

CN0100599

REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

SECRETARIAT D'ETAT
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

RAPPORT DE STAGE

EN HYDRAULIQUE AGRICOLE ET BIOCLIMATOLOGIE

- 1 - Caractérisation hydrodynamique d'un sol de Bambey
- 2 - Besoins en eau des oignons
- 3 - Technique d'irrigation goutte à goutte: test du goutteur TIROSH.

Par

Médoune BEYE

Ingénieur agronome sp. Génie Rural

Août 1980

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

R E M E R C I E M E N T S

Je tiens à exprimer ma gratitude à MM. T.M. DUC (service d'hydraulique agricole) et DANCETTE (service de Bioclimatologie), du C.N.R.A. de Bambey, dont les conseils et l'assistance matérielle ont été décisifs dans l'élaboration de ce présent travail,

J'adresse mes remerciements à :

- Sitor NDour et Abdoulaye Faye (SR/Bio) pour le suivi de l'essai de caractérisation hydrodynamique (chap. I).

- NDongo Bâ (SR/Hydro) pour le suivi de l'essai sur les besoins en eau des oignons (chap. II)

- Mlle Delphine Lassey (Technicienne Supérieure de SR/Patho) pour le suivi de l'essai d'irrigation goutte à goutte (chap. III),

- Mme Ndèye Faye pour la dactylographie.

A travers El Hadj Diop, Ibou Dièye et Bato Sène, je remercie tout le personnel de la ferme des cultures irriguées du CNRA de Bambey.

S O M M A I R E

REMERCIEMENTS

AVERTISSEMENTS

CHAPITRE 1 : Caractérisation hydrodynamique d'un sol de la région de Bamby (cf tire-à-part)

CHAPITRE II : Besoins en eau des oignons

1. Introduction
2. Théorie de la méthode
3. Démarche expérimentale
 - 3.1. Les parcelles
 - 3.2. Mesure de l'humidité
 - 3.3. Mesure de la charge hydraulique
4. Méthode de dépouillement
5. Remarques
6. Résultats et discussion
7. Conclusion
 - Annexe 2.1. : protocole de l'essai
 - Annexe 2.2. Calcul de l'erreur relative de mesure de l'humidité du sol par les sondes PITMAN et TROXLER.
8. Bibliographie,

CHAPITRE III : Test du système d'irrigation goutte à goutte TIROSH

1. Introduction
2. Description technique générale du système
 - 2.1. L'unité de tête
 - 2.2. Les conduites principales et les conduites porto-rampes.
 - 2.3. Les rampes d'arrosage
 - 2.4. Les goutteurs
3. Relation débit - pression
 - 3.1. Rappel théorique
 - 3.2. Démarche expérimentale

3.3,	Résultats	et	discussion
4.	Détermination	des	coefficients d'uniformité
4.1.	Principe	et	démarche expérimentale
4.2,	Résultats	et	discussion
5.	Forme	du	bubb hydrique
5.1.	Principe	et	dispositif expérimental
5.2.	Résultats	et	discussion
6 ,	Remarques		
7.	Conclusion		
8.	Annexes		
	Annexe 3.1.	:	Protocole de l'essai
	Annexe 3.2.	:	Tableau des charges hydrauliques H.
Y.	Bibliographie		

ANNEXE : Programme de stage.

A V E R T I S S E M E N T

Ce rapport est relatif à un stage de 6 mois effectué au CNRA de Bamboey de Février à Juillet 1980. Les manipulations pratiques se sont articulées autour de trois essais :

- 1 - Caractérisation hydrodynamique d'un sol du CNRA de Bamboey. Cet essai a duré un mois.
- 2 - Détermination des besoins en eau de l'oignon IRAT 1. Cet essai a duré 4 mois (= durée du cycle des oignons)
- 3 - Test du système d'irrigation goutte à goutte TIROSH.
Cet essai a duré un mois.

Compte tenu de la durée du stage, l'objectif n'a pas été de présenter des résultats définitifs, mais plutôt de présenter une démarche scientifique et d'atteindre des résultats partiels qui devront être approfondis par le programme définitif de recherche.

L'essai de caractérisation hydrodynamique a été mené avec la collaboration de F. BARRET (VSN de SR/Bio).

Le rapport relatif à cet essai a été publié à part. Le présent volume reprend les deux derniers essais.

1 - INTRODUCTION

Dans nos régions, l'eau est le principal facteur limitant du développement de l'agriculture. Dans une optique d'économie et d'utilisation rationnelle de cette ressource rare, la connaissance des besoins en eau des plantes revêt une grande importance ; elle permet de déterminer avec précision, les doses d'irrigation en fonction du stade de développement de la plante.

Les besoins en eau des cultures sont influencés d'une part, par le type de culture (morphologie : répartition spatiale des racines, incidence foliaire, couleur des feuilles etc...), d'autre part par le climat. Les principaux paramètres du climat qui influencent les besoins en eau sont : la demande évaporative de l'atmosphère, le rayonnement solaire, la durée d'insolation, la vitesse du vent et la température. Le présent essai vise à déterminer l'évolution du coefficient cultural des oignons (variété Galmi ou IRAT 1) tout au long du cycle de la culture y le coefficient cultural étant défini comme le rapport entre l'évapotranspiration maximum (ETM) et l'évaporation à partir d'un bac de classe A. Cet essai fut suivi du 6/3/80 au 20/6/80 à la ferme des cultures irriguées du CNRA de Bambey, sur sol de type DIOR - DECK.

La comparaison entre les résultats de cet essai et ceux obtenus à TARNA (NIGER) sur cuves lysimétriques, avec la même variété d'oignons, nous donnera une idée sur l'influence du facteur climatique sur la valeur du coefficient cultural.

2 - THEORIE DE LA METHODE

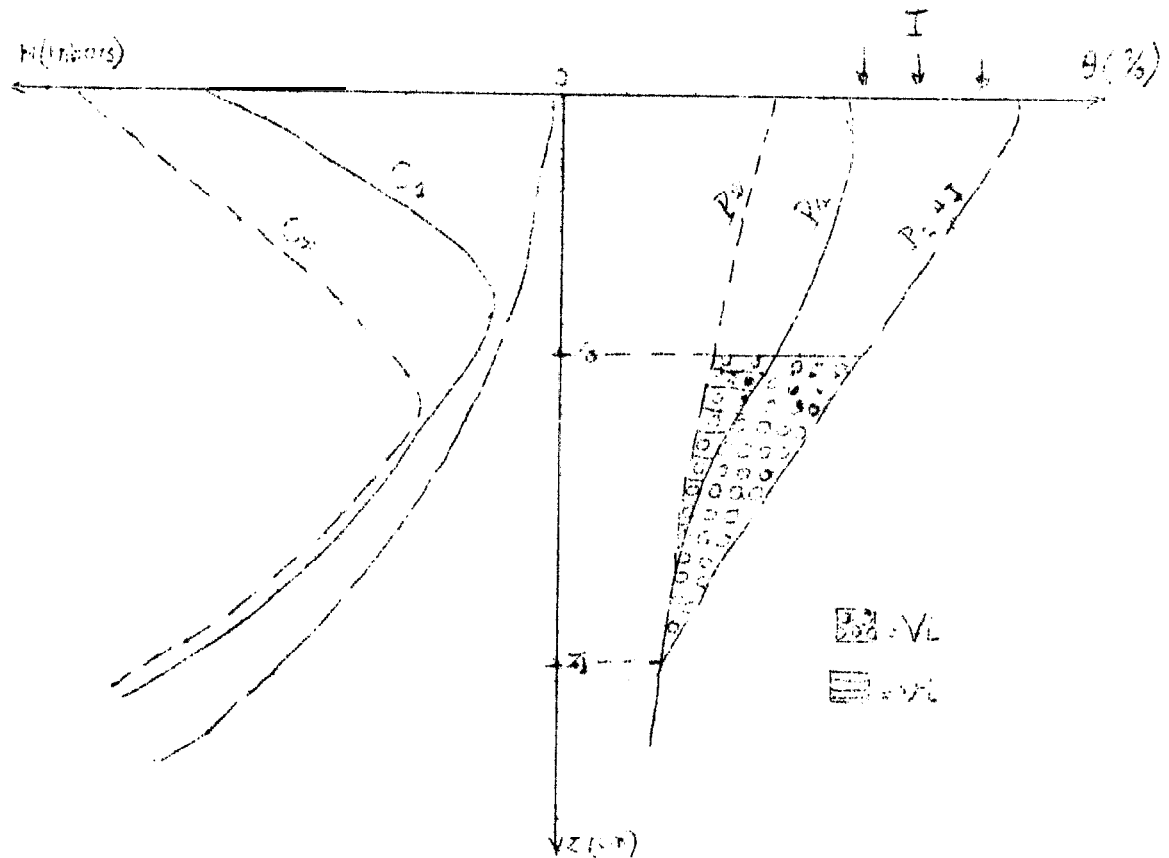
P1 et C1 sont les profils hydriques et de charge pris au temps T1

P2 et C2 sont les profils hydriques et de charge pris au temps T2

$\Delta t = 92 - t_1 = N$ jours

Pendant Δt une irrigation I a été apportée au sol

../..



Sur le schéma, le profil hypothétique $(P1 + I)$ représenterait l'état hydrique du sol à la fin de l'irrigation, à partir d'un profil initial $P1$.

$$ETM = \int_0^{z_1} (P1 + I) - \int_0^{z_1} (P2 - V_1)$$

$$= I + \int_0^{z_1} (P1 - P2) - V_1$$

$$ETM = I + \int_0^{z_1} (P1 - P2) + V_2 - V_1$$

$$ETM = I + [S_1]_0^{z_1} - [S_2]_0^{z_1} + V_2 - V_1$$

$$ETM = I - \Delta S - q \quad \text{avec } q = V_1 - V_2$$

q est le flux d'eau d'irrigation drainé ; en dessous du plan de flux nul. Nous posons comme hypothèse que la dose d'irrigation I ne s'infiltre pas en dessous du plan de flux nul. Ainsi :

$$ETM = I - S \quad \text{en mci}$$

ou

$$ETM = \frac{I - S}{N} \quad \text{en mm/j}$$

.../...

Le soucis dt? se conformer à l'hypothèse nous oblige à fixer une dose d'irrigation maximum (IMAX) en fonction de la capacité de rétention du sol,

L 'essai de caractérisation hydrodynamique (chapitre 1) a montré que le sol a une capacité de rétention de 13 % entre 0 et 50 cm ; c c ; qui permet de stocker dans cette couche une lame d'eau de 65 mm. Les premiers profils hydriques relevés montrent que l'humidité moyenne du sol dans les 50 premiers Cm est de l'ordre de 9 % ; ce qui nous permet de fixer une dose d'irrigation IMAX de 20 mm pour ramener le sol à sa capacité de rétention, Chaque fois que la dose d'irrigation dépasse 20 mm, on irrigue 2 ou 3 fois.

3 - DEMARCHE EXPERIMENTALE

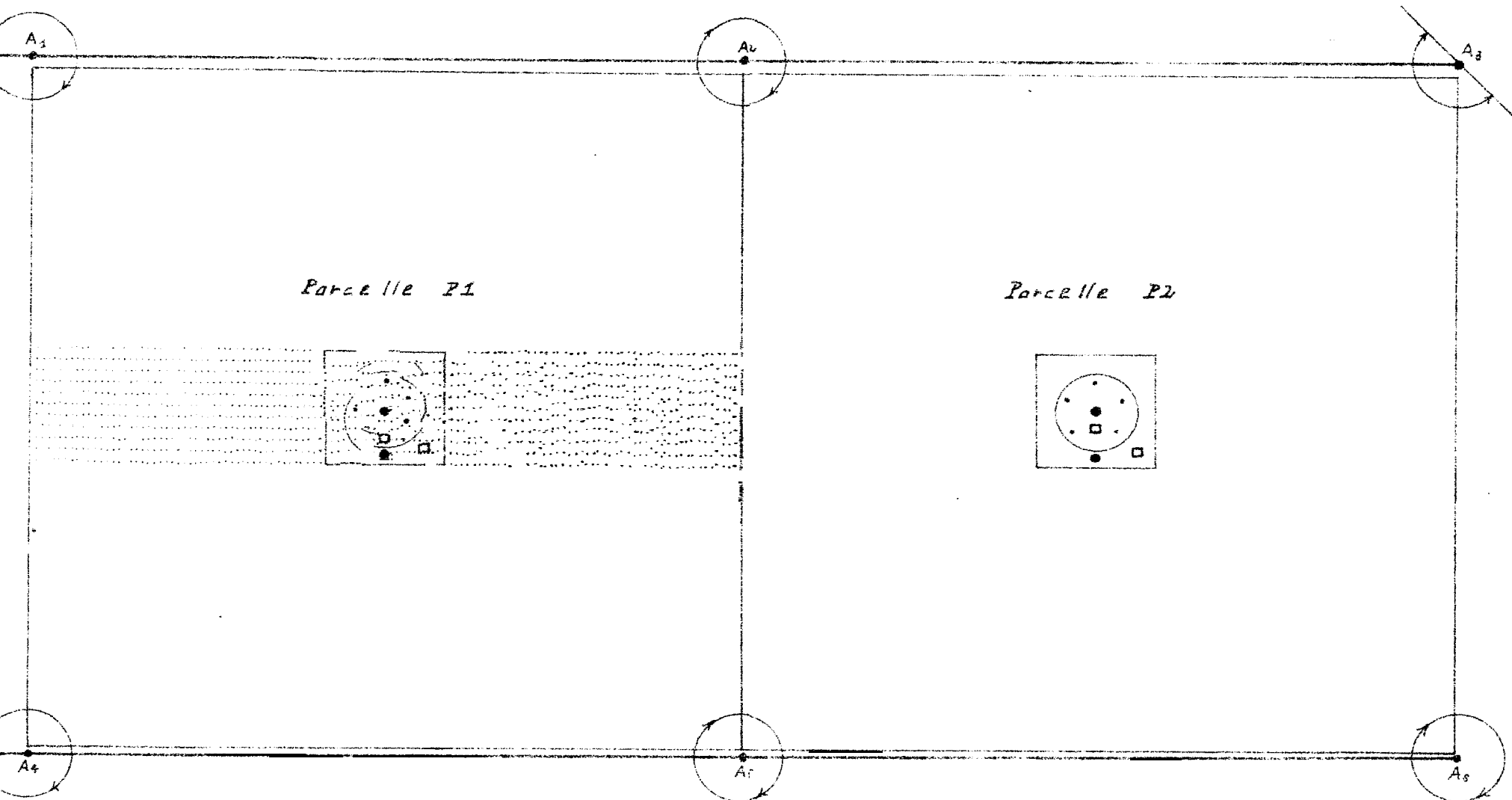
3.1 Les Parcelles

Le terrain servant à l'essai fut délimité en deux parcelles de 12m x 12m chacune. Au milieu de chaque parcelle fut placé un tube d'accès de la sonde à neutrons, le tube est entouré d'un jeu de 5 tensiomètres. Tube d'accès et tensiomètres sont placés à l'intérieur d'un anneau de garde en fer de 98 cm de diamètre. Un deuxième tube d'accès de la sonde a été installé à environ 30 cm à l'extérieur de l'anneau de garde. Deux pluviomètres AGRAM ont été implantés, l'un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur de l'anneau. Toute cette installation est entourée d'une diguette de protection qui décrit un carré de 2 mètres de côté. Le but de cet anneau et de la diguette est d'empêcher le ruissellement de façon à ce que les hauteurs d'eau lues sur les pluviomètres traduisent la totalité des apports d'eau au niveau du sol.

Les deux parcelles avaient reçu une culture d'arachide en hiver-
nage 1979 et les façons culturales suivantes en février 1980 : épan-
dage de 10 T/ha de fumiersec et 150kg/ha d'engrais 10-21-21, arrosa-
ge de 15 mm, labour à 15 cm - 18 cm, repasse à la herse en deux pas-
sages croisés, finition de la reprise aux rateaux, arrosage 10 mm,
repiquage d'oignon IRAT1 avec des plants de deux mois d'âge aux écar-
tements 20 x 10 suivi d'un arrosage de 10 mm. Les techniques culturales
habituelles (remplacement, désherbage, épandage d'engrais...) ont
été observées.

Fig. 2.1: BESOINS EN EAU DE L'OIGNON IRAT 1
Plan d'implantation de l'essai. Echelle 1/100

- tube d'accès de la sonde
- tensionnètre
- pluviomètre
- A: aspenseur



Les parcelles sont irriguées par aspersion à partir de deux rampes, séparées de 12m dont chacune est équipée de 3 asperseurs Rain Bird du type 25 TNT avec un diamètre de buse mesurant 11/64 pouce (= 4.4 mm). A la pression de service de 3 kg/cm² ces asperseurs ont un débit de 8,69 mm/heure, quand ils décrivent un cercle complet.

3.2. Les Mesures d'humidité ont été effectuées, ^{du} repiquage au 50e jour par une sonde PITMAN. A la suite de défauts techniques (rupture de câble), cette sonde fut remplacée par une sonde TROXLER, jusqu'à la fin du cycle des oignons. La sonde PITMAN a été étalonnée in situ par prise d'échantillons de sols tous les 10 cm jusqu'à 3.60 m, lors de la pose du tube d'accès. Ces échantillons ont été pesés avant et après un séjour de 48 heures dans l'étuve afin de déterminer leurs humidités pondérales et volumiques. Les tubes d'accès sont en PVC de diamètres intérieur et extérieur de 40 et 45 mm. Ils ont les dimensions suivantes :

TUBE	PROFONDEUR	PARTIE AERIEENNE
1.1 et 1.2	3,76 m	4 cm
2.1 et 2.2	3,70 m	4 cm

Pour chaque tube, une régression linéaire entre l'humidité volumique du sol, à une profondeur déterminée et le comptage de la sonde a donné naissance à une équation. Ces quatre équations sont :

$$\text{Tube 1.1. } \theta = 38,734 \text{ RP} - 0,399 \text{ avec } r = 0,90$$

$$\text{Tube 1.2 } \theta = 35,073 \text{ RP} + 1,027 \text{ avec } r = 0,77$$

$$\text{Tube 2.1 } \theta = 34,589 \text{ RP} + 0,966 \text{ avec } r = 0,88$$

$$\text{Tube 2.2 } \theta = 31,174 \text{ RP} + 2,208 \text{ avec } r = 0,36$$

r étant le coefficient de corrélation

Les comptages ont été rapportés au chiffre adimensionnel RP égal au rapport entre le nombre de C P S (coup par seconde) dans le sol et la moyenne des C P S dans l'étui au début et la fin de la mesure du profil hydrique

$$R = \frac{\text{C P S dans le sol}}{0,5 (\text{C P S étui début} + \text{CPS étui fin})}$$

../..

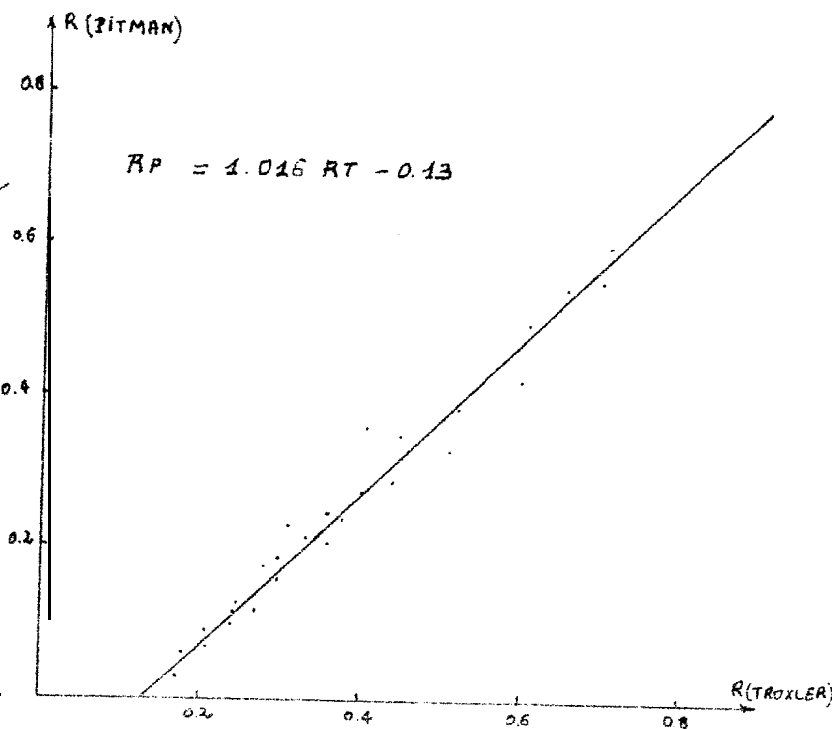
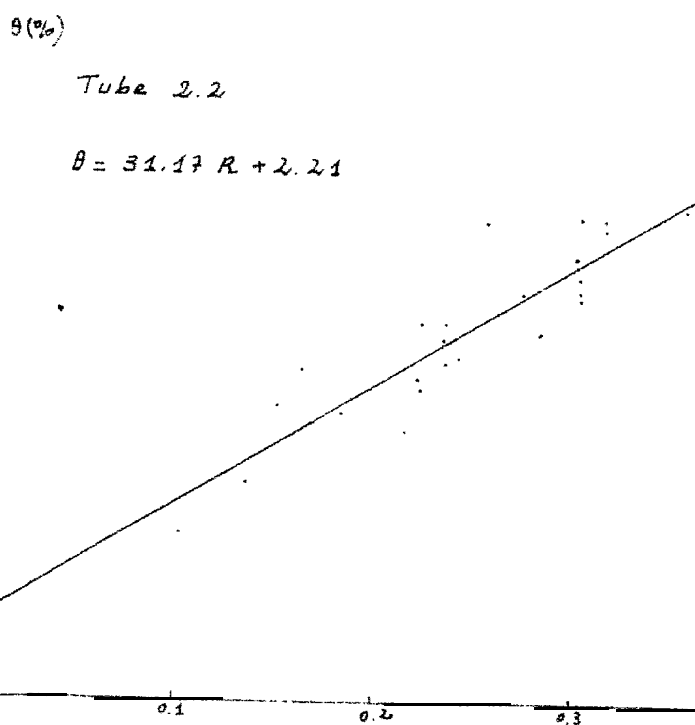
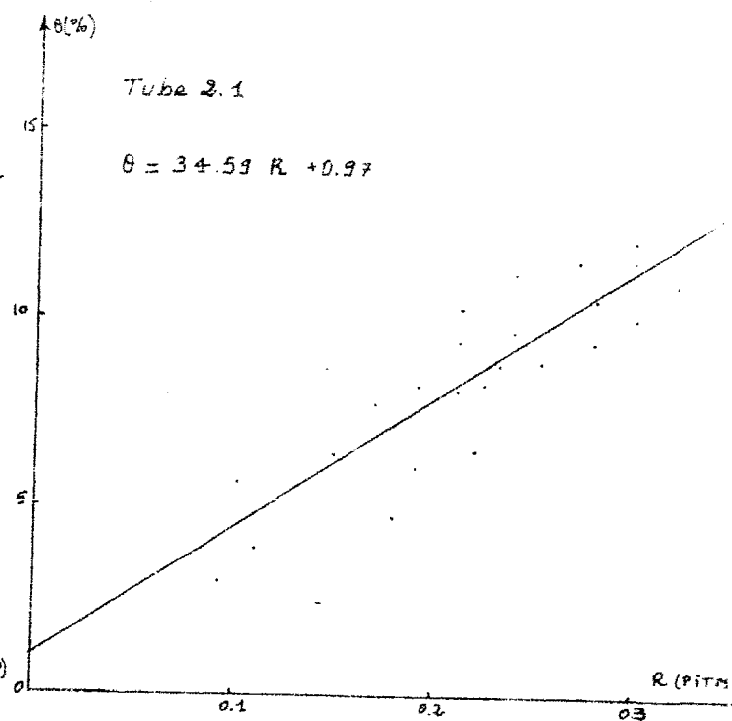
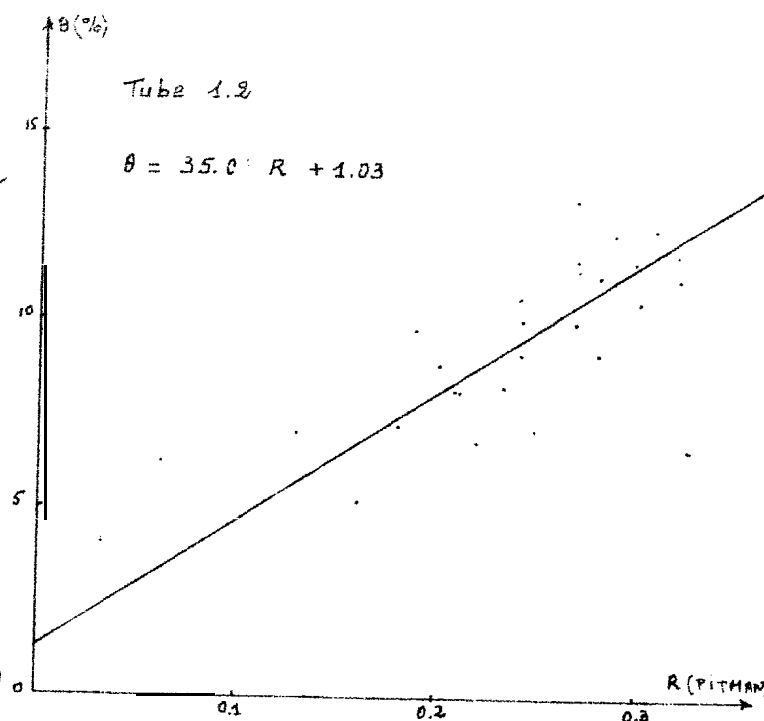
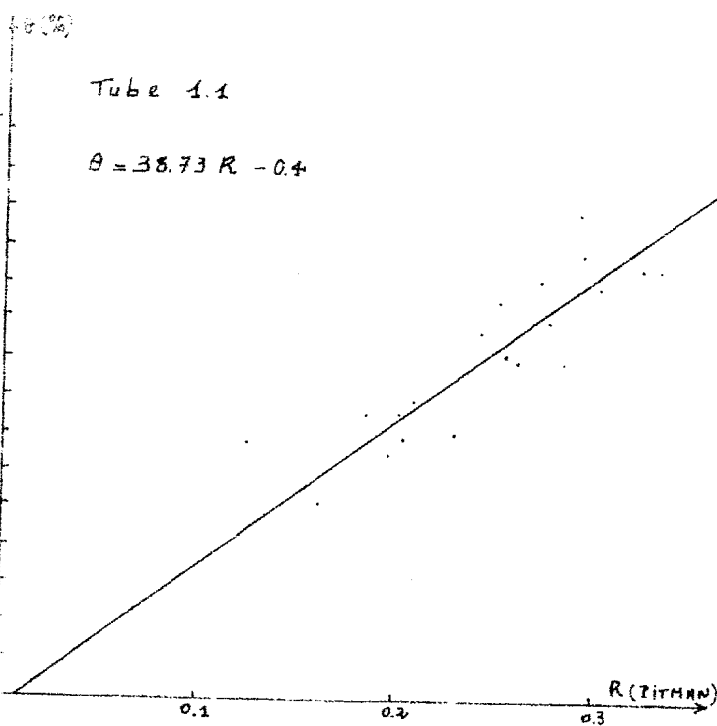


Fig. 2.2 :
DROITES D'ETALONNAGE DES
SONDES A NEUTRONS
PITMAN ET TROXLER.

L'utilisation de R a été faite dans le but de tamponner les faibles variations du comptage, dues à la sensibilité des circuits électroniques et de la tension d'alimentation aux variations de températures.

Pour la même sonde (PITMAN), un étalonnage de surface a été effectué, dans les 30 premiers cm du sol. La relation suivante a été obtenue : $\theta = 23.25 \times RP + 3.517$ avec $r = 0.53$

Une relation a été établie expérimentalement entre le comptage de la PITMAN (RP) et celui de la TROXLER (RT) :

$$RP = 1.016 RT - 0.13 \text{ avec } r = 0.98$$

Ces diverses relations sont représentées à la figure 2.2. L'équation RP (RT) ci-dessus a permis d'établir les relations θ (RT). Pour l'utilisation de la TROXLER :

Pour les profondeurs $Z \gg 30$ cm

$$\text{tube 1.1 } \theta = 39.346 \times RT - 5.585$$

$$\text{tube 1.2 } \theta = 35.627 \times RT - 3.669$$

$$\text{tube 2.1 } \theta = 35.135 \times RT - 3.665$$

$$\text{tube 2.2 } \theta = 31.666 \times RT - 1.961;$$

On a procédé à un étalonnage de surface ($Z < 30$ cm) Pour la sonde TROXLER. Cet étalonnage a été effectué sur sol sec et sur sol humide avec prise d'échantillons tous les 5 cm afin de multiplier le nombre de point de mesure. L'équation de surface obtenue est : $\theta = 40.9 RT - 1.761$ avec un coefficient de corrélation $r = 0.936$.

Remarquons que le même étalonnage de surface donnait Pour la PITMAN un coefficient de corrélation nettement Plus faible ($r = 0.53$)

Les mesures de Profils d'humidité ont été réalisées en moyenne une fois tous les trois jours, juste avant une irrigation.

3.3. Mesure des charges hydrauliques

Ces mesures ont été effectuées au moyen de tensiomètre du type 2131 du SOIL MOISTURE equipment corporation.

Un jeu de 5 tensiomètres fut placé dans chaque parcelle à l'intérieur de l'anneau de garde. Les capsules poreuses des tensiomètres se situent aux profondeurs de sol suivantes, exprimées en centimètres: 20-40-60-80 et 100.

Tout au long de l'essai les tensiomètres ont été purges le moins souvent possible, afin de ne Pas augmenter exagérément le teneur en eau du sol encontact avec les capsules poreuses, ce qui pourrait

réduire sensiblement la succion et donc la charge hydraulique relevée. En cas de nécessité (formation de vide sous les bouchons des tubes) les tensiomètres sont purgés la veille d'une mesure. Les coupures de la colonne de mercure sont rétablies par un léger tapotement sur la colonne de manière à faire redescendre le mercure. Chaque jeu de tensiomètre est lu une fois tous les trois jours, juste après la mesure des deux profils hydriques de la parcelle.

3.4. Mesure du bac classe "A"

Tout au long du cycle des oignons, la hauteur d'eau dans le bac a été lue chaque jour à 8H 30. Pour tenir compte des effets d'un éventuel microclimat le bac a été placé dans un terrain labouré, à quelques mètres des parcelles de cultures d'oignon. Remarquons que l'aspersion Az décrit un demi-cercle de façon à ne pas mouiller le bac.

3.5. Dose d'irrigation :

Elle est déterminée en fonction de la consommation en eau des oignons durant les trois jours précédant l'irrigation, par la formule :

$$D = K \cdot \frac{\sum E}{E}$$

avec D = dose brute d'irrigation (mm)

K = coefficient cultural défini à TARNA (NIGER)

$\sum E$ = hauteur d'eau évaporée par le bac durant les 3 jours précédents l'irrigation

E = efficacité de l'irrigation, prise égale à 70 % pour s'assurer qu'en cas où K (TARNA) est sous estimé ; la culture ne manque pas d'eau.

4 - METHODE DE DEPOUILLEMENT

La démarche suivante a été suivie pour le calcul. Détermination de Z_0 . A partir des valeurs des mesures, les profils hydriques $\theta(z)$ et les profils de charge $H(z)$ sont représentés sur papiers millimétré (cf graphique en annexe). Chaque profil de charge, permet d'avoir la cote du plan de flux nul moyen situé à la cote Z_0 égale à la moyenne des côtes des plans de flux nul correspondants aux deux mesures (cf II.2)

. calcul de ΔS

$$\Delta S = Sf \int_0^{Z_0} - Si \int_0^{Z_0}$$

Si $\int_0^{Z_0} =$ stock hydrique dans les Z_0 premiers centimètres du sol relevé Lors du premier profil hydrique

et $\int_0^{Z_0} =$ stock hydrique dans les Z_0 premiers centimètres du sol relevé lors du second profil hydrique

$$\text{Calcul de ETM} = \frac{I - \Delta S}{N}$$

où I = dose d'irrigation (mm) apportée à la culture entre les 2 profils hydriques

N = intervalle de temps (en jours) séparant les 2 profils hydriques.

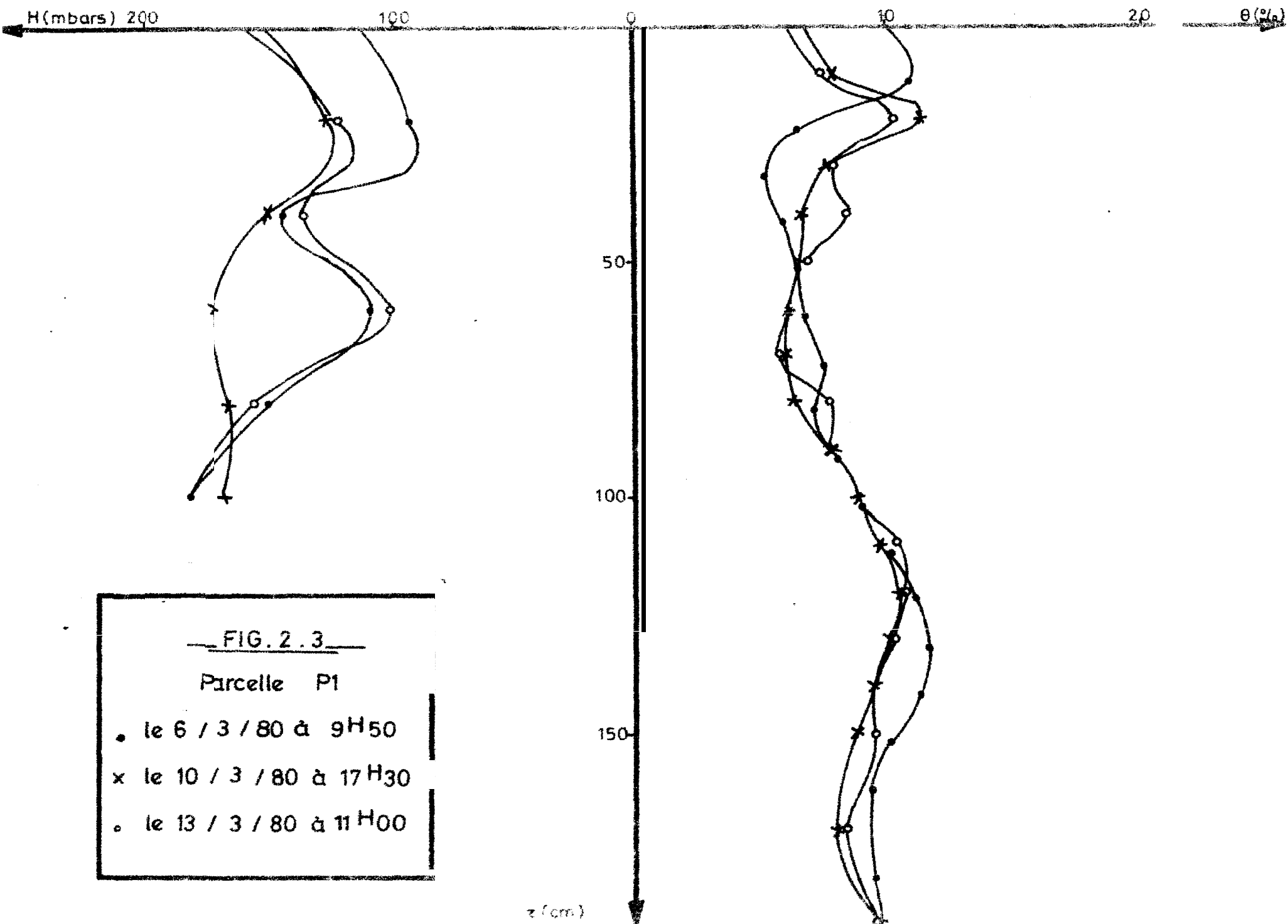
5 - REMARQUES

Les figures 2 - 3 à 2 - 12 représentent les profils $\theta(Z)$ et $H(Z)$ obtenus pendant les 45 premiers jours de l'essai. Ces courbes se rapportent aux deux parcelles cultivées. Les courbes $\theta(Z)$ et $H(Z)$ de la période allant du 45e jour à la fin de l'essai ne sont pas publiées dans ce rapport, dans un but de synthèse. De plus, ces dernières courbes épousent l'allure générale de celles représentées aux figures 2 - 3 à 2 - 12. De l'examen de ces graphiques, les remarques suivantes s'imposent :

Remarque - 1 : Aussi bien pour le carré 1 que pour le carré 2, les trois premiers profils $H(Z)$ (des 6 - 10 et 13 Mars 1980) dénotent une allure en double S. A mon avis, cette allure déjà rencontrée en terrain sous culture peut s'expliquer par le raisonnement schématisé à la figure 2 - 13. Si une faible dose d'irrigation n'intéressant que les 20 à 30 premiers centimètres est appliquée au sol, les tensiomètres situés à moins de 30 cm de profondeur dénotent une chute de charge hydraulique (percolation de la dose : tronçon b) tandis que ceux situés à une plus grande profondeur ne réagissent pas. L'évaporation faisant suite à l'irrigation crée un second plan de flux nul, qui se déplacera progressivement en profondeur (tronçon c). Si l'évaporation se maintient assez longtemps, le tronçon c finira par se confondre à la courbe $H(Z)$ initiale, dans sa partie soumise à l'évaporation.

Remarque - 2 : A partir du 18/3/80, les courbes $H(Z)$ relevées dans la parcelle P1 épousent l'allure caractéristique à un sol soumis à évaporation superficielle et à drainage interne. Par contre, les profils $H(Z)$ relevés dans la parcelle P2 continuaient à dénoter deux plans de flux nuls. A la recherche d'une explication de ce phénomène, nous avons procédé à une irrigation test. il s'agit :

../..



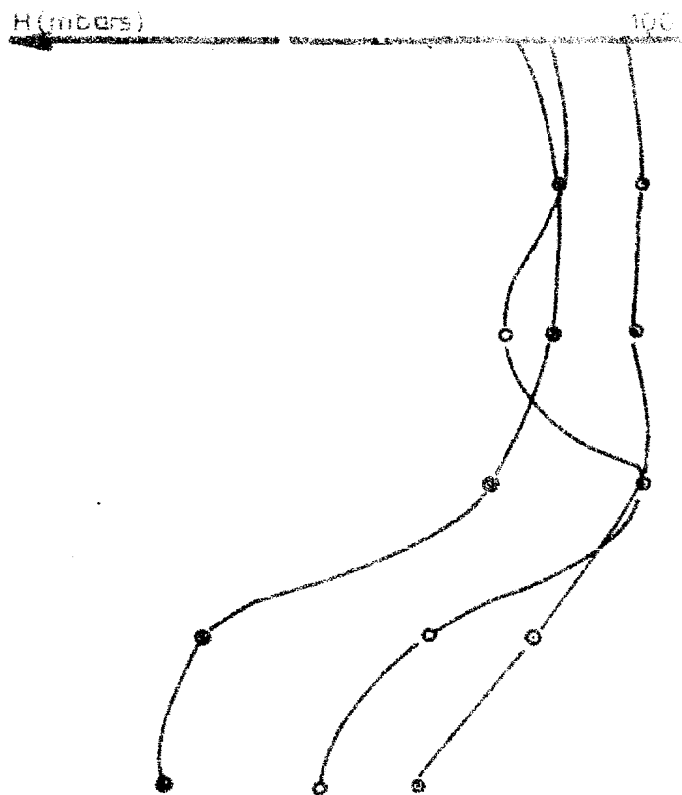
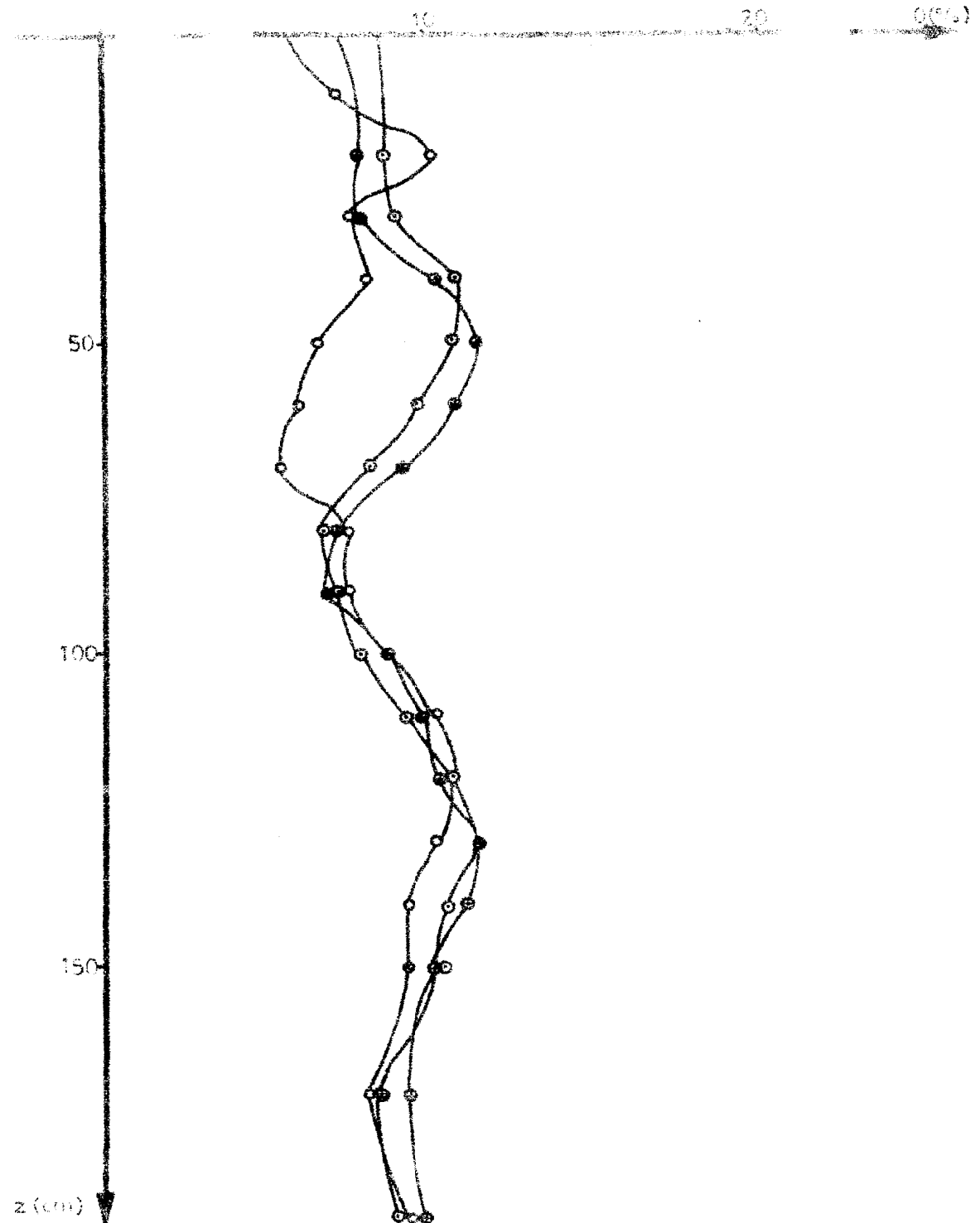


FIG. 2.4
PARCELLE P1
 • le 13 / 3 / 80 à 11H00
 • le 18 / 3 / 80 à 9H15
 • le 21 / 3 / 80 à 15H40



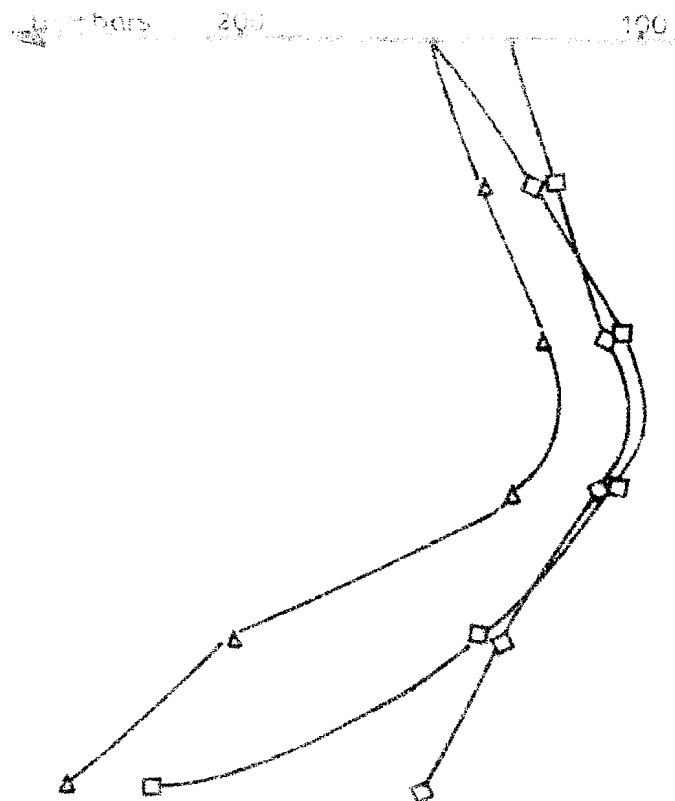


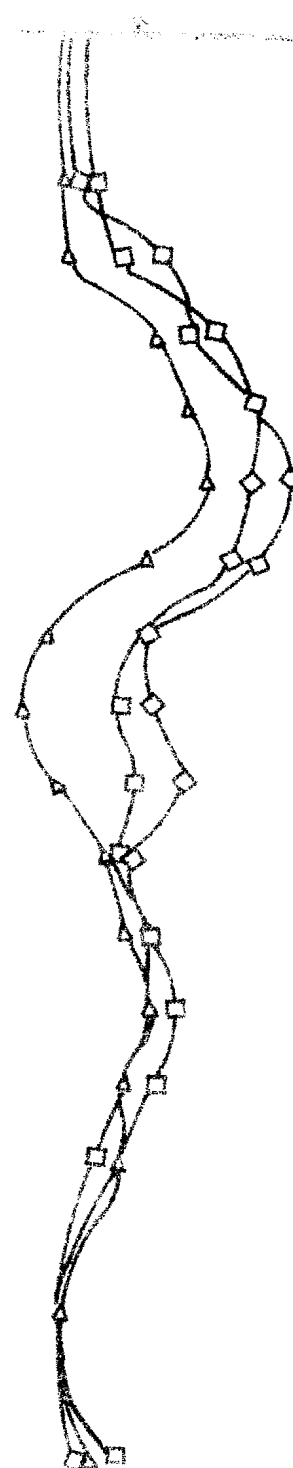
FIG. 2.5

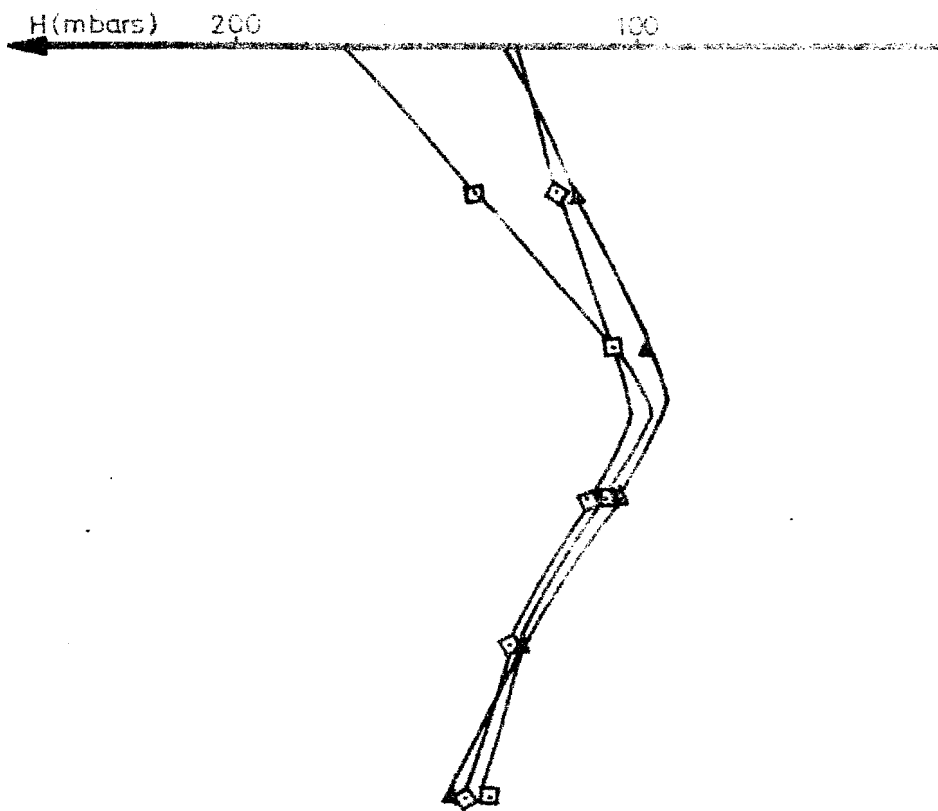
PARCELLE P1

△ le 25 / 3 / 80 à 8^H50

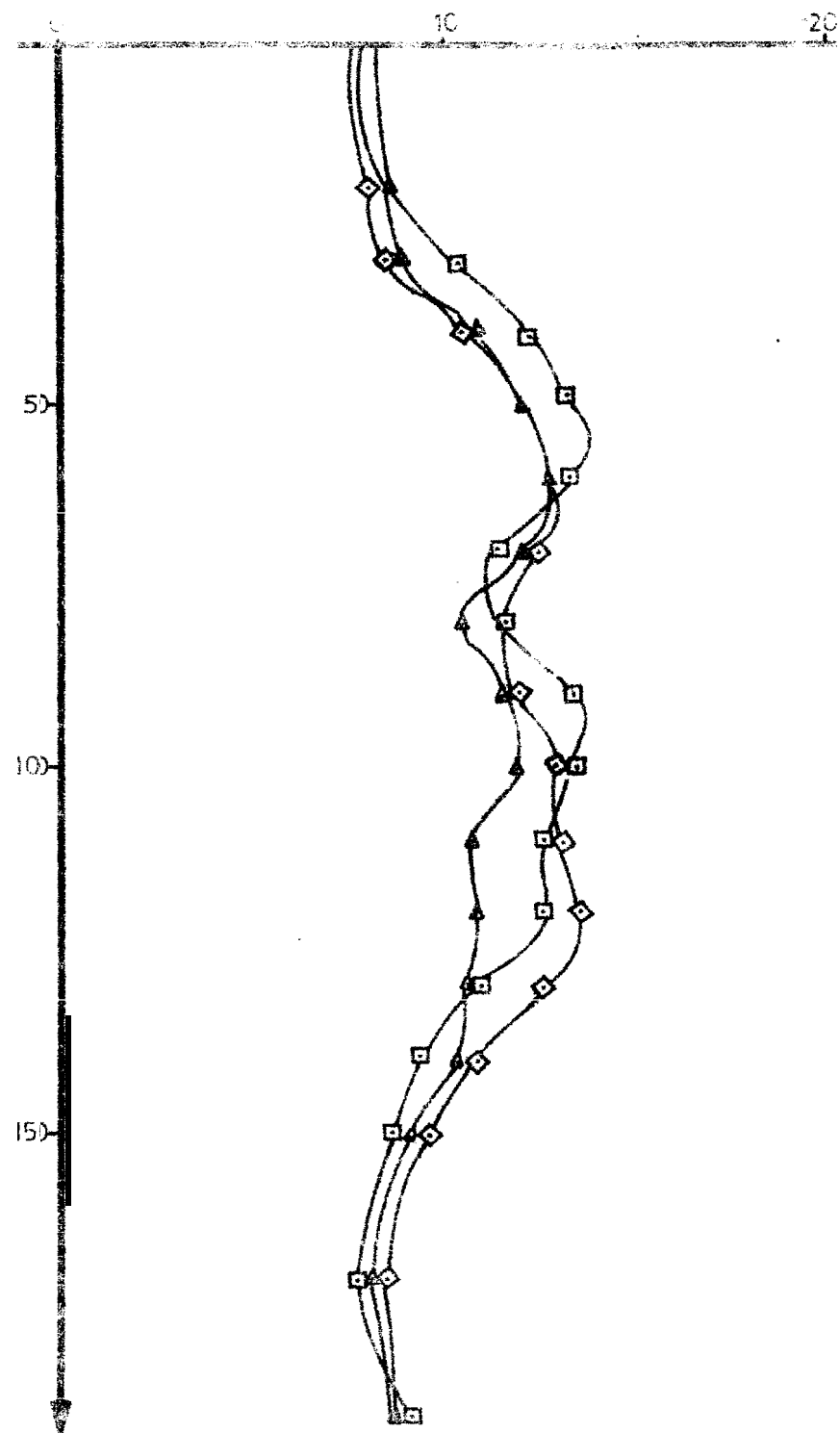
□ le 28 / 3 / 80 à 9^H00

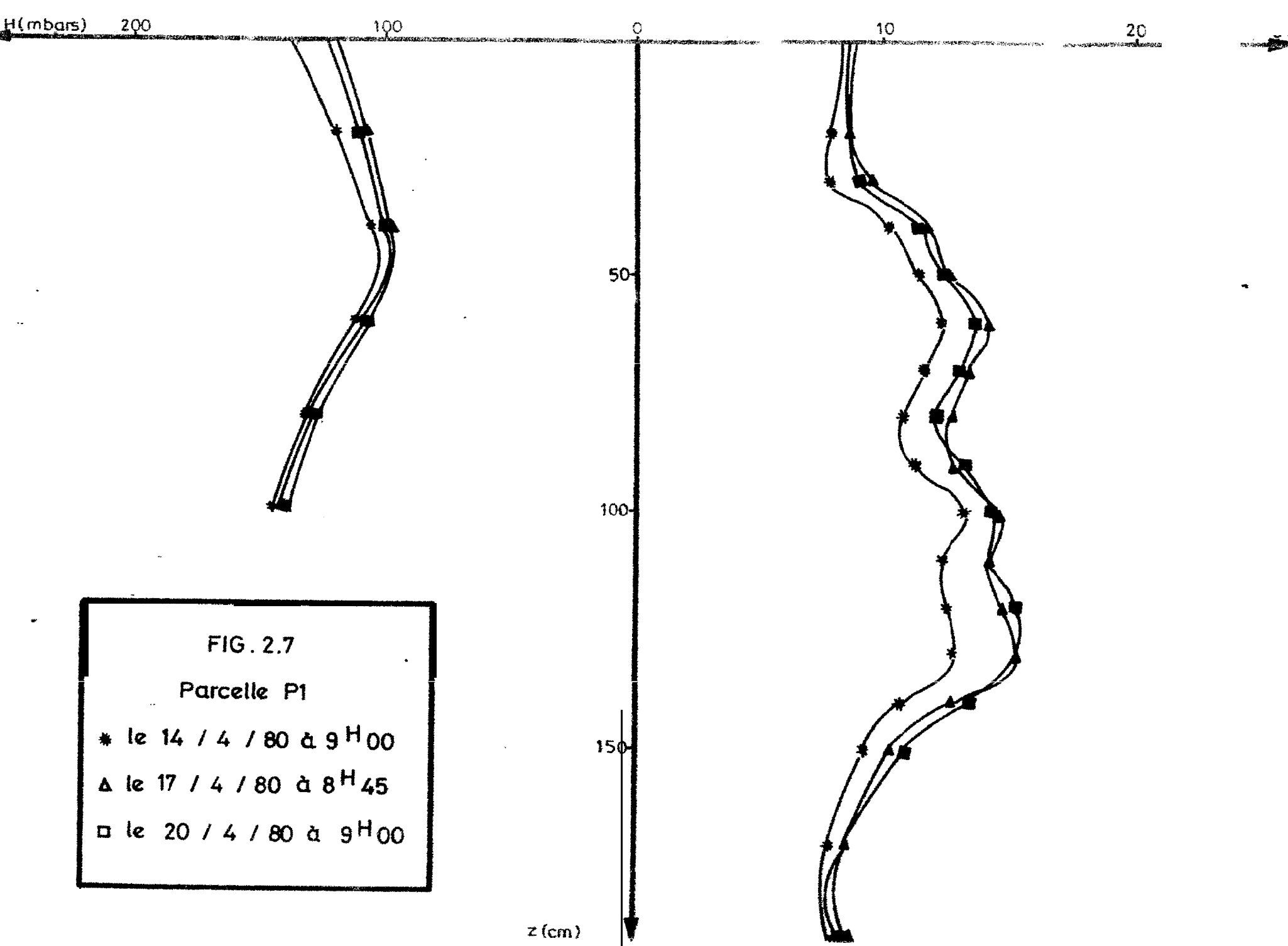
◇ le 2 / 4 / 80 à 8^H50

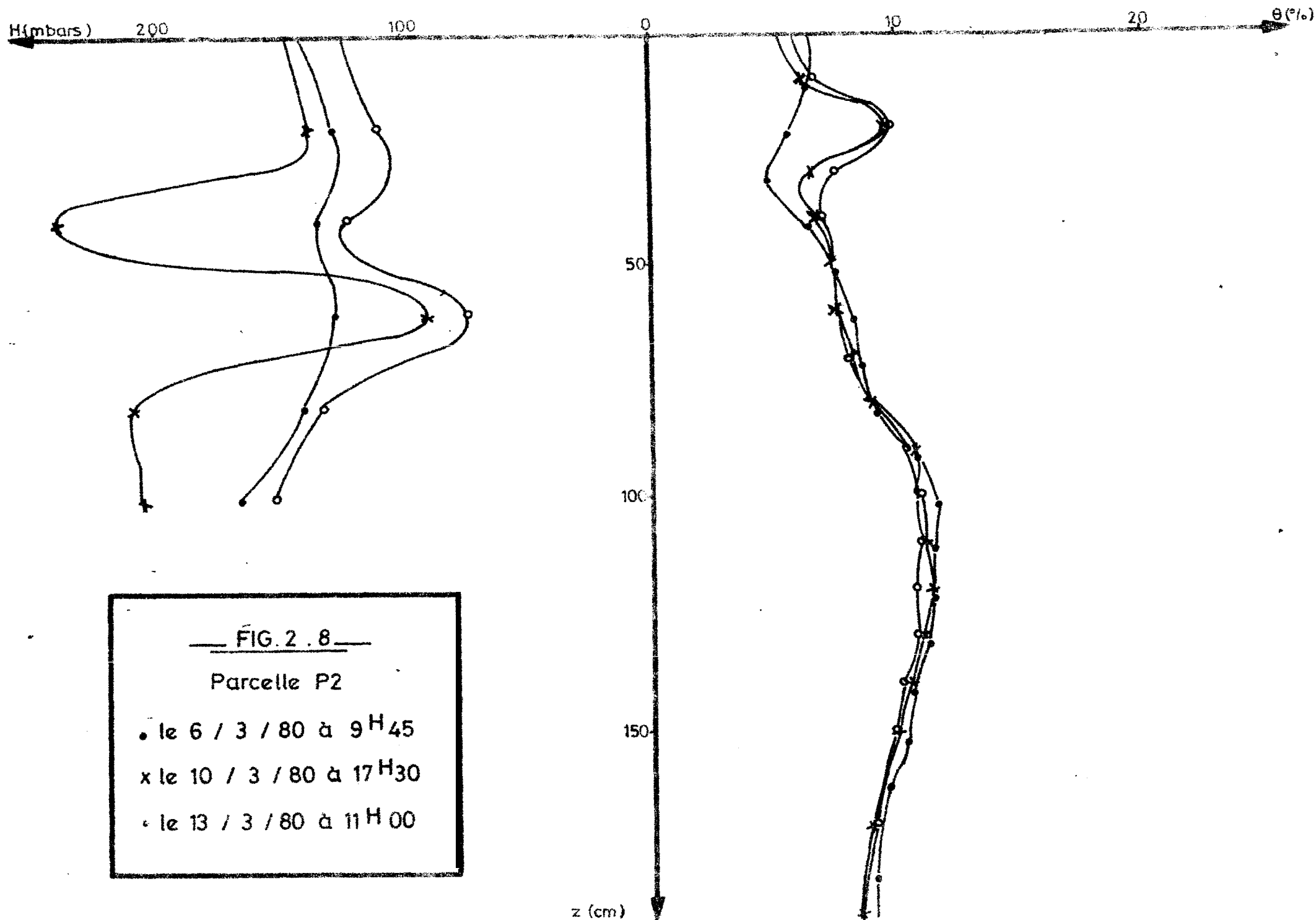


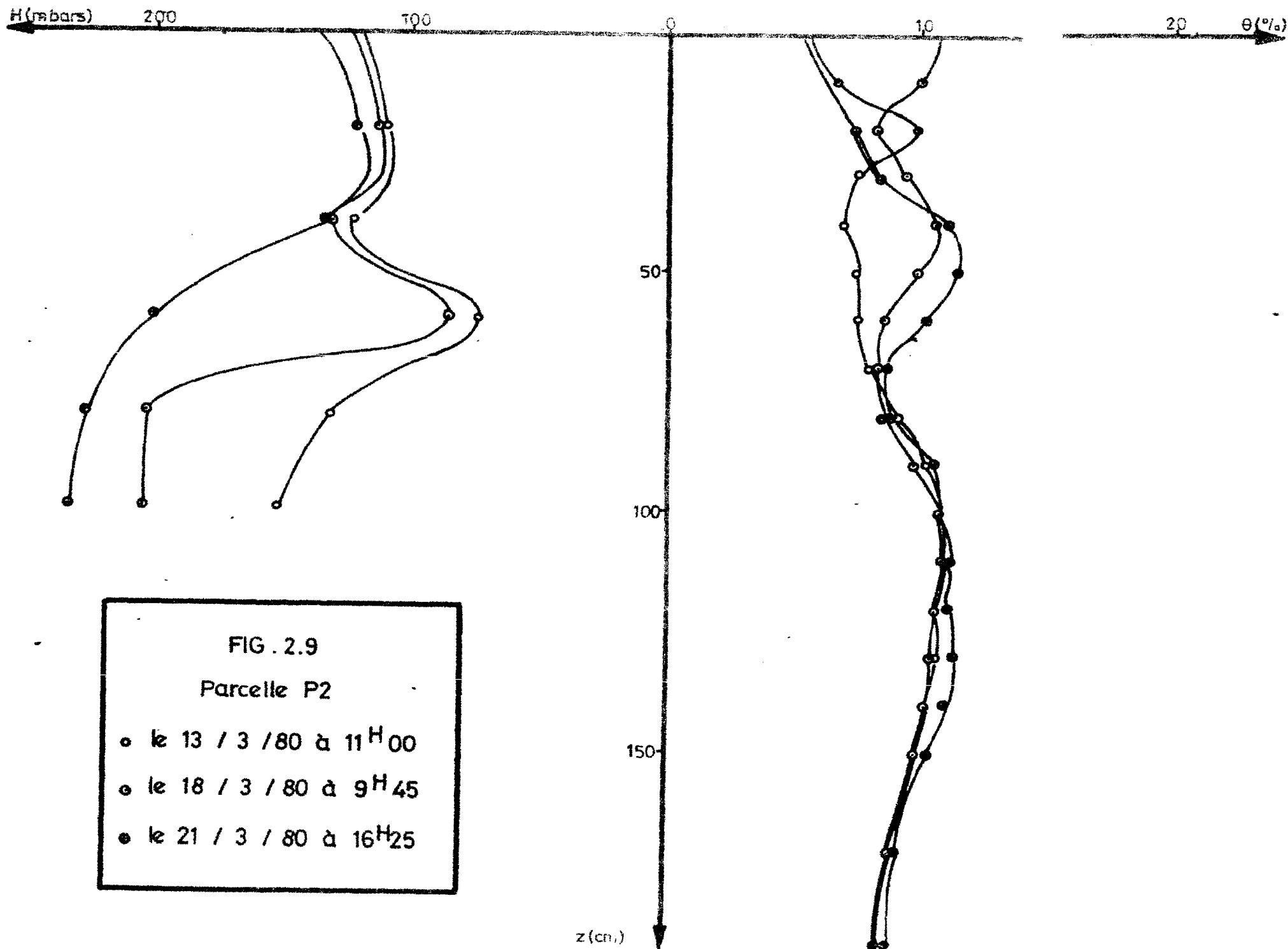


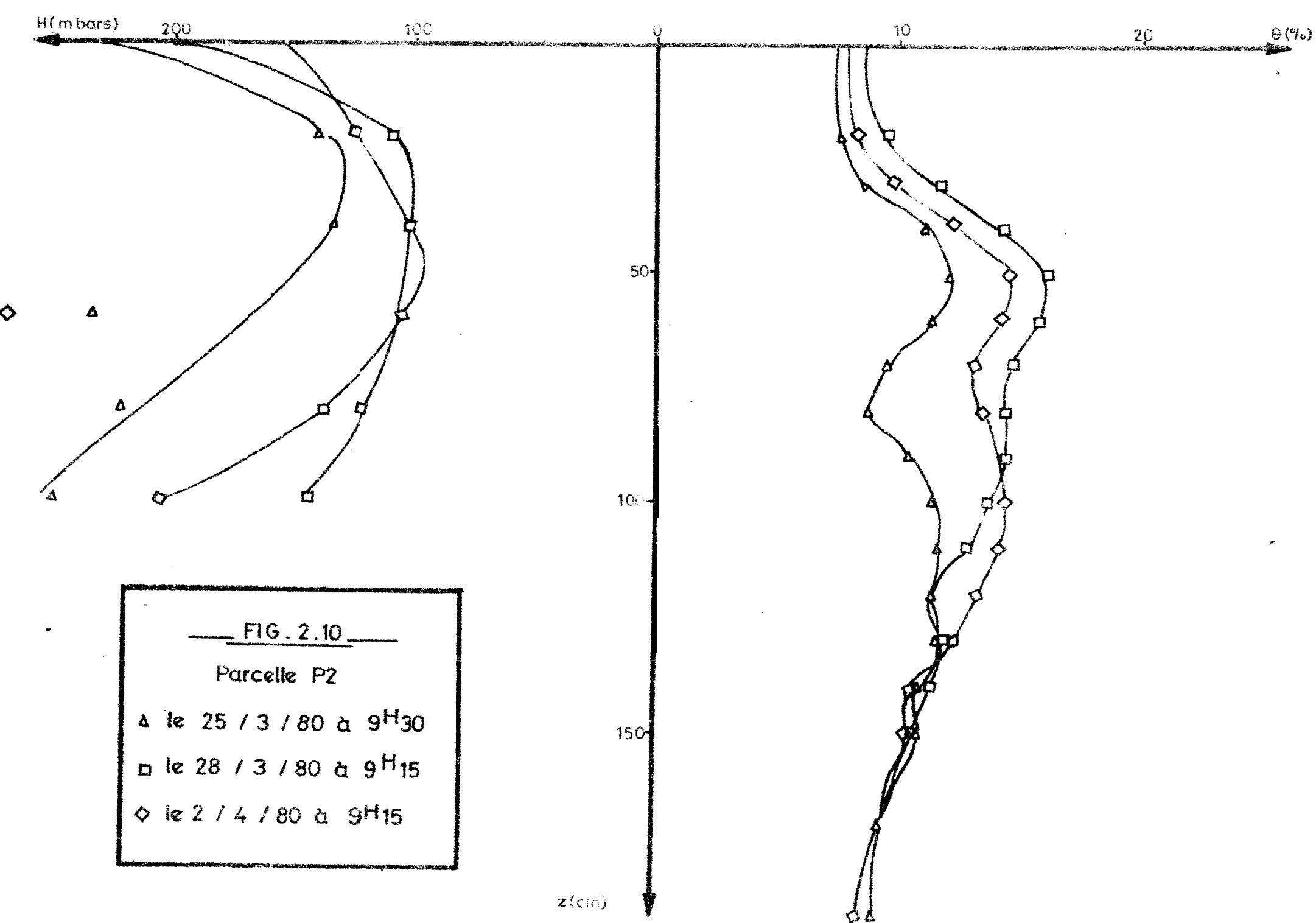
—FIG. 2. 6—
 Parcelle P1
 Δ le 5 / 4 / 80 à 8^H30
 □ le 8 / 4 / 80 à 16^H00
 ◇ le 11 / 4 / 80 à 8^H30











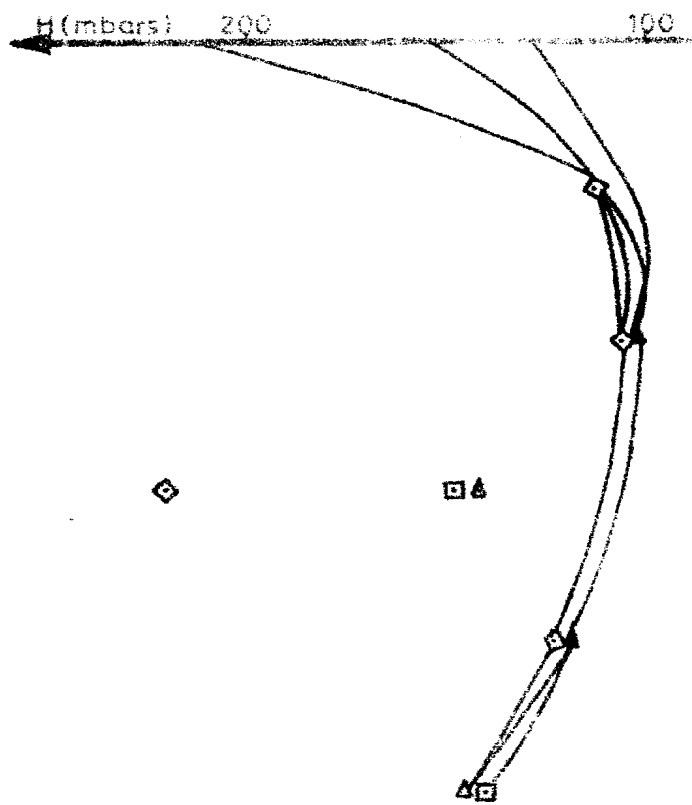
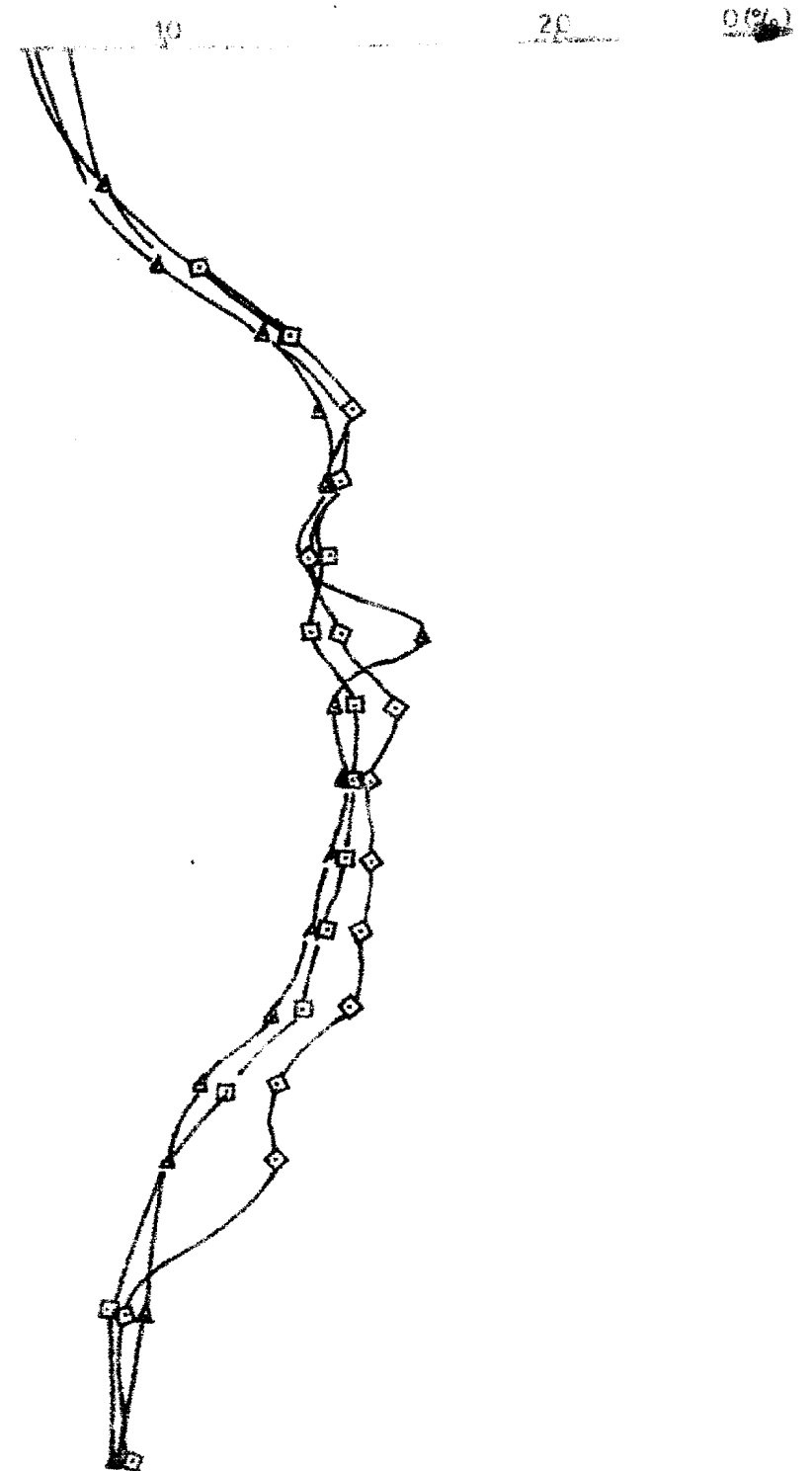
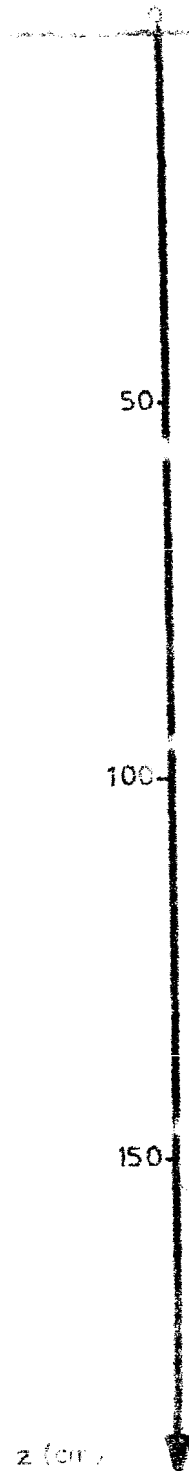


FIG. 2 . II
Parcelle P2
 ▲ le 5 / 4 / 80 à 8 H45
 □ le 8 / 4 / 80 à 16 H45
 ◇ le 11 / 4 / 80 à 9 H00



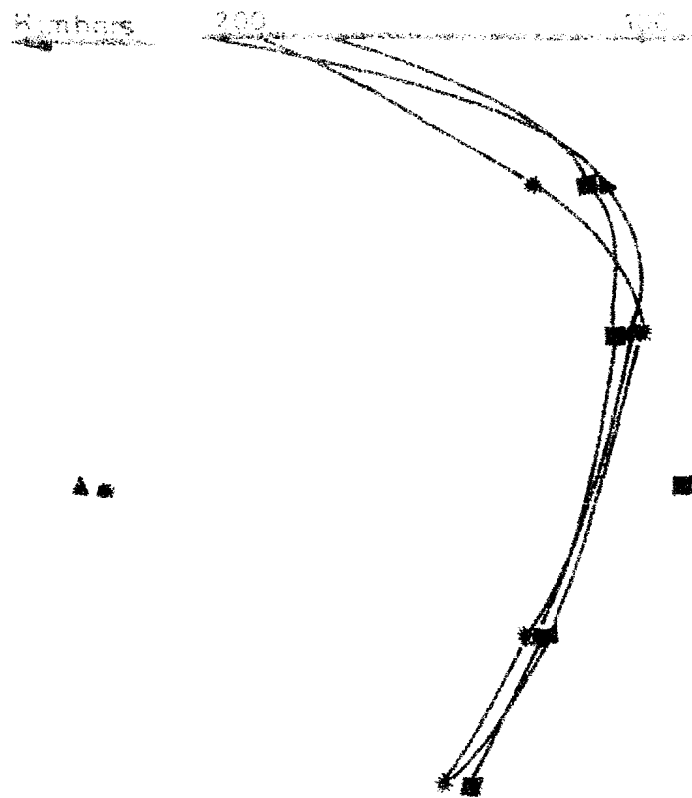
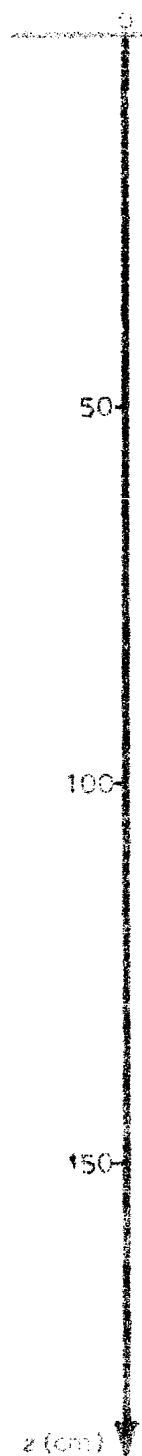


FIG. 2.12

PARCELLE P2

- le 14 / 4 / 80 à 10^H35
- ▲ le 17 / 4 / 80 à 9^H05
- le 20 / 4 / 80 à 9^H25



- 1 - d'appliquer la dose d'irrigation $IMAX = 20 \text{ mm}$.
- 2 - de lire avec précision les hauteurs d'eau relevées par les pluviomètres
- 3 - de suivre l'évolution des profils de charge $H(Z)$ durant 24 heures en lisant les tensiomètres toutes les heures pendant la journée et toutes les deux heures pendant la nuit.
- 4 - de suivre l'évolution des profils hydriques $\theta(Z)$ après l'irrigation.

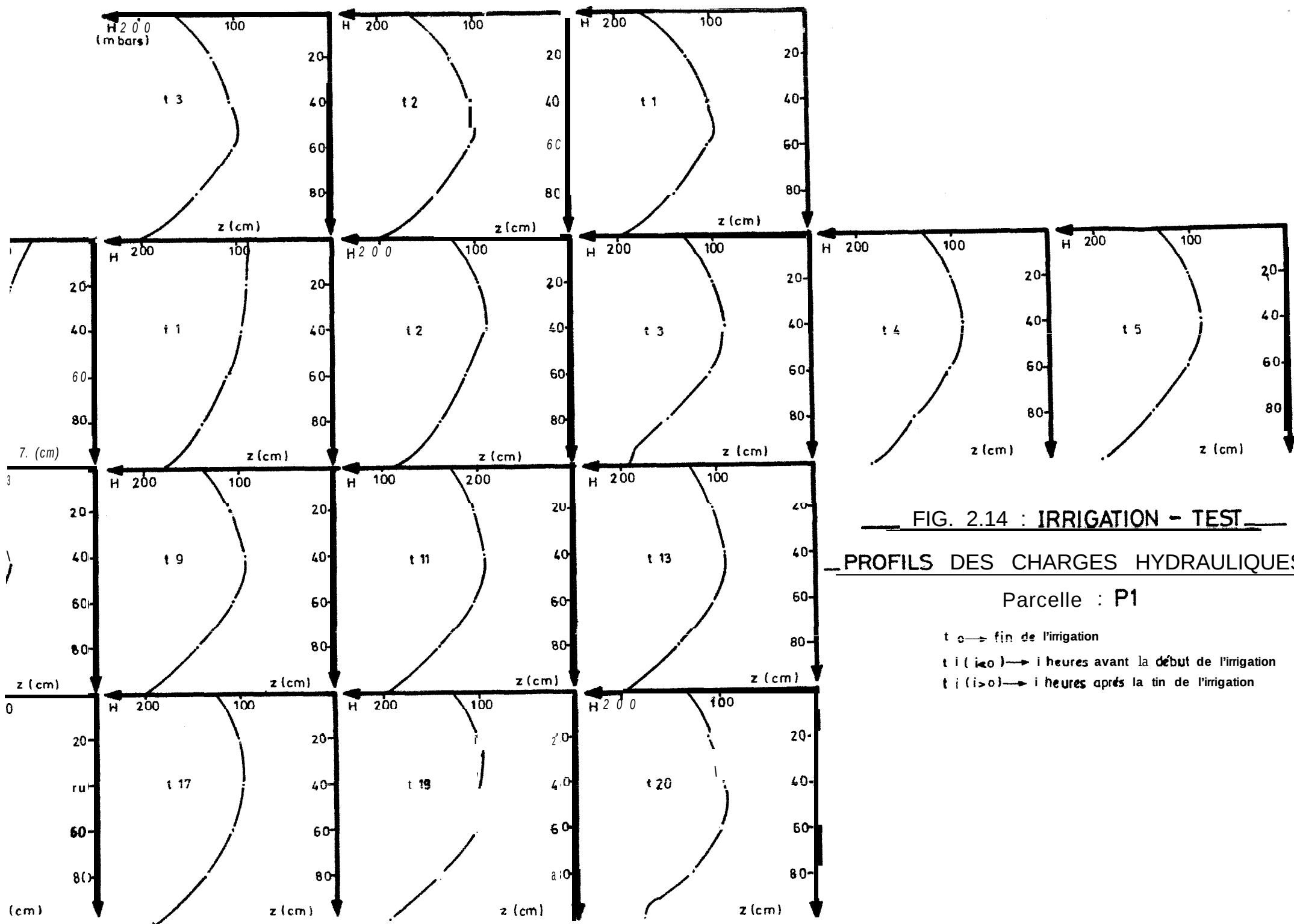
Au cours de cette irrigation, nous avons fixé une durée d'arrosage de 2 heures 18 mn et les hauteurs d'eau relevées par les pluviomètres furent 23 mm à l'intérieur de l'anneau de la parcelle P1 et 19 mm à l'intérieur de l'anneau de la parcelle P2. Les profils de charges hydrauliques $H(Z)$ sont représentés aux figures 2 - 14 et 2 - 15. Notons que le temps t_0 correspond à la fin de l'irrigation. Le temps t_x correspond à x heures après la fin de l'irrigation (si x est positif) ou à x heures avant le début de l'irrigation (si x est négatif). On constate :

1. Pour la parcelle P1 (fig. 2 - 14)

Après les profils du drainage correspondant à t_0 et t_1 , on note la formation d'un plan de flux nul à 30 cm, deux heures après la fin de l'irrigation ($t_2 = 15^H$). La profondeur de ce plan augmente et se rétablira à 50 cm, 20 heures après la fin de l'irrigation. Ces profils sont tout à fait classiques.

La figure 2 - 16 illustre l'évolution des charges hydrauliques à une profondeur déterminée, en fonction du temps. Elle nous permet de constater les réactions décalées des tensiomètres à 20 cm puis à 40 cm, au cours de l'irrigation. Le tensiomètre à 60 cm ne réagit pas après l'irrigation ; les profils hydriques $\theta(Z)$ (fig. 2 - 18) montreront que les teneurs en eau ne varieront pas de façons significatives à cette cote, après l'irrigation. En utilisant la courbe succion teneur en eau $h(\theta)$ caractéristique du type de sol (déterminée au ch. I^{er}) nous nous rendons compte qu'à 80 et 100 cm de profondeur, la succion (et donc la charge) évoluent beaucoup pour une très faible variation de la teneur en eau. C'est ainsi que les profils de charge à 80 et 100 cm correspondent à des variations de teneurs en eau respectives de 2.4 et 1.5 %. Ces variations sont de l'ordre de grandeur des erreurs de mesure de la teneur en eau (cf annexe).

.../...



— FIG. 2.14 : IRRIGATION - TEST —

— PROFILS DES CHARGES HYDRAULIQUES H —

Parcelle : P1

- $t_0 \rightarrow$ fin de l'irrigation
- $t_i (i < 0) \rightarrow i$ heures avant la début de l'irrigation
- $t_i (i > 0) \rightarrow i$ heures après la fin de l'irrigation

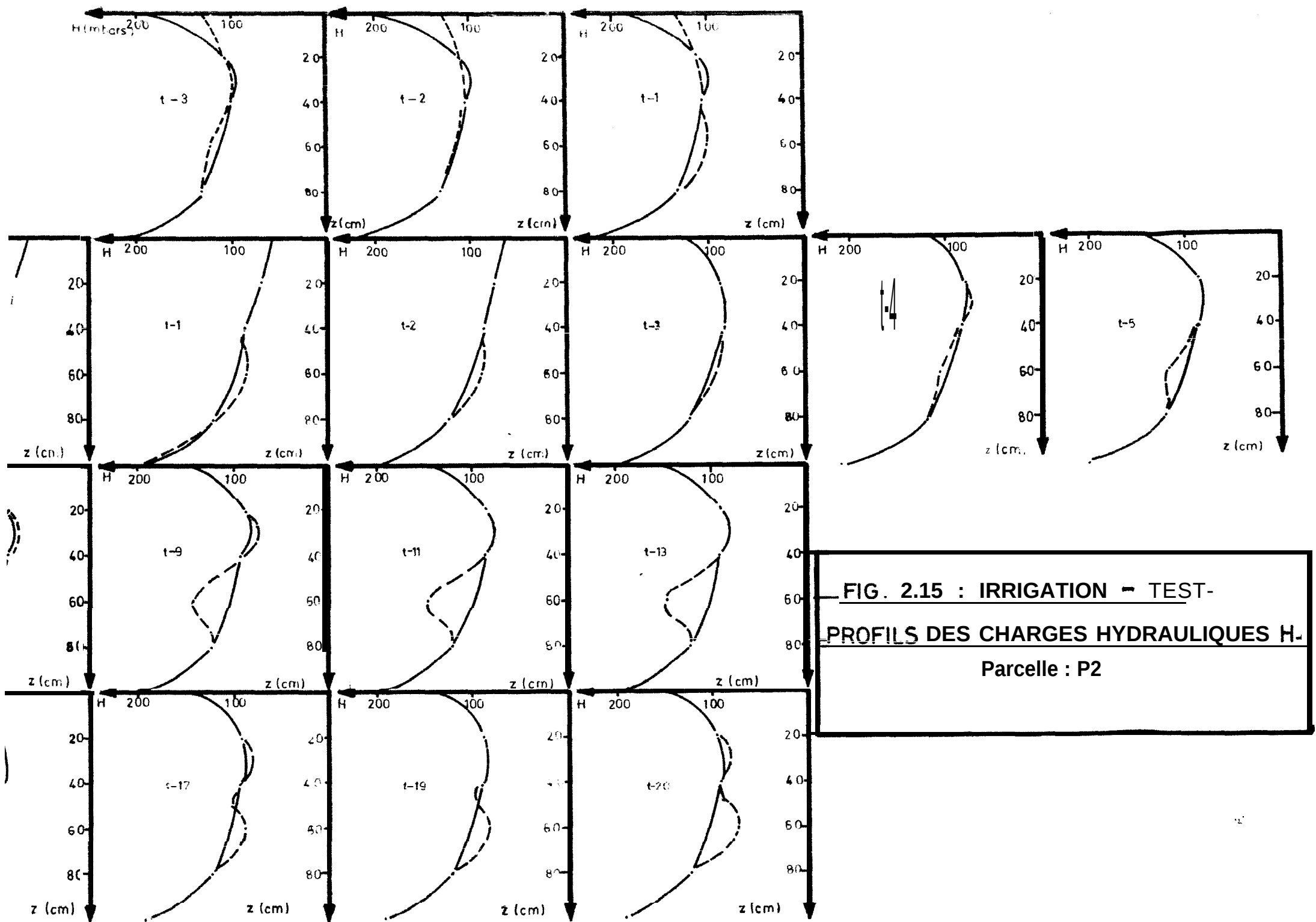


FIG. 2.15 : IRRIGATION - TEST -
PROFILS DES CHARGES HYDRAULIQUES H.
Parcelle : P2

2. Pour la parcelle P2 (fig. 2.15)

Les profils de charge (Hz) de la figure 1.15 dénotent la formation de deux plans de flux nuls : l'un se stabilisant à 30 cm et l'autre passant de 80 à 60 cm vers la fin de l'essai. Les profils de la figure 2.17 nous permettent de élucider ce dernier point. Tous les profils $H(t)$ sont semblables à celles de la fig. 2.16 se rapportant au carré 1, sauf celui donné par le tensiomètre à 60 cm. Ce tensiomètre réagit en même temps que celui à 40 cm. De plus en utilisant la relation succion teneur en eau du sol, on constate que juste après l'irrigation, le sol est saturé à 60 cm ; puis se dessèche ^{pour} ~~par~~ atteindre 12% 11 heures après la fin de l'irrigation et en fin de compte se rehumidifie jusqu'à la saturation en quelques heures. Les profils hydriques $\theta(Z)$ relevés (fig. 18) ne montrent ^{pas} cette suite d'humidification et de dessèchement à la cote 60 cm.

Suite à cette anomalie de fonctionnement du tensiomètre à 60 cm les valeurs relevées à cette cote ont été supprimées. Les profils $H(Z)$ ont alors un seul plan de flux nul qui se stabilise à 30 cm de profondeur.

Remarque : 3 De l'examen des profils hydriques $\theta(Z)$ il ressort que la dose IMAX n'affecte que la couche de sol entre 0 et 50 cm de profondeur.

De plus les variations de la teneur en eau en dessous de la cote 50 cm sont très faible compte tenu des erreurs de mesures (cf annexes)

6 - RESULTATS ET DISCUSSION

Les tableaux 2.1 à 2.8 et la figure 2.19 représentent les valeurs du coefficient cultural obtenu, durant le cycle de l'oignon, sur les parcelles P1 et P2. Commentons ces résultats :

6.1. : Au cours de l'essai, les oignons du carré 1 ont été repiqués plusieurs fois suite à une nécrose. D'une façon générale, les oignons de la parcelle P1 ont ^{eu} ~~été~~ une santé moins bonne que ceux du carré 2, beaucoup plus luxuriants. Puisque notre objectif est de déterminer l'évolution des besoins en eau d'un pied d'oignon du début à la fin de son cycle végétatif, nous ne saurons prendre en considération les résultats du carré 1 dans lequel plusieurs repiquages ont été opérés à diverses périodes du cycle.

../...

FIG. 2.16 : IRRIGATION TEST

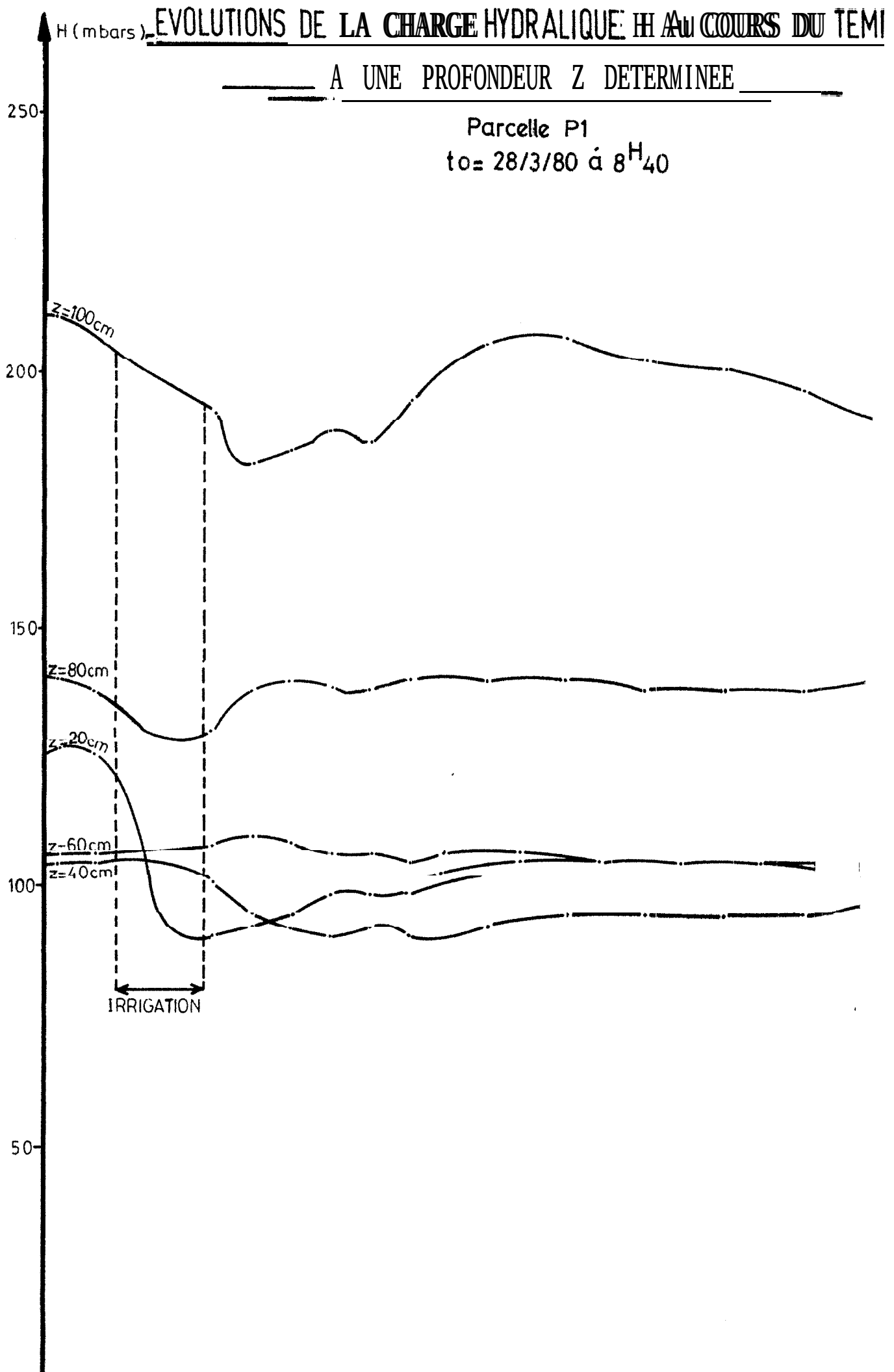


FIG. 2.17 : IRRIGATION TEST

H (mbars)

EVOLUTIONS DE LA CHARGE HYDRAULIQUE H AU COURS DU TEMPS
A UNE PROFONDEUR Z DETERMINEE

Parcelle P2

to = 28/3/80 à 8^h40

250

200

150

100

50

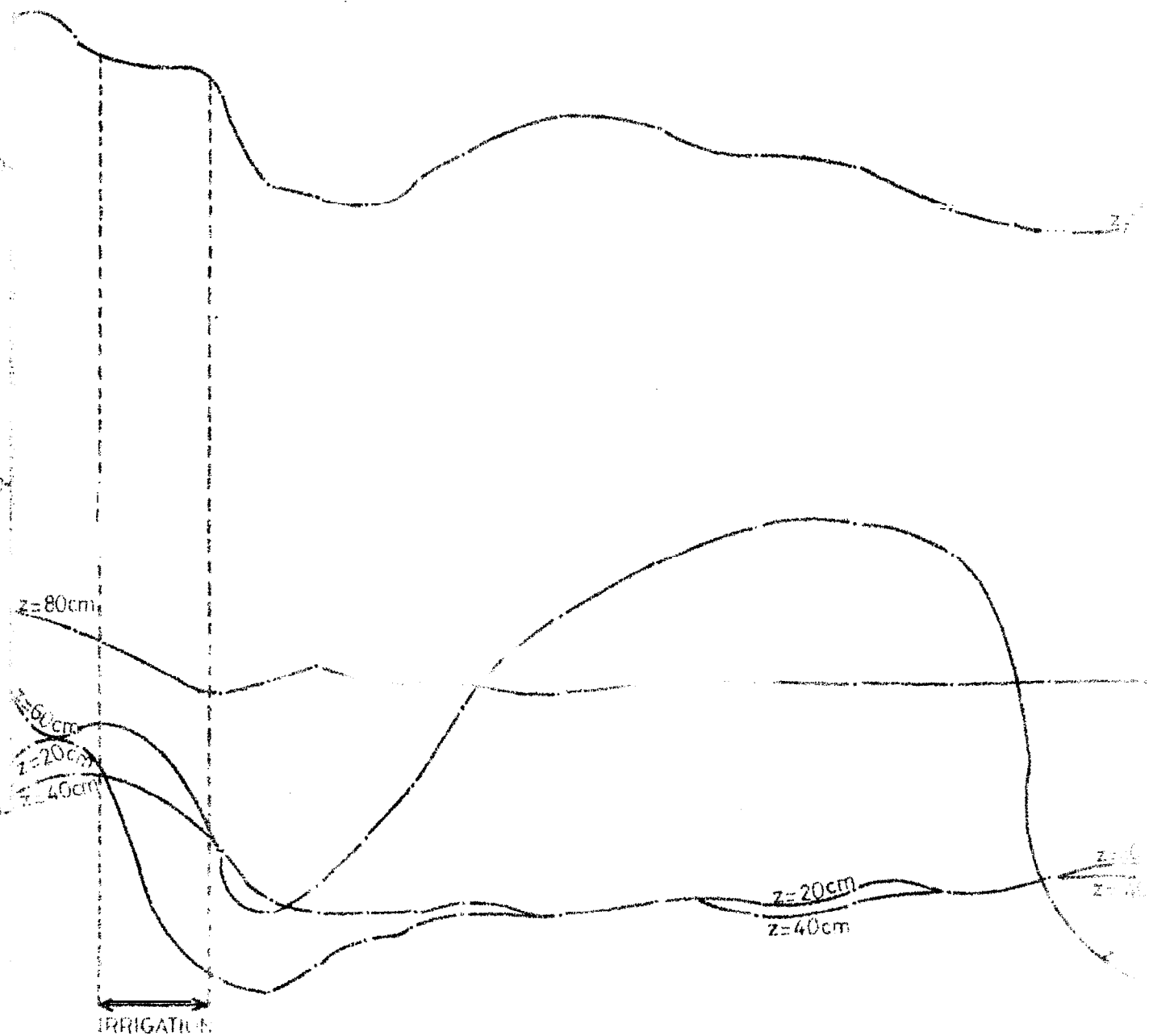


FIG. 2 .18
 Irrigation - test
 Profils hydriques
 — 28 /3 à 9H00
 x—x 28/3 à 16H00
 ●—● 29/3 à 9H00
 ▲—▲ 2/4/80 à 8H50

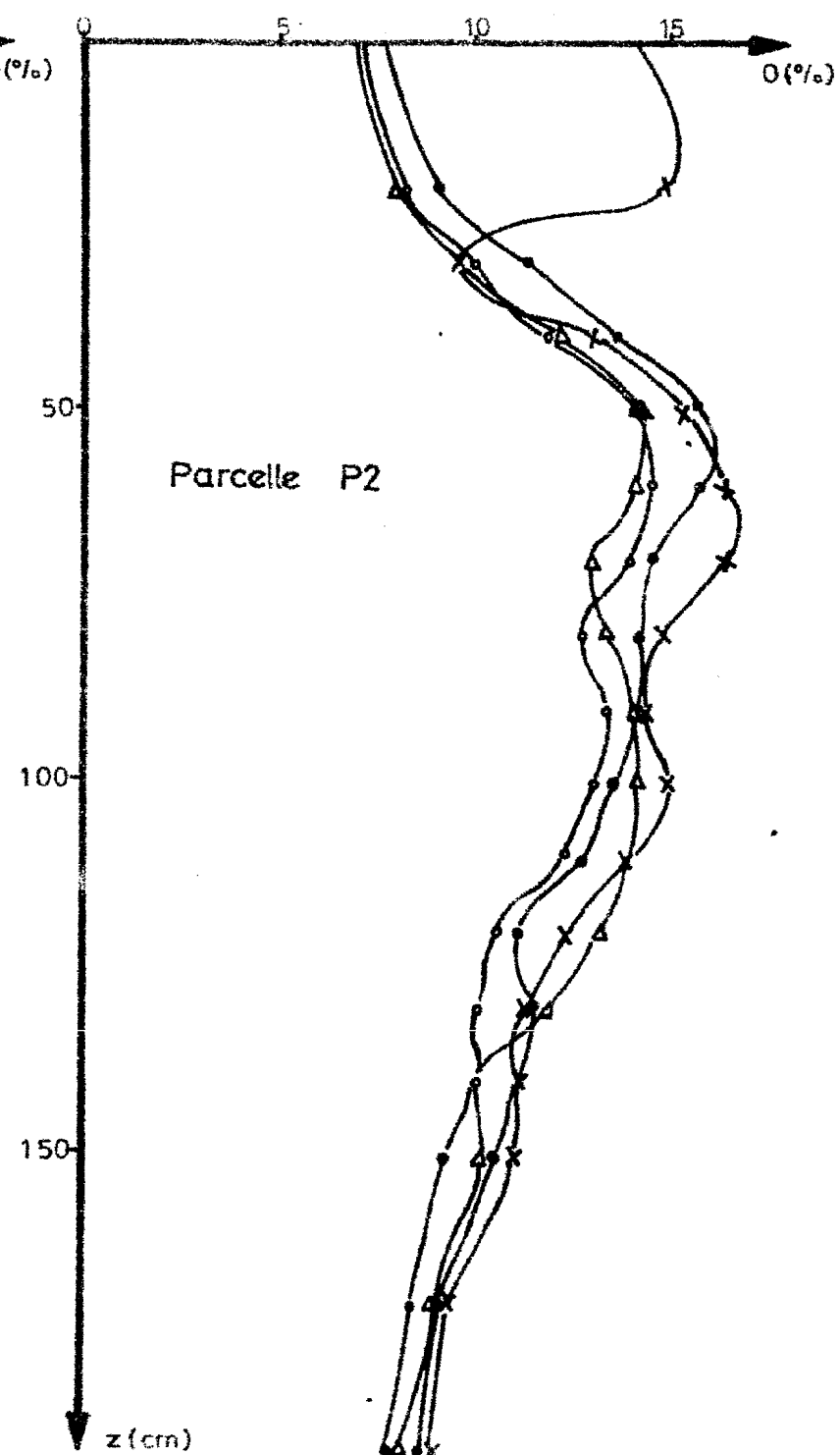
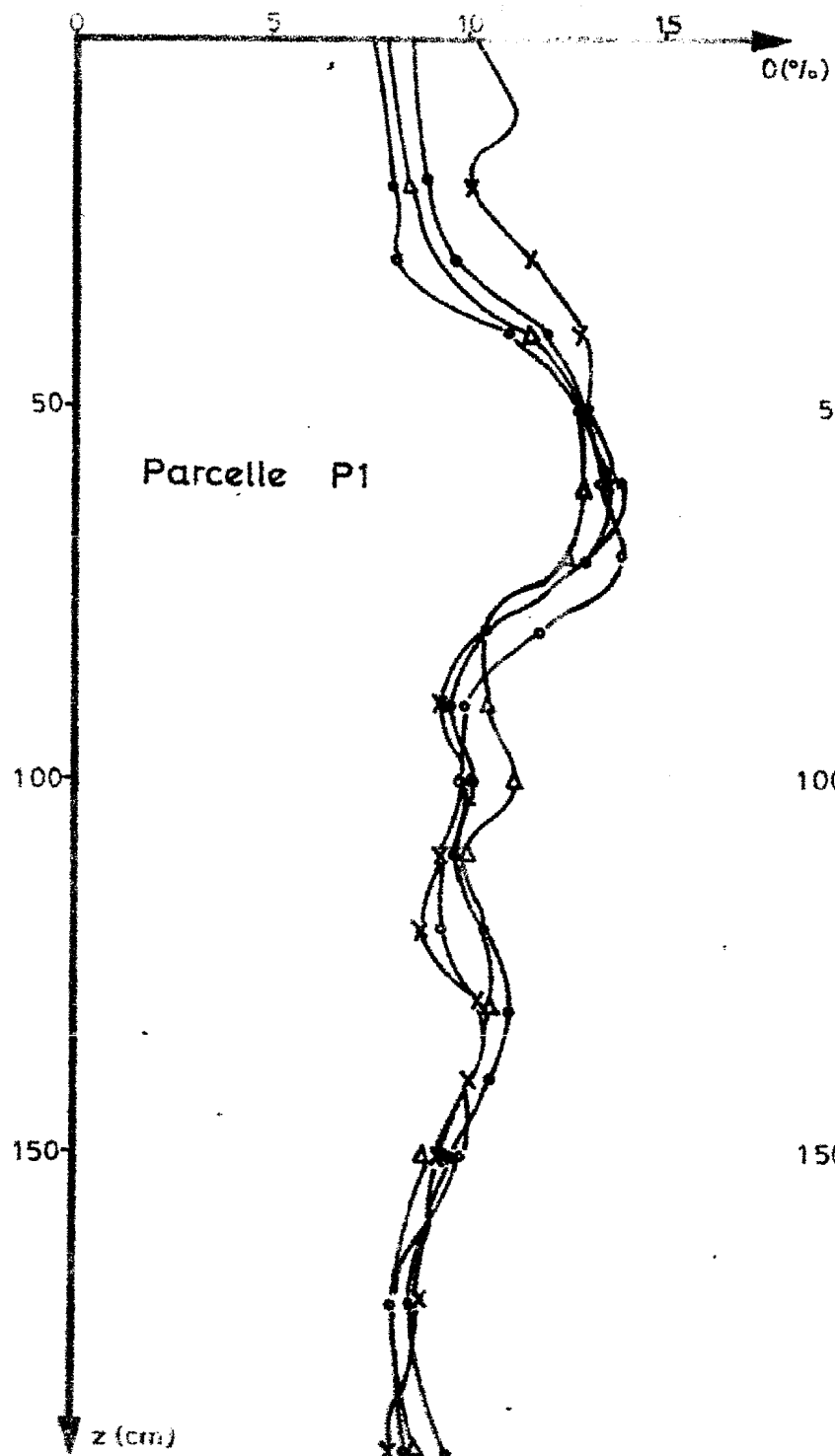


Tableau 2.1 y ESSAI BESOINS EN CAU OIGNONS

Tube 1.1 Période du 1er au 45e jour

Date	Heure	Zo (cm)	Si $\frac{Z_o}{Z_o}$ (mm)	Sf $\frac{Z_o}{Z_o}$ (mm)	ΔS (mm)	I (mm)	N (j)	C=ETM (mm/j)	Ev bac (mm/j)	K
6/3/80	10H 00		18.96							
		30			-13.32	28.1	4.3	3.44	11.40	0.30
10/3	16H 35		32.28	32.28						
		30			+ 2.79	8.5	2.7	4.18	6.99	0.60
13/3	9H 35		51.71	29.49						
		60			- 5.83	20.5	5	2.93	8.36	0.35
18/3	8H 50		36.43	57.54						
		40			3.03	11.5	3.3	4.4	9.49	0.46
21/3	15H 40		33.40	33.40						
		40			- 0.74	29.0	3.7	7.64	12.64	0.60
25/3	9H 50		45.03	34.14						
		50			- 5.58	23	3.0	5.81	10.82	0.54
28/3	9H 00		50.61	50.61						
		50			+ 4.02	23+14	5	8.20	13.27	0.62
2.4	3H 50		46.59	46.59						
		50			- 0.23	27	3	8.92	10.53	0.85
5/4	8H 30		46.82	46.82						
		50			- 3.45	23	3.3	5.92	9.53	0.62
8.4	16H 00		50.27	50.27						
		50			+ 5.33	23	2.7	10.49	12.46	0.84
11/4	8H 30		44.94	44.94						
		50			+ 1.13	22	3	7.73	14.04	0.55
14/4	9H 00		43.76	43.76						
		50			- 5.52	28	3	7.49	11.42	0.66
17/4	8H 45		49.28	49.28						
		50			+ 1.24	19	3	6.75	9.09	0.74
20/4	9H 00			48.04						

ETM = 282.43 mm/46 j = 6.14 mm/j

Ev bac = 487.26 mm/46 j = 10.59 mm/j

KG = 0.58

Tableau 2.2 : BESOINS EN EAU DES DIGHONS

Carré-1 Période du 46e au 75e jour

Date	Houre	Zo (cm)	Si $\frac{Z_o}{Z_o}$ (mm)	Sf $\frac{Z_o}{Z_o}$ (mm)	ΔS (mm)	I (mm)	N (j)	ETM (mm/j)	Ev bac (mm/j)	K
20/4	9H		48.04							
		50			+ 0.02	24	3	8.27	12.42	0.67
23/4	8H 30		47.22	47.22						
		50			- 2.83	26	3	7.7	10.02	0.77
26/4	8H 30		50.05	50.05						
		50			- 0.54	25	3	8.15	11.37	0.72
29/4	8H 30		50.59	50.59						
		50			+ 0.01	24	3	8.0	10.43	0.77
2/5	9H		50.58	50.58						
		50			+ 0.21	20	3	6.74	12.33	0.55
5/5	10H 15		50.37	50.37						
		50			- 0.84	23	3	9.39	10.10	0.92
8/5	8H 45		51.21	51.21						
		50			+ 1.32	27	4	7.08	10.25	0.62
12/5	9H 30		49.89	49.89						
		50			+ 0.05	25	4	6.29	10.62	0.59
16/5	9H 00		49.84	49.84						
		50			- 0.65	25	3	8.12	12.19	0.67
19/5				50.49						

ETM = 222.53 mm/29j -- 7.68 mm/j

E v bac = 320.06 mm/29j = 11.04 mm/j

KG = 0.70

Tableau 2.3.

Carré-1

Période du 76e jour au 95e jour

Date	Heure	Z ₀ (cm)	S ₁ -Z ₀ (mm)	S _f -Z ₀ (mm)	- Δ S (mm)	I (mm)	N (j)	C=ETM (mm/j)	Ev bac (mm/j)	K
19/5	10H 15		50.49							
		50			- 0.38	28	3	9.21	10.86	0.95
22/5	9H 25		50.87	50.37						
		50			+ 2.79	21	5	4.76	10.49	0.45
27.5	9H 25		35.77	48.08						
		40			- 9.43	36	3	8.86	12.23	0.72
30/5	10H 00		45.20	45.20						
		40			+ 4.77	37	3.24	12.89	9.66	1.33
2/6	15H 49		47.35	40.43						
		50			- 5.70	19	2.76	4.82	10.16	0.47
5/6	9H 15		39.69	53.05						
		40			- 4.75	61	4	14.06	7.94	1.77
9/6	10H 35			44.44						

$$ETM = 201.19/21j = 9.58 \text{ mm/j}$$

$$Ev \text{ bac} = 212.32/21j = 10.13 \text{ mm/j}$$

$$KG = 0.95$$

Tableau 2.4 : BESOINS EN EAU OIGNONS

Carre-1

Période : du 96e au 107e jour

Date	Heure	Zo	Si ₇₀ ^{Zo}	Sf ₇₀ ^{Zo}	ΔS (mm)	I (mm)	N (j)	ETM (mm/j)	Ev bac (mm/j)	K
12/6	9H 35		59.53							
		50			+ 6.62	25	5	6.32	9.24	0.68
14/6	9H 00		52.91	52.91						
		50			- 3.53	46	3	14.22	11.04	1.29
17/6	10H 10		56.24	56.24						
		50			+ 1.09	35	3	12.03	9.68	1.24
20/6	10H 30			55.15						

$$ETM = 110.35/11j = 10.03 \text{ mm/j}$$

$$Ev \text{ bac} = 108.35/11j = 9.85 \text{ mm/j}$$

$$KG = 1.02$$

Tableau 2.5 y ESSAI BESOINS EN EAU OIGNONS

Tube 2.1 Période : du 1er au 45e jour

Date	Heure	Zo(cm)	Si $\frac{Z_o}{Z_o}$	Sf $\frac{Z_o}{Z_o}$	ΔS (mm)	I (mm)	N (j)	C=ETM (mm/j)	Ev bac (mm/j)	K
6/3	10H 25		37.10							
		60			-11.01	24.8	4.3	3.21	11.48	0.28
10/3	17H 30		48.11	48.11						
		60			- 2.03	9.0	2.7	2.58	6.99	0.37
13/3	10H 10		50.14	50.14						
		60			- 4.16	29.0	5	4.97	8.36	0.59
15/3	9H 25		35.00	54.30						
		40			+ 2.59	12.0	3.3	4.42	9.49	0.47
21/3	16H 05		22.77	32.41						
		30			- 0.24	27.0	3.7	7.23	12.64	0.57
25/3	9H 10		32.77	23.01						
		40			- 7.95	23.0	3	5.02	10.82	0.46
28/3	9H 00		35.47	40.72						
		50			+ 6.14	23+14	5	8.63	13.27	0.65
2/4	8H 50		36.09	49.33						
		40			- 1.04	21.0	3	8.65	10.53	0.82
5/4	8H 30		26.11	37.13						
		30			+ 0.5	23.0	3.3	7.06	Y.53	0.74
8/4	16H 00		25.61	25.61						
		30			+ 0.89	23.0	2.7	8.85	12.46	0.71
11/4	8H 30		35.71	24.72						
		40			- 1.77	22.0	3	6.43	14.04	0.48
14/4	9H 00		38.48	38.48						
		40			+ 2.70	28.0	3	10.23	11.42	0.90
17/4	8H 15		48.89	35.78						
		50			+ 0.07	19.0	3	6.36	Y.137	0.7
20/4	9H 25			48.82						

ETM = 207.37 mm/46 j = 6.25 mm/j
 Evbac = 487.26 mm/46 j = 10.35 mm/j
 KG = 0.59

Tableau 2.6 : BESOINS EN EAU DES OIGNONS

Carré-2 période du 46e au 75e jour

Date	Heure	Zo(cm)	S ₁ -Z ₀ (mm)	S _F -Z ₀ (mm)	-ΔS (mm)	I (mm)	N (jours)	ETM (mm)	Ev bac (mm)	K
20/4	9H 30		41.77							
		45			- 0.90	25	3	8.01	12.42	0.65
23/4	10H 30		23.63	42.73						
		30			1.32	28	3	7.52	10.02	0.98
26/4	9H 00		22.31	22.31						
		30			- 0.75	28.5	3	9.25	11.37	0.81
29/4	9H 10		23.07	23.07						
		30			- 0.25	26.5	3	8.75	10.43	0.84
2/5	9H 20		43.22	23.32						
		45			+ 0.48	22	3	7.49	12.33	0.61
5/5	10H 50		42.74	42.74						
		45			- 2.11	33	3	10.30	10.10	1.02
8/5	9H 15		24.59	44.85						
		30			+ 1.21	30	4	7.80	10.25	0.76
12/5	10H 00		23.38	23.38						
		30			+ 1.23	29	4	7.56	10.62	0.71
16/5	9H 40		22.15	22.15						
		30			- 0.85	28	3	9.12	12.19	0.75
19/5				23.00						

ETM = 258.45 mm/29j = 8.91 mm/j
 Ev bac = 320.06 mm/29j = 11.04 mm/j
 KG = 0.81

Tableau 2.7

Carré-2

Période : du 76e au 95e jour

Date	Heure	Zo(cm)	Si ₇₀ ^{Zo} (mm)	Sf ₇₀ ^{Zo} (mm)	ΔS (mm)	I (mm)	N (j)	C=ETM (mm/j)	Ev bac (mm/j)	K
19/5	10H 45		41.04							
		45			- 1.93	25	3	7.69	10.86	0.71
22/5	8H 45		49.85	42.97						
		50			+ 1.09	29	5	6.02	10.49	0.57
27/5	10H 00		28.39	48.76						
		35			- 3.97	42.0	3	12.68	12.28	1.04
30/5	9H 40		39.50	32.36						
		40			+ 2.05	37	3.24	12.05	9.66	1.25
2/6	15H 00		37.45	37.45						
		40			- 0.56	26	2.76	9.22	10.16	0.91
5/6	9H 40		24.72	38.01						
		30			- 5.03	73	4	16.99	7.94	2.14
9/6	10H 00			29.75						

ETM = 223.65 mm/21j = 10.65 mm/j
 Ev bac = 212.02 mm/21j = 10.13 mm/j
 KG = 1.05

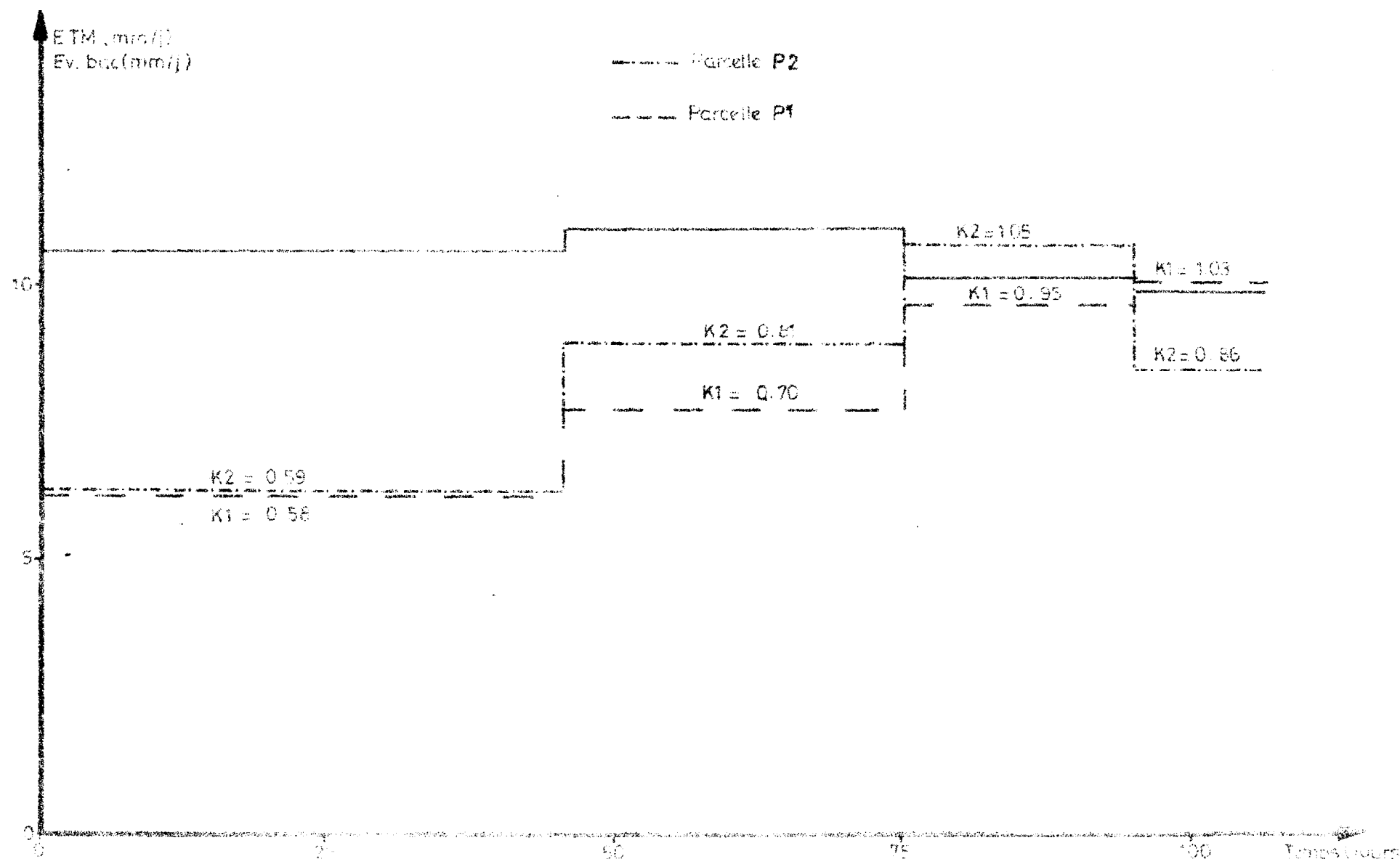
Tableau 2.8 : BESOINS EN EAU D'SIGNONS

Carré-2 période : du 96e au 107e jour

Date	Heure	Z ₀	Si _{7²⁰} (mm)	Sf _{7²⁰} (mm)	ΔS (mm)	I (mm)	N (jours)	ETM (mm/j)	Ev bac (mm/j)	K
10H 00			29.75							
		30			+ 4.63	25	5	5.93	9.24	0.64
9H 30			25.12	25.12						
		30			- 1.40	31	3	9.87	11.04	0.89
9H 30			26.52	26.52						
		30			- 0.92	34.5	3	11.19	9.66	1.16
10H 00				27.44						

ETM = 92.81 mm/11j = 8.44 mm/j
 Ev bac = 108.35 mm/11j = 9.85 mm/j
 KG = 0.86

FIG. 2.19 : EVOLUTIONS DU COEFFICIENT CULTURAL K DURANT LE CYCLE DE L'IGNON



6.2 : L'examen des tableaux 2.1 à 2.8 montre une grande variabilité du coefficient cultural au cours d'une même période. K, calculé à partir de petits intervalles de temps de 3 ou 4 jours étant très variable, nous avons été amenés à calculer le coefficient cultural K à l'échelle d'une période entière (46 jours, 29 jours, 21 jours et 11 jours). Ce calcul a été fait en appliquant la relation :

$$\Sigma ETM = \Sigma I - \Delta S$$

dans laquelle ΣETM = évapotranspiration maximum de la plante exprimée en mm d'eau pendant la période.

ΣI = Somme des irrigations en mm pendant la période

ΔS = Variation de stock entre le début et la fin de la période

et

$$K' = \frac{\Sigma ETM}{\Sigma Ev}$$

ΣEv = somme des évaporations journalières du bac classe A durant les N jours de la période exprimée en mm d'eau.

Le tableau 2.9 donne les détails et les résultats de ce calcul. Nous obtenons :

P E R I O D E	K'	K
Repiquage - 45e jour	0.6	0.59
46e jour - 75e jour	0.78	0.81
76e jour - 95e jour	1.06	1.05
96e jour - 107e jour	0.86	0.86

Les valeurs de K' tamponnées au cours d'une période, sont à 3 % près identiques à celles de K obtenues dans la parcelle P2 et représentent les résultats définitifs de l'essai.

6.3 : A la station expérimentale de TARNA, des essais de détermination des besoins en eau des oignons ont été menés dans des cuves lysimétriques.

Ces essais ont abouti aux valeurs suivantes de KT (K déterminé à Tarna), à comparer avec les valeurs de KB (K déterminé à Bamboey) données par le présent essai :

.../...

Tableau 2.9

Parcelle P2

Date	Heure	Zo	Si ₇₀ ^{Zo} (mm)	Sf ₇₀ ^{Zo} (mm)	-ΔS (mm)	I ^I (mm)	N (mm)	ETM (mm)	Evbac (mm)	K ⁱ
6/3/80	10H 25		22.27							
		40			-13.26	303.8	45	290.54	487.02	0.60
20/4	2H 25		29.29	35.53						
		35			+ 0.39	250	29	250.39	320.05	0.78
19/5	10H 45		23.00	28.90						
		30			- 6.75	232.0	21	225.25	212.93	1.06
9/6	10H 00		29.75	29.75						
		30			+ 2.31	90.50	11	92.81	100.35	0.85
20/6	10H 00			27.44						

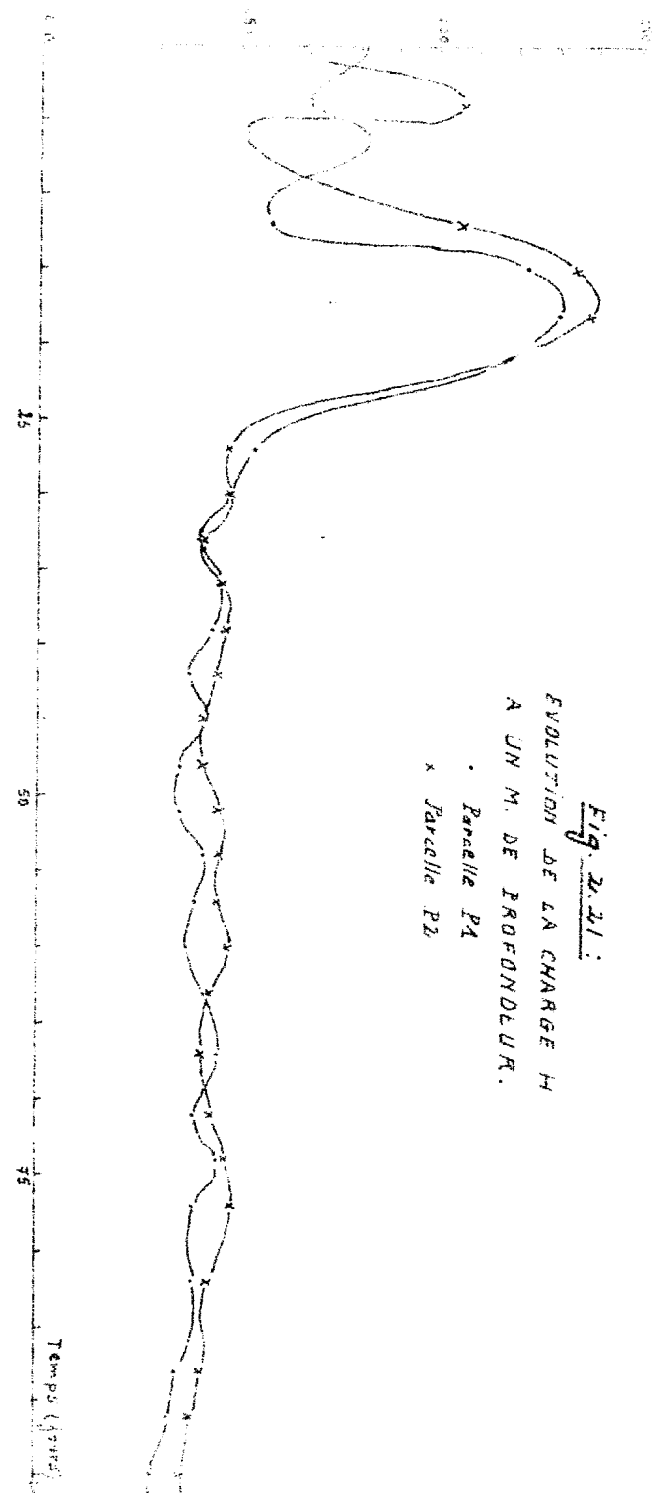
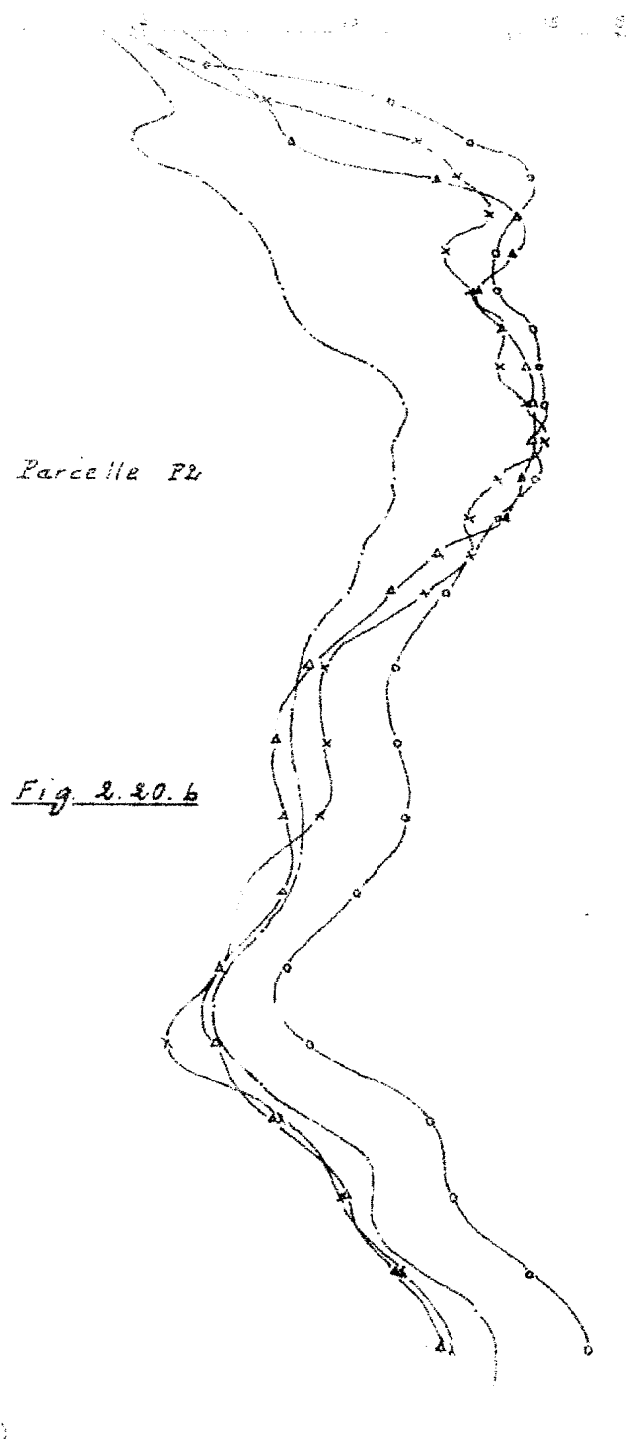
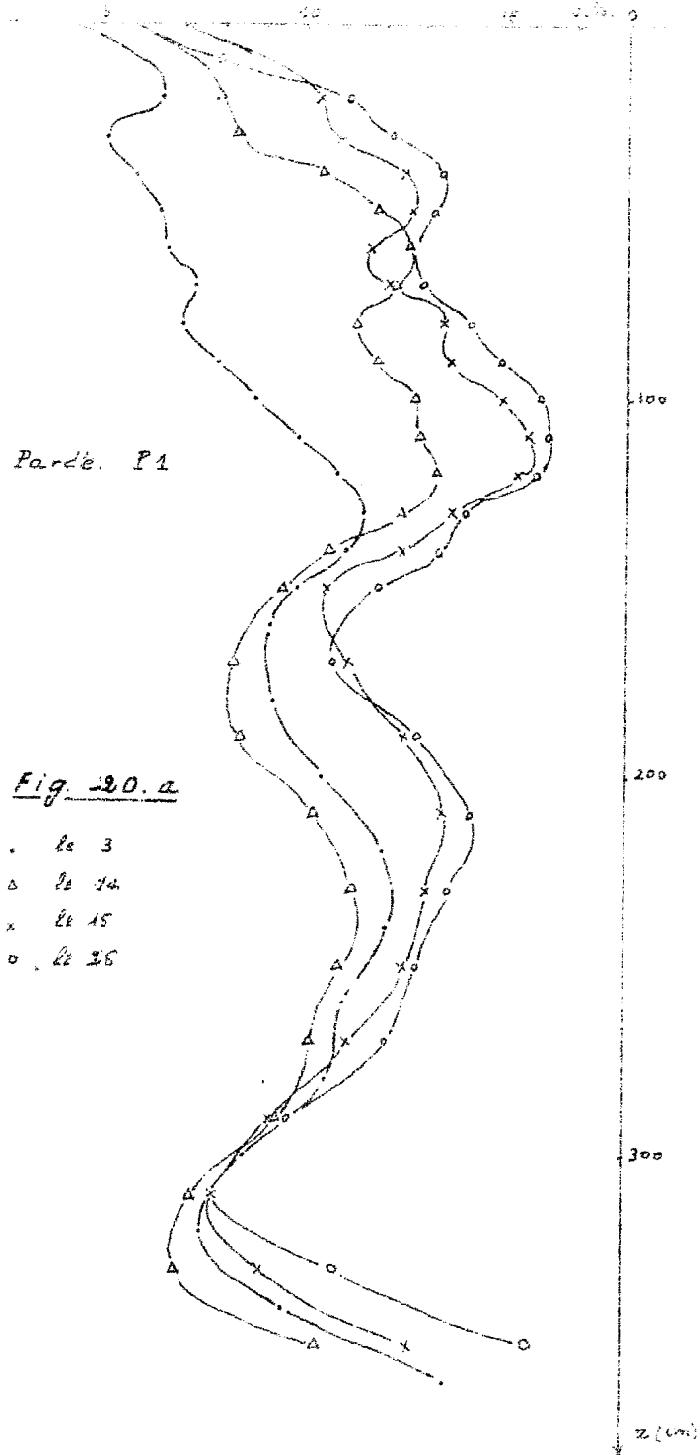
P E R I O D E					KT	KB
Repiquage	-	45e	jour	!	0.6	0.6
46e	jour	-	75e	jour	!	0.78
76e	jour	-	95e	jour	!	1.06
96e	jour	-	120e	jour	!	0.86

En arrondissant les valeurs de KB à une décimale près on obtient exactement les valeurs de Tarna, bien que les méthodes expérimentales adoptées pour déterminer KB et KT soient très différentes.

6.4 : Cependant, en toute rigueur, nous ne saurions conclure sans passer à une critique de la méthode utilisée.

D'abord la méthode surestime les besoins en eau de la plante. En effet, la fixation d'une dose d'irrigation maximum IMAXI ne permet pas à l'expérimentateur d'être sûr qu'une partie de I ne s'infiltre pas en-dessous du plan de flux nul. Ce flux très faible, entraîne une surestimation des besoins en eau de la plante. Ultérieurement à la sortie de ce rapport, un calcul du flux de drainage à la côte 90 cm permettra d'avoir l'ordre de grandeur de cette surestimation. La figure 2.20 représente, pour chaque parcelle, quatre profils hydriques espacés d'un mois et demi en moyenne. Les profils des 6/3 et 20/6 ont été observés respectivement au début et à la fin de l'essai. Cette figure permet de constater une forte humectation, en début d'essai, jusqu'à 1.50 m de profondeur (profils des 6/3 et 11/4). Cette humectation se ralentit par la suite, le sol se maintenant à sa capacité au champ. La figure 2.21 représente l'évolution, au cours de l'essai, des charges hydrauliques relevées à la côte 100 cm. Cette Figure nous confirme les variations de l'humidité en début d'essai, suivies d'une stabilisation de la charge vers 145 mbars. Cette charge correspond d'après la courbe h(B) (cf chap.I) à une teneur en eau de 15 à 16 %, à la côte 100 cm.

Une limitation plus sérieuse de la méthode est le fait qu'elle ne peut être appliquée à la détermination des besoins en eau de plantes dont les racines sont plus profondes que le plan de flux nul. En effet, la méthode ne comptabilise pas le volume d'eau que pomperaient les racines en-dessous du plan de flux nul. Appliquée à des plantes à enracinement profond, la méthode sous-estime les besoins en eau.



Pour pallier ces deux types d'inconvénients il faut pouvoir estimer le débit d'eau en-dessous de la zone racinaire. Cette estimation peut être faite en utilisant la relation :

$$\Delta S = (P+I) - (ETM + q) \quad (*)$$

dans laquelle

ΔS = variation du stock hydrique dans la couche du sol.
comprise entre la surface et une cote Z quelconque,
pendant un intervalle de temps connu, en mm

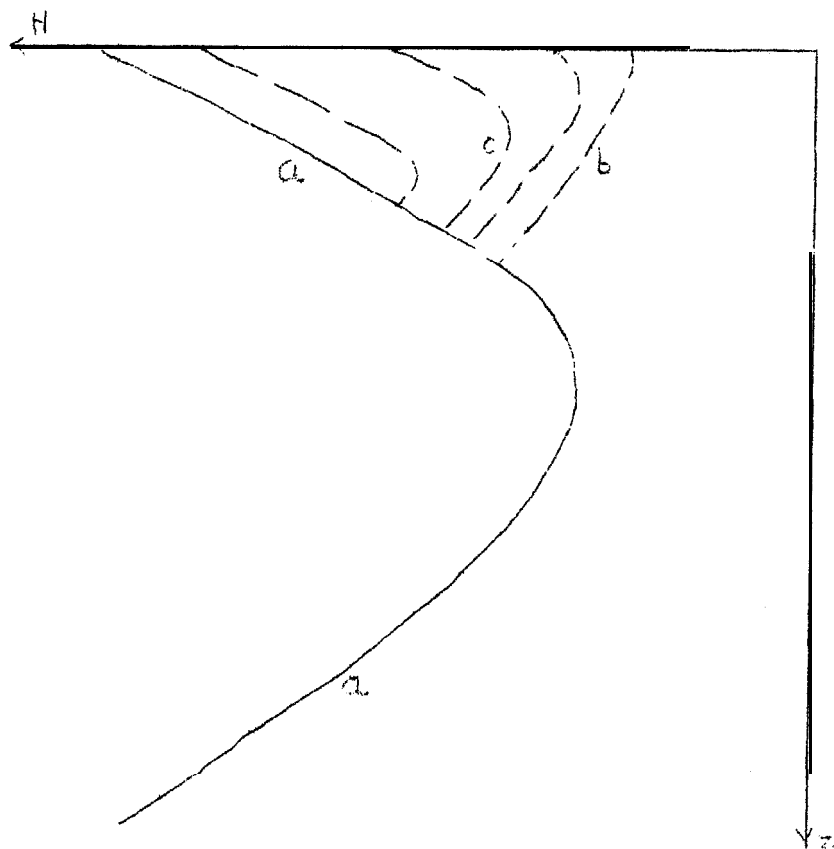
P = Hauteur de pluie (mm)

I = Hauteur d'eau d'irrigation (mm)

q = Flux d'eau traversant la cote Z considérée en mm.

TSYP

Fig 2.13 (cf page 11)



ΔS peut être déterminée aisément par mesures neutroniques.

P et I sont lues dans les pluviomètres.

Le flux q est donnée par la loi de DARCY

$$q = -K(\theta) \frac{dH}{dz}$$

Pour déterminer le flux q à une cote Z, bien en dessous de la zone racinaire, nous pouvons placer un couple de tensiomètres aux profondeurs $Z - 10$ cm et $Z + 10$ cm. Nous obtenons ainsi le gradient de charge hydraulique dH/dZ . La relation $K(\theta)$ (conductivité hydraulique - teneur en eau) supposée connue pour le type de sol, nous donne la valeur de K à la cote Z, la teneur en eau y étant connue (mesures neutroniques). L'introduction de ces valeurs dans l'équation * permet de déterminer l'ETM de la plante.

Cette méthode précise nécessite :

- la connaissance de la relation $K(\theta)$ caractéristique du type de sol
- l'implantation de 2 tensiomètres en dessous de la zone racinaire.
- des mesures neutroniques.

Notons que des études sont en cours (IMG, programme AIEA) qui permettent d'espérer une possibilité ultérieure d'améliorer le bilan à partir de la relation entre $A \pm L$ et $K(\theta)$

7 - CONCLUSION

Cet essai a permis de déterminer les coefficients cultureux de l'oignon Galmi et de suivre leur évolution au cours du cycle végétatif de la plante. En dehors des valeurs même de ces coefficients, le résultat frappant est la constance des coefficients cultureux déterminés sous des conditions climatiques très différentes à Tarna (Niger) et Sambo (SENEGAL). Les coefficients K pour une culture donnée, seraient-ils constants, quelles que soient les conditions climatiques qui ont prévalu lors de leur détermination ? Une réponse affirmative à cette question nous donnerait le droit de transposer au Sénégal, les résultats obtenus dans d'autres pays, avec les mêmes variétés de plante. Réciproquement, cela permettrait de transposer à une grande partie de l'Afrique tropicale les résultats obtenus dans les stations sénégalaises qui leur confère un rôle et une importance pratique débordant les limites du territoire sénégalais. Bien que les résultats de l'essai que nous avons mené militent en faveur d'une réponse affirmative à la question posée ci-dessus, il s'avère nécessaire de réaliser d'autres essais permettant de comparer les coefficients K obtenus sous des con-

Cet essai nous a aussi permis de mettre au point et de tester une méthode expérimentale in situ d'évaluation des besoins en eau des plantes.

Cette méthode s'avère utilisable pour les plantes à enracinement superficiel

Pour les plantes à enracinement profond, nous avons proposé une autre méthode qui a le double avantage de la précision et de la facilité d'exécution.

A N N E X E

* Annexe 2.1 : protocole d'essai

* Annexe 2.2: calcul de l'erreur de mesure de l'humidité du sol par les sondes PITMAN et TROXLER :

L'équation d'étalonnage d'une sonde peut s'écrire

$$\theta = a.n + b$$

θ = teneur en eau du sol

n = nombre de coups par unité de temps donnés par la sonde

L'erreur $d\theta$ sur l'estimation θ entraînée par une erreur de comptage dn est : $d\theta = a.dn$

L'erreur relative $d\theta/\theta$ s'écrit

$$\frac{d\theta}{\theta} = a \cdot \frac{dn}{n} \cdot \left(\frac{\theta}{n}\right)^{-1}$$

$$\text{et } \frac{\theta}{n} = a + \frac{b}{n}$$

Nous pouvons nous fixer une valeur n de référence égale au comptage donné quand le source est dans l'étui. La variabilité de cette valeur de n est représentatif de la variabilité des comptages de la sonde dans un sol de teneur en eau constante. Les deux tableaux qui suivent donnent les diverses valeurs de n dans les étuis des deux sondes, recueillies au cours de la campagne de mesures. Le calcul nous permet de négliger la valeur de b/n par rapport à celle de a .

$$a \gg 28.25$$

$$\text{pour la Pitman} : |b| \ll 3.517$$

$$n \gg 5.13$$

$$\text{Donc } b/n \ll 0.0069$$

$$b/n \ll 0.02 \% \text{ de } a$$

Pour la Troxler : $a \geq 51.666$

$|b| \leq 5.585$

$n \geq 1117$

Donc $b/n \leq 0.0005$

$b/n \leq 0.002 \%$ de a

$$\text{Ainsi } \frac{\theta}{n} \approx a \quad \text{et} \quad \boxed{\frac{d\theta}{\theta} = \frac{dn}{n}}$$

A partir des diverses valeurs de n recueillies au cours de la campagne, nous calculons dn/n

$$\frac{dn}{n} = \frac{dC_{Pe}}{C_{Pe}} = \frac{\text{variance des comptages dans l'étui}}{\text{moyenne des comptages dans l'étui}}$$

Pour le pitman $\frac{dn}{n} = 0.091$ donc $\frac{d\theta}{\theta} = 9.1 \%$

Pour la Troxler $\frac{dn}{n} = 0.105$ Donc $\frac{d\theta}{\theta} = 10.5 \%$

Tableau A.1 : Pitman : Comptages dans l'étui

633	613	591	694	620	610	581	584
687	572	588	614	589	637	596	610
629	570	596	630	607	617	513	592
597	582	589	620	621	615	659	594
611	588	597	616	573	605	626	631
615	587	594	623	658	599	632	583
625	585	574	622	584	597	628	644
629	573	513	653	589	598	630	593
619	576	687	606	683	610	630	633
621	624	631	619	574	648	624	591
616	584	683	627	615	624	628	588
673	593	659	575	631	631	619	622
620	593	623	576	635	579	636	
600	584	624	589	651	616	630	
622	581	831	582	621	580	523	
633	630	567	661	668	639	668	

Tableau A2 : TROXLER : Comptages dans l'étui

493	480	729	456	447	656	472	629
410	362	856	375	342	764	204	301
536	590	444	603	710	726	388	539
584	912	663	515	602	457	327	411
435	741	399	438	281	611	473	465
408	629	406	544	3467	417	235	583
556	600	538	524	374	473	233	460
488	721	277	489	491	640	636	720
620	727	429	713	659	548	588	299
504	856	426	422	473	289	358	357
426	670	293	468	553	590	332	484
239	551	541	386	459	344	282	478
729	594	649	880	456	583	478	565
470	493	132	920	519	859	117	429
532	697	339	631	589	562	466	610
652	799	678	672	596	308	276	534

PROTOCOLE DE MESURES DES BESOINS MAXIMA EN EAU D'UNE CULTURE

D'OIGNON IRAT₁₁ REPIQUE

I - OBJET

Mesurer in situ les besoins en eau de l'oignon IRAT 1 repiqué, par la 7-J méthode du bilan hydrique, raccorder les résultats trouvés aux valeurs correspondantes de l'évaporation du bac classe A et en déduire les valeurs des coefficients culturaux.

II - METHODOLOGIE ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

Sur 2 parcelles de 12m x 12m, cultivées en oignon et irriguées par aspersion, on mesure l'apport d'eau au moyen de 4 pluviomètres et l'on détermine la consommation en eau (ETM) par les mesures régulières de l'humidité et de la tension capillaire du sol. Les variations des profils de charge hydraulique donnant les positions des zones de flux au sol et les variations des profils hydriques relevés à différentes dates permettant de chiffrer les hauteurs d'eau évapotranspirées par le sol cultivé et le volume d'eau infiltré en profondeur.

Dispositif expérimental

1/ Parcelles de culture

Les 2 parcelles ont reçu une culture d'arachide en hivernage 1979 et les façons culturales suivantes en Février 1980 : épandage de 10 T/ha fumier sec et 150 kg/ha d'engrais 10.21.21, arrosage 15 mm, labour à 15 cm - 18 cm reprise à 12 herse en 2 passages croisés, finition de la reprise aux rateaux, arrosage 10 mm, repiquage d'oignon IRAT 1 avec des plants de 2 mois d'âge aux écartements 20cmx10cm, arrosage 10 mm. Les techniques culturales habituelles seront adoptées.

2/ Irrigation

Fréquence Une irrigation tous les 3 jours après la mise en

DOSE? : Déterminée en fonction de la consommation en eau durant les 3 jours précédant l'irrigation, par la formule suivante

$$D_{mm} = K \cdot \frac{\sum E_{mm}}{E}$$

avec D = dose brute d'irrigation en mm d'eau

K = coefficient cultural défini à TARNA (niger)

variant avec le stade de végétation

..//..

ΣE = hauteur d'eau évaporée par le bac classe A durant les 3 jours précédant l'irrigation

E = efficacité de l'irrigation, prise égale à 70 % pour s'assurer qu'en cas où K (Tarna) est sous estimé, la culture ne manque pas d'eau.

Pratique

Les 2 parcelles seront irriguées par 6 asperseurs Rain Bird 25 FP DG TNT équipés de buse $\varnothing$ 4,36 mm. Pour une pression de service de 3 kg/cm², la portée est de 12,40 m, le débit de 1,25 m³/h et la pluviométrie de 8,69 mm/h pour une maille d'arrosage de 12m x 12m.

Deux précautions :

- pour ne pas arroser le bac classe A, l'asperseur A3 travaillera en demi cercle pour une durée deux fois plus courte que celle des 5 autres arroseurs
- arroser tôt le matin ou tard dans l'après midi pour que le vent ne perturbe pas la distribution.

La durée d'arrosage d sera égale à $d = \frac{\text{Dose brute}}{8,69}$

Contrôle

L'apport d'eau sera contrôlé par 4 pluviomètres AGRAM dont la bague de réception se trouve à 20 cm environ au dessous du sol

3/ Mesure d'humidité

Les variations d'humidité du sol seront suivies par mesures neutroniques : l'humidimètre PITMAN ou à défaut l'humidimètre TROXLER sera utilisé. Les 4 tubes d'accès PVC $\varnothing$ 40 - 45 mm seront implantés en raison de 2 par parcelle, l'un au centre de la parcelle protégé du ruissellement d'eau par un anneau de garde métallique $\varnothing$ 98 cm environ, l'autre à l'extérieur de l'anneau de garde. La profondeur du tube et sa hauteur aérienne sont mesurées avec précision et ont les valeurs suivantes :

Tube	Profondeur	Hauteur aérienne
11 et 1.2	3 y 7 cm	4 cm
21 et 2.2	3. 70 cm	4 cm

4/ Mesure de charge hydraulique

Dans chaque aire de mesure, à l'intérieur de l'anneau, on installera 5 tensiomètres SOIL MOISTURE à mercure aux profondeurs de 20, 40, 60, 80, 100 cm autour du tube d'accès.

Chaque aire de mesure sera protégée du ruissellement d'eau de surface par une petite diguette qui isole un carré de 2 m d'arête, du reste de la parcelle. Il faut que la végétation de l'aire de mesure et celle du reste de la parcelle soient aussi homogènes que possible. Pour cela, il faut éviter de piétiner l'aire de mesure en posant un caillebotis ou un madrier de bois sur 2 **pilots**, à côté des tubes d'accès.

III - PROTOCOLE DES MESURES

- Irrigation

La durée d'arrosage sera déterminée tous les 3 jours la veille de l'irrigation. Les 4 pluviomètres seront relevés juste après l'irrigation.

- Evaporation :

Les mesures seront effectuées tous les jours (y compris jours de repos)) 8H 30.

- Humidité :

Tous les 3 jours, juste avant l'irrigation.

- Tension capillaire : Tous les 3 jours, juste avant l'irrigation

Deux fois au cours du cycle cultural, afin de mieux comprendre le phénomène (évaporation, transpiration, percolation, influence de la température) on fera des irrigations-tests au cours desquelles, la durée d'arrosage, la pluviométrie seront notées avec précision et surtout, les mesures de tension capillaire et éventuellement d'humidité seront effectuées toutes les heures pendant la journée et toutes les 2 heures la nuit.

Les observations d'ordre cultural (état végétatif, maladie, carence, rendements) seront également notées.

8 - BIBLIOGRAPHIE

- C. DANCETTE - T.M. DUC : Travaux récents de l'IRAT-Sénégal portant sur les relations eau-sol-plante. (Mai 1974)
- C. DANCETTE : Mesures d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation d'une nappe d'eau libre au Sénégal. Présentation des travaux portant sur les besoins en eau des cultures (Mai 1973).
- C. DANCETTE : Agroclimatologie appliquée à l'économie de l'eau, en zone soudano - sahélienne. Avril 1977).
- C. DANCETTE : Besoins en eau des grandes cultures au Sénégal. (Sept 1973)
- M. VAUCLIN & G. VACHAUD : Bilan d'eau sur sol nu et cultivé : Fiabilité des résultats.
- MINISTERE DE LA COOPERATION - Techniques Rurales en Afrique, volume N°1 "évaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations" 1964
- DOORENBOS J et W.D. PRUITT : Crop water Requirements. (Irrigation and Drainage Paper) FAO. Rome 1975
- T.M. DUC : Irrigation de la zone Centre - Nord du Sénégal. Résultats de recherches et perspectives ; Comité consultatif FAO-AIEA. Doc technique AIEA - 192, Vienna 1976
- IRAT Niger : Rapport de la station expérimental d 'Hydraulique Agricole (S.E.H.A.) de 1963 à 1970 par CHAROY et GILLET. 1970.
- E.C. CHILDS : An Introduction to the physical basis of soil water phenomena. Witey 1969
- S.D. GOLDBERG, B. CORNAT and D. SADAN : Relation between water consumption of peanuts and class A pan évaporation during the growing Season. Soil Sci : 104 (4) 1967
- D. HILLEL : Soil and water, physical principles and processes. Academic Press 1971.

CHAPITRE-III : TEST DU SYSTEME D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE TIROSH

1 - INTRODUCTION

L'irrigation goutte à goutte (irrigation localisée) a connu, dès sa naissance une popularité croissante et peut, aujourd'hui être considérée à juste titre comme une méthode classique. Cette méthode d'irrigation met l'eau et les engrais directement à la disposition des racines par l'intermédiaire de conduites fixes, de rampes d'arrosage fixes ou amovibles et de goutteurs conçus et calculés afin d'assurer de faibles débits. Outre l'économie d'eau, les avantages de l'irrigation par goutte à goutte sont multiples : utilisation optimale des engrais ; meilleure réponse des cultures ; économie de main d'œuvre ; utilisation possible des eaux salées. Cependant certaines limitations affectent cette méthode d'irrigation : coût élevé ; obstruction des goutteurs ; risque de salinisation du sol ; niveau élevé des compétences requises pour la conception, l'installation et l'exploitation du système.

L'essai que nous décrivons dans ce chapitre est un test d'un goutteur de fabrication israélienne (Tirosh). Notre objectif est triple :

- 1/ détermination de la relation débit-pression du goutteur
- 2/ évaluation des coefficients d'uniformité (absolue et au champ)
- 3/ caractérisation des bulbes hydriques.

2 - DESCRIPTION TECHNIQUE GENERALE DES SYSTEMES

Une installation d'irrigation goutte à goutte comprend : une unité de tête, des conduites principales et des conduites porte-rampes, des rampes d'arrosage équipées de goutteurs.

2.1 : L'unité de tête (cf fig. 3.1)

Reliée au point d'eau, cette unité comprend généralement des filtres, des vannes, des compteurs, des appareils de régulation et de contrôle automatique (régulateur de pression, limitateur de débit), un injecteur d'engrais et des manomètres.

Les filtres éliminent les particules solides de l'eau d'irrigation. Ils sont généralement composés de couches de graviers, de tamis et de séparateurs de sables.

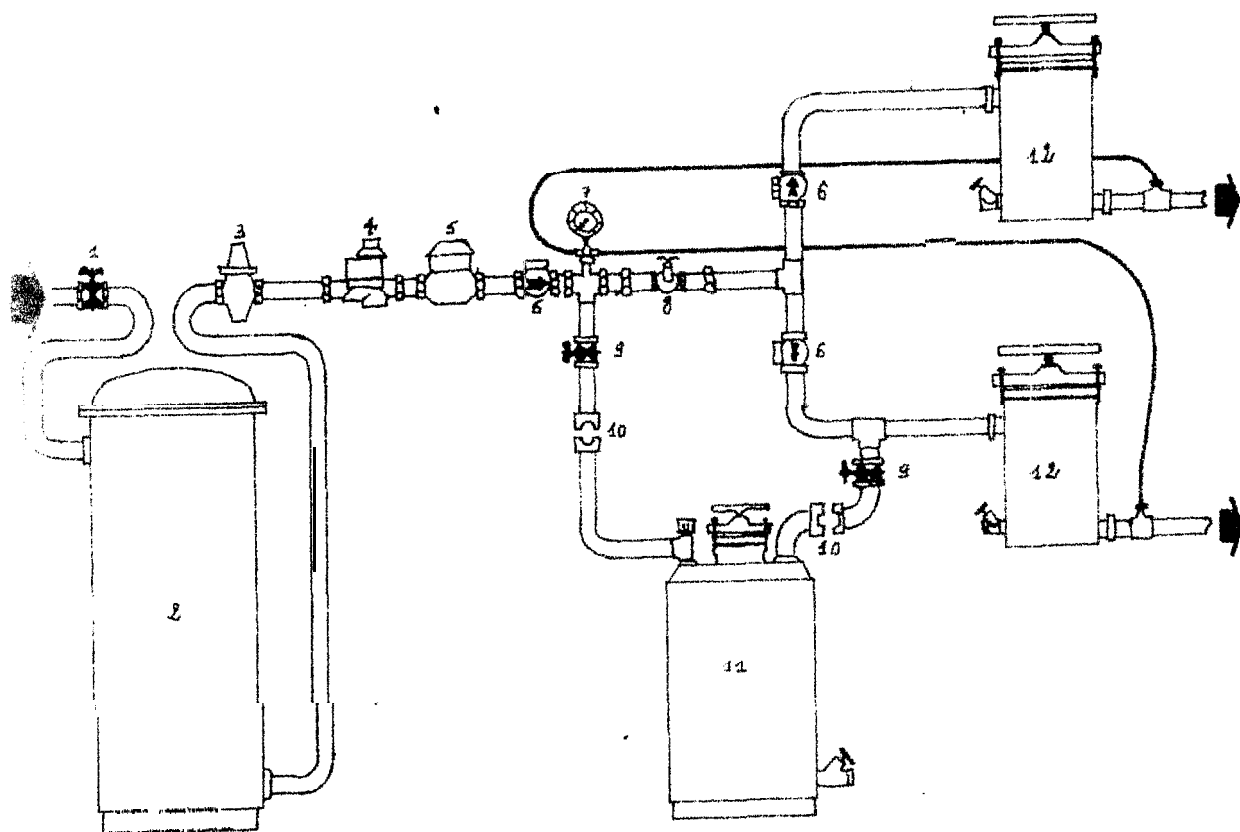


Fig. 3.1: Schema général d'un équipement de tête d'une installation d'irrigation goutte à goutte.

- | | |
|---|---|
| 1 - vanne générale | 7 - manomètre avec vanne à 4 voies |
| 2 - filtre à gravier | 8 - vanne venturi |
| 3 - réducteur de pression | 9 - vanne |
| 4 - limiteur de débit, type "affichage" | 10 - dispositif prise rapide |
| 5 - compteur | 11 - injecteur d'engrais |
| 6 - clapet anti-retour | 12 - filtre à treillis ou à plaque avec prise de manomètre à la sortie. |

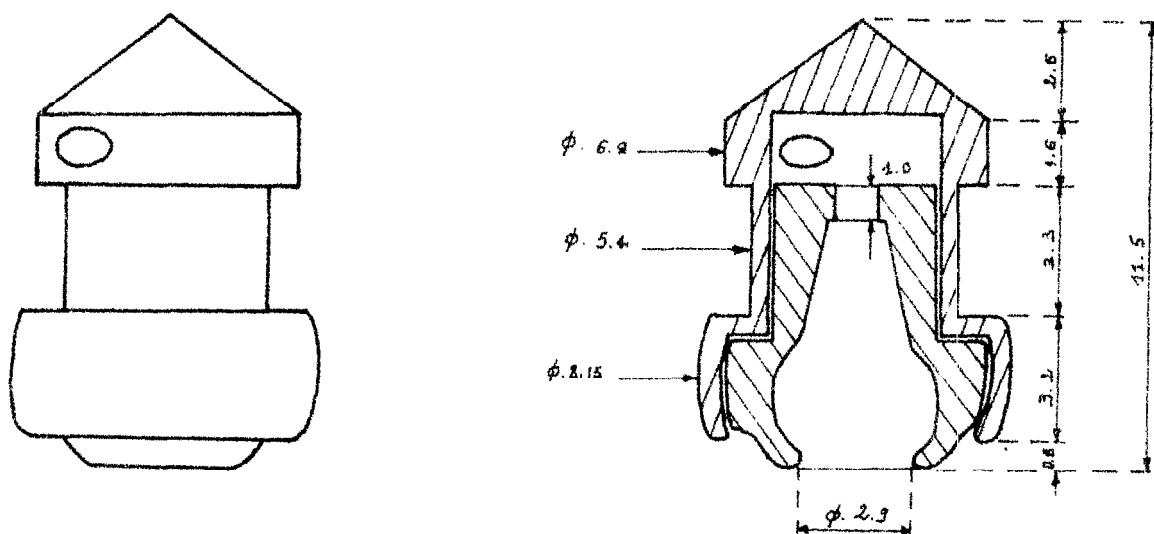


Fig. 3.2: Description et caractéristiques dimensionnelles du gouteur TIROSH.

Echelle 5/1

Cotes en mm

2.2 : Les conduites principales et les conduites porte rampe assurent le transport de l'eau de l'unité de tête aux rampes d'arrosage. Pour empêcher l'obstruction des goutteurs, ces conduites doivent résister à la corrosion ; elles sont en polyéthylène, en PVC rigide, en acier galvanisé, en amiante-ciment...

2.3 : Les rampes d'arrosage sont des conduites fixes en polyéthylène, ou en chlorure de polyvinyle plastifié, pourvues à intervalles réguliers de goutteurs. La rampe type résiste à une pression de 4 atm et a un diamètre inférieur à 32 mm.

2.4 : Les goutteurs

Ce sont des arroseurs conçus pour assurer la dissipation de la pression de l'eau des rampes d'arrosage dans le but de limiter le débit à quelques litres par heure. La perte de charge est obtenue soit par un orifice de très faible diamètre, soit par un cheminement dans un long circuit de faible section.

Dans le cas de notre essai nous avons utilisé les goutteurs représentés à la figure 3.2. Dans ce type de goutteur à vortex l'eau est forcée tangentielle dans une chambre où se crée un tourbillon. La perte de charge nécessaire à la réduction du débit est produite par la force centrifuge née du tourbillon.

Le goutteur doit donner un débit faible, régulier et constant, peu sensible aux petites variations de pressions. Le débit des goutteurs diminuant suite aux pertes de charges le long de la rampe, une règle empirique limite la variation du débit à 10 % de la valeur moyenne des débits de l'ensemble des goutteurs d'une rampe. Il est souhaitable que les caractéristiques hydrauliques des goutteurs soient telles que cette variation de 10 % du débit corresponde à une variation de pression aussi grande que possible dans la rampe d'arrosage.

Pour limiter les risques d'obstruction, la section d'écoulement du goutteur doit être importante.

Les goutteurs peuvent être classés selon les critères suivants :

- Le régime d'écoulement :

- a) écoulement laminaire dans le cas de goutteurs à long cheminement et à faible débit (nombre de Reynold $Re \leq 2.000$)
- b) écoulement partiellement turbulent ($2.000 < Re < 10.000$) dans le cas de goutteur à cheminement long et à fort débit ainsi que dans les goutteurs - orifices.
- c) écoulement turbulent ($Re > 10.000$) dans les goutteurs ori-

- Le dispositif de perte de charge : on distingue :
 - a) Les goutteurs à cheminement long du type canalicule étroit ou circuit tortueux
 - b) Les goutteurs à cheminement court du type orifice en mince paroi ou à vortex (cas de goutteur Tirosh).
 - c) Les rampes perforées à paroi simple ou double et les :Ca;;-pes poreuses.

- Le risque d'obstruction par les particules en suspension dans l'eau, défini par la plus petite dimension de la section transversale de l'écoulement. On considère que le risque d'obstruction est :

grand si $\phi < 0.7$ mm
 moyen si $0.7 < \phi < 1.5$ mm
 faible si $\phi > 1.5$ mm

3 - RELATION DEBIT PRESSION : q (H)

3.1 : Rappel théorique :

La loi q(H) est de la forme $q = KH^x$

ou K = constante caractéristique du goutteur

H = charge sur le goutteur

x = exposant déterminé par le régime d'écoulement

$x = \frac{\log(q_1/q_2)}{\log(H_1/H_2)}$ pente de la droite $q = f(H)$ sur un graphique log - log.

La figure 3.3 donne les variations de pression pour divers goutteurs suivant l'exposant x de la loi $q = f(H)$

Le débit varie d'autant moins avec la pression que la valeur de x est faible. x vaut 0.5 en régime entièrement turbulent et 1 en régime laminaire. Pour les goutteurs à orifice ou à ajutage, ne comportant pas de membrane de régulation du débit fonctionnant toujours en régime turbulent, $x = 0.5$. Pour les goutteurs à long cheminement, x est compris entre 0.5 et 1, pour les goutteurs à régulation parfaite $x = 0$.

3.2 : Démarche expérimentale

Afin de déterminer la relation q(H) d'un goutteur Tirosh, nous avons utilisé le dispositif expérimental schématisé à la figure 3.4. Il s'agit d'une conduite en polyéthylène de diamètre = 16 mm, munie d'un goutteur Tirosh et dont l'extrémité est bouchée hermétiquement par une manomètre, placé à 50 cm en aval d'un goutteur. Le manomètre

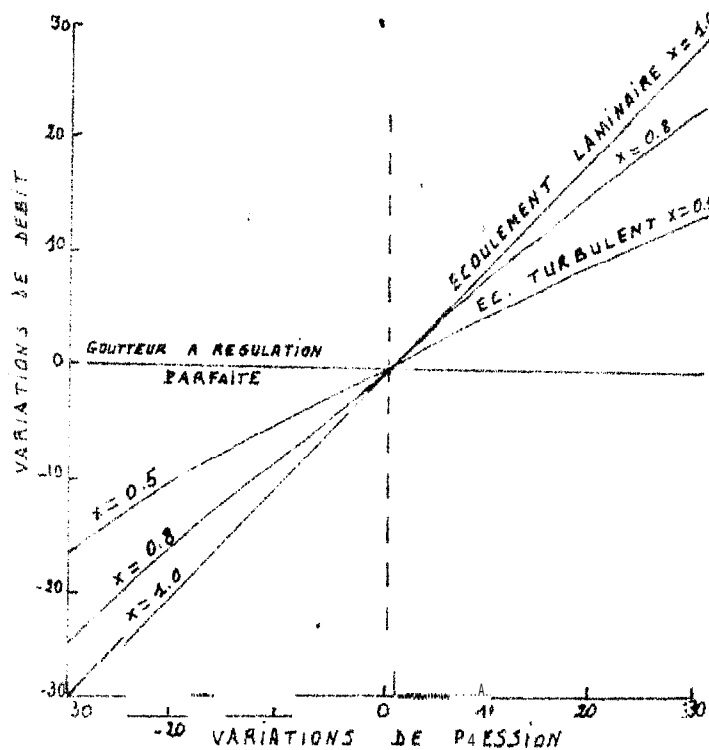


Fig. 3.3 :
VARIATIONS DU DEBIT EN
FONCTION DES VARIATIONS
DE LA PRESSION POUR DES
GOUTTEURS AYANT DES
EXPOSANTS x DIFFERENTS.

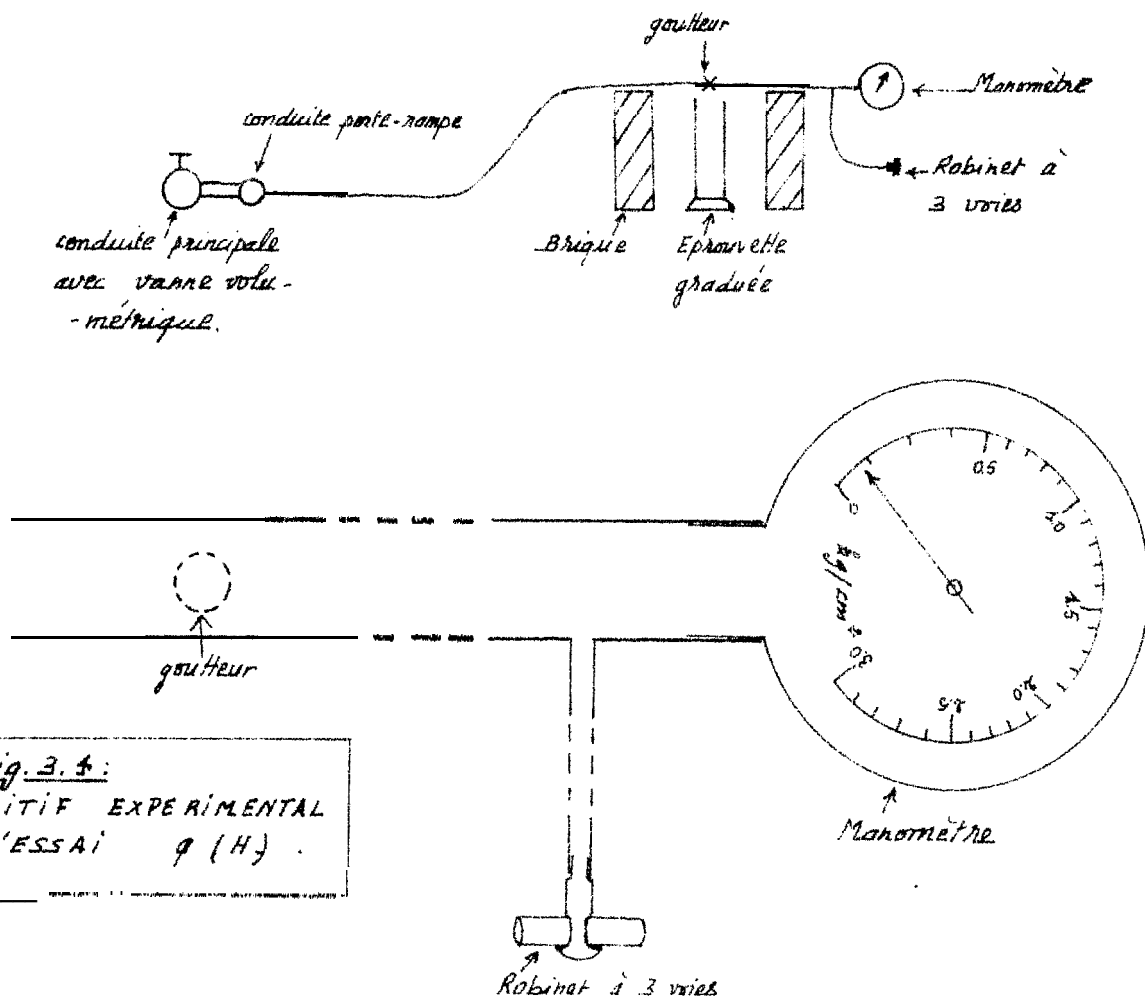


Fig. 3.4 :
DISPOSITIF EXPERIMENTAL
DE L'ESSAI $q(H)$.

utilisé 2 une sensibilité de 1/16 ème d'atmosphère (63 cm de colonne d'eau). Afin d'empêcher des occlusions d'air au bout du tube, un purgeur a été monté sur cette conduite. Il est constitué d'un robinet à 3 voies relié au tube par un capillaire.

Le débit du goutteur est mesuré par empottement. Le temps de mesure a été de 4 minutes et les mesures de volumes ont été réalisées au moyen d'un éprouvette graduée de 500 ml.

Comme le débit varie sensiblement avec la température, nous avons mené l'essai entre 9H et 10H 30 pendant quelques jours. Entre ces deux heures, la variation de la température est peu importante.

3.3 : Résultats et discussion

Les résultats sont repris sur le tableau suivant :

q(l/h)	H(kg/cm ²)	q(l/h)	H(kg/cm ²)	q(l/h)	H(kg/cm ²)
2.58	0.13	3.90	1.72	5.00	1.75
2.82	0.16	3.41	1.72	5.18	1.88
2.82	0.21	4.20	1.38	5.25	1.92
2.88	0.28	4.13	1.1	5.63	2.55
3.00		4.43	1.26	5.63	2.56
3.11	0.30	4.50	1.30	5.74	2.99
3.08	0.32	4.58	1.40	5.78	3.00
3.48	0.38	4.65	1.46	6.38	3.40
3.30	0.47	4.88	1.58	6.38	3.50
3.45	0.49	4.88	1.57	6.45	3.60
3.84	0.68	4.8	1.73	6.53	3.80

A partir de ces valeurs, une régression a été effectuée entre $\log q$ et $\log H$, donnant :

$$x = 0.28$$

$$K = 4.30$$

$$r = \text{coefficient de corrélation} = 0.99$$

$$\text{Ainsi } q = 4.3 H^{0.28} \quad \begin{array}{l} q \text{ en l/h} \\ H \text{ en kg/cm}^2 \end{array}$$

Les figures 3.5 et 3.6 représentent cette relation,

La faible valeur de l'exposant x caractérise un goutteur à bonne régulation de débit. Calculons la chute de pression nécessaire pour obtenir une diminution du débit de 10 %.

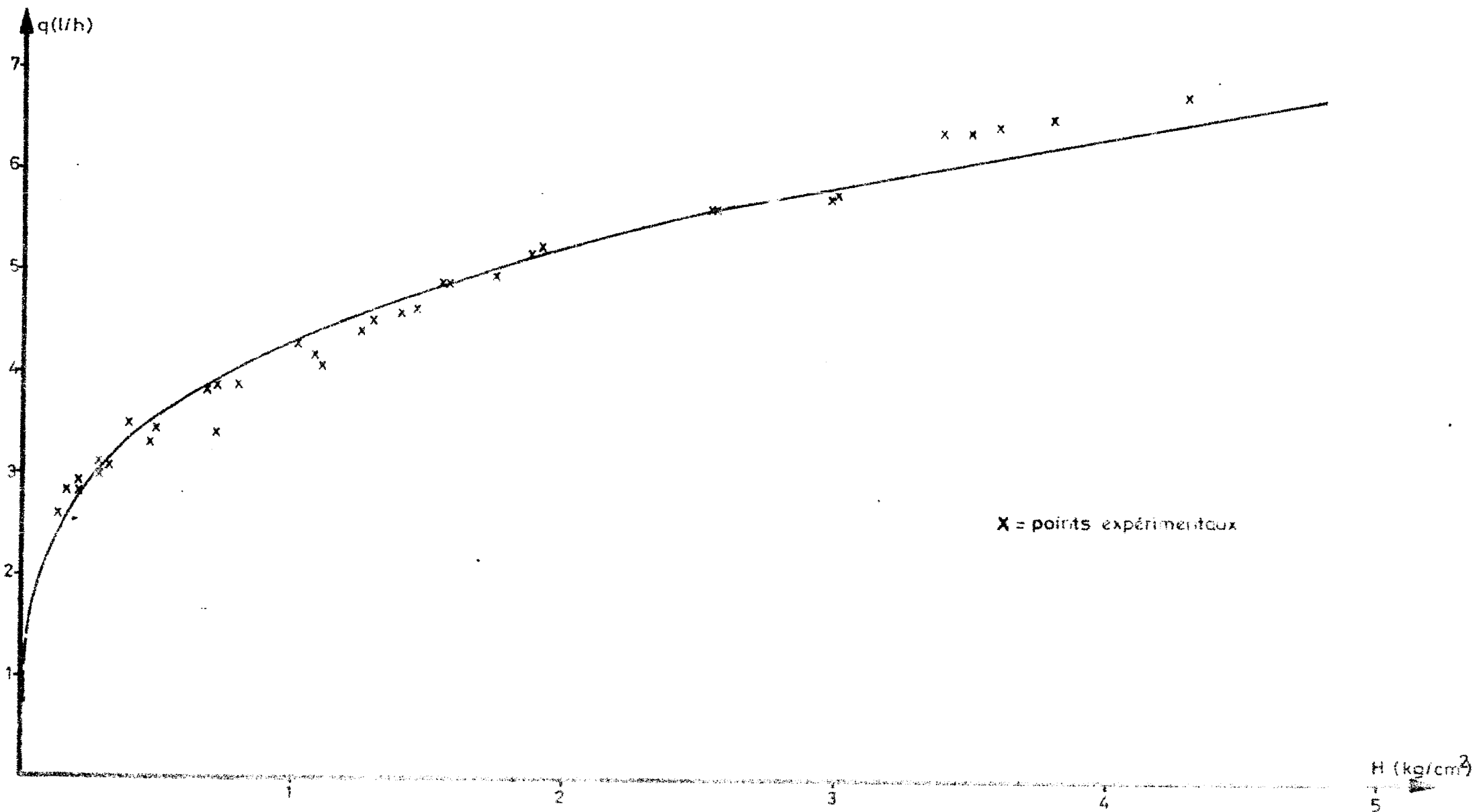
$$dq = K \cdot x \cdot H^{x-1} dH$$

$$\Rightarrow \frac{dq}{q} = x \cdot \frac{dH}{H}$$

$$\frac{dq}{q} = 10 \% \text{ si } \frac{dH}{H} = 36 \% !$$

.../...

FIG. 3.5 : RELATION DEBIT - PRESSION DU GOUTTEUR



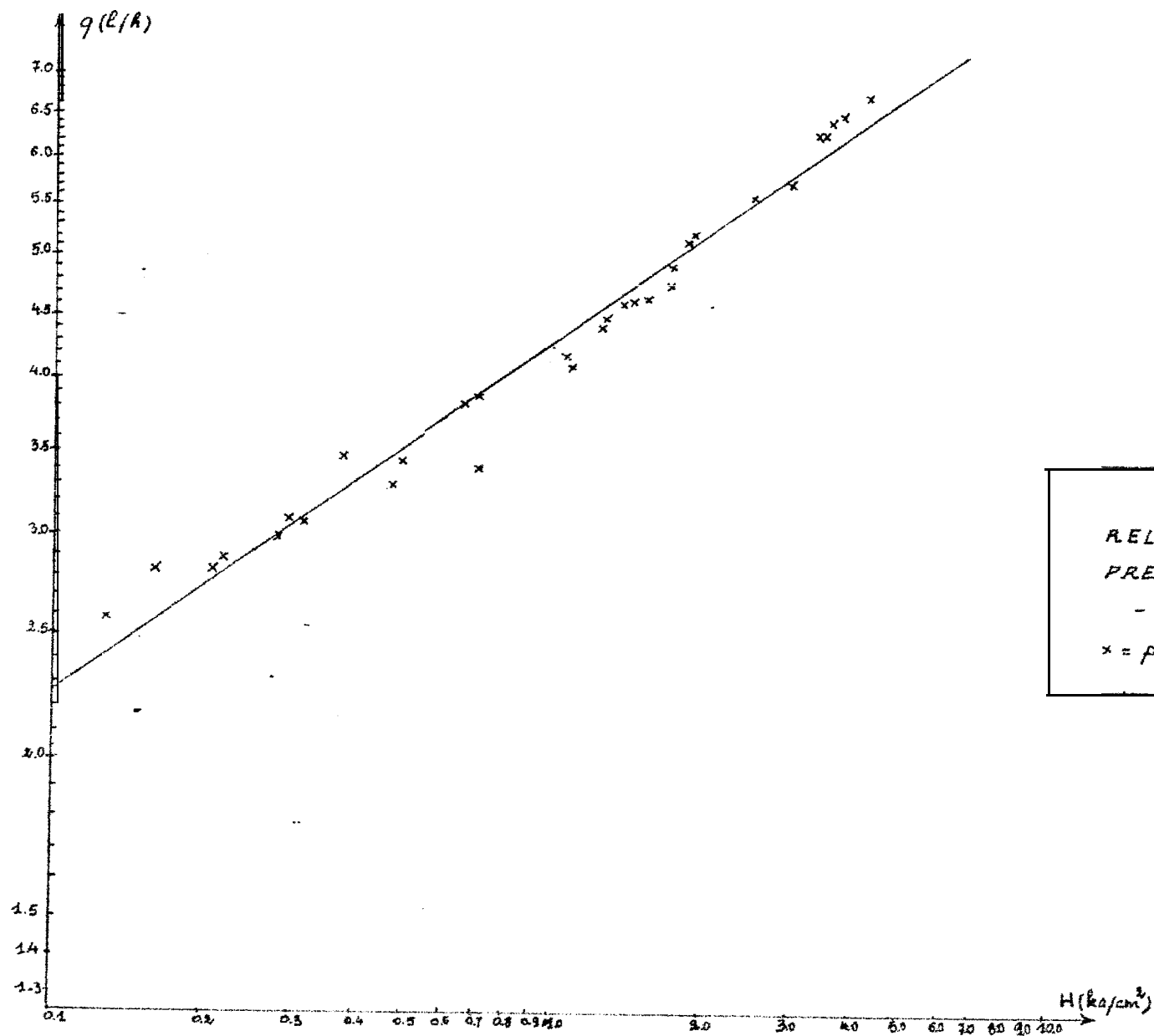


Fig. 3.6:
 RELATION DEBIT -
 PRESSION DU GOUT-
 -TEUR TIROSH.
 x = points experimentaux.

Cette variation de pression est importante (30 %) pour une variation du débit de 10 %. Ce type de gouteur donne un débit variant peu le long de la rampe d'arrosage. Lors du dimensionnement du réseau d'irrigation, la longueur optimum de la rampe d'arrosage sera d'autant plus grande que la valeur de x est petite. Cependant, dans le cas des gouteurs à faibles valeurs de x (cas du gouteur Tirosh), il est très difficile de limiter les risques de colmatage par augmentation de la pression de service.

Calculons la pression des mesures.

L'erreur de mesure sur le volume $dv = 5$ ml

L'erreur de mesure sur le temps $dt = 3$ s

Le temps de mesure a été 4 minutes. La valeur moyenne des volumes d'eau mesurés est de 290 ml. L'erreur relative de mesure sur les volumes est

$$dv/v = 5/290 = 1.72 \%$$

$$dt/t = 3/240 = 1.25 \%$$

soit dq/q l'erreur relative de mesure sur le débit :

$$\frac{dq}{q} = \frac{dv}{v} + \frac{dt}{t} = 3 \%$$

4 - DETERMINATION DES COEFFICIENTS D'UNIFORMITE

4.1 : Principe et démarche expérimentale

Nous avons utilisé la méthode du U.S Soil Conservation Service décrite par Keller et Karmeli pour déterminer les coefficients d'uniformité au champ (EU_f) et absolu (EU_a)

Dans une maille constituée de 4 rampes espacées de 2 m et équipées chacune de gouteurs, on choisit 16 gouteurs uniformément répartis à travers la maille et représentatifs de la répartition des débits dans celle-ci. Sur chaque rampe, les 4 gouteurs suivants ont été jaugés :

- . le premier gouteur
- . le gouteur situé à 4 m du premier
- . le gouteur situé à 8 m du premier
- . le dernier gouteur situé à 12 m du premier.

sous chacun de ces gouteurs a été placé un bac en plastique. Nous avons fait passer un courant d'eau dans les quatre rampes, à une pression de service connue (manomètre on tête des rampes), pendant 10 minutes. Les débits des gouteurs sont déduits de la mesure du volume d'eau recueilli dans les bacs.

Le calcul donne les valeurs de :

$\bar{q}_n/4 \text{ min}$ = moyenne des 4 débits les plus faibles

$\bar{q}_n$ = moyenne de tous les 16 débits

$\bar{q}_n/8 \text{ max}$ = moyenne des deux débits les plus grande parmi les 16

On déduit les coefficients d'uniformité au champ (EU') et absolu (EUA)

$$EU' = 100 \frac{\bar{q}_n/4 \text{ min}}{\bar{q}_n}$$

$$EUA = 100 \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{\bar{q}_n/4 \text{ min}}{\bar{q}_n} + \frac{\bar{q}_n}{\bar{q}_n/8 \text{ max}} \right]$$

EU' exprime l'écart relatif entre le débit minimum et le débit moyen des goutteurs. EUA tient compte, en plus, de l'écart relatif entre le débit moyen et le débit maximum des goutteurs.

Le dispositif expérimentale était constitué de 4 rampes dont l'une était équipée de 25 goutteurs espacés de 0.5 m et les 3 autres comprenaient chacune 4 goutteurs espacés de 4 mètres. Sur la rampe aux 25 goutteurs, les goutteurs de rang suivants ont été jaugés : 1er, 9ème, 17ème et 25ème. La maille a été placée en terrain naturel, relativement plat. Le schéma d'implantation en donné à la figure 3.7

L'essai a été réalisé avec les pressions de services suivantes, en kg/cm² : 0.5 ; 0.8 ; 1 ; 1.2 ; 1.8 et 2.1

L'essai a été mené, entre 9H et 10H 30 pour limiter l'effet de la température sur le débit.

4.2 : Résultats et discussion

Les résultats de l'essai sont repris sur le tableau 3.1 et à la figure 3.8. Pour ce type de goutteur, les coefficients d'uniformité sont élevés ce qui dénote une bonne répartition des débits à travers la maille hydraulique. Le U.S. Soil Conservation Service recommande, dans l'étude des projets, l'adoption de coefficients d'uniformité au moins égaux à 90%. Dans notre cas, nous recommandons l'utilisation des goutteurs Tirosh à des pression de service (en tête de rampe) comprises entre 0.8 atm et 1.8 atm. De plus, la valeur maximum des coefficients d'uniformités correspondant à la pression de service 0.8 atm, cette dernière doit être choisie de préférence.

FIG. 3, 8 : EVOLUTIONS DES COEFFICIENTS D'UNIFORMITE

AU CHAMPS (EU) ET ABSOLU (EU_a) EN FONCTION

DE LA PRESSION DE SERVICE H

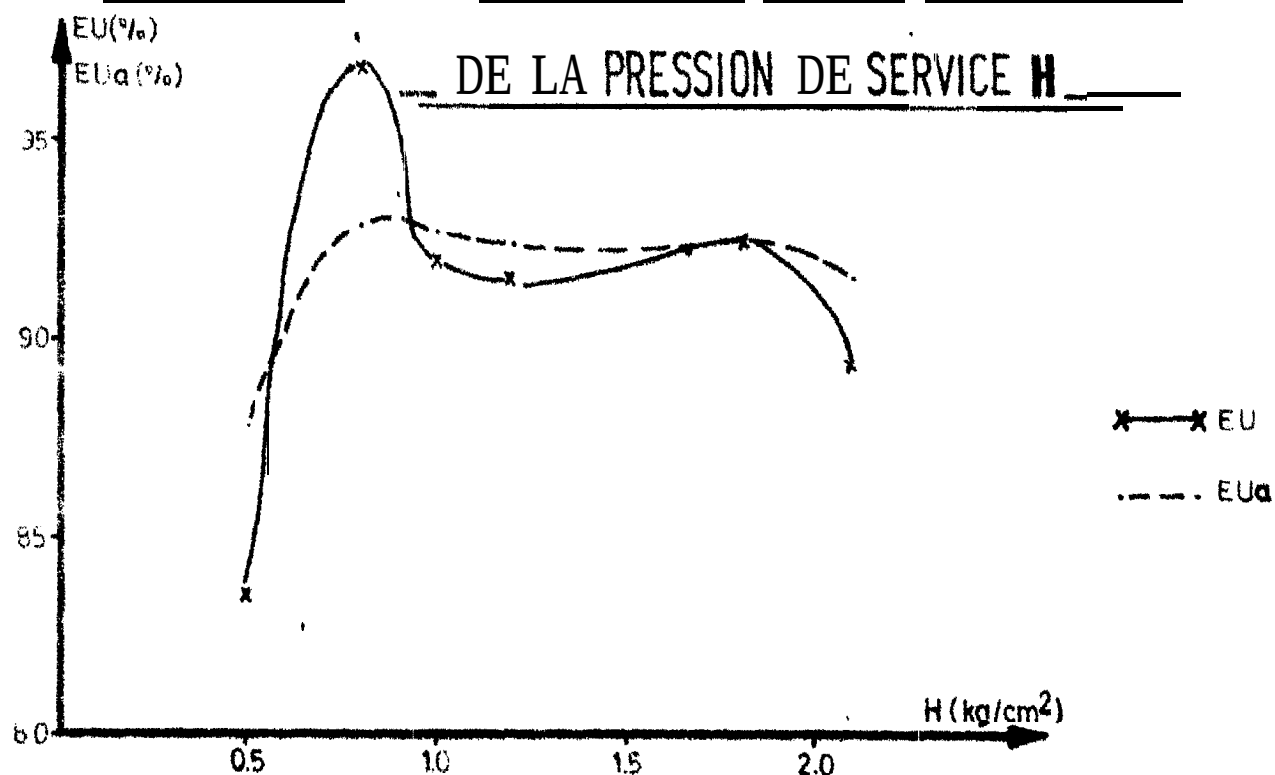
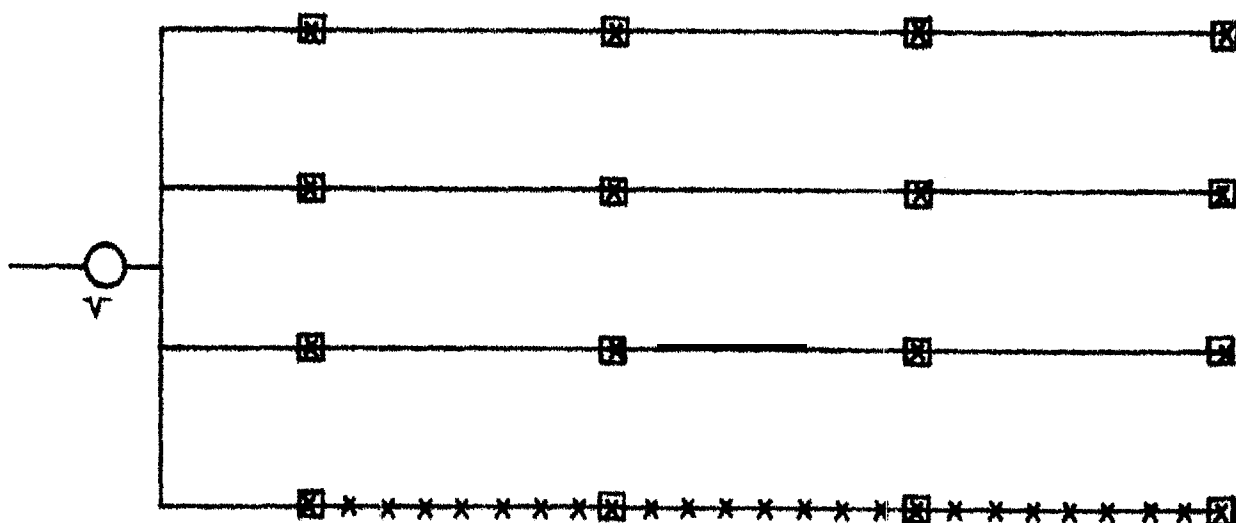


FIG. 3.7 : DETERMINATIONS DES COEFFICIENTS D'UNIFORMITE. ~

Dispositif expérimental

Echelle : 1/100



x Goutteur TIROSH

□ Bac en plastique

V Vanne volumétrique

Tableau 3.1
ESSAI TIROSH : COEFFICIENTS D'UNIFORMITE

	p=0.5kg/cm2	p=0.8kg/cm2	p=1kg/cm2	p=1.2kg/cm2	p=1.8kg/cm2	p=2.1kg/cm2
q(1/h)	q (l/h)	q (l/h)	q (l/h)	q (l/h)	q (l/h)	q' (l/h)
1.47	2.19	2.97	3.24	3.9	4.02	
1.50	2.82	3.48	3.66	4.44	4.5	
1.89	3.00	3.60	3.87	4.68	4.68	
2.07	3.09	3.63	3.96	4.68	5.04	
2.16	3.09	3.66	4.04	4.68	5.10	
2.16	3.12	3.72	4.08	4.71	5.22	
2.16	3.15	3.72	4.08	4.77	5.25	
2.16	3.15	3.75	4.03	4.33	5.25	
2.1;	3.15	3.78	4.11	4.86	5.25	
2.16	3.18	3.81	4.11	4.92	5.31	
2.16	3.18	3.81	4.11	4.92	5.31	
2.19	3.18	3.87	4.11	4.92	5.31	
2.22	2.21	3.87	4.11	4.32	5.3	
2.22	3.21	3.9	4.14	5.01	5.40	
2.25	3.21	3.9	4.23	5.07	5.40	
2.25	3.24	4.05	4.36	5.31	5.52	
q _n (1/h)	2.07	2.97	3.72	4.02	4.73	5.11
q _n /4(1/h)	1.73	2.78	3.42	3.68	4.43	4.57
q _n /8(1/h)	2.25	3.225	3.98	4.31	5.19	5.46
EU ² (%)	83.57	96.9	91.9	91.5	92.5	89.4
EUa (%)	87.8	93.00	92.7	92.4	92.4	91.5

5 - EVOLUTION DE LA FORME DU BULBE HYDRIQUE SOUS LE GOUTTEUR.

5.1 : Principe et dispositif expérimental

Le but de cette manipulation était de suivre l'évolution des profils de charges hydrauliques, dans un sol affecté par le débit du goutteur et en absence de tout autre apport d'eau. Nous pourrions ainsi :

- . tracer les courbes de même charge hydraulique (=lignes équipotentielles)
- . en déduire les lignes de courant, visualisant les directions et sens de transfert de l'eau,
- . tracer les courbes de même succion
- . en déduire les courbes de même teneur en eau, connaissant la relation $h(\theta)$ caractéristique du sol.
- . suivre l'évolution de la teneur en eau, à la cote de chaque tensiomètre.

La figure 3.9 montre le dispositif expérimental. Nous avons utilisé 3 jeux de 5 tensiomètres chacun répartis de la façon suivante dans le sol :

- . 6 Tensiomètres à - 10 cm
- . 4 tensiomètres à - 25 cm
- . 3 tensiomètres à - 40 cm
- . 1 tensiomètre à - 55 cm
- . 1 tensiomètre à - 70 cm

Les capsules poreuses des tensiomètres sont toutes sur le plan vertical et se répartissent dans l'une des moitié du bulbe hydrique. Nous supposons le sol d'une homogénéité suffisante pour justifier une symétrie à axe verticale du bulbe hydrique,

L'essai consistait à :

- . régler la pression de service à 1 kg/cm^2 on tête de la rampe
- . arroser pendant 21-f entre 9H et 11H, au moyen du goutteur Tirosh
- . lire les tensiomètres chaque heure entre 8H 30 et 18H.

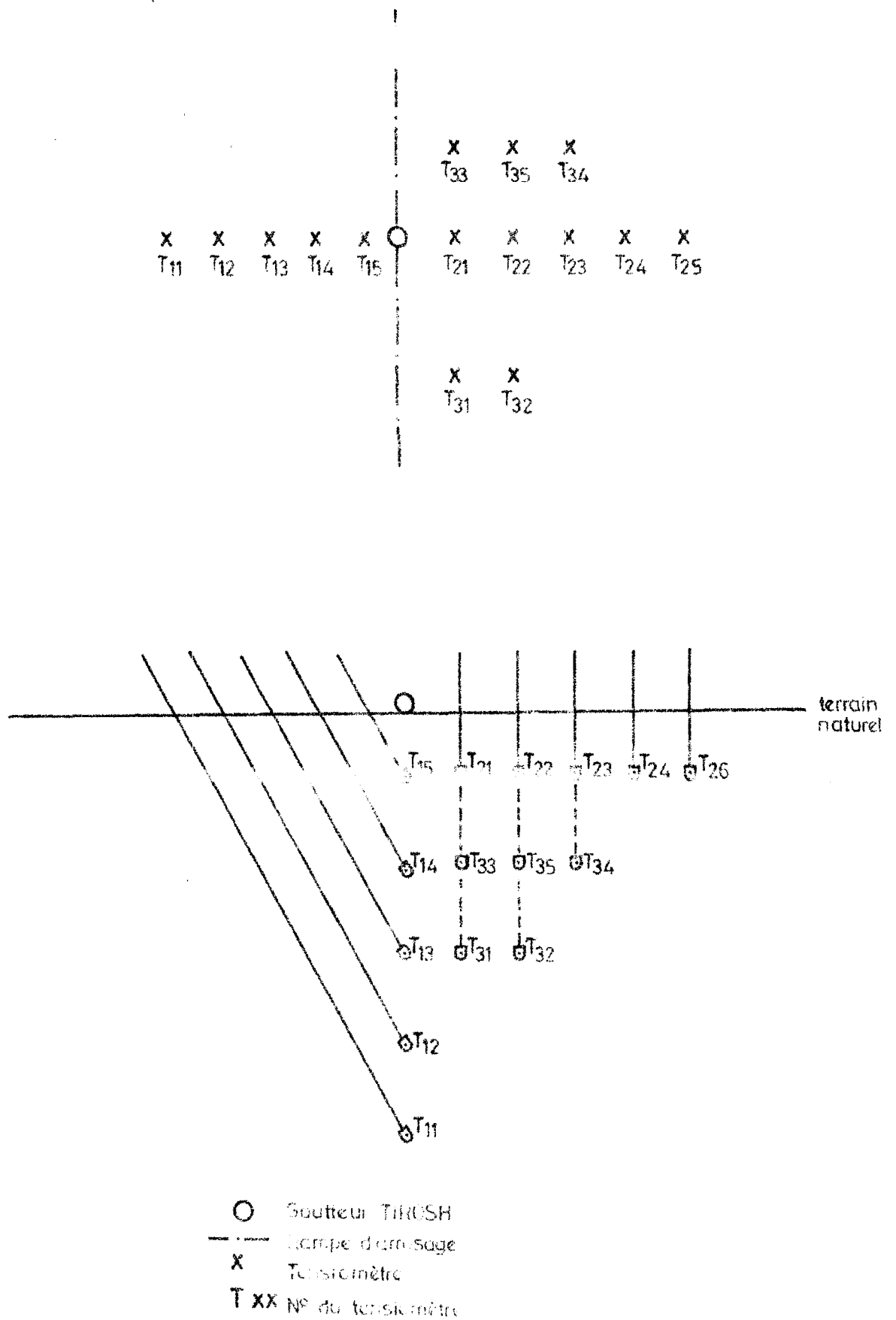
5.2 : Résultats et discussion

Cet essai, réalisé à Bamby sur sol du type DIOR-DECK, a été répété en 10 jours. De ces 10 séries de bulbes hydriques une seule a été publiée dans ce rapport et ce, uniquement dans un but de synthèse. Il s'agit du bulbe relevé le 13/06/80.

../..

FIG. 3.9 : CARACTERISATION DU BULBE HYDRIQUE.

Plan d'implantation des tensiomètres



Les figures 3.10 à 3.15 représentent les lignes équitentielles et les lignes de courant ; tandis que les fig 3.16 à 3.21 montrent l'évolution des courbes de même teneur en eau (donc de même succion). Ces graphiques sont très parlants quand à la qualité de la répartition de l'eau dans le sol.

Nous constatons qu'après l'irrigation (profils 12H à 18H), les composantes verticales et horizontales de l'infiltration ont sensiblement la même valeur. Pendant l'irrigation l'allure des lignes de courant dénote que l'évaporation du sol est négligeable dans un rayon de 50 cm autour du goutteur. Une heure après la fin l'irrigation, l'évaporation se manifeste sur toute la surface du sol. Sur ce type de sol, on constate que le front humide ne descend pas en dessous de 61 cm, le débit du goutteur étant de 4. l/heure.

La dose appliquée (81) est 3 recommander dans le cas de cultures maraichères à enracinement superficielle. La forme des bulbes hydrique s'avère très intéressante pour ces cultures. En effet :

- l'évolution dans le temps de la forme du bulbe hydrique montre que le facteur drainage en profondeur ($z \gg 60\text{cm}$) est négligeable
- seules l'évaporation joue d'une façon significative comme facteur de perte de la dose d'irrigation,

Ainsi, sur ce type de sol, la dose d'irrigation est directement mise à la disposition de la plante en vue de satisfaire sa propre consommation et l'évaporation à partir du sol.

6 - REMARQUES ET CRITIQUES

6.1 : Notre objectif, dans cet essai ci-dessus décrite a été de procéder à une étude qualitative de la répartition de l'eau dans le sol, sous le goutteur. Après la sortie de ce rapport, une étude quantitative de la répartition de cette eau va être menée. Cette étude permettra :

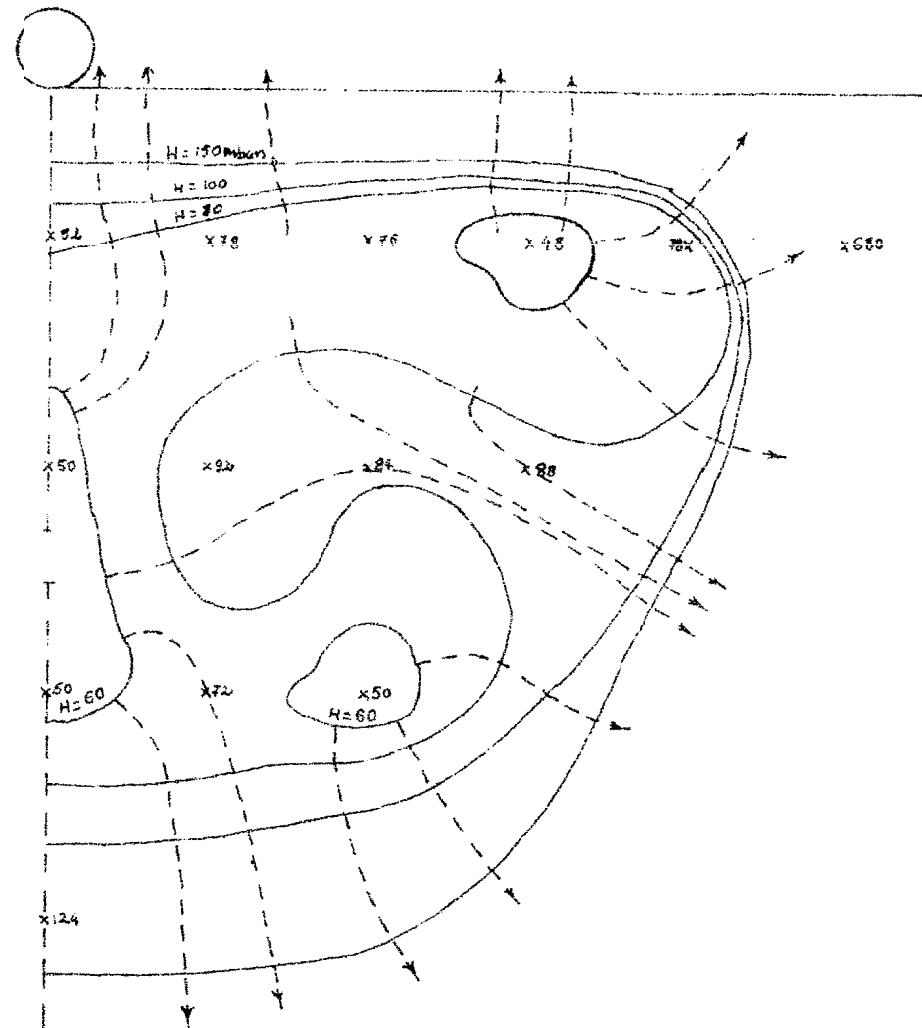
- d'évaluer les volumes d'eau d'évaporation et de percolation profonde
- d'évaluer les stocks hydriques
- de faire du bilan hydrique

..../..

Fig. 3.50 : BULBE HYDRIQUE

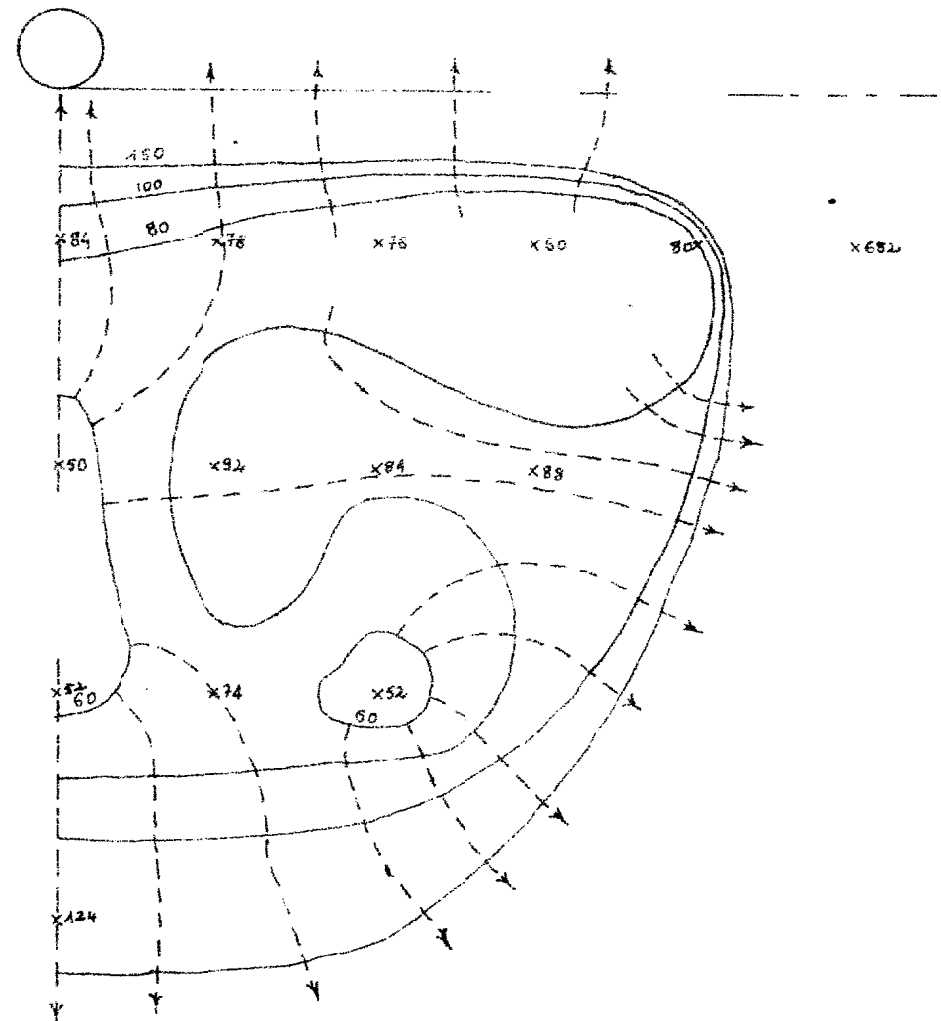
— lignes équipotentielles
 --- lignes de courant

Relevé à 8^h40



x 240

Relevé à 9^h00

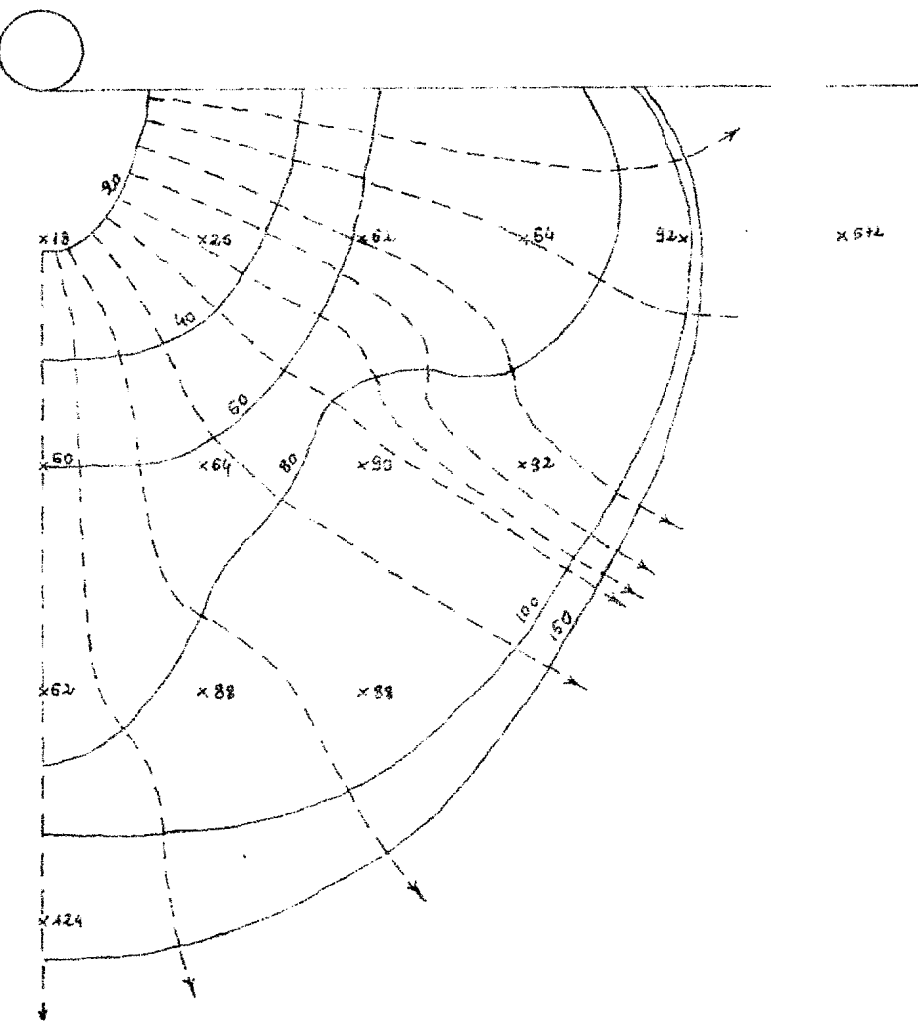


x 238

Fig. B.11 : BULBE HYDRIQUE

— lignes équipotentielles
 --- lignes de courant

Relève à 10^h00



Relève à 11^h00

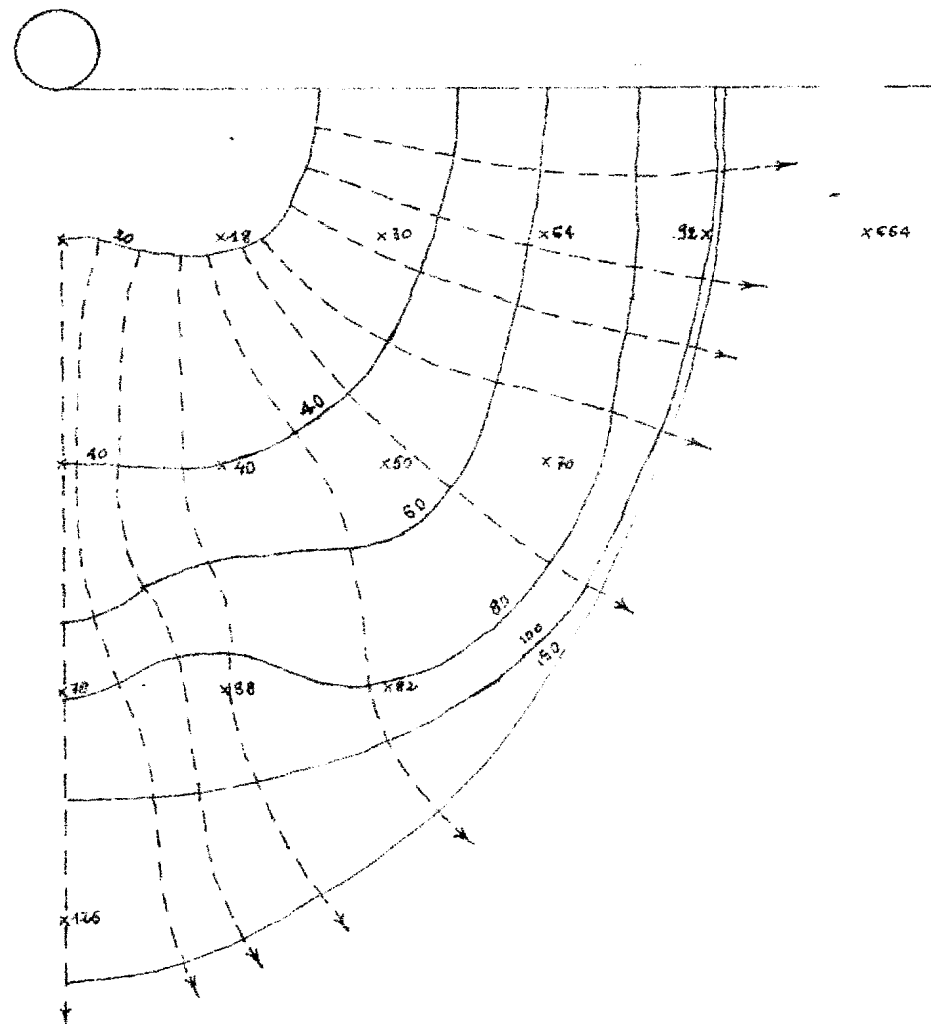
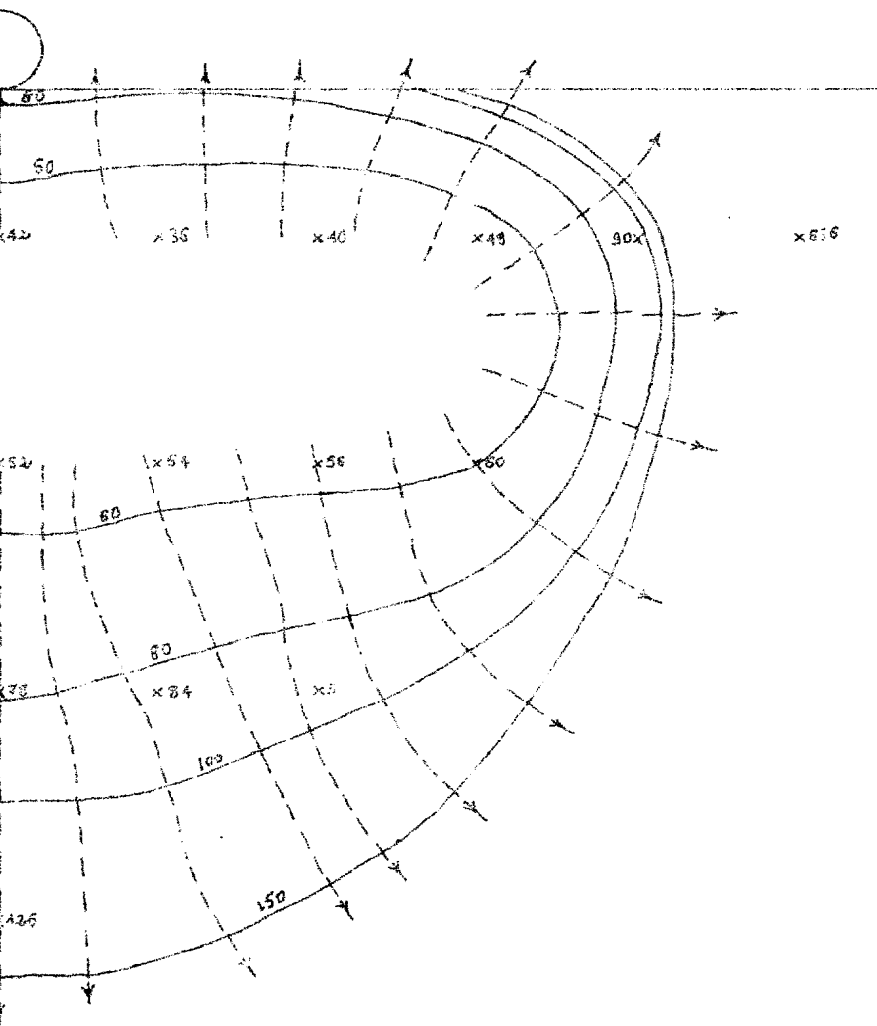


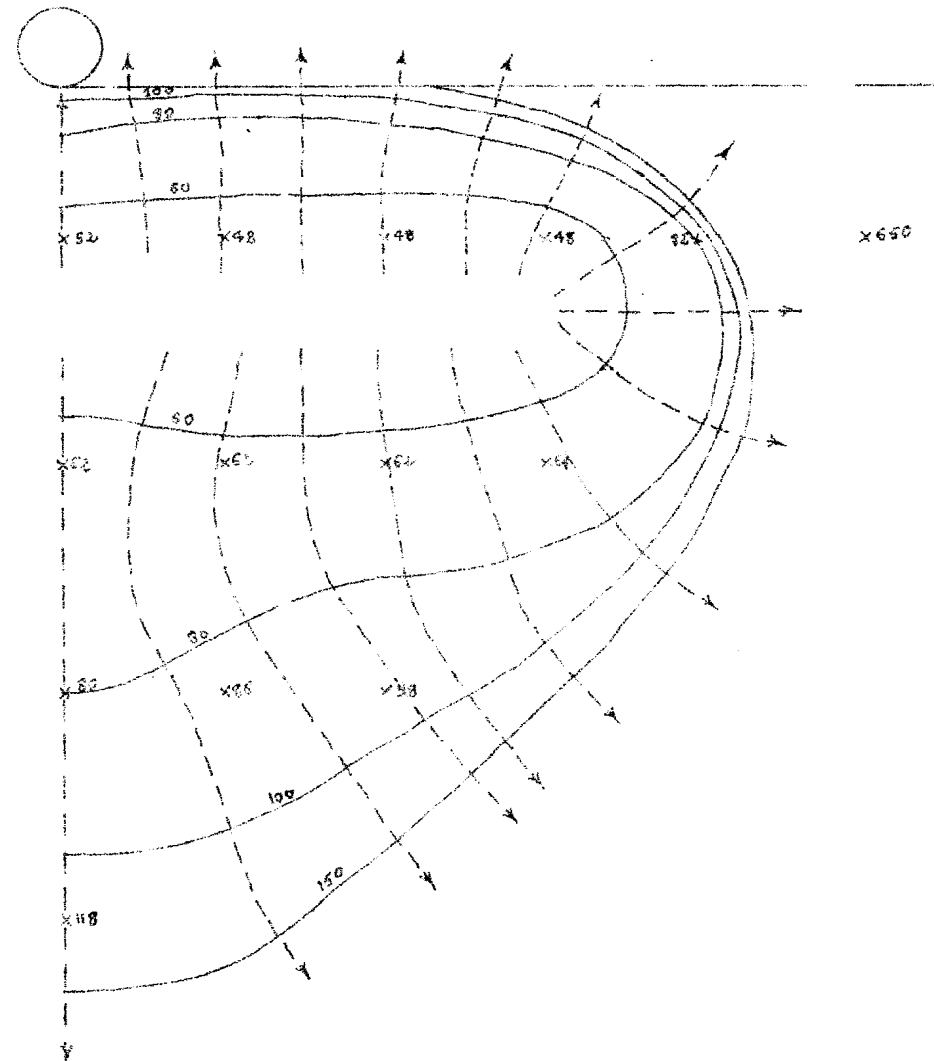
Fig. 3.12 : BILBE HYDRIQUE

— lignes équipotentiellles
 --- lignes de courant

Relevé à 12^h00



Relevé à 15^h00

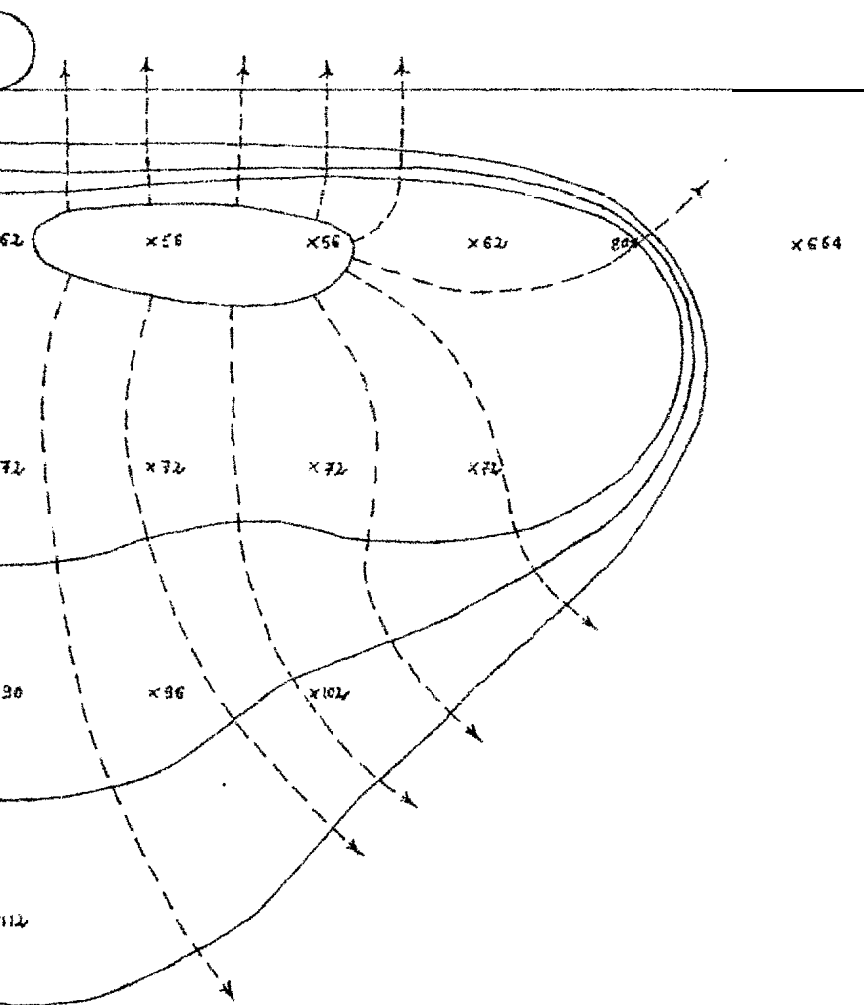


----- lignes équipotentielles
----- lignes de courant

Fig. 3.15 : BULBE HYDRIQUE :

— lignes équipotentielles
 --- lignes de courant

Relève à 18^H

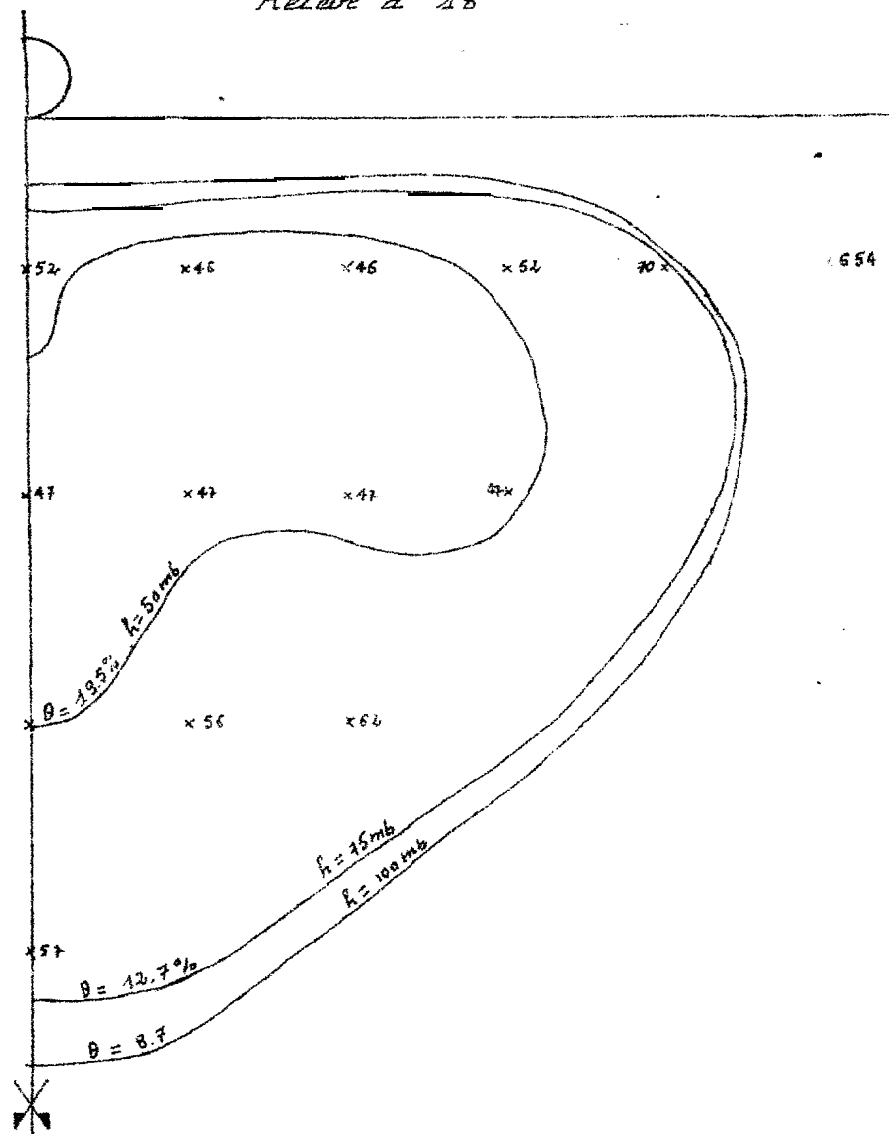


x 2.14

Fig. 3.21 : BULBE HYDRIQUE :

Courbes de même teneur en eau.

Relève à 18^H

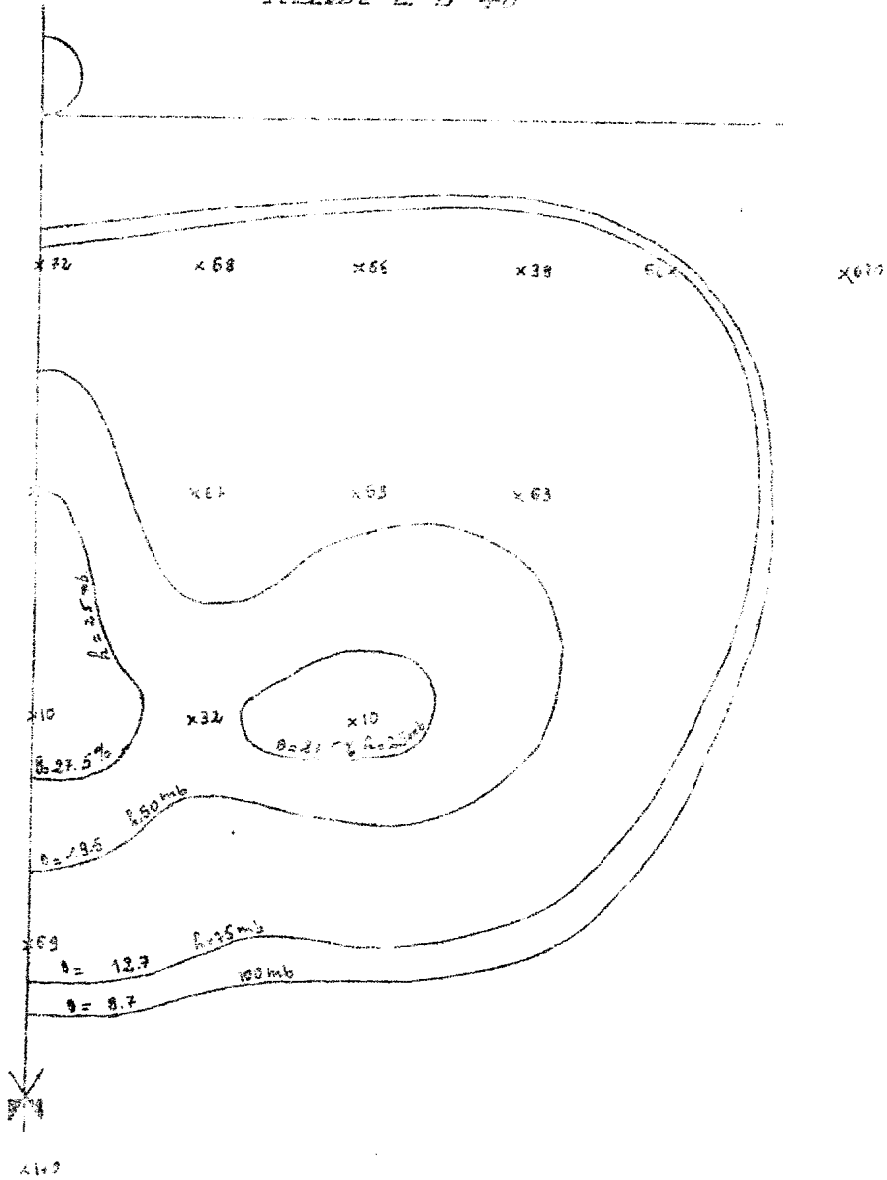


x 11.4

Fig. 3.16 Contour Lines

Contours of water level

Relève à 8^h40



Relève à 9^h

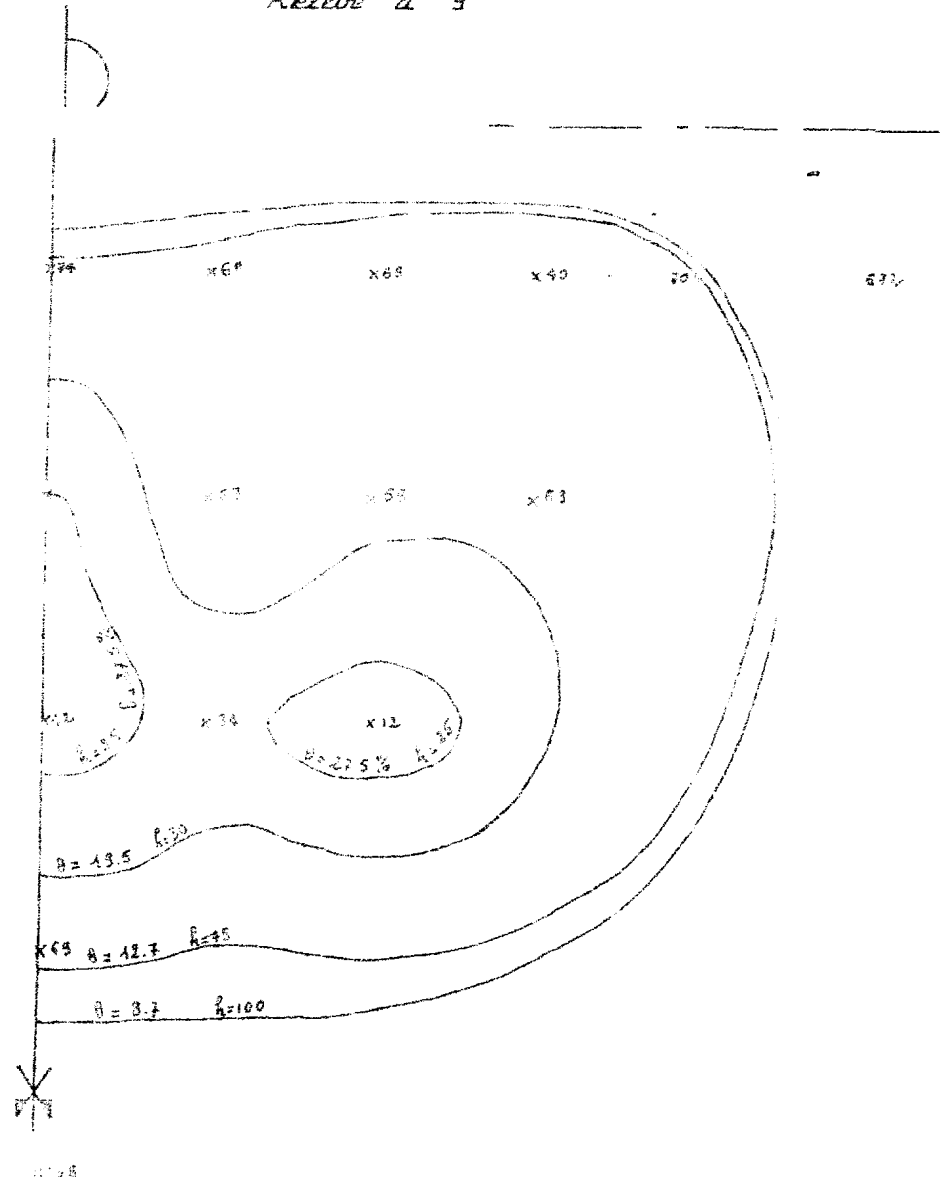
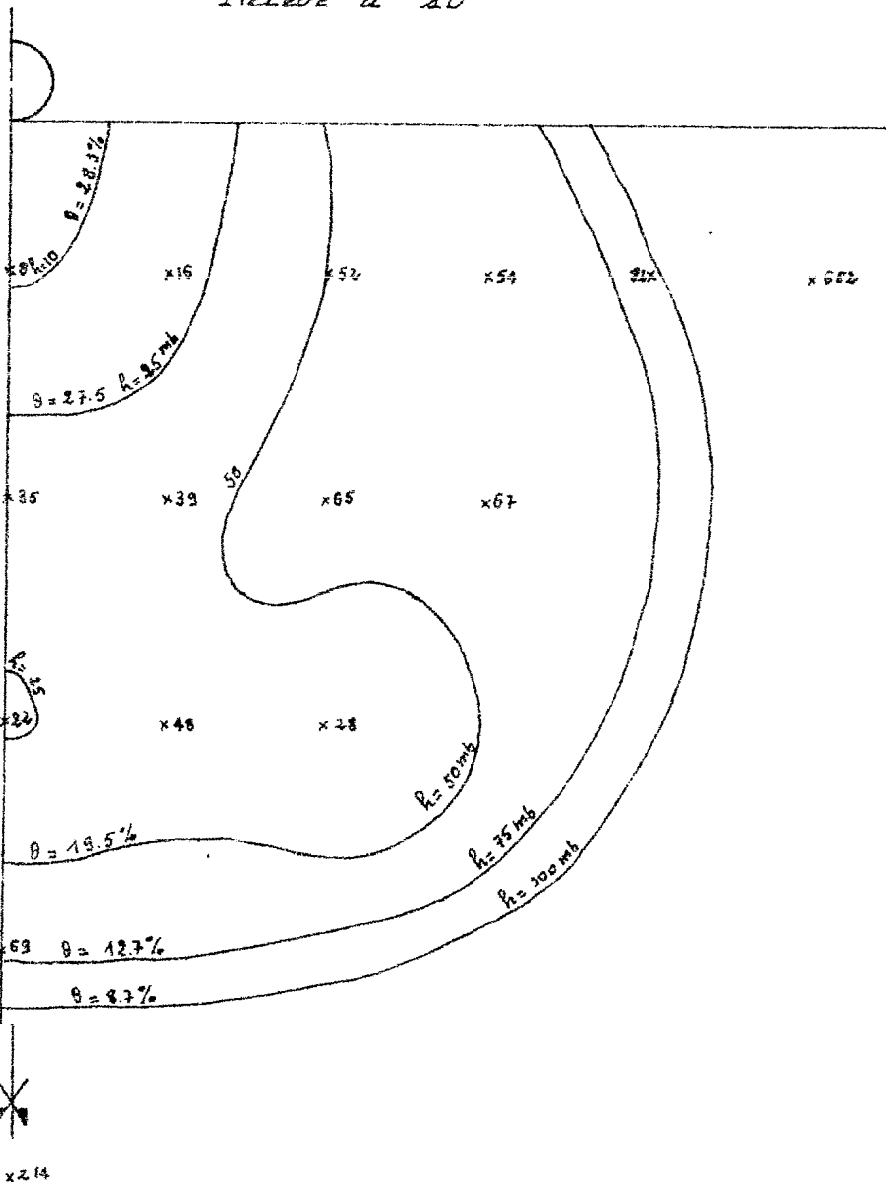


Fig. 3.17: BULLE HYDRIQUE:

Courbes de même teneur en eau.

Relève à 10^H



Relève à 11^H

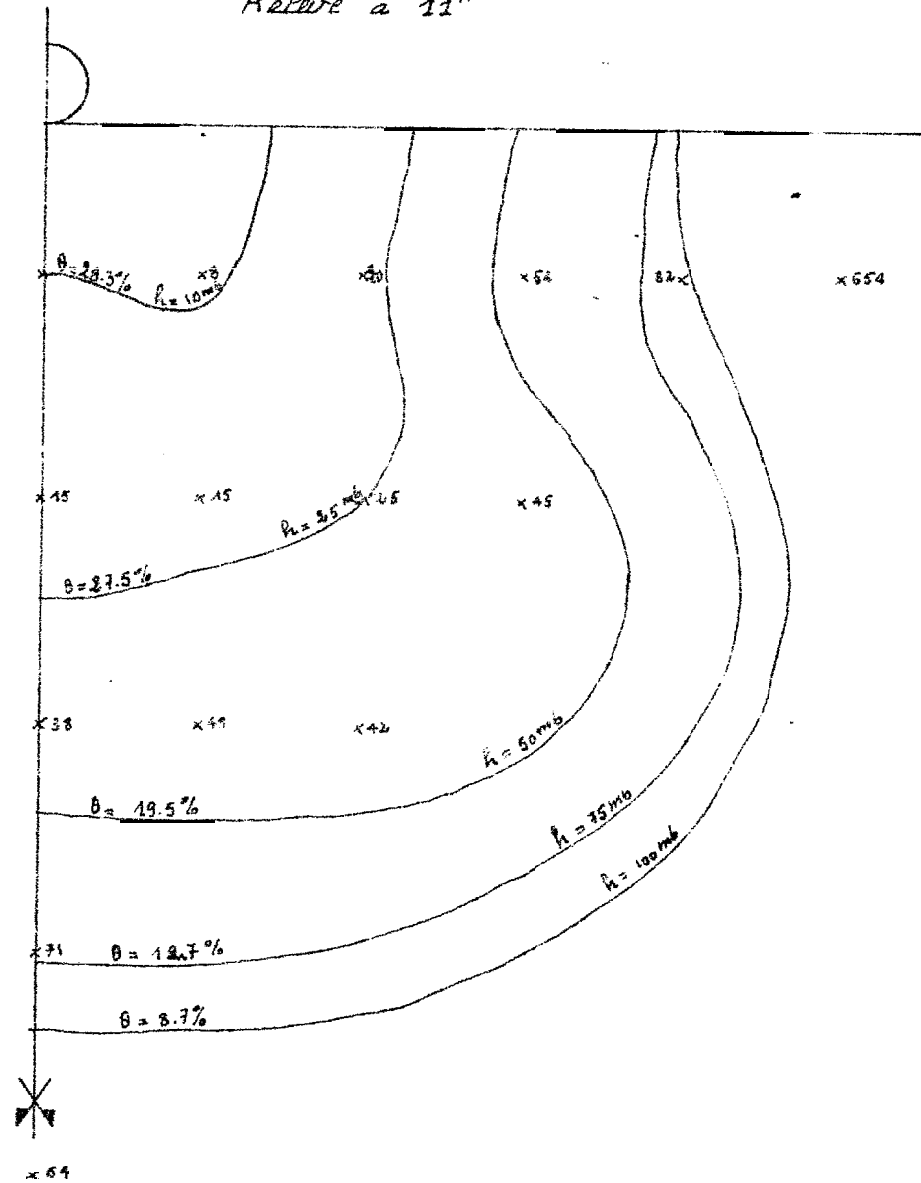
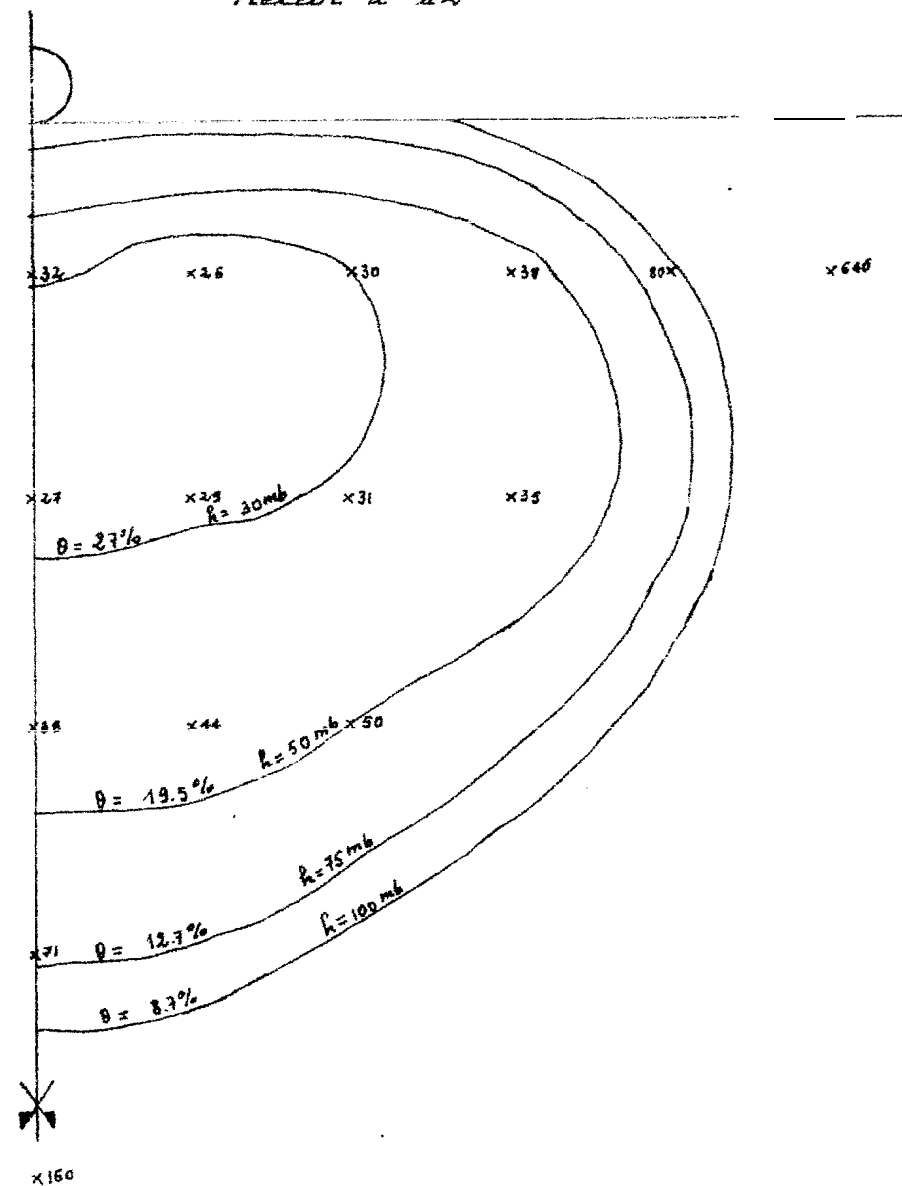


Fig. 3.18: BULBE HYDRIQUE:

Courbes de même teneur en eau.

Relevé à 12



Relevé à 13"

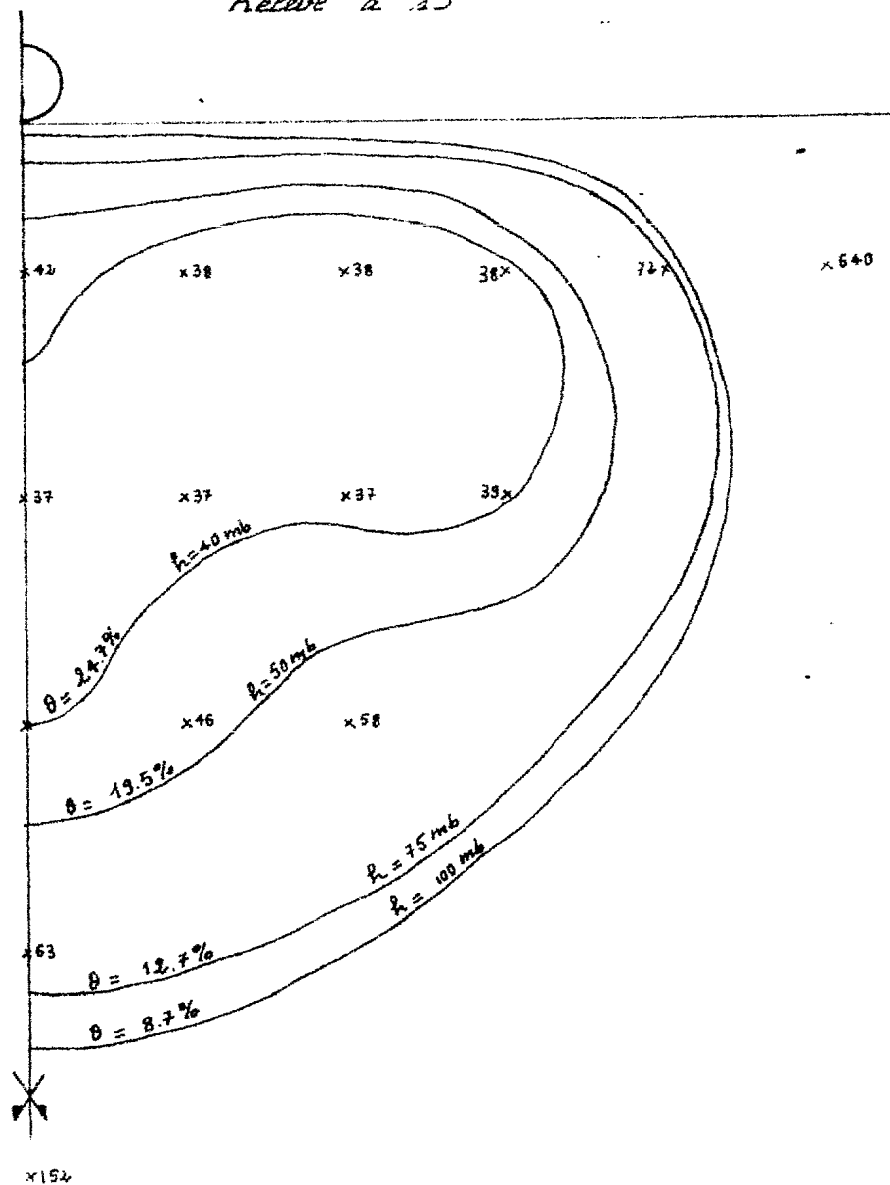
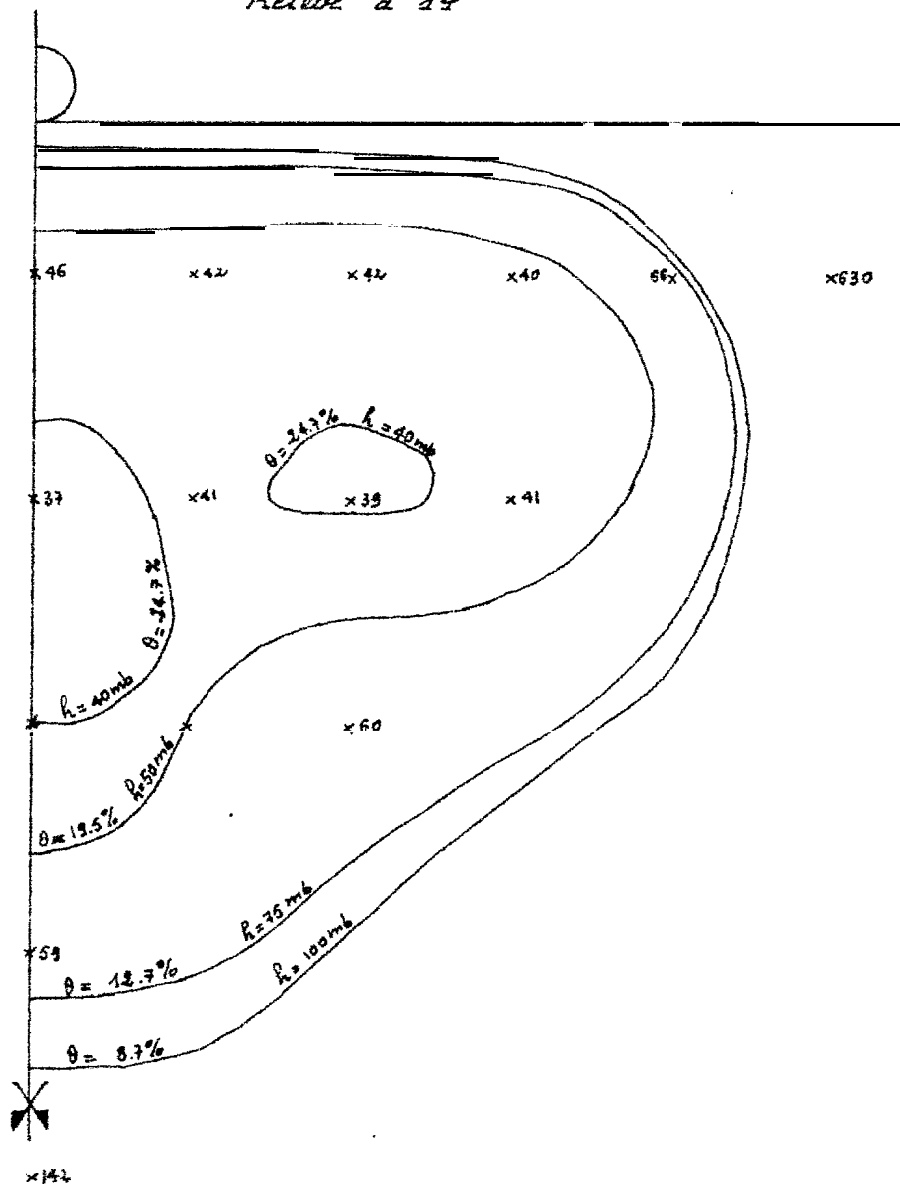


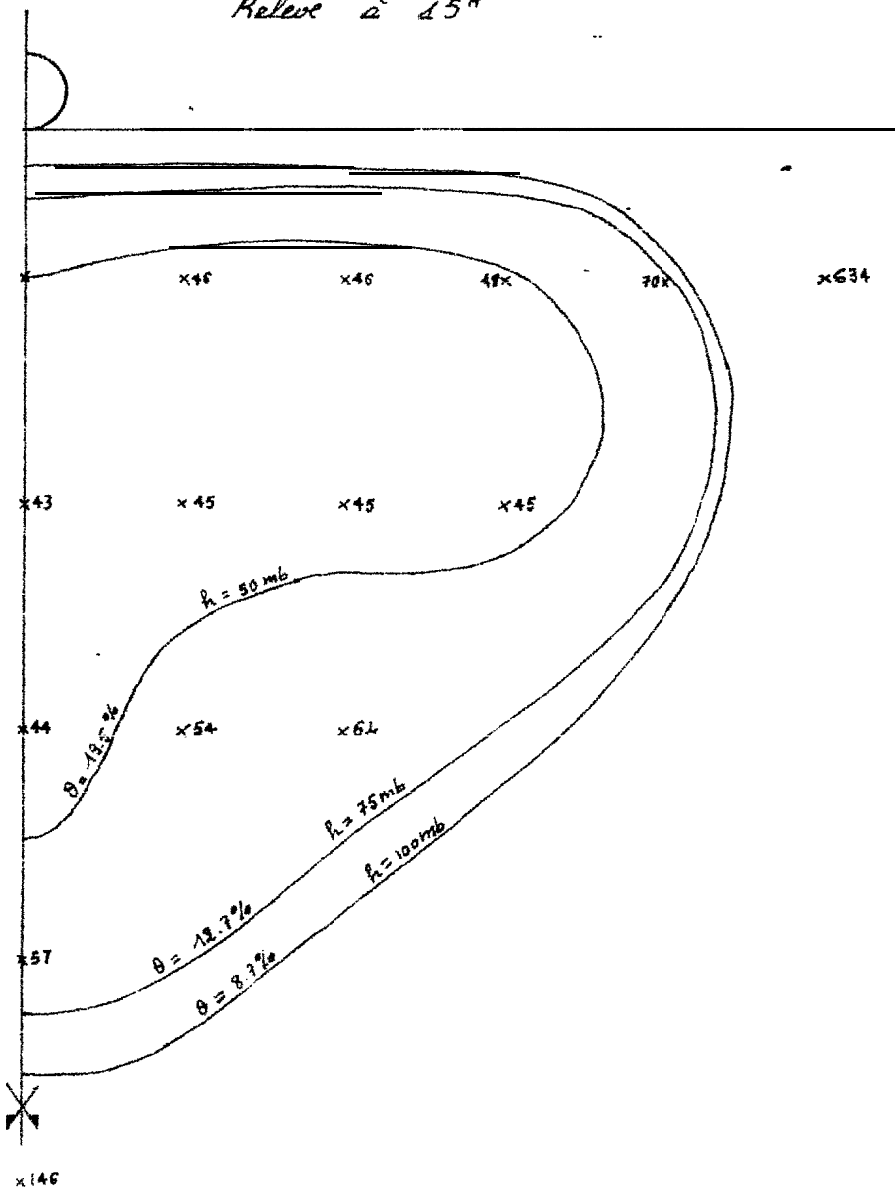
Fig. 319: BULBE HYDRIQUE:

Courbes de même teneur en eau.

Relevé à 14^H



Relevé à 15^H



6.2 : La relation $h(H)$ du type de sol (DIOR-DECK) a été déterminée par la méthode du drainage interne. Dans le cas de l'étude des bulbes hydriques, nous avons utilisé cette relation (pour convertir les courbes $h = \text{coste}$ en $\theta = \text{coste}$), en conditions d'humidification. C'est donc dire que nous avons négligé l'hysteresis. Des études antérieures (Vachaud...) permettent de penser que l'hysteresis est négligeable dans le cas des sols sableux.

6.3 : Lors du test du goutteur Tirosh, nous n'avons pas pu mener l'étude de la variation du débit des goutteurs le long de la rampe. Ceci est dû aux raisons suivantes :

- l'existence de fuites entre la rampe et les goutteurs
- le manque d'un matériel à même de mesurer avec précision les dimensions des goutteurs pour déterminer leur coefficient de variabilité.
- Compte tenu de la bonne régulation des débits des goutteurs, il faudrait une longueur de rampe très importante pour entraîner une réduction de débit appréciable (10 %). Le calcul théorique permet de prévoir une longueur minimum de 72 m pour une perte de charge unitaire de 0.05 m/m à travers la rampe d'arrosage, à une pression moyenne de service de 1 atm.

7 - CONCLUSION

Une telle étude imposait puisqu'elle devait permettre d'une part de tester les caractéristiques hydrauliques du goutteur Tirosh et d'autre part de vérifier l'adéquation de ce goutteur à nos conditions de sol (forme du bulbe hydrique).

La loi débit - pression du goutteur nous a permis de constater que le goutteur Tirosh a une bonne régulation de débit. Avec ce type de goutteur, on peut adopter de grandes longueurs de rampes : 72 m si on suppose une perte de charge, unitaire de 0.05 m/m et une réduction du débit de 10 %.

L'étude de la répartition des débits à travers une maille hydraulique a montré que le goutteur a des coefficients d'uniformité absolue et aux champs élevés à des pressions de service allant de 0.8 à 1.8 atm. Le goutteur doit être utilisé à ces pressions.

L'étude de bulbe hydrique a révélé une forme semisphérique de la répartition de l'eau dans le sol, qui est très peu affectée par la percolation en profondeur, pour la dose d'irrigation adoptée (8 litres)

ANNEXE 3.1

PROTOCOLE D'ESSAI DU SYSTEME D'IRRIGATION
GOUTTE A GOUTTE TIROSH

=====

I - OBJET

Tester le système Tirosh en vue de déterminer :

- les variations du débit des goutteurs en fonction de la pression dans la conduite au niveau des goutteurs
- les variations du débit des goutteurs le long de la rampe d'arrosage
- les variations des pertes de charges unitaires en fonction du débit dans la conduite d'arrosage,
- le coefficient d'uniformité par la méthode Keller-Karmeli
- les variations des débits des goutteurs en fonction du temps (Résistance des goutteurs, à l'obstruction)
- la répartition de l'eau dans le sol : évolution du bulbe humide en fonction du temps.

II - RELATION $q = f(H)$

1/ Principe : Faire passer un courant d'eau dans une conduite munie d'un goutteur du type Tirosh. Le débit q à la sortie du goutteur est mesuré par empotement et la Pression H dans la conduite, à l'entrée du goutteur est indiquée par un manomètre connecté sur la conduite

2/ Dispositif expérimental

- Une conduite en polyéthylène de diamètre = 63 mm munie d'une prise pour manomètre
- Un goutteur Tirosh

3/ Remarque : Les variations de la pression H sont obtenues en faisant varier le débit dans la conduite (q) au moyen d'une vanne placée en aval du réseau.

III - RELATION $q(L)$

1/ Principe : Mesurer les variations du débit des goutteurs le long d'une rampe d'arrosage. On fait passer un débit d'eau pendant une heure dans la rampe, puis on mesure les hauteurs d'eau lues dans les pluviomètres placés sous les goutteurs.

2/ Dispositif expérimental

- Une rampe constituée d'un tuyau PE de diamètre 16 mm, munie de 25 goutteurs tirosh espacés de 0.5 m.
- un compteur volumétrique placé en tête de la rampe
- 9 pluviomètres
- un terrain bien plan et horizontal

3/ Remarque

A partir du débit Q_1 en amont de la rampe, donné par le compteur on déduit les débits q_i dans les divers tronçons de la rampe, compte tenu des débits q_i des goutteurs.

IV - RELATION $j(Q)$ et $J(Q)$

1/ principe : La relation $q(H)$ déterminée au point II nous donne, à partir de la valeur du débit de chaque goutteur, la pression H dans la conduite à l'entrée du goutteur. Les pertes de charges j sont déduites de ces pressions pour chaque tronçon de 0.5 m séparant 2 goutteurs. Les pertes de charges unitaires J sont calculées par la relation :

$$J = j/l = j/0.5, \text{ 'j' étant exprimé en m.}$$

Les débits q_i dans la conduite sont déduits de la relation :

$$Q_n = Q_1 - \sum_{i=1}^{n-1} q_i$$

Q_1 = débit en amont de la rampe mesuré par le compteur volumétrique

q_i = débit des goutteurs.

2/ Dispositif expérimental

Le dispositif est le même que pour le point III.

V - LE COEFFICIENT D'UNIFORMITE (EU')

EU' est déterminé au champ par la méthode de J. Keller et D. Karméli.

1/ Principe : Dans une maille constituée de 4 rampes espacées de 2 m et équipées chacune de goutteurs, on choisit 16 goutteurs uniformément répartis à travers la maille et représentatifs de la répartition des débits dans celle-ci. Sur chaque rampe, les 4 goutteurs choisis sont :

- . le premier goutteur
- . le goutteur situé à 4 m du premier
- . le goutteur situé à 8 m du premier
- . le dernier goutteur situé à 12 m du premier

Sous chaque goutteur choisi est placé un pluviomètre.

On fait passer un courant d'eau dans les quatre rampes pendant 10 minutes puis les débits des goutteurs sont déduits de la lecture des pluviomètres. Le calcul donne les valeurs de :

$\bar{q}_n/4 \text{ min}$ = moyenne des quatre débits les plus faibles

$\bar{q}_n$ = moyenne de tous les 16 débits de goutteurs.

$\bar{q}_n/8 \text{ max}$ = moyenne des deux débits les plus grands parmi les 16

On déduit les coefficients d'uniformité au champ (EU') et absolu (EUa):

$$EU' = 100 \frac{\bar{q}_n/4 \text{ min}}{\bar{q}_n}$$

$$EUa = 100 \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{\bar{q}_n \text{ min}}{\bar{q}_n} + \frac{\bar{q}_n}{\bar{q}_n \text{ max}} \right]$$

2/ Dispositif expérimental

- En plus du dispositif cité au point III, 3 rampes d'arrosage en PET de diamètre 16 mm équipées de 4 goutteurs chacune
- 12 pluviomètres.

VI - VARIATION DES DEBITS GOUTTEURS AVEC LE TEMPS

1/ Principe : Il s'agit de mesurer la résistance à l'obstruction des goutteurs. On fait la même manipulation qu'au point III, un mois et 2 mois plus tard et on détermine le pourcentage de goutteurs bouchés totalement ou partiellement obturés.

2/ Dispositif expérimental : Le même qu'au point III.

VII - REPARTITION DE L'EAU DANS LE SOL : Evolution de forme du bulbe hydrique sous un goutteur.

1/ But : Déterminer la forme du bulbe hydrique. Cette forme traduit la répartition de l'eau dans le profil du sol et permet d'apprécier l'importance relative de la percolation et de l'infiltration, latérale,

2/ Principe : Des tensiomètres sont placés dans le sol dans la zone affectée par le débit du goutteur. Ils permettent de tracer les courbes de même charge (= lignes équipotentiellles). Les lignes de courant en sont déduites et visualisent les sens de transfert de l'eau. La connaissance de la relation $h(\theta)$ succion-teneur en eau, caractéristique du type de sol, permet de tracer les courbes de même teneur en eau.

3/ Dispositif expérimental :

(voir plan d'implantation des tensiomètres ci-joint). 3 jeux de 5 tensiomètres chacun, répartis de la façon suivante dans la moitié du bulbe hydrique :

- 6 tensionètres à - 10 cm dans le sol
- 4 tensiomètres à - 25 cm dans le sol.
- 3 tensiomètres à - 40 cm dans le sol
- 1 tensiomètre à - 55 cm dans le Sol.
- 1 tensiomètre à - 70 cm dans le sol.

ESSAI TIROSH : Caractérisation du bulbe hydrique

Heure : début irrigation : 9H 00

fin irrigation : 11H 00

Heures	T11	T12	T13	T14	T15	T21	T22	T23	T24	T25	T31	T32	T33	T34	T35
8H 40	240	124	50	50	82	78	76	48	78	680	72	50	92	88	84
9H 00	238	124	52	50	84	78	76	50	80	682	74	52	92	88	84
10H 00	284	124	62	60	18	26	62	64	92	672	88	68	64	92	90
11H 00	234	126	78	40	20	18	30	64	92	664	88	82	40	70	50
12H 00	230	126	78	52	42	36	40	48	90	656	84	90	54	60	56
13H 00	222	110	80	62	52	48	48	48	82	650	86	98	62	64	62
14H 00	212	114	80	62	56	52	52	50	76	640	90	100	66	66	64
15H 00	216	112	84	68	60	56	56	58	80	644	94	102	70	70	70
16H 00	212	110	80	69	58	54	54	58	78	648	88	98	68	68	66
17H 00	212	110	82	70	62	56	56	62	80	648	90	100	74	74	74
18H 00	214	112	90	72	62	56	56	62	83	664	96	102	72	72	72

- J.P. HUDSON : Caractéristiques of trickle irrigation systems (Advances in Horticultural Science, oxford, Pergamon Press) 1962
- P. CELESTRE : Drip irrigation system (ICID V Congress, Tokyo) 1963
- P. CELESTRE : Drip irrigation system - higher efficiency and lower cost. Lnusannc 1964
- B.D. VAN'T WUUDT : Trickle irrigation (water Research Fondation of Australia. Report n° 20) 1967
- D. GOLDBERG & M. SMMUELI : Drip Irrigation A method used under arid and desert Conditions of high water and soil salinity. (Transactions of the ASAE) 1970.
- ASAE (Américan Society of Agricultural Engineering), Lincoln, Nebraska, National Irrigation symposium, 7 reports on subsurface and trickle irrigation, Novembre 1970.
- R.D. CHAPLIN : Drip irrigation in the United States, International Experts' Panel on Irrigation (ISRAEL 1971)
- I.D.I. MELBOURNE : Trickle Irrigation, Australia 1971
- F.A.O. : L 'Irrigation goutte à goutte (Bulletin d'irrigation et de drainage N° 14) 1972
- J. KELLER & D. KARMELI : Trickle Irrigation Design (1975) Rainbird Sprinkler Manufacturing Corp. Glendora, California.
- T.M. DUC : Irrigation au goutte à goutte. Etude au champ de quelques systèmes de goutteurs 1978.

PROGRAMME DE STAGE DE M. M.BEYE
CHERCHEUR STAGIAIRE AU C.R.A. FLEUVE

I - DOMAINES D'INVESTIGATIONS :

- Agrométéorologie (axée sur le Fleuve)
- Etudes hydrodynamiques
- Détermination des besoins en eau.
- Techniques d'irrigation.

Chacun de ces points est précédé d'une bibliographie appliquée.

La préparation d'un programme de recherche définitif nécessite une vue d'ensemble :

- de la bibliographie régionale du Fleuve passant en revue les projections pédologiques effectuées, les études de projets, les divers travaux de recherche menés par l'IRAT, la FAO, l'ORSTOM etc.,.

- des orientations de la recherche dans la région du Fleuve.

II - CONTENU

1. Agrométéorologie : Rassembler les données météo régionales
Durée prévue : 1 semaine

2. Etudes des caractéristiques hydriques et hydrodynamiques des sols
Durée du 20 janvier à fin février.

2.1. Bibliographie : Utilisation des divers appareils employés (humidimètre à neutrons, tensiomètre, perméabilité Muntz, etc.. .)

2.2. Manipulation (à la Ferme irriguée)

- Choix des emplacements (caractérisation granulométrique)
- 2 infiltrations / ressuyages
- Dépouillement des résultats

3. Besoins en eau

3.1. Bibliographie

3.2. Appareillage : passage en revue, pour mémoire, de l'humidimètre à neutrons, du tensiomètre et de l'évaporamètre.

3.3. Manipulation :

3.3.A. Hypothèse longue durée : manipulation sur la ferme irriguée d'une durée de 4 mois, de mesure des besoins en eau d'une culture d'oignons.

Cette mesure nécessite :

- 2 Parcelles cultivées
- 4 tubes au total
- 1 sonde SOLO (sinon Pitman)
- 1 observateur
- 4 pluviomètres AGRAM

Cette manipulation sera effectuée de début février à la fin mai 1980.

N.B. : On raccordera les mesures d'ETM avec celles d'un bac normalisé, classe A, à placer dans la ferme irriguée.

3.3.2. : Hypothèse courte durée : Comparaison des bilans de consommations hydriques en sole grillagée sur le système mi.1 - niébé dérobé entre les mesures in-situ avec tubes d'accès et les mesures avec évapotranspiromètre.

Durée : 3 semaines + rédaction du chapitre.

4. Techniques d'irrigation

4.1. Bibliographie :

- Description des modes d'irrigation,, des systèmes d'irrigation et des paramètres d'irrigation
- Principe de chaque système aux conditions écologiques locales,
- Rappel de l'appareillage de mesure : déversaire, parchall plaques à orifices etc.. ,

4.2. Manipulation

4.2.1. Hypothèse : Lieu de mesures : Bambey

Etude de l'irrigation goutte à goutte système TIROSH :

- Variation des débits le long d'une rampe en fonction des pertes de charge et de la topographie,
- Variation des débits en fonction de la pression de services
- Variation des débits au cours du temps (obstructions)
- Répartition de l'eau dans le sol : évolution du bulle humide au cours du temps.

Durée prévue : 2 fois 2 semaines

4.2.2. Hypothèse Fleuve

Détermination de l'efficacité du réseau d'irrigation du papem de Fanaye.

4.2.2.1. Cette étude nécessite les opérations suivantes :

- Pose d'un **compteur** sur le refoulement de la pompe sinon implantation d'un déversoir à échelle en tête du réseau.

- Implantation d'un module à masques à chaque sortie de secondaire.

- Submersion par siphonnage dont on mesure le volume

- Pose d'une plaque à orifice ou d'un déversoir sur la colature.

4.2.2.2. Mesures au cours d'une irrigation test

- Compteur : lectures de début et de fin d'irrigation

- Module à masques : lectures au début et à la fin de l'irrigation en s'assurant que le masque soit constamment noyé.

- Siphonnage 1) Jaugage au préalable pour avoir la courbe d'étalonnage $Q = f(t-l)$

- 2) Chronométrage de la durée de siphonnage et mesure de la variation de niveau correspondante,

- Déversoir 1) Etalonnage préalable

- 2) Chronométrer les temps d'écoulement et mesurer les variations des hauteurs de la lame d'eau.

- Plaque à orifice :

- 1) Etalonnage préalable

- 2) Chronométrer les temps d'écoulement et mesurer les variations de hauteurs d'eau.

4.2.2.3. Moyens nécessaires

- 1 compteur à volume sur le refoulement de la pompe (ou un déversoir triangulaire + échelle limnimétrique)

- 1 module à masque (débit max. = 30 l/s)

- 1 parcelle sans culture

- 1 plaque à orifice + échelle limnimétrique

- 5 siphons

- 1 chronomètre

- 1 mètre ruban

- 3 observateurs (2 pour la plaque à orifice, 1 pour le siphonnage + 1 quatrième observateur si on remplace le compteur par un déversoir)

4.2.2.4 : Durée prévue : 3 semaines de préparation + 3 jours de manipulation.