

INITIATION A L'HYDROLOGIE ANALYTIQUE
SUR LE BASSIN VERSANT DE BOORO-BOROTOU (COTE D'IVOIRE)

Rapport de stage : juillet / août 1986

Christel GNAMAN
*Etudiante à l'Institut Supérieur
Technique d'Outre Mer - Le Havre*

Copyright ORSTOM - 1986

Unité de Recherche B12 (Laboratoire d'Hydropédologie)
Centre ORSTOM d'Adiopodoumé
B.P. 551, ABIDJAN, Côte d'Ivoire

REMERCIEMENTS

Je tiens à profiter de l'occasion qui m'est donnée pour remercier vivement tout le personnel du Laboratoire d'Hydrologie du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé pour la franche collaboration qu'il m'a témoigné pendant toute la durée de mon stage.

Ces remerciements sont particulièrement adressés à Monsieur P. CHEVALLIER, chercheur et chef de service de ce département, qui, malgré son emploi du temps chargé, a su être disponible et m'a prodigué de nombreux conseils.

Mes plus vifs remerciements vont aussi à Monsieur J.M. LAPETITE, technicien, qui avec patience et attention a su me guider dans mon travail, et à Messieurs M. BERTHELOT, Technicien et M.D. HASNAOUI, chercheur stagiaire.

Pour leur nombreux conseils, que tous ceux qui m'ont permis de réaliser ce rapport, de près ou de loin, trouvent ici ma reconnaissance.

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

C'est dans le but de compléter la formation théorique reçue en cours d'année, que les élèves de l'I.S.T.O.M. (Institut Supérieur Technique d'Outre-Mer) sont amenés à effectuer un stage durant leurs vacances d'été. C'est dans le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM au centre d'Adiopodoumé en Côte d'Ivoire que j'ai effectué le mien pendant près de deux mois.

Durant cette période, j'ai été initié à l'Hydrologie analytique sur bassin versant avec l'exemple concret du bassin versant de Booro-Borotou.

Là, j'ai pu aborder les différentes méthodes de mesures de précipitations, de débits (jaugeages) et de ruissellement (simulation de pluies).

Mes connaissances en informatique ont été bien utiles lors du traitement informatique des données recueillies sur le terrain.

Enfin, les conclusions que je pourrai tirer de ce stage ne sauraient être le fruit d'une étude approfondie, vue la durée trop courte du stage, mais plutôt un rapport technique sur tout ce que j'ai pu observer.

S O M M A I R E

Note de remerciements

Introduction

I. Présentation de l'ORSTOM

I.1. L'ORSTOM

I.2. Le Centre d'Adiopodoumé

I.3. Le laboratoire d'Hydrologie

II Etude du bassin versant de Booro-Borotou

II.1. Le bassin

II.1.1 Situation géographique

II.1.2 Définition d'un bassin versant

II.1.3 Caractéristiques géométriques

II.1.4 Topographie

II.1.5 Les équipements du bassin

II.1.5.1 Les équipements pluviométriques

II.1.5.1.1 Les pluviographes

II.1.5.1.2 Les pluviomètres

II.1.5.2. L'équipement hydrométrique

II.2. Observations

II.2.1. La station climatologique

II.2.2 La pluviométrie

II.2.2.1 La pluviométrie moyenne

II.2.3 La simulation de pluie

II.2.3.1 Objectif du simulateur de pluie

II.2.3.2 Description du simulateur de pluie

II.2.3.3 La simulation

II.2.3.4 Analyse des données obtenues

II.2.3.4.1 Relation lame ruisselée- pluie
utile-indice d'humectation.

II.2.3.4.2 Les coefficients de ruissellements

II.2.3.4.3 Transposition des résultats à
l'échelle du bassin.

II.2.4 Hydrométrie

II.2.4.1 Mesure de hauteur

II.2.4.2 Mesure de débit

II.2.4.2.1 Principe du jaugeage

II.2.4.2.2 Calcul du débit des rivières

II.2.4.2.2.1 Résultats du jaugeage de la
Séné à Touresso

II.2.4.3. Transformation hauteur-débit

II.2.4.4 Calcul de la lame ruisselée

II.2.4.4.1 Calcul de la lame ruisselée au cours de
l'année 1986

II.2.4.5 Le déficit d'écoulement

CONCLUSION

BIBLIOCRAPHIE.

I - Présentation de l'ORSTOM

I.1 - Présentation

L'ORSTOM ou Institut français de recherche Scientifique pour le développement en coopération est un organisme public français.

Fort d'un effectif de plus de 2400 agents (comprenant des chercheurs, des techniciens et des agents administratifs) il est implanté de part le monde à travers les 5 continents (32 pays et 6 départements et territoires d'Outre mer).

L'ORSTOM s'est donné pour but de promouvoir et de réaliser en Coopération, tous les travaux de recherche scientifique et technologique, susceptibles de contribuer au progrès social et économique des pays en voie de développement. Pour mener à bien sa mission, l'institut s'est doté de 8 départements scientifiques pluridisciplinaires regroupant près de 50 unités de Recherche :

- Département A : milieu physique et environnement climatique
- Département B : milieu et société
- Département C : connaissance et mise en valeur des écosystèmes aquatiques
- Département D : Urbanisation et socio-systèmes urbains
- Département E : indépendance alimentaire
- Département F : étude et gestion des ressources :
énergie eaux et matières premières
- Département G : indépendance sanitaire
- Département H : Conditions d'un développement indépendant.

I 2 - Le Centre d'Adiopodoumé

Créé en juillet 1946 (date de l'implantation de l'ORSTOM en Côte d'Ivoire), le Centre d'Adiopodoumé est l'un des plus grands centres ORSTOM du monde non seulement par son effectif, mais aussi par la diversité de ses activités scientifiques, il abrite aussi deux autres centres de Recherches de nationalités Suisse et Néerlandaise indépendants qui louent des locaux.

Parmi les différents laboratoires on peut trouver :

- le laboratoire d'analyse : il effectue les recherches caractéristiques (chimiques et physiques) de tous les échantillons que leur donnent les autres laboratoires.
- le laboratoire de Virologie : étudie les différents vecteurs des viroses de plantes (manioc, gombo), afin de pouvoir lutter efficacement contre eux.
- Le laboratoire de Génétique : effectue des études sur l'amélioration des caractéristiques qualitatives du riz, du café, du manioc et du gombo.
- Le laboratoire de Nématologie : étudie les vers microscopiques, appelés Nématodes parasitants certaines plantes, comme le bananier, l'ananas, le manioc, la canne à sucre afin de lutter contre eux.
- Le laboratoire de Phytopathologie : étudie les maladies d'origine végétale (mousses, champignons) des plantes tropicales telles que l'hévéa, l'arachide et les légumineuse pour chercher un moyen de lutte.
- Le laboratoire de Pédologie : étudie la formation des sols par altération des roches et l'accumulation des matières organiques.
- Le Laboratoire d'Agronomie s'intéresse aux méthodes et techniques culturales des paysans ivoiriens.
- Le laboratoire d'Hydrologie : qui fait l'objet du paragraphe suivant.

Le Centre est complété par un service administratif et financier, une maison des stagiaires, une Bibliothèque et un service travaux. D'autres centres ORSTOM sont implantés en Côte d'Ivoire : le Centre de recherche Océano-

graphiques d'Abidjan (C.R.O.), le Centre des Sciences humaines de Petit Bassam et le Centre de Bouaké (hydrobiologie et étude des maladies à vecteurs)

I 3 - Le laboratoire d'hydrologie

Le laboratoire d'hydrologie, dans lequel j'ai effectué mon stage, étudie les eaux de surface sous toutes leurs formes et leur impact sur l'environnement humain. Il essaie de déterminer les évènements de fréquences rares, tel que les crues et étiages, nécessaires à tout aménagement hydraulique.

Ce laboratoire a étudié et équipé de nombreux bassins versants sur toute la Côte d'Ivoire. Dans ce rapport, je m'attacherai plus particulièrement au bassin versant de Booro-Borotou, où j'ai séjourné pendant une semaine. Ce laboratoire s'occupe aussi de la formation de stagiaires de tous niveaux. Il effectue enfin des travaux en contact avec des organismes publics et privés (en particulier avec l'OMS, Organisation Mondiale de la Santé, dans le cadre du programme de lutte contre l'Onchocercose).

II - Etude du Bassin Versant de Booro-Borotou

II - 1 - Situation géographique

Le bassin versant de Booro-Borotou, est situé dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire au Pays Mahou, à 25 Km de Touba, sur le tronçon goudronné de TOUBA-ODIENNE (fig 1 - 2).

Ce bassin a été choisi pour être le "cadre" du Programme Hydro-Pédologique de recherche sur Bassin Versant (HYPERBAV). Son objet est l'étude fine et la compréhension de l'aptitude des sols au ruissellement et à l'infiltration en fonction du milieu naturel et humain.

=

II - 2 - Définition d'un Bassin Versant

On appelle bassin versant d'une rivière considérée en un point donné, l'aire limitée par le contour, à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point de la rivière.

En fait, le Bassin fonctionne comme un collecteur chargé de recueillir les pluies et de les transformer en écoulement à l'exutoire.

FIG.1 - CÔTE D'IVOIRE : SITUATION DU BASSIN VERSANT
REPRESENTATIF DE BOORO - BOROTOU

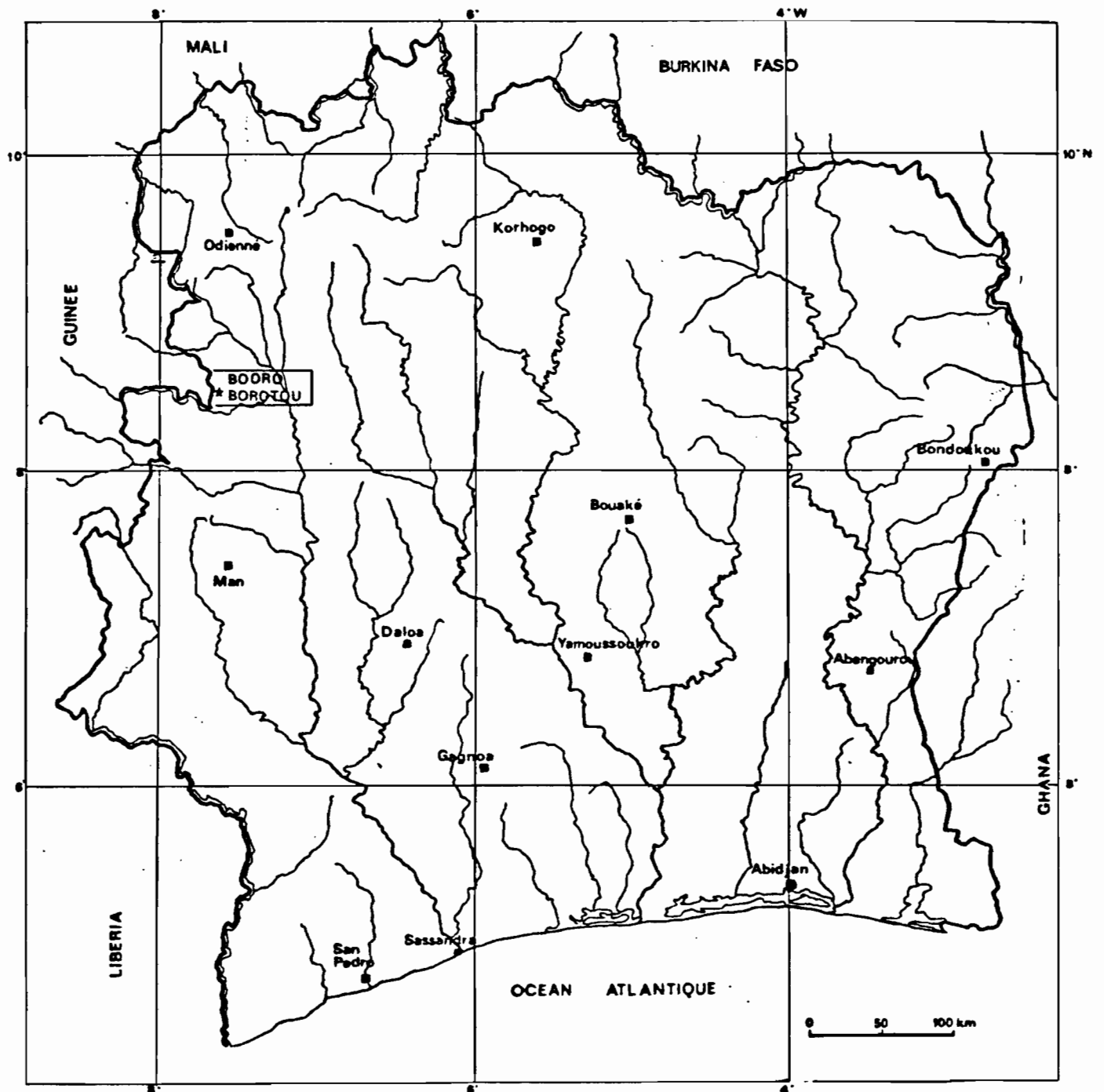
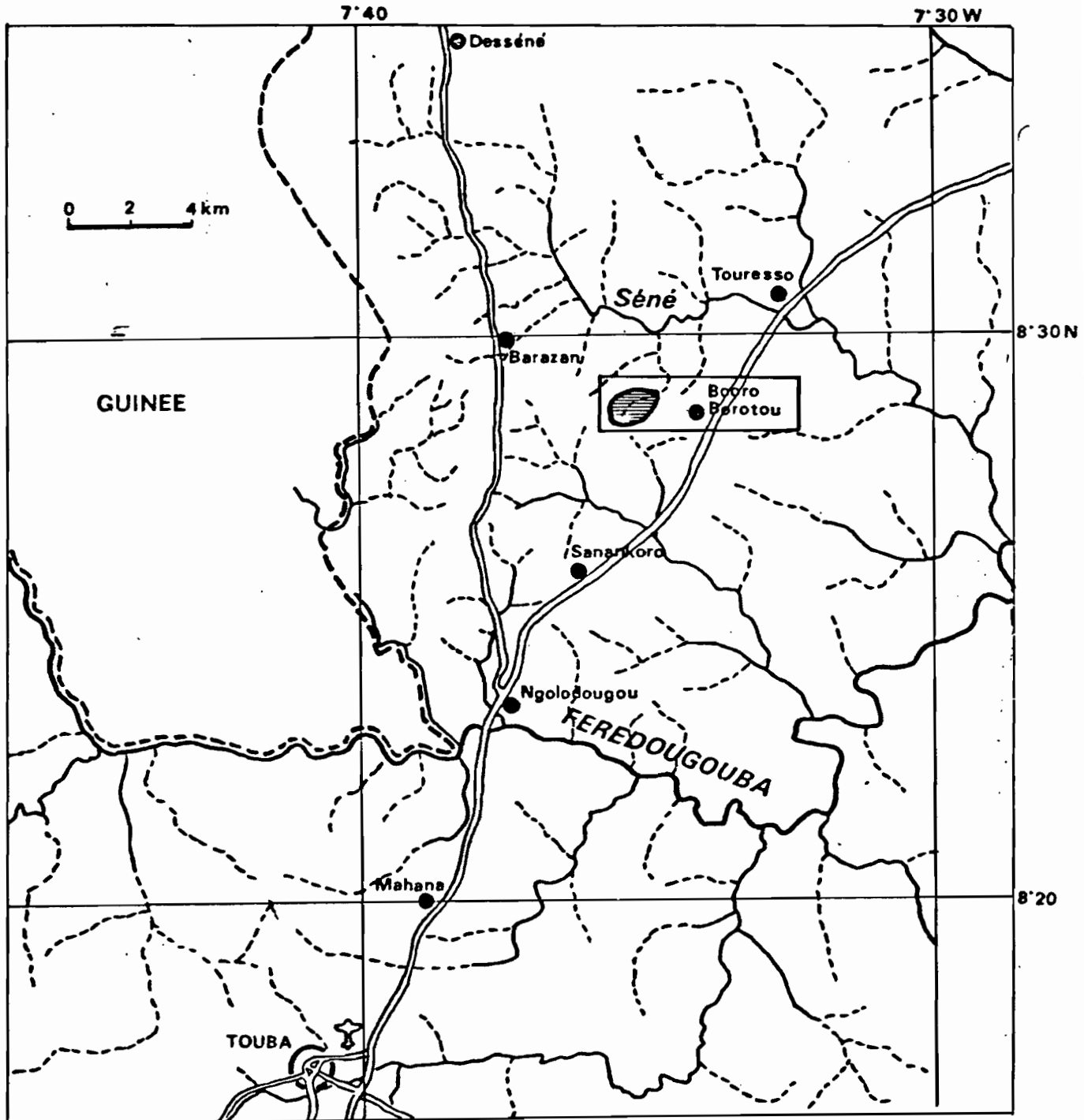


FIG. 2 - REGION DE TOUBA



II - 3 - Caractéristiques géométriques

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| (Surface | : 1,36 Km ² |
| (Périmètre | : 4,92 Km |
| (Longueur du rectangle équivalent | : 1,62 Km |
| (Indice de Compacité | : 1,18 |
| (Indice de pente globale | : 22,2 m/Km |
| (Indice de pente | : 0,180 |
| (Alt Max | : 474,5 m |
| (Alt Exutoire | : 426,5 m |

L'indice de compacité est le rapport entre le périmètre du bassin et celui d'un cercle qui aurait la même surface :

$$Kc = \frac{P}{2 \sqrt{\pi A}}$$

Avec Kc: coefficient de Gravelius ou indice de compacité.

A : surface du bassin en Km²

P : Périmètre du bassin en Km

L'Indice de pente a un rôle de comparaison des bassins versants.

Indice de pente globale : Si D est la dénivelée entre les altitudes qui correspondent à 5 % de surface en amont et 5 % de surface en aval d'un bassin versant, et L la longueur du rectangle équivalent alors :

$$I_g = D/L \text{ (en m/km)}$$

Indice de pente : il représente la distribution de la surface par rapport à l'altitude :

$$I_p = L^{-1/2} (a_i \cdot d_i)^{1/2}$$

avec I_p = Indice de pente

L = longueur du rectangle

a_i = % de surface entre deux courbes de niveaux voisines.

d_i = la dénivelée entre courbes

II - 4 - Topographie

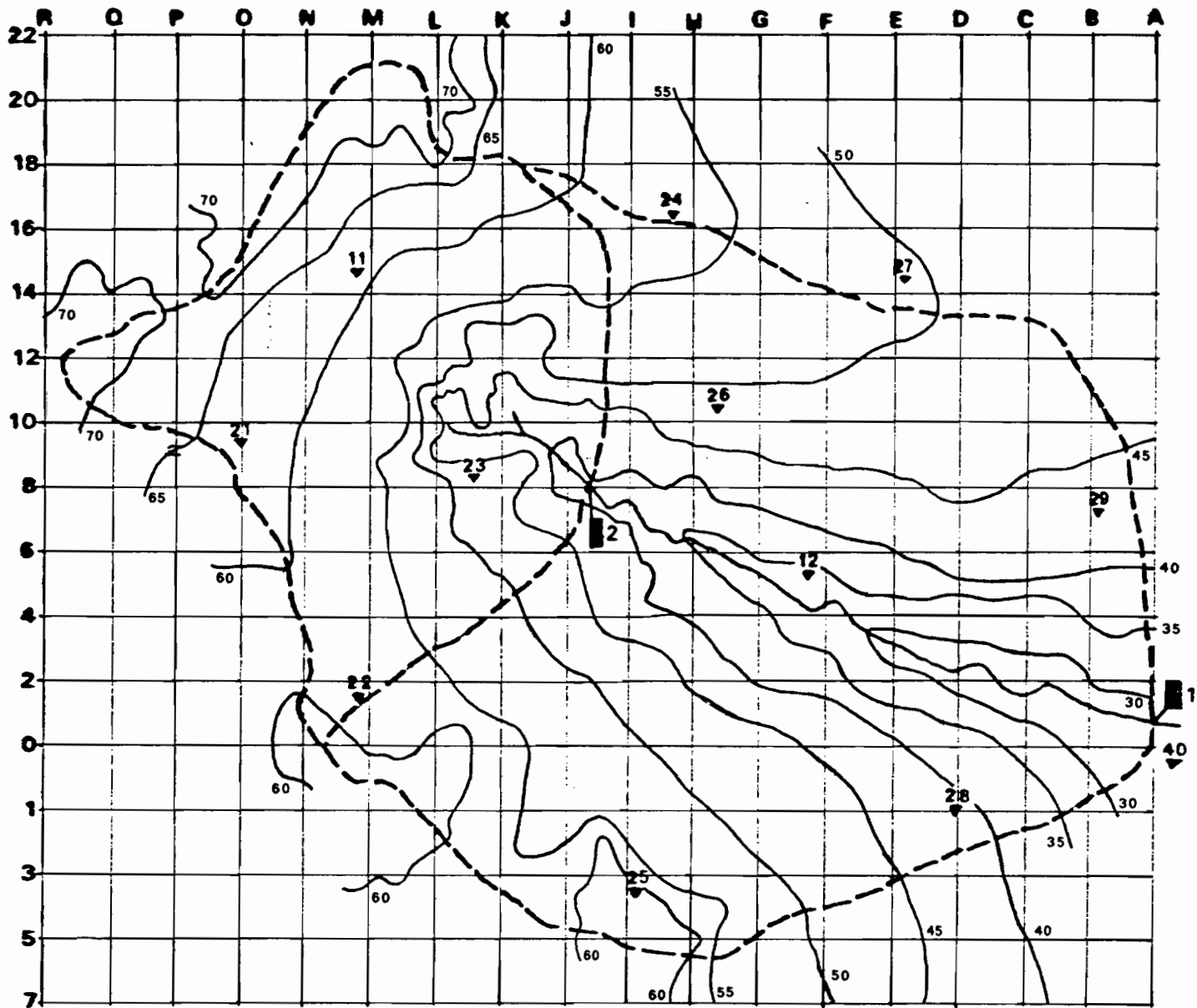
La distribution de la surface par rapport à l'altitude se traduit par une courbe hypsométrique (voir fig 3) qui est la visualisation graphique de l'équation mathématique de l'Indice de Pente.

II - 5 - Les équipements du Bassin

Le bassin de Booro-Borotou se trouve équipé d'un certain nombre d'appareils pluviométriques et hydrométriques, répartis sur tout le bassin versant. Ces appareils servent à mesurer l'eau apportée au cours d'une pluie, et l'eau qui sort de ce bassin.

II - 5 - 1 - Les équipements pluviométriques (voir fig 4)

17 appareils de mesure de la pluviométrie fonctionnent sur ce

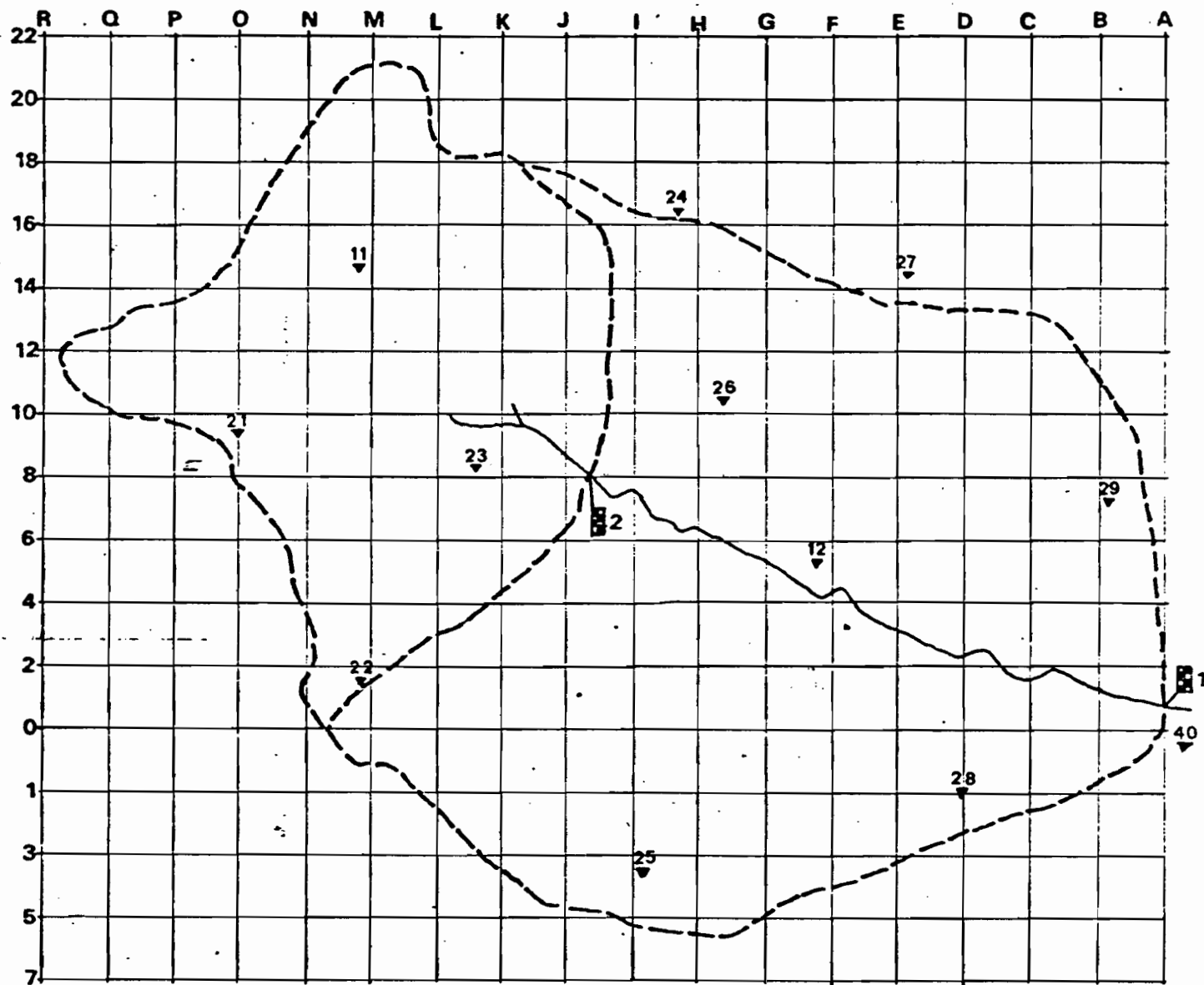


Programme HYPERBAV
 BASSIN VERSANT DE BOORO BOROTOU

Echelle : 1/10 000

FIG 3 : Carte hypsométrique Equidistance des courbes : 5m

FIG 4. Equipement Pluviométrique et Hydrométrique



Programme HYPERBAV
BASSIN VERSANT DE BOORO BOROTOU

Echelle : 1/10 000

▼ Pluviomètres

▣ Stations Hydrométriques

bassin ; il y en a de trois sortes :

- 2 pluviographes (Précis - Mécanique - à Augets basculeurs).
- 10 pluviomètres (type "Association" - bague de 400 cm²).
- 3 pluviomètres (Snowdon) modifié ORSTOM
- 2 pluviographes "Oedipe" à saisie sur mémoire de masse.

II - 5 - 1 - 1 - Les pluviographes

Le pluviographe permet d'analyser la répartition de la pluie dans le temps. Il existe toute une gamme d'appareils basés sur des principes différents. Le plus couramment utilisé est le pluviographe à augets basculeur ; ceux de Booro sont de marque "Précis-Mécanique" à augets basculeurs.

L'eau de pluie recueillie à l'intérieur d'une bague entonnoir de 400 CM² est canalisée et se déverse dans un auget à bascule. Celui-ci est conçu de façon à basculer brusquement lorsqu'il contient exactement 20 g. d'eau soit 0,5 mm de pluie. En basculant il se met en position de vidange et un auget identique vient prendre sa place sous l'entonnoir. Lorsqu'il contient à son tour 20 g. d'eau, il bascule, se vidange et le premier vient reprendre la place qu'il occupait précédemment. Les deux augets symétriques sont assemblés et montés sur un pivot commun. Chaque basculement dans un sens ou dans l'autre, agit sur un balancier qui entraîne la rotation d'une roue dentée. Un système transmet alors le mouvement à un stylet marqueur qui se déplace devant un cylindre à axe vertical effectuant la rotation complète en 26 heures (voir fig 5-5bis). Il résulte de cette rotation un pluviogramme qui est une courbe des hauteurs de pluies cumulées en fonction du temps.

II - 5 - 1 - 2 - Les pluviomètres

Le pluviomètre, donne la pluie globale qui est tombée pendant un temps plus ou moins long :

- Le pluviomètre dit "Association" se compose d'un seau tronconique et d'un entonnoir surmonté d'une bague de réception de surface égale à 400 cm^2 placée à exactement 1 m du sol. (voir fig 6).

- Le pluviomètre Snowdon modifié ORSTOM permet de mesurer la pluie au sol. Ce pluviomètre se trouve exactement au niveau du sol dans une fosse et entouré d'une grille qui permet d'éviter les rebonds des gouttes d'eau. (Voir fig 7).

L'association pluviomètre au sol et pluviomètre standard situé à proximité, permet d'évaluer l'effet du vent sur la trajectoire des gouttes d'eau.

- Les pluviographes "Oedipe" sont des pluviographes qui enregistrent directement sur mémoire de masse l'heure, minute, seconde de chaque basculement de 0,5 mm de pluie. Les cartouches de mémoire peuvent être alors directement analysées sur micro-ordinateur.

II - 5 - 2 - L'équipement hydrométrique

Le bassin est équipé de trois limnigraphes à flotteur et à tambour horizontal de type O TT X.

- 2 sont situés à la station de contrôle de l'exutoire du bassin.
- le dernier est situé en amont pour compléter le dispositif de mesure d'écoulement.

Le limnigraphe est un appareil qui mesure et enregistre les variations du plan d'eau d'une rivière.

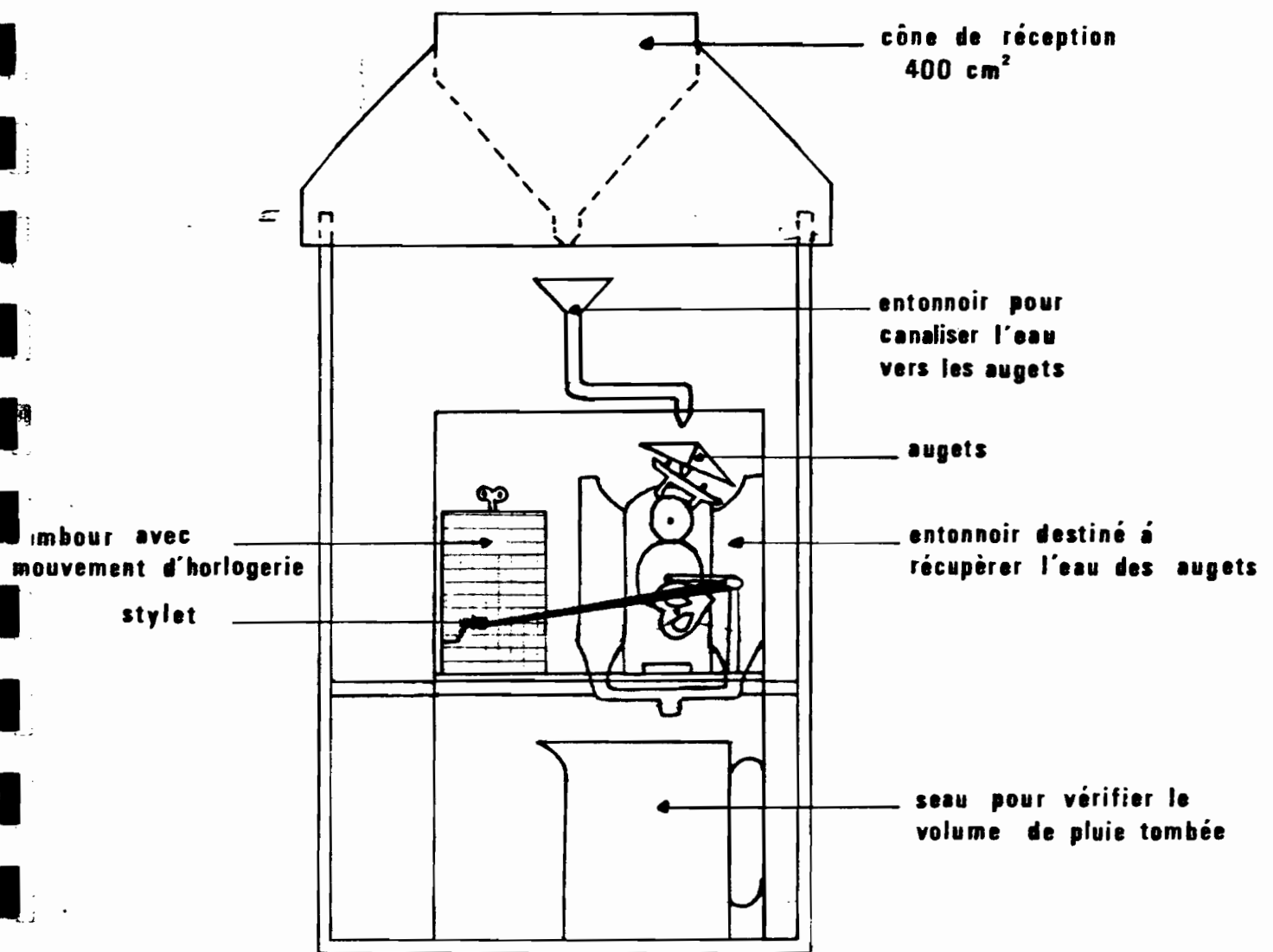
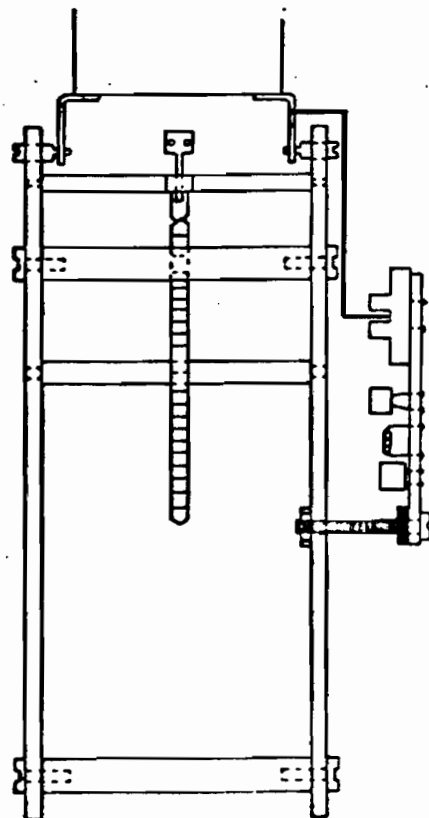
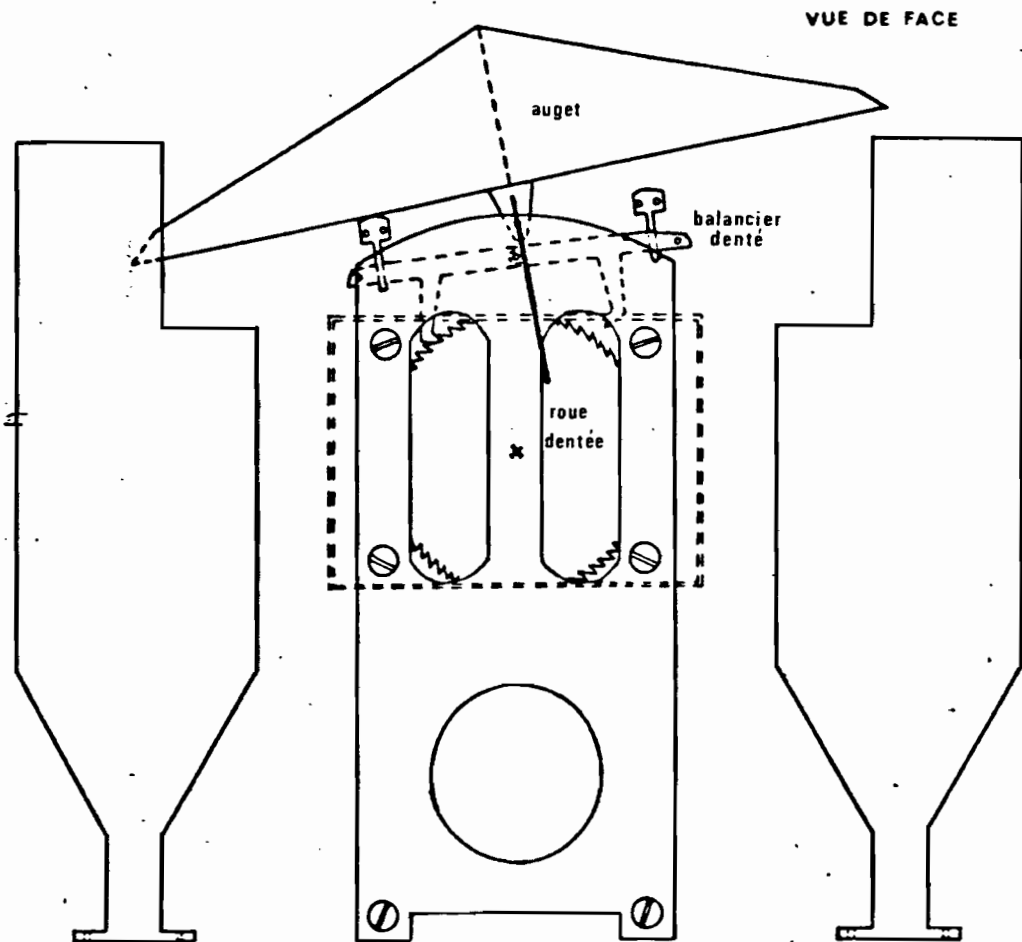


FIG 5 : Schéma d'ensemble d'un pluviographe à augets basculeurs

FIG.5 bis: Détail du système de basculement des augets

Pluviographe à augets basculeurs "Précis Mécanique"

Positionnement de la plaque de circuit imprimé (double trait pointillé)
et du balancier coupe feisceau (trait fort)



J. LAPETITE

VUE DE PROFIL

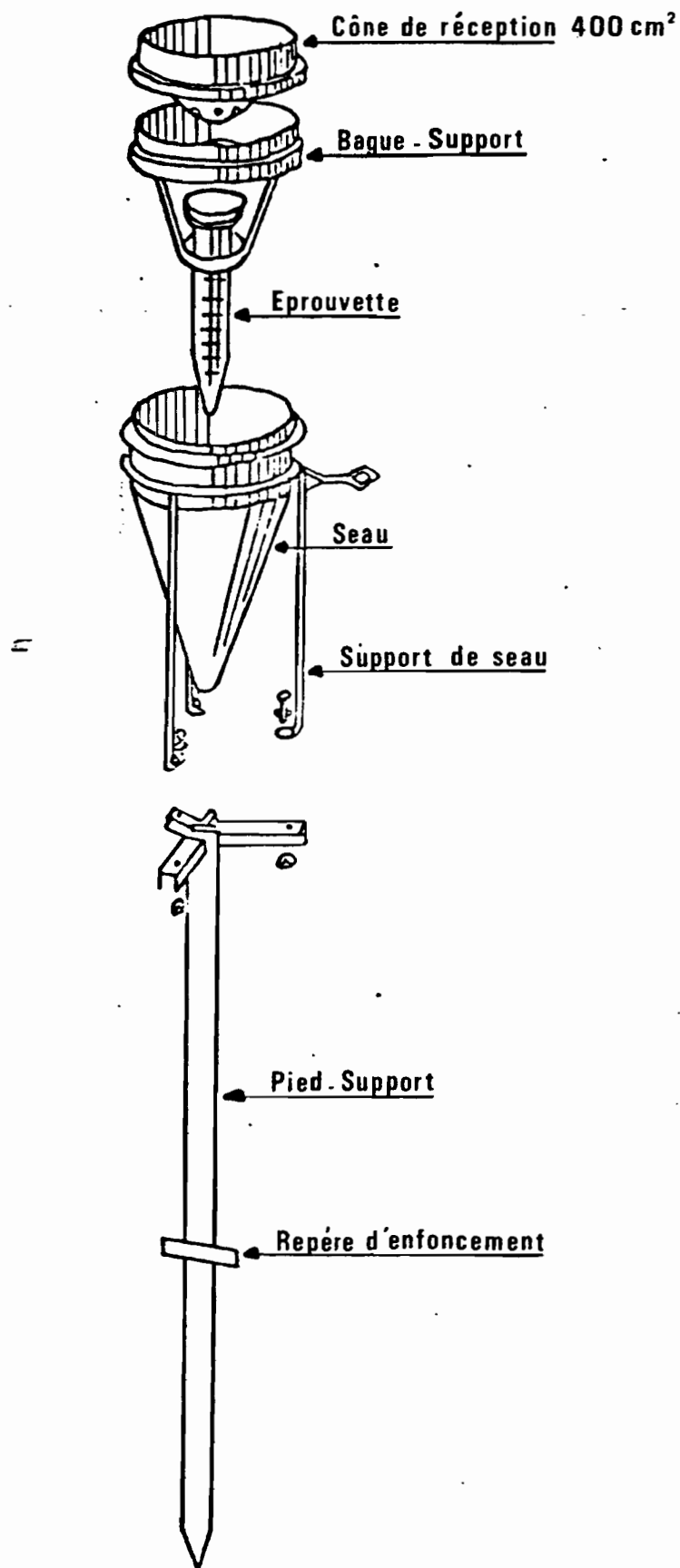
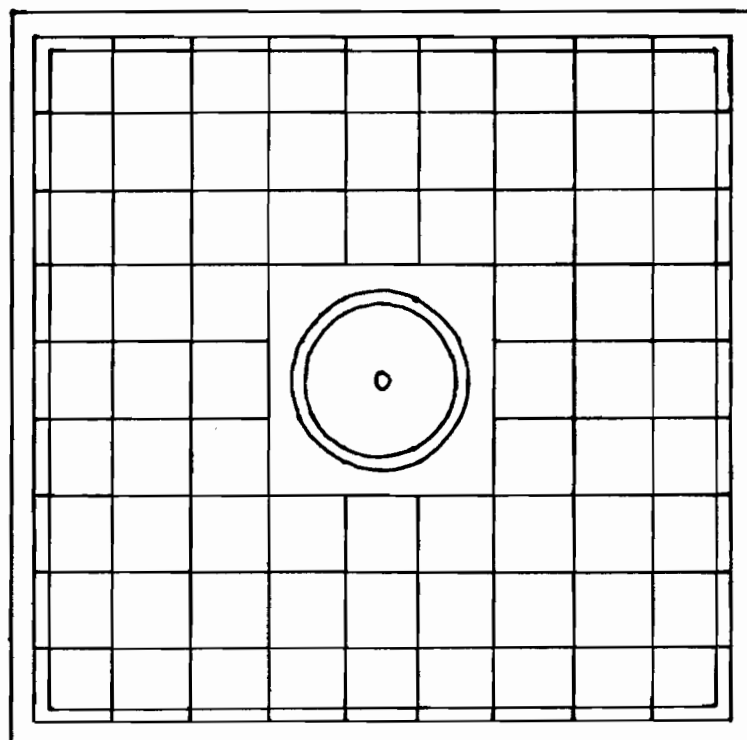
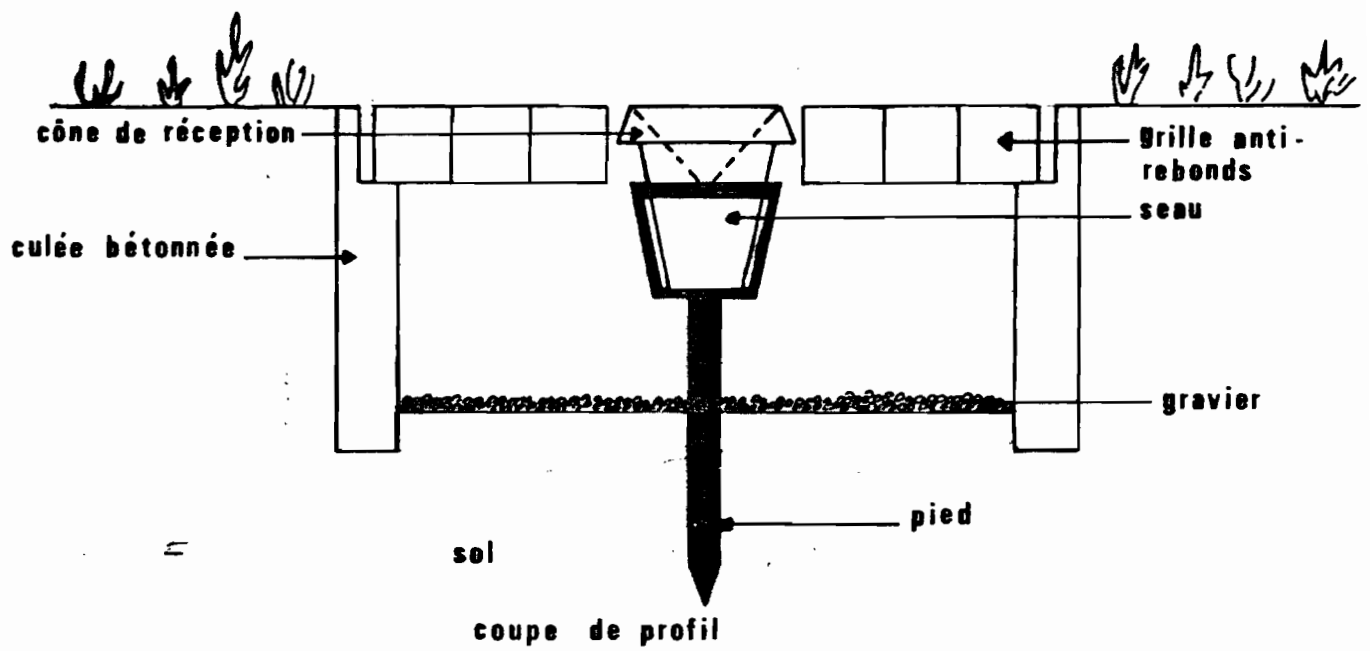


FIG. 6: Schéma d'ensemble d'un Pluviomètre



vue de haut

FIG 7 : Pluviomètre au sol (type Snowdon)

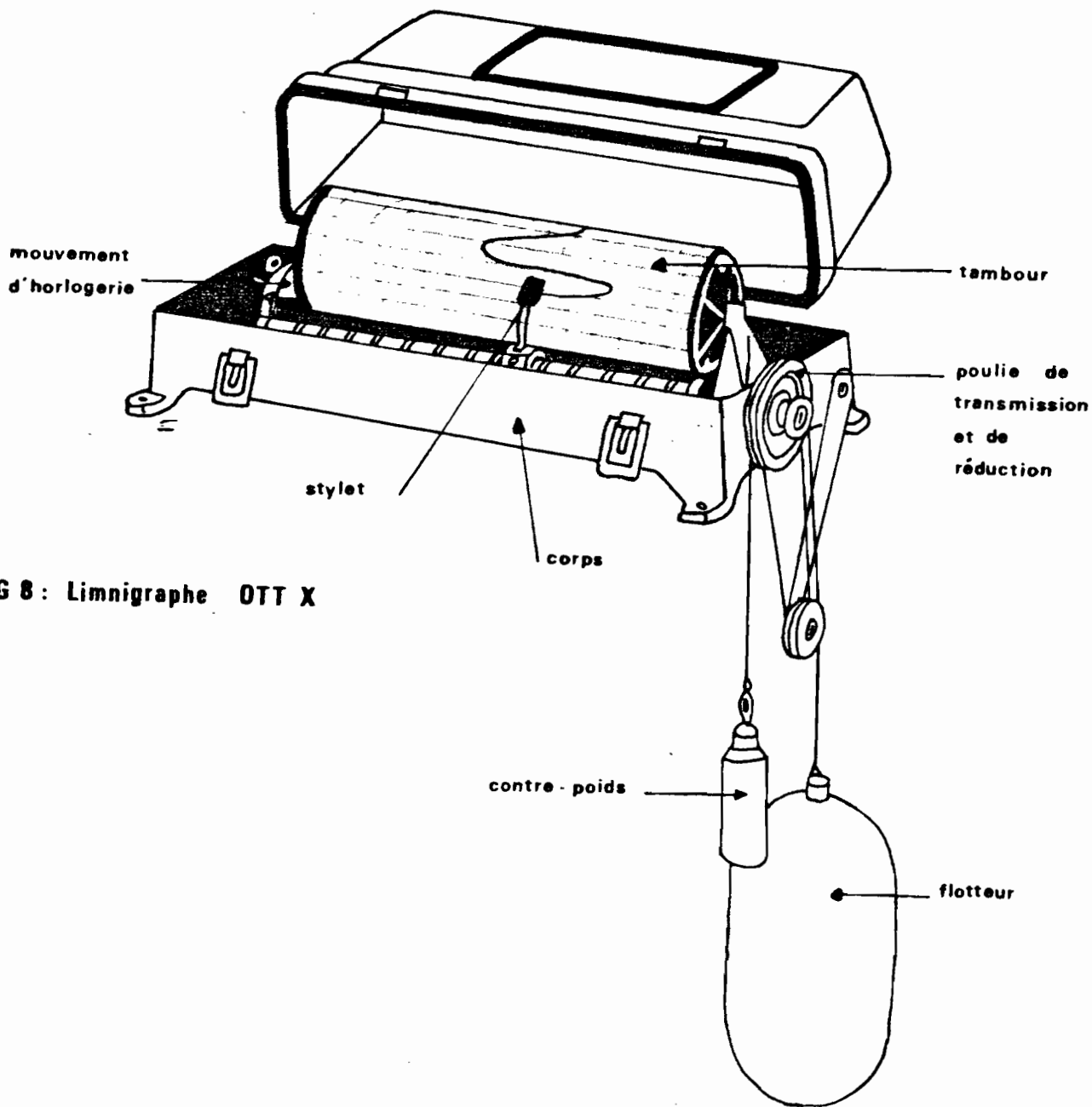


FIG 8 : Limnigraphe OTT X

Il est constitué d'un carter étanche à l'intérieur duquel se trouve un tambour horizontal. Celui-ci est relié sur chassis par l'intermédiaire de paliers à billes. Un système d'horlogerie assure sa rotation complète en 24 H. Les mouvements du flotteur en contact avec l'eau de la rivière sont transmis à la portée imprimante par une cablette métallique passant sur une poulie. L'autre extrémité du câble porte un contrepoids équilibrant le flotteur (voir fig 8).

II 2 - Les observations

II 2 - 1 - La station climatologique

La station climatologique est située à environ 2 Km au nord-est du bassin. Elle a été mise en place pour compléter le dispositif d'observation du Bassin versant de Booro-Borotou.

Elle comprend :

- . un héliographe
- . un anémographe directionnel
- . des pluviomètres
- . deux bacs d'évaporation
- . un abri météorologique pour les thermomètres.

Les relevés sont effectués quotidiennement à 6H, 12 H et 18 H par un observateur qualifié (voir fig 9).

- L'héliographe est un héliographe CASELLA type Campbell - Stokes. C'est un appareil qui mesure le nombre d'heures d'insolation au cours d'une journée. Il est constitué par une sphère pleine en verre optique, chargée de concentrer les rayons de soleil sur une bande de papier graduée, convenablement courbée et orientée. Lorsque le soleil brille la température développée au foyer de l'appareil est suffisante pour carboniser le papier. (Voir fig 10).

Centre ORSTOM d' Adiopodoumé

PROGRAMME HYPERBAV

Station climatologique de Booro-Borotou

Relevé du : 2 4 0 6 8 6
 jour mois année

Observateur : M S
 Contrôleur : J M
 Initiales

* : observations directes

Températures (1/10 °C)

| | 6 h | 12 h | 18 h |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| sèche | <u>2 2 4</u> | <u>3 0 0</u> | <u>3 0 6</u> |
| humide | <u>2 1 6</u> | <u>2 4 4</u> | <u>2 3 6</u> |
| maxi | | | <u>3 2 0</u> |
| mini | <u>2 2 0</u> | <u>2 2 0</u> | |
| bac 1 | <u>2 7 2</u> | <u>2 9 5</u> | <u>3 0 7</u> |
| humidité relative (%) | <u> </u> | <u> </u> | <u> </u> |
| tension de vapeur (mb) | <u> </u> | <u> </u> | <u> </u> |

Pluviométrie (1/10 mm) relevée à 6 h

| | | |
|--------------|-----------|----------------|
| pluviographe | P01 | • <u>1 9 5</u> |
| pluvio | 1 m P02 | • <u>1 9 8</u> |
| pluvio | 10 cm P03 | • <u>1 9 4</u> |
| pluvio | sol P04 | • <u>1 8 9</u> |

Bacs d'évaporation (1/10 litre) relevés à 6 h

| | | | |
|-------|-------------|------------------|-------|
| bac 1 | eau | • <u>- 1 5 9</u> | } 3.7 |
| bac 2 | eau & huile | • <u>- 1 9 6</u> | |

Totalisateur (mm)

relevé le 1er et le 15 du mois à 6 h •

Nélographe (1/10 heure) 0 9 4

Pose du diagramme . 6 h
Retrait 18 h

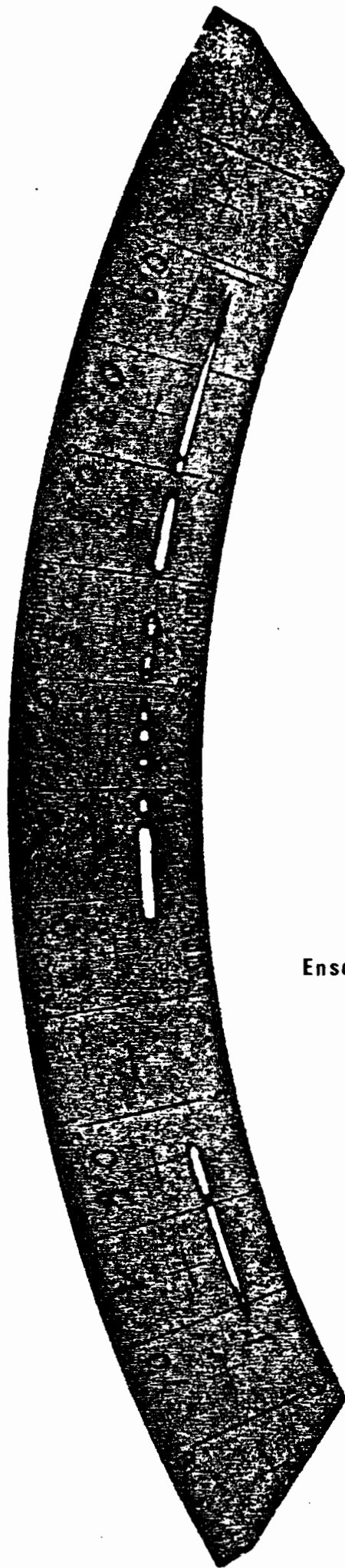
Anémographe

Contrôle horaire à midi

distance (km),
direction
(N, NW, W, SW, S, SE, E, NE)

| 6 h | 12 h | 18 h | 24 h |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <u>1 9 5</u> | <u>4 4 5</u> | <u>3 6 0</u> | <u>1 8 0</u> |
| <u>W</u> | <u>S W</u> | <u>S W</u> | <u>S W</u> |

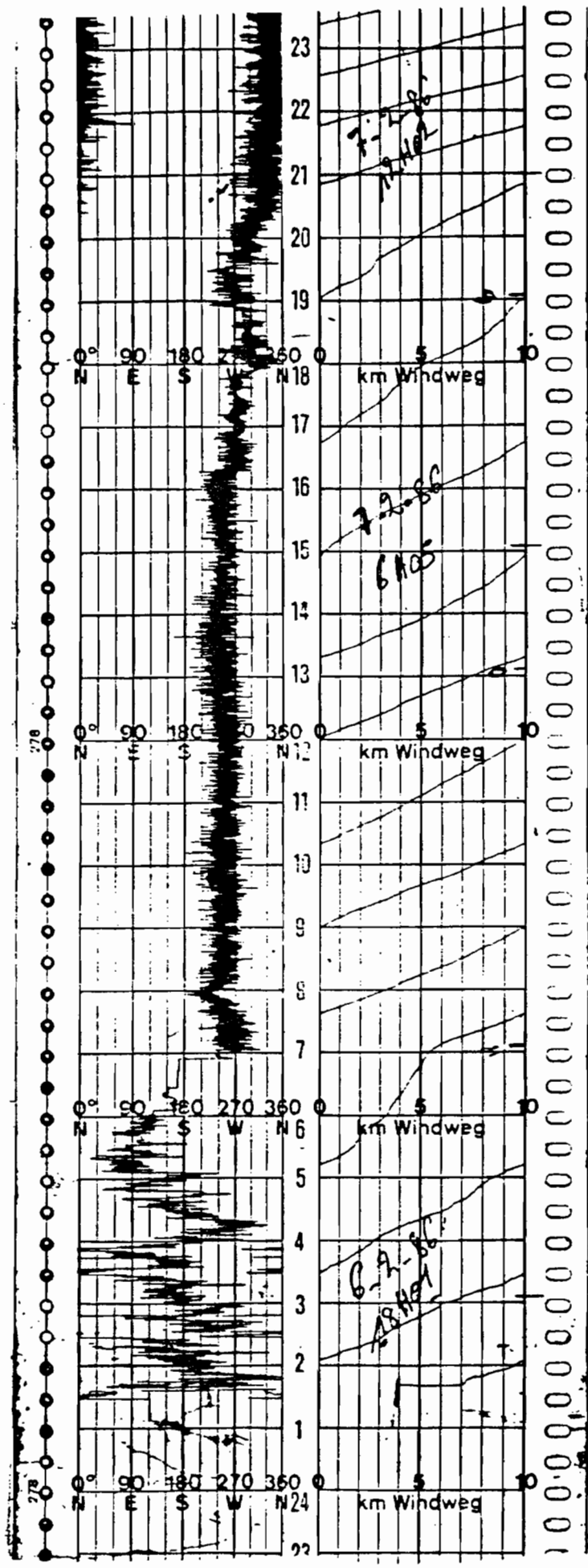
FIG 9 : Feuille de relevé climatique quotidien



Ensoleillement : 6,7 heures

FIG 10 : Héliogramme

FIG 11: Anémogramme



- L'Anémographe : LAMBRECHT sert à enregistrer la vitesse et la direction du vent. (Voir fig 11).
- Les pluviomètres sont de même types que ceux décrits dans le II 1 - 1
- L'abri météorologique est de dimension standard : il contient un Thermomètre à minima, un thermomètre à maxima, un psychromètre qui mesure la température ambiante et la température à 100 % d'humidité. Avec ces deux données on peut déterminer grâce à la formule psychrométrique la tension de vapeur d'eau saturante de l'air et l'humidité relative de l'air.
- Les deux bacs d'évaporation : ce sont 2 bacs de 1 m² sur 60 cm de profondeur ; ils sont enterrés de telle façon que l'eau soit au niveau du sol avec un rebord de 10 cm. Une pointe fixée retournée est calée au niveau normal de l'eau. L'un des bacs est recouvert d'une mince couche d'huile qui empêche l'évaporation et qui permet en même temps de mesurer l'eau de pluie tombée. (1 l d'eau retiré ou manquant correspond à 1 mm d'eau de pluie tombée ou évaporée).

II 2 - 2 La pluviométrie

Le bassin est couvert par 10 pluviomètres et 2 pluviographes. Les observations à chaque poste sont effectuées chaque matin par un lecteur, qui mesure la pluie tombée dans le seau récupérateur, avec une éprouvette spéciale graduée en 1/10 mm de pluie (Voir fig 12). A la fin de chaque mois les données sont envoyées au Centre d'Adiopodoumé pour stockage et traitements. (Voir fig 13).

II - 2 - 2 - 1 La pluviométrie moyenne

Pour calculer la pluviométrie moyenne on peut utiliser la méthode de la moyenne arithmétique simple, mais on préférera ici utiliser la méthode de Thiessen qui se veut plus précise et qui est très facile à mettre en oeuvre lors

BASSIN VERSANT DE BOORO - BOROTOU
PROGRAMME HYPERBAV
Feuille de tournée quotidienne

DATE : 22/07/86....

Limnigraphes :

Station amont : - Canal H=..... à ... h ...
- Déversoir H=.80,5... à 1,0 h 2,4
Station aval : - Canal H=.20,1... à .7 h 4,2
- Déversoir H=.17,9... à .7 h 4,5

Pluviométrie :

| Pluviomètre | Pluie | Heure | Observation |
|-------------|-------|-------|----------------|
| P11 | 12,1 | 8H32 | P11C=12,9 8H35 |
| P12 | 12,4 | 7H59 | P12C=12,3 8H05 |
| P21 | 11,8 | 8H40 | |
| P22 | 12,5 | 8H49 | |
| P23 | 11,8 | 8H43 | |
| P24 | 11,5 | 8H23 | |
| P25 | 12,6 | 8H56 | |
| P26 | 12,0 | 8H10 | |
| P27 | 11,7 | 8H18 | |
| P28 | 11,9 | 9H05 | |
| P29 | 11,8 | 7H52 | |
| P31 | 12,1 | 8H01 | |
| P32 | 11,9 | 8H12 | |
| P33 | 11,8 | 8H25 | |
| P40 | 11,7 | 7H36 | |

FIG 12 : Pluviométrie quotidienne

| | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUN | JUL | AOU | SEP | OCT | NOV | DEC | |
|--------|-----|------|------|------|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 1 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 10.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 1 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 7.9 | 0.0 | 0.0 | 4.9 | 6.6 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 2 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 16.3 | 0.0 | 21.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 3 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 10.1 | 22.8 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 4 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 5 |
| 6 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 7.9 | 0.0 | 10.3 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 6 |
| 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.1 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 7 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 8 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 33.2 | 0.0 | 8.6 | 1.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 9 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 10 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 11 |
| 12 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 12 |
| 13 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 30.6 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 13 |
| 14 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.2 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 14 |
| 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.8 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 15 |
| 16 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.8 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 16 |
| 17 | 0.0 | 0.0 | 16.2 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 17 |
| 18 | 0.0 | 13.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 18 |
| 19 | 0.0 | 3.4 | 18.1 | 1.6 | 11.8 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 19 |
| 20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 20 |
| 21 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 25.3 | 8.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 21 |
| 22 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 22 |
| 23 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.8 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 23 |
| 24 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 24 |
| 25 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.7 | 7.8 | 45.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 25 |
| 26 | 0.0 | 8.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 26 |
| 27 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.5 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 27 |
| 28 | 0.0 | 22.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 28 |
| 29 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 29 |
| 30 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | 16.6 | 0.0 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | -999.9 | 30 |
| 31 | 0.0 | | 0.0 | | 1.5 | | -999.9 | -999.9 | | -999.9 | | -999.9 | 31 |
| Totaux | 0.0 | 48.8 | 75.4 | 64.1 | -116.2 | 111.6 | -39.0 | -2999.9 | -2999.9 | -2999.9 | -2999.9 | -2999.9 | |

FIG 13 : Feuille récapitulative de pluviométrie

du traitement informatique.

- La méthode de Thiessen : (Voir fig 14)

Il s'agit dans un premier temps de calculer la zone d'influence de chaque pluviomètre ; on pourra admettre alors que chaque poste pluviométrique récolte la précipitation moyenne sur sa zone d'influence. Pour déterminer une zone d'influence d'un pluviomètre :

- . on relie les 3 pluviomètres les plus proches
- ≡ . on relie les milieux de chaque base de triangle
- . on trace alors les zones d'influence de chaque pluviomètre
- . On planimètre alors chaque surface

Le coefficient de Thiessen est le pourcentage de la surface du bassin occupée par la surface d'influence de chaque pluviomètre.

$$C_i = \frac{S_i}{S_t}$$

AVEC C_i : coefficient de Thiessen

S_i : surface de la zone d'influence

S_t : surface totale

Récapitulation :

| | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|
| POSTES | 11 | 12 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| Coef en % | 11,2 | 13,5 | 7,1 | 8,3 | 12,0 | 5,0 | 11,4 | 7,8 | 4,7 |

| | | | |
|-----------|-----|-----|-----|
| POSTES | 28 | 29 | 40 |
| Coef en % | 8,4 | 8,4 | 2,2 |

EQUIPEMENT PLUVIOMETRIQUE ET POLYGONES DE THIESSEN

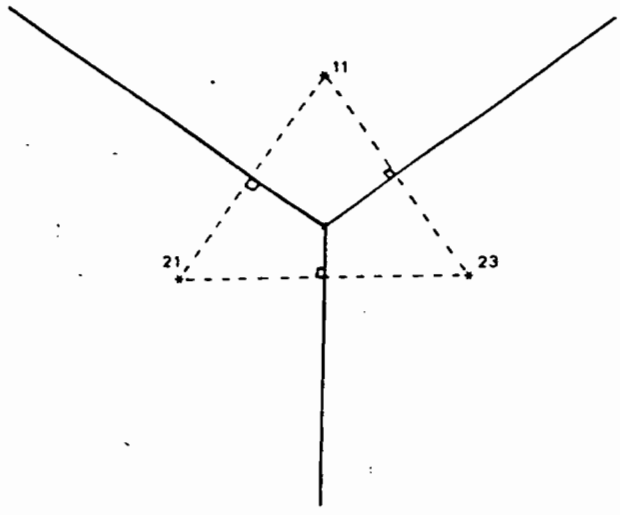
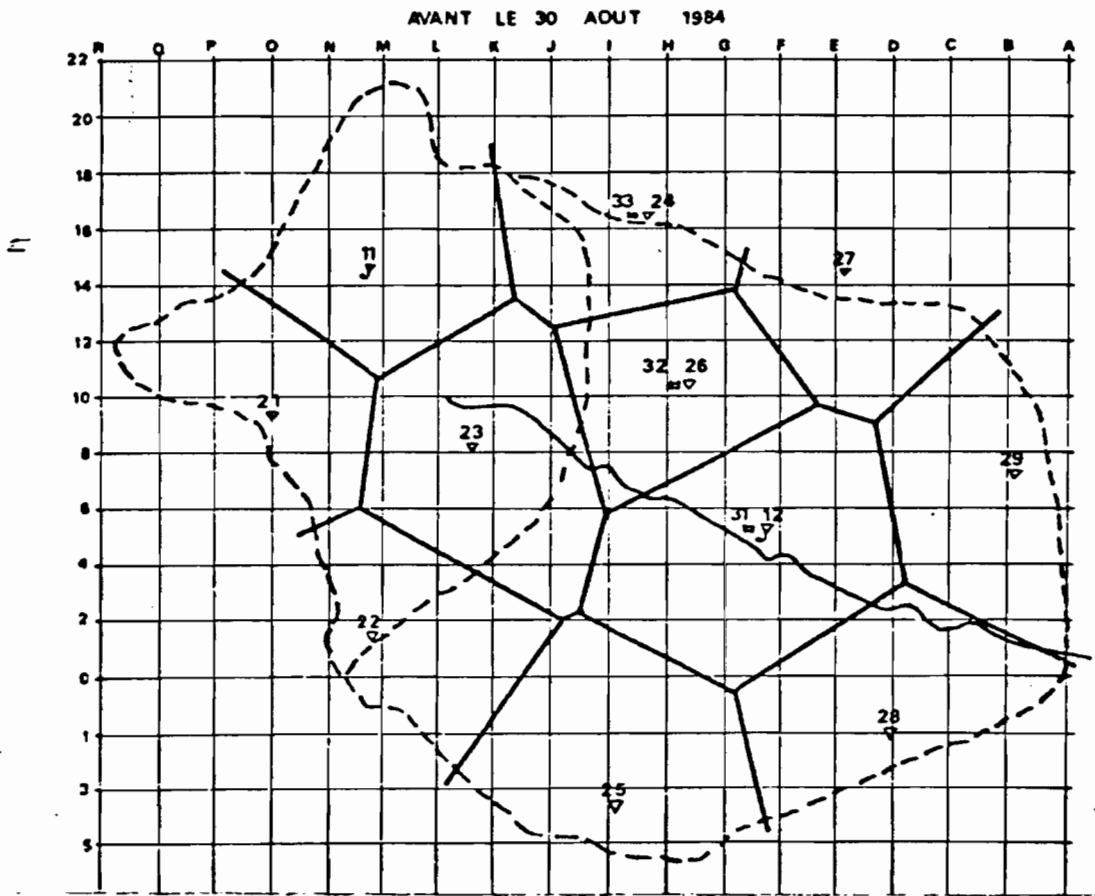


FIG 14 : Détermination de la zone d'influence de chaque poste

- La pluviométrie moyenne/journalière :

Avec les différents coefficients de Thiessen calculés ci-dessus, on calcule la pluie moyenne par la relation :

$$P_m = \sum_{i=1}^N C_i \times P_i$$

où P_m : pluie moyenne (m)

C_i : coefficient de Thiessen pour le pluviomètre (%)

P_i : pluie mesurée au pluviomètre i . (m)

On peut alors calculer le volume de pluie tombée sur le bassin par la formule

$$V = P_m \times S_t$$

où V = volume de pluie tombée en (m^3)

P_m = pluie moyenne en (m)

S_t = surface totale en (m^2)

II 2 - 3 La Simulation de pluie

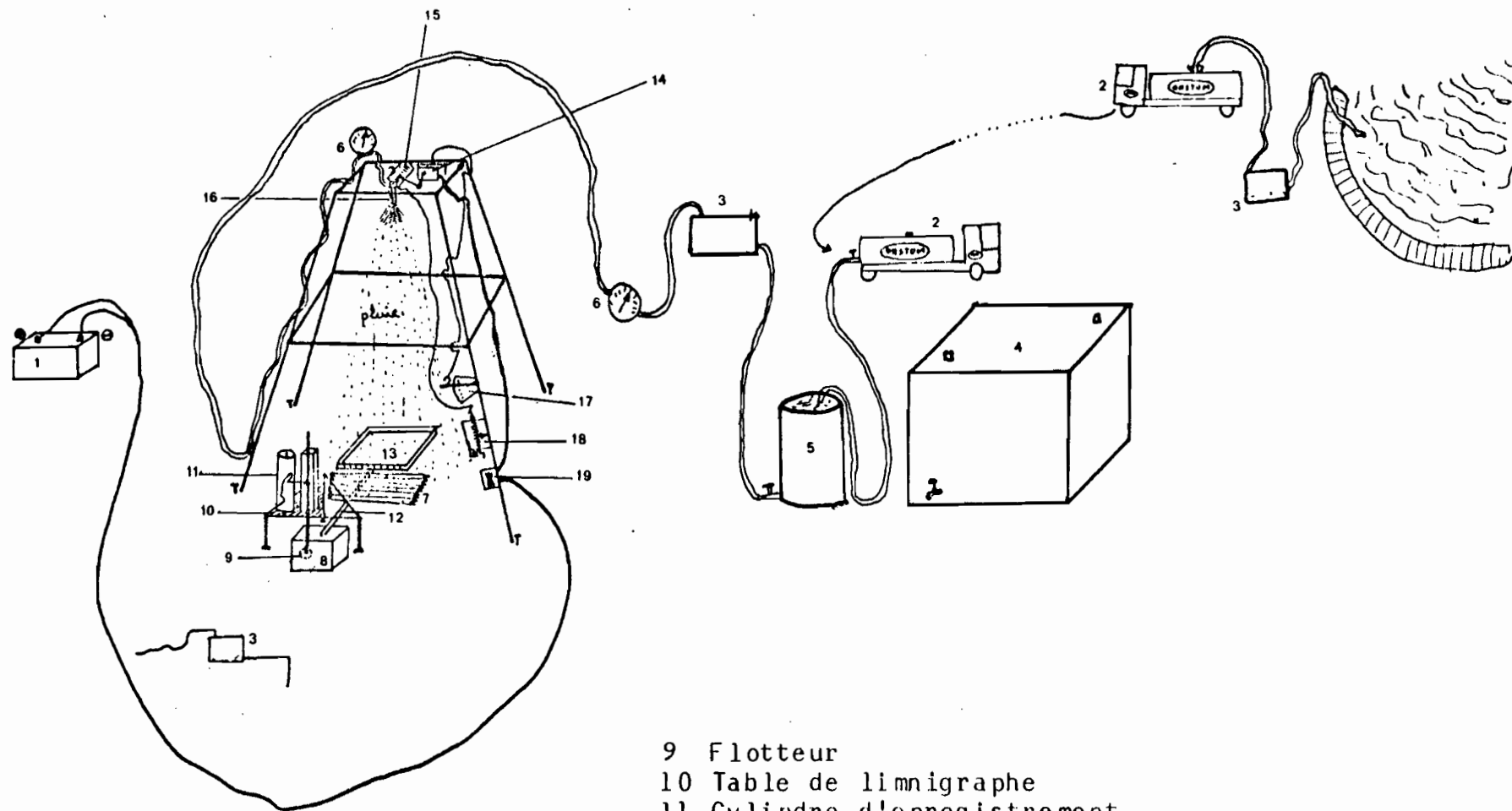
II 2 - 3 - 1 Objectif du Simulateur de pluie

Le simulateur de pluie sert à évaluer le coefficient de ruisseler d'un sol. Il mesure une lame ruisselée sous une pluie artificielle et par voie de conséquence la lame infiltrée. La méthode consiste à faire tomber artificiellement de la pluie sur une parcelle de un mètre carré ($1 M^2$) préalablement choisie pour sa représentativité vis à vis du bassin. Ces pluies ont des intensités et fréquences comparables aux pluies naturelles.

Les résultats ainsi obtenus pour chaque parcelle de simulation sont transposés à l'ensemble du bassin.

Le simulateur permet d'éviter des campagnes de mesures longues et onéreuses pour l'étude de la relation pluie - débit sous pluies naturelles,

FIG 15 : Principe d'utilisation du simulateur de pluie



Batterie 12 V
 Camion citerne
 Moto-pompe
 Réserve 1000 l
 Réservoir d'alimentation
 Manomètre
 Tôle de protection
 Cuve de récupération des eaux de ruissellement

9 Flotteur
 10 Table de limnigraphe
 11 Cylindre d'enregistrement
 12 Goulotte de drainage
 13 Parcelle d'expérimentation
 14 Moteur produisant le mouvement de balancier
 15 Tige de réglage de l'amplitude du balancement
 16 Gicleur
 17 Plaque de centrage du système asperseur
 18 Manivelle de réglage de 15
 19 Interrupteur

nécessaire à tout aménagement hydraulique.

II 2 - 3 - 2 Description du simulateur (Voir fig 15)

Le simulateur de pluie a été mis au point par des chercheurs du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé (J. Asseline et C. Valentin) et se compose de trois parties :

- un mécanisme d'aspersion fixé au sommet d'une armature en fer de forme pyramidale; composé d'un gicleur calibré, lui-même monté sur un bras mobile et animé d'un mouvement pendulaire. L'angle de balancement du gicleur peut être réglé, conditionnant alors le volume, donc l'intensité de la pluie qui arrive au niveau de la parcelle d'un mètre carré ; la pression au niveau du gicleur restant constante.

- la parcelle d'essai : se situe au centre de la pyramide. Elle est délimitée par un cadre métallique de 1 m² enfoncé dans le sol de 5 cm. L'ava au raz du sol est percé de trous évacuateurs et d'un canal collecteur qui recueille le ruissellement.

- Le matériel d'enregistrement est situé en aval de la parcelle. Il est constitué d'une cuve de recueillement des eaux ruisselées et, au dessus, d'un limnigraphe de précision à grande vitesse d'avancement, qui enregistre les hauteurs d'eau, le tout réglé parfaitement horizontal. Le flotteur du limnigraphe est relié à la plume par une tige chromée, une pompe assure la vidange sans gêner l'expérience. Le graphe de la lame ruisselée cumulée par rapport au temps s'inscrit autour d'un tambour à révolution en 90 minutes.

Le tout est alimenté en électricité et eau par une batterie de 12 volts et par des motopompes. L'armature est recouverte par une bâche pour éviter l'influence néfaste du vent.

II 2 - 3 - 3 La simulation

- Les sites sont choisis en fonction des états de surface du sol, de la végétation et des organisations pédologiques. Il est à noter que les voies d'accès aux parcelles peuvent être parfois déterminantes pour le choix d'un site. Enfin, le site peut comprendre plusieurs parcelles pour tester l'hétérogénéité locale (par exemple celle de la végétation : champs brûlés.. Chaque parcelle est décrite très finement pour sa flore, sa faune et l'état du sol.

- l'humidité du sol s'obtient par deux méthodes :

• Le calcul d'indice IK : c'est l'indice de type KOELER et LINSLEY (1951), retenu et défini par A. CASENAVE (1982) et P. CHEVALLIER (1983) pour la simulation par la formule :

$$\text{soit } i \text{ une pluie} \\ \text{on a } IK_i = (IK^{i-1} + P^{i-1}) \times \exp(-L \times Ta)$$

avec IK_i : valeur de l'indice de la pluie i

IK_{i-1} : valeur de l'indice au début de la pluie précédente

P_{i-1} : hauteur de la pluie précédente en mm

ta : temps en fraction de jours séparant la fin de la pluie précédente $i - 1$, au début de la pluie i

L : coefficient d'ajustement (égal à 0,5 à Booro-Borotou)

• La mesure gravimétrique par prélèvement de sol :

on prélève à la tarière de 30 mm de diamètre, avant chaque pluie, trois échantillons de terre à différentes profondeurs (5, 10, 20, 60 cm), juste autour de la parcelle. Chaque boîte est pesée humide puis envoyée à Adiopodoumé pour un séchage à l'étuve et une nouvelle pesée sèche.

L'étalonnage du simulateur, pour avoir des pluies simulées de 60 mm, de récurrence annuelle "A", se fait selon le protocole d'intensités suivant :

| | | | | | | |
|---------------------|----|----|-----|----|----|----|
| Durée min. | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Intensité (mm/h) | 40 | 60 | 120 | 90 | 75 | 40 |

Pour cela on trace des droites dont les pentes correspondent aux intensités, sur la feuille du limnigraphe : l'axe des abscisses est gradué en temps et l'axe des ordonnées en hauteur d'eau ruisselée.

L'étalonnage se fait, en faisant varier l'angle d'oscillation du gicleur grâce à un système de tige filetée reliée à un compteur à chiffre, et à une plaque munie de trous; l'eau tombant sur un impluvium de tôle qui recouvre la parcelle qui va être expérimentée. On obtient les bonnes intensités quand les droites obtenues sont confondues avec celles tracées préalablement. On note alors les chiffres du compteur et le numéro du trou de la plaque de réglage.

II 2 - 3 - 4 Analyse des données obtenues (voir fig 16)

II 2 - 3 - 4 - 1 Relation - lame ruisselée - pluie utile -

Indice d'humectation

A. CASENAVE (1982) a étudié les relations entre ces trois paramètres et en déduit graphiquement que :

$$L = a IK + b$$

a et b varient linéairement avec la pluie utile sous la forme :

$$a = \alpha Pu + \beta$$

$$b = \gamma Pu + \delta$$

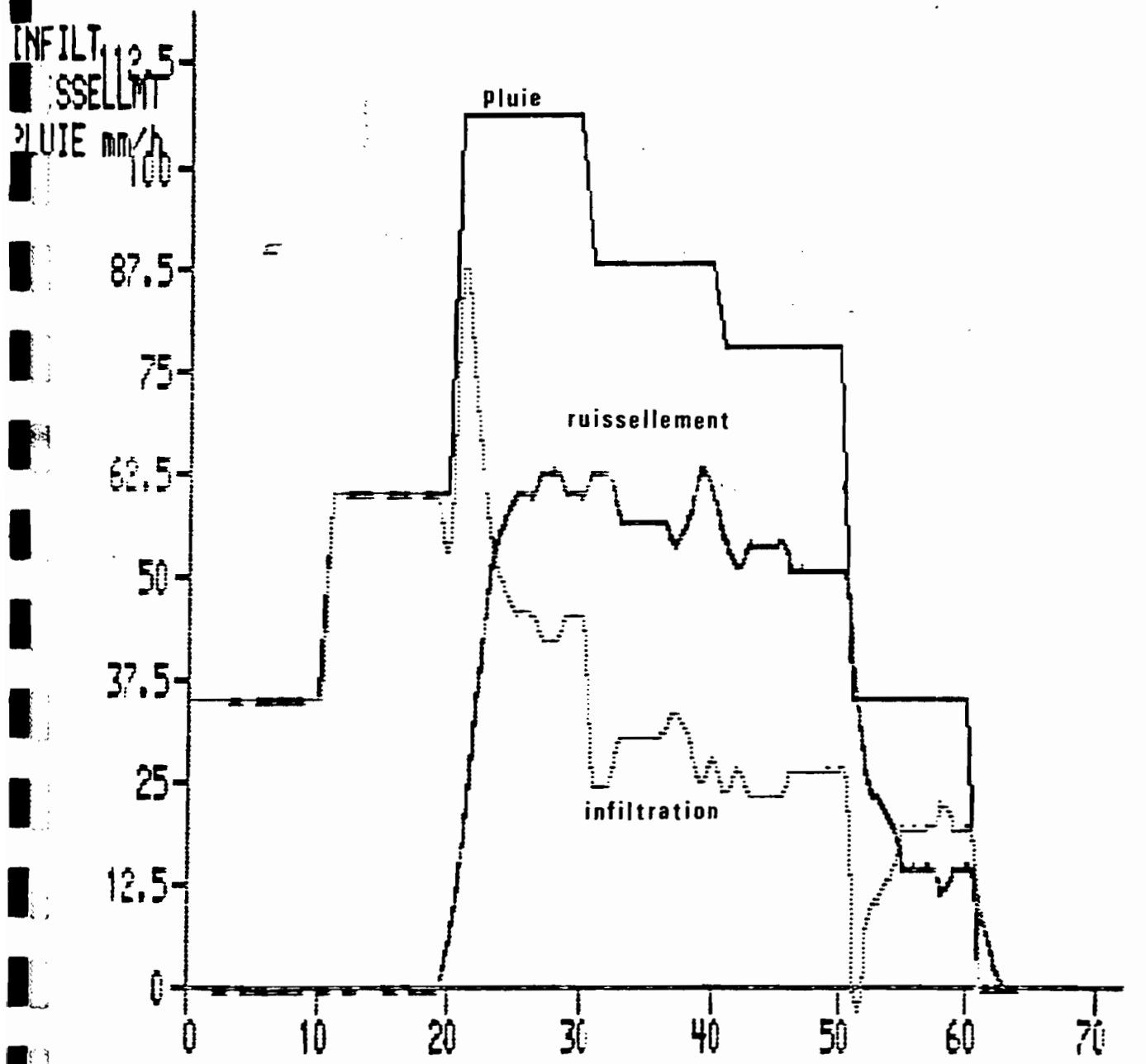
Si on remplace a et b par leurs équations dans celle de la lame ruisselée, on obtient finalement la relation complète liant Lr à IK et Pu :

$$Lr = (\alpha Pu + \beta) \cdot IK + \gamma Pu + \delta$$

$$\text{d'où } Lr = (\alpha Pu \cdot IK) + \beta IK + \gamma Pu + \delta$$

FIG 16: Simulation de pluie

Comparaison des graphes Pluie - Ruissellement - Infiltration



DORO-BOROTOU LE 05/02/1986. PARCELLE 14, PLUIE 2

TEMPS mn

avec Lr : lame ruisselée (m)

IK : indice d'humectation

Pu : pluie utile (m)

II 2 - 3 - 4 - 2 Les coefficients de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est l'aptitude au ruissellement d'un sol. On peut le calculer en fonction de la pluie efficace (Pe) :

$$Kre = \frac{Lr + Dr}{Pe} \times 100 \quad (\text{en } \%)$$

et en fonction de la pluie utile Pu :

$$Kru = \frac{Lr + Dr}{Pu} \times 100 \quad (\text{en } \%)$$

avec Lr = lame ruisselée (m)

Dr = détention récupérable ou lame recueillie après la fin de la pluie. (m)

II 2 - 3-4 - 3 Transposition des résultats à l'échelle du bassin

Pour calculer la lame ruisselée du Bassin pour une pluie donnée P_u et un indice d'humectation (IK) on planimètre chaque superficie que représente chaque parcelle i soit C_i (en %) et on utilise la relation :

$$L_{re} = \sum_{i=1}^N C_i L_{ri}$$

Avec C_i = coefficient de pondération de la parcelle i

L_{ri} = lame ruisselée

N = nombre de parcelles.

La simulation de pluie permet donc de réduire d'une façon considérable les coûts et le temps qu'il faut pour une étude hydraulique.

Il est cependant nécessaire de simuler pendant les différentes saisons car l'influence de la végétation et le développement de la mésofaune (termites fourmis) peut parfois prendre des proportions notables. Les résultats sont théoriques, il est donc parfois nécessaire de les relativiser sans toutefois les discriminer.

II 2 - 4 Hydrométrie

Afin d'étudier les régimes des rivières il faut savoir le débit de ces rivières à chaque instant. Une mesure de débit est une opération longue et coûteuse, c'est pourquoi on établit expérimentalement une loi qui lie le niveau de l'eau au débit de la rivière. Il est en effet très simple de suivre avec un enregistreur et par lecture directe ces niveaux.

A Booro-Borotou, il existe 2 stations hydrométriques, l'une à l'exutoire, l'autre au 2/3 amont, du bassin principal.

II 2 - 4 - 1 Mesure des hauteurs

Il existe deux moyens de mesurer la hauteur :

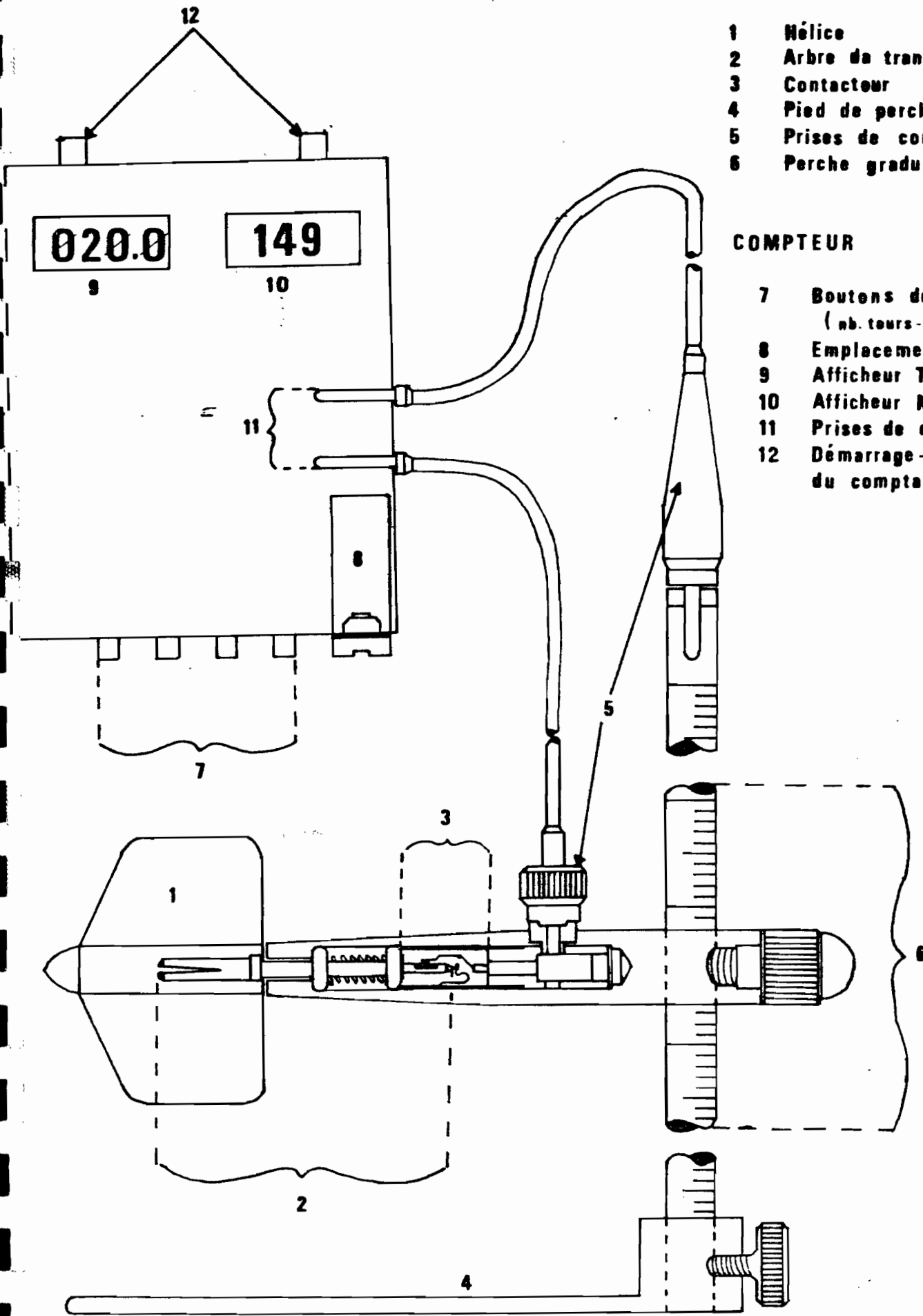
FIG 17: Moulinet à signalisation électrique

MOULINET

- 1 Hélice
- 2 Arbre de transmission
- 3 Contacteur
- 4 Pied de perche
- 5 Prises de contact
- 6 Perche graduée

COMPTEUR

- 7 Boutons de réglages (nb. tours-temps)
- 8 Emplacement des piles
- 9 Afficheur Temps
- 10 Afficheur Nb. tours
- 11 Prises de contact
- 12 Démarrage-Arrêt du comptage



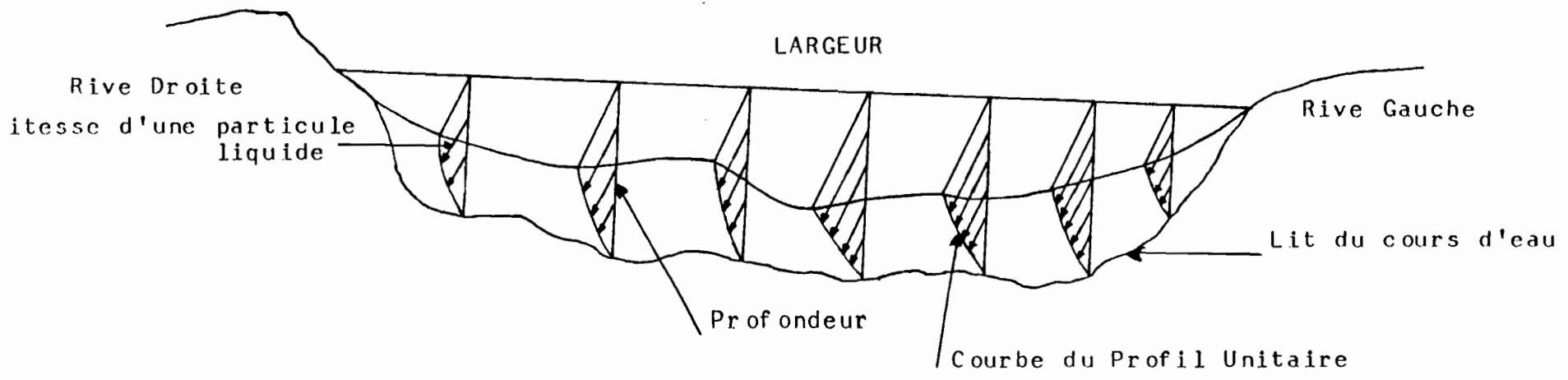


FIG 18 : Représentation du débit

- Les échelles limnimétriques : c'est une plaque graduée, en métal émaillé, installée de telle façon que l'extrémité inférieure trempe toujours dans l'eau lors des étiages les plus sévères.
- Les limnigraphes : ils ont été décrits dans le II 1 - 5 - 2

II 2 - 4 - 2 Mesure de débit

- Matériel de jaugeage : le moulinet est composé d'un organe mobile ou hélice qui détecte la vitesse du courant. Cette hélice transmet les indications à un contacteur chargé de fermer un circuit électrique. Il existe un boîtier qui indique le nombre de tour (N) en fonction du temps (t). (Voir fig 17)

Chaque hélice est caractérisée par une formule d'étalonnage

$V = a N + b$ où a et b sont déterminés et fournis par le constructeur avec l'hélice.

II 2 - 4 - 2 - 1 Principe de jaugeage

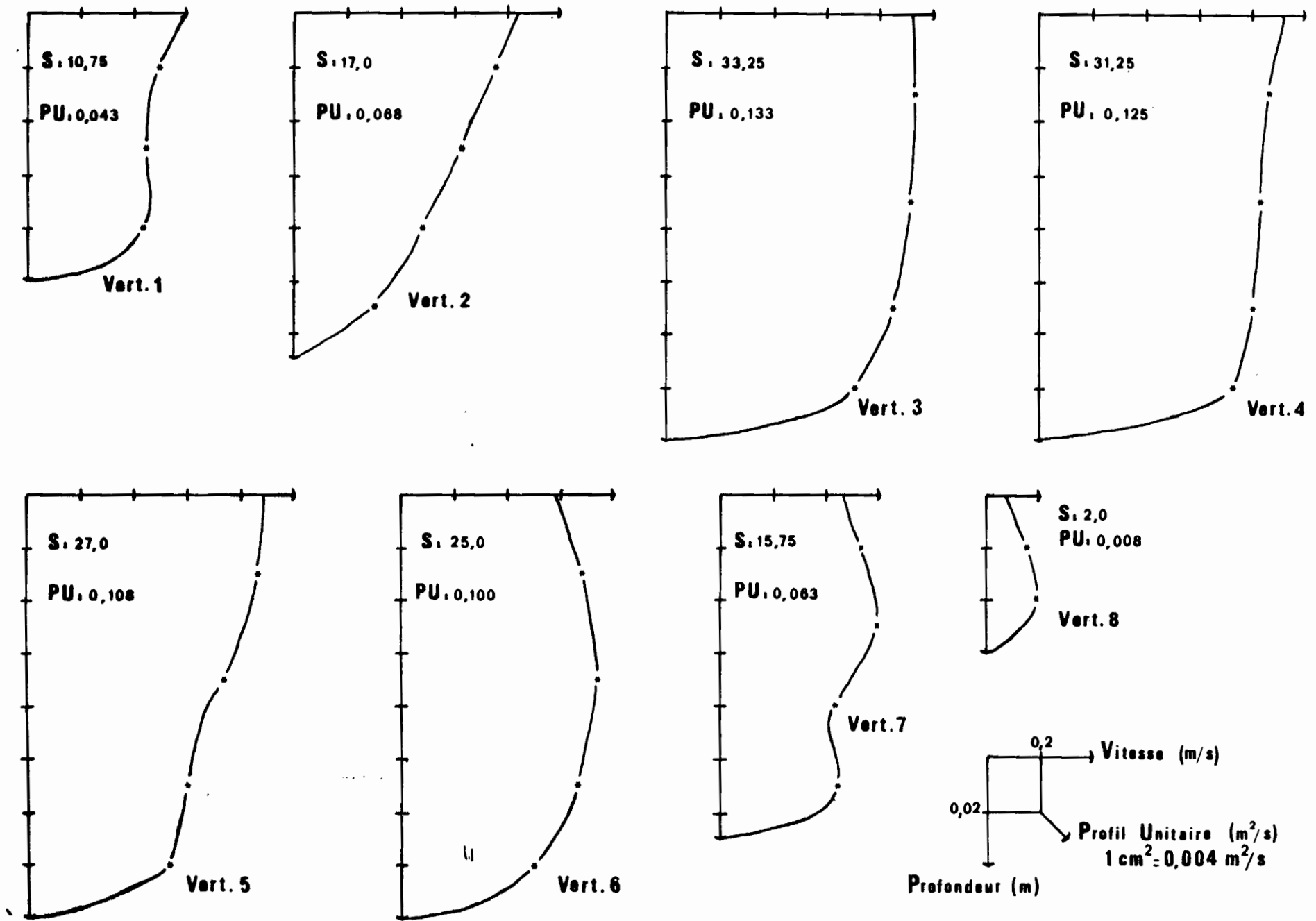
Le jaugeage sert à mesurer les vitesses dans une section bien déterminée d'une rivière. Il permet ainsi de calculer le débit et de déterminer la section mouillée.

Pour cela, il faut choisir une section où les filets d'eau sont parallèles entre eux, où les vitesses sont constantes dans le temps et, où la hauteur d'eau à l'échelle limnimétrique ne varie pas. On détermine alors en travers de la rivière une série de verticales bien distinctes des unes des autres. Chaque verticale est alors jaugée du fond de la rivière à la surface en passant par les points intermédiaires. Pour chaque point la vitesse est soigneusement notée (voir fig 18, 19)

II 2 - 4 - 2 - 2 Calcul du débit de rivière

Pour chaque verticale jaugée, on obtient une courbe ou parabole

FIG 20: Courbes des Profils Unitaires



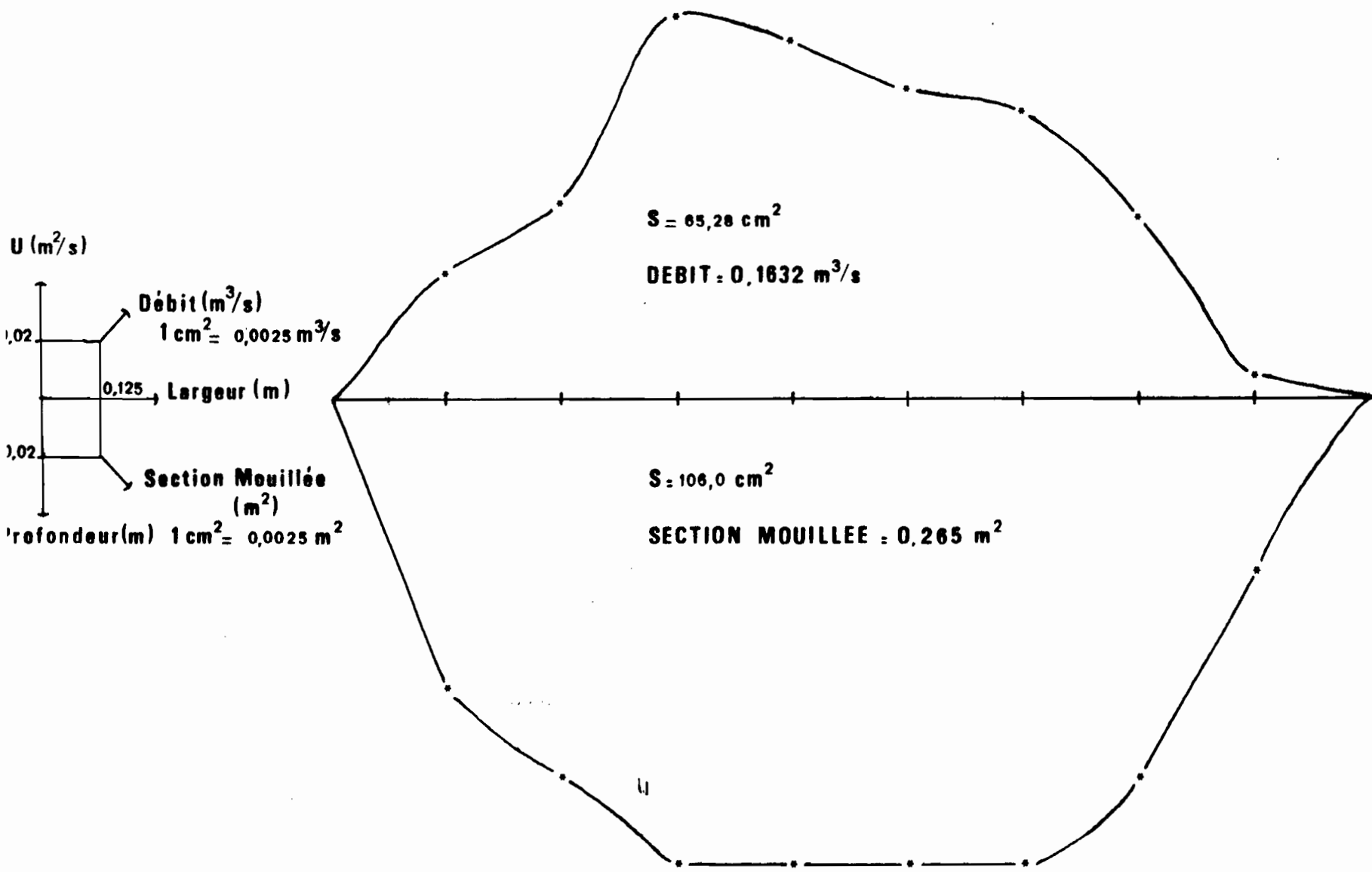


FIG 21: Courbes de Débit et de Section Mouillée

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE

*** HYDROMETRIE ***
LISTE DES JAUGEAGES

16/04/1986 A 11H59

STATION : 1092599172-1 BOORO-AMONT
RIVIERE : HYPERBAV
PAYS : COTE D'IVOIRE
BASSIN : SASSANDRA

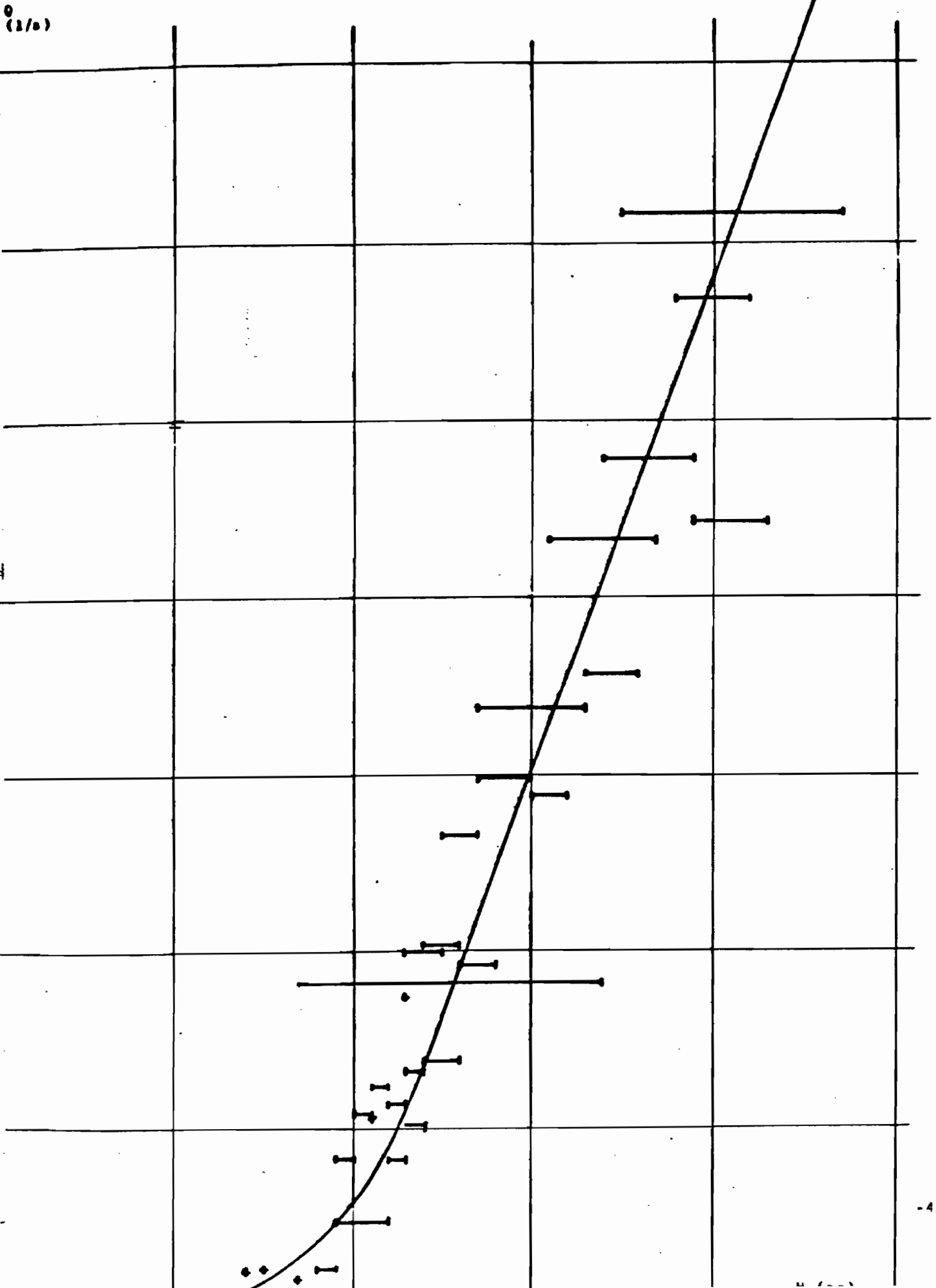
ALTIT. 439M
AIRE 0,455000 KM2
ORDRE CHRONOLOGIQUE

| NO ! | DATE | HEURE ! | COTE ! | DEBIT | AUTEUR |
|------|------------|-----------|----------|----------|------------|
| 1 ! | 09/07/1985 | A 12H44 ! | 822*CM ! | 41,2 L/S | ! ETIENNE |
| 2 ! | 09/07/1985 | A 13H10 ! | 820* " ! | 23, " | ! ETIENNE |
| 3 ! | 09/07/1985 | A 15H01 ! | 818* " ! | 9,7 " | ! ETIENNE |
| 4 ! | 09/07/1985 | A 15H20 ! | 817 " ! | 7,7 " | ! ETIENNE |
| 5 # | 11/07/1985 | A 22H50 ! | 815 " ! | 10, " | ! ETIENNE |
| 6 ! | 11/07/1985 | A 23H00 ! | 823* " ! | 50,6 " | ! ETIENNE |
| 7 ! | 11/07/1985 | A 23H45 ! | 821 " ! | 53, " | ! ETIENNE |
| 8 ! | 27/07/1985 | A 09H00 ! | 825* " ! | 91,7 " | ! LAPETITE |
| 9 ! | 27/07/1985 | A 09H15 ! | 840* " ! | 309, " | ! LAPETITE |
| 10 ! | 27/07/1985 | A 09H30 ! | 836* " ! | 240, " | ! LAPETITE |
| 11 ! | 27/07/1985 | A 10H15 ! | 830* " ! | 169, " | ! LAPETITE |
| 12 ! | 27/07/1985 | A 10H20 ! | 825* " ! | 102, " | ! LAPETITE |
| 13 ! | 27/07/1985 | A 10H30 ! | 823 " ! | 87,4 " | ! LAPETITE |
| 14 ! | 27/07/1985 | A 10H45 ! | 821* " ! | 61,6 " | ! LAPETITE |
| 15 ! | 27/07/1985 | A 11H00 ! | 820* " ! | 54,3 " | ! LAPETITE |
| 16 ! | 27/07/1985 | A 11H05 ! | 819* " ! | 41,3 " | ! LAPETITE |
| 17 ! | 03/08/1985 | A 04H12 ! | 846* " ! | 397, " | ! LAPETITE |
| 18 ! | 03/08/1985 | A 04H20 ! | 840* " ! | 285, " | ! LAPETITE |
| 19 ! | 03/08/1985 | A 04H45 ! | 834* " ! | 217, " | ! LAPETITE |
| 20 ! | 03/08/1985 | A 05H00 ! | 828* " ! | 149, " | ! LAPETITE |
| 21 ! | 03/08/1985 | A 11H15 ! | 826* " ! | 133, " | ! LAPETITE |
| 22 ! | 03/08/1985 | A 11H30 ! | 824* " ! | 99,9 " | ! LAPETITE |
| 23 ! | 03/08/1985 | A 12H00 ! | 822* " ! | 57,2 " | ! LAPETITE |
| 24 ! | 03/08/1985 | A 18H00 ! | 814 " ! | 9,2 " | ! LAPETITE |
| 25 ! | 10/09/1985 | A 05H01 ! | 831* " ! | 144, " | ! ETIENNE |
| 26 ! | 19/09/1985 | A 04H50 ! | 834* " ! | 179, " | ! ETIENNE |
| 27 ! | 19/09/1985 | A 05H06 ! | 827* " ! | 95,7 " | ! ETIENNE |
| 28 ! | 19/09/1985 | A 05H30 ! | 825* " ! | 69,1 " | ! ETIENNE |
| 29 ! | 19/09/1985 | A 05H46 ! | 823* " ! | 65,8 " | ! ETIENNE |
| 30 ! | 19/09/1985 | A 06H15 ! | 841* " ! | 222, " | ! ETIENNE |

FIG 22 : Liste de jaugeages

FIGURE N° 23

COURBE D'ETALONNAGE DE BOORO-AMONT



Captteur : 1092599172-1

Station : BOORO-AMONT

Riviere : HYPERBAV

Tarage valide du 01/07/1985 à 00H00 JUSQU'A NOUVEL ORDRE
de +0805 CM à +0880 CM

Debits en L/S

| CM | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | CM |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-----|
| 800I | ***** | ***** | ***** | ***** | ***** | .000 | .388 | .777 | 1.17 | 1.56I | 800 |
| 810I | 1.94 | 2.33 | 2.72 | 3.11 | 3.50 | 6.50 | 9.50 | 13.8 | 18.0 | 23.5I | 810 |
| 820I | 29.0 | 37.0 | 45.0 | 56.5 | 68.0 | 82.0 | 96.0 | 110. | 124. | 138.I | 820 |
| 830I | 152. | 166. | 179. | 193. | 206. | 220. | 234. | 248. | 263. | 277.I | 830 |
| 840I | 291. | 305. | 319. | 334. | 348. | 362. | 376. | 390. | 405. | 419.I | 840 |
| 850I | 433. | 447. | 461. | 475. | 489. | 503. | 517. | 531. | 545. | 559.I | 850 |
| 860I | 573. | 587. | 601. | 615. | 629. | 643. | 657. | 671. | 685. | 699.I | 860 |
| 870I | 713. | 737. | 761. | 785. | 809. | 833. | 857. | 881. | 905. | 929.I | 870 |
| 880I | 953. | 3.18 | 3.27 | 3.37 | 3.47 | 3.57 | 3.66 | 3.76 | 3.86 | 3.95I | 880 |

FIG 24 : Barème d'étalonnage

de vitesse, qui représente la vitesse en fonction de la profondeur (on remarquera que la vitesse au fond de la rivière est nulle) (voir fig 20-21)

On planimètre la surface de chaque courbe obtenue : on obtient alors débits^{PU} (en m²/s), par unité de largeur au droit de la verticale considérée. On trace ensuite la courbe de variation de ces débits suivant la largeur de la section : le planimétrage de cette courbe donne le débit Q.

le dépouillement du jaugeage permet aussi l'obtention de :

- . La section mouillée S en (m²)
- . La vitesse moyenne $V_m = \frac{Q}{S}$ en (m/s)
- = . la vitesse de surface en (m/s)

II 2 - 4 - Transformation hauteur - débit

Il est possible, à tout instant de transformer la hauteur de l'eau H_e en débit Q. Pour cela il suffit de posséder la courbe de tarage ou d'étalonnage, qui représente pour chaque hauteur jaugée le débit Q correspondant. (voir fig 22-23) le tableau résultant de cette courbe s'appelle le barème d'étalonnage. (voir fig 24).

II 2 - 4 - 2 - 2 - 1 Résultats du jaugeage de la Séné à TOURESSO le 05/08/86

. Verticale n° 1

Profondeur : 0,10 m

Distance rive départ : 0,25 m

1 côte = 0,08 m Vit = 0,440 m/s

2 côte = 0,05 m Vit = 0,447 m/s

3 côte = 0,02 m Vit = 0,499 m/s

. Verticale n° 2

Profondeur : 0,13 m

Distance rive départ : 0,50 m

| | |
|-----------------|-----------------|
| 1 côte = 0,11 m | Vit = 0,311 m/s |
| 2 côte = 0,08 m | Vit = 0,435 m/s |
| 3 côte = 0,05 m | Vit = 0,632 m/s |
| 4 côte = 0,02 m | Vit = 0,760 m/s |

. Verticale n° 3

Profondeur : 0,16 m

Distance rive départ : 0,75 m

| | |
|-----------------|-----------------|
| 1 côte = 0,14 m | Vit = 0,712 m/s |
| 2 côte = 0,11 m | Vit = 0,848 m/s |
| 3 côte = 0,07 m | Vit = 0,921 m/s |
| 4 côte = 0,03 m | Vit = 0,938 m/s |

. Verticale n° 4

Profondeur : 0,16

Distance rive départ : 1,00 m

| | |
|-----------------|-----------------|
| 1 côte = 0,14 m | Vit = 0,733 m/s |
| 2 côte = 0,11 m | Vit = 0,802 m/s |
| 3 côte = 0,07 m | Vit = 0,837 m/s |
| 4 côte = 0,03 m | Vit = 0,872 m/s |

. Verticale n° 5

Profondeur : 0,16 m

Distance rive départ : 0,16 m

| | |
|-----------------|-----------------|
| 1 côte = 0,14 m | Vit = 0,534 m/s |
| 2 côte = 0,11 m | Vit = 0,597 m/s |
| 3 côte = 0,07 m | Vit = 0,736 m/s |
| 4 côte = 0,03 m | Vit = 0,865 m/s |

. Verticale n° 6

Profondeur : 0,13 m

Distance rive départ : 1,75 m

| | |
|-----------------|-----------------|
| 1 côte = 0,14 m | Vit = 0,499 m/s |
| 2 côte = 0,11 m | Vit = 0,659 m/s |
| 3 côte = 0,07 m | Vit = 0,729 m/s |
| 4 côte = 0,03 m | Vit = 0,680 m/s |

. Verticale n° 7

Profondeur : 0,13 m

Distance rive départ : 1,75 m

| | |
|-----------------|-----------------|
| 1 côte = 0,11 m | Vit = 0,416 m/s |
| 2 côte = 0,08 m | Vit = 0,416 m/s |
| 3 côte = 0,05 m | Vit = 0,586 m/s |
| 4 côte = 0,02 m | Vit = 0,524 m/s |

. Verticale n° 8

Profondeur : 0,06 m

Distance rive départ : 2,00 m

| | |
|-----------------|-----------------|
| 1 côte = 0,04 m | Vit = 0,182 m/s |
| 2 côte = 0,02 m | Vit = 0,151 m/s |

Q = 0.1632 m³/s

S = 0.265 m²

II 2 - 4 - 4 Calcul de la lame ruisselée

On appelle lame ruisselée, le volume d'eau qui s'est écoulé dans le bassin : on le calcule par la formule :

$$L = \frac{V \text{ (m}^3\text{)}}{S \text{ (Km}^2\text{)}} \times 10^{-3} \text{ (en mm)}$$

où L = lame ruisselée

V = volume écoulé dans la rivière

S = surface du bassin versant

Un exemple de calcul de la lame ruisselée de la rivière HYPERBAV à Booro-Borotou durant les mois de janvier à juin, se trouve dans les pages suivantes.

FIG 25 : Débits moyens journaliers

ORSTOM/LABO D HYDROLOGIE *** HYDROMETRIE ***

DEBITS MOYENS JOURNALIERS EN L/S -ANNEE 1986

01/01/1980

STATION : 1092599171 BOORO PRINCIPAL

LATIT. 8.28.53

RIVIERE : HYPERBAV

LONGIT. 7.34.43

PAYS : COTE D'IVOIRE

ALTIT. 426M

BASSIN : SASSANDRA

AIRE 1.36000 KM2

| J | JANV | FEVR | MARS | AVRI | MAI | JUIN | JUIL | AOUT | SEPT | OCTO | NOVE | DECE | J |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 1 | 1.01 | .352 | .685 | .248 | .292 | .602 | .335 | - | - | - | - | - | 1 |
| 2 | .986 | .593 | .511 | .675 | .334 | .466 | - | - | - | - | - | - | 2 |
| 3 | .959 | .398 | .762 | .358 | .267 | .343 | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 4 | .880 | .394 | .577 | .288 | .885 | 1.71 | - | - | - | - | - | - | 4 |
| 5 | .932 | .321 | .603 | .257 | .904 | .664 | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 6 | .935 | .378 | .518 | .236 | .435 | .435 | - | - | - | - | - | - | 6 |
| 7 | .854 | .509 | .396 | .211 | .511 | .570 | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 8 | .935 | .446 | .298 | .162 | .348 | .510 | - | - | - | - | - | - | 8 |
| 9 | .912 | .398 | .308 | .099 | .298 | .424 | - | - | - | - | - | - | 9 |
| 10 | .752 | .437 | 2.70 | .115 | .624 | .421 | - | - | - | - | - | - | 10 |
| 11 | .715 | .445 | .925 | .125 | .327 | .347 | - | - | - | - | - | - | 11 |
| 12 | .719 | .458 | .492 | .069 | 1.06 | .406 | - | - | - | - | - | - | 12 |
| 13 | .725 | .351 | .529 | .001 | .992 | .347 | - | - | - | - | - | - | 13 |
| 14 | .649 | .275 | .514 | .000 | 1.15 | 1.70 | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 15 | .684 | .271 | .490 | .000 | .614 | .909 | - | - | - | - | - | - | 15 |
| 16 | .718 | .223 | .501 | .000 | .503 | .564 | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 17 | .679 | .272 | .727 | .000 | .575 | .493 | - | - | - | - | - | - | 17 |
| 18 | .576 | .263 | 1.09 | .000 | .581 | .491 | - | - | - | - | - | - | 18 |
| 19 | .512 | 1.14 | 1.06 | .000 | .960 | .453 | - | - | - | - | - | - | 19 |
| 20 | .486 | .652 | 1.23 | .000 | .759 | .433 | - | - | - | - | - | - | 20 |
| 21 | .543 | .380 | .724 | .648 | .376 | .324 | - | - | - | - | - | - | 21 |
| 22 | .604 | .361 | .612 | .660 | .754 | .235 | - | - | - | - | - | - | 22 |
| 23 | .522 | .301 | .538 | .319 | .540 | .252 | - | - | - | - | - | - | 23 |
| 24 | .491 | .317 | .379 | .244 | .597 | .233 | - | - | - | - | - | - | 24 |
| 25 | .452 | .353 | .372 | .182 | .467 | .930 | - | - | - | - | - | - | 25 |
| 26 | .461 | .508 | .307 | .261 | 1.08 | 3.39 | - | - | - | - | - | - | 26 |
| 27 | .542 | .657 | .296 | 1.09 | .684 | 1.77 | - | - | - | - | - | - | 27 |
| 28 | .546 | .838 | .343 | .494 | .494 | .500 | - | - | - | - | - | - | 28 |
| 29 | .469 | | .289 | .546 | .360 | .583 | - | - | - | - | - | - | 29 |
| 30 | .400 | | .281 | .284 | .424 | .417 | - | - | - | - | - | - | 30 |
| 31 | .490 | | .262 | | .810 | | - | - | | - | | - | 31 |
| MO | .681 | .439 | .622 | .252 | .612 | .697 | - | - | - | - | - | - | MO |

ANNEE INCOMPLETE

MINIMUM INSTANTANE : .000 L/S LE 13 AVRI A 03H57

MAXIMUM INSTANTANE : 12.7 L/S LE 26 JUIN A 00H01

MINIMUM JOURNALIER : .000 M3/S LE 14 AVRI

MAXIMUM JOURNALIER : 3.39 M3/S LE 26 JUIN

II 2 - 4 - 4 - 1 Calcul de la lame ruisselée au cours de l'année 1986
(janvier à juin)

On calcule la lame ruisselée de chaque mois (en prenant le débit moyen du mois), puis on fait la moyenne arithmétique de tous les volumes d'eau écoulés de ce qui nous donnera, grâce à la formule $Lr = \frac{V}{S}$

La lame ruisselée du mois de janvier à juin 1986. (Voir fig 25).

. Janvier

Calcul du volume d'eau écoulé en m^3

$V = 0,681$ l/s et par jour

$V = 0,681 \times 86400$ s = 58838,4 l par jour

$V = 58838,4 \times 31$ j = 1 823 990,4 l pour janvier

soit $V = 1823,99$ m^3 pour le mois de janvier

$$Lr = \frac{1824}{1,36} \cdot 10^{-3} = 1,341 \text{ mm}$$

. Février

$V = 0,439$ l/s et par jour

soit $V = 1062,02$ m^3 pour février

$$Lr = \frac{1062}{1,36} \cdot 10^{-3} = 0,780 \text{ mm}$$

. Mars

$V = 0,622$ l/s et par jour

soit $V = 1665,9$ m^3 pour mars

$$Lr = \frac{1665,9}{1,36} \cdot 10^{-3} = 1,225 \text{ mm}$$

. Avril

$V = 0,252$ l/s/jour

soit $V = 653,184$ m^3 pour Avril

$$Lr = \frac{653}{1,36} \cdot 10^{-3} = 0,480 \text{ mm}$$

. Mai

$V = 0,612$ l/s et par jour

Soit $V = 1639,180$ m^3 pour mai

$$Lr = \frac{1639}{1,36} \cdot 10^{-3} = 1,205 \text{ mm}$$

. Juin

$V = 0,697$ l/s et par jour

soit $V = 1806,624$ m³ pour le mois de juin

$$Lr = \frac{1806}{1,36} \cdot 10^{-3} = 1,328 \text{ mm}$$

Total du volume d'eau écoulé du 01 janvier au 30 juin 1986

$$V = 8648 \text{ m}^3$$

22 2 - 4 - 5 Le déficit d'écoulement :

Est constitué essentiellement par un stockage dans la nappe phréatique et par l'évapotranspiration.

Il se calcule suivant la formule :

$$DE = P - Lr$$

Où DE = déficit d'écoulement en mm

P = pluie en mm

Lr = lame ruisselée en mm

CONCLUSION

Ce stage de deux mois effectué au laboratoire d'hydrologie du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé en Côte d'Ivoire m'a personnellement été très bénéfique :

- J'ai pu m'intégrer dans une équipe dynamique, aimant son travail et fonctionnant parfaitement. Là j'ai pu cerner avec précision le travail de l'hydrologue sur le bassin versant, travail aussi bien théorique que pratique (séjour passé à Booro-Borotou).
- Ce stage m'a permis de prendre conscience de l'importance que peut prendre l'hydrologie pour un pays, surtout pour un pays en voie de développement

B I B L I O G R A P H I E

1. ROCHE (M), 1963, Hydrologie de surface, Gauthier-Vilars, Paris.
2. CASENAVE (A), 1982, le mini-simulateur de pluie -
Conditions d'utilisation et principe de l'interprétation des mesures.
Cahiers ORSTOM, sèr. hydrolo., vol XIX, no 4. Paris
3. ALDEGHERI (M) 1979, Mesure des débits à partir des vitesse ORSTOM.
4. CHEVALLIER (P), BERTHELOT (M), ETIENNE (J), LAPETITE (J.M.), 1986
Bassin versant de Booro-Borotou, données de base hydropluviométriques, années 1984-1985
5. CHEVALLIER (P), BERTHELOT (M), ETIENNE (J), LAPETITE (J.M.), 1985
Bassin versant représentatif de Booro-Borotou caractéristiques physiques et équipement hydropluviométrique.