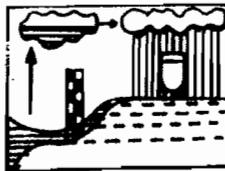




**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
EN HYDROLOGIE**



M. AMRI

Septembre 1986

**INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION**

MISSION AU NIGER

ORSTOM

M. AMRI

O.R.S.T.O.M

NIGER

Septembre 1986

R E S U M E

Accueilli par la mission ORSTOM de Niamey au NIGER dans la cadre de ma deuxième année de formation, j'ai pu participer à toutes les activités de la section. La diversité des thèmes abordés et les problèmes hydrologiques confrontés m'ont permis de compléter ma formation et d'acquérir une certaine expérience et surtout une méthodologie de travail.

La première partie de l'année, à part le suivi du fleuve NIGER (à Niamey) a été consacrée au dépouillement et à la rédaction du rapport de campagne 1985 "La cuvette d'Agadez".

Le suivi du fleuve NIGER était l'occasion d'appliquer différentes méthodes de jaugeages (cercle hydrographique, câble...) et de reconstituer progressivement l'hydrogramme d'un cours d'eau pérenne par des jaugeages repartis sur toute l'année.

Les difficultés rencontrées au cours du dépouillement et la rédaction du rapport de la cuvette d'Agadez étaient la base du bon déroulement de la campagne 1986 sur le bassin du Téloua à laquelle j'ai participé pendant la saison de pluie. En effet, travailler sur des données recueillies par d'autres équipes et sur une région pratiquement inconnu a permis d'avoir une idée sur le déroulement d'une campagne et d'acquérir une méthodologie de contrôle et de synthèse.

L'ensemble des travaux théoriques effectués sur la cuvette d'Agadez a été complété par une campagne de trois mois dans la même région. L'essentiel de cette campagne se résume dans les points suivants :

- Le suivi d'un bassin représentatif expérimental bien équipé et qui demande un contrôle rigoureux.

- C'était l'occasion d'associer l'hydrogéologie à l'hydrologie. A la suite des travaux effectués pour améliorer l'alimentation de la nappe de la cuvette un contrôle de la piézométrie a permis de tester l'efficacité de l'ouvrage installé et son impact sur la nappe.

- Par sa durée, la campagne 1986 a permis d'avoir une idée complète sur les caractéristiques d'une saison de pluie dans le régime subdésertique ce qui permet d'avoir une idée plus précise sur la partie sud de mon pays.

La deuxième partie des travaux de terrain fait mention de notre initiation à la simulation de pluie. A part l'initiation à l'utilisation du mini-simulateur de pluie et l'étude pédologique pour définir la cartographie des états de surface, l'intérêt essentiel de cette campagne a été l'interprétation des résultats obtenus. Une interprétation dans laquelle, j'ai essayé de relier les résultats aux caractéristiques des parcelles étudiées.

Pour mettre en pratique certaines notions de topographie et de mathématique nous étions chargés de l'établissement d'une méthodologie pour la détermination de la capacité d'une mare. Seulement par des mesures topographiques ou bathymétriques, on a défini une méthode aussi simple que possible pour qu'elle puisse être mise en oeuvre par des équipes de terrain moyennement spécialisées. L'intérêt pratique de cette méthode et ses limites d'application ont été jugés par un essai sur deux mares artificielles.

En conclusion, on considère cette année très riche et très variée que ce soit :

- Sur le plan scientifique : elle a été de pratiquer l'hydrologie à différents stades, à l'échelle d'un grand bassin (fleuve NIGER), d'un bassin moyen (le TELOUA), d'un petit bassin expérimental (Bassin ELèves) et même au niveau d'une parcelle de 1 m² (simulation de pluie) ;
- Sur le plan humain : cette année a été l'occasion d'améliorer mon sens de contact humain, nécessaire à un métier qui demande le travail en équipe.

SOMMAIRE GENERAL

INTRODUCTION GENERALE

A. Première partie

* Etude du kori TELOUA "Cuvette d'Agadez" - Campagne 1985.

INTRODUCTION	1
I. Equipement	2
II. Observations et mesures	5
III. Commentaires et analyse	11
CONCLUSION	28

B. Deuxième partie

* Etude du kori TELOUA "Cuvette d'Agadez" - Campagne 1986

I. Introduction	29
II. Observation et mesures	29
III. Piézométrie	35
IV. Conclusion	35

C. Troisième partie

* Bassin élèves

I. Introduction	36
II. Caractéristiques du bassin	36
III. Equipement	37
IV. Observations et mesures	38
V. Analyse et interprétation	39
VI. Conclusion	40

D. Quatrième partie

* Simulation de pluie

I. Introduction	41
II. Rappel du principe de l'appareil	42
III. Description du bassin de Kountkouzout	42

IV. Climat	46
V. Description des parcelles	46
VI. Protocole de mesure	47
VII. Résultats, Analyse et commentaires	48
VIII. Conclusion	57

E. Cinquième partie

* Note sur la détermination pratique de la capacité d'une mare

I. Objectif	58
II. Méthodologie ; Domaine de validité	59
III. Dépouillement ; Détermination du volume de la mare et établissement de la relation Hauteur-Volume	60
IV. Installation d'une batterie d'échelle	60

F. Sixième partie

* Niger à Niamey

I. Introduction	61
II. Niger à Niamey	61
III. Conclusion	61

CONCLUSION GENERALE

A-V A N T - P R O P O S

Avant d'aborder les différentes parties de ce travail, je voudrais remercier tous ceux qui ont rendu possible sa réalisation.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers M. B. BILLON responsable de la mission ORSTOM au NIGER, qui a bien veillé sur le bon déroulement de notre travail.

Je tiens aussi à remercier tous les hydrologues du service pour leur esprit de collaboration : R. GALLAIRE, R. GATHELIER, J.P. BRICQUET.

J'adresse enfin mes sincères remerciements à Melle N. THUET, qui grâce à elle ce mémoire a été bien présenté.

INTRODUCTION GENERALE

De par son expérience acquise en plusieurs années d'études en milieu inter-tropical, l'ORSTOM a institué une formation de deux ans en hydrologie opérationnelle.

La première année consacrée à l'acquisition des notions fondamentales a été partagée entre le D.E.A. des sciences de l'eau à l'Université de Paris-Sud et une formation complémentaire à l'ORSTOM. Le mémoire de D.E.A a porté sur "l'influence de la sécheresse sur la forme des pluies", sujet qui m'a permis d'approfondir certaines notions de statistique et informatique et qui était l'occasion de maniement de l'ordinateur et de programmation.

La deuxième année s'est déroulée dans le cadre géographique du NIGER. Ce choix est essentiellement en relation avec les conditions climatiques et hydrologiques de la TUNISIE. La première partie de l'année, à part le suivi du fleuve NIGER (à Niamey) a été consacrée au dépouillement et à la rédaction du rapport de campagne 1985 "La cuvette d'Agadez", dont les données recueillies n'étaient pas encore traitées. Les difficultés rencontrées au cours de cette étude étaient la base du bon déroulement de la campagne 1986 sur le bassin du Teloua dont j'ai assuré la continuité des opérations pendant trois mois en compagnie de Mr A. BOUCHAALA.

L'ensemble des travaux théoriques et pratiques effectués sur la cuvette ont été complétés par une étude préliminaire de la campagne 1986. A la suite des travaux effectués pour améliorer l'alimentation de la nappe de la cuvette, j'ai essayé de sortir les principales caractéristiques de l'année 1986 et en particulier l'impact de la déviation du kori vers la zone de recharge.

La deuxième partie des travaux de terrain fait mention de notre initiation à la simulation de pluie. L'intérêt essentiel de cette campagne a été pour moi l'interprétation des résultats obtenues. Une interprétation personnelle dans laquelle j'ai essayé de relier les résultats aux caractéristiques des parcelles étudiées.

Le reste des activités qui ont complété cette année de terrain et qui font partie de ce rapport sont :

- ◊ Note sur la détermination pratique de la capacité d'une mare
- ◊ Etude d'un bassin représentatif expérimental "Bassin élèves"
- ◊ Le Niger à Niamey

Tous ces travaux ont été fait en étroite collaboration avec Mr. A. BOUCHAALA qui, lui aussi, effectuait sa deuxième année d'élève ORSTOM, ce qui explique certaines parties communes à nos mémoires.

Premiere Partie

ETUDE DU KORI TELOUA "CUVETTE D AGADEZ"

campagne 1985

REPUBLIQUE DU NIGER

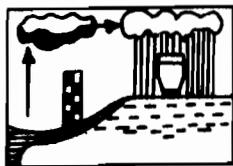
**MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE
ET DE L'ENVIRONNEMENT**

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

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : EQUIPEMENT	2
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
CHAPITRE II : OBSERVATIONS ET MESURES	5
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
CHAPITRE III : COMMENTAIRES ET ANALYSE	11
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.I.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
CONCLUSION	28

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 km²; 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 km² (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-ARLII, 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-ARLII, 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 OTI 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 IELOUA
- * 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 (Azé, 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 RADIÉ 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 (Radié 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 RADIÉ 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 ³ /s
1	16 - 07 - 85	1,26 - 1,02	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 ³ /s)	Obs.	Date	H moy (cm)	Q (m ³ /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 ³ /s	Obs.	Date	H moyen (cm)	Q m ³ /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.

◇ AGADEV - 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 m³)

◇ 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 ³ /s	Obs.	Date	H (cm)	Q m ³ /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 IELOUA a fait l'objet des mesures suivantes :

Date	H (cm)	Q m ³ /s	Obs.	Date	H (cm)	Q m ³ /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 ³ /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'Azél 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 Azél 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 m³ (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 m³ l'année 1985 s'annonce meilleure que les deux précédentes (6 et 1 millions de m³) 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 ³ /s)	Ve (10 ³ m ³)	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 (m³/s)	Ve (10³ m³)	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 (m³/s)	Ve (10³ m³)	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 m³, 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 cote 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 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 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 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 m^3 ce qui correspond pour un bassin de 61 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 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 ³ m ³)	Ve AGASSAGHAS (10 ³ m ³)	Ve AZAMELLA (10 ³ m ³)	Ve Radier II (10 ³ m ³)	Ve Radier I (10 ³ m ³)	Pertes * (10 ³ m ³)
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

$$\begin{aligned}
 \text{Pertes} &= \text{Ve (AZEL + AGASSAGHAS + AZAMELLA)} - \text{Ve (RADIERS)} \\
 &= (11\,904 + 152,06 + 1847,6) 10^3 - (10\,490 + 72,6) 10^3 \\
 \text{Pertes} &= 3\,341 10^3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

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 mesurés 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 ; $\log \xi (\text{pertes})$

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 niveau de RTA (c'est à dire la valeur complémentaire des pertes aux volumes d'entrée) ; $\log \xi (Ve (R_I + R_{II} + D))$

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 pompes 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 ³ m ³)	Lr (mm)	Kr %	t _m (mn)	t _b (mn)	Q max (m ³ /s)	Q _{rx} (m ³ /s)	Q _{rx} 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 isohyètes 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 figures 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 événement 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 m³. 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- RADIÉ 2 : Débits moyens journaliers
- 13- RADIÉ 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												
15							0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16							0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17							1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
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
Pluie P : moyenne	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.

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

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 ³ /s)	Ve (10 ³ m ³)	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 km²

TABLEAU N° 11

A Z E L

Débits moyens journaliers (m³/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 11 904 10³ m³
 lame d'eau écoulée 8,7 mm
 P moy. Bassin versant : 76 mm
 Coefficient d'écoulement : 11,4 %
 Superficie du bassin : 1364 km²

Crue maximale le 18/08/85
 Q max = 395 m³/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 : 10 490.10³ m³

Tableau n° 13

LE TELOUA A RADIER 2

Principales caractéristiques des crues en 1985

	Dates	H max (cm)	Q max (m ³ /s)	Ve (10 ³ m ³)
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 ³ /s)	Ve (10 ³ m ³)	He (mm)	Ke (%)	Tm (mn)	Te (mn)	Mensuel		
											Pm (mm)	Ve (10 ³ m ³)	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 /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 m³
 Lamme d'eau écoulée 26.3 mm
 Pluie moyenne 65.3 mm
 Coefficient d'écoulement 40,2 %

Crue maximale
 Q max = 36³ m /s le 18/08/85
 Superficie du bassin 5,8 km²

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

Caractéristiques des crues S = 61 km²

TABLEAU 16

Date	P max (mm)	P moy (mm)	P min (mm)	H max (cm)	Q max (m ³ /s)	Ve (10 ³ m ³)	He (mm)	Ke (%)	Tm (mn)	Te (mn)	Mensuel		
											Pm (mm)	Ve (10 ³ m ³)	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 (m³/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 m³
 Lamé d'eau écoulée 30.3 mm
 Pluie moyenne 73.6 mm
 Coefficient d'écoulement : 41.1 %

Crue maximale
 Q max = 118 m³/s le 18/08/85
 Superficie du bassin : 61 km²

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

TABLEAU N° 18

Temp Dates	- 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

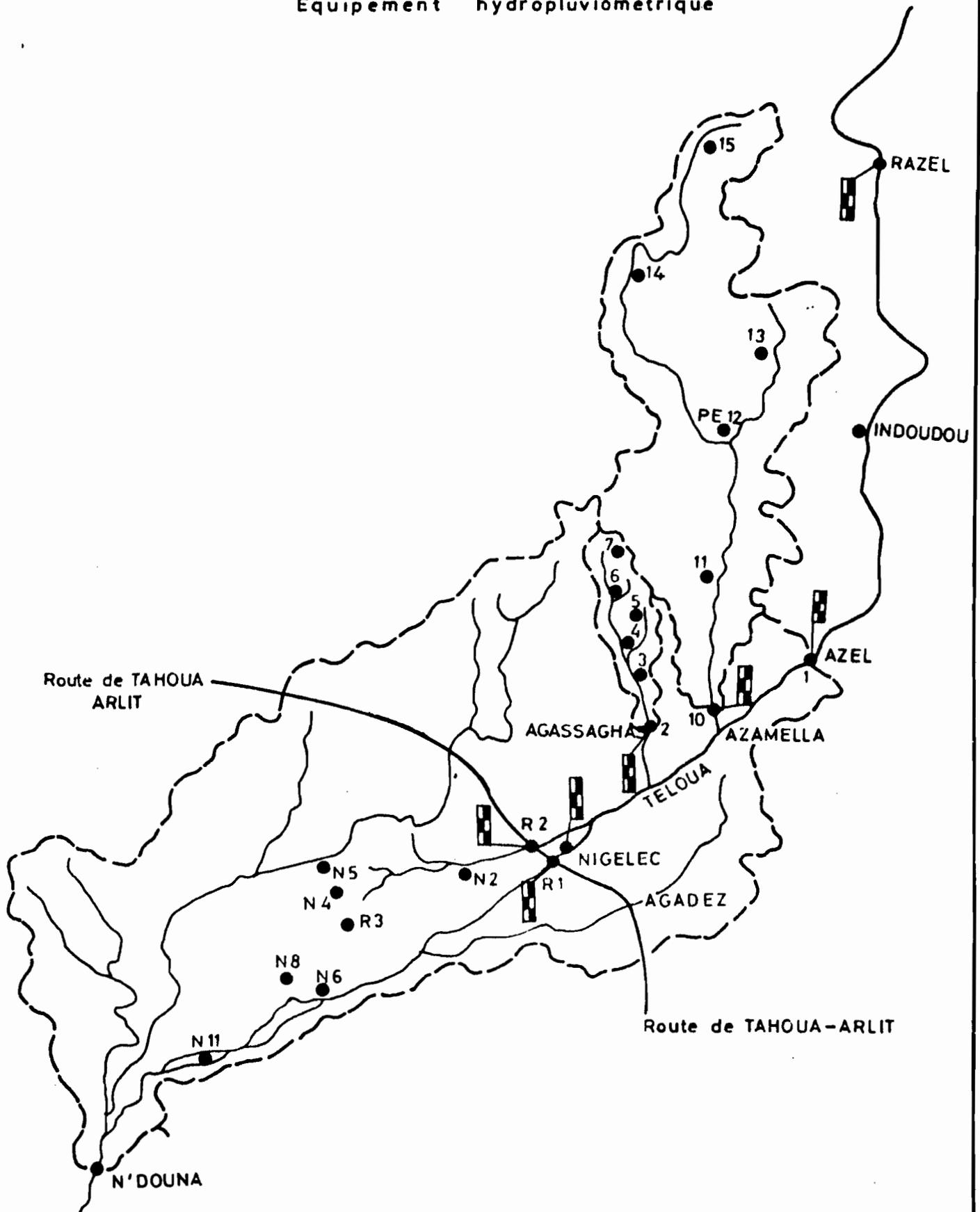
22. AGADEZ : Pluviosité - Nombre de jours de pluie (apporté à la moyenne)
23. AZEL : Pluie annuelle - Volume écoulé
 - * AZEL - AGASSAGHAS - AZAMELLA - AGADEZ : Pluie moyenne
24. B.V. AGASSAGHAS : Isohyètes du mois de juin
25. B.V. AGASSAGHAS : " " " de juillet
26. B.V. AGASSAGHAS : " " " d'août
27. 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 isopiezés 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 EN AVAL D'AZEL

Fig: 1

Campagne 1985
Equipement hydropluviométrique

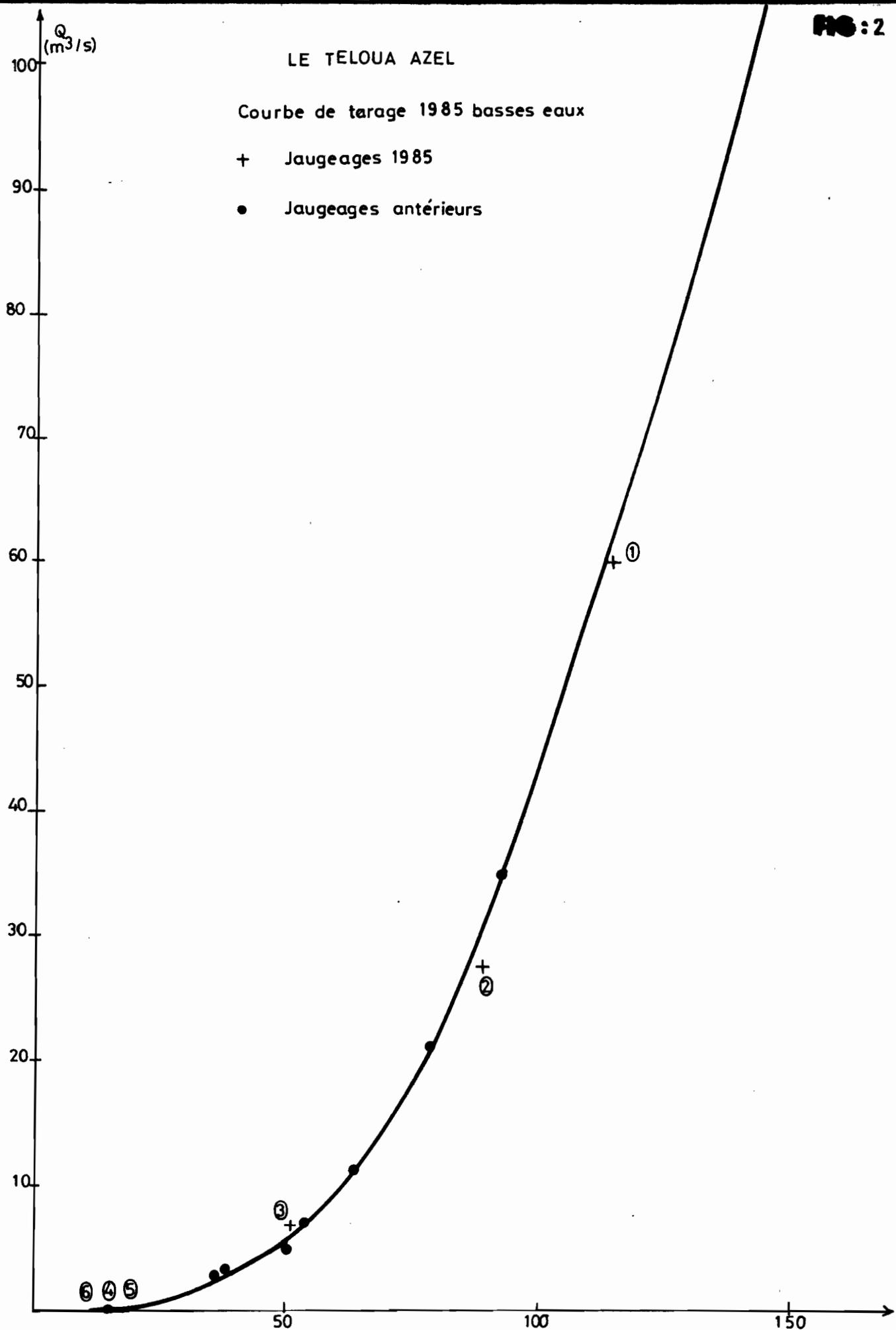


LE TELOUA AZEL

Courbe de tarage 1985 basses eaux

+ Jaugeages 1985

• Jaugeages antérieurs



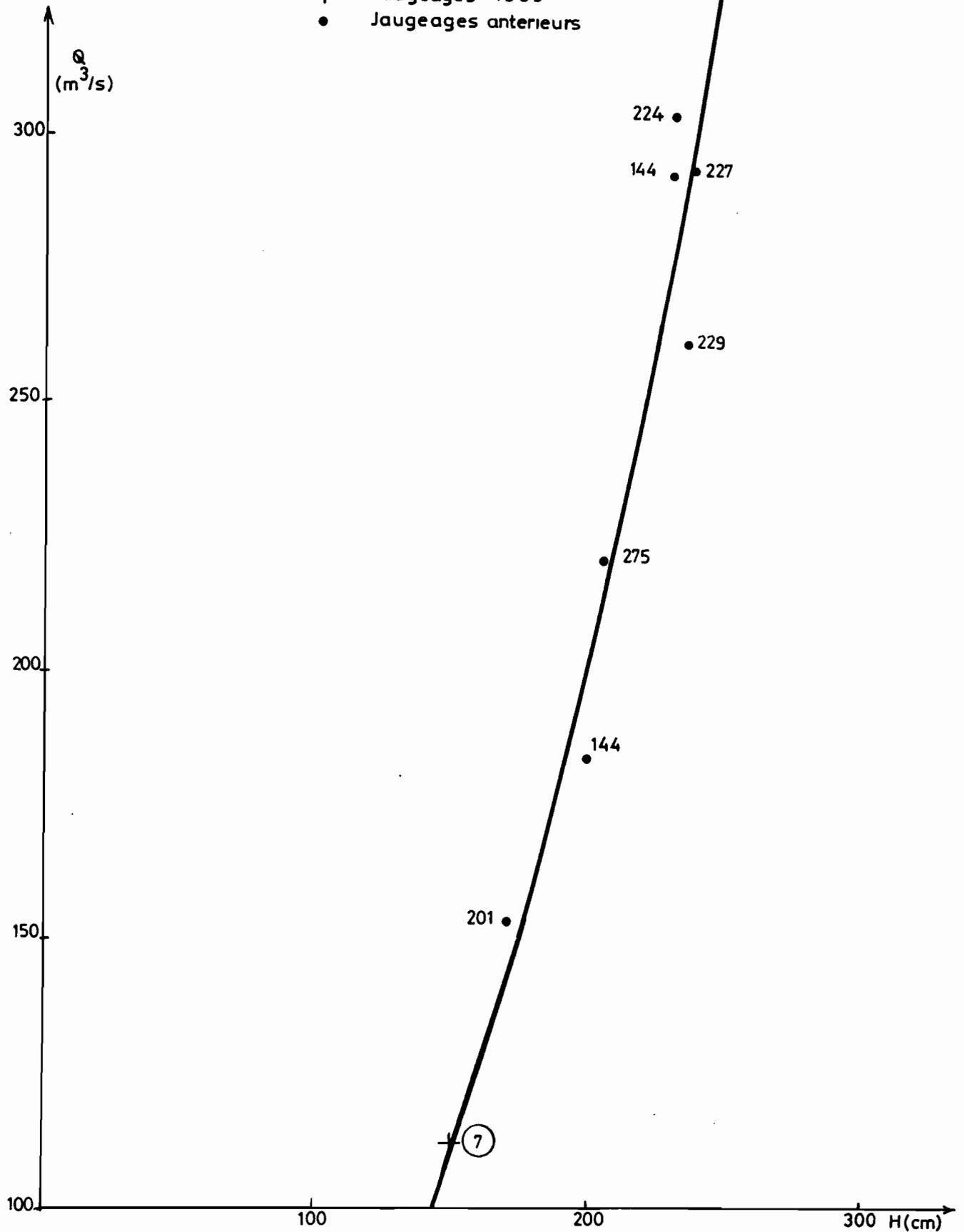
LE TELOUA A AZEL

Courbe de tarage 1985

Hautes eaux

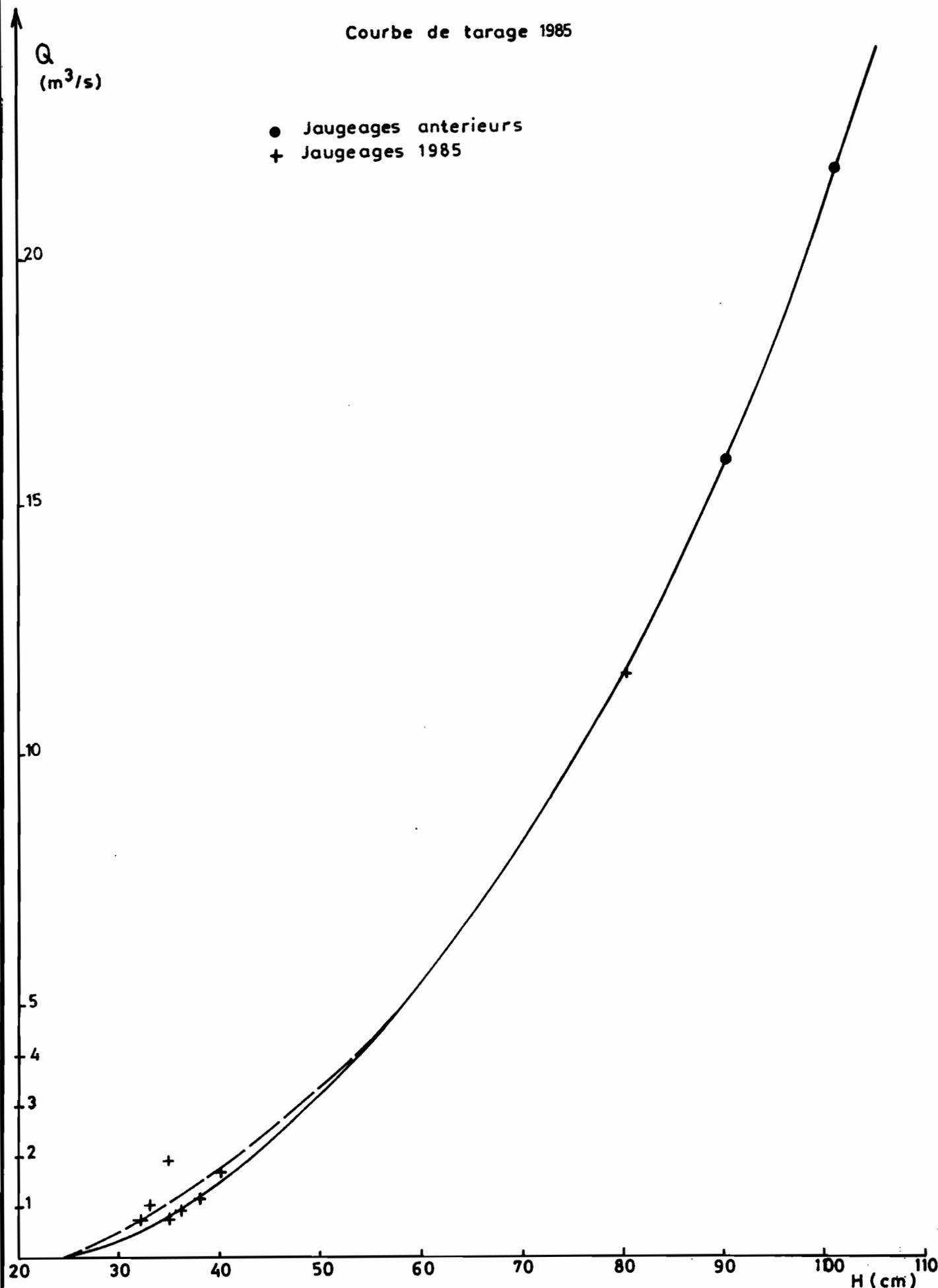
+ Jaugeages 1985

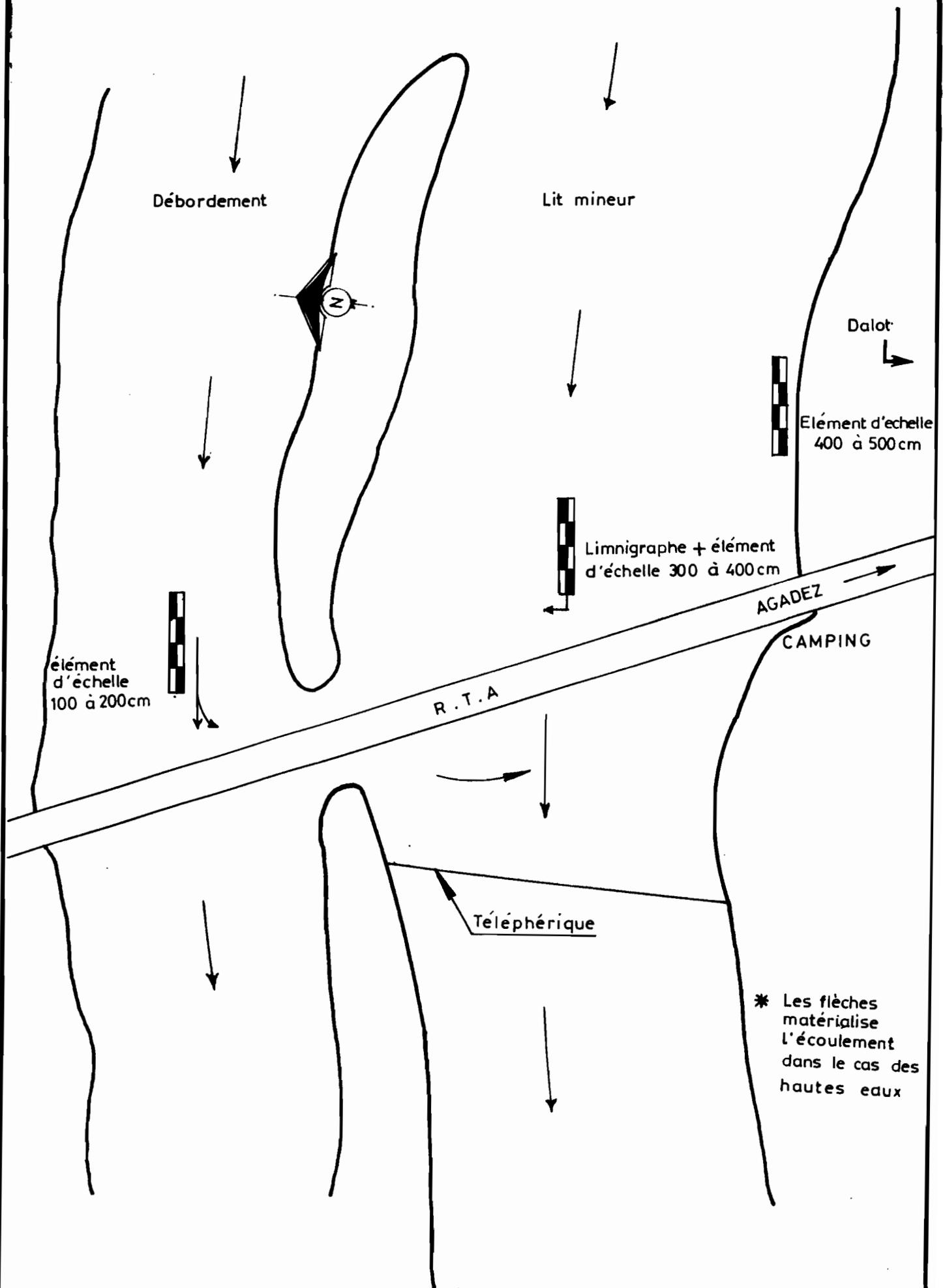
• Jaugeages anterieurs



BASSIN VERSANT D'AGASSAGHAS

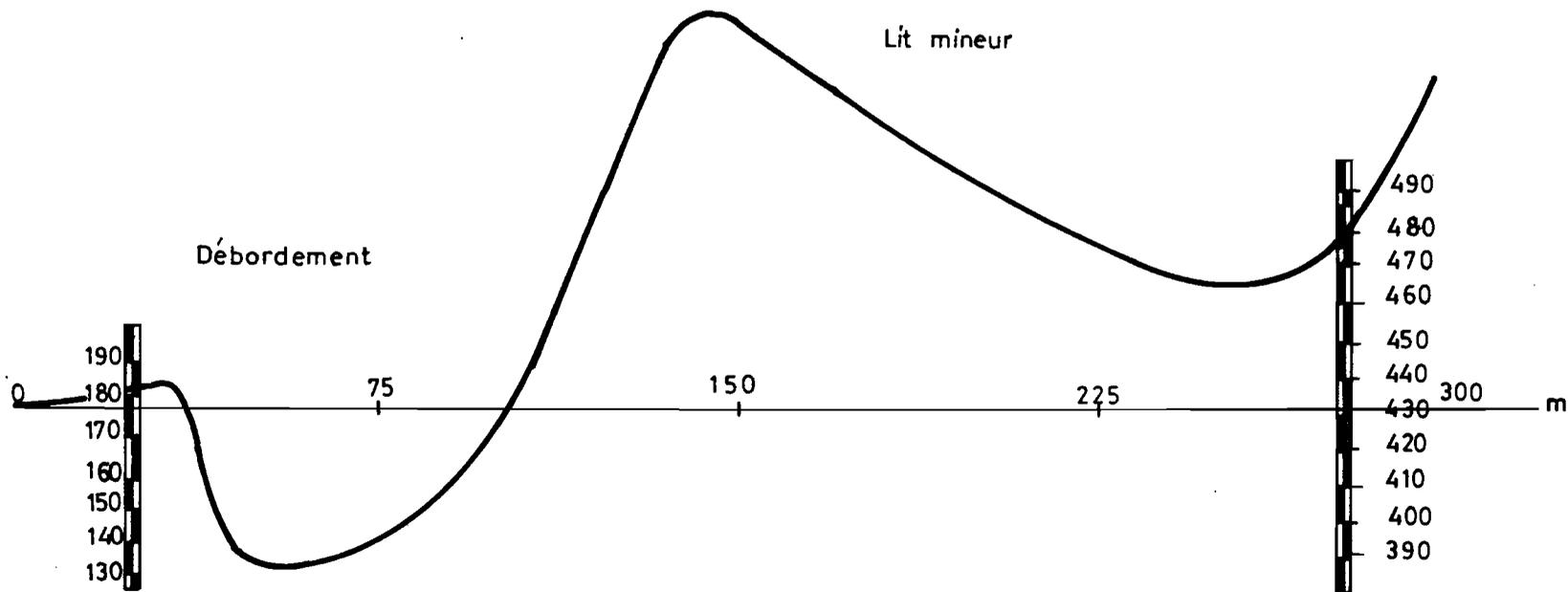
Courbe de tarage 1985





RADIER II PROFIL 'EN TRAVERS

(Nivèllement en amont de la RJA le 23.5.86)



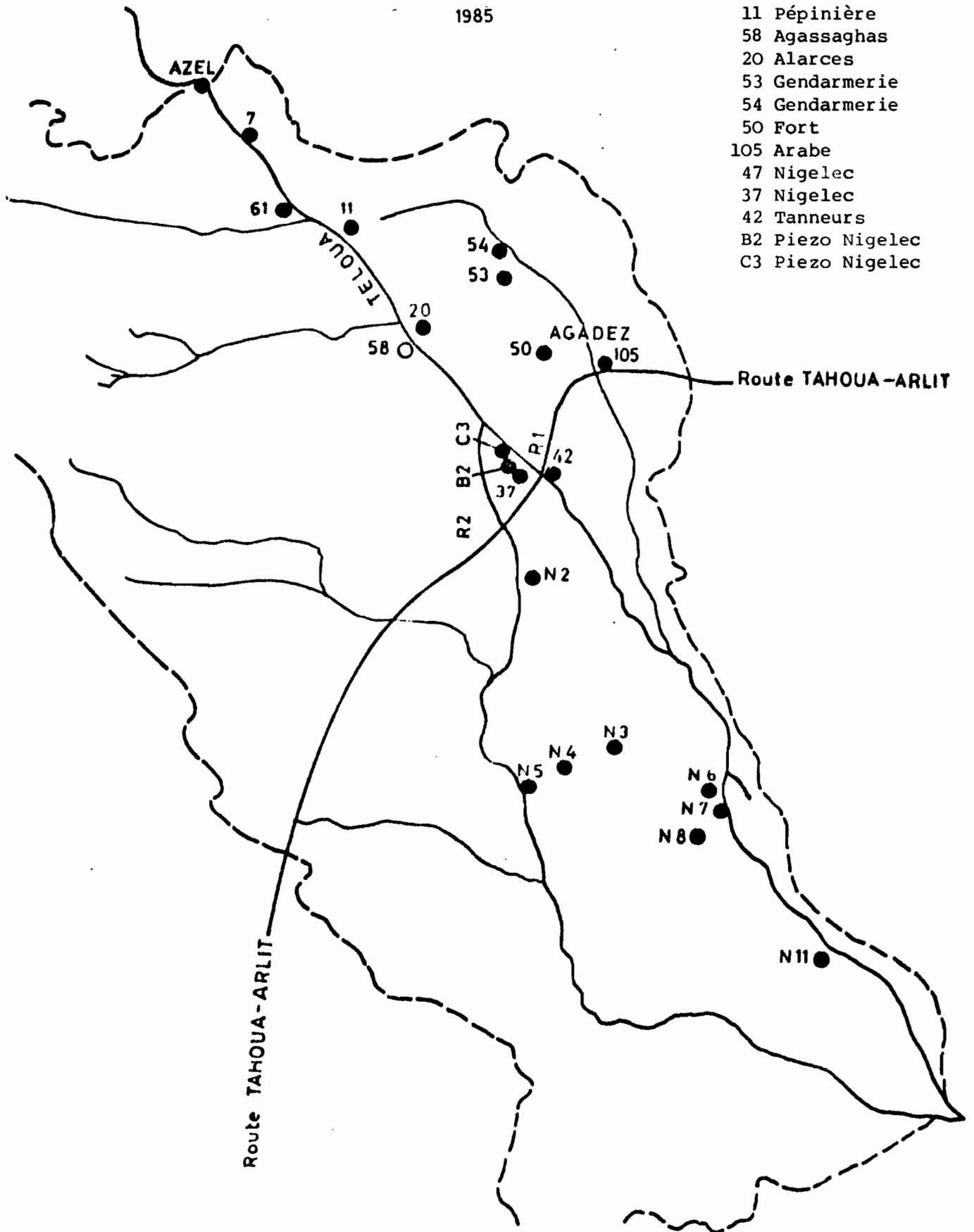
CUVETTE D'AGADEVZ

Fig: 7

Puits et Piezomètres - Campagne

1985

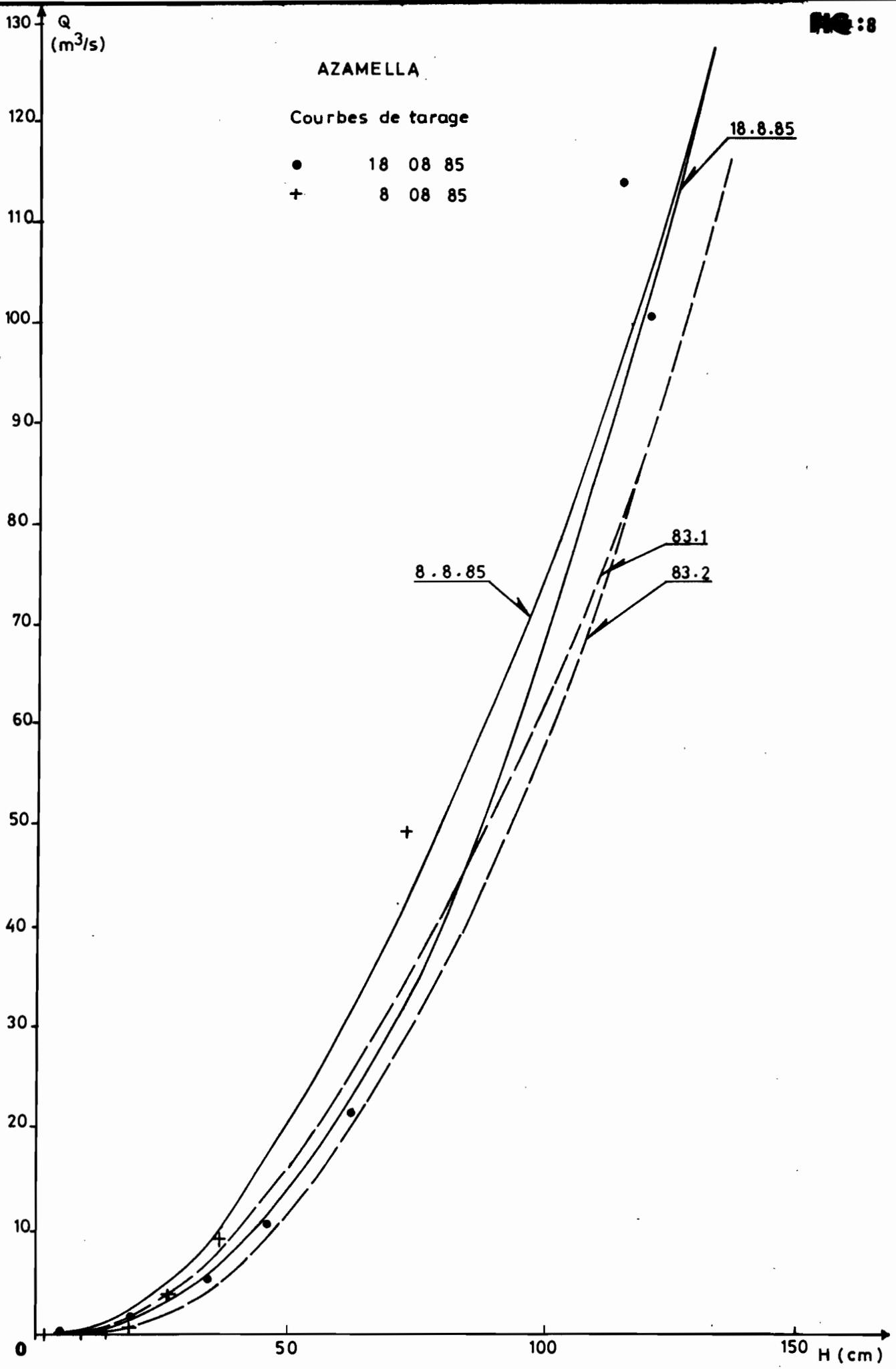
- 7 camping
- 61 Azamella
- 11 Pépinière
- 58 Agassaghas
- 20 Alarces
- 53 Gendarmerie
- 54 Gendarmerie
- 50 Fort
- 105 Arabe
- 47 Nigelec
- 37 Nigelec
- 42 Tanneurs
- B2 Piezo Nigelec
- C3 Piezo Nigelec



AZAMELLA

Courbes de tarage

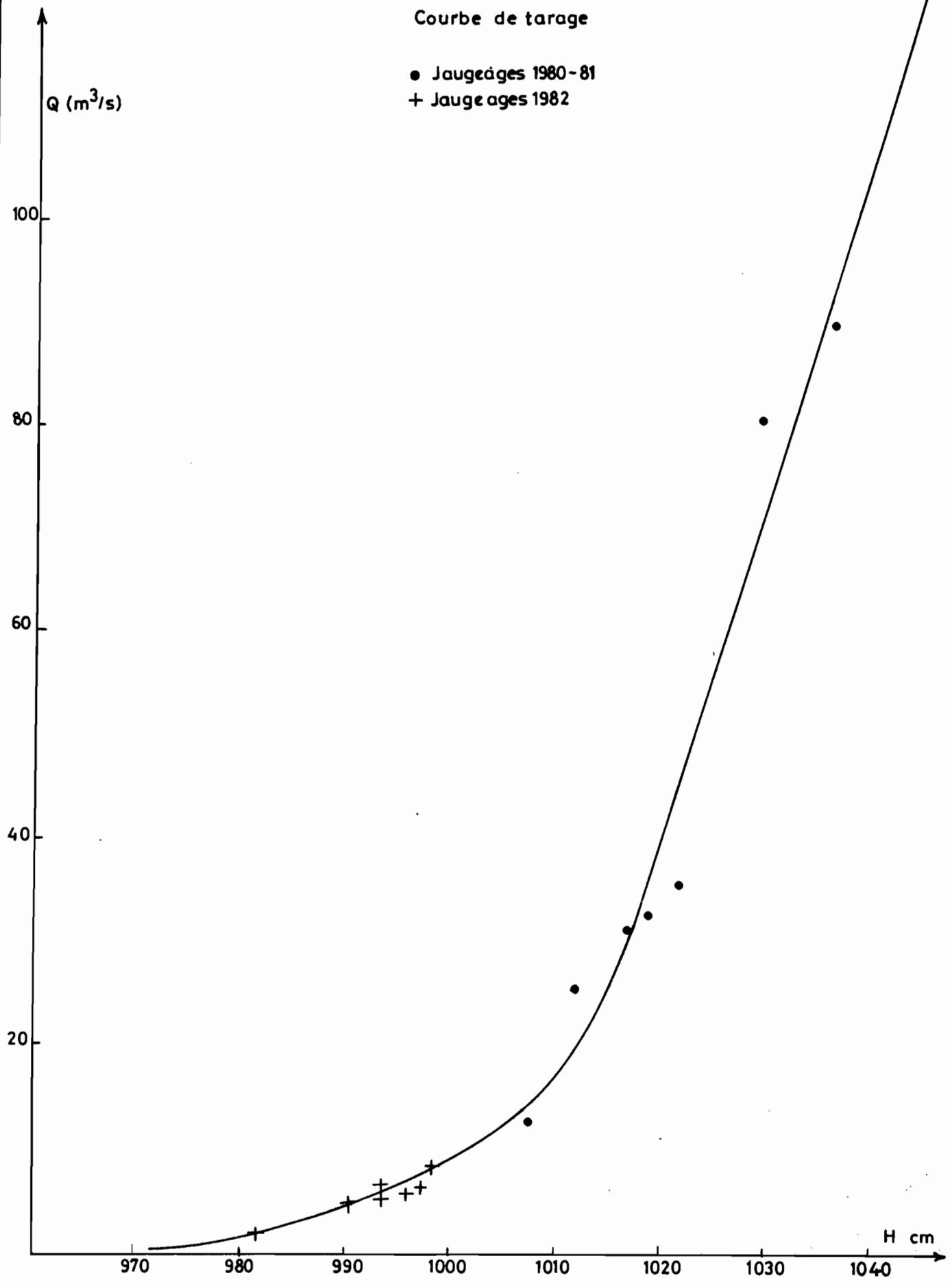
- 18 08 85
- + 8 08 85



LE TELOUA A AGADEZ NIGELEC

Courbe de tarage

● Jaugeages 1980-81
+ Jaugeages 1982

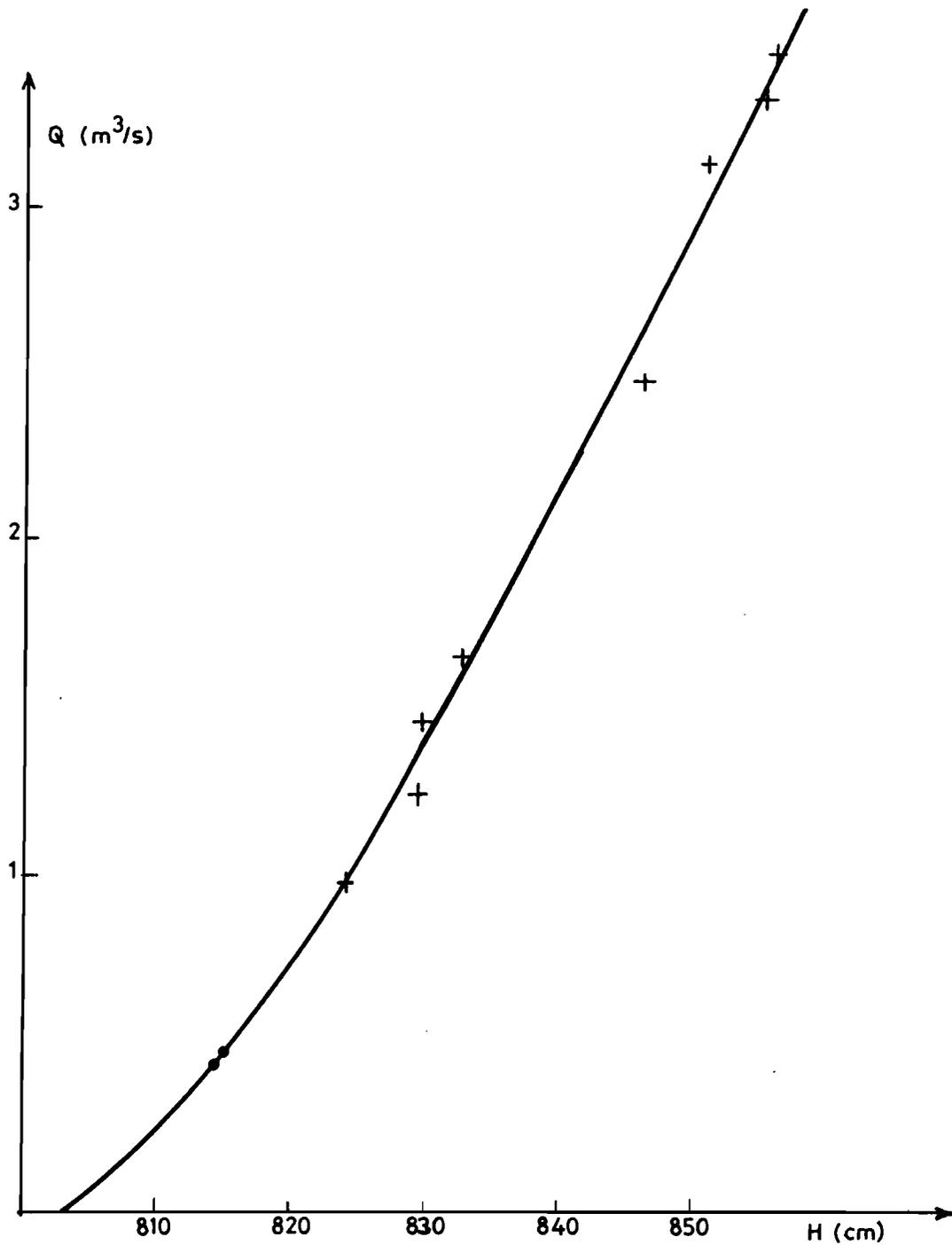


LE TELOUA A RADIER II

Dalot R.G.

Courbe de tarage 1985

- Jaugeages 1985
- + Jaugeages antérieurs

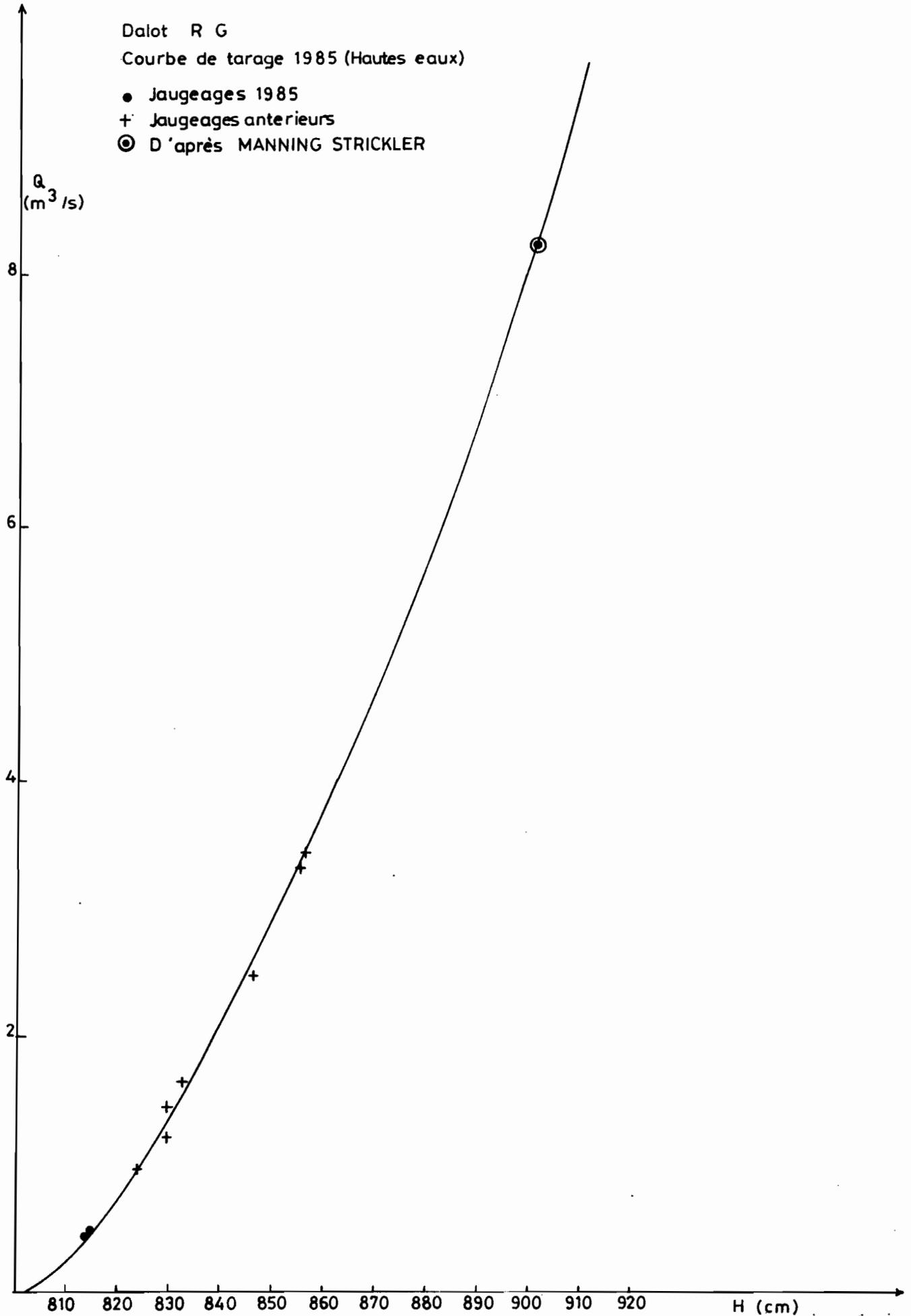


LE TELOUA A RADIER II

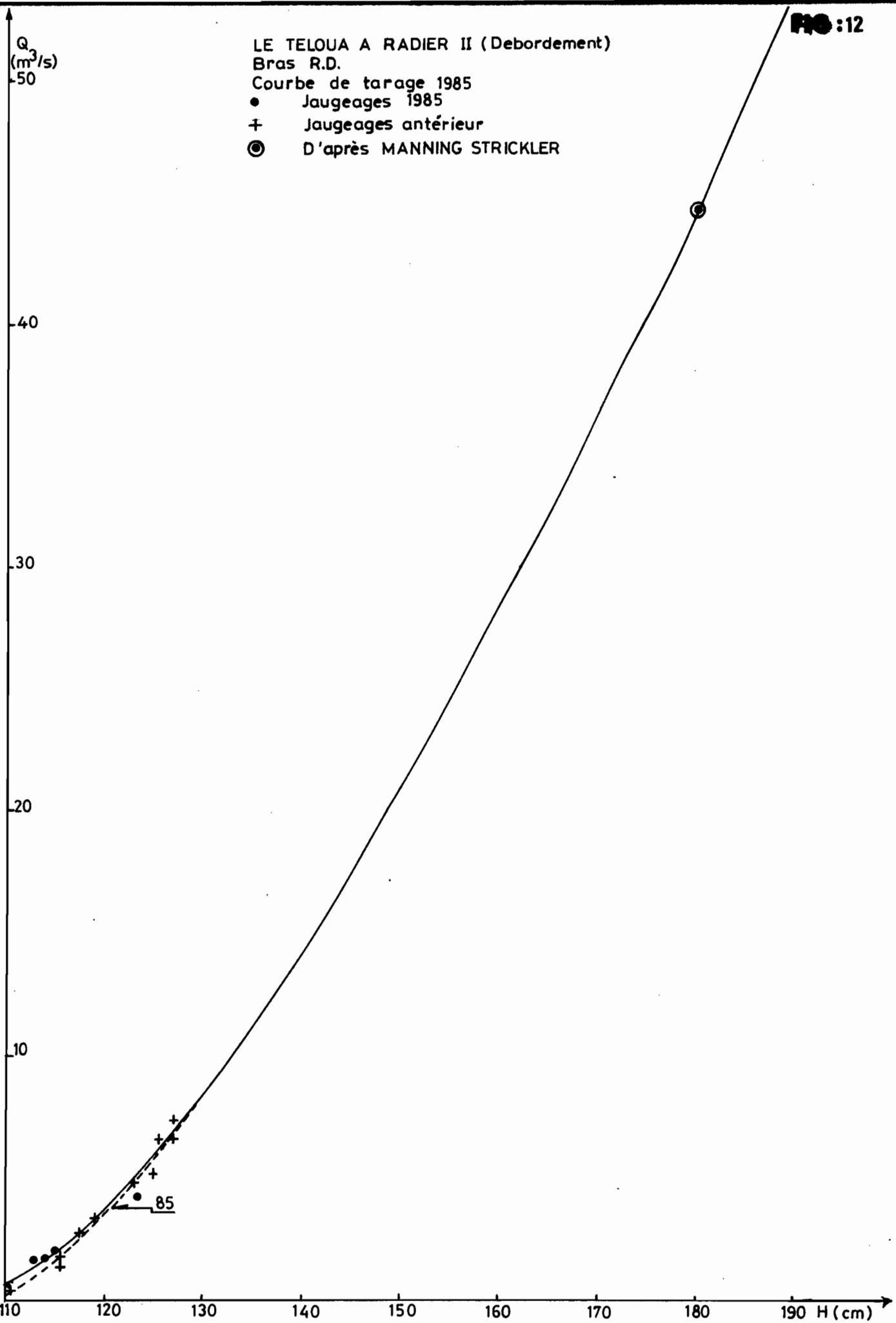
Dalot R G

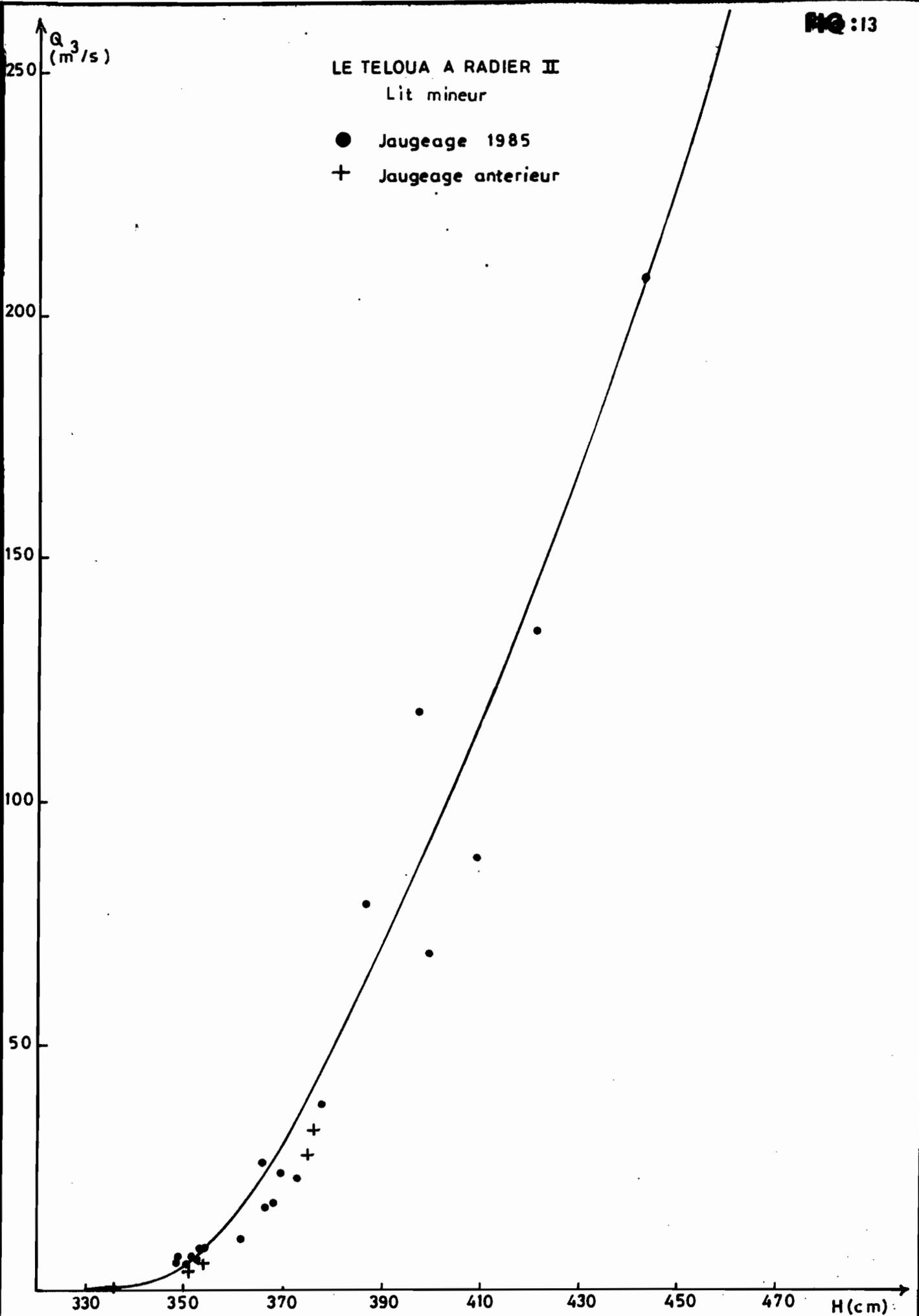
Courbe de tarage 1985 (Hautes eaux)

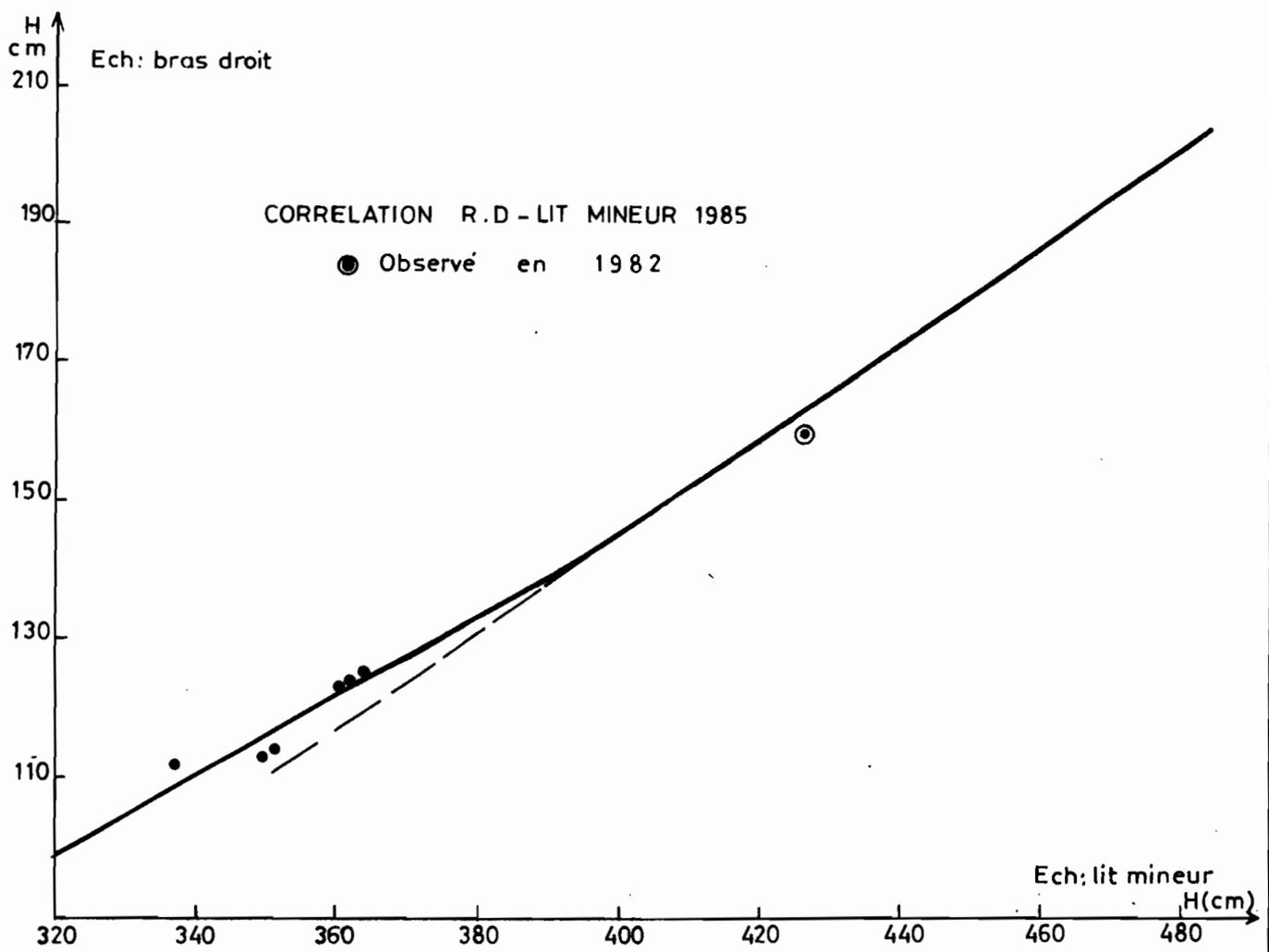
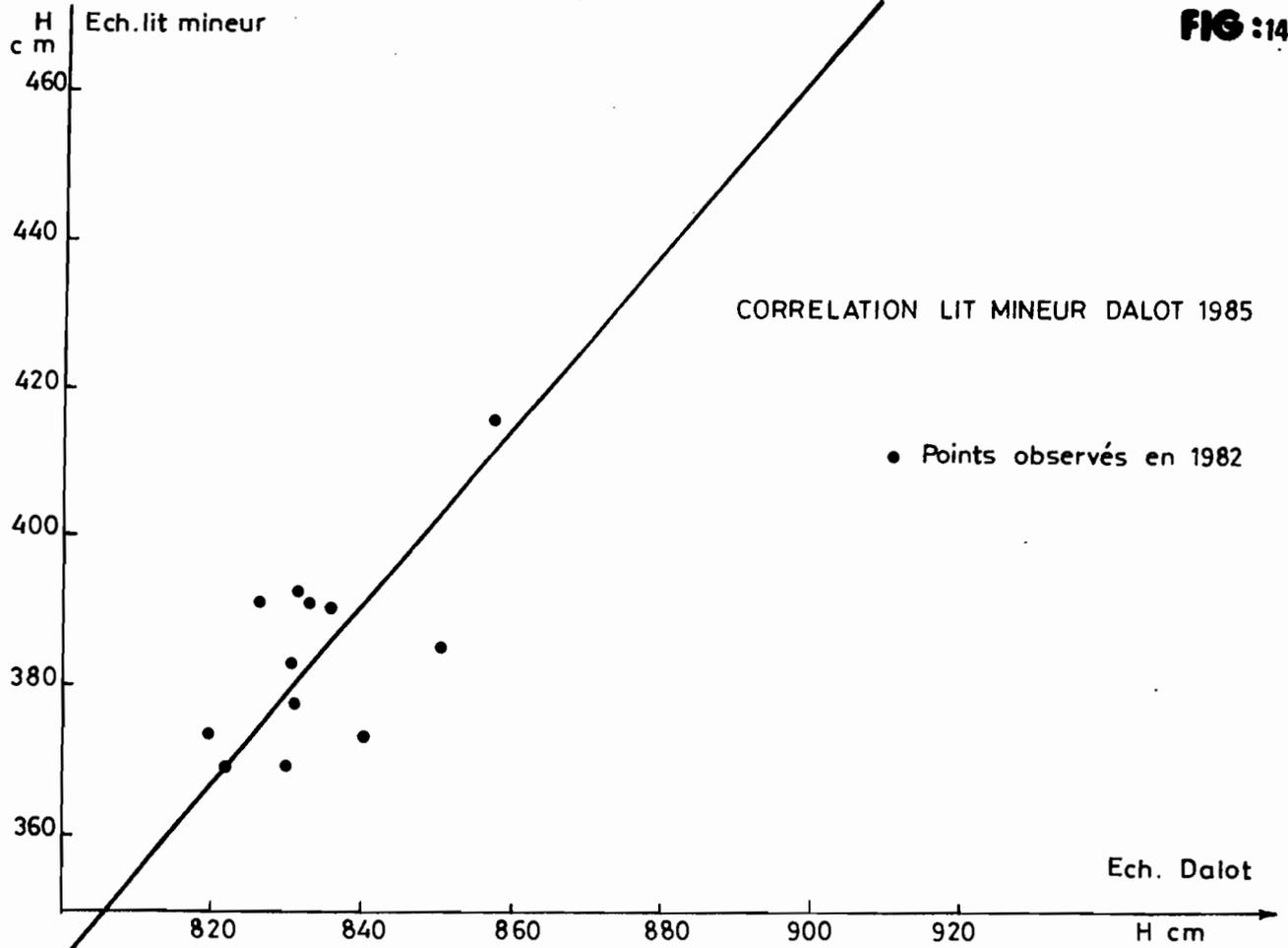
- Jaugeages 1985
- + Jaugeages anterieurs
- ⊙ D'après MANNING STRICKLER

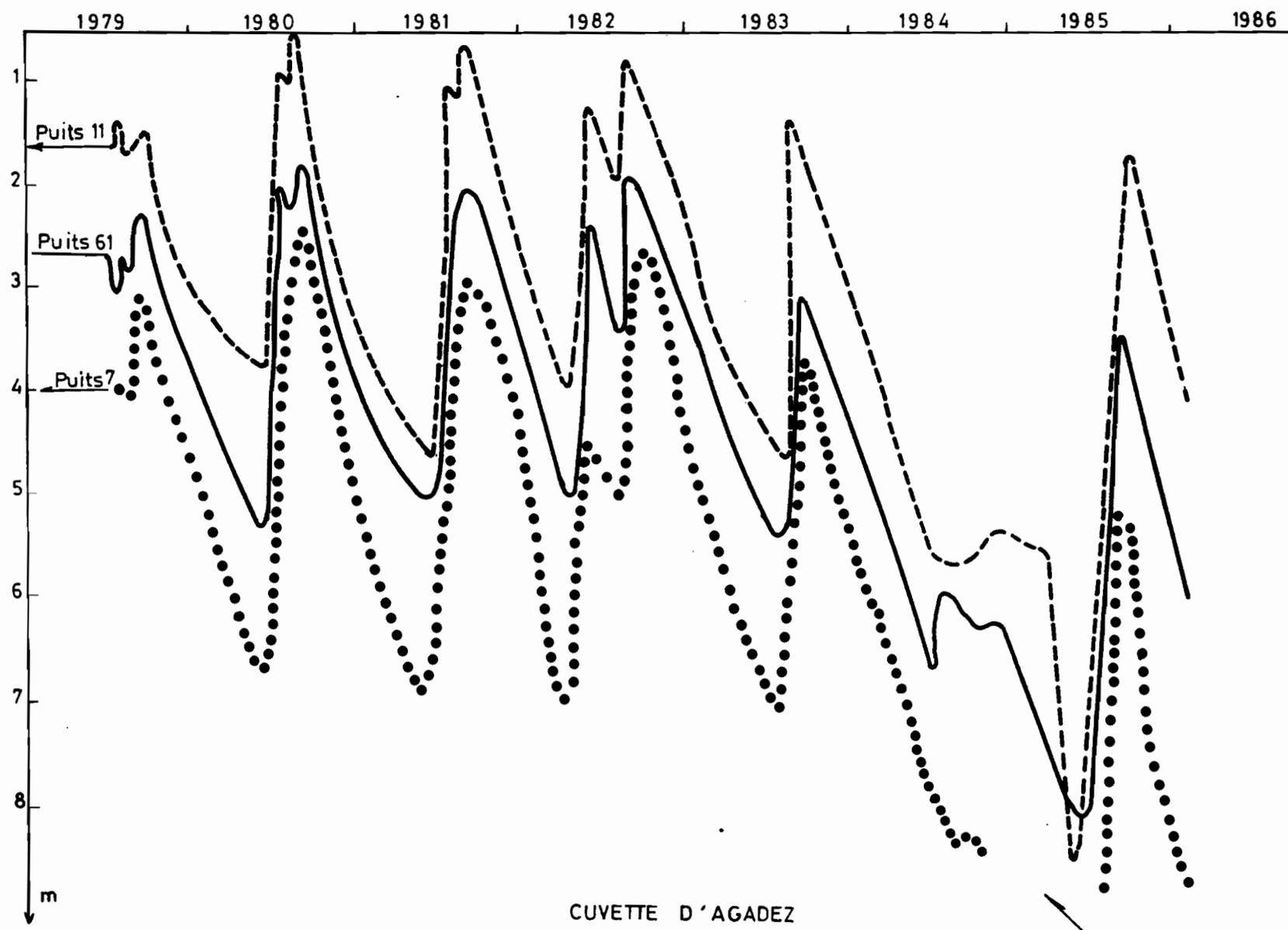


LE TELOUA A RADIER II (Debordement)
Bras R.D.
Courbe de tarage 1985
● Jaugeages 1985
+ Jaugeages antérieur
⊙ D'après MANNING STRICKLER









CUVETTE D'AGADEZ

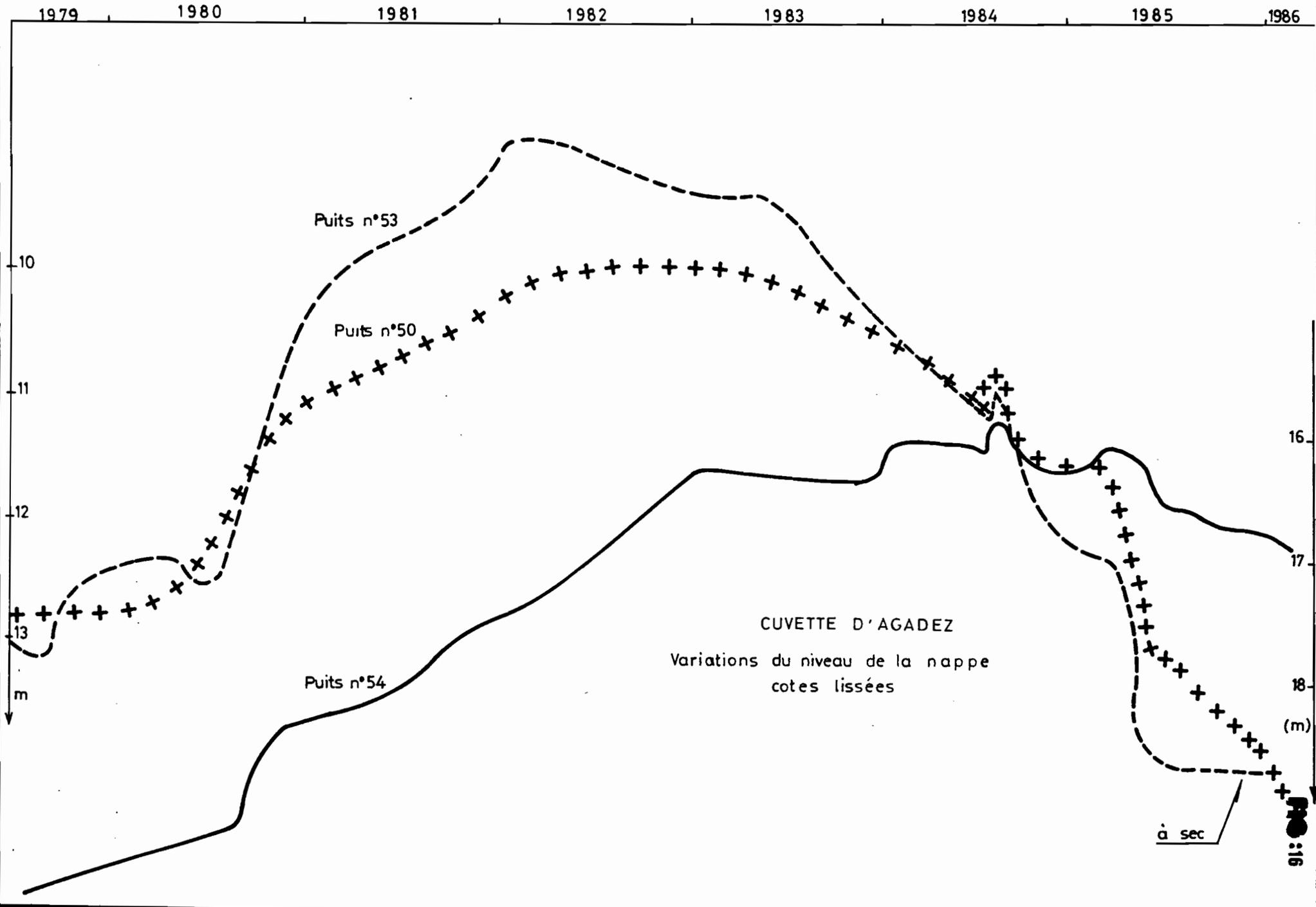
Variations du niveau de la nappe. cotes lissées

à sec



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
- POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

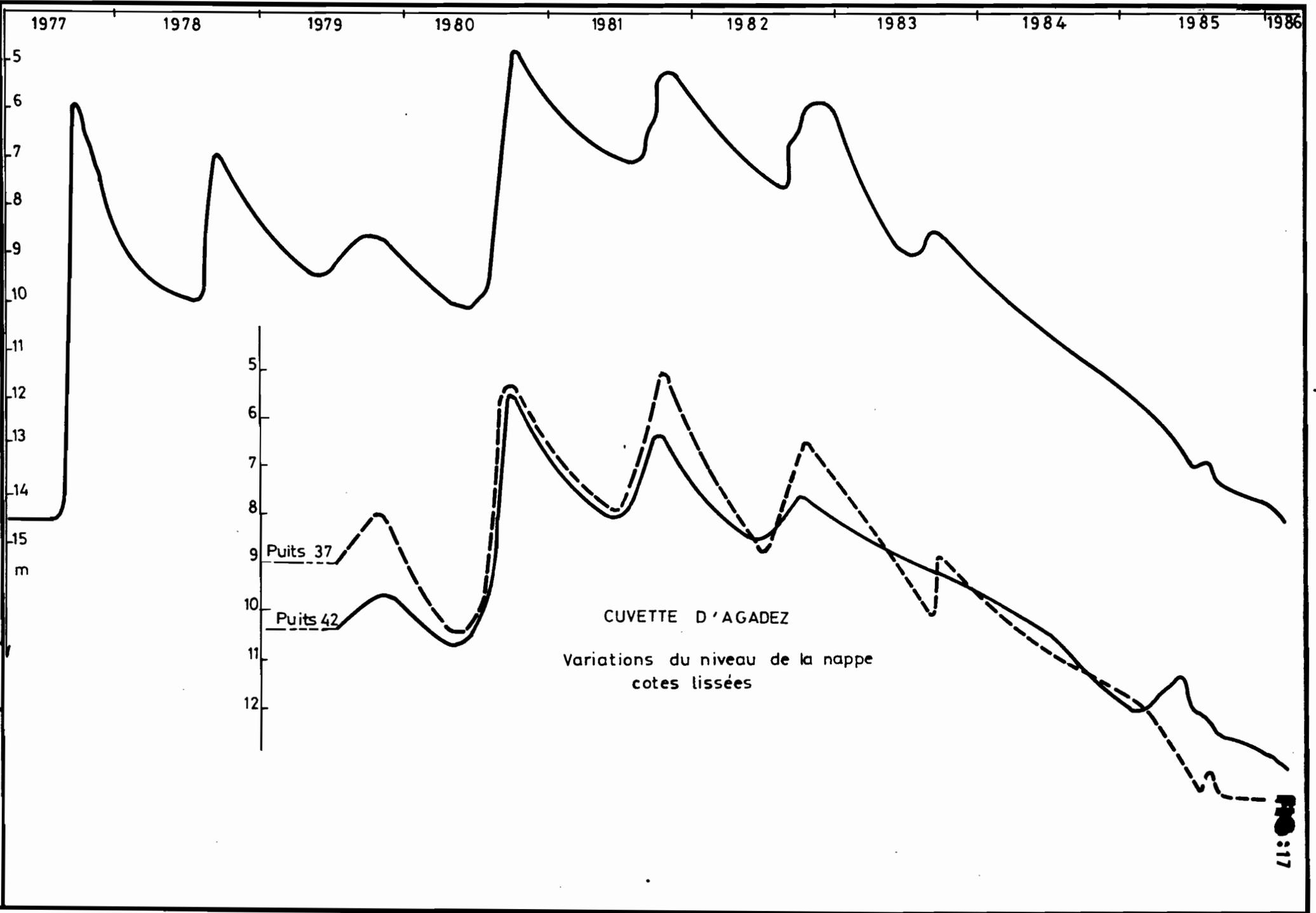
Mission au Niger

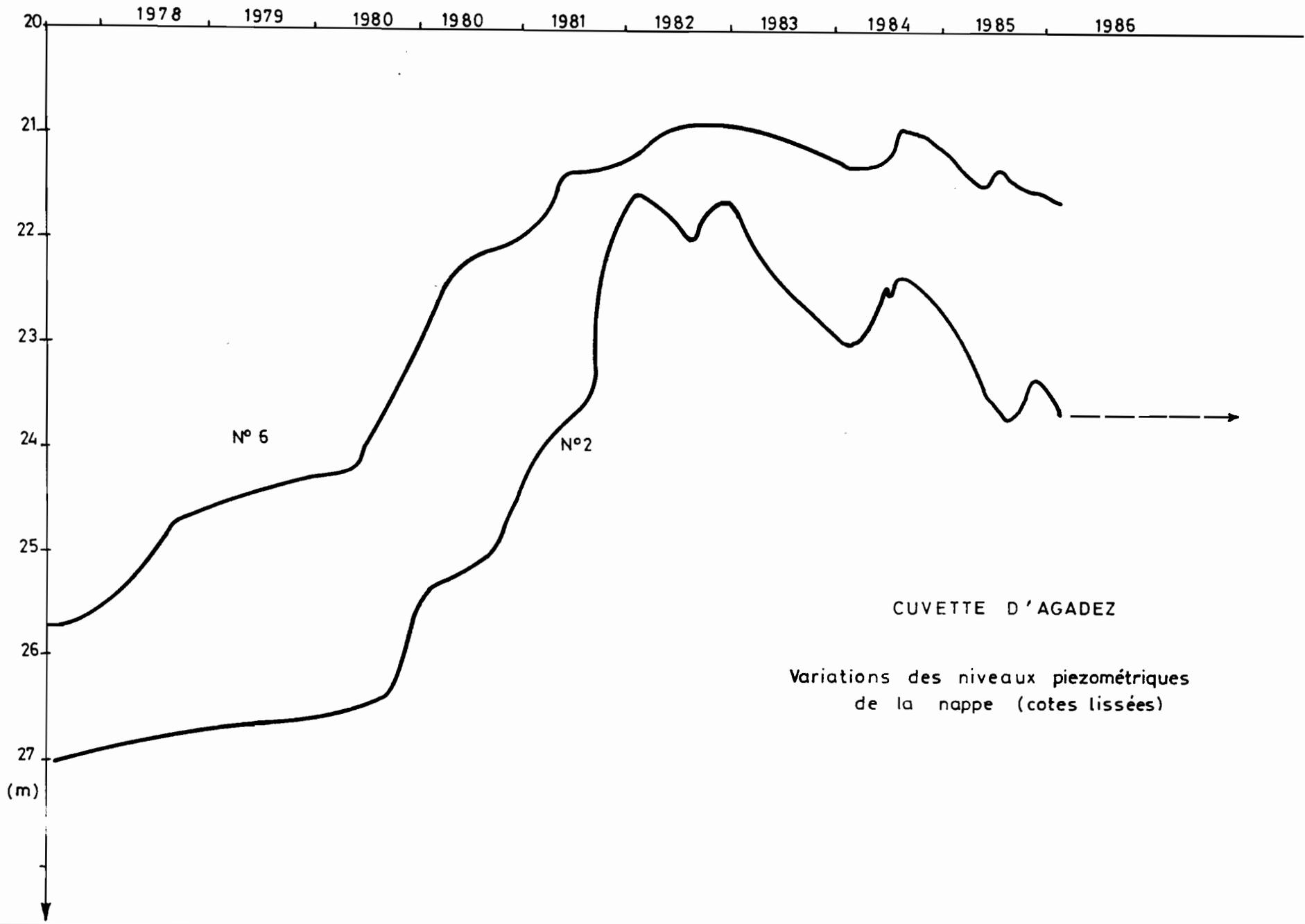


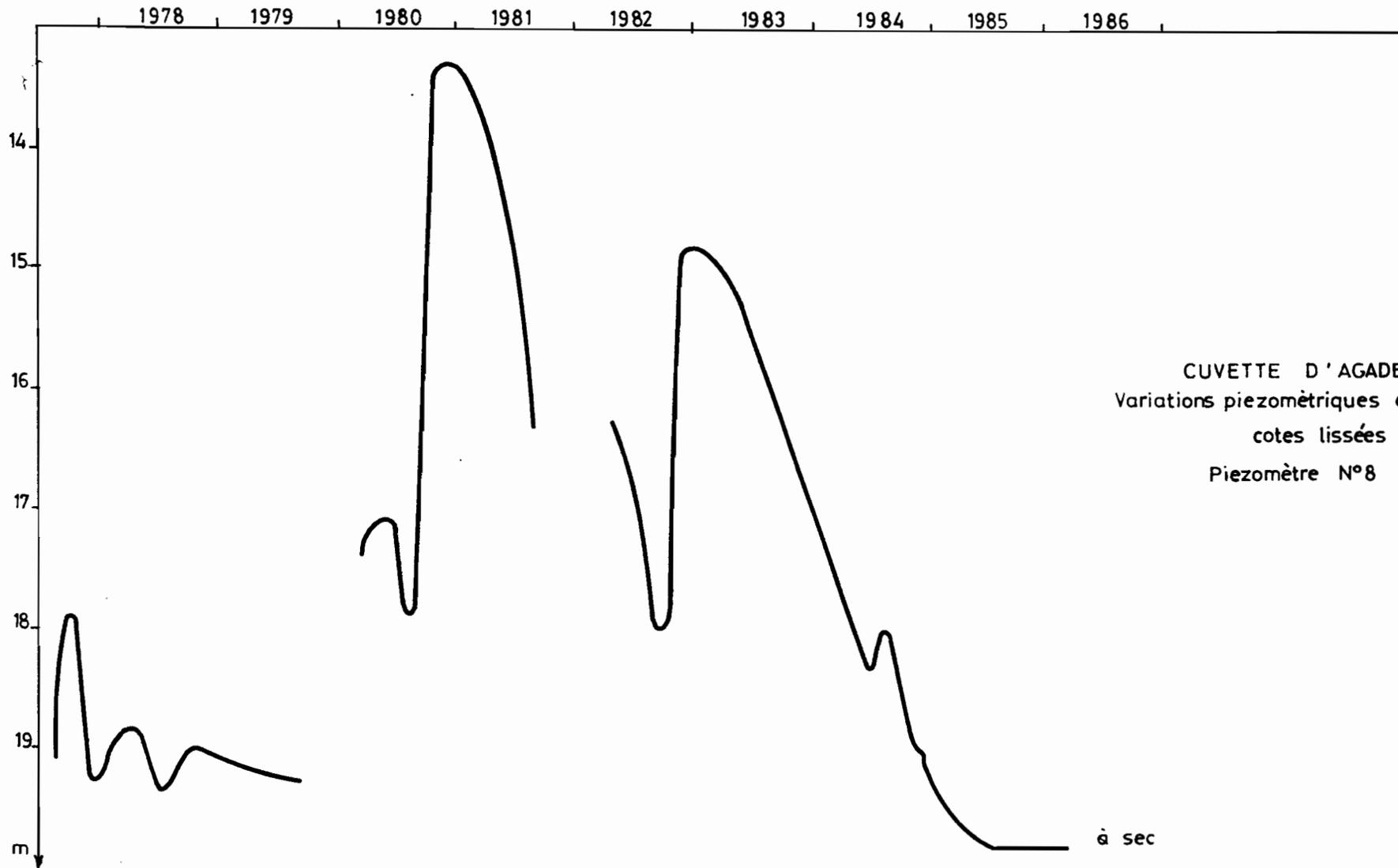


INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
- POUR LE DEVELOPEMENT EN COOPERATION

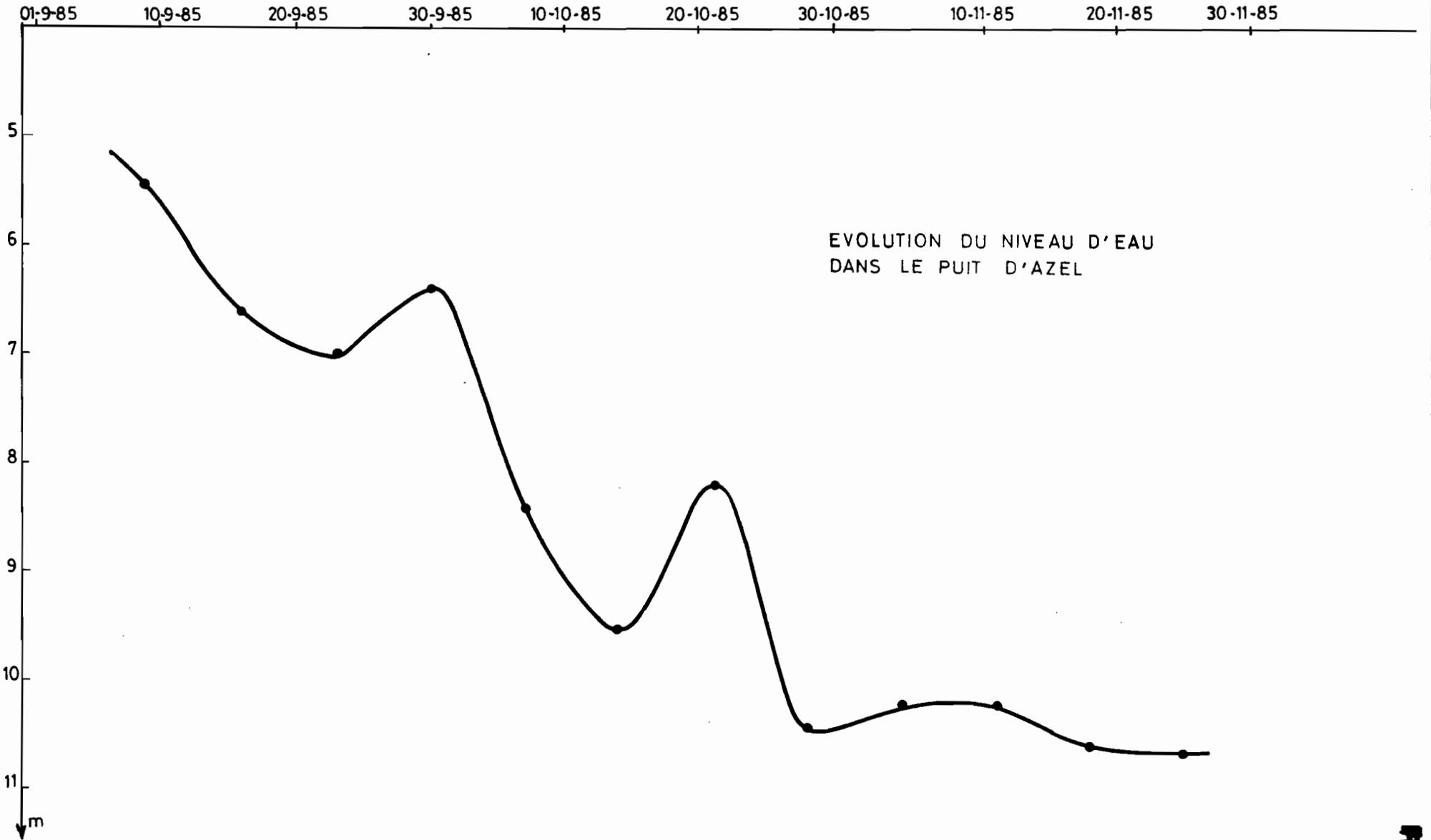
Mission au Niger







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



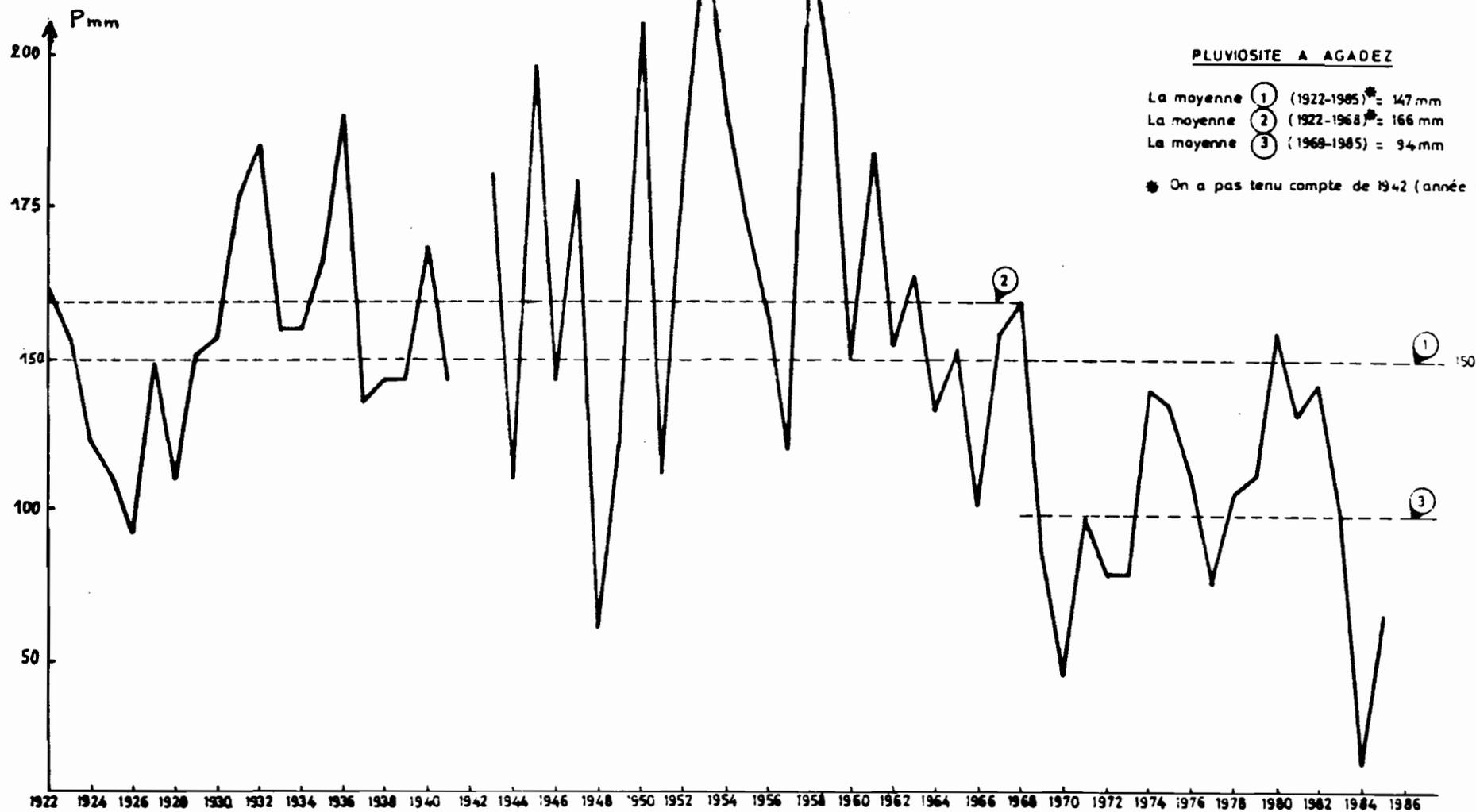


Fig:22

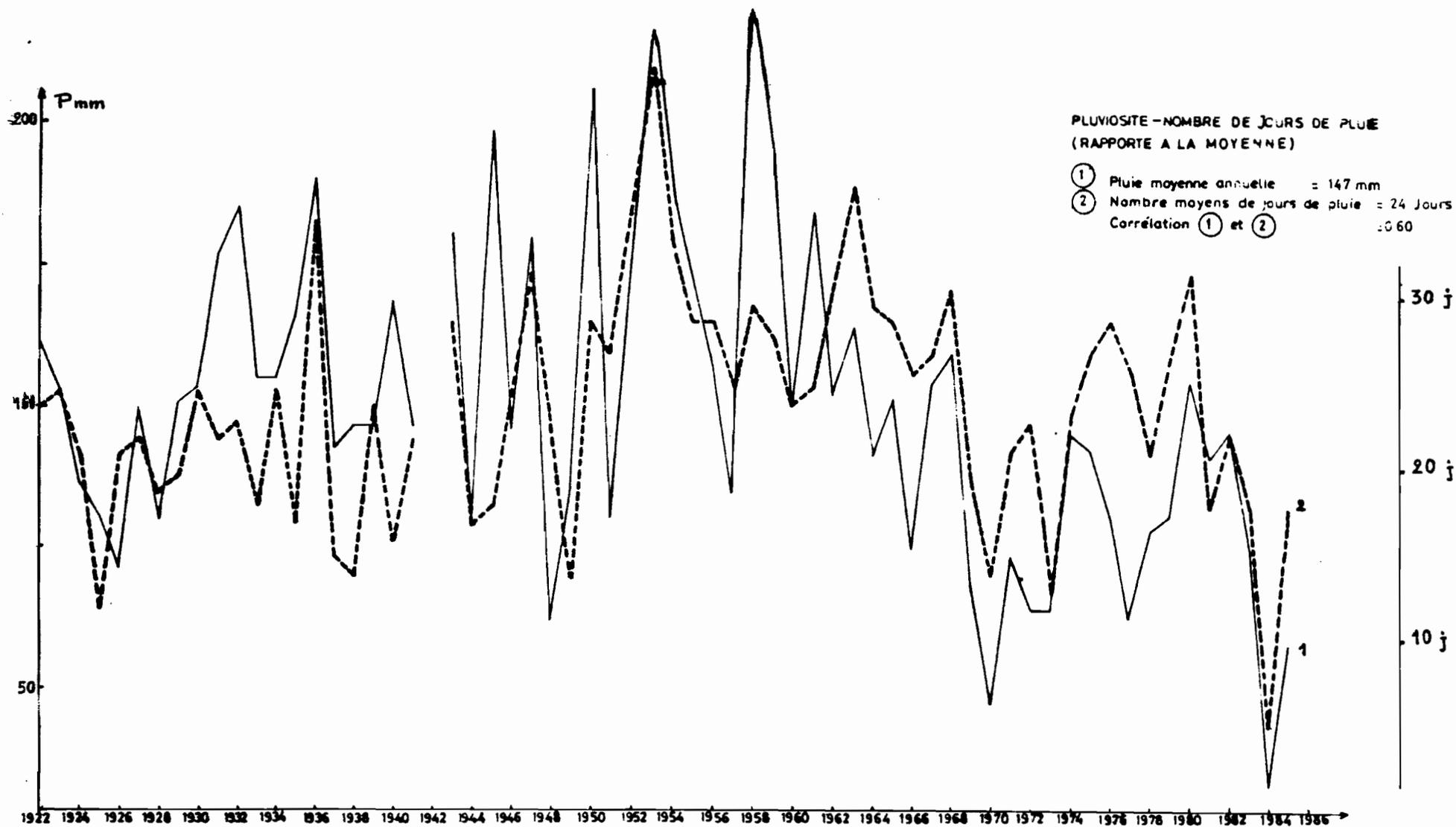
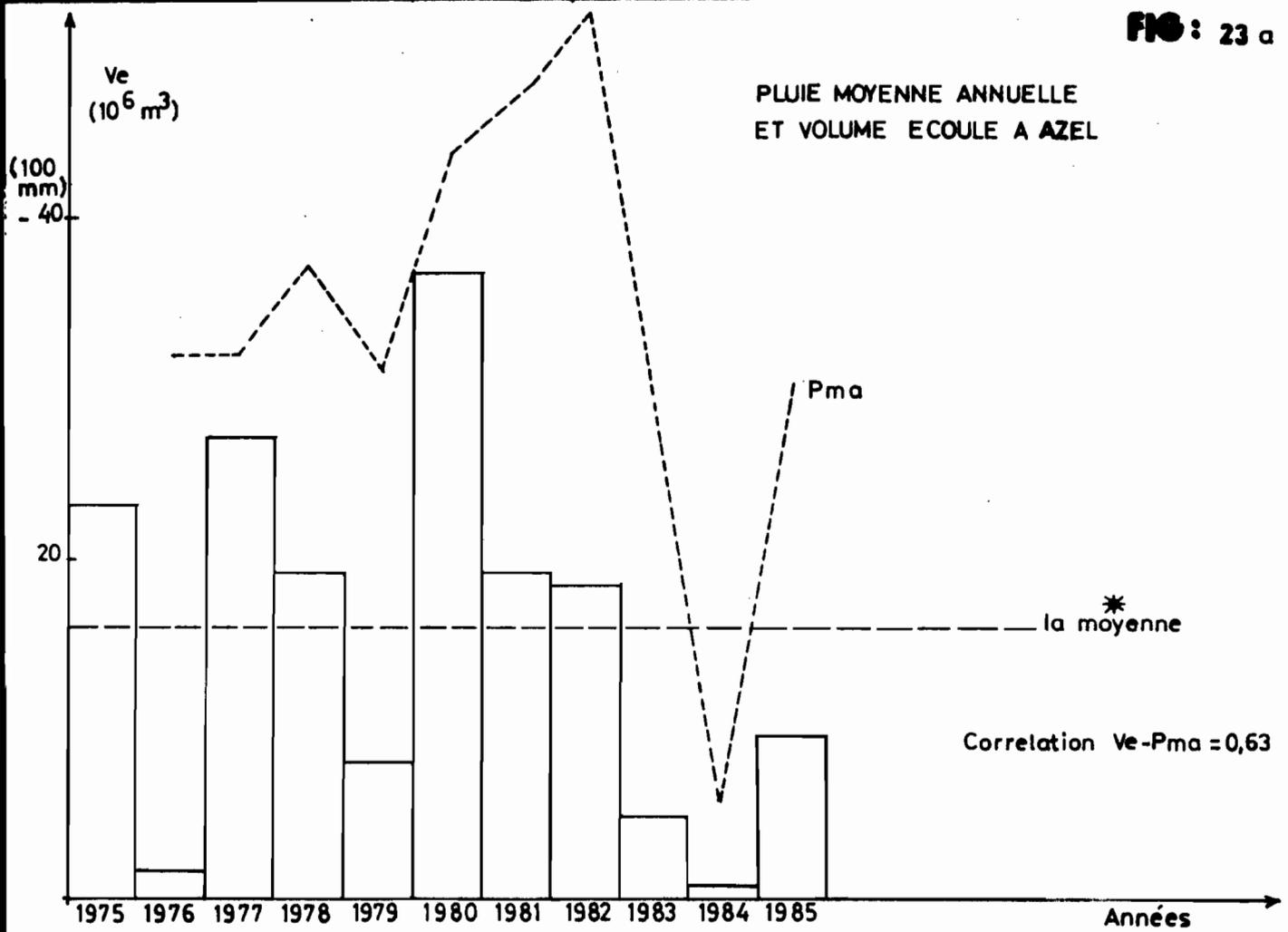
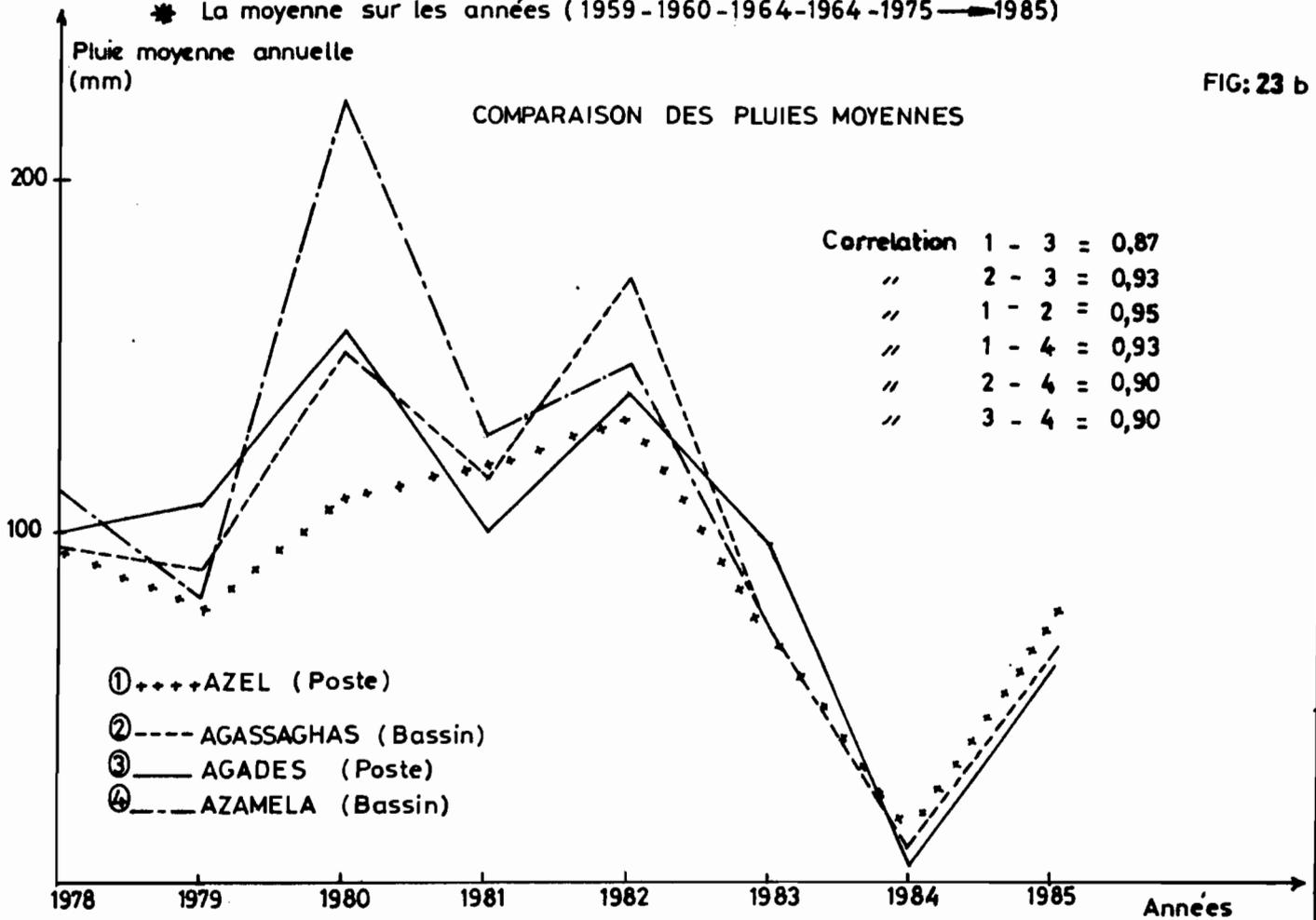


FIG: 23 a



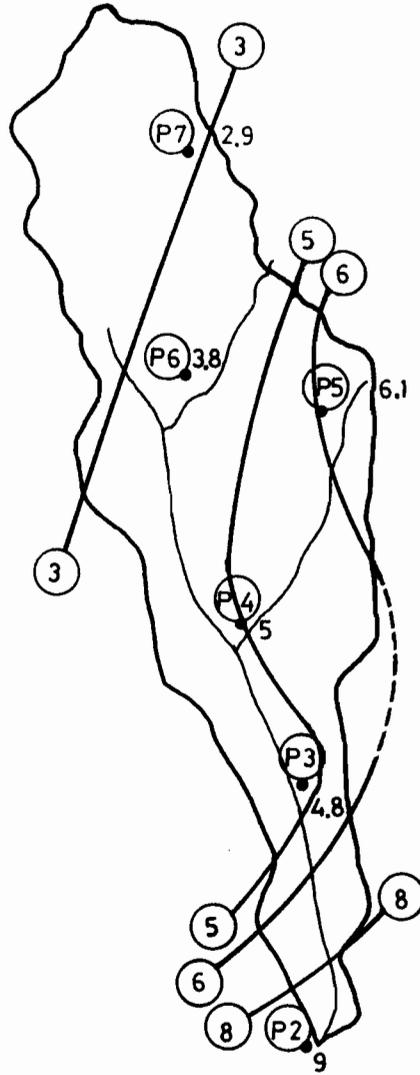
* La moyenne sur les années (1959-1960-1964-1964-1975-1985)

FIG: 23 b



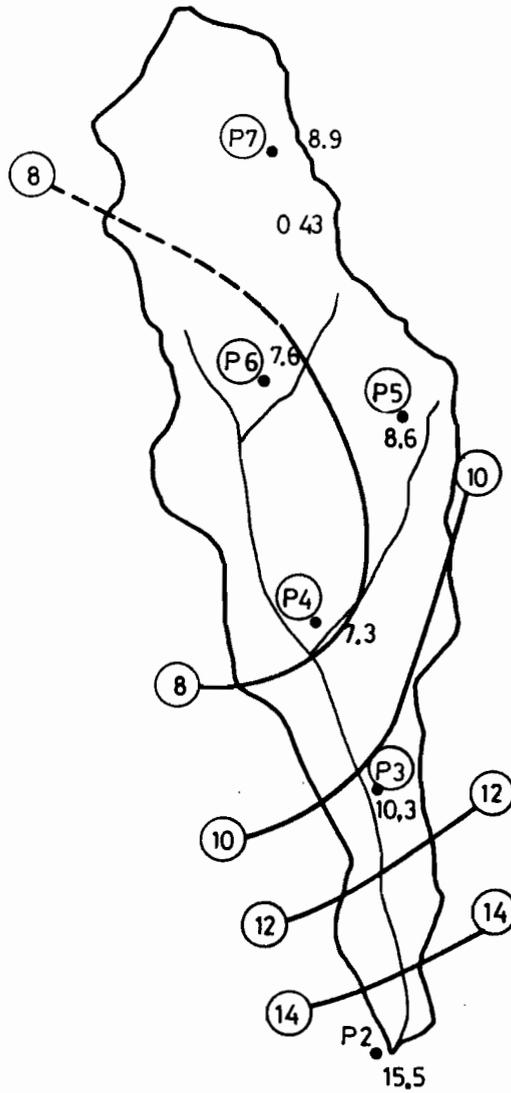
AGASSAGHAS

Isohyètes du Mois de Juin 1985



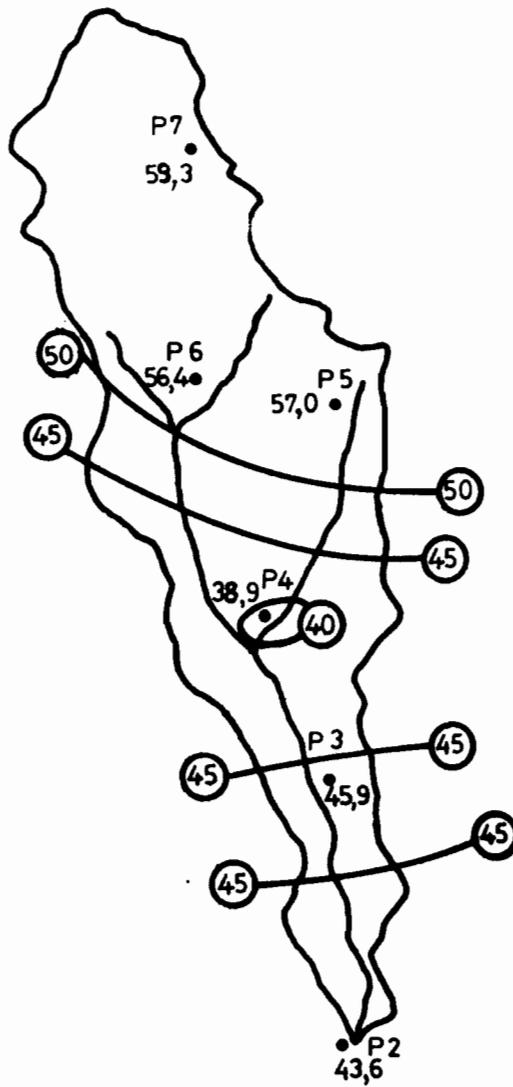
AGASSAGHAS

Isohyètes du Mois de Juillet 1985



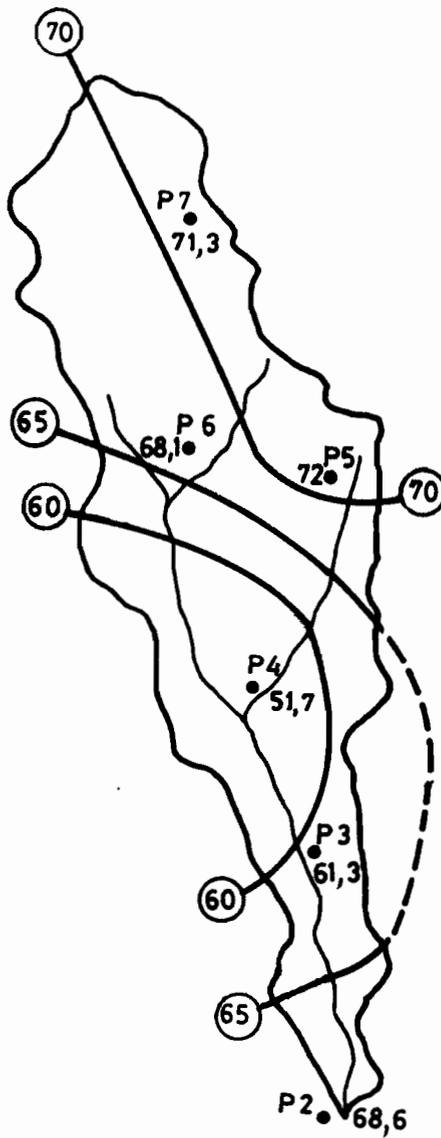
AGASSAGHAS

Isohyètes Aout 1985



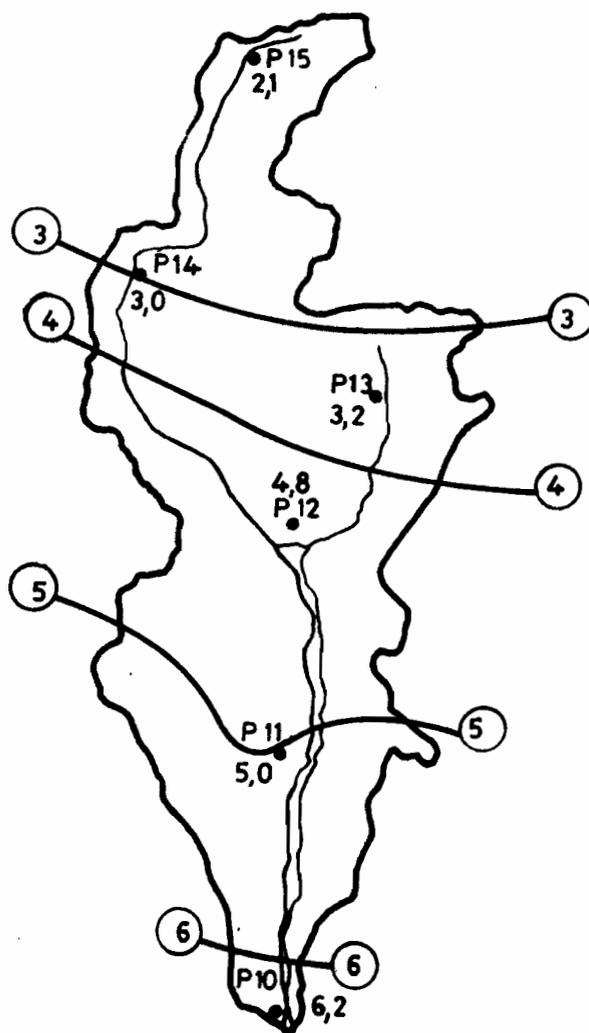
AGASSAGHAS

Isohyètes annuelle 1985



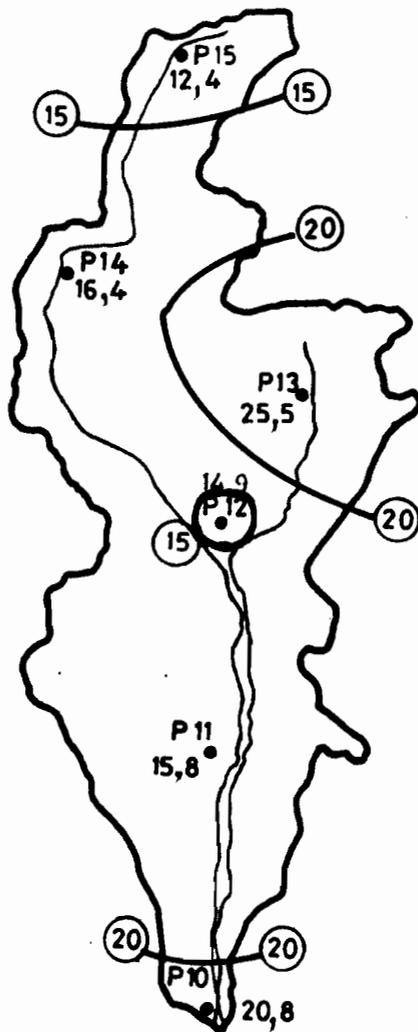
AZAMELLA

Isohyètes du mois de Juin 1985



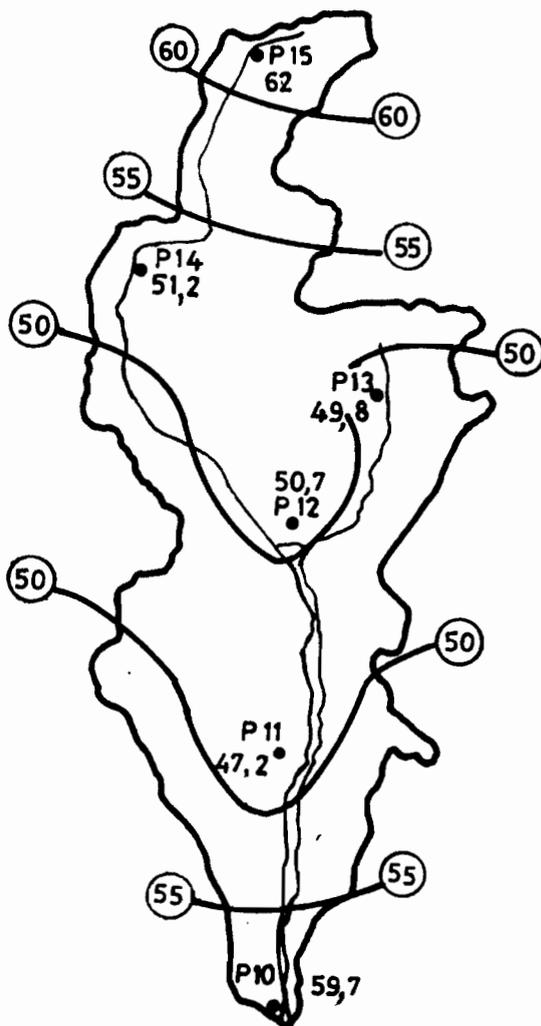
AZAMELLA

Isohyètes du mois de Juillet 1985



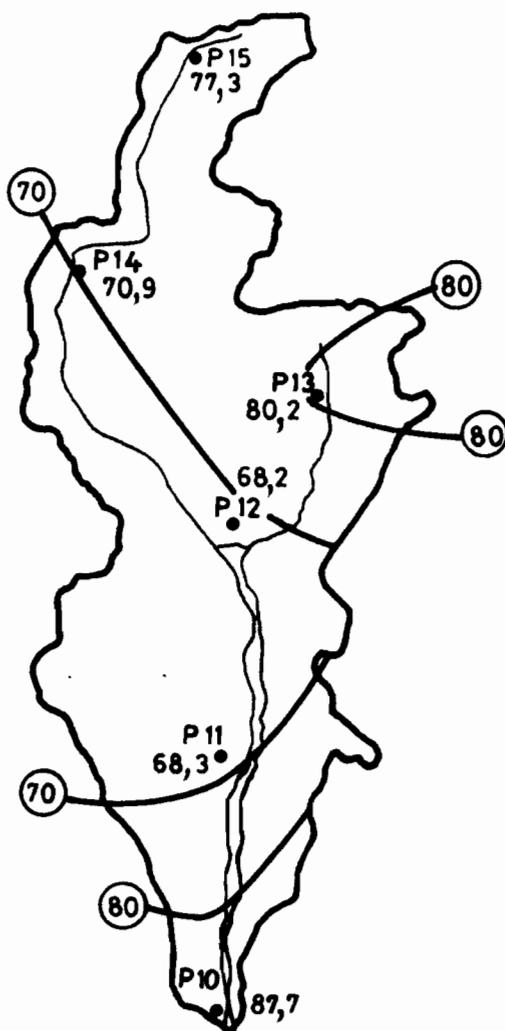
AZAMELLA

Isohyètes du mois d'Août 1985



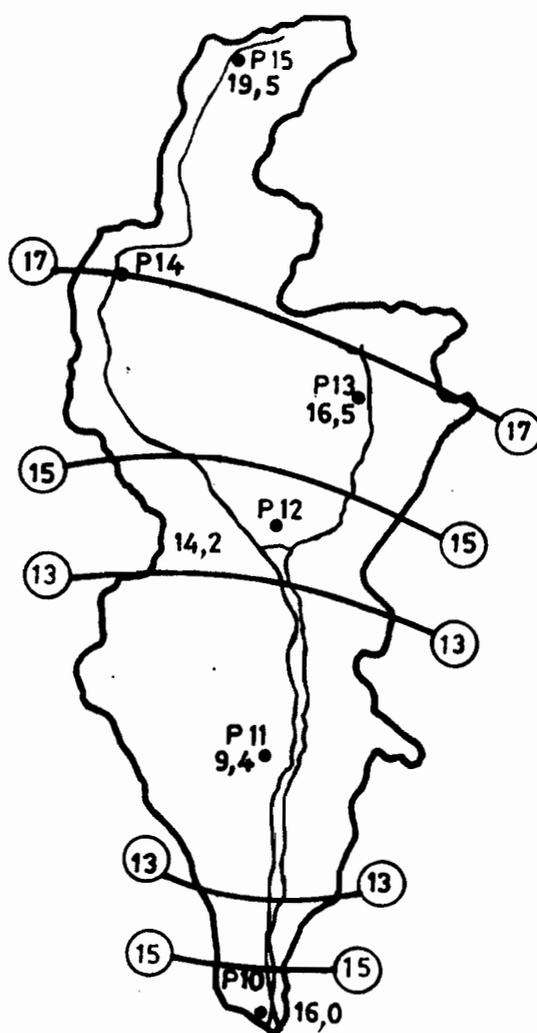
AZAMELLA

Isohyètes annuelle 1985



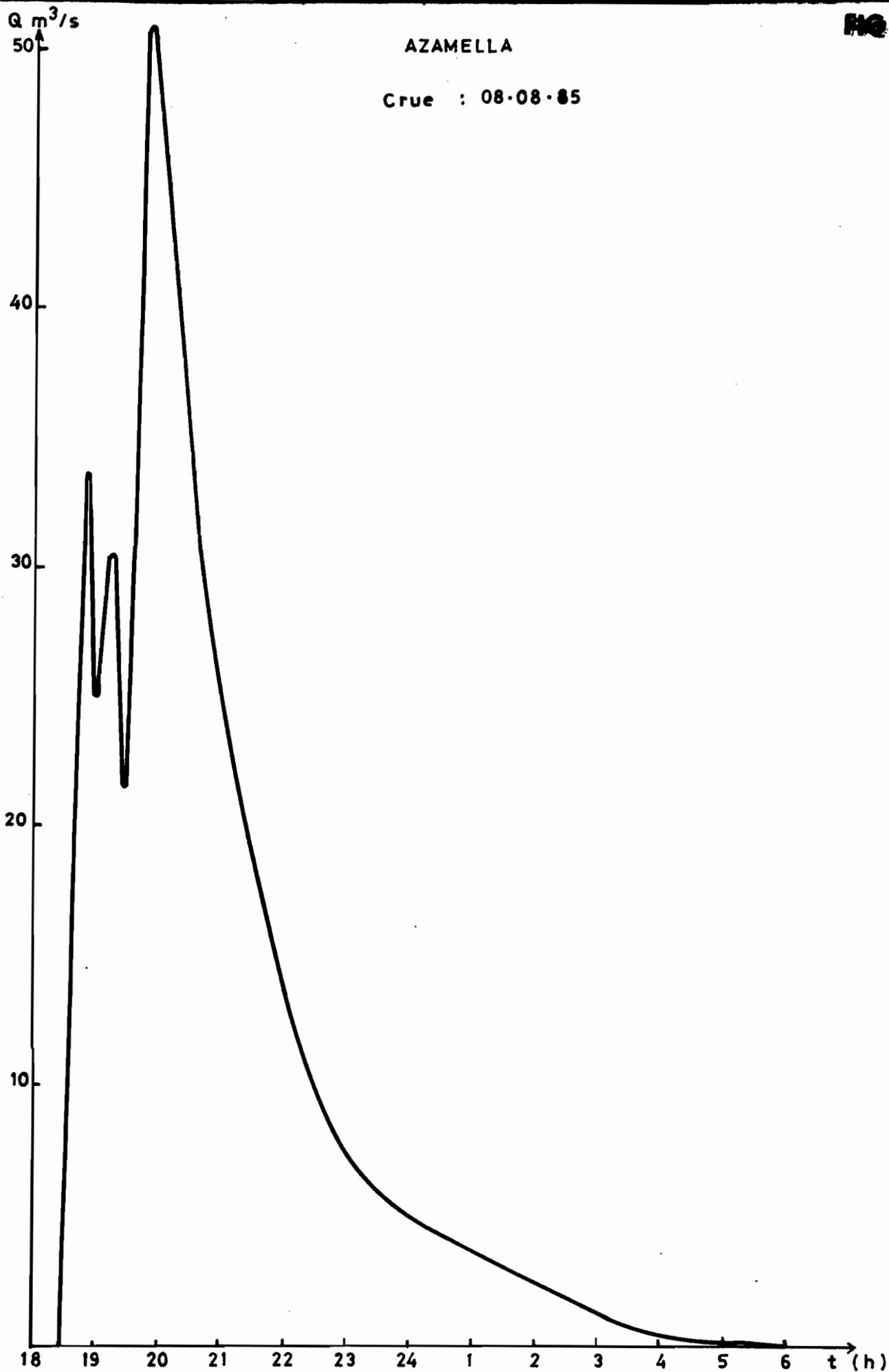
AZAMELLA

Isohyète averse 8-8-1985



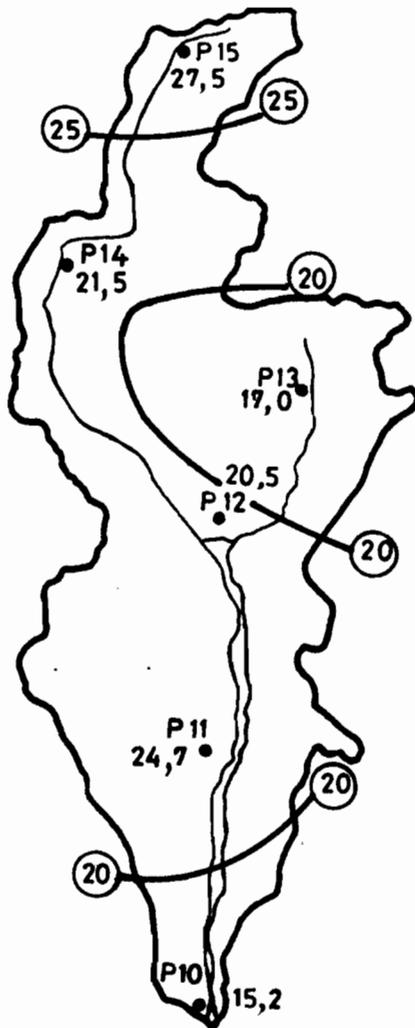
AZAMELLA

Crue : 08-08-85



AZAMELLA

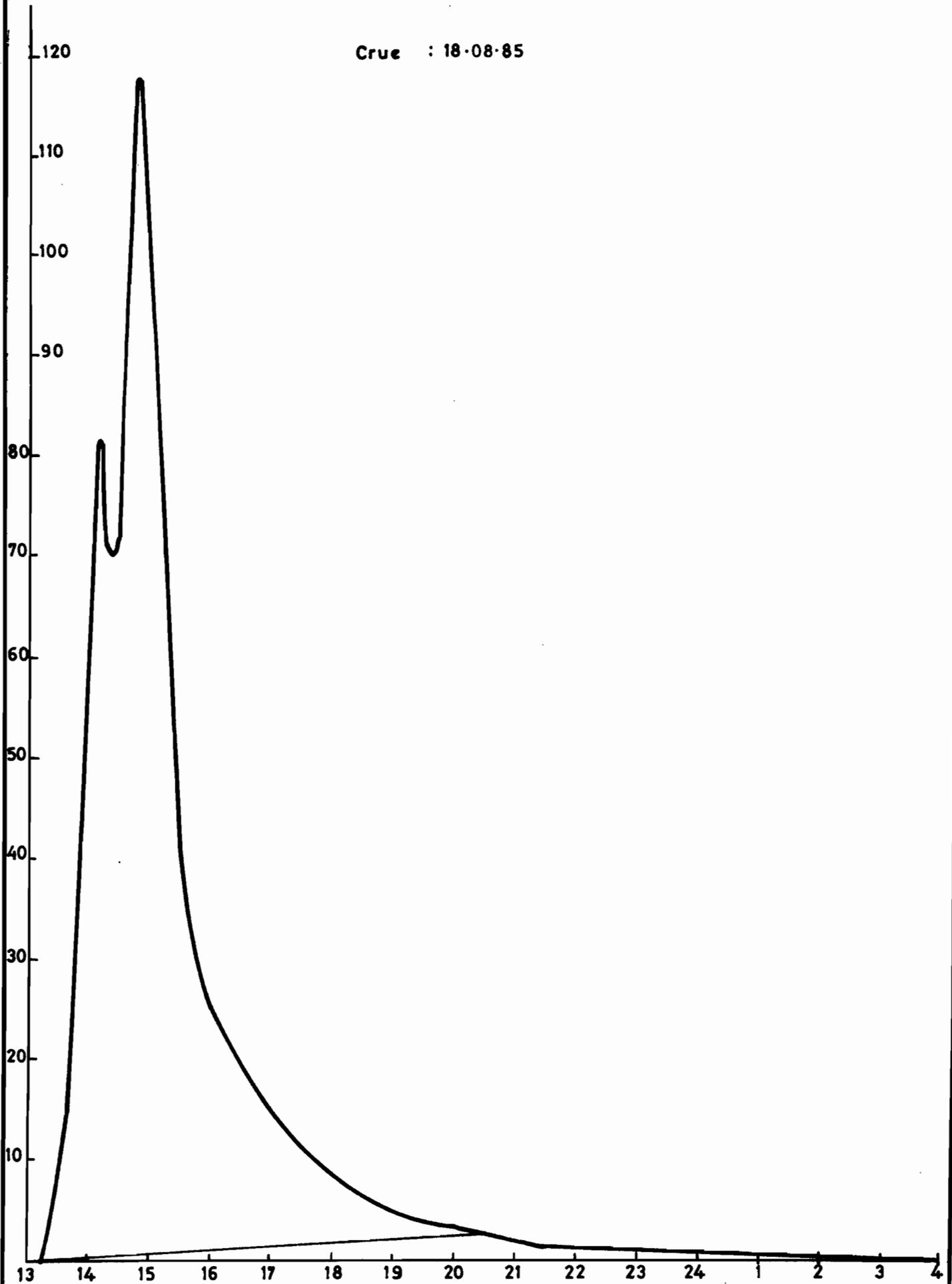
Isohyètes de l'averse 18-8-1985



Q(m³/s)

AZAMELLA

Crue : 18-08-85



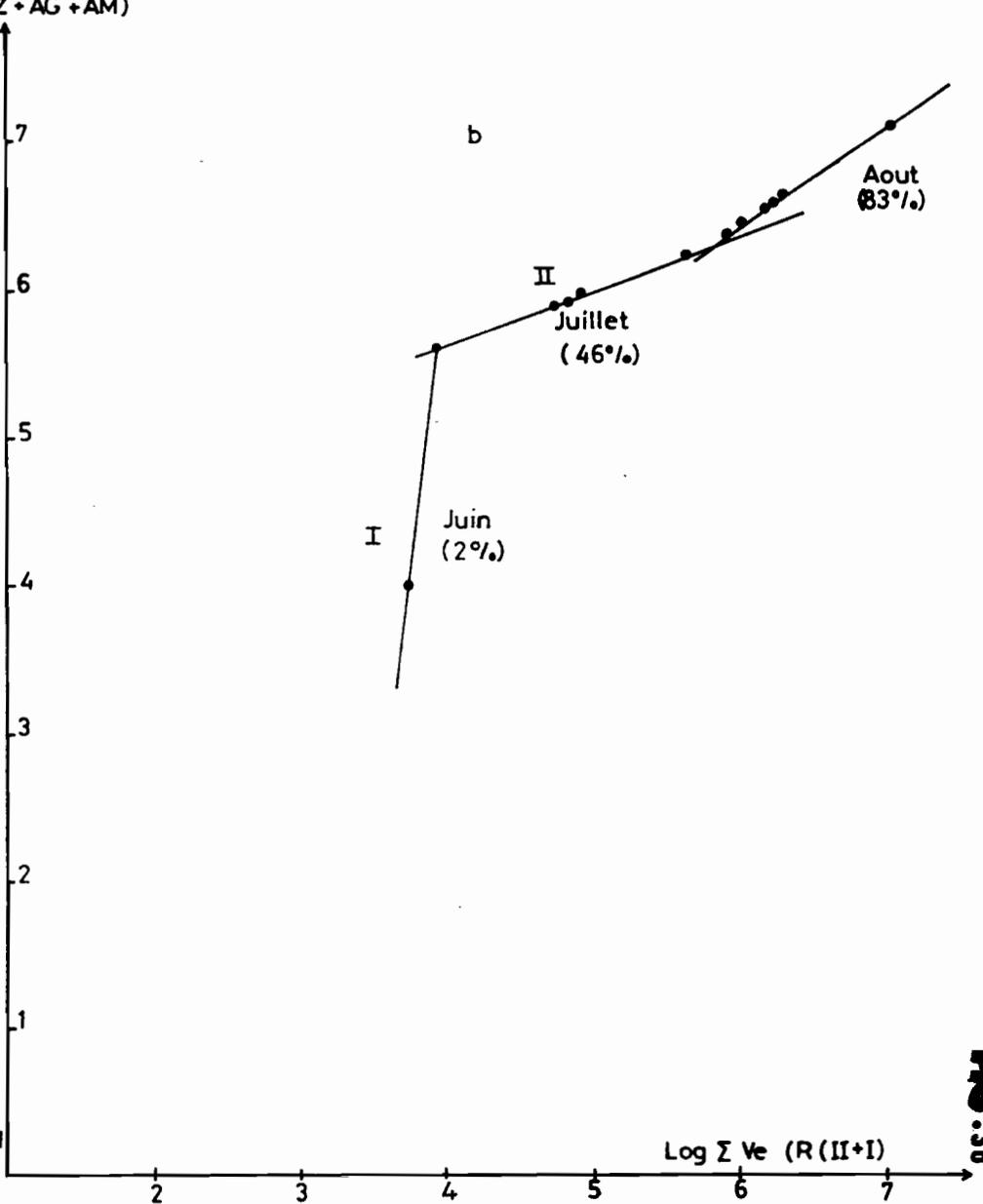
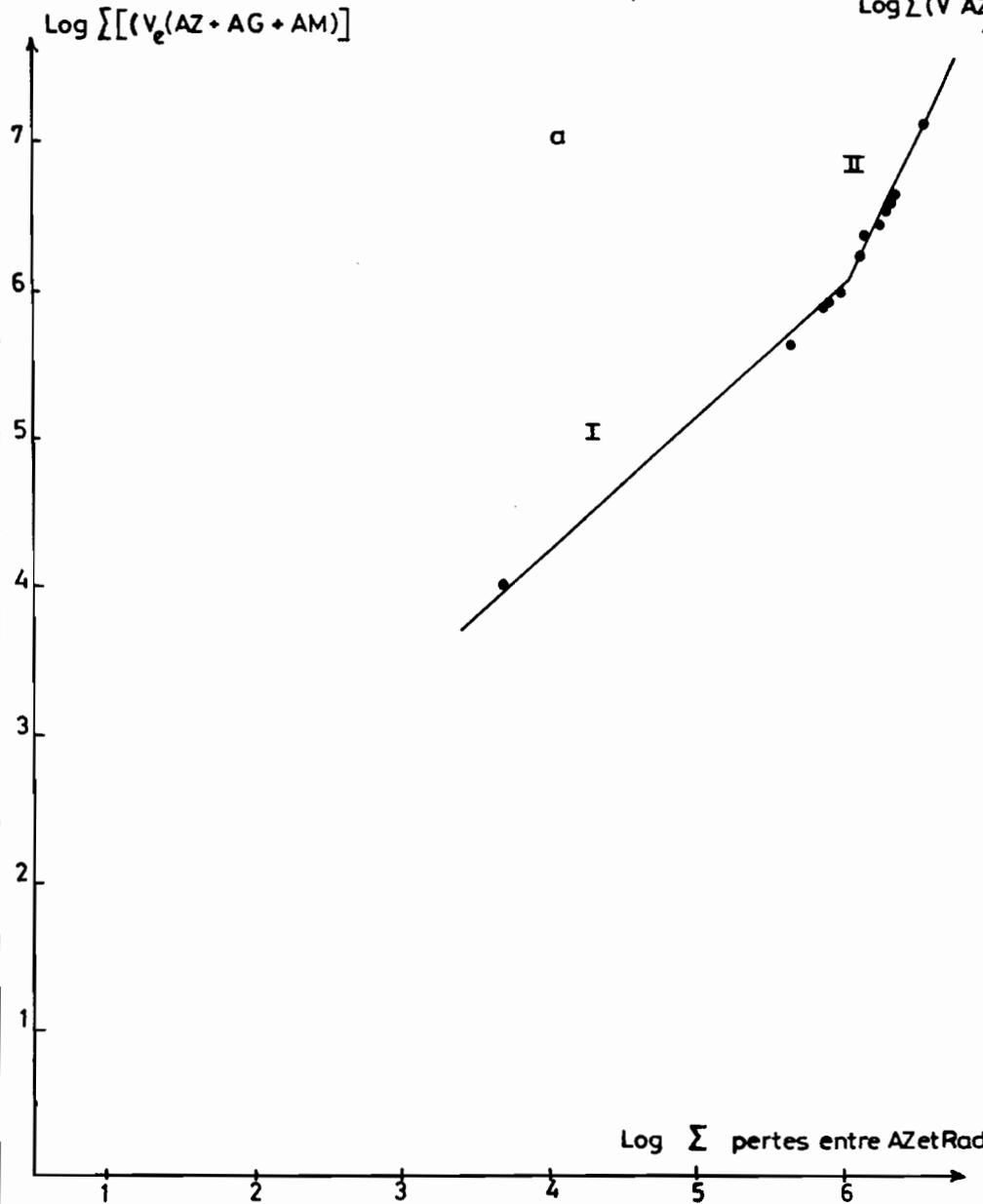


INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
- POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Mission au Niger

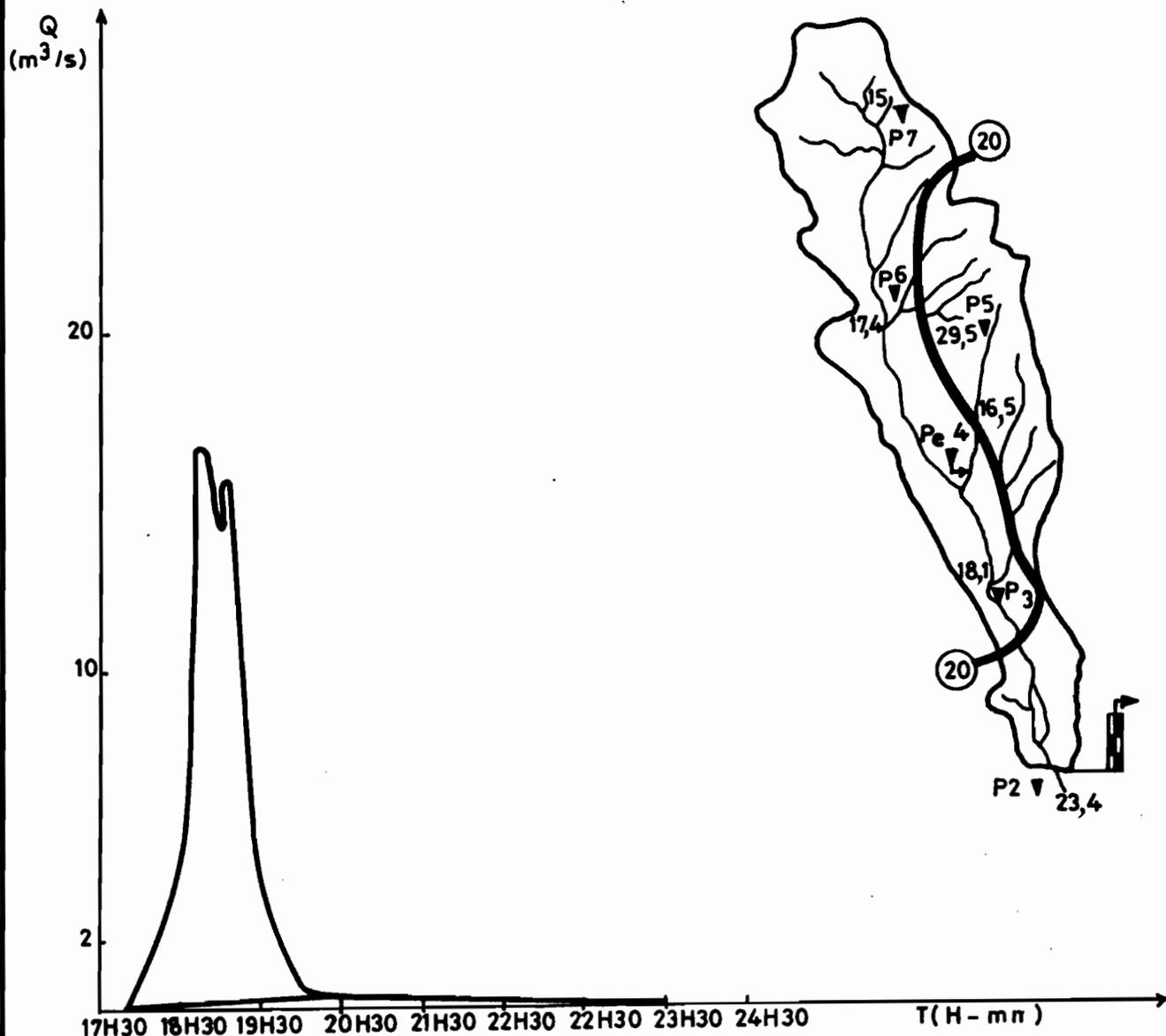
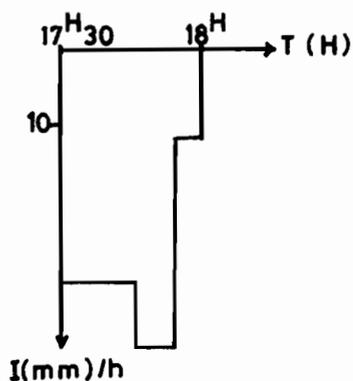
CUVETTE D'AGADEZ

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



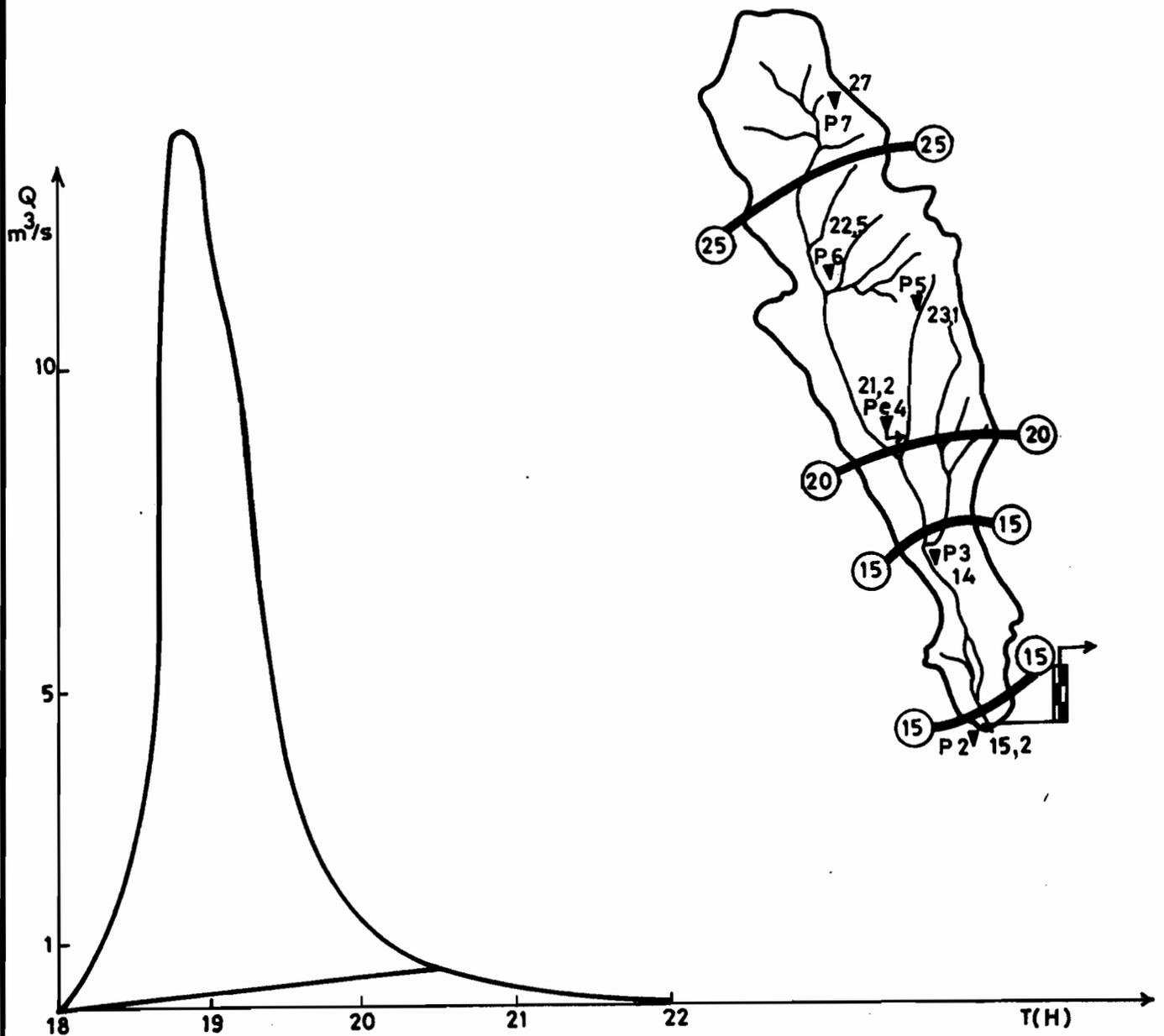
BASSIN VERSANT D' AGASSAGHAS

Crue du 19/7/81



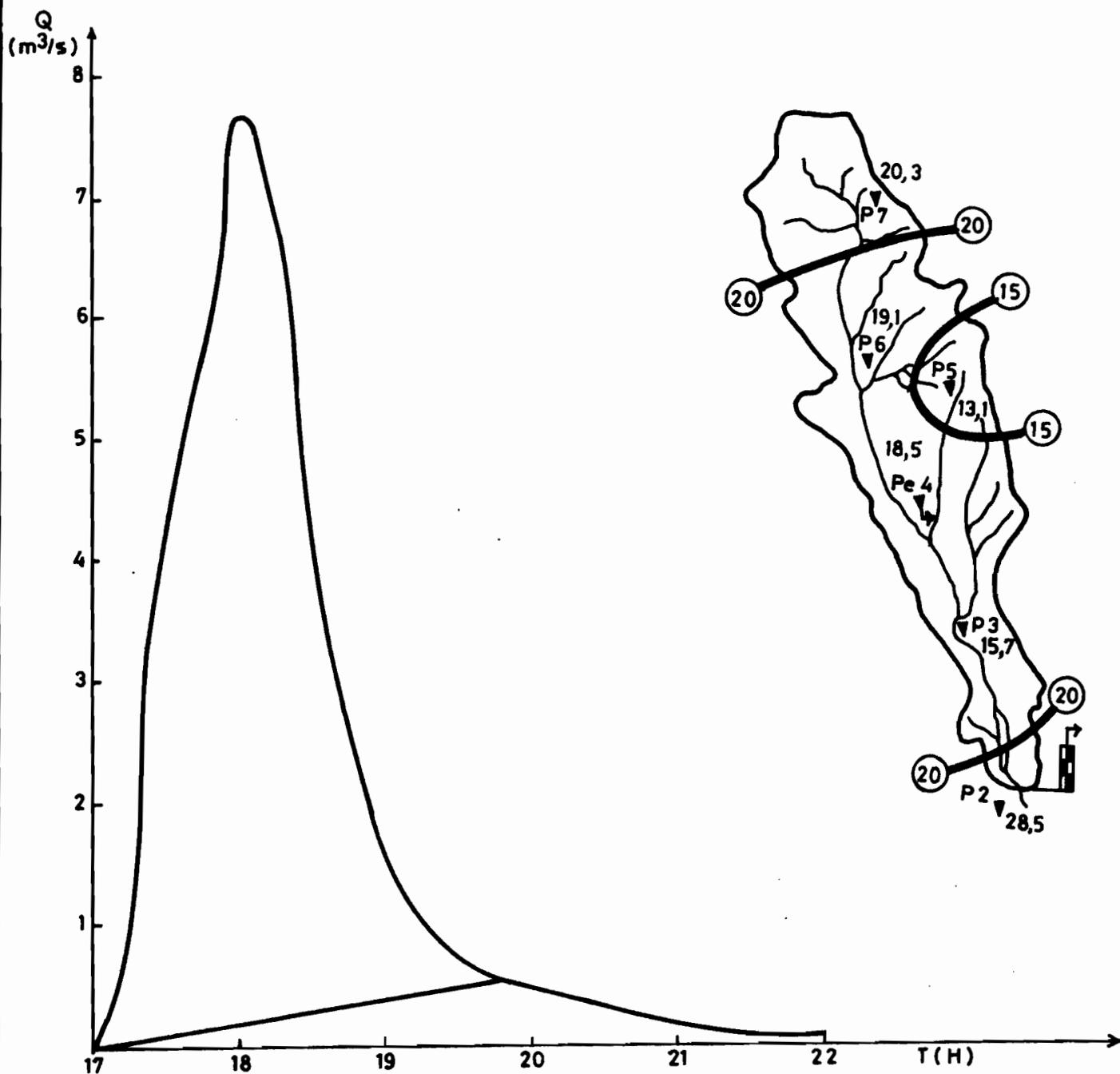
BASSIN VERSANT D'AGASSAGHAS

Crue du 9/8/82



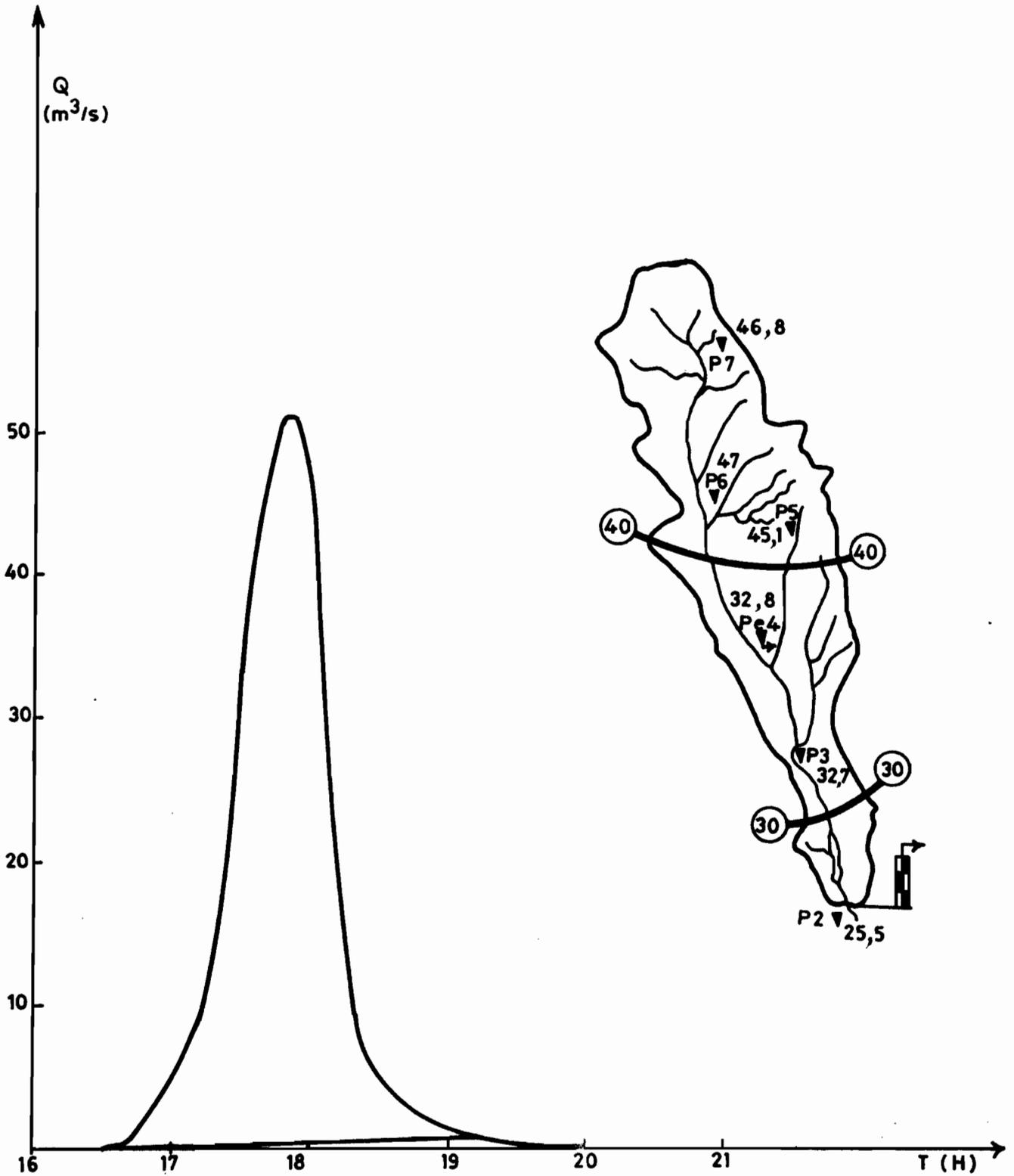
BASSIN VERSANT D'AGASSAGHAS

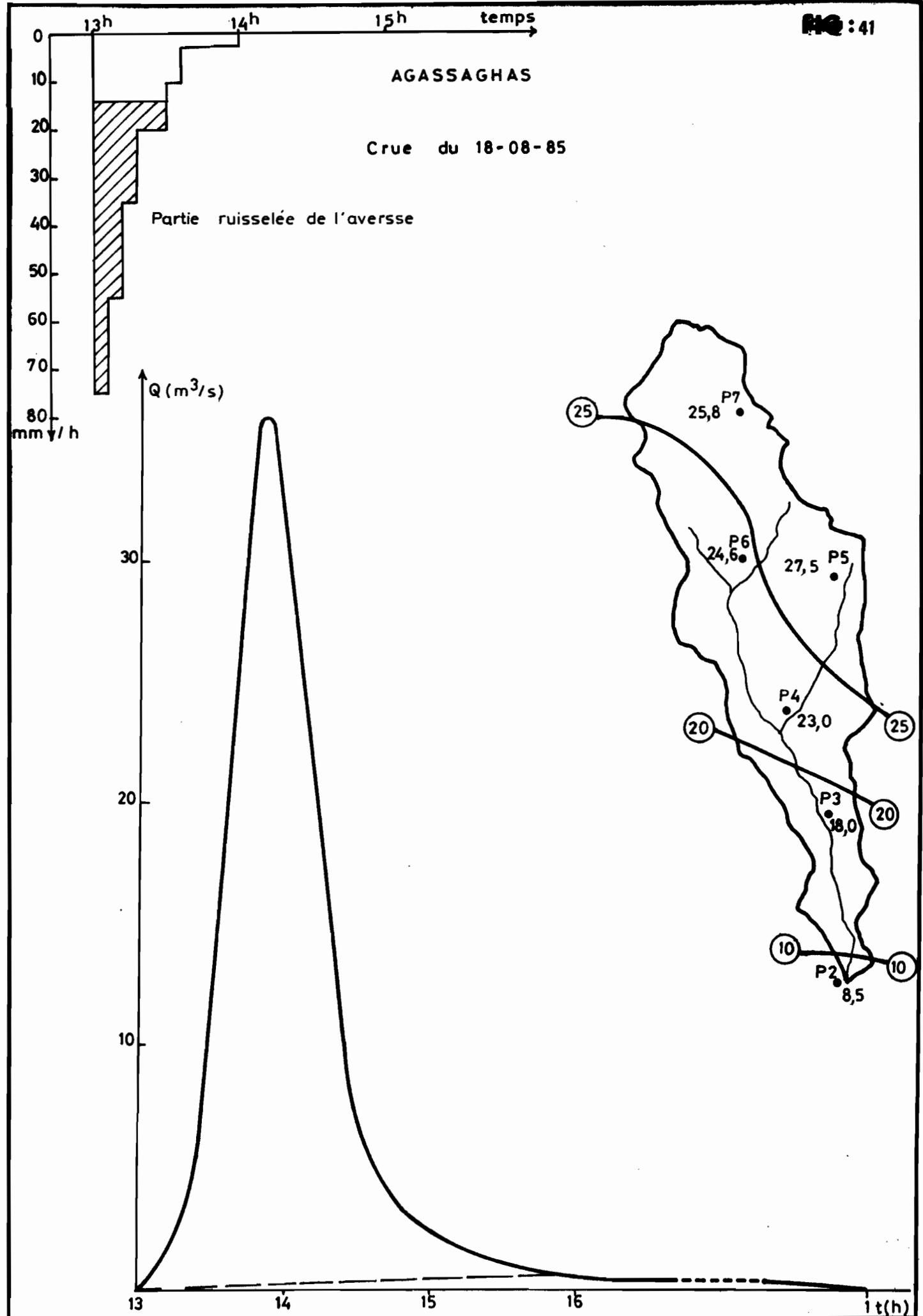
Crue du 12/8/82



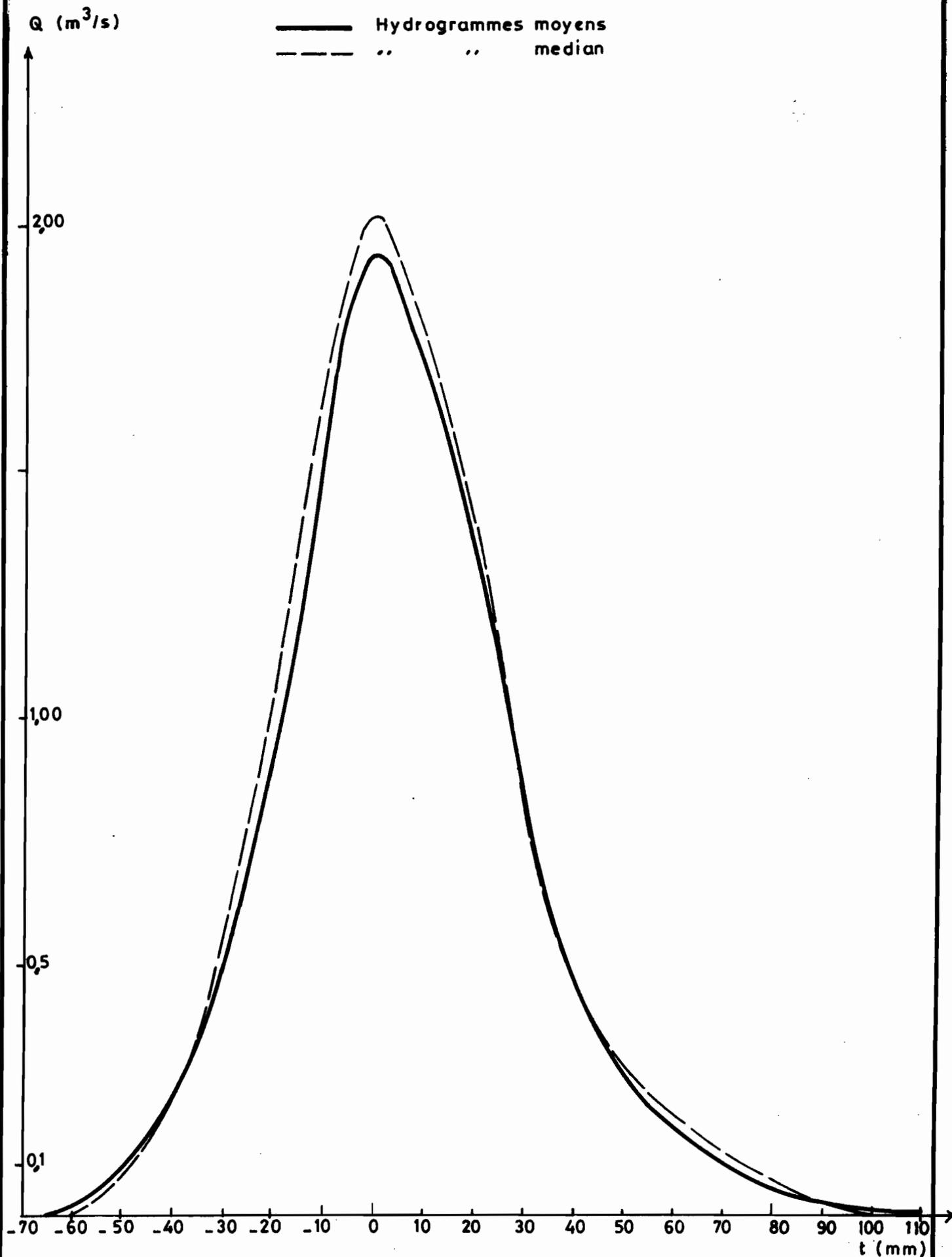
BASSIN VERSANT D'AGASSAGHAS

Crue du 31/8/82



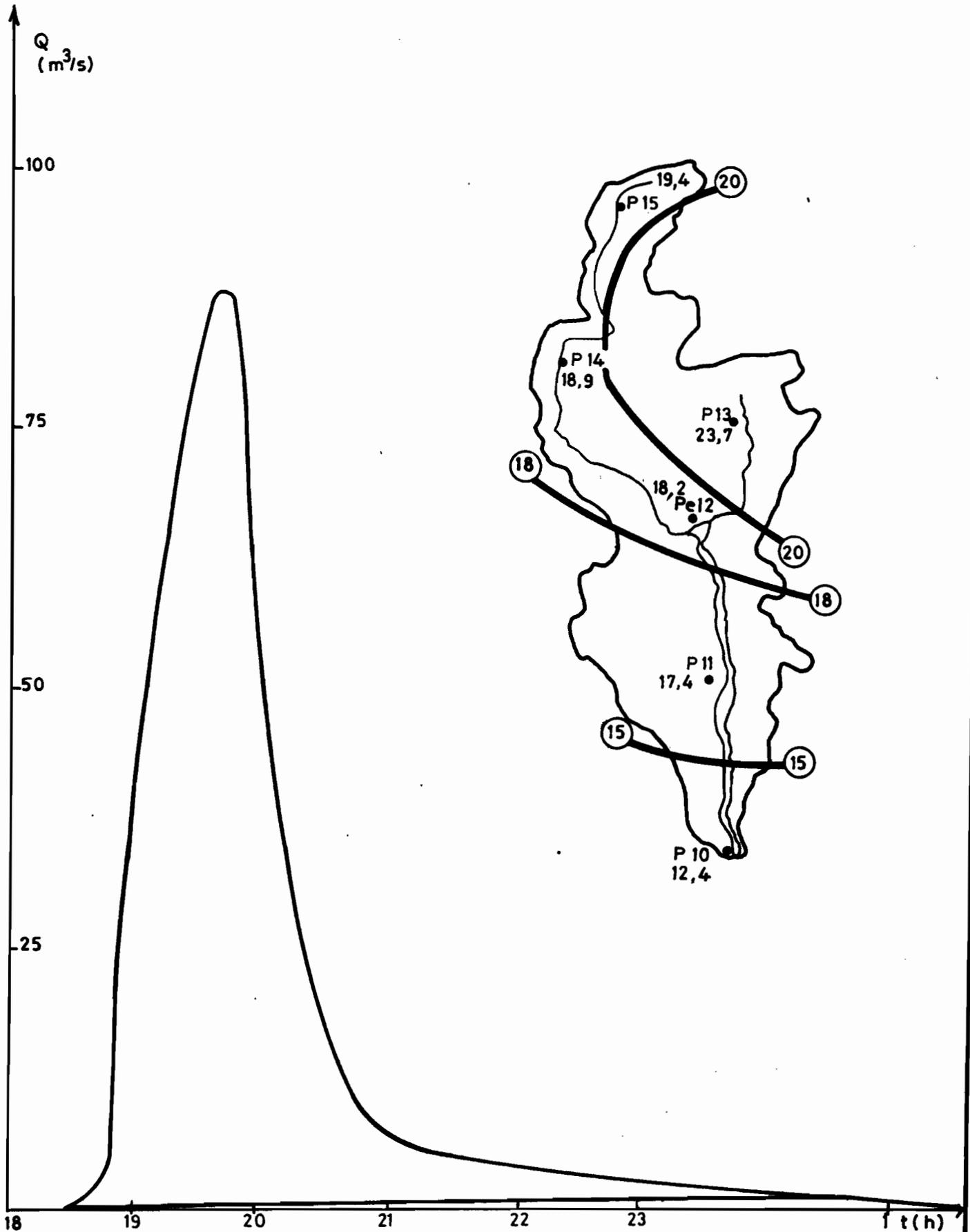


BASSIN VERSANT D'AGASSAGHAS



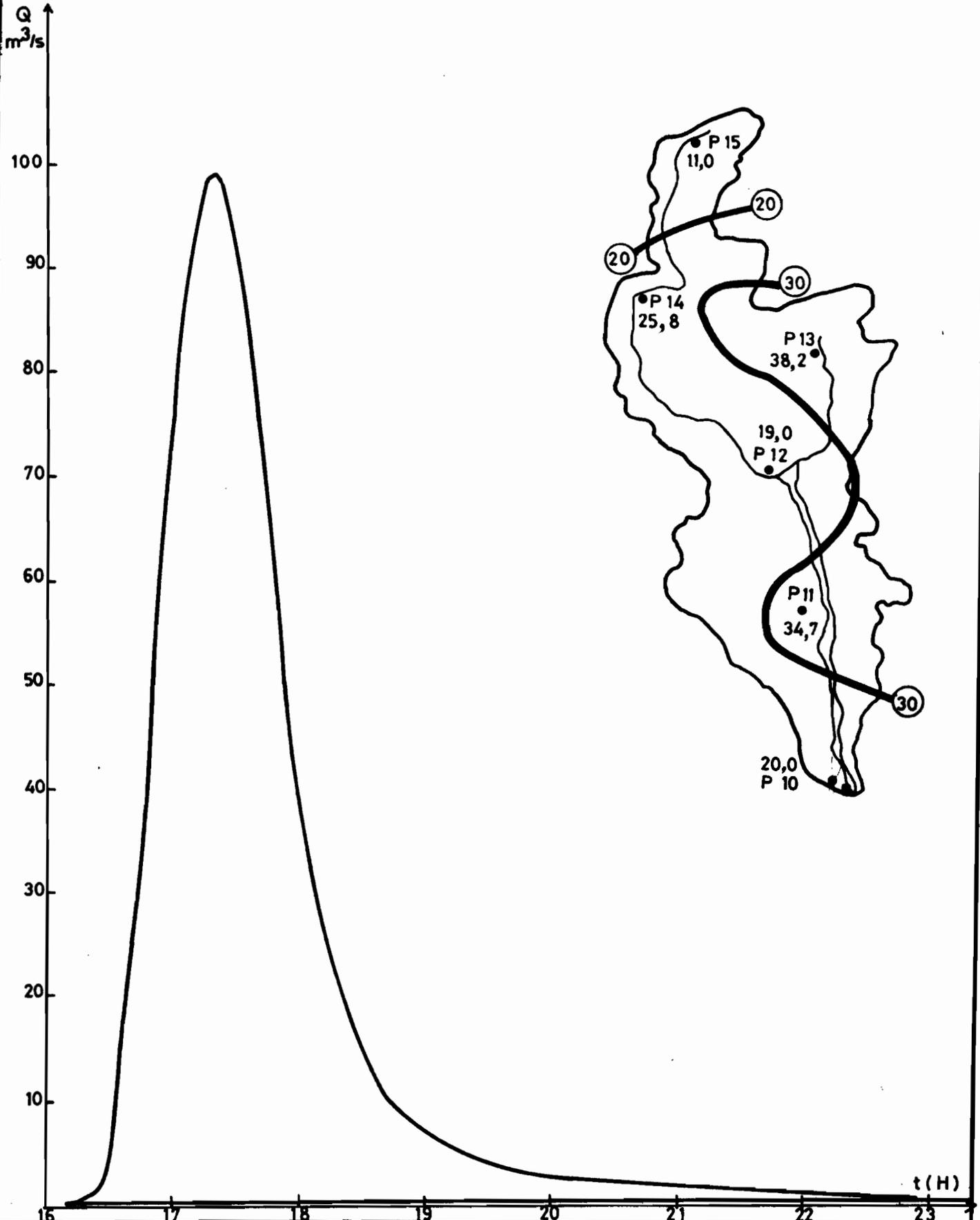
AZAMELLA

Crue du 12-07-80



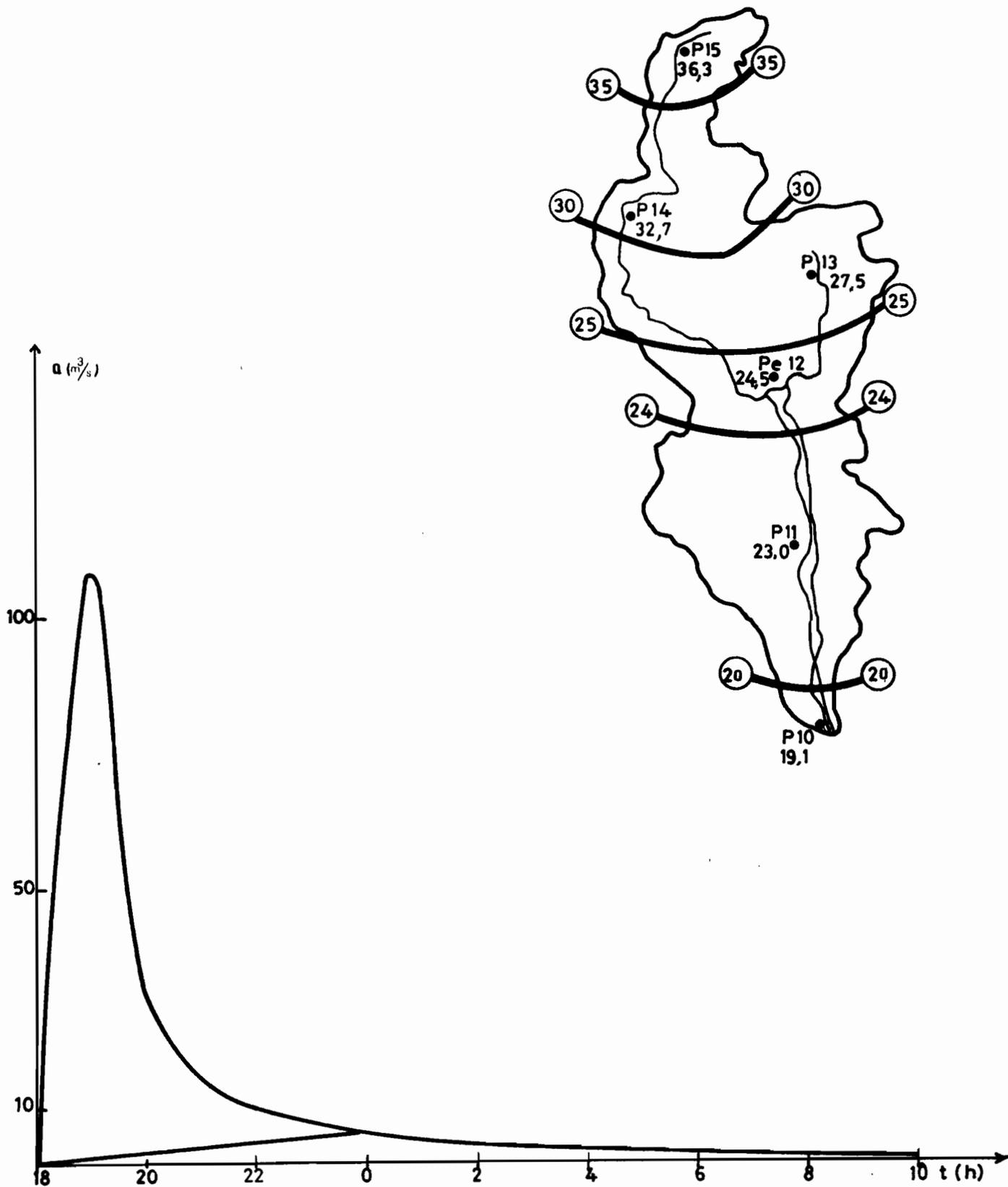
AZAMELLA

Crue du 14/08/80



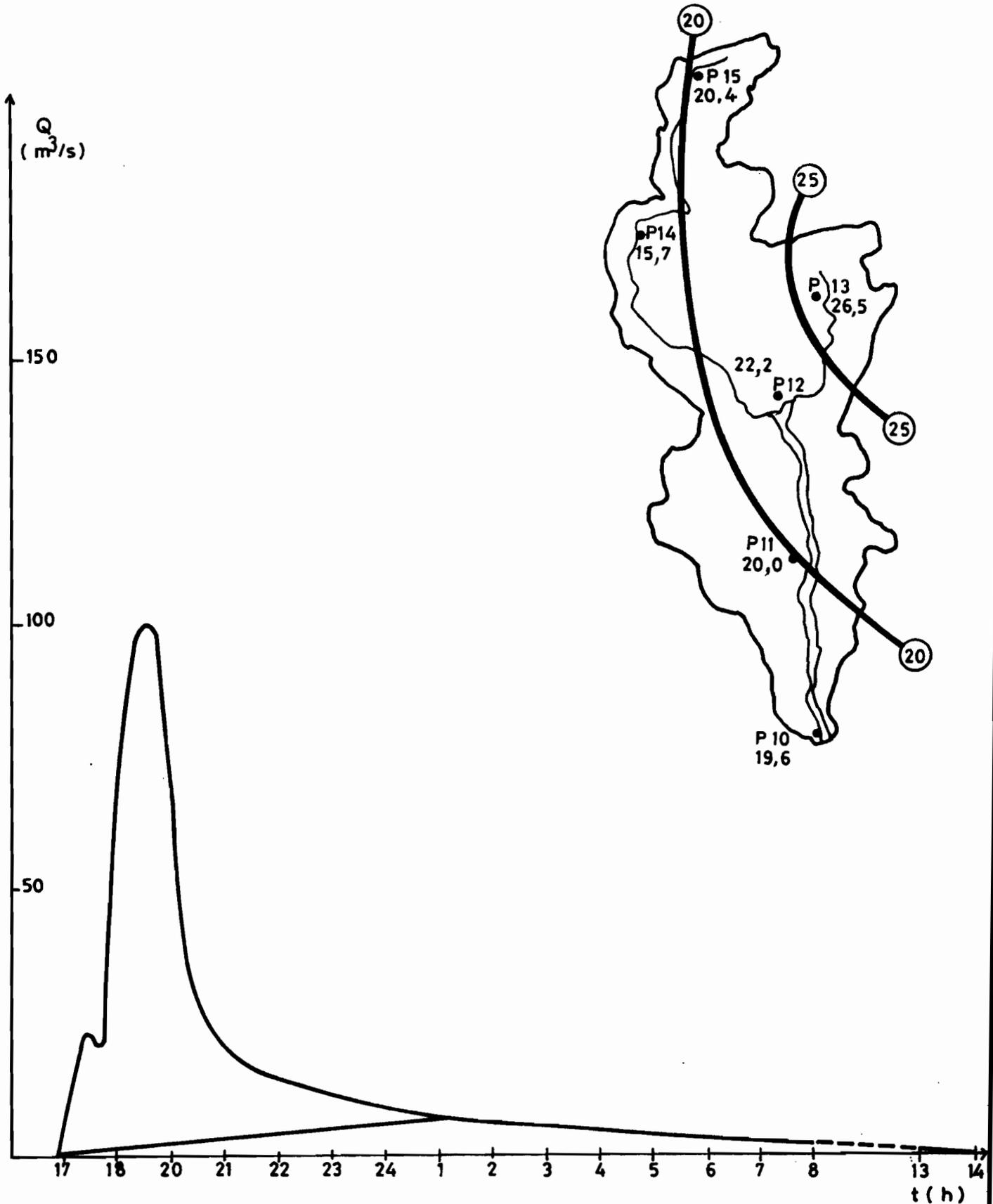
AZAMELLA

Crue du 9-08-82



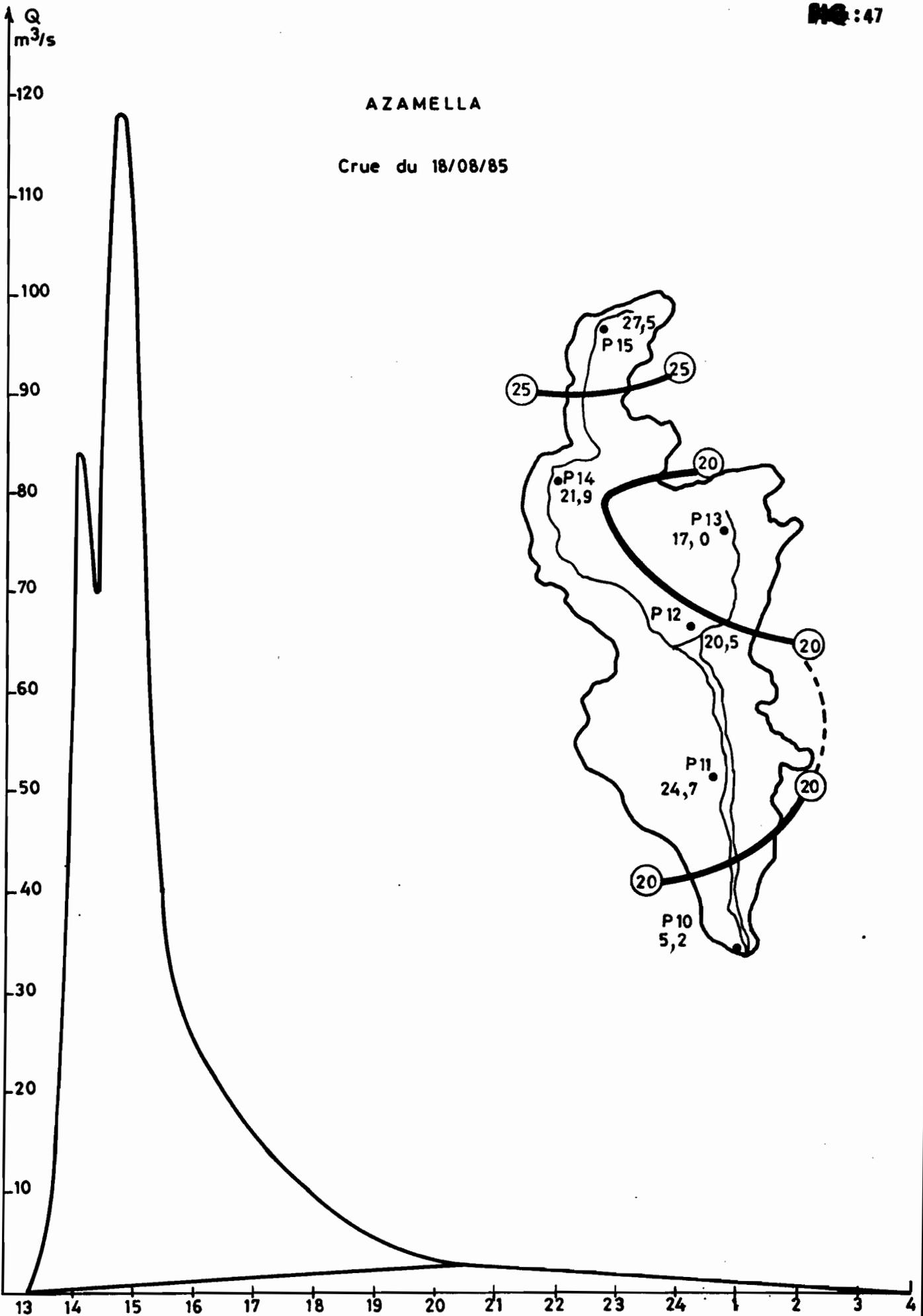
AZAMELLA

Crue du 12-08-82



AZAMELLA

Crue du 18/08/85





INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
- POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Mission au Niger

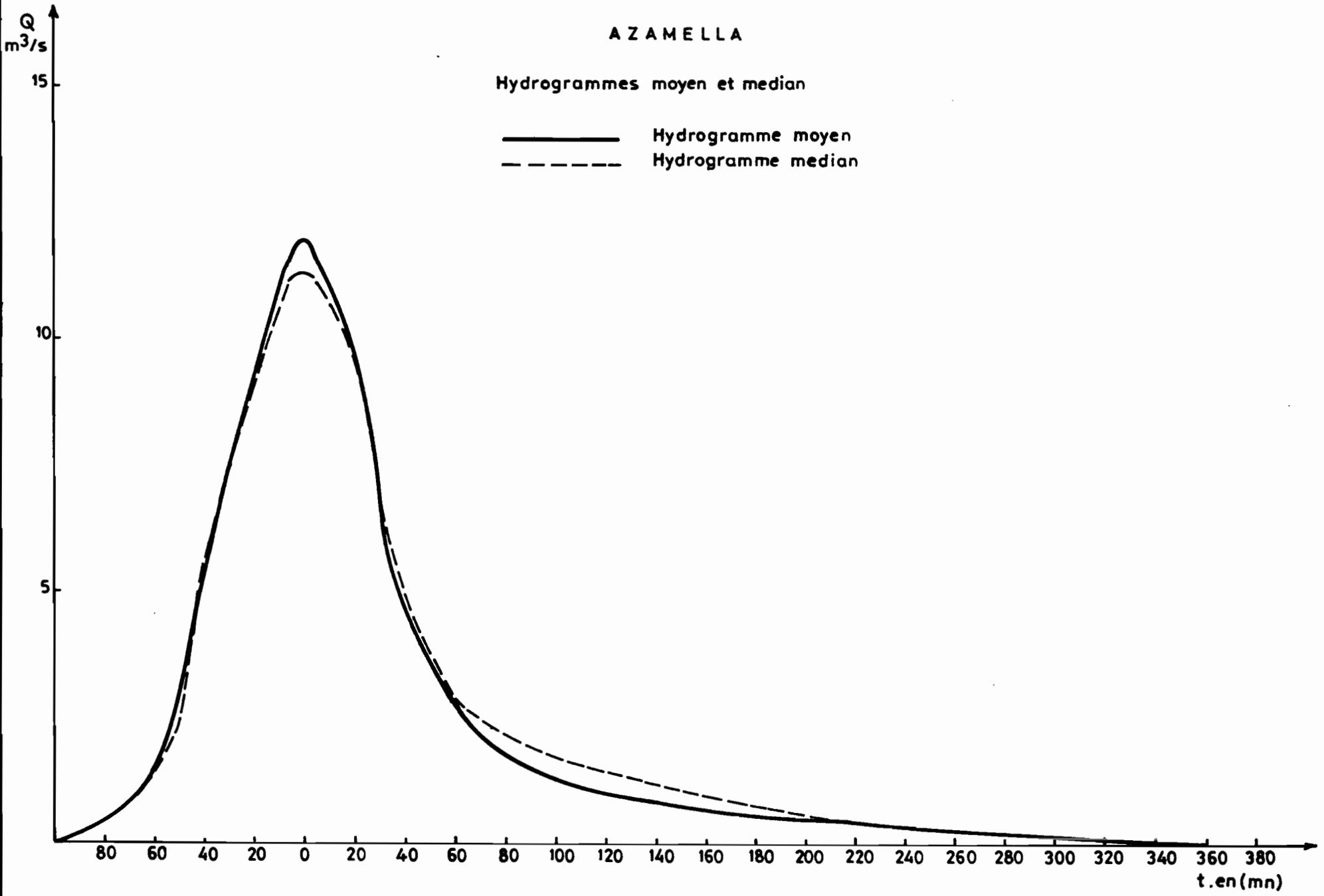
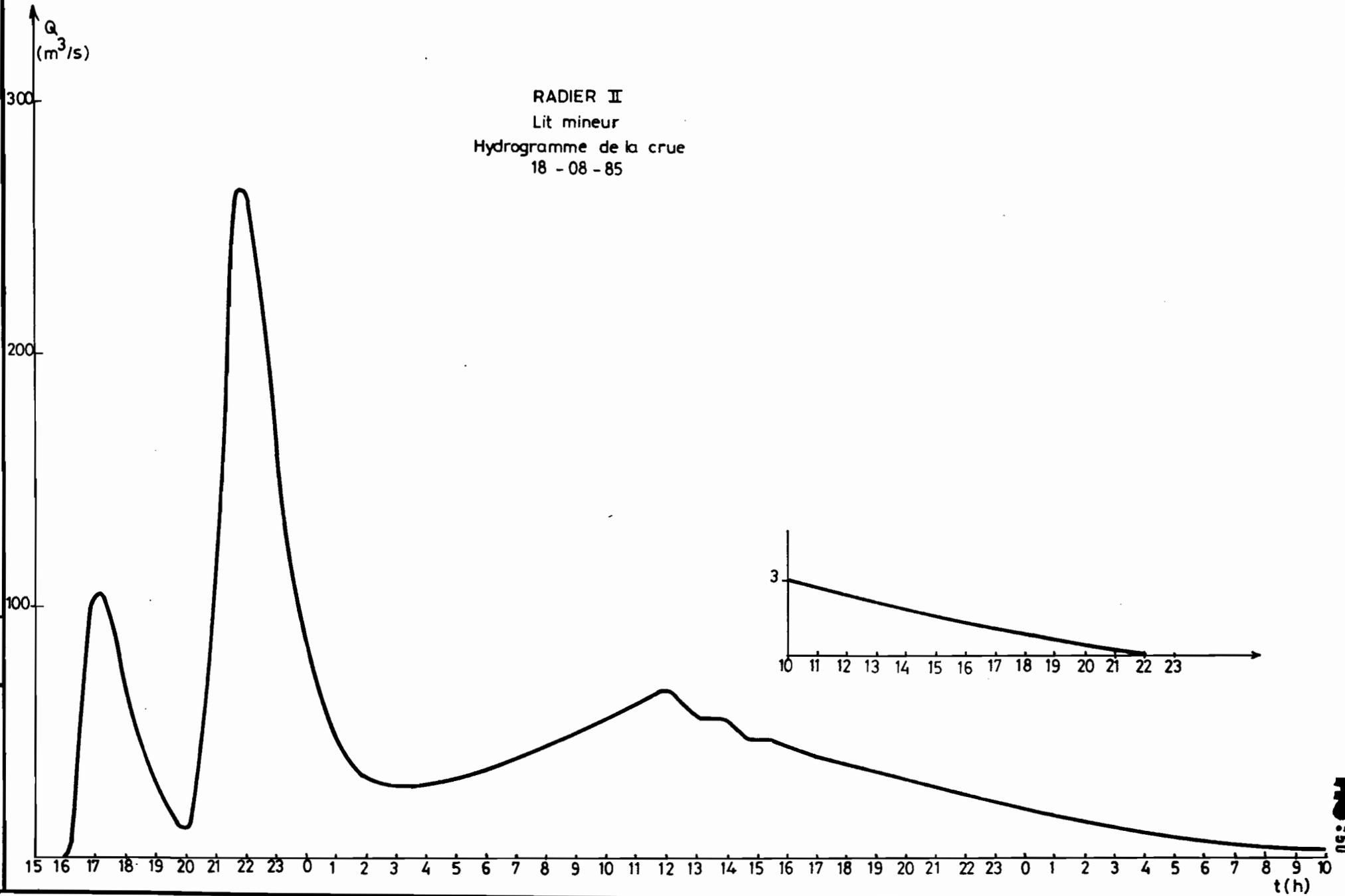


FIG: 48





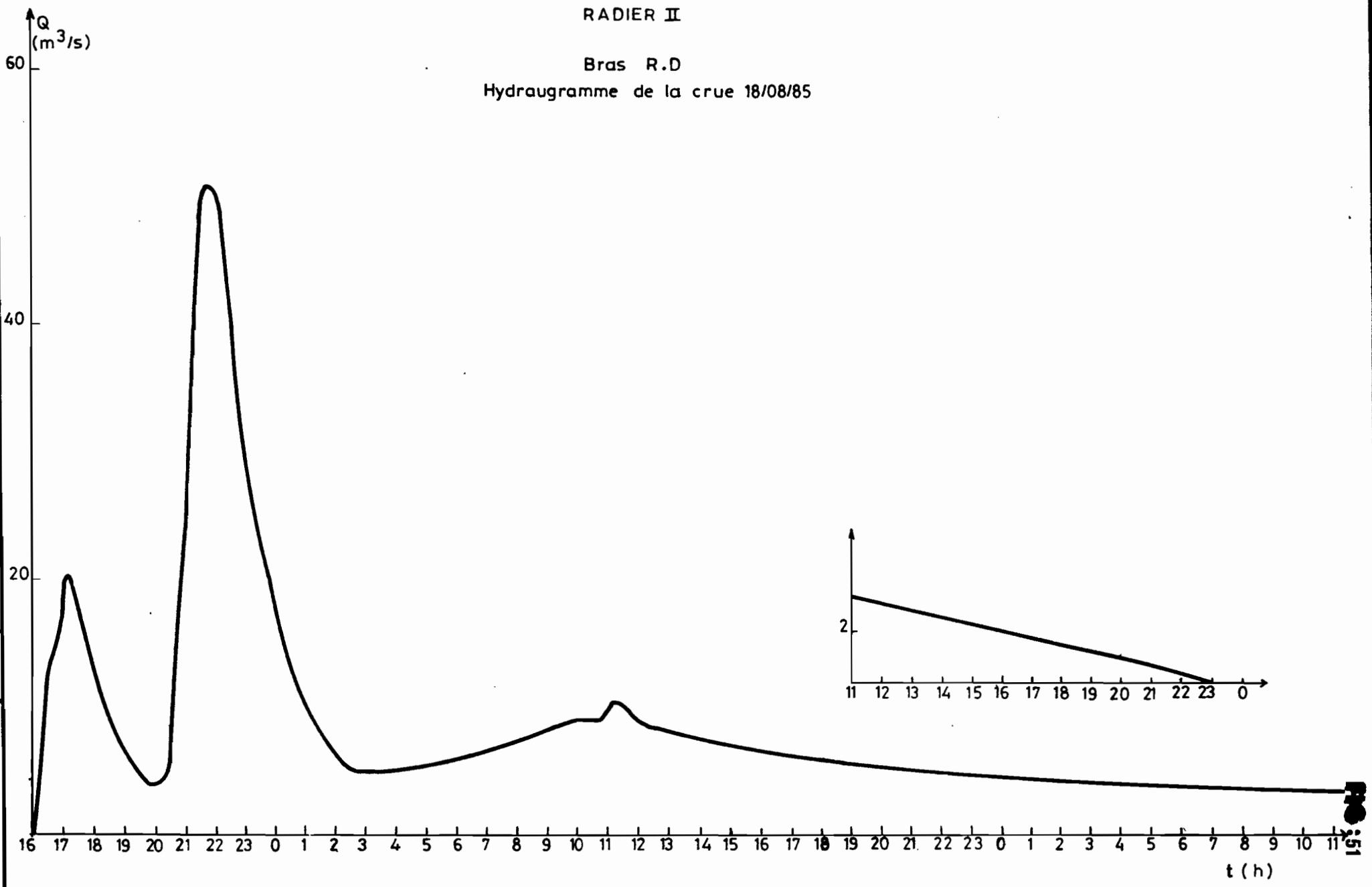
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
- POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

Mission au Niger

RADIER II

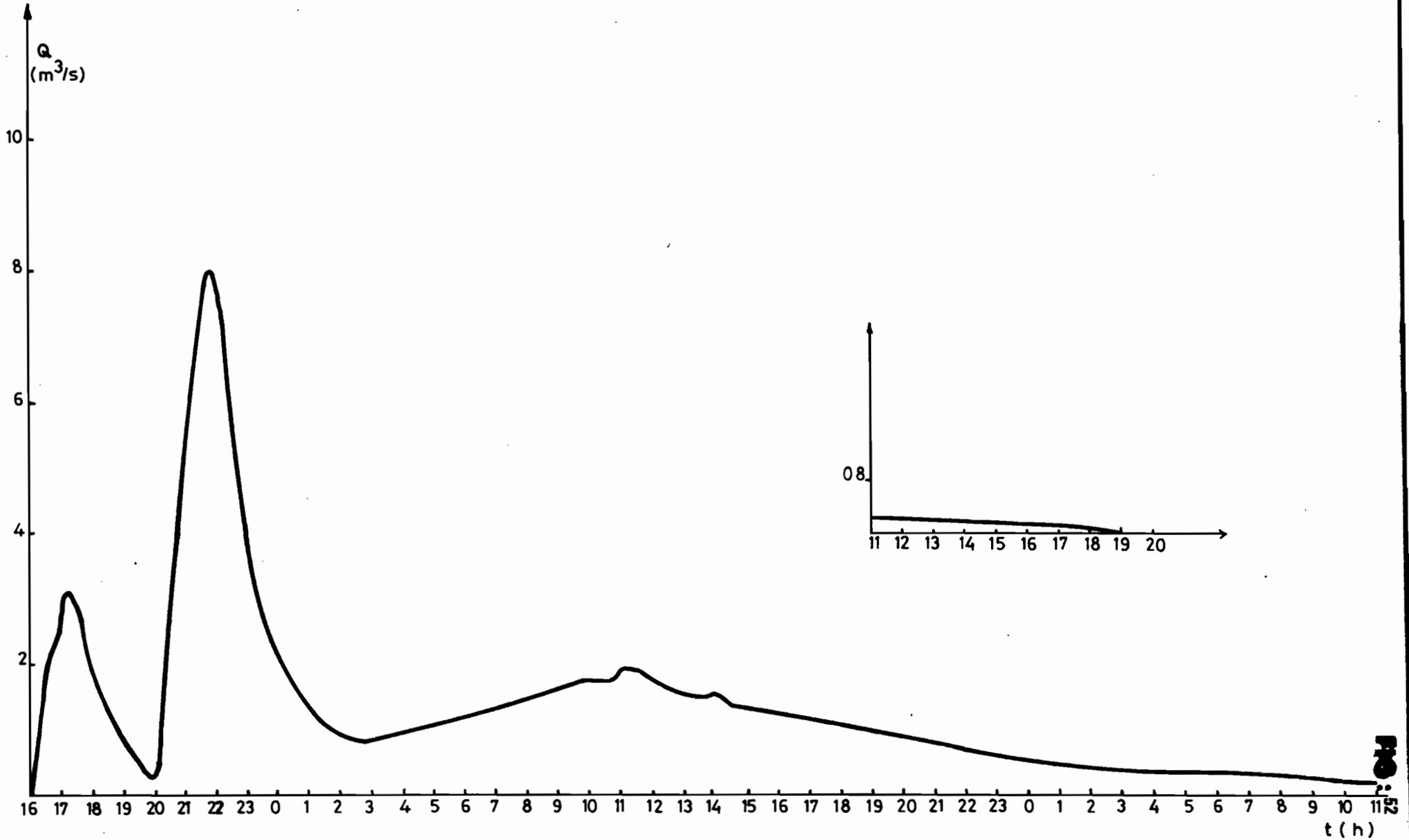
Bras R.D

Hydraugramme de la crue 18/08/85



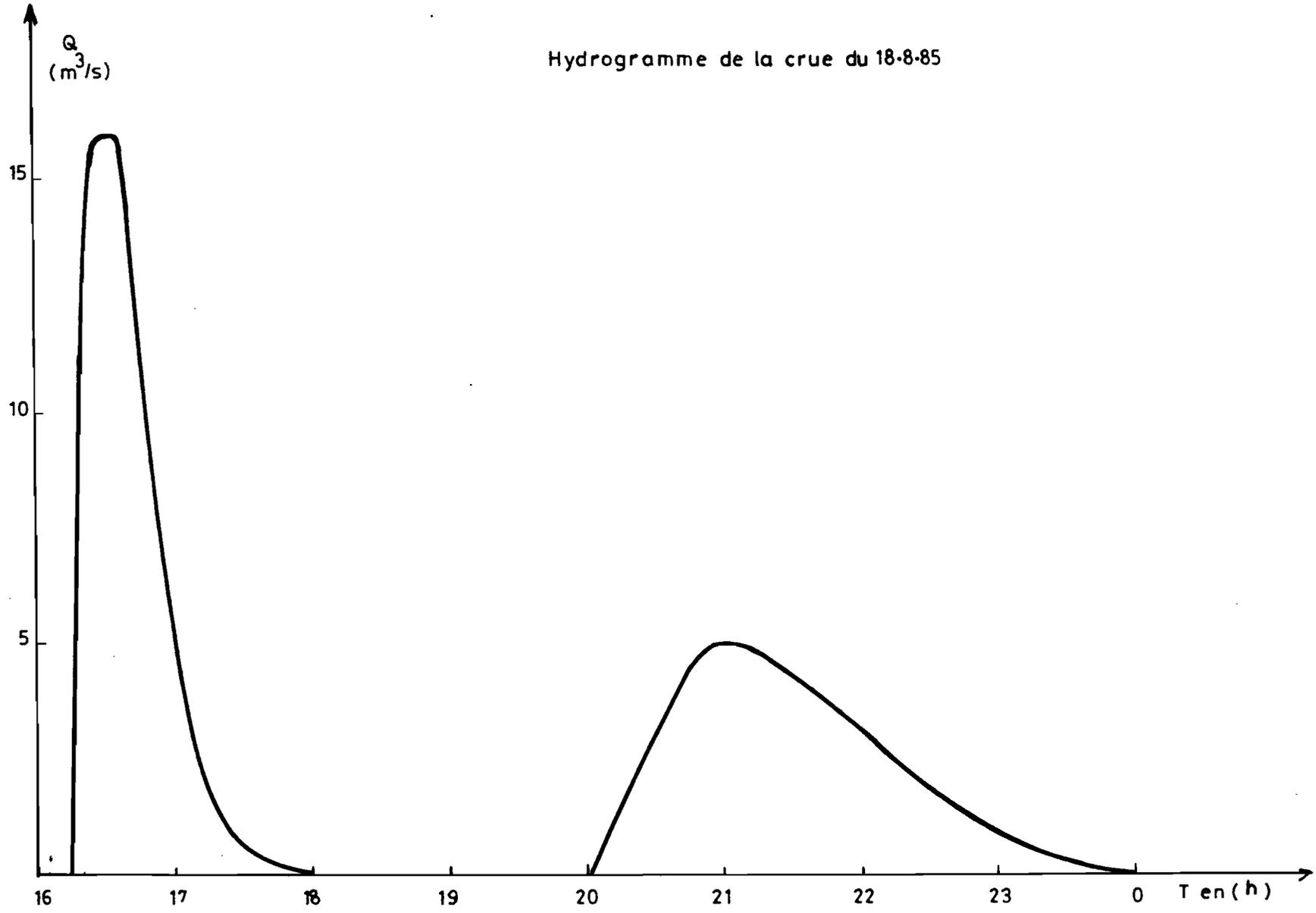
RADIER II DALOT

Hydrogramme de la crue du 18/08/1985



NIGELEC

Hydrogramme de la crue du 18-8-85



ORSTOM
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
- POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Mission au Niger



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
- POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

Mission au Niger

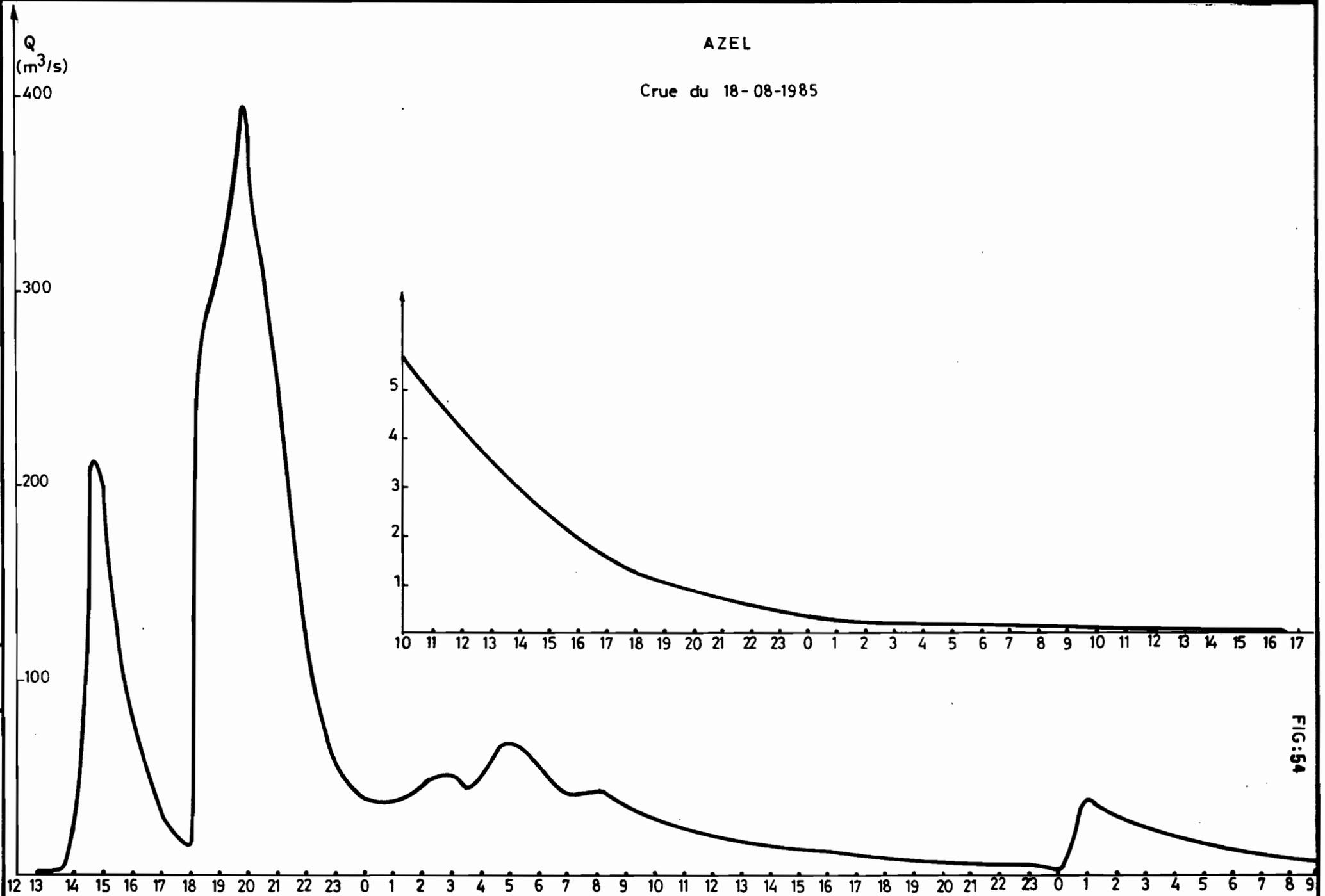


FIG:54

400
 10^3 m^3

AGASSAGHAS

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

- P, moyen
- - - Ve
- · - Ke

100

10
%

1978

1979

1980

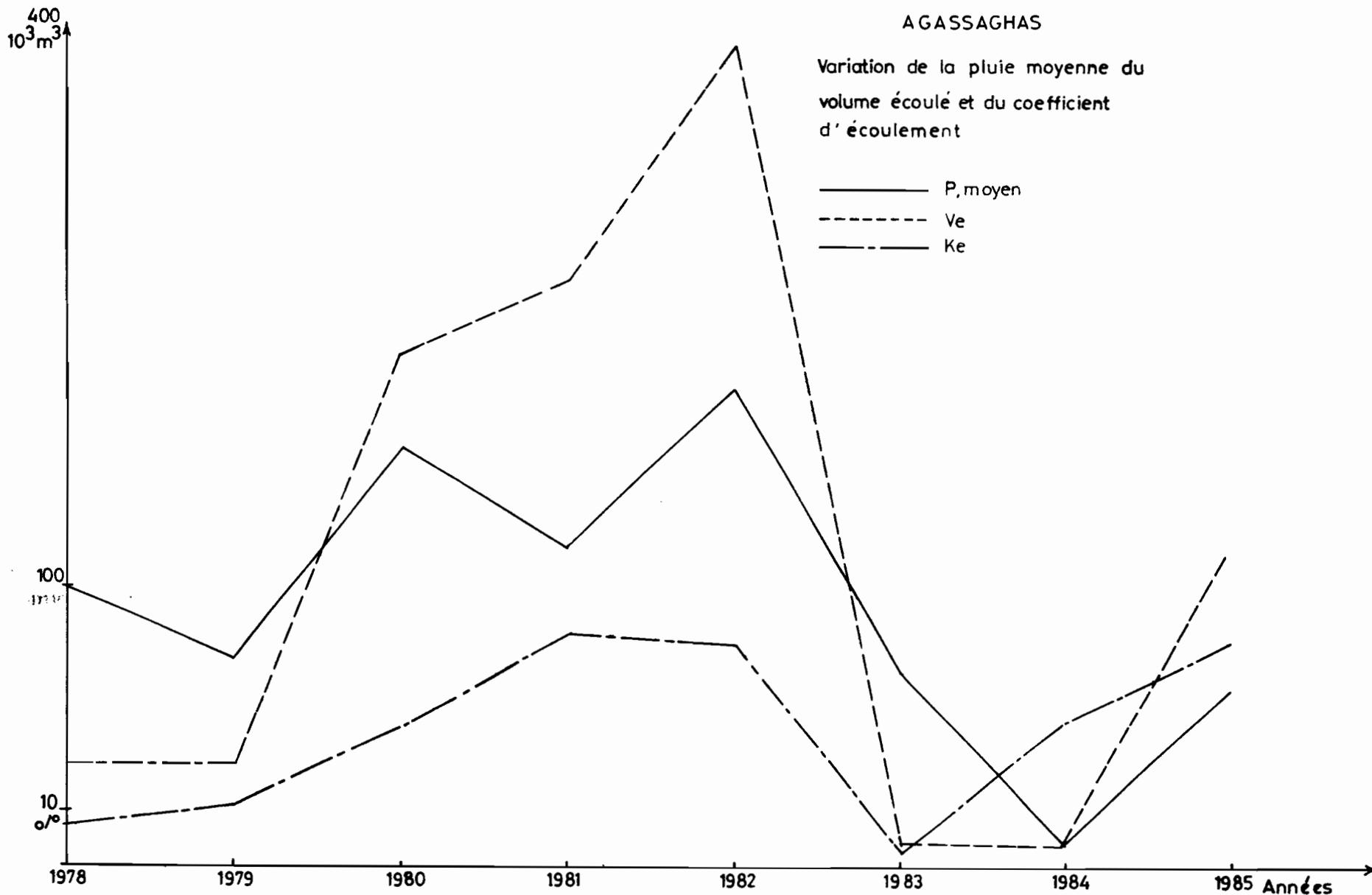
1981

1982

1983

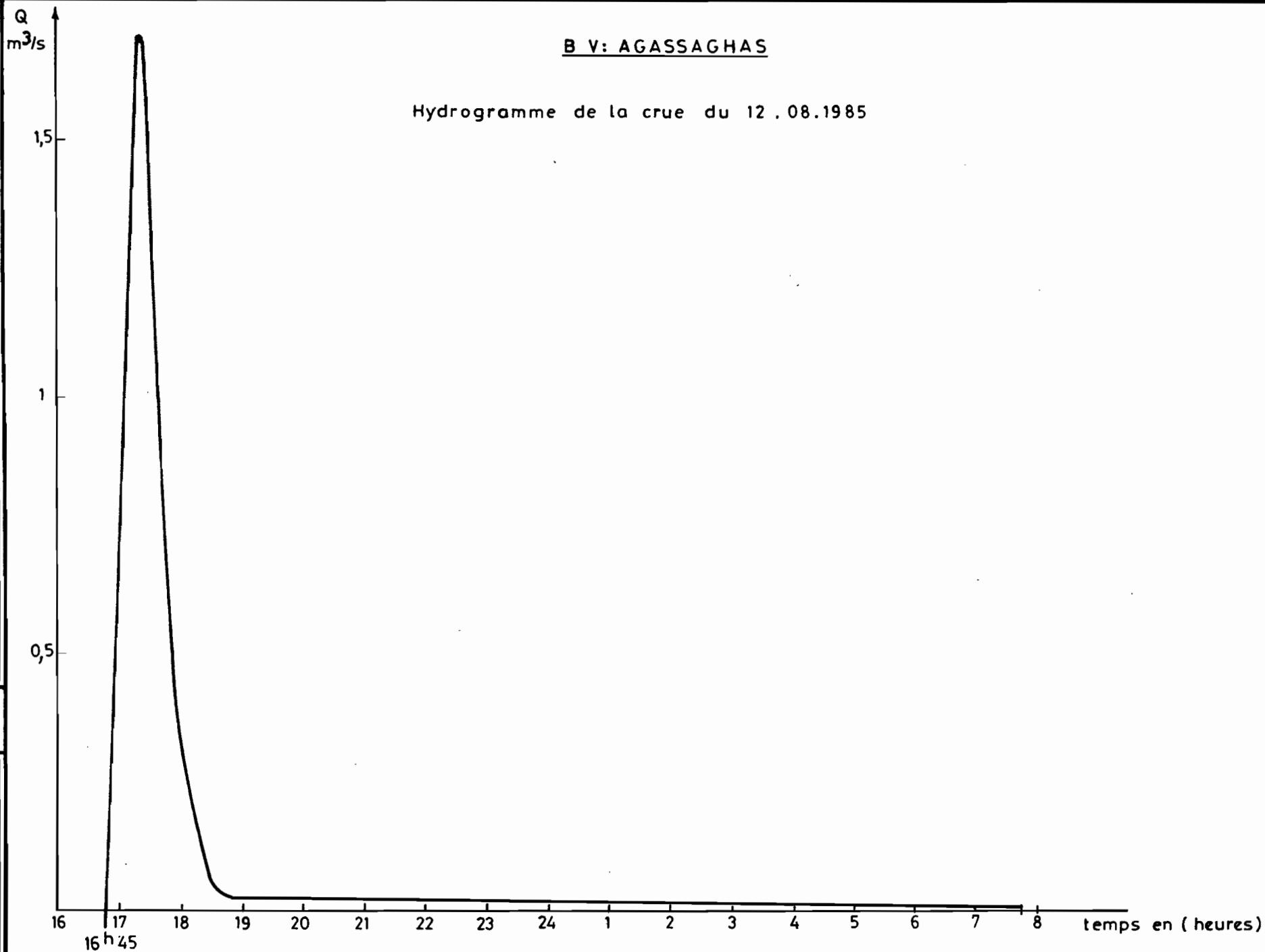
1984

1985 Années



B V: AGASSAGHAS

Hydrogramme de la crue du 12 . 08. 1985



AGASSAGHAS

Profil en travers de la station

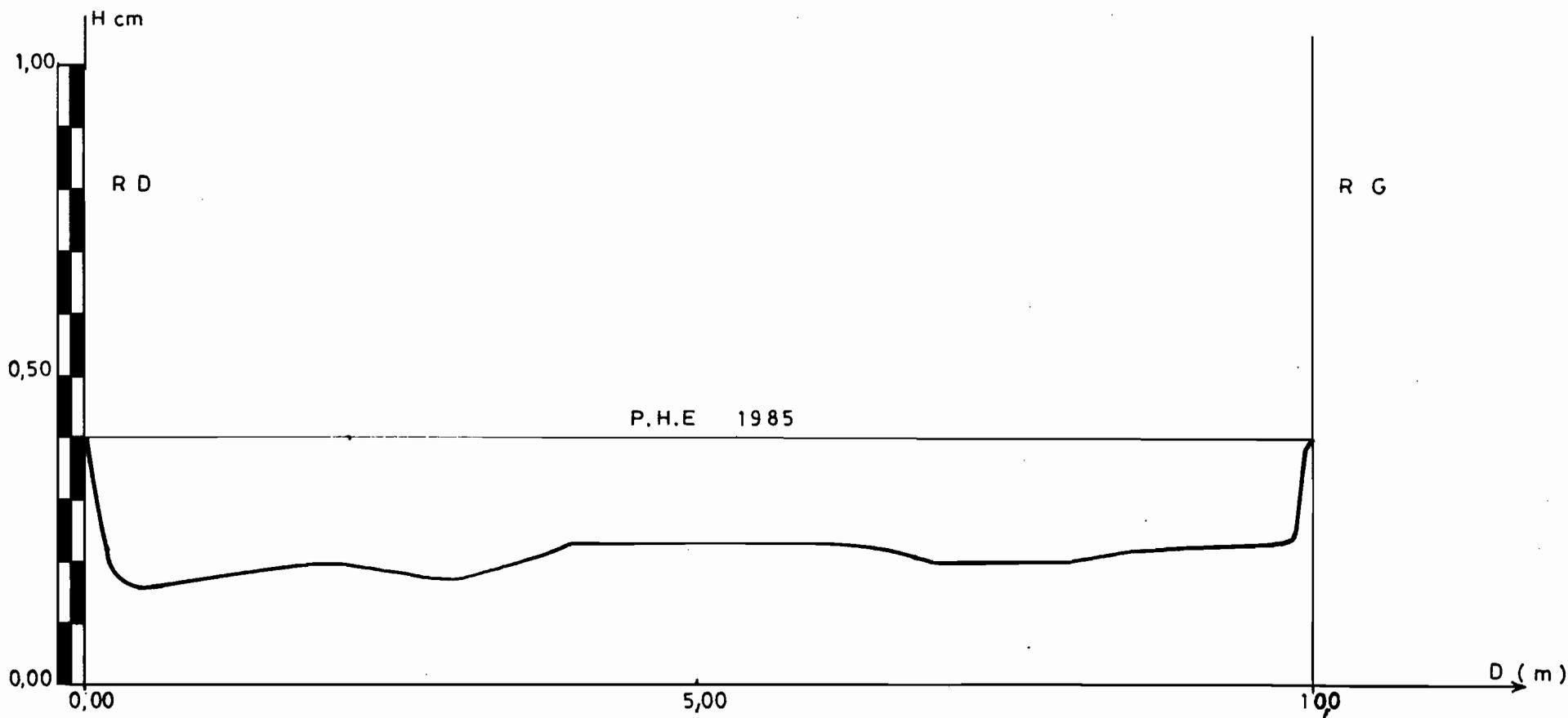
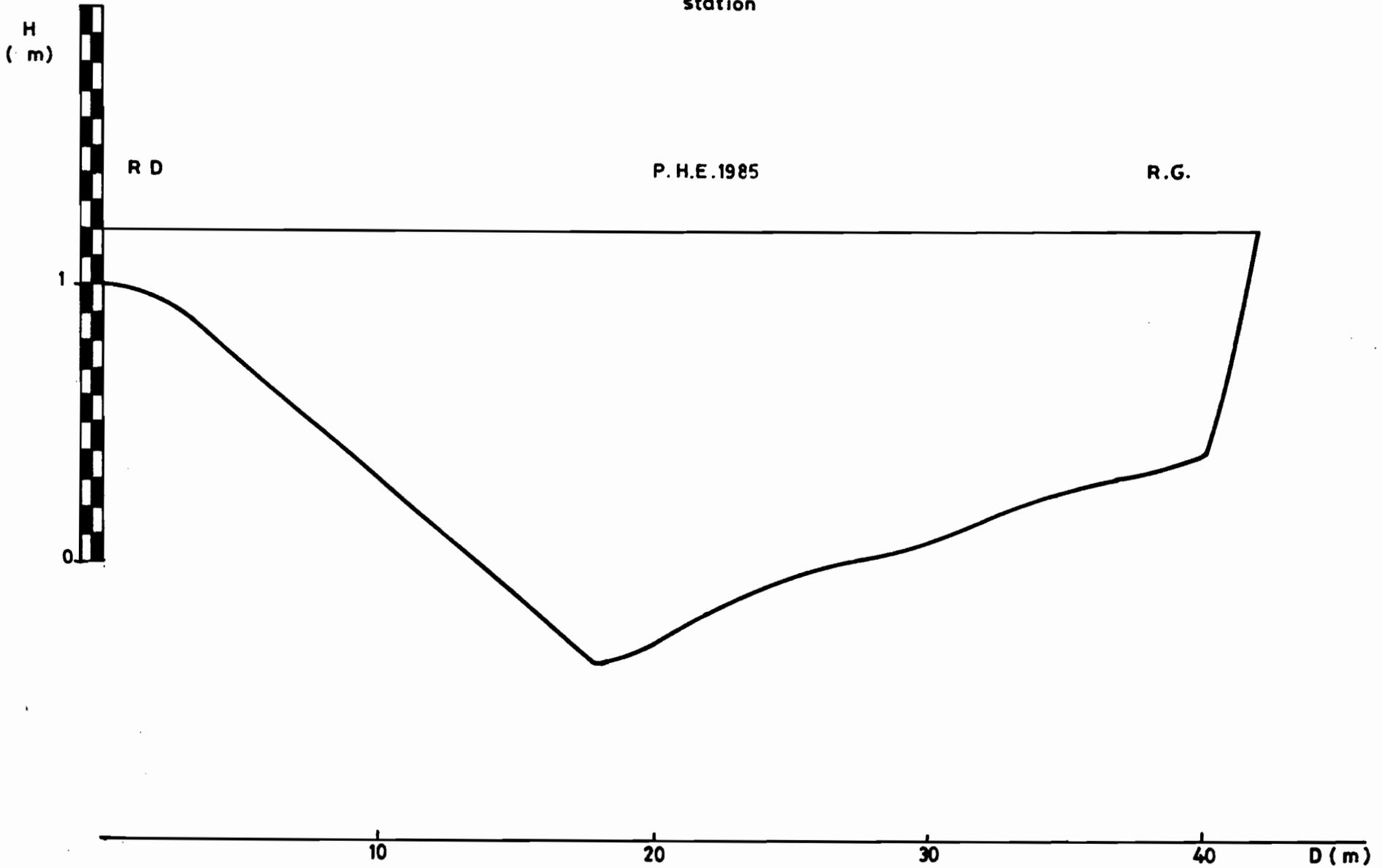


Fig:57

AZAMELLA

Profil en travers de la station



Deuxième Partie

ETUDE DU KORI TE LOUA "CUVETTE D AGADEZ"

campagne 1986

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	29
II. OBSERVATIONS ET MESURES	29
II.1. Pluviométrie	29
II.2. Hydrométrie	30
II.2.1. Mesure de débit	30
◇ Pertuis	30
◇ Nigelec	31
II.2.2. Les apports	32
◇ Apports au Pertuis	32
◇ Apports à la Nigelec	33
II.2.3. Bilan entre le Pertuis et la Nigelec	34
III. PIEZOMETRIE	35
IV. CONCLUSION	35

I. INTRODUCTION

A la suite des travaux entrepris l'année dernière pour ouvrir partiellement la digue qui ferme le bras sud, une nouvelle station a été installée et intitulée : Pertuis (fig. n° 1).

A part le suivi habituel de l'ensemble de la cuvette, la campagne a été axée sur le contrôle de deux nouvelles stations : le Pertuis et la Nigelec. Cette dernière existe déjà depuis 1980, mais qui n'était pas fonctionnelle depuis la fermeture du bras sud.

Déroulement de la campagne :

- Du 20/06 au 24/06 en compagnie de R. GALLAIRE et A. BOUCHAALA :
 - * Remise en fonctionnement des appareils de contrôle des précipitations et des écoulements.
 - * Installation du limnigraphe du Pertuis.
 - * Deux éléments d'échelle de crue gradués de "0" à "200 cm" ont été attachés à la gaine de ce limnigraphe.
- La campagne elle-même débute le 17 juin sous le contrôle de M. AMRI et A. BOUCHAALA qui ont assuré la continuité des opérations jusqu'au 9 septembre. Cette équipe de base est temporairement et successivement renforcée ;
 - * Du 1/7 au 27/7 par R. GALLAIRE
 - * Du 13/8 au 26/8 et du 2/9 au 5/9 par R. GATHELIER.

II. OBSERVATIONS ET MESURES

II.1. pluviométrie

Jusqu'au 10 septembre date de notre retour à Niamey, il y a eu 21 averses à Azel avec une pluviométrie totale de 100 mm. Comparée à 1985, la saison 1986 constitue un autre pas dans le retour à la normale.

Les deux évènements importants de la saison sont ceux du 25/07 et 10/08 qui ont contribué à 46 % de la pluviométrie totale. Sur les 19 autres averses restantes 13 n'ont pas dépassées 3 mm, ce qui donne une idée sur la nature des nuages et du caractère de la saison.

II.2. Hydrométrie

Notre étude a été limitée seulement aux deux stations le Pertuis et la Nigelec vu le temps disponible et la quantité des données dépouillées.

II.2.1. Mesures de débit

◇ Pertuis :

Afin d'avoir le maximum d'informations sur cette nouvelle station, dix-huit jaugeages ont été réalisés au cours de la saison. Dans le tableau ci-dessous figure les 15 jaugeages qui ont été dépouillés. La courbe de tarage est représentée par la fig. n° 2.

LISTE DES JAUGEAGES AU PERTUIS

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

* crue d Azamella

◊ Nigelec :

Installée en 1980 à 700 m en amont de la route AGADEZ-ARLIT, cette station a fonctionné jusqu'en 1983, année de fermeture de la digue de protection d'Agadez. Pour bien suivre l'évolution du tarage due à l'instabilité de la section très sableuse un grand nombre de jaugeages a été réalisé à cette station. Dans le tableau suivant on trouve les jaugeages qui ont été dépouillés.

Des nivellements ont été effectués pratiquement après chaque crue. Les profils en travers obtenus ont servi à l'établissement des courbes de tarages fig. n°3. Les courbes n°3 et n°4 ont été déduites des courbes n°1 et n°2 ainsi que du profil en travers fig. n°4 et des maximums observés au niveau du pertuis.

LISTE DES JAUGEAGES - NIGELEC -

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

* Jaugeages effectués après l'élargissement du lit par la GTZ.

II.2.2. Les Apports

◊ Apports au Pertuis

Le tableau suivant présente les crues qui ont transité par le Pertuis avec leurs caractéristiques principales. Dix-huit crues ont été enregistrées, qui ont engendré un volume de 3,6 millions de m³. Le caractère de la saison peut être résumé dans les 13 jours d'écoulements et la cote maximale enregistrée (103 cm).

CARACTERISTIQUES DES CRUES

Dates	H max (cm)	Q max (m ³ /s)	Ve (10 ³ m ³)	t _m (mn)	t _e (mn)
25 - 06	85	5,3	73,5	5	495
16 - 07	77	3,5	28,5	20	280
17 - 07	87	6,7	250	120	1635
19 - 07	81	4,6	231	90	1800
22 - 07	97	12,1	450	25	2130
25 - 07	103	16,0	423	10	1320
29 - 07	80	4,3	109	105	730
31 - 07	60	0,5	4,1	10	240
01 - 08	64	1,1	4,2	25	120
02 - 08	79	4,1	85,5	35	605
03 - 08	96	11,4	684	20	2700
10 - 08	87	6,8	52,5	10	265
11 - 08	86	6,4	204	150	1170
13 - 08	86	6,4	384	230	1800
15 - 08	78	3,8	58,5	120	630
27 - 08	83	5,3	157	20	1175
31 - 08	101	14,7	210	8	925
02 - 09	82	4,9	189	50	1310

◇ Apports à la Nigelec :

La construction d'une digue en amont du limnigraphe pour protéger la conduite de la Nigelec (conduite d'eau potable qui mène l'eau à Agadez), ainsi que le mauvais fonctionnement de ce dernier ont été un obstacle devant la reconstitution des crues. Avec les 4 courbes de tarage obtenues au cours de cette étude, on a essayé de donner une estimation du volume écoulé au niveau de cette station. Une étude plus approfondie sera faite dans le rapport de campagne des stations en aval d'Azél 1986.

Le tableau suivant présente les crues et leurs caractéristiques :

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

Le volume écoulé au niveau de la Nigelec jusqu'au 2 septembre est de 2,7 millions de m³.

II.2.3. Bilan entre le Pertuis et la Nigelec

Crue du	Ve au pertuis (103 m ³)	Ve à la Nigelec (103 m ³)	Pertes (103 m ³)
29 - 06	73,5	12,0	61,5
16 - 07	28,5	4,8	23,7
17 - 07	250,5	186,0	64,5
19 - 07	231,0	195,6	35,4
22 - 07	450,0	192,0	258,0
25 - 07	423,0	237,0	186,0
29 - 07	109,5	99,5	10,0
31 - 07	4,05	0	4,05
02 - 08	89,7	73,5	16,2
03 - 08	684,0	498,0	186
10 - 08	52,5	49,2	3,3
11 - 08	204,0	195,0	9,0
13 - 08	384,0	363,0	21,0
15 - 08	58,5	39,0	19,5
27 - 08	157,2	144,0	13,2
31 - 08	210,0	183,0	27,0
02 - 09	189,0	186,0	3,0
TOTAL	3599	2658	941

Afin de mieux comprendre le mécanisme d'écoulement entre le Pertuis et la Nigelec, le tableau précédent a été complété par un ajustement manuel, crue par crue, des volumes écoulés entre ces deux stations fig. n° 5.

Si on néglige les pertes par évaporation, la contribution du Pertuis à l'alimentation de la nappe d'inféro-flux et alluviale sera simplement la différence entre les volumes mesurés au Pertuis et la Nigelec qui sont respectivement l'entrée et la sortie de la zone de recharge.

Plus de 25 % du volume qui a transité par le Pertuis a passé dans la nappe ; une quantité non négligeable si on tient compte de la nature de ses crues et surtout du nombre total de jours d'écoulement (12 jours).

Le coefficient de corrélation des volumes écoulés au niveau des deux stations qui était de 0,88 peut être considéré non significatif. Le caractère aléatoire de la quantité infiltrée est à l'origine de la faible corrélation entre les volumes écoulés. Cette quantité dépend essentiellement de 3 paramètres :

- * Le volume total de la crue.
- * La durée d'écoulement
- * Le temps qui sépare deux crues successives.

III. PIEZOMETRIE

Les hauteurs piézométriques relevées au cours de cette campagne présentées dans les deux tableaux de la page suivante permettent de donner une idée préliminaire de la situation de la nappe à la suite de l'ouverture du bras sud. Comparée à l'année dernière, la situation s'annonce mieux, malgré que le niveau actuel est plus bas. Vu l'état initial de la nappe qui était plus bas que l'année dernière pour la même période, l'apport supplémentaire de cette saison est apparemment insuffisant puisque la descente de la nappe continue.

IV. CONCLUSION

Au cours de cette étude on a essayé avec les données limitées disponibles au moment de la rédaction de donner une idée préliminaire sur la campagne 1986.

Dans l'ensemble l'année 1986 est nettement meilleure que l'année précédente. La nature des crues ainsi que leurs nombres et leur répartition au cours de la saison laissent supposer une meilleure alimentation de la nappe. La contribution de la nouvelle ouverture (infiltration de 25 % du volume écoulé au niveau du Pertuis), s'ajoute aux raisons citées précédemment et montre l'efficacité de cet ouvrage. Une étude plus détaillée sera faite dans le rapport de campagne 1986.

**EVOLUTION DES NIVEAUX D'EAU
DANS LES PUIITS ET LES PIEZOMETRES**

- 1986 -

Piézo	Dates	21 - 06	30 - 06	15 - 07	30 - 07	15 - 08	30 - 08
B2		16,08	16,13	16,23*	16,28	16,18	16,04
C3		15,37	15,52	15,54	15,48	15,68	15,32
N2		15,08	15,13	15,08	15,13	15,23	15,18
N4		23,28	23,21	23,08	23,28	23,1	23,28
N6		21,86	21,68	21,68	21,23	21,68	21,88
N8		sec	sec	sec	19,23	19,23	19,28

	Puits	Dates	30 - 06	15 - 07	30 - 07	15 - 08	30 - 08
Camping	7		**	9,08	6,28	4,86	4,68
Pépi nière	11		4,65	5,03	1,84	0,98	1,32
Alarcès	20		sec	sec	sec	sec	sec
Gendarmerie	54		17,07	17,08	17,08	17,13	17,06
Gendarmerie	53		sec	sec	sec	sec	sec
Fort	50		13,97 *	13,88	13,73	13,78	13,83
Nigelec	37		14,63	14,93	14,88	14,88	14,58
Nigelec	47		14,78	14,78	***	14,58	14,78
Tanneurs	42		13,63	13,33	13,78	13,78	14,08
Algérien	105		16,10	16,30	16,35	16,28	16,40

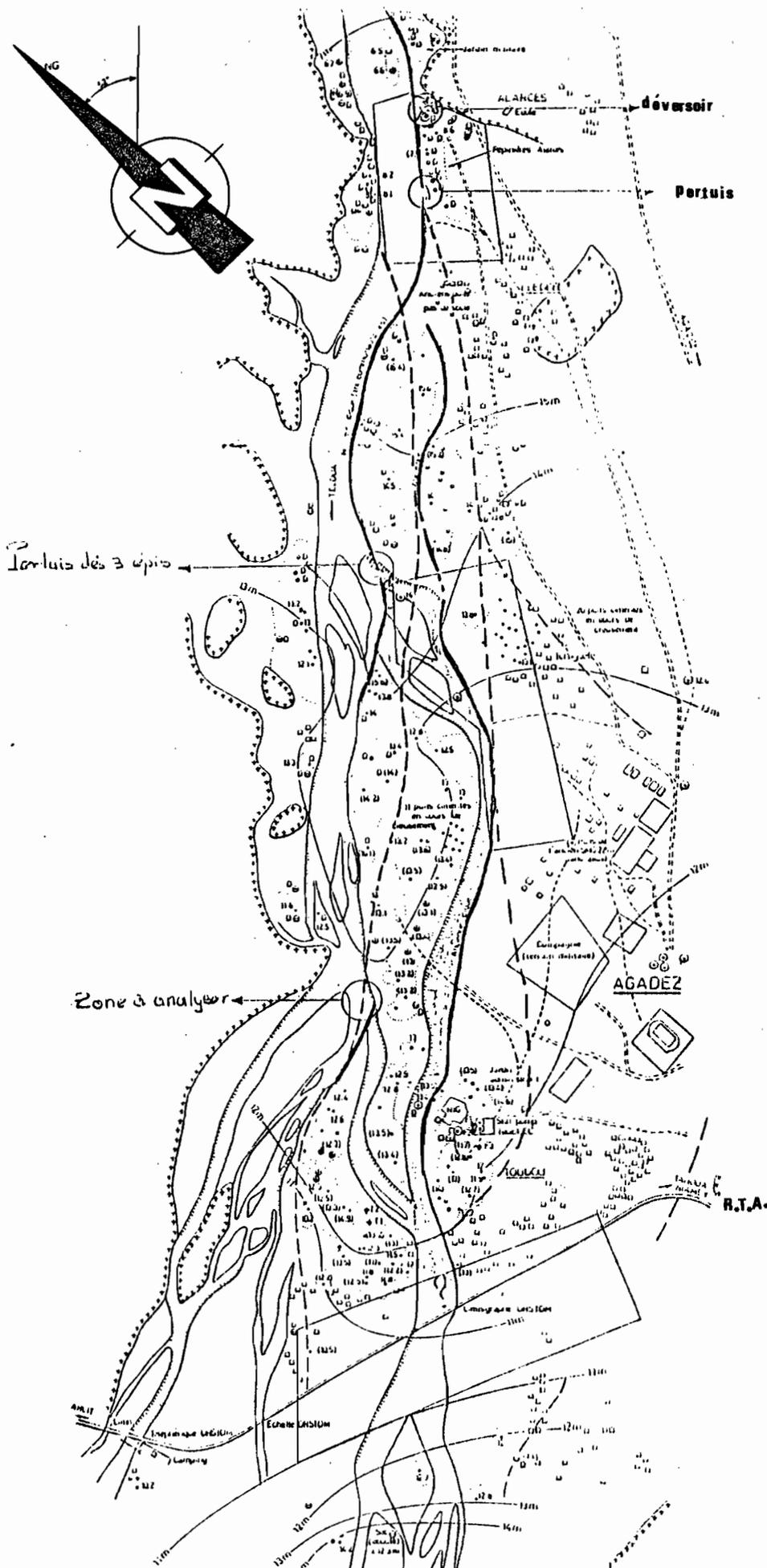
* En cours de pompage

** Puits en cours d'alimentation

*** Bouché par les retombés de sable.

L I S T E D E S F I G U R E S

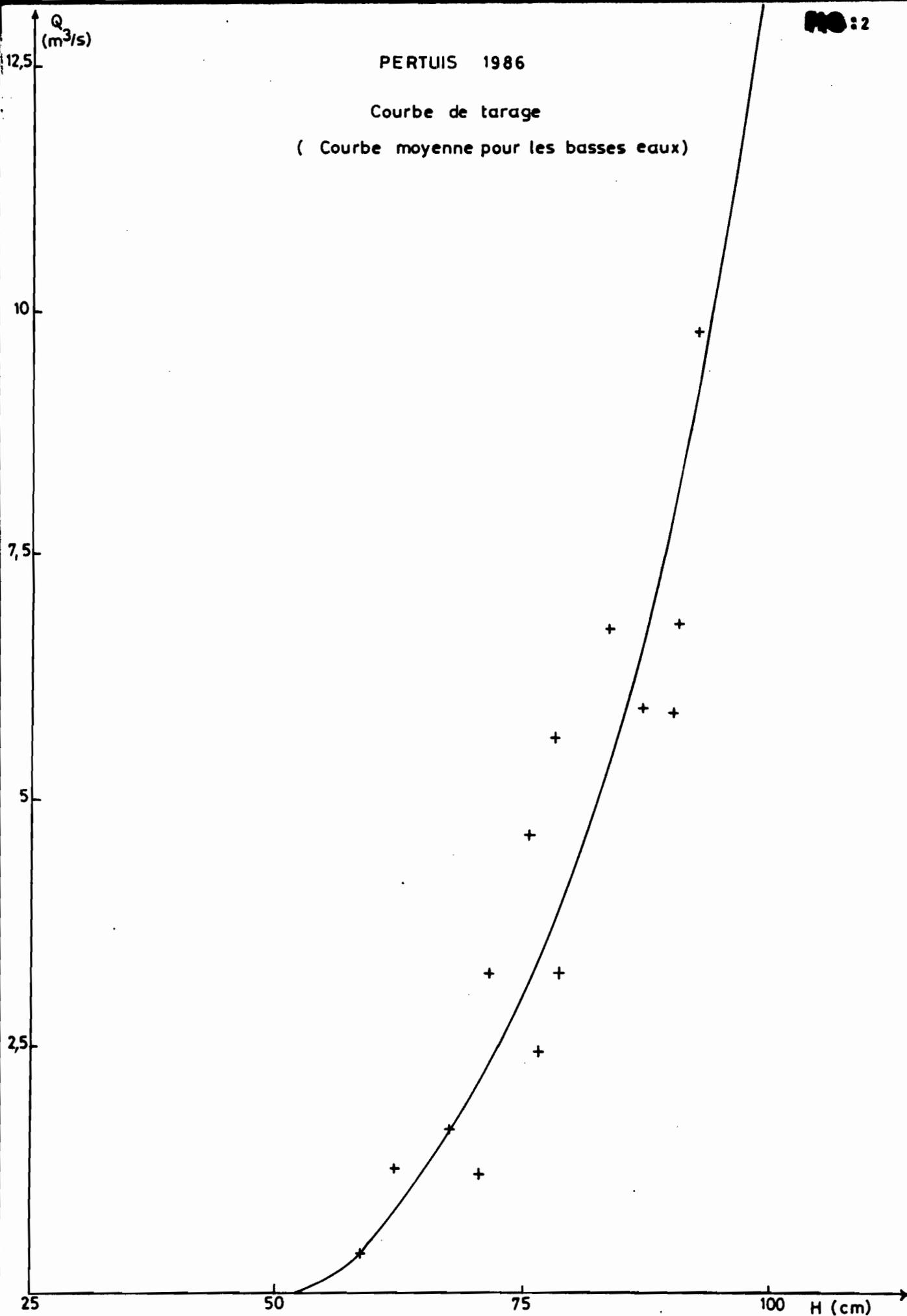
1. Carte de situation
2. Pertuis : Courbe de tarage (Basses eaux)
3. Nigelec : Courbes de tarages
4. Nigelec : Profil en travers
5. Pertuis - Nigelec : Relation entre les volumes écoulés.



- zones d'investigation délimitées
- Echelle ~ 1/15.000
- Photos 85 NG 90394
- limites du cheval
- - - - - zones anciens
- Zone préférentielle
- Ouvrages à réaliser avant les pluies 1986

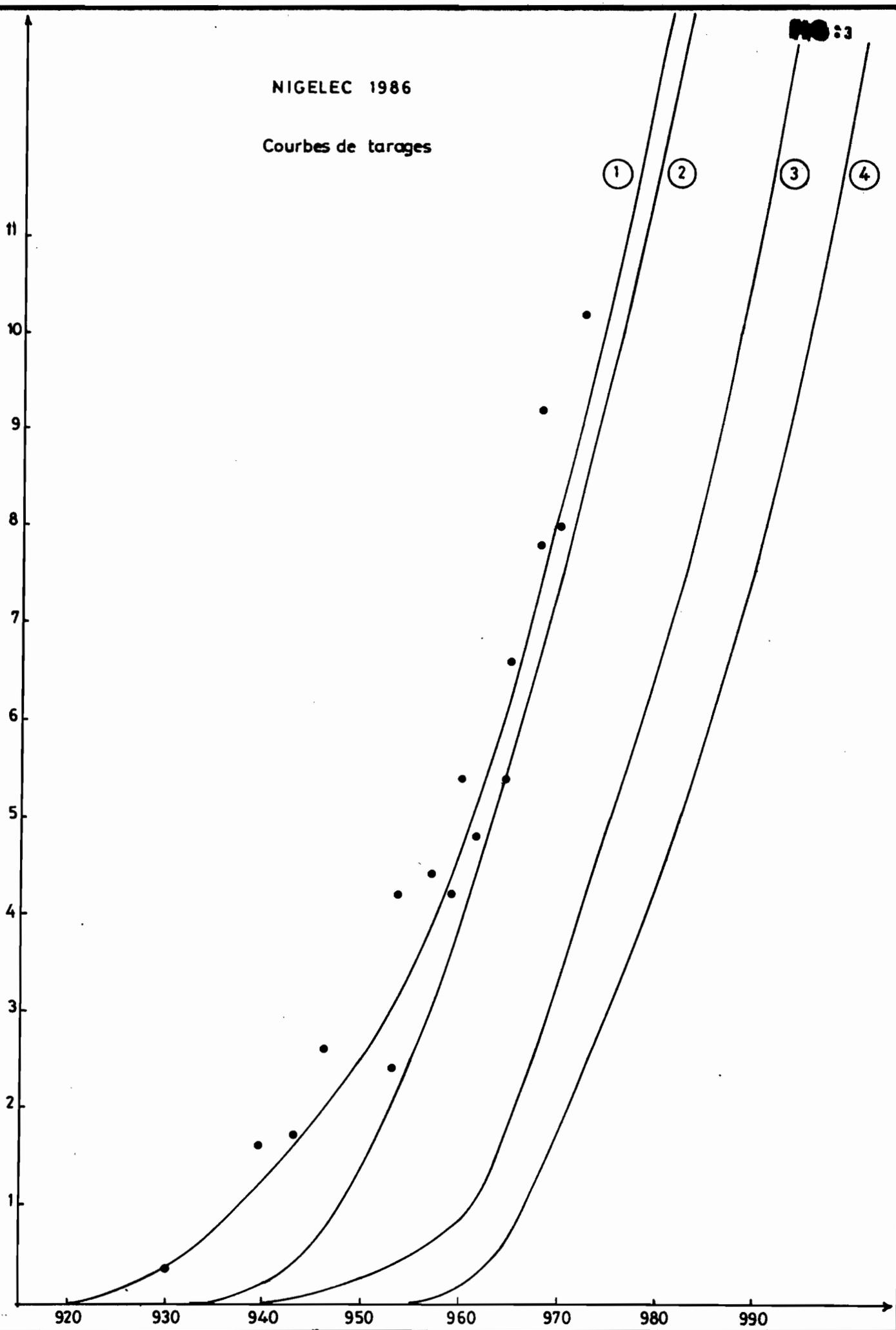
PERTUIS 1986

Courbe de tarage
(Courbe moyenne pour les basses eaux)



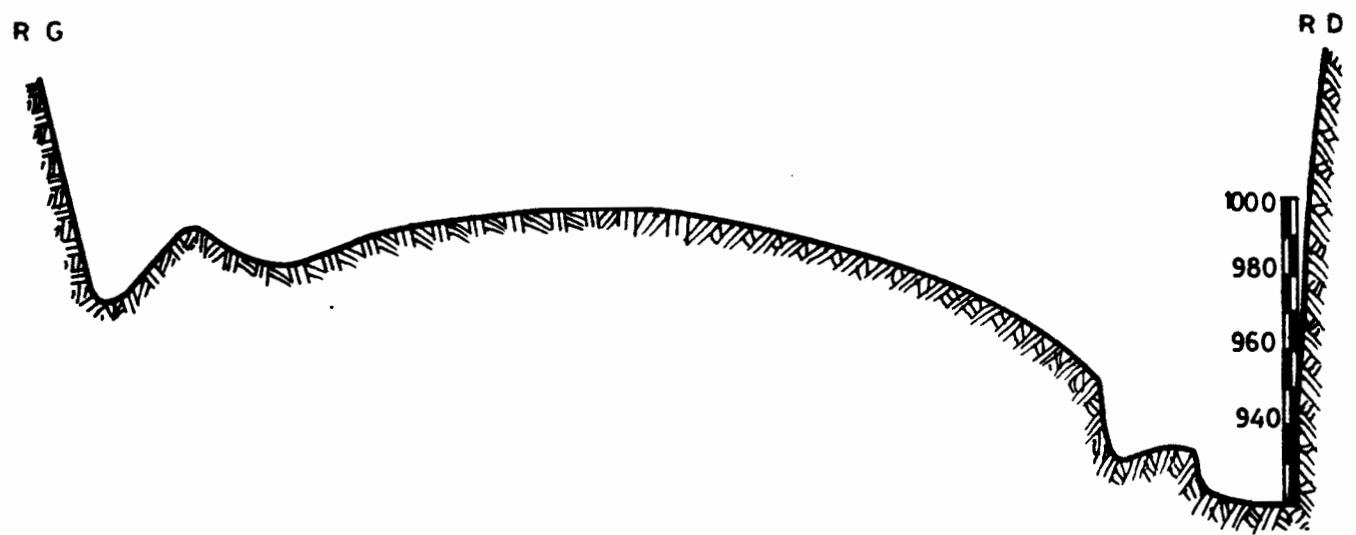
NIGELEC 1986

Courbes de tarages

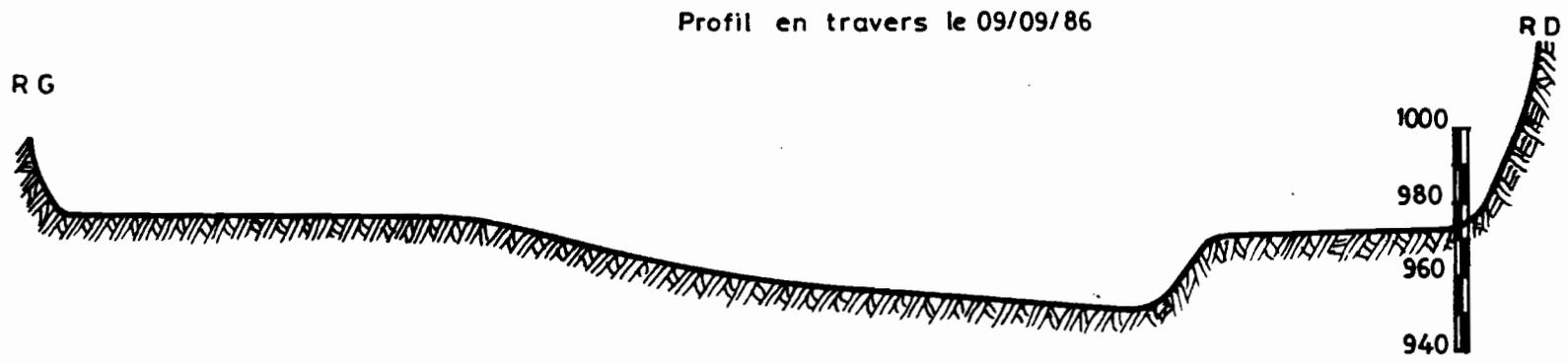


NIGELEC 1986

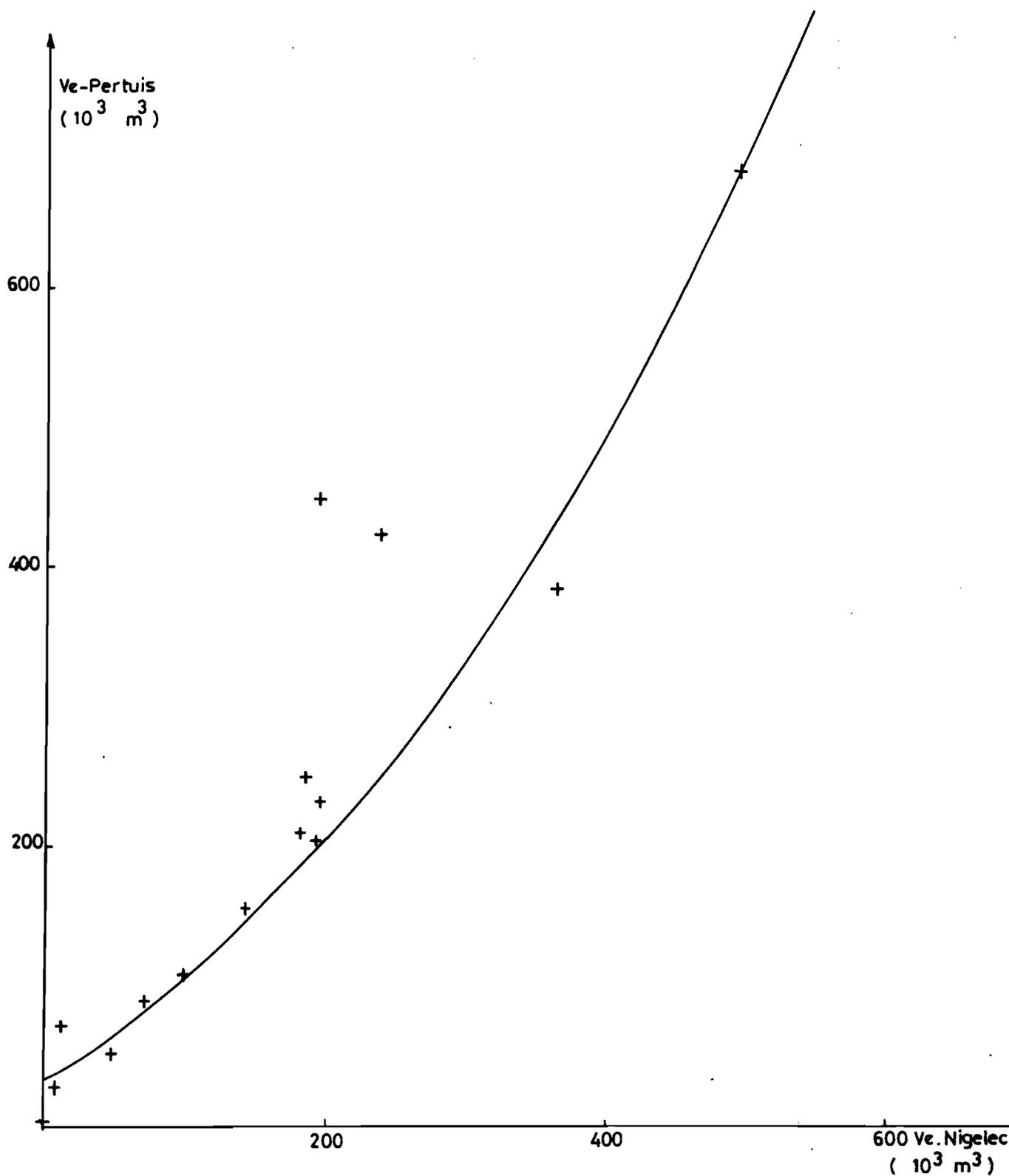
Profil en travers le 04/07/86



Profil en travers le 09/09/86



PERTUIS - NIGELEC 1986



Troisième Partie

BASSIN ELEVES 1986

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	36
II. CARACTERISTIQUES DU BASSIN	36
II.1. Caractéristiques physiques	36
II.2. Sols et végétation	36
II.3. Climat	37
III. EQUIPEMENT	37
III.1. Pluviométrie	37
III.2. Hydrométrie	38
IV. OBSERVATIONS ET MESURES	38
IV.1. Pluviométrie	38
IV.2. Hydrométrie	39
IV.2.1. Hauteurs d'eau	39
IV.2.2. Mesures de débit - Courbe de tarage	39
V. ANALYSE ET INTERPRETATION	39
V.1. Précipitation	39
V.2. Débit	40
VI. CONCLUSION	40

I. INTRODUCTION

Cette partie fait suite du rapport de campagne 1986. En effet, et toujours dans la perspective de mieux connaître les modalités d'écoulements dans l'Aïr, nous étions chargés de continuer le suivi des observations sur le bassin élèves.

Installé en 1984, ce bassin est rigoureusement suivi depuis son implantation. Par sa géologie et son relief, ce bassin constitue une unité de référence dans le régime climatique de l'Aïr, ce qui explique l'équipement dense qui couvre l'ensemble de sa superficie.

II. CARACTERISTIQUES DU BASSIN

II.1. Caractéristiques physiques :

	Caractère	Valeur
A	Superficie (km ²)	0,306
P	Périmètre (km)	2,40
Ic	Indice de compacité	1,21
L	Longueur du rectangle équivalent (km)	0,834
l	Largeur du rectangle équivalent (km)	0,367
Dd	Densité de drainage km/km ²	9,63
Rc	Rapport de confluence	4,42
RL	Rapport de longueur	1,73

II.2. Sols et végétation :

La géologie du bassin est caractérisée par des affleurements du socle granitique et des intrusions volcaniques, généralement des basaltes.

Le sol est très peu évolué, la végétation très maigre, on peut trouver des acacias des ziziphus, des macrua le long du lit alluvionnaire.

II.3. Climat

Comme le reste de l'Aïr, le bassin élève est subordonné au mouvement du F.I.T. ; zone de contact entre les masses d'air humides venues du golfe de GUINEE au Sud Ouest et les masses d'air sèches sahariennes du Nord Est. A côté du Front Intertropical qui parcourt l'Afrique occidentale (entre les latitudes 8 et 21°) durant l'hivernage, il y a l'hypothèse de l'existence d'une ligne de grain provenant de l'Est et qui détermine en grande partie la sécheresse ou l'abondance de l'année;

La saison de pluie s'étend en gros entre mi-Mai et mi-Septembre avec un maximum en Août. Les principaux événements de la saison sont des tornades, précédées toujours par un vent sableux violent.

III. EQUIPEMENT

III.1. Pluviométrie

Sept pluviomètres et trois pluviographes sont répartis sur tout le bassin avec la densité de 1 appareil pour 0,03 km² (fig. n° 1).

La répartition des postes pluviométriques est la suivante :

- A : pluviomètre à lecture directe (type association)
- 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.

Des problèmes de vidange et d'horlogerie ont empêché le bon fonctionnement des pluviographes B et G au cours du mois de Juillet. Ces deux appareils ont été réglés et remis en place à partir de début Août.

III.2. Hydrométrie

L'exutoire du bassin élèves situé à 200 de la confluence avec le Teloua en rive gauche est équipé :

- * D'un limnigraphe OTT type X à rotation journalière situé en rive droite.
- * De deux éléments d'échelle de crue gradués de "0" à "200 cm" qui ont été attachés à la gaine de ce limnigraphe.

Les jaugeages des hautes eaux 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 de jaugeages.

IV. OBSERVATIONS ET MESURES

IV.1. Pluviométrie

Les précipitations sont relevées après chaque pluie sur un pluviographe et sept pluviomètres pendant juillet ; l'équipement était complet en Août après la remise en place des pluviographes G et B.

Les tableaux 1, 2, 3 et 4 donnent la pluviométrie de la période du 01/06 au 09/09/86.

Les pluies moyennes journalières et mensuelles sont calculées par la méthode de THIESSEN. Les coefficients adaptés figurent dans le tableau suivant :

Juillet		Juin - Août - Septembre	
A	0,057	A	0,023
C	0,077	B	0,081
D	0,159	C	0,082
E	0,202	D	0,11
F	0,129	E	0,127
H	0,146	F	0,157
J	0,093	G	0,144
I	0,137	H	0,09
		J	0,055
		I	0,131

IV. 2 Hydrométrie

IV.2.1. Hauteurs d'eau

Les hauteurs d'eau sont enregistrées par le limnigraphe à rotation journalière. Les lectures à l'échelle et les pointages pendant les crues nous ont permis de vérifier le bon fonctionnement du limnigraphe. Dans l'ensemble, il n'y a pas eu d'anomalies.

IV.2.2. Mesures de débit - Courbe de tarage :

Quatres jaugeages ont été effectués pour les faibles eaux afin de s'assurer de la stabilité de la section. La liste de ces jaugeages figure dans le tableau suivant :

N°	Dates	$H_D - H_F$ (cm)	H moy (cm)	Q (m ³ /s)
1	18 - 07	33 - 30	32	0,19
2	"	27 - 26	26	0,07
3	25 - 07	31 - 30	30	0,11
4	25 - 07	42 - 41	41	0,33

La courbe de tarage fig.2 indique une bonne stabilité de la section malgré qu'elle soit sujette parfois à l'accumulation d'un dépôt sableux à la fin de la crue. Cette stabilité est à l'origine de la conservation du barème de l'année dernière. La côte maximale atteinte l'année dernière n'a pas été dépassée, ce qui laisse les hautes eaux toujours à préciser.

V. ANALYSE ET INTERPRETATION

V.1. Précipitation

19 averses ont été enregistrées depuis le début du mois de juin jusqu'au 10 septembre. Comparé à l'année dernière, le nombre d'évènements et même la durée de la saison ont nettement augmentés. Cette augmentation apparaît faiblement dans le total annuelle ce qui explique la faiblesse des averses. Sur les 19 évènements, treize n'ont pas dépassés 3 mm.

Le mois le plus arrosé reste le mois d'Août avec 49 % du total annuel. Les averses du 25/07 et 10/08 sont les deux plus marquantes de la saison. Elles ont contribué à 46 % de la pluviométrie totale.

V.2. Débit

Sept crues ont transité par l'exutoire du bassin élèves, seul celle du 11/06 qui a passé avant notre arrivée n'a pas été enregistrée. Les principales caractéristiques des 6 autres sont regroupées dans le tableau suivant :

N°	Dates	P moy. mm	P max mm	H max cm	Q ₃ max m ³ /s	Vg m	He mm	Ke %	Tm mn	Te mn
1	18 -07	5,9	7,5	33	0,2	336	1,1	18,6	13	55
2	25 - 07	21,5	22,3	59	1,34	2688	8,8	40,9	25	135
3	10 - 08	25,7	30,0	78	2,41	4790	15,7	61,1	25	120
4	18 - 08	7,4	8,7	45	0,59	756	2,5	33,8	18	95
5	31 - 08	10,1	11,3	39	0,37	330	1,1	10,9	17	55
6	5 - 09	9,9	11,3	48	0,79	1446	4,7	47,5	18	95

Une analyse des événements averse-crue a permis de dégager les remarques suivantes :

- 1/ Le ruissellement commence à partir d'une pluie moyenne de 5 mm.
- 2/ Les 6 crues enregistrées ont donné un volume écoulé de 10.346 m³ ce qui correspond a une lame écoulée de 33,8 et un coefficient de ruissellement moyen de 35 %. Toutes ces valeurs témoignent sur la nature des averses (13 averses ont donné moins que 3 mm) pour un bassin pratiquement imperméable.
- 3/ La variabilité du coefficient d'écoulement est liée à divers facteurs :
 - ◇ L'importance de l'averse, son intensité, son homogénéité
 - ◇ L'état d'humectation du sol

VI. CONCLUSION

Cette étude constitue un autre pas dans la connaissance de ce petit bassin. Elle a l'avantage d'avoir couverte la saison la plus longue depuis l'installation du bassin en 1984. Des nouvelles précisions ont été apporté en particulier pour les basses eaux, à savoir : le tm, te et ke d'autres caractéristiques telles que la quantité de transport solide, la nature des matériaux transportés doivent figurer dans les prochains programmes de ce bassin.

BASSIN ELEVES

BAREME D'ETALONNAGE

Etabli le 23/08/85

H cm	Q m ³ /s	H cm	Q m ³ /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

Juin. 1986

Précipitations

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

Juillet 1986

Précipitations

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

Août 1986

Précipitations

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

Septembre 1986

Précipitations

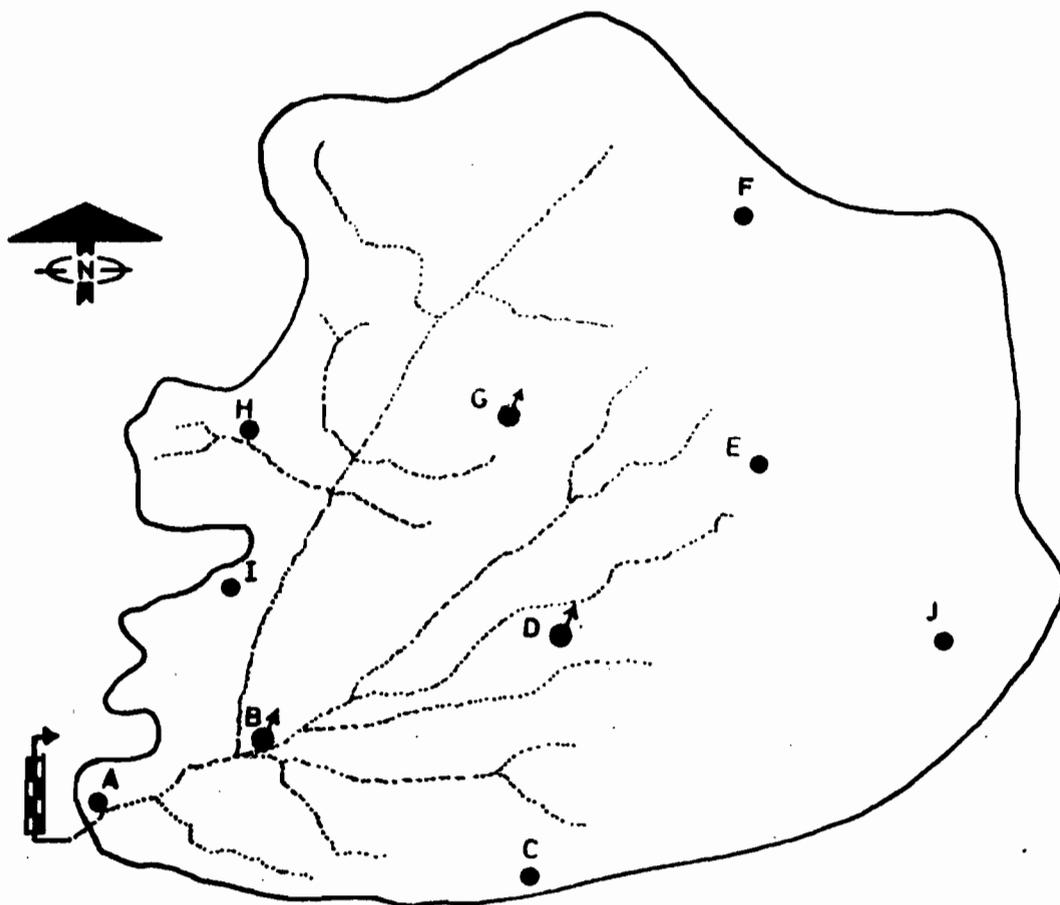
Jours	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	MOY.
1	1,4	2,7	2,0	1,4	2,4	1,7	1,0	1,4	0,8	2,3	1,8
2											
3											
4											
5	8,2	9,6	9,4	10,7	10,8	9,9	9,4	9,3	7,5	11,3	9,9
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
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

L I S T E D E S F I G U R E S

1. Equipements hydropluviométriques
2. Courbe d'étalonnage
3. Profil en travers de la section
4. Mesure des paramètres morphométriques
(Classification de SCHUMM)
5. Crue du 25/07/86
6. Crue du 10/08/86

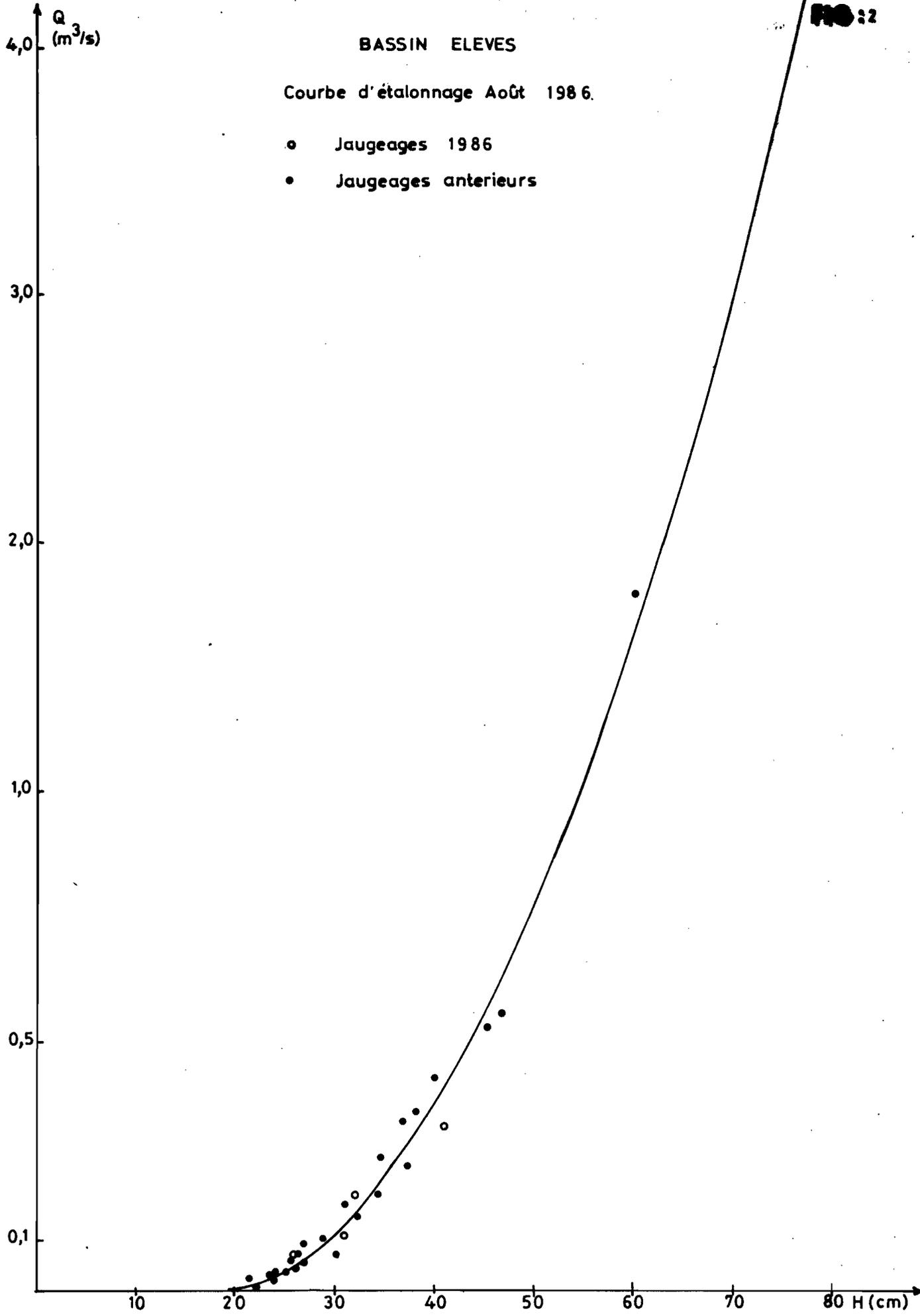
BASSIN ELEVES
EQUIPEMENTS HYDROPLUVIOMETRIQUES



LEGENDE

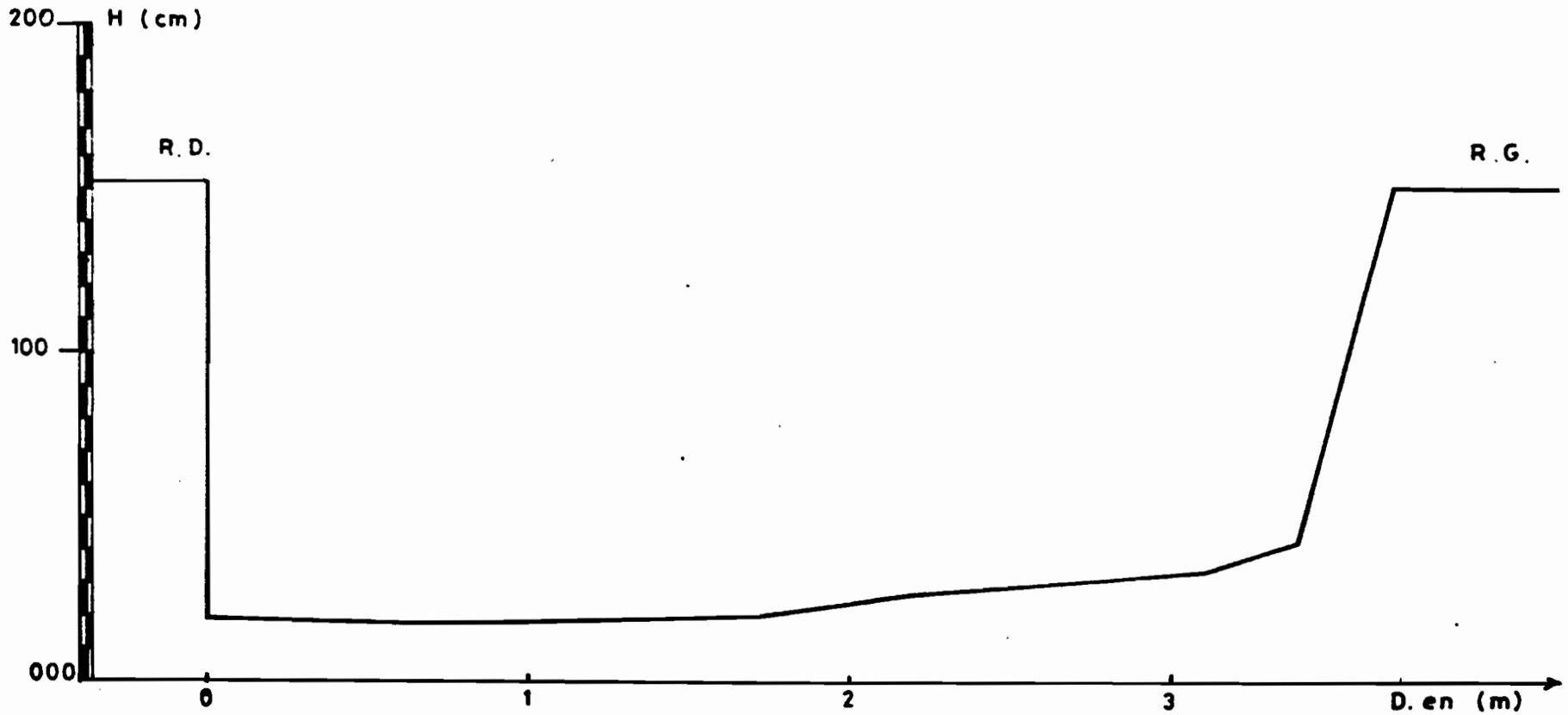
-  Contour du bassin
-  Cours d'eau
-  Pluviomètre
-  Pluviographe
-  Station hydrométrique

Echelle:  0 53 106 159 212 m



BASSIN LEVES

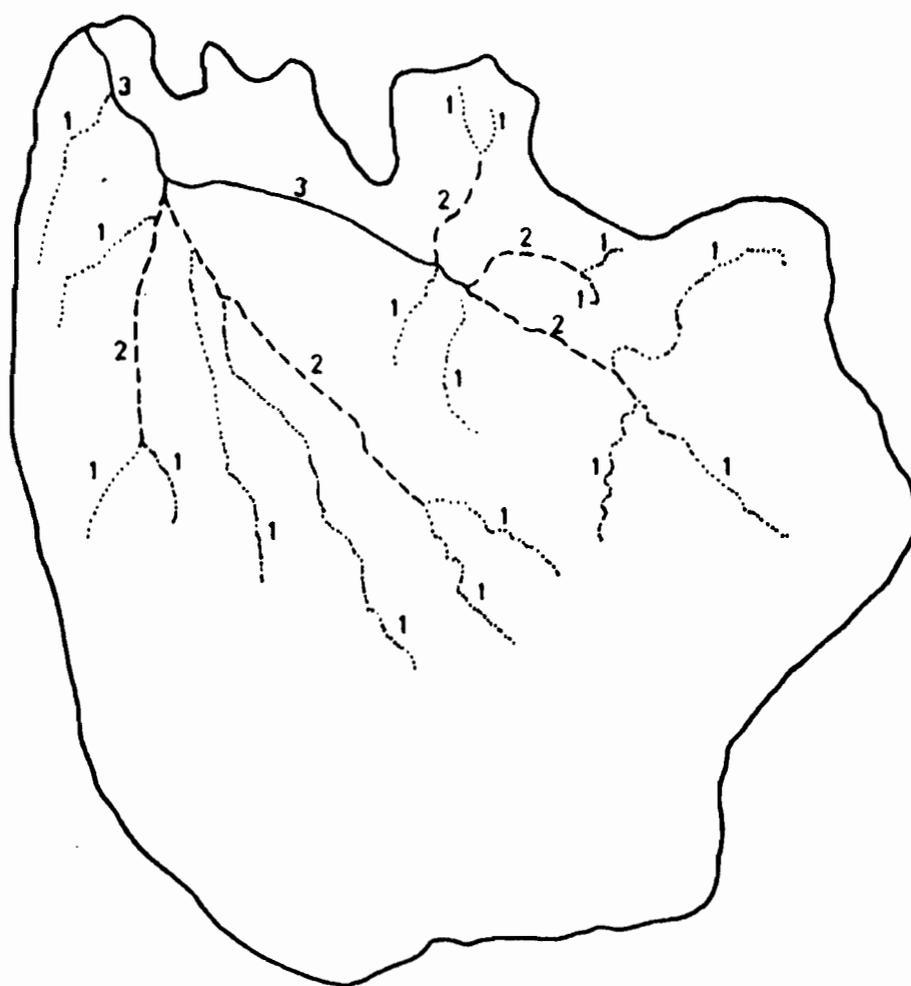
Profil en travers de la section
de jaugeage 10/08/86



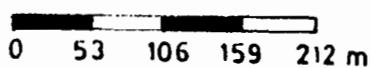
BASSIN ELEVES

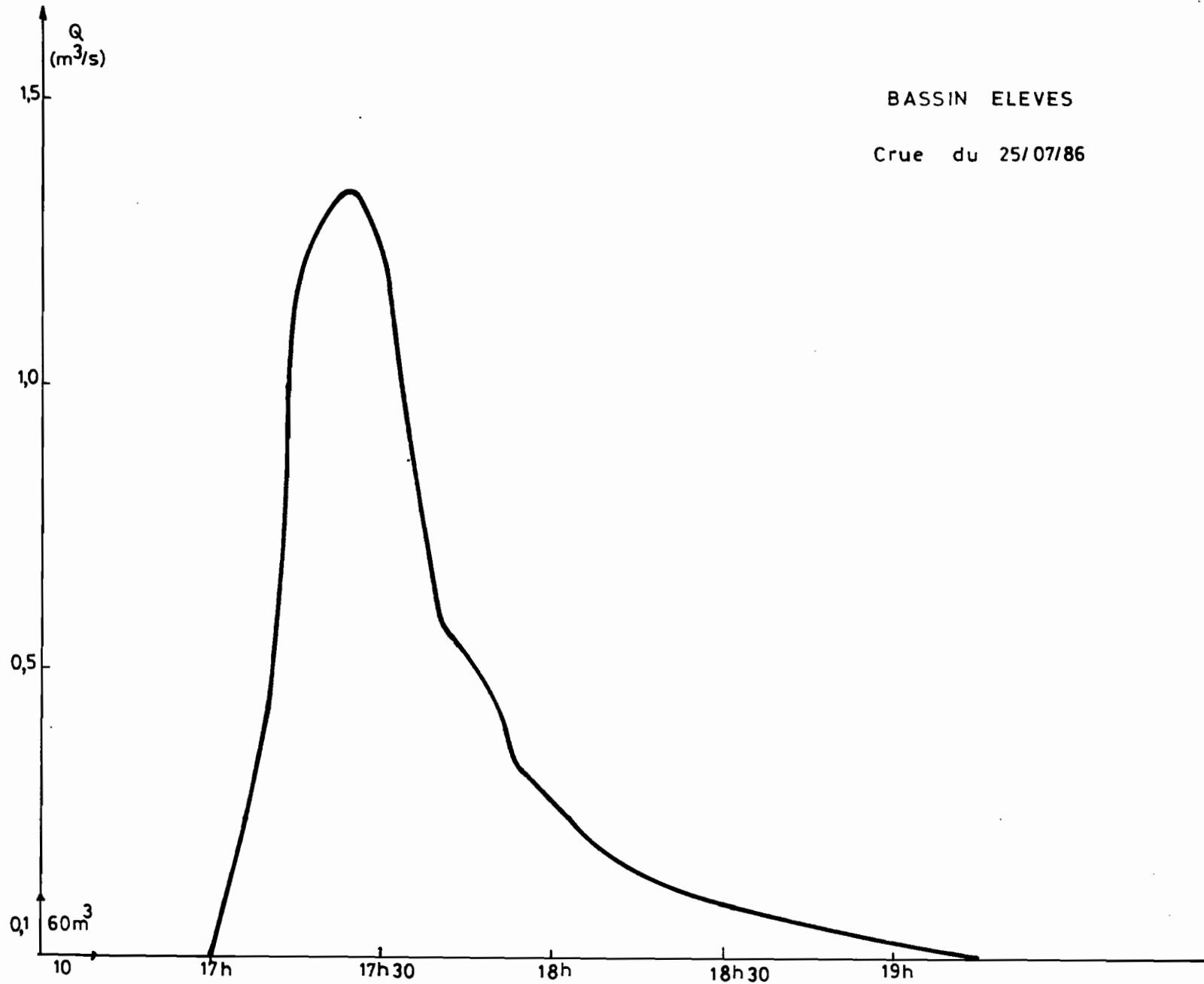
Mesure des paramètres morphométriques

(Classification De SCHUMM)



ECHELLE

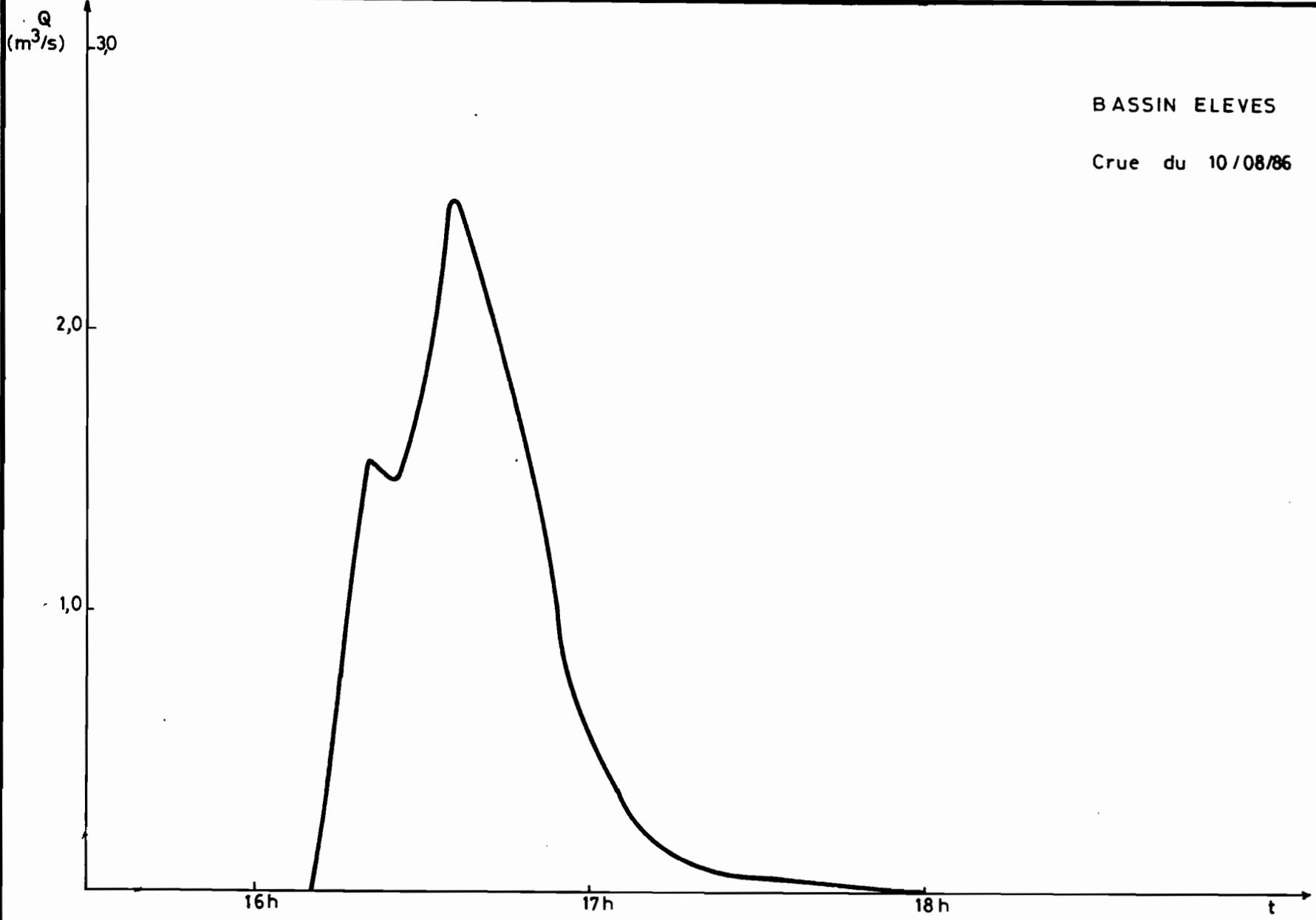






INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
- POUR LE DEVELOPEMENT EN COOPERATION

Mission au Niger



BASSIN ELEVES
Crue du 10/08/86

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	= Lamme ruisselée avant l'arrêt de la pluie
Li	= Lamme 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
tde	= Temps de début d'écoulement

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	41
II. RAPPEL DU PRINCIPE DE L'APPAREIL	42
III. DESCRIPTION DU BASSIN DE KOUNTKOUZOUT	42
III.1. Milieu physique et caractéristiques topographiques	42
III.1.1. Milieu physique	42
III.1.2. Caractéristiques topographiques	43
III.2. Sols, pédologie et états de surface	43
III.2.1. Sols	43
III.2.2. Pédologie et états de surface	43
IV. CLIMAT	46
V. DESCRIPTION DES PARCELLES	46
VI. PROTOCOLE DE MESURE	47
VII. RESULTATS, ANALYSE ET COMMENTAIRES	48
VII.1. Données hydrodynamiques	48
VII.1.1. Pluies d'imbibition	48
VII.1.2. Les coefficients de ruissellement efficace	49
VII.1.3. Lamme ruisselée cumulée	50
VII.1.4. Relation lamme ruisselée, pluie utile, indice IK	51
VII.2. Données de détachabilité	55
VIII. CONCLUSION	57

I. INTRODUCTION

L'évaluation des paramètres influençant le comportement hydrodynamique des sols reste toujours un objectif à atteindre afin de maîtriser l'écoulement, d'améliorer et de rentabiliser les différents aménagements. Le grand nombre et la diversité de ces facteurs rend l'étude sous pluie naturelle très délicate.

De plus, elle nécessite une infrastructure hydropluviométrique et un suivi rigoureux pendant plusieurs années.

Le simulateur de pluie, permettant de fixer à volonté les caractéristiques des averses (intensité, durée, hauteur totale), l'état d'humectation des sols par des arrosages successifs, de tester différents types de sols ou de couvertures végétales, paraissait être l'instrument privilégié d'une telle étude.

Les utilisations du simulateur de pluie sont diverses, citons par exemple : L'étude de la genèse des crues, l'étude des lois d'infiltration et même la transposition des modèles mathématiques. S'initier à cette technique était l'un des objectifs de notre année de stage. Lors d'une campagne de simulation de pluie sur le bassin de Kountkouzout dont l'objectif était l'étude des crues décennales, nous avons associé une étude sur la détachabilité des sols sur les sites II et III.

Les parcelles étudiées ne sont pas celles du programme principal de simulation de l'ORSTOM, mais concernent les mêmes sites.

Les manipulations ont été menées en compagnie de R. GATHELIER. La campagne a été bouclée par une étude des états de surface sous l'encadrement de C. VALENTIN. Le but de cette étude est de dresser une carte de différenciations morpho-structurales de la surface des sols du bassin, et définir des unités cartographiques à partir des facteurs susceptibles d'intervenir sur l'infiltrabilité. Cette étude aurait dû être faite avant l'emplacement des parcelles, mais elle nous a permis au moins de vérifier et de confirmer le choix des sites déterminés lors d'une tournée de reconnaissance du bassin par A. CASENAVE (du 20 au 22 Novembre).

II. RAPPEL DU PRINCIPE DE L'APPAREIL

Avant de développer les différents paragraphes de ce chapitre une description sommaire du principe du mini-simulateur utilisé s'impose.

Le mini-simulateur est constitué d'un système d'arrosage fixé au sommet d'une tour. Cet ensemble est recouvert d'une bâche destinée à isoler la parcelle de l'action du vent dans le but de conserver les intensités constantes pendant la manipulation. Le système d'arrosage est constitué d'un gicleur calibré, monté sur un bras mobile et alimenté en eau à débit constant par une motopompe. Un système de bras de levier réglable permet, en faisant varier l'angle de balancement, de modifier la surface arrosée au sol et l'intensité sur la parcelle de 1 mètre carré étudiée. L'ensemble du mécanisme de balancement est monté sur un axe centrant le gicleur sur l'axe de la parcelle. Un manomètre, installé au sommet de la tour, permet de contrôler la pression d'admission de l'eau au gicleur et donc de la constance du débit.

Les trous de la face aval du cadre métallique (1 m²) limitant la parcelle se déversent dans un canal collecteur, ce dernier débouche dans une cuve calibrée de façon à donner un enregistrement de 1 cm sur le papier du limnigraphe pour une lame ruisselée de 1 mm.

III. DESCRIPTION DU BASSIN DE KOUNTKOUZOUT

III. 1. MILIEU PHYSIQUE ET CARACTERISTIQUES TOPOGRAPHIQUES

III.1.1. Milieu physique

Comme toute la région de l'Ader Douchi, le bassin de Kountkouzout est caractérisé par un relief de cuesta résultant de la rencontre de formations tendres (dépôts continentaux et marins du crétacé) et des grès ferrugineux du plateau (continental terminal inférieur). La série géologique recoupée par l'érosion est constituée par :

- * Le Crétacé supérieur : série de grès, d'argiles et sables fins ;
- * L'éocène : calcaire avec intercalations marnoargileuses
- * Le continental terminal : grès ferrugineux à oolithes et niveaux argileux.

Ces grès présentent très souvent des niveaux de cuirasses ou des carapaces fortement indurées.

III.1.2. Caractéristiques topographiques.

Le bassin de Kountkouzout situé à 40 Km à l'est de Tahoua couvre une superficie de 16,6 km² et se trouve à l'altitude 456 m. Les paramètres morphométriques nous donne L = 8.95 km avec un indice de pente de roche (I_p) de 0,10 et un indice global (IG) de 8.15.

III.2. SOLS, PEDOLOGIE ET ETATS DE SURFACE.

III.2.1. Sols (Voir carte des sols)

D'après A. CASENAVE (compte rendu de mission au NIGER, Novembre 86) :

Une carte pédologique détaillée établie pour l'étude de l'aménagement régional de l'Ader Doutchi met en évidence une nette relation entre la géologie et la pédologie. On distingue sur ce bassin 5 grands types de sols :

1. Des sols minéraux bruts d'érosion qui couvrent principalement le plateau à l'amont du bassin (11 % de la surface du bassin).
2. Des sols peu évolués d'apport sur matériaux issus des grès ferrugineux de l'Ader Doutchi qui couvrent 18 % de la surface du bassin principalement sur les glacis de l'amont du bassin.
3. Des sols calcomagnésimorphes sur un affleurement calcaire de l'éocène à la hauteur de l'exutoire du bassin (3 % du bassin).
4. Des sols bruns subarides qui occupent tout le centre du bassin (38 % de la surface).
5. Des associations de sols bruns subarides et de sols bruns calcomagnésimorphes qui forment une bande entourant le bassin sur les glacis et représentent 28 % de la surface.

III.2.2. Pédologie et états de surface

La reconnaissance effectuée sur le bassin par A. CASENAVE deux mois avant la campagne a permis de distinguer 4 états de surface différents. Ses 4 états qui ont servi au choix et à l'installation des parcelles sont les suivants :

1. Un Reg (qui n'est pas bien défini) avec affleurement de la cuirasse latéritique ou des grès ferrugineux qui constituent le plateau (non testé, avec un Kr entre 80 et 90% par similitude avec le Reg d'Agadez)

2. De gros blocs et cailloux de grès, de cuirasse ou de calcaire faisant le raccord entre le plateau et le fond du bassin : les pentes.

3. Un recouvrement sableux éolien épais, couvert d'une pellicule fine et fragile peu cohérente, adhérente à l'horizon sous-jacent et qui forme l'amont du bassin.

4. Des sols bruns rouges : situés principalement en rive gauche du marigot, nettement plus argileux que les précédents, sont couverts de pellicules très développées fines, cohérentes, non adhérentes à l'horizon sous-jacent.

Dans le but de dresser une liste des principales unités cartographiques qui caractérisent l'Afrique de l'Ouest et de définir leurs coefficients de ruissellement respectifs, on a assisté sous l'encadrement de C. VALENTIN (Pédologue, ORSTOM, Côte d'Ivoire) à une analyse détaillée des états de surface. Une étude purement pédologique qui nous a permis d'acquérir et d'approfondir certaines notions de pédologie, domaine indissociable de l'hydrologie.

Ces unités cartographiques sont désignées par la différenciation dominante suivante :

* Unité N° 1 : Regs = 49,8 %

Elle regroupe les regs des plateaux, ceux des versants et ceux 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 N° 2 : chaos calcaire 2,1 %

Chaos calcaire apparaissent en bas de certains versants.

* Unité N° 3 : Regs à calcaire 1,6 %

Il s'agit de regs situés à l'aval du bassin où la pellicule plasmique est non continue et plus fragile, se caractérise à l'approche de la présence de calcaire.

* Unité N° 4 : Pavage fins 7,8 %

Des gravillons couvrent la surface. Certains sont inclus dans la pellicule plastique souvent surmontée de sables fins à porosité vésiculaire. On observe une forte analogie avec l'unité N° 1 mais avec des éléments grossiers beaucoup plus petits.

* Unité N° 5 : Pavage fin, calcaire, 0,5 %

Identique à la précédente mais comme pour l'unité N° 3, la pellicule est plus fragile et donc souvent fragmentée.

* Unité N° 6 : Surface sableuse 6,1 %

Cette unité regroupe les surfaces sableuses, généralement couvertes de pellicules très fragiles pour la plupart fragmentées.

* Unité N° 7 : Surface sableuse à calcaire 11,0 %

Identique à l'unité précédente mais les sables contiennent des débris calcaires. Surface encore plus bombante que l'unité précédente.

* Unité N° 8 : Surface dunaire 1,3 %

Se distingue de l'unité N° 6 par une topographie dunaire. Les 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 N° 9 : Surface à taches nues pelliculaires rouge et à recouvrement sableux 14,6 %

Cette unité se situe en position de piémont.

* Unité N° 10 : Surface limonoargileuse 5,2 %

Cette surface se distingue de la précédente par sa position topographique, une texture plus lourde et la présence de calcaire.

IV. CLIMAT

Le bassin de Kaunkouzout a comme référence Tahoua. Il appartient au régime tropical semi-aride. La pluviométrie interannuelle était de l'ordre de 400 mm en 1970, elle est nettement plus faible si on tient compte de la dernière décennie. Les hauteurs ponctuelles journalières de récurrence annuelle et décennale ont été respectivement estimées à 40 et 70 mm toujours en 1970. Les caractéristiques du ruissellement sont les suivantes :

Intensité limite de ruissellement (mm/h)	12		
Précipitation limite de ruissellement (mm)	2	3	4
Nombre de jours d'arrêt	1	4	10

V. DESCRIPTION DES PARCELLES

Les parcelles ont été installées sur les sites II et III, à faible distance des parcelles du programme principal de simulation (P_5 , P_6 , P_7 et P_8). Ces parcelles ont été appelées P_5' , P_6' , P_7' et P_8' ; elles sont caractérisées par les états de surfaces suivants :

a) SITE II : Sols brun rouges dans lesquels on note la présence :

- * du calcaire
- * des pellicules continues d'épaisseur moyenne, non adhérentes à la surface sous-jacente
- * des traces d'érosion importantes
- * une porosité vésiculaire marquée et une ségrégation des sables fins et grossiers à la surface.

P_5' : Sol non remué avec un pied de mil dans un interbillon

P_6' : Sol labouré (Wishmeir), la pellicule est plus continue et plus épaisse et la porosité vésiculaire est moins marquée que celle du P_5' (avant le labour).

b) SITE III : Zone gravillonnaire, les gravillons sont le plus souvent posés sur la surface parfois insérés dans la pellicule plasmique. Pas de trace d'érosion mais une aptitude au ruissellement analogue au site précédent, avec un pourcentage d'argile moins important.

P₇' : avec pied de mil

P₈' : sol nu.

VI. PROTOCOLE DE MESURE

Trois pluies seront simulées sur chaque parcelle, une pluie décennale intercalée entre deux annuelles. Le protocole adopté peut être schématisé pour une parcelle par le tableau ci-dessous :

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

Les pluies annuelles ont la forme suivante :

30 mn à 30 mm/h

10 mn à 120 mm/h

10 mn à 40 mm/h

soit une pluie de 41,7 mm en 50 minutes.

Les pluies décennales sont constituées de la succession des intensités suivantes :

30 mn à 30 mm/h

15 mn à 130 mm/h

15 mn à 80 mm/h

15 mn à 40 mm/h

soit une pluie de 77,3 mm en 75 minutes.

Des prélèvements de 100 cc, à la sortie du tube du ruissellement ont été faits à l'aide d'un flacon. La fréquence des prélèvements dépend uniquement de l'évolution de l'hydrogramme et de la concentration de la lame ruisselée.

Les échantillons filtrés, séchés à 105° c puis pesés nous ont permis de dresser l'évolution de la concentration (g/l) en fonction du temps :

Turbidigramme.

Les solidigrammes ont été tracés en multipliant pour un temps de prélèvement donné, les valeurs expérimentales de la concentration (turbidigramme) et de l'intensité de ruissellement (mn/h).

Le planimétrage de ces solidigrammes donne la détachabilité.

N.B. : Les quantités de transports solides résultant de cette étude doivent être majorées car on a pas tenu compte du sol érodé se trouvant dans le goulot de la parcelle et le tube de ruissellement après la pluie. Toutefois l'évolution de la quantité transportée en fonction du temps d'arrosage et les différences qui sont apparues entre les parcelles restent significatives et témoignent sur la réponse réelle de ses sols.

VII. RESULTATS, ANALYSE ET COMMENTAIRES

VII.1. Données hydrodynamiques

VII.1.1. Pluies d'imbibition

La pluie d'imbibition est la hauteur de précipitation infiltrée dans le sol ou stockée sur la surface entre le début de l'averse et l'instant où se déclenche le ruissellement sur la parcelle. La représentation de cette pluie en fonction de l'indice IK calculé pour chaque averse (fig. 1-a) et en fonction de t_i (fig. 1-b) pour les 4 parcelles nous a permis de dégager les remarques suivantes :

1°) La pluie d'imbibition est systématiquement inférieure lors de la troisième pluie à celle de la première. Ceci s'explique par la formation d'une croûte de battance sous l'action des pluies successives et se traduit par une

imperméabilité croissante.

2°) La fig. 1-b met en évidence les différences structurales et texturales de la couche superficielle de deux sites. En effet, la présence de calcaire agent défavorable à la structuration, une porosité vésiculaire marquée, un taux de sable plus important et des organisations superficielles plus fragiles favorisent l'infiltration dans le site II. La longueur des courbes des parcelles P_5' et P_6' justifie cette constatation.

3°) L'écart entre les courbes du P_6' (Wishmeir) et P_5' (fig. 1-a), prouve l'importance du labour pour ce type de sol. Malgré que les deux courbes se rejoignent pour un IK égale à 45 dû à la reconstitution progressive de la pellicule superficielle pour la parcelle labourée, l'intérêt du labour au niveau de la pluie d'imbibition reste notable.

4°) L'influence du couvert végétal : on note un faible écart entre les courbes du P_7' et P_8' (fig. 1-a) au début de l'arrosage, cet écart diminue légèrement pour rester pratiquement constant, d'où une influence limitée, qui ne peut être considérable qu'avec la succession de plusieurs pluies.

VII.1.2. Les coefficients de ruissellement efficace.

La représentation des coefficients de ruissellement efficace en fonction de l'indice IK est intéressante car elle nous permet de voir l'évolution du ruissellement en fonction de l'état d'humectation du sol. En d'autre terme, l'évolution de la croûte sous l'action des arrosages successives.

La fig. 2-a et le tableau 2 ont permis d'avoir les remarques suivantes :

1°) Le point de départ de chaque courbe traduit l'état initial avant tout arrosage. C'est ainsi qu'on distingue la présence d'une croûte au niveau du site II et P_5' . Cette croûte très nette pour P_8' disparaît partiellement sous l'action de la première pluie. La reconstitution se fait au fur et à mesure que l'état d'humectation augmente et que les arrosages se succèdent jusqu'à atteindre pratiquement l'état initial.

2°) La contribution du couvert végétal est assez nette au début de l'arrosage. Le pied de mil constitue un endroit favorable à l'infiltration et au stockage d'une partie de l'eau. L'influence disparaît progressivement après la 1ère pluie et P₇' rejoint les autres parcelles.

3°) L'importance du labour est assez limitée car il y a une forte infiltration au départ qui résulte de la destruction de l'ancienne croûte. La reconstitution de la nouvelle croûte commence juste après les premières gouttes de pluie et le coefficient de ruissellement croît rapidement sans jamais atteindre la même valeur pour une parcelle non labourée dans un même site (P₅').

VII.1.3. Lame ruisselée cumulée

La comparaison des coefficients de ruissellement efficaces est intéressante car elle neutralise la période d'imbibition. Dans le tableau ci-dessous on trouve les coefficients de ruissellement efficace et utile pour deux situations extrêmes IK = 0 et IK = 67, un coefficient de ruissellement global pour chaque parcelle calculé à partir du tableau 3 - fig. 3.

Coefficient de ruissellement (%)

Parcelle Kr	IK = 0		IK = 67		Kr global
	Kru	Kre	Kru	Kre	
P ₅ '	45,6	62,3	84,7	93,8	84,0
P ₆ '	3,5	7,8	75,9	84,3	68,1
P ₇ '	45,7	52,6	86,5	91,5	60,2
P ₈ '	75,0	92,1	79,1	85,6	74,8

La fig.3 présente pour chaque parcelle et chaque averse les lames ruisselées cumulées depuis le début du protocole reportées à la pluie utile cumulée. Les résultats du tableau ci-dessus et du tableau 3 appellent

quelques remarques :

1°) La parcelle qui a le plus ruisselée est la P_5' ($\Sigma Lr = 137,5$ mm) pour un coefficient de ruissellement global de 84 %. Malgré que le ruissellement n'ai été que de 19 mm à la fin de la première pluie comparée à P_8' (30,8 mm), la parcelle P_5' rejoint et dépasse même P_8' à la fin de la deuxième pluie. Cela s'explique par le taux d'argile qui est plus important pour P_5' et qui est facilement atteint par l'eau à la suite de la première pluie.

2°) Pour un $IK \geq 67$ on atteint les mêmes coefficients de ruissellement. Ceci prouve que les deux sites évoluent vers la même situation à la suite de la formation de la croûte de battance.

3°) L'influence du couvert végétal est limitée au deux premières pluies (fig. 2-b). Une comparaison faite entre les cumuls de lames ruisselées de P_7' et P_8' justifie notre constatation. La courbe qui matérialise la troisième pluie passe pratiquement par la bissectrice de deux axes. Le même phénomène n'apparaît pas sur la fig.3, qui par contre met en évidence une analogie dans les réactions de P_5' et P_7' jusqu'à la fin de la première pluie. On rappelle que ces deux parcelles sont de deux sites différents, mais qui possèdent tous deux un pied de mil.

4°) Le ruissellement de P_6' (Wishmeir) est pratiquement nul pour la première pluie. Lors de la deuxième pluie le Kre passe de 7,8 à 84,3 % résultant de la reconstitution rapide de la croûte et par conséquent la réduction considérable de l'infiltration. Cependant, on ne peut pas affirmer que l'intérêt du labour est limité à la première pluie, car même à la fin de la 3ème pluie le Kre a 10 % de moins par rapport à P_5' , parcelle voisine et non labourée.

VII.1.4. Relation lame ruisselée, pluie utile, indice IK

Avoir la lame ruisselée seulement par une mesure de la pluviométrie pour un état d'humectation de sol donné est un objectif essentiel du point de vue

de l'hydrologue. Par le biais de la simulation, on établit une relation qui permet la reconstitution des crues sur les bassins à partir des données des parcelles. Pour la réalisation d'un tel modèle cinq étapes sont nécessaires :

1/ La cartographie des états de surface : Nécessaire pour fixer le poids de chaque parcelle dans le modèle.

2/ Le choix des sites d'implantation des parcelles : suit la cartographie. Les parcelles choisies, de 1 m² de surface, doivent représenter les principaux états de surface rencontrés sur le bassin. Le nombre de parcelles testées ne dépasse pas la douzaine par bassin.

3/ Le protocole des pluies simulées : Reproduit les précipitations de fréquence annuelle et décennale.

Le protocole varie suivant les régions. Il est le même pour toutes les parcelles d'un même bassin. Avec 7 pluies au maximum pour différents indices de l'état d'humectation, on arrive à reproduire toute sorte de pluie.

4/ La campagne de pluies simulées : Elle a lieu en saison sèche afin d'avoir avant la première précipitation un état d'humectation du sol minimum. Pour une averse donnée, l'indice de l'état d'humectation des sols est calculé à partir du total cumulé des précipitations antérieures, corrigé en fonction du temps qui les sépare de l'averse considérée. Un indice de forme exponentielle a été adopté (A. CASENAVE, Cahier ORSTOM n°4, 1982) répondant à l'équation :

$$IK_n = (IK_{n-1} + P_{n-1}) e^{-\alpha t}$$

où IK_n = valeur de l'indice avant la pluie n.

IK_{n-1} = valeur de l'indice avant la pluie n-1

P_{n-1} = hauteur de la pluie n-1

t = temps en fonction de jours séparant la fin de la pluie n-1
du début de la pluie n

α = coefficient d'ajustement

5/ La fonction de calage du modèle : C'est la corrélation entre les crues simulées et celles réellement observées sur le terrain.

Du fait que nous avons assisté seulement à la deuxième moitié de la campagne, on a participé à la première, la troisième étape et évidemment à des manipulations de l'appareil sur des parcelles indépendantes du programme principal. Mais pour mettre en pratique la réalisation du modèle, on a établi l'équation de ruissellement de chacune des 4 parcelles que nous avons étudiées. Le reste des équations a été tiré du rapport du Bassin de Kountkouzout (R. GATHELIER, A. GIODA, 1986).

La méthode utilisée est celle proposée par A. CASENAVE (Cahier ORSTOM n° 4, 1982) : comme courbes caractéristiques de chacune des parcelles d'expérimentation, un faisceau de courbes donnant la lame ruisselée en fonction de l'indice IK pour plusieurs valeurs de pluie utile (fig. 4 à fig. 7). Ce faisceau est obtenu graphiquement après l'analyse, pour chacune des averses, des droites donnant à intervalle de temps fixé la lame ruisselée en fonction de la pluie utile pour un indice IK calculé au début de l'averse.

Pour chaque P_u on a une droite de la forme :

$$L_r = a \text{ IK} + b$$

avec $a = f(P_u)$ et $b = f(P_u)$

Les équations de a et b sont obtenues par des corrélations entre P_u et les différents coefficients a et b correspondants.

D'où les équations caractéristiques de chaque parcelle (voir page suivante)

L'équation globale du ruissellement du bassin sera obtenue par la sommation des équations des parcelles rapportées à leurs pourcentages d'occupation respectives :

$$L_{r_6} = 0,535 \frac{(L_{r_1} + L_{r_2})}{2} + 0,146 \frac{(L_{r_3} + L_{r_4})}{2} + 0,035 L_{r_5} + 0,017 L_{r_6} + 0,028 L_{r_7} + 0,055 L_{r_8} + 0,180 (L_{r_{Ax}} \text{ d'Oursi}).$$

Parcelles	Limites de IK	Equations des parcelles	% occupation
P ₁	IK 7,5	$Lr_1 = 0,0171 Pu \cdot IK + 0,077 IK + 0,81 Pu - 4,8$	0,2675
	IK 7,5	$Lr_1 = 0,00057 \cdot Pu \cdot IK + 0,0167 \cdot IK + 0,961 Pu - 4,1$	
P ₂	Toutes les valeurs	$Lr_2 = 0,00023 Pu IK + 0,039 IK + 0,98 Pu - 4,8$	0,2675
P ₃	IK 6,5	$Lr_3 = 0,0243 Pu IK + 0,0207 IK + 0,214 Pu - 2,3$	0,073
	IK 6,5	$Lr_3 = 0,0028 Pu IK - 0,019 IK + 0,35 Pu - 1,6$	
P ₄	IK 7,5	$Lr_4 = 0,00079 Pu IK - 0,0138 IK + 0,833 Pu - 3,3$	0,073
	IK 7,5	$Lr_4 = 0,020 Pu IK + 0,751 IK + 0,681 Pu - 8,6$	
P ₅ '	Toutes les valeurs	$Lr_5 = 0,0035 Pu IK + 0,040 IK + 0,764 Pu - 7,2$	0,035
P ₆ '	IK 33,6	$Lr_6 = 0,024 Pu \cdot IK - 0,222 IK + 0,035 Pu - 0,2$	0,017
	IK 33,6	$Lr_6 = 0,001 Pu IK + 0,075 IK + 6,0797 Pu - 10,4$	
P ₇ '	Toutes les valeurs	$Lr_7 = 0,0035 Pu IK + 0,040 IK + 0,764 Pu - 7,2$	0,028
P ₈ '	//	$Lr_8 = - 0,000387 Pu IK + 0,056 IK + 0,82 Pu - 5,3$	0,055
Ax	//	$Lr_{Ax} = 0,0731 IK + 0,526 Pu - 5,83$	0,18

REMARQUES :

* Les équations des parcelles P_1 , P_2 , P_3 et P_4 ont été prises du rapport du bassin de Kountkouzout (R. GATHELIER, A. GIODA, 1986)

* Pour la partie non testée du bassin au cours de la campagne, on a pris l'équation de la parcelle Ax. Ax est une parcelle de la mare d'Oursi (Cahier ORSTOM n° 4, 1982) qui présente des caractéristiques analogues à la zone non testée.

VII.2. Données de détachabilité

Des prélèvements de 100 cc, au cours de l'arrosage ont permis le traçage des courbes de concentration en fonction du temps (fig. 11 à fig. 22). Les quantités transportées par m^2 ont été obtenues par le planimétrage des solidigrammes (fig. 11 à fig. 22). Chaque solidigramme représente l'évolution de la quantité transportée pour $1 m^2$ et résulte du produit de la concentration (g/l) avec l'intensité de ruissellement (mm/h). Un résumé des résultats de cette étude figure dans le tableau ci-dessous.

Il est intéressant de rappeler que tous les résultats doivent être majorés, faute de la détermination de sol érodé dans le goulot de la parcelle et le tube de ruissellement.

		à la fin de P1	à la fin de P2	à la fin de P3	Q.T.T. (g/m ²)
Q.M.T. à partir (g/m ²)	P ₅ '	150,7	432,4	361,6	996,2
	P ₆ '	8,33	604,9	299,8	913,0
	P ₇ '	166,6	276,5	248,3	691,4
	P ₈ '	203,3	211,4	199,2	613,9

Q.M.T. = Quantité de matériaux transportés

Q.T.T. = Quantité totale de matériaux transportés

A partir du tableau ci-dessus et des figures 8, 9 et 10, on a pu faire les remarques suivantes :

1/ Pour une pluie totale de 160 mm durant 175 mm (moins que la moyenne annuelle) un écart de 30 % apparaît entre les deux sites. Une différence notable qui est due essentiellement aux différences structurales et surtout à l'état initial de la croûte superficielle.

2/ A la fin du protocole, la quantité totale transportée pour deux parcelles de même site est pratiquement la même. Ce résultat témoigne d'une part sur la tendance finale au niveau de chaque site, d'autre part sur l'influence de labour et du couvert végétal. Une influence qu'on peut qualifier plutôt de négative que de positive pour les raisons suivantes :

a) Le P₇' et le P₅' deux parcelles avec un pied de mil ont donné 10 % de plus de transport solide comparé avec des parcelles non cultivées du même site.

b) A la fin de la deuxième pluie, la parcelle P₆' (labourée) a 30 % de plus de transport comparé à P₅' et 60 % de plus par rapport aux parcelles du site III. Une réponse qu'on considère logique à la suite de la destruction de la structure avec le labour et un arrosage qui atteint 130 mm/h.

Le labour paraîtra plus déconseillé, en particulier pour ce type de sol si on tient compte du caractère torrentiel de la pluie et de la fréquence des évènements dans le régime sahélien.

3/ L'évolution de la quantité transportée avec l'arrosage peut être considérée comme une caractéristique propre de chaque type de sol. Les différences dans les réponses des parcelles justifient cette constatation et montre que la quantité transportée est liée au moins à trois paramètres :

- a) L'intensité de pluie.
- b) L'état du sol avant l'arrosage (humectation et structure)
- c) Présence et nature du couvert végétal.

La texture du sol est certainement un paramètre à ne pas ignorer. Malheureusement, la durée de cette étude et le manque d'appareil ont été un handicap devant la détermination de son influence.

C O N C L U S I O N

Avec les 12 pluies simulées sur le bassin de Kountkouzout, on ne prétend pas être capable de juger l'efficacité de la simulation. Cependant cette technique peu onéreuse et facilement maniable reste toujours le meilleur moyen à notre connaissance pour déterminer de façon complète et rapide, les caractéristiques hydrodynamiques des différents types de sol ou d'état de surface.

A part l'initiation à l'utilisation du mini-simulateur, l'intérêt essentiel de cette campagne a été pour moi l'interprétation des résultats obtenus. Une interprétation personnelle dans laquelle, j'ai essayé de relier les résultats aux caractéristiques des parcelles. L'ensemble de ses résultats peut être résumé dans les points suivants :

◇ L'intérêt limité de labour. La modification de la structure dans le but d'accroître l'infiltration, se traduit plutôt par une aggravation de l'érosion que ce soit éolien ou hydrique.

◇ Pour le même site, la quantité de terre perdue par une parcelle cultivée est légèrement supérieure à celle d'une parcelle nue. Cette différence reste à préciser et qui peut être due simplement à un dépôt éolien au cours de la saison sèche.

◇ Le rôle primordial de la couche superficielle dans le ruissellement.

◇ La reconstitution rapide de la croûte de battance pour la parcelle labourée.

Rappelons enfin que cette étude n'a pas pour intérêt de sortir un rapport complet sur le bassin de Kountkouzout, mais plutôt l'entrée dans un domaine dans lequel on espère continuer.

L I S T E D E S T A B L E A U X

1. Données de base
2. Données hydrodynamiques
3. Relation entre P_u et L_r
4. Intensités maximales de ruissellement et minimales d'infiltration (P'_5)
5. Turbidigrammes - Solidigrammes (P'_5)
6. Pluies utiles et lames ruisselées (P'_5)
7. Lames ruisselées calculées (P'_5)
8. Intensités maximales de ruissellement et minimales d'infiltration (P'_6)
9. Turbidigrammes - Solidigrammes (P'_6)
10. Pluies utiles et lames ruisselées (P'_6)
11. Lames ruisselées calculées (P'_6)
12. Intensités maximales de ruissellement et minimales d'infiltration (P'_7)
13. Turbidigrammes - Solidigrammes (P'_7)
14. Pluies utiles et lames ruisselées (P'_7)
15. Lames ruisselées calculées (P'_7)
16. Intensités maximales de ruissellement et minimales d'infiltration (P'_8)
17. Turbidigrammes - Solidigrammes (P'_8)
18. Pluies utiles et lames ruisselées (P'_8)
19. Lames ruisselées calculées (P'_8)

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 ₅ '	1		15 ^h 05	15 ^h 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 ^h 50	6 ^h 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 ^h 05	5 ^h 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 ₆ '	1		23 ^h 05	23 ^h 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 ^h 05	13 ^h 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 ^h 25	14 ^h 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 ₇ '	1	28/2/86	10 ^h 45	11 ^h 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 ^h 30	0 ^h 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 ^h 15	2 ^h 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 ₈ '	1	28/2/86	18 ^h 05	18 ^h 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 ^h 05	8 ^h 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 ^h 50	8 ^h 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

DONNEES HYDRODYNAMIQUES (BV DE KOUNTKOUZOUT 86)

	P ₅ '			P ₆ '			P ₇ '			P ₈ '		
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃
t _{de} (mn, s)	31,30	8,30	6,30	33,0	13,0	8,30	10,30	5,0	5,0	15,0	6,0	5,0
Pi (mm)	11,5	5,0	5,0	24,0	6,5	4,1	5,5	2,6	2,3	7,8	2,8	3,2
IK	0	32,7	72,6	0	33,6	65,5	0	33,03	67,6	0	32,6	67,6
I max (mm)	122	137	127	120	128	117	124	136	120	123	133	124
Rx max (mm)	103	137	127	23	115	111	86	86	115	118	100	108
Kre %	62,3	95,6	93,8	7,8	83,5	84,3	52,6	54,5	91,5	92,1	75,8	85,6

T A B L E A U - 2 -

RELATION ENTRE P_u ET L_r

Pour chaque parcelle.

		P_1			P_2				P_3		
t_u (mm)		30	40	50	30	45	60	75	30	40	50
P_5'	P_u	16,5	36,8	42,8	60,3	94,5	115,5	127,3	152,3	173,5	182,3
	L_r	0	14,2	19	26,7	63,1	83,7	94,5	107,4	128,1	137,5
P_6'	P_u	16,0	36,0	43,3	58,3	90,3	107,9	117,8	132,3	151,8	160,0
	L_r	0,0	0,8	1,4	4,5	31,4	47,7	57,8	63,9	82,1	90,0
P_7'	P_u	15,0	35,7	42,2	57,7	91,7	112,4	121,9	137,4	157,4	164,1
	L_r	1,9	15,0	18,8	24,9	46,9	58,1	60,4	70,1	88,9	96,4
P_8'	P_u	15,0	35,5	42,0	57,0	90,2	110,0	119,8	134,8	155,4	162,0
	L_r	5,5	24,2	30,8	41,5	65,9	78,3	86,4	96,5	113,9	119,1

TABLEAU - 3 -

INTENSITÉS MAXIMALES DE RUISSELLEMENT
ET MINIMALES D'INFILTRATION

- Parcelle P₅' -

P ₁			P ₂			P ₃		
I _R	R _x	F _n	I _R	R _x	F _n	I _R	R _x	F _n
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			

T A B L E A U - 4 -

* I_R, R_x et F_n sont exprimés en mm/h.

TURBIDIGRAMMES - SOLIDIGRAMMES

- Parcelle P₅' -

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 - 5 -

Ip = Intensité de la pluie

T = Turbidigrame

S = Solidigrame.

PLUIES UTILES ET LAMES RUISSELEES

(Par Pas de 5 minutes)

- Parcelle P₅' -

tu (mn)	P ₅ ' - 1		P ₅ ' - 2		P ₅ ' - 3	
	Pu	Lr	Pu	Lr	Pu	Lr
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 - 6 -

P ₅ ' - 1	Lr = 0,547 Pu - 6,02	r = 0,967
P ₅ ' - 2	Lr = 0,995 Pu - 8,47	r = 0,997
P ₅ ' - 3	Lr = 0,912 Pu - 8,22	r = 0,977

LAMES RUISSELEES CALCULEES

(à partir des équations)

- Parcelle P₅ -

Pu (mm)	Lr (mm)		
	P' ₅₋₁ IK = 0	P' ₅₋₂ IK = 32,7	P' ₅₋₃ 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 - 7 -

INTENSITES MAXIMALES DE RUISSELLEMENT
ET MINIMALES D'INFILTRATION

- Parcelle P'6 -

P ₁			P ₂			P ₃		
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 - 8 -

* I_R, Rx et Fn sont exprimés en mm/h

TURBIDIGRAMMES - SOLIDIGRAMMES

- Parcelle P₆' -

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 - 9 -

Ip = Intensité de la pluie

T = Turbidigrامة

S = Solidigrامة.

PLUIES UTILES ET LAMES RUISSELEES

(Par Pas de 5 minutes)

- Parcelle P'₆ -

tu (mm)	P' ₅ - 1		P' ₅ - 2		P' ₅ - 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		

T A B L E A U - 10 -

P'₆ - 1 Lr = 0,04 Pu - 0,43 r = 0,93

P'₆ - 2 Lr = 0,84 Pu - 7,88 r = 0,99

P'₆ - 3 Lr = 0,88 Pu - 5,51 r = 0,99

LAMES RUISSELEES CALCULEES

(à partir des équations)

- Parcelle P' 6 -

Pu (mm)	Lr (mm)		
	P' 6 - 1 pr 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 - 11 -

P' 6 - 1

$$Lr = 0,04 Pu - 0,43$$

P' 6 - 2

$$Lr = 0,84 Pu - 7,88$$

P' 6 - 3

$$Lr = 0,88 Pu - 5,51$$

**INTENSITES MAXIMALES DE RUISSELLEMENT
ET MINIMALES D'INFILTRATION**

- Parcelle P'₇ -

P ₁			P ₂			P ₃		
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			

T A B L E A U - 1 2 -

* I_R, Rx et Fn sont exprimés en mm/h

TURBIDIGRAMMES - SOLIDIGRAMMES

- Parcelle P₇ -

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 - 13 -

Ip = Intensité de la pluie

T = Turbidigrame

S = Solidigrame.

PLUIES UTILES ET LAMES RUISSELEES

(Par Pas de 5 minutes)

- Parcelle P'7 -

tu (mm)	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 - 14 -

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'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 - 15 -

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

INTENSITES MAXIMALES DE RUISSELLEMENT
ET MINIMALES D'INFILTRATION

- Parcelle P'8 -

P ₁			P ₂			P ₃		
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			

T A B L E A U - 1 6 -

TURBIDIGRAMMES - SOLIDIGRAMMES

- Parcelle P₈' -

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 - 17 -

Ip = Intensité de la pluie
 T = Turbidigrame
 S = Solidigrame.

PLUIES UTILES ET LAMES RUISSELEES

(Par Pas de 5 minutes)

- Parcelle P'8 -

tu (mm)	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 - 18 -

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

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 - 19 -

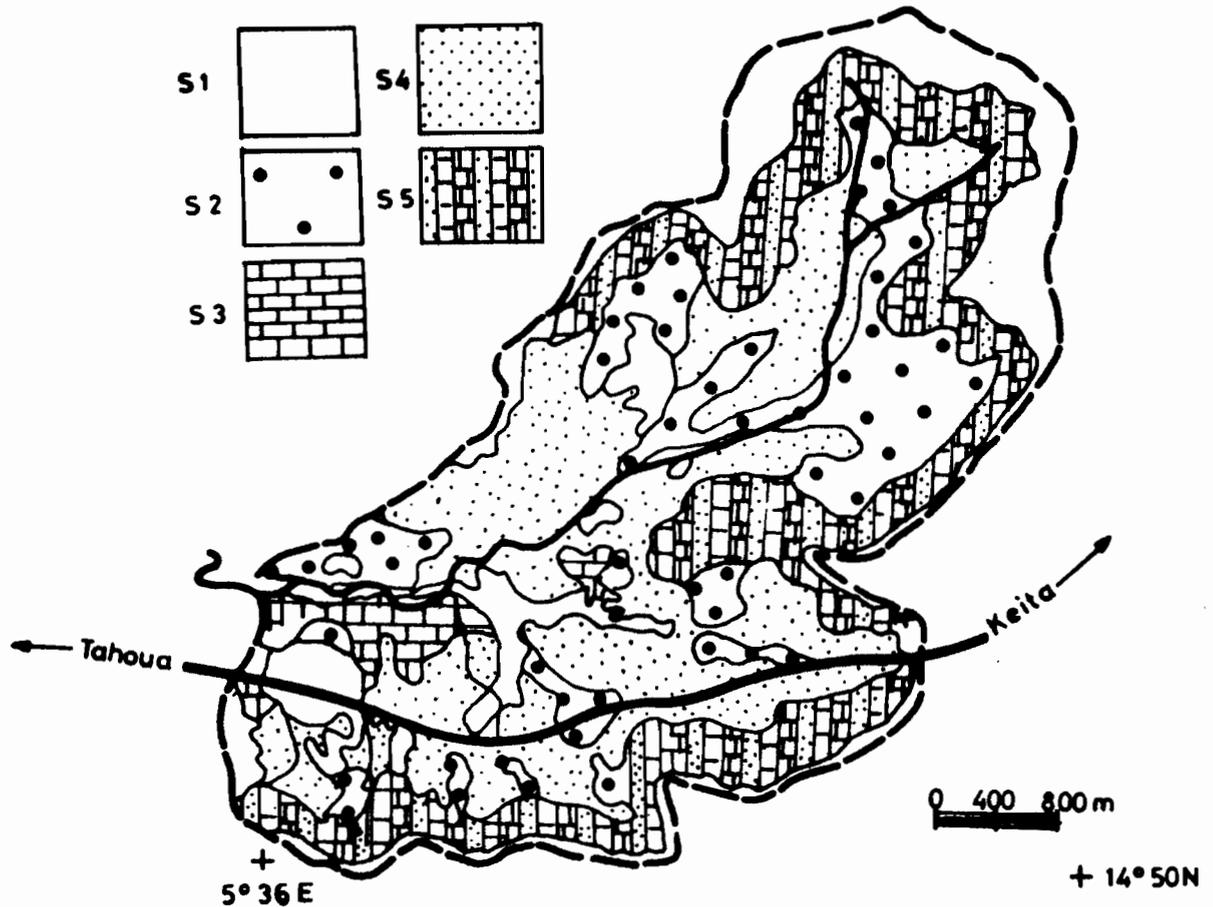
P'8-1	Lr = 0,87 Pu - 6,63	r = 0,996
P'8-2	Lr = 0,726 Pu - 0,89	r = 0,990
P'8-3	Lr = 0,8432 Pu - 2,7	r = 0,990

L I S T E D E S F I G U R E S

Carte des sols

- 1.a Pluie d'imbibition en fonction de IK
- 1.b Pluie d'imbibition en fonction de t_i
- 2.a Variation de K_{re} en fonction de IK
- 2.b Influence de la végétation
3. Relation entre P_u et L_r
4. Courbes caractéristique P'_5
5. Courbes caractéristique P'_6
6. Courbes caractéristique P'_7
7. Courbes caractéristique P'_8
8. Cumule de la quantité transportée en fonction du cumule de P_u
9. L'évolution de la quantité transportée avec l'intensité (P'_5 et P'_6)
10. L'évolution de la quantité transportée avec l'intensité (P'_7 et P'_8)
- 11.12.13. Intensités - Ruissellement - Turbidigrammes - Solidigrammes (P'_5)
- 14.15.16. " " " " (P'_6)
- 17.18.19. " " " " (P'_7)
- 20.21.22 " " " " (P'_8)

KOUNTKOUZOUT
 Carte des sols
 D'après l'étude au 1:20.000^e SOGETHA



Définitions :

S₁ : Sols minéraux bruts d'érosion - lithosols sur grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI - sur grès fins du crétacé - sur calcaire de l'éocène.

S₂ : Sols peu évolués d'apport - sur matériaux issus des grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI.

S₃ : Sols calcomagnésimorphes - bruns sur matériaux issus des calcaires de l'éocène.

S₄ : Sols bruns subarides - bruns rouges sur matériaux issus des grès ferrugineux et bruns tirsifiés sur dépôts anciens des vallées.

S₅ : Association - Sols bruns rouges subarides et sols bruns calcomagnésimorphes - vertisols.

PLUIE D'IMBIBITION EN FONCTION DE IK

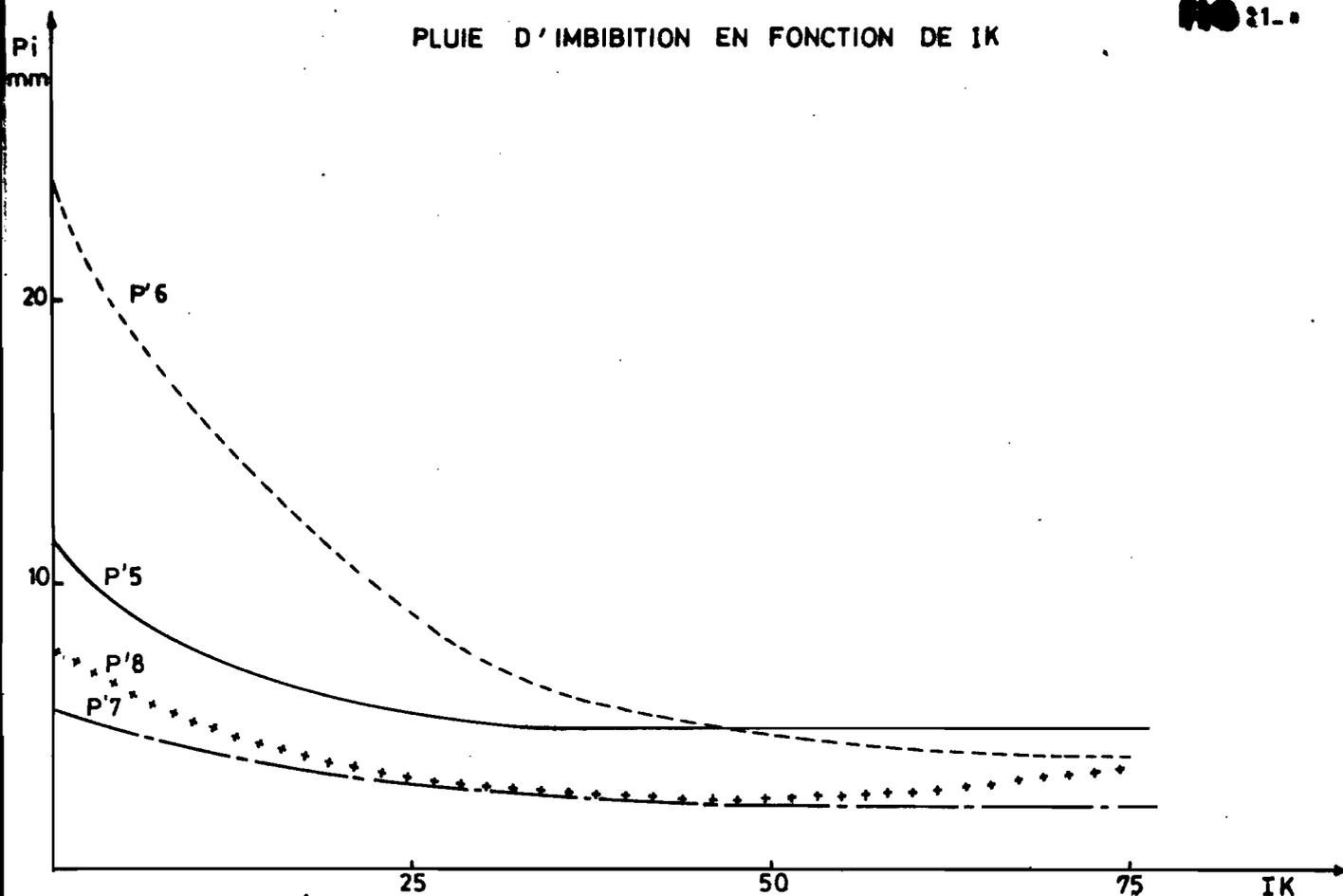


FIG:1-1

PLUIE D'IMBIBITION EN FONCTION DE ti

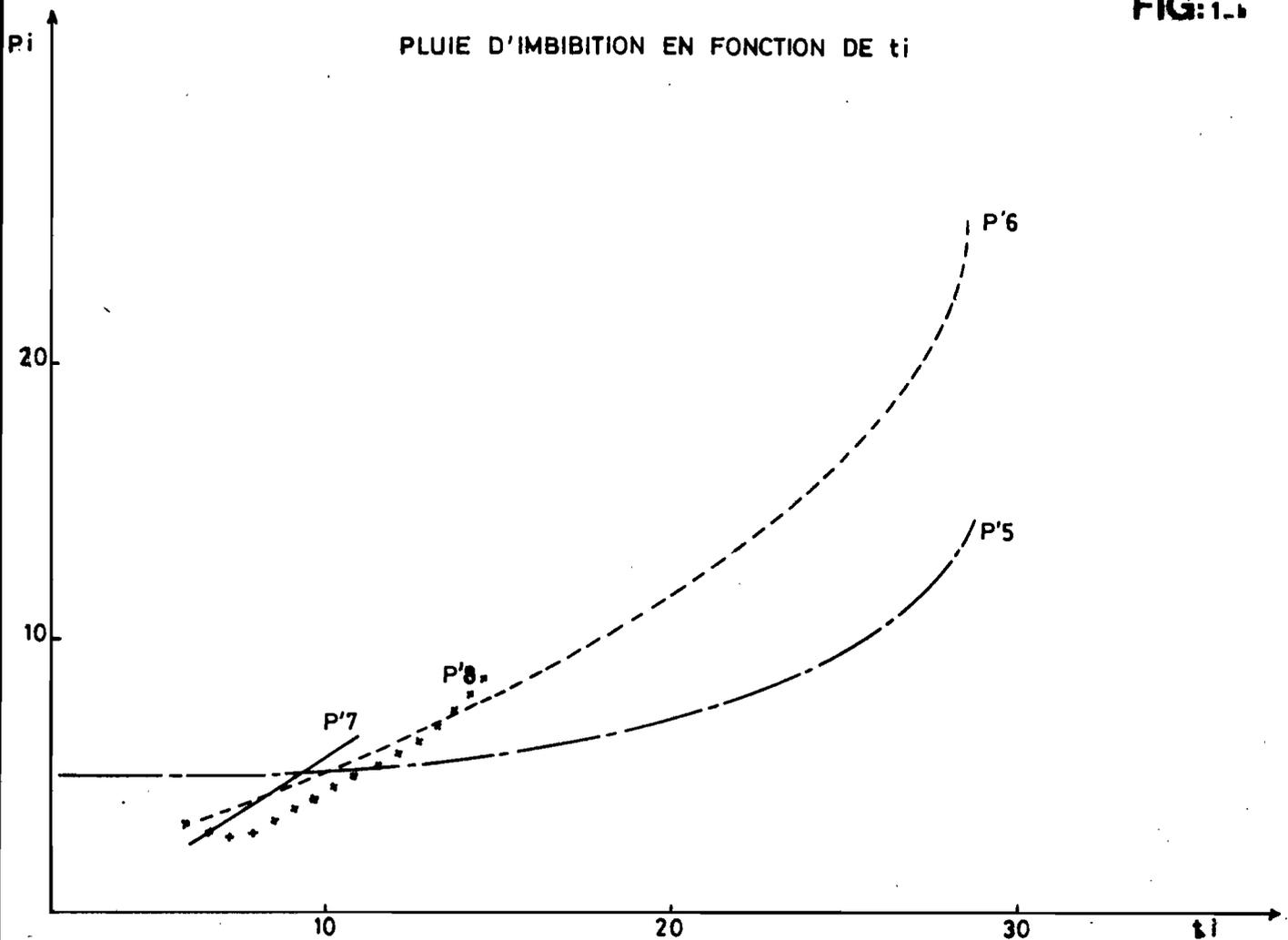


FIG:2_1

VARIATION DE Kre EN FONCTION DE IK

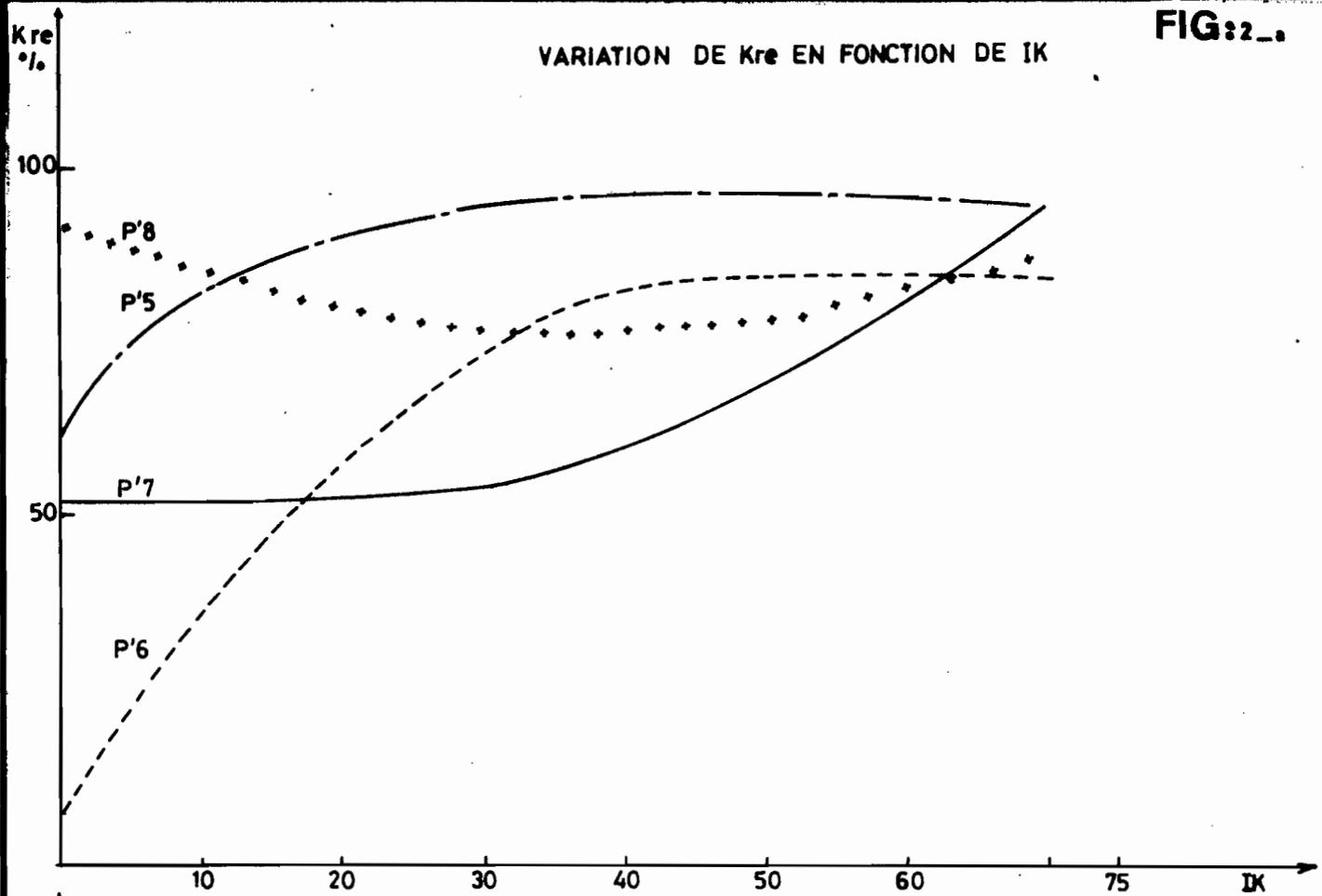
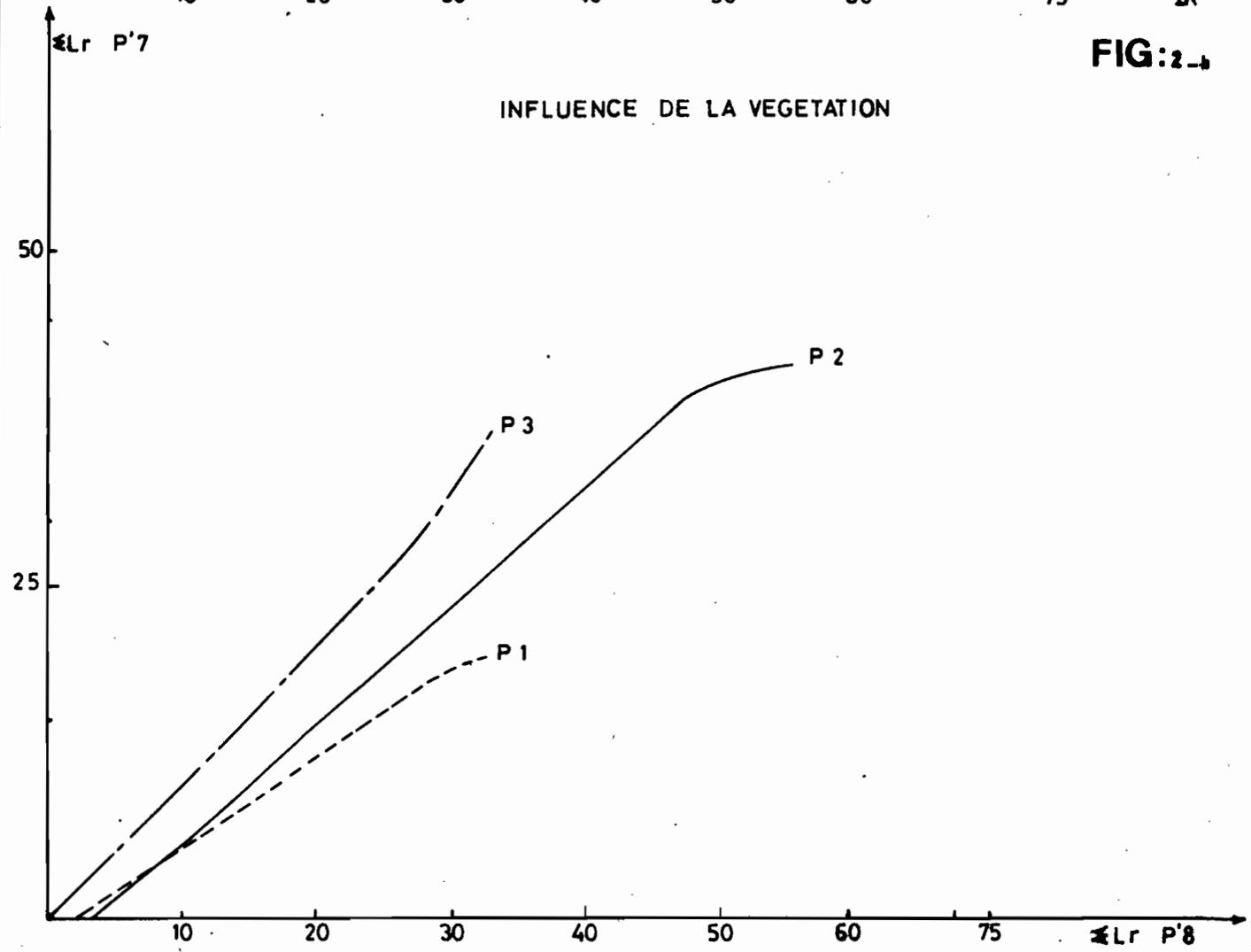


FIG:2_2

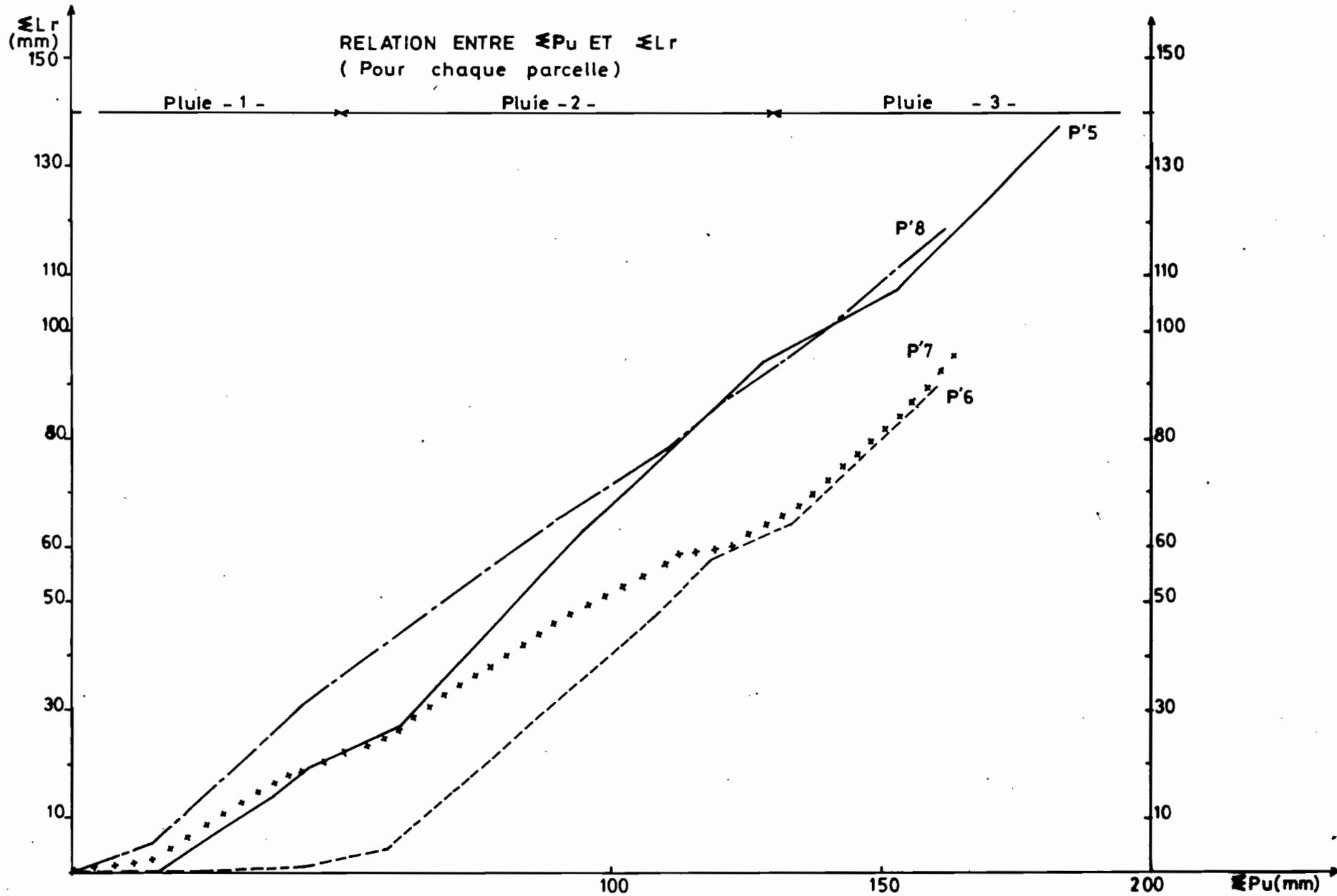
INFLUENCE DE LA VEGETATION



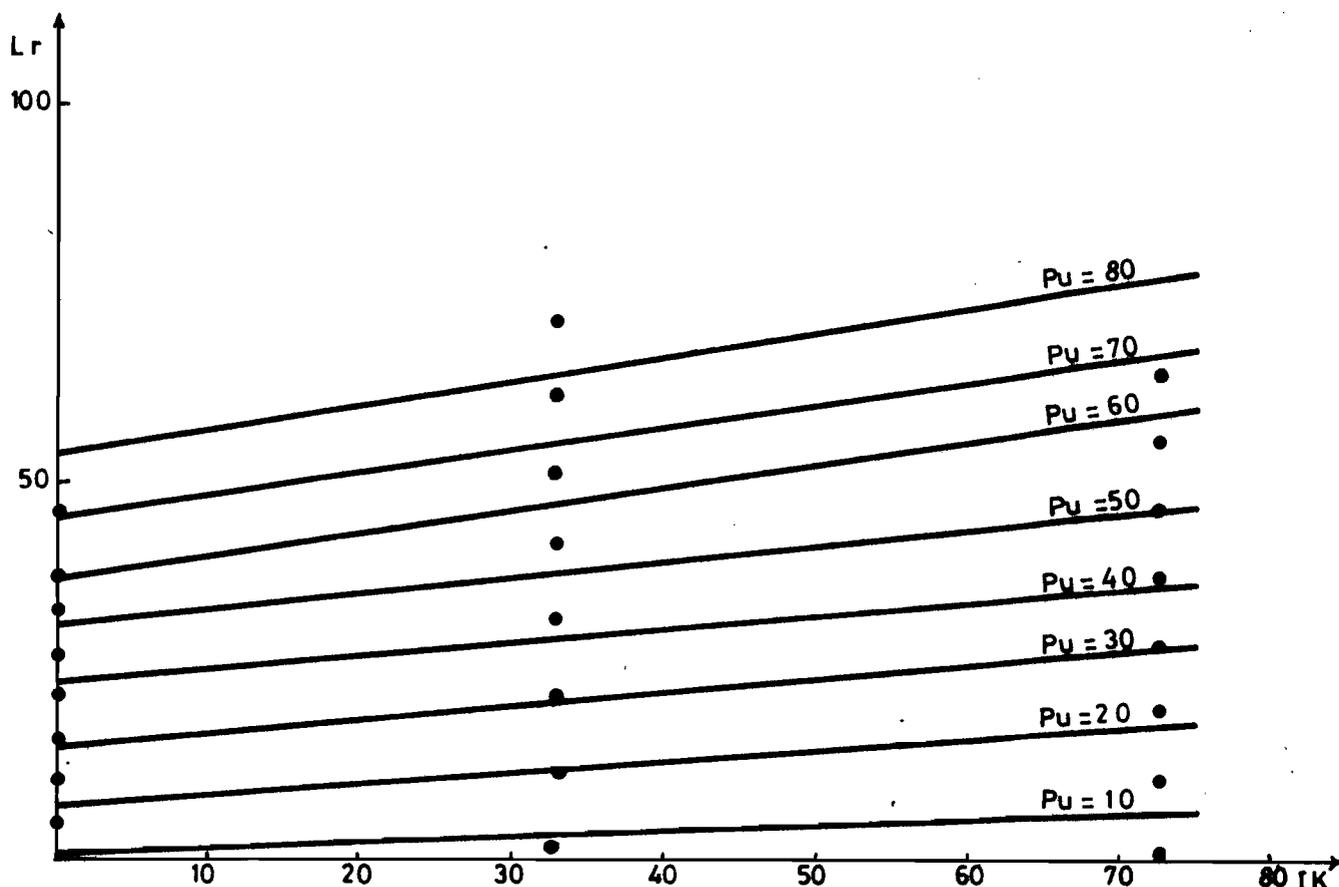


INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
- POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

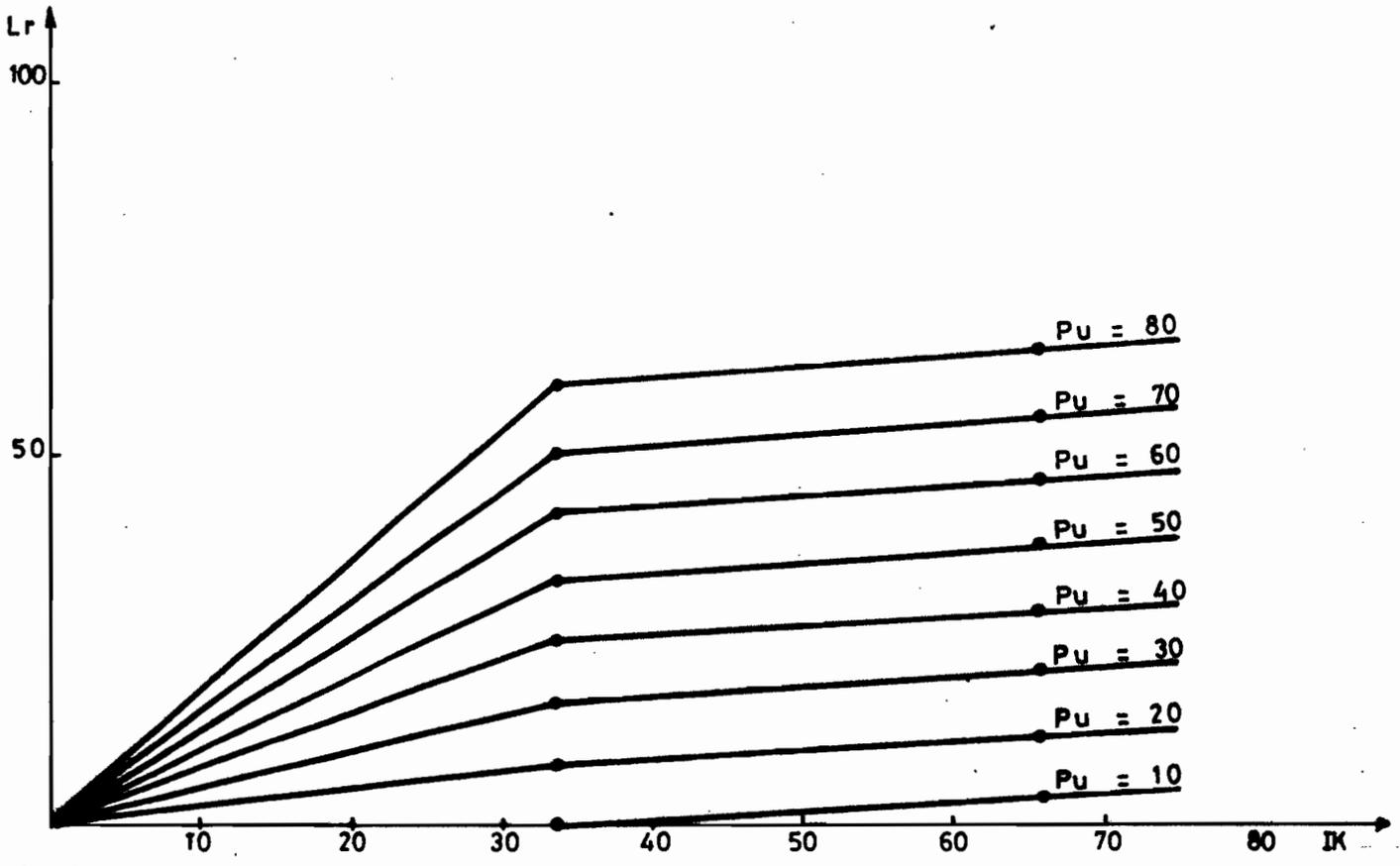
Mission au Niger



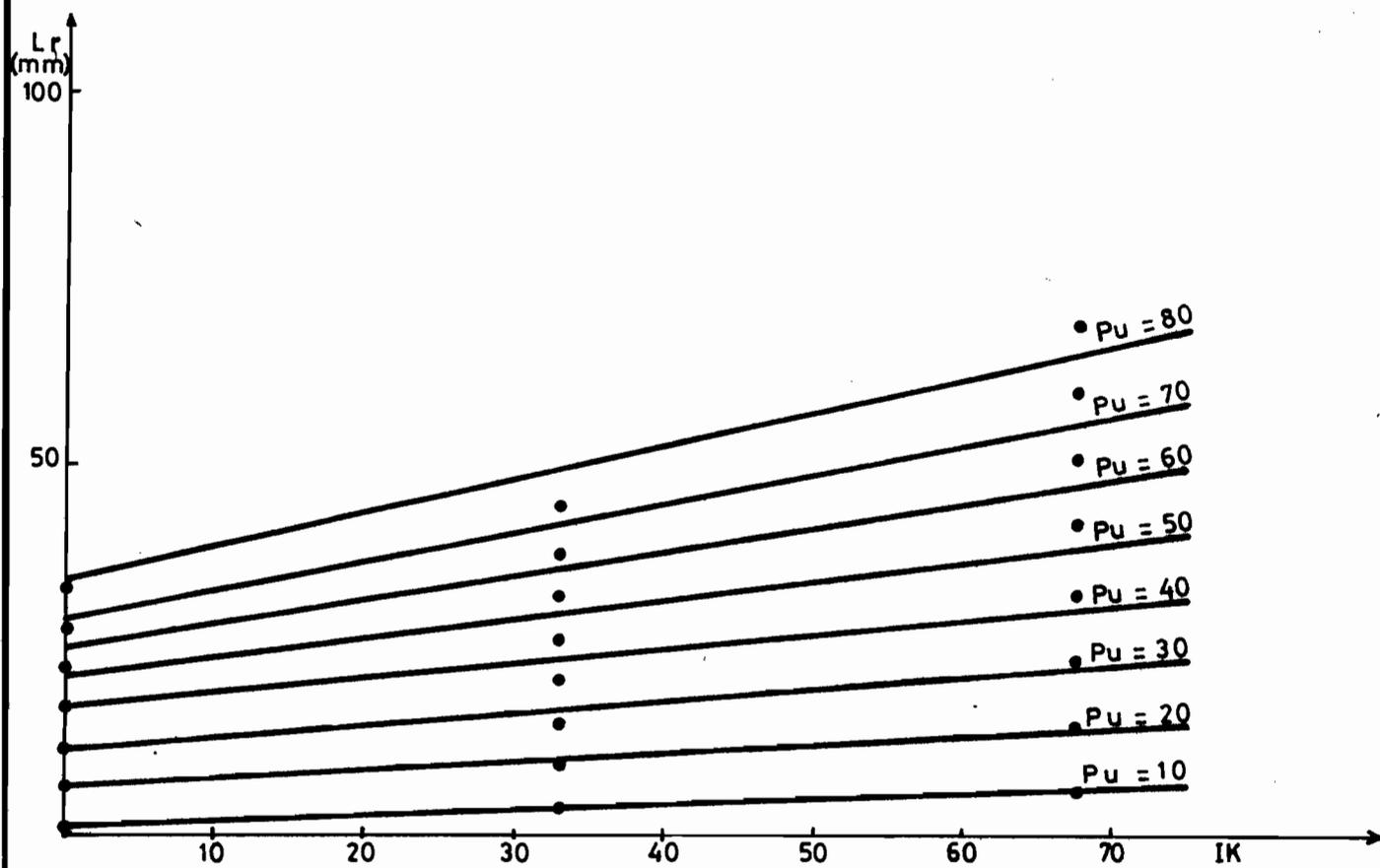
COURBES CARACTERISTIQUE P'5



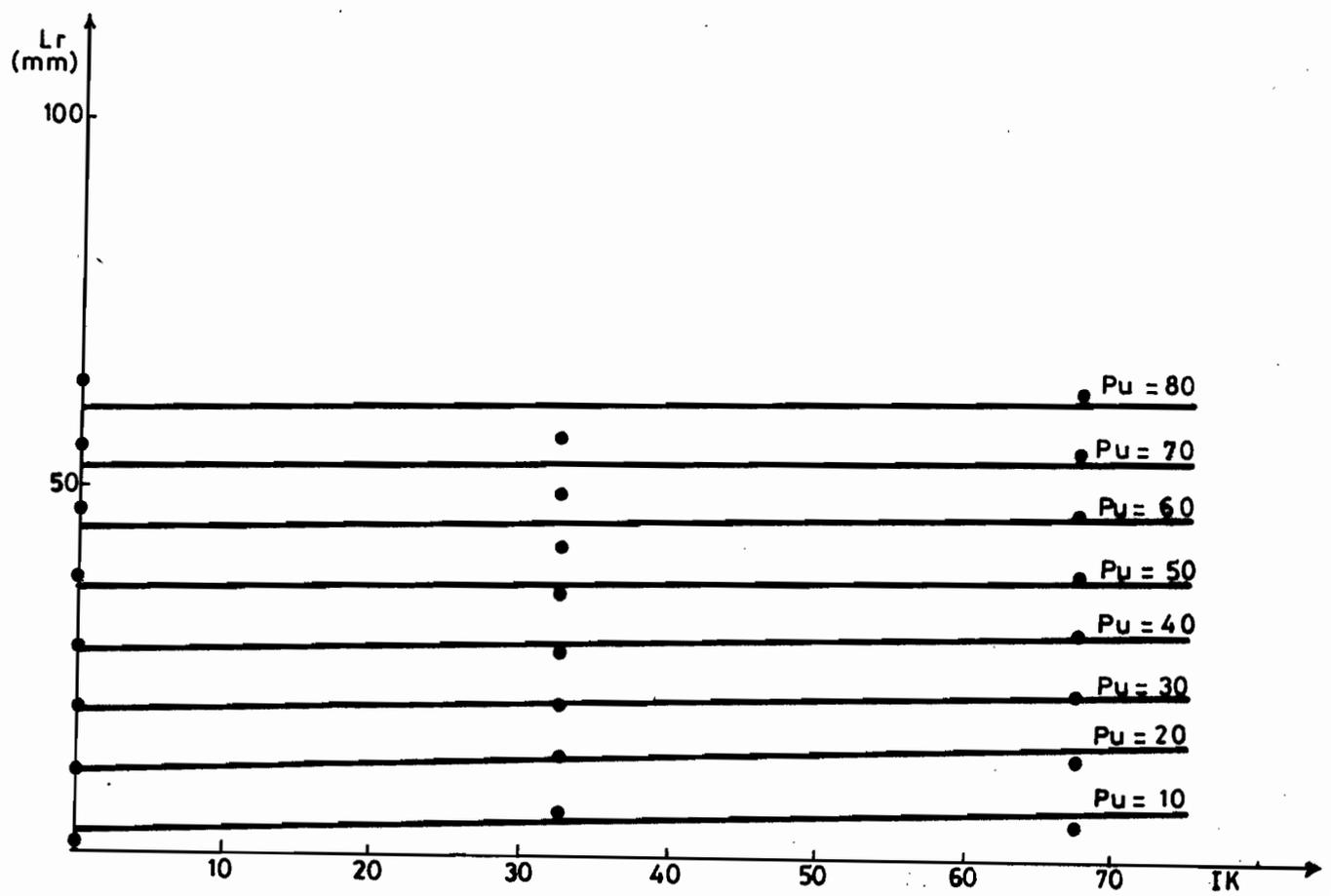
COURBES CARACTERISTIQUE
P'6



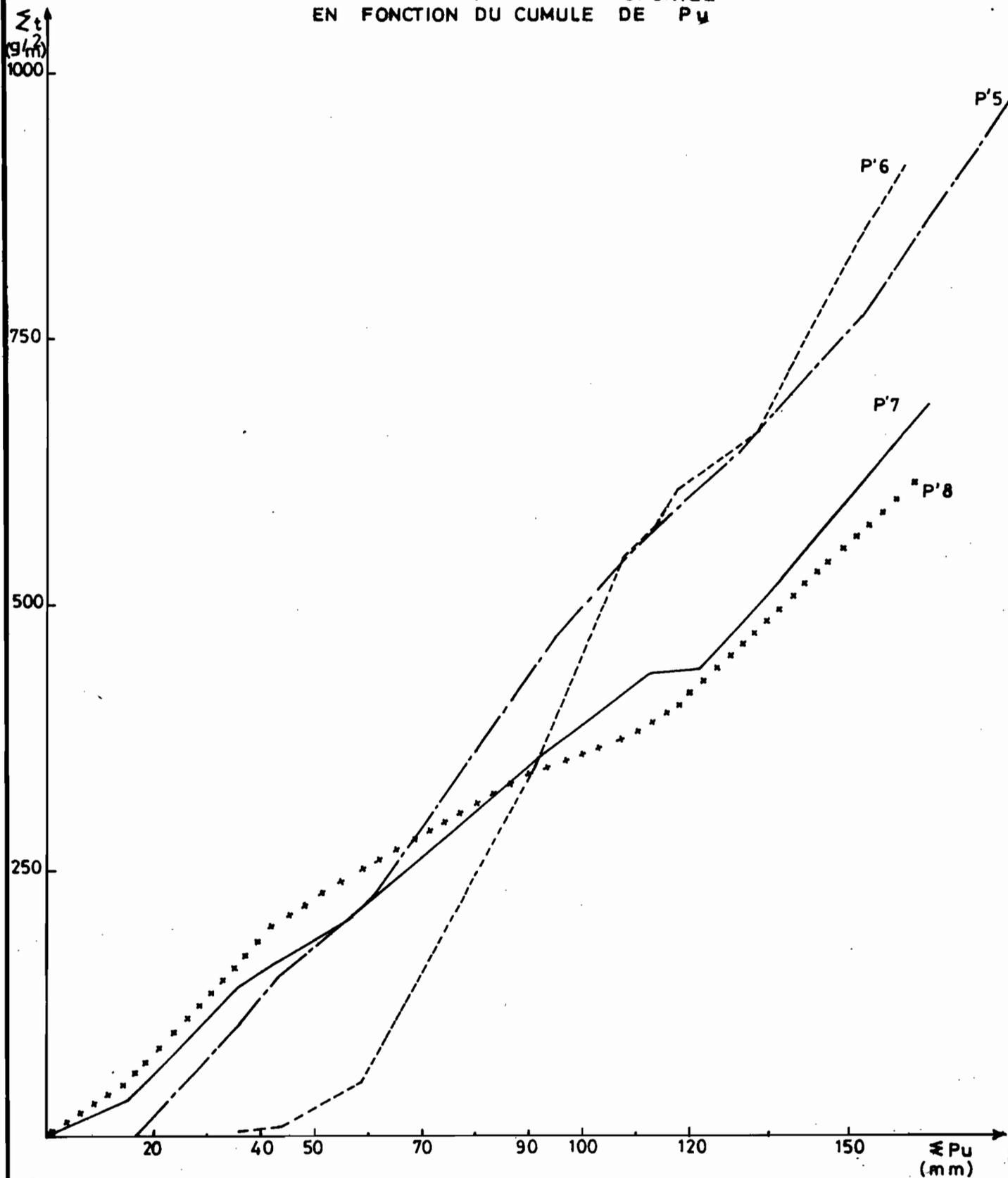
COURBES CARACTERISTIQUES P'7



COURBES CARACTERISTIQUES P'8

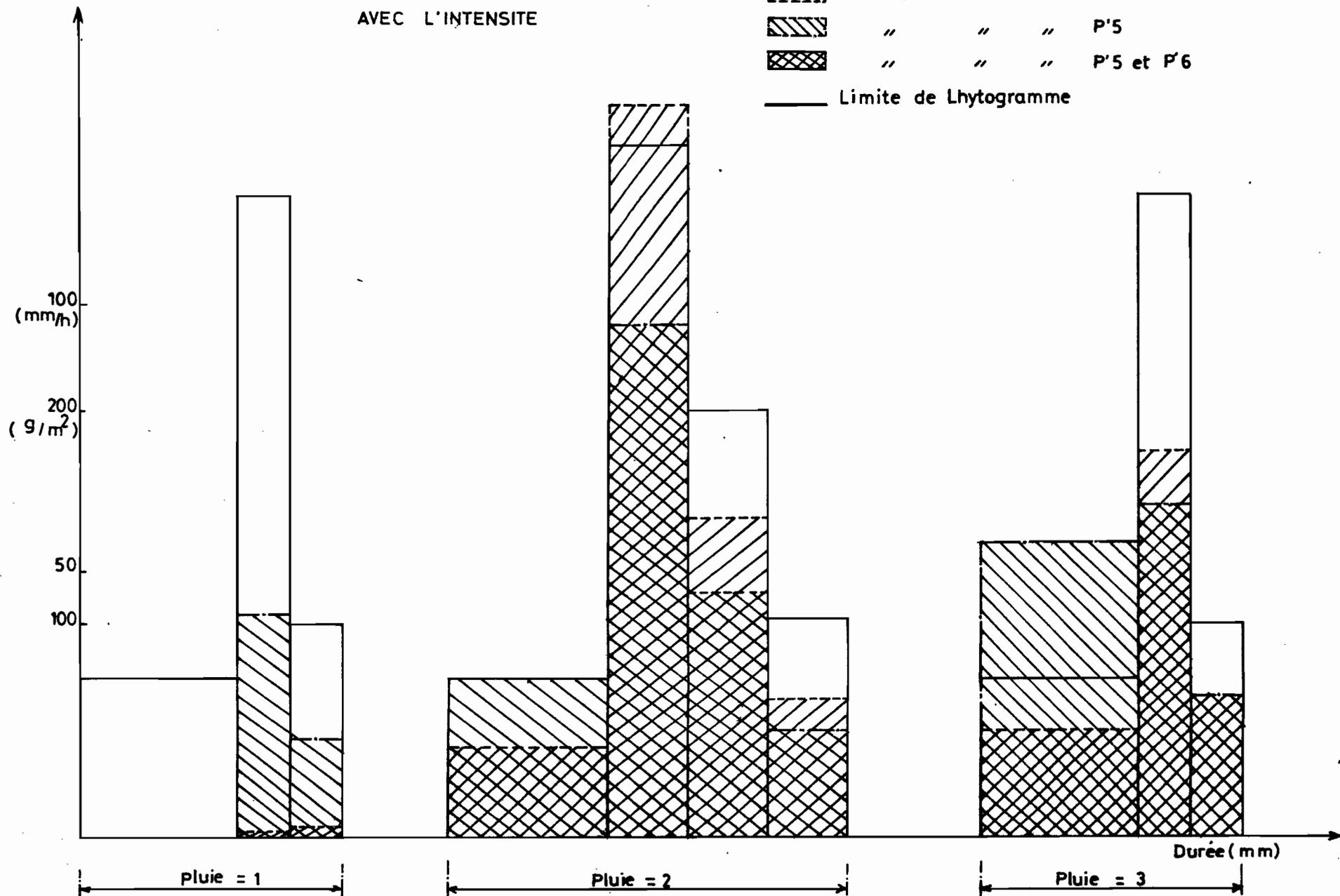


CUMULE DE LA QUANTITE TRANSPORTEE
EN FONCTION DU CUMULE DE P_v



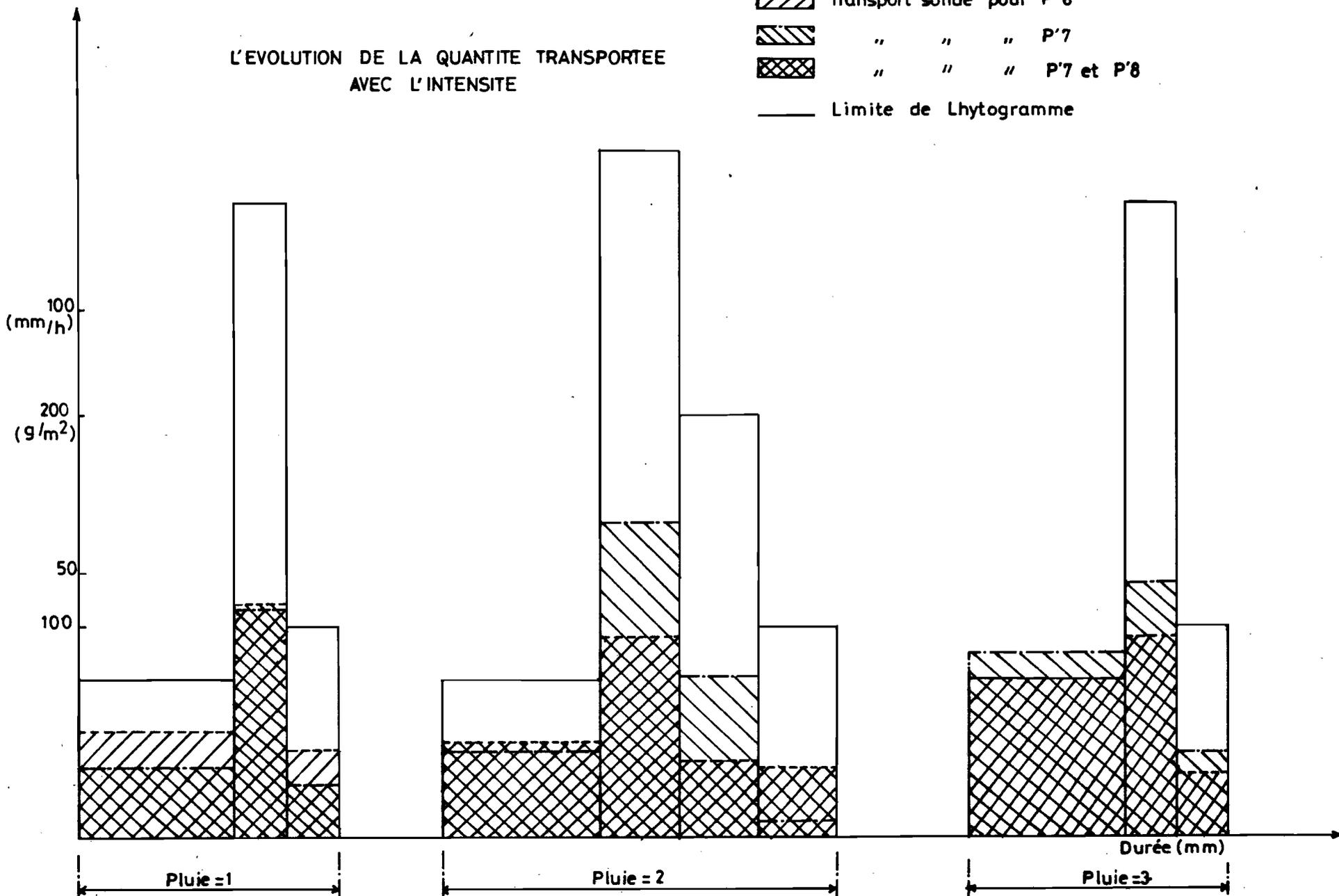
L'ÉVOLUTION DE LA QUANTITÉ TRANSPORTÉE
AVEC L'INTENSITÉ

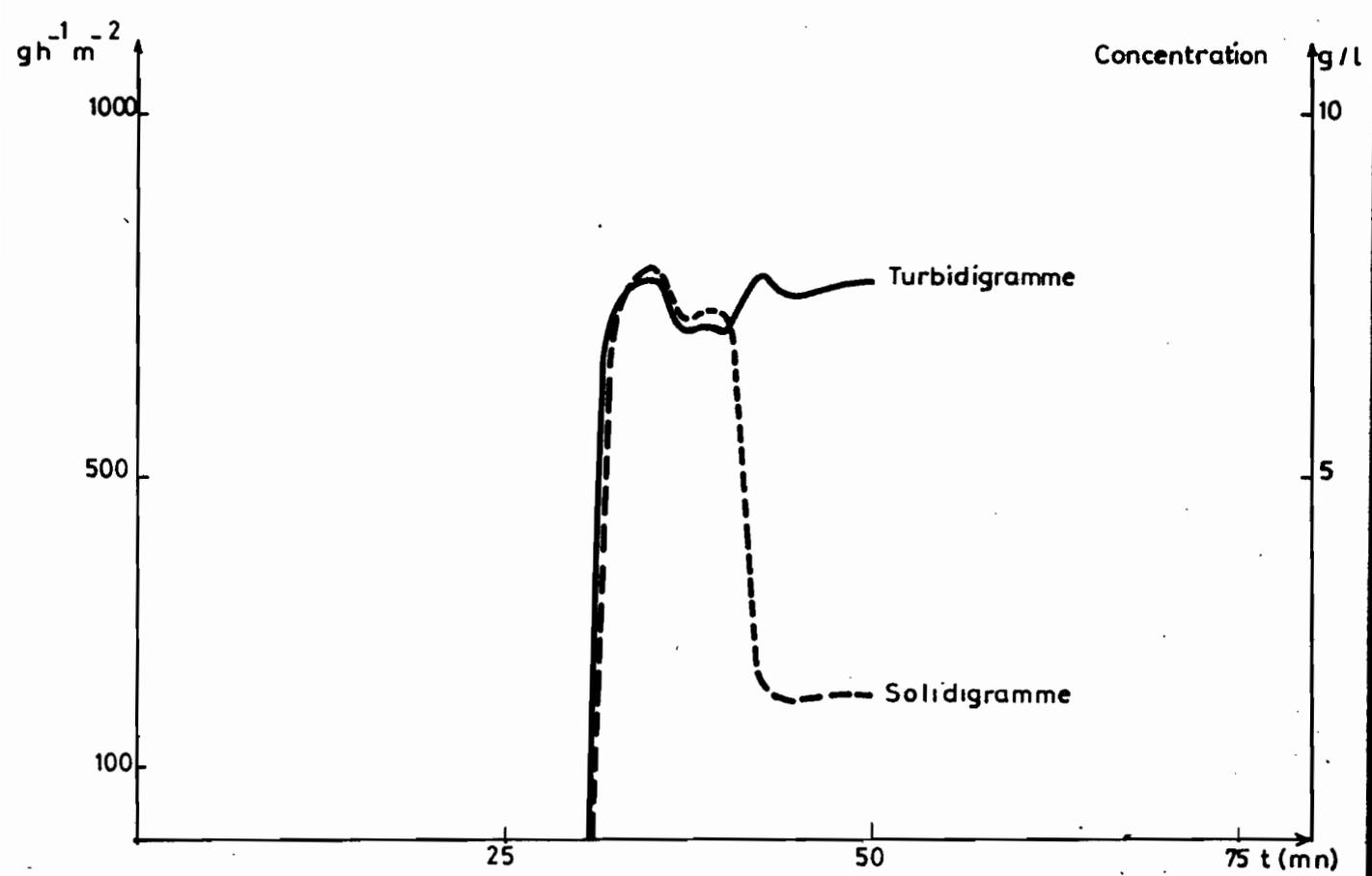
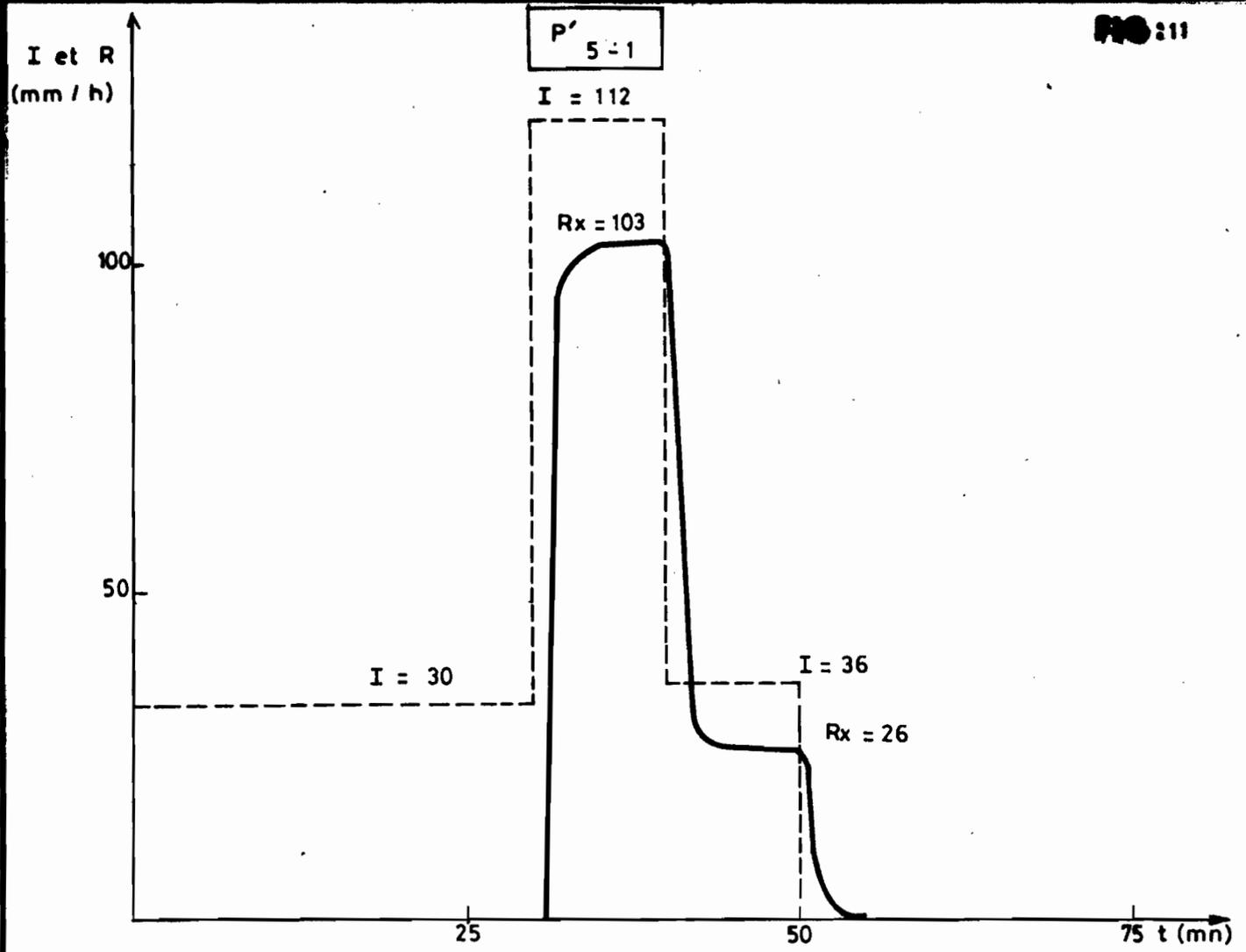
-  Transport solide pour P'6
-  " " " P'5
-  " " " P'5 et P'6
- Limite de Lhytogramme



L'ÉVOLUTION DE LA QUANTITÉ TRANSPORTÉE
AVEC L'INTENSITÉ

-  Transport solide pour P'8
-  " " " P'7
-  " " " P'7 et P'8
- Limite de Lhytogramme

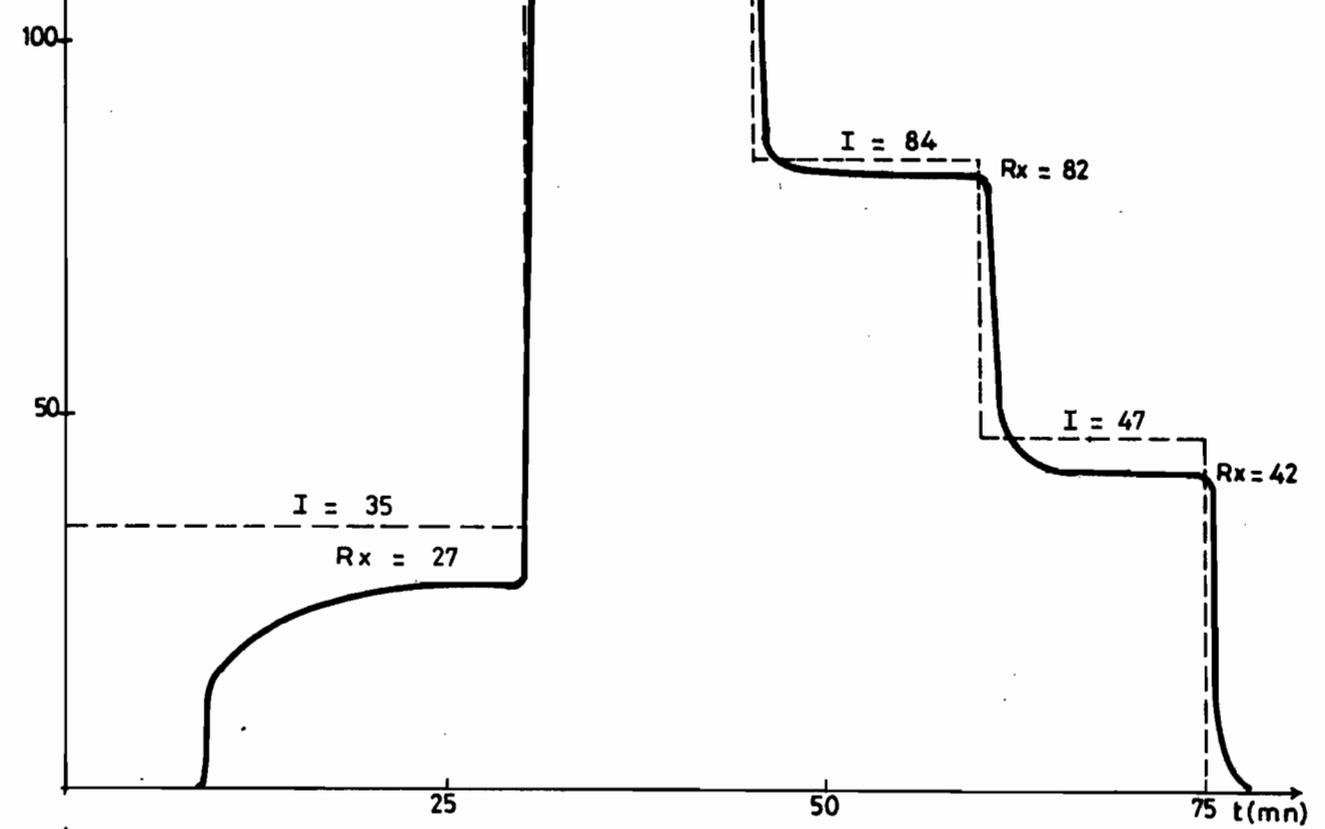




I et R
(mm / h)

I = 137 Rx = 137

P'
5-2

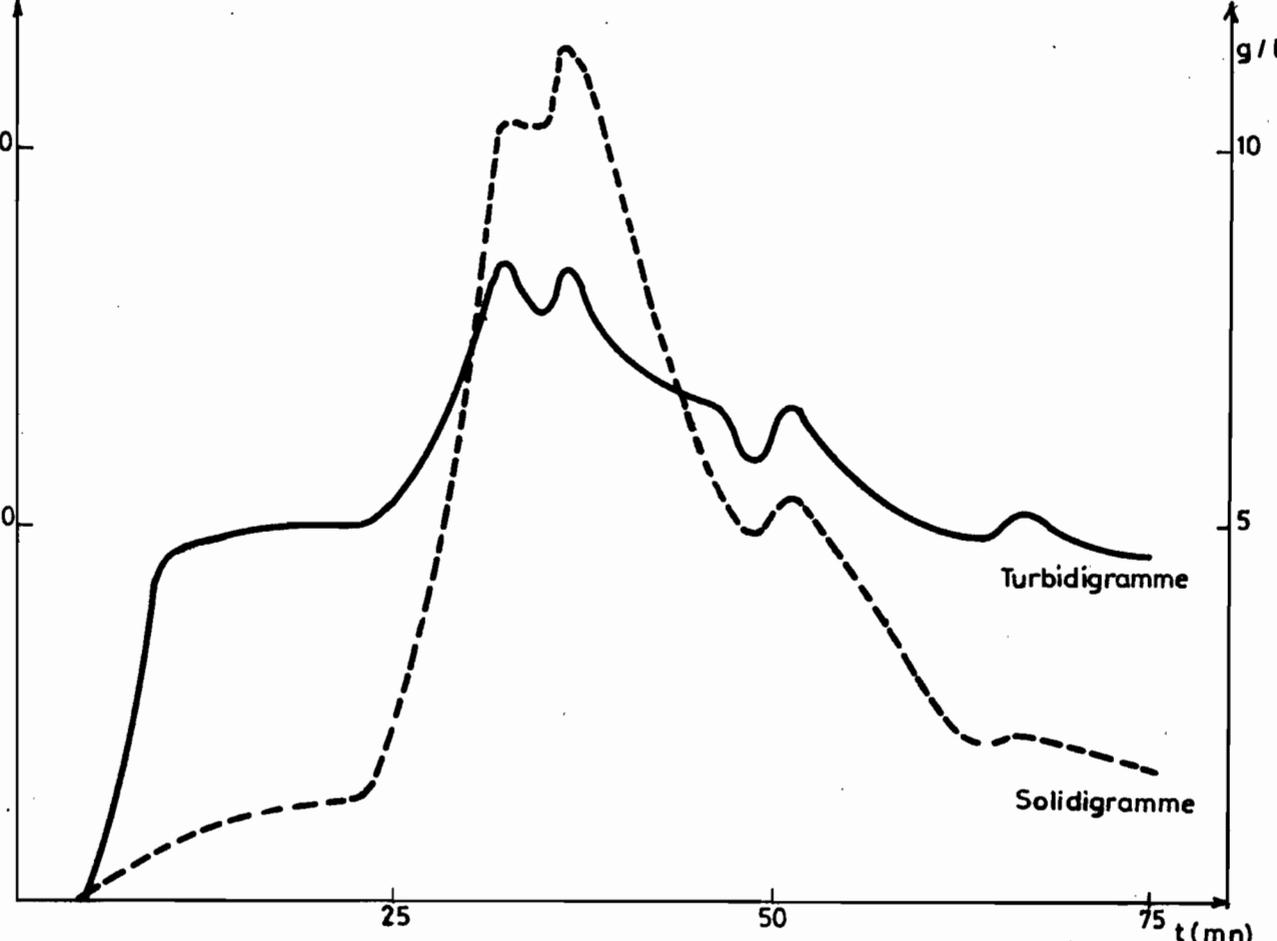


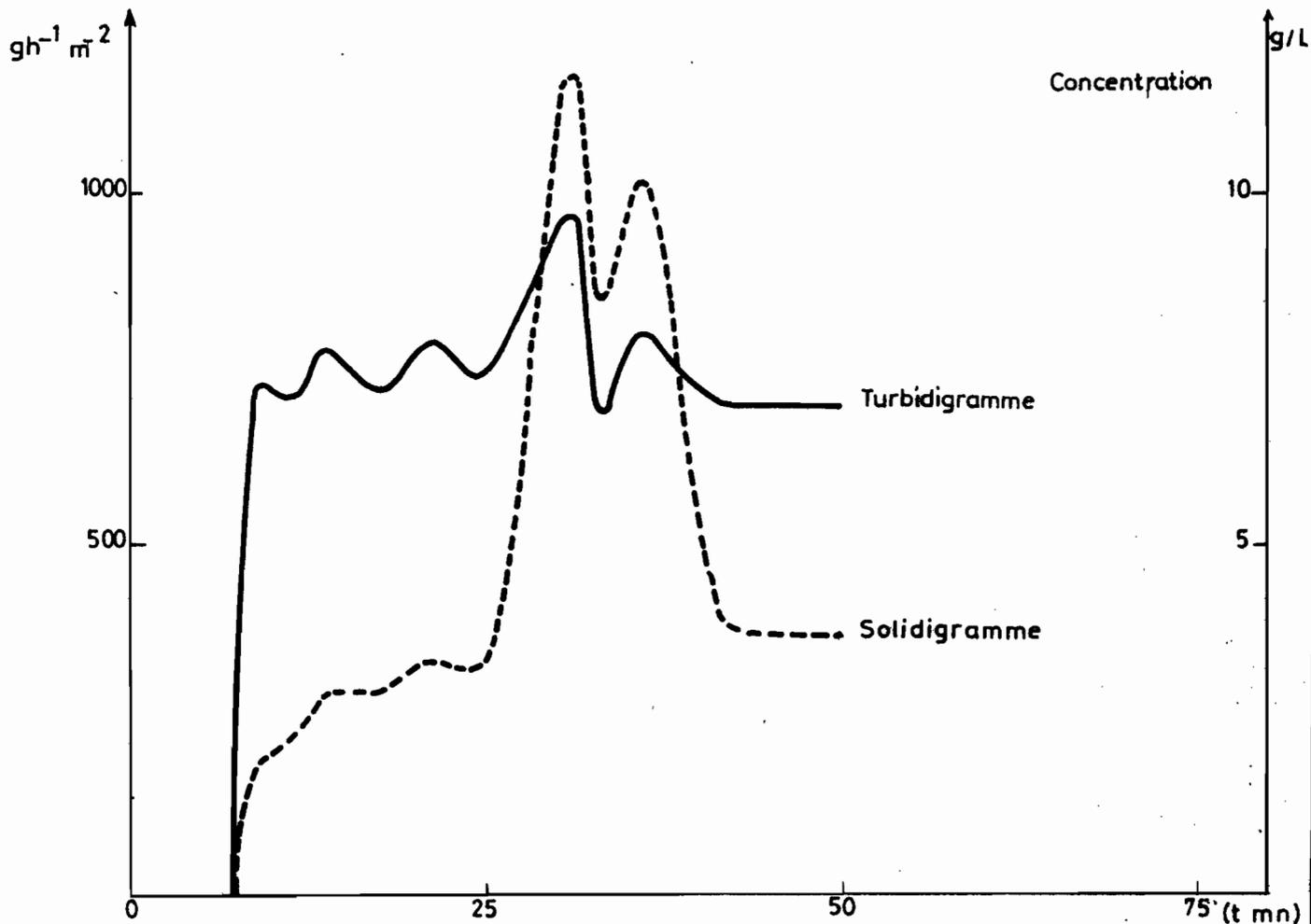
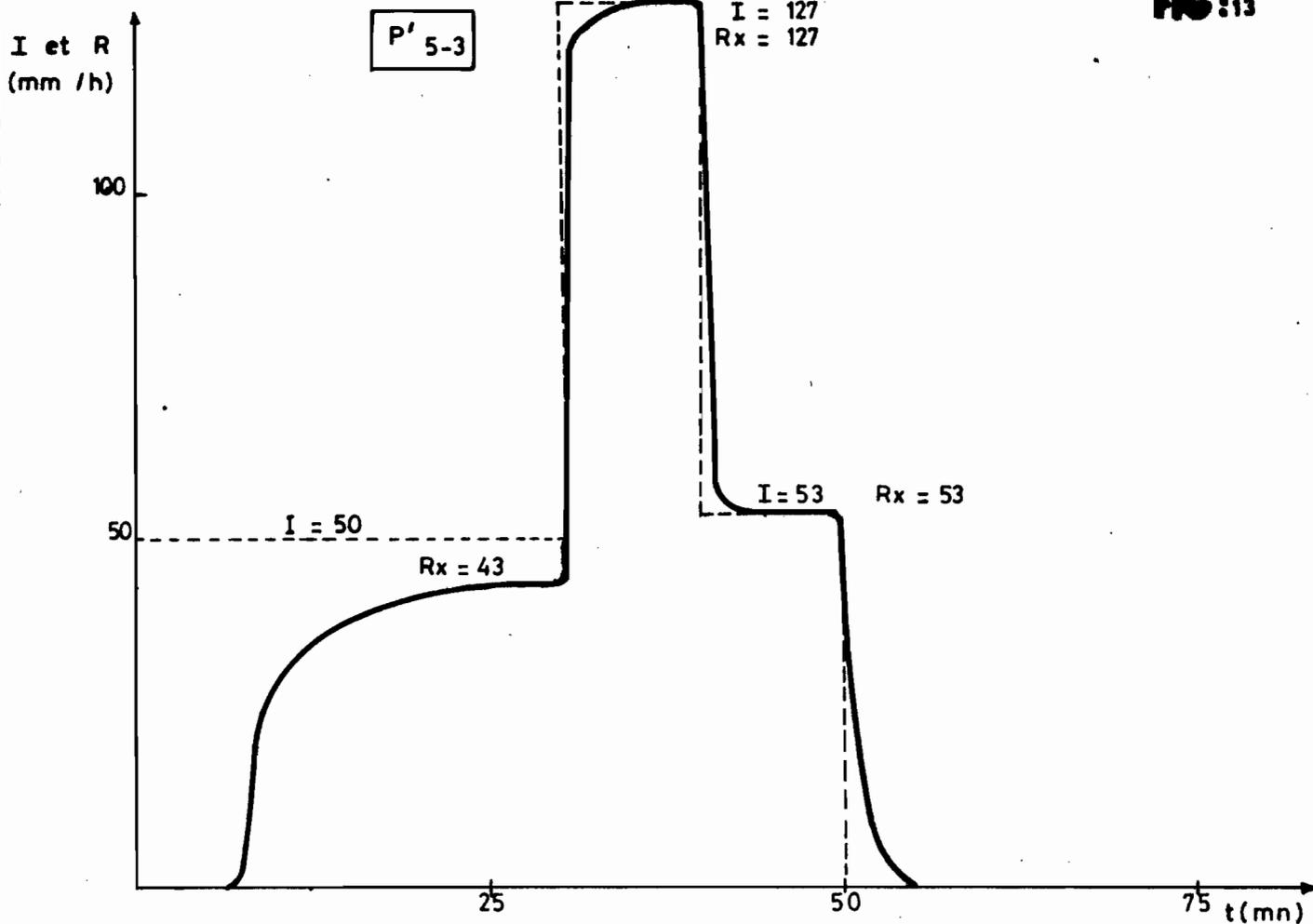
gh⁻¹ m⁻²

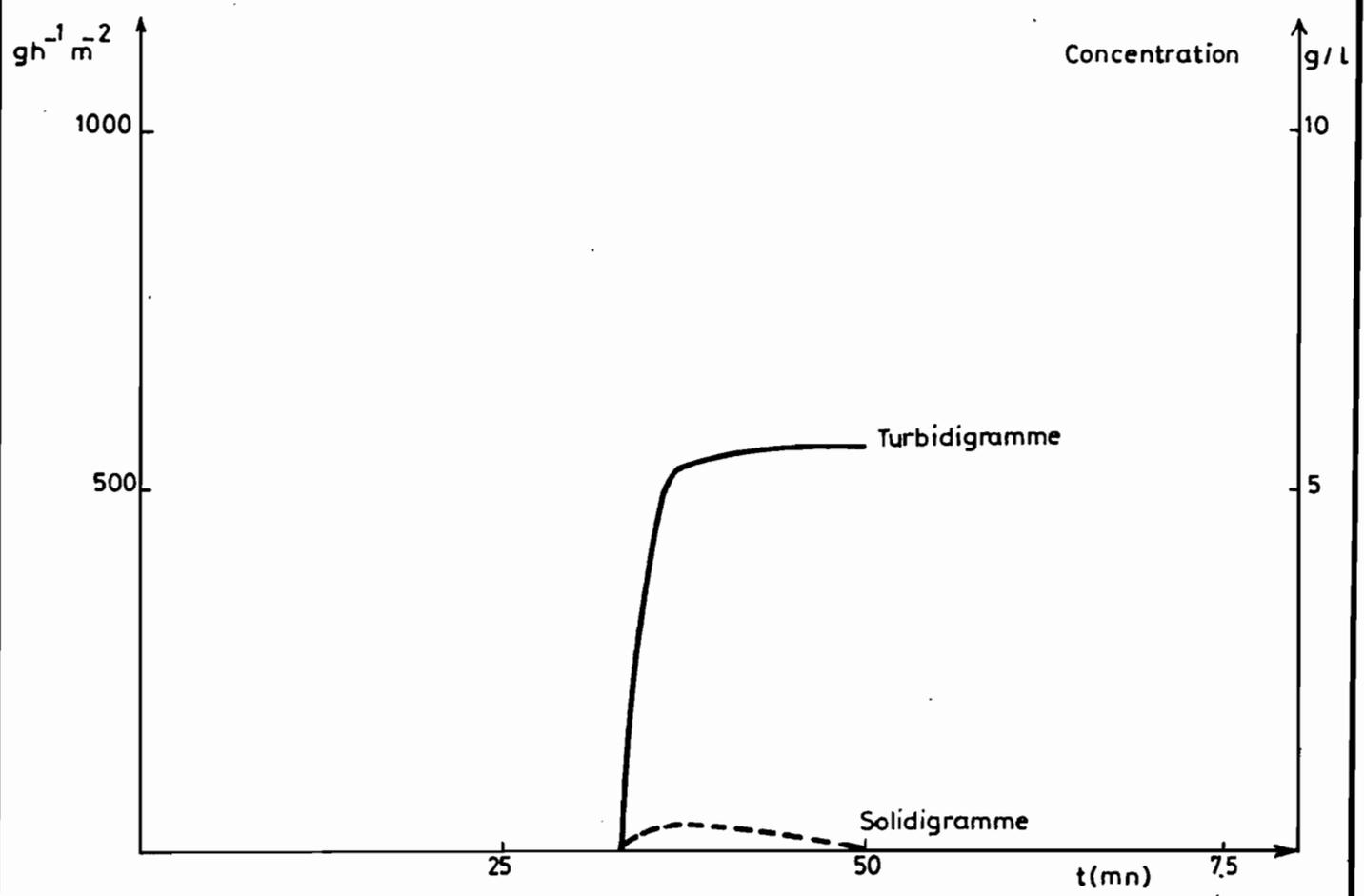
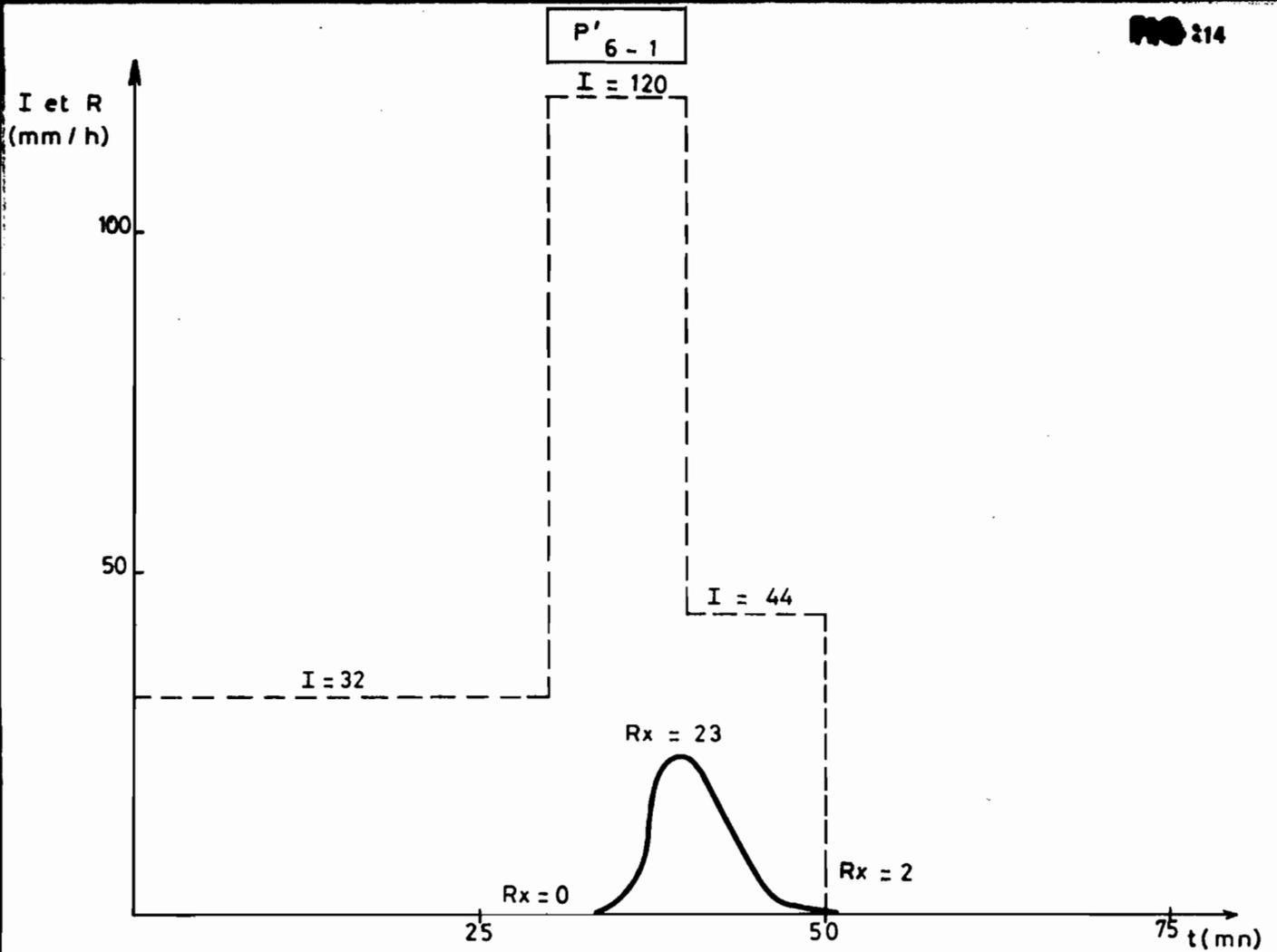
1000
500

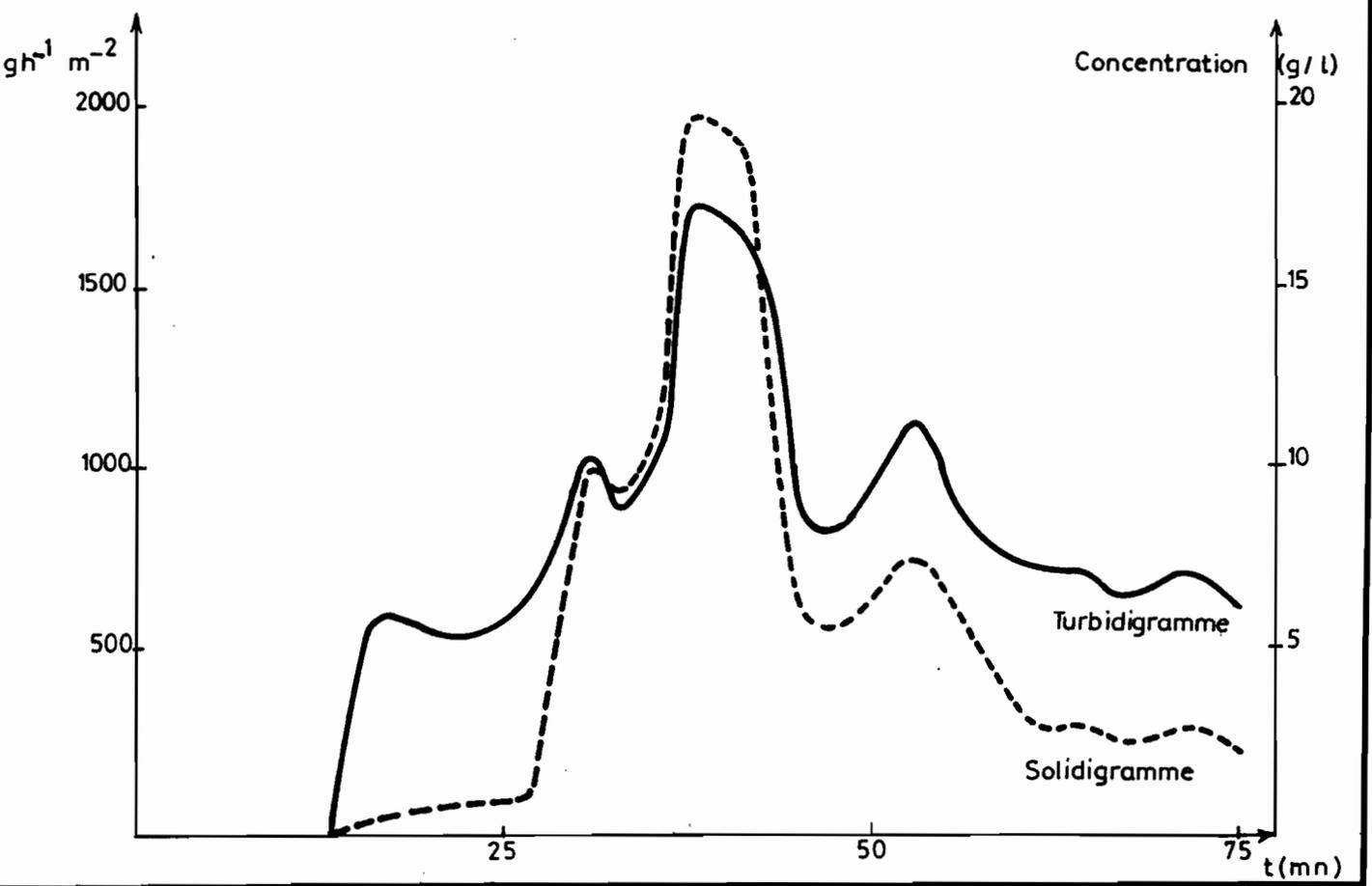
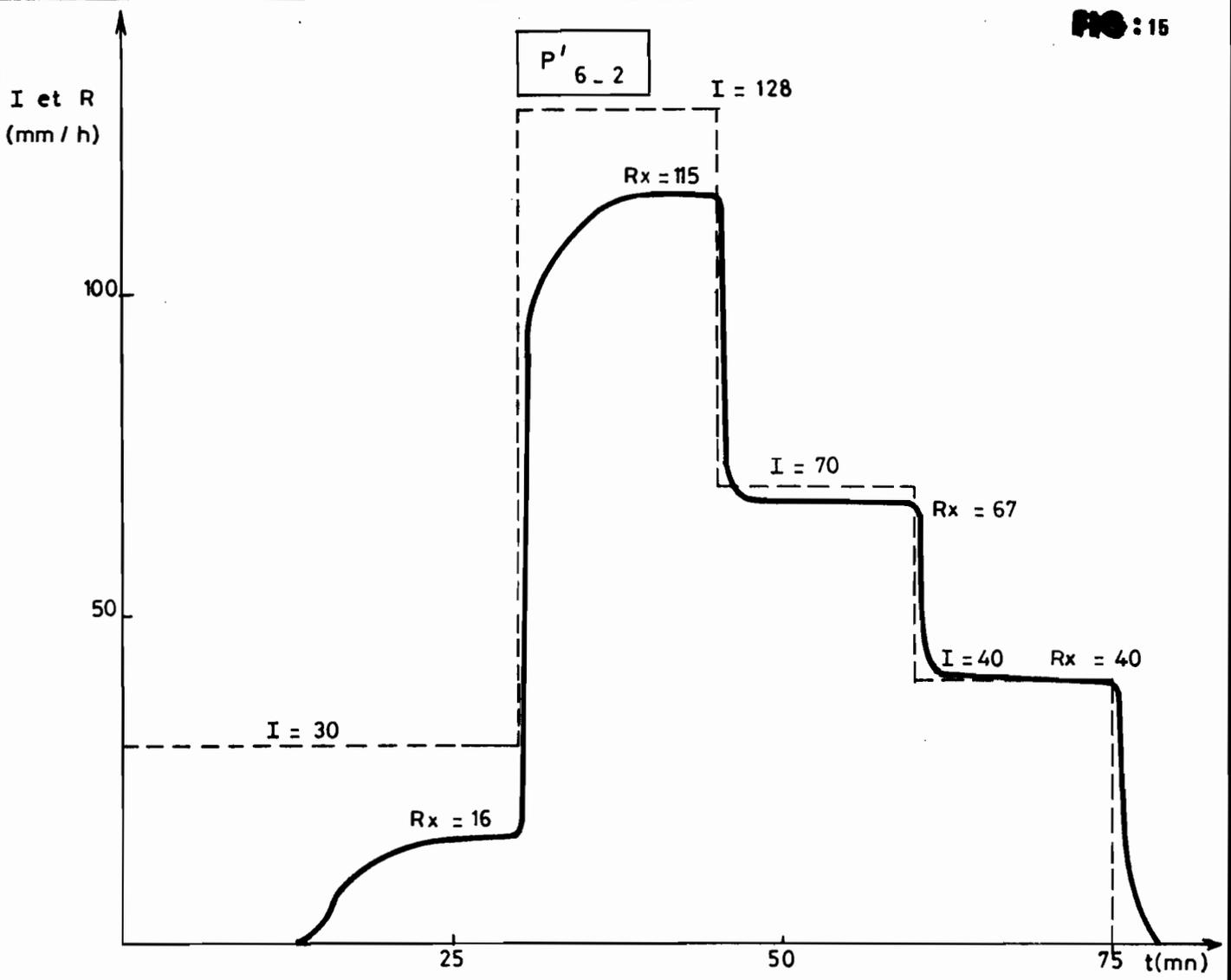
g / l

10
5

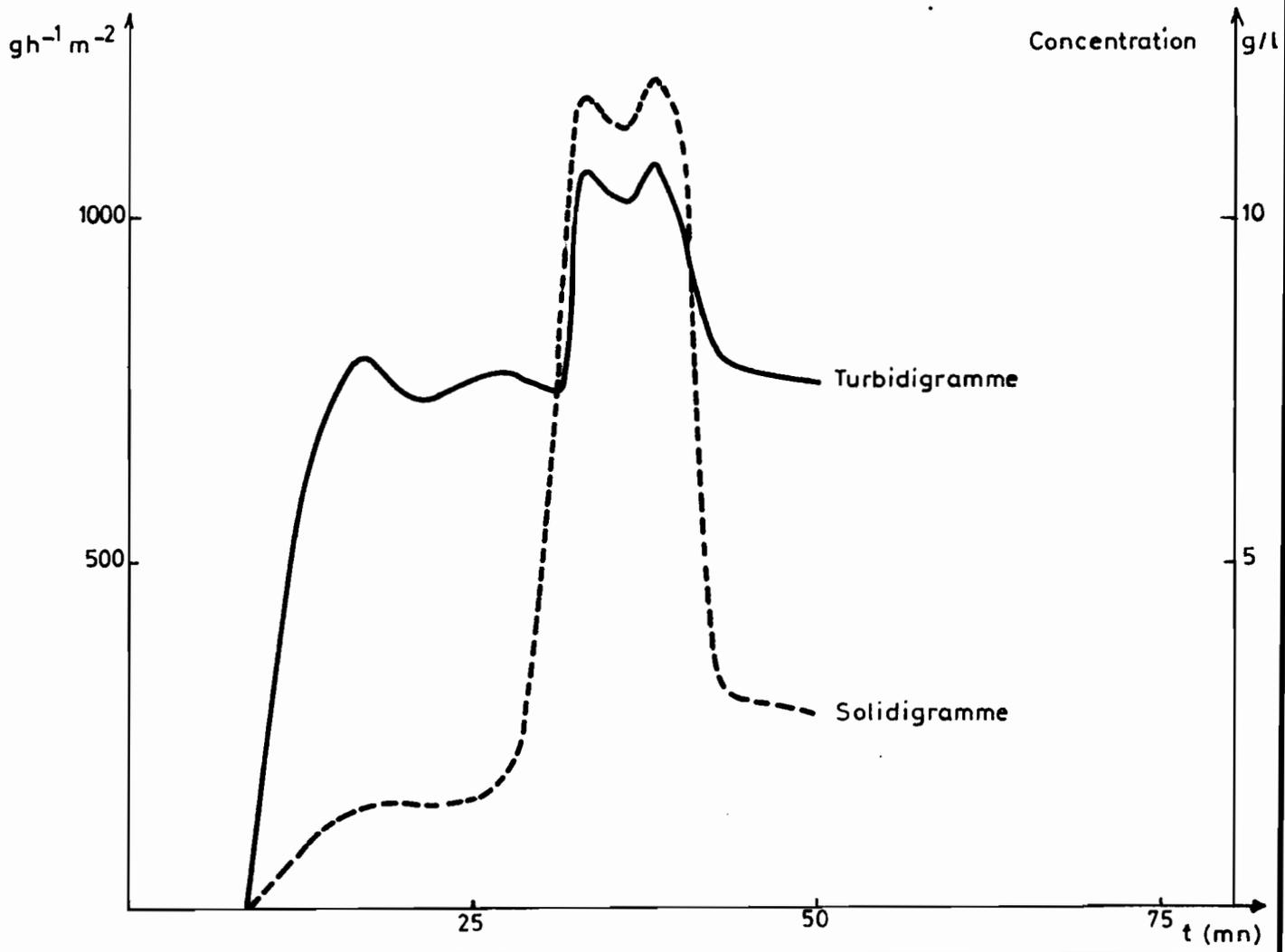
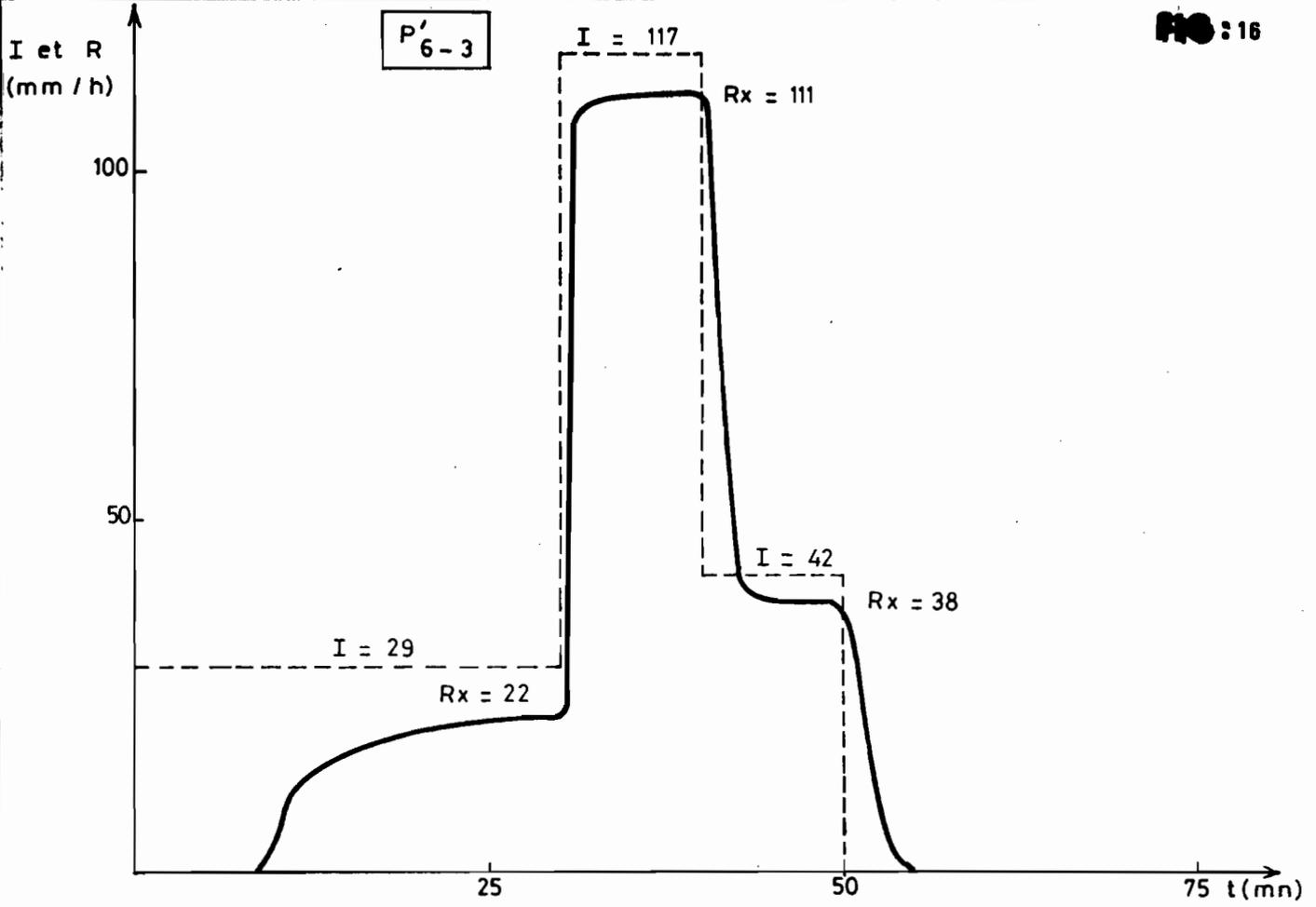


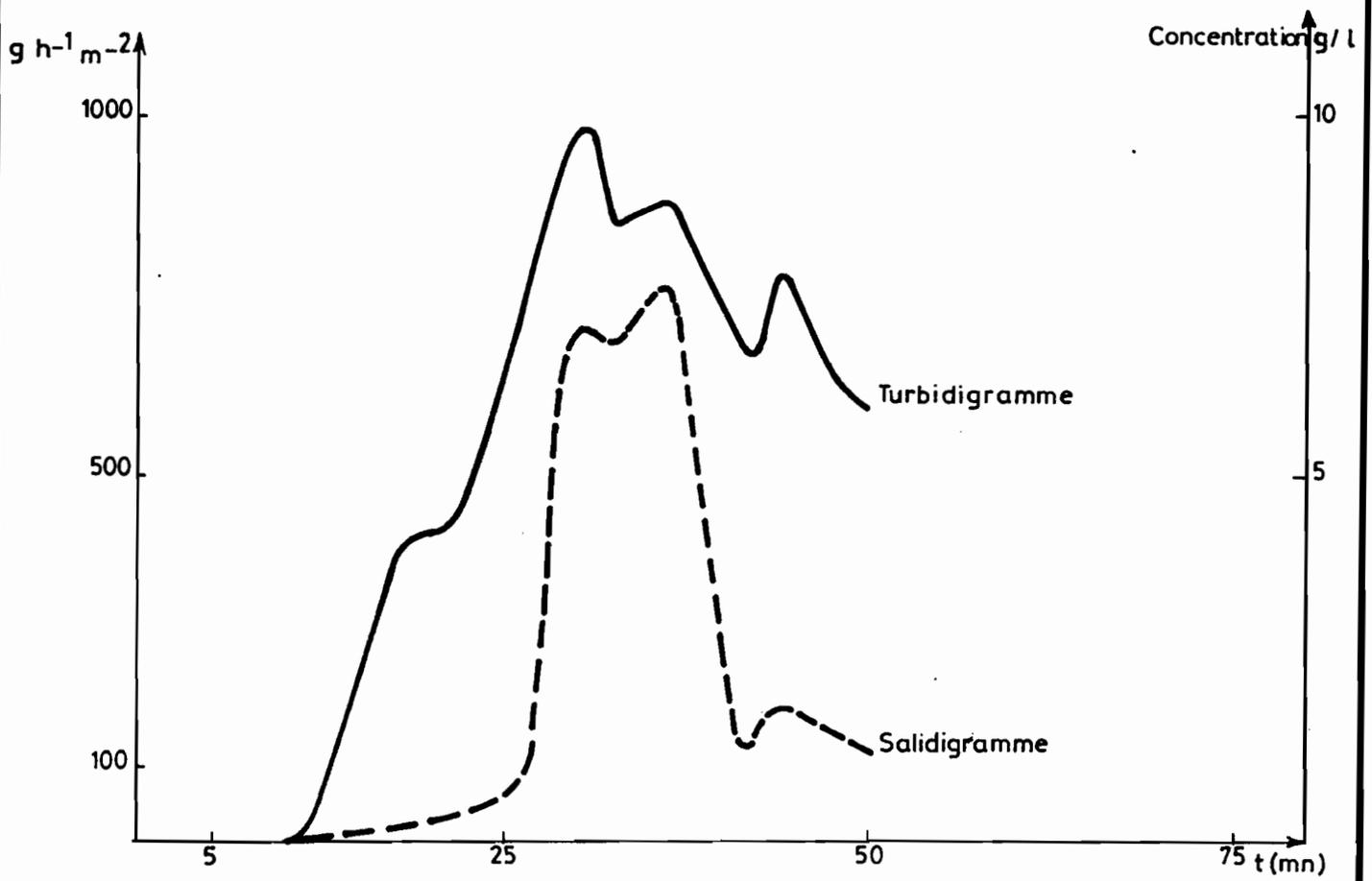
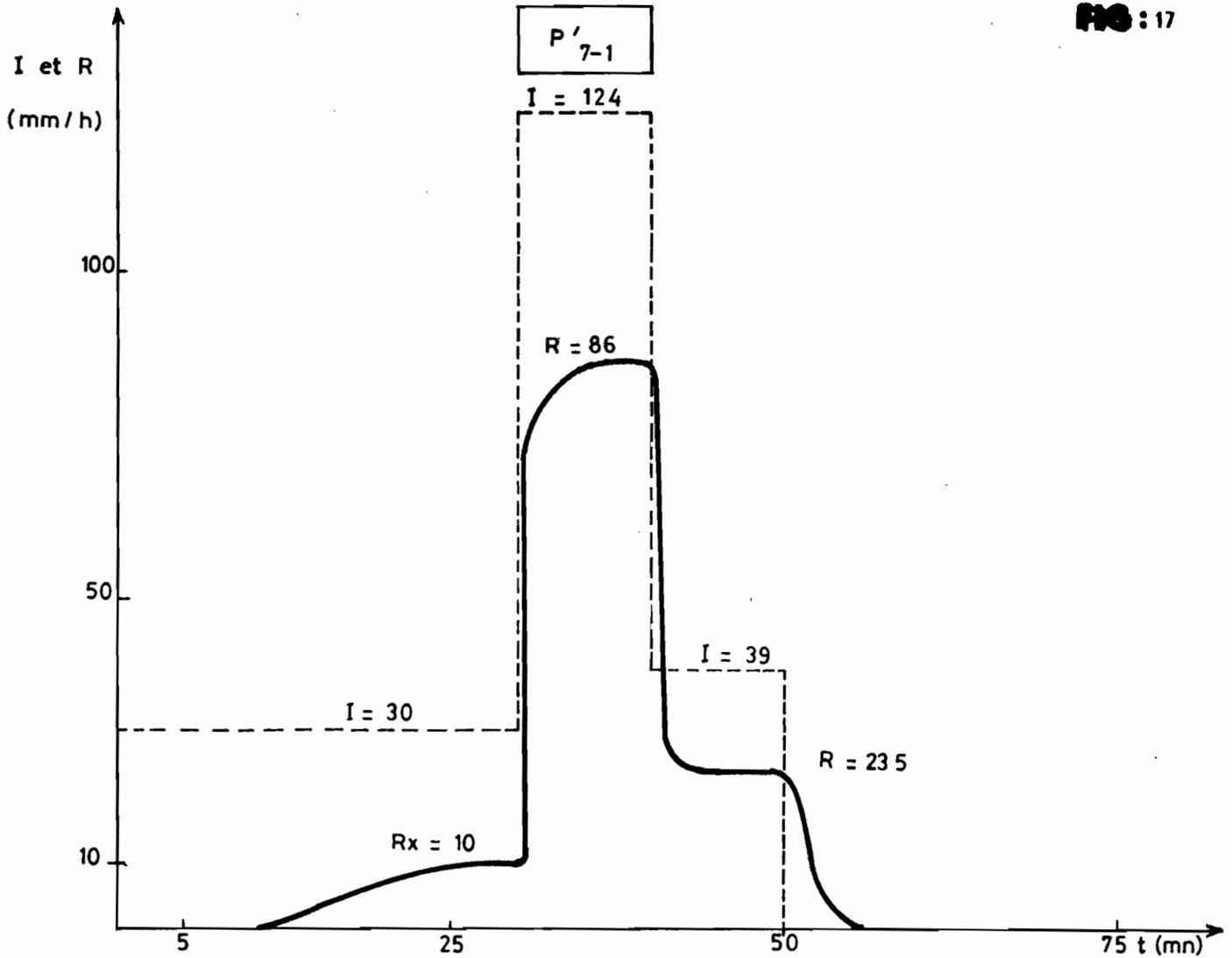






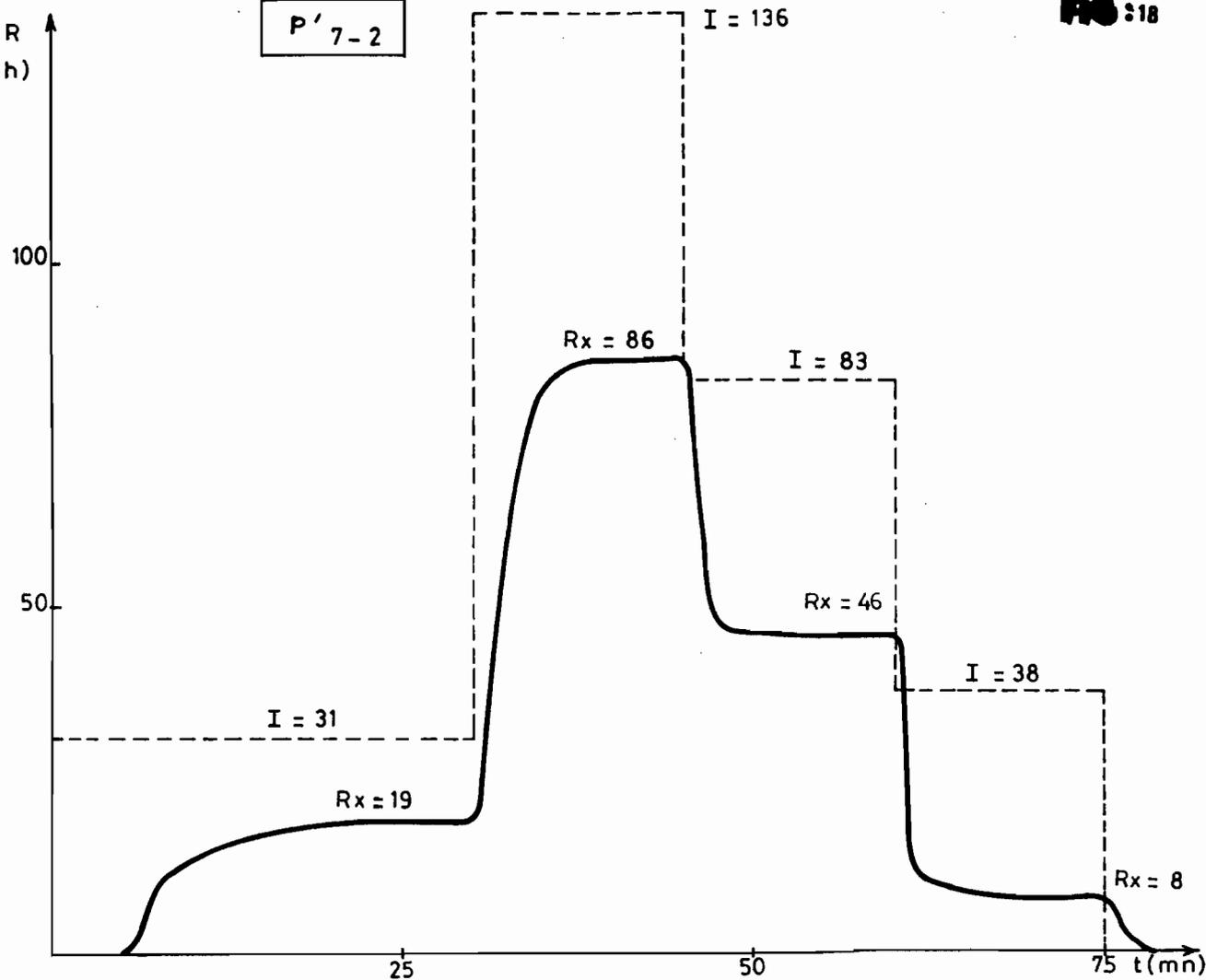
P' 6-3





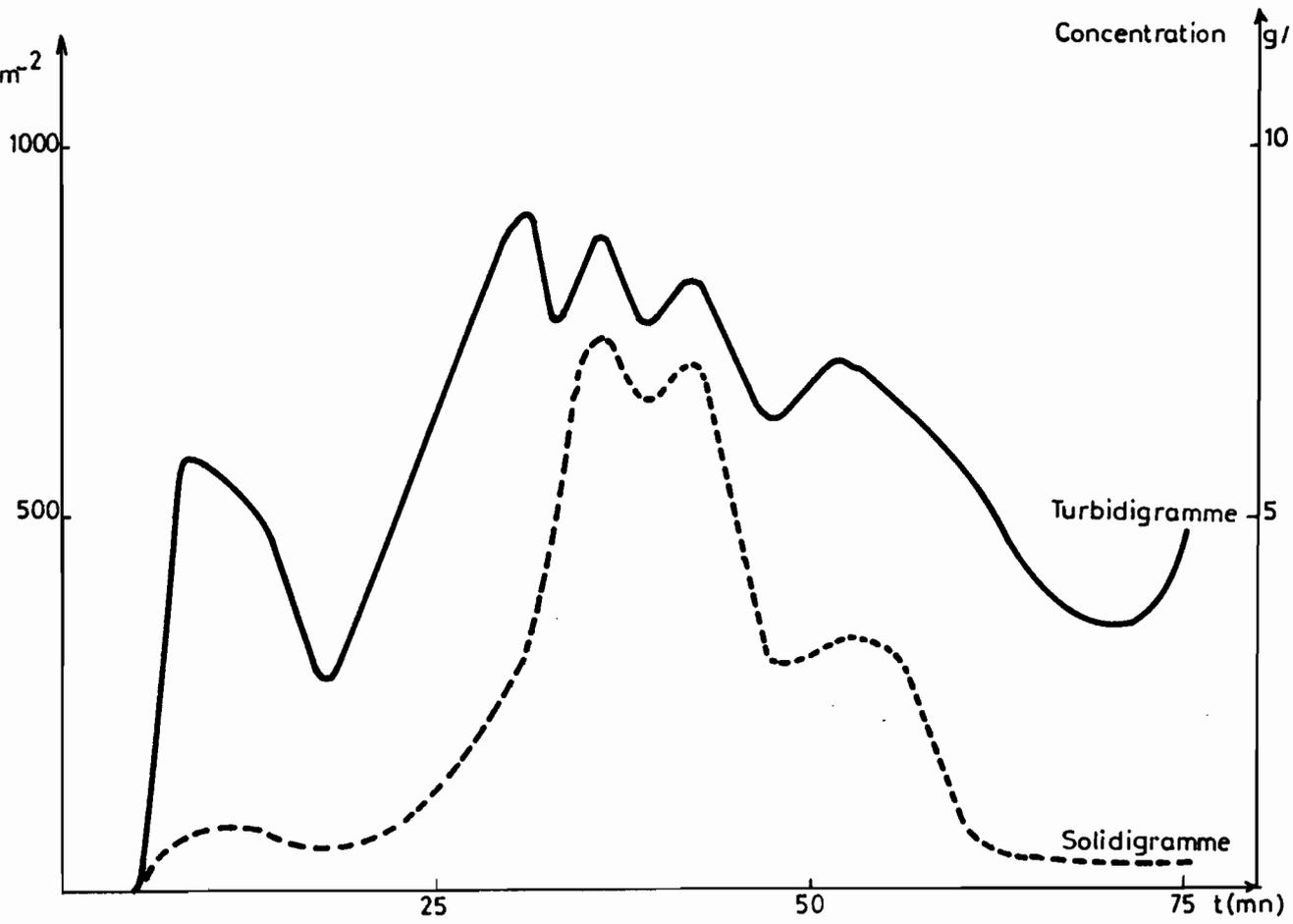
P' 7-2

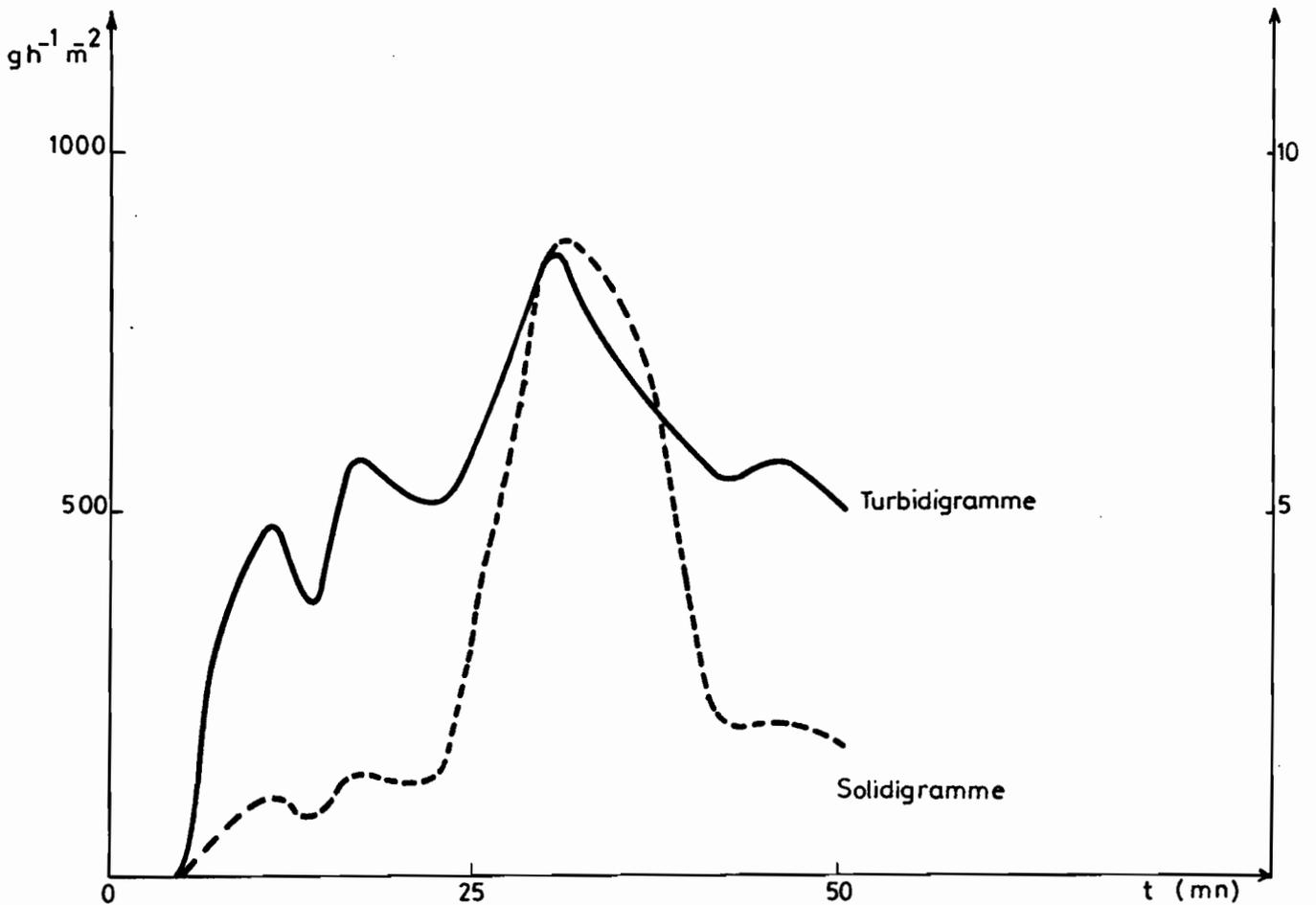
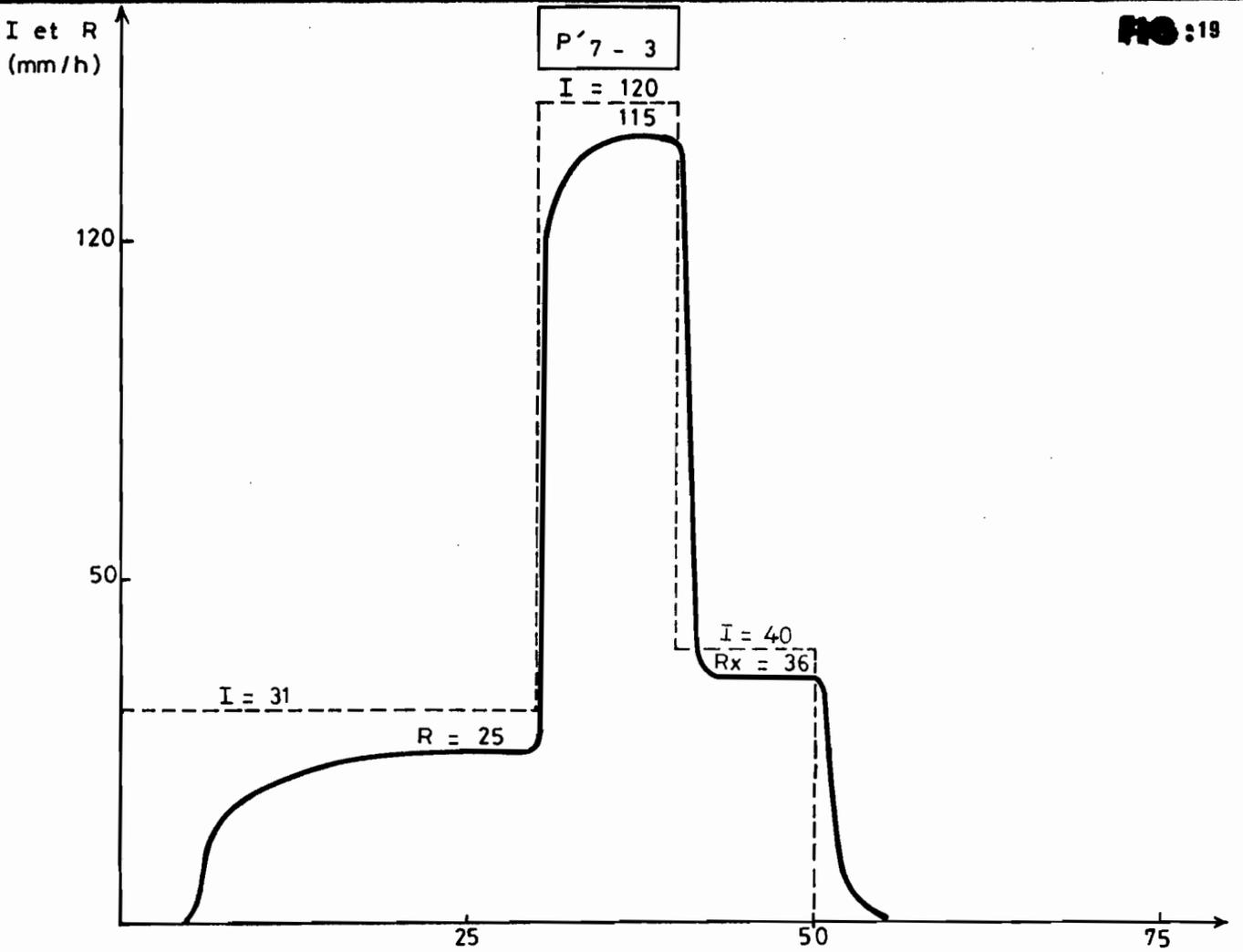
I et R
(mm / h)

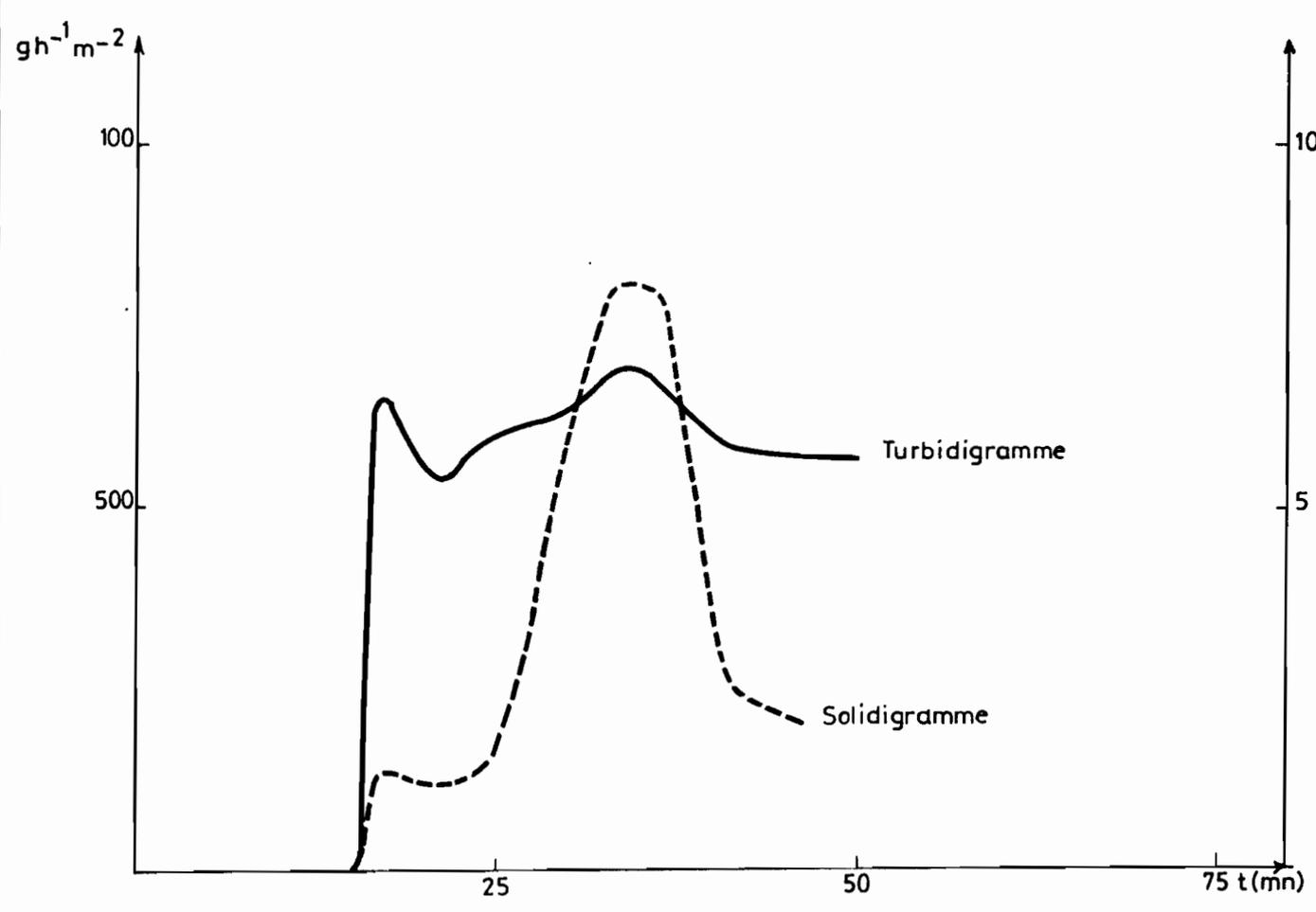
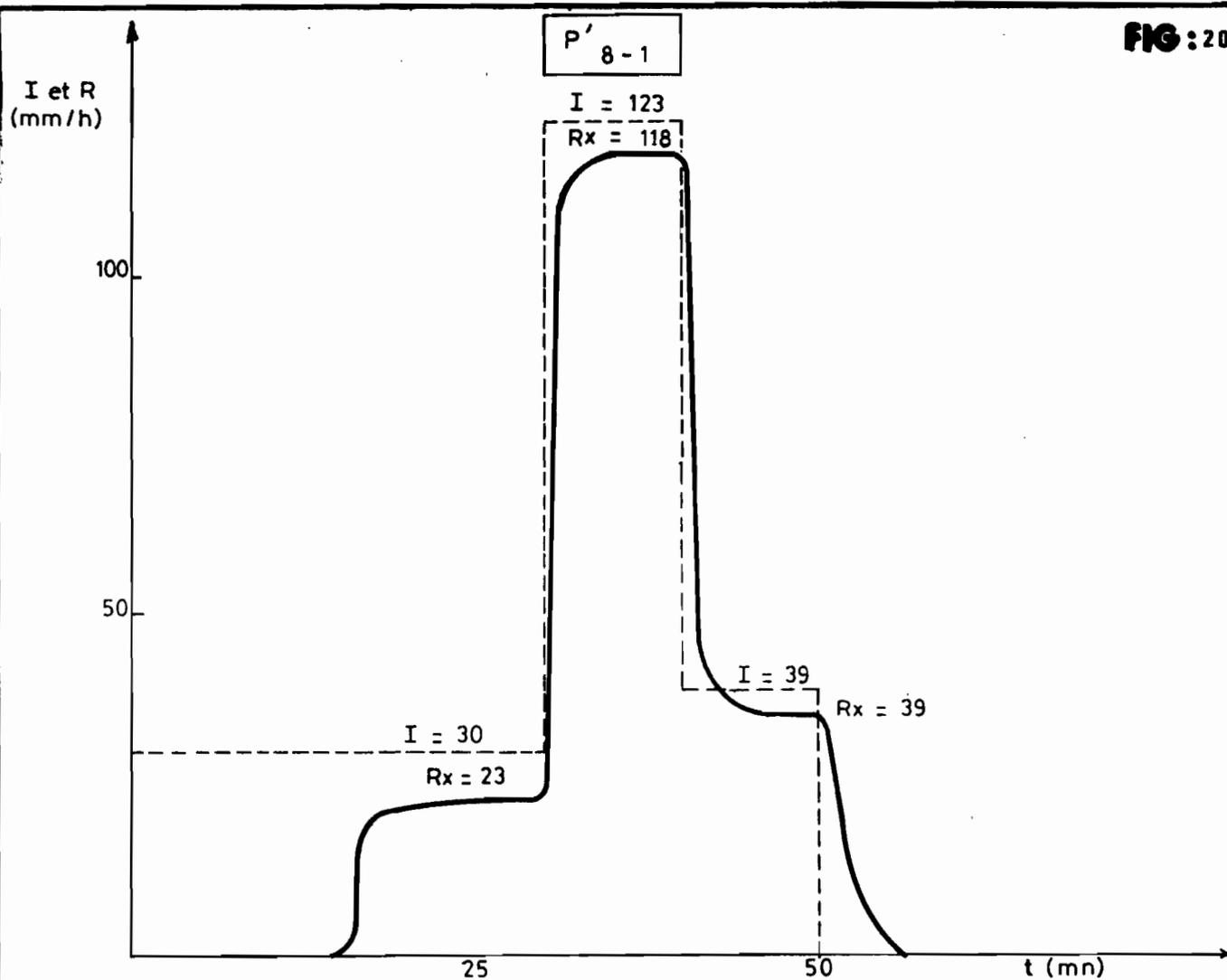


$g h^{-1} m^{-2}$

Concentration g / l

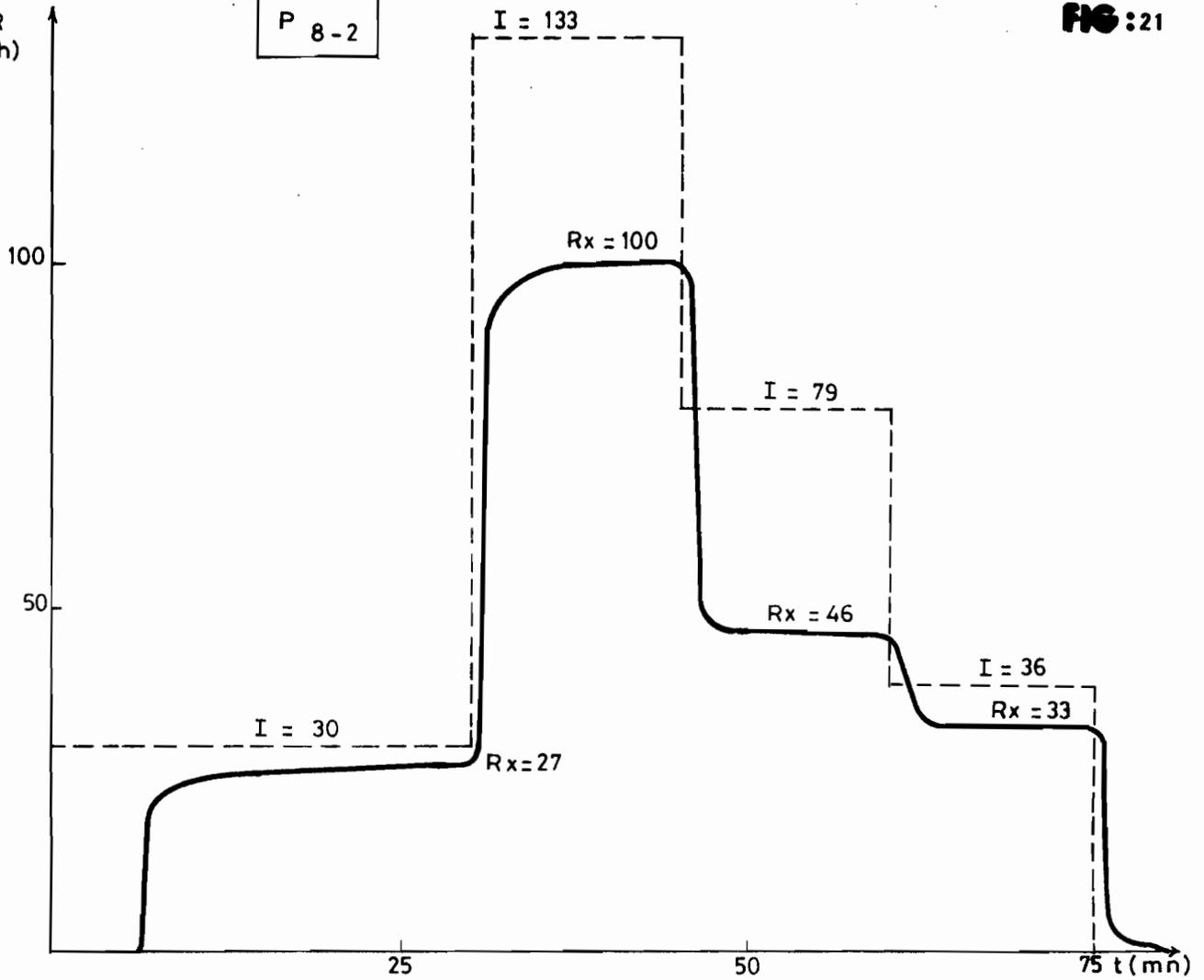






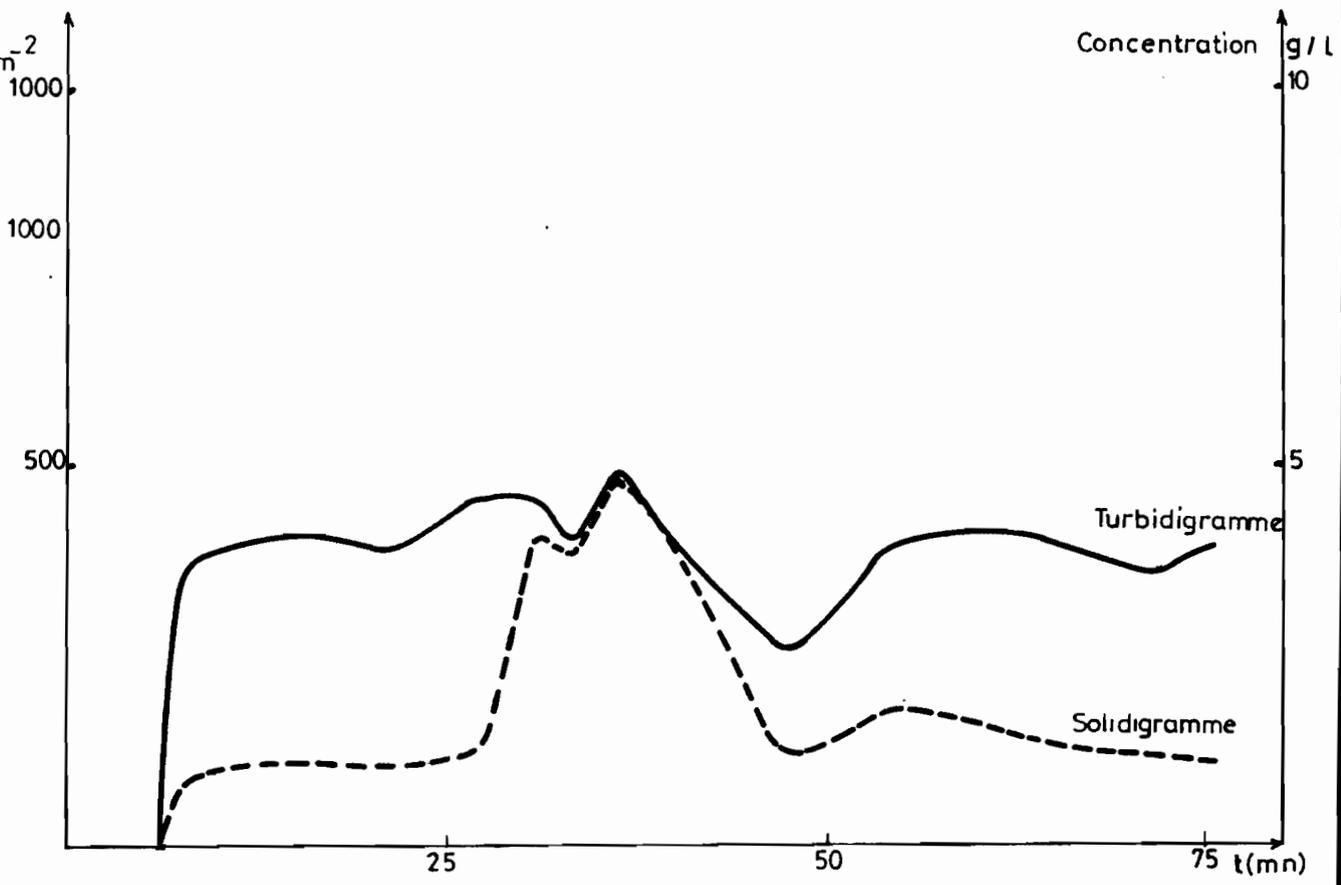
P 8-2

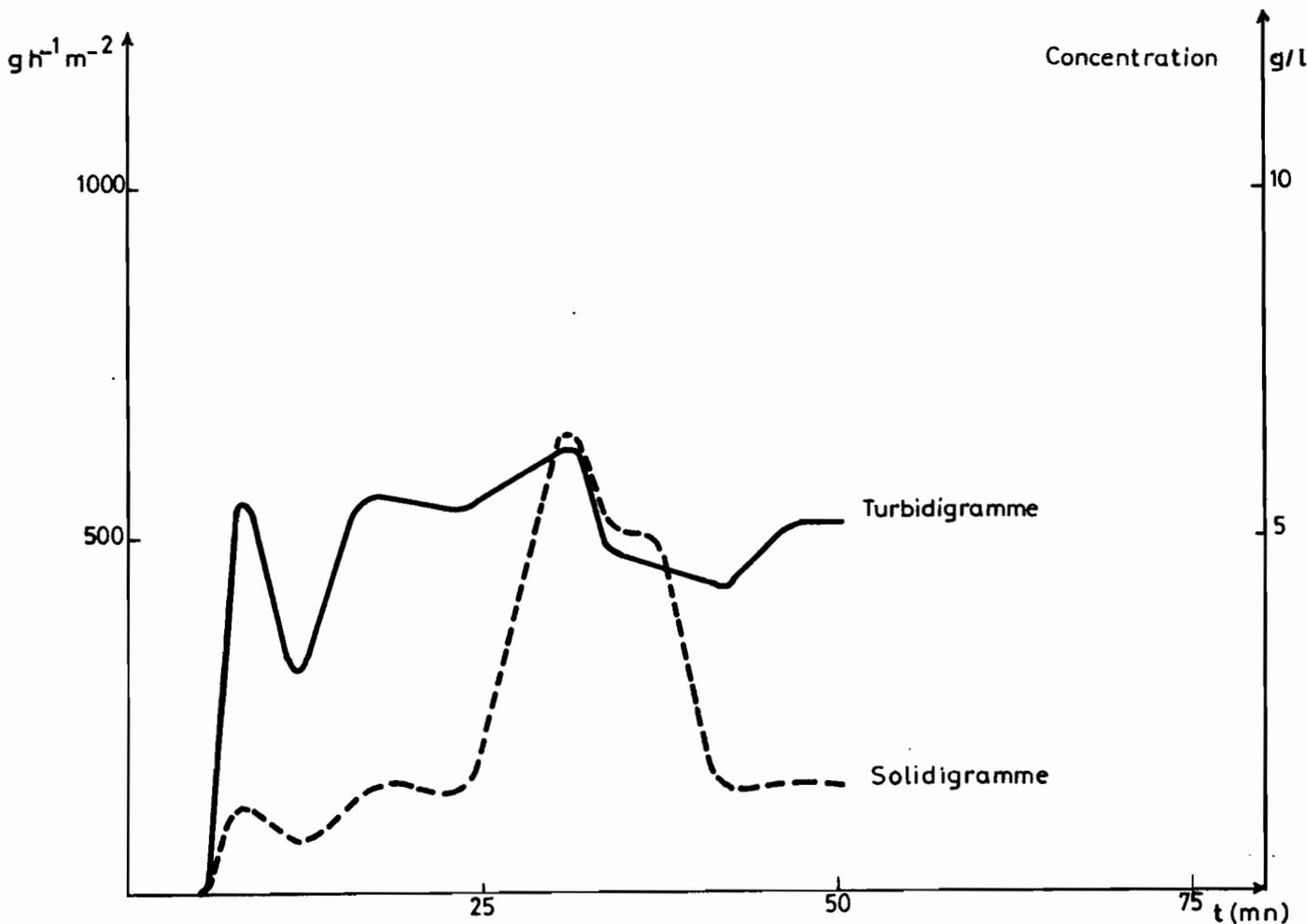
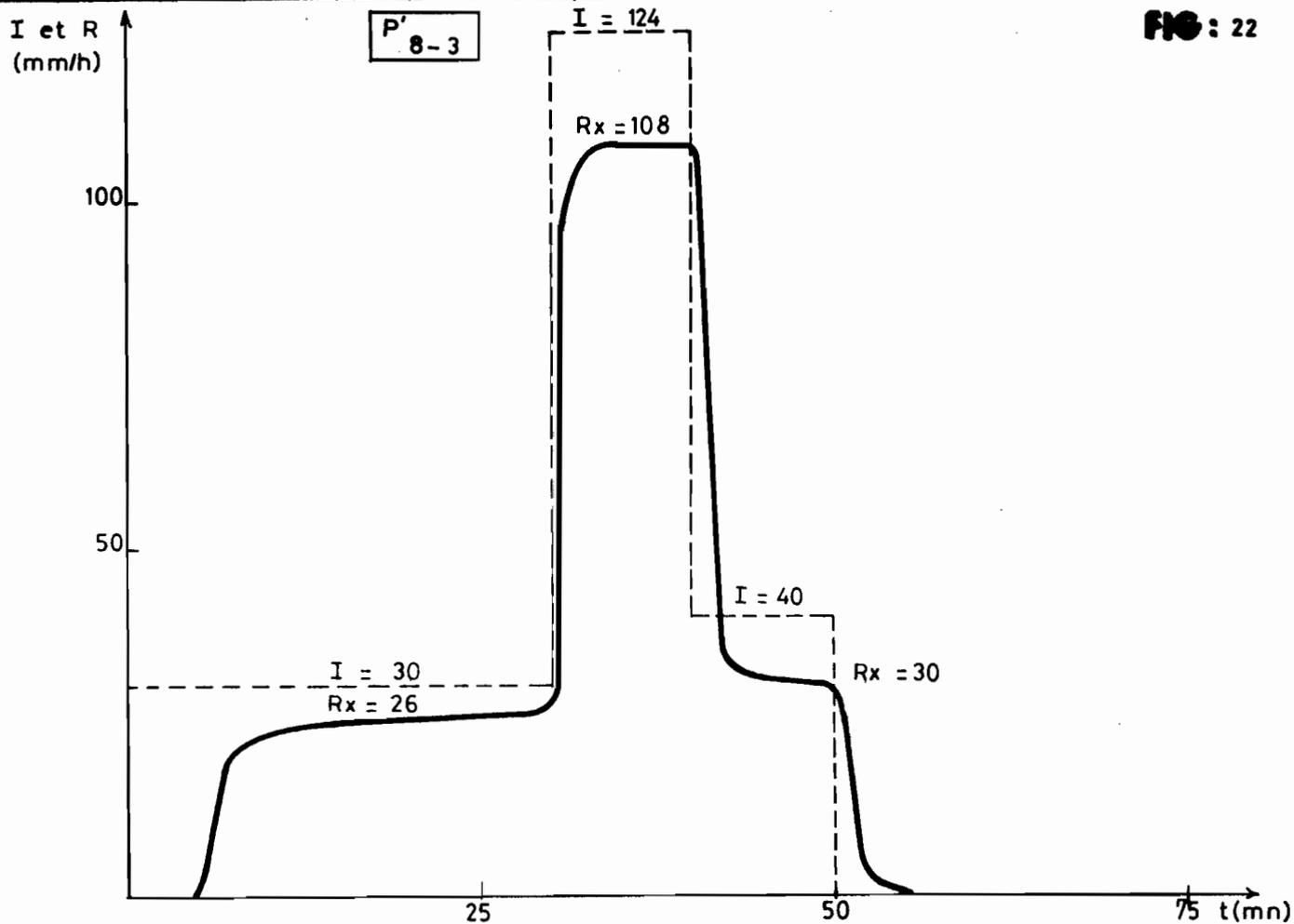
I et R
(mm/h)



$gh^{-1}m^{-2}$

Concentration g/L





Cinquième Partie

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

SOMMAIRE

I. OBJECTIF	58
II. METHODOLOGIE ; DOMAINE DE VALIDITE	59
III. DEPOUILLEMENTS ; DETERMINATION DU VOLUME ET ETABLISSEMENT DE LA RELATION HAUTEUR - VOLUME	60
IV. INSTALLATION D'UNE BATTERIE D'ECHELLE	60

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)

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

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 PHE, 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.

L I S T E D E S F I G U R E S

1. METHODE TOPO/BATHYMETRIQUE PAR RAYONNEMENT
2. METHODE TOPO/BATHYMETRIQUE PAR RAYONNEMENT SUR GRAND MARE
3. METHODE TOPO/BATHYMETRIQUE PAR TRANSVERSALES
4. TRACE DES ISOBATHES PAR INTERPOLATION
5. TRACE DE LA COURBE HYSOMETRIQUE DELIMITANT LA SURFACE
ETABLISSANT LE VOLUME
- 6.7. EXEMPLES

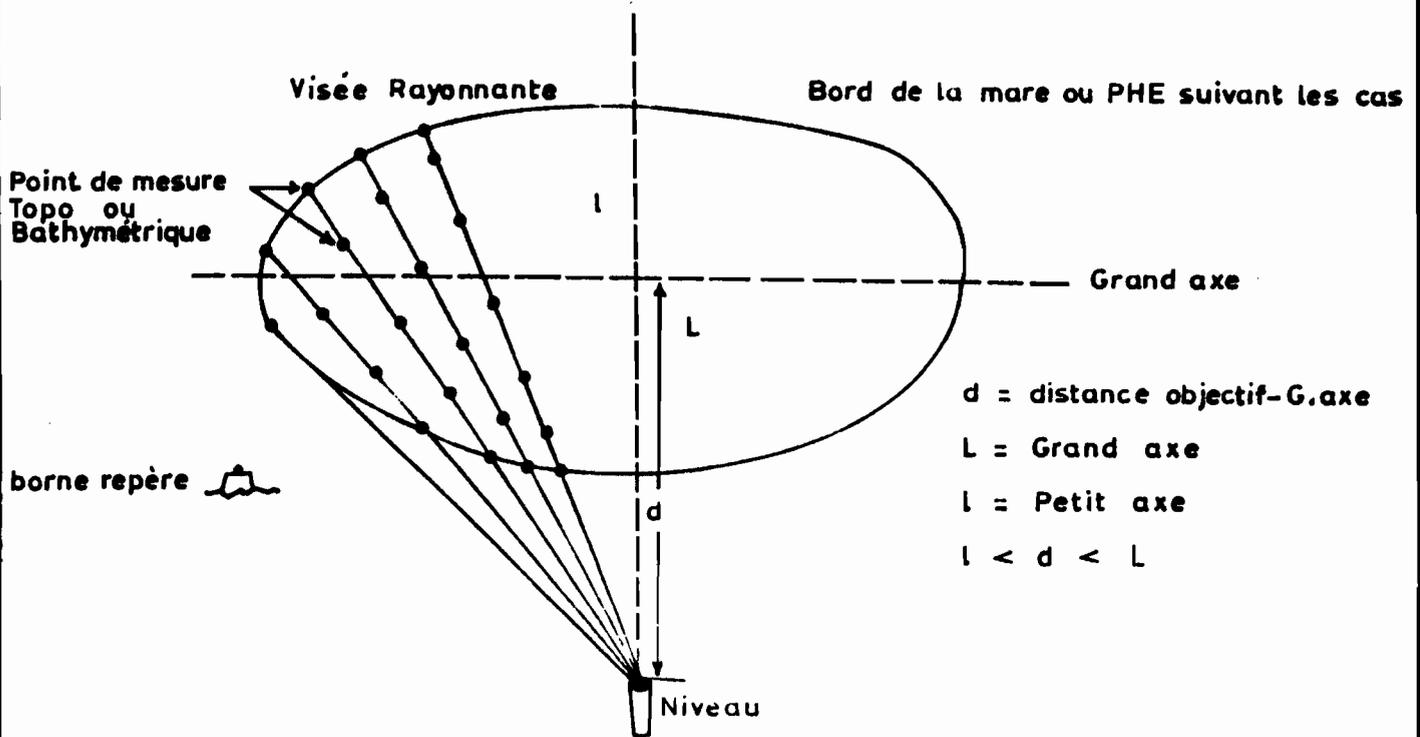
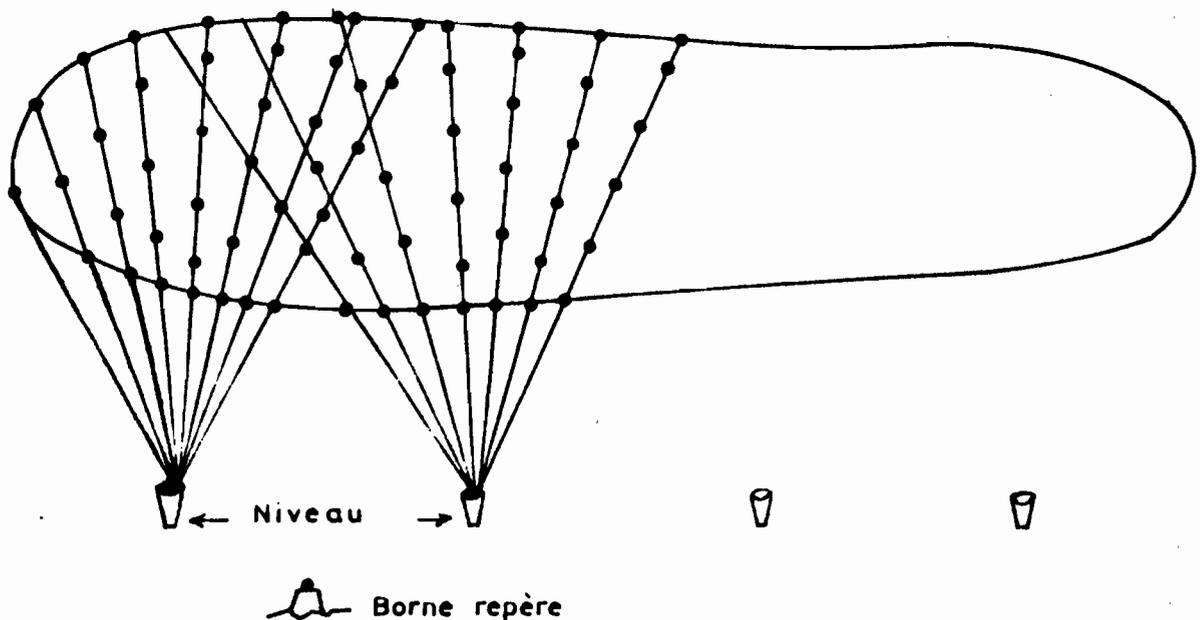


FIG: 2

METHODE TOPO / BATHYMETRIQUE PAR RAYONNEMENT

SUR GRANDE MARE



METHODE TOPO/BATHYMETRIQUE PAR TRANSVERSALES

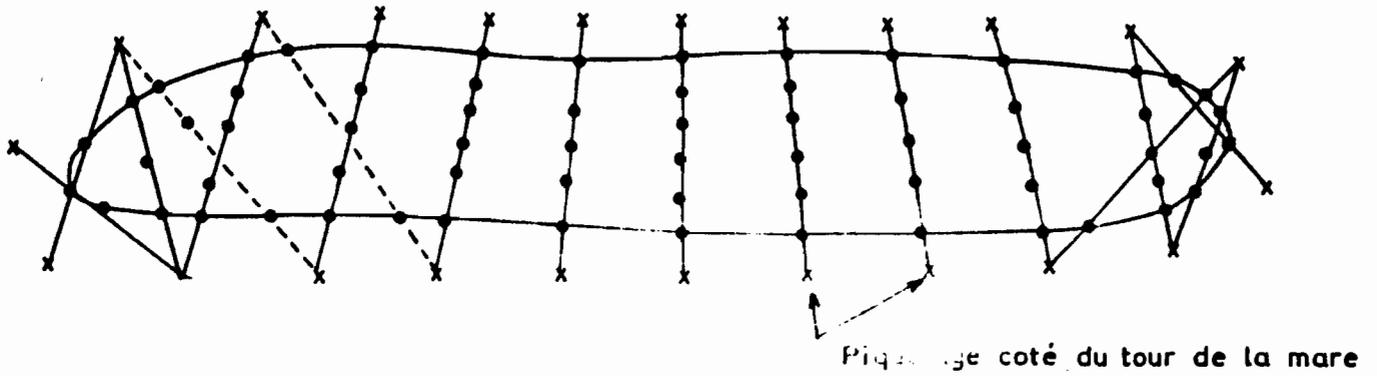
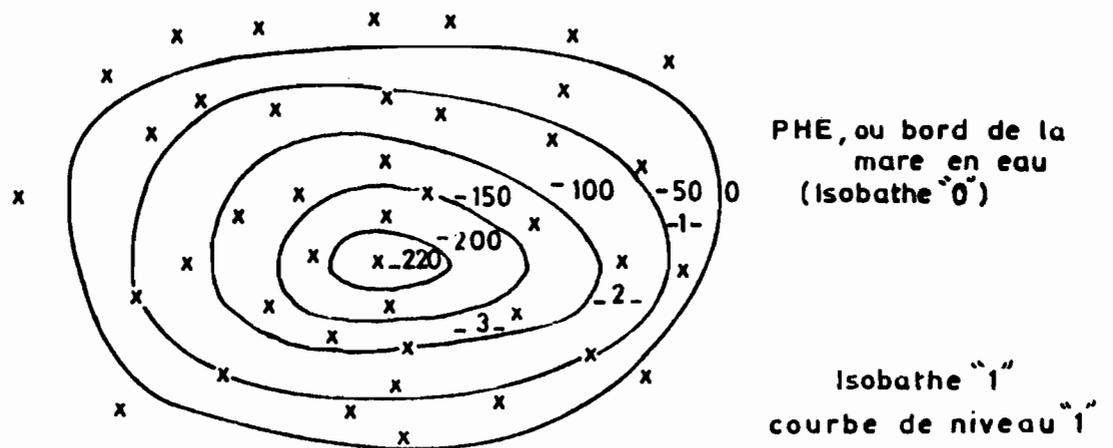
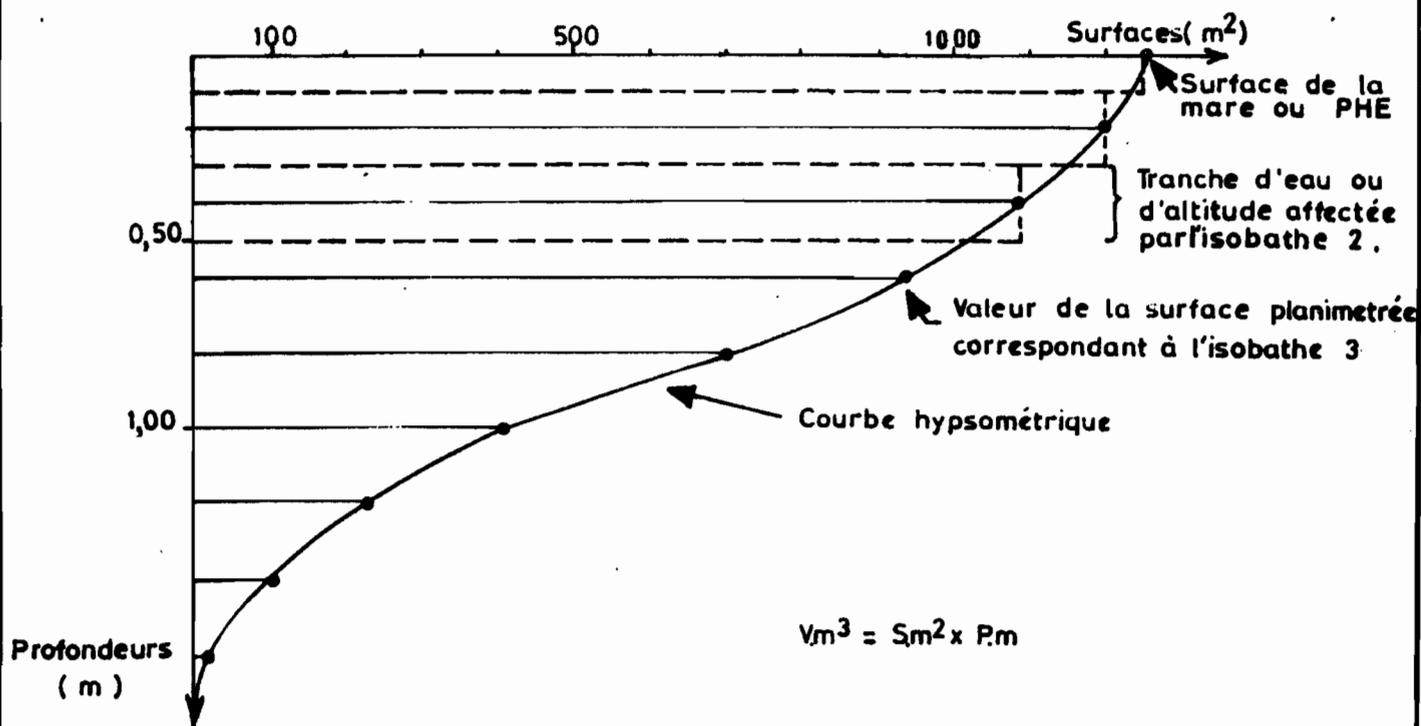


FIG:4

TRACÉ DES ISOBATHES PAR INTERPOLATION



TRACE DE LA COURBE HYSOMETRIQUE DELIMITANT LA SURFACE
ETABLISSANT LE VOLUME



Mare de l'île

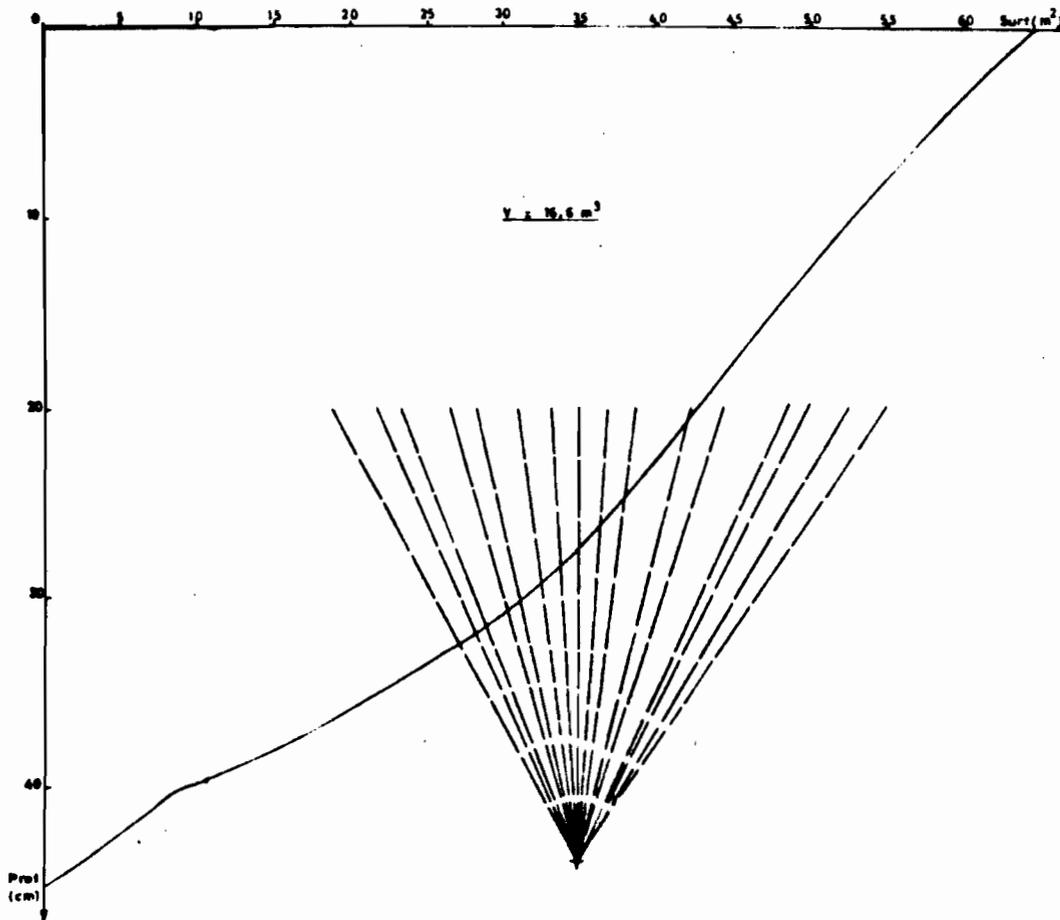
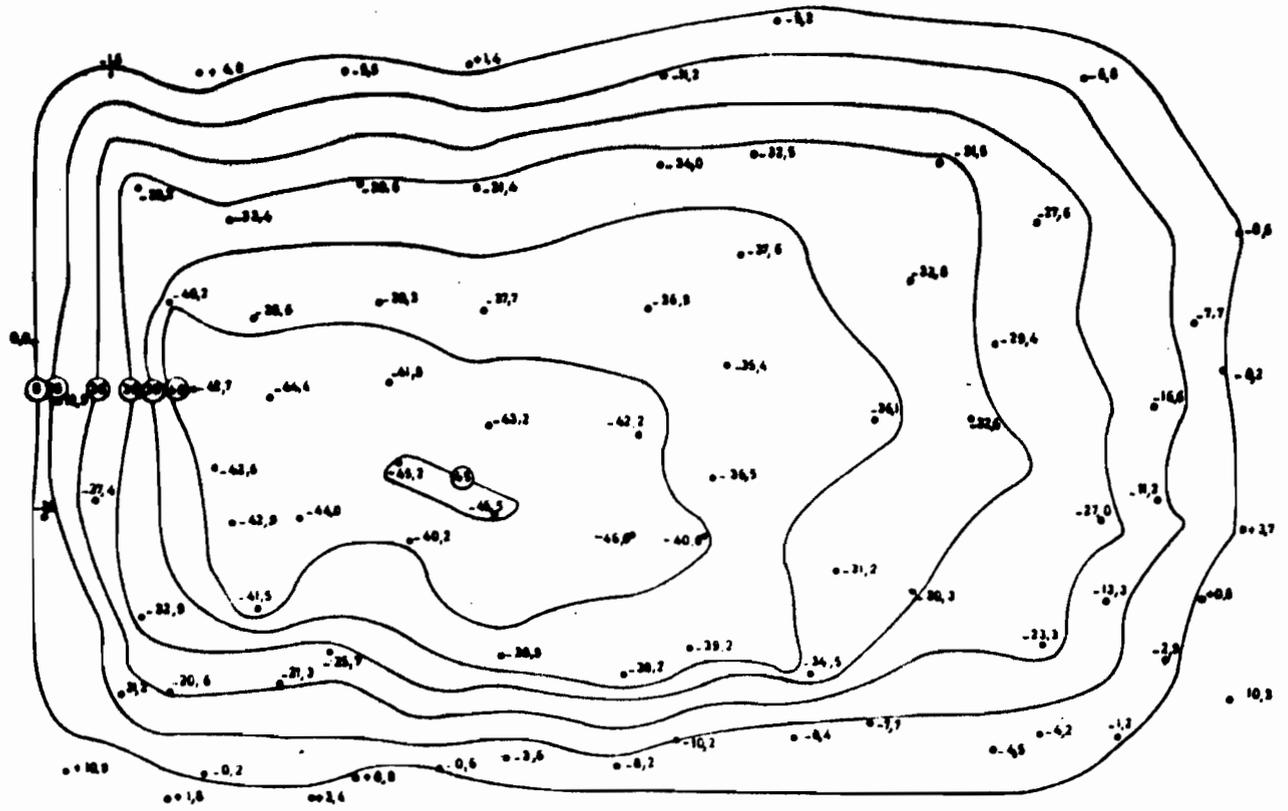
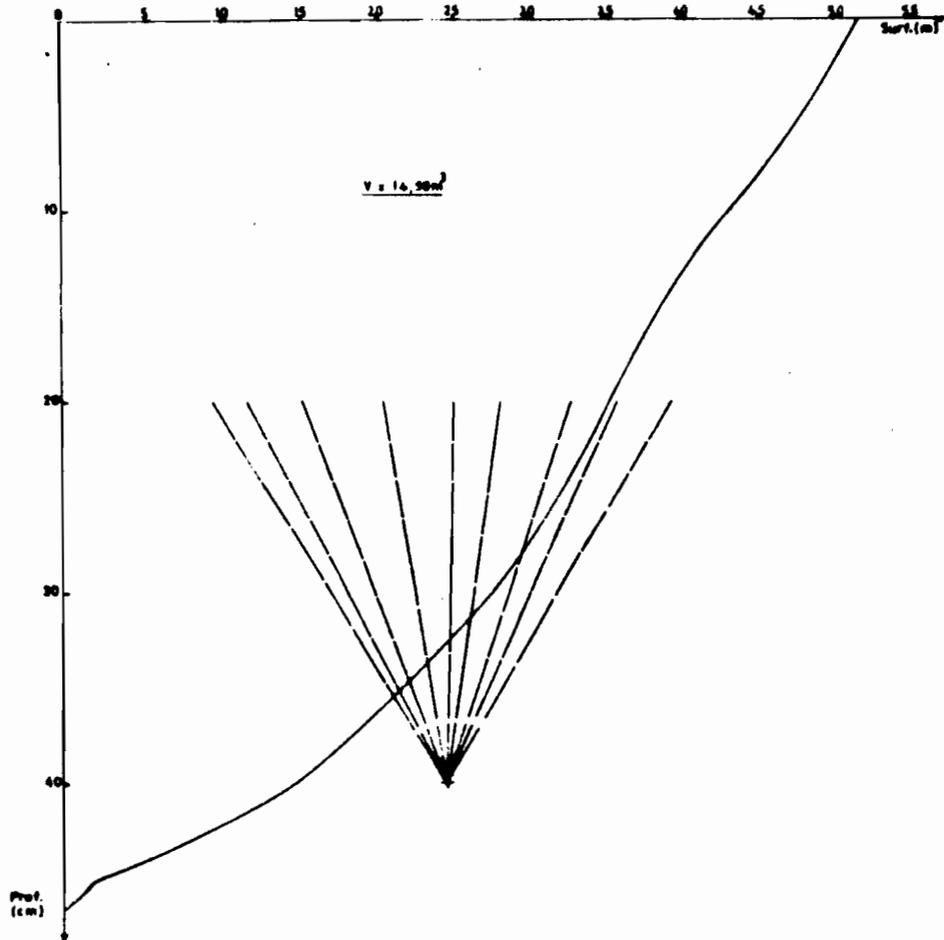
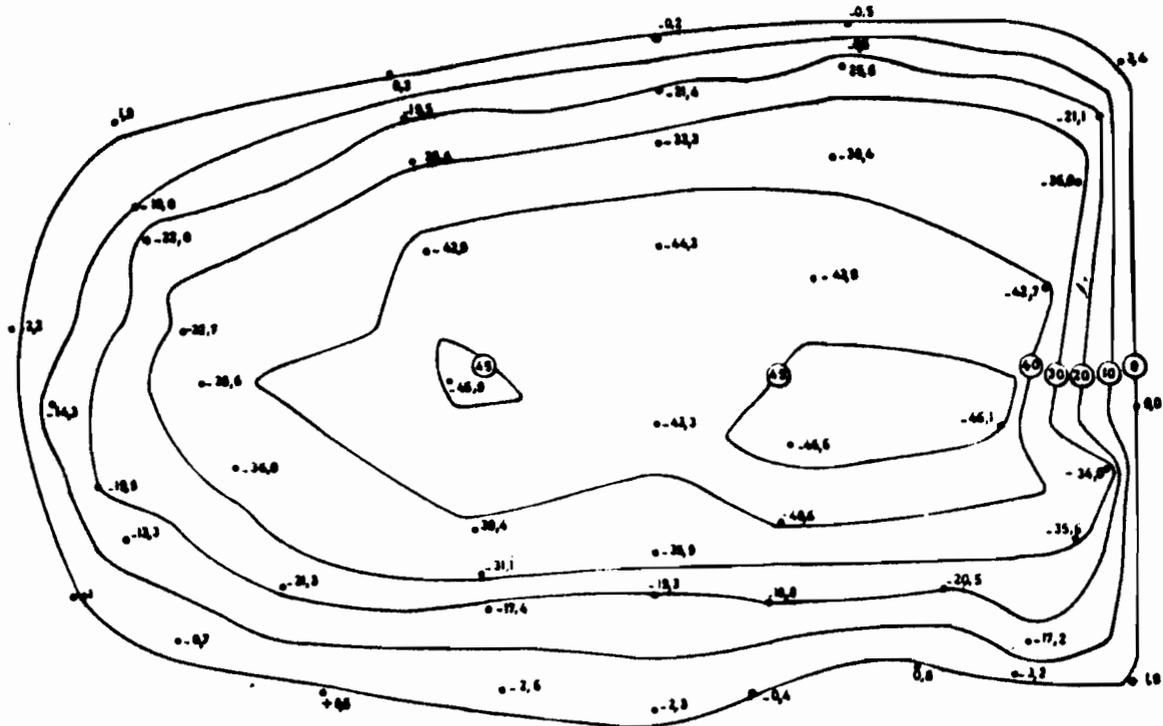


Fig:7

ECHELLE 1cm = 30m

HAUTEUR EN METRES



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 NIGELEC. La liste des jaugeages est tabulée sur la page suivante. Les courbes d'étalonnage des basses eaux et hautes eaux qui en résulte 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 matériels appropriés.

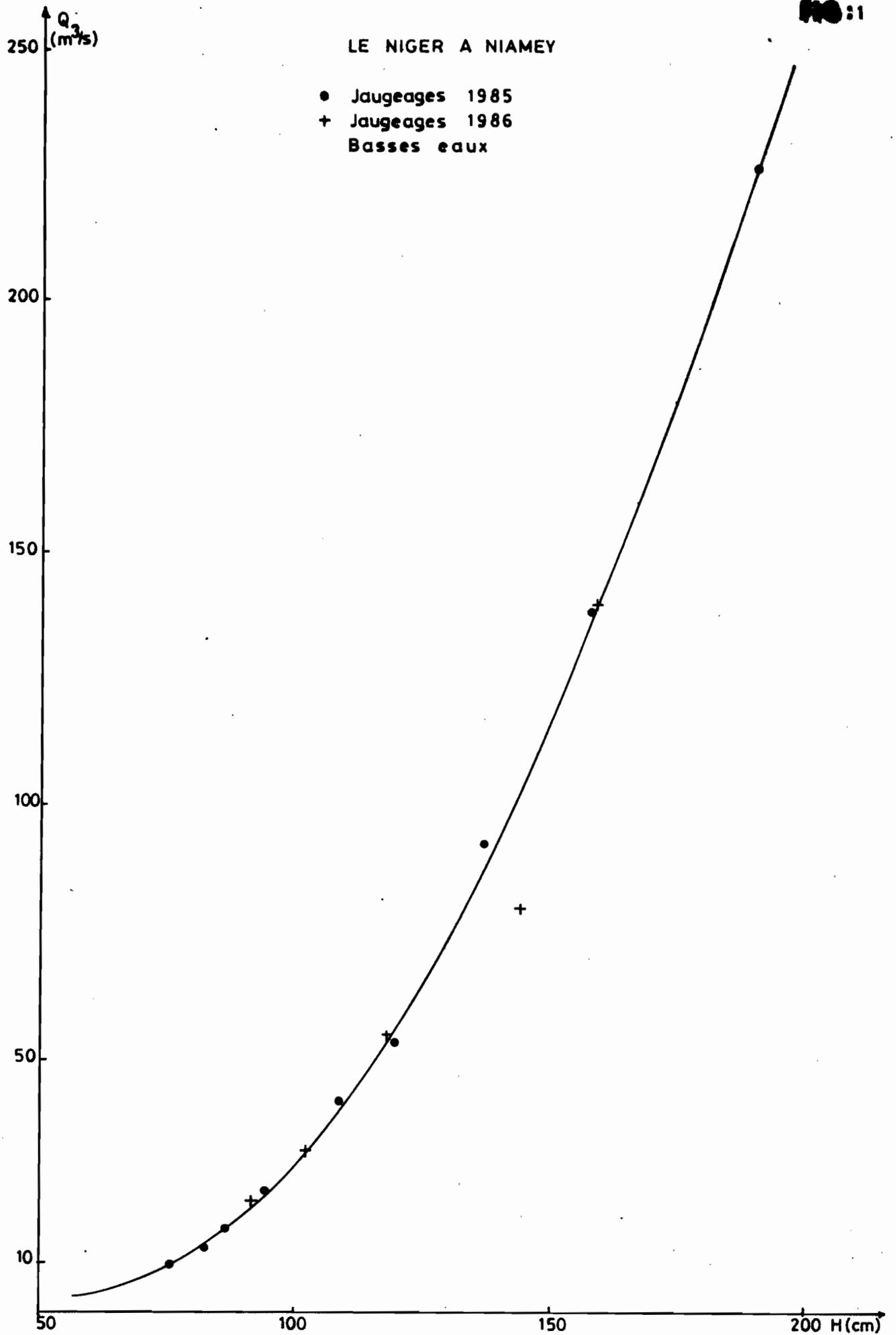
LE NIGER A NIAMEY

LISTE DES JAUGEAGES 1986

DATE	H (cm)	Q (m ³ S ⁻¹)	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	"	"

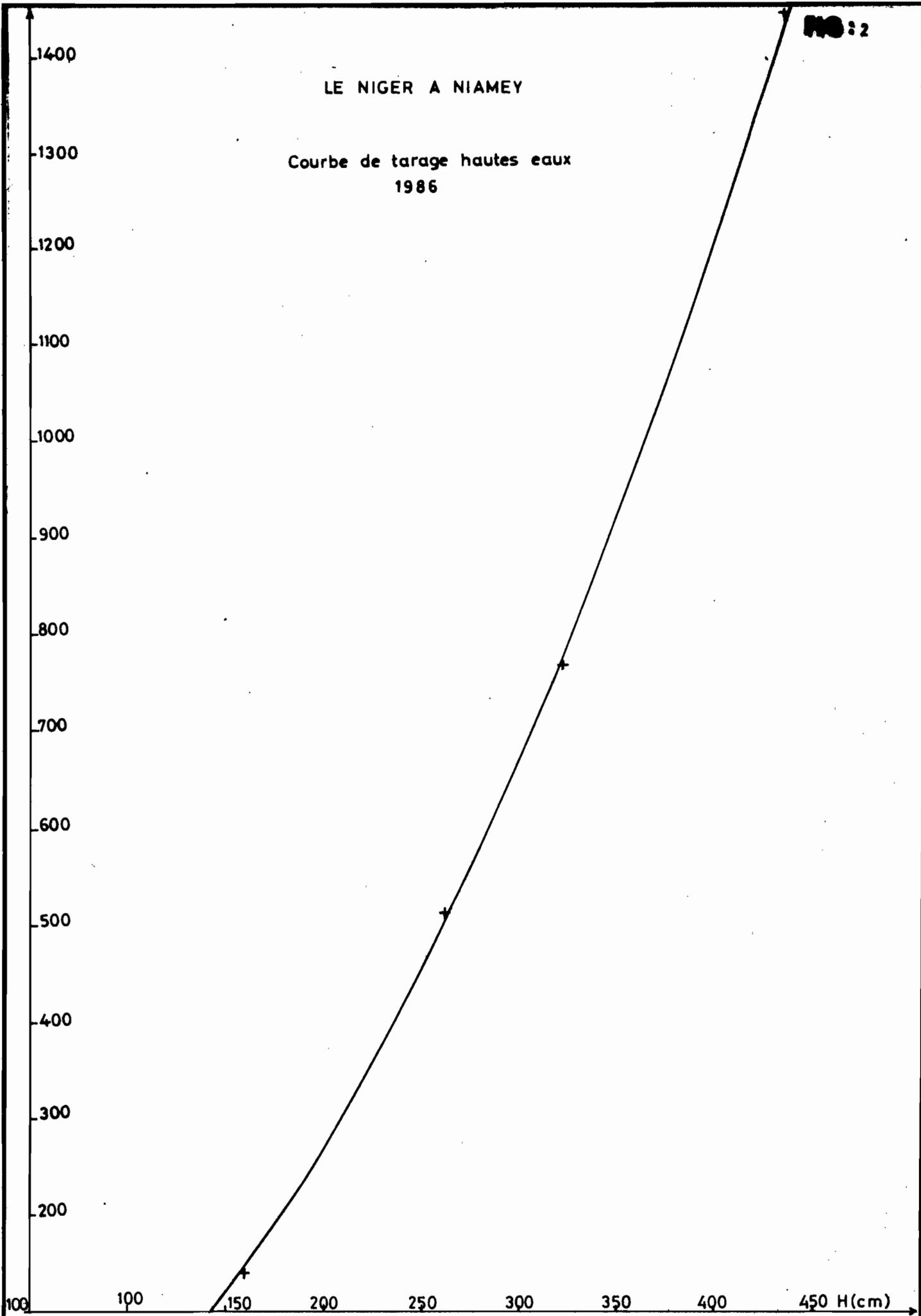
LE NIGER A NIAMEY

- Jaugeages 1985
- + Jaugeages 1986
- Basses eaux



LE NIGER A NIAMEY

Courbe de tarage hautes eaux
1986



CONCLUSION GÉNÉRALE

A travers ce mémoire plusieurs aspects de l'hydrologie ont été acquis.

Les études variées auxquelles j'ai participé m'ont permis d'acquérir une méthodologie, que ce soit au bureau (préparation d'un rapport annuel, traitement des données...) ou sur le terrain (préparation d'un jaugeage, choix du matériel approprié, choix de la section de jaugeages ...).

J'ai appris à soigner une mesure pour qu'elle demeure fidèle, et à critiquer une donnée depuis son origine jusqu'à sa publication.

A part l'avantage professionnel que présente ces deux années pour moi, elles ont contribué à améliorer mon sens des contacts humains. Une bonne entente dans une équipe est à la base de la réussite d'une campagne.