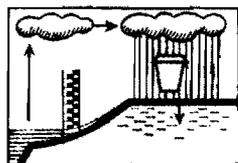


YEDMEL

**INITIATION A L'HYDROLOGIE ANALYTIQUE
SUR BASSIN VERSANT**

RAPPORT DE STAGE



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE - MER

CENTRE D'ADIPODOUMÉ - CÔTE D'IVOIRE

B.P.V 51 - ABIDJAN



OCTOBRE 1982

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIOPODOUME
BP. V-51, ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

Laboratoire d'Hydrologie

RAPPORT DE STAGE

THEME : INITIATION À L'HYDROLOGIE ANALYTIQUE SUR
UN BASSIN VERSANT

EXEMPLE D'APPLICATION EN COTE D'IVOIRE (A TAÏ)

par

YEDMEL Agnero Lazare

en Maîtrise des Sciences et Techniques 2^e année

Option : Sciences de la Terre de l'Université Nationale de
Côte d'Ivoire

sous la direction de M. A. CASENAVE

Stage effectué au Laboratoire d'Hydrologie du 15 Juillet au 15 Septembre 1982

SOMMAIRE

PREMIERE PARTIE - COMPTE-RENDU DES ACTIVITÉS DES DIFFÉRENTS
LABORATOIRES DU CENTRE ORSTOM D'ADIOPODOUMÉ

DEUXIEME PARTIE -

THEME : INITIATION À L'HYDROLOGIE ANALYTIQUE SUR
UN BASSIN VERSANT

EXEMPLE D'APPLICATION EN COTE D'IVOIRE
(à Taï)

1. GENERALITES

- 1.1. But du service hydrologique
- 1.2. Cycle de l'eau
- 1.3. Répartition de l'eau sur le globe
- 1.4. Equation générale du bilan
- 1.5. Caractéristiques d'un bassin versant

2. PRECIPITATIONS

- 2.1. Mesures des précipitations
 - 2.1.1. Pluviomètres association
 - 2.1.2. Pluviomètres totalisateurs
 - 2.1.3. Pluviographes à augets basculeurs
- 2.2. Détermination de la pluviométrie moyenne
 - 2.2.1. Méthode de Thiessen
 - 2.2.2. Méthode des isohyètes

3. ETUDE LIMNIMETRIQUE

- 3.1. Echelle limnimétrique
- 3.2. Le limnigraphe
- 3.3. Mesures des débits
- 3.4. Principe de jaugeage
- 3.5. Dépouillement du jaugeage au moulinet

4. ETUDE DU REGIME DES COURS D'EAU

- 4.1. Transformation hauteur-débit
- 4.2. Analyses des hydrogrammes observés.

5. ÉTUDE DES RELATIONS LAME RUISSELEE - PLUVIOMETRIE MOYENNE - HUMIDITE DU SOL

6. IMPORTANCE D'UN SERVICE HYDROLOGIQUE DANS UN PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

AVANT-PROPOS

Dans le cadre d'une initiation à la recherche, le Ministère de la Recherche Scientifique, en collaboration étroite avec le Centre ORSTOM d'Adiopodoumé, organise des stages de vacances. Je voudrais donc exprimer à travers ces lignes ma sincère reconnaissance à MM. KANGA, Directeur de la Planification au Ministère de la Recherche Scientifique, AKOMIAN Adjoint au Directeur.

Tous mes remerciements vont particulièrement à MM. Alain CASENAVE, responsable du service Hydrologique du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé, Pierre CHEVALLIER adjoint au responsable, André MAHIEUX technicien du service qui m'ont prêté une attention toute particulière au cours du stage malgré leurs travaux quotidiens.

Enfin, à tous les chercheurs du Centre et à mes camarades de l'hôtel, que tous ceux-ci retrouvent ici une fois de plus l'expression de ma profonde sympathie.

INTRODUCTION

C'est dans le souci de redynamisation du secteur de la recherche et de sensibilisation des jeunes à la recherche que le Ministère de la Recherche Scientifique organise des stages de vacances. Cette année, le stage s'étend sur deux mois à compter du 15.07.82.

Trois missions nous ont été alors assignées :

1. Observer attentivement comment un Centre de recherche est organisé,
2. Relever les problèmes concrets auxquels sont confrontés les différents laboratoires,
3. Apprendre avec le concours des responsables les manières et les méthodes de résolution.

Ce présent rapport retrace les activités qui ont été menées dans le laboratoire d'Hydrologie.

Initiation à l'hydrologie analytique sur un bassin versant tel est le thème qui m'a été donné et auquel je me suis attelé.

Comme le titre l'indique, j'ai été véritablement initié aux différentes méthodes de mesures de précipitations, de débits à des méthodes de détermination de la pluviométrie moyenne etc..

Il est évident que les conclusions que l'on tire à l'issu de ce stage, ne sont que des conclusions partielles eu égard au temps trop court du stage pour permettre une étude de recherche approfondie.

PREMIERE PARTIE

LES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES DES LABORATOIRES DU CENTRE
O.R.S.T.O.M. D'ADIOPODOUMÉ

L'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) est un établissement public, français créé en 1943 puis réorganisé en 1960. Il dispose d'une autonomie financière et il est chargé :

1. de faire l'inventaire et de caractériser le milieu naturel de la Côte d'Ivoire (sol, eaux, végétation) dans le but de donner un support indispensable à la recherche approfondie. C'est dans cette optique que des études pédologiques, hydrologiques et botaniques ont été entreprises.
2. d'étudier le mécanisme des phénomènes inventoriés afin de pouvoir les maîtriser. C'est dans ce cadre que la physiologie végétale, la bioclimatologie, et de l'écologie ont été entreprises.
3. la troisième phase se consacre à des études variées qui nécessite une franche collaboration avec d'autres organismes aussi bien privés que publics.

Le Centre ORSTOM d'Adiopodoumé constitue l'un des plus grands Centres ORSTOM du monde par son effectif et aussi par ses diverses activités scientifiques.

A. LE DEPARTEMENT DE PHYSIOLOGIE VEGETALE

Ce laboratoire s'occupe de la biochimie et de la physiologie du latex d'*Hevea brasiliensis*.

Ce programme préoccupe les paysans dans le but de savoir la sélection précoce des plants, l'optimisation de la production, les connaissances des facteurs limitants. Le but est de comprendre les mécanismes biologiques et physiologiques dont dépendent la production du latex, et l'état physiologique des tissus laticifères compétents dans la synthèse du caoutchouc naturel.

Des études menées au niveau de la production de l'hévéa déterminent trois principaux facteurs limitants :

- Arrêt de l'écoulement du latex par sa coagulation aboutissant à l'obturation des brèches ouvertes dans le réseau laticifère. Tout arbre à coagulation rapide, produira moins de latex (caoutchouc).
- La régénération cellulaire au sein de l'arbre qui doit être suffisante pour compenser les pertes du latex avant la saignée suivante (2 saignées par semaine).
- La surexploitation des arbres qui peut aboutir au tarissement des tissus laticifères connus sous le nom des encoches sèches.

B. LA VIROLOGIE

Le virus est un parasite qui nuit à la santé et par voie de conséquence baisse le rendement. Deux grandes spécificités déterminent le laboratoire de Virologie :

- La virologie médicale qui recherche les virus facteurs de maladies,
- la virologie agricole qui met en évidence les virus susceptibles de transmettre les maladies aux insectes qui sont des ravageurs des plantes (cotonnier, panicum, maïs, arachides).

En Côte d'Ivoire il y a les genres *Augosoma centosus* et *l'aurites* pour le palmier à huile.

Des mesures sont à prendre pour lutter contre ces parasites car les dégâts causés par ceux-ci pourront avoir des conséquences néfastes sur notre économie qui est essentiellement basée sur l'agriculture.

C. LE DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Les premiers travaux de ce laboratoire ont porté sur le système racinaire pour son rôle prépondérant dans la nutrition du végétal et à cause de la modification des structures du sol. Les études ont porté sur les cultures fourragères et principalement sur le *Panicum maximum*.

L'on s'intéressera ensuite au riz afin de déterminer des variétés résistantes à la sécheresse adaptées aux conditions climatiques du Centre et du Nord de la Côte d'Ivoire. Des études sur l'ananas montrèrent qu'un labour profond améliorerait la production d'ananas frais.

Le programme en cours porte sur le manioc et comprend deux volets :

- Etude de la plante, son fonctionnement depuis le planting jusqu'à la récolte,
- Etude du système de culture à base de manioc chez le paysan.

D. LA BIOCLIMATOLOGIE

C'est dans le souci d'une amélioration de la production végétale que ce laboratoire analyse le comportement des organismes dans le milieu écologique.

- Dans le milieu, la caractéristique de différents paramètres dont les interactions définissent le climat : énergie solaire, les pluies, l'air.
- L'analyse du comportement du végétal c'est à dire la photosynthèse. Elle permet de déterminer les régions qui ont des potentialités agronomiques.

E. LA NEMATOLOGIE

C'est l'étude des vers microscopiques parasitant les plants (ananas, bananiers, riz, manioc, canne à sucre). Ce sont des formes plates, rondes allongées et on les trouve dans les sols et dans les eaux.

De 1955 à 1975, le laboratoire s'occupait uniquement d'une étude faunistique en Côte d'Ivoire et dans les pays voisins.

Depuis 1975, le laboratoire se penche sur l'évaluation des dégâts causés par les animaux et préconise des voies et moyens pour lutter contre eux.

Pour lutter contre eux, on utilise les nématicides. Le programme d'étude se penche surtout sur les parasites des cultures maraîchères (gombo, tomate, aubergine) et des cultures vivrières (manioc, riz, etc..).

F. LABORATOIRE CENTRAL D'ANALYSES

Il est créé dans le cadre de rentabilisation des matériels d'analyses qui sont à la disposition des différents laboratoires.

Ce laboratoire répond aux besoins pressants d'autres chercheurs par des analyses minérales d'échantillons de matières diverses (sols, roches, eaux, etc..).

Dans ce laboratoire, il y a quatre sections analytiques (chimie, spectrophotométrie, matières organiques, physiques).

Deux sections paraanalytiques : (préparation des échantillons, secrétariat de calculs).

G. LABORATOIRE DE GENETIQUE

Son programme de recherche est axé sur trois points principaux :

- Le recensement et la sauvegarde de la variabilité génétique des centres d'origine des végétaux cultivés.
- La compréhension de l'organisation évolutive des complexes multispécifiques.
- La recherche des principes de domestication en milieu tropical et la recherche d'amélioration maximisant la production avec un risque évalué des aléas rencontrés dans le pays.

L'activité du laboratoire est orienté vers les plantes d'intérêt économique (café, riz, mil...).

Les méthodes d'études comportent 4 étapes :

- La prospection aboutissant à la collection.
- L'évaluation selon la méthode d'électrophorèse.
- L'amélioration des espèces basée sur l'hybridation.
- La sélection.

H. LE LABORATOIRE DE PEDOLOGIE

Comme la Côte d'Ivoire est un pays à vocation agricole, pastorale et forestière, la connaissance parfaite de nos terres s'avère impérative. C'est dans ce sens que travaille le laboratoire de Pédologie.

1. Faire l'inventaire et la cartographie des sols afin d'établir les potentialités agronomiques.
2. Suivre l'évolution des sols sous culture.
3. Etudier l'évolution des sols sous l'influence des facteurs naturels et aussi la relation sol-eau.

I. LE LABORATOIRE DE PHYTOPATHOLOGIE

Ce laboratoire étudie les maladies cryptogamiques des plantes tropicales.

Son travail consiste à répertorier les maladies des plantes, à décrire les symptômes de ces maladies, à les identifier et trouver des moyens pour les combattre afin de lutter contre eux (génétique, agronomique, biologique, chimique).

L'étude de ces maladies nécessite une interaction entre la plante et le parasite.

Le programme du laboratoire se divise en trois volets :

- Répertorier les maladies des plantes maraichères et trouver un remède pour enrayer ces maladies.
- Répertorier les maladies des plantes légumineuses.
- Etude des interactions des parasites entre les hévéas et les agents de pourridiés.

J. LE LABORATOIRE D'HYDROLOGIE

J'ai consacré la deuxième partie du programme à l'hydrologie car c'est dans ce laboratoire que j'ai effectué mon stage.

DEUXIEME PARTIE

INITIATION À L'HYDROLOGIE ANALYTIQUE SUR UN BASSIN VERSANT

I. GENERALITES

I.1. But du service hydrologique

Les activités du service hydrologique consistent par définition en l'étude des eaux de surface sous toutes ses formes, ses propriétés physiques, chimiques, et son impact dans l'environnement.

Dans un premier temps, l'hydrologue cherche à déterminer les évènements de fréquence rare (crues, étiages).

Pour citer des exemples qui pourront illustrer mes propos, je dirai que dans l'aménagement d'un barrage ou d'une voie ferrée, il faut absolument prévoir la crue de fréquence rare. C'est dans cette optique que les hydrologues font des mesures de longue durée afin d'établir une loi statistique relative à la rivière étudiée.

Si l'on s'en tient à la Côte d'Ivoire, on s'aperçoit que le réseau hydrométrique est important. Il existe 97 stations hydrométriques en Côte d'Ivoire munies d'échelle de lecture qui permettent de mesurer les variations du plan d'eau tous les jours. Il y a aussi des limnigraphes installés dans ces stations.

I.2. Le cycle de l'eau

L'eau est un minéral fluide qui s'écoule et se renouvelle. Sous l'effet des radiations solaires (source d'énergie) qui frappent sur les étendues d'eau de mer, de rivières, de fleuves et des continents, il se passe une évaporation de l'eau sous forme de vapeur d'eau. Puis il se passe un transfert de vapeur d'eau sous forme de nuage sous la poussée des vents. Ensuite il y a une condensation des nuages et enfin, lorsque ces nuages retombent sous forme de pluie cette eau qui tombe, ruisselle et puis retourne aux masses d'eaux continentales et océaniques dont elles sont issues à la suite d'un écoulement et d'une infiltration d'eau de pluie.

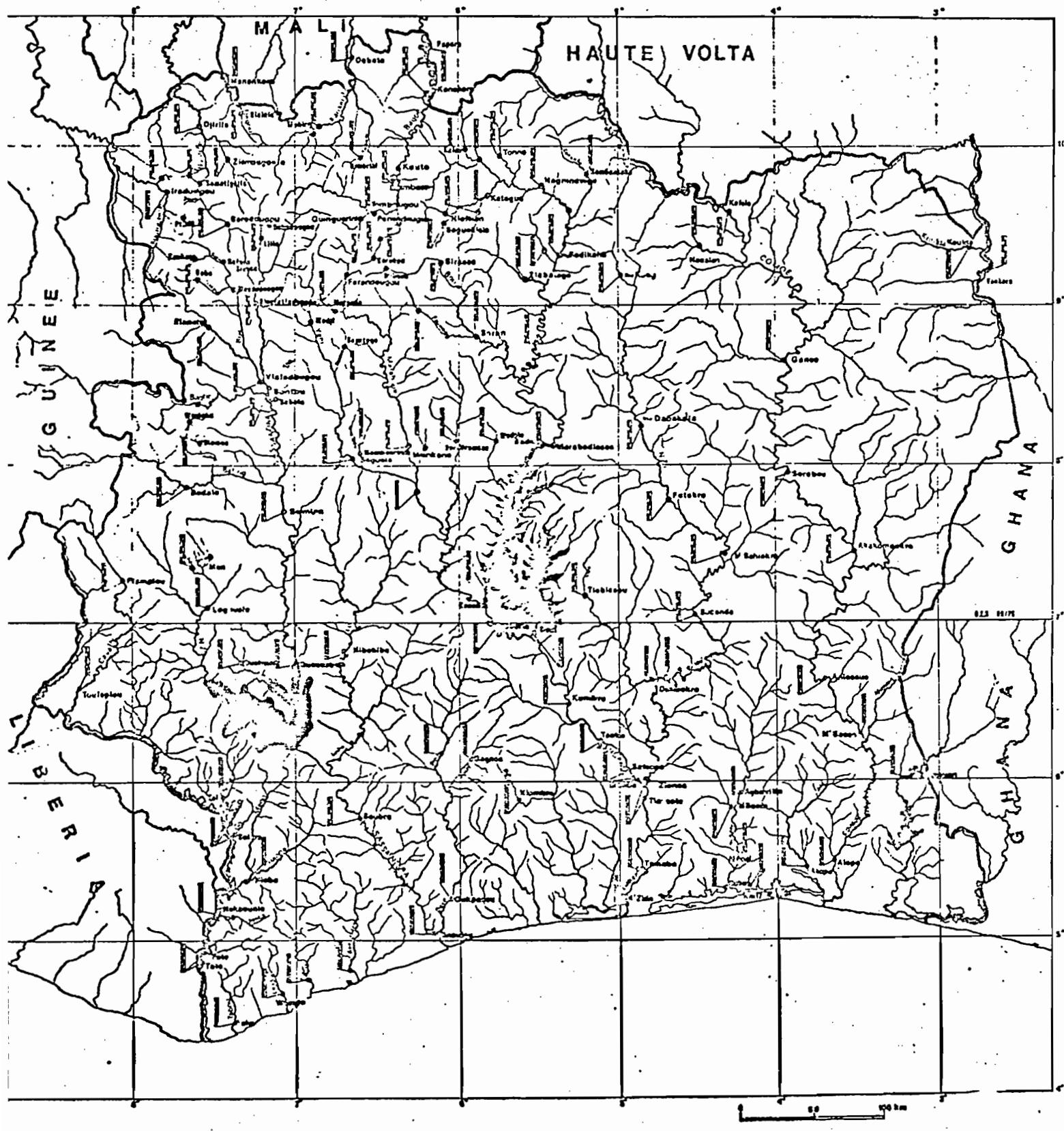
C'est en admettant la notion de cycle de l'eau, que l'on pourra expliquer les valeurs des précipitations observées sur le globe.

I.3. Répartition des eaux sur le globe

Les océans ont un volume de 10^9 km^3 pour une couche d'eau de 2500 m d'épaisseur.

Les eaux de surface continentales ont un volume de 310^5 km^3 pour une couche de 0,75 m d'épaisseur.

STATIONS HYDROMETRIQUES DE COTE D'IVOIRE



Les eaux souterraines ont un volume de $8 \cdot 10^7 \text{ km}^3$ pour une couche de 200 m d'épaisseur.

La glace a un volume de $3 \cdot 10^7 \text{ km}^3$ pour une couche de 75 m d'épaisseur.

Ces chiffres sont discutables mais tout simplement donnent une idée sur l'ordre de grandeur.

Ces chiffres nous indiquent que la répartition des eaux sur le globe est loin d'être homogène dans l'espace et dans le temps.

I.4. Equation générale du bilan

Les précipitations constituent le terme de base de tout bilan hydrologique d'un bassin versant.

$$P = E + R + I$$

P = pluie

E = évaporation

I = infiltration

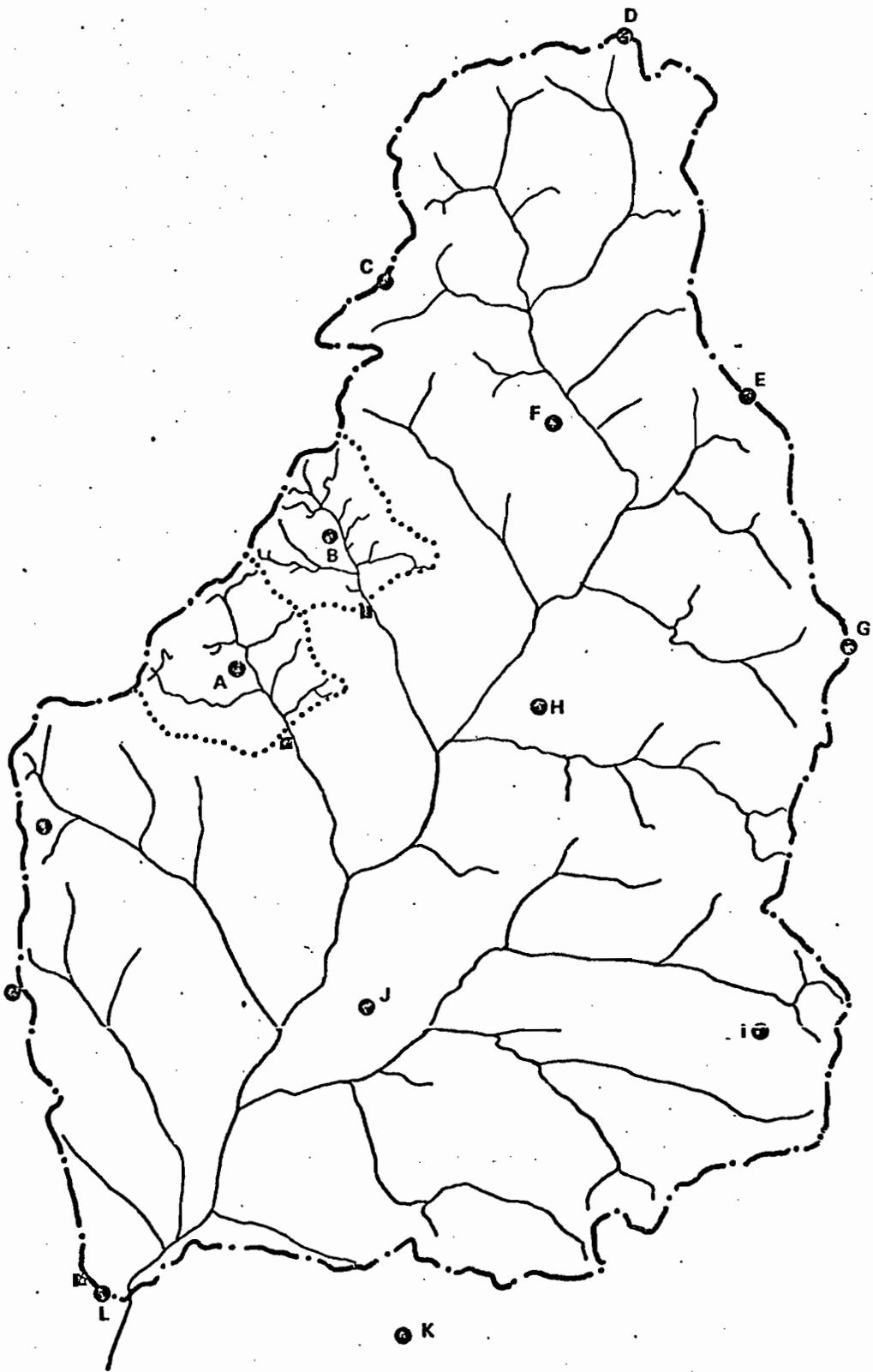
R = écoulement

I.5. Caractéristiques d'un bassin versant

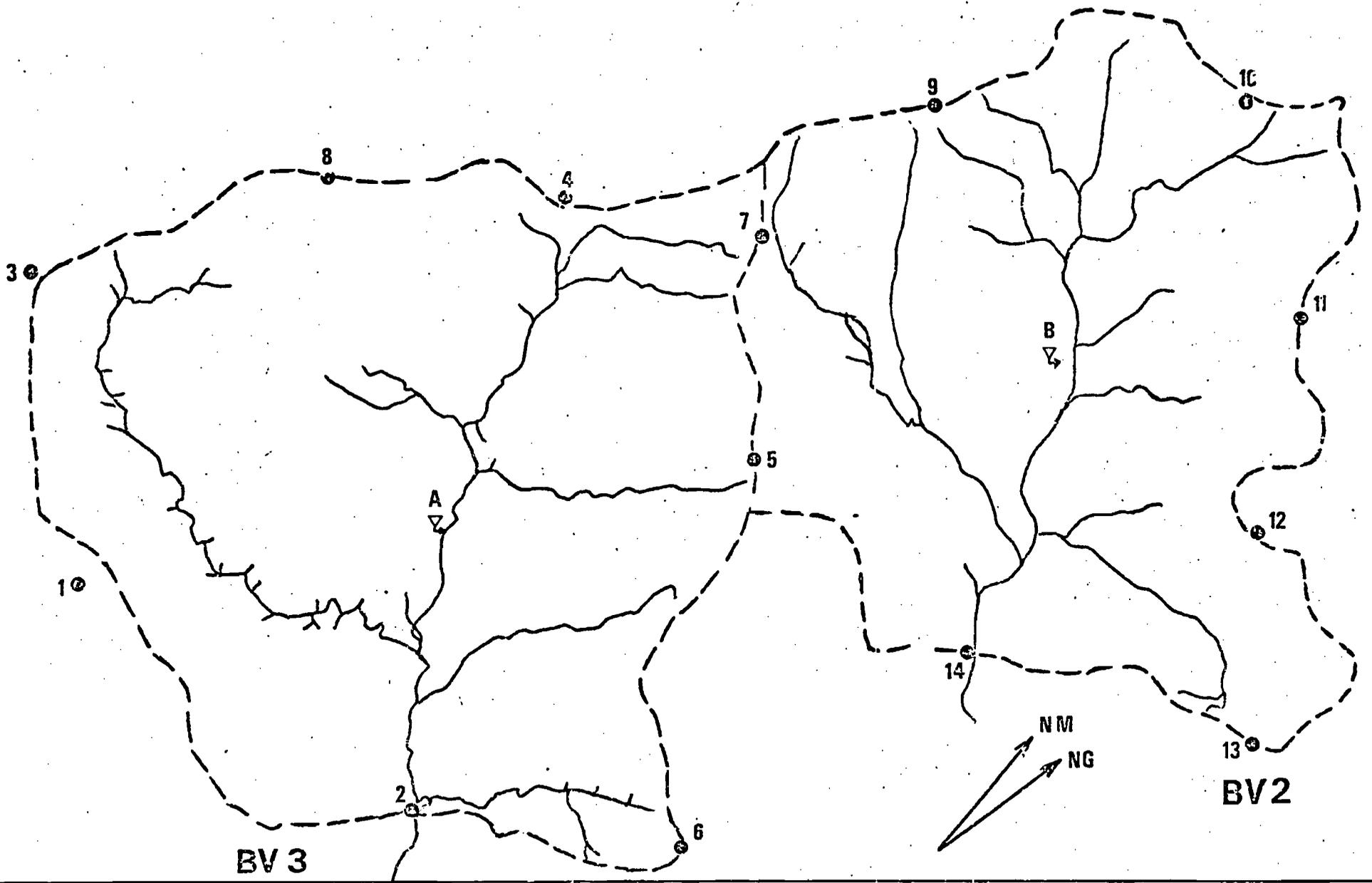
Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme une surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents de telle sorte que tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doivent traverser la section considérée pour poursuivre son trajet vers l'aval.

Le bassin versant fonctionne comme un collecteur qui recueille les pluies et les transforme en écoulement à l'exutoire. Les bassins versants sont le plus souvent influencés par différents facteurs soit climatiques, soit topographiques ou reliefs, soit géologiques (nature des roches, la structure de la région) soit pédologique (terrains perméables et imperméables) qui joueront un rôle déterminant quant au fonctionnement des bassins versants.

Pour en revenir à Taï, le laboratoire d'Hydrologie du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé a installé en 1977 un dispositif de bassins versants représentatifs et expérimentaux destinés à mesurer les effets des transformations de l'écosystème sur les phénomènes d'écoulement et d'érosion. Il existe à cet effet, un grand bassin de 40 km^2 avec deux petits bassins versants annexes dénommés bassin versant n° 2 (BV 2) d'une superficie de $1,2 \text{ km}^2$ et BV3 d'une superficie de $1,4 \text{ km}^2$ et BV1 d'une superficie de $37,5 \text{ km}^2$ qui représente le plus grand bassin.



Imp 3 S.C. Action



BV 3

BV 2

NM
NG

II. PRECIPITATIONS

Dans ce chapitre, je ne reviendrais pas sur la notion de précipitation qui a été décrite dans le chapitre du cycle de l'eau. Je m'attarderai par contre sur les méthodes de mesure et les appareils de mesure qui ont été l'objet de mon stage (tournée de Taï). Il est bien évident que tous les résultats et les interprétations que seront mentionnés dans ce présent rapport sont relatifs aux bassins versants de Taï.

II.1. Mesures de précipitations

La mesure des précipitations consiste à répartir les valeurs observées à différents postes pluviométriques pour déterminer la lame d'eau moyenne correspondant à une averse.

II.1.1. Le pluviomètre association

Il se compose d'un seau en zinc qui recueille la pluie, d'un entonnoir garni d'un tamis à l'intérieur, et d'une bague supérieure en biseau dont le diamètre est de 400 cm².

L'installation se fait sur une zone bien dégagée de tout autre objet pouvant constituer un obstacle (arbre maison). La bague se situe à une hauteur normalisée de 1,50 m de sol.

II.1.2. Le pluviomètre totalisateur

Il n'est autre qu'un pluviomètre qui est soumis aux études de relevés dont la périodicité est variable. Pour cela, on pourra seulement augmenter la capacité du seau réservoir et empêcher l'évaporation de l'eau du seau par une fine pellicule d'huile qui surnage l'eau.

II.1.3. Pluviographe à Augets basculeurs

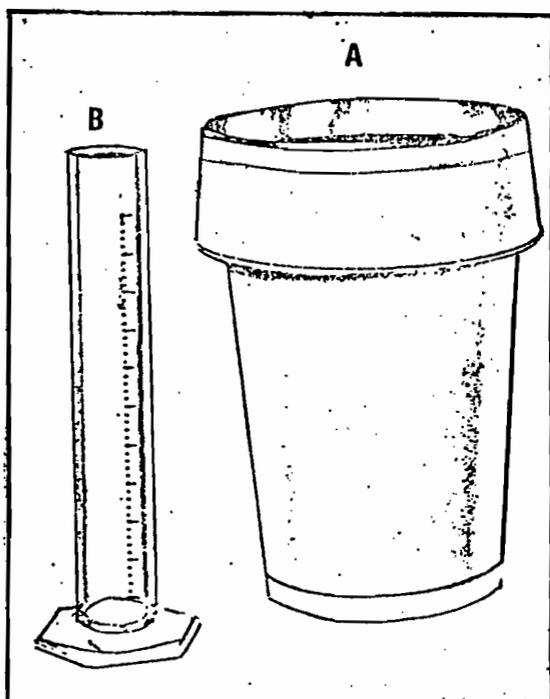
Principe

L'eau recueillie à l'intérieur d'une bague pluviométrique est canalisée et se déverse dans un auget à bascules. Celui-ci d'après sa constitution, est fait de telle sorte qu'il peut basculer brusquement lorsqu'il contient une quantité d'eau équivalente à 20 grammes correspondant à 0,5 mm de pluie. Après, celui-ci cède la place à un autre auget identique tandis que l'autre se met en position de vidange.

Les deux augets sont assemblés et montés sur un pivot si bien que chaque basculement dans un sens ou dans l'autre, agit sur un balancier denté qui fait avancer d'une dent.

Un système formé par un engrenage, une lame et des leviers, transmet le mouvement à un stylet inscripteur se déplaçant devant un cylindre à axe vertical effectuant une rotation en une semaine ou en 24 heures.

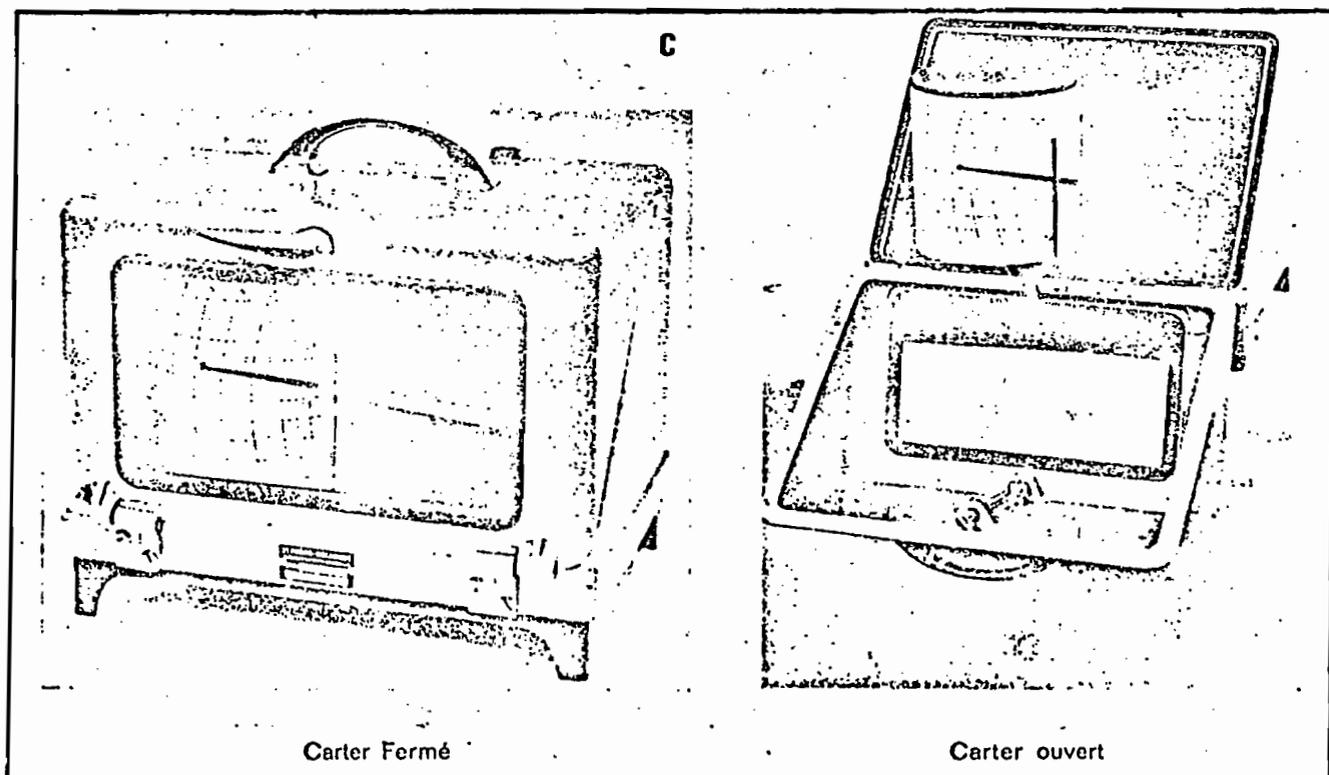
Fig 4



A Pluviometre
B Eprouvette

C Pluviographe

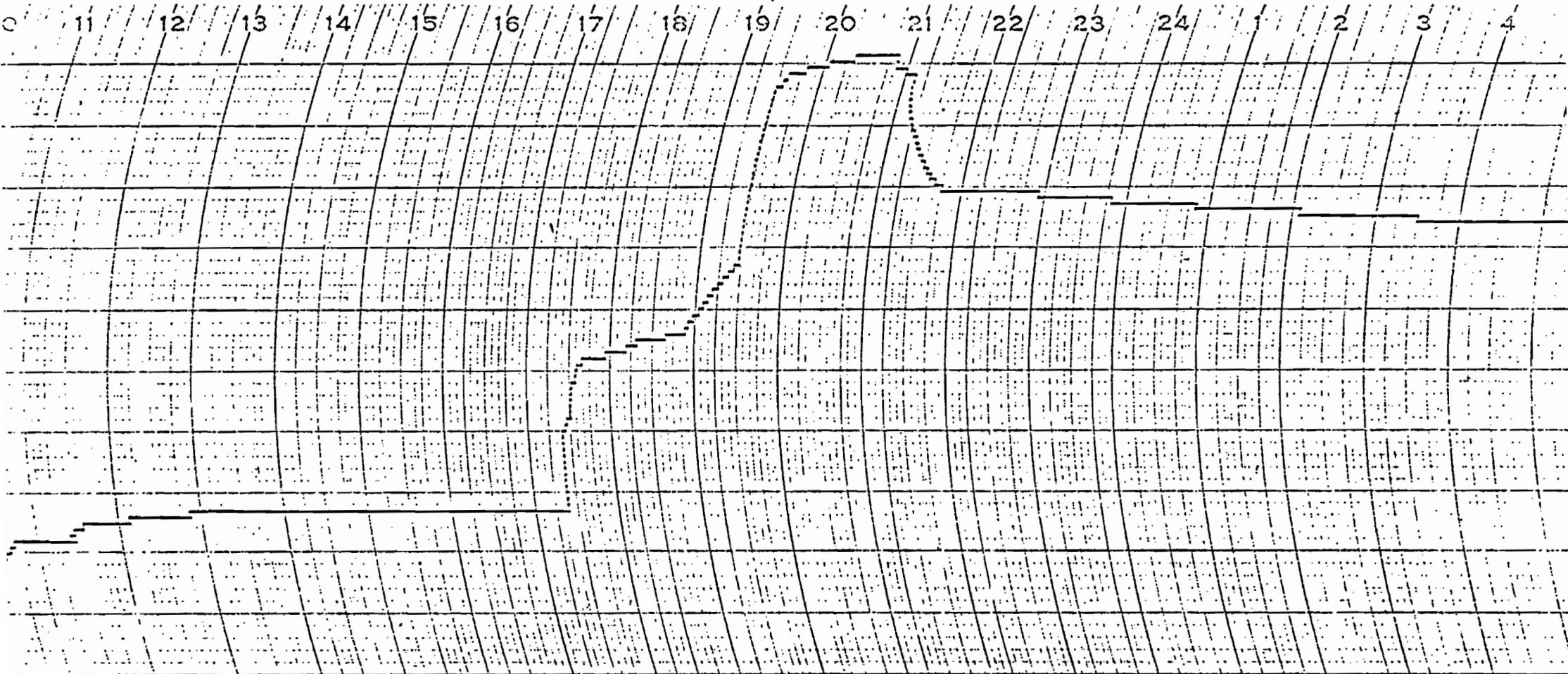
Fig 5



Carter Fermé

Carter ouvert

PLUVIOGRAPHE A AUGETS BASCULEURS - MODELE M.N.



UN TRAIT FINE tous les millimetres de pluie - BAGUE 2.000 cm² - UN TRAIT FORT tous les millimetres de pluie.

Pour obtenir le T.U. ajouter, retrancher

II.1.4. Résultats pluviométriques

Pluie du 04.08.82 au 05.08.82

Bassin N° 3

Postes	Heure	Pluie (mm)
A	8 h 40'	3,9
1	7 h 53'	4,3
2	7 h 38'	3,8
3	8 h 07'	3,6
4	8 h 56'	3,8
5	9 h 15'	2,8
6	9 h 35'	2,6
7	9 h 07'	2,9
8	8 h 23'	4,2

Ces résultats viennent une fois de plus corroborer les arguments sur la répartition non homogène des pluies sur le bassin, et des eaux sur le globe.

II.2. Détermination de la pluviométrie moyenne

Cette détermination repose sur l'hypothèse que la pluie ponctuelle observée à une station est représentative de celle observée dans une zone plus ou moins étendue autour de la station

En Hydrologie, il est important de connaître la lame d'eau laquelle permettra de calculer le volume d'eau reçu par un bassin au cours d'une averse, du mois ou de l'année.

Ainsi, lorsqu'on fera des bilans hydriques, on pourra déterminer facilement le volume d'eau écoulé.

Il y a deux méthodes importantes qui s'offrent à l'hydrologue :

- la méthode arithmétique
- elle se révèle la plus simple et par voie de conséquence la moins précise

soient Pa, Pb, Pc ... Pn les pluies enregistrées et A, B, C... N les postes pluviométriques correspondants

$$P_m = \frac{P_a + P_b + P_c + \dots + P_n}{n}$$

n = nombre de postes pluviométriques

II.2.1. La méthode de THIESSEN

Dans ce cas, on admet que les relevés de chaque poste pluviométrique du bassin n° 1 de Taï représentent la précipitation moyenne sur une fraction du bassin délimité de la façon suivante ; on joint deux postes pluviométriques consécutifs par un segment de droite. On élève une médiatrice à ce segment de droite. On effectue cette opération pour tous les segments de droite.

Fig 7

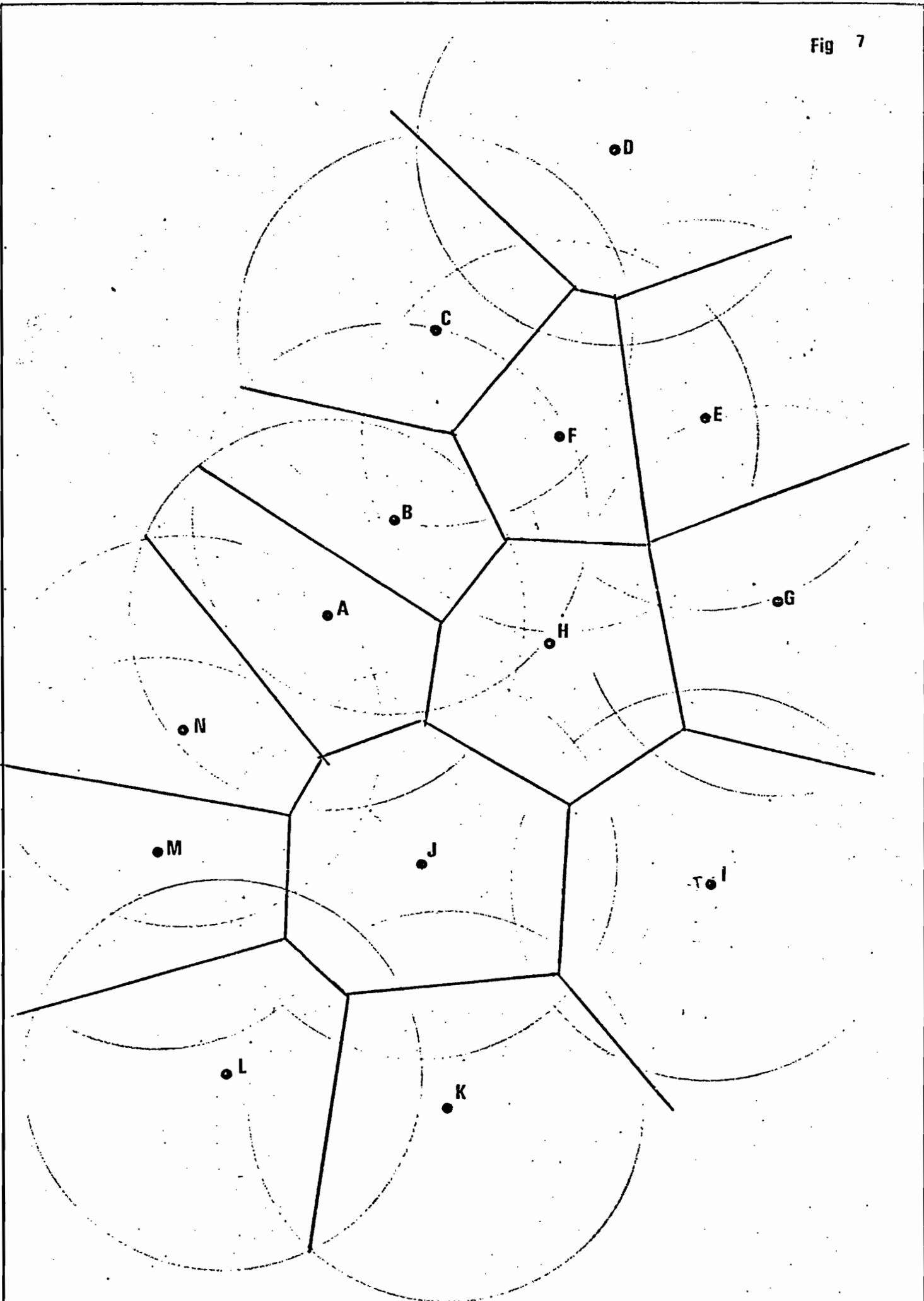
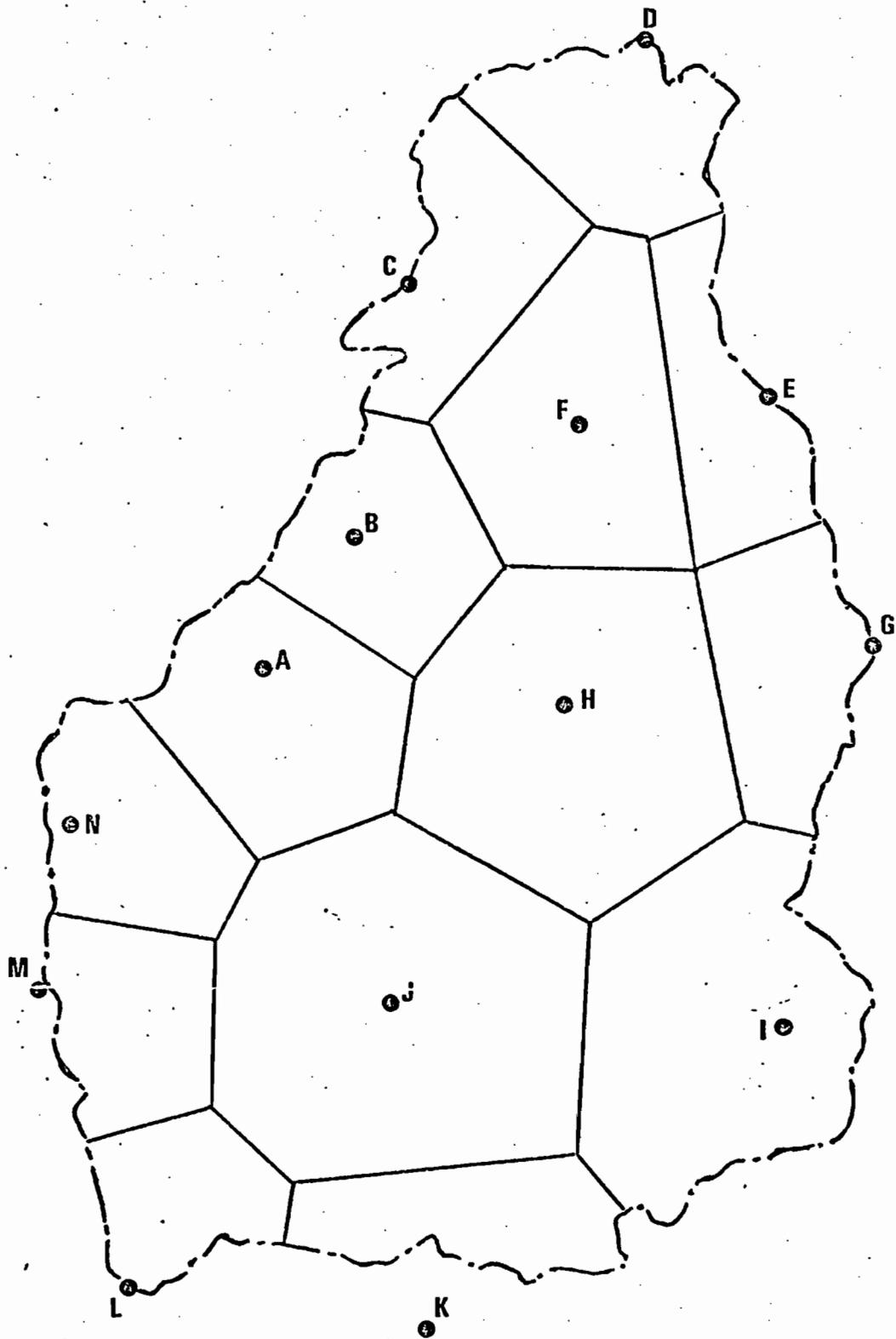


Fig 7-1



Les intersections des médiatrices déterminent les polygones et les côtés externes de ces polygones sont donnés par les limites externes du bassin.

Chacune de ces surfaces délimitées sont affectées d'une valeur de pluviométrie correspondant au pluviomètre représentatif de cette surface.

On planimètre la surface totale (ST), puis on planimètre les surfaces partielles (Si).

Les rapports $\frac{S_i}{S_T} \times 100$ sont les coefficients de THIESSEN.

Pour le bassin versant n° 1 (pluie du 08.09.80

Poste	Surfaces partielles	$\frac{S_i}{S_T} \times 100$	Pluviométrie	Produit P_i
A	8,6	7,8	98,2	765,9
B	8,4	5,5	105,1	578,05
C	7,6	5,8	110,0	638,0
D	6,2	4,7	100,0	470,0
E	6,3	3,8	95,0	361,0
F	9,6	8,7	116,0	1009,2
G	7,5	4,6	94,5	434,7
H	16,3	13,1	98,0	1283,8
I	13,9	11,6	69,0	800,4
J	20,1	16,0	81,5	1304,0
K	9,4	4,4	93,5	411,4
L	6,5	4,0	72,3	289,2
M	6,5	4,4	86,3	379,7
N	6,9	5,6	86,7	485,5

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{100} = 92,1 \text{ mm}$$

Par voie de conséquence, on pourra obtenir le volume de l'eau tombée sur le bassin par la formule :

$$V(m^3) = P_m (m) \times S_T (m^2)$$

V = volume

P_m = pluie moyenne

S_T = surface totale du bassin.

II.2.2. Méthode des isohyètes

Sur le bassin versant, on trace un réseau de courbes d'égale pluviométrie. On calcule la proportion du bassin versant comprise entre deux isohyètes par planimétrage.

Fig 8

ISOHYETE 20 08 1980

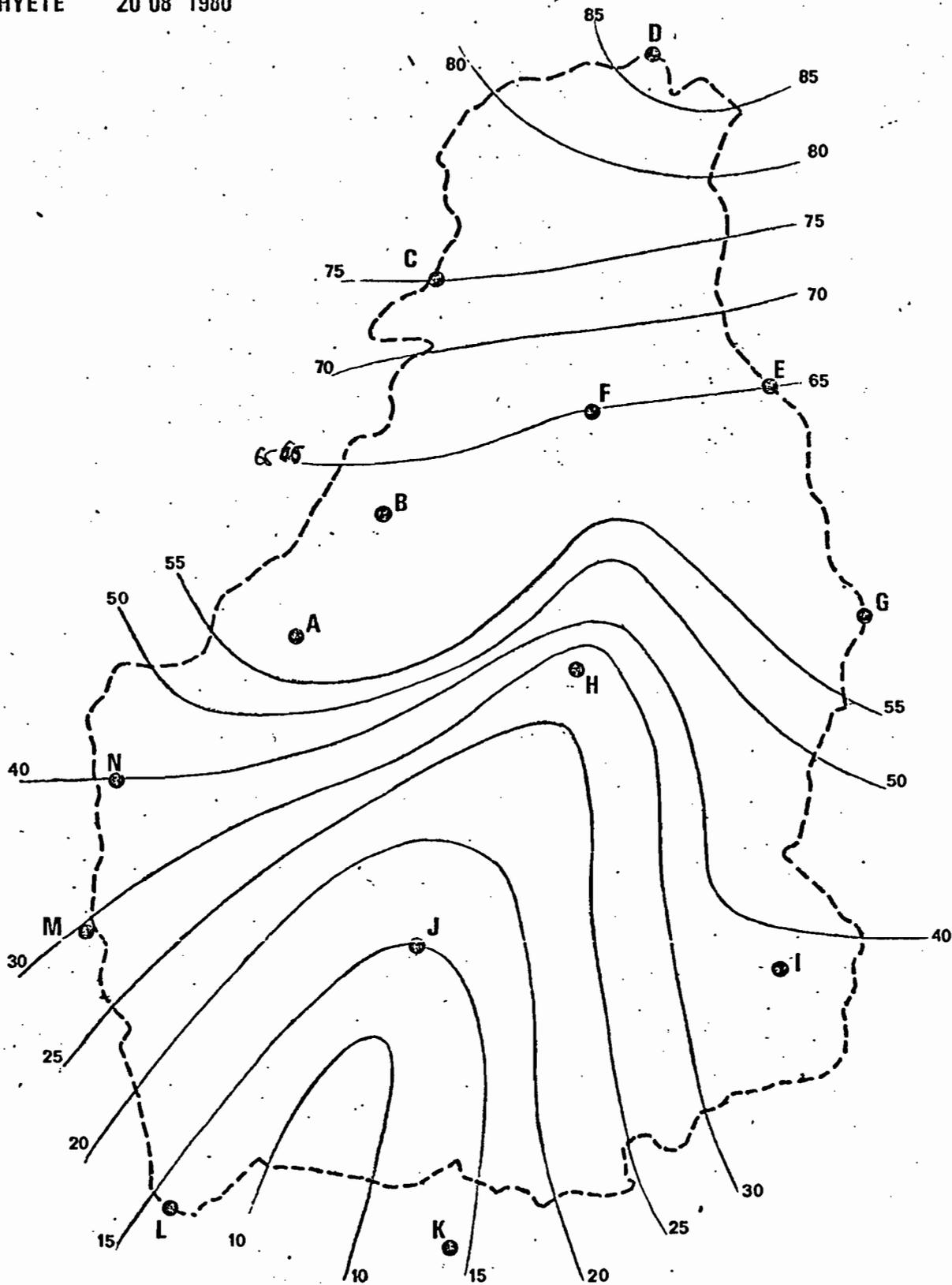


Fig 8-1

ISOHYETE

8.09.1980

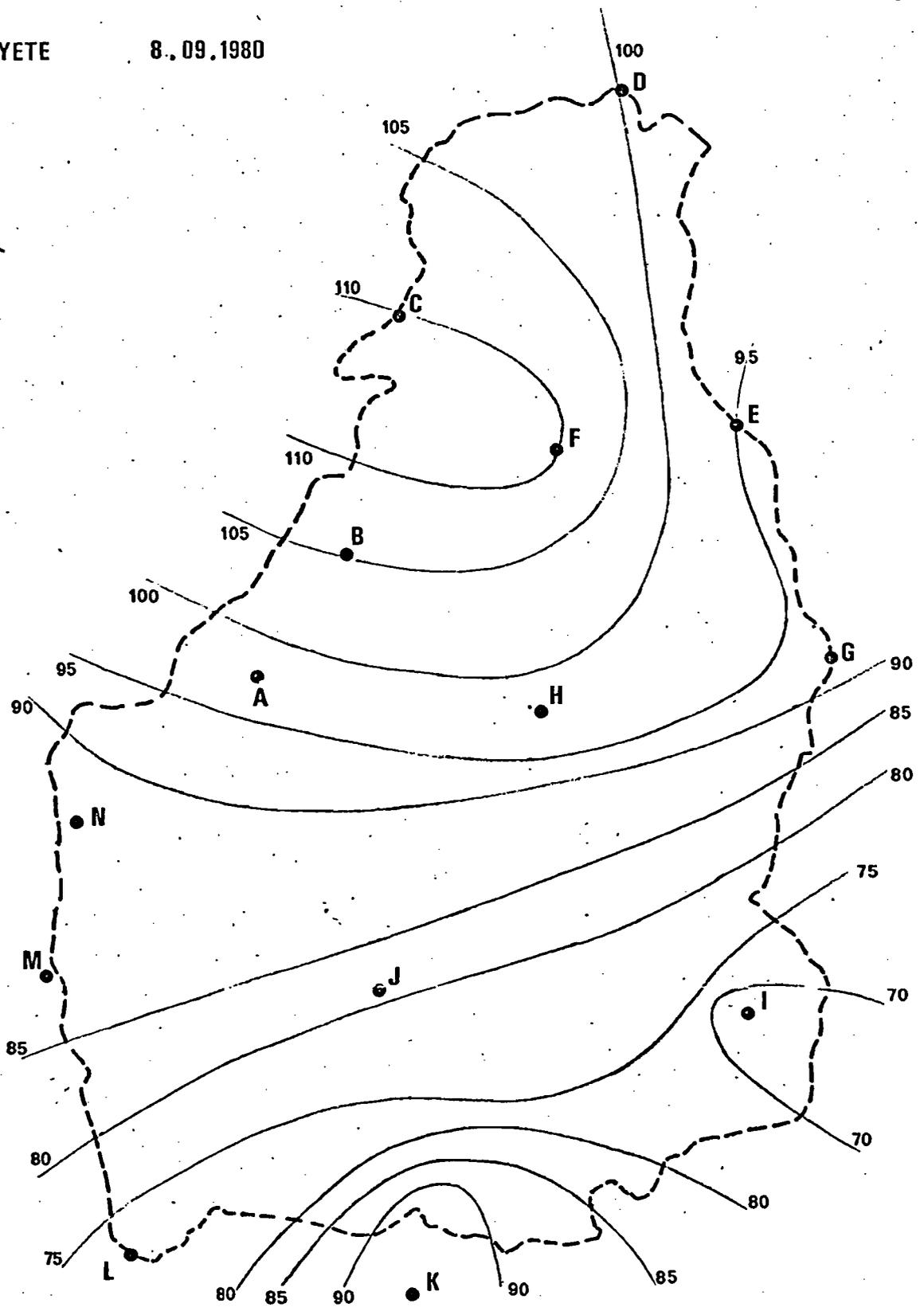
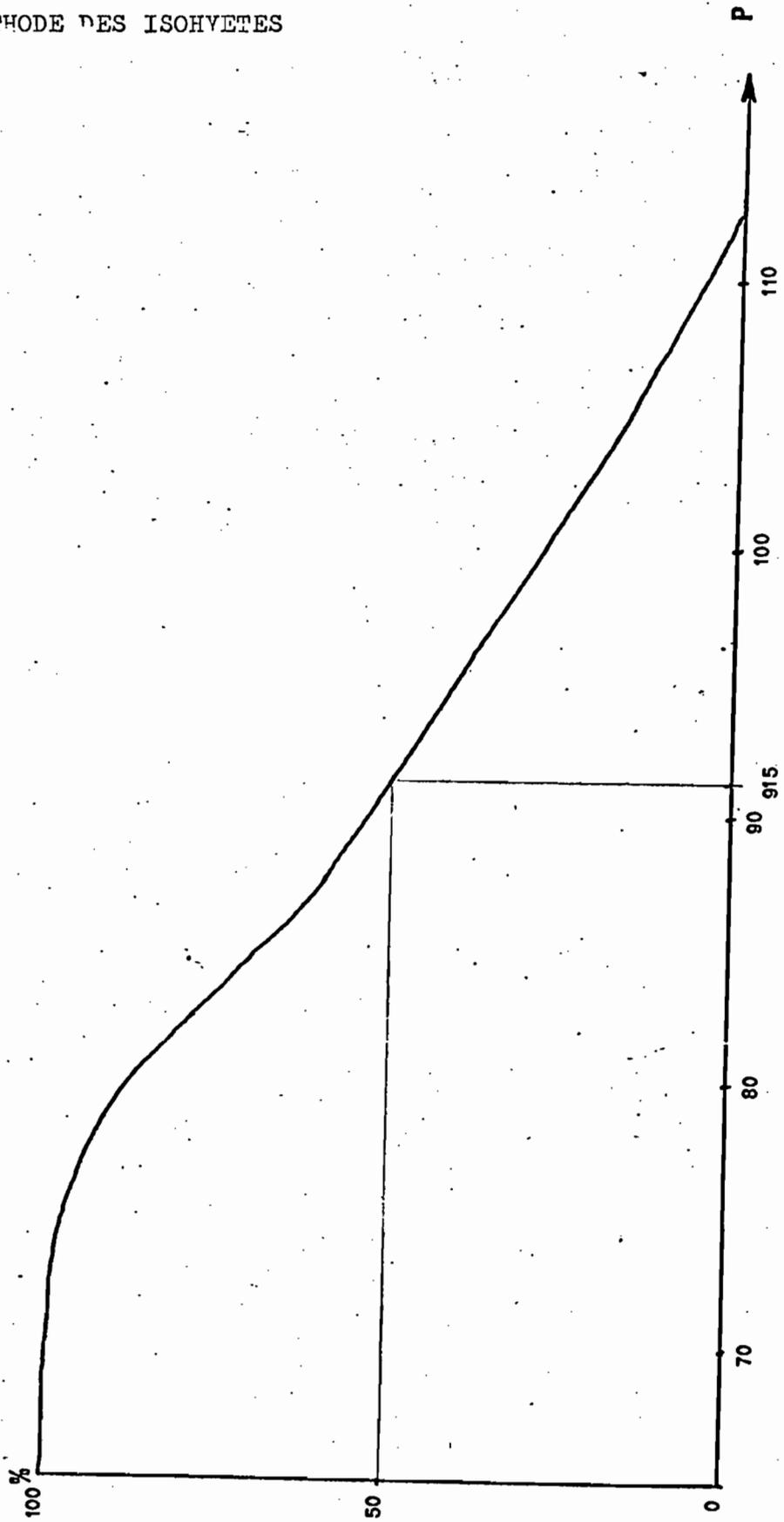


Fig 8-2

PLUVIOMETRIE MOYENNE
METHODE DES ISOHYETES



On a les valeurs suivantes pour la pluie du 08.09.80

Hauteur de pluie	Surface partielle	Pourcentage de surface	
	Si (cm ²)	totale	Si/Sr x 100
> 110	6,6	5,19	%
> 105	20,6	16,2	%
> 100	36,6	28,7	%
> 95	53,7	42,2	%
> 85	66,6	52,3	%
> 80	87,5	68,8	%
> 75	100,5	79	%
> 70	125,5	98	%
> 65	126,2	99,4	%

Traçons la courbe pourcentage de surface totale en fonction de la hauteur de pluie (hm).
On considère alors 50% de la surface totale, puis on trace une parallèle à l'axe des hauteurs de pluie. Ensuite, on projette le point d'intersection sur l'axe des abscisses (hm) et on détermine la valeur de la hauteur de pluie moyenne ou encore la pluviométrie moyenne.

Les deux méthodes ci-dessus donnent des résultats sensiblement égaux cela est dû au fait que les constructions sont bonnes et que les coefficients de Thiessen sont bien choisis.

III. ETUDE LIMNIMETRIQUE

Le débit d'un cours d'eau de même que la précipitation sont deux grandeurs mesurables lors d'un bilan hydrologique.

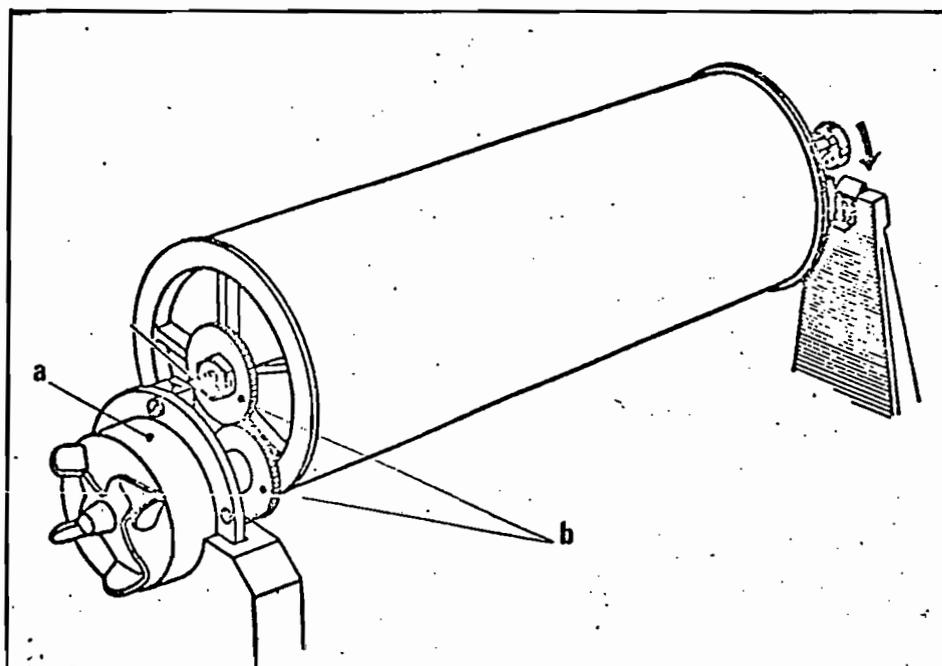
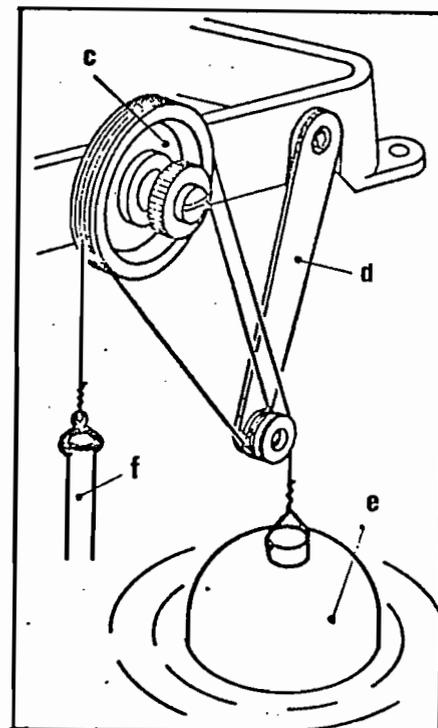
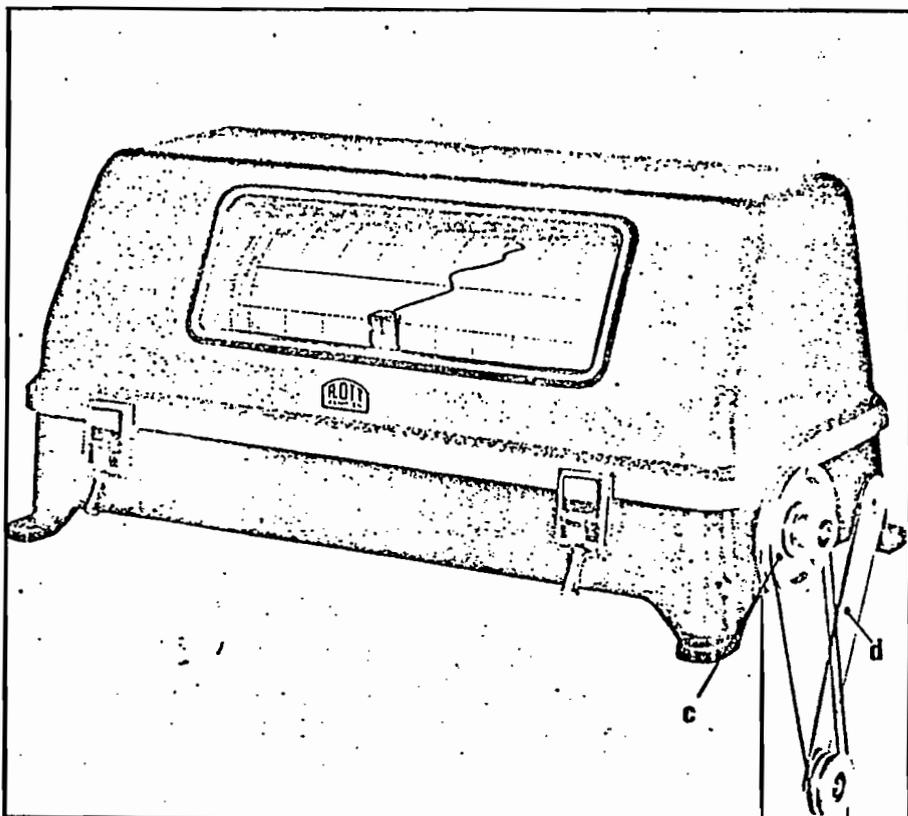
III.1. Echelle limnimétrique

C'est une règle en tôle graduée, puis installée dans l'eau (rivière) destinée à l'étude.

La base inférieure de la règle plonge dans l'eau, l'emplacement d'une échelle limnimétrique se fait en tenant compte de la voie d'accès à la rivière.

Dans le cas de la rivière d'Audrenisrou (Taï) on a choisi l'endroit de la rivière où on a un socle rocheux. Ce sont des critères de choix dont il faut tenir compte.

Lorsqu'on installe une échelle limnimétrique, il faut niveller son zéro par rapport à un repère fixe.



- a) Horlogerie
- b) Roues dentées, montées sur le tambour et l'horlogerie
(1 tour en 24 h, 32 h, hebdomadaire, mensuel)
- c) Roue à corde pour réduction des hauteurs à l'échelle 1/5 1/10
- d) Patte de centrage du flotteur
- e) Flotteur
- f) Contrepoids

III.2. Le limnigraphe

C'est un appareil qui mesure les variations du plan d'eau de manière continue.

Les limnigraphes installés sur le bassin versant de Taï sont de type à flotteur.

Il est constitué d'un organe transmetteur (flotteur, câble, poulie, contrepoids) et d'un organe enregistreur (fig. 9).

III.3. Mesure de débit

La méthode de jaugeage au moulinet constitue la méthode la plus courante de mesure de débit, surtout dans les pays en voie de développement.

A Taï, on pratique les jaugeages au moulinet.

III.4. Principe

La méthode de jaugeage au moulinet renseigne sur les vitesses dans une section de cours d'eau, sur le débit de la rivière (fig. 10) et donne aussi la forme du lit par l'intermédiaire de la section mouillée (SM).

A partir de la section du cours d'eau choisie, on détermine de la rive gauche à la rive droite, une série de verticales ($V_1, V_2 \dots V_n$) dans la largeur de la rivière.

Sur chaque verticale, on mesure des vitesses en des points bien espacés en allant du fond vers la surface. On mentionne que les vitesses du courant sont nulles au fond de la rivière.

L'emplacement d'une section de jaugeage ne se fait pas au hasard. Il faut choisir les endroits où les filets liquides sont parallèles entre eux, où les vitesses sont constantes dans le temps et surtout pour la même hauteur à l'échelle.

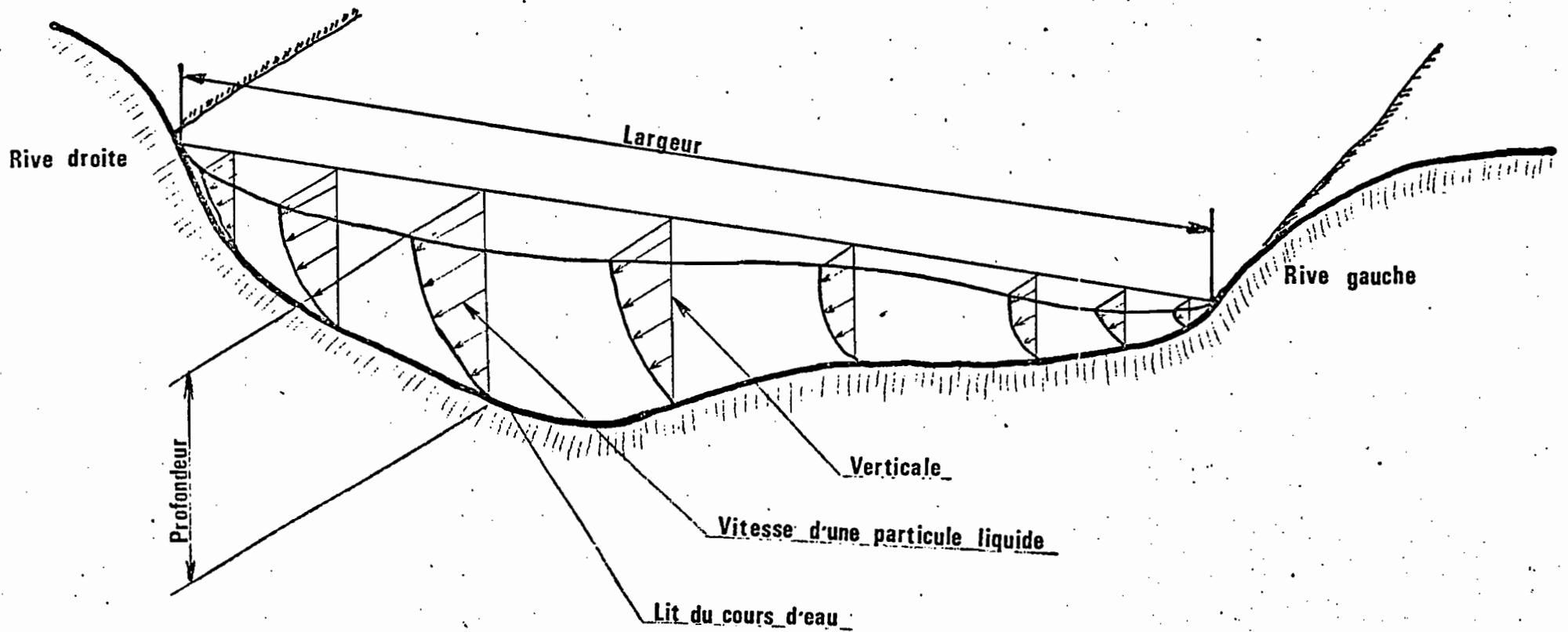
III.5. Dépouillement du jaugeage au moulinet

On fait les dépouillements par la méthode des paraboles. Tous les résultats de jaugeage sont mentionnés dans un tableau. voir graphiques associés.

Le Moulinet

Le moulinet se compose d'une tête mobile ou hélice qui détecte la vitesse du courant d'eau. Cette hélice transmet les indications à un compteur par l'intermédiaire d'un contacteur chargé de fermer le circuit électrique. Il existe un boîtier qui indique le nombre de tours (N) pendant un temps affiché (T), dans le cas de Taï, on a mis 25 secondes.

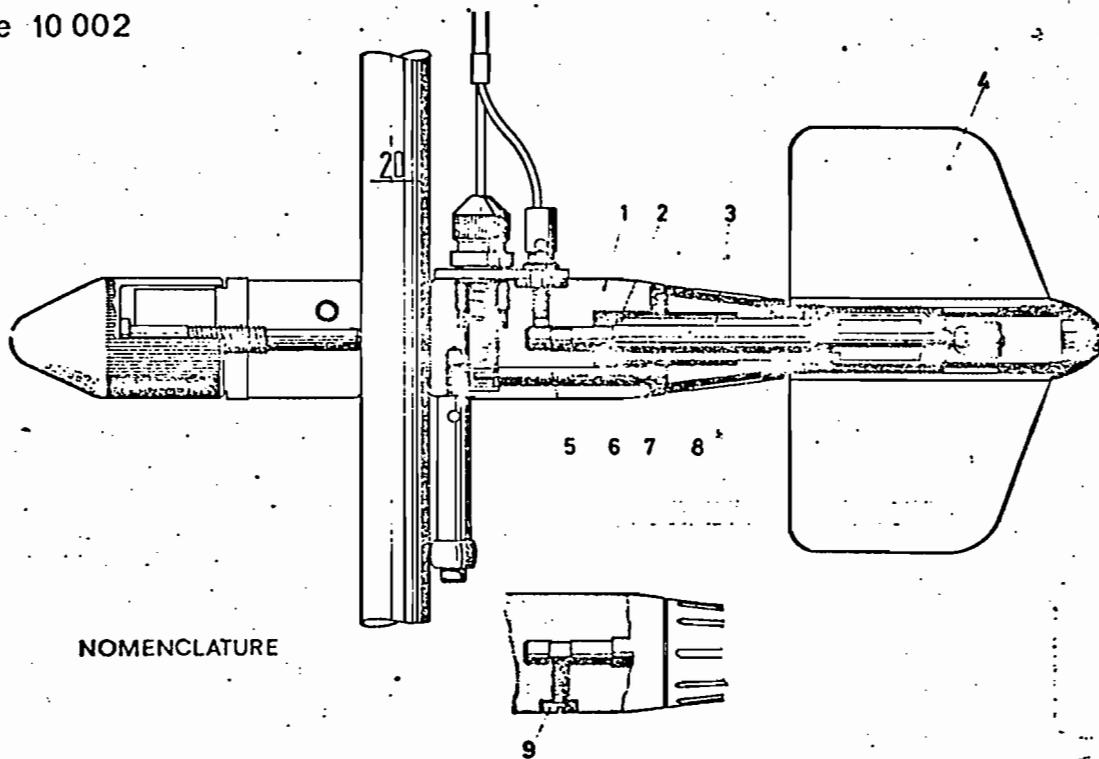
Chaque hélice est caractérisée par un numéro particulier avec une formule étalon de la forme $V = an + b$ a et b sont des constantes déterminées par les constructeurs des appareils (fig. 11-12).



REPRESENTATION DU DEBIT

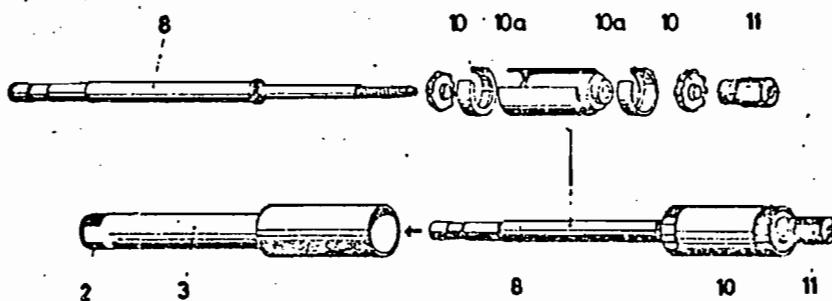
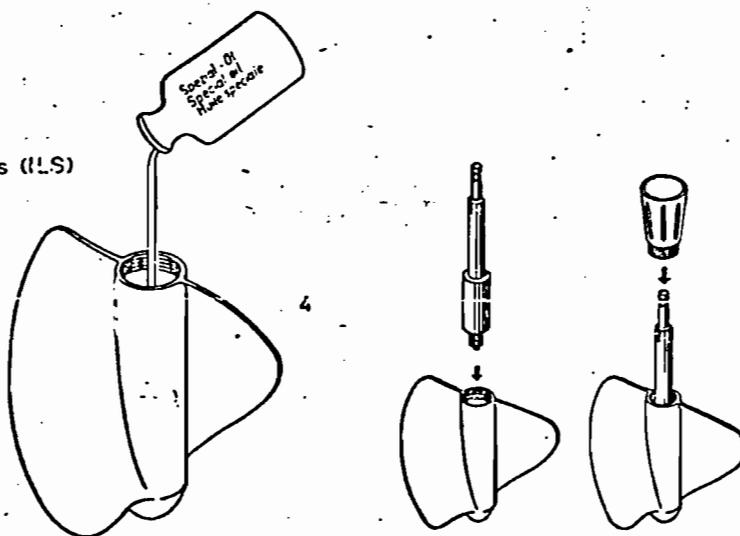
MOULINET OTT

C31 type 10 002

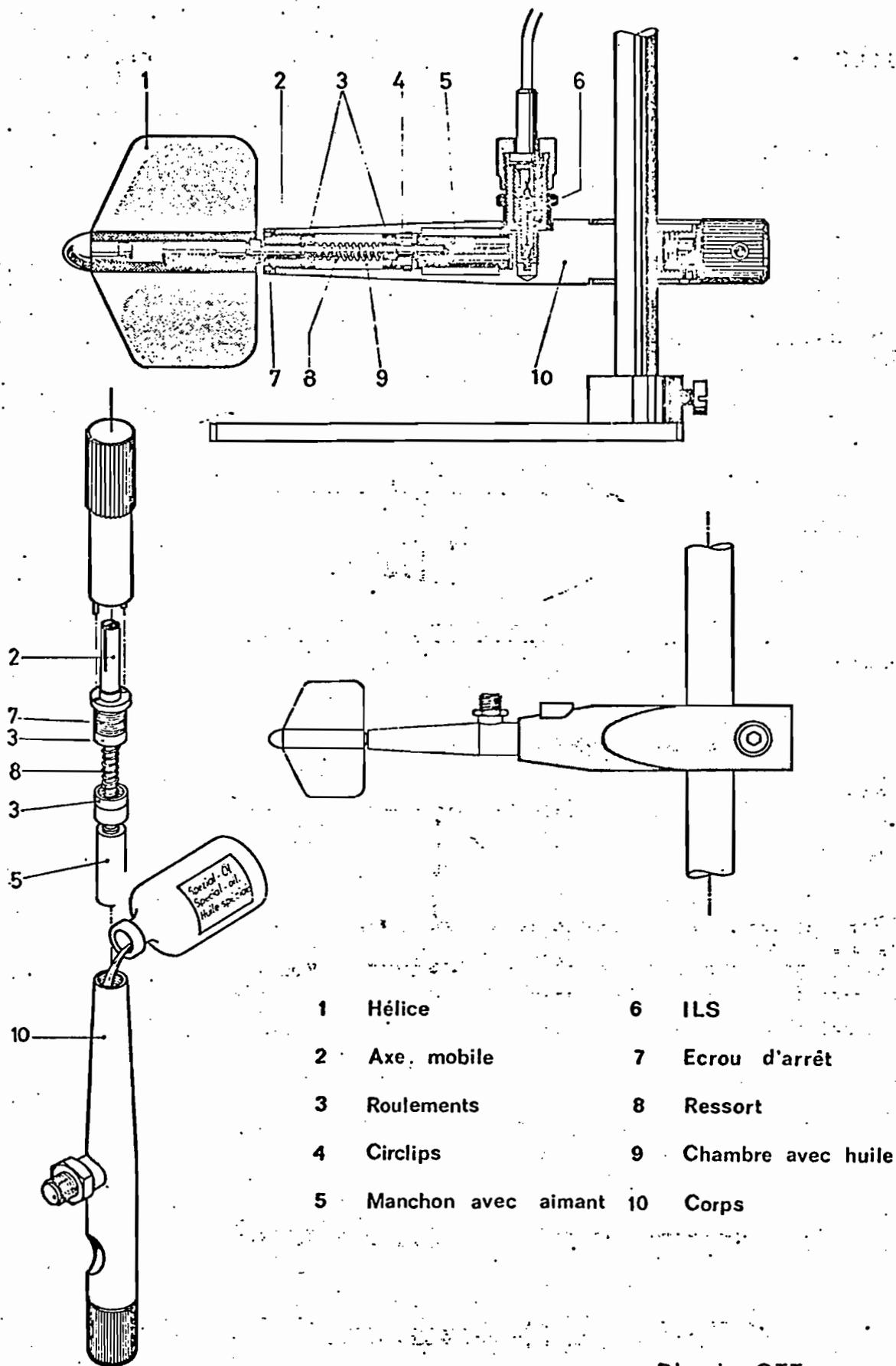


NOMENCLATURE

- 1. Corps du moulinet
- 2. Aimant de commande
- 3. Gaine d'axe
- 4. Hélice
- 5. Emetteur d'impulsions (I.S)
- 6. Joint torique
- 7. Bouchon fileté
- 8. Axe fixe
- 9. Vis de blocage
- 10. Roulements à bille
- 11. Ecrou



MOULINET OTT C2



D'après OTT

Rivière : Audrenisrou
 Station : BV1 Tai
 Observations : Côtes partant du fond

JAUGEAGE DU : 34/08/82
 Emplacement de la section : 20 m aval échelles
 Moulinet : 55 340 Hélice n° : 3/11460 Pas :
 Formule de tarage :
 Nature de la section : Rochers Heure :
 Opérateur : Yedmed / MAMIEUX.

N°
 Hauteurs
 D 0,42
 F 0,45

	Distances	Prof's	Prof' Moulinet	Angle cable	Prof' corrigées	N/tours	T/sec.	N/T	V m/sec	Observations
	0,15	RG								
V ₁	0,40	0,17	0,03		0,14	21	253	0,84	0,227	
			0,08		0,09	22	/	0,88	0,237	
			(s) 0,14		0,03	33	/	1,32	0,344	
V ₂	0,60	0,22	0,03		0,19	5	250	0,26	0,077	
			0,08		0,14	18	"	0,72	0,199	
			0,14		0,08	32	"	1,28	0,334	
			(s) 0,19		0,03	44	"	1,76	0,480	
V ₃	0,90	0,29	0,03		0,26	52	25	2,08	0,535	
			0,10		0,19	50	"	2,00	0,515	
			0,18		0,11	41	"	1,64	0,425	
			0,26		0,03	41	"	1,64	0,425	
V ₄	1,30	0,31	0,03		0,29	50	251	2,00	0,515	
			0,10		0,21	62	"	2,48	0,637	
			0,20		0,11	61	"	2,44	0,627	
			0,28		0,03	66	"	2,64	0,678	
V ₅	1,70	0,31	0,03		0,28	63	254	2,52	0,647	
			0,10		0,21	62	"	2,48	0,637	
			0,20		0,11	64	"	2,56	0,657	
			0,28		0,03	68/69	"	2,72	0,700	
V ₆	2,10	0,32	0,03		0,29	56	258	2,24	0,576	
			0,10		0,22	68	"	2,72	0,700	
			0,20		0,12	71	"	2,84	0,730	
			0,29		0,03	70	"	2,80	0,720	
V ₇	2,50	0,29	0,03		0,26	54	250	2,14	0,555	
			0,10		0,19	70	"	2,80	0,720	
			0,18		0,11	71	"	2,84	0,730	
			0,24		0,03	70	"	2,80	0,720	
V ₈	3,50	0,28	0,03		0,24	52	254	2,08	0,535	
			0,10		0,17	61	"	2,44	0,627	
			0,18		0,11	67	"	2,68	0,685	
			0,25		0,03	68	"	2,72	0,700	

Rivière : Audrenisrou

JAUGEAGE DU : 4/8/82

N°

Station : BV1 TAI

Emplacement de la section :

Moulinet : 54340 Hélice n° : 3/11440 Pas :

Hauteurs

Observations :

Formule de tarage :

Nature de la section :

Opérateur :

Heure { D 15h25
F 16h10

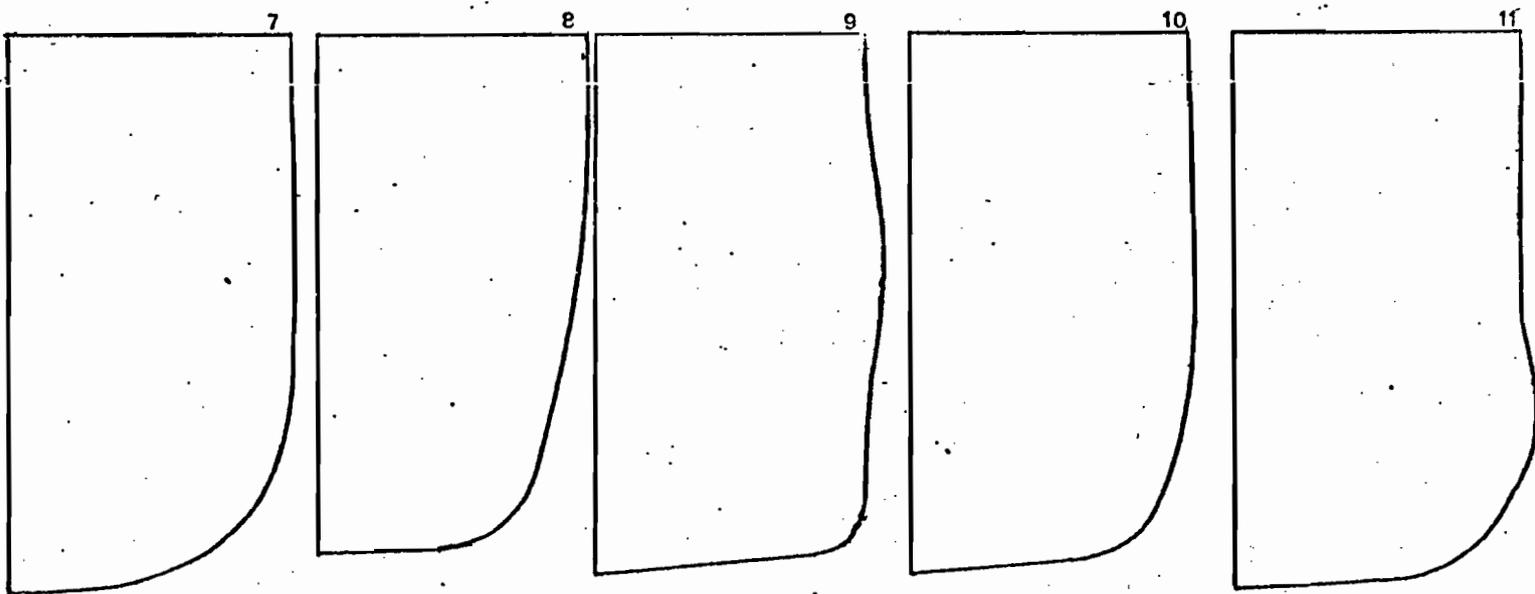
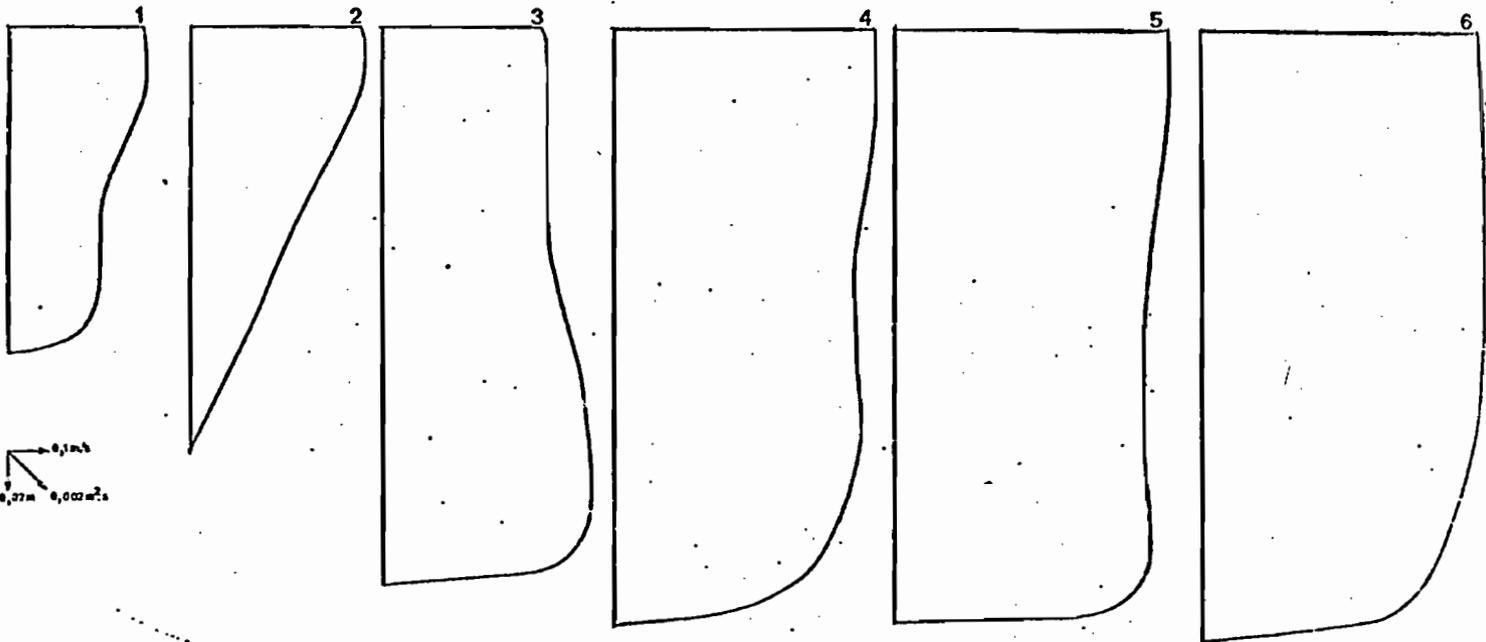
D 0,62

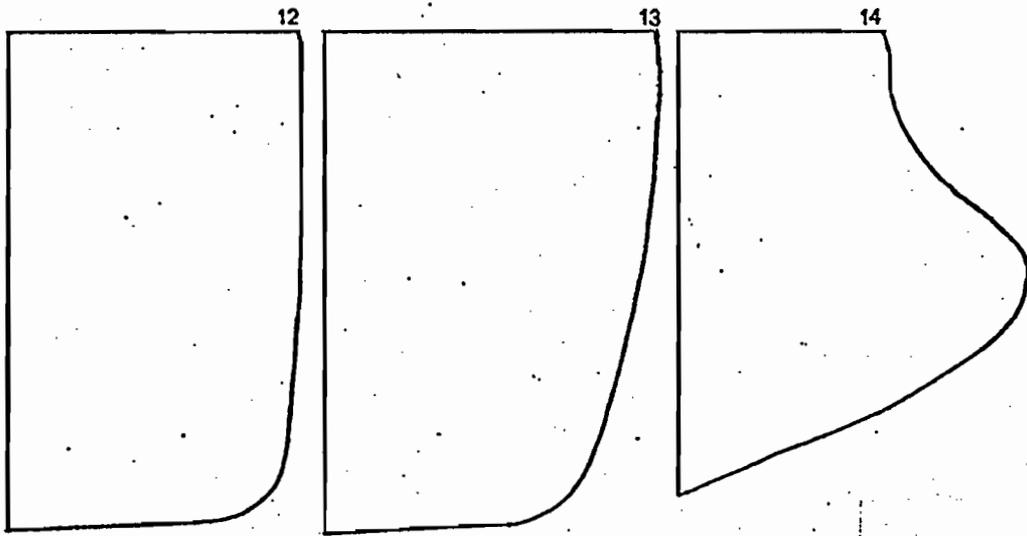
F 0,41

	Distances	Prof's	Prof ^o Moulinet	Angle cable	Prof ^o corrigées	N/tours	T/sec.	N/T	V m/sec	Observations
V ₉	3,90	0,18	0,03		0,25	61	25,4	2,44	0,677	
			0,10		0,18	70	"	2,80	0,720	
			0,18		0,10	71	"	2,84	0,730	
			0,25		0,03	70	"	2,80	0,720	
V ₁₀	4,30	0,29	0,03		0,26	65	25,4	2,60	0,668	
			0,10		0,19	75	"	3,00	0,720	
			0,18		0,11	71	"	2,84	0,730	
			0,26		0,03	73	"	2,96	0,750	
V ₁₁	4,60	0,26	0,03		0,23	68	25,4	2,72	0,700	
			0,13		0,10	73	"	2,92	0,750	
			0,23		0,03	75	"	3,00	0,770	
V ₁₂	4,90	0,26	0,03		0,23	66	25,4	2,64	0,675	
			0,13		0,13	77	"	3,16	0,812	
			0,23		0,03	84	"	3,36	0,863	
V ₁₃	5,10	0,24	0,03		0,21	34	25,4	1,36	0,354	
			0,12		0,12	87	"	3,48	0,893	
			0,21		0,03	53	"	2,12	0,545	
V ₁₄	5,30	0,25	R.D.							
		Hélice	Type	3 - 11 440						
			Formule	station						
					$n < 1,08$				$V = 0,235n + 0,030$	
					$n > 1,08$				$V = 0,2517n + 0,12$	
					$n < 2,08$					
					$n > 2,08$				$V = 0,2563n + 0,002$	

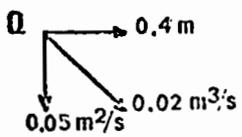
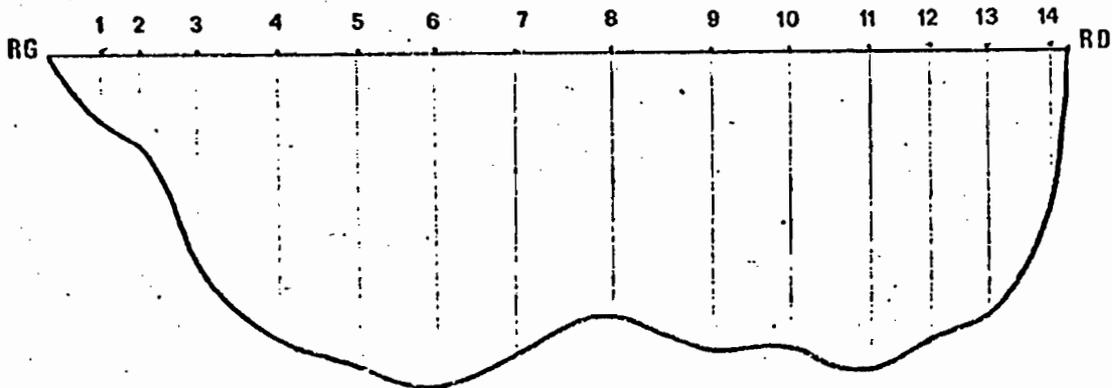
RIVIERE Audrénisrou
STATION B.V I

Date 04/08/1982
HE 0,42/0,415

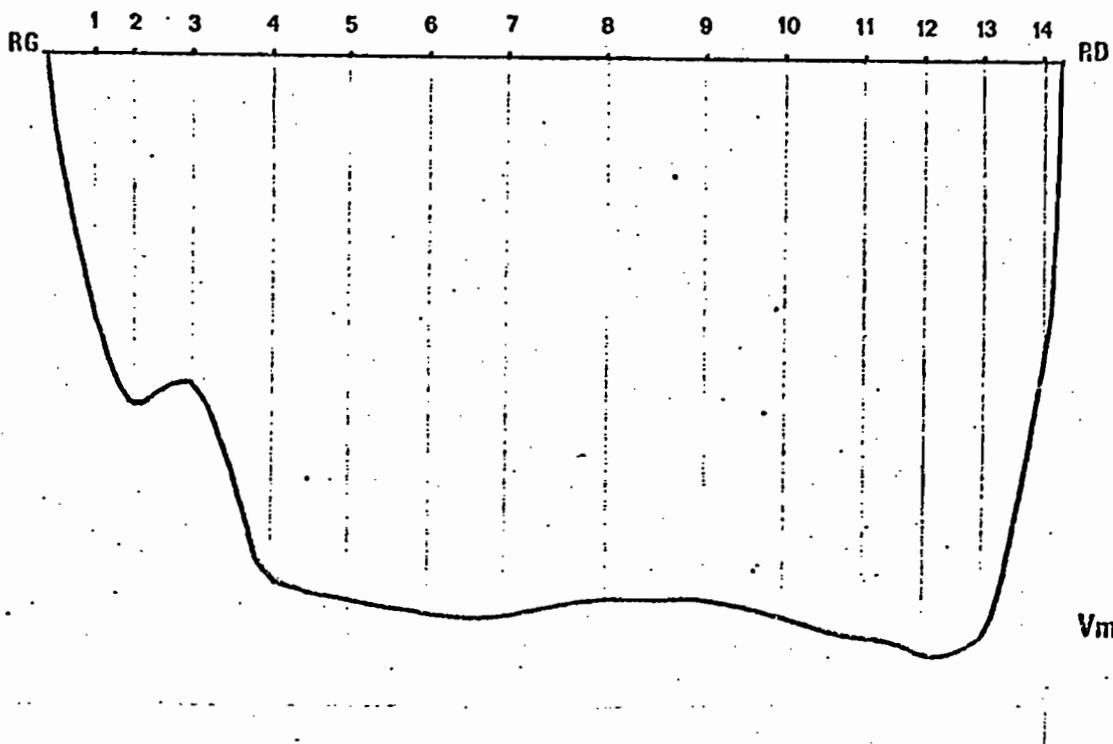




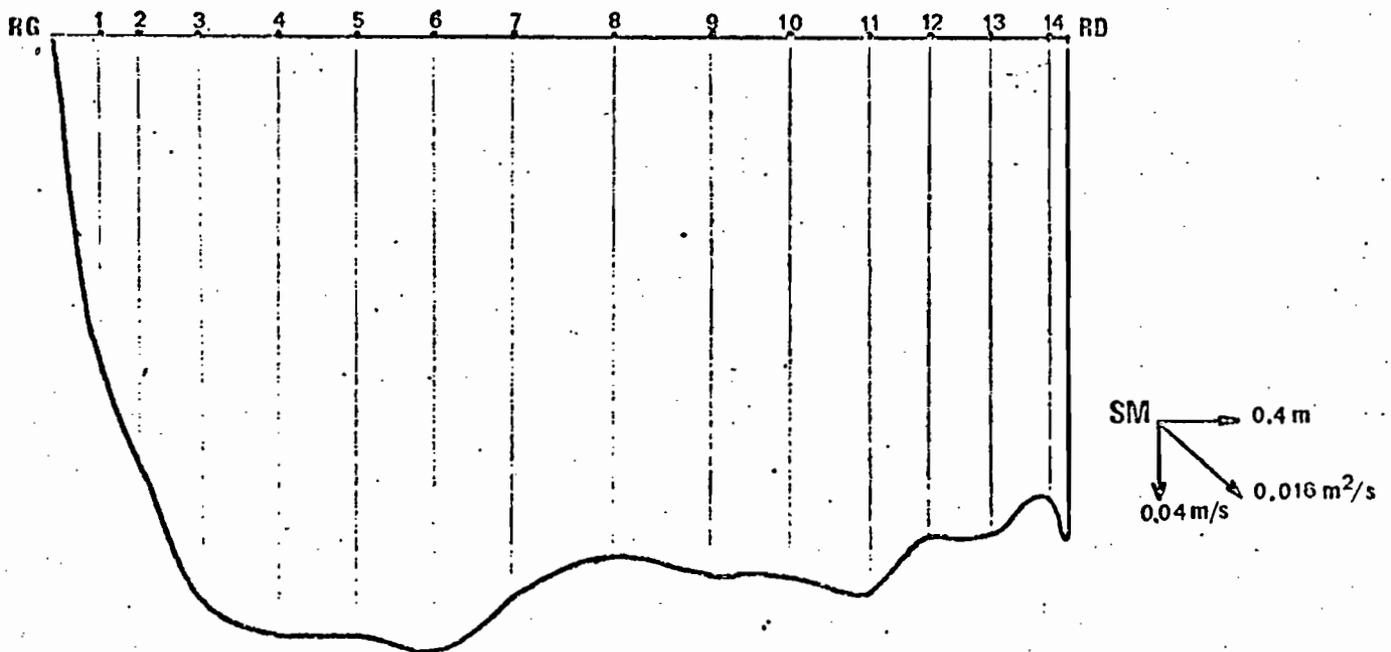
1	22.4	0.002	1.003	0.0449 m ² /s
2	28.8			0.0577
3	67.0			0.134
4	93.4			0.187
5	101.0			0.203
6	107.9			0.216
7	97.8			0.196
8	85.0			0.171
9	96.8			0.194
10	95.8			0.192
11	104.1			0.209
12	93.7			0.188
13	100.8		30°	0.174
14	74.9		45°	0.106



Vitesse moyenne de surface



Section mouillée



Rivière : TAI
 Station : TAI BU
 Observations : 4x 3cm.

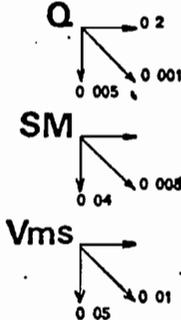
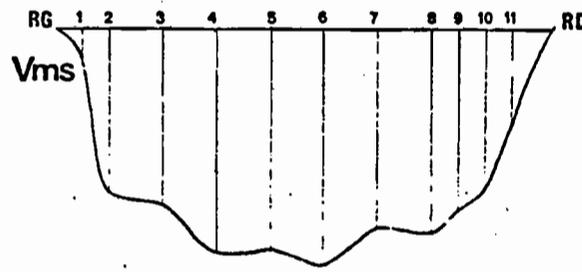
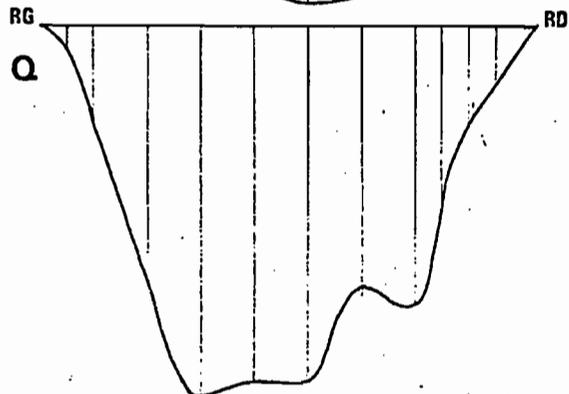
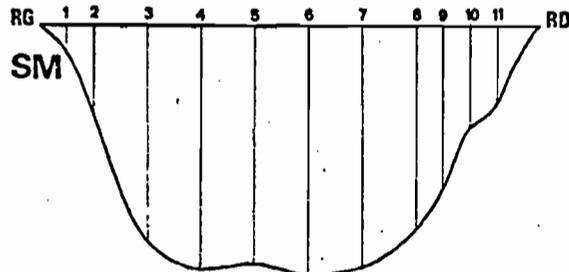
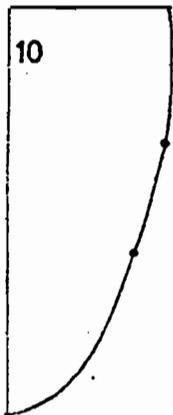
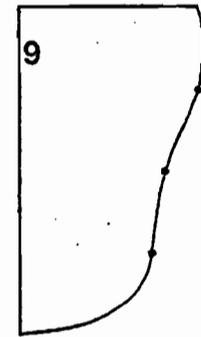
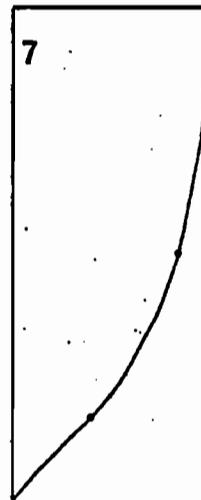
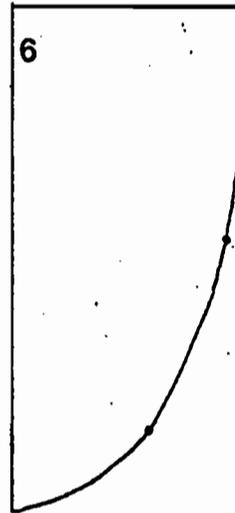
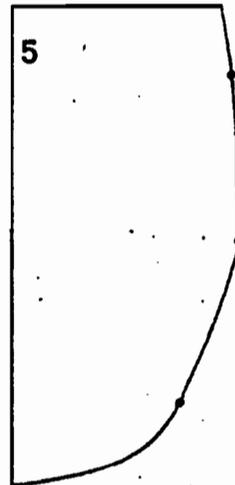
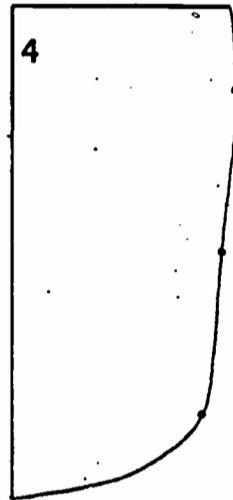
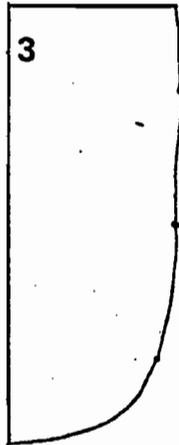
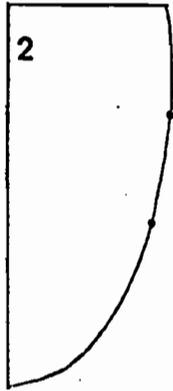
Jaugeage du : 3/8/82
 Emplacement de la section :
 Moulinet : 57 340 Hélice n° : 1/55 784 Pas :
 Formule de tarage :
 Nature de la section :
 Opérateur : Yedmel. / MAHIEUX

N°
 Hauteurs
 D 31,2
 F 31,0

Cotes Partant du fond.

Heure }
 D 16h55
 F 16h23

	Distances	Prof's	Prof'' Moulinet	Angle cable	Prof'' corrigées	N/tours	T/sec.	N/T	V m/sec	Observations
	0,10	RG								
V ₁	0,20	0,02								
V ₂	0,30	0,07	0,03		0,04	42	250	1,92	0,134	
			0,05		0,02	55	"	2,20	0,150	
V ₃	0,50	0,16	0,03		0,13	51	250	2,04	0,140	
			0,08		0,08	78	"	2,32	0,156	
			0,13		0,03	59	"	2,36	0,160	
V ₄	0,70	0,18	0,03		0,15	66	251	2,64	0,175	
			0,09		0,09	75	"	3	0,195	
			0,15		0,03	80	"	3,2	0,207	
V ₅	0,90	0,175	0,03		0,145	58	251	2,32	0,156	
			0,09		0,085	82	"	3,08	0,211	
			0,15		0,025	78	"	3,12	0,202	
V ₆	1,10	0,185	0,03		0,155	46	250	1,84	0,128	
			0,10		0,085	77	"	3,08	0,20	
			0,16		0,04	85/85	"	3,4	0,248	
V ₇	1,30	0,18	0,03		0,15	23	250	0,92	0,072	
			0,09		0,09	57	"	2,28	0,154	
			0,15		0,03	69/69	"	2,76	0,182	
V ₈	1,50	0,15	0,03		0,12	59	250	2,36	0,158	
			0,07		0,08	68/69	"	2,76	0,182	
			0,12		0,03	52/72/73	"	2,88	0,188	
V ₉	1,60	0,12	0,03		0,09	44	250	1,76	0,123	
			0,06		0,06	49	"	1,96	0,125	
			0,09		0,03	62	"	2,48	0,165	
V ₁₀	1,70	0,075	0,03		0,045	41	250	1,64	0,116	
			0,05		0,025	54	"	2,16	0,147	
V ₁₁	1,80	0,06	0,03		0,03	30	250	1,2	0,089	



V2	0.0005	17.6	0.0088 m/s
V3	0.001	23.5	0.0235
V4	"	33.7	0.0337
V5	"	32.4	0.0234
V6	"	32.4	0.0324
V7	"	24.0	0.0240
V8	"	25.2	0.0252
V9	"	16.2	0.0162
V10	0.0005	17.7	0.00885
V11			0.00534

Q	m³/s	0.038
SM	m²	0.238
Vms	m/s	0.159
U	m/s	0.156
U/Vms		1.02

TAI
 BV2
 le 03-08-1982
 HE 0.312 0.310

Il faut mentionner par ailleurs qu'il existe aussi des jaugeages par bateau. Le principe est le même quant à la mesure des débits.

IV. ETUDE DU REGIME DES COURS D'EAU

IV.1. Transformation hauteur-débit

Cette transformation n'est possible que par l'intermédiaire d'une courbe de tarage ou courbe d'étalonnage. Cette courbe est établie en fonction des résultats des jaugeages.

Pour être plus précis, on trace 3 courbes dont :

- 1 courbe de basses eaux allant de 0 à 40 cm
- 1 courbe de moyennes eaux allant de 0 à 100 cm (fig. 13)
- 1 courbe de hautes eaux allant de 0 cm à 252 cm (fig. 14)

C'est dans le même ordre d'idée que l'on établit un barème d'étalonnage. Cela consiste à faire un tableau qui donnera la correspondance entre débit (Q) et la hauteur d'eau (H_e).

L'intérêt de ce barème est que pour chaque centimètre de côte à l'échelle, et à tout instant, on pourra trouver le débit. Ce barème pourrait être modifié plus tard à cause de certains résultats de jaugeage qui modifieront la courbe de tarage.

IV.2. Analyse des hydrogrammes observés

Lors du dépouillement des enregistrements limnigraphiques, on essaye de reperer tous les décalages de niveau de hauteur d'eau sur le papier. A l'aide d'un mini-ordinateur (genre machine à calculer programmable), on trouve le temps correspondant pour chaque dénivellation. Ensuite, on trace les courbes débit Q en fonction de temps ($Q(t)$) sur un papier arithmétique (fig. 15 16).

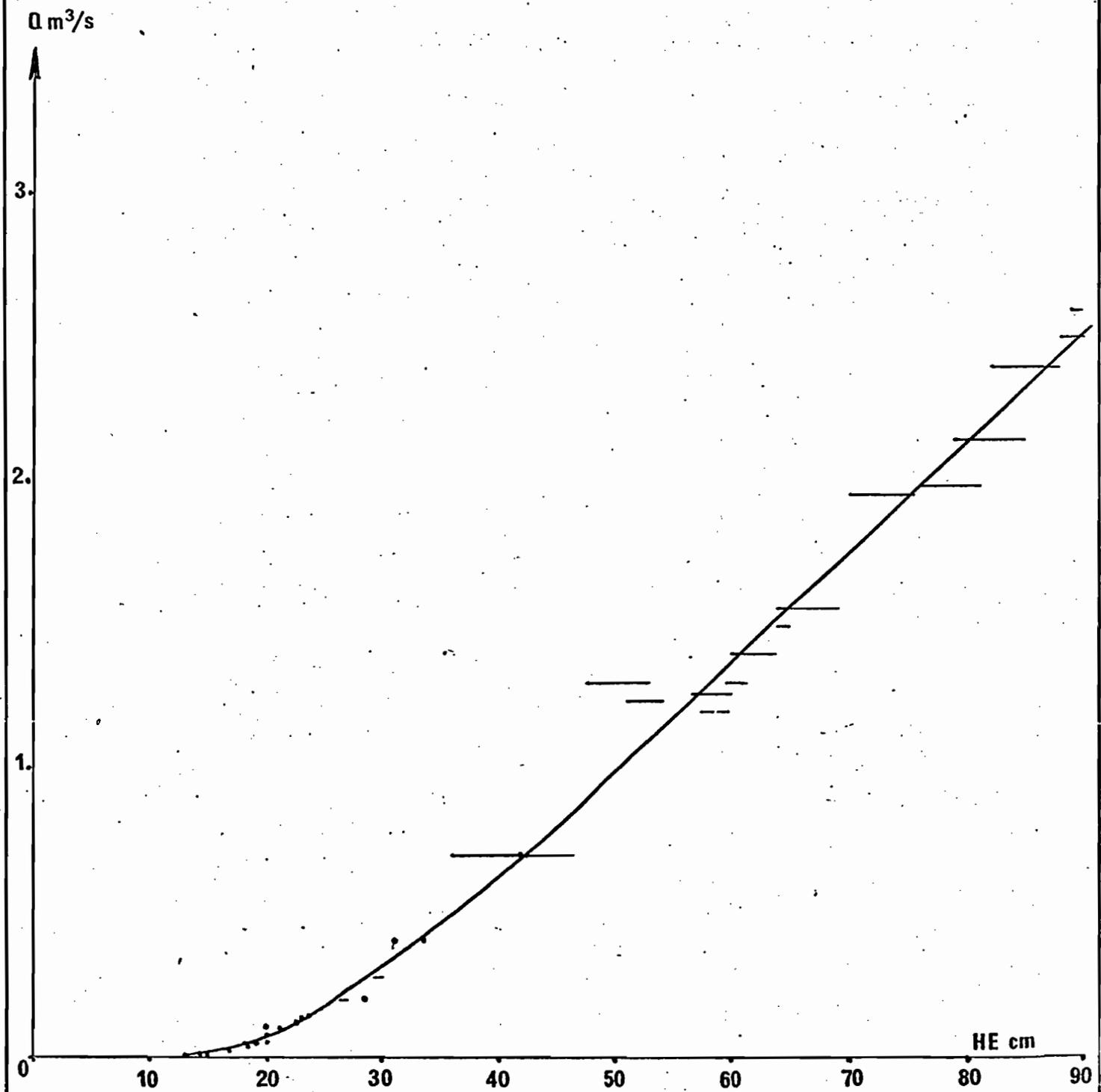
On détermine les limites des crues en reportant ces mêmes valeurs des débits sur un papier semi-logarithmique, puis en joignant les points qui s'alignent, on distingue en général 2 cassures distinctes, donc 3 parties dans le ruissellement.

- le ruissellement pur se passant en surface du sol, constitue le plus important des écoulements de crue,
- le ruissellement retardé,
- le débit de base qui représente l'écoulement permanent fourni par les nappes dues à l'eau d'infiltration.

A partir des 2 cassures, on détermine la fin de la crue avec le temps correspondant à la deuxième cassure. On joint les deux points de la même courbe pour déterminer une surface et on planimètre pour trouver le volume, puis la lame d'eau ruissellée.

Fig 13

TAI Bassin versant N° I
Etalonnage moyennes eaux



TAI Bassin versant N° I
Étalonnage hautes eaux

Fig 14

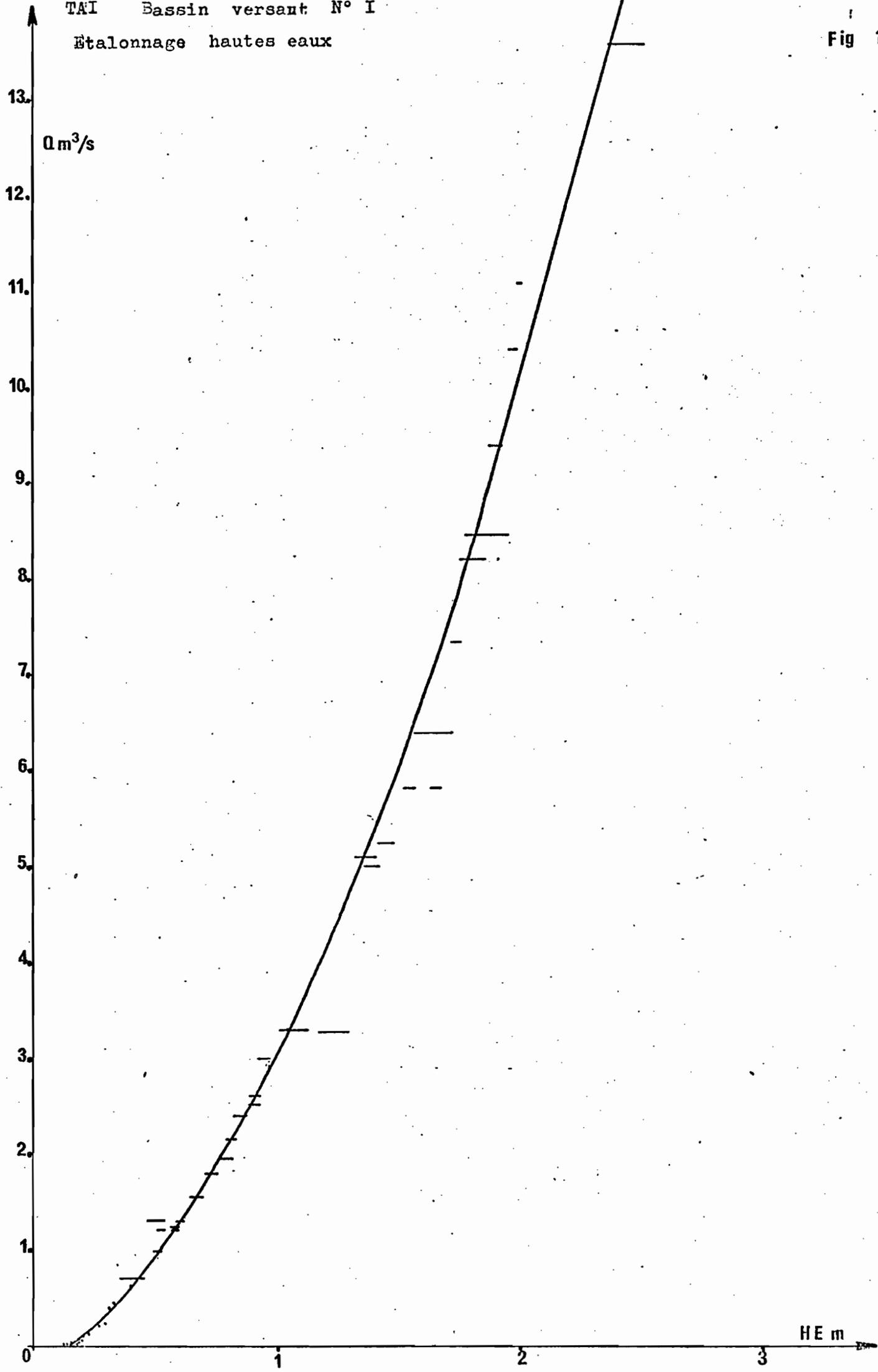


Fig 15

TAI BV 1 Crue du 7/8, 09, 1980

$Q \text{ m}^3/\text{s}$



.4

.3

.2

.1

V 128 800 m³

Lr 3.4 mm

0,25 m³/s
1800 m³
2 h

12 14 16 18 20 22 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20

heures

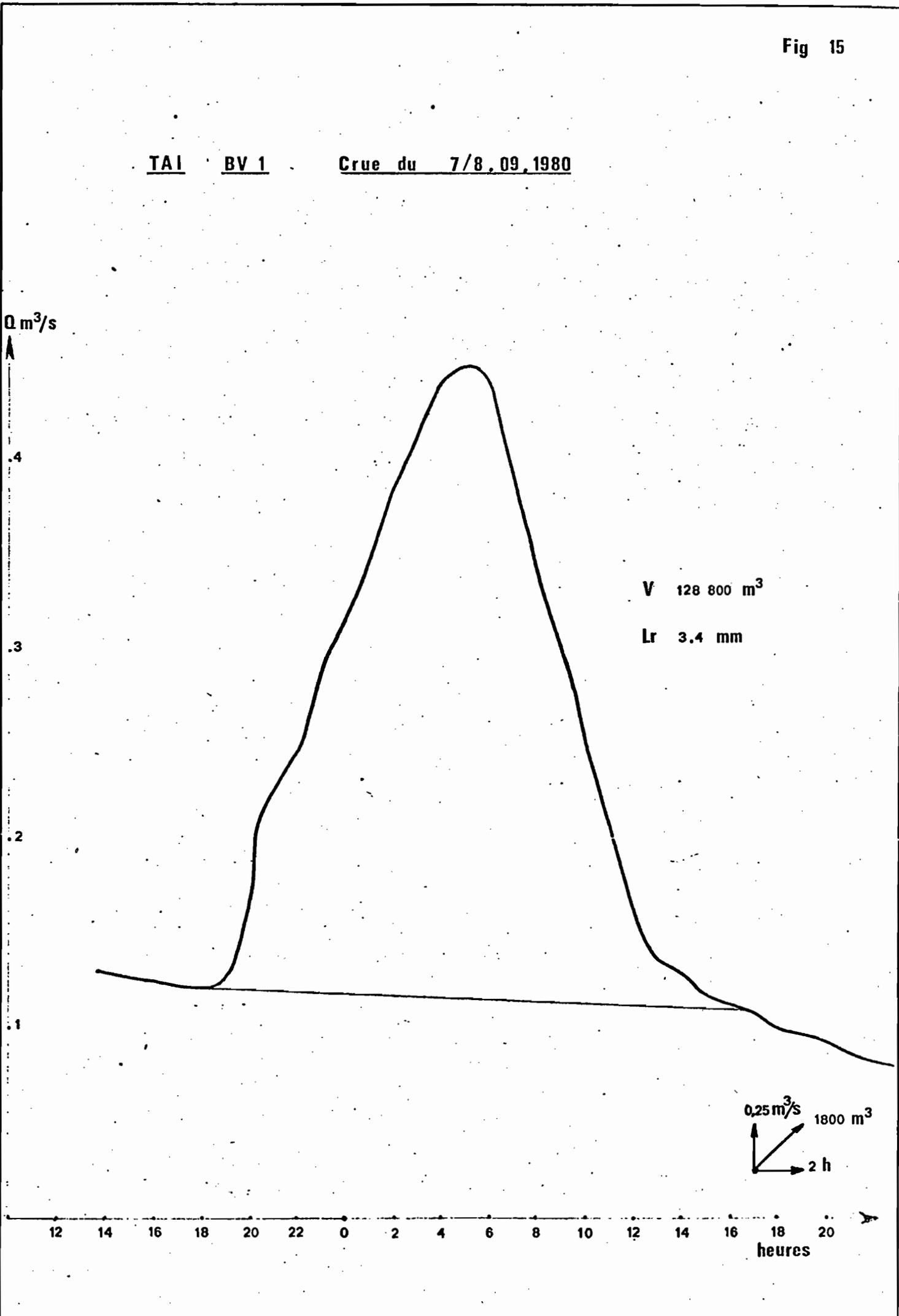
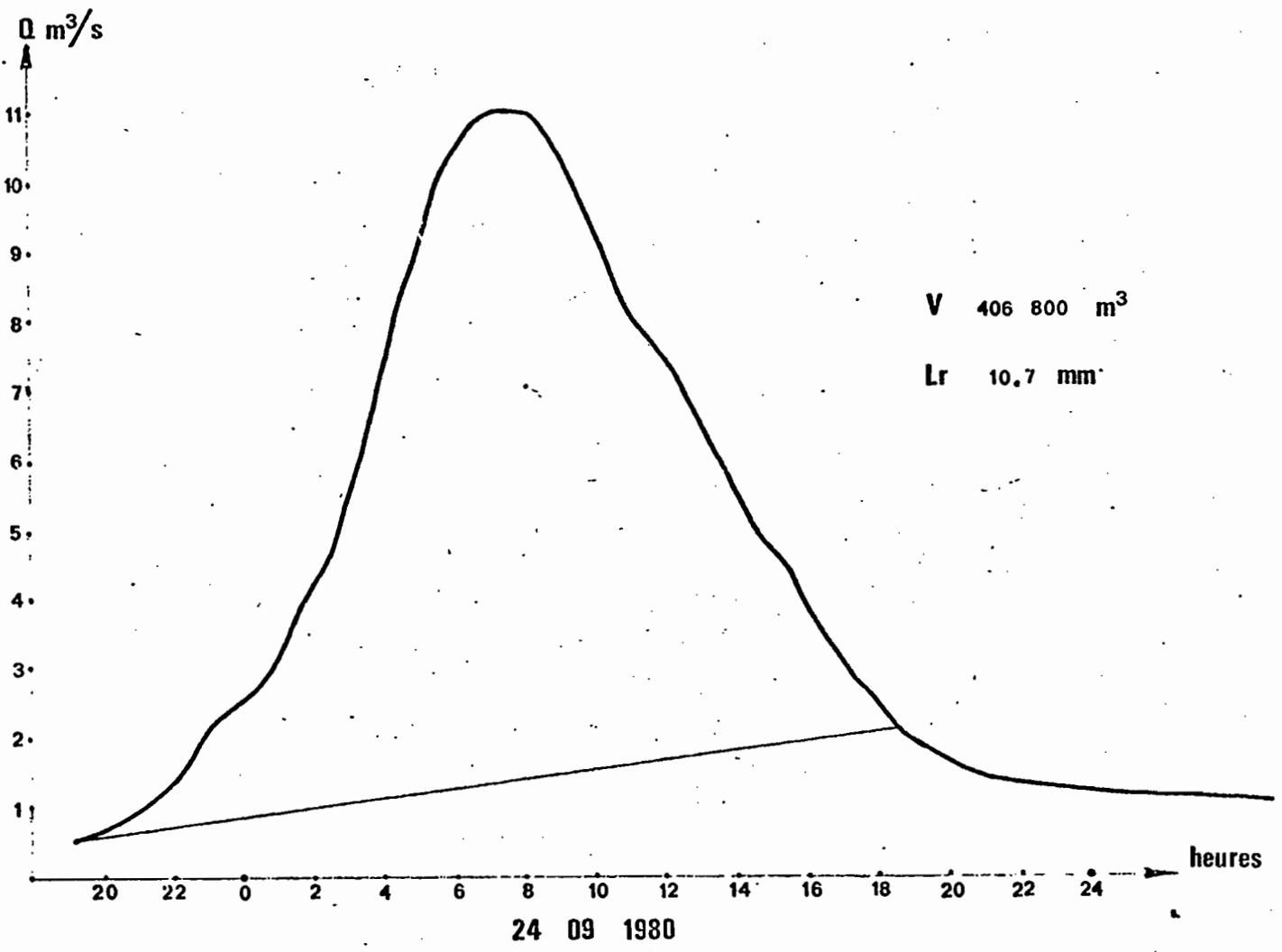


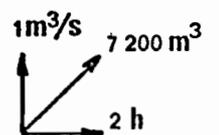
Fig 16

TAI BV 1 Crue du 23 / 24, 09, 1980



V 406 800 m^3

Lr 10,7 mm



Si je considère la crue de Taï du 08.09.1980 sur la rivière Audrenisrou (BV₁) on trouve après planimétrage un volume de $V = 128.800 \text{ m}^3$ pour une surface de $37,75 \text{ km}^2$.

On tire la valeur de la lame ruissellée $L_r = \frac{V}{S_T}$

V = volume ruissellée en m^3

S_T = surface totale du bassin en m^2

L_r = lame ruissellée en m ou mm (fig. 15-16)

V. ETUDE DE LA RELATION ENTRE LAME RUISSELLEE (Hr) ET PLUVIOMETRIE MOYENNE (Pm)

Dans ce chapitre, nous exploiterons les résultats de la campagne de 1980 à Taï.

Les résultats de mesure figurent dans le rapport du chef de département.

On trace une première courbe moyenne lame ruissellée (Hr) en fonction de la pluviométrie moyenne Pm (fig. 17). En analysant la courbe, on remarque à première vue que les points sont dispersés de la courbe moyenne. Pour cela on essaiera de rapprocher ces points de la courbe moyenne par l'intermédiaire des facteurs correctifs, comme l'état d'humidité du sol. Il est évident que tout sol affiché un certain degré d'humidité.

Ensuite, à partir de la courbe Hr (Pm) on trace la variation des écarts des points représentatifs à la courbe moyenne en fonction du débit de base initial $\Delta Hr (Q_0)$ (fig. 18). On repère point par point à l'aide d'un compas les écarts entre la courbe moyenne et ces divers points. Ces points sont affectés d'un signe (+) ou (-) selon que cet écart se situe au dessus de la courbe ou en dessous de la courbe moyenne corrective. On trace la courbe Hr (Pm) et on reporte les écarts des points par rapport à la courbe $\Delta Hr (Q_0)$. On remarque en fin de compte que les points qui étaient trop écartés se rapprochent sensiblement de la courbe moyenne. Ainsi, en considérant ces facteurs correctifs l'un après l'autre, on pourrait se rapprocher des conditions naturelles.

Si on réussit à réduire les écarts de manière appréciable, on pourra soutenir que l'humidité du sol influence considérablement les crues (fig. 19).

VI. IMPORTANCE D'UN SERVICE HYDROLOGIQUE DANS UN PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT (EXEMPLE DE COTE D'IVOIRE)

Le service Hydrologique dans un pays en voie de développement revêt un intérêt capital. On voit à travers le monde que certains pays sombrent de plus en plus dans le sous-développement parce qu'ils sont enclavés. La Côte d'Ivoire est naturellement dotée d'un réseau hydrographique important, et quels sont les intérêts qu'on doit en tirer ?

Hr

Fig 17

• 1979
+ 1980

20.

15.

10.

5.

0

Pm

25

50

75

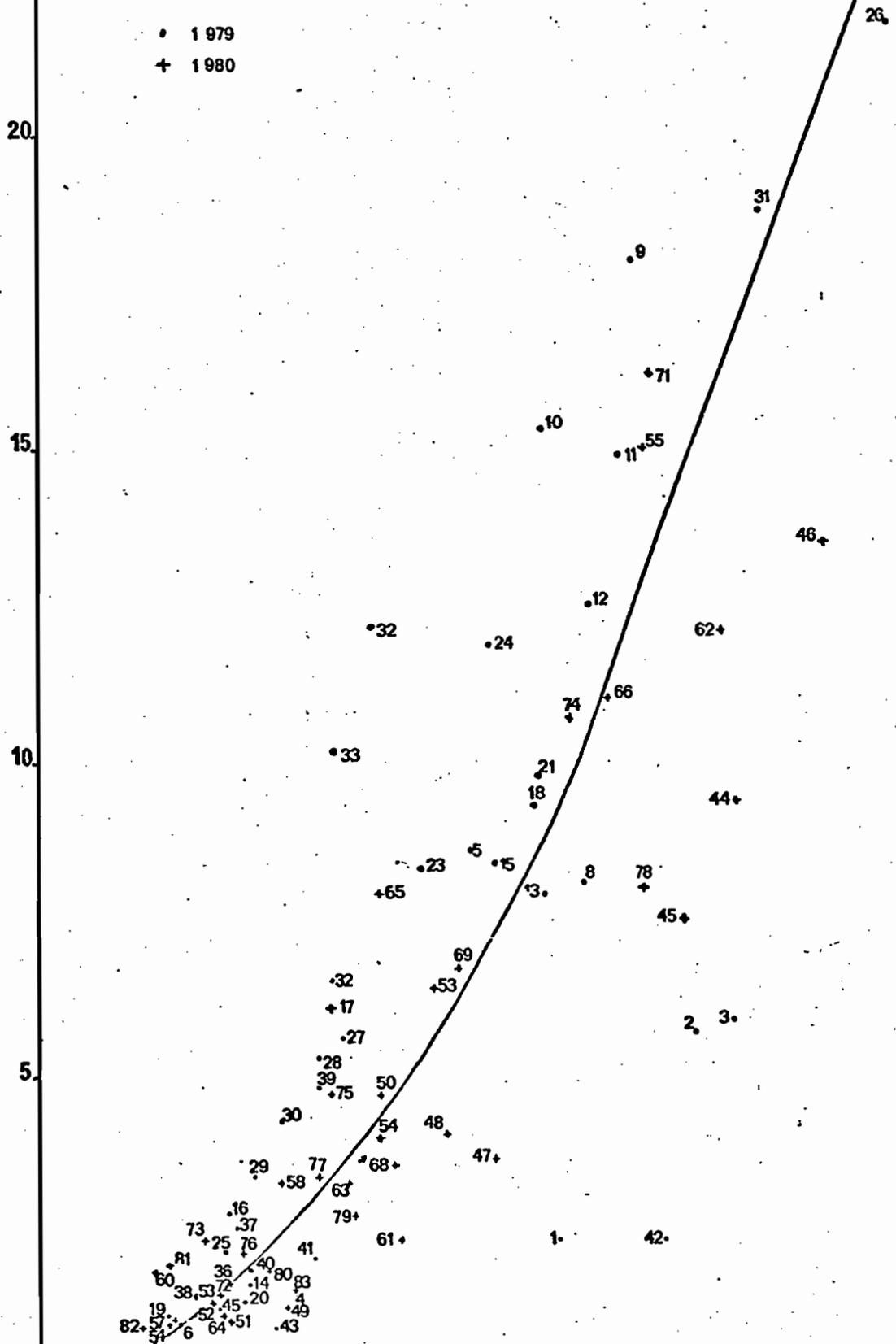


Fig 18

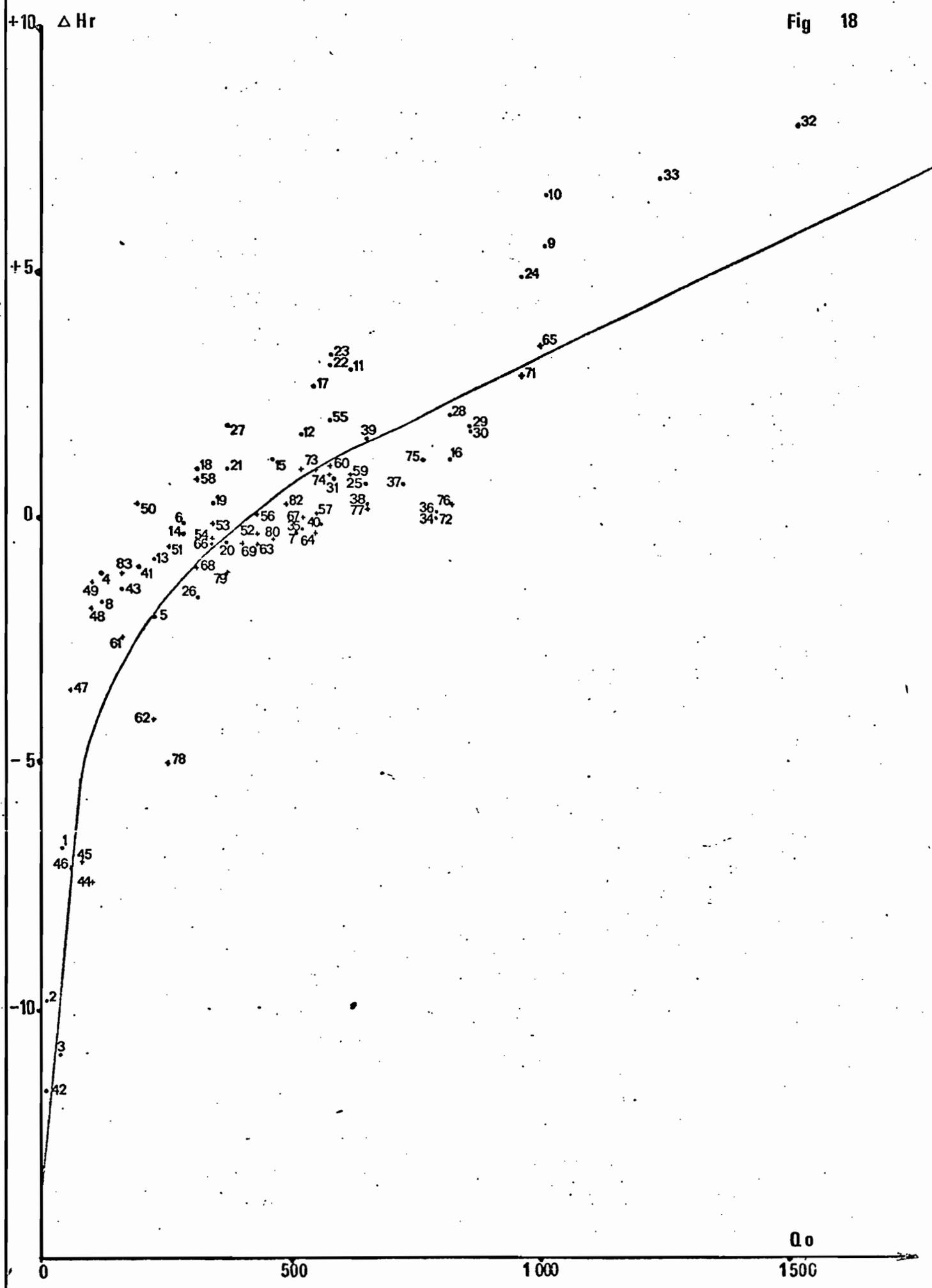
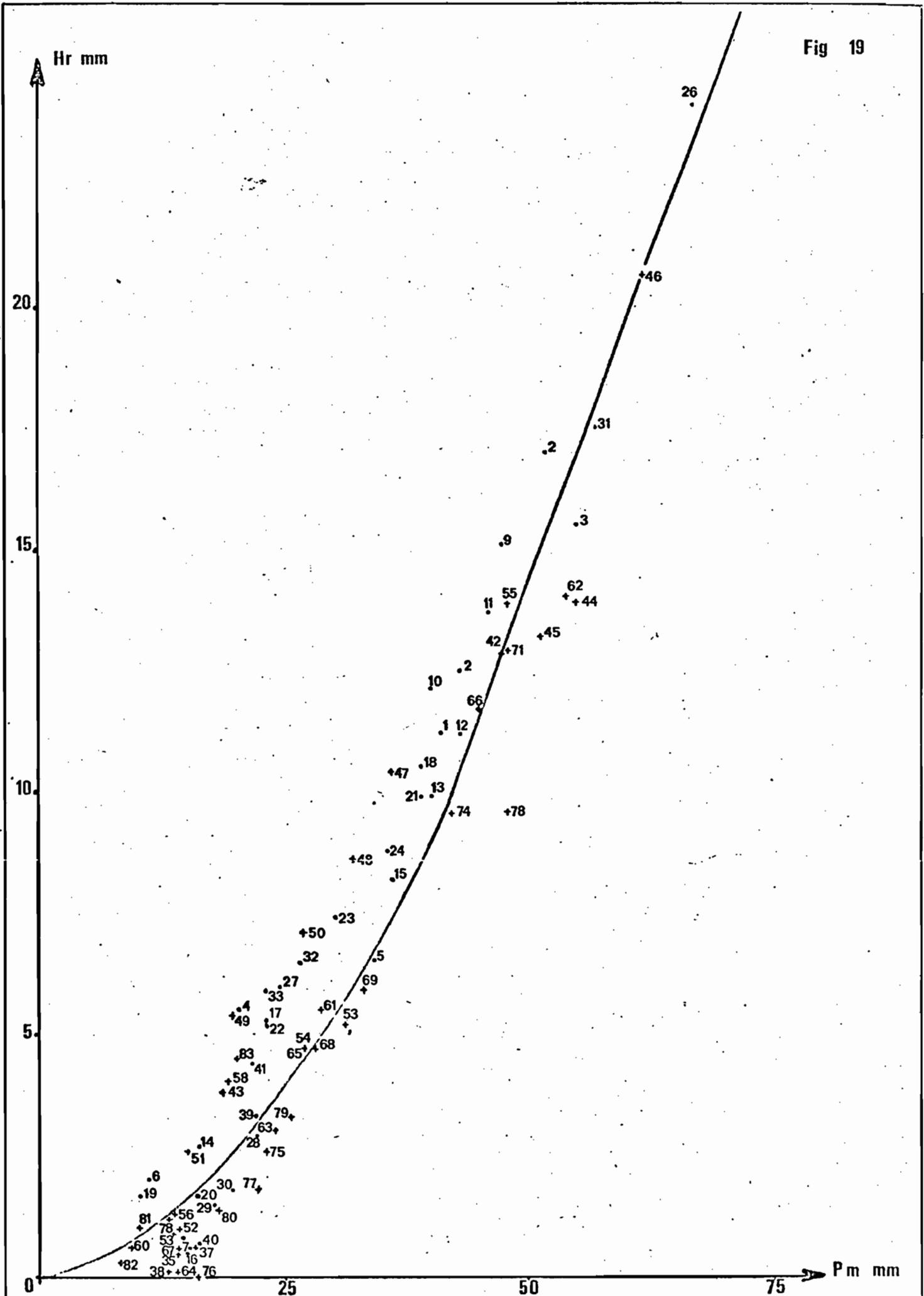


Fig 19



C'est dans cette optique que j'essaierai de repertorier les avantages et le bien fondé d'un bureau d'étude hydrologique dans l'état actuel de mes connaissances.

Les hydrologues détermineront tous les phénomènes de fréquences rares (crues, étiages...) pour les fleuves, les rivières.

Les résultats sont exploités par les ingénieurs avant la construction d'un pont, du barrage hydro-électrique pour dimensionner les ouvrages.

D'autre part, l'économie de la Côte d'Ivoire est essentiellement basée sur l'agriculture. On pourrait améliorer les périmètres agro-industriels.

On développerait la pisciculture grâce aux barages de dimensions moyennes dans certaines régions du pays.

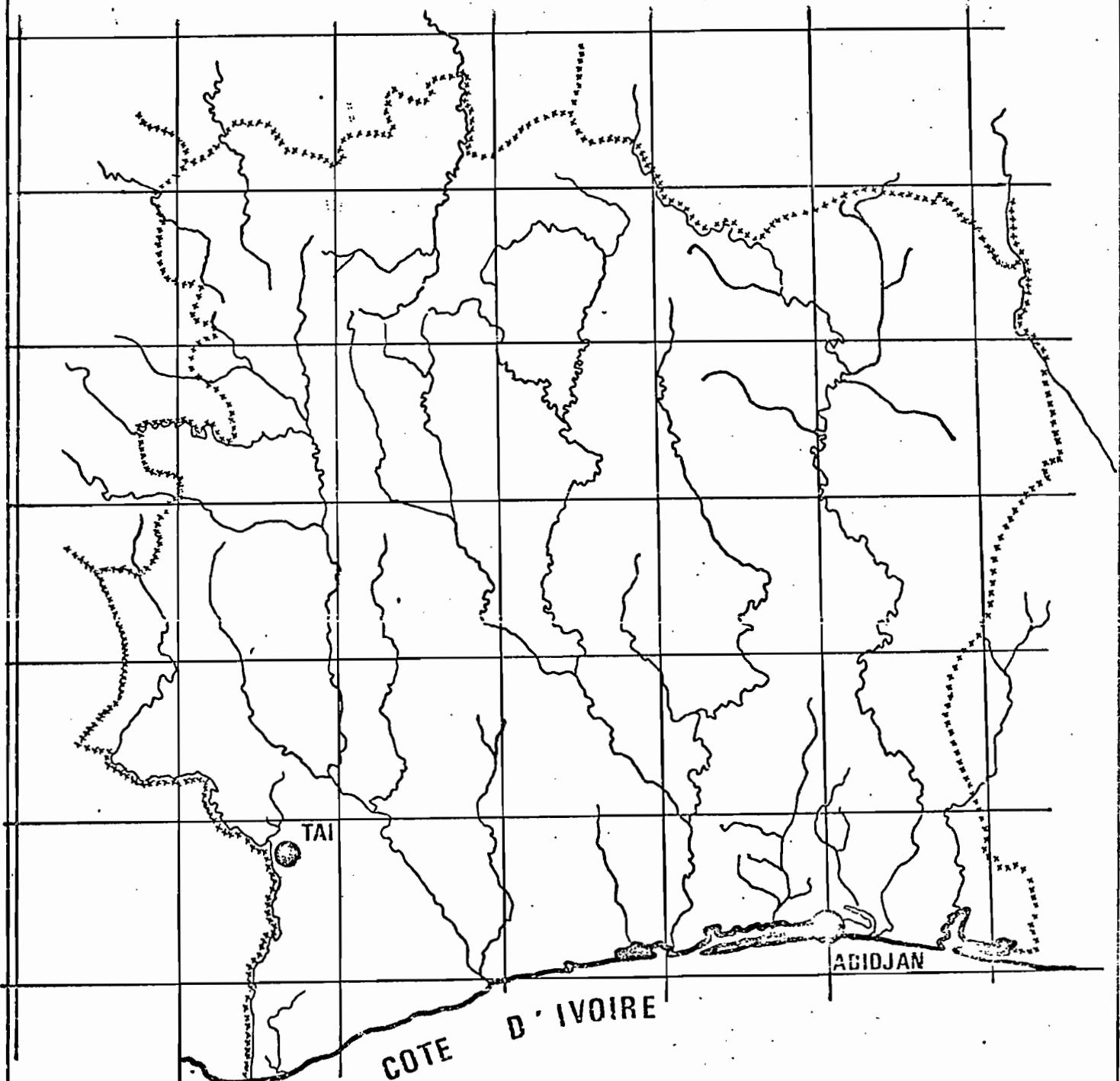
Grâce à l'étude de l'hydrologue, on pourra lutter contre l'onchocercose qui est une maladie qui sévit dans certaines régions de la Côte d'Ivoire, de même qu'une alimentation en eau distillée.

On pourrait toutefois améliorer les transports vers l'intérieur du pays par les canaux.

Voici si brièvement exposé, les avantages de l'installation d'un service hydrologique dans un pays en voie de développement.

Fig 20

FLEUVES e+ RTVIERES
de
COTE D'IVOIRE



CONCLUSION

Ce stage effectué dans le Centre ORSTOM d'Adiopodoumé est une initiation à l'hydrologie analytique. Il ne m'a pas permis, compte tenu du temps insuffisant, de me familiariser avec l'hydrologie dans ses grandes lignes.

C'est un métier de recherche et que tout hydrologue devrait être nanti de connaissances d'ordre général pour interpréter certains résultats qui traduisent des phénomènes complexes. Je pense que ces stages d'initiation à la recherche devraient être affichés d'un cachet de type particulier et devraient devenir même une institution.

Je suis sûr et convaincu que ces stages réveilleront des esprits chercheurs à l'état latent.

BIBLIOGRAPHIE

- M. ROCHE : Hydrologie de surface.
Gauthier-Villars, Paris, 1963.
- DUBREUIL : Hydrologie de surface.
- A. CASENAVE : Etude hydrologique des bassins de Taï.
J. FLORY Campagnes 1978-1980.
N. GUIGUEN
N. RANC
J.-M. SIMON
J. TOILLIEZ
M. TOURNE

Fascicule d'Hydrologie écrit par Pierre CHEVALLIER (ORSTOM).

Fascicule d'Hydrologie du Certificat d'Etude Supérieure de
Géologie Appliquée
Par J.-P. FALLAT (Université d'Abidjan).