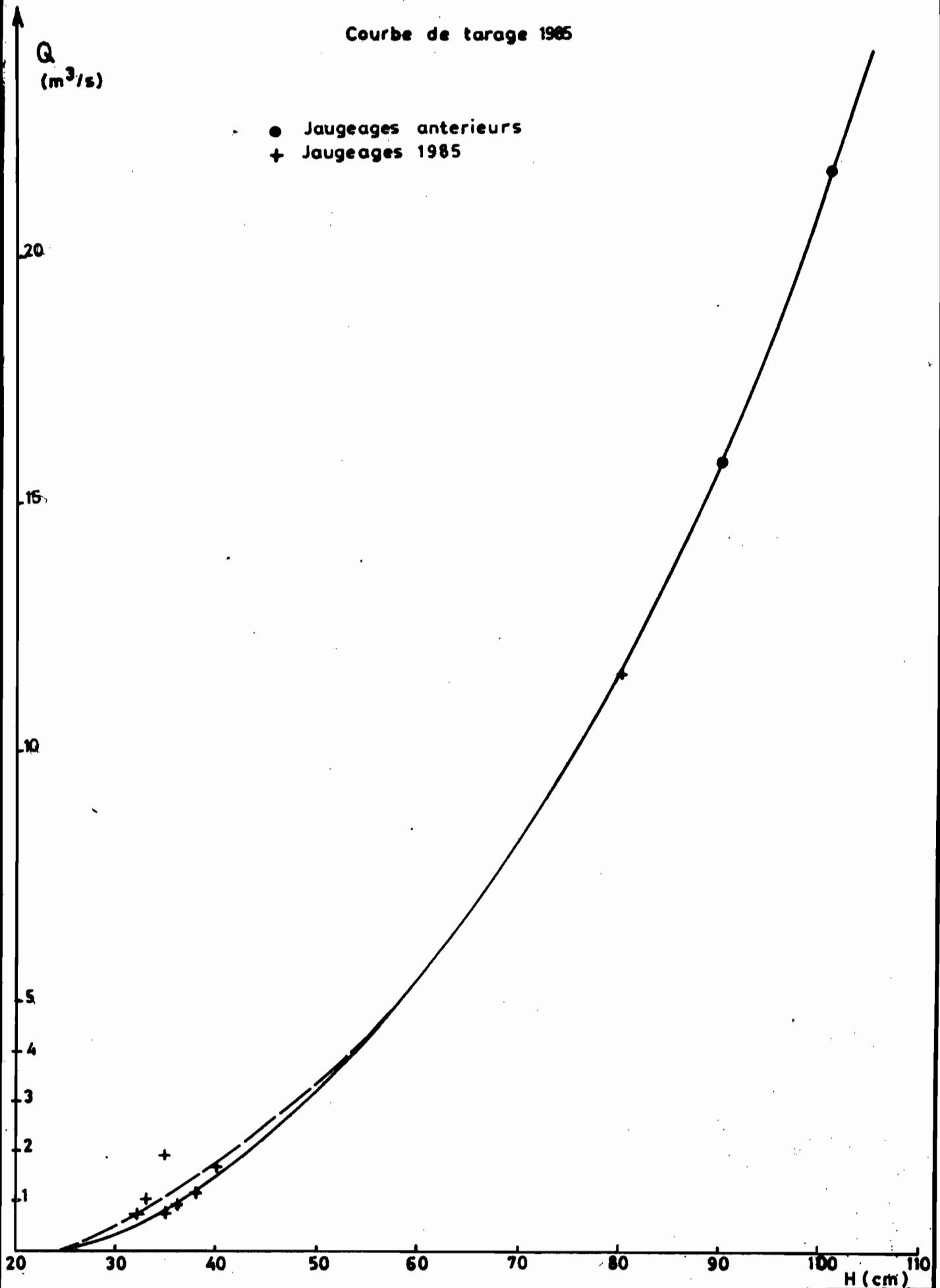
+ Jaugeages 1985

• Jaugeages anterieurs

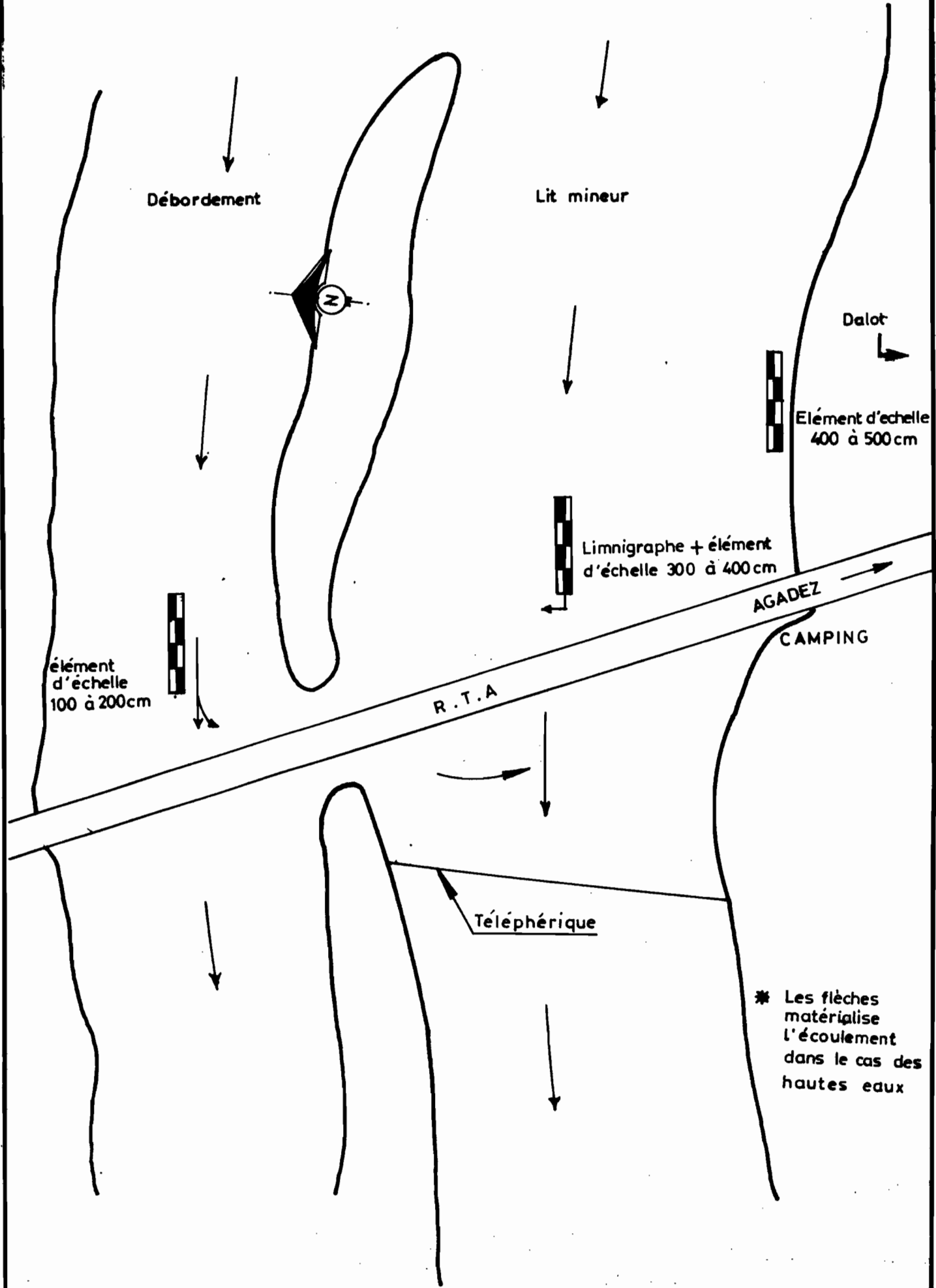


BASSIN VERSANT D'AGASSAGHAS

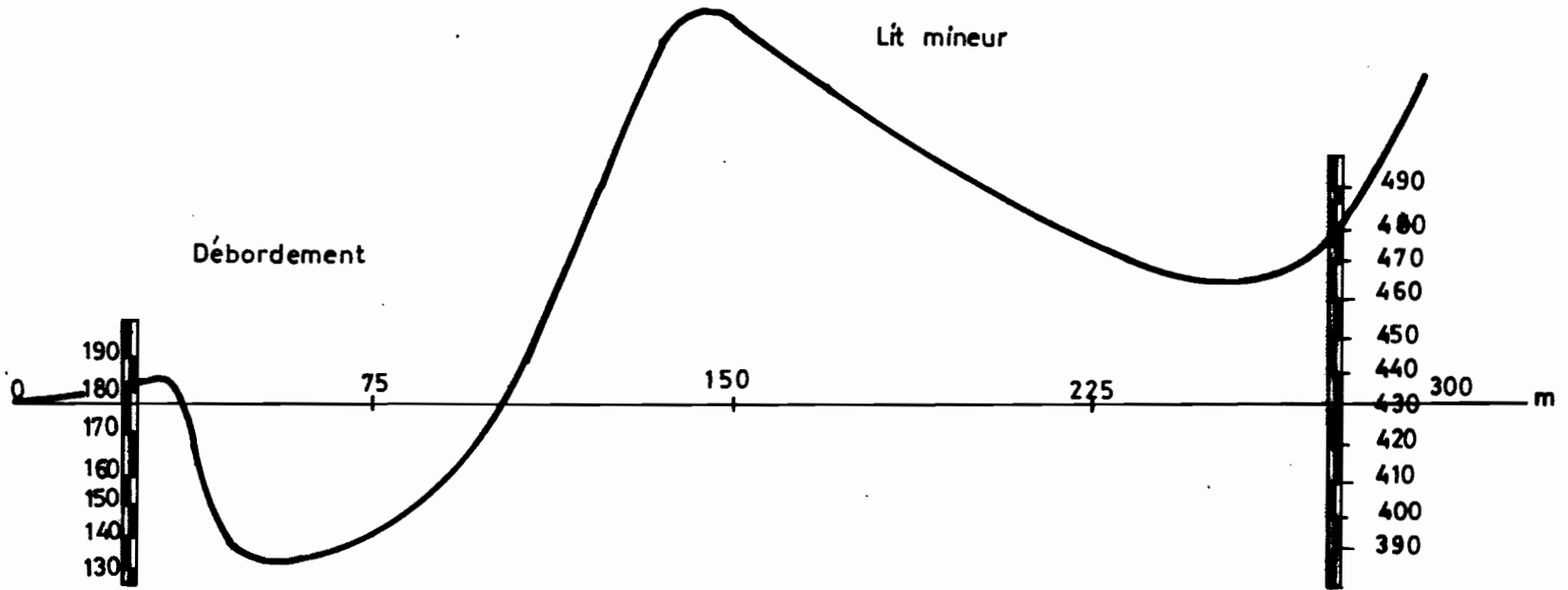
Courbe de tarage 1985







RADIER II PROFIL 'EN TRAVERS  
(Nivèllement en amont de la RJA le 23,5,86)

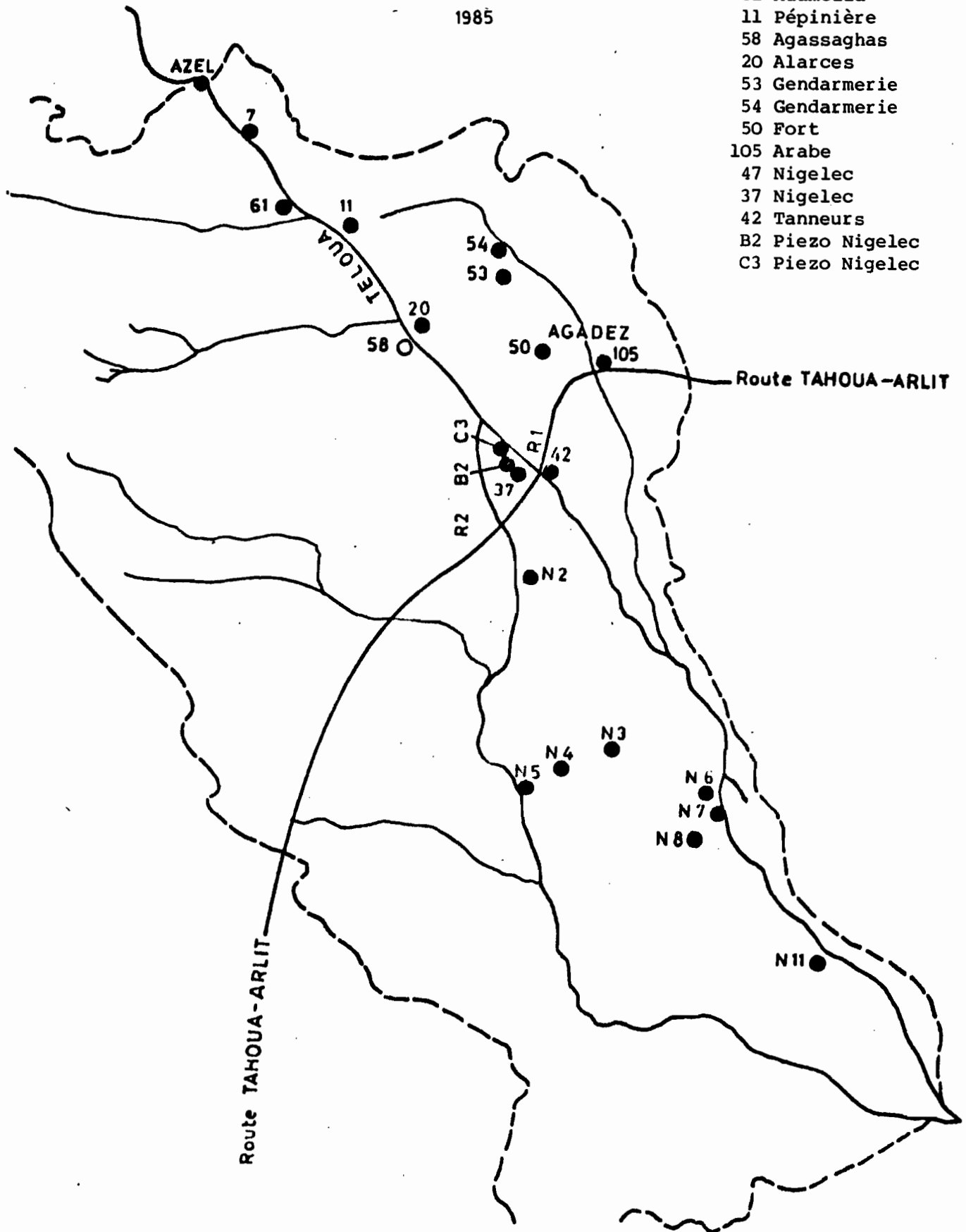


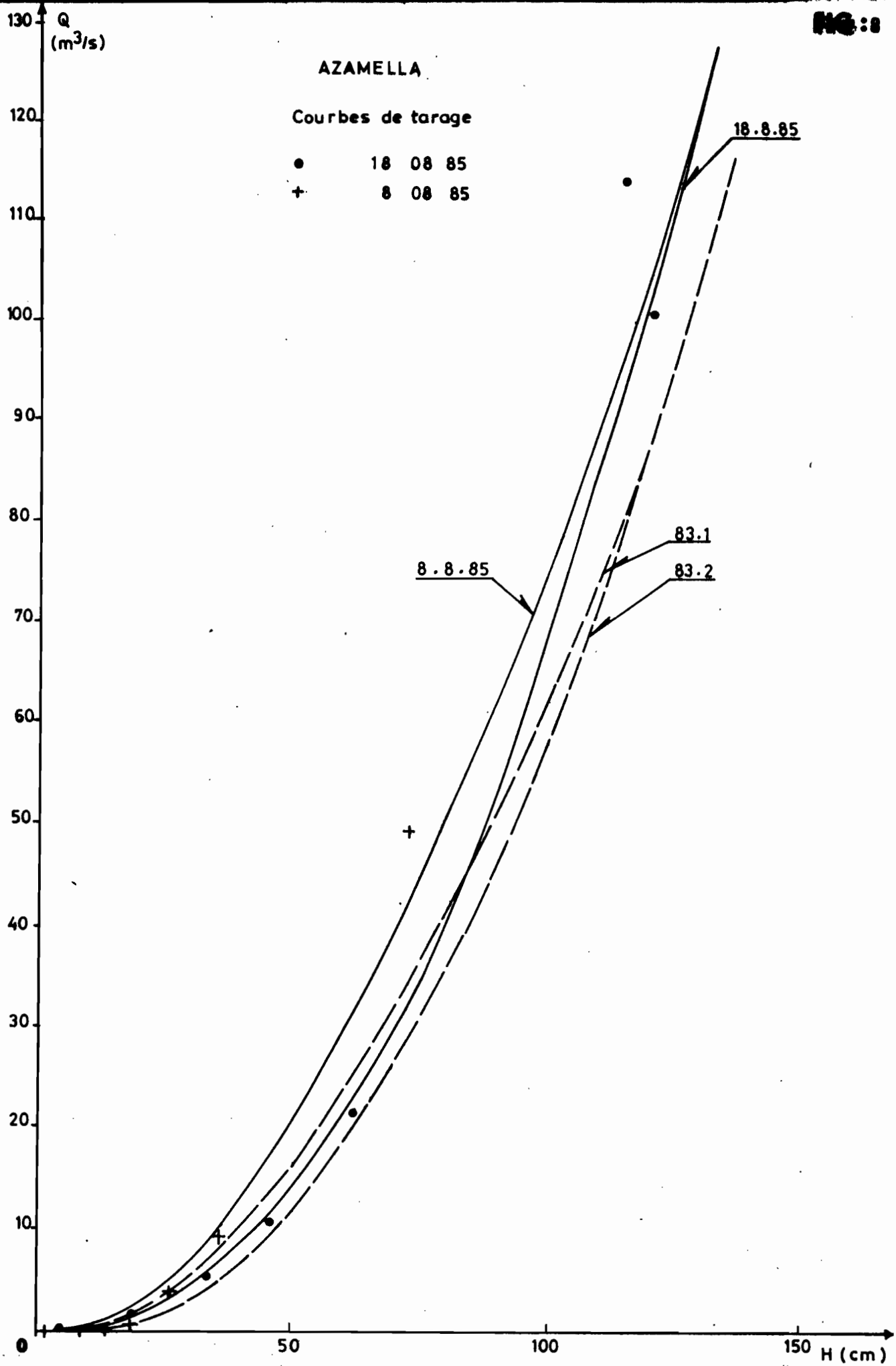
# CUVETTE D'AGADEZ

Fig: 7

Puits et Piezomètres - Campagne  
1985

- 7 camping
- 61 Azamella
- 11 Pépinière
- 58 Agassaghas
- 20 Alarces
- 53 Gendarmerie
- 54 Gendarmerie
- 50 Fort
- 105 Arabe
- 47 Nigelec
- 37 Nigelec
- 42 Tanneurs
- B2 Piezo Nigelec
- C3 Piezo Nigelec

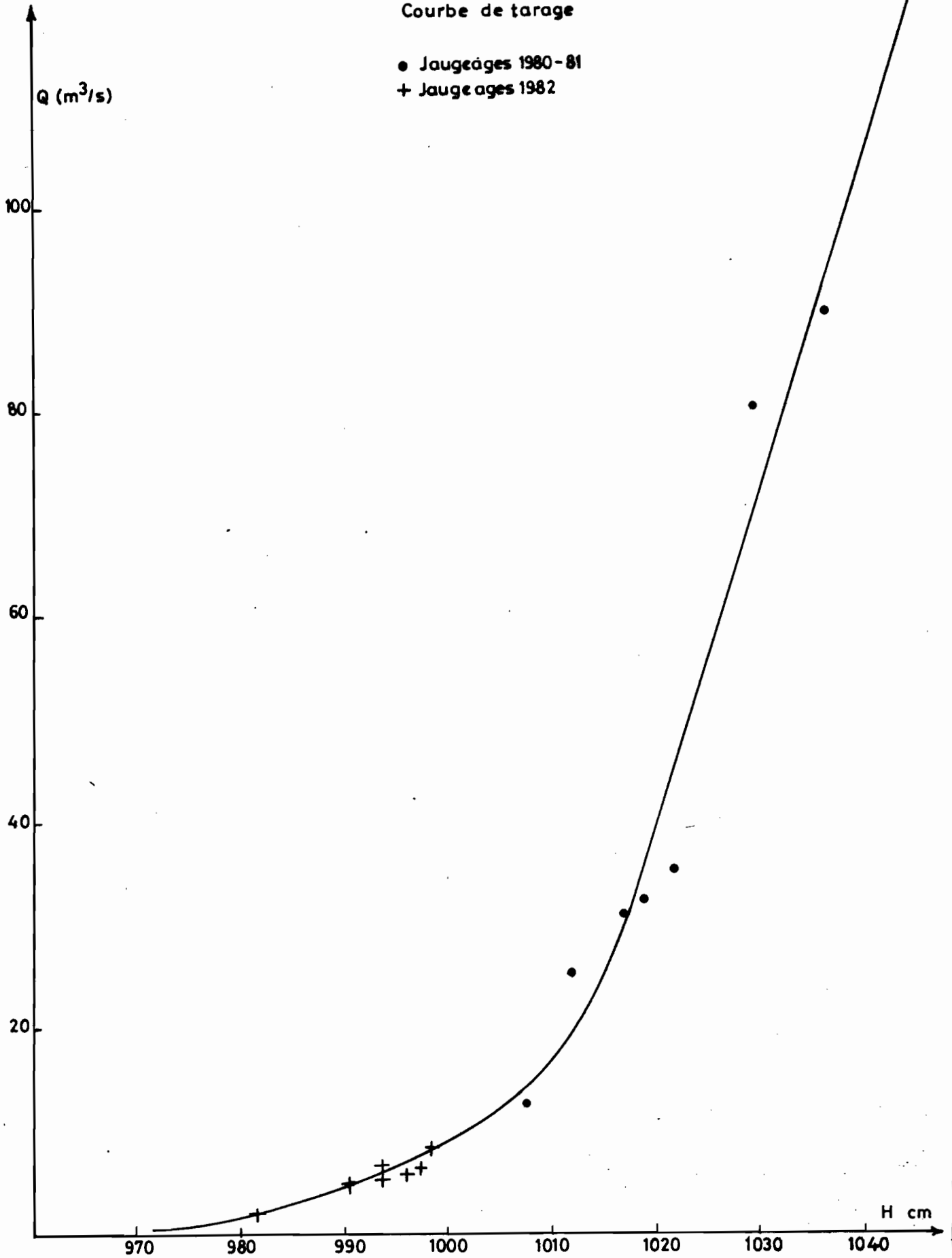




# LE TELOUA A AGADEZ NIGELEC

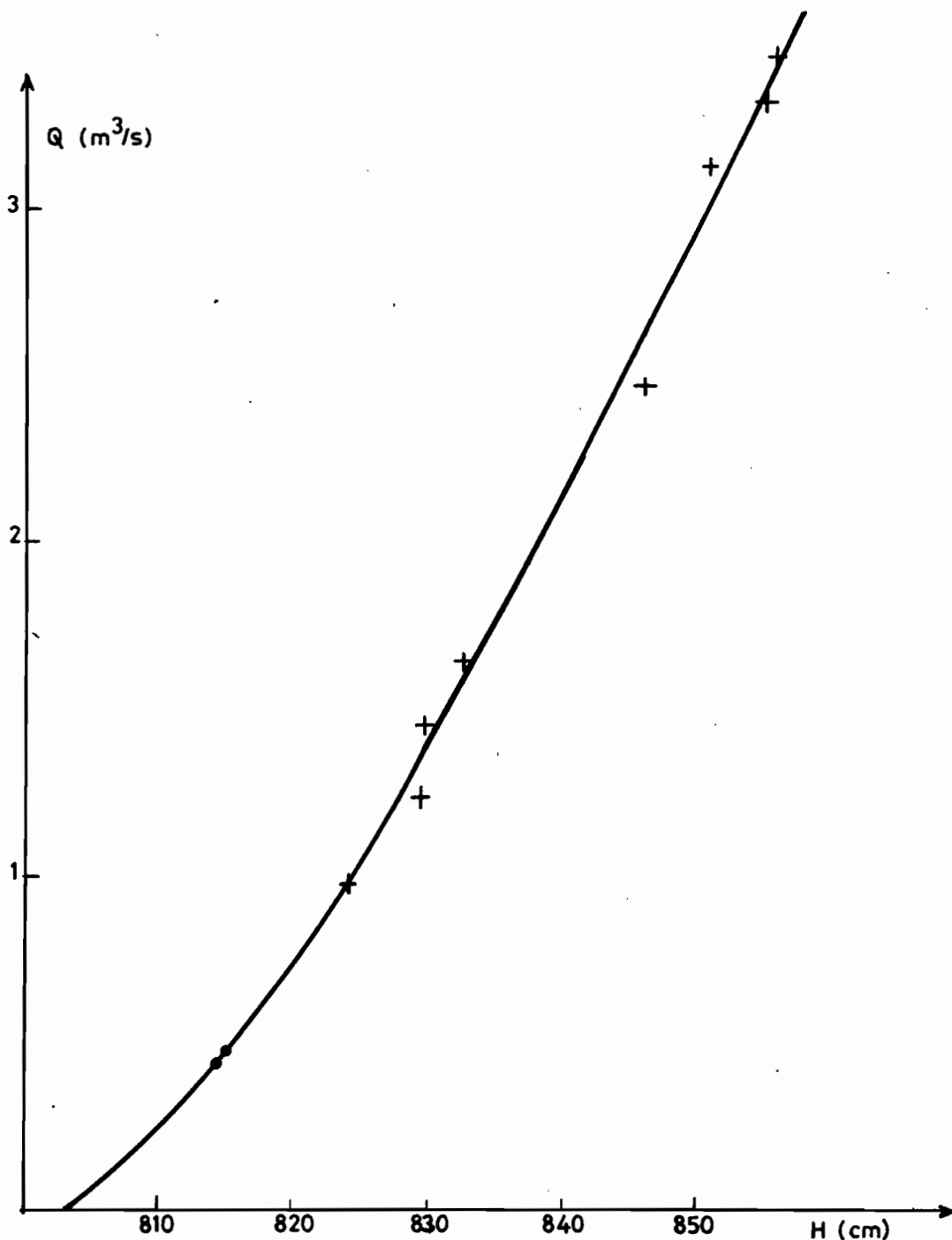
Courbe de tarage

● Jaugeages 1980-81  
+ Jaugeages 1982



LE TELOUA A RADIER II

Dalot R.G.  
 Courbe de tarage 1985  
 ● Jaugeages 1985  
 † Jaugeages antérieurs

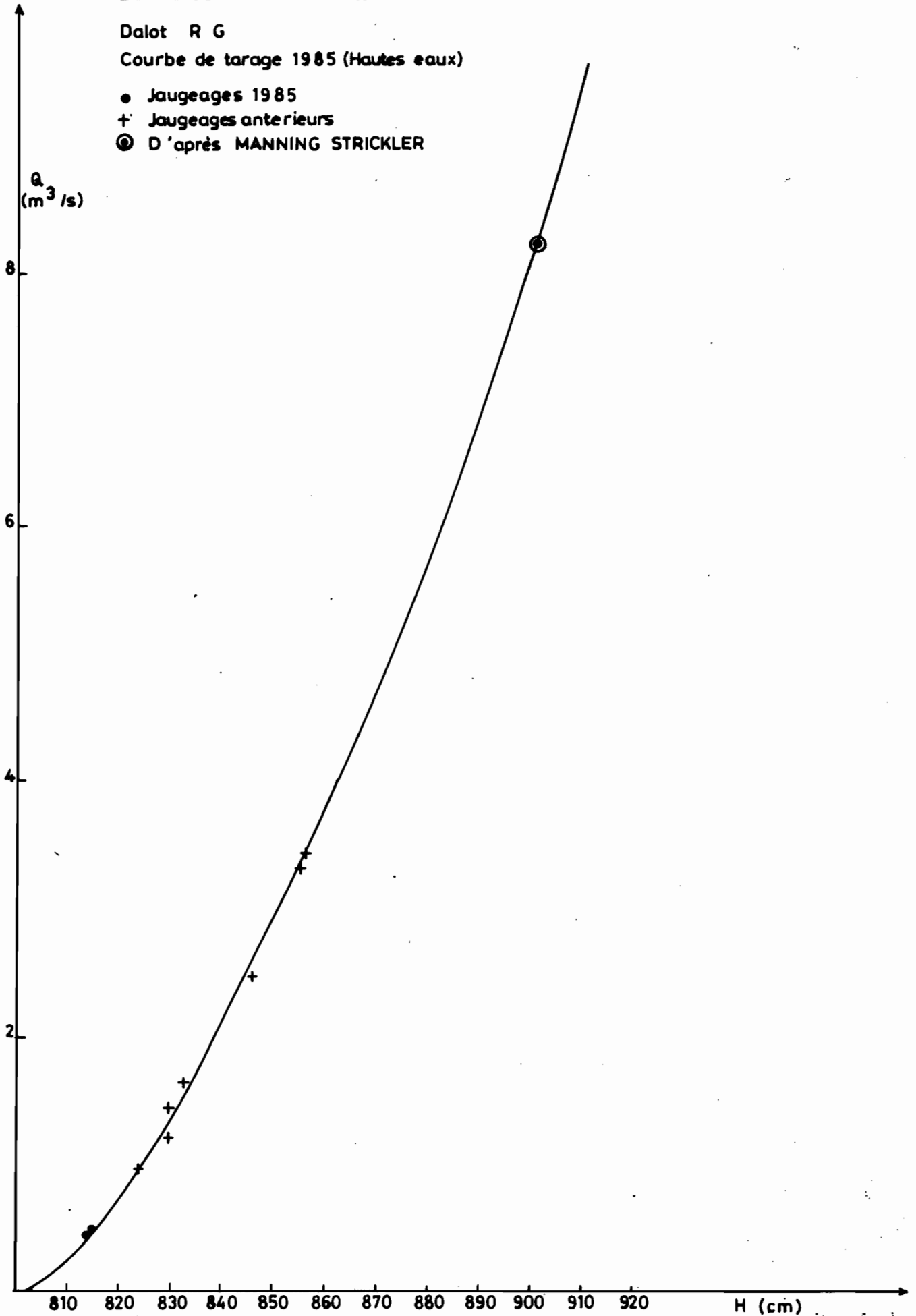


LE TELOUA A RADIER II

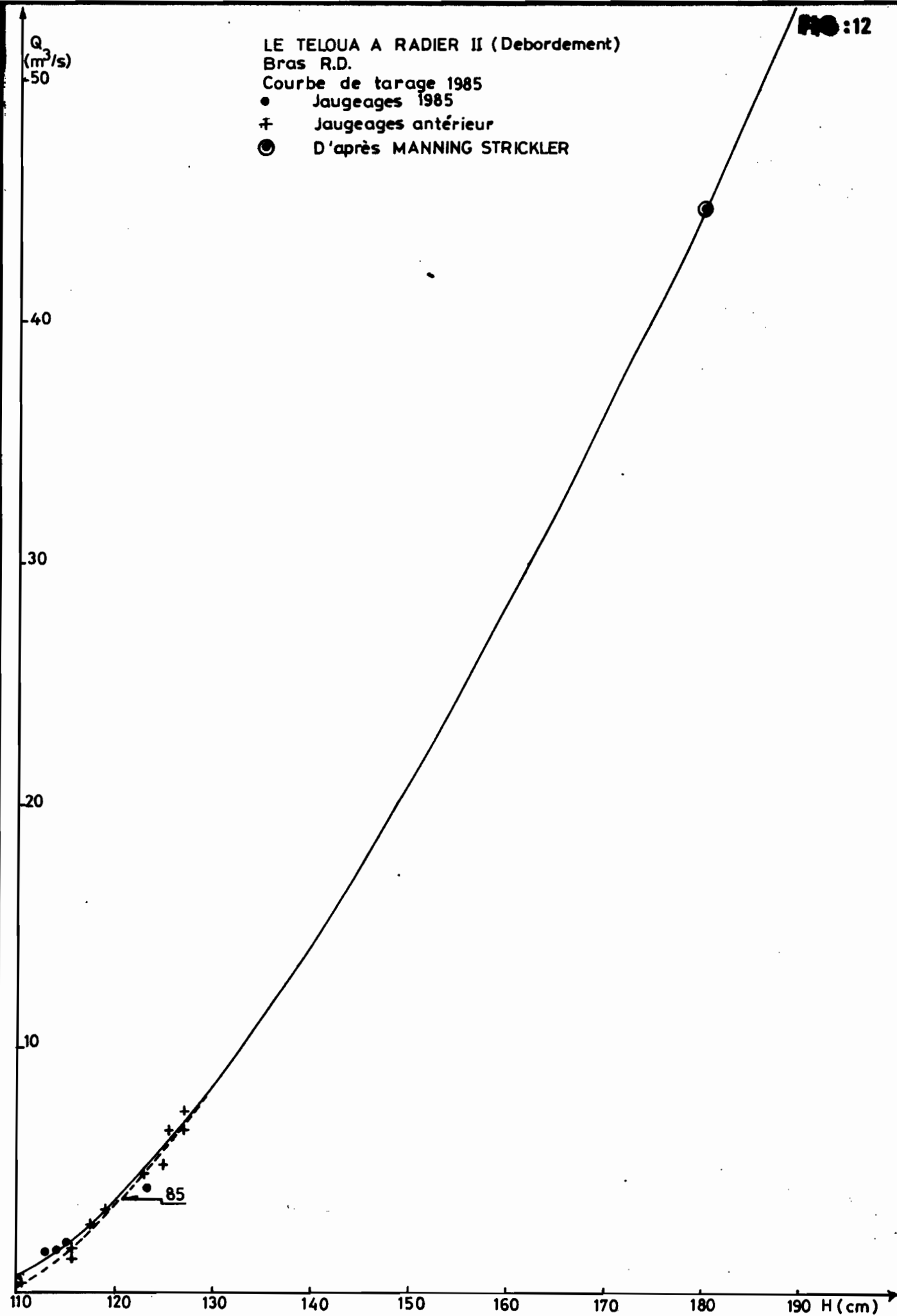
Dalot R G

Courbe de tarage 1985 (Hautes eaux)

- Jaugeages 1985
- + Jaugeages anterieurs
- ⊙ D'après MANNING STRICKLER



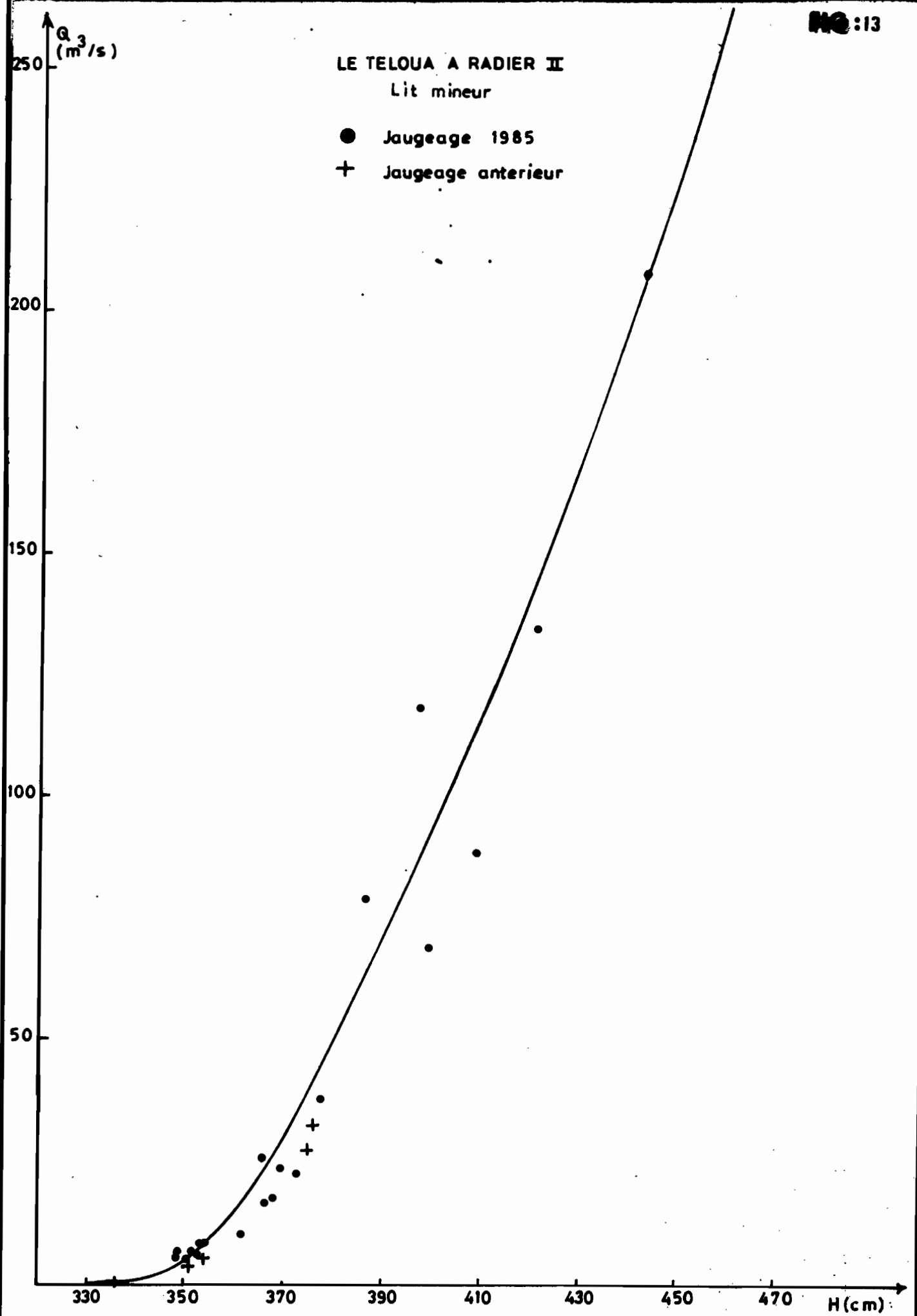
LE TELOUA A RADIER II (Debordement)  
 Bras R.D.  
 Courbe de tarage 1985  
 ● Jaugeages 1985  
 † Jaugeages antérieur  
 ⊙ D'après MANNING STRICKLER

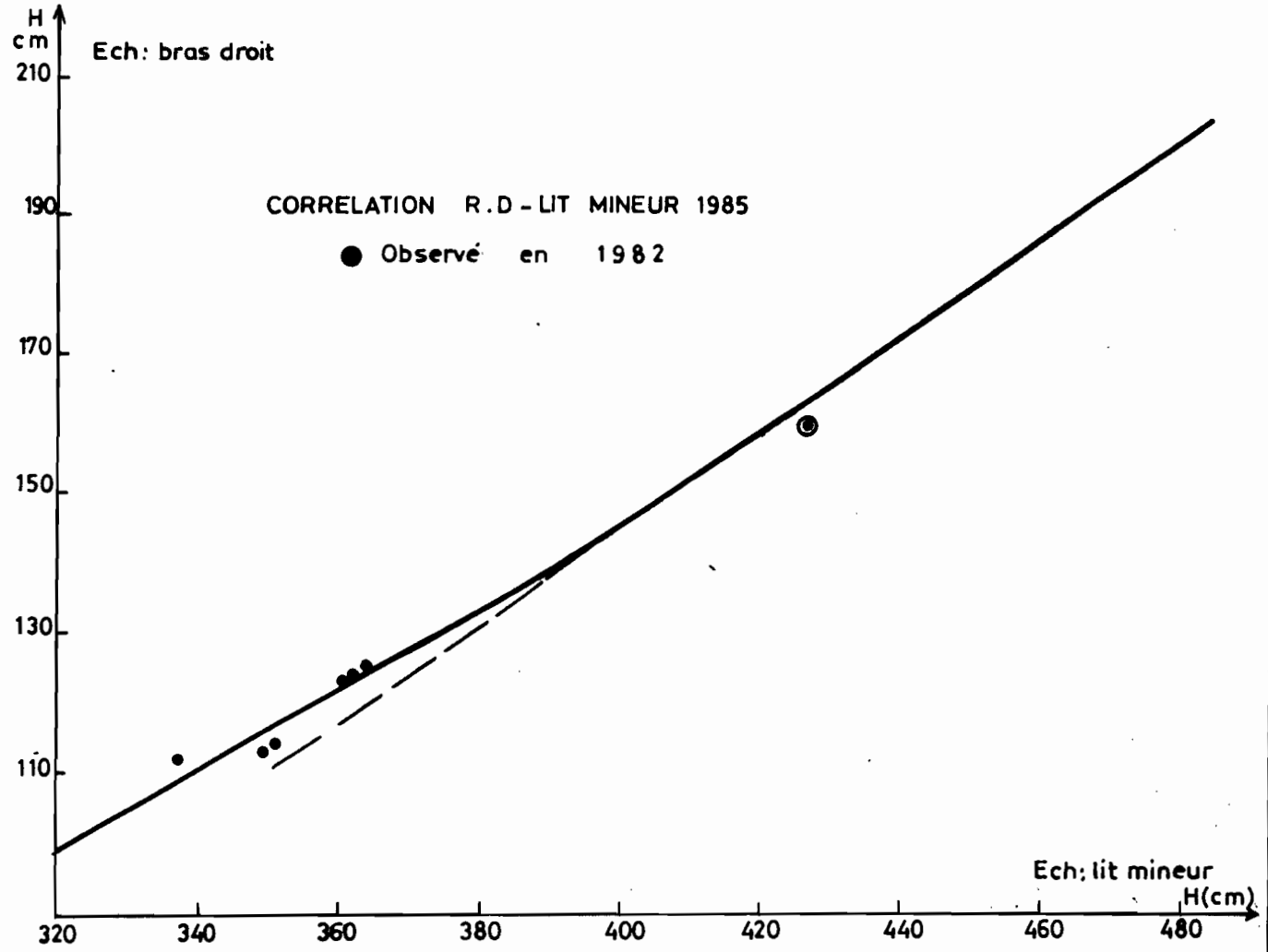
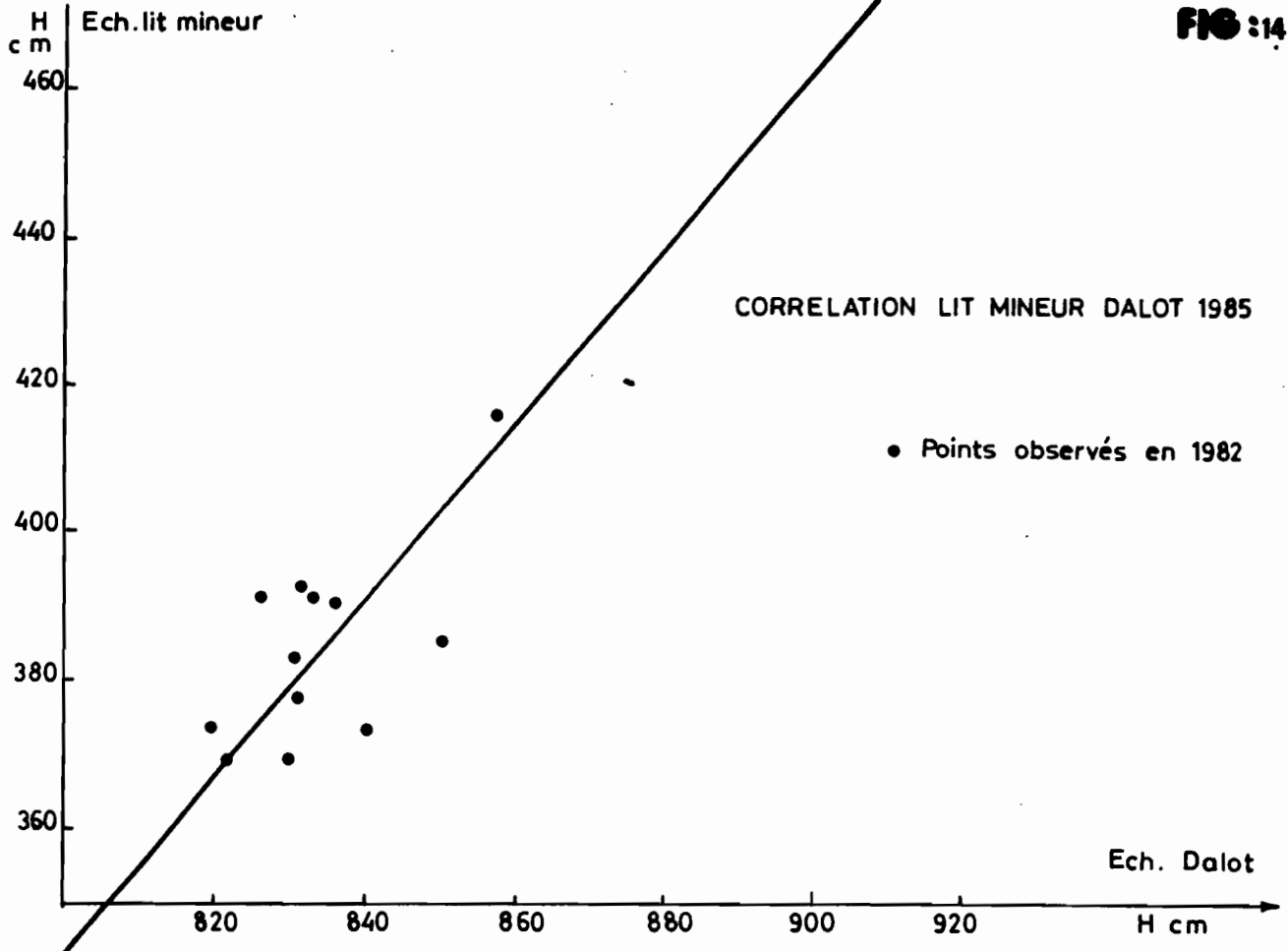


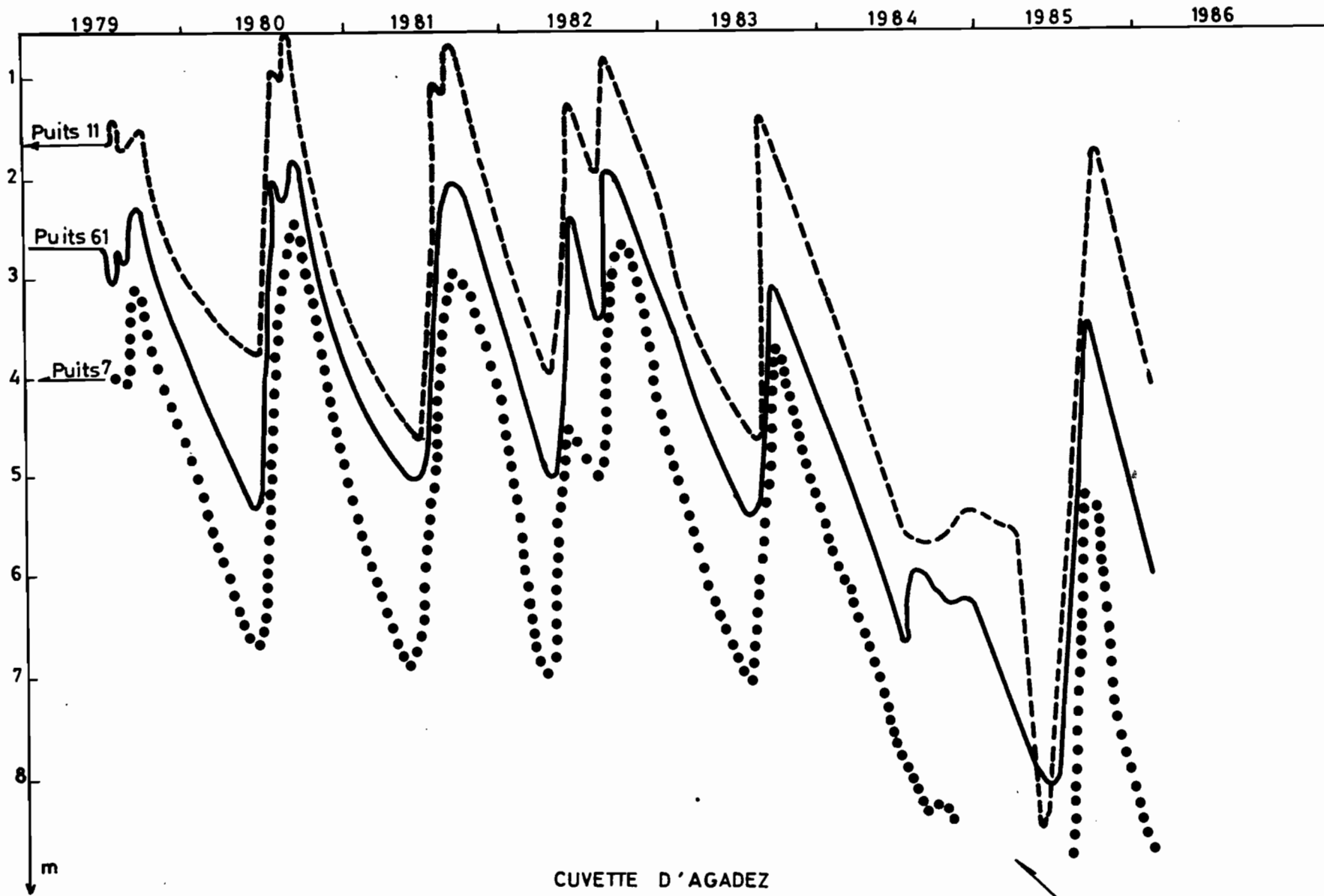


LE TELOUA A RADIER II  
Lit mineur

- Jaugeage 1985
- + Jaugeage anterieur







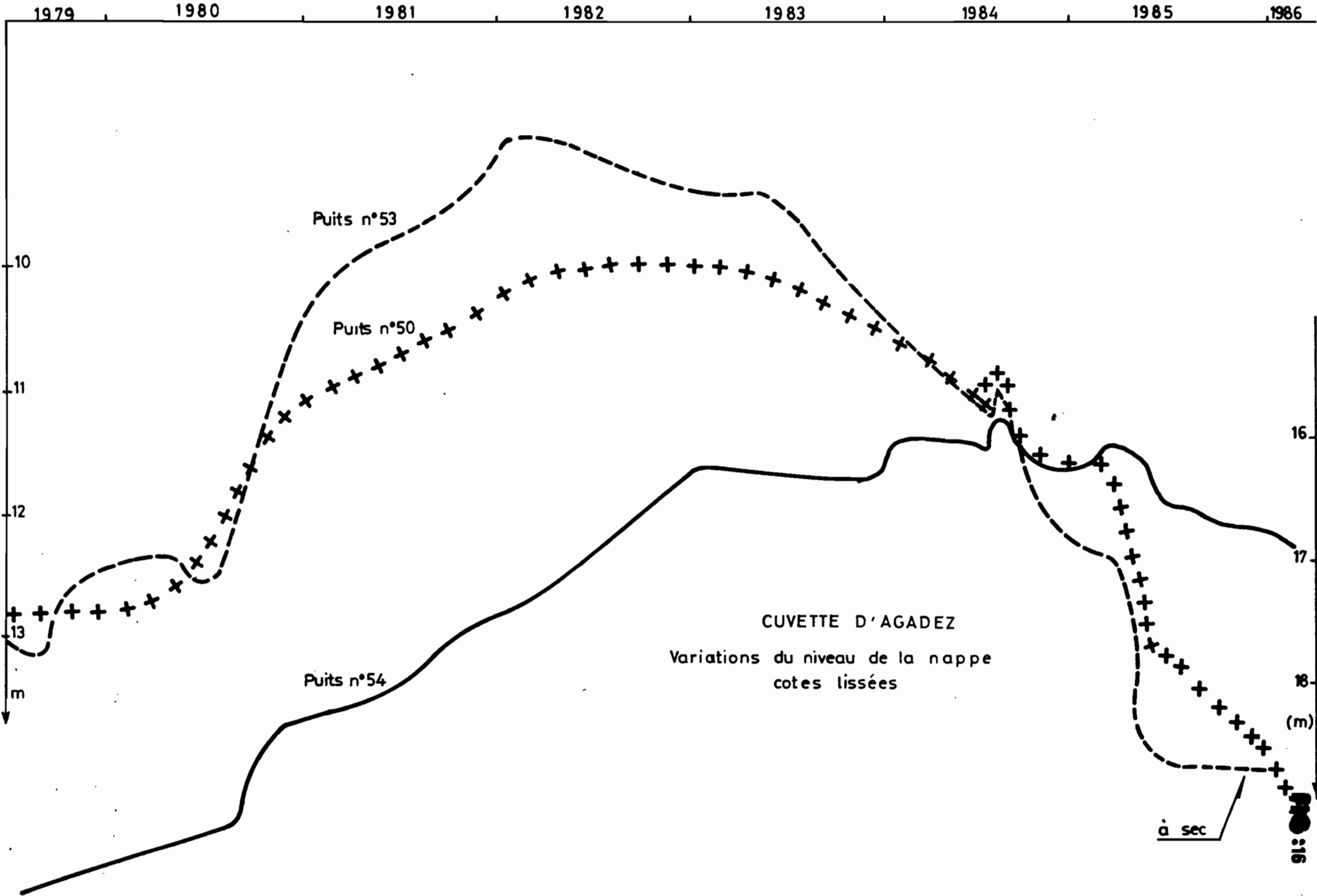
Variations du niveau de la nappe, cotes lissées

à sec



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
- POUR LE DEVELOPEMENT EN COOPERATION

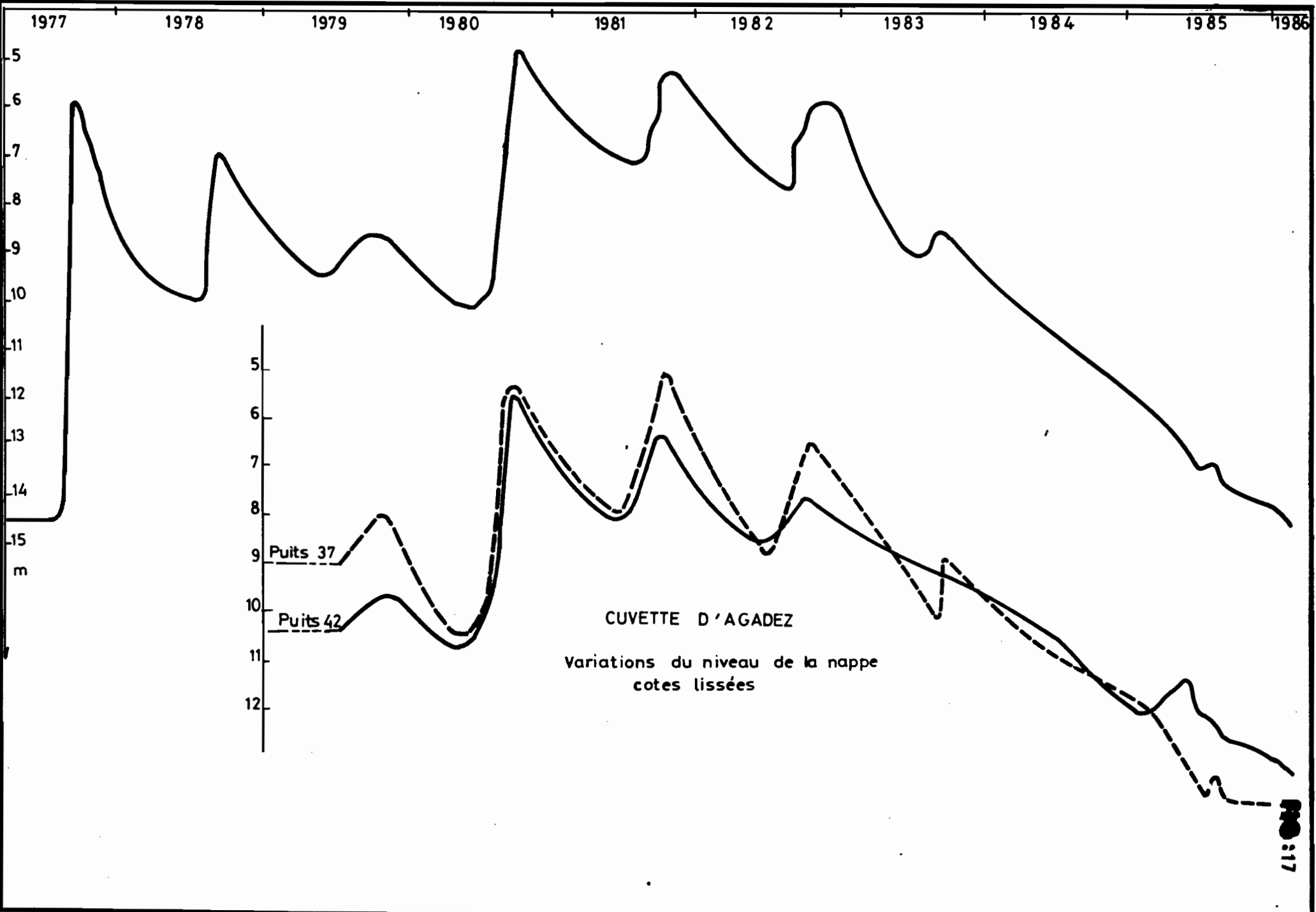
Mission au Niger

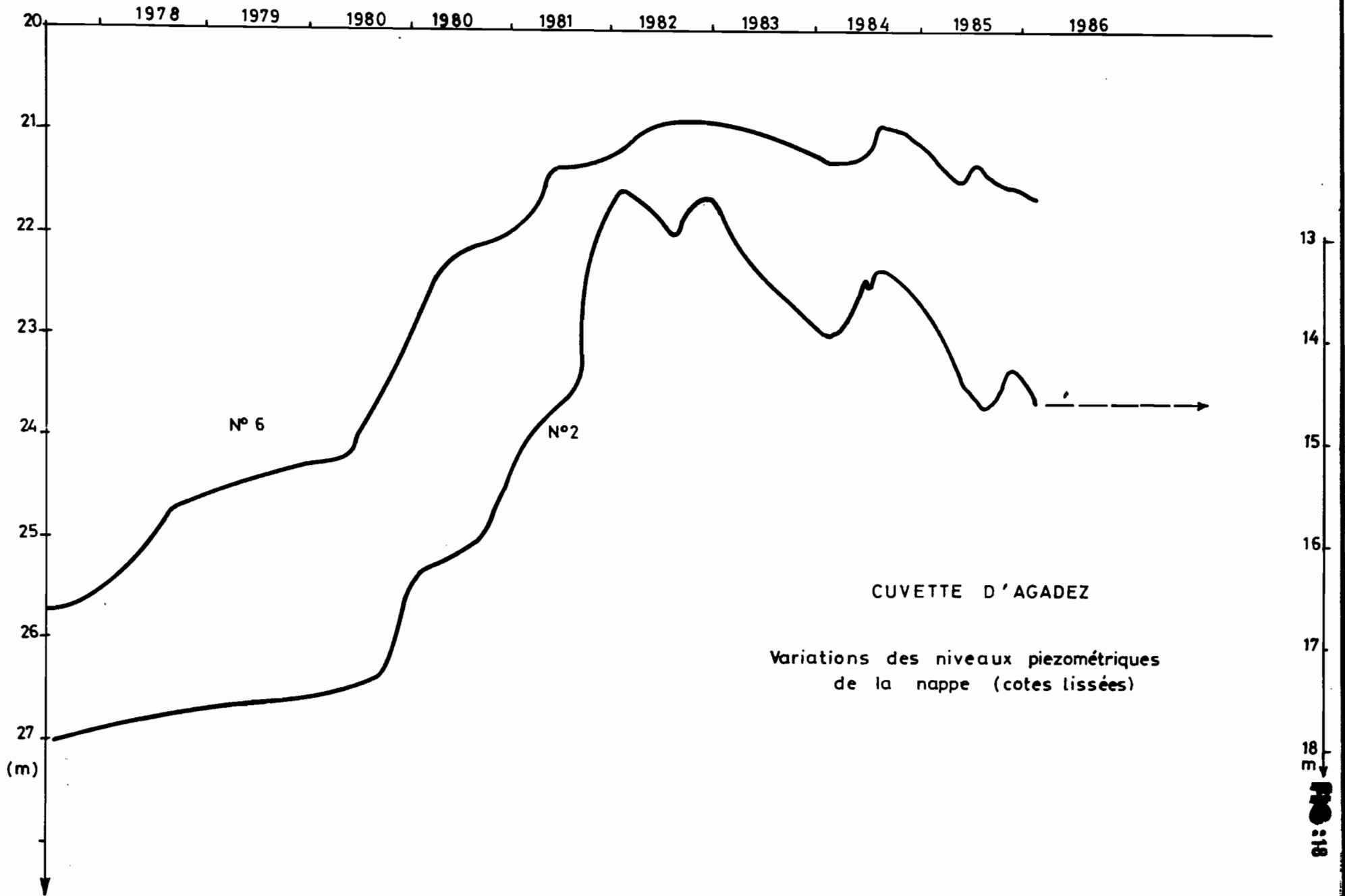




INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
— POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Mission au Niger

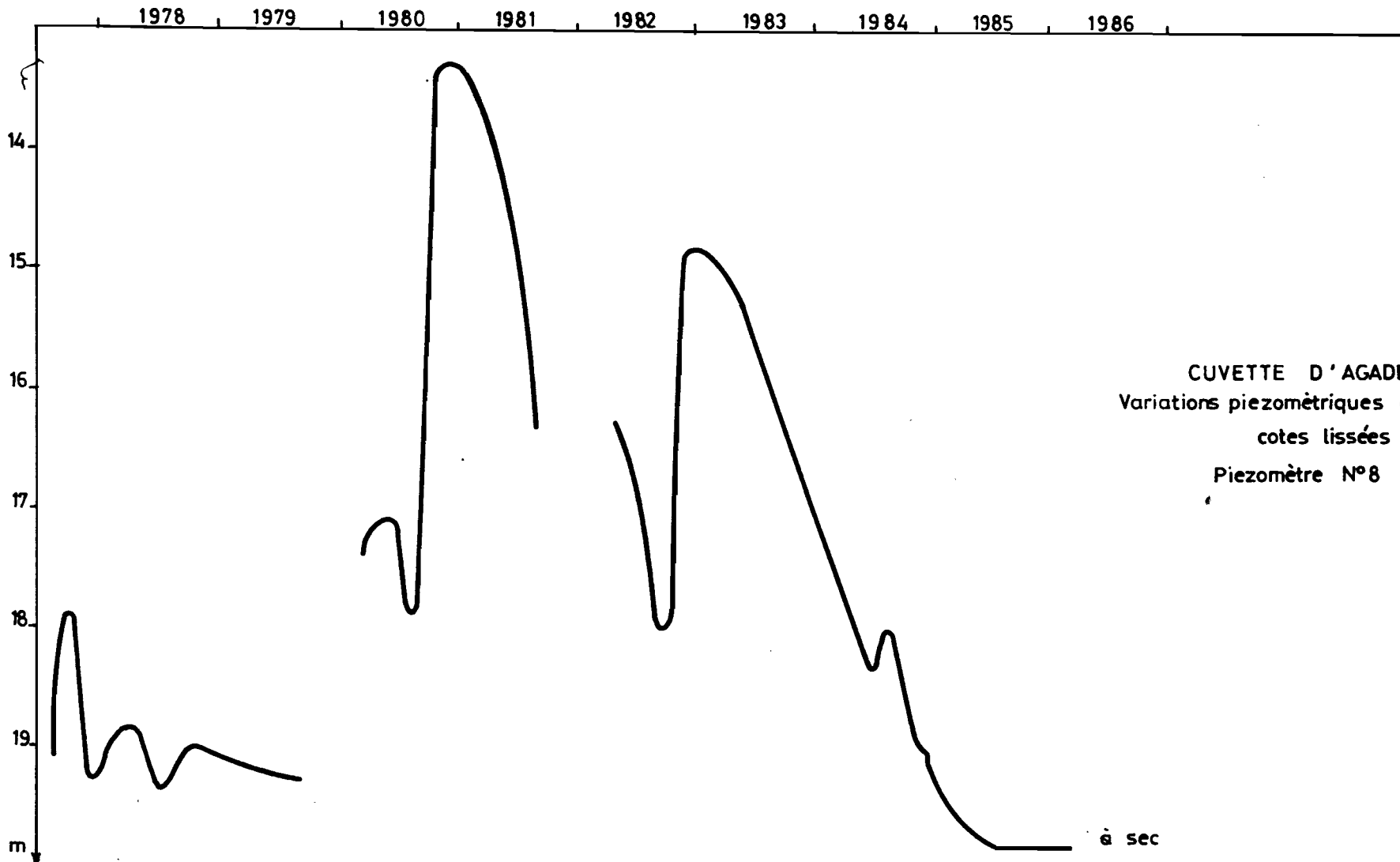






INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
- POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Mission au Niger



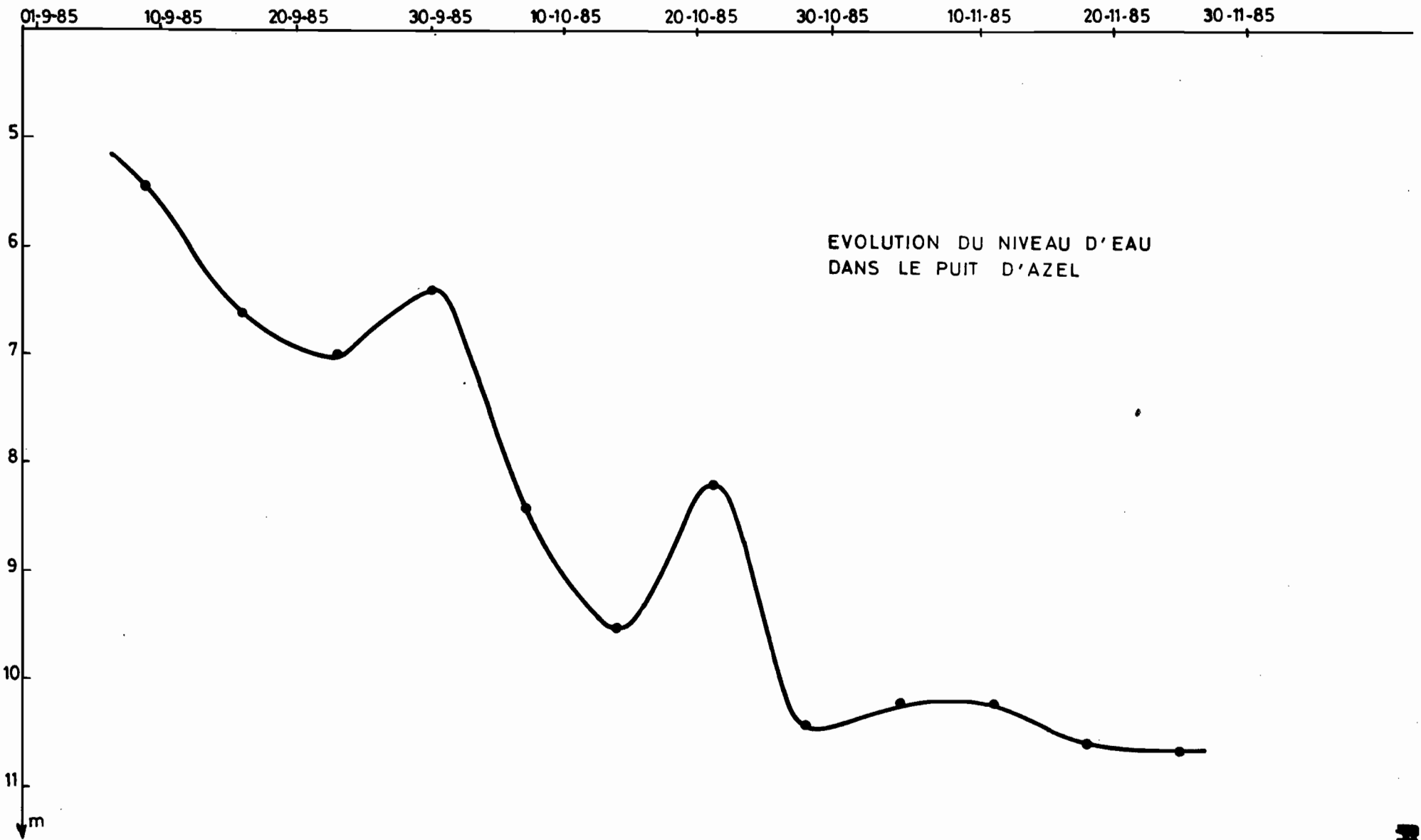
CUVETTE D'AGADEZ  
Variations piezométriques de la nappe  
cotes lissées  
Piezomètre N°8

à sec



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
- POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

Mission au Niger





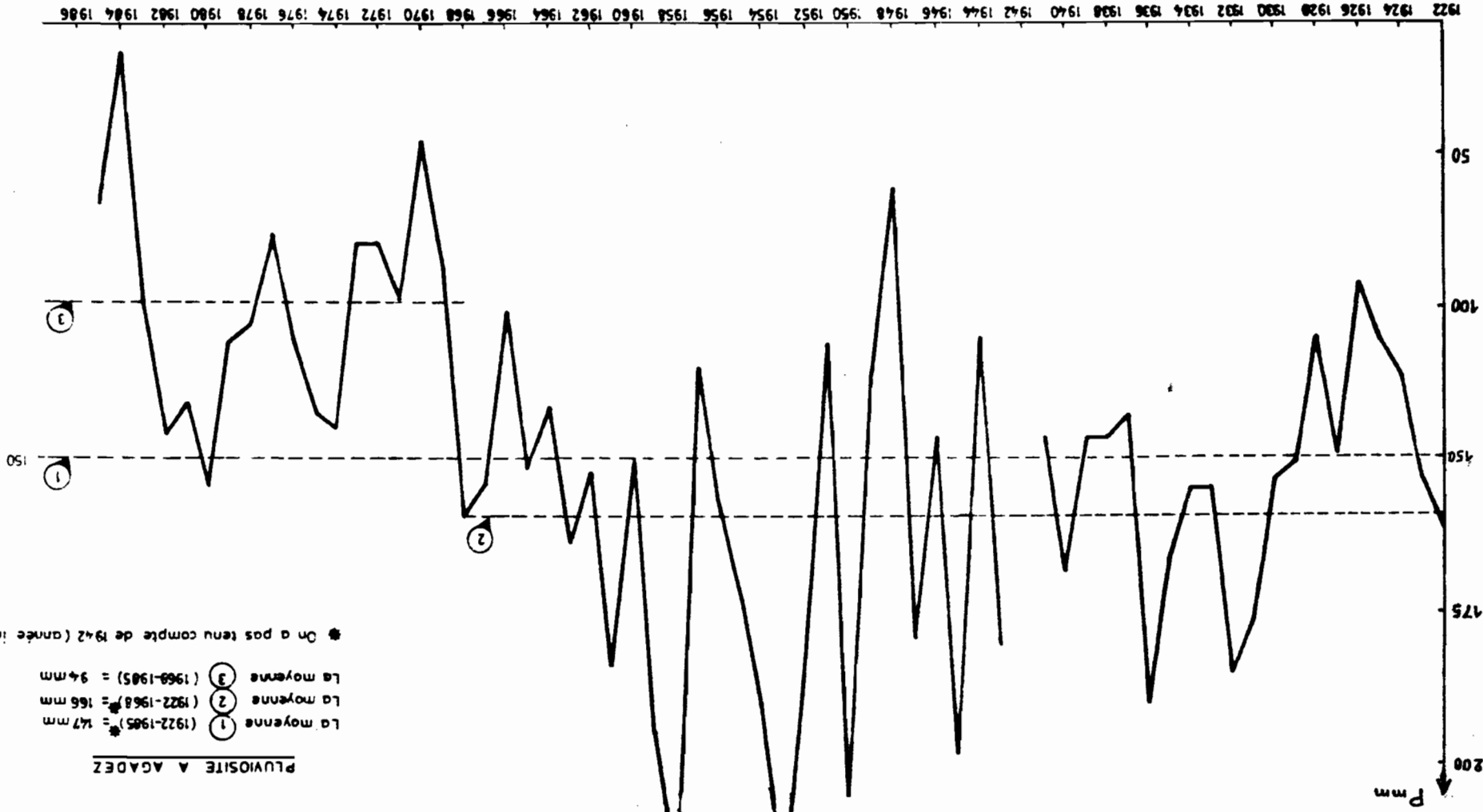


Fig:22

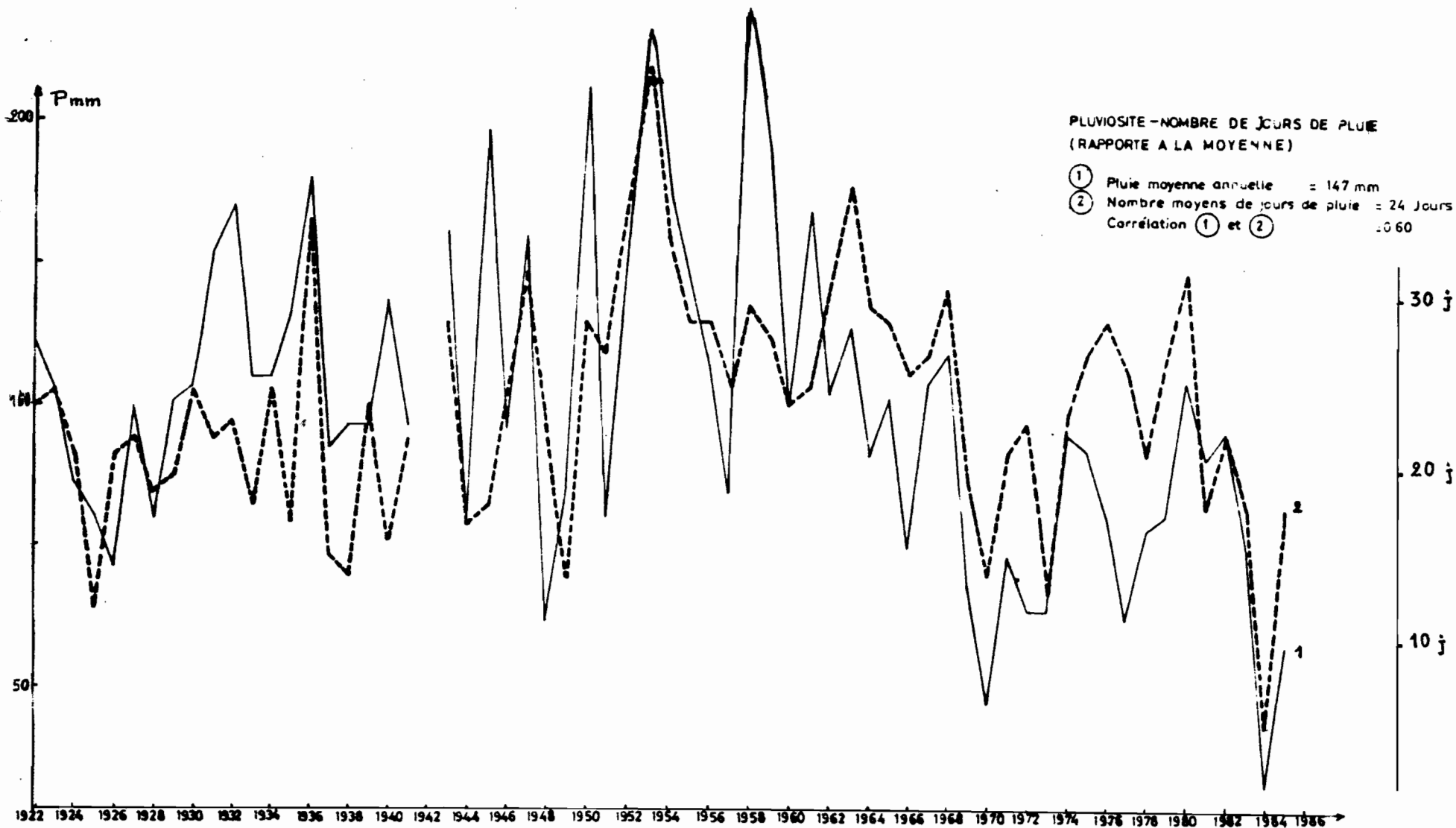
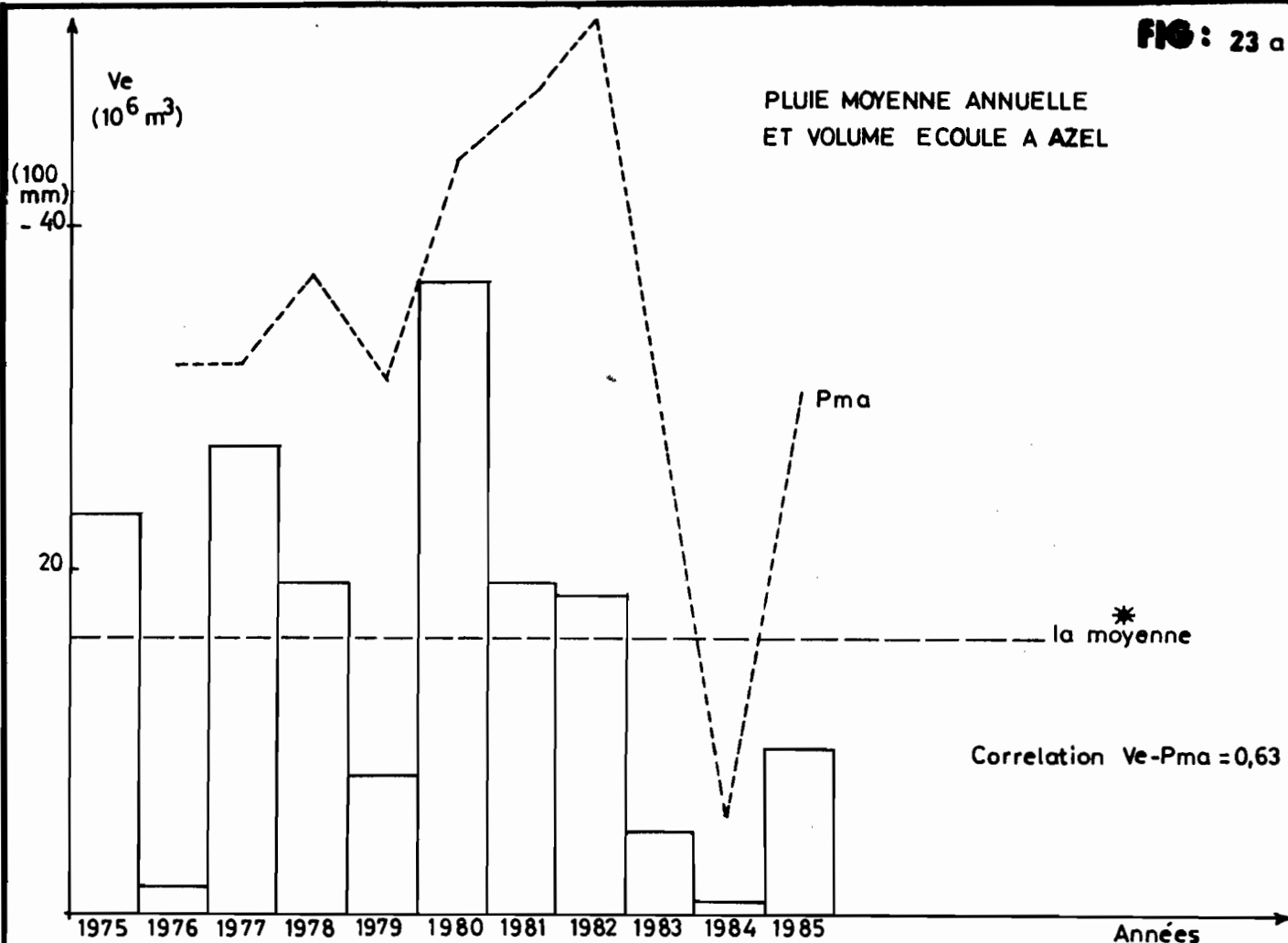
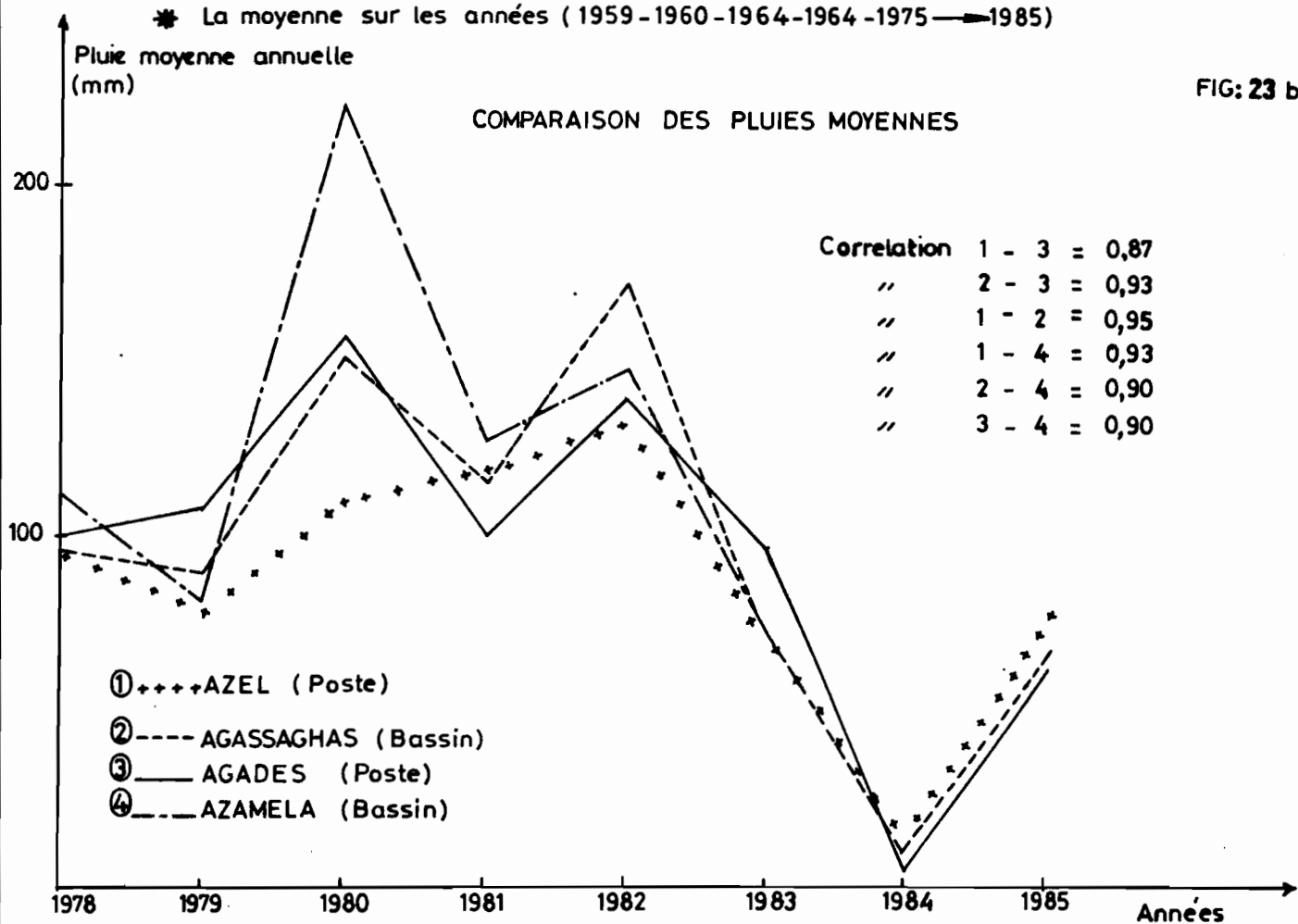


FIG: 23 a



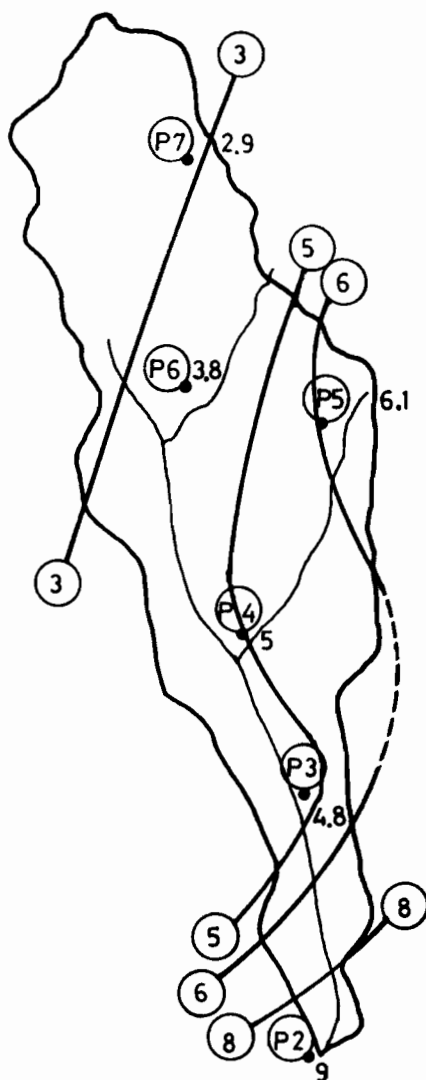
\* La moyenne sur les années (1959-1960-1964-1964-1975 → 1985)

FIG: 23 b



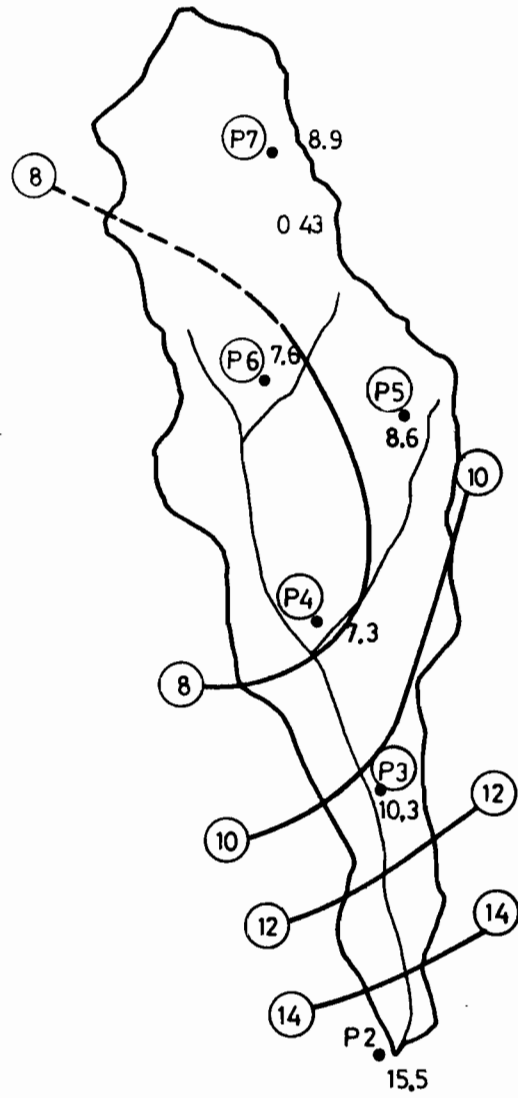
AGASSAGHAS

Isohyètes du Mois de Juin 1985



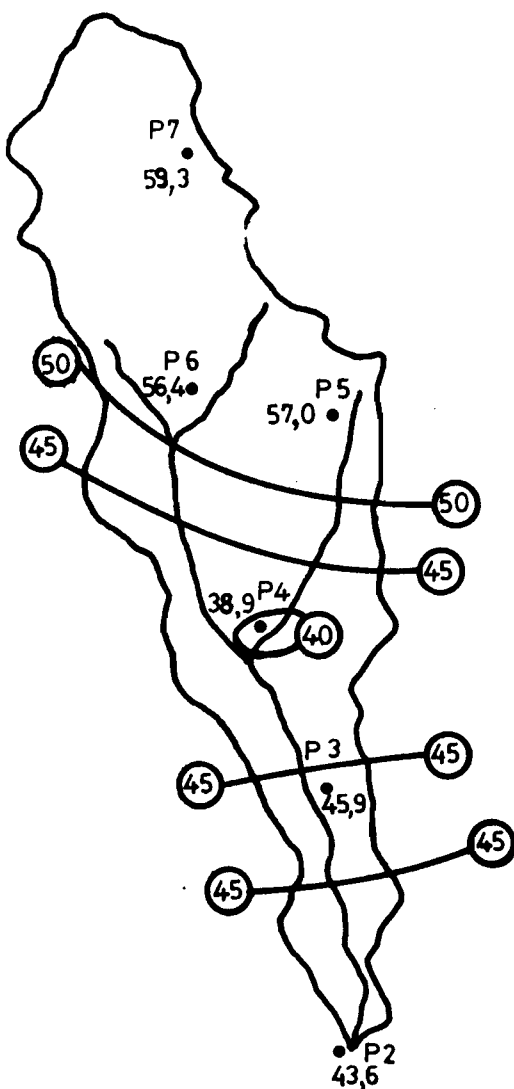
AGASSAGHAS

Isohyètes du Mois de Juillet 1985



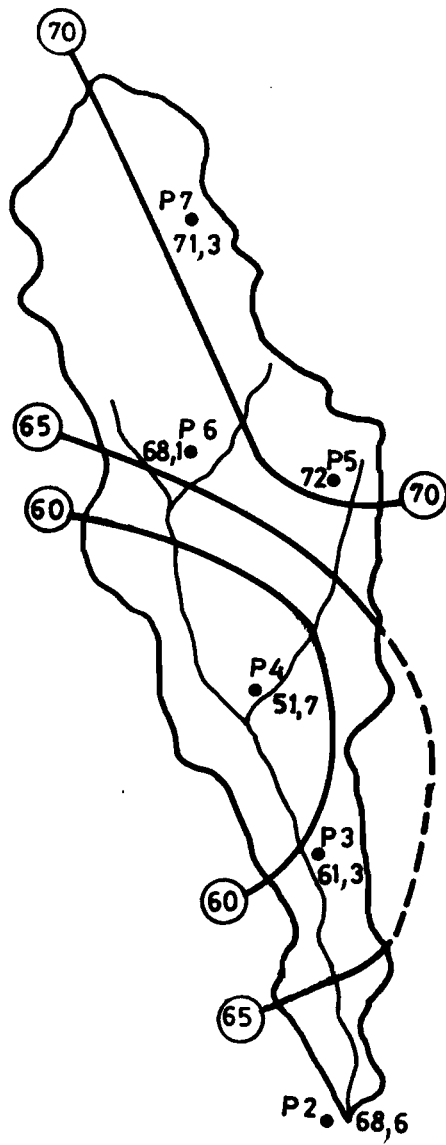
AGASSAGHAS

Isohyètes Aout 1985



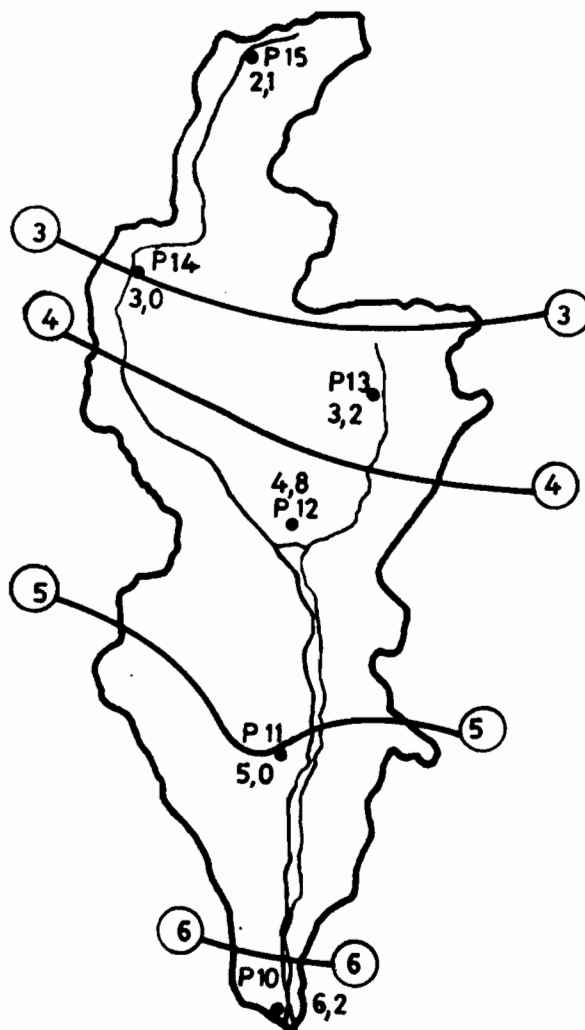
AGASSAGHAS

Isohyètes annuelle 1985



# AZAMELLA

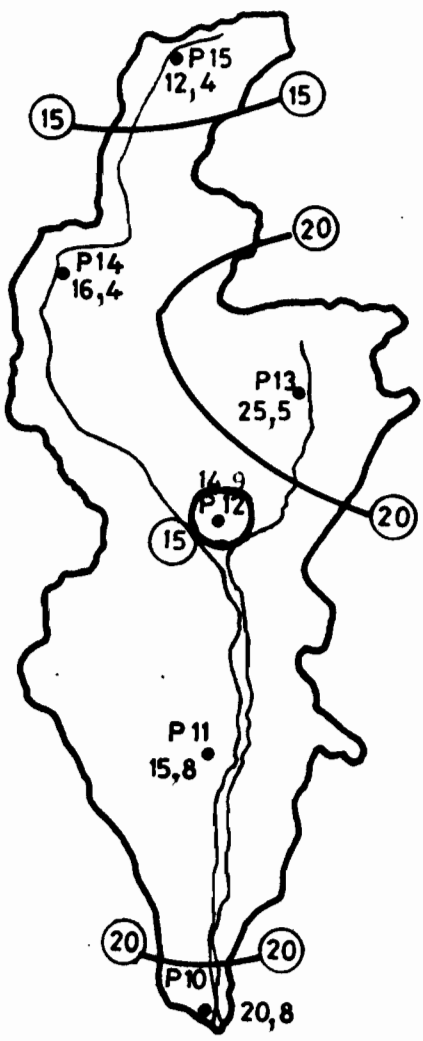
Isohyètes du mois de Juin 1985





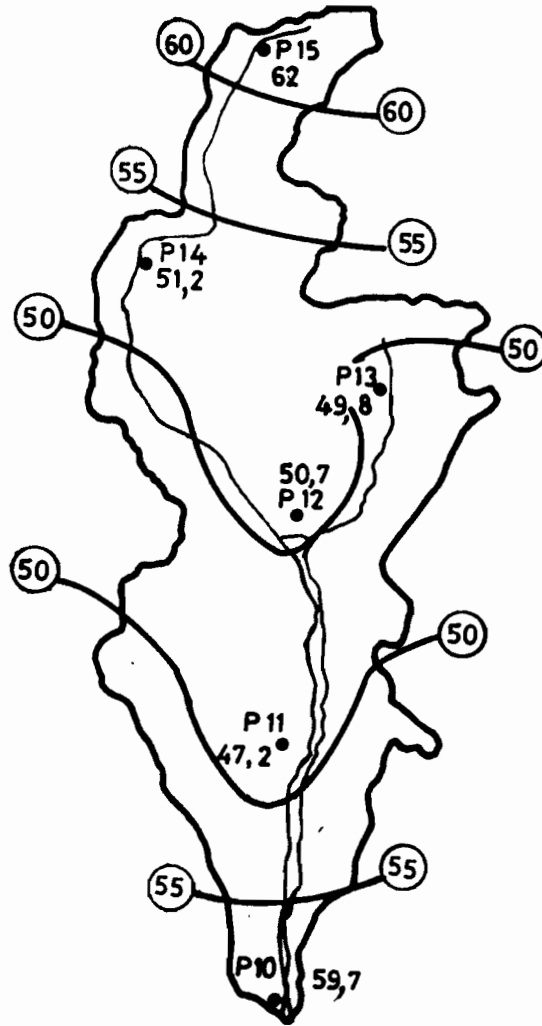
AZAMELLA

Isohyètes du mois de Juillet 1985



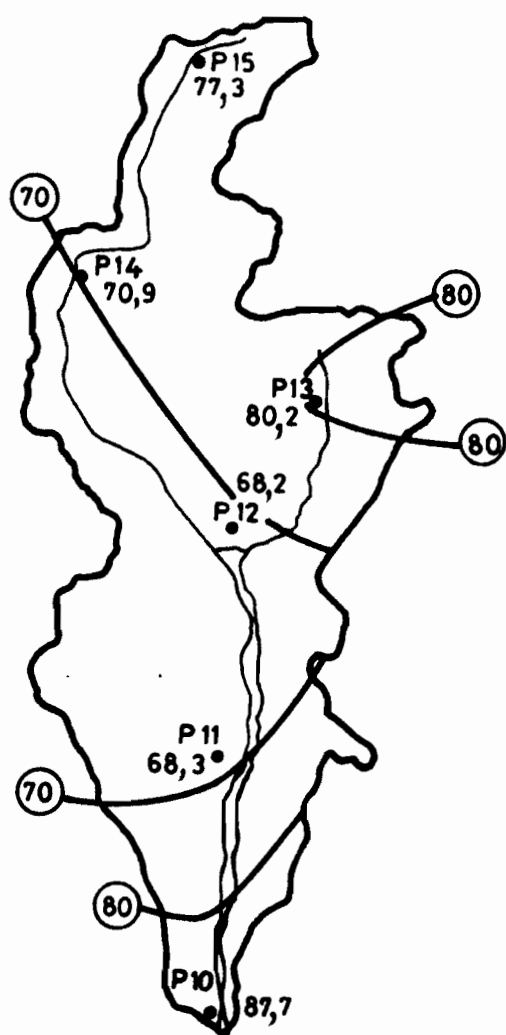
# AZAMELLA

Isohyètes du mois d'Août 1985



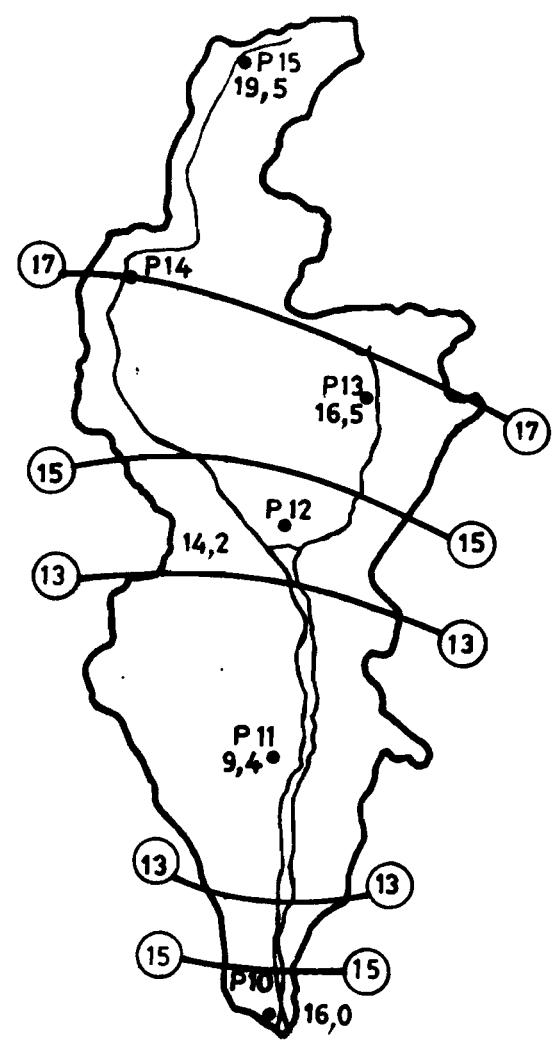
AZAMELLA

Isohyètes annuelle 1985



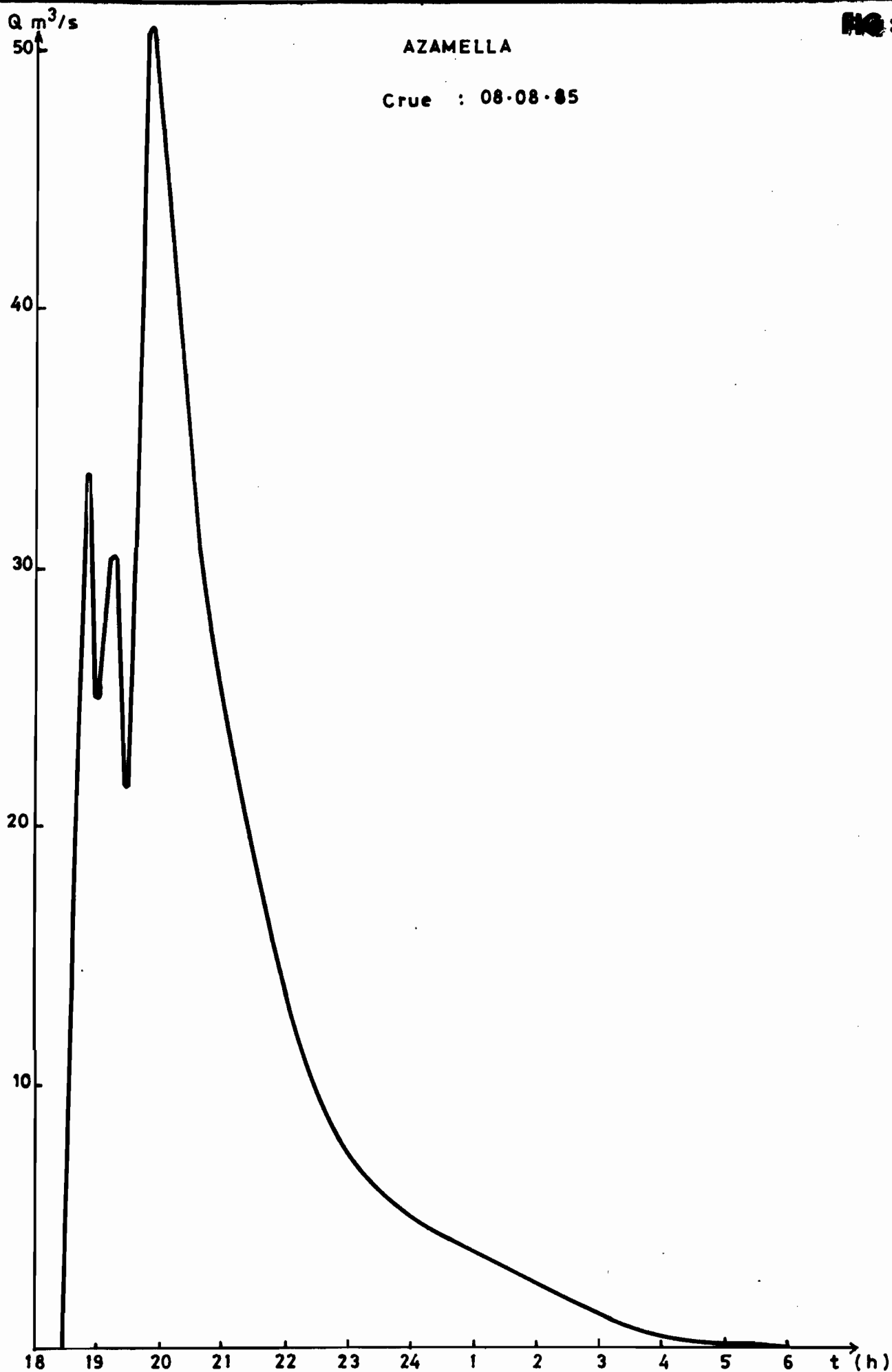
# AZAMELLA

Isohyète averse 8-8-1985



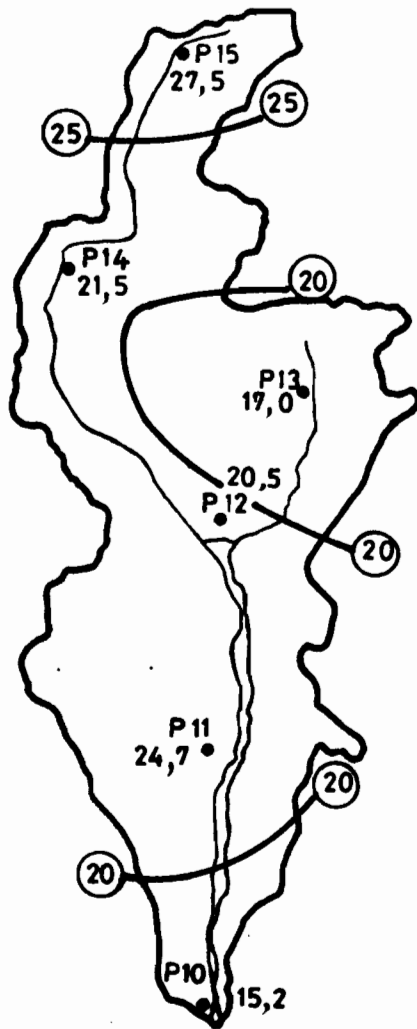
AZAMELLA

Crue : 08-08-85



AZAMELLA

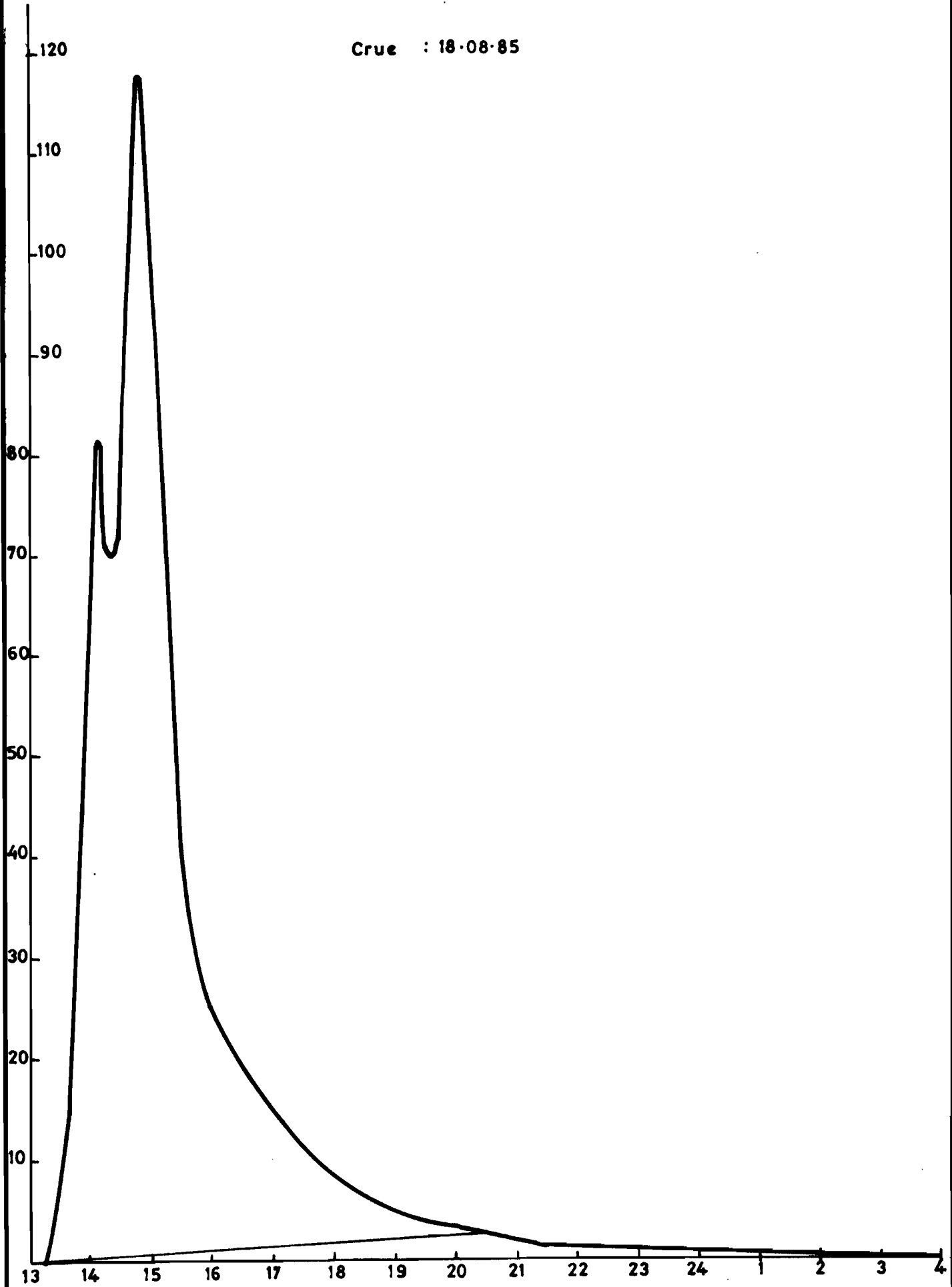
Isohyètes de l'averse 18-8-1985



AZAMELLA

Crue : 18-08-85

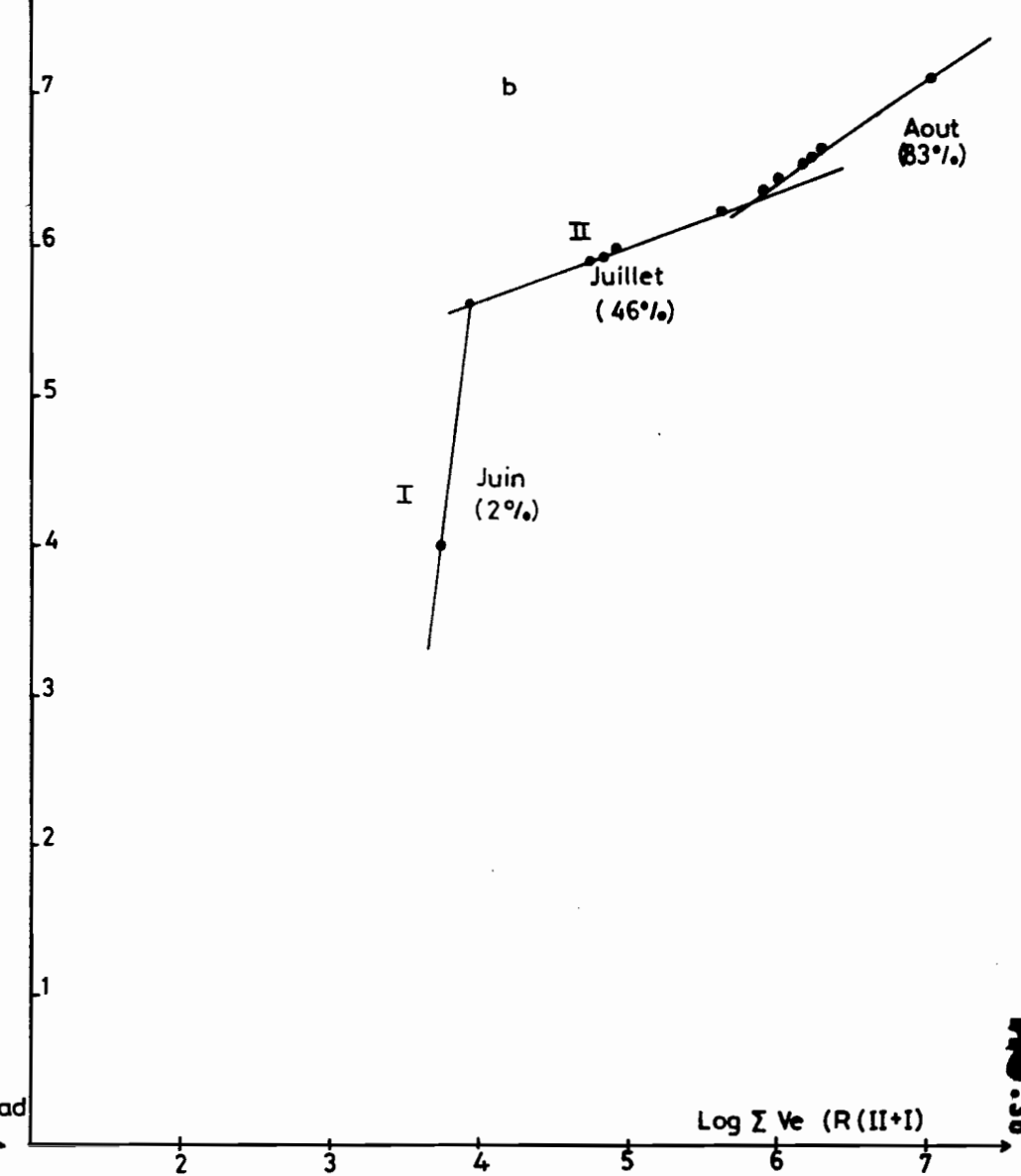
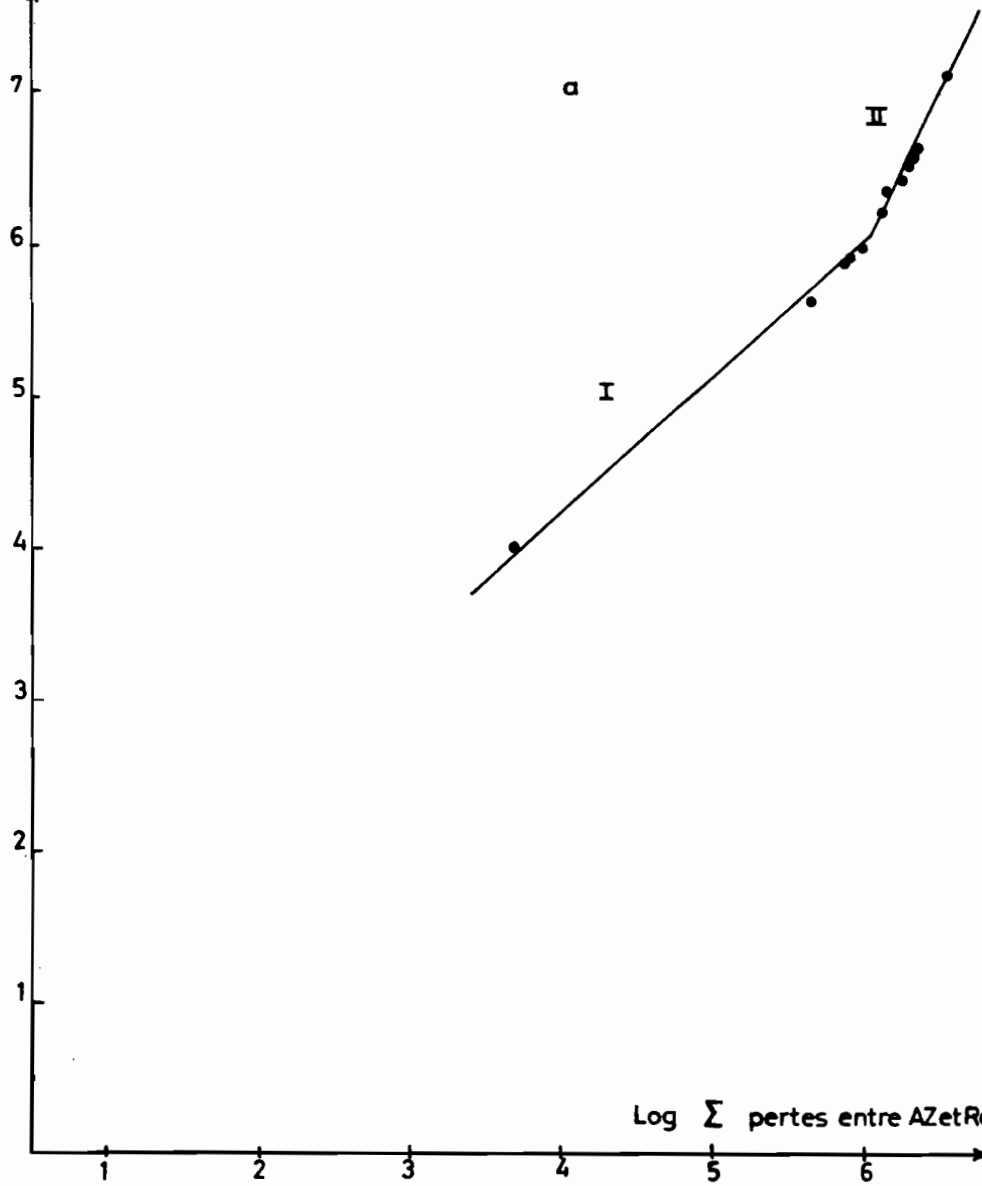
Q(m<sup>3</sup>/s)



CUVETTE D'AGADEZ

Volumes cumules entre Azel et Radiers  
Log  $\sum (V_{AZ+AG+AM})$

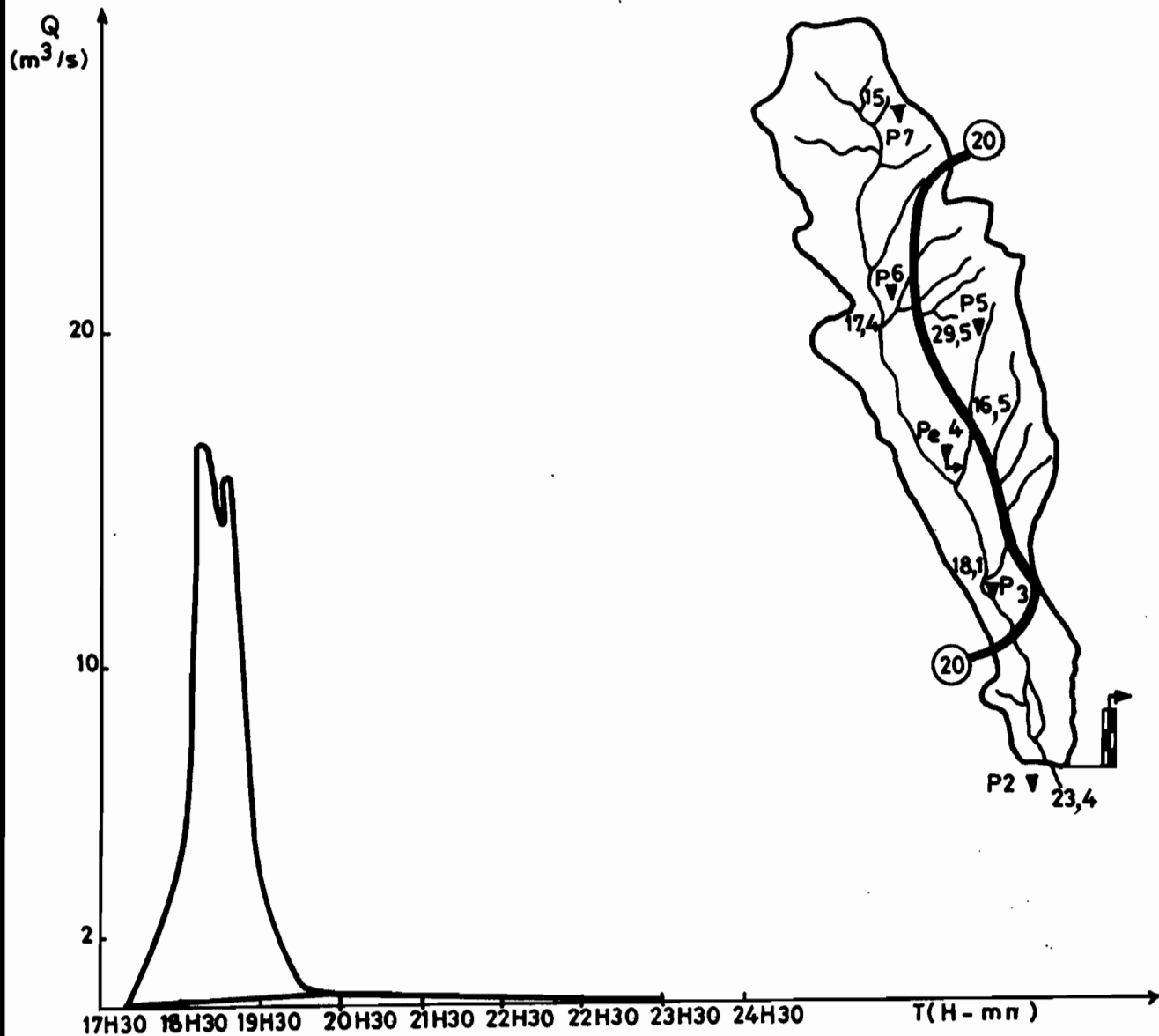
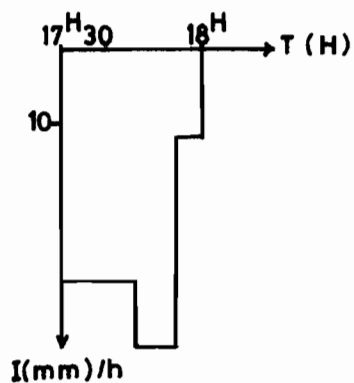
Log  $\sum [(V_e(AZ+AG+AM))]$





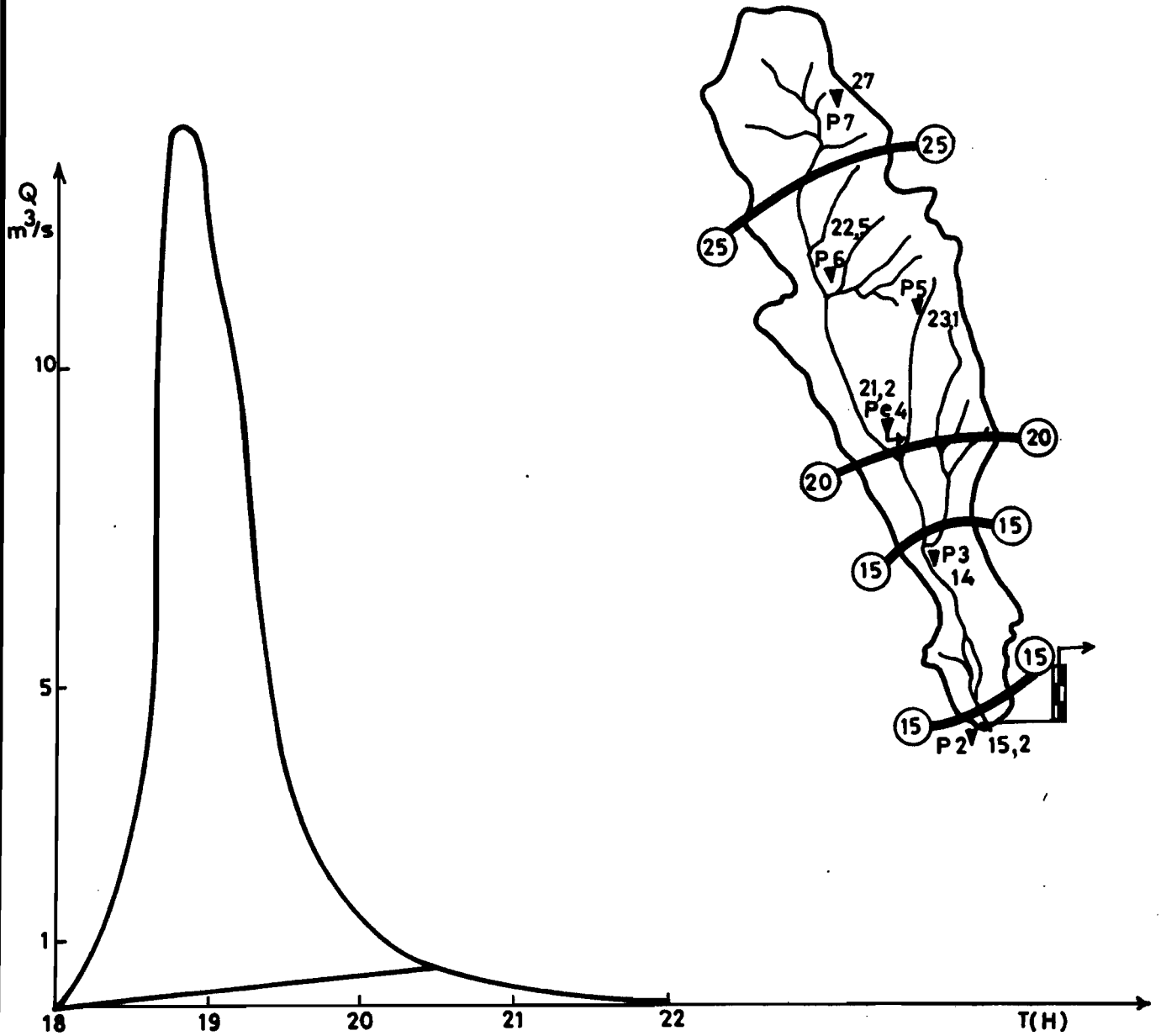
BASSIN VERSANT D' AGASSAGHAS

Crue du 19/7/81



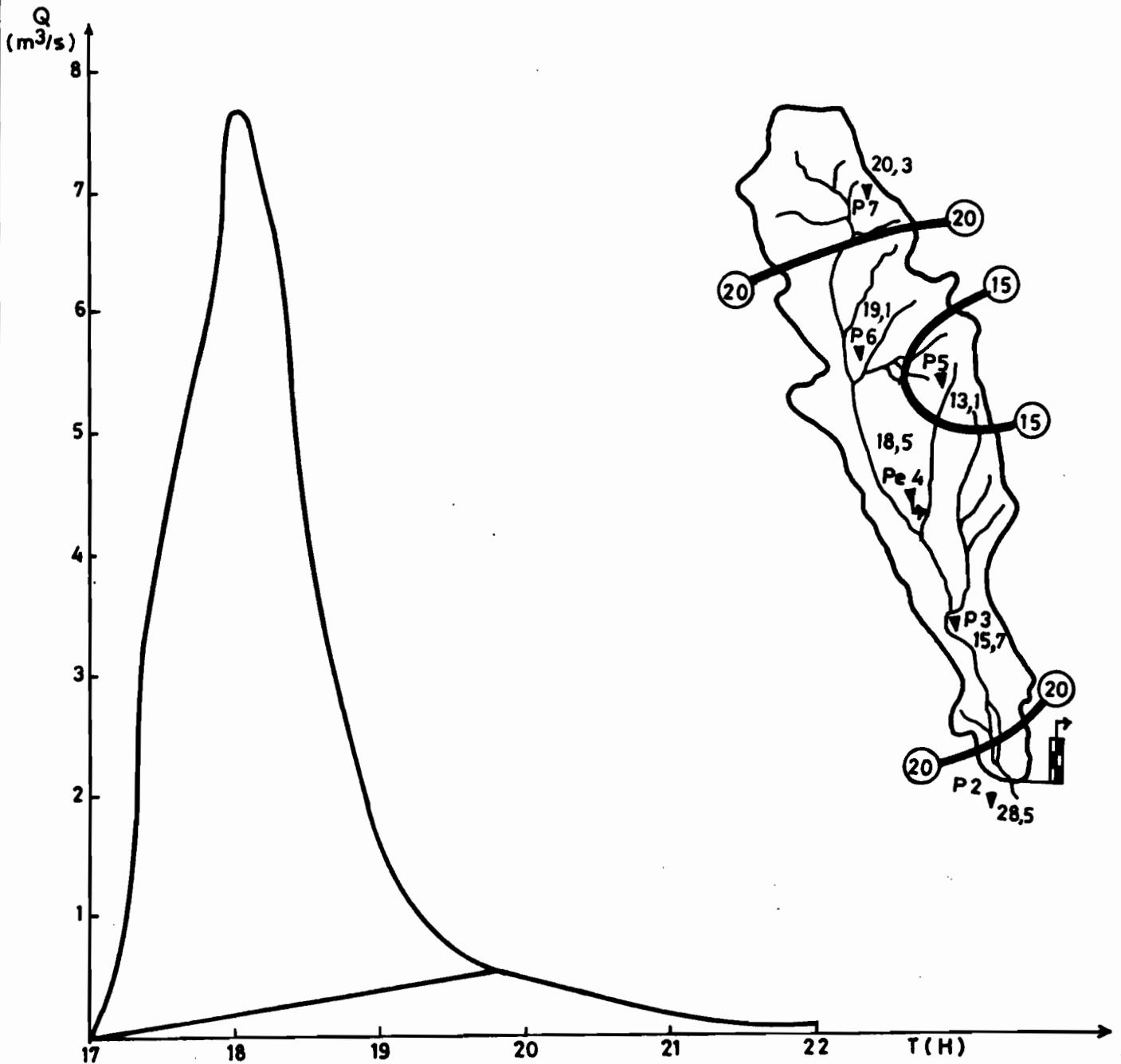
# BASSIN VERSANT D'AGASSAGHAS

Crue du 9/8/82



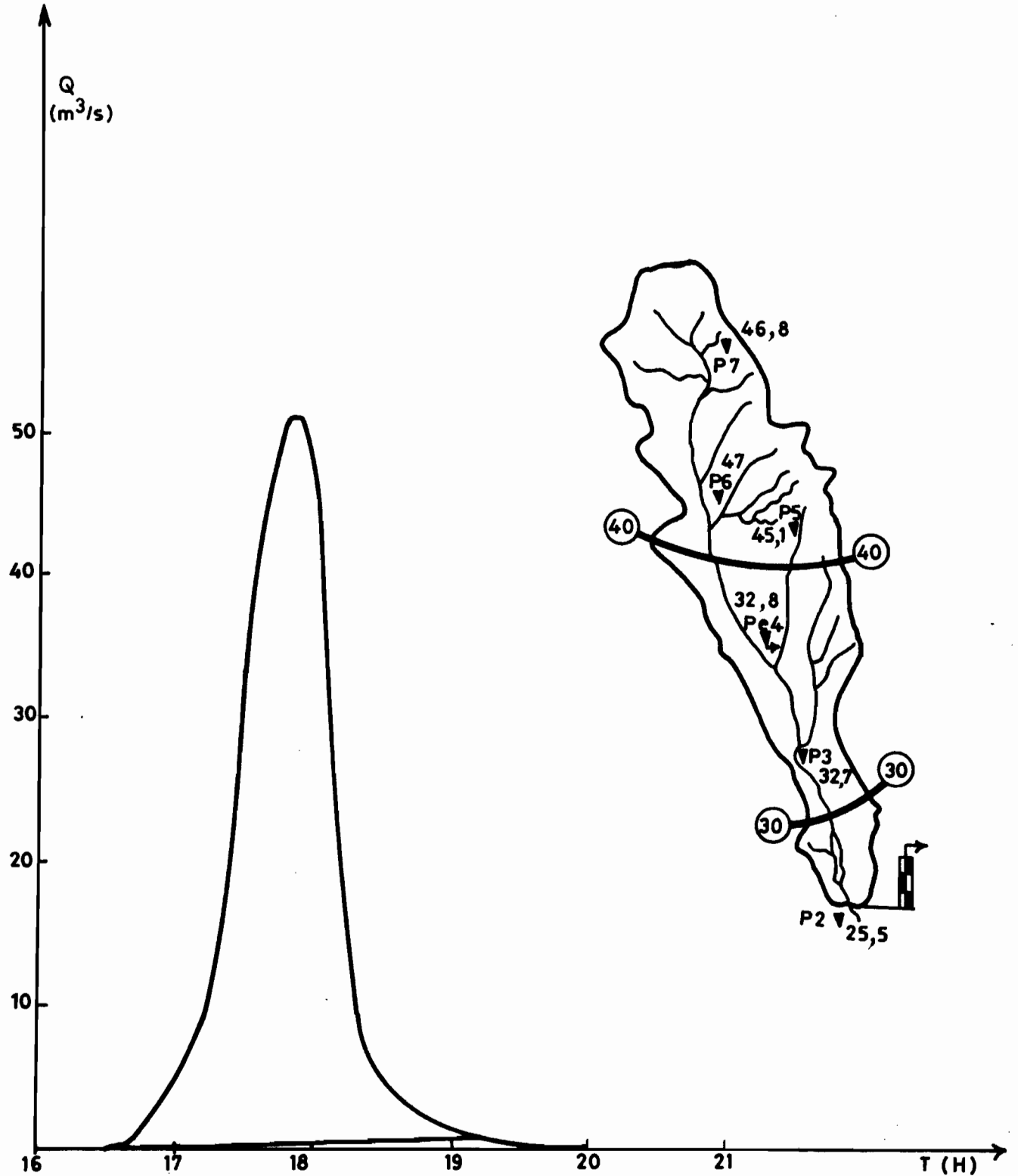
BASSIN VERSANT D'AGASSAGHAS

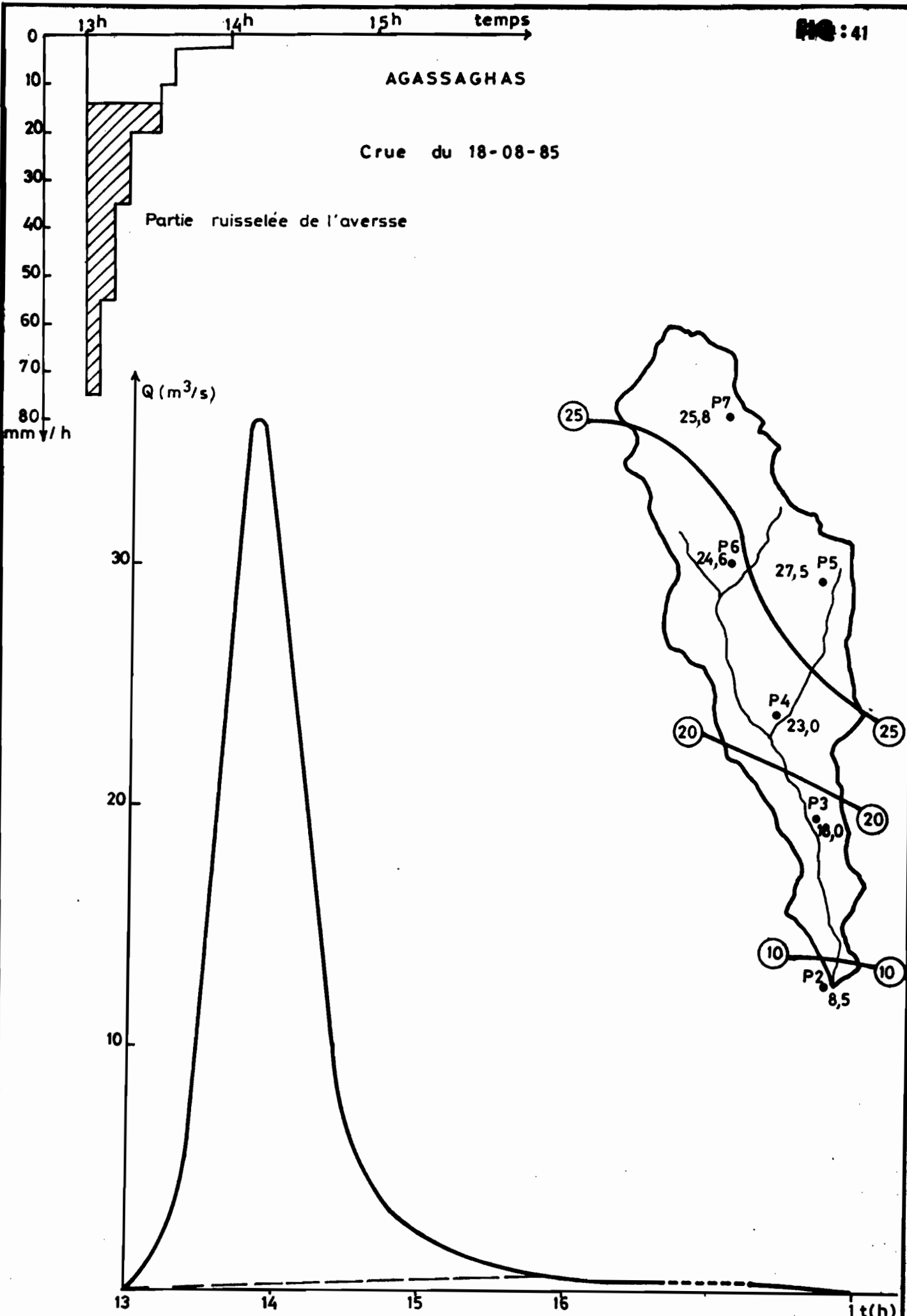
Crue du 12/8/82



BASSIN VERSANT D'AGASSAGHAS

Crue du 31/8/82

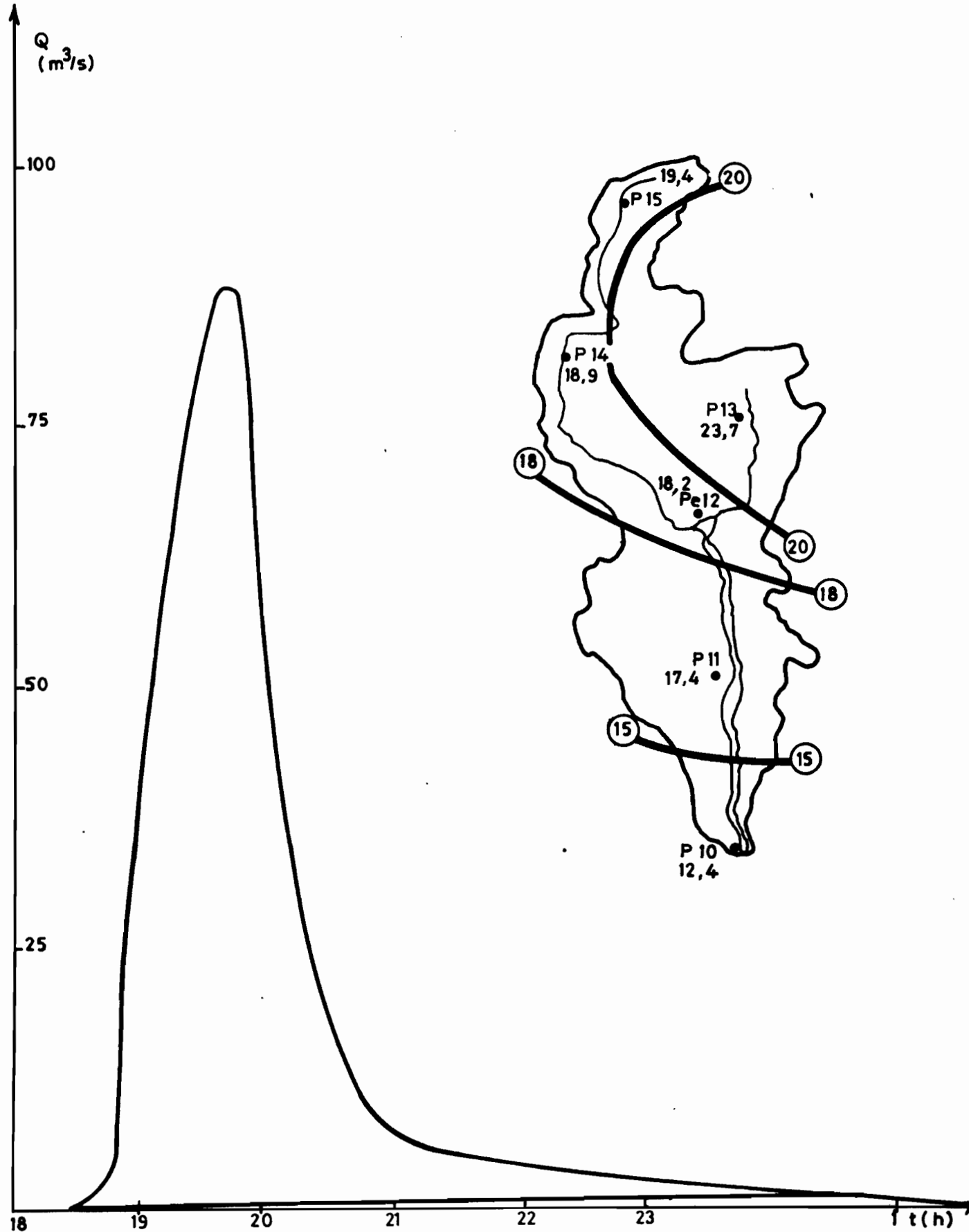






AZAMELLA

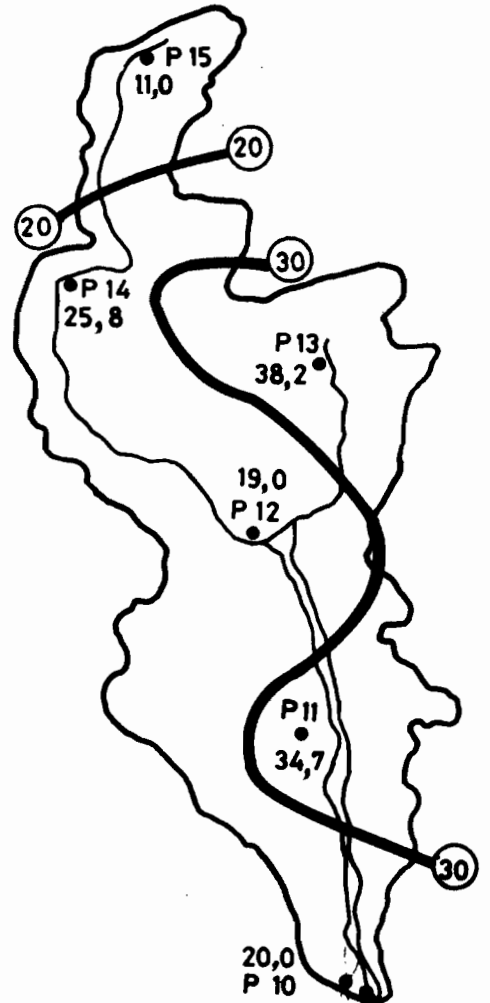
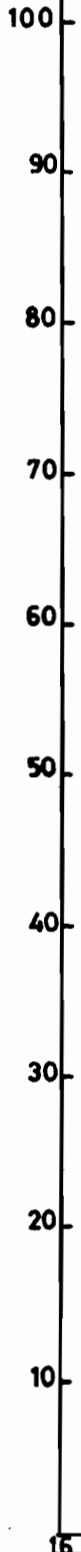
Crue du 12-07-80



# AZAMELLA

Crue du 14/08/80

Q  
m<sup>3</sup>/s

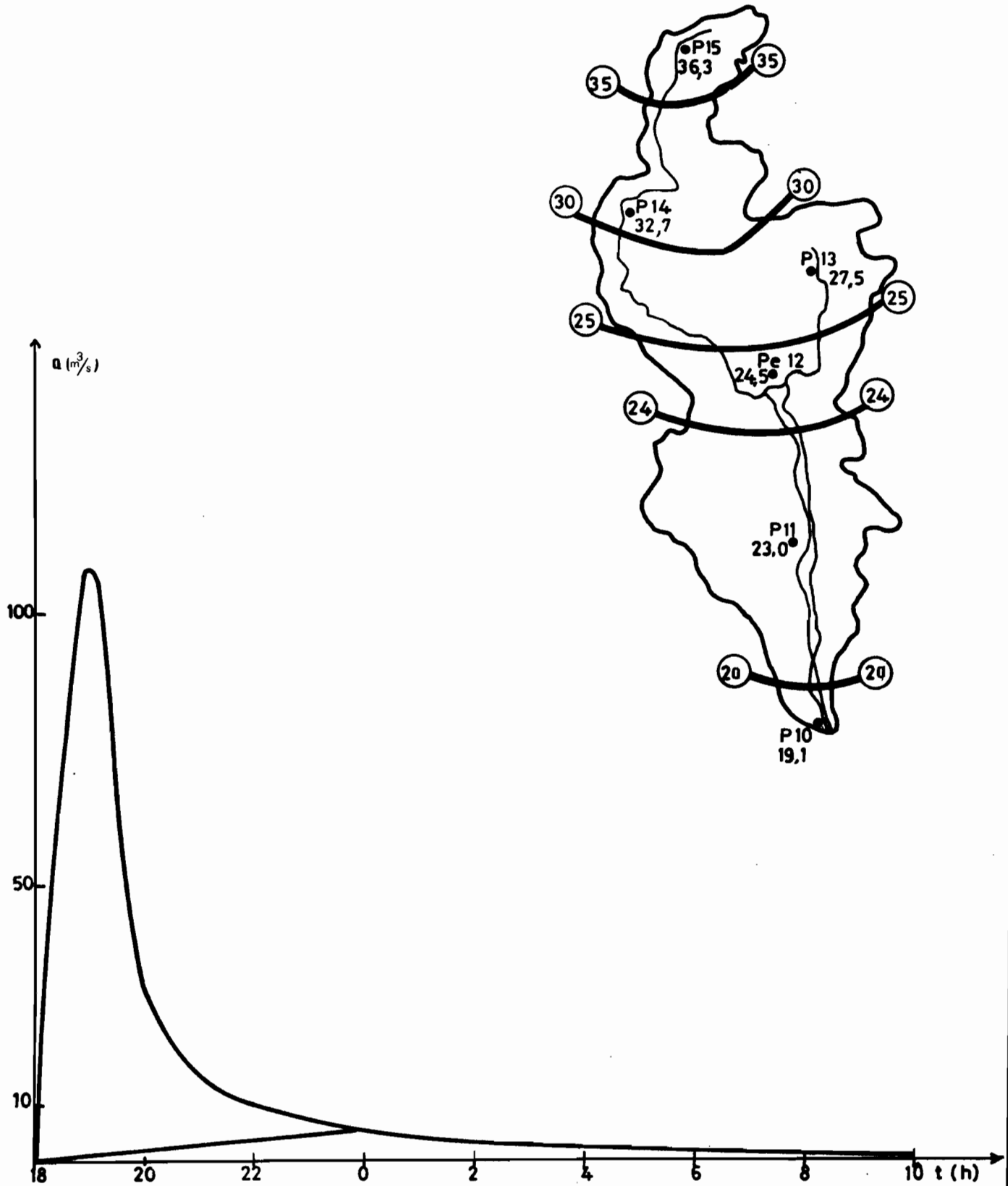


t (H)



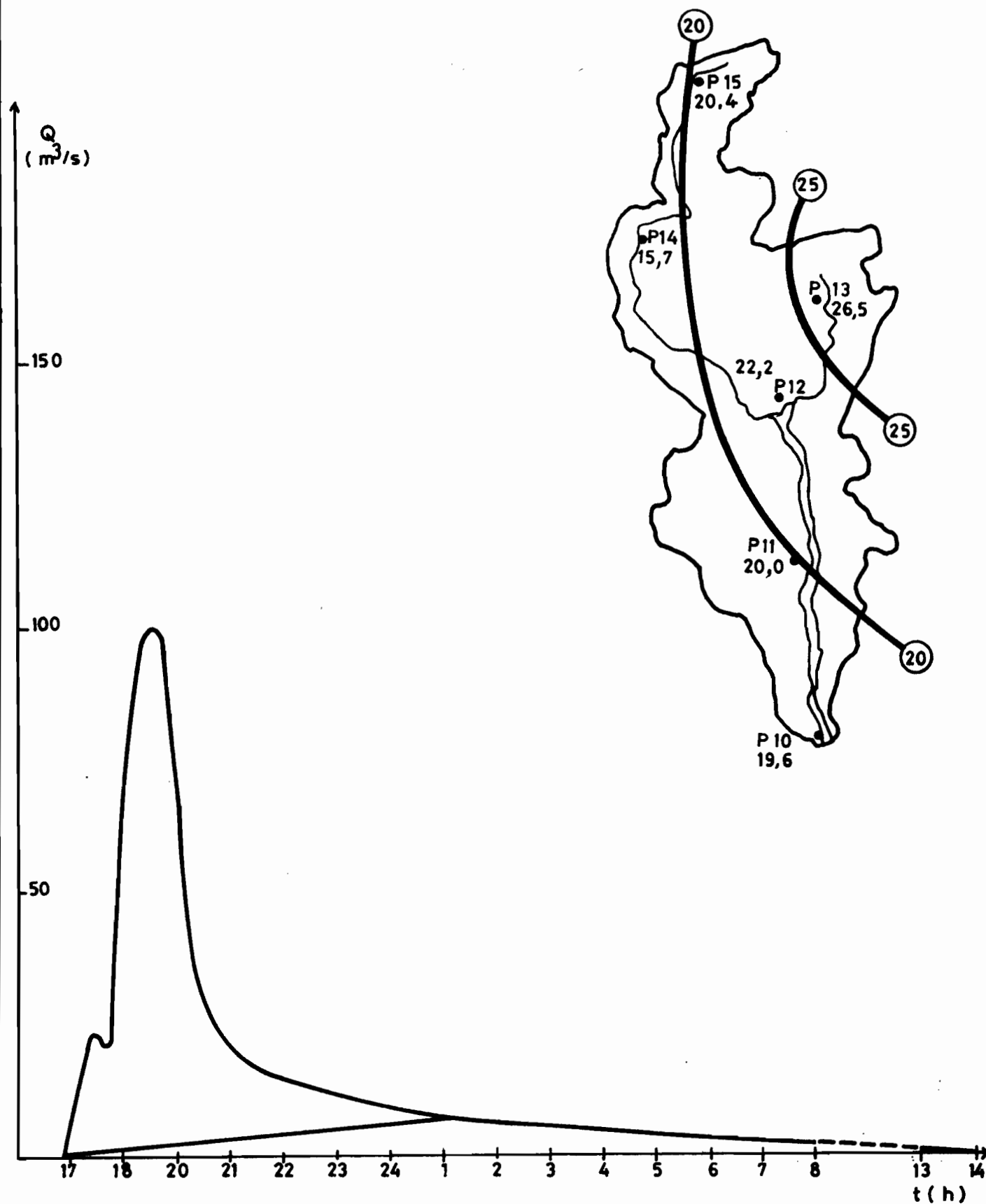
AZAMELLA

Crue du 9-08-82



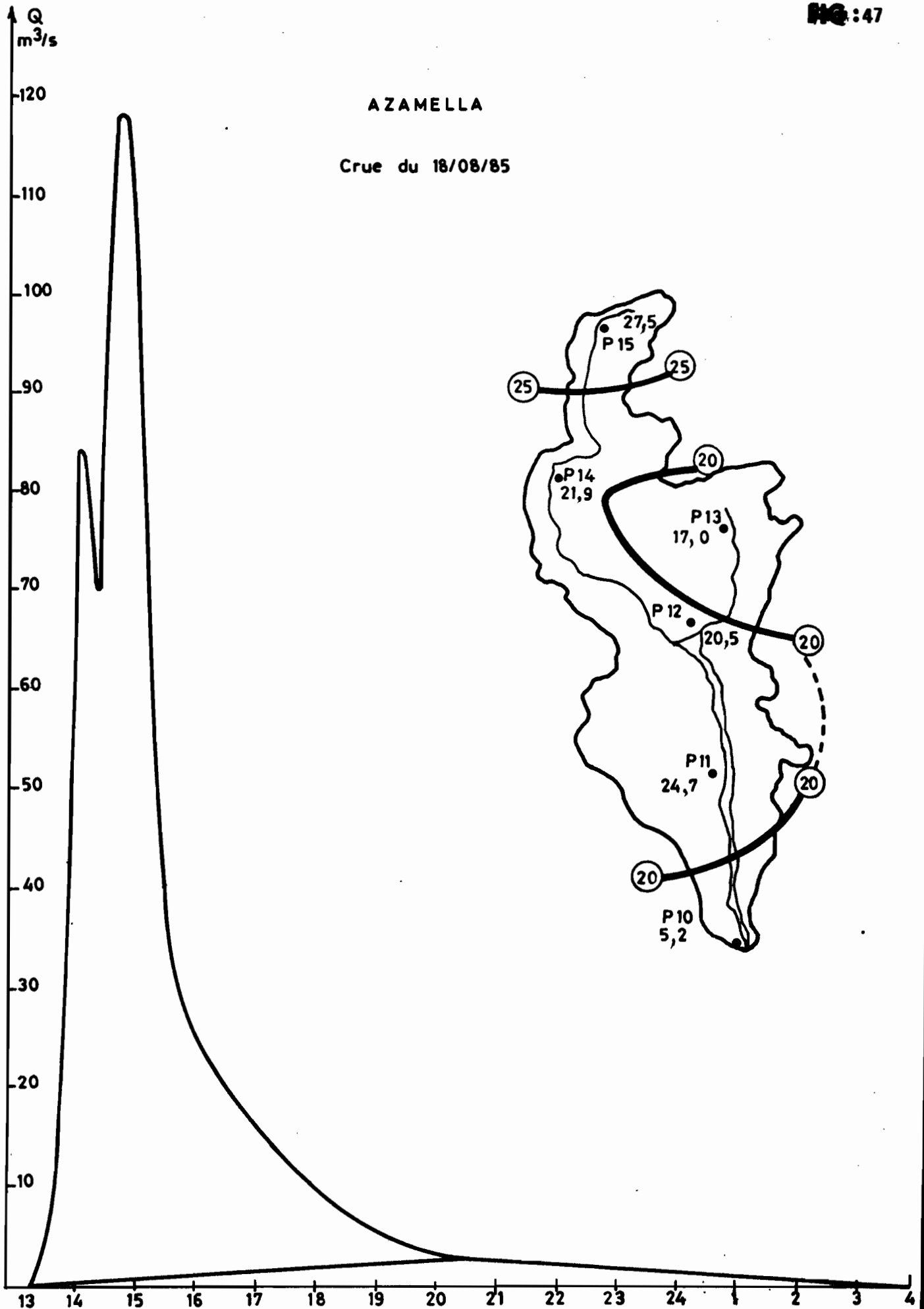
AZAMELLA

Crue du 12.08.82



# AZAMELLA

Crue du 18/08/85



### AZAMELLA

Hydrogrammes moyen et median

— Hydrogramme moyen  
- - - Hydrogramme median

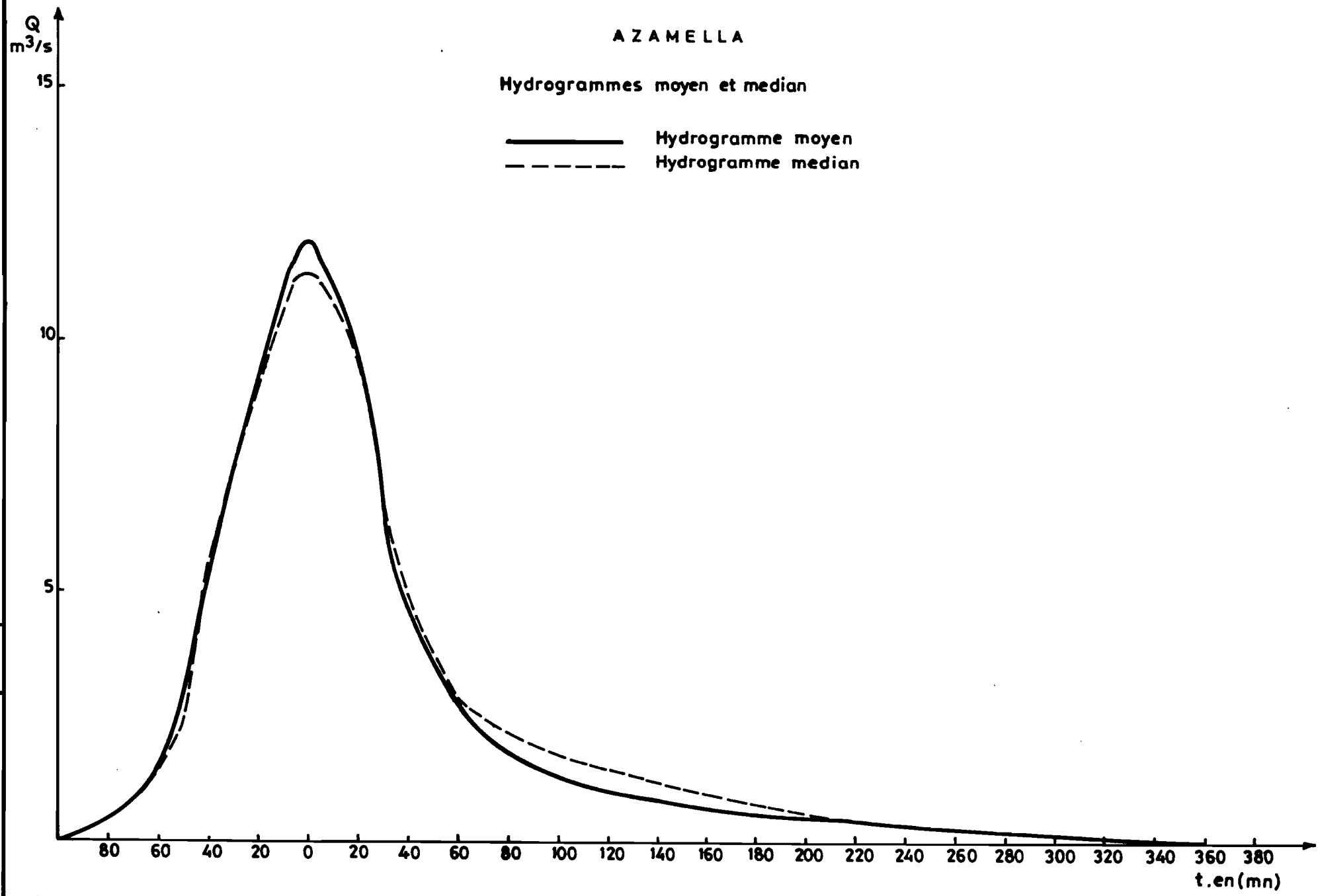
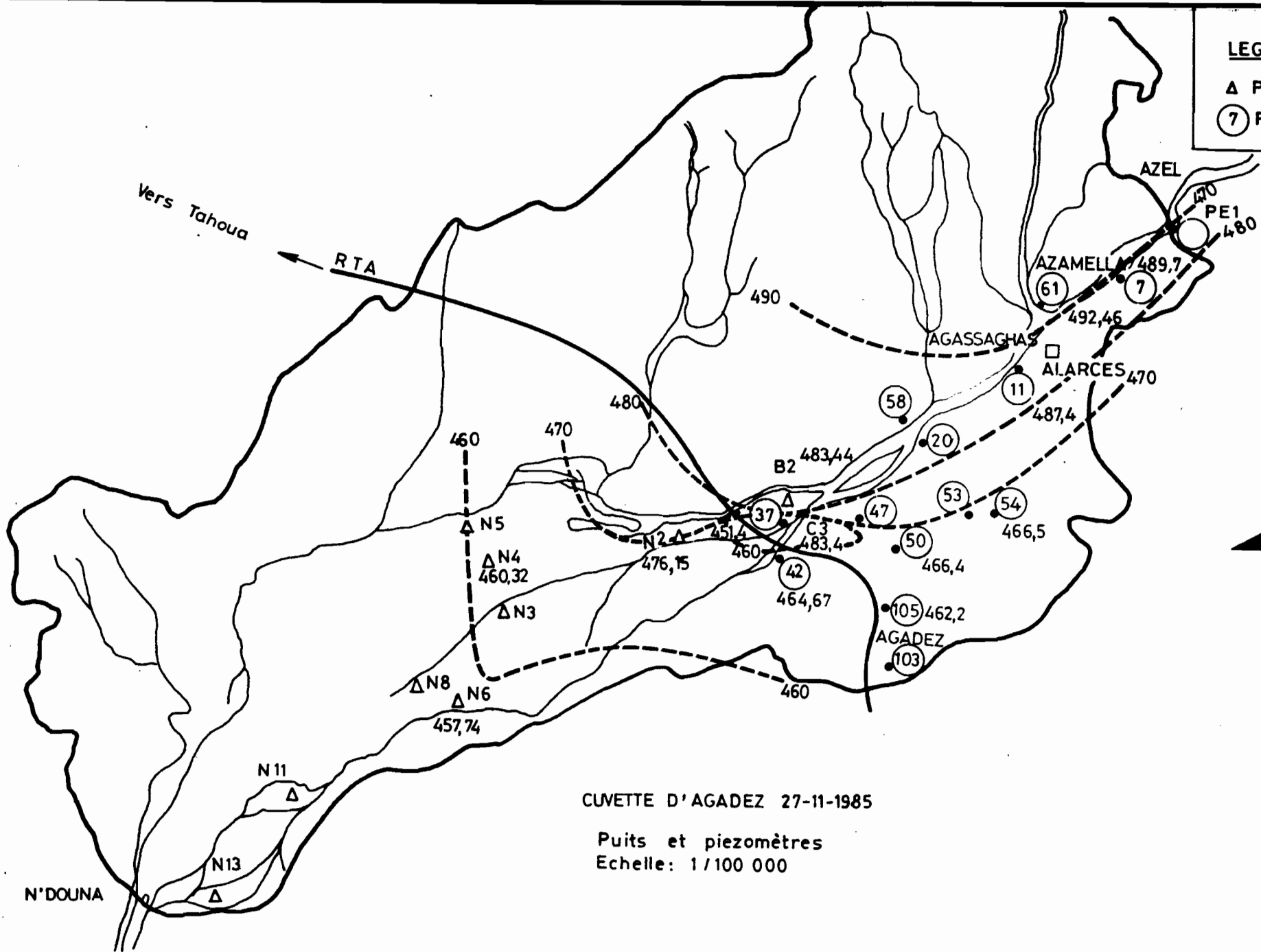


FIG:48

LEGENDE

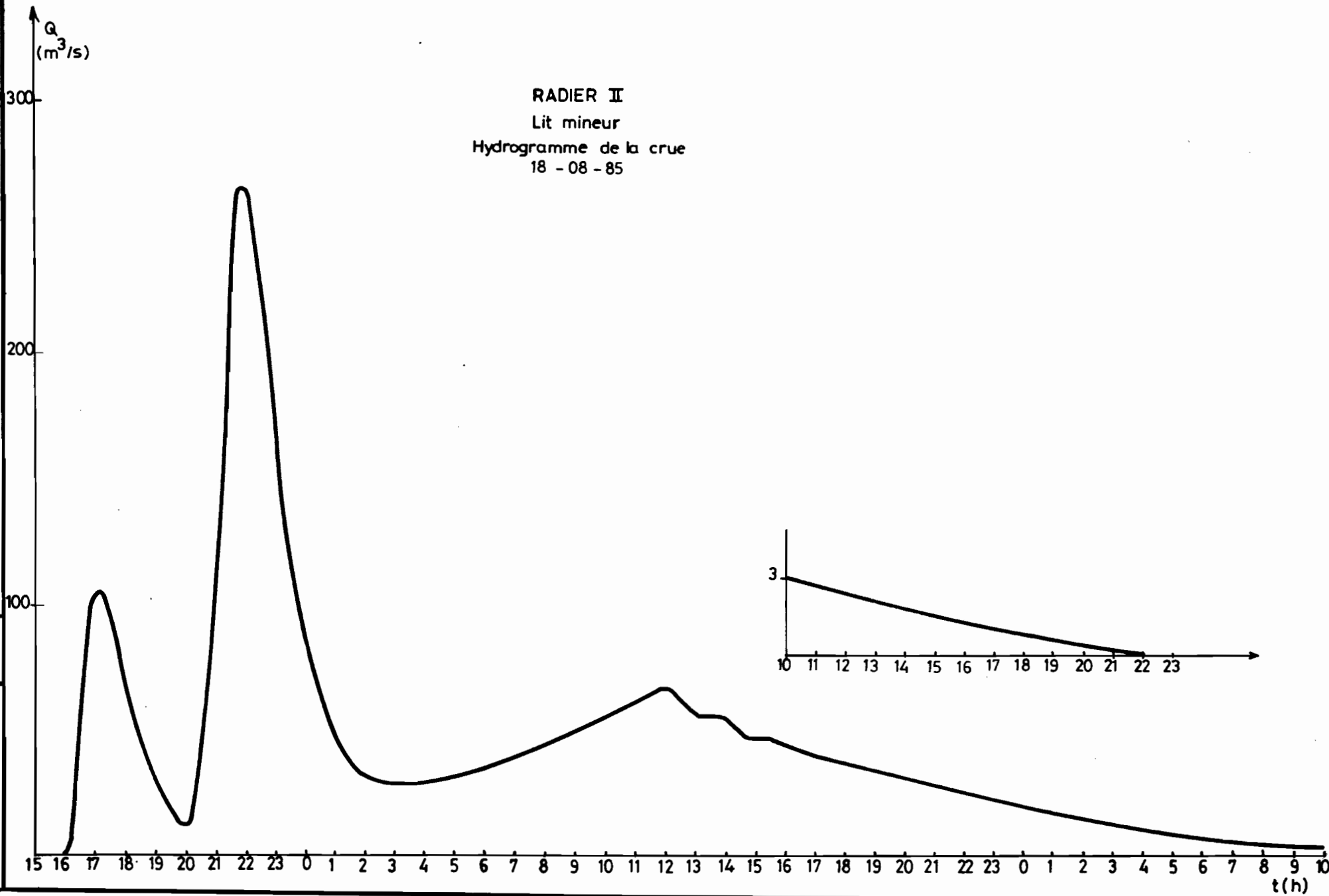
- △ Piezometres
- ⑦ Puits



CUVETTE D'AGADEZ 27-11-1985

Puits et piezomètres  
Echelle: 1/100 000

RADIER II  
Lit mineur  
Hydrogramme de la crue  
18 - 08 - 85

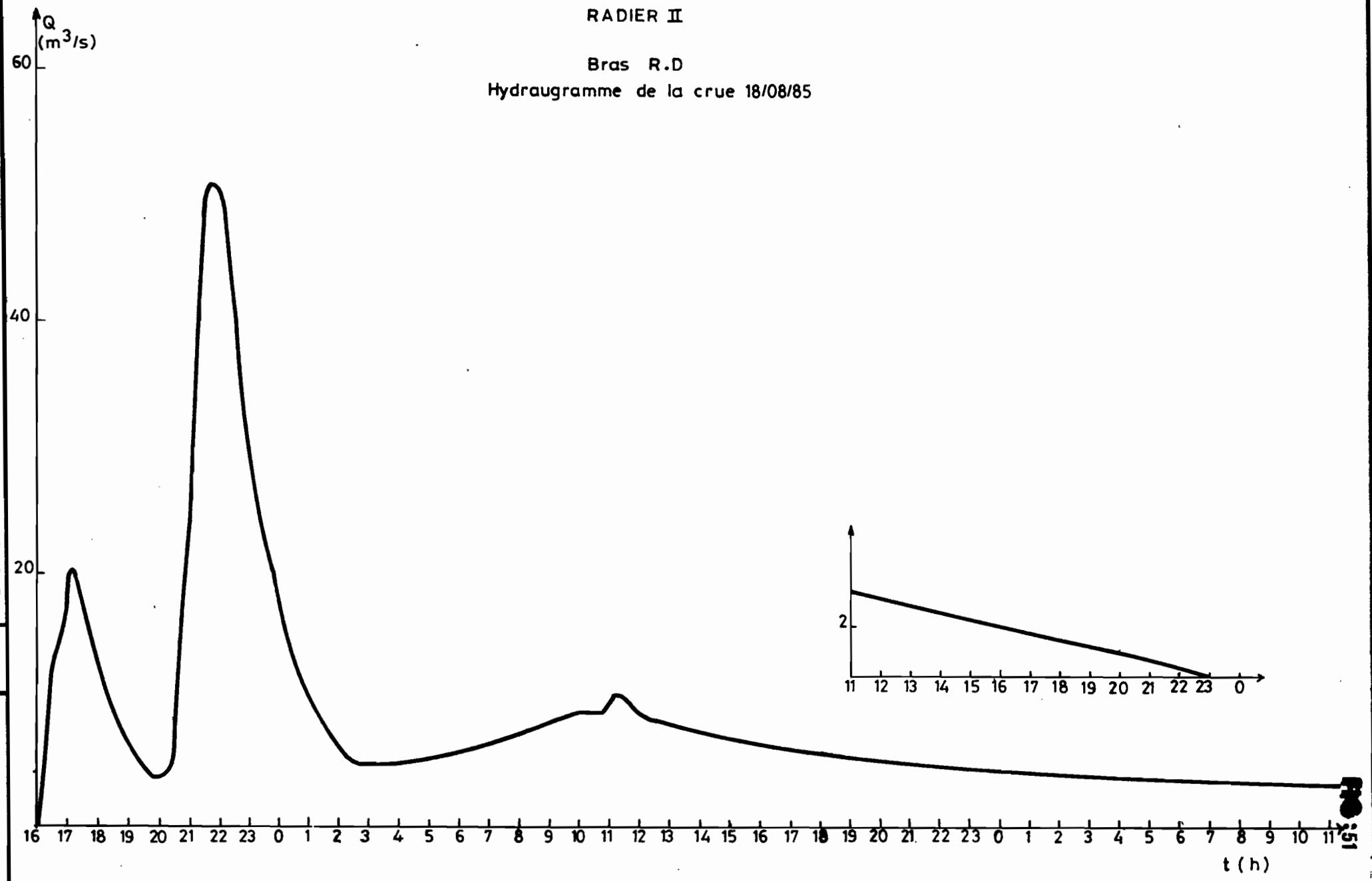




INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
- POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

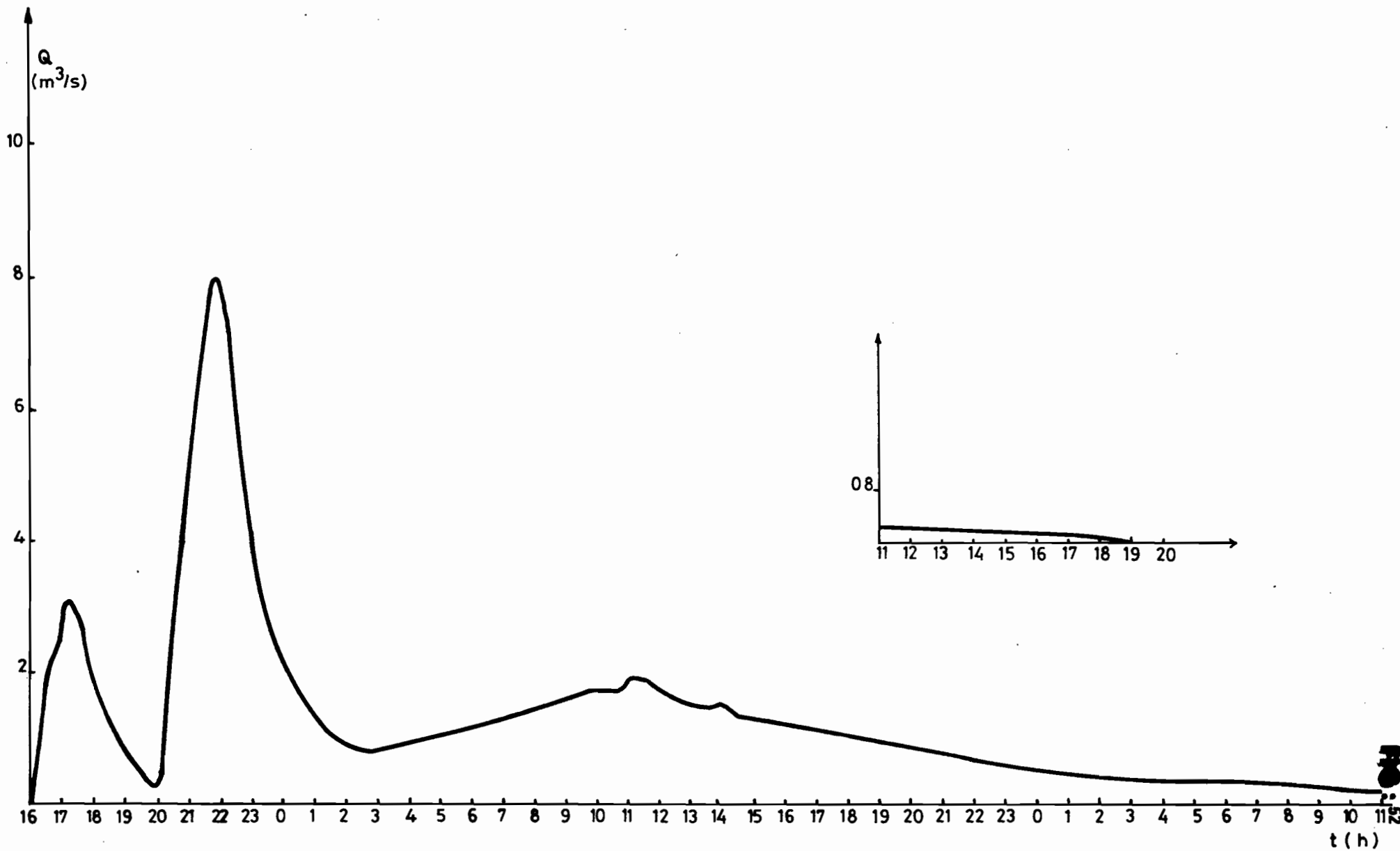
Mission au Niger

RADIER II  
Bras R.D  
Hydraugramme de la crue 18/08/85



RADIER II DALOT

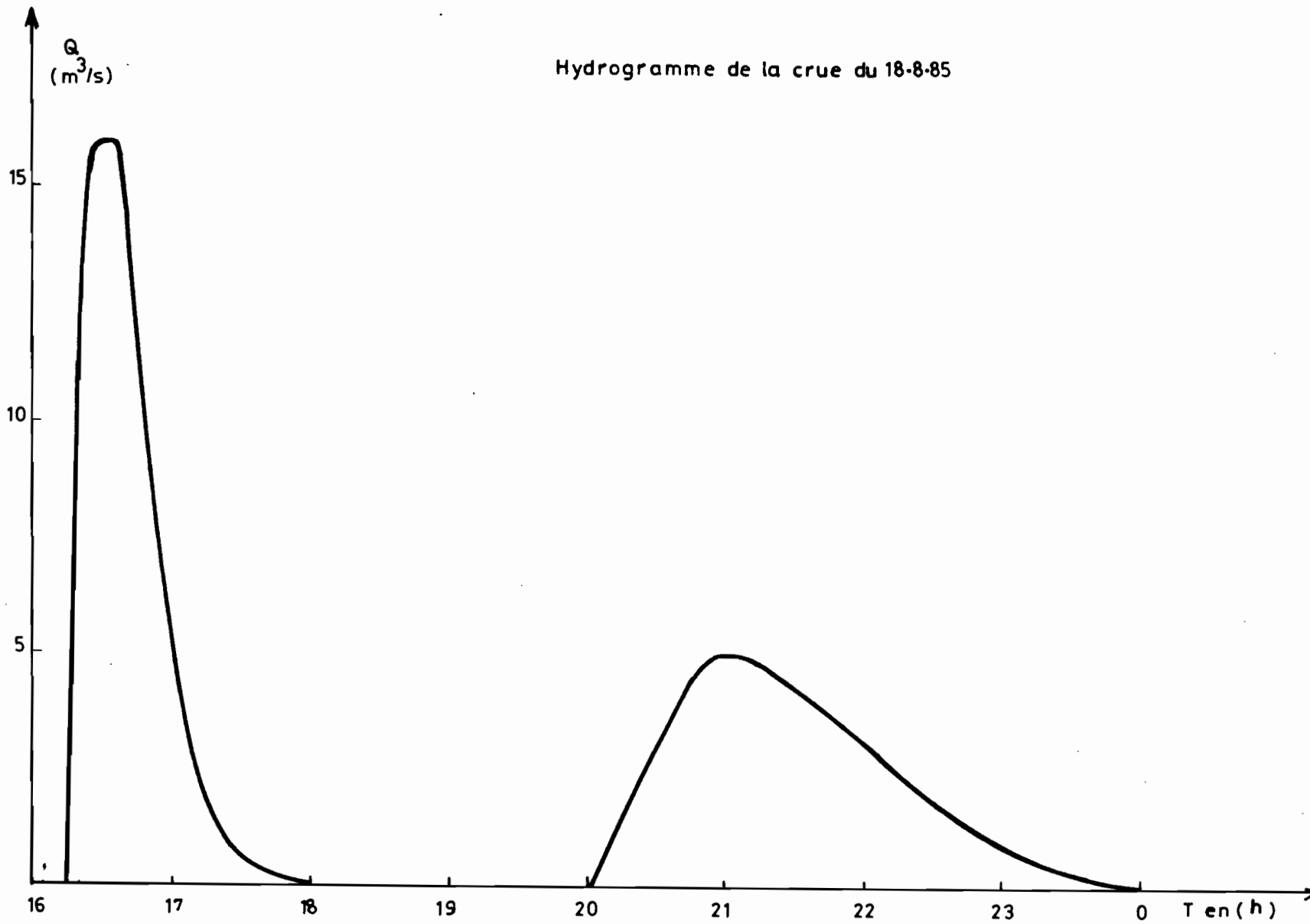
Hydrogramme de la crue du 18/08/1985





NIGELEC

Hydrogramme de la crue du 18-8-85



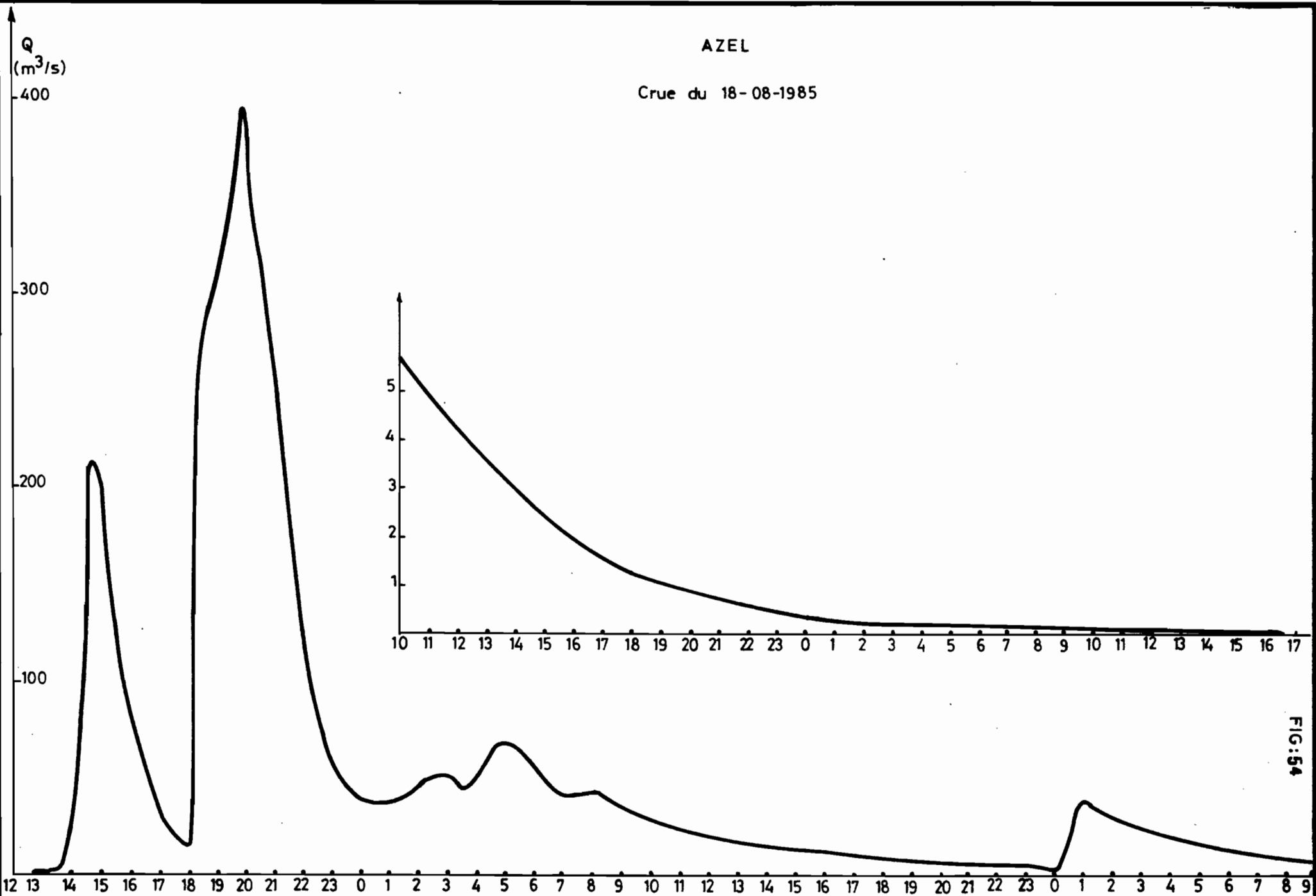


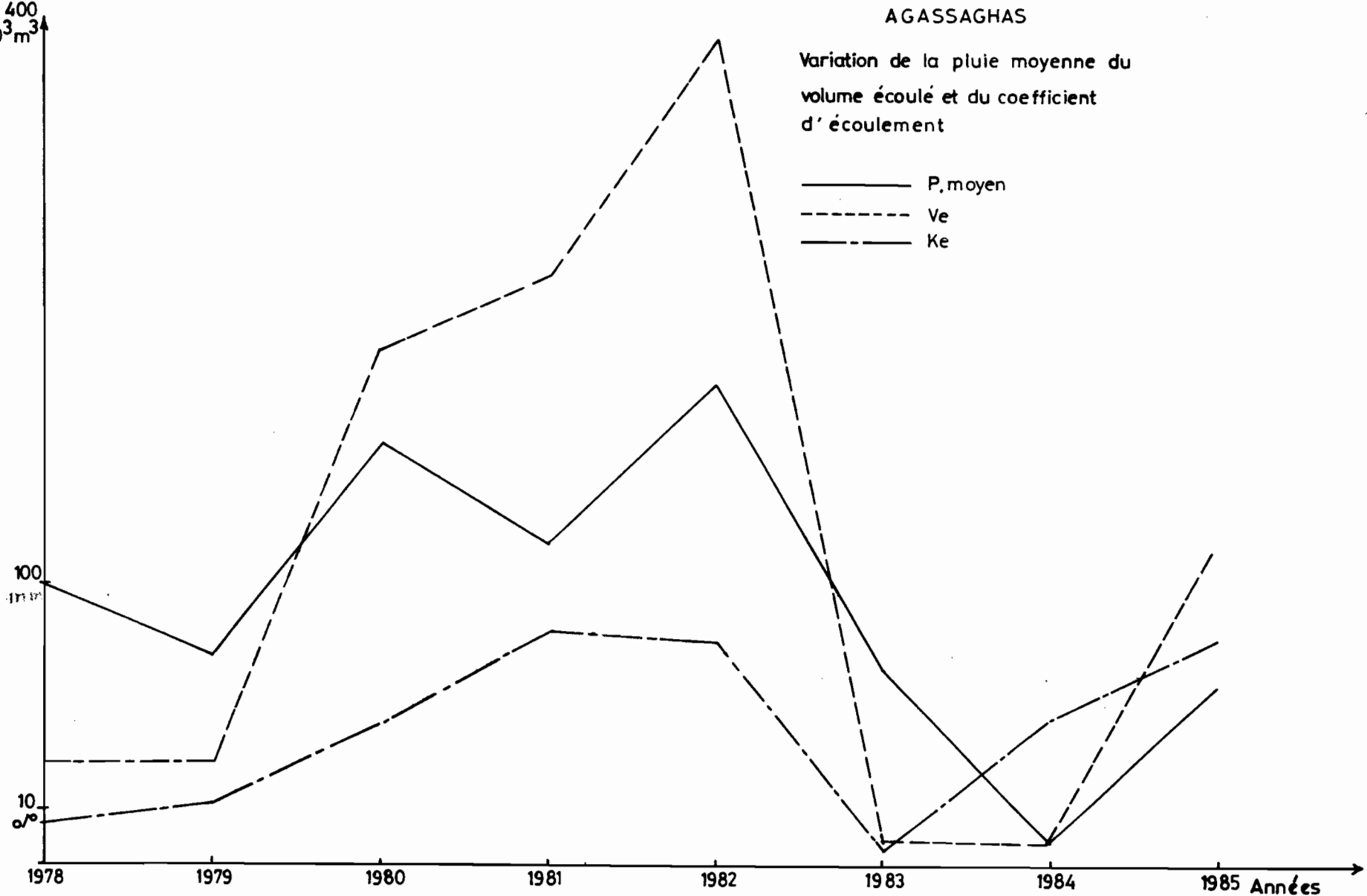
FIG:54

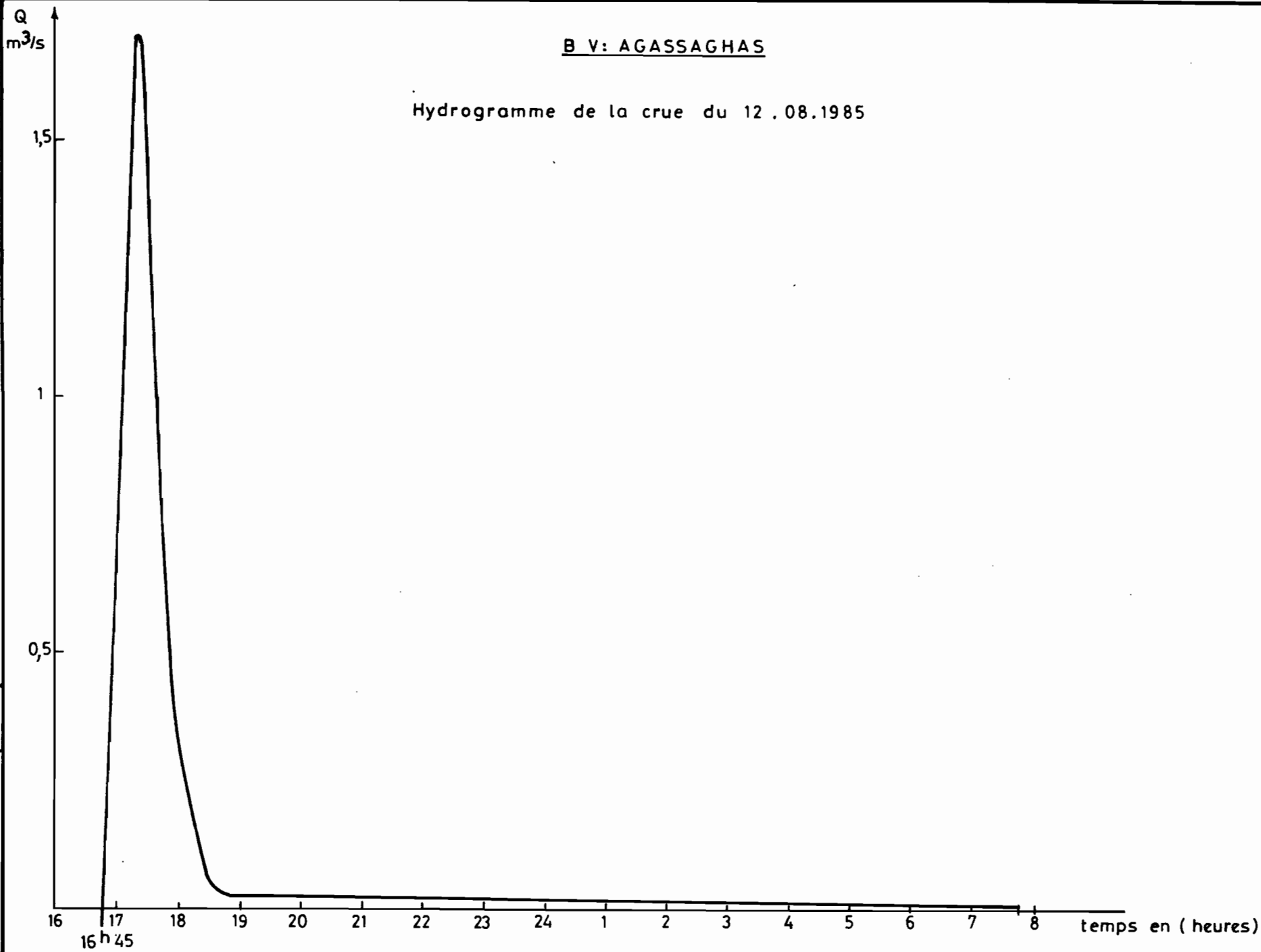
400  
 $10^3 \text{ m}^3$

AGASSAGHAS

Variation de la pluie moyenne du volume écoulé et du coefficient d'écoulement

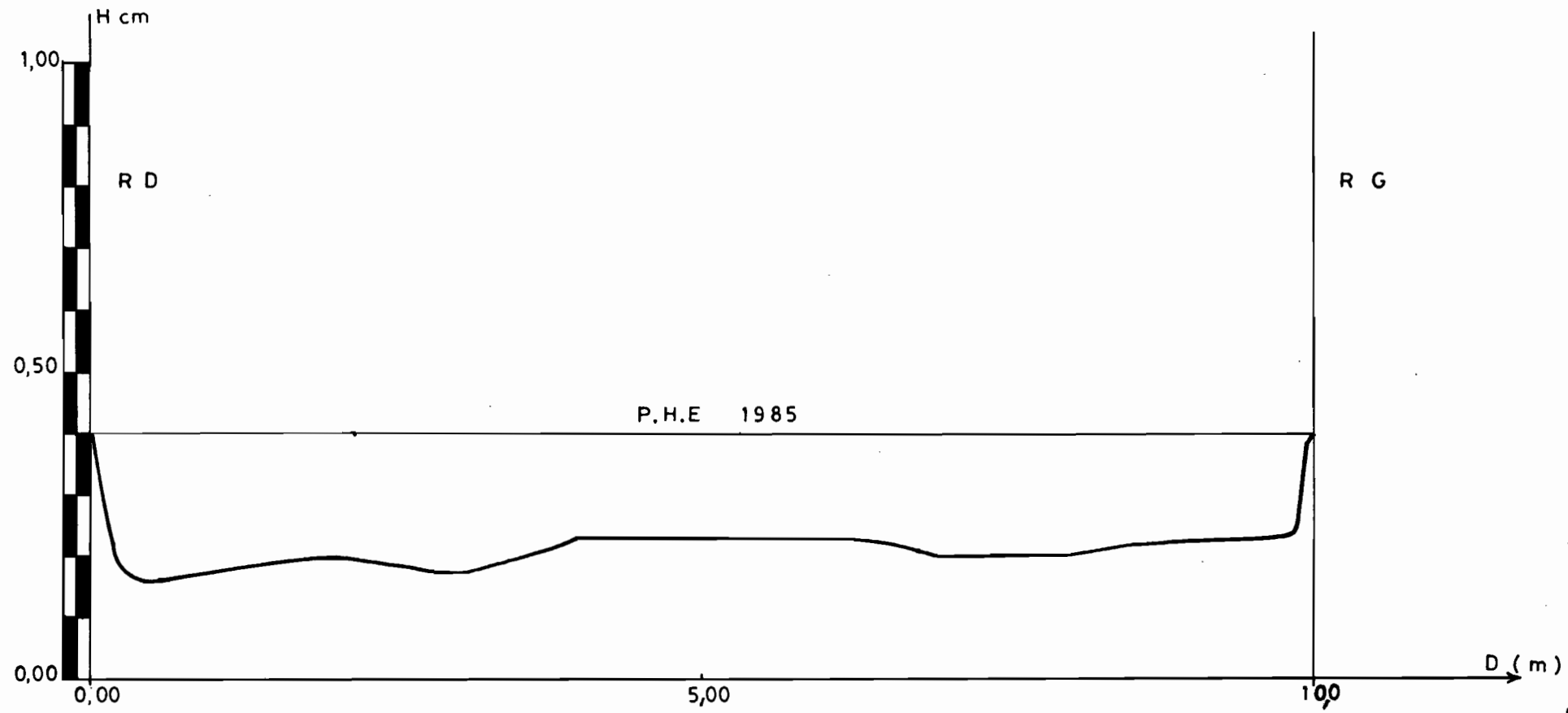
- P, moyen
- - - Ve
- · - Ke





AGASSAGHAS

Profil en travers de la station



AZAMELLA

Profil en travers de la station

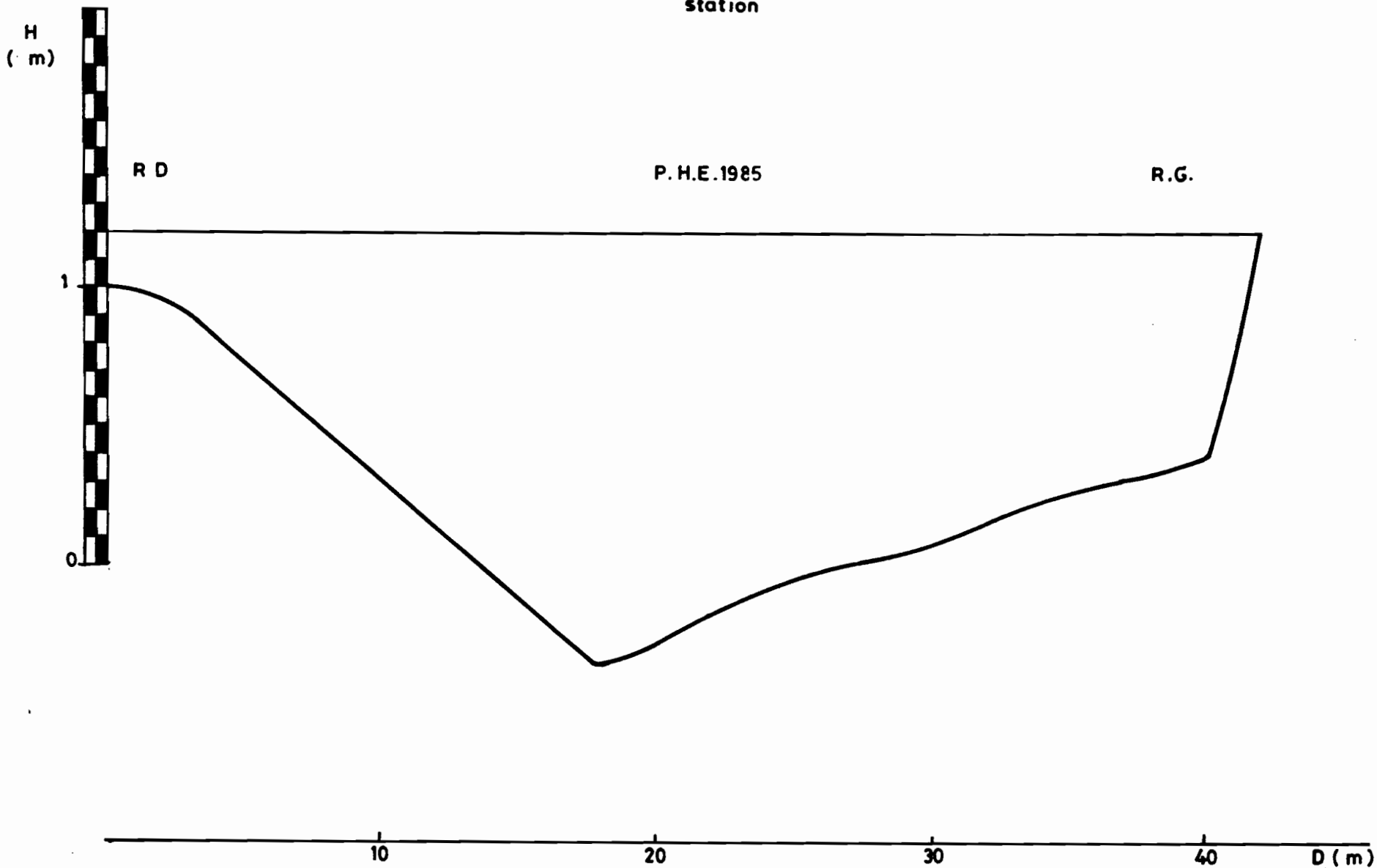


FIG 258



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
- POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Mission au Niger

Deuxième Partie

CAMPAGNE 1986 A AGADEZ

## CAMPAGNE 1986 A AGADEZ

### I - INTRODUCTION

Vu la situation inquiétante du fait de la descente continue du niveau de la nappe assurant le besoin en eau de la ville d'AGADEZ, de nouveaux travaux ont été entrepris cette année visant à améliorer l'alimentation du bras Sud et de refavoriser l'infiltration dans cette zone sensible de la cuvette (voir fig. 1). Un essai de contrôle de l'efficacité de ce projet fera l'objet principal de notre campagne.

### II - EQUIPEMENTS HYDROMETRIQUES

On a implanté une nouvelle station en vu de contrôler les apports déviés vers le bras gauche juste à l'ouverture de la dique (Pertuis). Les sorties sont assurées par l'unique station NIGELEC (voir rapport Cuvette d'AGADEZ).

#### PERTUIS

Cette station a été mise en place en Mai 1986. Elle est équipée de :

- + un limnigraphe OTT type X à flotteur situé en rive droite
- + deux éléments d'échelle de crue gradués de "0" à 200 cm ont été attachés à la gaine de ce limnigraphe
- + l'ensemble est complété par un élément 400 - 500 implanté en rive gauche.

Cet élément est calé à la même cote que l'élément 100 - 200.

### III - MESURES DE DEBIT

#### PERTUIS

Les quinze jaugeages effectués durant cette campagne sont regroupés dans le tableau ( 1 ). La courbe de tarage est présentée par la figure ( 2 ) Cette dernière constitue une moyenne pour les basses eaux.

#### NIGELEC

De l'ensemble des jaugeages réalisés, 19 ont été dépouillés et donnés par le tableau ( 2 ). L'instabilité de la section (voir profils en travers de la section du début et fin de la saison) et la variation de la cote à l'échelle correspondant au début d'écoulement confirment l'apparition de plusieurs courbes de tarage ( voir figure 4 ) caractéristique de cette station.



IV - APPORTS

APPORTS AU PERTUIS

Les volumes écoulés au Pertuis sont liés aux débits transités par AZEL et aussi aux apports des bassins intermédiaires (AGASSAGHAS et AZAMELLA). Le tableau ( 3 ) présente les crues enregistrées cette année avec leurs caractéristiques principales. 18 crues ont été enregistrées, qui ont engendrées un volume de  $3.60 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Toutefois il faut noter que presque dans la quasi totalité de ces crues la cote à l'échelle à laquelle passe le débit maximal ne dépasse guère 100 cm. De plus cette année on remarque que les crues venant d'AZEL liées aux précipitations sur le haut bassin sont plus nombreuses et moins violentes que celles fournies par les apports des bassins intermédiaires.

APPORTS AU NIGELEC

Le tableau ( 4 ) présente les crues et leurs caractéristiques principales. On y compte 16 crues sur 18 qui ont été enregistrées et ont contribué à donner un volume d'eau de  $2.66 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

V - BILAN ENTRE PERTUIS ET NIGELEC

Date	Ve PERTUIS ( $10^3 \text{ m}^3$ )	Ve NIGELEC ( $10^3 \text{ m}^3$ )	Infiltration ( $10^3 \text{ m}^3$ )	Infiltration ( % )
25 - 06	73,5	12,0	61,5	84
16 - 07	28,5	4,80	23,7	83
17 - 07	250,5	186,0	64,5	26
19 - 07	231,0	195,6	35,4	15
22 - 07	450	192,0	258	57
25 - 07	423	237,0	186	44
29 - 07	109,5	99,5	10,0	9
31 - 07	4,05	0	4,05	100
02 - 08	89,7	73,5	16,2	18
03 - 08	684	498	186	27
10 - 08	52,5	49,2	3,30	6
11 - 08	204	195	9,0	4,4
13 - 08	384	363	21	5,5
15 - 08	58,5	39,0	19,5	33,3
27 - 08	157,2	144	13,2	8,4
31 - 08	210	183	27,0	13
02 - 09	189	186	3,0	1,6
TOTAL	3600	2658	941	26

Si on néglige les pertes par évaporation le volume stocké dans la nappe est de  $941 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  soit plus de 26 % du volume transité par le PERTUIS.

De même le tableau ci-dessus montre que l'efficacité de la crue dans la recharge de la nappe dépend de son importance et de sa durée d'écoulement. Comme elle est liée aussi à l'écart de temps qui la sépare de la précédente et qui influe sur l'état de surface et de saturation des sols et du lit alluvial.

## VI - CONCLUSION

Le pourcentage du volume d'eau piégé dans la cuvette constitue une partie non négligeable de la quantité totale passée par la nouvelle ouverture exécutée partiellement sur la digue qui fermait le bras sud (26 %).

Ceci présente un résultat encourageant la réalisation d'un tel projet.

Un contrôle plus précis du niveau de la nappe sera effectué au cours de la saison sèche lorsque celui-ci se stabilise et atteint le régime permanent. Ce contrôle permettra ainsi de comparer la situation actuelle par rapport à l'ancienne vraisemblablement catastrophique et d'en déduire la contribution du volume infiltré dans la remontée du niveau d'eau sous-terrain .

**LISTE DES JAUAGES AU PERTUIS**

N°	Crue du	Variations du H (m)	H moyen (m)	Q m <sup>3</sup> /s	Obsér.
1	25 - 06	78 - 79	78,5	3,28	Perche
2	17 - 07	87 - 87	87,0	5,95	"
3	"	72 - 71	71,5	3,25	"
4	18 - 07	63 - 61	62,0	1,26	"
5	20 - 07	75 - 76	75,5	4,65	"
6	23 - 07	91 - 90	90,5	6,8	"
7	23 - 07	83 - 84	83,5	6,5	"
8	25 - 07	58 - 59	58,5	0,38	"
9	"	90 - 90	90,0	5,95	à partir Sm et Vm
10	"	96 - 94	95,0	14,0	Perche, V $\nearrow$
11	26 - 07	70 - 71	70,5	1,22	Perche
12	29 - 07	68 - 67	67,5	1,65	"
13	02 - 08	78 - 78	78,0	5,66	"
14	03 - 08	93 - 92	92,5	9,8	"
15	04 - 08	77 - 76	76,5	2,45	"

TABLEAU - 1 -

LISTE DES JAUGEAGES - NIGELEC -

N°	Crue du	Variations de H (m)	H moyen (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Obsér.
1	25 - 06	940 - 939	939,5	2,24	Perche
2	17 - 07	970 - 968	969,0	6,00	"
3	"	968 - 968	968,0	7,80	"
4*	"	965 - 964	964,5	5,40	"
5*	"	960 - 960	960,0	5,40	"
6*	"	946 - 946	946,0	2,60	"
7*	"	945 - 941	943,0	1,70	"
8*	"	940 - 939	939,5	1,60	"
9*	"	938 - 938	938,0	1,16	"
10*	"	930 - 930	930,0	0,35	"
11*	19 - 07	953 - 954	953,5	4,20	"
12*	"	959 - 959	959,0	4,20	"
13*	"	957 - 957	957,0	4,40	"
14*	20 - 07	961 - 962	961,5	4,80	"
15*	"	953 - 953	953,0	2,40	"
16*	22 - 07	975 - 970	972,5	10,2	"
17*	23 - 07	970 - 970	970,0	8,00	"
18*	"	968 - 968	968	9,20	"
19*	"	965 - 965	965,0	6,60	"

\* Jaugeages effectués après élargissement du lit

CARACTERISTIQUES DES CRUES - Pertuis -

Dates	H max (cm)	Q max (m <sup>3</sup> /s)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	tm (mm)	te (mm)
25 - 06	85	5,30	73,5	5	495
16 - 07	77	3,55	28,5	20	280
17 - 07	87	6,77	250,5	120	1635
19 - 07	81	4,63	231,0	90	1800
22 - 07	97	12,08	450,0	25	2130
25 - 07	103	16,0	423,0	10	1320
29 - 07	80	4,3	109,5	105	730
31 - 07	60	0,55	4,05	10	240
01 - 08	64	1,11	4,20	25	120
02 - 08	79	4,05	85,5	35	605
03 - 08	96	11,44	684,0	20	2700
10 - 08	87	6,77	52,5	10	265
11 - 08	86	6,36	204,0	150	1170
13 - 08	86	6,36	384,0	230	1800
15 - 08	78	3,8	58,5	120	630
27 - 08	83	5,29	157,2	20	1175
31 - 08	101	14,75	210	8	925
02 - 09	82	4,96	189,0	50	1310

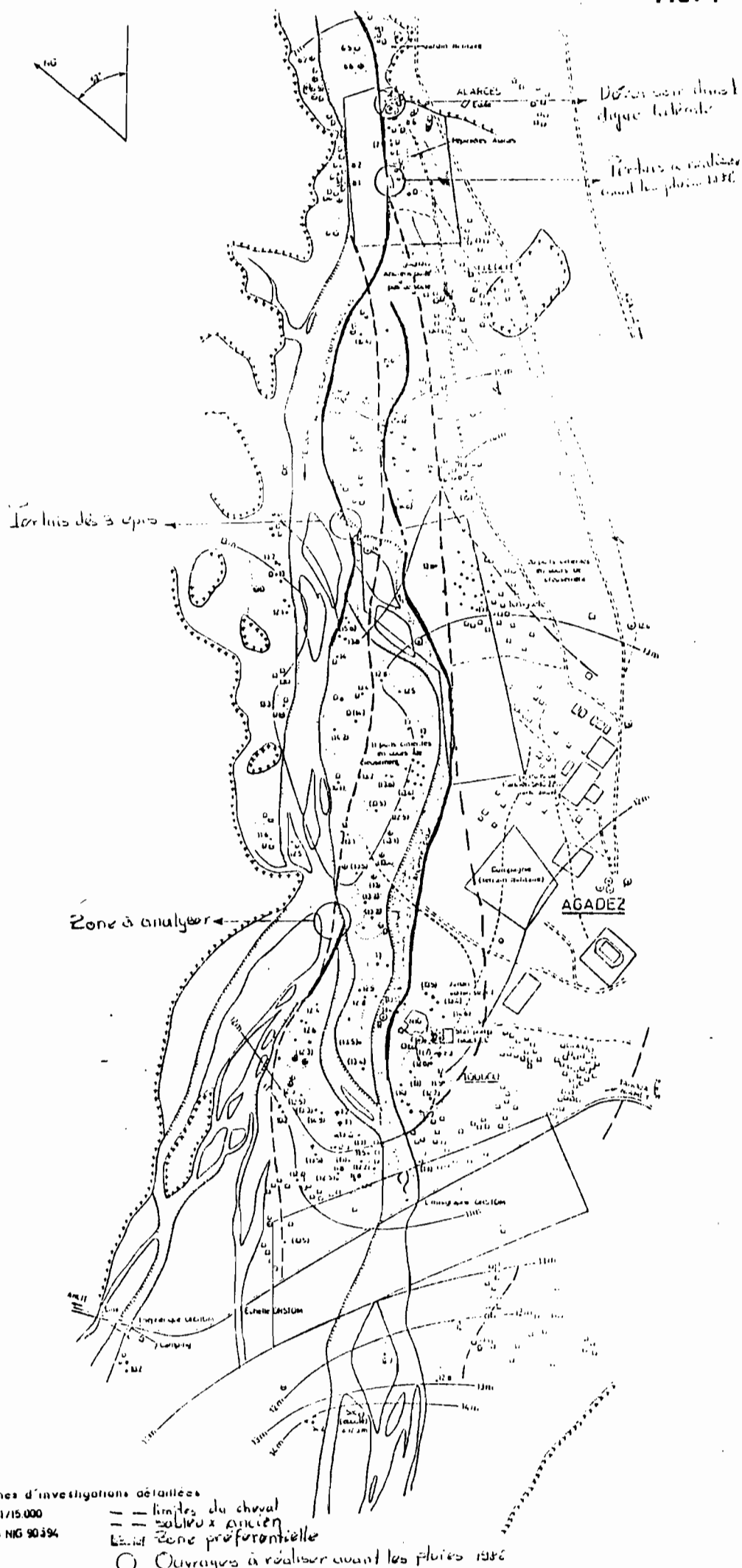
TABLEAU - 3 -

CARACTERISTIQUES DES CRUES - Nigelec -

Dates	H max (cm)	Q <sub>3</sub> max (m <sup>3</sup> /s)	Ve (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	t <sub>m</sub> (mm)	t <sub>e</sub> (mm)
25 - 06	933	1,15	12,0	20	420
16 - 07	950	1,5	4,8	5	120
17 - 07	969	7,08	186,0	60	1680
19 - 07	961	4,32	195,6	90	1710
22 - 07	969	7,08	192,0	10	1460
25 - 07	985	8,35	237,0	30	1290
29 - 07	971	3,86	99,5	15	660
2 - 08	970	3,45	73,5	20	570
3 - 08	983	7,65	498,0	210	2460
10 - 08	981	6,95	49,2	10	240
11 - 08	980	6,6	195	90	840
13 - 08	985	7,2	363,0	90	1710
15 - 08	975	3,0	39,0	80	420
27 - 08	982	4,85	144,0	15	770
31 - 08	988	6,9	183,0	130	970
02 - 09	981	4,7	186	90	1200

TABLEAU - 4 -

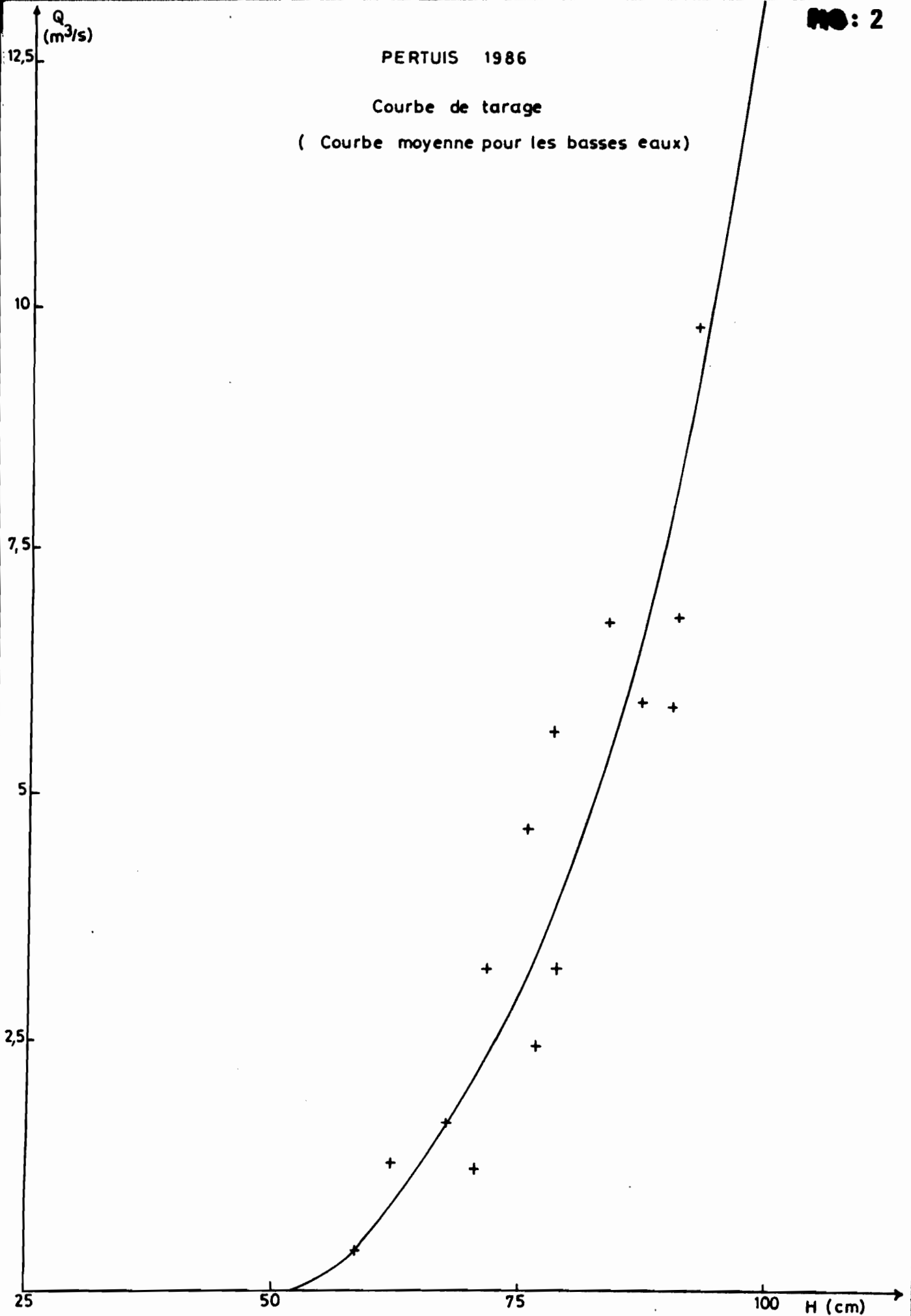
FIG: 1



[ ] zones d'investigation détaillées  
 Echelle ~ 1/15.000  
 Photos BS NIG 90394  
 — — — limites du cheval  
 — — — sables anciens  
 - - - - - Zone préférentielle  
 ○ Ouvrages à réaliser avant les pluies 1986

PERTUIS 1986

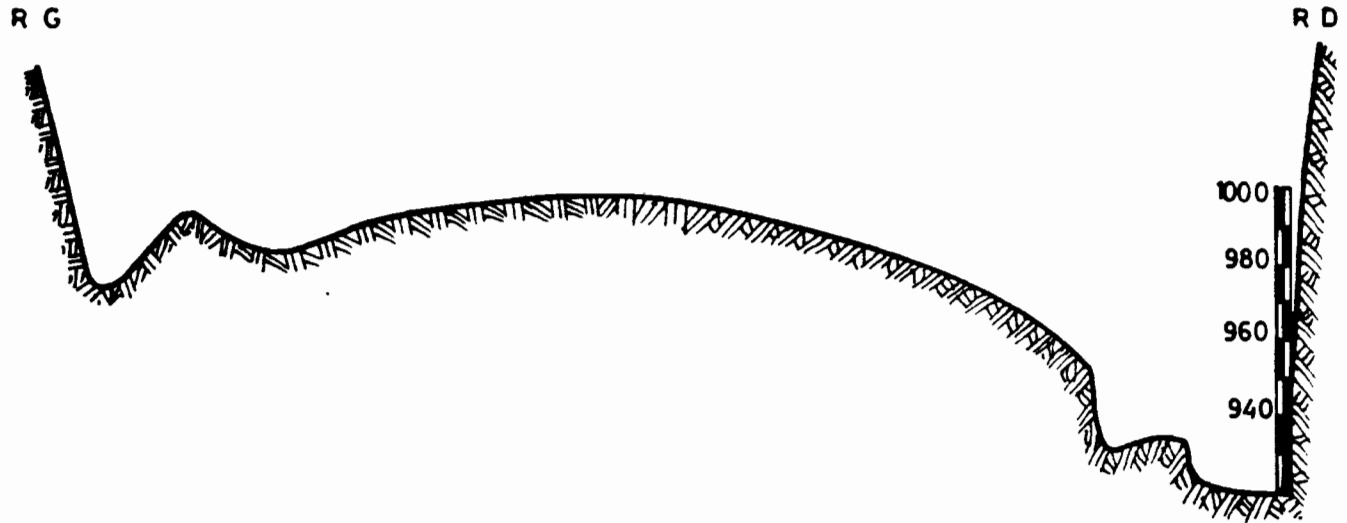
Courbe de tarage  
( Courbe moyenne pour les basses eaux )



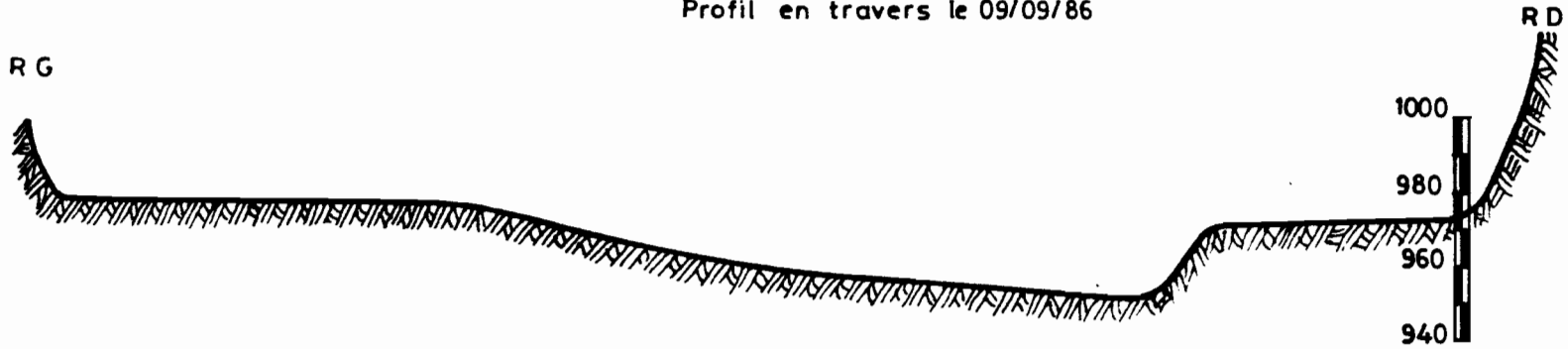


NIGELEC 1986

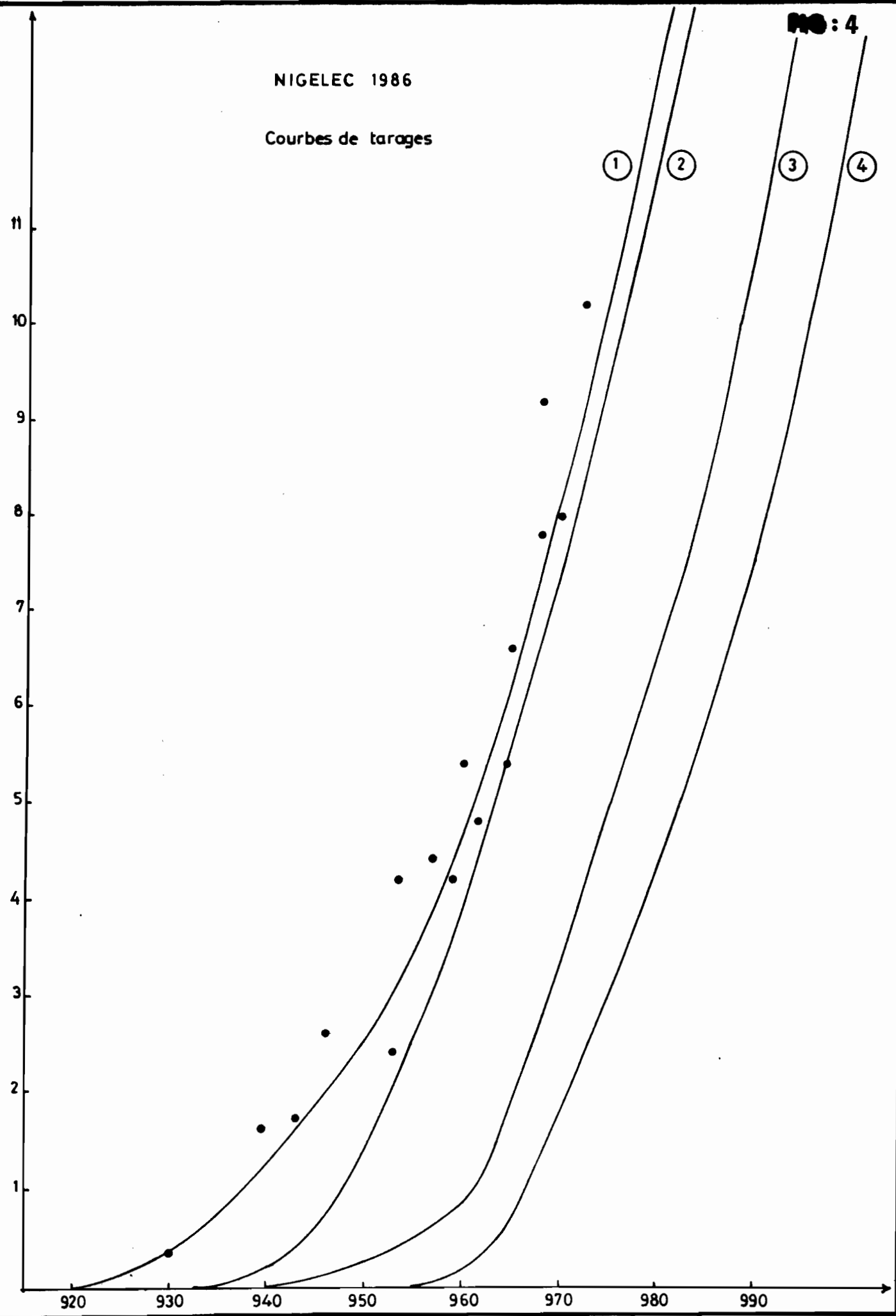
Profil en travers le 04/07/86



Profil en travers le 09/09/86



NIGELEC 1986  
Courbes de tarages



Troisième Partie

BASSIN ELEVES 1986

## BASSIN EXPERIMENTAL

( BASSIN ELEVES )

### I - INTRODUCTION

Le service hydrologique de l'ORSTOM au NIGER a décidé la création d'un petit bassin expérimental, représentatif de l'ensemble des conditions physiques, climatiques, géologiques, pédologiques du bassin du TELOUA servant comme un modèle significatif pour la détermination de la relation pluie - débit.

Ce bassin est caractérisé par un sol très peu évolué, formé par des résidus basaltiques et granitiques. Il est soumis à l'influence du front inter-tropical (FIT). Les précipitations sont souvent accompagnées de grains venteux venant de l'Est.

### II - EQUIPEMENTS HYDROPLUVIOMETRIQUES DU BASSIN

Ce bassin dont l'exécutoire est situé à environ 200 m de la confluence avec le TELOUA en rive gauche, couvre une superficie de 0,306 km<sup>2</sup>. Il est équipé de 7 pluviomètres et 3 pluviographes. La station hydrométrique comprend un limnigraphe OTT X à rotation journalière installé à proximité de la passerelle sur rive droite, et une batterie d'échelles (deux éléments 0-1 m et 1-2 m) attachée à la gaine du limnigraphe. (voir fig. 1 )

Les types des appareils pluviométriques sont comme suit :

- A : Pluviomètre à lecture directe
- B : Pluviographe à siphon
- C : Pluviomètre à lecture directe
- D : Pluviographe à augets basculeurs
- E : Pluviomètre à lecture directe
- F : Pluviomètre à lecture directe
- G : Pluviographe à augets basculeurs
- H : Pluviomètre à lecture directe
- I : Pluviomètre association
- J : Pluviomètre à lecture directe

La répartition spaciale de ces postes a permis d'obtenir une densité de 1 appareil pour 0,03 km<sup>2</sup>.

Les jaugeages sont réalisés à partir d'une passerelle de 5 m de portée entre les deux berges maçonnées.

Pour assurer la stabilité du tarage de la station un seuil bétonné a été mis en place sous la passerelle. La fig. ( 2 ) présente le profil en travers de la section de jaugeages.

### III - PARAMETRES GEOMETRIQUES ET MORPHOMETRIQUES DU BASSIN

Les paramètres géométriques (Superficie A, Périmètre P, indice de compacité Kc, Longueur L et largeur l du rectangle équivalent) et morphométriques (densité de drainage Pd, rapport de confluence Rc et rapport de longueur RL) sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Paramètres géométriques	Paramètres morphométriques
A = 0,306 km <sup>2</sup>	Dd = 9,63 km/km <sup>2</sup>
P = 2,40 km	Rc = 4,42
Kc = 1,216	RL = 1,73
L = 0,834 km	
l = 0,367 km	

REMARQUE : La classification de SCHUMM permet la détermination des paramètres morphométriques (fig. 3 ), Rc et RL s'obtiennent à partir du papier semi-log (fig. 4 ) comparé par rapport à celui d'un bassin circulaire (Kc = 1), l'indice de compacité indique une forme assez ramassée du bassin. La densité de drainage montre également un réseau hydrographique assez dense et bien hiérarchisé. Tous ces paramètres conjugués avec le relief (pente moyenne sur le cours principal est de 2,4 %) favorisent le ruissellement rapide.

### IV - PLUVIOMETRIE

Les tableaux 1, 2, 3, 4 donnent respectivement la pluviométrie moyenne journalière et mensuelle des mois de la saison humide : Juin, Juillet, Août et Septembre. Toutefois il faut noter que les observations ont été poursuivies jusqu'au 09/09/1986.

La pluie moyenne a été calculée selon la méthode de THIESSEN.

Le tableau ci-dessous donne les coefficients de THIESSEN des différents postes pluviométriques :

POSTES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Coef. de THIESSEN	0,023	0,081	0,082	0,11	0,127	0,157	0,144	0,09	0,055	0,131

A la suite d'un mauvais fonctionnement des pluviographes B et G, au cours du mois de Juillet, on était amené à modifier les coefficients de THIESSEN d'où le tableau suivant :

POSTES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Coef. de THIESSEN	0,057	-	0,093	0,146	0,129	0,202	-	0,159	0,077	0,137

Il a plu au cours de la période d'observation de cette campagne 101,4 mm dont presque 50 % reviennent au mois d'Août, ce qui explique le fait que la répartition des pluies est très inégale durant la saison.

Par ailleurs on remarque cette année que la saison humide est caractérisé essentiellement par deux faits principaux :

- + accroissement de sa durée
- + augmentation des pluies de moindres importances. En effet on a enregistré 13 pluies sur 20 dont chacune ne dépassant guère 3 mm.

#### V - HYDROMETRIE

Quatre jaugeages de contrôle seulement ont été effectués durant la campagne 1986.

#### LISTE DES JAUGEAGES ( 1986 )

N°	DATE	H <sub>D</sub> - H <sub>F</sub> ( cm )	H moyen (cm)	Q ( m <sup>3</sup> /s )	Observations
1	18/07/86	33 - 30	32	0,19	Perche
2	18/07/86	27 - 26	26	0,07	Micro - moulinet
3	25/07/86	41 - 41	41	0,33	Perche
4	25/07/86	31 - 30	30	0,11	Perche

Comme le montre le tableau précédent tous les jaugeages ont été réalisés en basses-eaux car la présence du seuil garantit la stabilité de la station en moyennes et hautes eaux. La nouvelle coube de tarage complétée par les jaugeages effectués l'année précédente (voir fig. 6 ) confirme la stabilité de la section en basses-eaux puisque les deux courbes d'étalonnage de 1985 et 1986 sont confondues.

Le tableau ( 5 ) donne le barême d'étalonnage entre les côtes 18 et 78 cm.

## APPORTS

Le tableau suivant présente les différentes caractéristiques des évènements averse - crue.

N°	DATE	P moy. ( mm )	P max ( mm )	H max ( cm )	Q max ( m <sup>3</sup> /s)	Ve ( m <sup>3</sup> )	He ( mm )	Ke ( % )	Tm ( mn )	Te ( mn )
1	18/07/86	5,9	7,5	033	0,2	336	1,1	18,6	13	55
2	25/07	21,5	22,3	059	1,34	2688	8,8	40,9	25	135
3	10/08/86	25,7	30,0	073	2,41	4790	15,7	61,1	25	120
4	18/08	7,4	8,7	045	0,59	756	2,5	33,8	18	95
5	31/08	10,1	11,3	039	0,37	330	1,1	10,9	17	55
6	05/09/86	9,9	11,3	048	0,79	1446	4,7	47,5	18	95

avec :

Pmax : pluie maximale ponctuelle

Pmoy : pluie moyenne (méthode de THIESSEN)

Qmax : débit maximum

Ve : volume écoulé

He : lame d'eau écoulée

Ke : coefficient de ruissellement =  $\frac{He}{Pmoy}$

Tm : temps de montée (en minutes)

Te : temps d'écoulement

Six crues ont été enregistrées qui ont engendré un volume de  $10,35 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  pour une lame écoulée de 34 mm. 46 % du volume écoulé reviennent à la crue du 10/08.

On remarque que les coefficients de ruissellement sont assez forts. Ils dépendent principalement de l'importance de l'averse, sa durée, sa répartition sapico-temporelle et de l'état d'humectation du sol.

## VI - CONCLUSION

Cette campagne a permis d'observer le caractère général des précipitations en zone subdésertique.

La répartition des pluies est très inégale durant la saison. Août s'avère le mois le plus humide. Les précipitations y sont orageuses et fortes.

De même, il faut noter qu'en dépit d'un nombre relativement important de pluies très faibles, l'année 1986 est considérée une année normale (la moyenne de la dernière décennie = 90 mm).

Parallèlement cette étude a mis en évidence certains paramètres pouvant influencer la relation pluie - débit.



BASSIN ELEVES

Précipitations : Juin. 1986

T A B L E A U - 1 -

Jours	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		MOY.
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11	7	7,1	5,9	7,3	6,8	5,8	4	8	6,3	5,5		6,2
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
TOTAL	7	7,1	5,9	7,3	6,8	5,8	4	8	6,3	5,5		6,2

Pluie moyenne mensuelle = 6,2 mm

BASSIN ELEVES

Précipitations : Juillet 1986

T A B L E A U - 2 -

Jours	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	MOY.
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9	1,7		2,2	0,4	1,8	1,4		1,8	0,4	1,7	1,4
10	0,1		0,1	0,0	0,1	0,1		0,1	0,0	0,2	0,1
11	0,0		0,1	0,0	0,0	0,1		0,1	0,0	0,3	0,1
12											
13											
14											
15											
16	2,3		3,0	1,5	2,5	2,4		2,8	2,0	2,4	2,4
17											
18	4,5		7,5	5,7	8,1	4,8		4,5	4,1	7,1	5,9
19											
20											
21											
22	0,9		1,0	0,5	1,0	1,1		0,9	0,3	1,1	0,9
23											
24											
25	20		21,8	21,0	22,2	21,7		22,3	21,9	20,7	21,5
26											
27											
28											
29											
30	1,0		1,3	1,0	1,4	1,4		1,3	0,5	1,5	1,2
31											
TOTAL	30,5		37,0	30,1	37,3	33,0		33,8	29,2	35,3	33,5

Pluie moyenne mensuelle = 33,5 mm

## BASSIN ELEVES

Précipitations : Août 1986

TABLEAU - 3 -

Jours	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	MOY.
1	0,8	0,7	0,8	0,5	0,8	0,9	0,5	0,8	0,0	0,8	0,7
2											
3	0,3	0,1	0,3	0,0	Trace	0,0	0,0	0,0	0,0	0,17	0,1
4											
5											
6											
7	0,8	1,3	1,1	1,0	1,8	2,4	1,5	1,6	0,7	2,1	1,6
8											
9											
10	19,8	30,0	24,5	24,6	27,7	24,3	27,3	24,4	21,8	26,5	25,7
11											
12											
13											
14											
15	1,4	0,9	0,6	0,0	0,6	1,0	1,0	2,3	0,6	0,5	0,8
16											
17											
18	7,5	8,7	8,1	7,5	7,4	7,0	6,7	7,7	6,9	7,4	7,4
19											
20											
21	1,4	1,8	2,3	1,3	3,6	2,4	1,3	2,3	1,0	3,8	2,3
22											
23	1,0	0,7	1,6	1,3	1,7	1,5	0,8	1,3	0,5	1,8	1,3
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31	8,5	9,6	9,1	8,5	10,3	11,3	11,3	10,6	10,2	9,5	10,1
TOTAL	41,5	53,8	48,4	44,7	53,9	50,8	50,4	51,0	41,7	52,6	50,0

Pluie moyenne mensuelle = 50,0

BASSIN ELEVES  
Précipitations : Septembre 1986

T A B L E A U - 4 -

Jours	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	MOY.
1	1,4	2,7	2,0	1,4	2,4	1,7	1,0	1,4	0,8	2,3	1,8
2											
3											
4											
5	8,2	9,6	9,4	10,7	10,8	9,9	9,4	9,3	7,5	11,3	9,9
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
TOTAL	9,6	12,3	11,4	12,1	13,2	11,6	10,4	10,7	8,3	13,6	11,7

Pluie moyenne mensuelle = 11,7 mm

BASSIN ELEVES

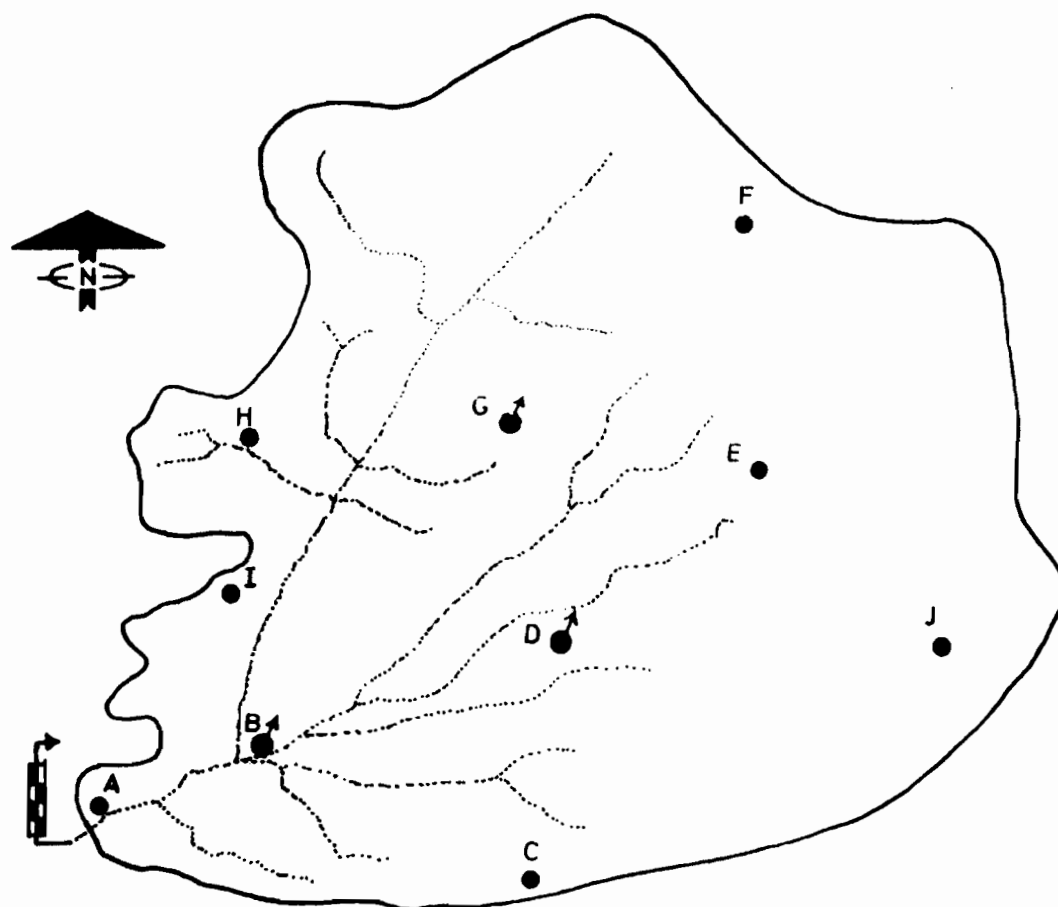
BAREME D'ETALONNAGE

Etabli le 23/08/85


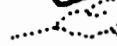



T A B L E A U - 5 -


H cm	Q m <sup>3</sup> /s	H cm	Q m <sup>3</sup> /s
018	0,000	049	0,787
019	0,0025	050	0,835
020	0,005	051	0,888
021	0,013	052	0,341
022	0,021	053	0,994
023	0,029	054	0,047
024	0,037	055	1,10
025	0,045	056	1,160
026	0,061	057	1,22
027	0,077	058	1,28
028	0,093	059	1,34
029	0,109	060	1,40
30	0,125	061	1,47
031	0,150	062	1,54
032	0,175	063	1,61
033	0,200	064	1,68
034	0,225	065	1,75
035	0,250	066	1,83
036	0,281	067	1,91
037	0,312	068	1,99
038	0,343	069	2,07
039	0,374	070	2,15
040	0,405	071	2,24
041	0,443	072	2,32
042	0,481	073	2,41
043	0,519	074	2,49
044	0,557	075	2,58
045	0,595	076	2,67
046	0,643	077	2,76
047	0,691	078	2,85
048	0,739		

BASSIN ELEVES  
EQUIPEMENTS HYDROPLUVIOMETRIQUES



**LEGENDE**

-  Contour du bassin
-  Cours d'eau
-  Pluviomètre
-  Pluviographe
-  Station hydrométrique

Echelle:  0 53 106 159 212 m

### BASSIN ELEVES

Profil en travers de la section de jaugeage

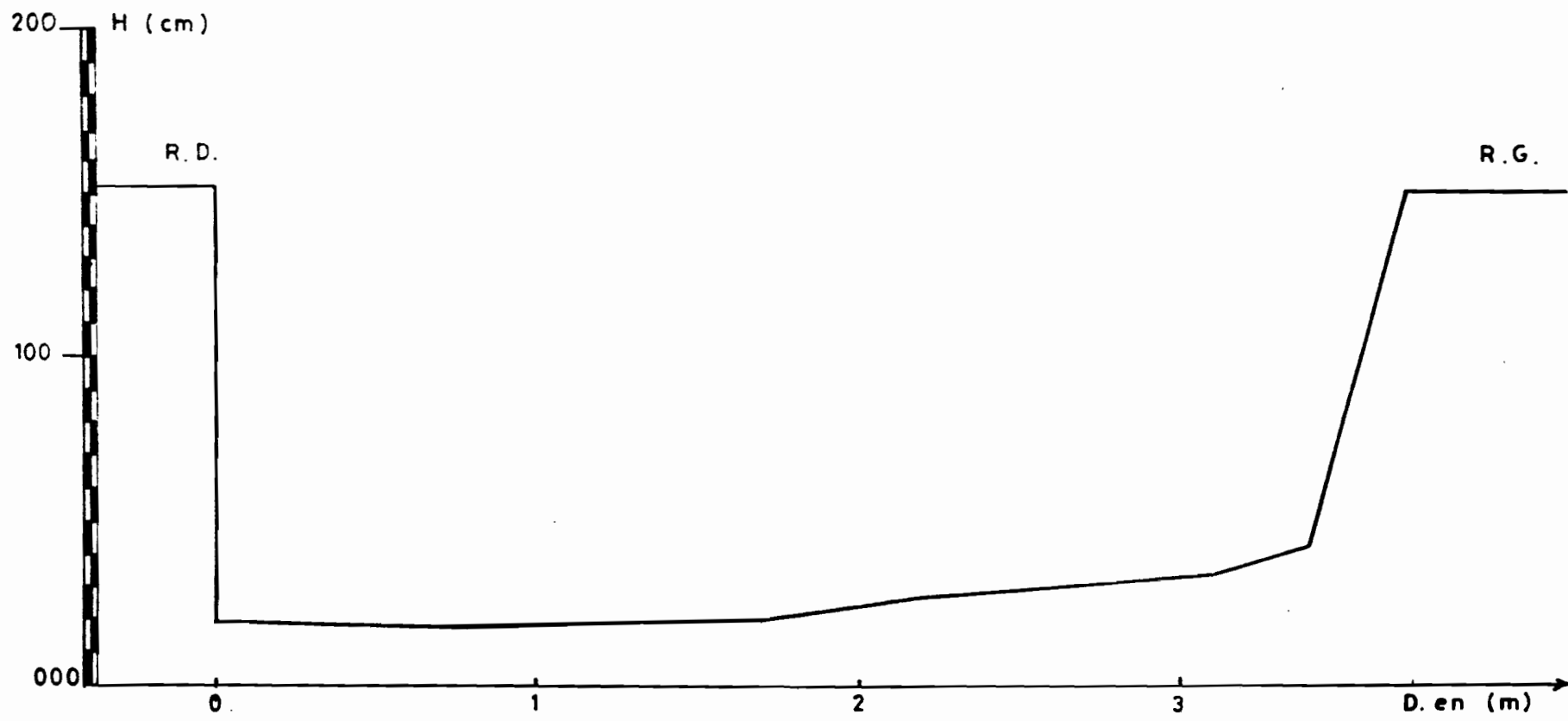
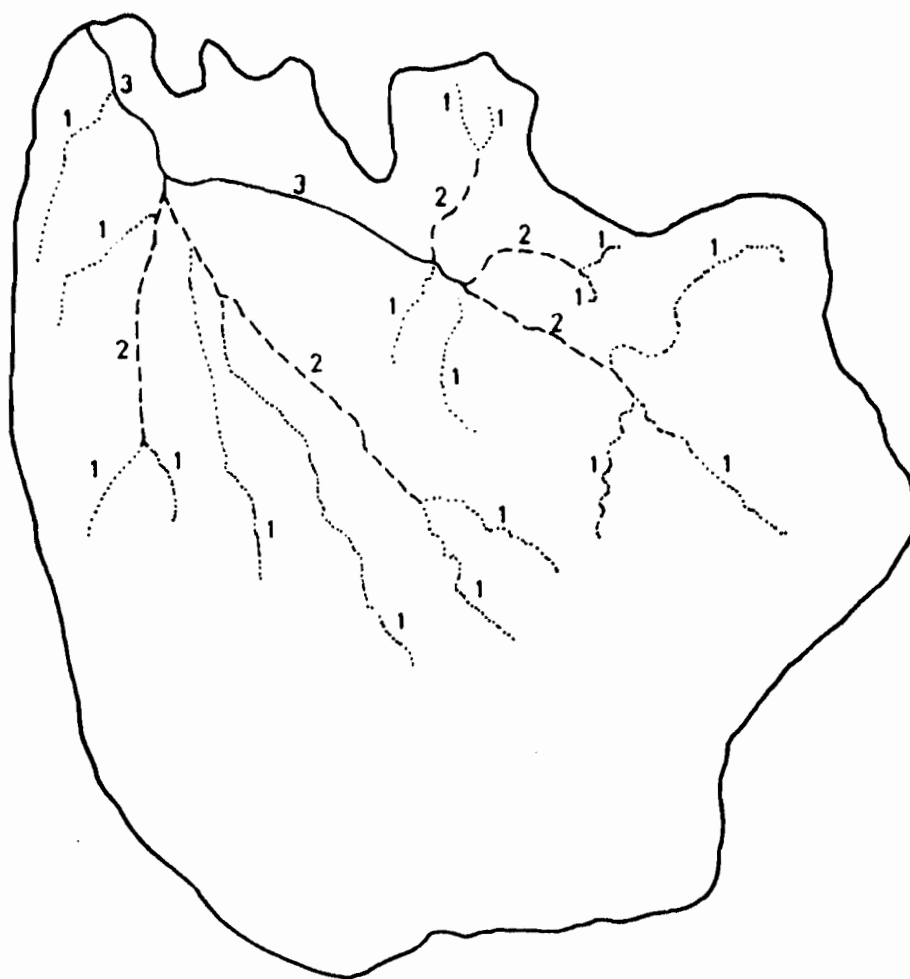


Fig: 2

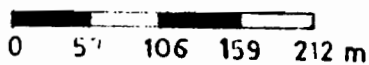
BASSIN ELEVES

Mesure des paramètres morphométriques

(Classification De SCHUMM)



ECHELLE

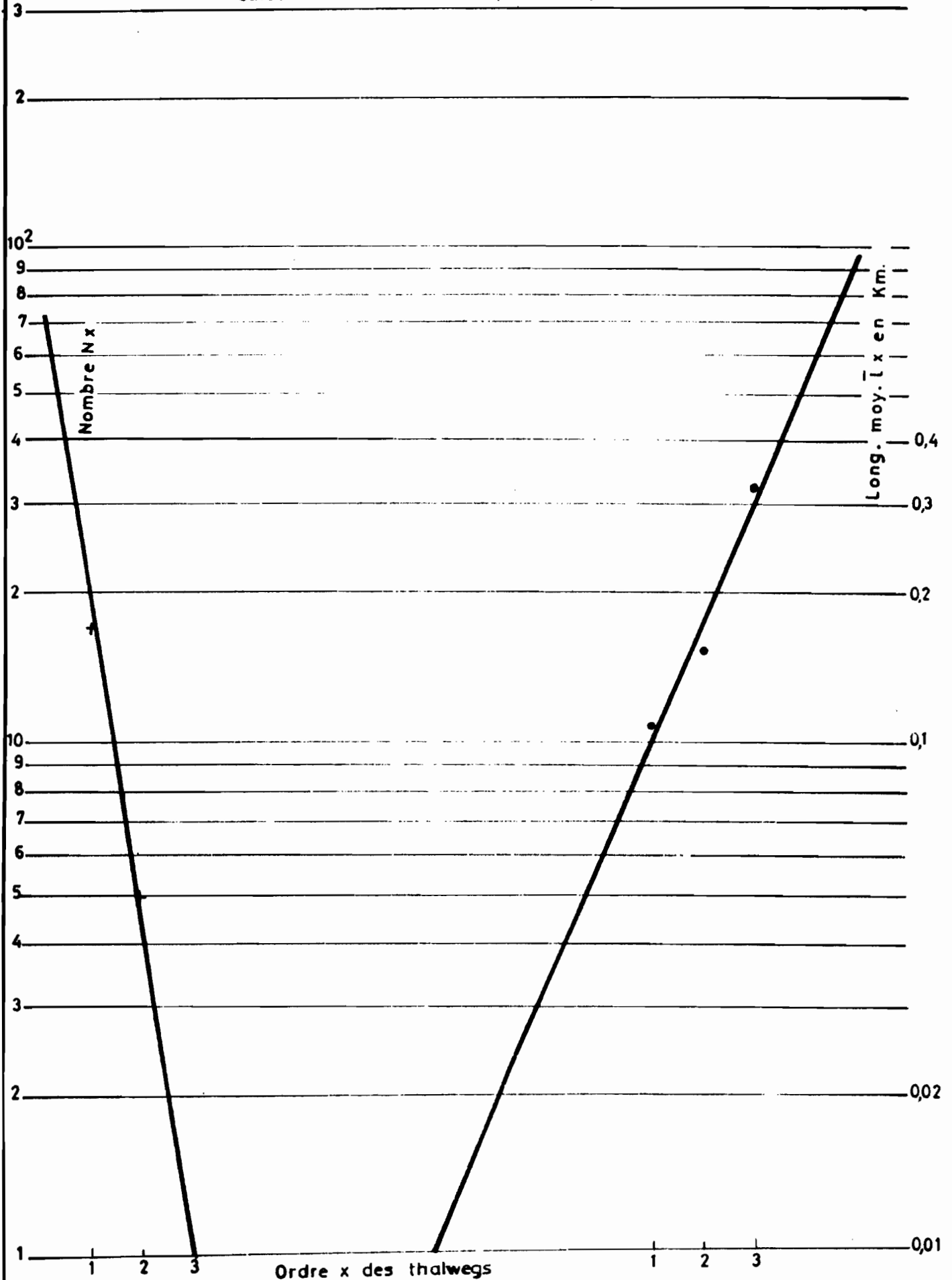


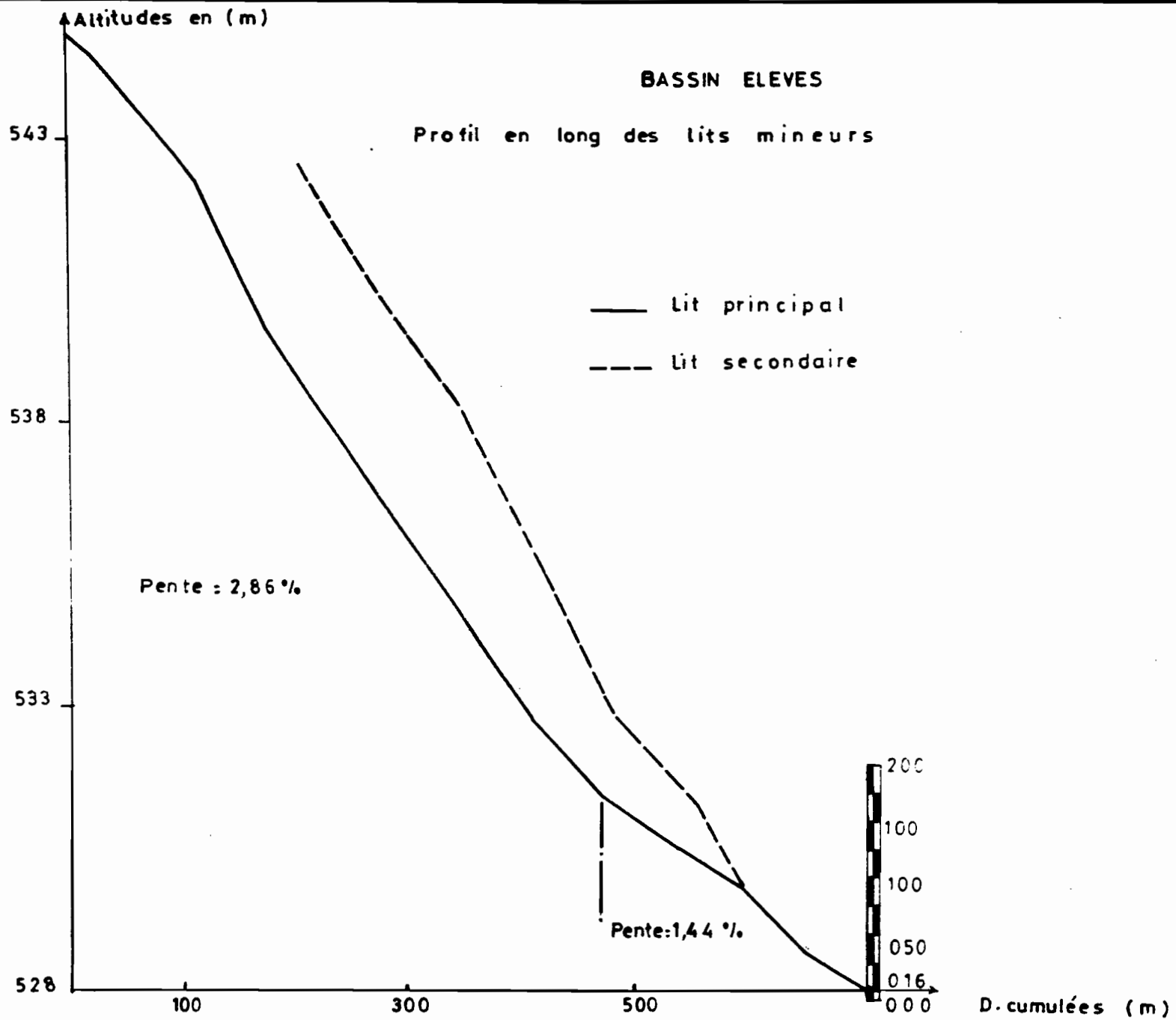


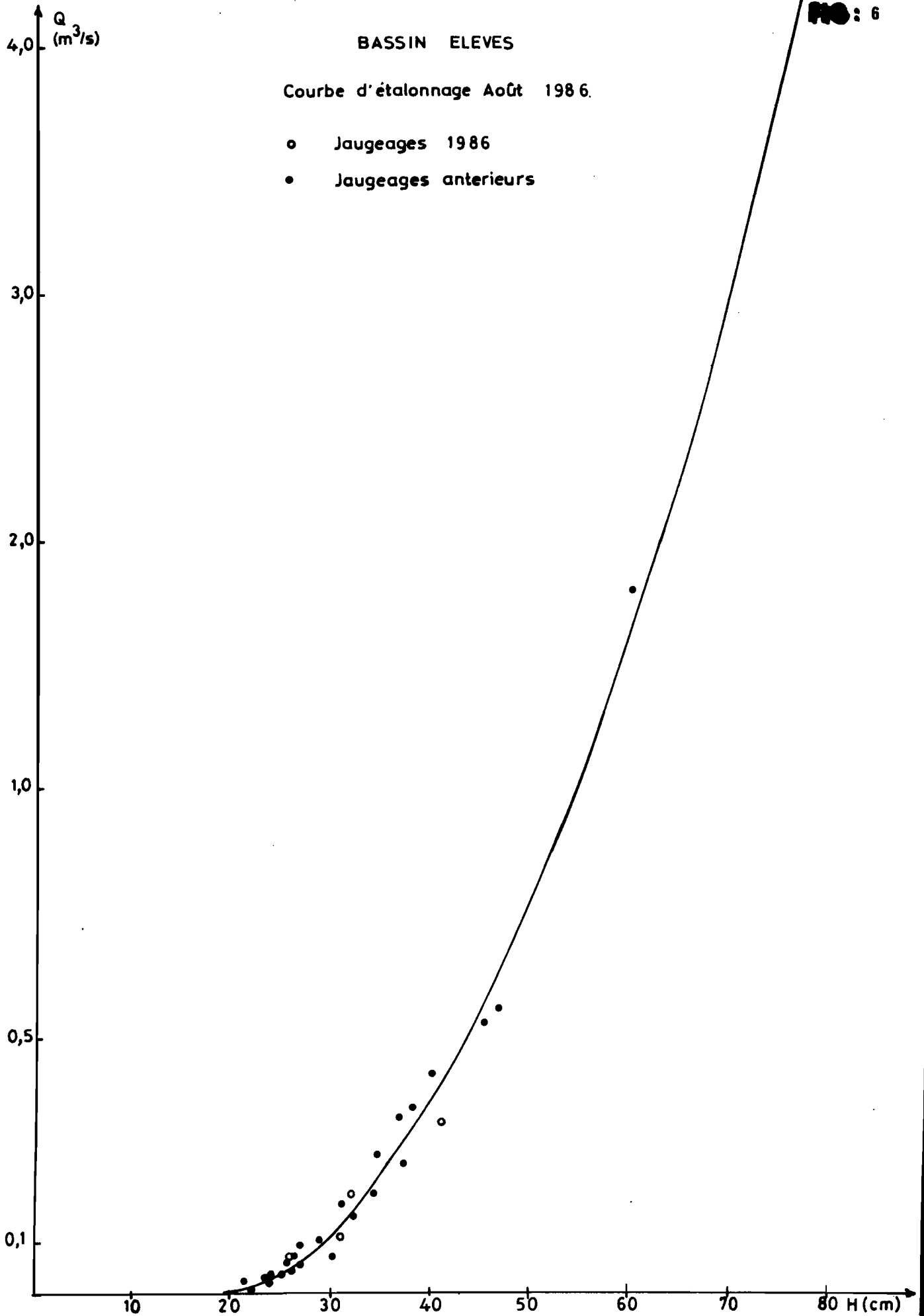
BASSIN ELEVES

Fig: 4

Calcul des indices morphométriques du bassin





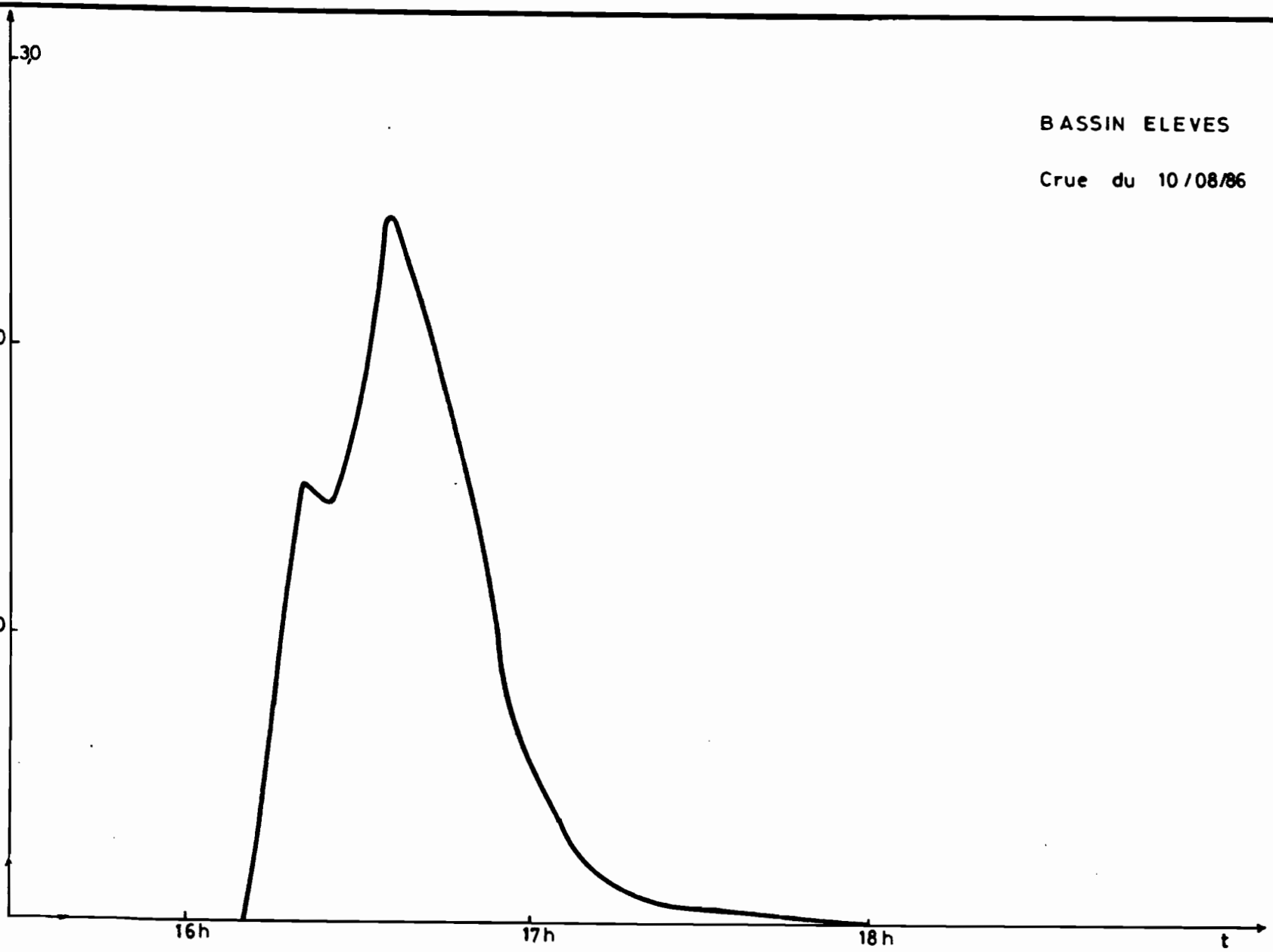




INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
- POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

Mission au Niger

$Q$   
( $m^3/s$ )

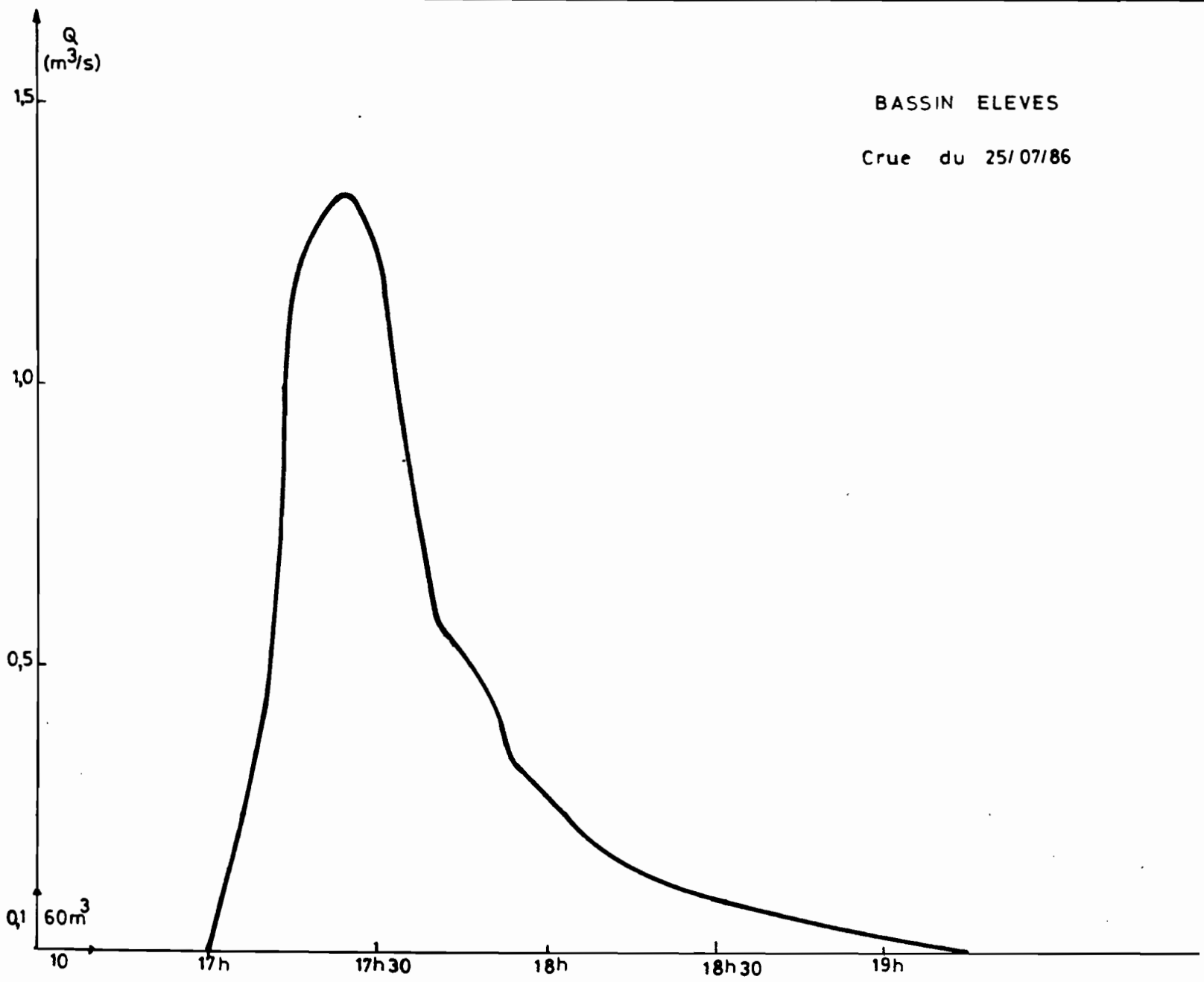


BASSIN ELEVES  
Crue du 10/08/86



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
- POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Mission au Niger



BASSIN ELEVES  
Crue du 25/07/86

Quatrième Partie

SIMULATION DE PLUIES

## SIGNIFICATION DES SYMBOLES UTILISES

$P_{1.1}$	= Parcelle 1, Pluie 1.
tu	= Temps utile
te	= Temps efficace
ta	= Temps d'arrêt entre 2 pluies
Pa	= Pluie antérieure
Pu	= Pluie utile (hauteur totale de l'averse)
Pi	= Pluie d'imbibition
Pe	= Pluie efficace
Lr	= lame ruisselée avant l'arrêt de la pluie
Li	= lame infiltrée
I	= Intensité de la pluie
Rx	= Intensité maximale de ruissellement
$F_N$	= Intensité minimale d'infiltration
Kru	= Coefficient de ruissellement utile
Kre	= Coefficient de ruissellement efficace
Ik	= Indice d'humectation des sols
Dr	= Détention superficielle récupérable
ti	= Temps d'imbibition

# SIMULATION DE PLUIE SUR LE BASSIN VERSANT DE

## KOUNTKOUZOUT

### I - INTRODUCTION

L'un des avantages principaux du simulateur de pluies peut se traduire par une réduction de la durée des études hydrologiques et par conséquent de leurs coûts.

Le principe de la méthode est de reconstituer des pluies de récurrence annuelle et décennale et d'en mesurer l'effet sur le ruissellement dans ce cas il s'agit d'établir les relations pluie-débit de différentes fréquences et fixer les caractéristiques hydrodynamiques des sols constituant le bassin.

L'objectif est la reconstitution des crues observées à l'échelle du bassin à partir des données recueillies sur parcelles.

Il nous a été possible de suivre pendant quelques jours de la saison sèche (état d'humectation du sol minimum) la campagne de simulation de pluie qui demande une préparation préalable comprenant outre la préparation du matériel :

- le choix des sites représentant le mieux les différents sols, les différents états de surface du bassin versant.
- le choix des pluies :  
pluies journalières de fréquence annuelle, pluie journalière de fréquence décennale, l'ensemble des pluies sur une parcelle ne devant pas excéder la valeur moyenne de la pluviométrie annuelle.

Le choix des parcelles a été déterminé par A. CASENAVE (hydrologue) en 1985. Après la campagne de simulation de pluies nous avons eu l'occasion de participer à l'établissement de la cartographie des états de surface avec C. VALENTIN (pédologue).

### II - SITUATION DU BASSIN DE KOUNTKOUZOUT

Ce bassin situé à 40 km à l'Est de TAHOUA présente les caractéristiques suivantes :

S (km <sup>2</sup> )	L (km)	I <sub>P</sub>	I <sub>G</sub>	D <sub>d</sub>	Altitude (m)
16,6	8,95	0,10	8,15	2,59	456

avec : S : Superficie  
L : Longueur du rectangle équivalent  
I<sub>P</sub> : Indice de pente de Roche  
I<sub>G</sub> : Indice globale de pente  
I<sub>d</sub> : Densité de drainage



On distingue sur ce bassin 5 types de sols ( voir carte des sols):

- des sols minéraux bruts d'érosion qui couvrent principalement le plateau à l'amont du bassin (11 % de la surface du bassin).
- des sols peu évolués d'apport sur matériaux issus des grés ferrugineux de l'ADER DOUTCHI qui couvrent 18 % de la surface du bassin surtout sur les glacis de l'amont du bassin.
- des sols calcomagnésimorphes sur un affleurement calcaire de l'éocène (3 % du bassin).
- des sols bruns subarides qui occupent le centre du bassin (38 % de la surface)
- des associations des sols bruns subarides et de sols brun calcomagnésimorphes formant une bande qui entoure le bassin sur les glacis (28 % de la surface).

Les principaux états de surface rencontrés sur le bassin peuvent être assimilés soit :

- à un reg sur le plateau
- à un affleurement de blocs, cailloux de grés ou de calcaire et gravillons sur les pentes
- à un recouvrement sableux éolien cultivé en mil ou dénudé
- à une zone plus argileuse que les précédentes dans les sols brun rouges.

Il faut noter que dans ces zones sahéliennes, le ruissellement et l'infiltration sont conditionnés par les états de surfaces caractérisant le bassin.

### III - RESULTATS

#### III.1 But de manipulation

Le but de cette campagne a été orienté vers l'étude de transport solide. Les mesures de turbidité ne se sont réalisées que sur deux paires de parcelles des sites II et III, indépendantes du programme principal de simulation.

#### III.2. Description des parcelles

Les états de surface des parcelles étudiées sont les suivants :

SITE II : sols brun rouges

P'<sub>5</sub> : parcelle avec un pied de mil situé dans un interbillon (diamètre radriculaire 25 cm), pente 1,5 %

P'<sub>6</sub> : parcelle implantée à proximité du précédent, WISCHMEIER(labouré) pente 1,5 %

SITE III : zone gravillonnaire

P'7 : parcelle sur pied de mil (diamètre radicaire 15 cm), pente 1,3 ‰

P'8 : parcelle sur un emplacement dénudé, pente 1,3 ‰

III.3 - Protocole de mesure

Trois pluies ont été simulées sur chaque parcelle mais la forme des pluies diffère de celle du protocole principal ceci pour mieux mettre en évidence la détachabilité des matériaux.

Deux pluies de récurrence annuelle : 30 mm/h en 30 mn, 120 mm/h en 10 mn et 40 mm/h en 10 mn soit 41,7 mm en 50 minutes, encadrent une pluie de récurrence décennale : 30 mm/h en 30 mn, 130 mm/h en 15 mn, 80 mm/h en 15 mn et 40 mm/h en 15 mn soit une valeur de 77,3 mm en 75 minutes.

Le protocole de pluies pour une parcelle peut être schématisé par le tableau ci-dessous

Pa mm	Ta heures	IK
41,7	12	0
77,3	24	32,5
41,7		66,6

Les prélèvements de 100 CC, à la sortie du tube de ruissellement ont été faits à l'aide d'un flacon, leur fréquence dépendant uniquement de l'évolution de l'hydrogramme.

Les terres du canal (sol érodé décanté dans le tube de ruissellement à la fin de chaque pluie) n'ont pu être récupérées à cause du manque de matériel. Ainsi de l'ensemble des matériaux transportés, on n'en retient seulement ceux en suspension.

Les échantillons ont été filtrés après chaque pluie simulée, en profitant des temps d'arrêt, puis séchés à l'étuve à 105°C et pesés à NIAMEY.

III.4 Commentaires des résultats

Les valeurs expérimentales de la concentration (turbidigramme) multipliées par l'intensité de ruissellement (mm/h) correspondant à un temps de prélèvement donné, permettent d'obtenir les solidigrammes (g/h) qui, en planimétrant donne la quantité totale de matériaux en suspension au cours d'une pluie (g/m<sup>2</sup>).

Les tableaux ( 1 à 13 ) et les figures ( 1 à 12 ) résument les résultats sur les données hydrodynamiques et de transport solide des sols étudiés.

#### III.4.1. Données hydrodynamiques

Toutes les parcelles ont ruisselé sous les trois pluies simulées et présentent des hydrogrammes de ruissellement ayant quatre phases principales : imbibition, régime transitoire, régime permanent et vidange.

##### 1°) Comparaison entre parcelle non perturbée avec un pied de mil et parcelle labourée (site II)

Il semble que le labour est un moyen efficace d'ameublir le sol et de rendre difficile la constitution d'une pellicule de battance. Celle-ci, même si elle existe, est très fragile et souvent fragmentée d'où l'intérêt d'un travail du sol, pour améliorer l'infiltrabilité et réduire en conséquence le ruissellement (Lr 6 est toujours inférieure à Lr 5).

##### 2°) Comparaison entre parcelle dénudée et parcelle avec pied de mil (site III).

On note l'importance de la végétation (mil) dans le ralentissement de la vitesse d'écoulement. Cependant, ce fait n'a pas eu lieu au cours de la troisième pluie. On pense qu'une importante détachabilité d'éléments fins, lors de la pluie précédente, a engendré une modification dans la composition texturale de la couche superficielle. Cette couche en devenant riche en particules fines se transforme en une pellicule plasmique peu perméable. Elle sera d'autant plus imperméable si elle est plus asséchée (un temps d'arrêt long).

##### 3°) Comparaison des deux sites

La courbe représentative de la variation du coefficient de ruissellement efficace ( $K_{re}$ ) en fonction de l'indice d'humectation du sol (IK) (fig. 17) pour les quatre parcelles montrent des distinctions spectaculaires entre les sites II et III. Ces derniers présentent nettement des organisations pédologiques superficielles différentes. En effet le site II, à forte teneur en matière colloïdale (argile), fait apparaître rapidement une pellicule de battance continue et très développée alors que le site III est couvert d'éléments grossiers (gravillons et sable) qui empêchent la constitution rapide de la couche plasmique. De plus quand elle se forme, certains de ces éléments grossiers y seront inclus pour la transformer en une pellicule plus fragile, fissurée et plus perméable.

### III.4.1.1 - Equation de ruissellement des parcelles

L'équation générale de ruissellement d'une parcelle donnée s'écrit sous la forme :

$$L_r = AIK + B$$

$$\text{or } \left. \begin{array}{l} A = f(Pu) \\ B = f(Pu) \end{array} \right\} \Rightarrow L_r = f(Pu, IK)$$

1°) Représentation graphique :  $L_r = f(IK)$  on obtient une famille de droite :  $L_r = a_i IK + b_i$  correspondant à  $Pu_i$  ou plusieurs familles de droites pour différentes intervalles de valeurs de  $IK$  (voir les exemples concernant les 4 parcelles présentés dans les tableaux ( 14 à 17 ) et les figures ( 13 à 16

2°) Etablissement des droites de régressions de  $A(Pu_i, a_i)$  et de  $B(Pu_i, b_i)$ , d'où les équations suivantes :

$$A = \alpha Pu + \beta$$

$$B = \delta Pu + \lambda$$

3°) Equation de ruissellement

$$L_r = AIK + B \Leftrightarrow L_r = \alpha Pu IK + \beta IK + \delta Pu + \lambda$$

d'où pour Site II

Parcelle P'5

$$L'_{r5} = 0,0035 Pu IK + 0,040 IK + 0,764 Pu - 7,2$$

Parcelle P'6

$$\begin{array}{ll} IK \leq 33,6 & L'_{r6} = 0,024 Pu IK - 0,222 IK + 0,035 Pu - 0,230 \\ IK > 33,6 & L'_{r6} = 0,001 Pu IK + 0,075 IK + 0,797 Pu - 10,4 \end{array}$$

pour Site III

Parcelle P'7

$$L'_{r7} = 0,006 Pu IK + 0,006 IK + 0,490 Pu - 3,85$$

Parcelle P'8

$$L'_{r8} = - 0,0004 Pu IK + 0,056 IK + 0,827 Pu - 5,281$$

On remarque que ces équations sont proches de celles du programme principal .

### III.4.2 Données de détachabilité

1°) SITE II : les détachabilités des matériaux en suspension pour les parcelles P'5 et P'6 au cours des différentes pluies simulées nous sont données par le tableau suivant :

Pluie	P'5 ( g/m <sup>2</sup> )	P'6 ( g/m <sup>2</sup> )
1	150,7	8,33
2	483,9	604,9
3	361,6	299,8

Des différences importantes apparaissent entre le comportement de chacune des parcelles : au cours de la première pluie l'érodibilité dans la parcelle **WIS-CHMEIER** est négligeable et ceci est dû à une bonne infiltration, ce qui limite le ruissellement et favorise l'imbibition, d'où une mobilisation des éléments et par conséquent une réorganisation de la couche superficielle.

L'application d'une seconde pluie nettement plus forte, venant après un temps d'arrêt court sur un tel sol (labouré), va pouvoir lessiver facilement les éléments déjà mobilisés et avoir une action érosive plus importante en dépit d'un ruissellement relativement moins fort que celle de la parcelle P'6.

Au cours de la troisième pluie, la perte des terres est plus élevée en P'5 qu'en P'6. Il semble que la pellicule plasmique de la parcelle P'5 est moins fragile que celle de P'6 (donc peu perméable) sauf la zone d'implantation du pied de mil qui retient plus d'humidité. Celle-ci constitue une partie très sensible à l'érosion au moment où le ruissellement est maximal.

2°) SITE III : Le tableau ci-dessous présente les données de détachabilité (matériaux en suspension) sous pluies simulées pour les parcelles P'7 et P'8.

Pluie	P'7 ( g/m <sup>2</sup> )	P'8 ( g/m <sup>2</sup> )
1	166,6	203,3
2	276,5	211,4
3	248,3	199,2

Nous constatons que le transport des éléments en suspension de la première pluie dans la parcelle P'7 s'est réduit de 18 % par rapport à celui de la parcelle P'8, à cause de la présence du mil qui freine l'écoulement et protège le sol contre l'érosion.

Cependant, la quasi-totalité de tout le matériau qui a été retenu par la végétation (mil) sera véhiculé par l'eau d'une pluie importante et durable. On pense que cette quantité mobilisée constitue l'écart entre les valeurs obtenues des deux parcelles et représente 31 %.

Sous une autre pluie analogue à la première, la parcelle P'7 (mil) qui a bénéficié plus de réserve d'eau stockée au cours des pluies précédentes, reçoit une lame ruisselée élevée sur une partie de la surface totale de la parcelle d'où une hauteur d'eau plus importante ce qui fait apparaître des zones érodées fortement concentrées autour du pied de mil tandis que dans la parcelle P'8, presque la majorité des éléments fins ont été évacués lors des anciennes pluies par conséquent la formation d'une pellicule de battance n'a pas eu lieu ce qui explique à la fois une diminution du ruissellement et de la détachabilité.

### 3°) Comparaison entre les sites

Des différences dans les organisations pédologiques superficielles et dans la composition granulométrique de la couche de contrôle de l'état de surface font apparaître des différences dans le degré de la détachabilité et dans la concentration en particules de suspension; c'est ainsi que le site II, plus argileux et à porosité vésiculaire marquée, contribue à donner plus d'éléments fins facilement érodés par rapport au site III couvert de sable et de gravillons dont certains sont inclus dans la pellicule plasmique montrant leur efficacité dans la rétention du sol.

La figure ( 18 ) représentant la variation de la détachabilité en fonction des pluies utiles met en évidence une limite de ces faits, en effet : au-dessous d'un seuil de pluie défini selon l'état de surface du sol, le site II libère moins de matériau en suspension que le site III en dépit d'un ruissellement important et ceci correspond à l'existence d'une force de cohésion entre les constituants de l'élément structural meilleure dans le site II que dans le site III.

#### IV - LA CARTOGRAPHIE DES ETATS DE SURFACE

C'est une opération de mise en évidence des différents états de surface du bassin sous forme d'unités cartographiques. Elle est nécessaire pour fixer le poids de chaque parcelle dans le modèle. De plus, elle est importante pour le choix des sites d'implantation des parcelles qui doivent représenter les principaux états de surface rencontrés sur le bassin.

Malheureusement, comme la campagne de simulation de pluie a précédé la cartographie, cette dernière s'est transformée essentiellement en une opération visant à tester la représentativité des sites et des parcelles (du programme principal), outre la détermination des unités cartographiques.

##### IV.1 Les unités cartographiques

Unité 1 (Regs = 49,8 %) : elle regroupe les regs des plateaux) des versants et de la plaine. Ceux-ci peuvent être partiellement couverts de sable. Cette unité se caractérise par l'existence entre les cailloux et blocs d'une pellicule plasmique souvent surmontée de sables fins à porosité vésiculaire.

Unité 2 (Calcaires = 2,1 %) : chaos calcaire apparaissant en bas de certains versants.

Unité 3 (Regs à calcaire 1,6 %) : regs situés à l'aval du bassin où la pellicule plasmique est non continue et plus fragile. Ce caractère est à l'approche de la présence de calcaire.

Unité 4 (Pavages fins = 7,8 %) : des gravillons couvrent la surface. Certains sont inclus dans la pellicule plasmique souvent surmontée de sables fins à porosité vésiculaire. Forte analogie avec l'unité 1 mais les éléments grossiers sont plus petits.

Unité 5 (Pavages fins calcaires = 0,5 %) : analogue à la précédente mais comme pour l'unité 3, la pellicule est plus fragile et donc souvent fragmentée.

Unité 6 (Surface sableuse = 6,1 %) : Cette unité regroupe les surfaces sableuses généralement couverts de pellicules très fragiles pour la plupart fragmentées.

Unité 7 (Surface sableuse à calcaire = 11,0 %) : identique à la précédente mais les sables contiennent des calcaires et la surface est plus bombante.

Unité 8 (surface dunaire = 1,3 %) : se distingue de l'unité 6 par une topographie dunaire. Ces dunes peuvent présenter en surface une certaine proportion d'éléments grossiers. Certaines d'entre elles correspondent à des regs presque totalement couverts de sable d'origine éolienne.

Unité 9 (surface rouge et à recouvrement sableux = 14,6 %) : elle se situe en position de piemont.

Unité 10 (surface limonoargileuse = 5,2 %) : cette surface se distingue de la précédente par sa position topographique, texture plus tendre et la présence du calcaire.

#### IV.2 - Représentativité des sites et parcelles du programme principal

On a remarqué qu'un grand nombre d'unités n'a pas été testé soit à défaut d'emplacement de certaines parcelles déjà choisies soit à une absence des parcelles d'où la nécessité d'y effectuer des mesures ultérieurement, ou bien d'utiliser les résultats obtenus à partir des unités d'autres bassins versants ayant des caractères similaires très proches.

Les résultats de représentativité des sites et parcelles sont présentés par le tableau suivant :

Unités	Parcelles	Remarques
1		Pas testée à défaut P 1 et P 2
2		Pas testée à défaut P 1 et P 2
3		Pas testée.
4	P 7 et P 8	P7 : cultivée, P8 : non cultivée
5		Pas testée à défaut P 7 et P 8
6		Pas testée
7		Pas testée
8		Pas testée
9	P 3 et P 4	P3 : cultivée, P4 : non cultivée
10	P 5 et P 6	P5 : cultivée, P6 : Wishmeir

Il est intéressant de noter l'existence d'une partie non négligeable formée d'arbres et d'arbustes, répartie sur la totalité du bassin. Comme il a été impossible d'y implanter une parcelle, il a paru préférable d'utiliser les résultats de la parcelle AX ( cf: KOUNTKOUZOUT 1986 - R. GATHELIER - A. GIODA ) du bassin d'OURSI (BURKINA FASO).



IV.3 - Equations des parcelles du programme principal

Parcelle 1

$$IK \leq 7,5 \quad Lr = 0,0171 \text{ Pu IK} + 0,077 \text{ IK} + 0,81 \text{ Pu} - 4,8$$

$$IK > 7,5 \quad Lr = 0,00057 \text{ Pu IK} + 0,0167 \text{ IK} + 0,916 \text{ Pu} - 4,1$$

Parcelle 2

$$Lr = 0,00023 \text{ Pu IK} + 0,039 \text{ IK} + 0,98 \text{ Pu} - 4,8$$

Parcelle 3

$$IK \leq 6,5 \quad Lr = 0,0243 \text{ Pu IK} + 0,0207 \text{ IK} + 0,214 \text{ Pu} - 2,3$$

$$IK > 6,5 \quad Lr = 0,0028 \text{ Pu IK} - 0,019 \text{ IK} + 0,35 \text{ Pu} - 1,6$$

Parcelle 4

$$IK \leq 7,5 \quad Lr = 0,020 \text{ Pu IK} + 0,751 \text{ IK} + 0,681 \text{ Pu} - 8,6$$

$$IK > 7,5 \quad Lr = 0,00079 \text{ Pu IK} - 0,0138 \text{ IK} + 0,833 \text{ Pu} - 3,3$$

Parcelle 5

$$Lr = 0,0035 \text{ Pu IK} + 0,040 \text{ IK} + 0,764 \text{ Pu} - 7,2$$

Parcelle 6

$$IK \leq 25 \quad Lr = 0,0299 \text{ Pu IK} - 0,26 - \text{IK} + 0,04 \text{ Pu} - 0,54$$

$$IK > 25 \quad Lr = 0,0036 \text{ Pu IK} + 0,043 \text{ IK} + 0,68 \text{ Pu} - 6,4$$

Parcelle 7

$$Lr = 0,00047 \text{ Pu IK} + 0,0676 \text{ IK} + 0,856 \text{ Pu} - 6,2$$

Parcelle 8

$$Lr = 0,0018 \text{ Pu IK} + 0,022 \text{ IK} + 0,882 \text{ Pu} - 6,7$$

Parcelle AX

$$Lr = 0,0731 \text{ IK} + 0,526 \text{ Pu} - 5,83$$

IV.4 - Equation générale de ruissellement du bassin

Soit  $i$  = coefficient représentant le poids de la parcelle dans le modèle

$$Lrc = \sum_{i=1}^n r_i Lr_i$$

On a donc

$$Lr c = 0,535 \frac{(Lr 1 + Lr 2)}{2} + 0,146 \frac{(Lr 3 + Lr 4)}{2} + 0,035 Lr 5 + 0,017 Lr 6 + \\ 0,028 Lr 7 + 0,055 Lr 8 + 0,180 (Lr AX d'OURSI)$$

La corrélation entre les crues reconstituées à partir des mesures sous pluies simulées et celles réellement observées sur le terrain définit la fonction de calage du modèle "SIMULATION".

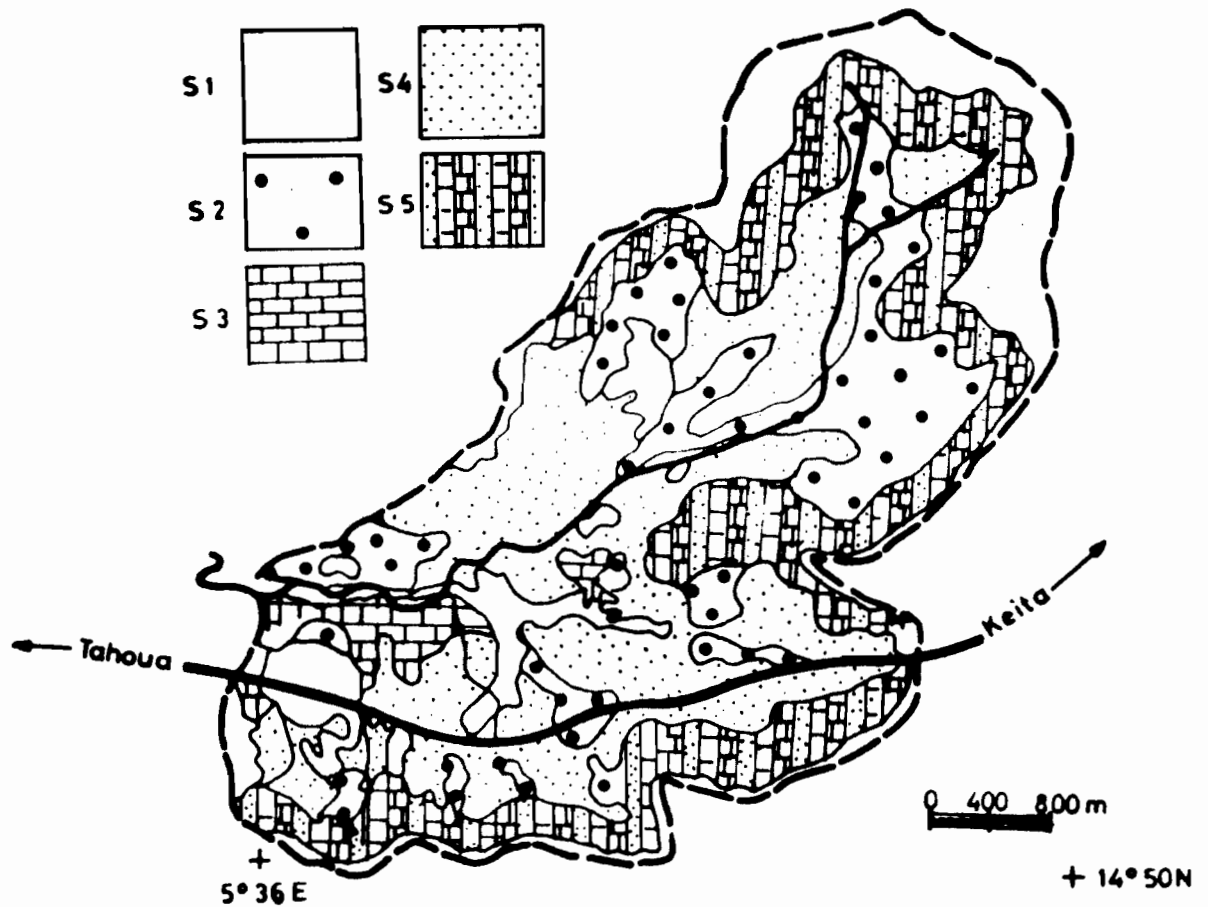
#### V - CONCLUSION

L'utilisation du mini simulateur nous permet de constater qu'avec ce dispositif peu onéreux léger et maniable, il est possible de déterminer, de façon relativement complète et rapide, les caractéristiques hydrométriques des différents états de surface à partir des données pluviométriques et d'en déduire la relation  $Lr (Pu, IK)$  (Lame ruisselée en fonction de la pluie utile et l'indice d'humectation du sol).

Notons par ailleurs qu'il existe plusieurs études pouvant être à la base de l'emploi de cet appareil. Parmi elles, on cite celle de la détachabilité des sols. Les mesures de turbidité ont permis de comparer entre les différentes parcelles la variation du comportement de la couche pédologique superficielle au cours des pluies simulées.

La cartographie demeure l'opération principale qui corrobore l'étude de la caractérisation des différents états de surface. Elle devrait, en principe, précéder la campagne de simulation de pluies en vue de permettre essentiellement un choix adéquat des sites d'implantation des parcelles, mais comme elle la succède, elle s'est transformée principalement en un test de représentativité des sites et des parcelles. Il s'est avéré que ces dernières ne rendent pas compte de tous les états de surface du bassin.

KOUNTKOUZOUT  
 Carte des sols  
 D'après l'étude au 1:20.000<sup>e</sup> SOGETHA



**Définitions :**

**S<sub>1</sub>** : Sols minéraux bruts d'érosion - lithosols sur grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI - sur grès rins du crétacé - sur calcaire de l'éocène.

**S<sub>2</sub>** : Sols peu évolués d'apport - sur matériaux issus des grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI.

**S<sub>3</sub>** : Sols calcomagnésimorphes - bruns sur matériaux issus des calcaires de l'éocène.

**S<sub>4</sub>** : Sols bruns subarides - bruns rouges sur matériaux issus des grès ferrugineux et bruns tirsifiés sur dépôts anciens des vallées.

**S<sub>5</sub>** : Association - Sols bruns rouges subarides et sols bruns calcomagnésimorphes - vertisols.

## DONNEES DE BASE

Par- celles	pluie	Date	Heure		tu mm,s	te mm,s	ta H,mm	Pa mm	Pu mm	Pi mm	Pe mm	Lr mm	Li mm	Kru %	Kre %	Ik	Dr mm	Le mm
			Début	Fin														
P <sub>5</sub> '	1		15 <sup>h</sup> 05	15 <sup>h</sup> 55	50,0	29,0	∞	0	42,8	11,5	31,3	19	23,3	45,6	62,3	0	0,5	19,5
	2	25/2/86	4 <sup>h</sup> 50	6 <sup>h</sup> 05	75,0	66,30	12,55	42,8	84,5	5,0	79,5	75,5	12,2	89,9	95,6	32,7	0,5	76,0
	3		5 <sup>h</sup> 05	5 <sup>h</sup> 55	50,0	43,0	23,00	84,5	51,5	5,0	46,5	43,0	5	84,7	93,8	72,6	0,6	43,6
P <sub>6</sub> '	1		23 <sup>h</sup> 05	23 <sup>h</sup> 55	50,0	16,0	∞	0	43,3	24,0	19,3	1,4	41,8	3,5	7,8	0	0,1	1,5
	2		12 <sup>h</sup> 05	13 <sup>h</sup> 20	75,0	62,0	12,10	43,3	74,5	6,5	68,0	56,4	17,7	76,2	83,5	33,6	0,4	56,8
	3		13 <sup>h</sup> 25	14 <sup>h</sup> 15	50,0	41,30	24,05	74,5	41,0	4,1	36,9	30,7	10,3	75,9	84,3	65,5	0,4	31,1
P <sub>7</sub> '	1	28/2/86	10 <sup>h</sup> 45	11 <sup>h</sup> 35	50,0	39	∞	0	42,2	5,5	36,7	18,8	22,9	45,7	52,6	0	0,5	19,3
	2	28/2/86	23 <sup>h</sup> 30	0 <sup>h</sup> 45	75	70	11,55	42,2	79,7	2,6	77,1	41,6	37,7	52,7	54,5	33,03	0,4	42
	3	2/3/86	1 <sup>h</sup> 15	2 <sup>h</sup> 05	50,0	45,5	24,30	79,7	42,2	2,3	39,9	36,0	5,7	86,5	91,5	67,6	0,4	36,5
P <sub>8</sub> '	1	28/2/86	18 <sup>h</sup> 05	18 <sup>h</sup> 55	50,0	34,30	∞	0	42,0	7,8	34,2	30,8	10,5	75,0	92,1	0	0,7	31,5
	2	1/3/86	7 <sup>h</sup> 05	8 <sup>h</sup> 20	75	69,30	12,10	42,0	77,8	2,8	75,0	56	21,0	73,0	75,8	32,6	0,8	56,8
	3	2/3/86	7 <sup>h</sup> 50	8 <sup>h</sup> 40	50,0	43,30	23,30	77,8	42,2	3,2	39,0	32,7	8,8	79,1	85,6	67,6	0,6	33,4

TABLEAU - 1 -

INTENSITÉS MAXIMALES DE RUISSELLEMENT  
ET MINIMALES D'INFILTRATION

- Parcelle P<sub>5</sub>' -

P <sub>1</sub>			P <sub>2</sub>			P <sub>3</sub>		
I <sub>R</sub>	R <sub>x</sub>	F <sub>n</sub>	I <sub>R</sub>	R <sub>x</sub>	F <sub>n</sub>	I <sub>R</sub>	R <sub>x</sub>	F <sub>n</sub>
33	0	33	35	27	8	50	43	7
122	103	19	137	137	0	127	127	0
36	26	10	84	82	2	53	53	0
			47	42	5			

TABLEAU - 2 -

\* I<sub>R</sub>, R<sub>x</sub> et F<sub>n</sub> sont exprimés en mm/h.

PLUIES UTILES ET LAMES RUISSELEES

(Par Pas de 5 minutes)

- Parcelle P<sub>5</sub>' -

t <sub>u</sub> (m)	P <sub>5</sub> ' - 1		P <sub>5</sub> ' - 2		P <sub>5</sub> ' - 3	
	P <sub>u</sub>	L <sub>r</sub>	P <sub>u</sub>	L <sub>r</sub>	P <sub>u</sub>	L <sub>r</sub>
5	2,7	0	2,9	0	4,2	0
10	5,5	0	5,8	0,4	8,3	1,3
15	8,2	0	8,7	1,9	12,5	3,8
20	11,0	0	11,7	3,6	16,7	6,6
25	13,7	0	14,6	5,5	20,8	9,7
30	16,5	0	17,5	7,7	25	12,9
35	26,6	5,6	28,9	18,6	35,5	23,3
40	36,8	14,2	40,3	25,1	46,2	33,6
45	39,8	16,9	51,7	44,1	50,6	38,5
50	42,8	19	58,7	51,1	55	43,0
55			65,7	57,8		
60			72,7	64,7		
65			76,6	68,4		
70			80,5	71,9		
75			84,5	75,5		

TABLEAU - 3 -

P <sub>5</sub> ' - 1	L <sub>r</sub> = 0,547 P <sub>u</sub> - 6,02	r = 0,967
P <sub>5</sub> ' - 2	L <sub>r</sub> = 0,995 P <sub>u</sub> - 8,47	r = 0,997
P <sub>5</sub> ' - 3	L <sub>r</sub> = 0,912 P <sub>u</sub> - 8,22	r = 0,977

TURBIDIGRAMMES - SOLIDIGRAMMES

- Parcelle P<sub>5</sub>' -

N° Prel.	Pluie 1				Pluie 2				Pluie 3			
	IP (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)	Ip (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)	Ip (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)
1	122	96	6,9	662	35	15	4,5	67,5	43	26	7,3	190
2	122	100	7,4	740	35	20	4,7	94	43	32	7,1	227
3	122	102	7,7	785	35	24	4,9	118	43	36	7,8	281
4	122	103	7,0	721	35	27	5,0	135	43	40	7,2	288
5	122	103	7,1	731	137	108	7,8	842	43	42	7,9	332
6	36	103	7,0	721	137	122	8,5	1037	43	43	7,4	318
7	36	27	7,8	211	137	132	7,8	1030	127	120	9,7	1164
8	36	26	7,5	195	137	135	8,4	1134	127	124	6,9	856
9	36	26	7,7	200	137	137	7,6	1041	127	127	8	1016
10					84	84	6,6	554	53	56	7	392
11					84	83	5,9	490	53	53	7	371
12					84	82	6,6	541	53	53	7	371
13					84	82	5,8	475				
14					47	48	4,9	235				
15					47	44	4,8	211				
16					47	43	5,2	223				
17					47	42	4,7	197				

T A B L E A U - 4 -

Ip = Intensité de la pluie

T = Turbidigramme

S = Solidigramme.

INTENSITES MAXIMALES DE RUISSELLEMENT  
ET MINIMALES D'INFILTRATION

- Parcelle P'6 -

P <sub>1</sub>			P <sub>2</sub>			P <sub>3</sub>		
Ir	Rx	Fn	Ir	Rx	Fn	Ir	Rx	Fn
32	0	32	30	16	19	29	22	7
120	23	97	128	115	13	117	111	6
44	2	42	70	67	3	42	38	4
			40	40	0			

TABLEAU - 5 -

\* I<sub>R</sub>, Rx et Fn sont exprimés en mm/h



PLUIES UTILES ET LAMES RUISSELEES

(Par Pas de 5 minutes)

- Parcelle P'<sub>6</sub> -

tu (m)	P' <sub>5</sub> - 1		P' <sub>5</sub> - 2		P' <sub>5</sub> - 3	
	Pu	Lr	Pu	Lr	Pu	Lr
5	2,7	0	2,5	0	2,4	0
10	5,4	0	5	0	4,8	0,2
15	8,0	0	7,5	0,1	7,2	1,3
20	10,7	0	10,0	0,8	9,6	2,7
25	13,4	0	12,5	1,9	12,0	4,3
30	16	0	15,0	3,1	14,5	6,1
35	26	0,1	25,6	11,3	24,2	15,0
40	36	0,8	36,3	20,4	34,0	24,3
45	39,6	1,2	47,0	30	38,7	28,7
50	43,3	1,4	52,8	35,2	42,2	32,2
55			58,6	40,6		
60			64,5	46,3		
65			67,8	49,6		
70			71,1	53,0		
75			74,5	56,4		

TABLEAU - 6 -

P'<sub>6</sub> - 1      Lr = 0,04 Pu - 0,43      r = 0,93

P'<sub>6</sub> - 2      Lr = 0,84 Pu - 7,88      r = 0,99

P'<sub>6</sub> - 3      Lr = 0,88 Pu - 5,51      r = 0,99

TURBIDIGRAMMES - SOLIDIGRAMMES

- Parcelle P<sub>6</sub>' -

N° Prel.	Pluie 1				Pluie 2				Pluie 3			
	IP (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)	Ip (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)	Ip (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)
1	120	7	5,2	36,4	30	9	5,9	53	29	13	5,4	70,2
2	44	2	5,6	11,2	30	15	5,3	79,5	29	18	8,0	144
3					30	16	6,2	99,2	29	20	7,4	148
4					128	96	10,3	989	29	22	7,8	172
5					128	106	8,8	933	117	108	7,5	810
6					128	112	10,9	1221	117	110	10,7	1177
7					128	114	17,2	1921	117	111	10,2	1132
8					128	115	16,5	1898	117	111	10,8	1199
9					70	68	8,1	551	42	111	10,1	1121
10					70	67	8,8	590	42	39	8,0	312
11					70	67	11,2	750	42	38	7,8	296
12					70	67	8,7	583				
13					40	41	7,2	295				
14					40	40,5	7,1	288				
15					40	40	6,4	256				
16					40	40	7,0	280				
17												

TABLEAU - 7 -

Ip = Intensité de la pluie

T = Turbidigrame

S = Solidigrame.

INTENSITES MAXIMALES DE RUISSELLEMENT  
ET MINIMALES D'INFILTRATION

- Parcelle P'<sub>7</sub> -

P <sub>1</sub>			P <sub>2</sub>			P <sub>3</sub>		
Ir	Rx	Fn	Ir	Rx	Fn	Ir	Rx	Fn
30	10	20	31	19	12	31	25	6
124	86	38	136	86	50	120	115	5
39	24	15	83	46	37	40	36	4
			38	8	30			

TABLEAU - 8 -

\* I<sub>R</sub>, Rx et Fn sont exprimés en mm/h

PLUIES UTILES ET LAMES RUISSELEES

(Par Pas de 5 minutes)

- Parcelle P'7 -

tu (mn)	P' - 1		P' - 2		P' - 3	
	Pu	Lr	Pu	Lr	Pu	Lr
5	2,5	0	2,6	0	2,5	0
10	5	0	5,2	0,9	5,1	1,4
15	7,5	0,3	7,8	1,9	7,6	3,2
20	10	0,7	10,3	3	10,2	5,3
25	12,5	2	12,9	4,5	12,7	7,4
30	15	1,9	15,5	6,1	15,5	9,7
35	25,4	8,4	26,8	13,5	25,5	19,3
40	35,7	15	38,2	20,8	35,5	28,5
45	39	17	49,5	28,1	38,8	32,1
50	42,2	18,8	56,4	31,9	42,2	36,0
55			63,3	35,8		
60			70,2	39,3		
65			73,4	40,2		
70			76,6	40,9		
75			79,7	41,6		

T A B L E A U - 9 -

P'7 - 1

Lr = 0,542 Pu - 4,56

r = 0,991

P'7 - 2

Lr = 0,581 Pu - 2,27

r = 0,998

P'7 - 3

Lr = 0,933 Pu - 4,13

r = 0,998

TURBIDIGRAMMES - SOLIDIGRAMMES

- Parcelle P<sub>7</sub>' -

N° Prel.	Pluie 1				Pluie 2				Pluie 3			
	IP (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)	Ip (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)	Ip (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)
1	30	5,3	4,0	21,2	31	12	5,8	69,6	31	15	2,8	42
2	30	8	4,3	34,4	31	15,5	5,2	80,6	31	22	4,8	106
3	30	10	7,1	71	31	18	2,8	50,4	31	23	3,7	85,1
4	124	72	9,8	705	31	19	5,9	112	31	24	5,7	137
5	124	80	8,5	680	136	35	9,1	318	31	24,5	5,1	125
6	124	86	8,8	757	136	69	7,1	524	120	101,5	8,6	873
7	39	19	6,7	127	136	84	8,8	739	120	112	7,6	851
8	39	23,5	7,8	183	136	86	7,6	654	120	110	6,7	737
9	39	23,5	6,5	153	136	86	8,2	705	40	37	5,4	200
10					83	48	6,3	302	40	36	5,7	205
11					83	46	7,1	327	0	35	5	175
12					83	46	6,5	299				
13					38	12	5,4	64,8				
14					38	9	3,8	34,2				
15					38	8	3,5	28				
16					0	7	4,9	34,3				
17												

T A B L E A U - 10 -

Ip = Intensité de la pluie

T = Turbidigrane

S = Solidigrane.

INTENSITES MAXIMALES DE RUISSELLEMENT  
ET MINIMALES D'INFILTRATION

- Parcelle P'<sub>8</sub> -

P <sub>1</sub>			P <sub>2</sub>			P <sub>3</sub>		
Ir	Rx	Fn	Ir	Rx	Fn	Ir	Rx	Fn
30	23	7	30	27	3	30	26	4
123	118	5	133	100	33	124	108	16
39	36	3	79	46	33	40	30	10
			39	33	6			

TABLEAU - 11 -

PLUIES UTILES ET LAMES RUISSELEES

(Par Pas de 5 minutes)

- Parcelle P'8 -

tu (m)	P'8 - 1		P'8 - 2		P'8 - 3	
	Pu	Lr	Pu	Lr	Pu	Lr
5	2,5	0	2,5	0	2,5	0
10	5	0	5	1,6	5,0	1,4
15	7,5	0	7,5	3,8	7,5	3,5
20	10,0	1,6	10,0	6,1	10,0	5,8
25	12,5	3,5	12,5	8,4	12,5	8,0
30	15,0	5,5	15	10,7	15,0	10,1
35	25,2	14,1	26	18,6	25,3	18,4
40	35,5	24,2	37,1	27,1	35,6	27,5
45	38,7	27,8	48,2	35,1	38,9	30,2
50	42,0	30,8	54,8	39,1	42,2	32,7
55			61,4	43,5		
60			68,0	47,5		
65			71,2	50,1		
70			74,5	53,2		
75			77,8	55,6		

T A B L E A U - 12 -

P'8 - 1

Lr = 0,87 Pu - 6,63

r = 0,996

P'8 - 2

Lr = 0,726 Pu - 0,89

r = 0,999

P'8 - 3

Lr = 0,843 Pu - 2,7

r = 0,999

TURBIDIGRAMMES - SOLIDIGRAMMES

- Parcelle P<sub>8</sub>' -

N° Prel.	Pluie 1				Pluie 2				Pluie 3			
	IP (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)	Ip (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)	Ip (mm/h)	Rx (mm/h)	T (g/l)	S (g/h)
1	30	20	6,5	130	30	24	3,7	88,8	30	22	5,5	121
2	30	22	5,4	119	30	26	4,0	104	30	24	3,1	74,4
3	30	23	5,9	136	30	26,5	4,1	109	30	25	5,6	140
4	123	107	6,6	706	30	27	3,9	105	30	26	5,4	140
5	123	117	6,9	807	30	27	4,6	122	124	102	6,3	643
6	123	118	6,8	802	133	90	4,5	405	124	107	4,8	514
7	39	43	5,8	250	133	96	4,0	384	124	108	4,6	497
8	39	36	5,7	205	133	99	4,9	485	40	32	4,3	138
9					133	100	4,2	420	40	30	5,1	153
10					79	48	2,6	125	0	28	5,2	146
11					79	46	3,6	179				
12					39	34	4,1	139				
13					39	33	3,8	125				
14					39	33	3,6	119				
15					0	28	3,9	109				
16												
17												

T A B L E A U - 13 -

Ip = Intensité de la pluie

T = Turbidigramme

S = Solidigramme.



LAMES RUISSELEES CALCULEES

(à partir des équations)

- Parcelle P<sub>5</sub><sup>1</sup> -

Pu (mm)	Lr (mm)		
	P' <sub>5-1</sub> IK = 0	P' <sub>5-2</sub> IK = 32,7	P' <sub>5-3</sub> IK = 72,6
10	- 0,55	1,48	0,90
20	4,92	11,4	10,0
30	10,4	21,4	19,1
40	15,8	31,3	28,2
50	21,3	41,3	37,4
60	26,8	51,2	46,5
70	32,3	61,2	55,6
80	37,7	71,1	64,7
90	43,2	81,1	73,8
100	48,7	91,0	82,9

T A B L E A U - 14 -

LAMES RUISSELEES CALCULEES

(à partir des équations)

- Parcelle P' 6 -

Pu (mm)	Lr (mm)		
	P' 6 - 1 $\mu r$ IK = 0	P' 6 - 2 IK = 33,6	P' 6 - 3 IK = 65,5
10	- 0,03	0,52	3,29
20	0,37	8,92	12,1
30	0,77	17,3	20,9
40	1,17	25,7	29,7
50	1,57	34,1	38,5
60	1,97	42,5	47,3
70	2,37	50,9	56,1
80	2,77	59,3	64,9
90	3,17	67,7	73,7
100	3,57	76,1	82,5

TABLEAU - 15 -

P' 6 - 1                      Lr = 0,04 Pu - 0,43

P' 6 - 2                      Lr = 0,84 Pu - 7,88

P' 6 - 3                      Lr = 0,88 Pu - 5,51

LAMES RUISSELEES CALCULEES

(à partir des équations)

- Parcelle P'7 -

Pu (mm)	Lr (mm)		
	P'7-1 IK = 0	P'7-2 IK = 33,03	P'7-3 IK = 67,6
10	0,85	3,54	5,19
20	6,3	9,35	14,5
30	11,7	15,1	23,8
40	17,1	21,0	33,2
50	22,5	26,7	42,5
60	27,9	32,6	51,8
70	33,3	38,4	61,1
80	38,8	44,2	70,5
90	44,2	50,0	79,8
100	49,6	55,8	89,1

T A B L E A U - 16 -

P'7-1	Lr = 0,542 Pu - 4,56	r = 0,991
P'7-2	Lr = 0,581 Pu - 2,27	r = 0,998
P'7-3	Lr = 0,933 Pu - 4,13	r = 0,998

LAMES RUISSELEES CALCULEES

(à partir des équations)

- Parcelle P'8 -

Pu (mm)	Lr (mm)		
	P'8-1 IK = 0	P'8-2 IK = 32,6	P'8-3 IK = 67,6
10	2,11	6,4	5,7
20	10,8	13,6	14,2
30	19,6	20,9	22,6
40	28,3	28,1	31,0
50	37,0	35,8	39,5
60	45,7	42,6	47,9
70	54,5	49,9	56,3
80	63,2	57,2	64,8
90	71,9	64,4	73,2
100	80,7	71,7	81,6

T A B L E A U - 17 -

P'8-1	Lr = 0,87 Pu - 6,63	r = 0,996
P'8-2	Lr = 0,726 Pu - 0,89	r = 0,990
P'8-3	Lr = 0,8432 Pu - 2,7	r = 0,990

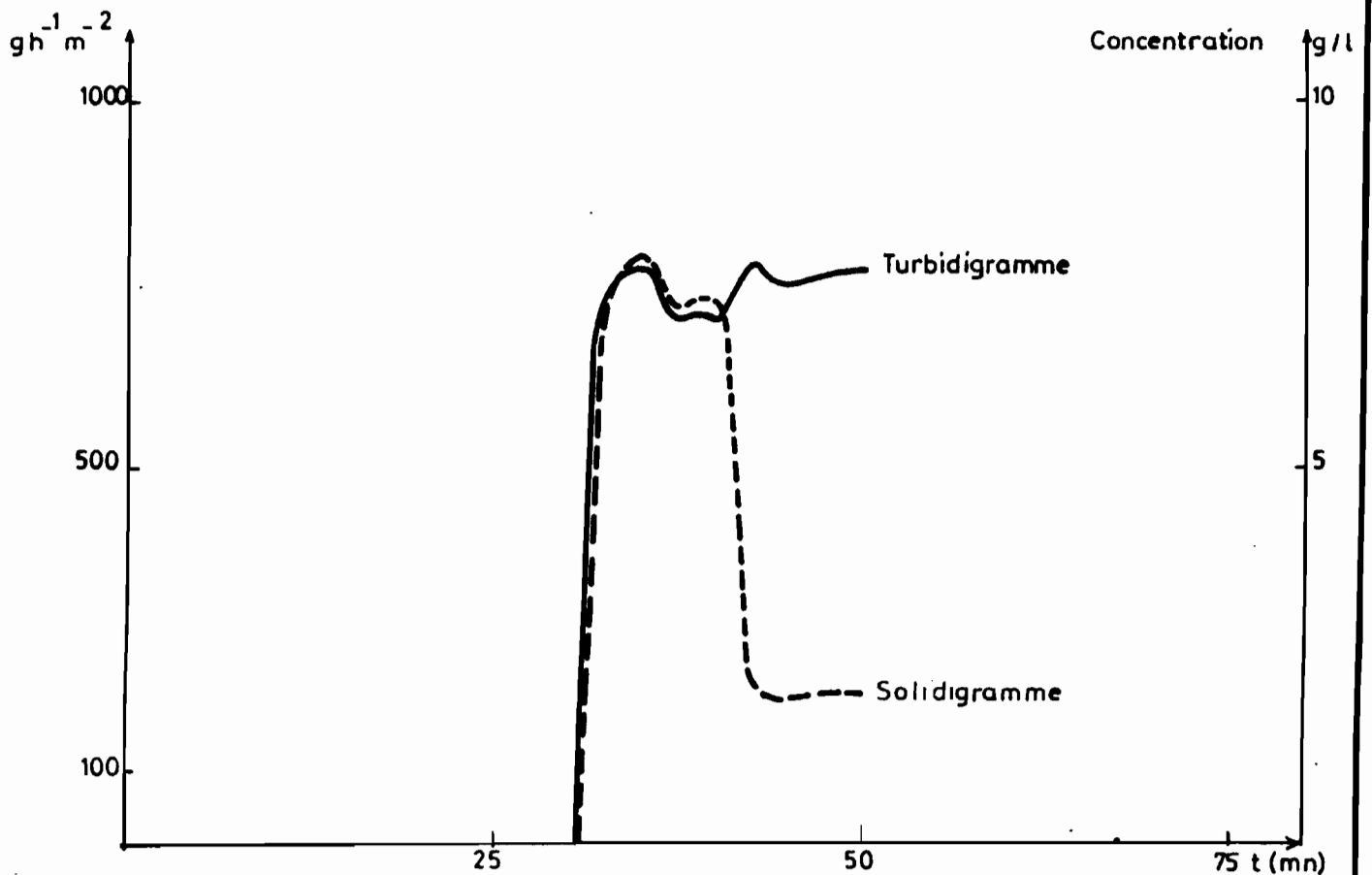
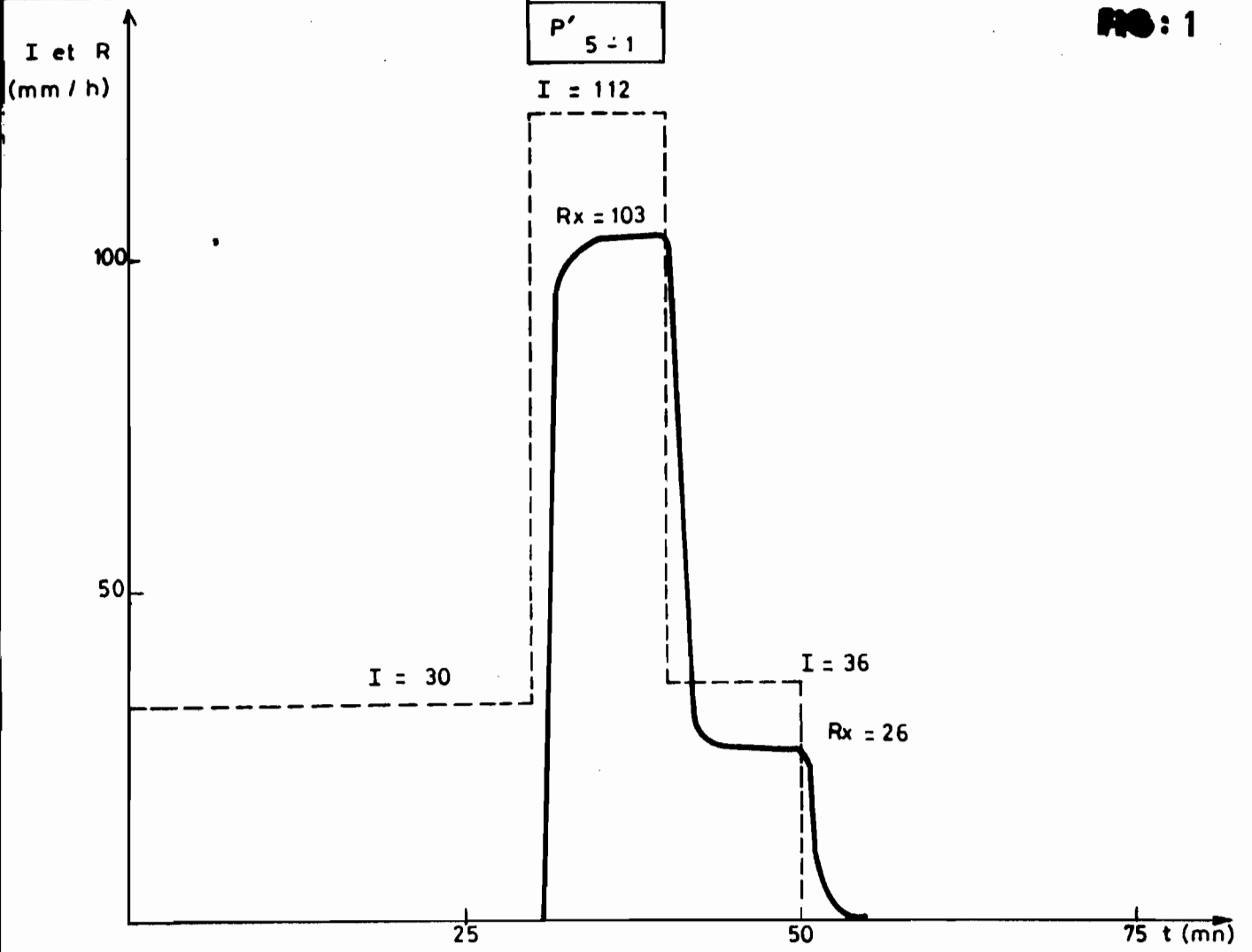


FIG : 2

I et R  
(mm / h)

I = 137 Rx = 137

P'  
5 - 2

100

50

I = 35

Rx = 27

I = 84

Rx = 82

I = 47

Rx = 42

25

50

75 t (mn)

gh<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>

1000

500

g/l

10

5

25

50

75 t (mn)

Turbidigramme

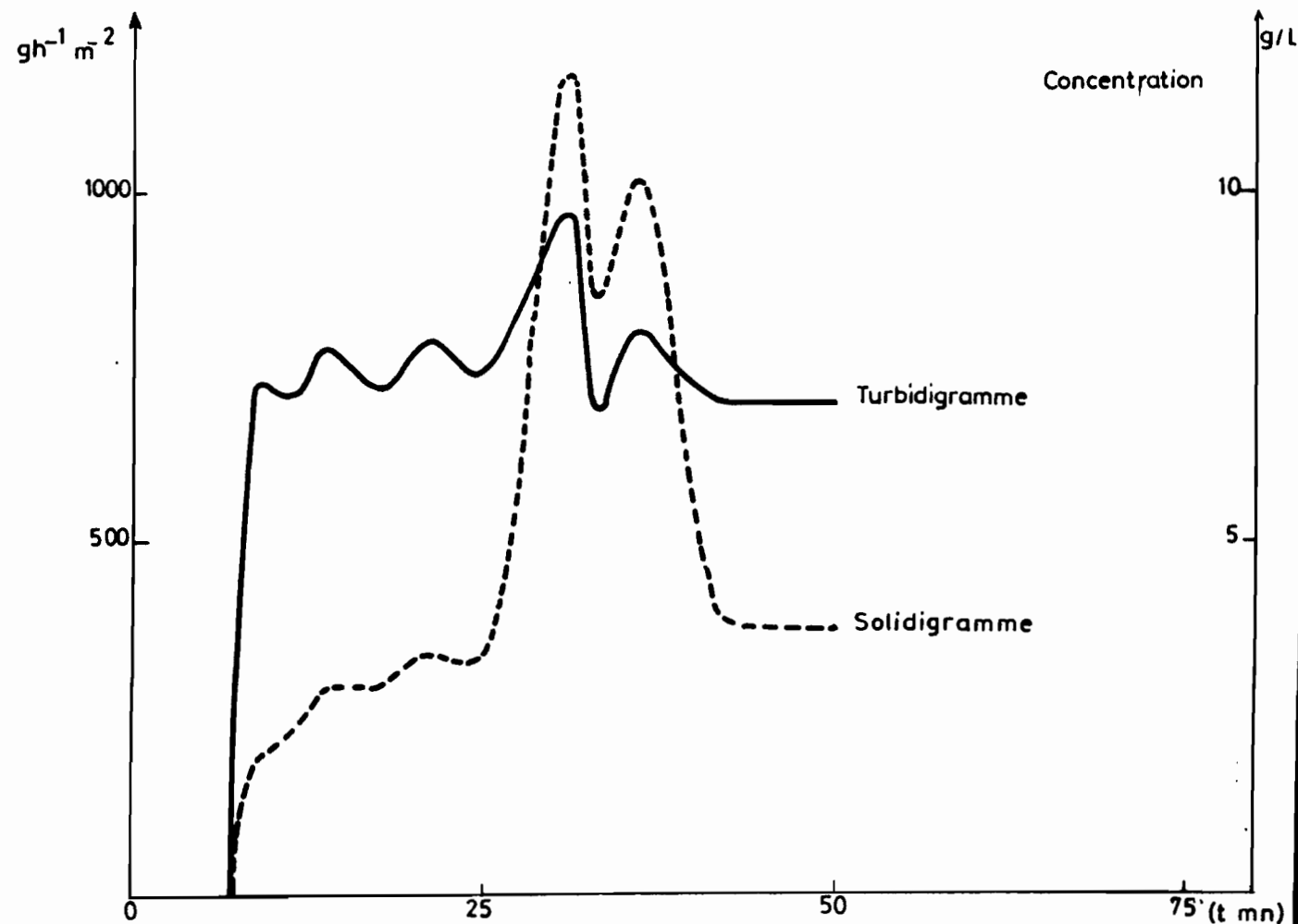
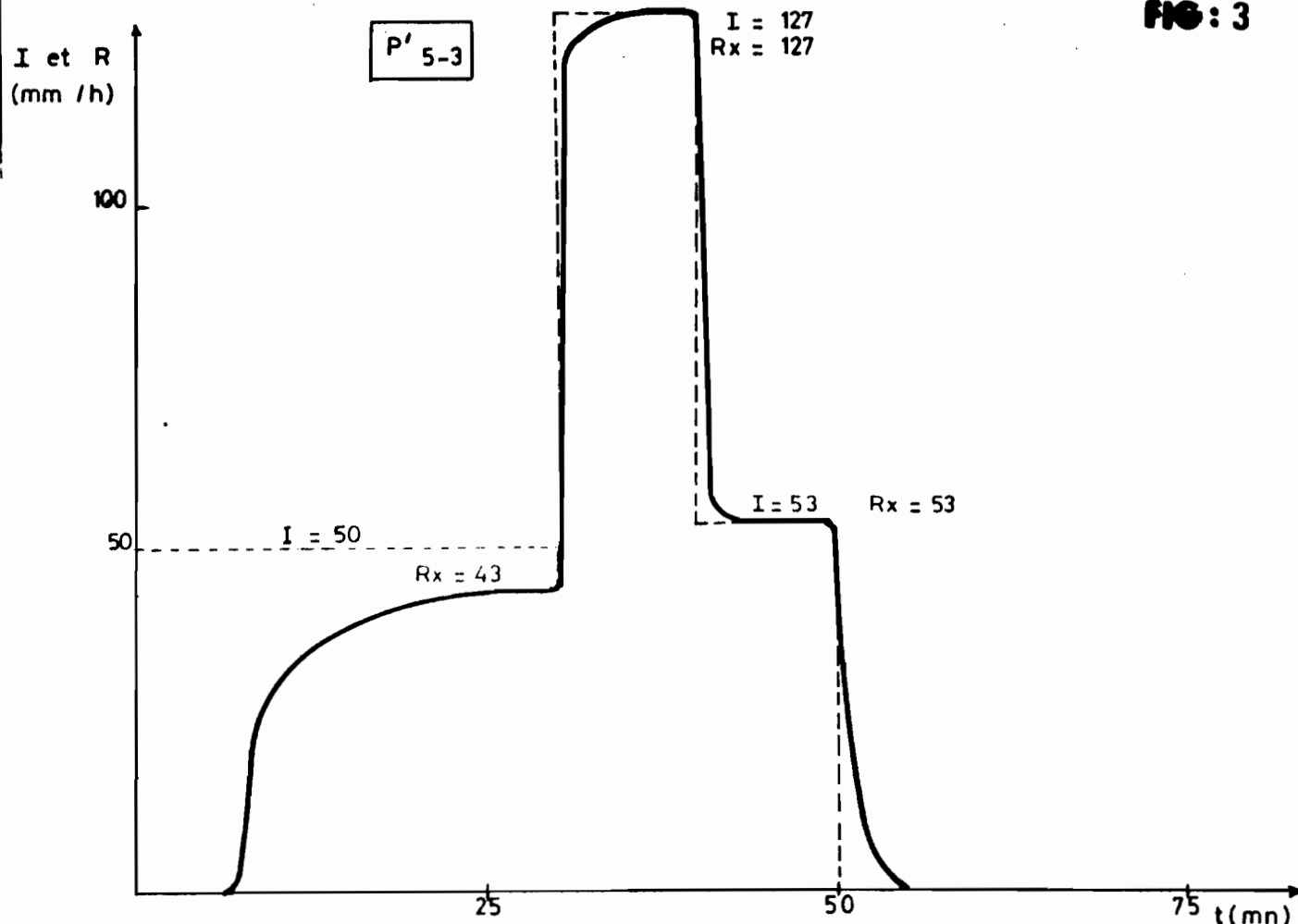
Solidigramme

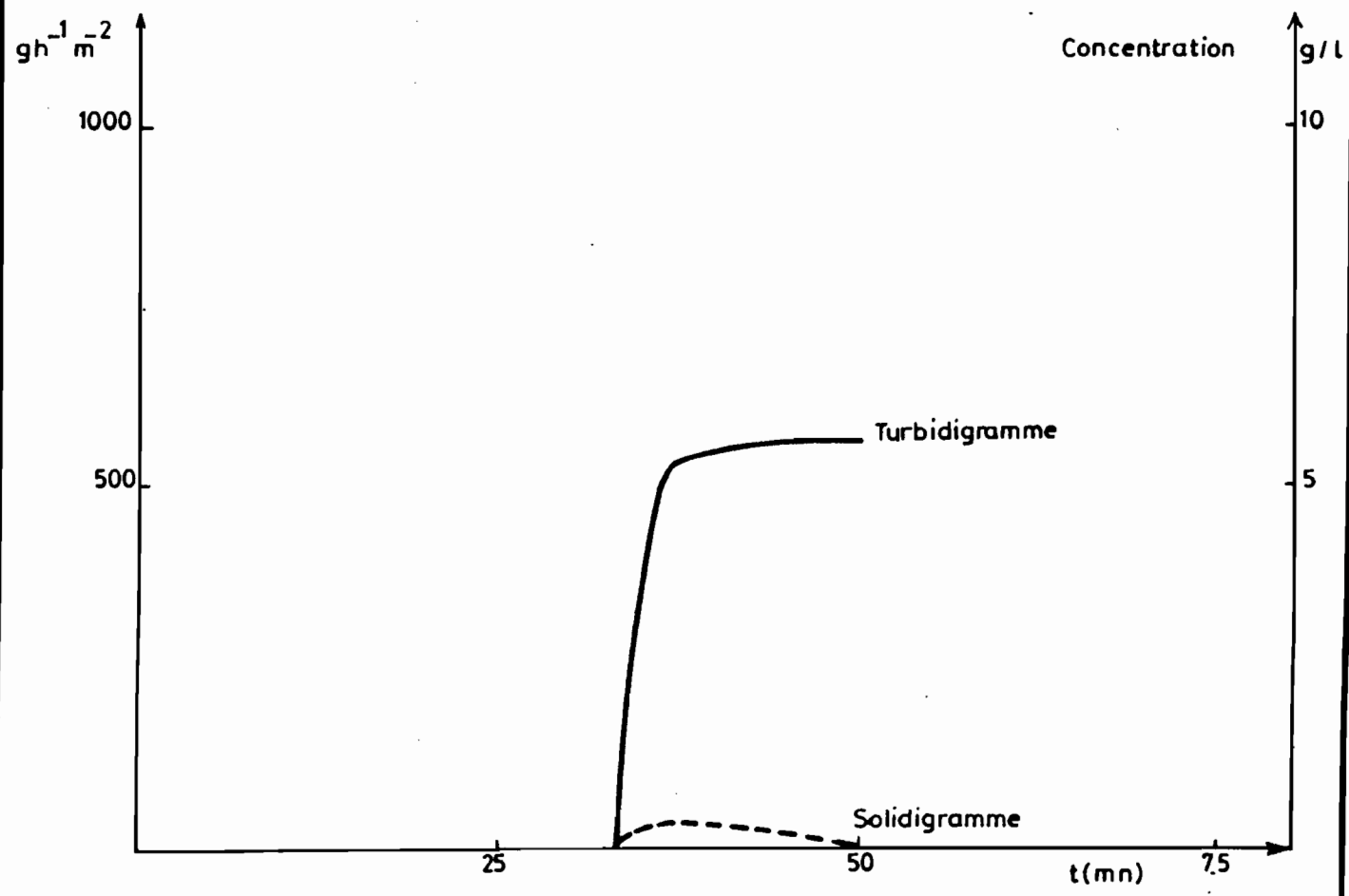
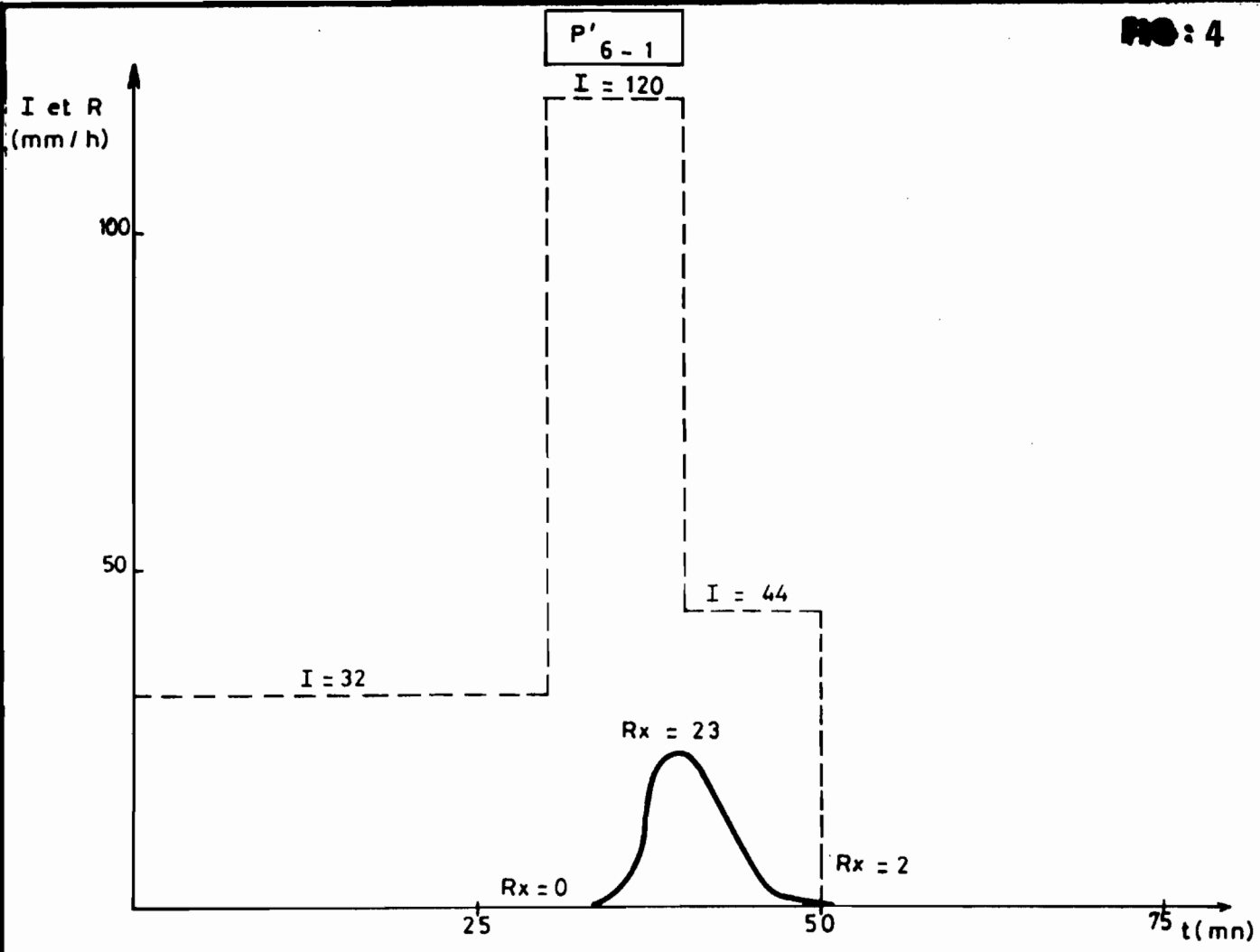


INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
- POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

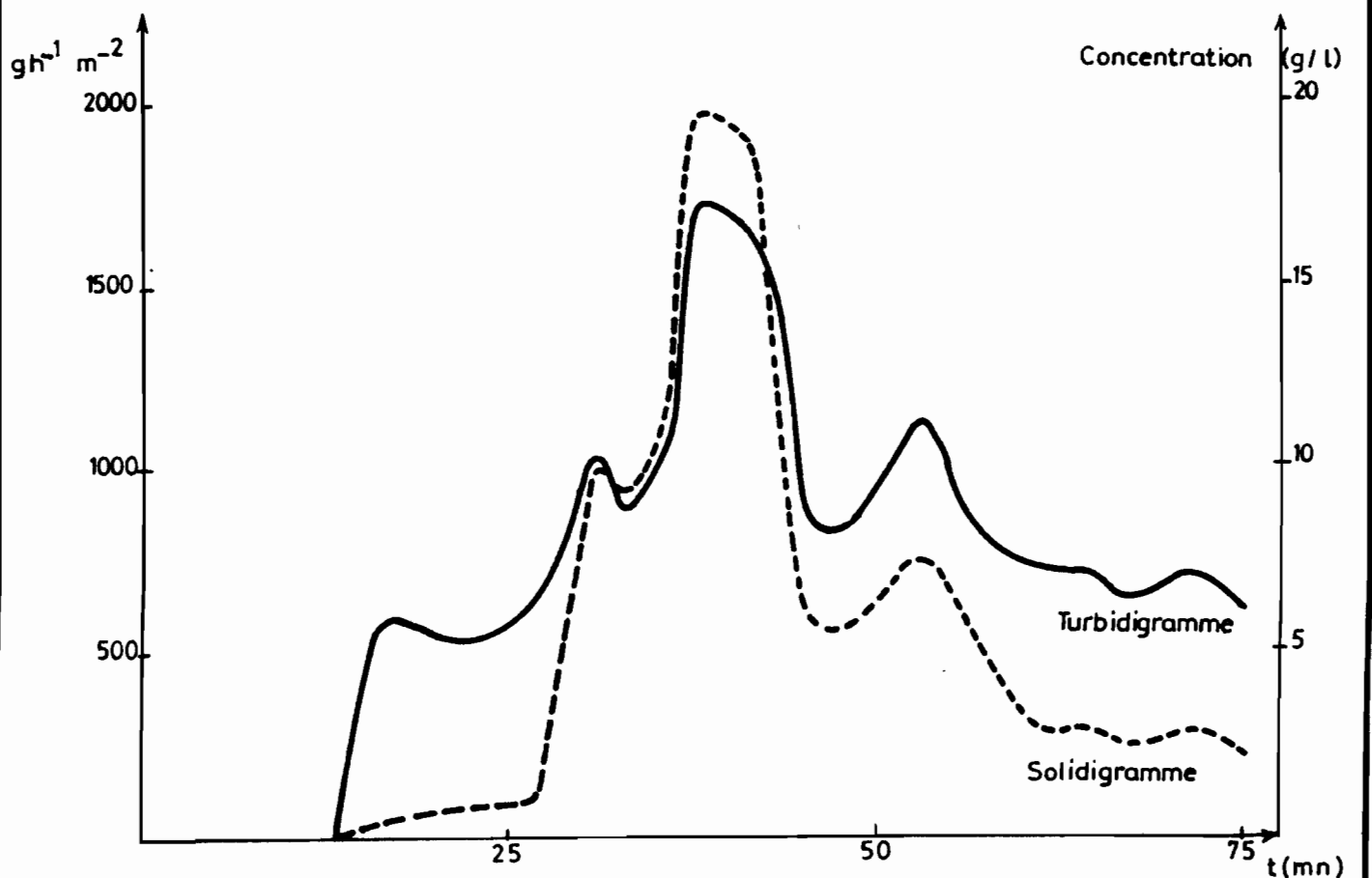
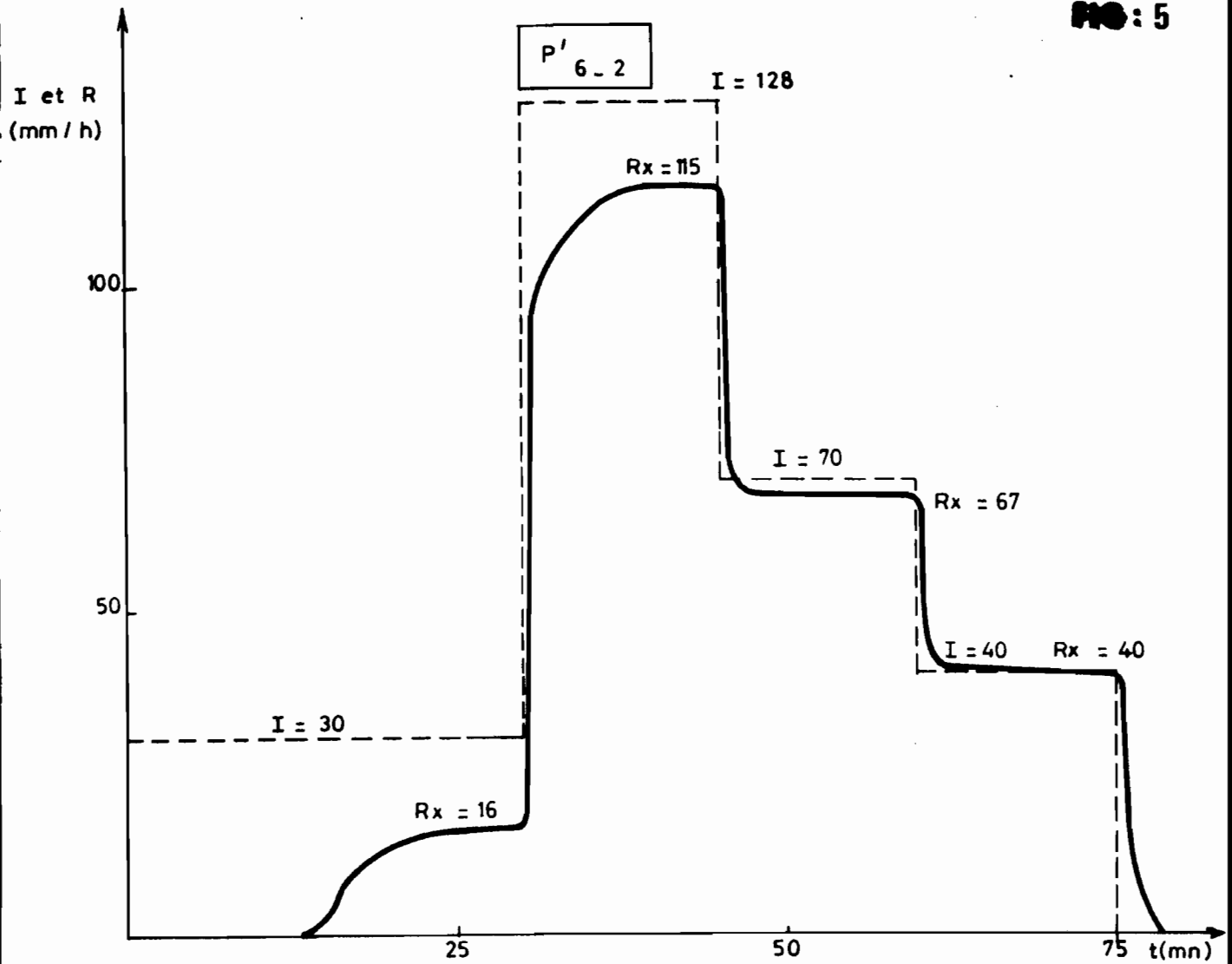
Mission au Niger

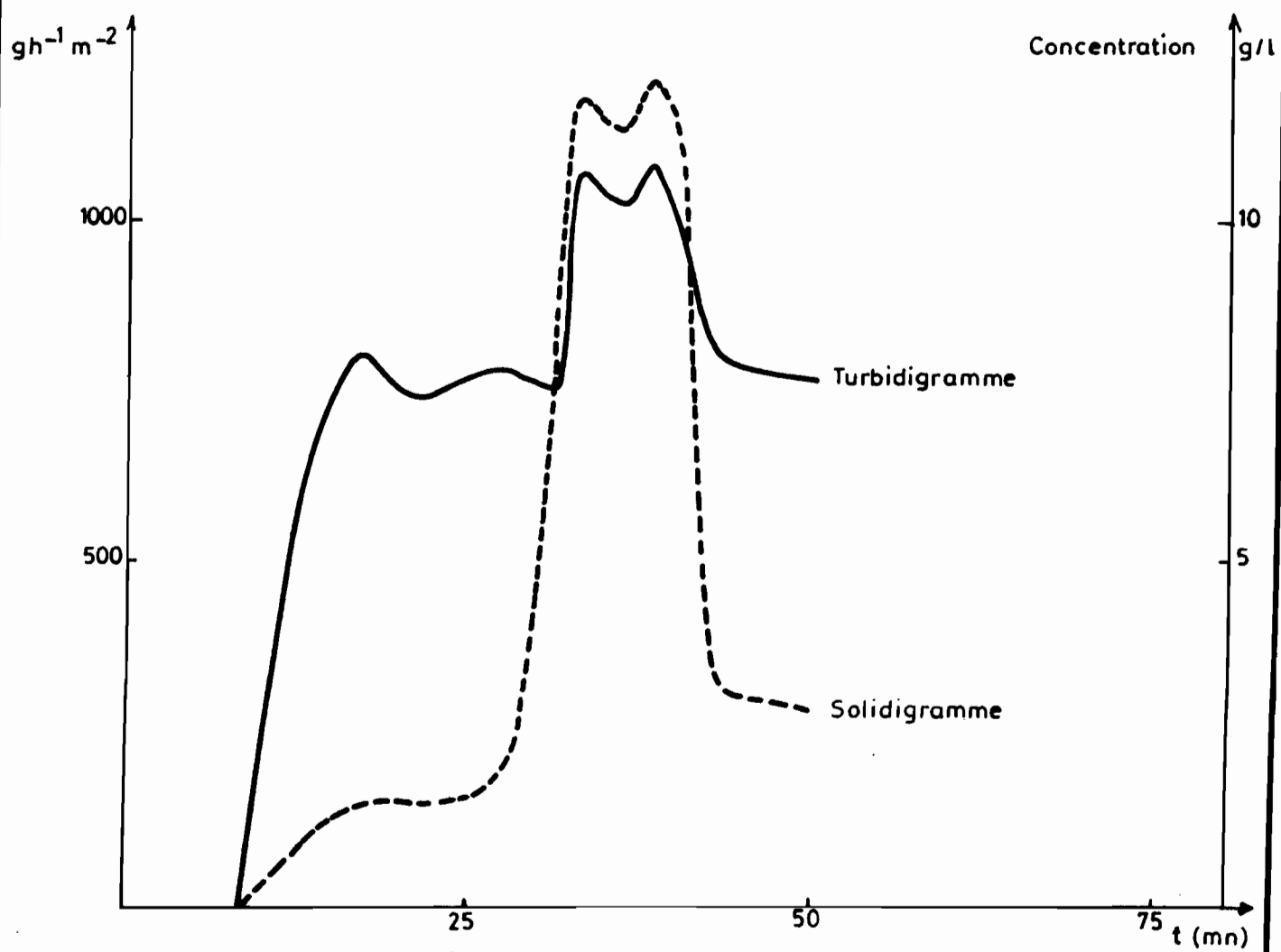
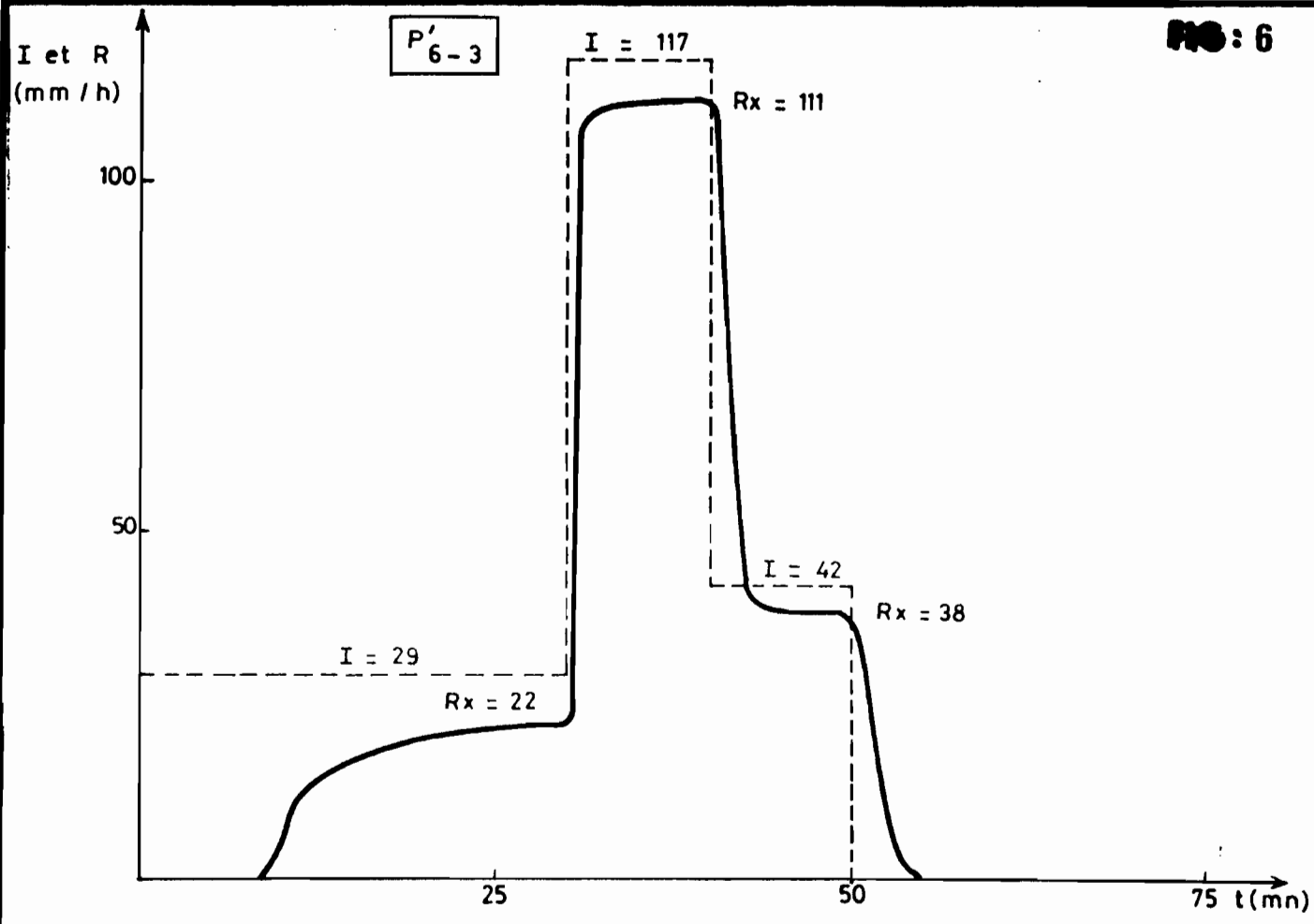
FIG: 3

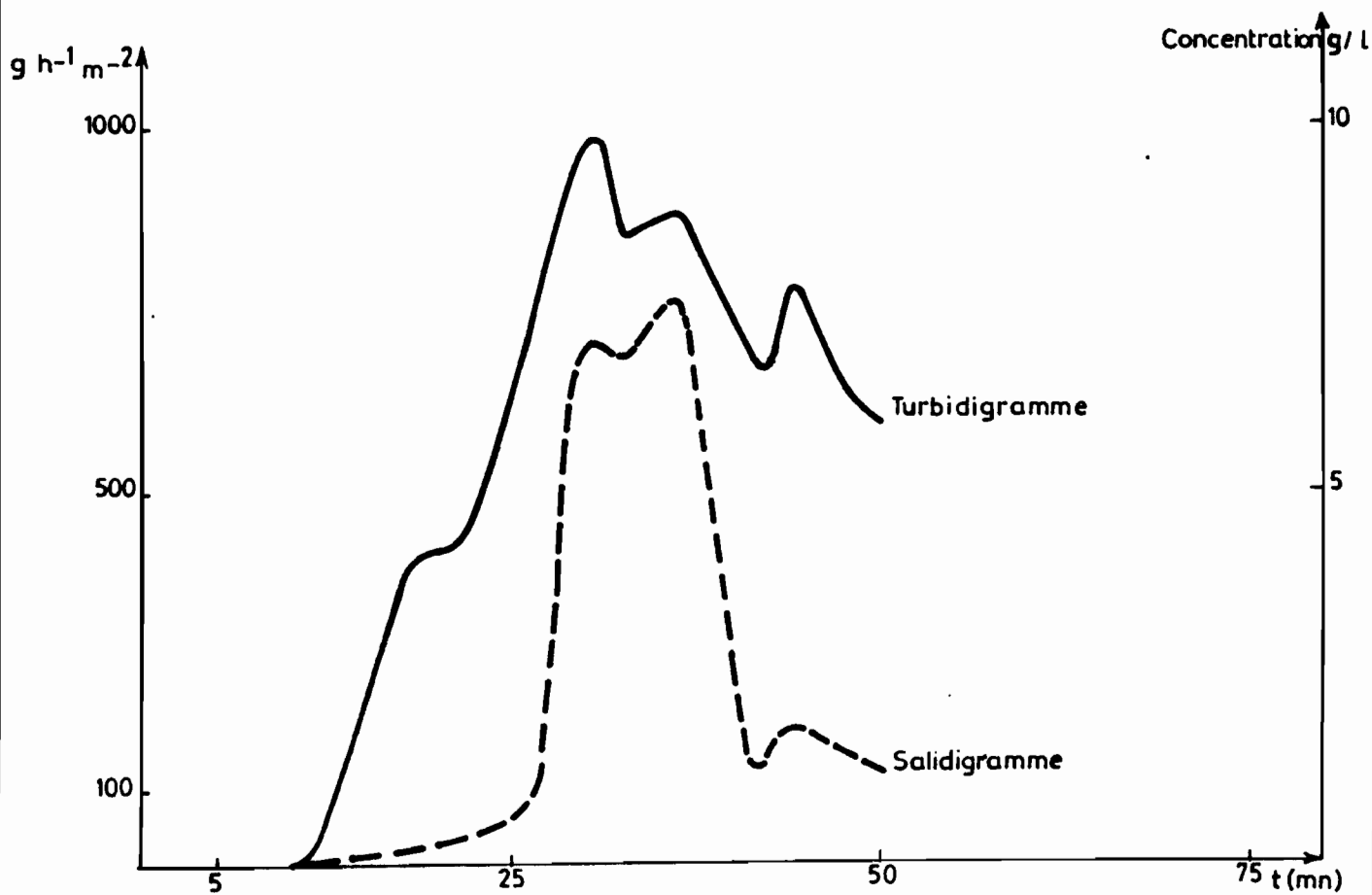
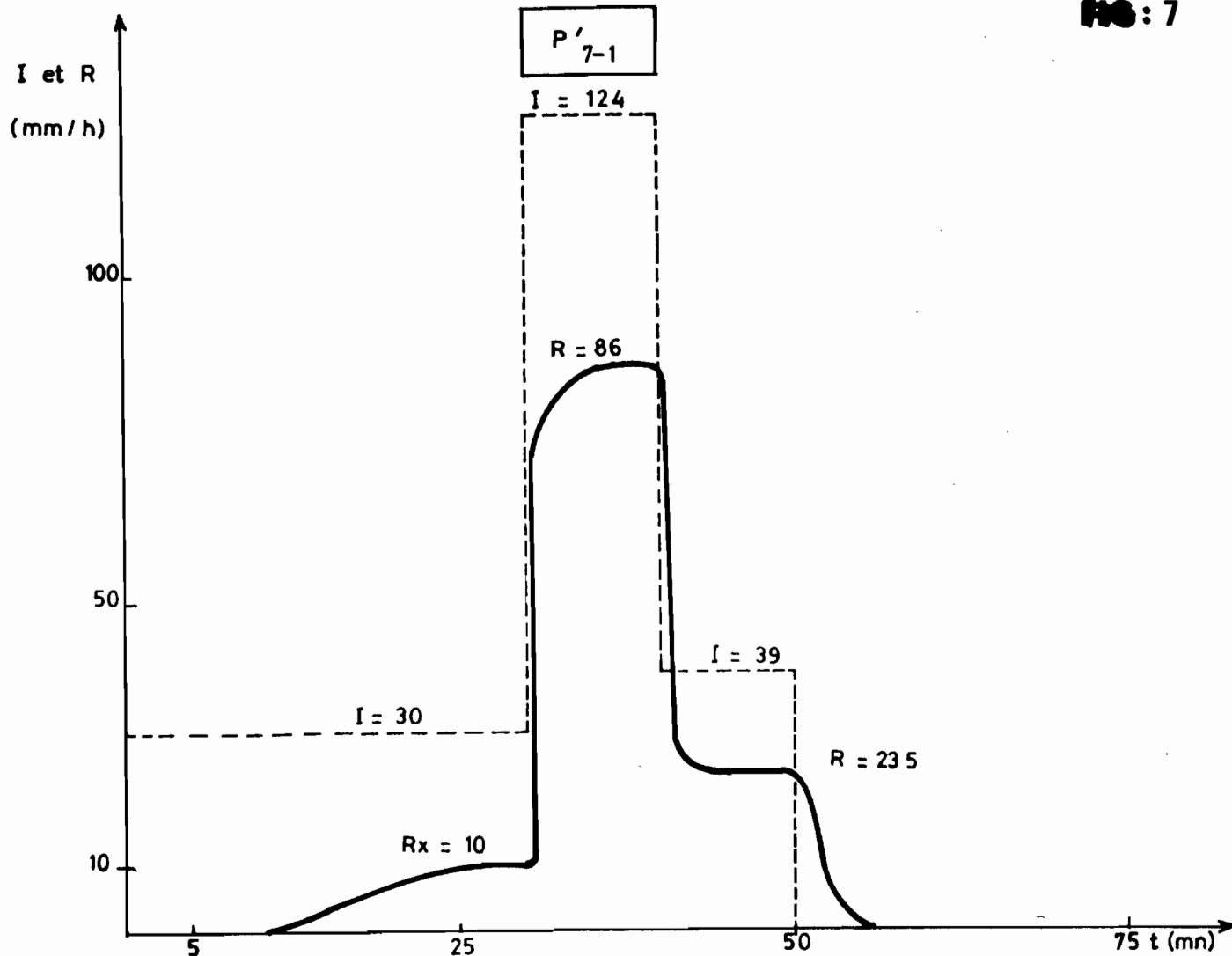






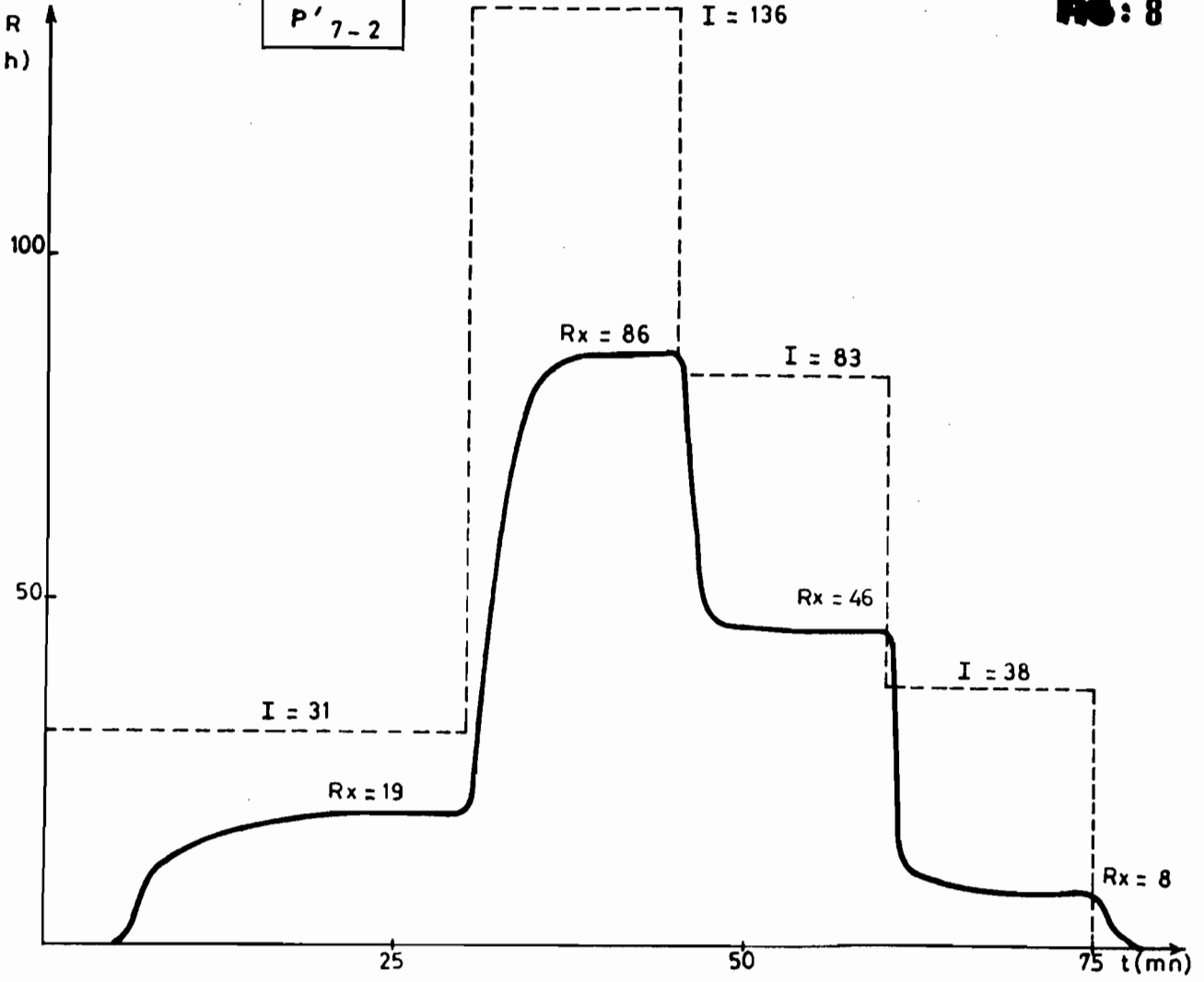






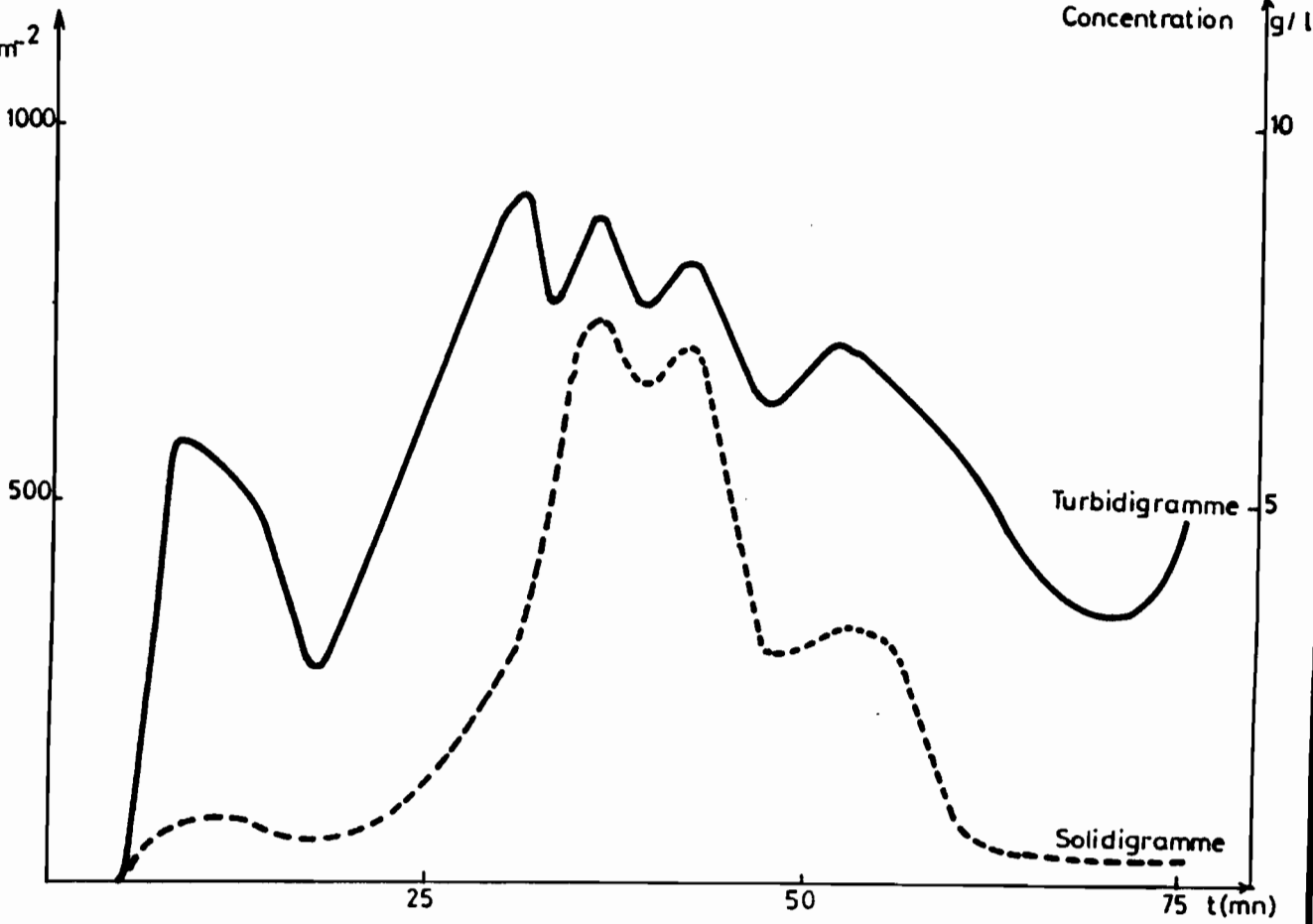
P' 7-2

I et R  
(mm / h)



g h<sup>-1</sup> m<sup>2</sup>

Concentration g/l



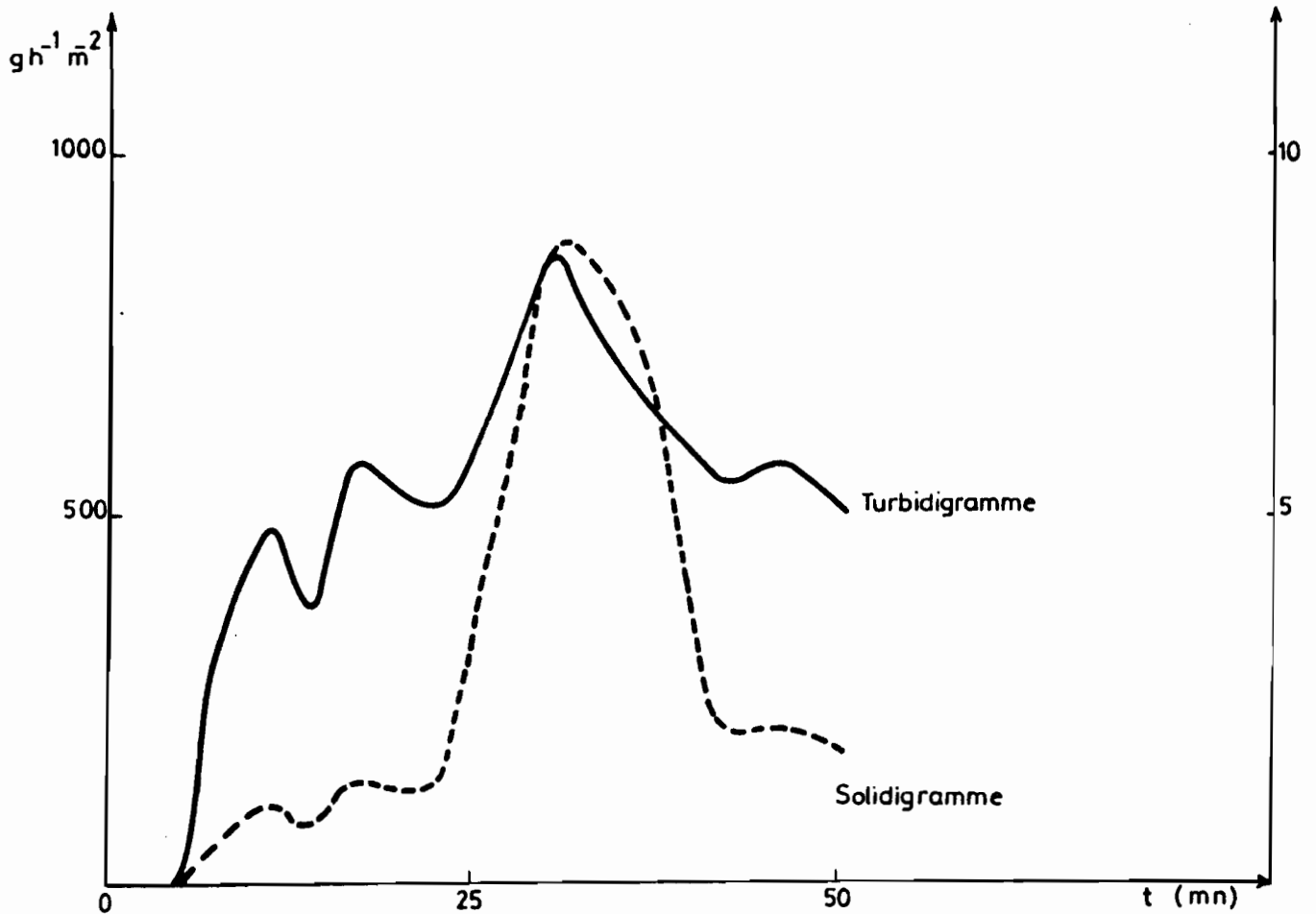
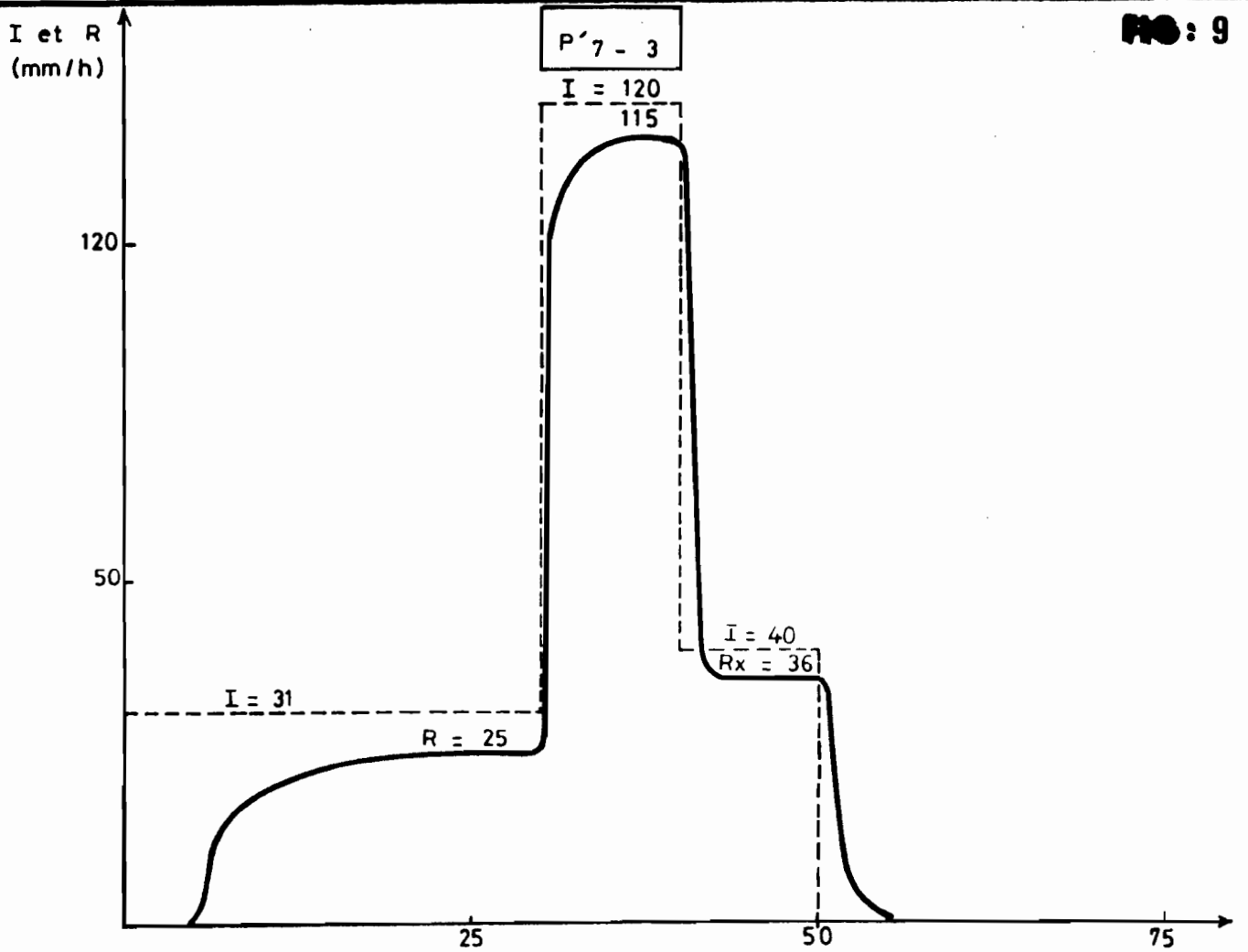


FIG: 10

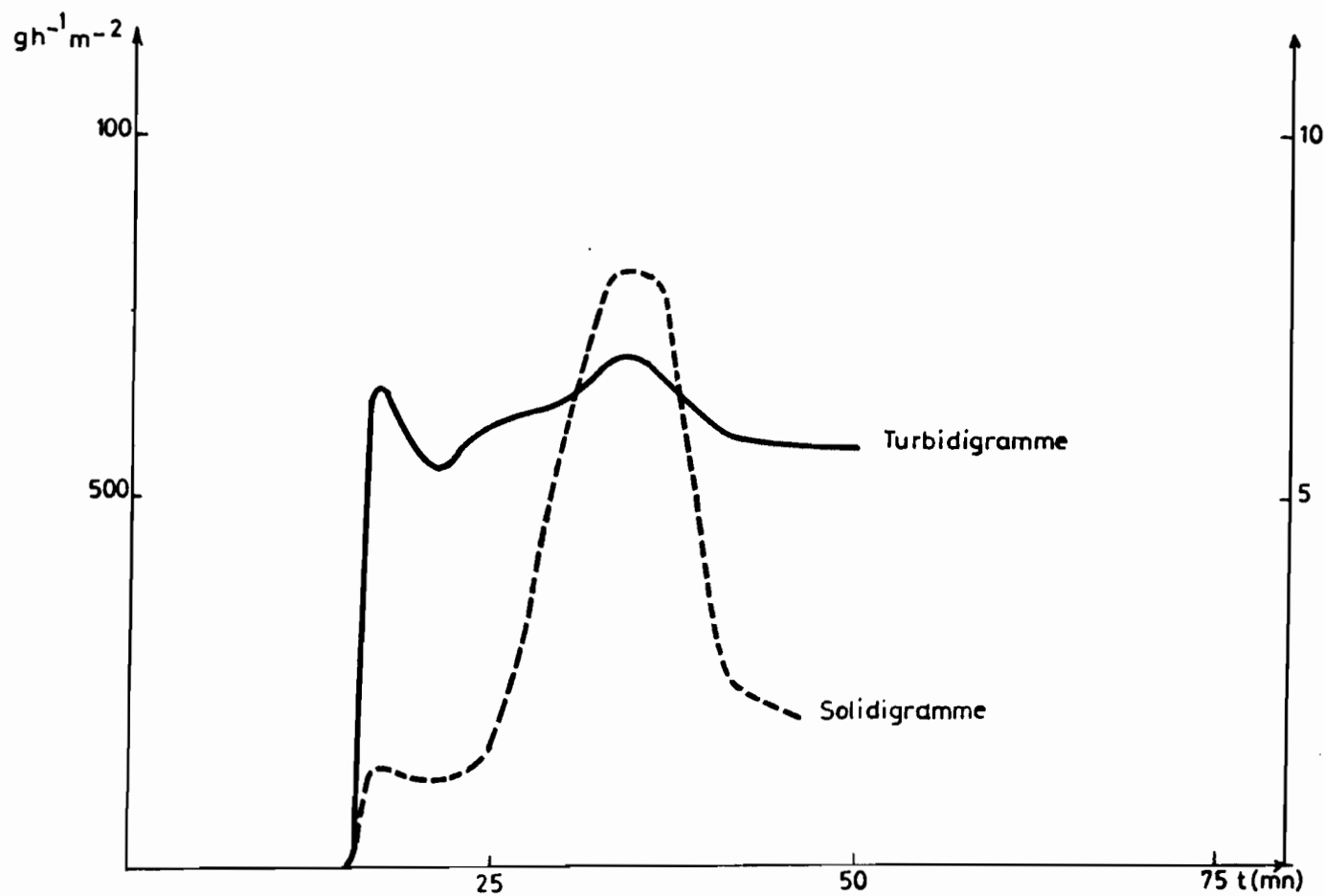
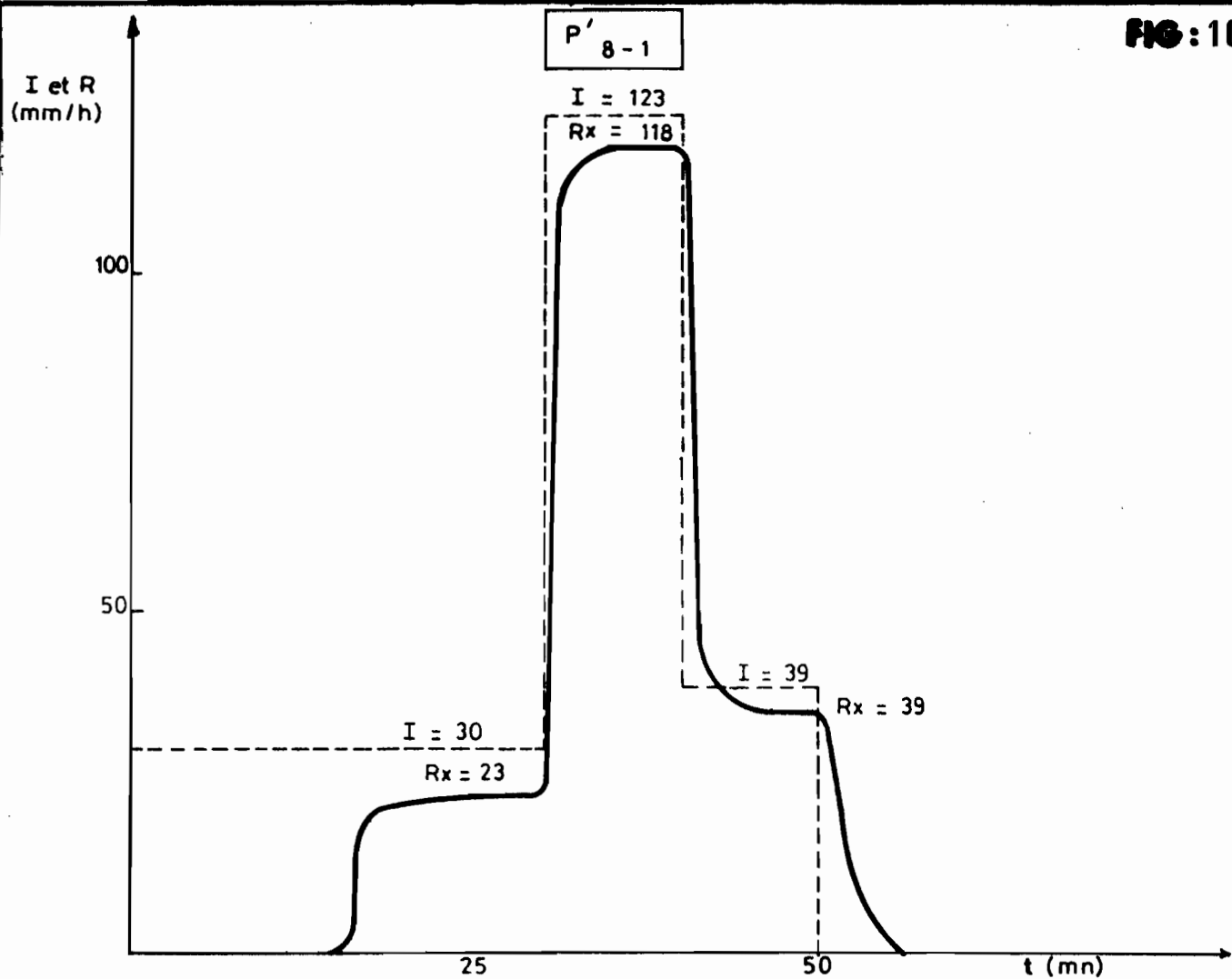


FIG: 11

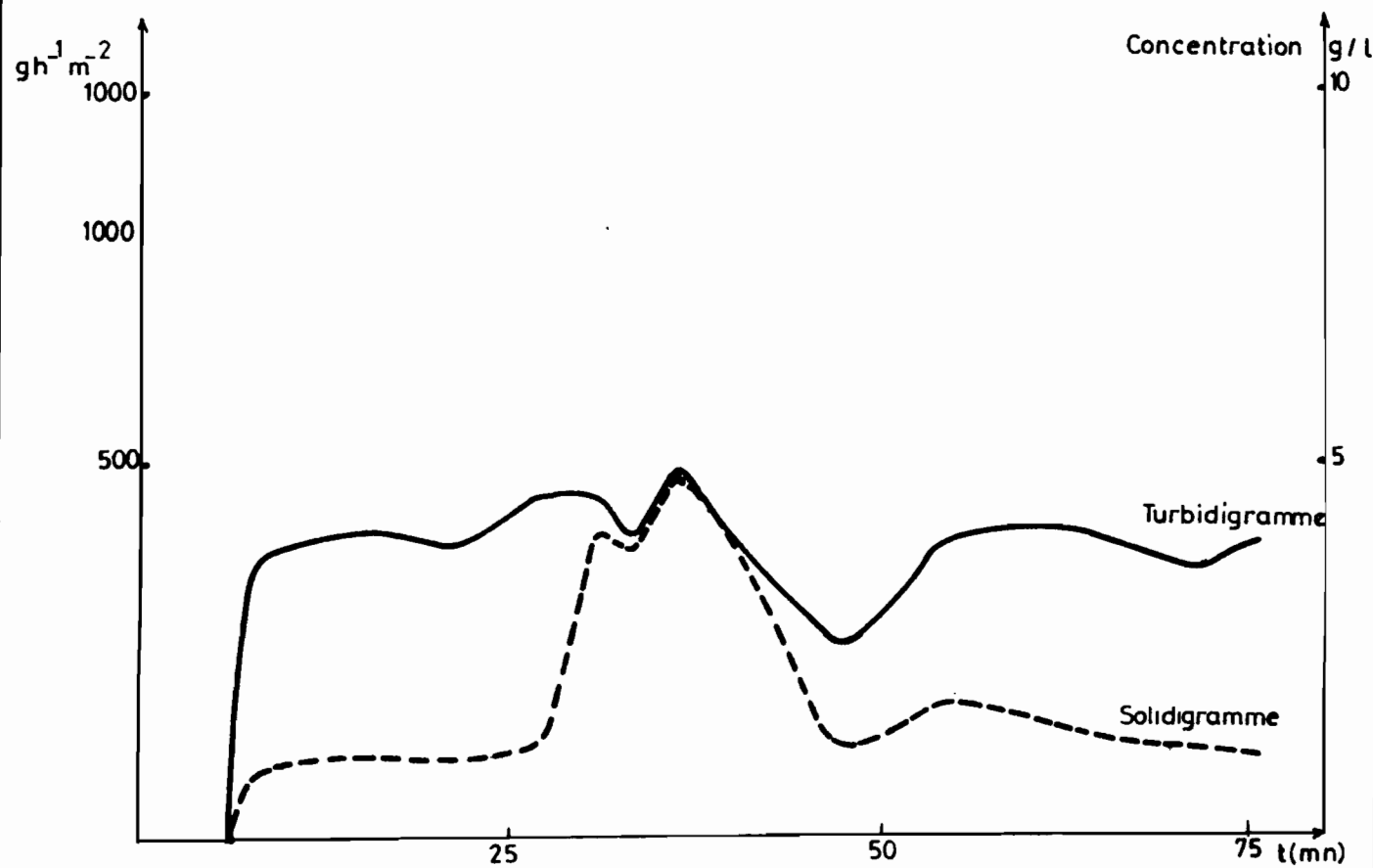
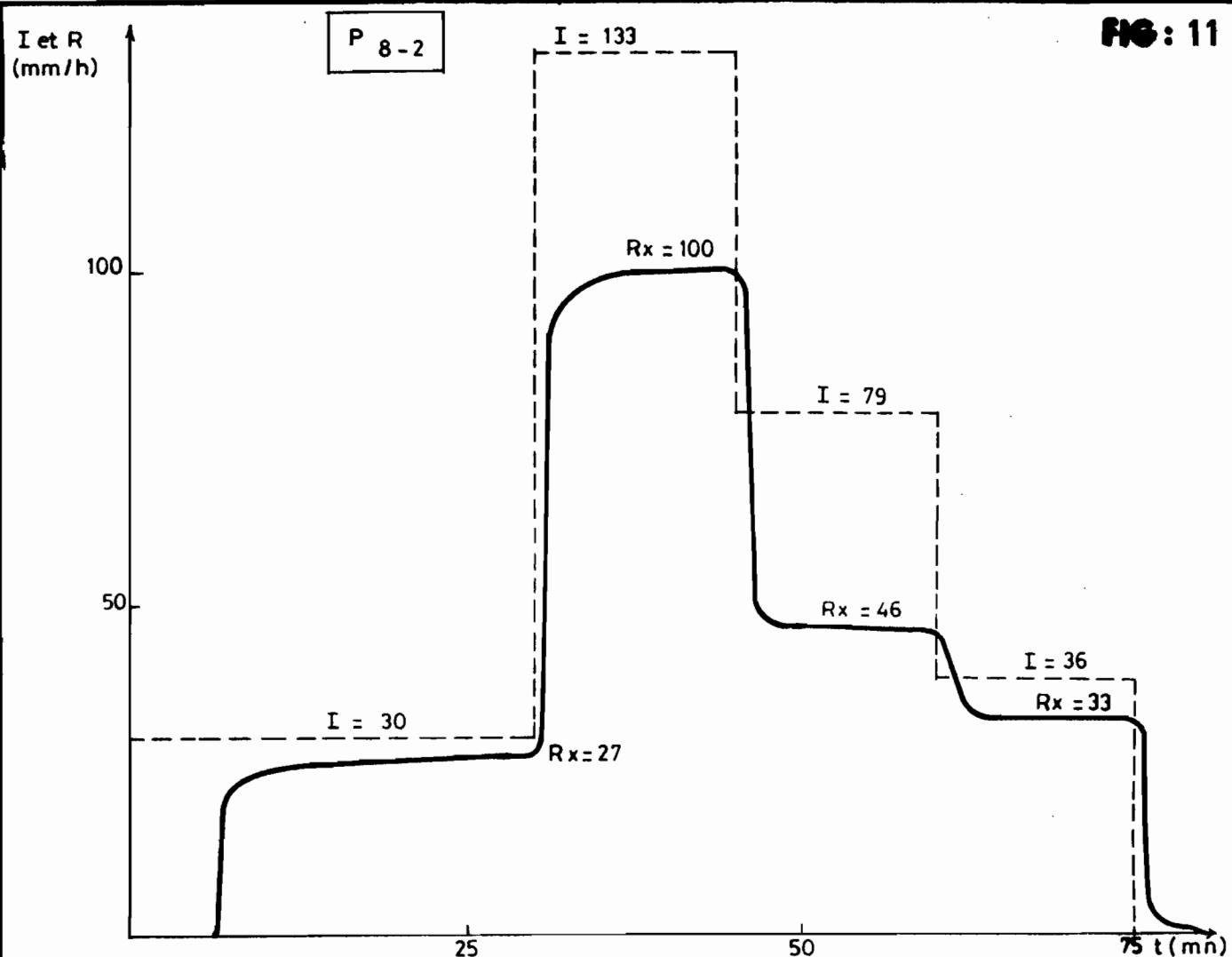
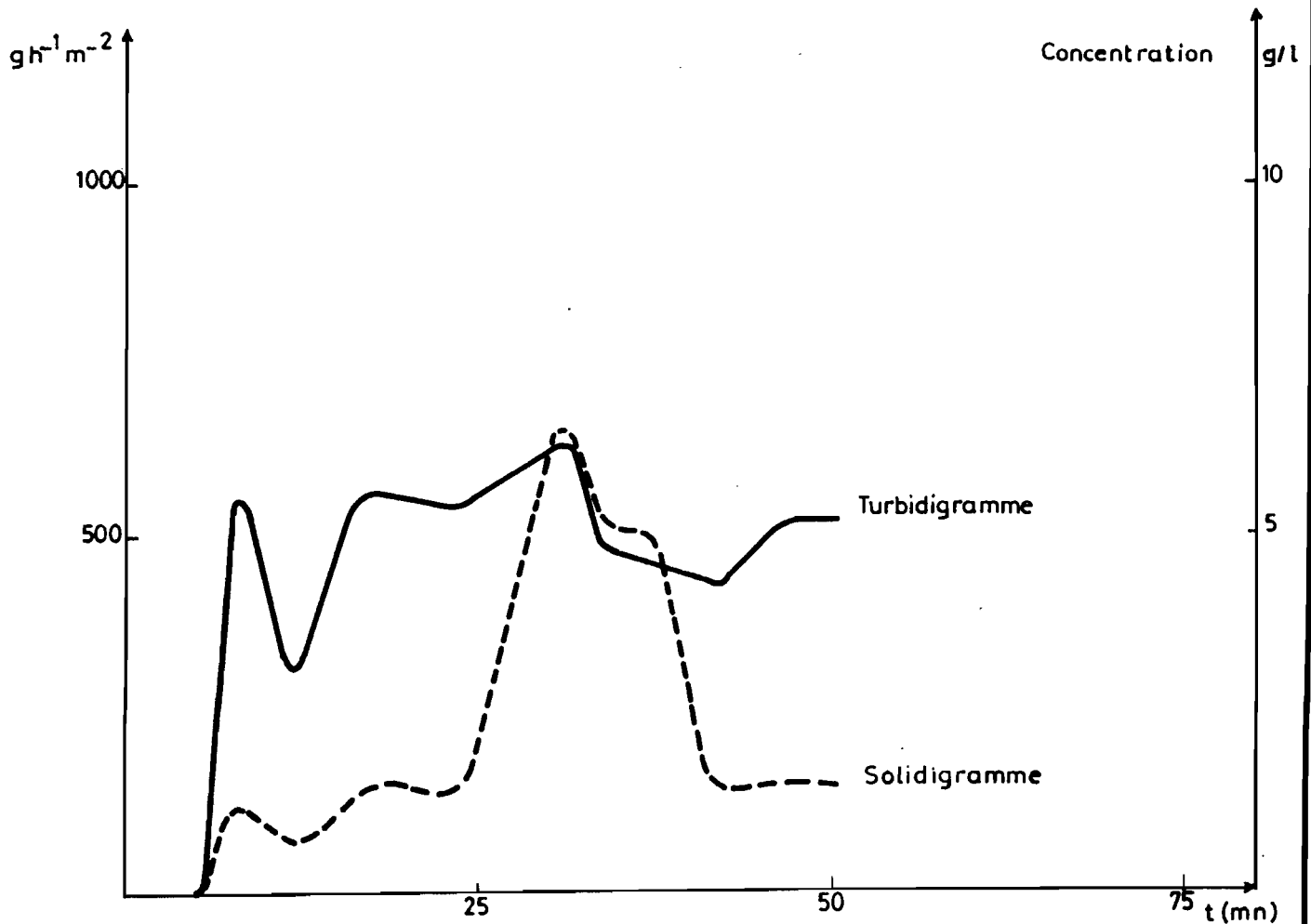
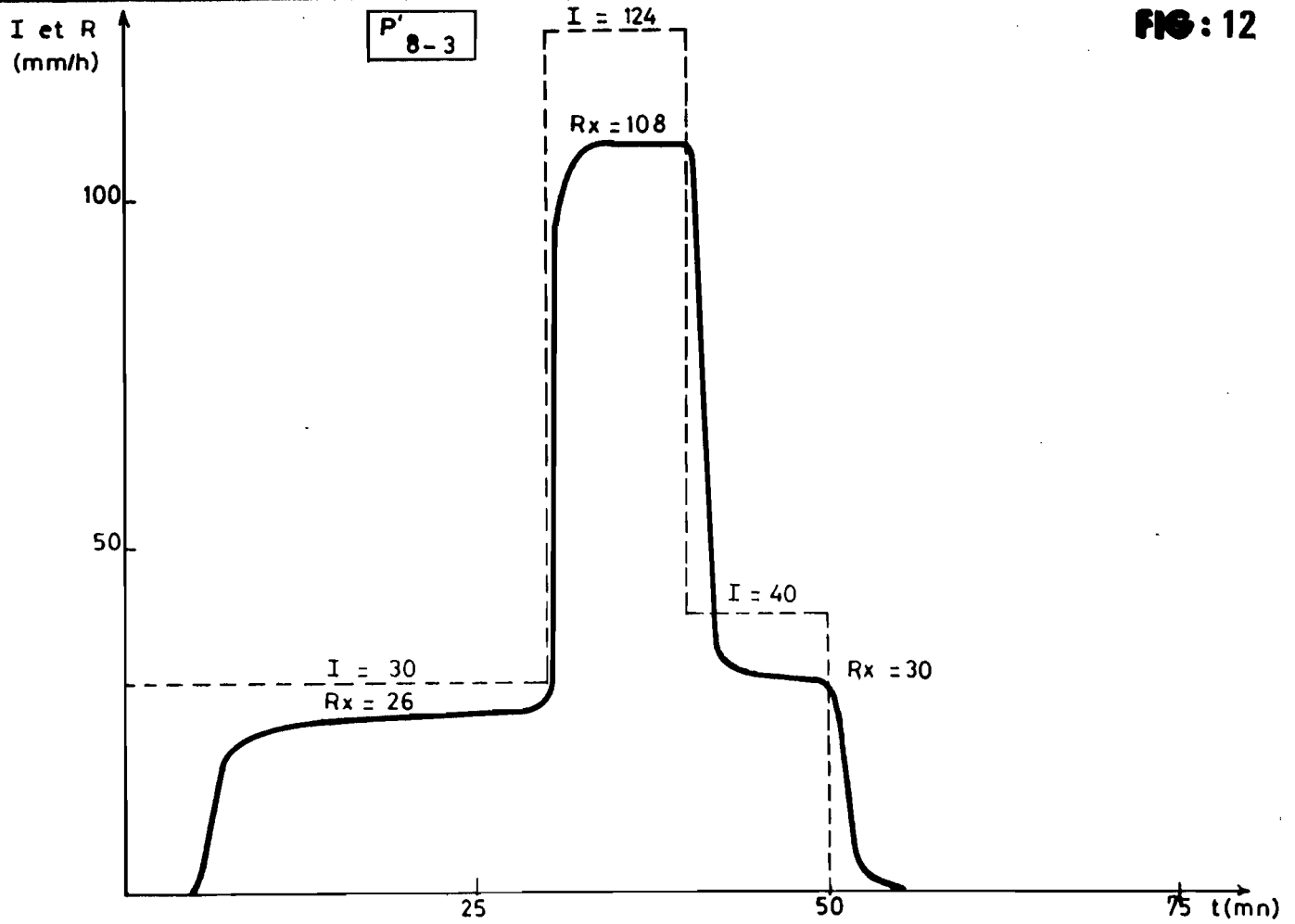
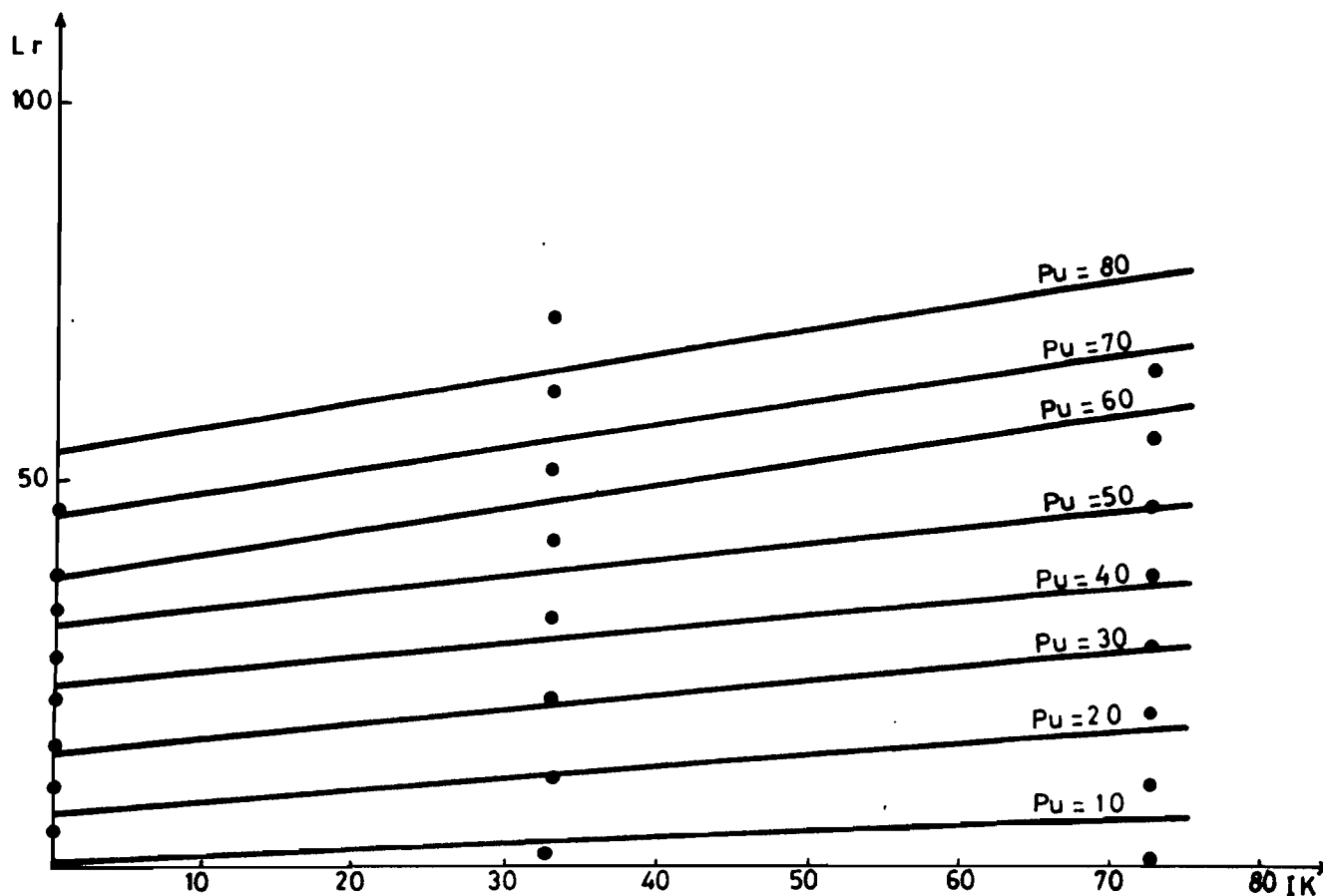


FIG: 12

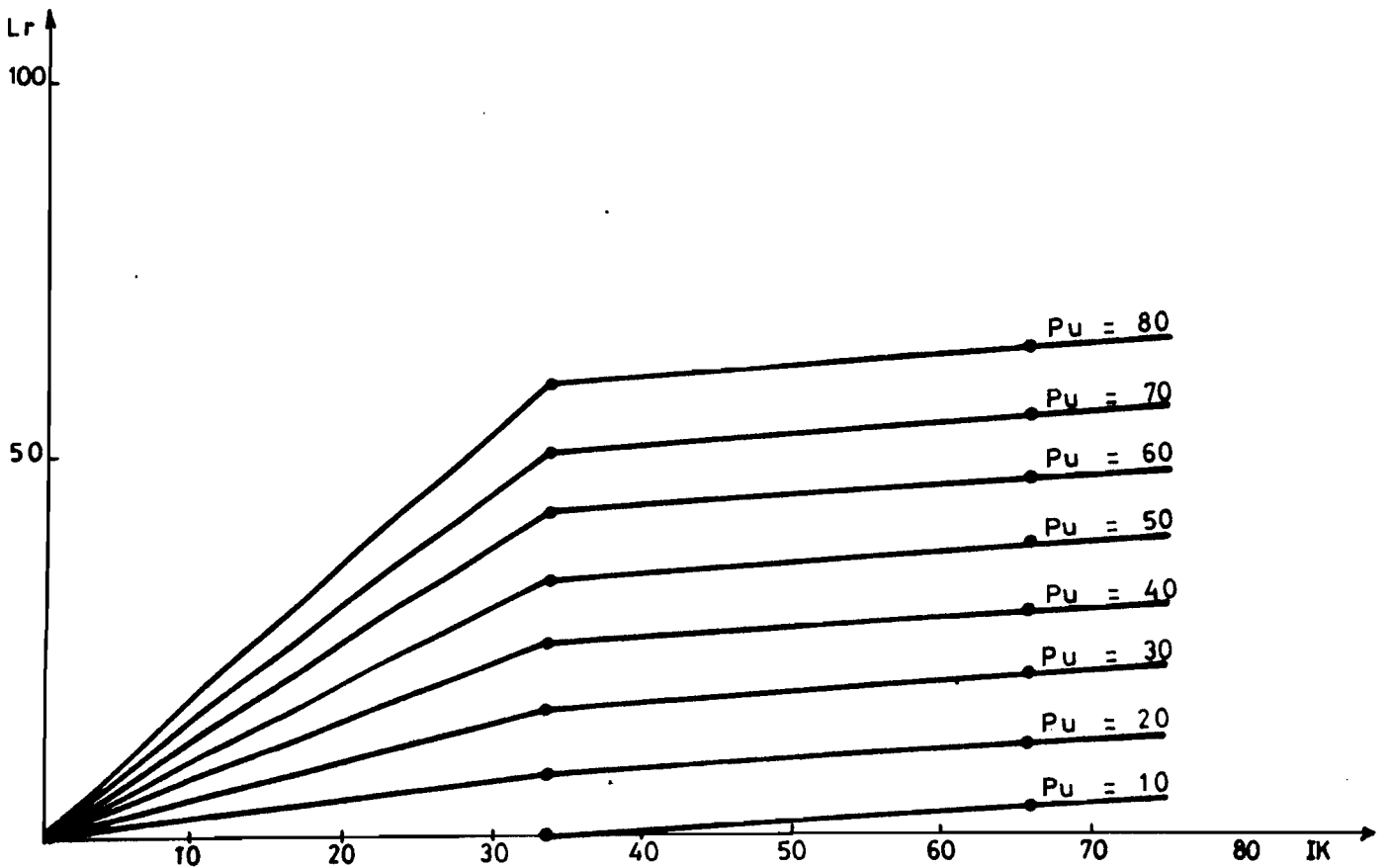




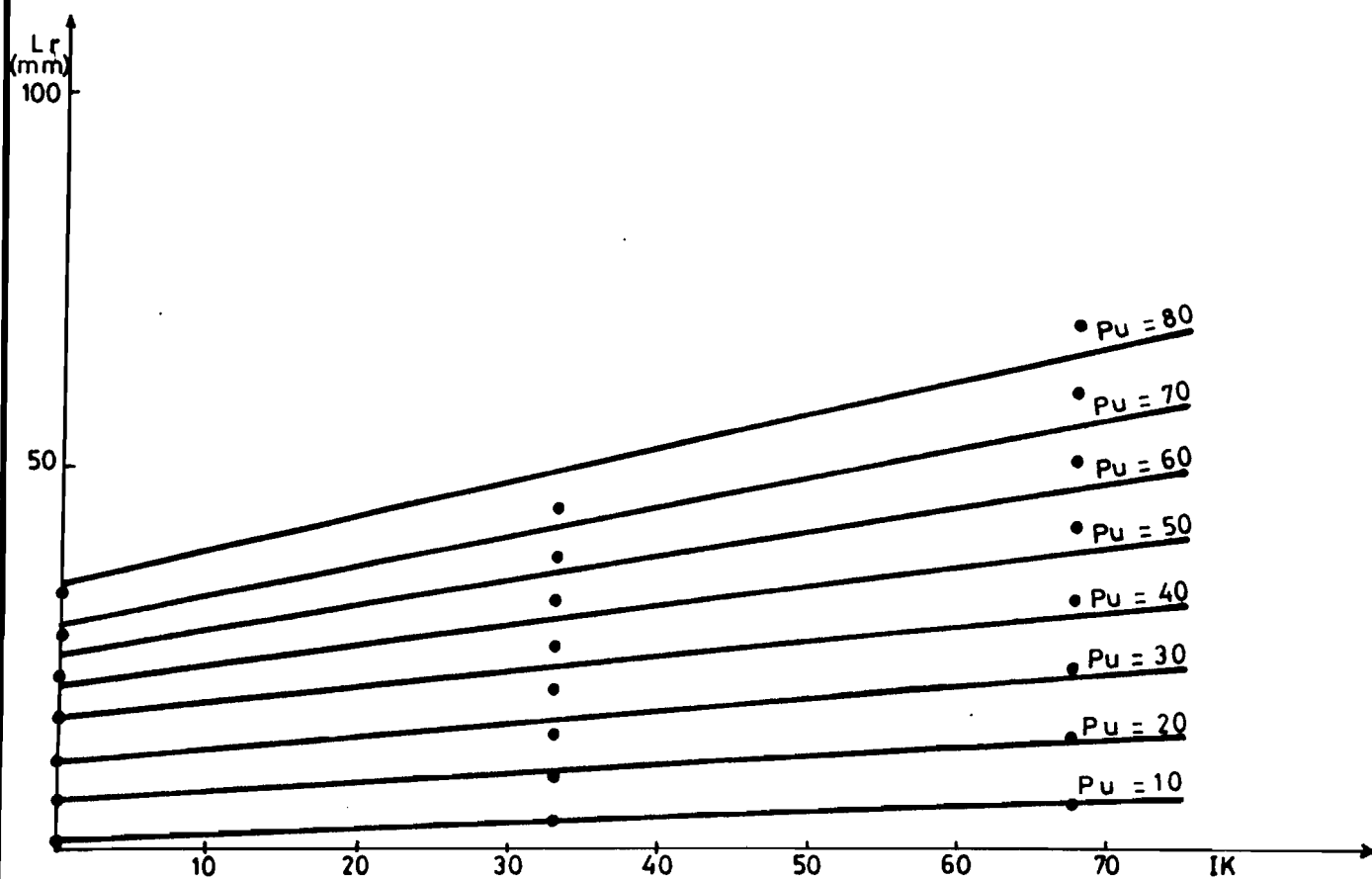
COURBES CARACTERISTIQUE  
P'5



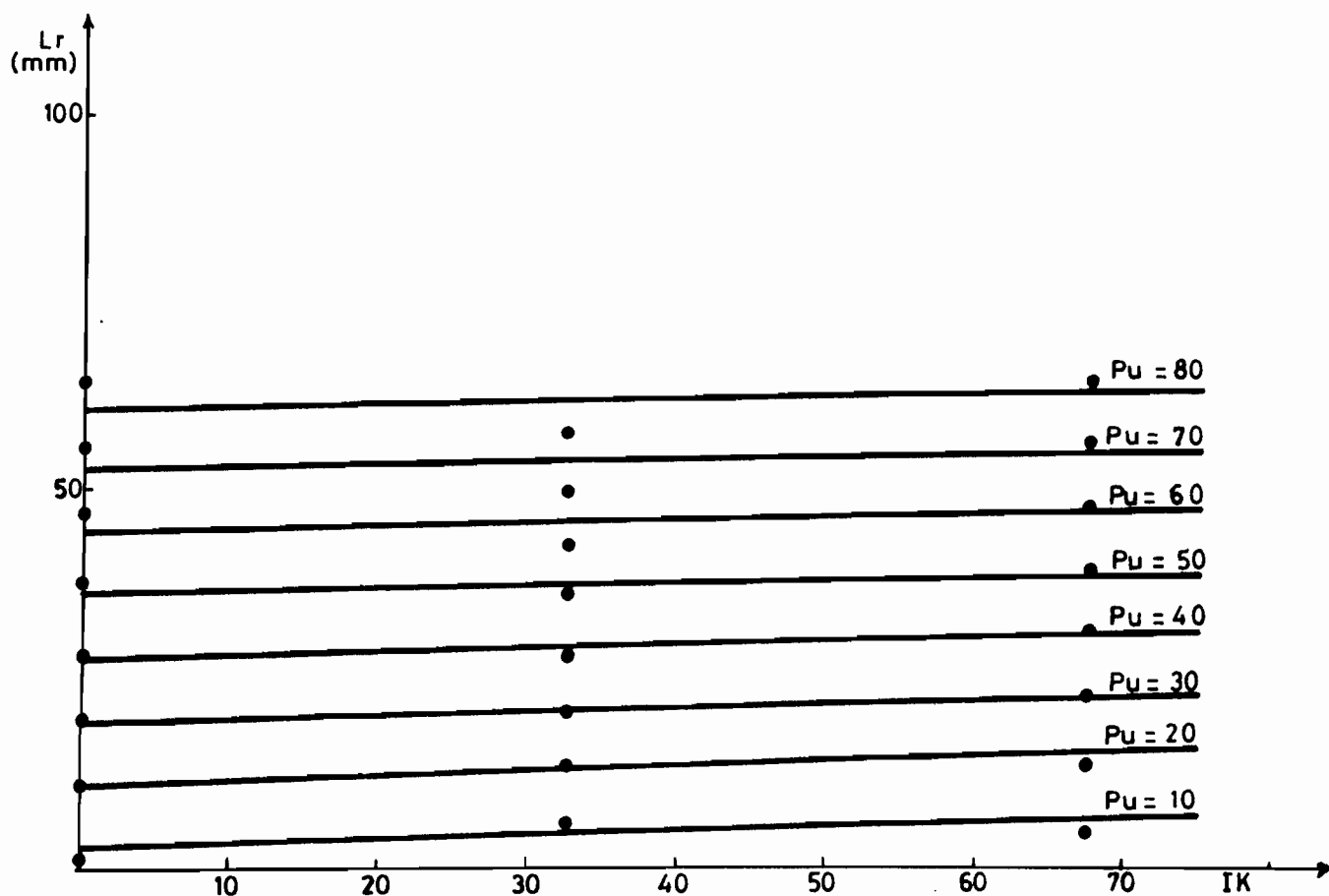
COURBES CARACTERISTIQUE  
P'6



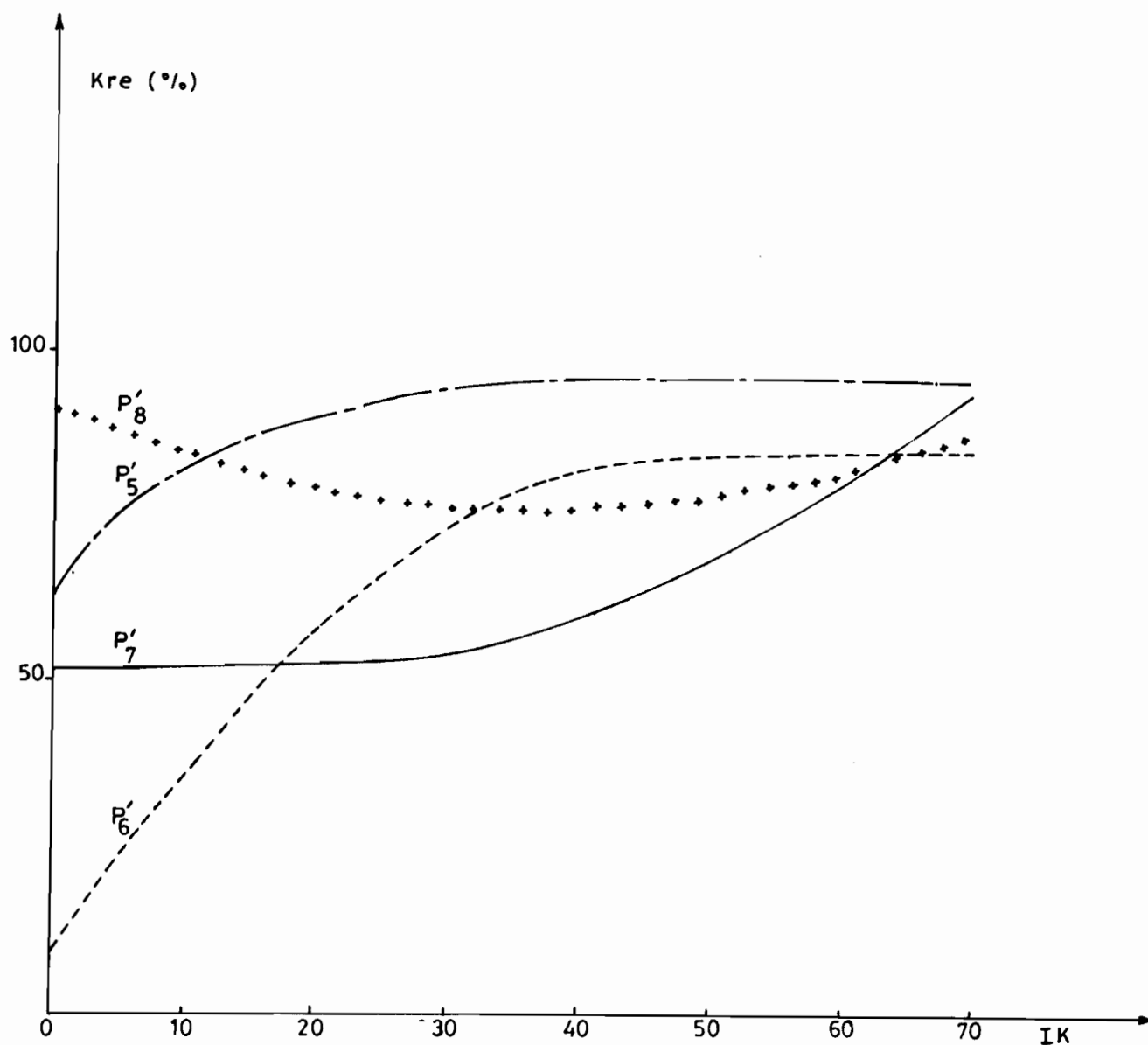
COURBES CARACTERISTIQUES  
P'7



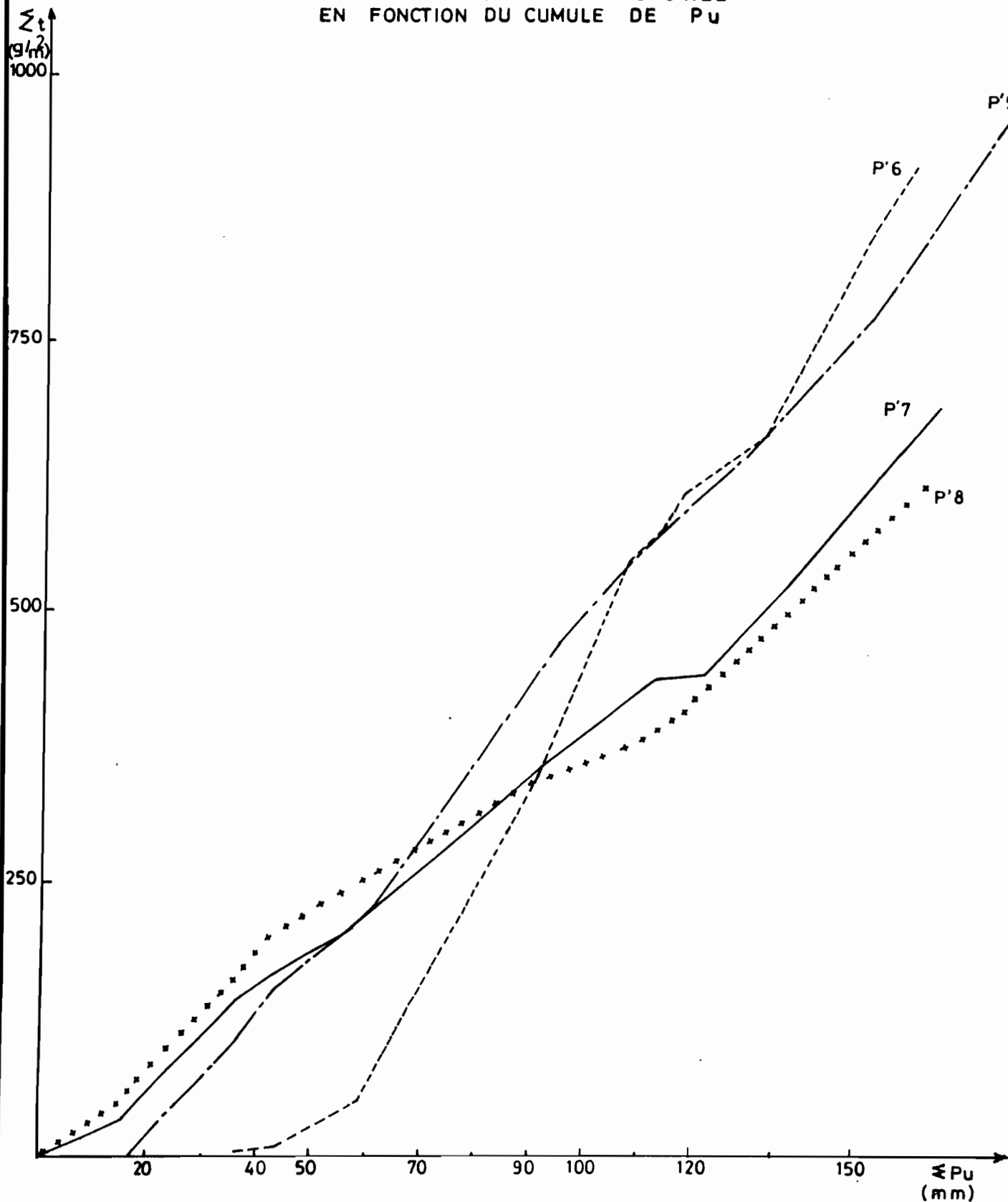
COURBES CARACTERISTIQUES  
P'8



VARIATION DU COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT  
EFFICACE EN FONCTION DE L'INDICE D'HUMECTATION  
DU SOL



CUMULE DE LA QUANTITE TRANSPORTEE  
EN FONCTION DU CUMULE DE P<sub>u</sub>



Cinquième Partie

NOTE SUR LA DETERMINATION PRATIQUE  
DE LA CAPACITE D'UNE MARE

NOTE SUR LA DETERMINATION PRATIQUE  
DE LA CAPACITE D'UNE MARE

I. OBJECTIF

Afin de permettre aux cultures de contre saison de donner leur plein potentiel les autorités nigériennes ont fait effectuer un recensement des mares du pays dont elles se proposent de mesurer la capacité en vue d'une utilisation optimale. L'objectif est donc de déterminer une méthodologie aussi simple que possible qui puisse être mise en oeuvre par des équipes de terrain.

II. METHODOLOGIE ; DOMAINE DE VALIDITE

Le principe de la méthode est l'établissement de courbes isobathes à partir d'un certain nombre de mesures topographiques ou bathymétriques permettant d'effectuer une intégration graphique des surfaces délimitées par chacune des courbes l'une par rapport à l'autre. (voir fig. en annexe)

$$V = \int_0^P A.dp$$

V = volume de la mare

P = Prof. totale de la mare

A = aires successives délimitées par les isobathes  
(pour des variations infinitésimales de la profondeur)

0 = Surface de la mare

Ce principe général est valable pour tout type de mare ; c'est au niveau du relevé des points d'altitude topographiques ou bathymétriques que les disparités apparaissent suivant les types de réservoirs :

◊ Premier type de différenciation dans la méthode de mesure des points d'altitudes variées.

- . Si la mare est pérenne, l'emploi du bateau est indispensable, on emploiera :
  - l'écho sondeur, ou le contacteur électrique type pied de saumon pour déterminer la cote des points immergés
  - le niveau et la mire pour tous les points situés entre la surface de l'eau et la limite des PNE.



- . Si la mare est asséchée on pratiquera par méthode topographique seulement (niveau et mire)

◊ deuxième type de différenciation dans la méthode de mesure lié à la taille et à la forme de la mare :

- . Si la mare est petite, sa forme sera généralement compacte et ses contours simples. Les mesures topographiques ou bathymétriques pourront s'effectuer par rayonnement à partir d'une position unique du niveau judicieusement placé : fig. 1

Ce dernier devra se situer approximativement sur la médiatrice du grand axe de la mare à une distance de ce dernier comprise entre le grand axe et le petit axe de la mare, de manière à obtenir pour chaque visée rayonnante une bonne répartition des points garantissant à la fois une définition satisfaisante du contour et une bonne représentativité des points d'altitude.

- . Si la mare est grande, le coefficient de compacité risque de diminuer et les contours de se compliquer.

- la méthode par rayonnement peut encore s'appliquer mais à partir de X positions du niveau disposées sur l'une des berges suivant le grand axe de la mare. (fig. 2)

R): Suivant la taille et la profondeur de la mare, la mesure des distances s'effectuera soit au décamètre, soit au topofil, soit au niveau, soit au télémètre. De la compacité de la mare et de la régularité du contour dépend l'importance du nombre de points de mesures à réaliser sur le pourtour, de la régularité des profils déterminés dépend aussi le nombre de points à mesurer : les contrepentes, les berges, nécessiteront plus de points que le reste du profil.

- Autre méthode possible; celle des transversales installées plus ou moins perpendiculairement au grand axe de la mare. (fig. 3)

Cette méthode a pour intérêt de ne pas faire intervenir de secteurs angulaires, mais elle oblige à matérialiser chacune des sections : installations répétées de balises pour le cercle ; déplacement du treuil, si la section est matérialisée par un câble.

R): Dans tous les cas, si la mare est grande il sera nécessaire de disposer d'un piquetage topo du pourtour de la mare, situé au dessus des PHE et rattaché à un niveau de base.

### III. DEPOUILLEMENTS ; DETERMINATIONS DU VOLUME DE LA MARE ET ETABLISSEMENT DE LA RELATION HAUTEUR-VOLUME

Chronologie des opérations :

- Tracé du pourtour de la mare, à partir des PHF, sur un papier millimétré.
- Calcul et report de chacun des points côté par rapport aux PHE.
- Tracé des isobathes par interpolation ; l'amplitude de ces isobathes dépendra du nombre de points côtés dont on dispose, et de la précision recherchée. (fig. 4)
- Planimétrage des surfaces délimités par chacune des isobathes.
- Intégration graphique des surfaces en fonction des profondeurs, suivant le principe de la courbe hypsométrique.  
Pratiquement chaque valeur de surface est considérée comme représentative d'un intervalle délimité par équidistance avec les deux isobathes encadrantes. (fig.5)  
La méthode la plus simple consiste donc à établir des isobathes équidistantes.  
Le volume total de la mare est ainsi obtenu par planimétrage de la surface délimitée par la courbe et les axes de coordonnées rectangulaires.
- La dernière opération est représentée par l'établissement du barème hauteur-volume.

### IV. INSTALLATION D'UNE BATTERIE D'ECHELLE

Afin de pouvoir suivre facilement l'évolution de la réserve en eau de la mare une batterie d'échelle est installée dans la mare de telle manière que :

- le zéro soit situé le plus près possible du point bas de la mare.
- les P.H.E (Plus Hautes Eaux) soient contrôlées.

Cette installations s'effectue grâce au point de rattachement au niveau de base.

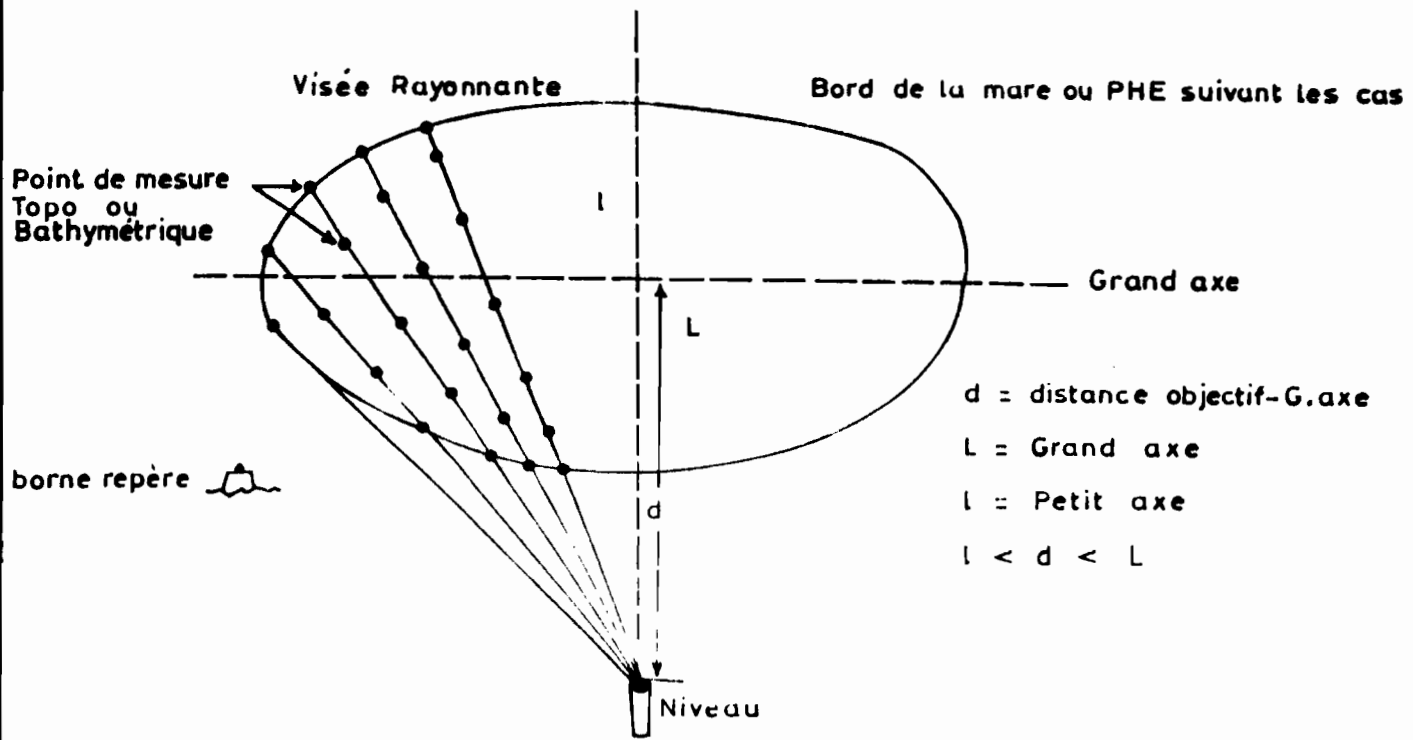
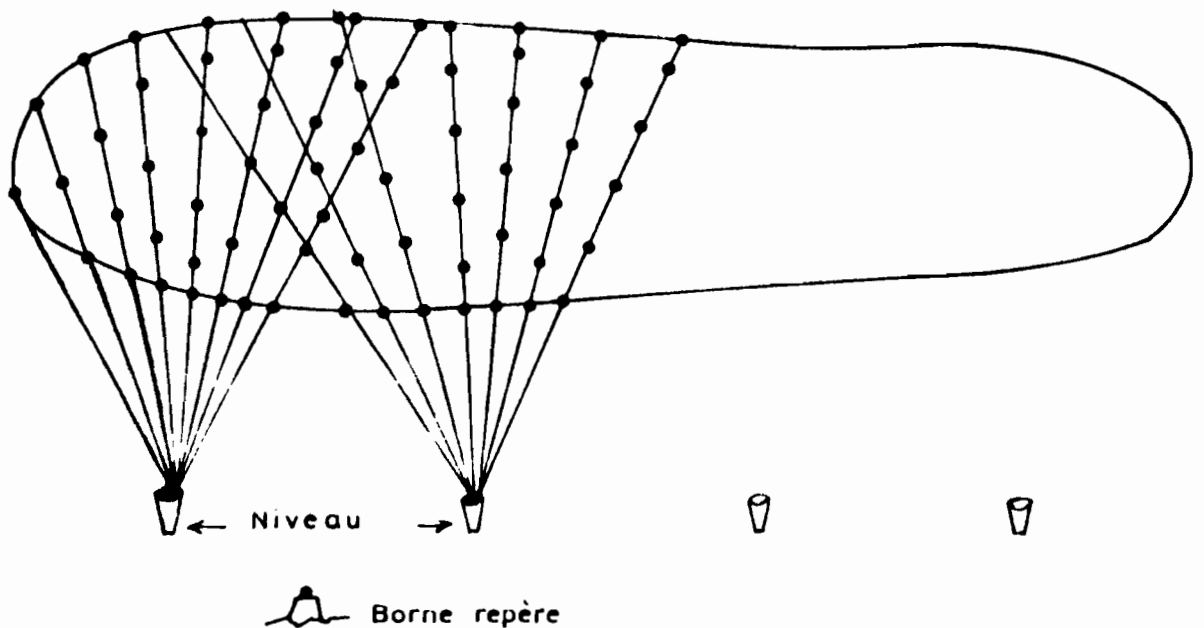


FIG: 2

METHODE TOPO/BATHYMETRIQUE PAR RAYONNEMENT  
 SUR GRANDE MARE



METHODE TOPO/BATHYMETRIQUE PAR TRANSVERSALES

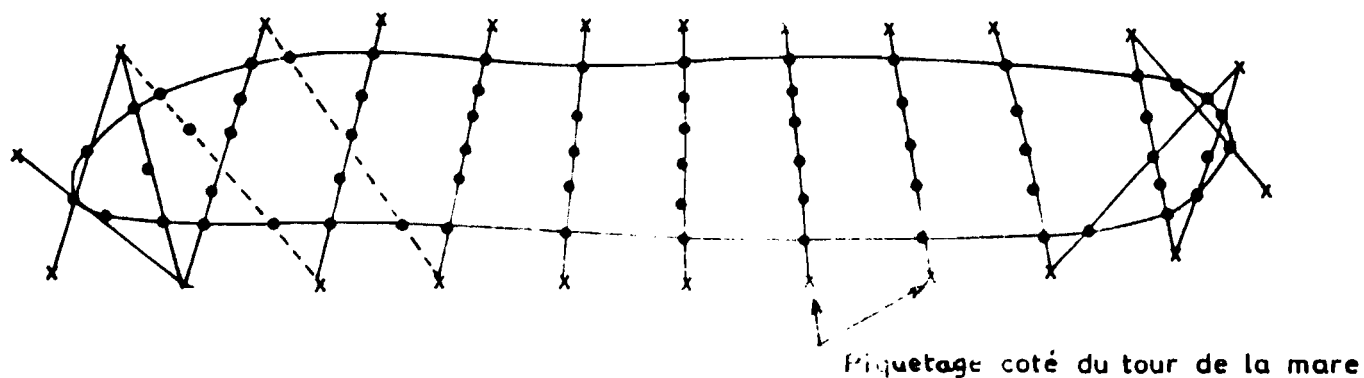
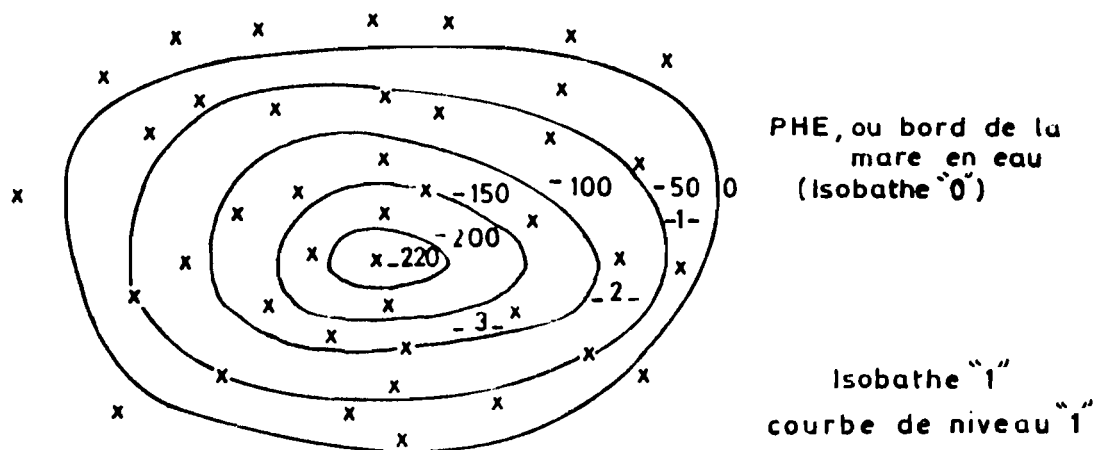


FIG: 4

TRACÉ DES ISOBATHES PAR INTERPOLATION



TRACE DE LA COURBE HYSOMETRIQUE DELIMITANT LA SURFACE  
ETABLISSANT LE VOLUME

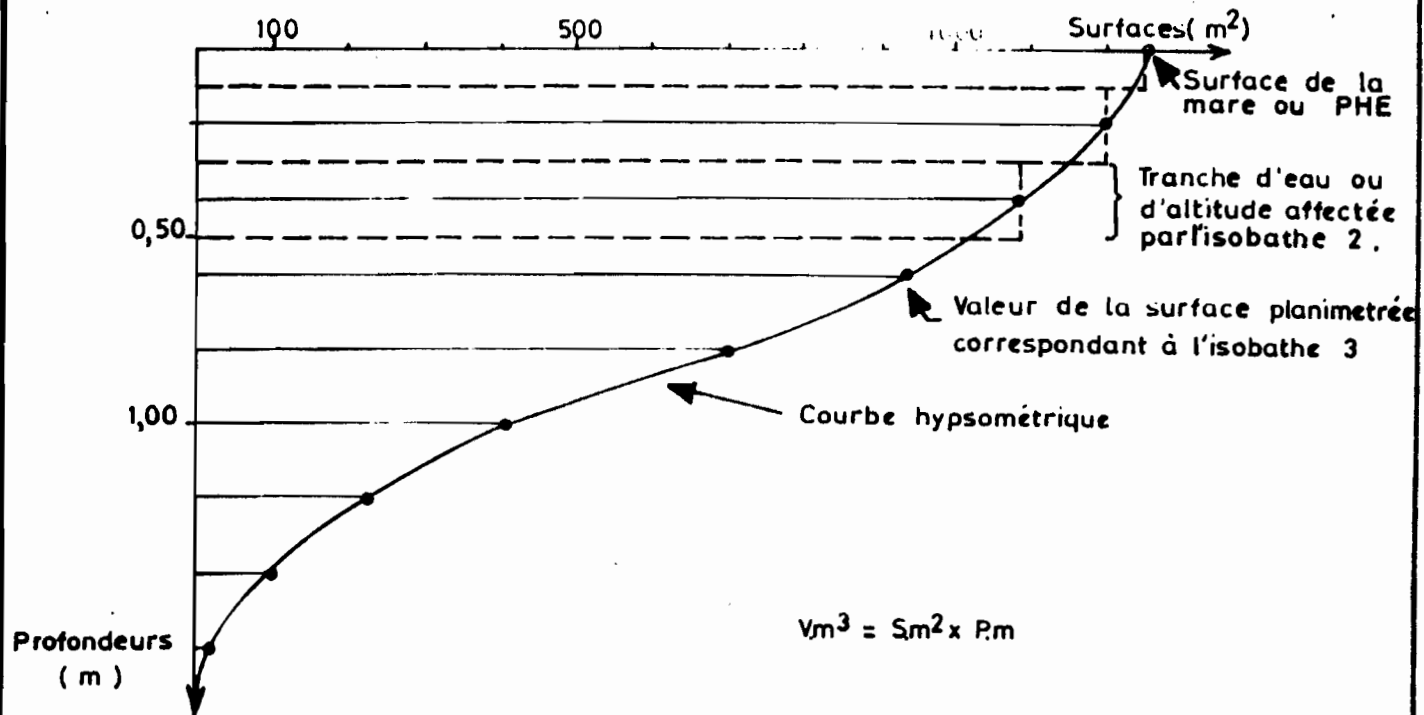


Fig. 6

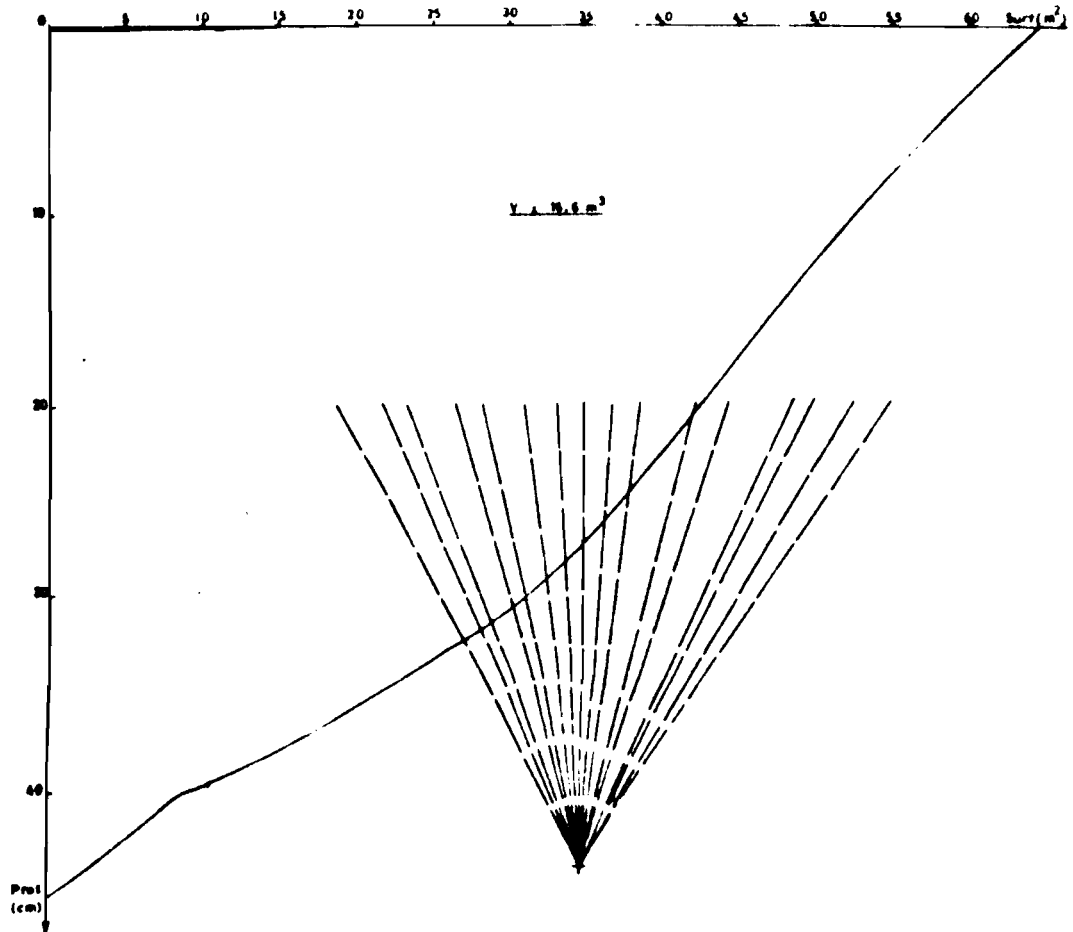
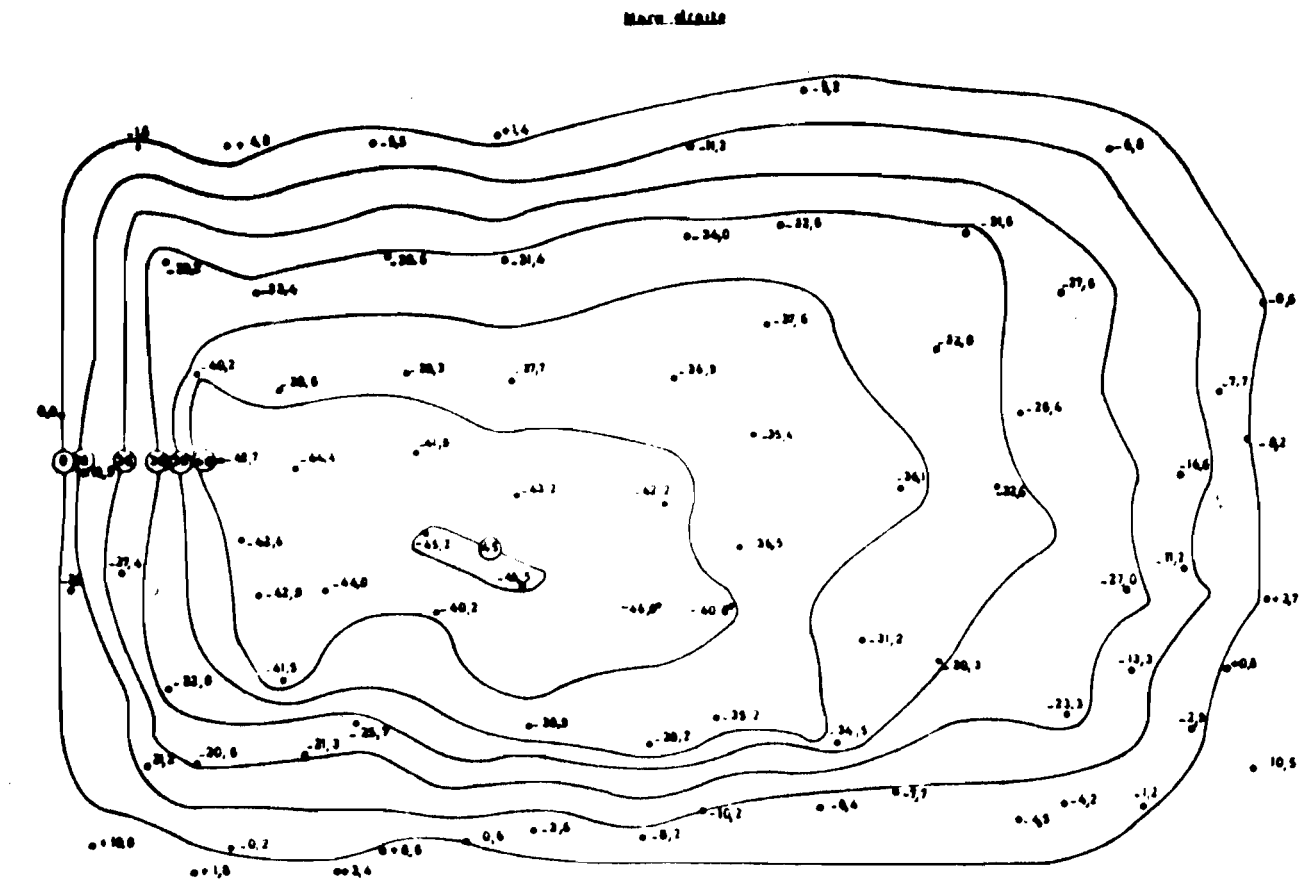
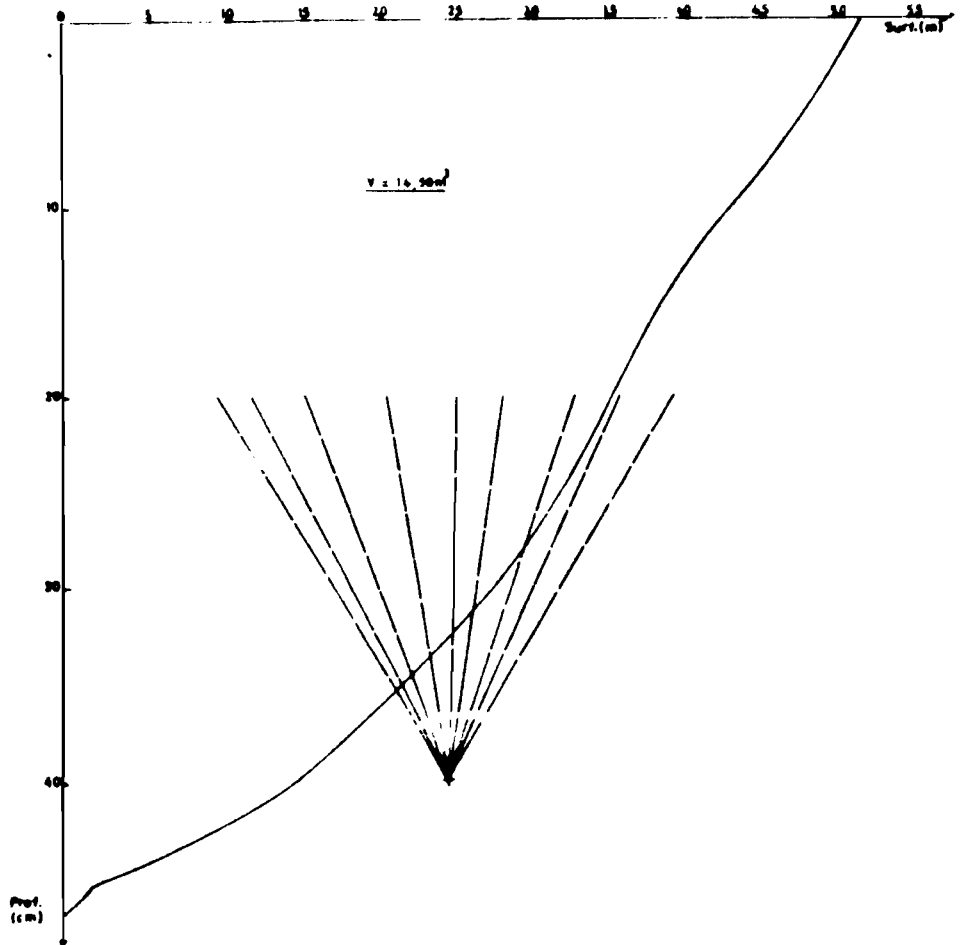
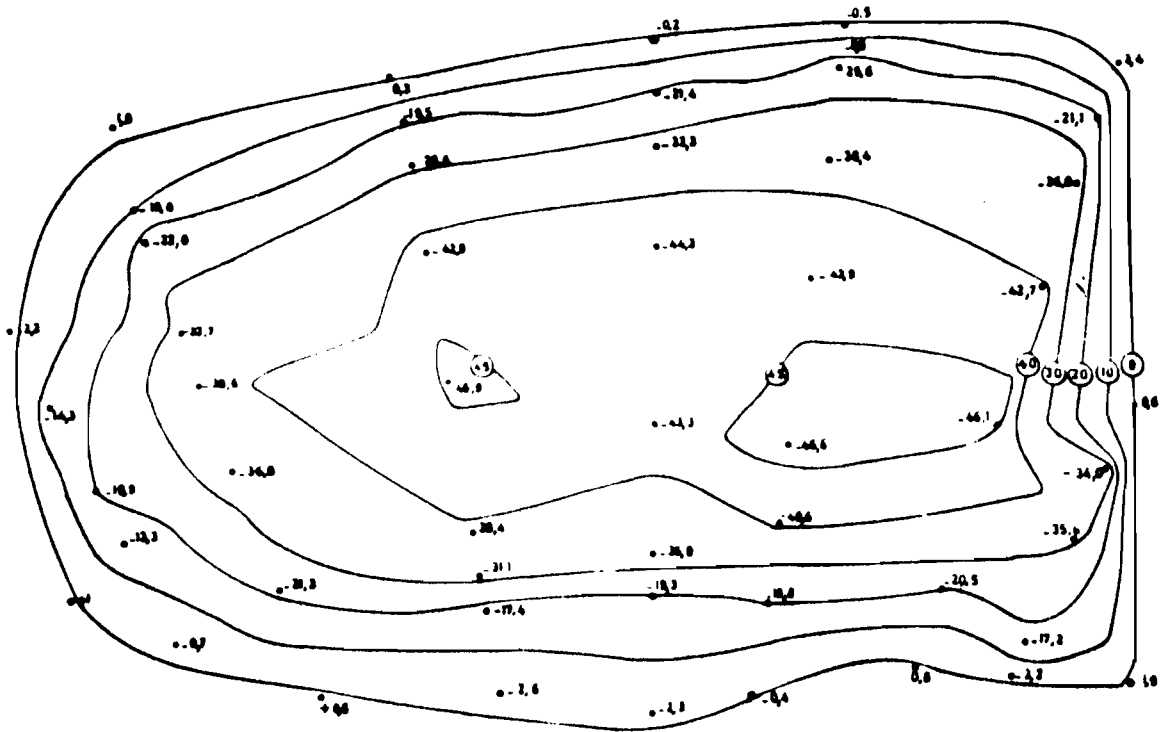


Fig: 7

ECHELLE 1:10000

MARÉGRAPHES



Sixième Partie

NIGER A NIAMEY 1986



## JAUGEAGES SUR LE FLEUVE NIGER

### I. INTRODUCTION

L'étude du régime du fleuve NIGER fait partie des travaux de l'ORSTOM au NIGER. Une des trois stations suivantes, NIGER à NIAMEY, le NIGER au "W" et le NIGER à KANDADJI, qui constitue une bonne référence pour la quantification des écoulements depuis la frontière malienne a été contrôlée cette année : Il s'agit de NIGER à NIAMEY.

### II. NIGER A NIAMEY

Pour suivre l'évolution de la crue de 1985-86, huit jaugeages ont été effectués avec comme référence les hauteurs à l'échelle de la NIGLEEC. La liste des jaugeages est tabulée sur la page suivante. Les courbes d'étalonnage des basses eaux et hautes eaux qui en résultent sont représentées dans les figures 1 et 2.

Le mode opératoire de ces jaugeages dépend principalement des caractéristiques géométriques et hydrauliques de la section mouillée. Ainsi tous les jaugeages des hautes eaux ont été exécutés en aval du pont (Abattoir) près du CLUB NAUTIQUE sur une section très large et profonde avec des vitesses importantes nécessitant l'utilisation du saumon et du cercle hydrographique. Les jaugeages des basses-eaux ont été effectués en amont du pont (batardeau) donc sur une autre section moins large permettant plutôt l'emploi du câble à la place du cercle hydrographique.

### III. CONCLUSION

Notre participation à la campagne 1986 de jaugeages sur le fleuve NIGER a été une occasion pour manipuler le matériel de jaugeage et une expérience dans le choix de la section et le type de matériel appropriés.

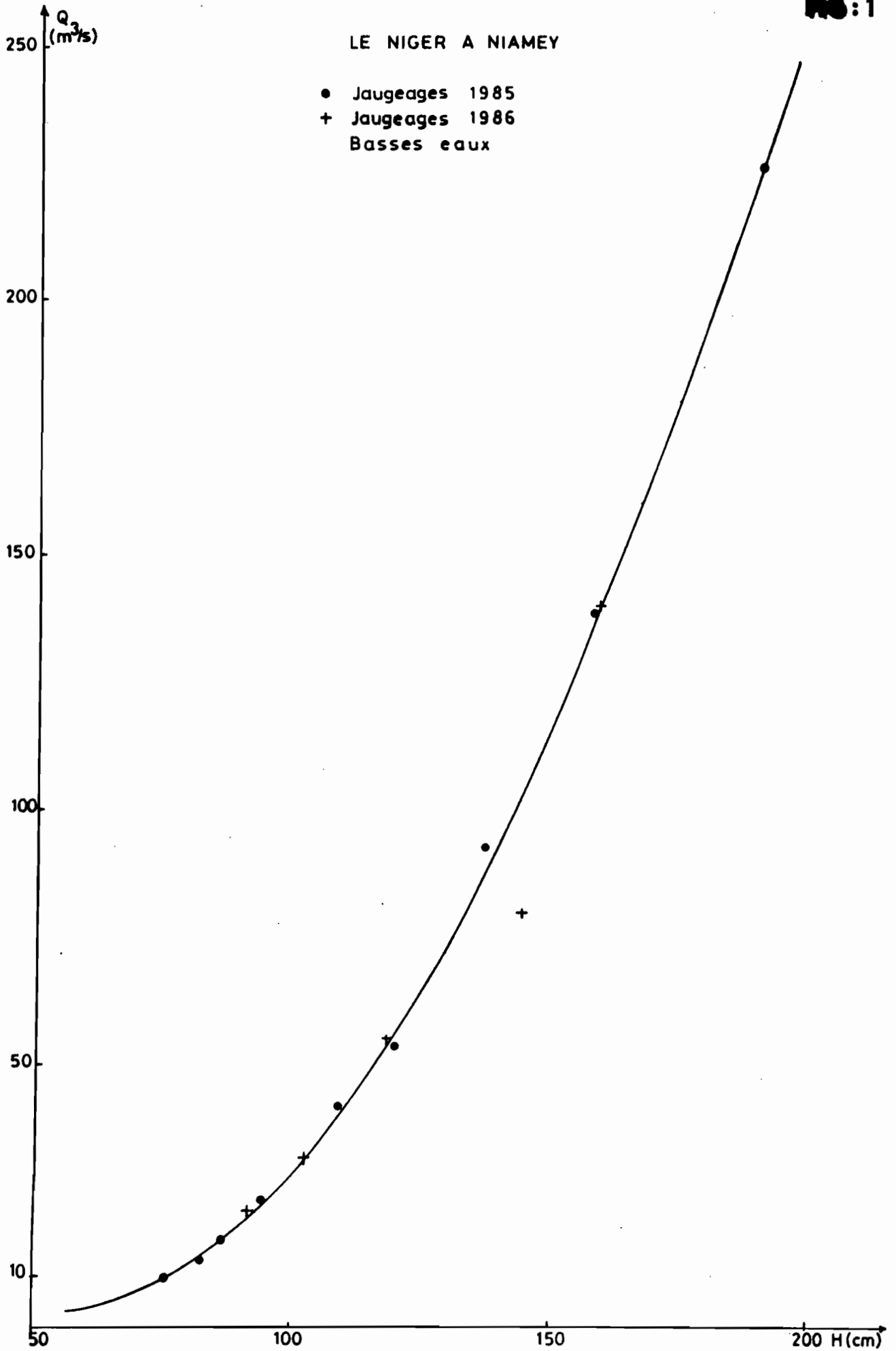
LE NIGER A NIAMEY

LISTE DES JAUGEAGES 1986

DATE	H ( cm )	Q ( m <sup>3</sup> S <sup>-1</sup> )	OBSERVATIONS	SECTION
12/12/1985	437	1 445	Saumon - Cercle	Abattoir
24/01/1985	322	770	"	"
06/02/1986	262	515	"	"
12/03/1986	159	140	"	"
19/03	144	80	"	"
03/04/1986	118	55,2	Saumon - Câble	Batardeau
18/04	102	31,8	"	"
15/05/1986	92	22,1	"	"

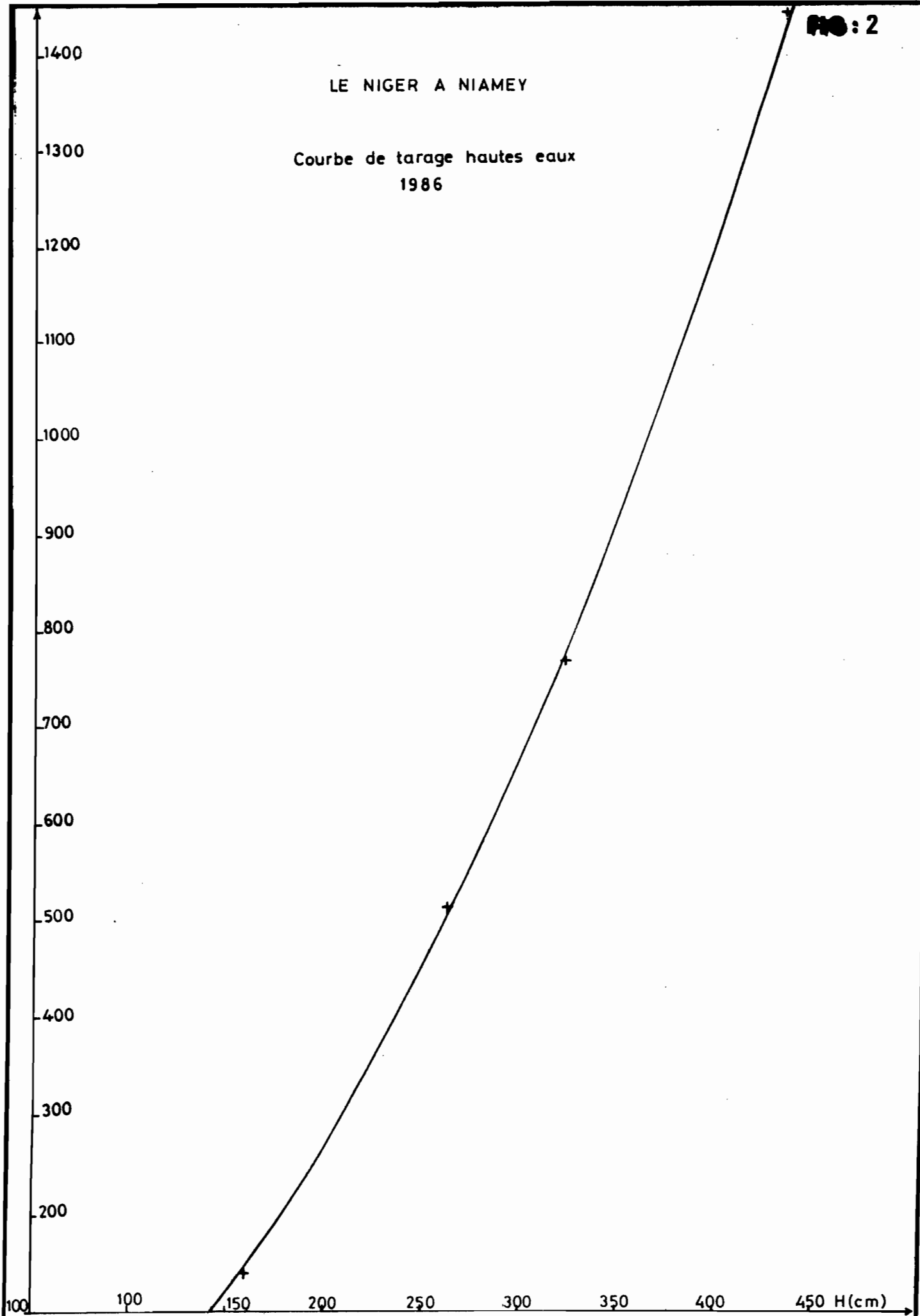
LE NIGER A NIAMEY

- Jaugeages 1985
- + Jaugeages 1986
- Basses eaux



LE NIGER A NIAMEY

Courbe de tarage hautes eaux  
1986



## CONCLUSION GENERALE

Ces deux années de formation assurant un équilibre entre la théorie et la pratique le bureau et le terrain, l'esprit critique et l'esprit analytique, semblent intimement liées et indissociables.

La diversité des travaux élaborés durant la deuxième année m'ont permis d'acquérir une certaine expérience en la matière hydrologie. C'est ainsi que les études variées qu'on a effectué au bureau avec les différentes méthodologies de dépouillements, de contrôles et de critiques des données et observations recueillies sur le terrain, nous font comprendre l'importance des données hydropluviométriques fiables et les plus complètes possibles.

Les travaux de terrain ont été de plus haut intérêt. On a appris à manipuler les appareils hydrologiques, à employer le matériel approprié pour chaque type de manipulation.

De plus la participation à la campagne hydrologique dans les bassins versants du TELOUA, de l'AÏR était une occasion d'améliorer mes connaissances sur les caractéristiques des écoulements et des précipitations en zone subdésertique, et également d'aborder en pratique certains problèmes afin d'assurer un meilleur contrôle de l'efficacité des ouvrages.