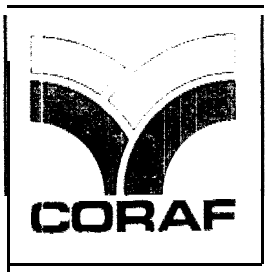
CORAF

RESEAU DE RECHERCHE SUR LA RESISTANCE A IA SECHERESSE

CORAF CILSS

CILSS



CN0101357
P332
CIS

COMMUNICATIONS PF2

ATELIER PF1 ET PF2.PARCELLE

BAMAKO 30 avril - 04 mai 1990

Premiers résultats sur l'alimentation hydrique des cultures

****

L. CISSE, G. VACHAUD, A. FLEURY SENEGAL
E. OUATTARA, M. SEDOGO BURKINA FASO
F. LOMPO, B. BADO,
K. OUATTARA

J.L. CHOPART COTE D'IVOIRE

M. VAUCLIN, G. VACHAUD FRANCE

M. VAKSMAN, S. TRAORE MALI

M. MARSCHNER, R.F.A.
D. VETTERLEIN

B. DJOULET, R. FORTIER TCHAD

****

PROJET CEE N° TS2A0014FCD
N° TS2A0015RMCD

VOL. III/III

INTRODUCTION

Au cours de la période Mai 1985 - Avril 1990 s'est déroulée la deuxième campagne d'étude des traitements agronomiques mis en place en Juin 1988. Les données collectées et les résultats obtenus et présentés dans ce rapport sont ainsi relatifs à la première année de l'effet résiduel du travail du sol et de l'apport de matière organique effectués en 1988.

Après les récoltes, au mois de décembre 1989, une série de caractérisations hydrodynamiques pour l'estimation des paramètres de transfert et de rétention hydrique du sol a été réalisée. Les principaux résultats de ces caractérisations seront présentesdans ce rapport. Un document plus détaillé relatif à ces travaux sera rédigé ; dans celui-ci la méthodologie d'étude, l'ensemble des données expérimentales, les interprétations et analyses faites seront données.

I - OBJECTIFS

Pour rappel, l'objectif essentiel des recherches menées dans ce projet est l'accroissement des rendements du mil et de l'arachide dans la zone soudano-sahélienne caractérisée en particulier par une faiblesse de la pluviométrie annuelle ou par une mauvaise répartition spatiale et/ou temporelle des pluies. Pour atteindre cet objectif on a mis en place un dispositif expérimental dans la zone Centre-Sud du Sénégal (Nioro du Rip) dans lequel des techniques culturales (fertilisation minérale et/ou apport de matière organique sous forme de fumier combinés à un travail du sol peu profond) sont appliquées. Les effets et arrière-effets de ces techniques sont étudiés sur :

- les rendements des cultures ;
- le développement du système racinaire des plantes ;
- les consommations hydriques des cultures ;
- les mobilisations minérales des plantes ;
- les caractéristiques de transfert et de rétention hydrique du sol ainsi que sur les principaux paramètres physico-chimiques de la fertilité du sol.

II - ACTIVITES ET RESULTATS (Mai 1989 - Avril 1990)

21 - Méthodes et conditions expérimentales

Le dispositif expérimental (type et traitements appliqués) et les méthodes d'étude utilisées ont été présentés dans les précédents rapports (L. CISSE et G. VACHAUD, 1989 et 1990). Pour ce qui est de la détermination des caractéristiques de transfert et de rétentian hydrique du sol on a utilisé :

- la méthode du drainage interne ;
- le perméamètre de GUELPH ;
- la méthode dite "TWIN RINGS".

Pour la méthode du drainage interne, trois sites de mesures, situés dans l'allée centrale entre les deux séries que compte le dispositif expérimental (L. CISSE et G. VACHAUD 1989) ont été choisis aux coordonnées de (X = 15 m, Y = 41.5 ; X = 40 m, Y = 41.5 m et X = 70 m, Y = 41.5 m). Sur ces sites la couche du sol O-1 m a été enlevée pour faire les caractérisations à partir de la côte Z = 1 m ; la dernière côte étant fixée à Z = 3 m.

Les conditions de développement des plantes ont été très satisfaisantes, notamment la pluviométrie et l'état phytosanitaire des cultures.

La pluviométrie enregistrée (tableau 1) s'est élevée à 700 mm environ.

Les semis ont été effectués le 6 Juillet 1989 et les récoltes les 5 et 19 Octobre 1989 respectivement pour le mil et pour l'arachide.

La conduite des cultures du semis à la récolte a été faite en suivant les recommandations actuelles de la recherche agronomique.

Les mesures et observations suivantes ont été réalisées :

- profils hydriques hebdomadaires ;
- mesures tensiométriques en même temps que les profils hydriques à partir du moment où le front d'humectation a atteint la côte Z = 1 m ;

-

- Prélèvements et analyses de solution du sol toutes les semaines à partir de l'arrivée du front d'humectation aux côtes de référence (1,80 m sous-mil et 1,50 m sous-arachide) ;

- Mesures racinaires sur mil (entre 0 et 1 m de profondeur) et sur arachide (jusqu'à la limite du front racinaire) à mi-cycle de développement végétatif des plantes ;

- Mesures des composantes du rendement à la récolte, nombre de poquets et d'épis, poids des épis, des pailles et des grains pour le mil ; nombre de pieds, poids des gousses et des fanes pour l'arachide ;

- Prélèvements d'échantillons de plantes (mil et arachide) à la récolte pour l'analyse des teneurs minérales en N, P, K, Ca et Mg.

22 - Synthèse des résultats

221 - Rendements et composantes du rendement

Les rendements obtenus sont présentés au tableau II. Sur culture d'arachide les rendements en gousses du témoin absolu (T_0) et du traitement T_2 (arrière-effet de l'apport de fumier) sont équivalents et s'élèvent à environ 3.200 tonnes. Les rendements en gousses du traitement fertilisation minérale (TI) et du traitement T3 (arrière-effet de l'apport de fumier + fertilisation minérale) sont équivalents et s'élèvent à 3 600 tonnes. Par rapport au témoin absolu ces deux derniers traitements ont procuré un surplus de rendement de 15 % soit environ 450 kg/ha de gousses. Pour les rendements en fanes les résultats obtenus sont similaires à ceux présentes pour les gousses sauf que dans ce cas-ci l'arrière-effet du traitement matière organique seule (T_2) à un rendement significativement supérieur à celui du témoin absolu. Par ailleurs on observe que les surplus de rendement en fanes procurés par les traitements T_1 et T3 par rapport à T_0 sont respectivement de 26 et 37 % et sont donc nettement plus élevés que ceux observés pour les gousses. Enfin, en terme de matière sèche totale produite, le traitement T3 a procuré 1,6 tonne de plus par rapport à T_0 soit 26 % de plus.

Sur culture de mil on observe aussi bien pour les rendements en grains que pour ceux en pailles que :

- les traitements T1 et T3 sont équivalents et supérieurs à T1 et à T2 ;
- que le traitement T2 est supérieur à To.

L'arrière-effet de l'apport de fumier seul a procuré environ 600 kg/ha de plus en grain par rapport au témoin absolu soit 80 % de plus.

Les traitements T1 et T3 ont procuré des rendements en grains quatre fois supérieurs à celui du témoin absolu, 2.8 tonnes contre 0.70 tonne. Un constate cependant que combinée à l'apport d'engrais minéraux, la matière organique a un arrière-effet nul, sur les rendements en grains et en pailles, par rapport à la fertilisation minérale seule.

L'analyse des composantes du rendement du mil et de l'arachide montre que pour le mil c'est essentiellement le nombre d'épis et le poids de grain par épi qui sont significativement accrus par les traitements T1, T2 et T3 comparativement au témoin absolu (To). Au tableau III on peut observer que par rapport à To, le poids des grains par épi est supérieur de 73, 60 et 77 % respectivement sur T1, T2 et T3.

Pour l'arachide, par rapport à To, le poids de gousses par pied est accru de 10 % sur T2 et d'environ 20 % sur les traitements T1 et T3.

222 - Effet des traitements sur l'enracinement

Les mesures racinaires ont été faites sur mil jusqu'à un mètre de profondeur, par couche de 0.1 m jusqu'à 0.4 m de profondeur et ensuite par pas de 0,2 m.

Sur arachide les mesures ont été faites par pas de 0,1 m jusqu'à 0,5 m de profondeur et ensuite par pas de 0,2 m jusqu'à la dernière couche de sol où des racines sont présente.s.

Pour les deux cultures, trois sites de mesures ont été choisis sur chacun des deux traitements To et T3 ; ces sites étant distants, l'un par rapport à l'autre, d'au moins 25 m.

2221 - Sur culture de mil

On observe des différences importantes de masses racinaires dans la couche O-O.3 m du sol. Dans la couche O-U.1 m, les masses racinaires du mil se développant sur le traitement T3 sont trois à quatre fois supérieures à celles du traitement To. Entre 0.1 et 0.3 m les différences de masses racinaires sont de l'ordre de 40 à 50 % en faveur de T3.

2222 - Sur culture d'arachide

L'arriére-effet de la matière organique apportée a induit des différences de masses racinaires essentiellement dans la couche O-0.20 m du sol. Par rapport à ce qui a été observé sur la culture du mil, ces différences sont plus faibles. Elles s'élèvent, respectivement dan s les couches o-0.1-0.2 m, à 30 et 20 % en faveur du traitement T3.

223 - Effets des traitements sur les consommations hydriques

Les trois caractérisations hydrodynamiques faites in situ, les mesures hydriques et tensiométriques faites en cours de culture et l'utilisation du paramètre textùral (A + L) déterminé sur chacun des 24 points où sont installés les tubes o'accès du dispositif principal ont permis de paramétriser la conductivité hydraulique par le taux d'A + L. (un document plus détaillé présentera l'ensemble des données et des résultats obtenus).

En considérant les tubes se trouvant sur les traitements To et T3 et dans les deux séries on a pu regroupé ces tubes en trois classes caractérisées par :

- classe A ; A + L # 20.0 (entre 1.5 et 2.0 m)
- classe B ; A + L # 21.5 (entre 1.5 et 2.0 m)
- classe C ; A + L # 23.0 (entre 1.5 et 2.0 m)

Les relations K (θ) ajustées sous la forme $K(\theta) = a\theta^b$ correspondant aux trois classes déterminées sont respectivement :

- classe A ; $K(\theta) = 7.54.10^9\ \theta^{13.270}$
- classe B ; $K(\theta) = 2.31.10^{10}\ \theta^{14.550}$
- classe C ; $K(8) = 6.29.10^{10}\ \theta^{15.708}$

- A N N E X E S -

En utilisant ces relations à partir du moment où des percolations hydriques sont observées à la dernière côte de mesure, les consommations hydriques ont pu être calculées sur tout le cycle de végétation (semis-récolte).

Les consommations hydriques obtenues pour les deux cultures et sur les traitements To et T3 sont présentées au tableau IV. On observe que sur T3 les consommations hydriques (pour l'arachide et pour le mil) sont supérieures de 90 mm à celles mesurées sur To.

L'efficience hydrique (rapport entre la matiére sèche totale produite et la consommation hydrique) calculée et rapportée au tableau IV est pratiquement la même sur arachide pour les deux traitements considérés ; mais sur culture de mil, elle est nettement supérieure sur le traitement T3 (23.5 contre 9.4 pour To ; soit 2.5 fois plus élevée).

III - DISCUSSIONS ET CONCLUSION

Sur culture de mil les rendements obtenus montrent une baisse trës importante sur le traitement absolu To, 2.2 tonnes en 1988 et 0.7 tonne en 1989 ; dans le même temps sur T3, les rendements sont passés de 2.5 tonnes en 1988 à 2.8 tonnes en 1989.

L'arriëre-effet de l'apport de matiëre organique seule permet de limiter la baisse des rendements du mil mais comparativement au traitement T3, ce traitement a un rendement beaucoup plus faible (1.2 tonne contre 2.8 tonnes). Ces premiers résultats semblent indiquer que dans les conditions de culture de Nioro, la fertilisation minérale est dèterminante pour l'obtention de bons rendements en mil. Sur culture d'arachide, même si la fertilisation seule ou combinée à l'arrière-effet de l'apport de matière organique donne des rendements très élevés, ceux obtenus sur To et T2 semblent montrer que comparativement au mil, la fertilisation minérale a des effets moins importants sur les rendements de l'arachide dans les conditions d'étude à Nioro.

Les consommations hydriques obtenues sur les deux traitements To et T3 et pour les deux cultures montrent, malgré une pluviométrie totale de 700 mm (ce qui est nettement supérieure aux besoins hydriques des variétés cultivées) que le traitement T3 a induit une augmentation des consommations

	d1	d2	d3	Total
Juin	0	60.5	64.8	125.3
Juillet	46.7	72.9	36.7	156.3
Août	57.7	70.3	163.1	290.9
Septembre	12.4	78.5	9.2	100.1
Octobre	21.8	4.5	0.0	26.1

Tableau 1 : Pluviométrie décadaire (en mm)
Nioro 1989 - d = décade

Traitements	Mil grain (kg/ha)	Mil paille (kg/ha)
To	700 a	2500 a
T1	2779 c	7204 c
T2	i275 b	3729 b
T3	2825 c	7321 c

	Arachide-gousses (kg/ha)	Arachide-fanes (kg/ha)
To	3192 a	3053 a
T1	3643 b	3864 c
T2	3285 a	3411 b
T3	3680 b	4183 c

Tableau II : Rendements du mil et de l'arachide
Nioro : 1989

Les chiffres affectés des mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5 % (test de student - Fisher).

To : témoin absolu
T1 : Labour + fertilisation minérale
T2 : Labour + matiére organique (fumier)
T3 : Labour + matière organique (fumier) + fertilisation minérale

	Mil souna Poids grains/épi (g)	Arachide Poids gousses/pied (g)
TO	24.9 ± 4.6	28.1 ± 2.1
T_1	43.1 ± 7.6	34.9 ± 1.9
T_2	39.8 + 5.9	30.9 + 3.5
T3	44.0 ± 5.1	34.0 + 4.7

Tableau III : Poids des grains par épi et des gousses par pied du mil et de l'arachide - Nioro 1989.

	ARACHIDE		MIL SOUNA	
	ETR (mm)	E.H (kg/mm)	ETR (mm)	E.H(kg/mm)
To	396 ± 47	15.8	340 ± 60	9.4
T3	488 + 36	16.1	431 ± 25	23.5

Tableau IV : Consommations hydriques/ETR, en mm) et Efficience Hydrique (E.H, en kg/mm) sous culture d'arachide et de mil - Nioro 1989.

BURKINA FASO

MINISTEREDDES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

CONTRAT DE RECHERCHE

N° TS 2A - 0015 - RM (RM)

PROJET R³S/Pf₂

TITRE : AMELIORATION DE L'ALIMENTATION HYDRIQUE ET MINERALE DES CULTURES PAR DES TECHNIQUES CULTURALES EN ZONE SOUDANO-SAHELINENNE.

RAPPORT SEMESTRIEL N° 4

PERIODE MAI 1989 - AVRIL 1990

Avril 1990

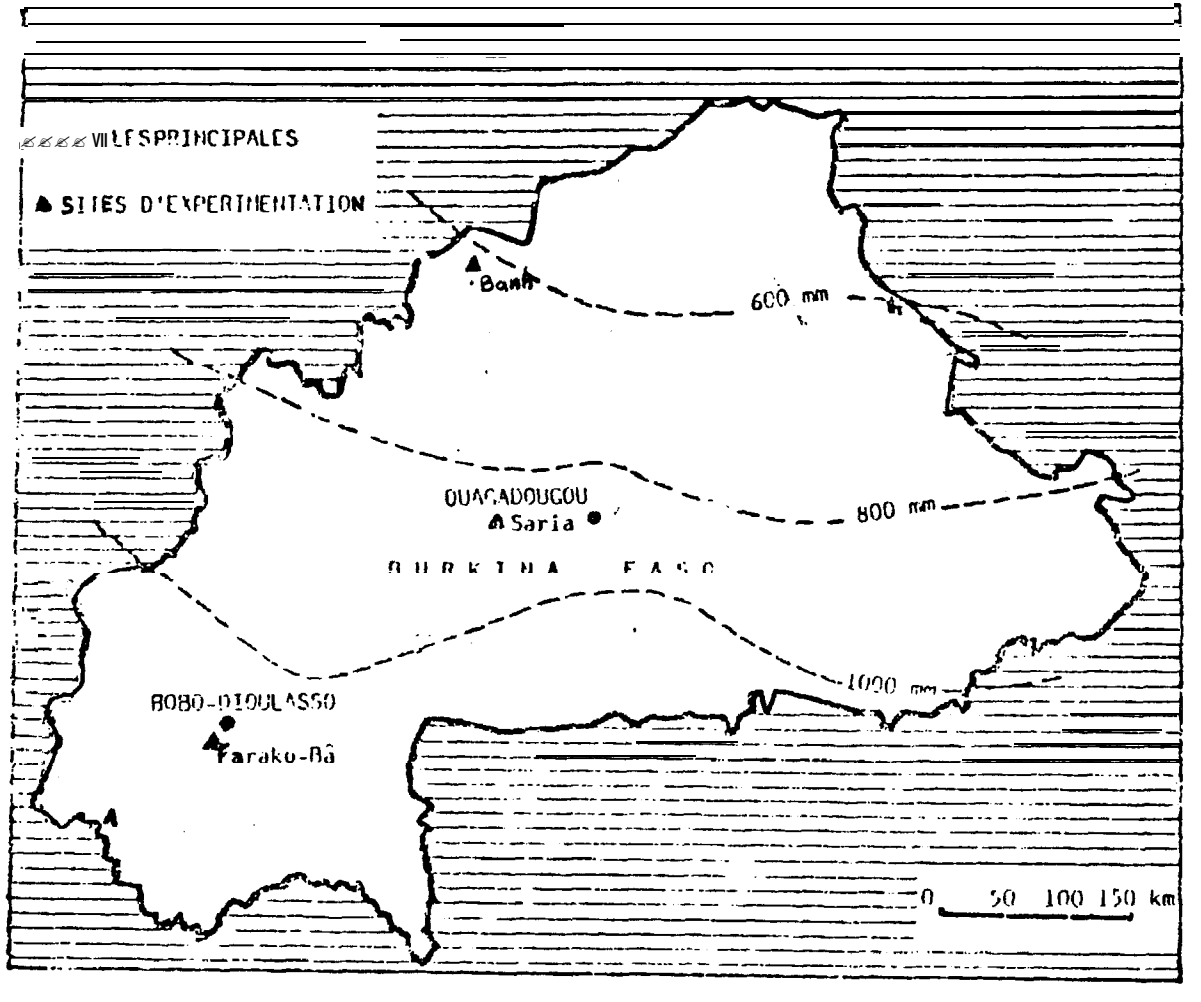
B. OUATTARA
M. SEDOGO
F. LOMPO
B. BADO
K. OUATTARA

INSTITUT D'ETUDES ET DE RECHERCHES AGRICOLES
(IN. E. R. A.)

03 BP 7192 OUAGADOUGOU 03

Tél. 30-09-83
30_09-84

. CARTE N°1 - REPARTITION DES SITES D'EXPERIMENTATION



SOMMAIRE

-o-o-o-o-

INTRODUCTION

1. - METHODES ET CONDITIONS EXPERIMENTALES

1.1. - Cadre de l'étude
1.2. - Dispositifs expérimentaux
1.3. - Cultures - variétés
1.4. - Calendrier cultural
1.5. - Suivi hydrique des parcelles à SARIA
1.6. - Suivi de l'enracinement
1.7. - Suivi de la dynamique des cations
1.8. - Caractéristiques mesurés à la récolte
1.9. - Des conditions de suivi des essais

II. - SYNTHESE DES RESULTATS DISCUSSIONS

2.1. - Etablisssement des équations d'étalonnage de la sonde neutronique Solo 25
2.2. - Caractérisation hydrodynamique de parcelles dans le sol
2.3. - Dynamique de l'eau au cours du cycle de la culture à SARIA
2.4. - Calcul du bilan hydrique
2.5. - Rendements et composantes du Rendement à SARIA
2.6. - Dynamique des éléments minéraux dans le sol à SARIA
2.7. - Dynamique de l'enracinement des cultures
2.8. - Rendements et composantes du rendement.

'CONCLUSION

Les faibles ressources pluviométriques des régions. soudano-sahéliennes, constituent une contrainte majeure à l'alimentation hydrique des cultures. A cela s'ajoute le faible niveau de fertilité des sols (structure dégradée, faible statut organique) qui fait perdre aux cultures, sous forme de ruissellement, le peu d'eau qui tombe.

Dans un tel contexte où l'offre en eau pluviale représente la principale ressource hydrique, il faut chercher à gérer de façon optimale les eaux de pluie par des techniques culturales adaptées afin de minimiser le risque climatique.Pour ce faire, une bonne connaissance des facteurs de résistance de cultures à ces conditions pédoclimatiques particulièrement difficiles est indispensable pour la mise au point de façons culturales appropriées. C'est dans cette optique, que des expérimentations sont menées par l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (IN.E.R.A.), dans trois situations agroécologiques contrastées du Burkina Faso, en collaboration avec le Réseau International de Recherche sur la Résistance à la Sécheresse (R3S).

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les effets d'un certain nombre de techniques culturales sur la croissance et le développement des cultures et leur influence sur les mécanismes de résistance à la sécheresse au niveau du complexe Sol - Plante.

Le présent rapport fait le point des activités de la campagne 1989-1990, analyse les premiers résultats proprement dits avant de tirer les enseignements qui en découlent pour l'orientation future des activités.

1. - METHODES ET CONDITIONS EXPERIMENTALES

1.1. - Cadre de l'étude

Il a été retenu trois essais dans le cadre de R3S (PF2 au Burkina Faso. Ces essais ont été implantés dans trois situations pédoclimatiques contrastées du pays. Il s'agit de :

- l'essai de BANH, situé au Nord du pays, sur un sol ferrugineux tropical profond à texture sableuse en surface. La pluviométrie varie annuellement entre 500-600 mm.

- L'essai de SARIA, implanté au Centre du pays sur un remblai jaune, c'est à dire constitué de dépots alluviaux, avec un recouvrement limono-sableux. La pluviométrie moyenne annuelle est de 800 mm.

- L'essai de FARAKO-BA, situé au Sud-Ouest du pays sur un sol faiblement ferrallitique, profond à texture sableuse à sablo-argileuse en surface. La pluviométrie annuelle oscille entre 900 et 1000 mm.

Le rapport semestriel n°2 (Avril 1989) présente quelques caractéristiques physico-chimique de ces sols. Le nouveau site de BANH, fera l'objet d'analyse ultérieurede sol:

1.2. - Dispositifs expérimentaux

Dans chaque situation d'étude, on a utilisé un dispositif en blocs de Fisher avec 6 traitements à 6 répétitions.

Dimension des parcelles 24 m x 7,2 m = 172,8 M2
Allées de 3 m entre les blocs
Allées de 1 m entre les parcelles.

./.

Les techniques culturales expérimentées ont été les suivantes :

T1 - Travail manuel (grattage superficielle du sol à la daba) sans fertilisation

T2 - Travail manuel + Engrais NPK (15-23-15), urée (46 %).

T3 - Labour à plat aux boeufs + Engrais NPK, urée.

T4 - Labour à plat + 5 T/ha de fumier + Engrais NPK, urée

T5 - Labour à plat aux boeufs + 5 T/ha de fumier + Engrais NPK, urée + buttage cloisonné.

T6 - Scarifiage du sol en humide aux boeufs + 5 T/ha de fumier, + Engrais NPK, urée.

1.3. - **Cultures** - Variétés

. L'essai de BANH a été semé en mil variété locale aux écartements de 0,8 m x 0,8 m.

. A SARIA, l'essai a été semé en sorgho variété ICSV 1049 (cycle 110 jours) aux écartements de 0,80 m x 0,40 m

. L'essai de FARAKO-BA a été semé en maïs variété SR 22 aux écartements de 0,80 m x 0,40 m.

Les quantités de fumure minérale sont fonction de la culture :

. Sorgho, mil : 100 kg/ha d'engrais NPK au semis, 50 kg/ha d'urée à la montaison.

. maïs : 150 kg/ha d'engrais NPK au semis, 50 kg/ha Urée à la montaison et 50 kg/ha d'urée à la floraison

./.

1.4. **-Calendrier cultural**

	SARIA	FARAKO-BA	BANH
Application fumier et NPK + Travail du sol	2 et 3/07	24/6	17/07
Semis	10/07	27/6	17/07
Comptage à la levée	18/07		-
Resemis	19/7	-	
Demariage	23-24/7	-	31/7 et 1/8
Désherbage	25/7	-	10-12/8
Début installation Tensiomètre	27/7	-	
ler Sarclage aux boeufs	8-9/8		29-30/7
Installation des bougies poreuses	9, 11, 12/8	-	
lere mesure de hauteur de plante	11/8		25/08
Sarclage + Urée	18/8	1/8	-
Profils racinaires.....	23-29/8	16 au 19/8	
Buttage et cloisonnement	24/8	17/8	17-18/8
Sarclage aux boeufs	8-9/9		10,11, 12/8
Début épiaison	13/9		
2ème mesure de hauteur plante	12/9		15/9
Installation piézomètres	7-14/9		
Traitement sauteriaux			7, 8, 16/10
Profils racinaires.....	2-5/10	28-30/9	4-5/10
3è mesure hauteur plantes	12/10		19/10
4è mesure hauteur plantes	13/11		-
Récolte	13/11	20/10	20/10
Début étude drainage interne	8/1		-

1.5. - Suivi hydrique des parcelles à SARIA

a) - Installation des tubes d'accès neutronique

Vingt tubes d'accès neutronique ont été placés, en mars 1989 sur les 4 premiers traitements et sur 5 blocs. Les tubes en aluminium ont été installés sur une profondeur de sol de 205 cm.

b) - Etalonnage de la sonde solo 25

Il a été réalisé un étalonnage gravimètrique à partir de 3 séries de prélèvements de sol couplées à des comptages neutroniques. Ces mesures ont été réalisés en Mars 1989, Octobre 1989, Décembre 1989.

c) - Mesures des teneurs en eau et des charges hydrauliques

Les mesures de l'humidité du sol ont été effectués à l'aide de la sonde neutronique Solo 25, avec une périodicité d'environ 5 jours. Les comptages neutroniques ont été faits aux cotes suivantes : 15 cm/ 25/35/45/65/75/85/95/115/135/155/205 cm. Seize tubes d'accès pour humidimètre à neutrons sont chacun accompagnés d'une batterie de 3 tensiomètres (DT 5000) placés à 30 cm, 115 cm et 155 cm. Les relevés tensiométriques sont journaliers depuis l'installation des appareils jusqu'à la *récolte.*

d) - Caractérisation hydrodynamique des parcelles d'études

On a utilisé les méthodes du drainage interne pour déterminer la conductivité hydraulique et la pression effective de l'eau en fonction de la teneur en eau du sol.

Une batterie de 5 tensiomètres a été placée autour de chaque tube d'accès pour humidimètre à neutrons, aux côtes suivantes : 30 cm/60 cm/90 cm/115 cm/135 cm.

La lame d'eau apportée a d'abord été de 350 mm. Mais par la suite elle a été ramenée à 250 mm car on craignait une recharge éventuelle de la nappe.

./.

Quatre sites d'études ont été ainsi caractérisés sur le bloc VI.

e) - Mesure du niveau de la nappe

Il faut rappeler que l'essai de SARIA est situé à proximité d'un marigot desséché. Une fosse pédologique creusé à ses abords avait permis de déceler des traces d'hydromorphie à partir de 150 de profondeur. Cependant on ne savait pas si ces traces étaient anciennes ou recentes. POur donc vérifier l'hypothèse d'une recharge éventuelle de la nappe, on a installé en début de Septembre six "piézomètres" de fortune dans les allées de l'essai.

Pour ce faire, on a sacrifié des tubes d'accès pour humidimètre à neutrons. Ces tubes ont été criblés à leur base de trous recouverts ensuite d'un grillage à mailles très serrées.

Le premier "piézomètre" a été placé le 7/9 à 155 cm de profondeur. D'autres "piézomètres" furent ensuite placés le 15/9 aux profondeurs suivantes :

- 3 "piézomètres à 155 cm
- 2 "piézomètres" à 180 cm
- 1 "piézomètre" à 100 cm.

Les mesures du niveau de la nappe ont eu lieu tous les jours jusqu'à sa disparition des tubes.

1.6. - Suivi de la dynamique de l'enracinement

Deux séries de profils racinaires ont été réalisées à SARIA et à FARAKO-BA respectivement à la montaison et au stage grain laiteux des céréales.

On a opté pour la méthode de comptage des racines à l'intérieur des mailles carrées de 5 cm de coté. Les comptages des racines visibles ont été faits sur des parois verticaux de sol à 20 cm puis à 2 cm du collet des plantes.

./.

Nous avons également réalisé une série de profils racinaires sur l'essai de BANH au stade grain laiteux du mil.

Cet essai souffrait d'une attaque poussée de sauteriaux.

1.7. - Suivi de la dynamique des cations dans le sol

Des prélèvements de la solution du sol ont été faits à l'aide de bougies poreuses installées aux côtes 20 cm, 40 cm, 80 cm et 150 cm sur les quatre premiers traitements et sur quatre blocs.

Les prélèvements de solution du sol se font à une périodicité de 10 jours et coincident avec les dates de relevées neutroniques.

Les analyses chimiques réalisées sur les solutions du sol ont porté sur les cations tels que : Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, et l'anion NO_3^-.

- Les nitrates NO_3^- ont été dosés par ionométrie qui a été comparée à la méthode de distillation.

- Les cations K^+ et Na^+ sont mesurés par photométrie de flamme.
- Les cations Mg^{2+} et Ca^{2+} sont dosés par absorption atomique.

1.8. - Caractéristiques mesurées' à la récolte

Sur chaque parcelle récoltée, on a mesuré les caractéristiques suivantes :

- Nombre de poquets récoltés
- Nombre de panicules ou d'épis pleines ou complètement vides
- Poids des panicules ou épis
- Poids des grains
- Poids des 1000 grains
- Poids des pailles.

./.

Les composantes du rendement ont été mesurées sur la partie centrale des parcelles d'étude, en éliminant toutefois 2 lignes de chaque coté.

La surface utile a donc été de 8 m x 4,8 m = 38,4 m2.

1.9. - Des conditions de suivi des essais

- L'accès difficile du village de BANH en saison des pluie n'a pas permis de réaliser la première série de profils racinaires au stade de la montaison. L'essai a, par ailleurs, été attaqué par des sauteriaux qui l'ont complètement détruit.

- A Saria, on a rencontré un certain nombre de difficultés qui ont handicappé l'exploitation du suivi hydrique de parcelles.

En effet la non disponibilité de cannestensiométriques désirées (145 cm et 165 cm) au moment de leur implantation nous a amené à utiliser ce qu'il y avait de disponible. C'est ainsi que seules les côtes 30 cm, 115 cm et 155 cm en ont été pourvues.

A l'insuffisance des tensiométres s'est ajouté le problème de remontée de la nappe qui a pratiquement rendu difficile l'établissement du bilan hydrique par la méthode du flux de DARCY.

Enfin, le mauvais fonctionnement des deux Sondes Solo 25 en Février 1990 à mis fin à l'étude du drainage interne et du coup, il hypothèque le suivi hydrique pour la campagne à venir.

II. - SYNTHESE DES RESULTATS

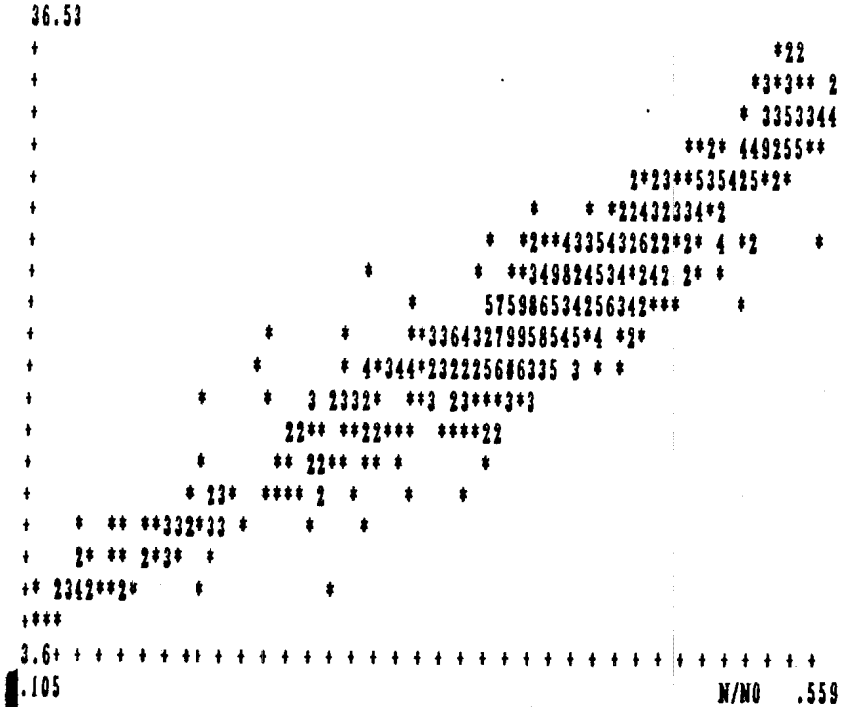
2.1. - Etablissement des équations d'étalonnage de la Sonde Solo 25

On a établi pour l'ensemble du site d'essai de SARIA deux équations d'étalonnage de la sonde neutronique Solo 25 :

./.

CARACTERISTIQUES DU FICHIER : A:SARETP
TITRE : ETALONNAGE SAR PROF

NOMBRE D' OBSERVATIONS : 644 NOMBRE DE VARIABLES : 2



AXE HORIZONTAL : N/NO
MINIMUM : .105 MAXIMUM : .559

AXE VERTICAL : HV
MINIMUM : 3.6 MAXIMUM : 36.53

$HV = 62,34\ N/N_0 - 3,648$

$r = 0,93$

- une équation pour la surface (0 - 15 cm)

$H_V = 63,28 \quad N/No - 1,518$

avec r = 0,96 pour 60 couples de données.

- une équation pour la profondeur (15 - 25 cm)

$H_V = 62,34 \quad N/No - 3,648$

avec r = 0,93 pour 644 couples de données.

2.2. - Caractérisation hydrodynamique de la parcelle T4 du bloc VI

Le suivi du drainage interne en vue d'établir les relations K (8) et h (θ) a porté cette année sur une série de 4 parcelles. Nous ne présenterons dans ce rapport que les résultats obtenus sur le site T_4 BVI, à titre d'exemple.

/

./.

STOCKS D'EAU A 135 CM (MM) EN FONCTION DU TEMPS

Avant essai	t = o h	t = 9 h	t = 57 h	t = 81 h	t = 105 h	t = 129 h	t = 153 h	t = 177 h	t = 225 h
197	327	310	303	295	294	295	289	280	287

t = 249 h	t = 297 h	t = 441 h	t = 488 h	t = 561 h	t = 609 h	t = 1325 h
284	284	279	276	272	267	243

L'évolution du stock d'eau au cours du temps à la côte 135 cm est donnée par la relation.

$$S_{135}\ (mm) = 296,05 - 9,245\ Ln\ t$$

avec r = - 0,92 pour n = 16 couples

La variation du stock d'eau à cette côte donne la valeur du flux q

$$\frac{d\ S_{135}}{dt} = \frac{9,245}{t} = q\ (mm/h).$$

- Teneur en eau, $\theta, cm^3/cm^3$ en fonction du temps (h) à la côte 135 cm

t= Oh	t= 9 h	t= 57 h	t =81 h	t= 105 h	t = 177 h	t = 279 h	t = 561 h
0,2596	0,2527	0,2540	0,2507	0,2461	0,2452	0,2448	0,2413

t = 609 h	t = 1325 h
0,2391	0,2342

L'évolution de la teneur en eau au cours du temps, à la côte 135 cm est donnée par la relation

$$\theta, cm^3/cm^3 = 0,2642 - 0004\ Ln\ t.$$

avec r = - 0,94 pour (n = 10 couples).

./.

Détermination de la relation K (θ) à la côte 135 cm

Au cours du drainage interne, le gradient de charge hydraulique à la côte 135 cm a été en moyenne de : $\frac{dH}{dZ} = -0,35$

On peut dès lors calculer les flux d'eau traversant la côte 135 cm et en déduire la conductivité hydraulique à travers l'écriture

q mm/h $= -K \frac{dH}{dZ} \Rightarrow K = \frac{-q}{dH/dZ}$.

Date	q, mm/ha	K, mm/h	θ, cm^3/cm^3	$\frac{\theta}{Q0}$
5^h	-,185	5,28	0,257	0,886
20^h	- 0,46	1,32	0,252	0,869
40^h	- 0,231	0,66	0,249	0,858
80^h	- 0,115	0,33	0,246	0,848
200^h	- 0,046	0,132	0,243	0,837
400^h	- 0,0231	0,066	0,240	0,827
600^h	- 0,0154	0,044	0,238	0,820

En appliquant la formule de BROOKS - COREY la relation K (θ) est donnée par l'équation

$$K_{mm/h} = 8716 \left(\frac{\theta}{\theta o}\right)^{62,0}$$

avec $\theta o = 0,29$ c'est la teneur en eau du sol en condition saturée.

./.

Détermination de h (θ)

Nous avons considéré 4 dates de mesures au cours desquelles nous avons mesuré h et θ, aux côtes 60 cm, 90 cm, 115 cm, 135 cm. Disposant ainsi de 15 couples de donnée nous avons établi la relation h (0) en appliquant la formule de BROOKS - COREY.

	z = 60 cm		Z = 90 cm		z = 115 cm		z = 135 cm	
	h	θ	h	θ	h	θ	h	θ
Avantessai	- 531	0,192	- 395	0,201	- 210	0,212	- 104	0,23
0^h	- 7	0,272	- 19	0,258	- 4	0,252	- 30	0,26
393^h	- 41	0,244	- 35	0,250	- 38	0,240	- 30	0,253
1325^h	- 75	0,233	- 61	0,238	- 56	2,232	-	-

En appliquant la formule de BROOKS - COREY on montre que la relation h (θ) est donnée par l'équation suivante.

$$h, cm = - 3,98 \left(\frac{\theta}{0,29}\right) - 12,46$$

avec r = 0,912 pour (n = 15 couplés).

Conclusion

Au cours de l'essai du drainage interne, il apparait clairement que les variations d'humidité sont faibles notamment en profondeur.

En effet, au bout de 2 mois, on n'a enregistré qu'une variation d'environ 10 % de la teneur en eau à la côte 135 cm.

Cela s'expliquerait par la texture argileuse (40%) et la faible porosité globale du sol. La teneur en eau à la saturation est estimée à 29 % à cette côte.

./.

Il aurait été souhaitable de poursuivre les mesures mais cela n'a pas été possible suite à la panne de la sonde.

2.3. - Dynamique de l'eau au cours du cycle de culture à SARIA

La dynamique de l'eau sur les parcelles d'étude a été marquée par :

- la bonne pluviométrie enregistrée (924 mm en 60 jours)
- la remontée de la nappe.

L'analyse des évolutions des charges hydrauliques à 115 cm et à 155 cm ainsi que des profils hydriques montre qu'il n'y a pas de différences entre les traitements (fig. 1, 2, 3, 4). Les seules différences observées résident dans l'état d'humectation des profils lié aux poches d'engorgement plus ou moins importantes selon les parcelles.

Ceci nous a amené à cartographier les états de surface du sol et à faire la différence entre parcelles engorgées et parcelles non engorgées dans l'étude du bilan hydrique.

D'une façon générale, la nappe a atteint son niveau maximum (75 cm de la surface) en début Septembre.

2.4. -Calcul dubilanhydrique

Hypothèse de calcul

La recharge de la nappe n'ayant pas permis de calculer le bilan hydrique par la méthode du flux DARCY, il nous a été possible d'estimer l'ETR, avec la collaboration de M. VAUCLIN, Directeur de Recherches à l'Institut de Mécanique$ de GRENOBLE (France).

~~A la côte 20 cm, les teneurs en NO_3^- de la solution du sol sont plus élevées sur le témoin par rapport au labour à plat. Elles décroissent rapidement sur le labour en l'absence de matière organique.~~

./.

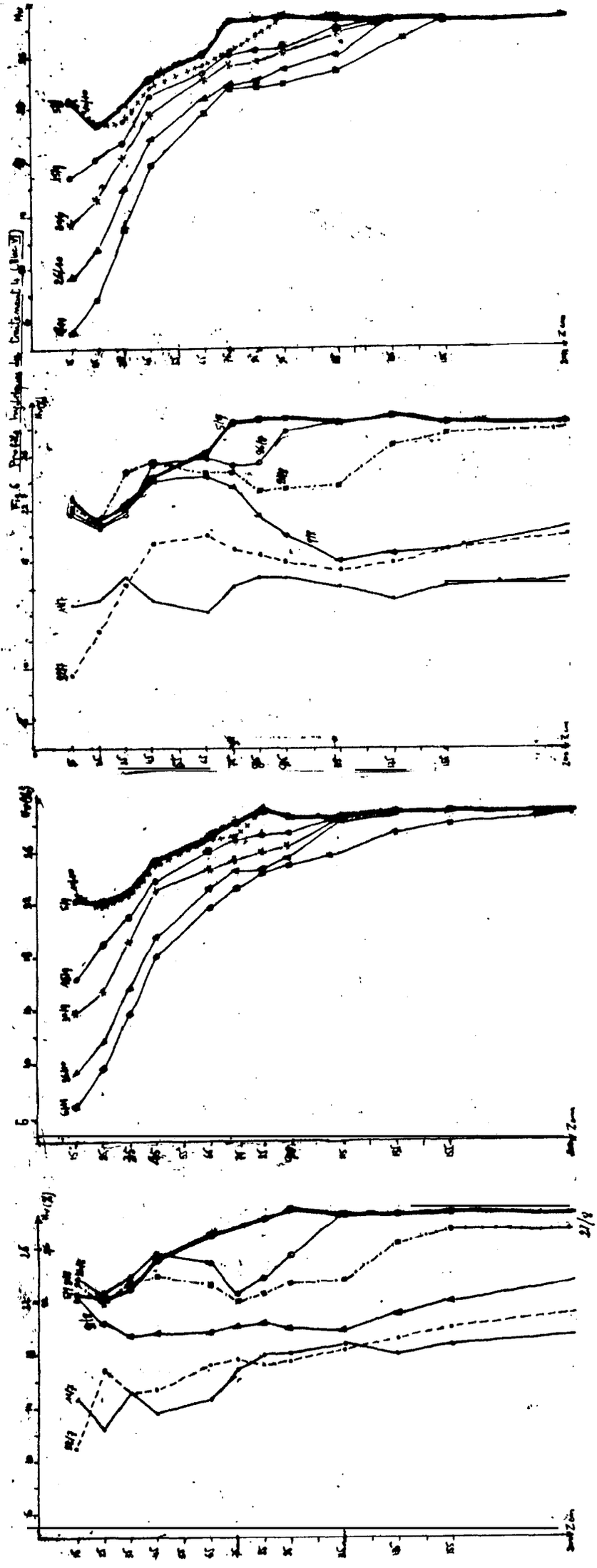


Fig 5 - Profils hydriques du témoin (Abc VI)

Fig: 1 Evolution de la charge hydraulique aux cotes 30cm, 115cm et 155cm. Témoin (Bloc VI)

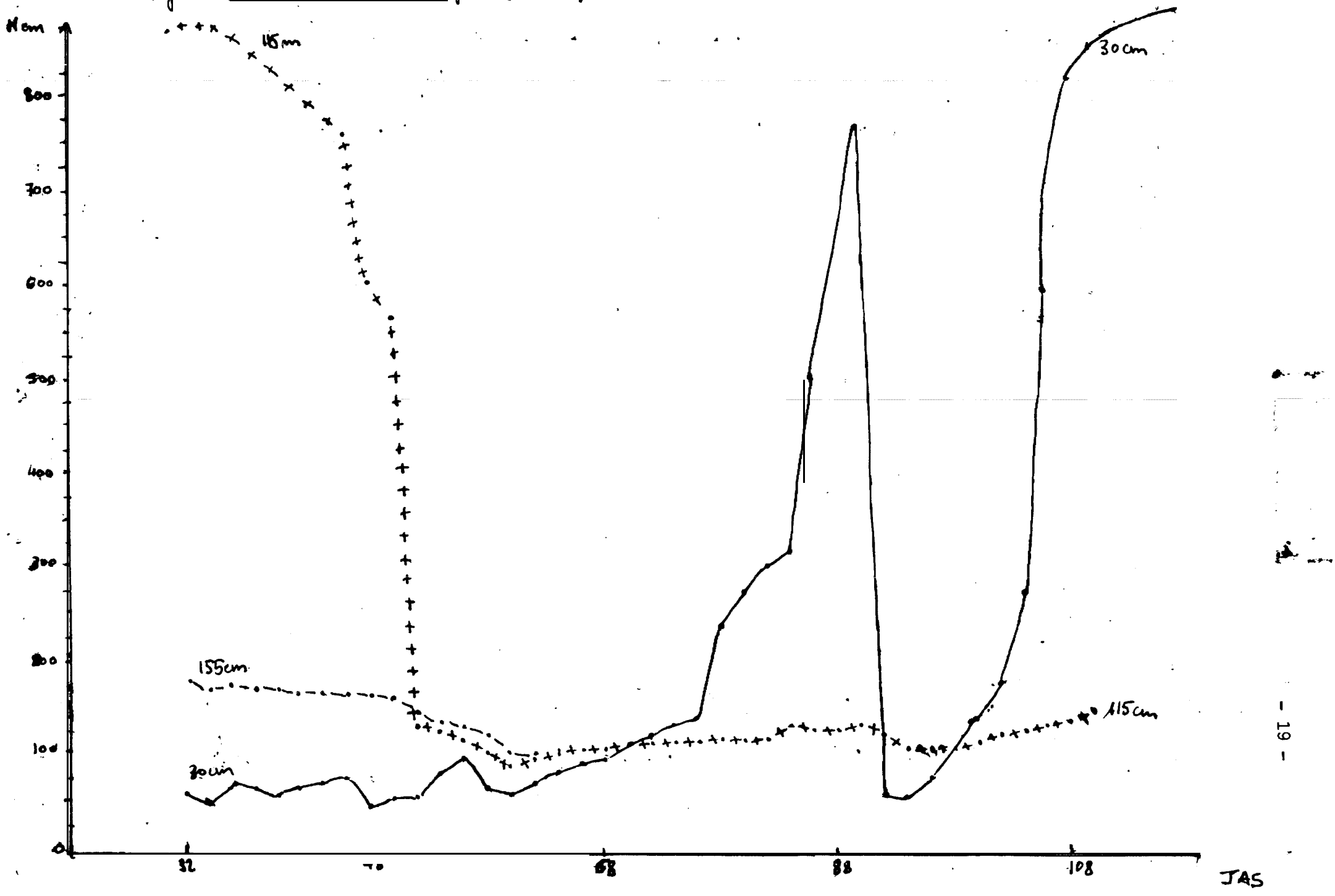


Fig 2 : Evolution des charges hydrauliques aux cotes 30, 115 et 155 cm Traitement 4 (Bloc VI)

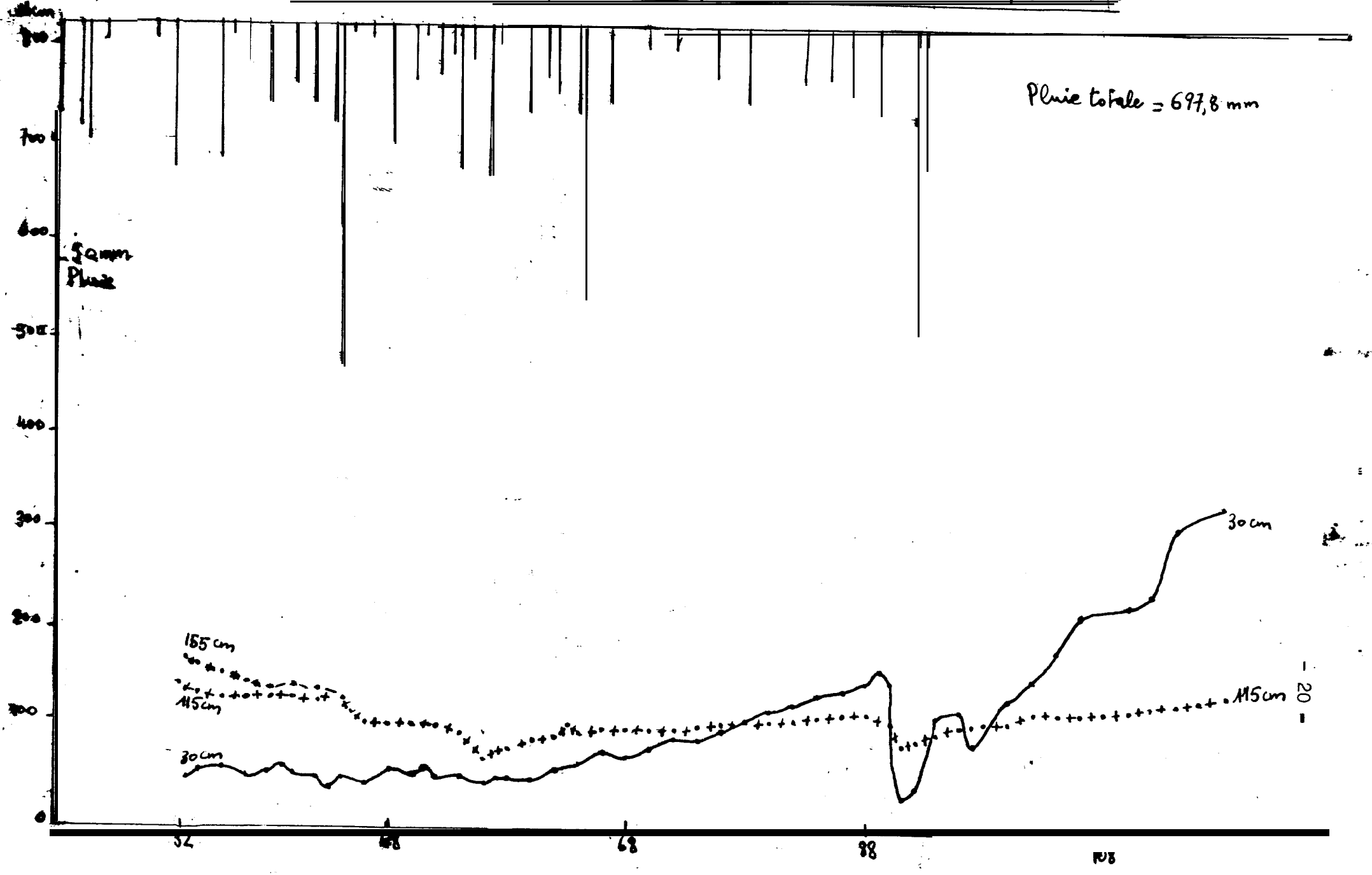


Fig : 3 Evolution du stock entre la surface et la cote 135 cm, de la teneur en eau à la cote 135 cm, des charges hydrauliques aux cotes 115 cm et 135 cm et des relevés piézométriques - Traitement 1 (Bloc VI)

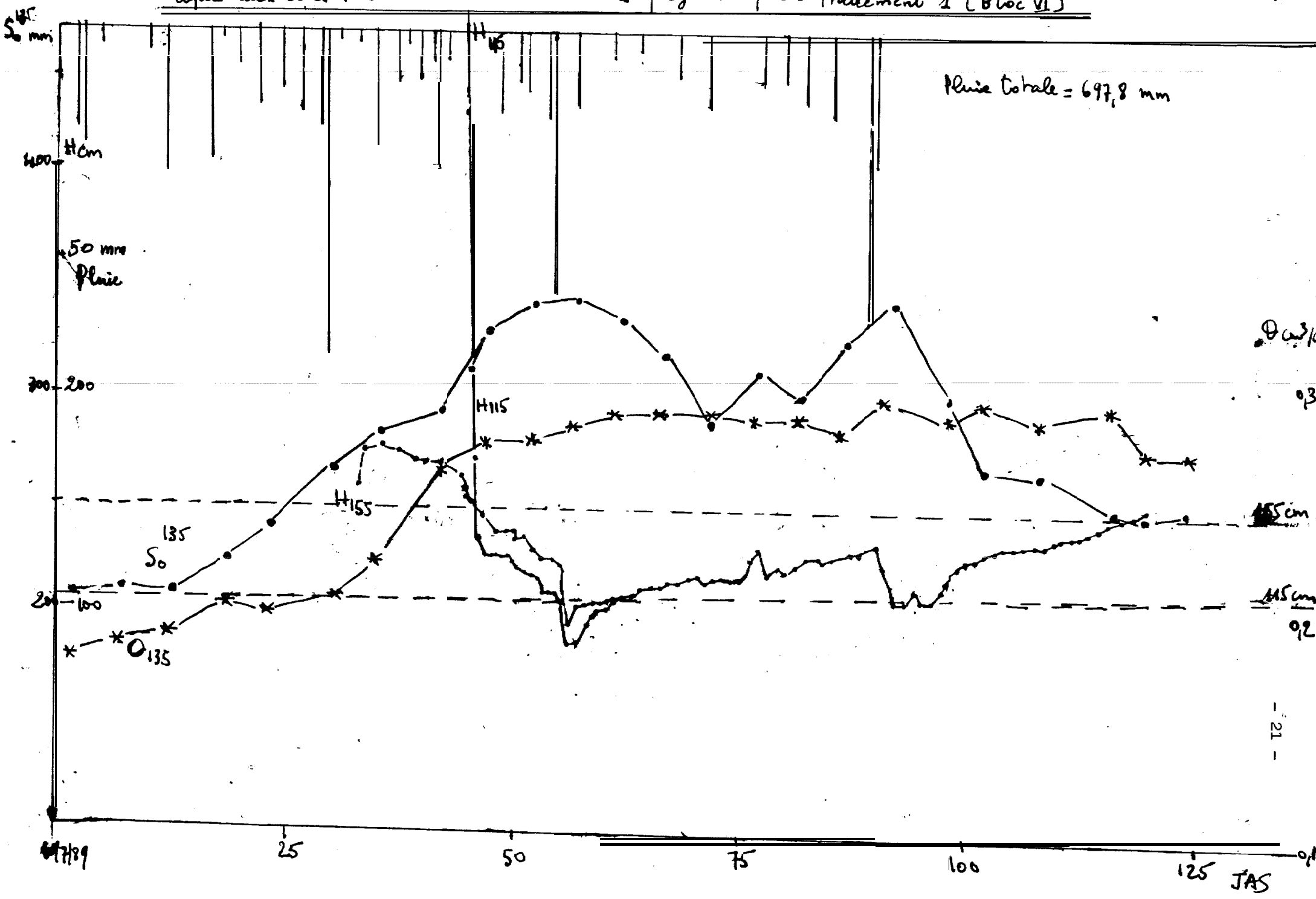
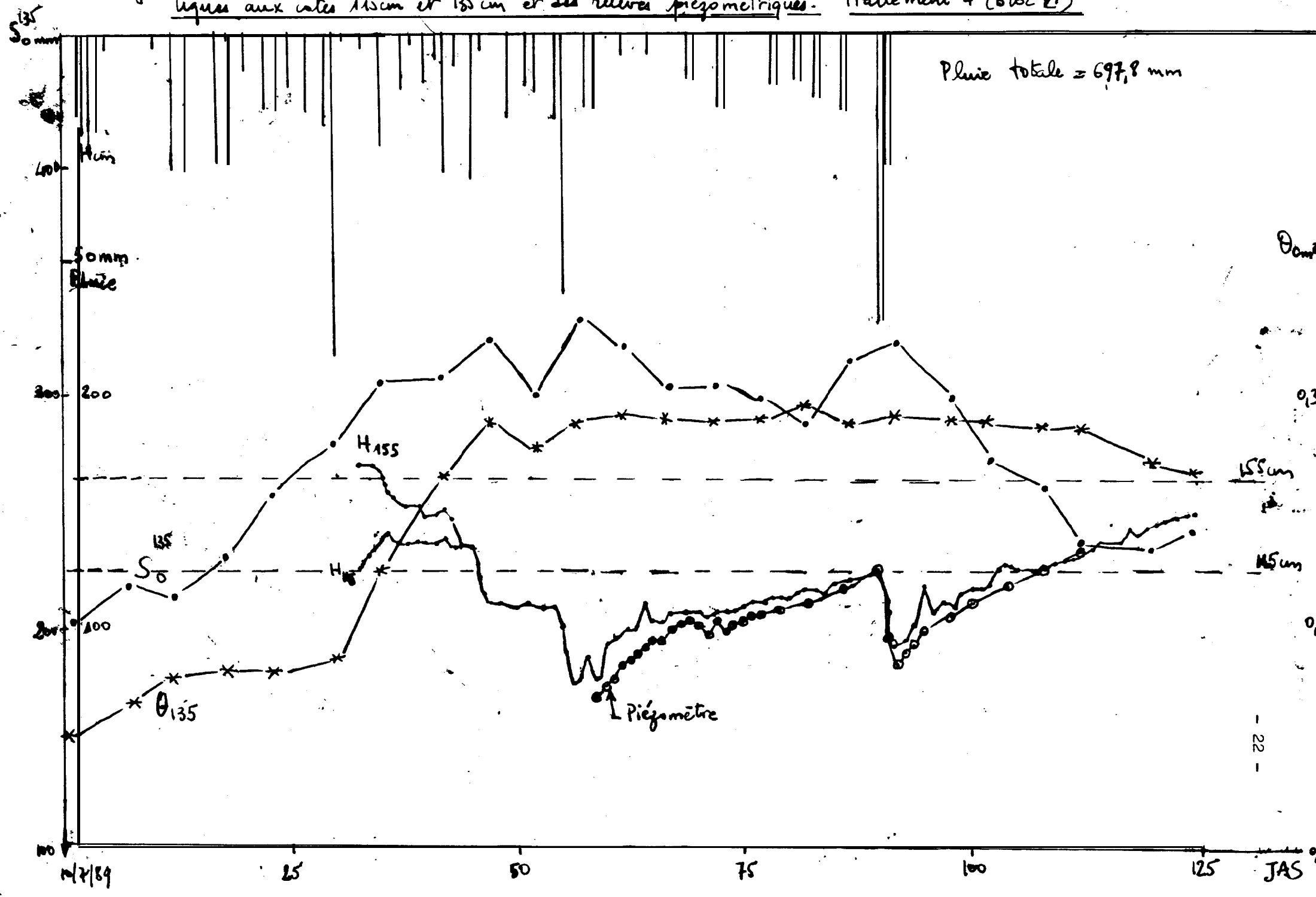


Fig 4 Evolution du stock entre la surface et la cote 135 cm, de la teneur en eau à la cote 135 cm, des charges hydrauliques aux cotes 115 cm et 135 cm et des relevés piézométriques. Traitement 4 (Bloc VI)



Calcul du Drainage

La demarde a consisté à évaluer les composantes du bilan hydrique, notamment le drainage et d'obtenir l'ETR selon l'écriture :

$$ETR = P - \Delta S \pm RUIS \pm Dr.$$

P = Pluie
As = Variation de stock
RUIS = Ruissellement
Dr = Drainage.

L'implantation de tensiomètres aux côtes 115 cm et 155 cm imposait de prendre la côte de drainage à 135 cm.

La détermination du drainage a été définie par rapport à la présence ou non de la nappe à la côte 135 cm.

. Si le niveau de la nappe par rapport à la surfce est au-delà de la côte 135 cm, la quantité d'eau drainée correspond à la variation de stock entre les côtes 135 cm et 205 cm.

$$D_{135} \text{ (mm)} = \Delta S_{135}^{205} \quad \text{Donc} \quad q_{135} \text{ (mm/j)} = \frac{As_{135}^{205}}{At}$$

Si le niveau de la nappe se trouve en deçà de 135 cm, le flux d'eau qui traverse la côte 135 cm vers le bas ou vers le haut est donnée par l'équation suivante $q_{mm/h} = {}'nappe \times Weff$

avec $\vec{V}_{nappe}$ = vitesse de baisse ou de remontée de la nappe.

weff = coefficient d'emmagasinement ou porosité efficace.

Il y a percolation si $q > o$ et remontéesi $q < o$

./.

La valeur du coefficient d'emmagasinement est définie comme étant la différence entre la teneur en eau moyenne à la saturation θ_s et la teneur en eau mesurée un jour après le semis, θ_i entre les côtes 135 et 205 cm, pour laquelle on admet que la conductivité hydraulique est négligeable

$$Weff = \bar{\theta}_s - \bar{\theta}_i$$

La vitesse de la nappe = $\vec{V}_{nappe} = \frac{Z_{nappe}\ (t_2) - Z_{nappe}\ (t_1)}{\Delta t}$

avec $Z_{nappe}\ (t_2)$ = niveau de la nappe au temps t_2

$Z_{nappe}\ (t_1)$ = niveau de la nappe au temps t_1

$\Delta t = t_2 - t_1$

Le niveau de la nappe est donnée par les tensiomètres. A son contact la pression effective de l'eau est nulle.

Détermination du ruissellement

Du fait de la bonne pluviométrie et de la remontée de la nappe, les besoins eau de la culture sont souvent plus que satisfaits. Ainsi lorsqu'on obtient par calcul un ETR supérieur à l'ETM, on estime le surplus d'eau au ruissellement, en considérant que les plantes ont consommé à l'ETM.

./.

ESTIMATION DES COMPOSANTES DU BILAN HYDRIQUE SUR LA PARCELLE T_4 B6

Date	P mm	So^{135} mm	D_{135} mm	ETRc mm	ETM* mm	RUIS mm	ETR mm	ETR/j mm/j
1		203						
12	49,6	214	19,3	19	29	0	19	2,6
30	135	280	2,3	67	57	10	57	3,2
42	127,5	309	9,8	89	40	49	40	3,3
57	186,8	335	- 42	203	79	124	79	5,3
67	19	305	23	26	50	0	26	2,6
87	76	317	17	47	116	0	47	2,3
92	91	324	- 14	98	13	84	13	2,6
108	0	261	30,2	33	71	0	33	2,1
119	0	235	21	5	43	0	5	0,4
TOTAL	685	+ 32	66		498	267	329	

* ETM = EVA x Kc'

avec EVA = évaporation BAC classe A

Kc' = coéfficient cultural.

ETR estimée sur les parcelles d'étude (mm

Traitements \ Blocs	B_3	B_4	B_5	B_6	X
T_1	411	358	309	342	355
T_2	356	393	357	322	337
T_3	361	317	323	349	330
T_4	398	339	345	329	324

L'examen de ce tableau ne montre aucun lien apparent entre l'effet des techniques culturales et la consommation d'eau des cultures. Car comme nous le verrons, cette consommation est plutôt corrolée avec la présence ou non d'engorgements superficiels des parcelles.

Conclusion sur le bilan hydrique

La méthode de détermination des composantes du bilan hydrique s'avère satisfaisante car s'appuyant sur de bonnes hypothèses dont l'application a été rendue possible grâce à la fiabilité des instruments de mesure. Les résultats obtenus sont en bon accord avec les observations faites sur le terrain.

Nous essaieront d'établir des relations entre ETR et les rendements selon que les mesures ont été faites sur une parcelle ressuyée ou non.

./.

2.5. - Rendements et composantes du rendement à SARIA

	Rdt grains kh/ha	Rdt Paille kg/ha	Poids 1000 grain g
Travail manuel	1603	3276	25
Travail manuel + EM	2721	4588	28,5
Labour à plat + EM	2607	4805	28,4
Labour à plat + EM + MO	2219	4969	28,7
Labour à plat + EM + MO + cloisonné.....	2880	5294	29,7
	CV = 39,2 %	CV = 32,8 %	

Le rendement et les composantes du rendement sont le reflet de la situation du terrain. La très grande hétérogéneité des données (CV = 39,2 %) rend celles-ci inexploitables.

Relation ETR - Rendement grain suivant l'état d'engorgement

	ENGORGEMENT		RESSUYAGE	
	ETR, mm	Rdt (kg/ha)	ETR, mm	Rdt, kg/ha
T_1	411	1419	357	4062
T_2	394	2094	356	4271
T_3	361	2148	349	4192
T_4	398	2747	345	4427

./.

La comparaison arithmétique de l'ETR et/ou du rendement en sorgho grain montre le seul effet de la fertilisation minérale et organique. Les parcelles engorgées présentent un ETR élevé, et des rendements plus faibles, comparativement aux parcelles ressuyées. Ainsi, il y a eu une part très importante de l'évaporation dans l'estimation de l'ETR.

2.6. - Dynamique des éléments minéraux dans le sol site de SARIA

Nous ne disposons actuellement que des résultats sur les nitrates et le potassium. Les analyses portant sur le calcium et le magnésium sont en cours.

a) - Dynamique des nitrates

L'observation des fig. 7 et 8 montrent que deux facteurs essentiels semblent présider à l'évolution des nitrates dans la solution du sol. Ce sont :

- l'effet des techniques culturales
- le stade de développement de la culture.

D'une façon générale, on note trois phases essentielles dans leur évolution.

- Une phase d'augmentation de la $[NO_3^-]$ avec un pic de minéralisation prononcé
- Une phase de diminution de $[NO_3^-]$ probablement liée aux mobilisations par la plante et aux pertes par lixiviation
- Une phase de stabilisation des teneurs- qui s'annulent presque.

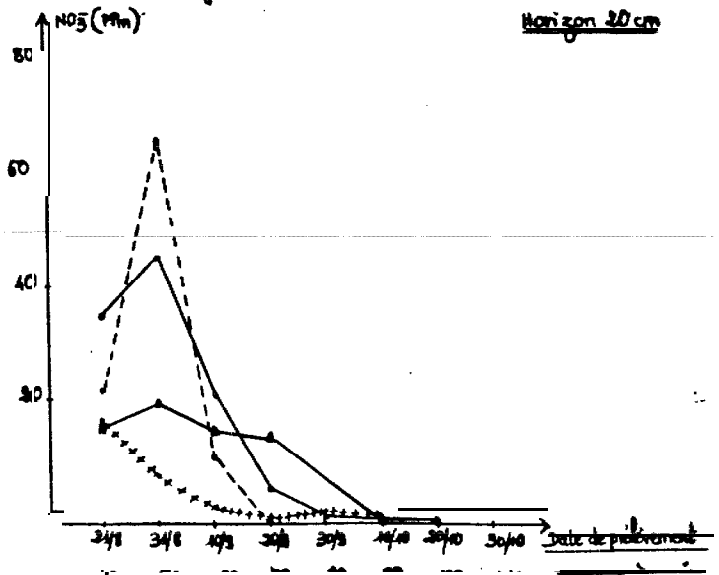
A la côte 20 cm, les teneurs en NO_3^- de la solution du sol sont plus élevées sur le temoin par rapport au labour à plat. Elles decroissent rapidement sur le labour en l'absence de matière organique.

Il y aurait donc eu une perte prononcée et/ou une retention de nitrates sur les parcelles labourées. En effet à 40 cm de profondeur,

./.

Fig 7 : Evolution de la concentration en NO_3^- de la solution du sol

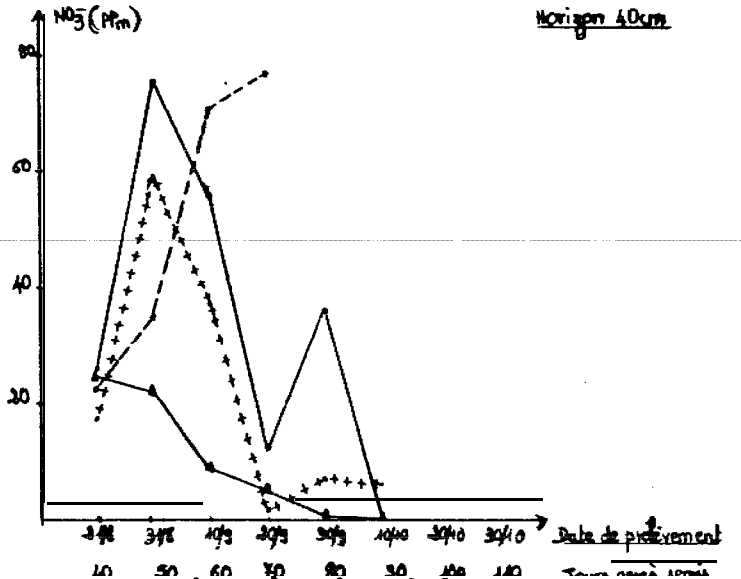
Horizon 20 cm



T1 = Temoin = travail manuel du sol sans fertilisation
T2 = Travail manuel + Fertilisation Minérale (FM)
T3 = Labour + FM
T4 = labour + FM + Matière organique

Fig 8 : Evolution de la concentration en NO_3^- de la solution du sol

Horizon 40cm



T1 = Temoin = travail manuel du sol sans fertilisation
T2 = Travail manuel + Fertilisation Minerale (FM)
T3 = Labour + FM
T4 = Labour + FM + Matière organique

Fig 8 : Profils de concentration en NO_3^- de la solution du sol

60 J.A.S

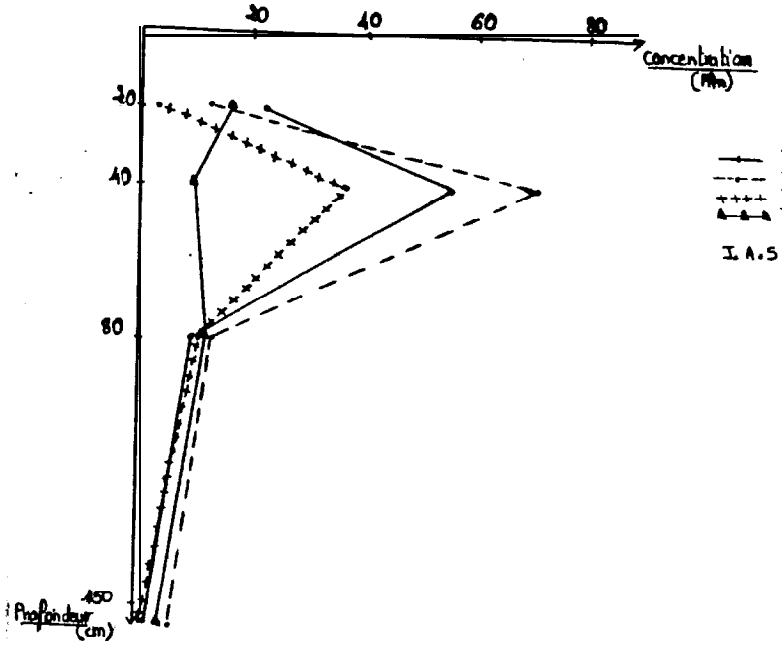


Fig 9 Evolution de la concentration en K^+ de la solution du sol

Horizon 20cm

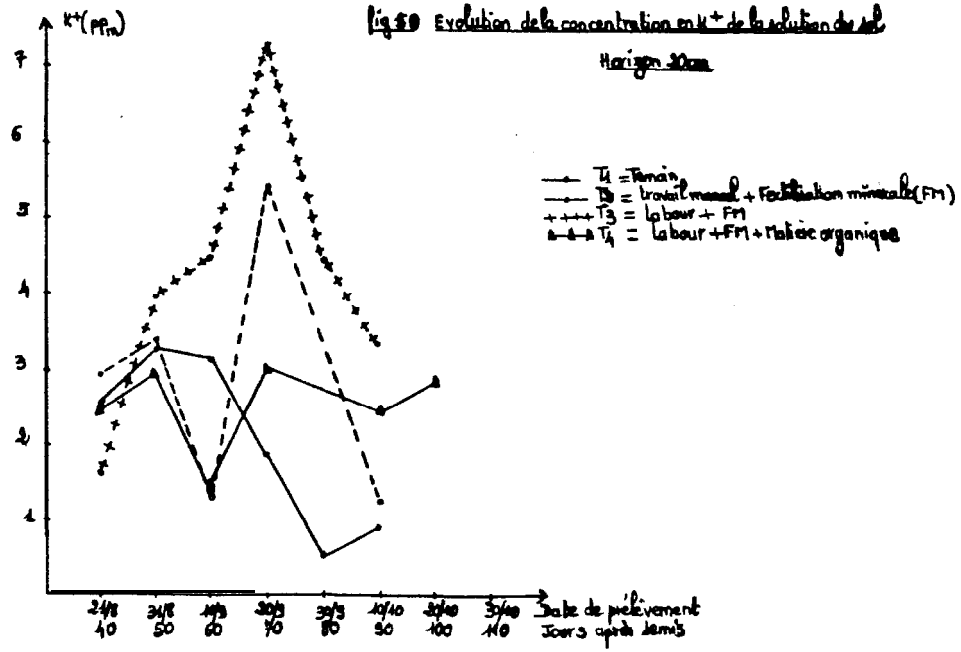
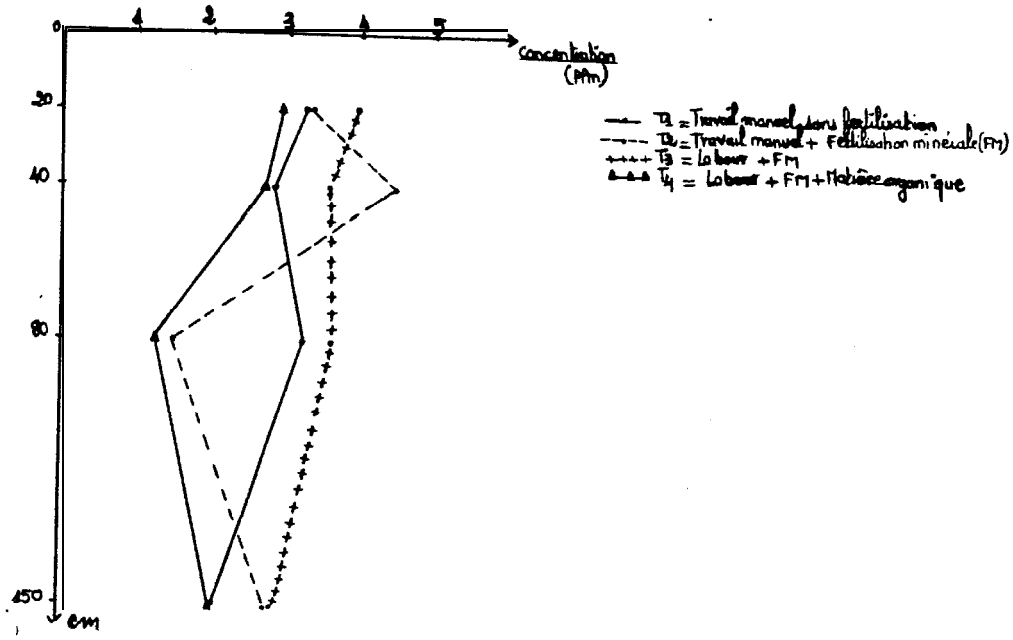


Fig 8b Profils de concentration en K^+ de la solution du sol

50 J.A.S



on enregistre une augmentation considérable de la teneur en nitrates dans la solution du sol sur les parcelles labourées n'ayant pas reçu de fumier. Par contre les teneurs sont faibles en présence de matière organique . Cela confirme l'un des rôles de la matière organique sur la retention des ions.

Elle permet ainsi de reduire les pertes d'éléments minéraux du sol par lixiviation. Cela apparait nettement sur les profils de concentration en NO_3^- (fig. 9).

b) - Dynamique du potassium

L'évolution des teneurs en ions K+ de la solution du sol comprend les mêmes phases que celle des nitrates avec un décalage d'une vingtaine de jours (fig. 10).

On retrouve encore l'effet bénéfique de la matière organique sur la retention des ions (fig. 10). Mais contrairement aux nitrates, et n'y a pas d'effet du labour sur la retention du potassium. Cette technique en l'absence de fumier a plutôt tendance à favoriser la lixiviation du K+

2.7. - **Dynamique de l'enracïnëment des cultures**

a) - Enracinement du sorgho à SARIA

Les différences observées dans la dynamique de l'enracinement entre les différentes techniques culturales apparaissent bien marquées en début de cycle (stade montaison).

En effet, en l'absence de travail du sol et de fertilisation, la progression du front racinaire est faible (40 cm contre 65 cm sur le labour). Il en est de même du dégré de colonisation des tranches du sol. Les racines sont surtout localisées sous le poquet dans les 10 premiers centimètres (fig. 12 et 13).

Fig. 12 Profils racinaires moyens SORGHO ICSV 1049

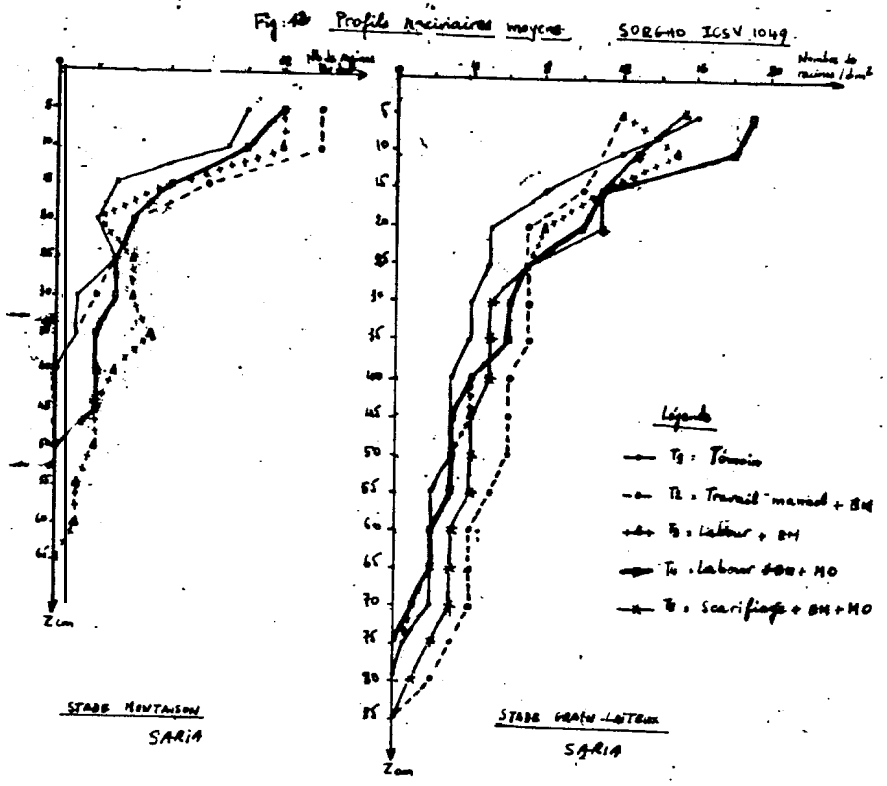
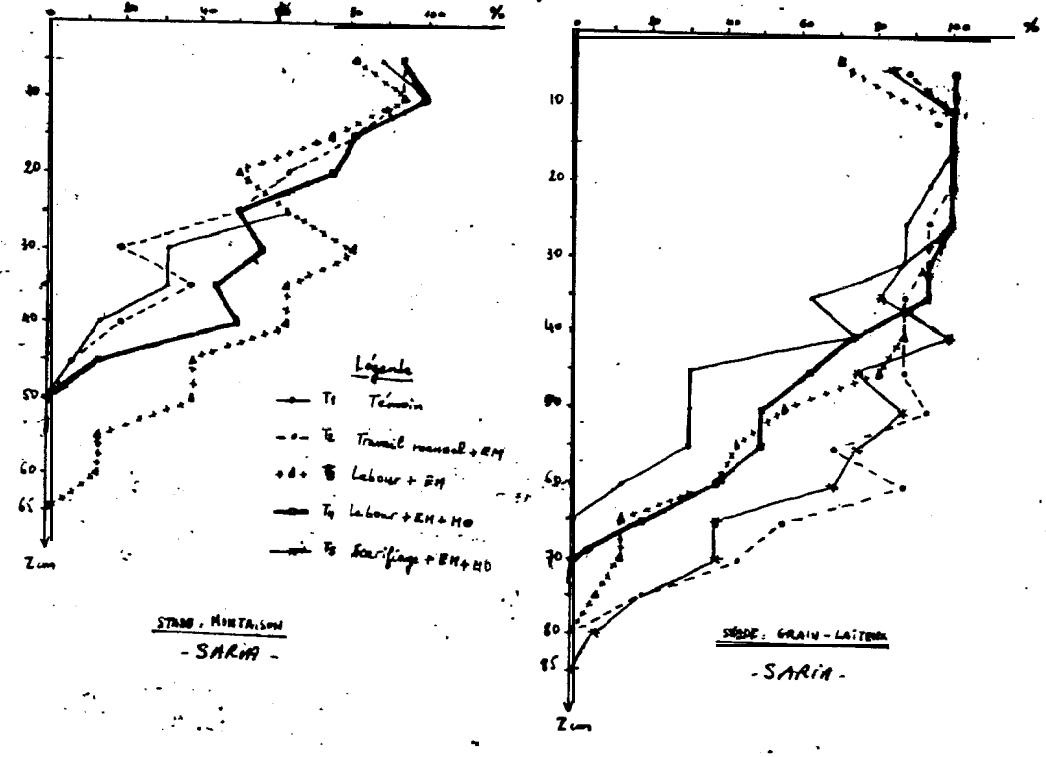


Fig. 13 Pourcentage de cases ayant eu moins une racines SORGHO ICSV 1049



La comparaison des traitements T_1 et T_2 fait apparaitre l'effet marqué des engrais minéraux sur le dégré de colonisation du sol par les racines. En effet, l'apport d'engrais minéraux à la surface du sol, se traduit par une prolifération plus prononcée des racines en surface.

Enfin, il semble que l'apport du fumier entraine une diminution de l'élongation du système racinaire. Ceci est en accord avec l''hypothèse selon laquelle, l'alimentation de la plante s'effectuerait préférentiellement en surface lorsque l'eau et les éléments minéraux y sont disponibles.

b) - Enracinement du maïs à FARAKO-BA

On retrouve au stade montaison du mals, les mêmes tendances d'évolution de l'enracinement en fonction des techniques culturales. Mais à FARAKO-BA on assiste à une plus grande colonisation des 20 premiers centimètres de sol par les racines du maïs contrairement au sorgho à SARIA. Cette situation peut correspondre à une différence du fonctionnement physiologique entre les deux espèces. Elle peut aussi être liée, toutes choses égales par ailleurs, à la texture des horizons de surface.

Cette tranche de sol plus sableuse à FARAKO-BA facilite l'extension latérale des racines. C'est ainsi que l'évolution ultérieure de l'enracinement (au stade grain laiteux) ne portera principalement que sur la colonisation du sol en profondeur (fig. 14 et 15).

./.

Fig : 16 Profils racinaires FARAKO-BA

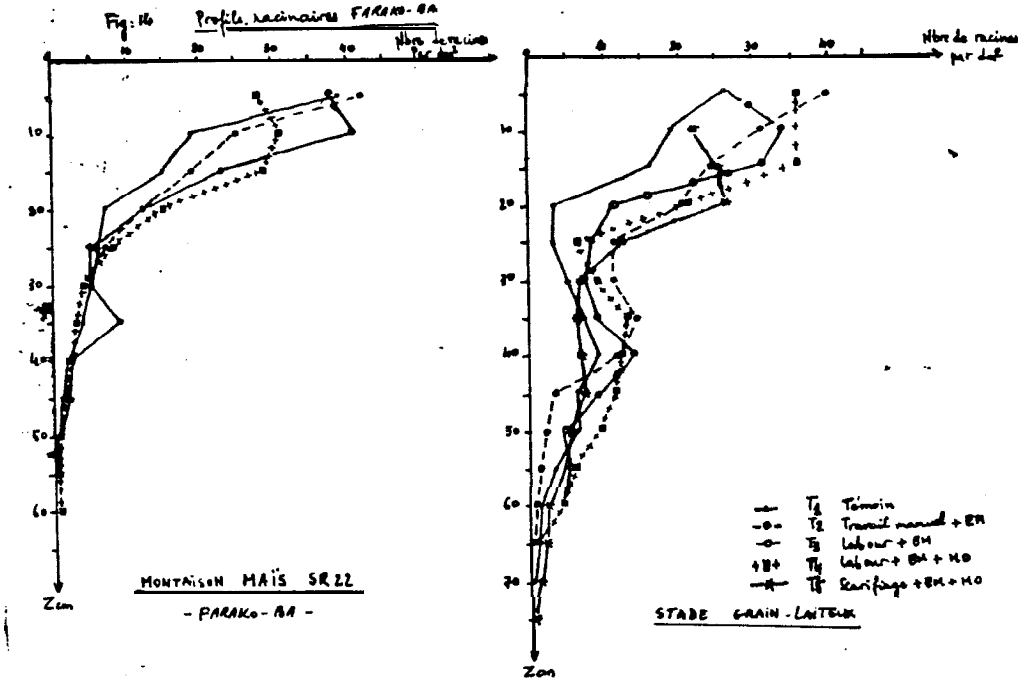
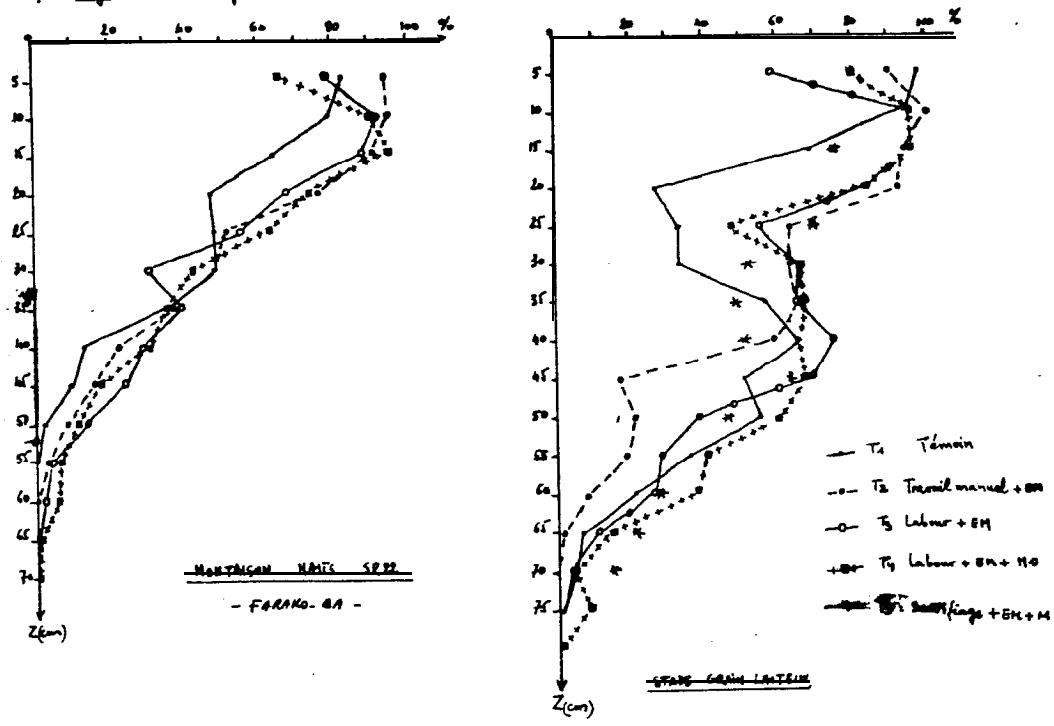


Fig. 15 Pourcentage de cases ayant au moins une racine.



2.8. - Rendements et composantes du rendement du maïs à FARAKO-BA

	Rdt grains kg/ha	Rdt Paille kg/ha	'Poids 1000 grains g
Travail manuel.....	**987**	2037	187,4
Travail manuel + EM....	3032	5144	210,4
Labour à plat + EM	3156	5366	219,0
Labour à plat + EM + MO	3857	5753	235,8
Labour à plat + EM + MO + cloisons	3330	5118	222,0
Scarifiage + EM + MO	2894	4718	221,1

CV = 23,4 % cv = 13,4 %

Différences hautements significatives entre les traitements selon le test de Newman - KEULS.

A FARAKO-BA on a enregistré un total pluviométrique de 926 mm en 75 jours contre 924 mm en 60 jours à SARIA.

Le volume des pluies enregistrées à FARAKO-BA, se situe au-dessous de la moyenne enregistrée 8 années sur 10, mais elles ont été bien reparties dans le temps. Cela n'a pas permis aux techniques de travail du sol de mieux s'exprimer comme le montre tableau ci-dessus

Il n'y a pas d'effet substanciel du labour à plat et du buttage cloisonné sur l'augmentation des rendements.

Le buttage cloisonné se revèle même depressif. Ceci est une conclusion bien connue sur le maïs au Burkina.

Il se dégage par contre en effet très marqué de l'engrais minérale (+ 482 %) sur les rendements en mals grain.

Cet effet est encore renforcée par l'apport de fumier qui a apporté une plus-value de l'ordre de 22 %.

./.

Conclusion

Les résultats de cette année ont surtout permis de dégager l'importance capitale de la fertilisation minérale lorsque les besoins hydriques de la culture sont satisfaits. L'apport supplémentaire de fumier permet encore d'accrôître les rendements. Il est apparu au cours de l'étude que cet effet bénéfique de la matière organique, réside. entre autres dans le rôle de "garde-manger" qu'il joue au niveau du sol.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Les conditions pluviométriques particulièrement bonnes de cette année ont été telles que l'alimentation hydrique des cultures n'a pas été un facteur limitant de la production agricole, sur l'ensemble du pays. 11 a été ainsi mis en évidence, l'importance primordiale de la fumure organique et/ou minérale dans l'augmentation des rendements du sorgho et maïs.

La bonne pluviométrie enregistrée à SARIA a provoqué une remontée notable de la nappe. Ce qui n'a pas permis aux techniques culturales de s'exprimer convenablement. Elle n'a étalement pas permis de quantifier correctement l'alimentation hydrique de la culture.

Face à ce constat, nous avons décidé de mettre en place, pour la campagne à venir, un essai satellite qui ne pourra pas être instrumenté. Cet essai sera placé sur un sol ferrugineux tropical à horizon de surface gravillonnaire et qui présente en profondeur un horizon plus ou moins induré dit à "caparace" à partir de 30 cm. Ce cas de figure est représentatif des sols de la zone du Plateau Central.

Enfin la bonne pluvisité de cette année a provoqué une éclosion massive des larves de sauteriaux au Nord du pays, qui ont littéralement détruit l'essai de BANH. Il sera reconduit la campagne prochaine.

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
Ministère de la Recherche Scientifique
et de la Culture

INSTITUT DES SAVANES (IDESSA)
BP 633 BOUAKE
COTE D'IVOIRE
Département des Cultures Vivrières

CILSS R3S CORAF
Réseau R3S de la CORAF
programme Fédérateur N°2
(parcelle)

PROJET R3S PF2 "COTE D'IVOIRE"

OPTIMISATION DE L'ALIMENTATION HYDRIQUE DU MAIS ET DU COTONNIER PAR LES TECHNIQUES CULTURALES DANS LES ZONES A PLUVIOSITE IRREGULIERE

SYNTHESE DES ACTIVITES ET DES RESULTATS MAI 89 AVRIL 1990

J.L. CHOPART*

Avril 1990 ,

Note technique
N° 23/90 syst.
DCV IDESSA

*JL. CHOPART Responsable du projet IDESSA 01 BP 635 BOUAKE COTE D'IVOIRE.

1. TITRE DU PROJET : OPTIMISATION E L'ALIMENTATION HYDRIQUE DU MAIS ET DU COTONNIER PAR LES TECHNIQUES CU TURALES EN COTE D'IVOIRE DANS LES ZONES A PLUVIOSITE IRREGULIERE.

2. OBJECTIFS-PROGRAMME DU PROJET

Du fait de l'irrégular té des pluies dans les zones concernées, et d'un état physique du sol défavora le ou dégradé, l'eau est souvent un des facteurs limitants principal de la p oduction agricole des zones Centre et Nord-Est de la Côte d'Ivoire.

Grâce à des techniques culturales adaptées, on cherche à :

a) Améliorer les carac éristiques du sol notamment par le travail du sol, la fertilisation et l'appc t de matière organique.

b) Optimiser l'utilisa ion de l'eau pluviale par une augmentation de l'eau disponible pour la plante dans le sol, en particulier grâce à une amélioration de la croissance et d fonctionnement du système racinaire.

Trois dispositifs expé imentaux permettant d'étudier, à partir de 1989, les effets combinés du labou , de l'engrais et du fumier ont été mis en place en 1988 à Bouaké dans la zon Centre de Côte d'Ivoire, à deux saisons des pluies (2 dispositifs, l'un e culture strictement pluviale, l'autre avec irrigation de complément), et à Fe kessédougou dans la zone Nord à une seule saison des pluies (1 dispositif).

3. SYNTHESE DES ACTIVITES AU COURS DE LA SECONDE ANNEE DU PROJET

31. METHODES ET CONDITIONS EXPEI :MENTALES

311. RAPPEL DES DISPOSITIFS EXPE IMENTAUX MIS EN PLACE EN 1989

BOUAKE

En 1988, les expérimen stions étaient conduites en culture à blanc pour effectuer une étude géostatis ique de la variabilité spatiale du terrain et adapter éventuellement le parcella re pour respecter l'indépendance spatiale des informations nécessaires à la ise en oeuvre des méthodes classiques de traitement statistique.

Les résultats de cette étude ont montré que les dimensions provisoires du parcellaire, retenues po les expérimentations de Bouaké en 1988, respectaient bien ces conditions. es dispositifs provisoires de Bouaké, décrits dans le rapport d'avril 1989, sont donc devenus définitifs.

Les dispositifs en blocs de Fisher sont :

- essai en culture pluviale (parcelle E4)
  - 6 traitements 6 répétitions parcelles élémentaires 187 m2
- essai avec irrigation d'appoint en cas de sécheresse (parcelle A2)
  - 4 traitements 4 répétitions parcelles élémentaires de 175 m2

traitements T1 T3 T5 T4.

- Traitements

A partir de 1989, les traitements avant le maïs sont :

T1 témoin (pas d'engrais, pas de travail du sol)
T2 semis direct + engrais
T3 labour + engrais
T4 labour + mat. organique + engrais
T5 semis direct (idem T2)
T6 labour (idem T3)

Les traitements 2 à 6 sont fertilisés de façon uniforme.

Avant le cotonnier :

T1, 5 et 6 : Semis direct du cotonnier dans les pailles de maïs mulchées

T2 semis direct du cotonnier après avoir exporté les pailles.

T3 et 4 : labour d'enfouissement des pailles de maïs.

Les traitements peuvent être résumés dans le tableau suivant :

Trait.	Maïs						Cotonnier			Remarques
	Labour	Engrais	Funier	Pailles Exp.	Pailles Mulch	Pailles Enf.	Labour	Engrais	Funier	
	-	-	-				-			
1	0	0	0		X		0	0	0	0 labour 0 engrais
2	0	X	0	x			0	X	0	0 labour tige maïs exp.
3	x	X	0			x	x	X	0	2 lab./an
4	x	X	X			x	x	X	0	2 lab/an + M O
5	0	X	0		X		0	X	0	0 labour tiges maïs mulch
6	X	X	0		X		0	X	0	lab. ler cycle

Comparaison des traitements

1 et 5 : effet de la fertilisation (en absence de labour)
3 et4: effet de la matière organique (fumier)
5 et6: effet direct du labour sur maïs et effet résiduel sur cotonnier
2 et3: effet résiduel sur maïs d'un labour réalisé sur cotonnier
2 et 5 : comparaison pailles maïs mulchées ou exportées
5 6 et 3 : comp. 0, 1 et 2 labours par an (si 1 lab/an : lab avant maïs).

Travail du sol

Labour au tracteur Bouyer sur une profondeur de 20 cm. Reprise du labour avec une herse.

Sur les traitements en absence de labour :

- **Mais :** travail superficiel à la daba pour nettoyer le terrain.
- Cotonnier : **semis** direct dans les pailles de **maïs. Ces** pailles sont couchées à la main **juste** avant ou juste après le **semis.**

Engrais

MAIS :

10 18 18 : 200 Kg/ha au **semis**

Urée : 100 Kg/ha 30 jours après **semis**

COTONNIER :

10 **18 18** : 300 Kg/ha au **semis**

Urée : 100 Kg/ha 50 JAS et 100 Kg/ha 70 JAS

Dolomie : 200 Kg/ha au semis sur tous les traitements, y compris T1.

Matière organique

Uniquement sur le traitement 4 avant le **maïs.** Epandage de 5 tonnes/ha de **matière** sèche de fumier (0 % d'humidité).

FERKESSEDOUGOU

L'étude géostatistique réalisée à partir des résultats de 1989 à Ferkessédougou a montré que le dispositif provisoire de 1988 n'était pas pertinent. On l'a donc adapté en maintenant le nombre de répétitions **mais** en réduisant le nombre de traitements de 6 à 4, ce qui permet d'augmenter la surface des parcelles élémentaires. Les dimensions initiales de 7,2 x 26 **m** sans allée entre les parcelles sont maintenant de 20 x 11 **m avec** des allées de 3 à 4 mètres entre parcelles, ce qui fait que la distance minimale entre les centres de deux parcelles utiles est au minimum de 15 mètres. Les quatre traitements retenus sont :

T1 témoin sans travail du sol ni engrais

T2 engrais, pas de travail du sol

T3 engrais, labour

T4 engrais, labour, fumier (5 T ha de matière sèche).

On a donc conservé les 4 principaux traitements qui figurent dans les 3 expérimentations de Côte d'Ivoire, dont les 2 (T1 et T4) communs à toutes les expérimentations dans les 5 pays du projet.

Travail du sol

- T1 T2 Travail très superficiel à la daba (5 cm)

T3 T4 Labour à la charrue en motorisation conventionnelle (profondeur 20-25 cm).

Fertilisation

T2 T3 T4 au semis 250 kg/ha de 10-18-18 soit 5,5 Kg/parcelle

35 jours après semis 150 Kg/ha d'urée 3,3 Kg/parcelle.

312. CONDITIONS EXPERIMENTALES

CALENDRIERS CULTURAUX 1989

BOUAKE Mais de premier cycle

- semis le 4 avril
- récolte dispositif avec irrigation d'appoint 1.07

dispositif en culture pluviale stricte 10.07

Cotonnier **semis** le 18.7 récolte le 2.12

FERKESSEDOUGOU Maïs **semis le 6.07** récolte le 10.10

. CLIMAT

Bouaké (tableau N° 1).

La première saison des pluies a été caractérisée par une pluviosité très irrégulière, bien que la hauteur totale des pluies ait été correcte (460 **mm** environ). La culture a subi 2 périodes de sécheresse bien localisées l'une en début de cycle entre le 10 et le **20ème** jour après **semis**, l'autre à la floraison entre le 45 et le **60ème** jour après semis.

La seconde saison des pluies a été caractérisée par une pluviosité bien répartie pendant les 100 premiers jours jusqu'au 23 octobre puis celles-ci se sont brusquement arrêtées, ce qui fait que le cotonnier a terminé son cycle sans pluie pendant environ 40 jours.

Ferkessédougou (tableau N° 1)

La pluviosité a été abondante et régulièrement repartie pendant la saison des cultures. La pluviosité totale entre le **semis et la** récolte est de **975 mm.**

313. PRINCIPALES MESURES ET OBSERVATIONS REALISEES

Mesures sur les racines

L'étude des **systèmes** racinaires a été réalisée suivant la méthode des comptages sur grille **à mailles** de 5 cm (CHOPART 1989). Les observations ont été réalisées sur des parois verticales à 10 **cm** du pied et sous le pied en position transversale (perpendiculaire à la ligne).

Des observations sur des plans horizontaux ont été réalisées au niveau du front racinaire pour caractériser celui-ci.

A Bouaké, on a réalisé 56 profils entre le 34ème et le 82ème JAS.

A Fèrkessédougou, les prélèvements ont eu lieu à deux périodes 30 jours après semis et à 60 jours après semis. A chacune des deux périodes, on a réalisé 4 profils sur chacun des 4 traitements, soit en tout 32 profils.

Mesures de bilan hydrique (à Bouaké)

- Dispositif pluvial : E4

- On dispose de 20 tubes d'accès implantés sur 4 traitements (T1, T5, T3, T4) et répartis sur 5 blocs. Les tubes, d'une profondeur de 110 cm environ permettent de calculer les variations de stocks et lesbilans entre 0 et 90 cm. Ils sont tous entourés de tensiomètres aux cotes 80 et 100 cm. En 1989, seuls, 8 tubes ont bénéfié d'une caractérisation hydrodynamique permettant d'évaluer la conductivité hydraulique (K 0) à la cote de drainage. Le calcul du bilan hydrique, prenant en compte le drainage de Darcy a été réalisé sur ces 8 tubes.

Dispositif irrigué A2

On dispose de 10 tubes d'accès implantés sur les 4 traitements, munis de tensiomètres à 80 et à 100 cm. En 1989, seuls 7 de ces 10 tubes ont pu être exploités : T1 (2 rep.) T5 (2 rep.) T3 (3 rep.), le dépouillement des trois derniers tubes a donné des résultats anormaux dûs à une évaluation insuffisamment précise de la conductivité hydraulique réalisée il y a 5 ans, ou des apports d'eau lors des irrigations; ils ont donc été éliminés de l'interprétation.

Sur ces 30 tubes, on a réalisé des mesures neutroniques deux fois par semaine *en* moyenne pendant la saison des cultures, et des relevés tensiométriques suivant un rythme quasi journalier.

L'évaluation des termes du bilan hydrique a également été réalisée grâce à un modèle de simulation, avec un pas de temps de calcul quotidien, et avec une réserve en eau utile variable au cours du cycle cultural en fonction d'une loi d'évolution du front racinaire (Logiciel PROBE). Les paramètres d'entrée du modèle figurent en annexe.

- Notation du degré de flétrissement des feuilles

La sécheresse a été caractérisée grâce à un système de notation du flétrissement observé à différents moments de la journée suivant des modalités décritesen annexe.

32. SYNTHESE DES RESULTATS DES ESSAIS DE BOUAKE

321. MESURES SUR LES PARTIES AERIENNES ET RENDEMENTS DU MAIS

- Evolution de la matière sèche totale au cours du cycle

L'évolution du poids de matière sèche à différents stades de végétation, en particulier au moment du démariage (15 JAS), à l'épiaison-floraison (45 JAS) et à la récolte (90 JAS en culture pluviale et 80 JAS avec irrigations d'appoint), permet de mettre en évidence l'effet spectaculaire du labour sur la vitesse de développement végétatif en culture strictement pluviale, soumise à une sécheresse dès le début du cycle (tableaux n°2 et 3).

Avec une irrigation d'appoint, cet effet est moins marqué. Il semble également y avoir un effet du fumier sur les deux dispositifs avec ou sans irrigation, mais du fait de la variabilité des données liées à l'échantillonnage, les différences ne sont pas significatives.

- Notation de stress hydrique

On a suivi le degré de flétrissement au cours de la période de sécheresse située entre le 20 mai et le 2 juin. (figure n°1). Il est clair que les traitements avec engrais, et surtout avec labour ont **plus** précocement et plus fortement souffert de la **sécheresse** que le témoin, dont le développement végétatif était nettement **moins** important.

- Rendement et composantes du rendement (tab n°4 et 5)

Sur **tous** les traitements, **aussi** bien **sur** l'essai avec irrigation (A2), qu'en culture pluviale stricte, le nombre de **pieds par m2 est constant, compris entre 5 et 5,6 pieds/m2. La densité de population n'est donc pas un facteur de variabilité du rendement.**

Sur le dispositif A2, avec irrigation, les rendements sont relativement élevés pour la variété utilisée. L'engrais et le labour ont chacun un effet significatif sur les pailles. Seul l'effet de l'engrais est significatif sur le poids de grains en sol non labouré. Toutes les composantes du rendement, sauf le nombre de pieds/m2, concourent à cet effet de l'engrais.

Le dispositif en culture strictement pluviale (E4) a été semé le même jour, suivant les mêmes conditions expérimentales. Le seul facteur de variation est donc l'apport d'eau sous forme d'irrigation pendant les périodes de sécheresse en début et en milieu de cycle, soit 107 mm au total (figure n°1).

Le comportement de la culture sur ce dispositif a été très différent du précédent puisqu'il n'a pas fortement souffert de la sécheresse, même s'il n'a pas été maintenu constamment à l'ETM.

Sur A2 l'effet **de l'engrais eur les pailles est faible et *non* significatif, alors que l'effet du labour est net et significatif.**

La production de grains est très faible ; c'est le témoin sans engrais ni labour qui donne les meilleurs résultats. On observe, sur les traitements labourés, une réduction spectaculaire du nombre d'épis fertiles par pied et du nombre de grains par épi, ce qui indique une forte perturbation du fonctionnement de la plante au moment de la floraison. Cette perturbation est dûe à la sécheresse qui a sévi à cette période et qui a plus fortement atteint les traitements fertilisés et labourés que le témoin (fig. n°1).

322 - MESURE DU BILAN HYDRIQUE SUR MAIS - CONSOMMATIONS D'EAU

- Bilan sonde + tensiomètres (DARCY).

Pour les 8 tubes caractérisés, les termes du bilan hydrique en culture pluviale sont reportés dans la figure N°2. Par comparaison, on a également indiqué l'ETR de l'essai avec complément d'irrigation (A2) . La réduction de l'ETR pendant les deux périodes sèches (10 - 20 JAS et 45 - 65 JAS) apparaît bien dans les résultats . Cette réduction du taux de satisfaction des besoins en eau apparaît encore mieux en suivant l'évolution du rapport ETR/ETP (figure N°3) et ETR/ETM (figure N°4) . On note, qu'en début de cycle et jusqu'au début de la seconde période de sécheresse, les consommations en eau des traitements labourés ont été supérieures à celles des traitements non labourés. En revanche, au cours de la seconde période de sécheresse, l'ETR des traitements labourés devient inférieure à celle des traitements non labourés, malgré un dévéloppement végétatif nettement plus important (tableau N°2).

Les irrigations apportées sur le dispositif A2 pendant les périodes de sécheresse (107 mm au total), ont permis à la culture de maintenir un taux de satisfaction des besoins en eau inférieur à l'ETM mais supérieur ou égal à 0,5 ETM, évitant ainsi un flétrissement fort (figures 1,5 et 6).

Les consommations totales au cours du cycle de culture (tableau N°9) montrent que pendant la période comprise entre 3 JAS et 82 JAS (levée-récolte en culture avec irrigation d'appoint), la différence de consommation entre le dispositif pluvial et irrigué est relativement faible, environ 40 mm, soit environ 15 % . De même, les consommatiorstotales sont légèrement-plus fortes sur les traitements avec engrais et labour sans que les différences ne soient spectaculaires. En revanche, si l'on se limite à la période végétative (3 -46 JAS), on observe, en culture pluviale, une différence assez marquée entre les traitements sans et avec labour ; les consommations sur terrain labouré sont d'environ 20 % supérieures.

- Consommation pendant les périodes sèches (20 tubes)

Le drainage varie fortement au cours du cycle, en fonction des précipitations. Il varie aussi fortement d'un site à un autre. Il est toutefois intéressant de remarquer que le flux de drainage à la cote 90 cm est devenu faible

(< 1mm/j) ou nul sur chacun des sites pendant les deux périodes sèches (14-19 JAS et 47-60 JAS) . Entre 50 et 60 JAS, on observe même une inversion du sens de circulation de l'eau à la cote 90 cm (remontées capillaires) sur quelques sites, avec toutefois des débits négligeables.

Pendant ces deux périodes, on peut donc estimer que les flux sont nuls à la cote 90 cm, sur chacun des 20 tubes de l'essai en culture pluviale et donc calculer les consommations en eau (tableau N°6) à partir des seules variations de stocks d'eau entre 0 et 90 cm et des pluies.

Les variations de stocks d'eau pendant les périodes sèches sont reportées dans la figure N°7. Au cours des vingt premiers jours, l'évolution des stocks d'eau et des consommations ne montre pas de différences très marquées, bien que les plants de maïs cultivés sur labour aient eu un développement végétatif plus rapide (tableau N°2) et qu'ils aient moins souffert de la première sécheresse. Au début de la seconde période de sécheresse, les stocks d'eau sont inférieurs sur les parcelles labourées (figures N° 7 et 8), en particulier celles ayant reçu du fumier (T4). Le plus grand degré de dessiccation du sol au début de cette période sèche intéresse surtout les couches de surface. Ceci explique pourquoi l'extraction racinaire est plus faible en présence qu'en absence de travail du sol dans la couche O-20 cm (figure N°9, tableau N°8). En revanche, le labour permet une utilisation plus poussée des couches profondes à partir de 40 cm (figure N°7, tableau N°8). Au total, les consommations pendant cette période sont équivalentes (tableau N°6). A la fin de la période sèche (56 - 60 JAS), les variations de stocks d'eau deviennent négligeables (figure N°9). La culture a rapidement utilisé la pluie du 30-05 (9,5 mm) et celle du 01-06 (1,2 mm). La participation des couches profondes à l'alimentation hydrique est devenue très faible du fait de l'épuisement des réserves d'eau utilisables par la culture.

Les profils d'assèchement maximum du sol (figure 10) et les stocks leur correspondant (tableau N°7) indiquent que le labour permet à la plante d'accéder à un volume d'eau supérieur d'environ 10 mm sur 90 cm. Cette différence peut paraître faible, mais si l'on considère que la réserve en eau utile est d'environ 50 à 60 mm sur 90 cm, ceci représente un gain de 17 à 20 % de réserve en eau utile, du fait du travail du sol.

- Comparaison entre les résultats du bilan avec sonde et tensiométres (DARCY) et les résultats obtenus grâce à un modèle de simulation

La comparaison des résultats obtenus avec une méthode de mesure in situ, qui sert de référence, et un modèle de simulation : PROBE (CHOPART et SIBAND, 1988), est une adaption du modèle décrit par FOREST (FRANQUIN et FOREST, 1977).

Avec les hypothèses du bilan décrites en annexe, on obtient une bonne concordance entre les résultats obtenus par les deux méthodes (figure 12). En introduisant des paramètres légèrement différents pour les deux traitements avec et sans labour (vitesse de croissance racinaire et besoin en eau supérieur *en* présence d'un labour), on retrouve assez bien le meilleur taux de satisfaction de besoins en eau pendant la première période de sécheresse en présence d'un labour, et au contraire, les moins bonnes conditions d'alimentation hydrique au cours de la seconde période sèche. (Figure N°13).

Efficience de l'eau consommée

Le rapprochement des résultats des mesures du poids de matière sèche totale (tableaux N°2 et 3) et des consommations en eau obtenues par la méthode du bilan Darcy (tableau N°9), permet de calculer l'efficience de l'eau consommée (tableau N°10).

En culture pluviale, l'engrais, le labour et le fumier participent à une amélioration de l'eau consommée pendant la phase végétative. Pendant cette même période, sur A2, seul l'engrais a un effet marqué (A2).

Pendant la phase reproductive, la différence se maintient sur le dispositif A2, tandis qu'en culture pluviale l'efficience de l'eau consommée est plus faible sur les traitements labourés et (ou) fertilisés, ce qui fait que sur l'ensemble du cycle, les différences sont faibles sur les quatre traitements.

L'irrigation d'appoint a permis d'augmenter la production du temoin, sans forte augmentation de l'efficience de l'eau consommée. En revanche, dans un milieu labouré et (ou) fertilisé, l'irrigation a permis non seulement une augmentation spectaculaire de la production, mais aussi un doublement de l'efficience de l'eau consommée.

323. OBSERVATIONS ET MESURES SUR LES SYSTEMES RACINAIRES DU MAIS

Les mesures ont eu lieu pendant la période située juste avant et au début de l'épiaison (34 - 44 JAS) sur l'essai en culture pluviale, soit juste avant la seconde période sèche (tableau N°11). Une seconde série de mesures a eu lieu simultanément sur les deux dispositifs à partir de 51 JAS (tableau N°12). Ces mesures se sont étendues sur une période relativement longue (51.82 JAS), sans que, en première analyse, on ne décèle d'évolution de l'enracinement entre le début et la fin de cette période. C'est pourquoi, on présente ici les résultats moyens dans cette première exploitation des résultats.

Malgré le caractère fragmentaire des résultats, ilressort que :

i) - Le degré de colonisation du sol par les racines est supérieur sur les parcelles labourées dans la couche 0.30 cm.

ii) - La profondeur du front racinaire ne paraît pas affectée par le travail du sol.

iii) - L'effet de l'engrais est faible.

iiii) - Le degré de colonisation du sol par les racines est nettement plus élevé sur la dispositif A2,(irrigation d'appoint)que sur le dispositif pluvial. La profondeur du front racinaire est également supérieure.

IL est difficile de donner actuellement une explication définitive à cette différence observéeentre les deux dispositifs. Les observations doivent être confirmées. On peut formuler trois hypothèses:

- Colonisation du sol en profondeur sur A2 plus importante lié directement au plus grand développement des parties aériennes,

- Différences dans les caractéristiques physiques du sol,

- Croissance racinaire plus difficile dans un milieu plus sec en culture pluviale, dont moins déformable.

La troisième explication est la plus probable.

33. SYNTHESE DES RESULTATS DE L'ESSAI DE FERKESSEDOUGOU

331. MESURE DU RENDEMENT ET DES COMPOSANTES DU RENDEMENT

Les principaux résultats figurent dans le tableau nº 13. On observe un effet marqué de la fertilisation sur la production de grains qui s'explique à la fois par un effet sur le nombre de grains par épi et sur le poids de 1000 grains. Le labour, sur sol fertilisé, a permis d'accroître de façon significative le poids de 1000 grains ; l'effet sur la production de grains par hectare est supérieur à 450 kg/ha. (+10 % du traitement avec engrais seul). L'effet du fumier est lui aussi de l'ordre de + 10 % par rapport au traitement T3 (différence significative). En 1989, en absence de contrainte hydrique, c'est la fertilisation qui a donc l'effet le plus marqué sur la production.

332. ESTIMATION DES CONDITIONS D'ALIMENTATION HYDRIQUE

En absence de mesures neutroniques, l'analyse des termes du bilan hydrique a été réalisée grâce à un modèle de simulation (PROBE). Les résultats (tableau nº14) montrent que le taux de satisfaction des besoins en eau a toujours été élevé, supérieur à 0,8, sauf pendant une courte période de 3 jours située aux environs du 10 août (37.39 JAS), pendant laquelle le taux de satisfaction des besoins en eau est descendu à 50 %.

333. MESURES SUR LES SYSTEMES RACINAIRES

Sur les traitements labourés, la colonisation du sol et la profondeur du front racinaire sont supérieures à celles des traitements non labourés (tableau nº15). La fertilisation n'a pas d'effet marqué sur le système racinaire, malgré une action sur les parties aériennes.

34. DISCUSSION - CONCLUSION

A Bouaké, en 1989, on a observé une grande variabilité de la production et de l'effet du travail du sol sur les différents essais de techniques culturales, comprenant les deux dispositifs expérimentaux du projet alors que la seule source de variabilité est le niveau d'alimentation hydrique lié à la date de semis.

L'effet du travail du sol sur la production est favorable dans trois cas sur quatre mais négatif dans le dernier, qui est justement l'expérimentation du projet en culture pluviale stricte, malgré un effet favorable sur la production de pailles et sur le système racinaire. L'analyse des données recueillies permet d'expliquer ce phénomène.

Au cours de la première période sèche, on observe un meilleur comportement des traitements labourés, dont la vitesse de croissance des racines et des parties aériennes est nettement plus importante. Ceci a entraîné également une augmentation de consommation en eau, singulièrement pendant la période comprise entre 20 et 45 JAS, mise en évidence grâce aux mesures de bilan hydrique. Au début de la seconde période de sécheresse, à partir de 45 JAS, les stocks d'eau dans le sol étaient inférieurs à ceux des traitements sans travail du sol.

L'épuisement des réserves en eau utile a donc été plus rapide sur les traitements labourés, qui ont, en conséquence, manifesté des signes de stress hydrique plus précoces et plus graves que sur le témoin. Le stress hydrique a donc été plus fort en présence d'un labour au cours de la seconde période sèche, malgré une plus grande-capacité d'assèchement du profil, liée à un meilleur enracinement.

Cette seconde période sèche s'est située au moment de l'épiaison-floraison du maïs. La fécondation et le début de la formation des grains ont été fortement perturbés sur tous les traitements mais singulièrement sur les traitements fertilisés et labourés. Ceux-ci ont, de ce fait, donné une production de grains inférieure à celle du témoin sans engrais ni travail du sol dont le développement végétatif était nettement inférieur. Sur le dispositif avec irrigation d'appoint, les différences de développement végétatif et la sévérité du stress hydrique pendant la deuxième période sèche ont été nettement inférieures. Les effets de l'engrais et du labour sont favorables. Il en est de même sur les autres essais en culture pluviale, semés plus précocement, pour lequels la pluviométrie a pourtant été encore inférieure à celle du dispositif pluvial du projet. Sur ces dispositifs, le semis plus précoce a permis de placer la période d'épiaison-floraison avant la sécheresse de la seconde quinzaine du mois de mai.

Il ressort donc des résultats obtenus en 1989, à Bouaké mais aussi à Ferkessédougou, que les effets des techniques culturales (fertilisation ; travail du sol) dépendent étroitement des conditions de milieu (sol-climat). Ces conditions de milieu, et singulièrement d'alimentation hydrique doivent donc être caractérisées avec soin pour établir une relation explicative satisfaisante entre le niveau d'alimentation hydrique, lié au climat, au milieu et à la plante elle-même, et l'effet des techniques culturales sur la production.

Ceci devrait permettre, en couplant ces résultats avec des études fréquentielles du bilan hydrique de "raisonner" et de modéliser l'intérêt agronomique des techniques culturales en fonction du risque climatique local, dans les régions où ce risque est non nul.

Tableau N° 1 Essai techniques culturales et résistance à la sécheresse. Pluviosités décadaires de 1989 pendant la saison des cultures à Bouaké et à Ferkessédougou (en mm)

	BOUAKE			FERKESSEDOUGOU
Mois	Décade	Pluie	Irrigation (A2)	Pluie
Avril	1	3,3		
	2	8,3	19	
	3	57,9	11,7	
Mai	1	45,6		
	2	8,0	34	
	3	14,8	31	
Juin	1	105,9	11,5	
	2	153,7		
	3	14,5		
Juillet	1	22,3		104,4
	2	58,5		93,9
	3	23,5		165,4
Août	1	47,7		34,4
	2	61,5		86,9
	3	121,6		247,3
Sept.	1	95,7		162,5
	2	83,1		72,9
	3	8,4		26,4
Octobre	1	36,6		54,7
	2	58,0		
	3	25,7		

otaux Bouaké			Total	Ferkessédougou
Maïs pluvial 404.10.7	464		(6.07	10.10)
Maïs irrigué 404 30.6	442	107	972	
otonnier 18.7.02.12	566			

Tableau N° 2 Essais techniques culturales et résistance à la sécheresse. Evolution du poids de matière sèche au cours du cycle (en g/m2) sur l'essai en culture pluviale.

	Temoin	Engrais		Labour + engrais		L+E+fumier	CV%	ETM
Date	T1	T2	T5	T3	T6	T4		
3.5 JAS clémariage	1.2a	1.5ab	1.4;ab	2.0bc	1.7abc	2.3c	27	0.47
32 JAS	28	22			54	79		
45 JAS épiaison-floraison	110a	150a	14'73	284b	356b	408b	36	89
90 JAS récolte	340 a	361 a	34:1 a	405 a	401 a	451 a	17	65

Tableau N° 3 Essais techniques culturales et résistance à la sécheresse, Evolution du poids de matière sèche au cours du cycle (en g/m2) sur l'essai avec irrigation d'appoint.

	Témoin	engrais	Labour + engrais	L + E + fumier	CV%	ETM
	T1	T5	T3	T4		
15 JAS démariage	1.5 a	2.0 a	2.8 a	3.1 b	15	0.37
45 JAS floraison	217 a	333 ab	367ab	492 b	27	94
80 JAS récolte	485 a	750 b	886 c	938 c	10	77

Les résultats suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 % suivant le test de NEWMAN KEULS.

Tableau N° 4 Essais techniques culturales et résistance à la sécheresse.
Rendement et composantes du rendement du maïs de l'essai E4 (pluvial) en 1989.

	Temoin	Engrais		Labour + engrais		L+E+Fumier	ETM	CV%
	T1	T2	T5	T3	T6	T4		
Poids pailles kg/ha	2250a	2750a	2550a	3840b	3820b	4250 b	673	21
Poids grains kg/ha	1140a	690b	860b	210c	190c	260 c	199	35
Nb pieds/m2	5.4a	5.4a	5.2a	5.6a	5.5a	5.3a	0.4	7.4
Nb épis/pied	0.51a	0.32ab	0.41b	0.14c	0.14c	0.17c	0.08	29
Nb grains/épi	220a	203a	213a	119a	112b	133b	44.	26
Poids 1 grain(g)	0.187a	0.193ab	0.186a	0.208b	0.206b	0.205b	0.01	58
Hauteur récolte(cm)	137a	151a	139a	150a	167ab	182b	1.8	11.7

Tableau N° 5 Rendement et composantes du rendement du maïs de l'essai A2 (avec irrigation de complément) en 1989.

	T1 témoin	T5 engrais	T3 engrais + labour	T4 E + L +Fumier	ETM	cv %
Poids pailles Kg/ha	3410 a	4100 b	5000 c	5370 c	409	9.2
Poids grains Kg/ha	1440 a	3402 b	3855 b	4009 b	568	17.9
Nb. de pied/m2	5.1 a	5.0 a	5.2 a	5.2 a	0.46	9
Nb. épis/pied	0.57 a	0.85 b	0.76 b	0.82 b	0.09	11.9
Nb. grains/épi	259 a	357 b	408 b	396 b	31.5	8.9
Poids 1 grain (g)	0.19 a'	0.23 b	0.24 b	0.24 b	0.02	7.3
Hauteur récolte (cm)	222 a	239 b	262 c	268 c	10.1	4.1

Tableau N° 6 Essai R3S PF2 Pluvial Maïs 89. Consommations en eau pendant les périodes sèches (hypothèse de flux nuls ou négligeables à la cote 90 cm)
ETR en mm/j. Moyenne de 5 répétitions

Période (P_{mm})	T1 Témoin	T5 engrais	T3 Labaur + engrais	T4 L+E + fumier	CV%	ETM	F calc*	Proba * %
14-19 JAS (4,8)	1,46 a	1,54 a	1,88 a'	1,91 a	30	0,52	1,00	42
47-55 JAS (5,3)	2,34 a'	2,47 a	2,41 a	2,41 a'	23	0,54	0,04	9,8
56-60 JAS (10,7)	2,43 ab	2,64 a	2,01 b	1,94 b	15,9	0,36	4,4	2,6

Tableau N° 7 Essai R3S PF2 Pluvial Maïs 89. Stocks d'eau (0,90 cm) correspondant aux profils d'assèchement maximum et différence des stocks d'eau entre les valeurs maximales et minimales enregistrées (0.90 cm) en mm.

	T1 Témoin	T2 . engrais	T3 . engrais + labour,	T4 E + L + Fumier	CV%	ETM	F calc*	Proba %
Stock mini	173 a	167 a	160 ab	143 b	8,5	13,7	4,48	2
Stock mini corrigé (maxi 220 mm)	168 a	163ab	155 ab	148 b	6,4	10.0	3,77	4
différence Maxi-- Mini	54 a	60 a	66 a	70a	17,0	11	2,14	14,7

F. théorique 3,49

Les résultats suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 % suivant le test de NEWMAN KEULS.

* Proba: probabilité que les moyennes enregistrées ne soient pas significativement différentes.

Tableau N° 8 Essai R3S PF2 Pluvial Maïs 89. Calcul d'extraction racinaire en mm/j.

	47-55 JAS (P = 5,3 mm)				56 60 JAS (P = 10,7 mm)	
	T1	T5	T3	T4	0 labour $\bar{x}$ T1 T5	Labour $\bar{x}$ T3 T4
0-20	1.32	1.34	1.06	0.97	1.94	1.86
20-40	0.55	0.57	0.6	0.58	0.16	-0.08
40-60	0.20	0.33	0.44	0.42	0.18	0.12
60-80	0.17	0.13	0.22	0.29	0.22	0.16
0-80	2.24	2.37	2.32	2.26	2.50	2.06

Tableau N°9 Essai R3S PF2 Pluvial Maïs. Consommations en eau cumulées depuis la levée (Bilan Darcy), en mm.

Période	essai	pluie (mm)	T1	T5	T3	T4	$\bar{x}$ T1 T5	$\bar{x}$ T3 T4
3-46 JAS (44 j)	E4		117	112	135	144	115	140
	A2	184 119	144	135	137	-	140	137
3-82 JAS (80 j)	E4	407	227	242	259	260	235	260
	A2	514	277	281	293	-	279	293
3-92 JAS (90 j)	E4	425	246	263	276	284	255	280

Tableau N° 10 Essai R3S PF2 pluvial. Maïs. Efficience de l'eau consommée en kg de matière sèche x 10^{-3} par kg d'eau consommée.

Période		T1	T5	T3	T4
Levée floraison (46 JAS)	E4	0.94	1.31	2.10	2.83
	A2	1.51	2.47	2.68	--
Levée récolte	E4	1.38	1.29	1.46	1.58
	A2	1.75	2.67	3.02	--

Tableau N° 11 Essais technique! ılturales et résistance à la sécheresse. Etude des systèmes racinaires. Nombre d'impacts racinaires/dm2 sur une face verticale, sur l'essai pluvial E4. Mesures réalisées entre le 8 et le 18-5 (34.44 JAS). Moyenne de deux profils à 10 cm du pied et sous le pied

	Témoin	Engrais	Engrais + labour	E + L + fumier	Effet du labour
Nombre de répétitions	4	4	4	4	
Profondeur 0-10	15	2:	36	32	
10-20 cm	10	1:	16	16	
20-30 cm	4.4	3.	5.4	3.4	
30-40 cm	0.8	1.	0.7	0.6	
40-50 cm	0.2	0	0	0.1	
Moyenne 0-30 cm	10.0	12.	19.2	17.1	+ 45 %
Front racinaire (moyenne en cm)	36	36	36	46	+ 14 %

Tableau N°12 Essais techniques lturales et résistance à la sécheresse. Etude des systèmes racinaires. Nombre d'impacts racinaires/dm2 sur une face verticale, sur les essais avec (A2), et sans (E4) irrigation de complément, mesures réalisées entre le 25 mai et le 26 juin (51-82 JAS). Moyenne de deux profils à 10 cm du pied et sous le pied

	Témoin		Engrais		Engrais + Labour		E + L + fumier		Effet du labour	
Essai	E4	A2	E4	A2	E4	A2	E4	A2	E4	A2
Nb de répétitions	5	6	4	6	4	5	5	6		
Profondeur										
0-10 cm	25	25	2:	35	31	44	36	29		
10-20 cm	15	17	1:	20	21	30	24	22		
20-30 cm	5.2	17	3.:	17	5.3	15	8.2	15		
30-40 cm	0.6	12	1.:	15	0.9	12	0.9	12		
40-50 cm	0.1	9	0	4.2	0.1	12	0	7.1		
50-60 cm	0	5.9	0	5.2	0	6.6	0	4.0		
60-70 cm	0	2.7	0	1.2	0	3.4	0	2.2		
70-80 cm	0	0.51	0	0.3	0	0.5	0	0.7		
Moyenne 0-30 cm	15.0	19.5	14.c	24.0	19.1	29.7	23	22	+41 %	+8 %
Effet irrigation				+60%		+55%		-4 %		
Front racinaire moyenne en cm	40	78	38	76	50	79	42	84	+21 %	+7%

Tableau N° 13 Essai techniques culturales et résistance à la sécheresse à Ferkessédougou production de Maïs (Var. Ferké 7928) en 1989.

	Témoin	Engrais	Labour + E	L + E Fumier	C.V. %
Nombre de pieds/m2	5.0 a	5.3 a	5.3 a	5.3 a	4.0
Poids d'1 plante (g)25 JAS	0.5 a	0.8 b	0.9 b	1.30 c	
Nombre d'épis/pied	0.9 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a	5.7
Poids des grains kg/ha	1650 a	4630 b	5100 b	5670 c	10.7
Poids des tiges kg/ha	4200 a	6200 ab	6800 b	8800 c	24.9
Poids de 1000 grains g	188 a	230 b	250 c	250 c	5.2

Tableau N° 14 Conditions d'alimentation hydrique de l'essai techniques culturales et résistance à la sécheresse Ferkessédougou en 1989.

- Pluie pendant la culture (mm)	975
- ETR pendant la culture (mm)	390
- Ruissellement + Drainage pendant la culture	580
- Taux de satisfaction des besoins en eau (ETR/ETM):	
. 0 - 30 J.A.S	0.97
. 30 - 60 J.A.S	0.87
. 60 - 90 J.A.S.	0.88
. Total 0-95 JAS	0.91
. Période sensible 50-70 J.A.S.	0.93

Tableau N° 15 Caractéristiques du système racinaire du Maïs à Ferkessédougou (essai techniques culturales) en 1989. Moyenne de quatre répétitions.

	Témoin T1		Engrais T2		'Engrais + labour T3		Engrais + labour + fumier T4	
Date de mesure	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9
JAS	30	60	30	60	30	60	30	60
Profondeur du front racinaire (cm)								
- moyenne	37	68	43	68	50	73	45	78
Nombre d'impacts/dm2								
0-10	16.4	32	22.4	31	18.6	45	23.1	38.9
10-20	9.8	16	7.9	16.4	20.8	31.3	14.1	27.6
20-30	2	10	2.6	10	7	12.1	2.6	10.9
30-40	1	7	0.5	7.3	2.0	8.1	0.5	9.1
40-50	0.2	5		4.1	0.5	6		7
50-60	-	2.4		1.6	0.3	1.5		4.3
60-70	-	1.1		0.5		0.4		0.3
Moy. 0-30 cm	9.4	19.3	10.96	19.1	15.5	25.5	13.3	25.8

6. RAPPORTS ET PUBLICATIONS DE JL. CHOPART DE MAI 1989 A AVRIL 1990 DANS LE CADRE OU SUR LE THEME DU PF2 P.

CHOPART J.L. 1989. Scruter les racines à travers des grilles. Une méthode fort utile. Revue info R3S N°2 Nov. 1989 p 5.

CHOPART J.L., REYNIERS F.N. 1989. Rencontres avec les chercheurs sur les activités R3S au Tchad et au Nord-Cameroun. Compte rendu de mission du 4 au 18 novembre 1989. Doc. R3S-CORAF. 26 P. + annexes.

CHOPART J.L. 1989. Effects of tillage on a corn-cotton sequence in Côte d'Ivoire. In "Soil, crop and water management in the Sudano Sahelian zone" p 325-331. ICRISAT edit. ISBN 929066-169-0.

CHOPART J.L. 1989. Rapport scientifique d'avancement du projet de recherche "Amélioration de l'alimentation hydrique par les techniques culturales en zone Soudano-Sahélienne"' -Contrat CEE DGXII. Rapport semestriel N°3 - Juin 1989. Doc. CILSS CORAF juin 1989.

CHOPART J.L. 1990. Rapport scientifique d'avancement du projet de recherche "Amélioration de l'alimentation hydrique par les techniques culturales en zone Soudano-Sahélienne" - Contrat CEE DGXII. Rapport semestriel N°4 Janvier 1990. Doc. CILSS R3S CORAF. Janvier 1990.

FELLER C., CHOPART J.L., DANCETTE C. 1987. Effet de divers modes de restitution des pailles sur le niveau et la nature du stock organique dans deux sols sableux tropicaux (Sénégal)., Cahiers ORSTOM, série pédologie. Vol XXIII1 N°3 1987 : 237-252 (diffusé en 1989).

VAUCLIN M., CHOPART J.L., 1990. Méthodologie d'étude de la variabilité spatiale de dispositifs agronomiques. Communication aux journées scientifiques de l'UREF "Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassin versants en zone aride". Ouagadougou 12-15 mars 1990. 11 p.

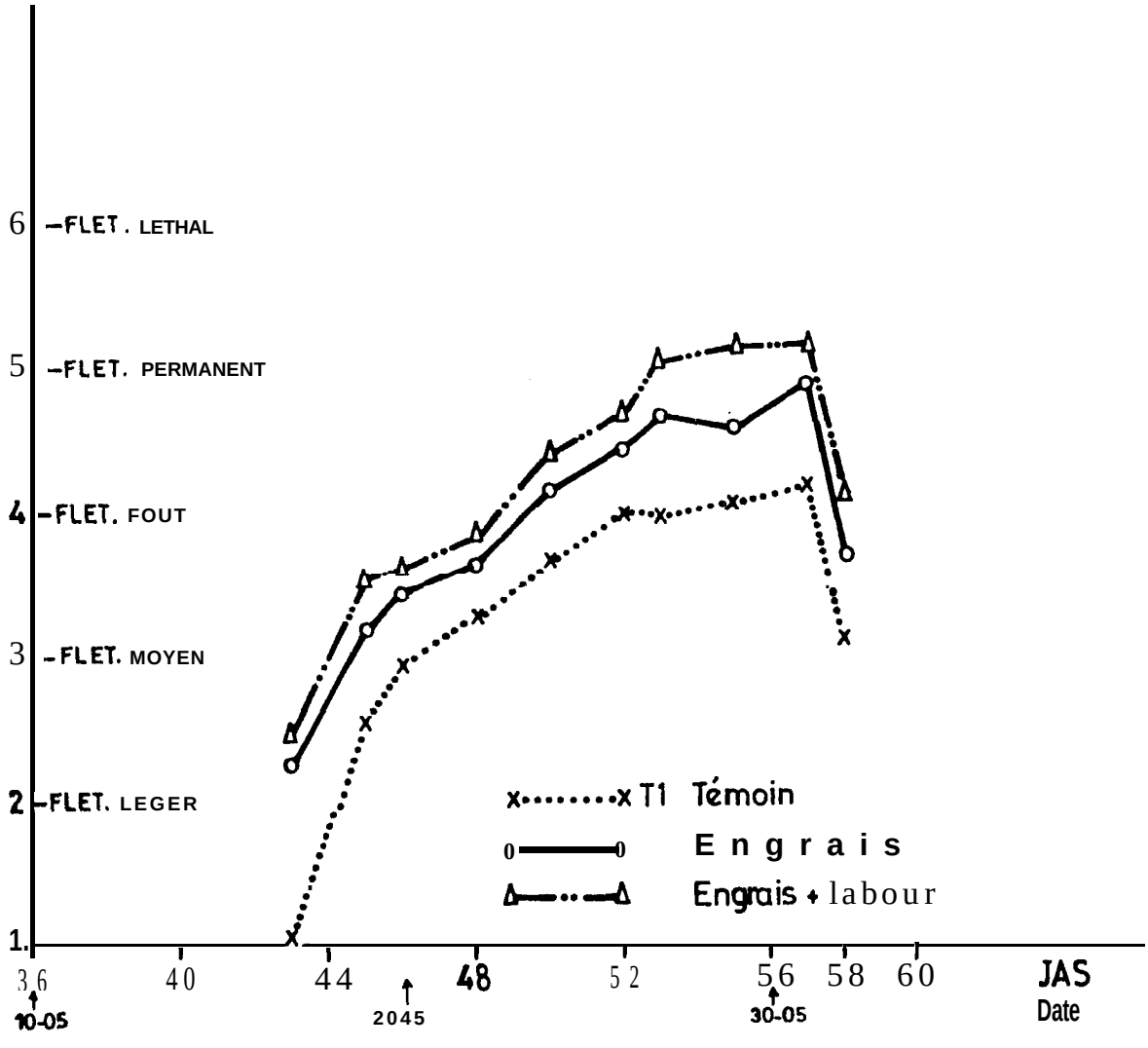


Figure n° 1 -Essai R3S PF2 Pluvial Maïs 89 . Evolution du flétrissement des feuilles entre 43 et 58 JAS (16mai - 1 juin).

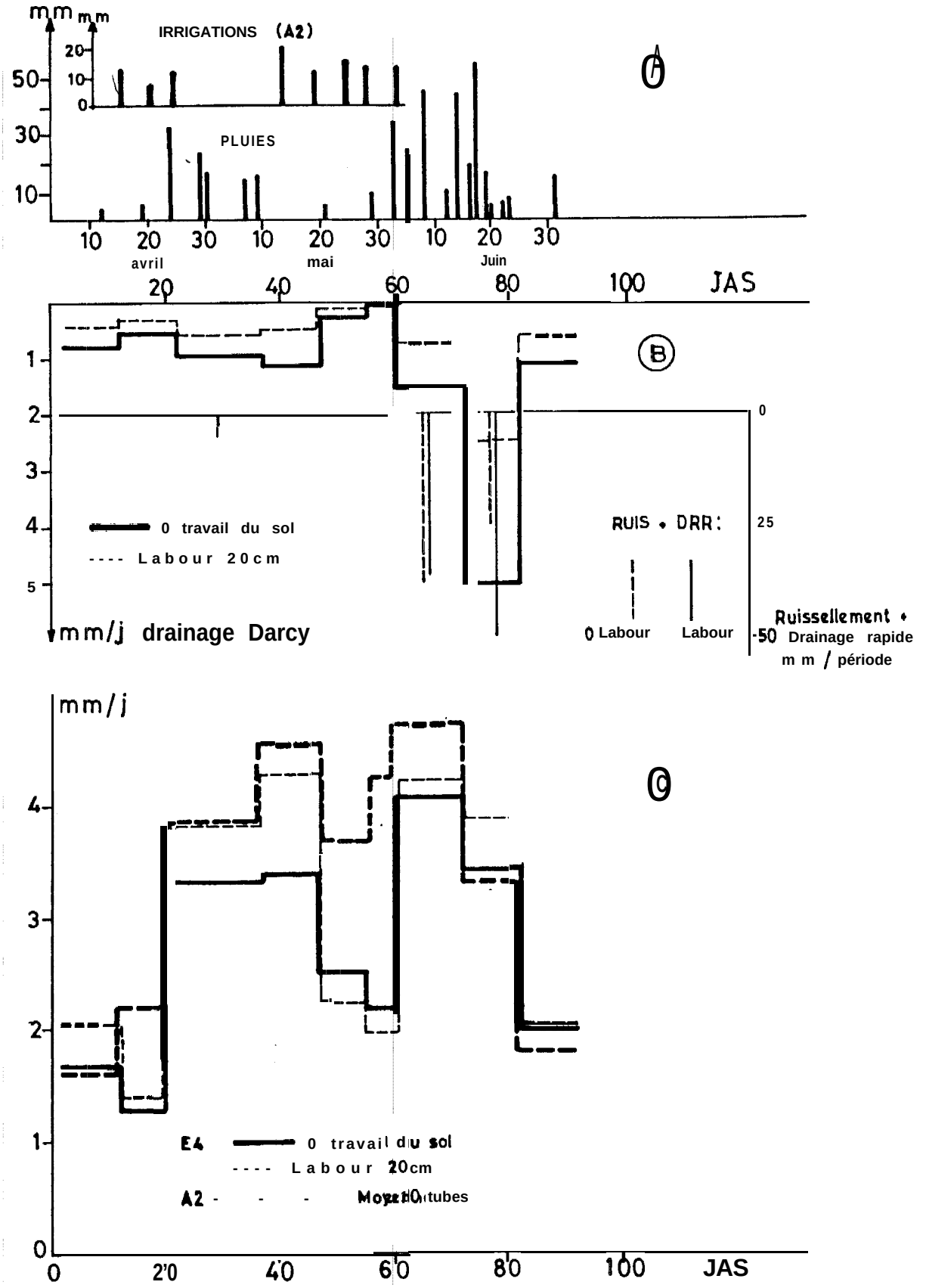


Figure nº 2 -Essai R3S PF2 Pluvial -Maïs 89 . Bilan Darcy.
A : Pluies (m m) , B : Drainage (m m/j) , C : ETR (m m / j).

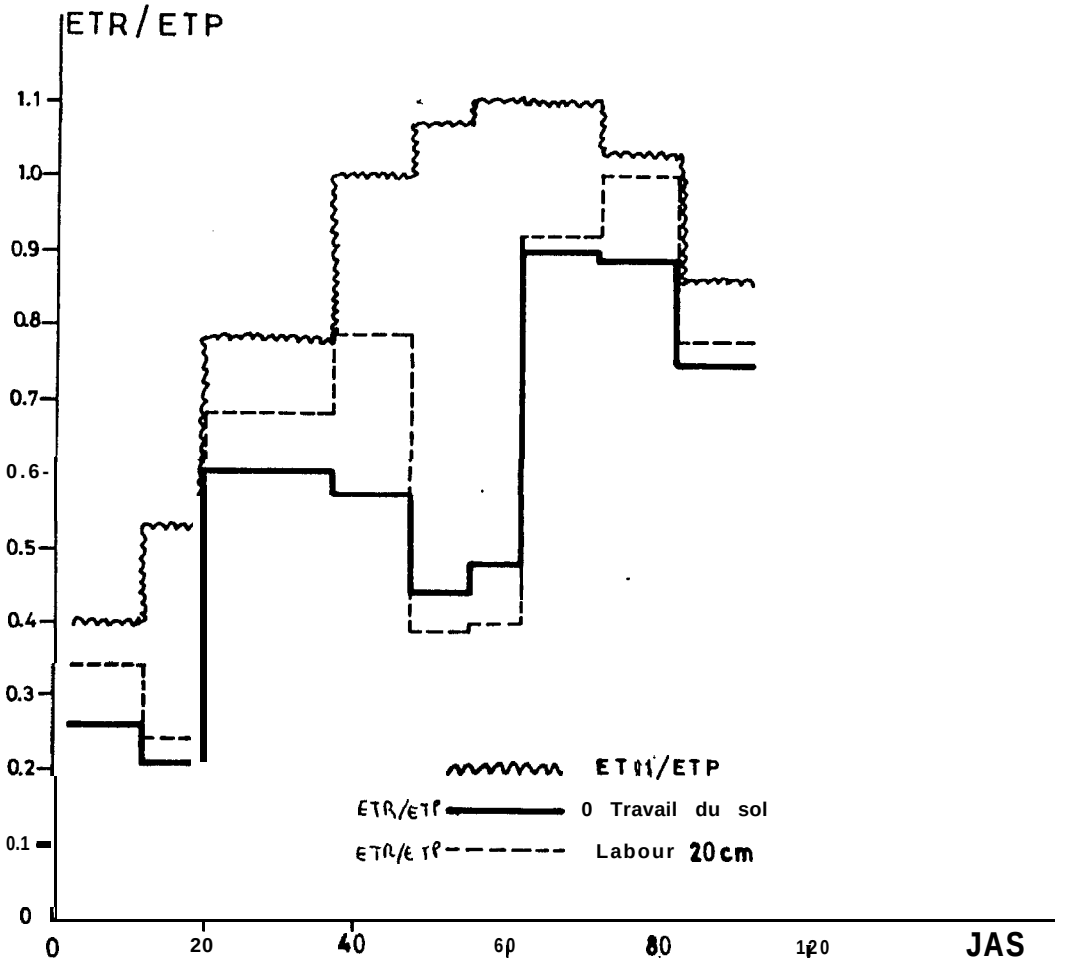


Figura nº 3 -Essai R3S PF2 Pluvial . Maïs 89 Bilan DARCY.
Evolution du rapport ETR / ETP

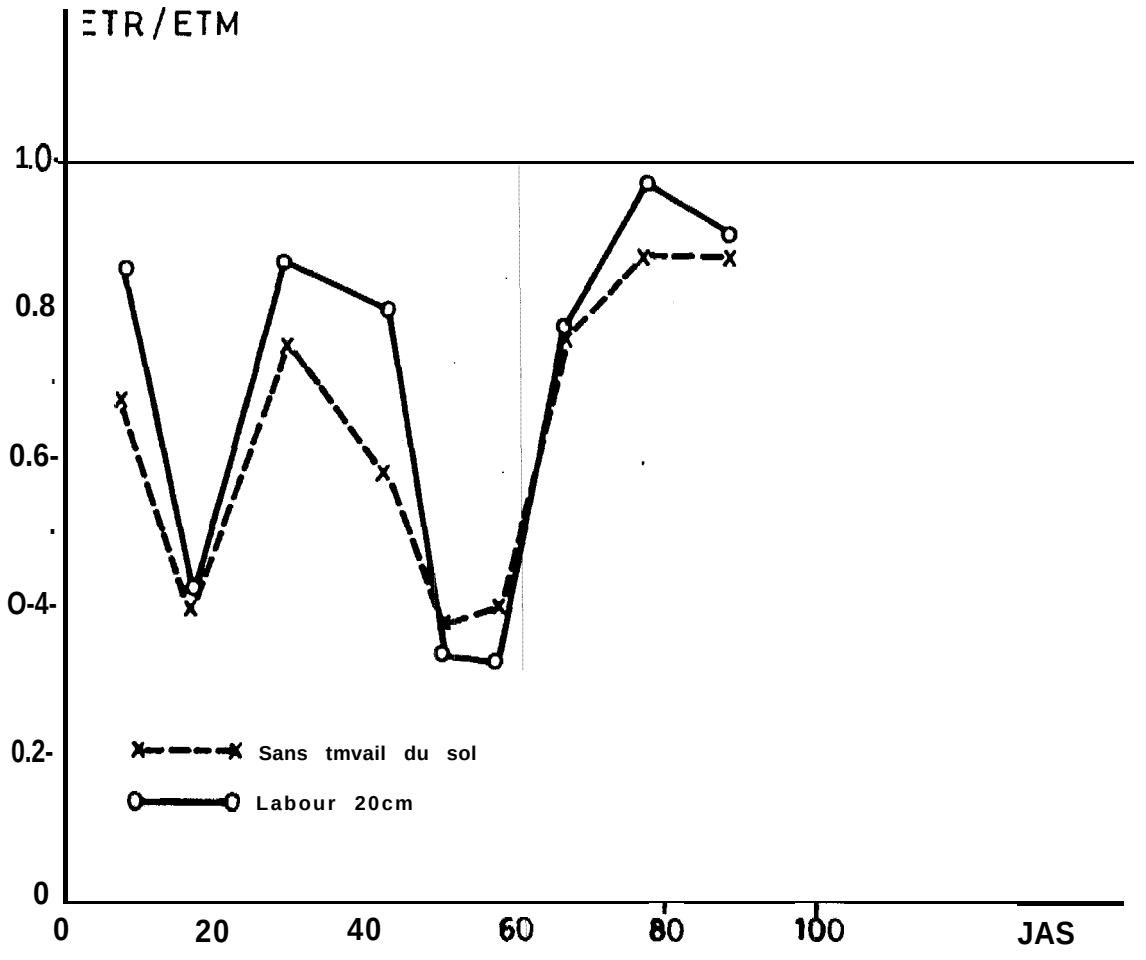


Figure nº 4 -Essai R3S PF2 Pluvial (E4). Maïs 89. Bilan Darcy. Evolution du rapport ETR /ETM avec et sans travail du sd. (E T M identique sur ks deux traitements).

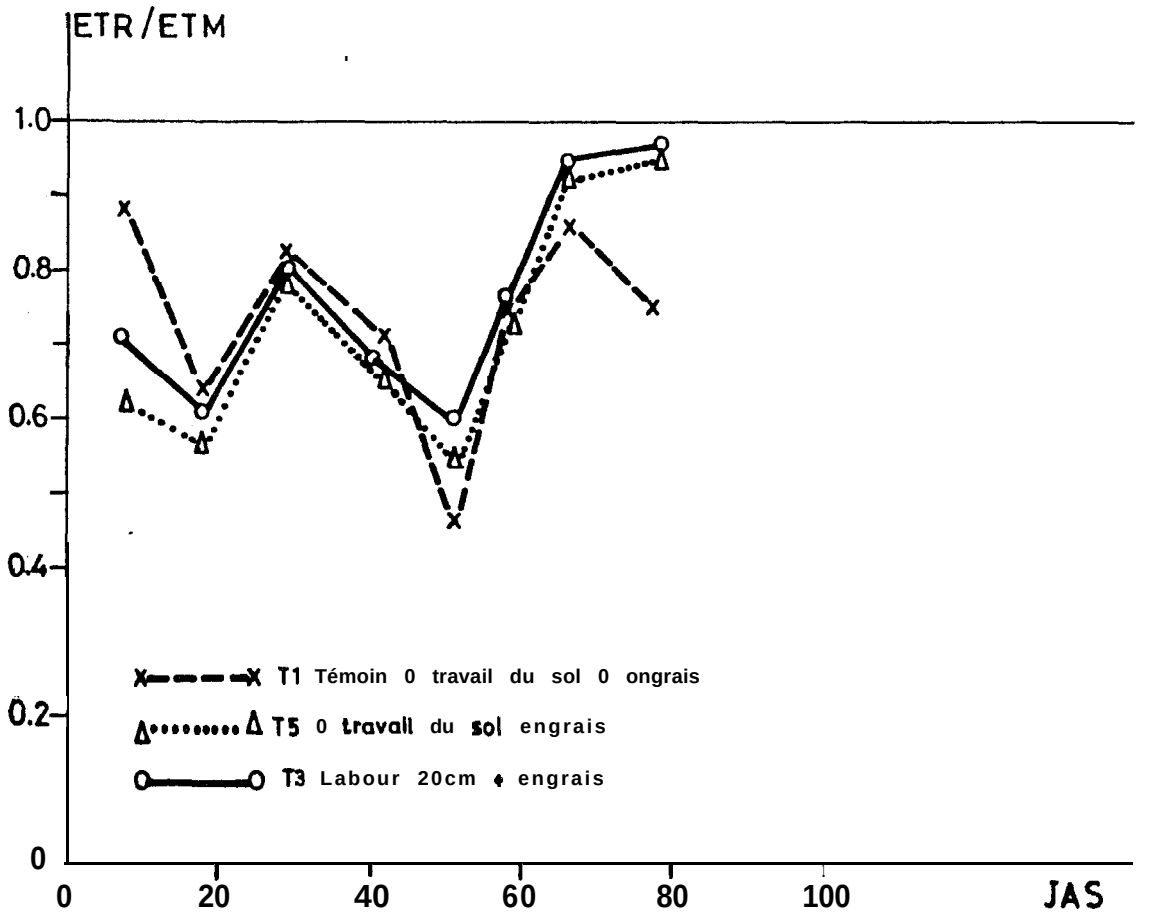


Figure nº 5 -Essai R3S P F2 avec irrigation de complément (A2). Bilan hydrique sonde + tensiomètres(Darcy). Evolution du rapport ETR /ETM.

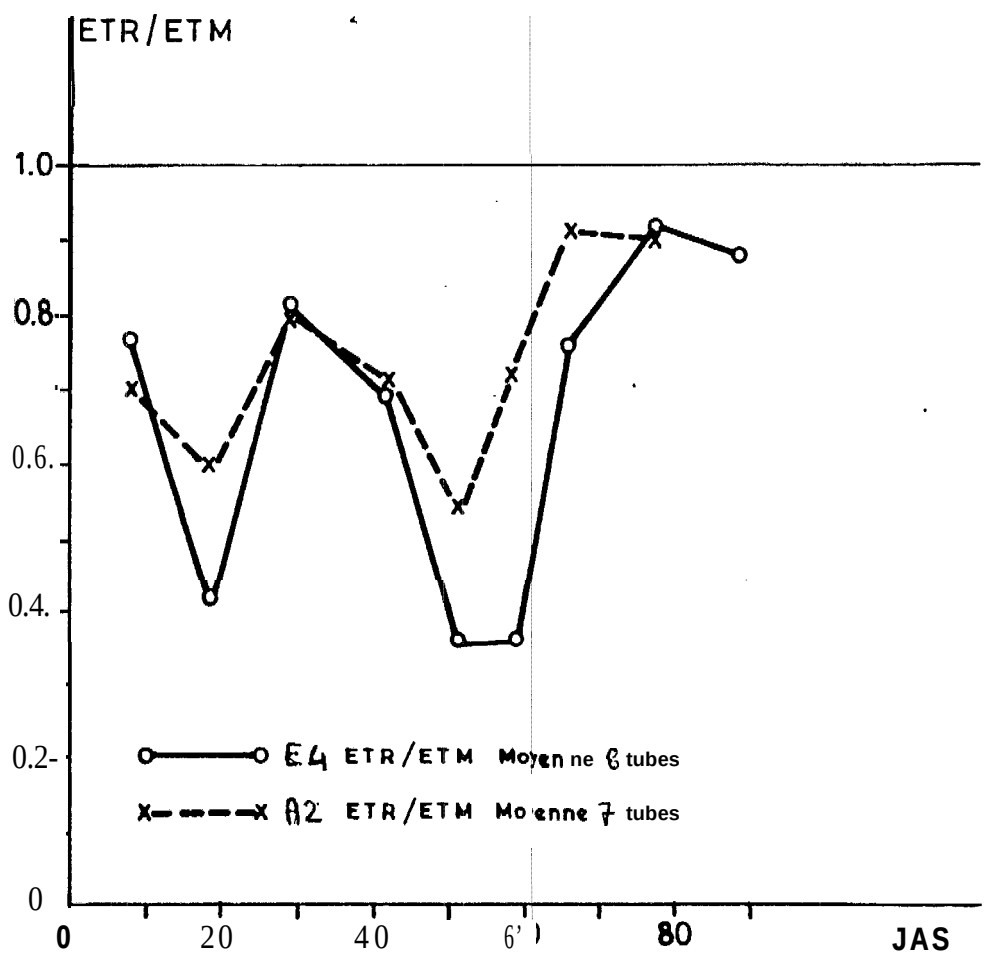


Figure n° 6 -Essai R3S PF2 Bilan hydrique Sonde • Tensiometre (Darcy). Evolution du rapport **ETR/ETM sur ks deux expérimentations avec (A2) et sans (E4) irrigation** de **complément.**

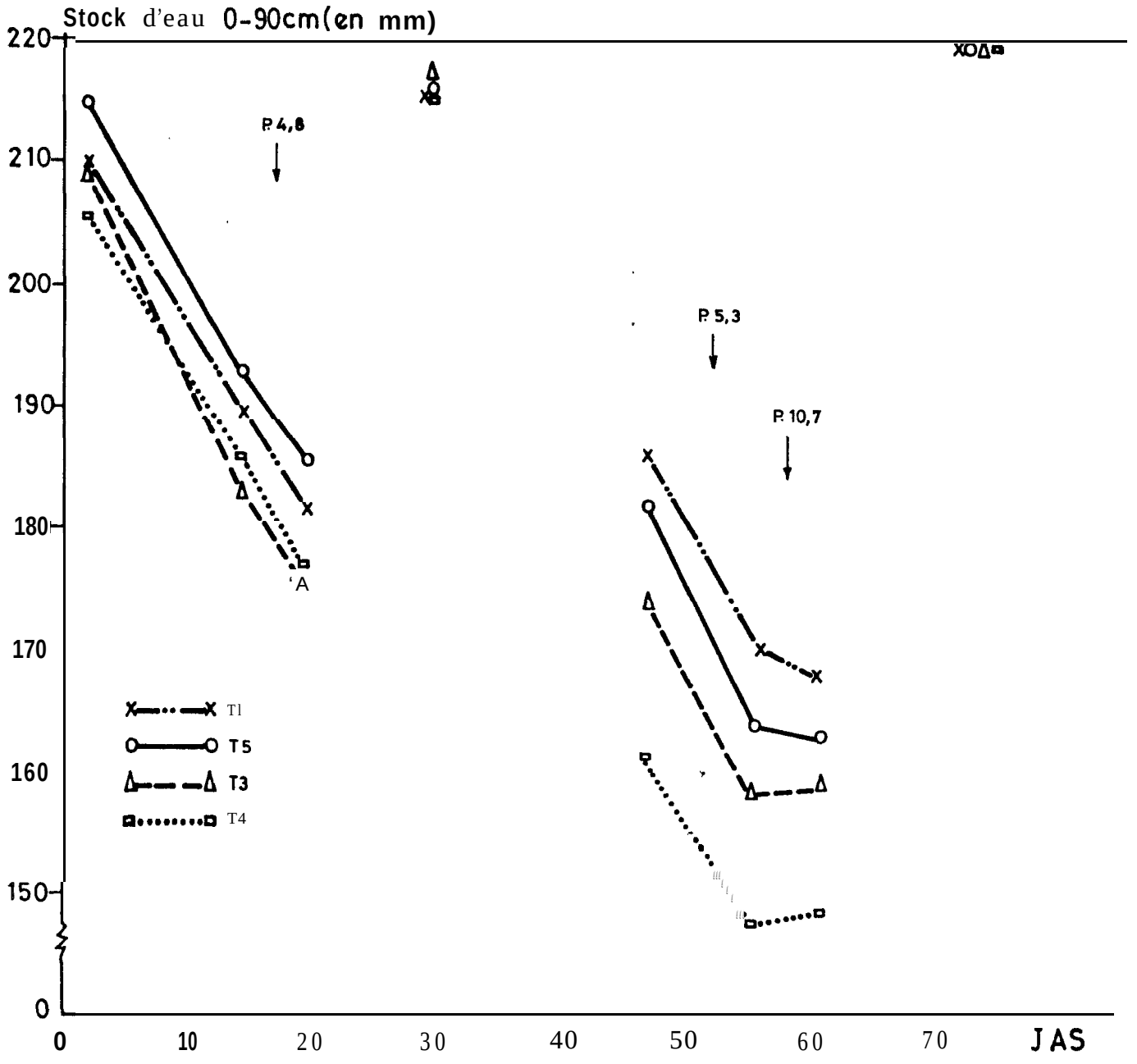


Figure nº 7 -Essai R3S PF2 Pluvial Maïs 89 . Variation des stocks d'eau (0-90cm) pendant les périodes sèches (valeurs corrigées ramenées à un stock maximum de 220mm).

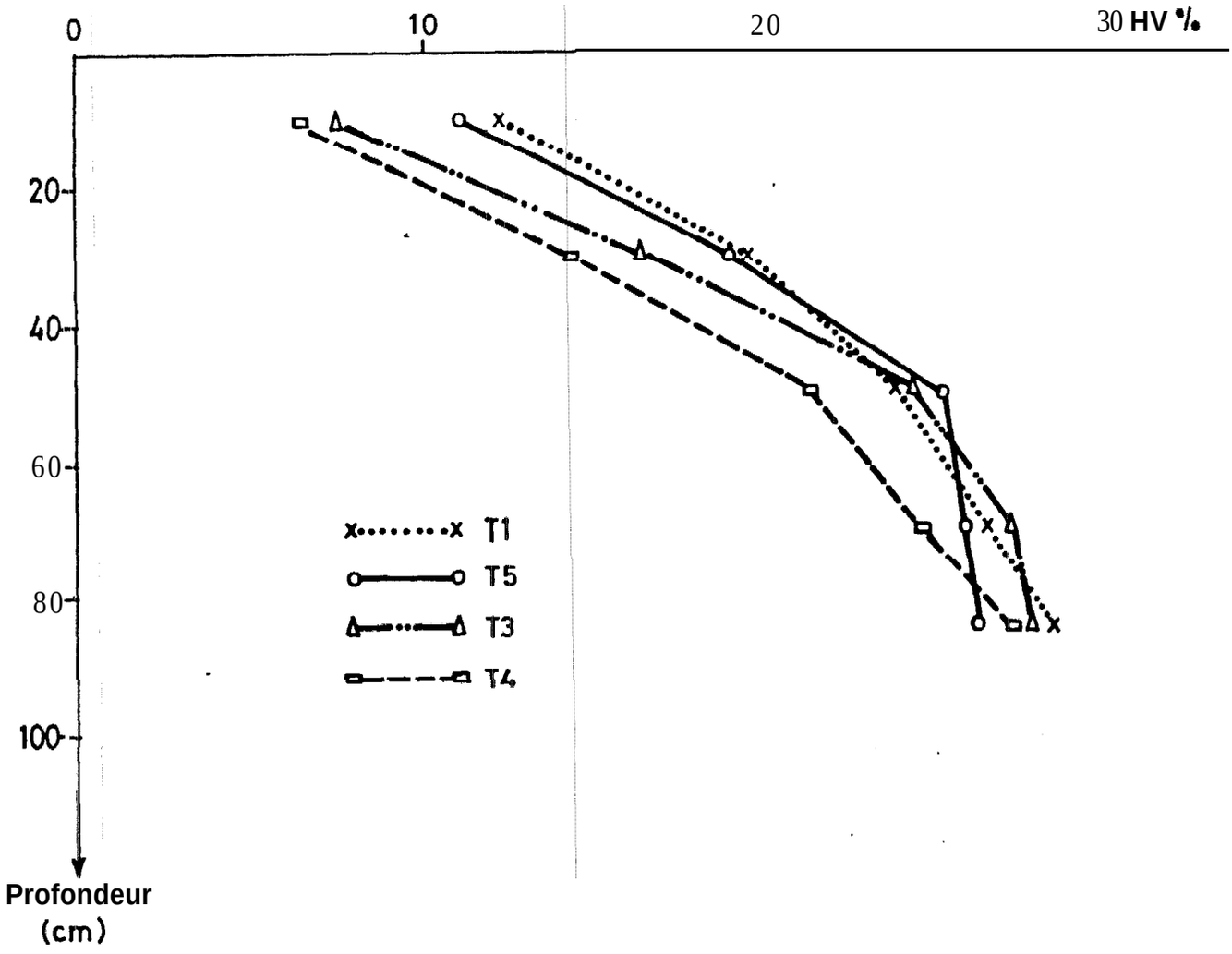


Figure nº 8 -Essai R3S PF2 Maïs pluvial 89 . Profils hydriques le 20-5 -89.
(Début sécheresse).

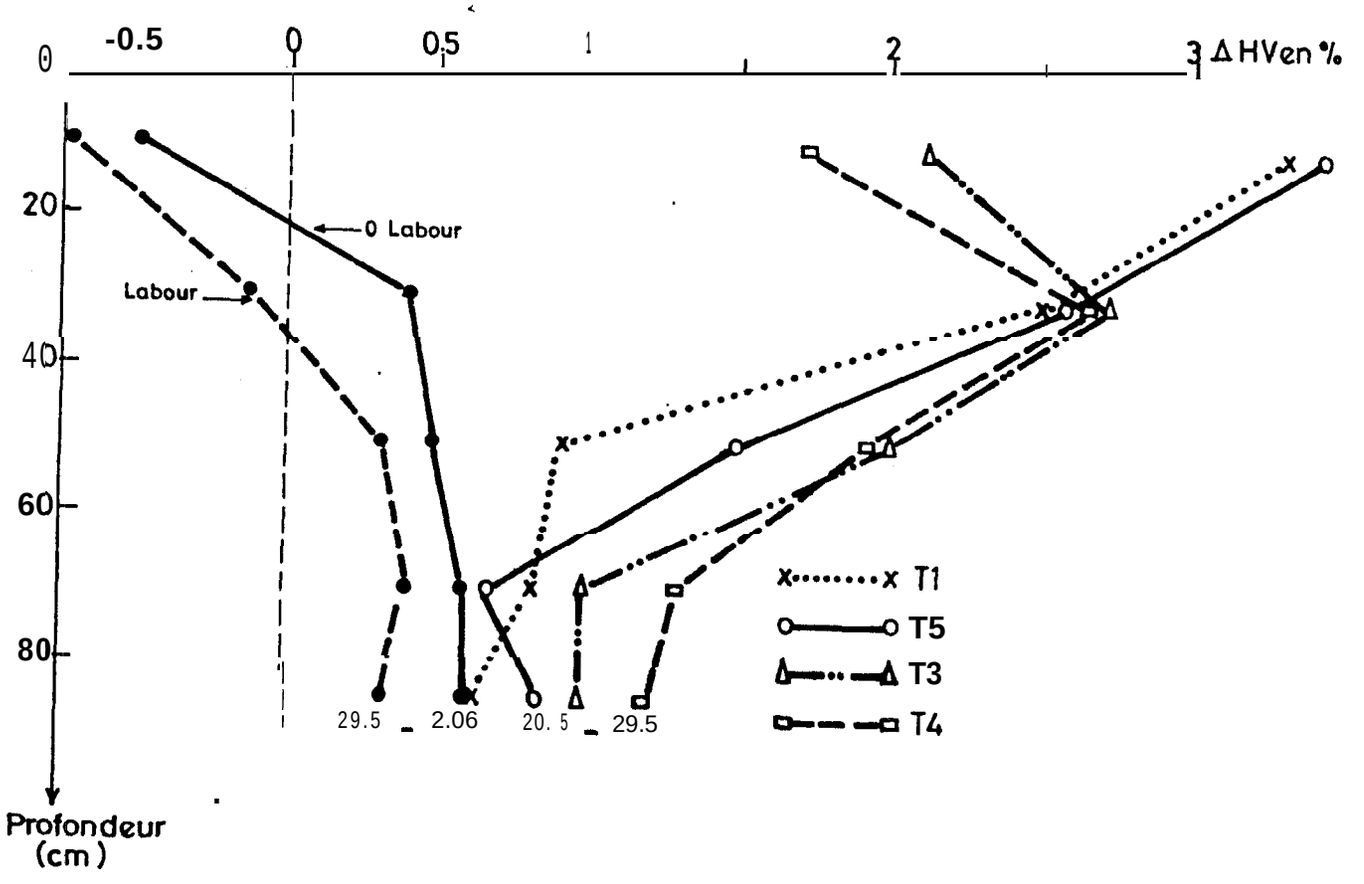


Figure n° 9 -Essai R3S PF2 -Maïs 89 - Assechement du profil entre le 20.5 et le 29.5 (HV 20.5 - HV 29.5).

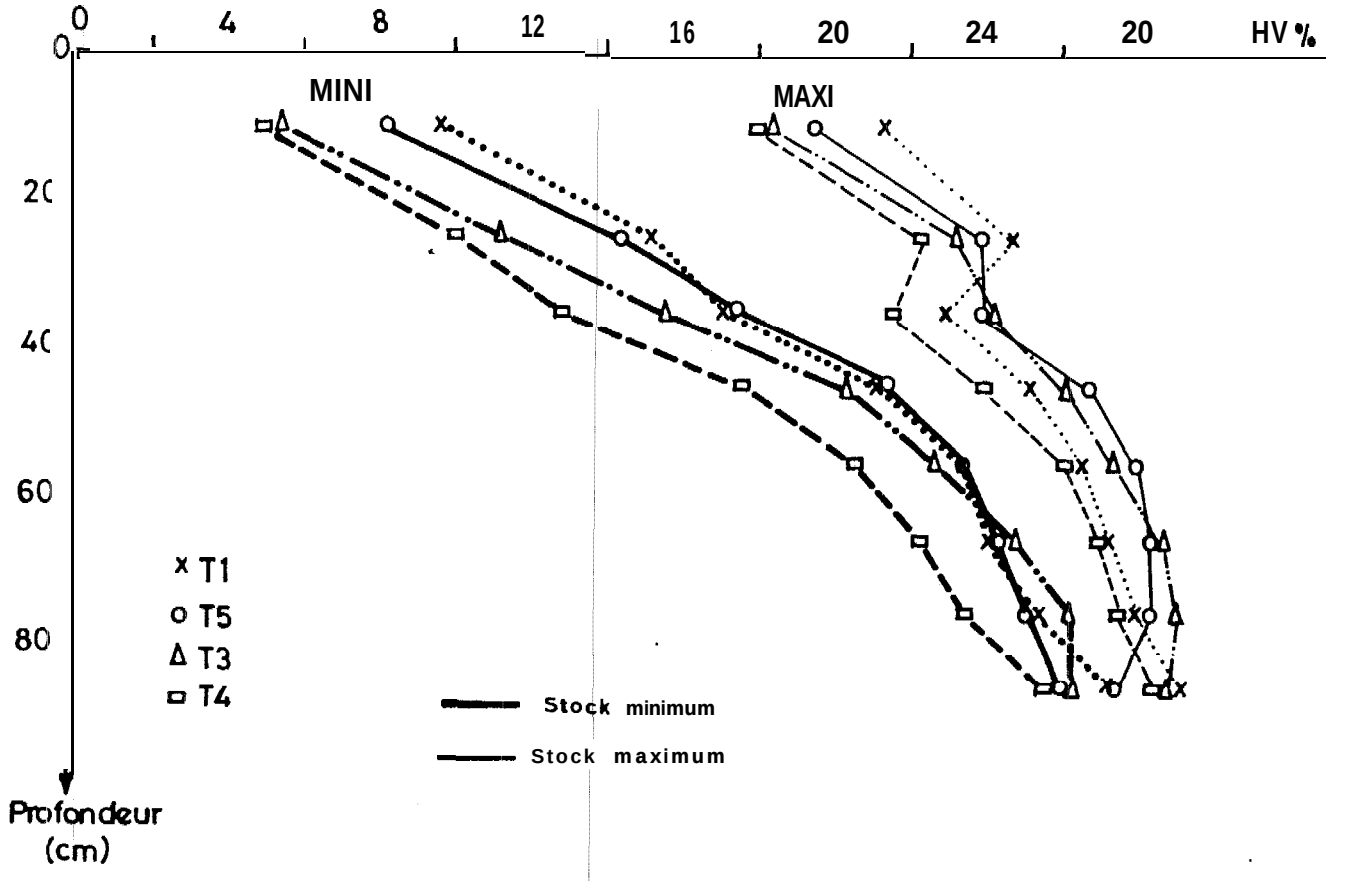


Figure nº 10 -Essai R3S PF2 Pluvial Maïs 89- Profils hydriques maximum et minimum enregistrés au cours du cycle.(Moyenne 5 sites par traitement).

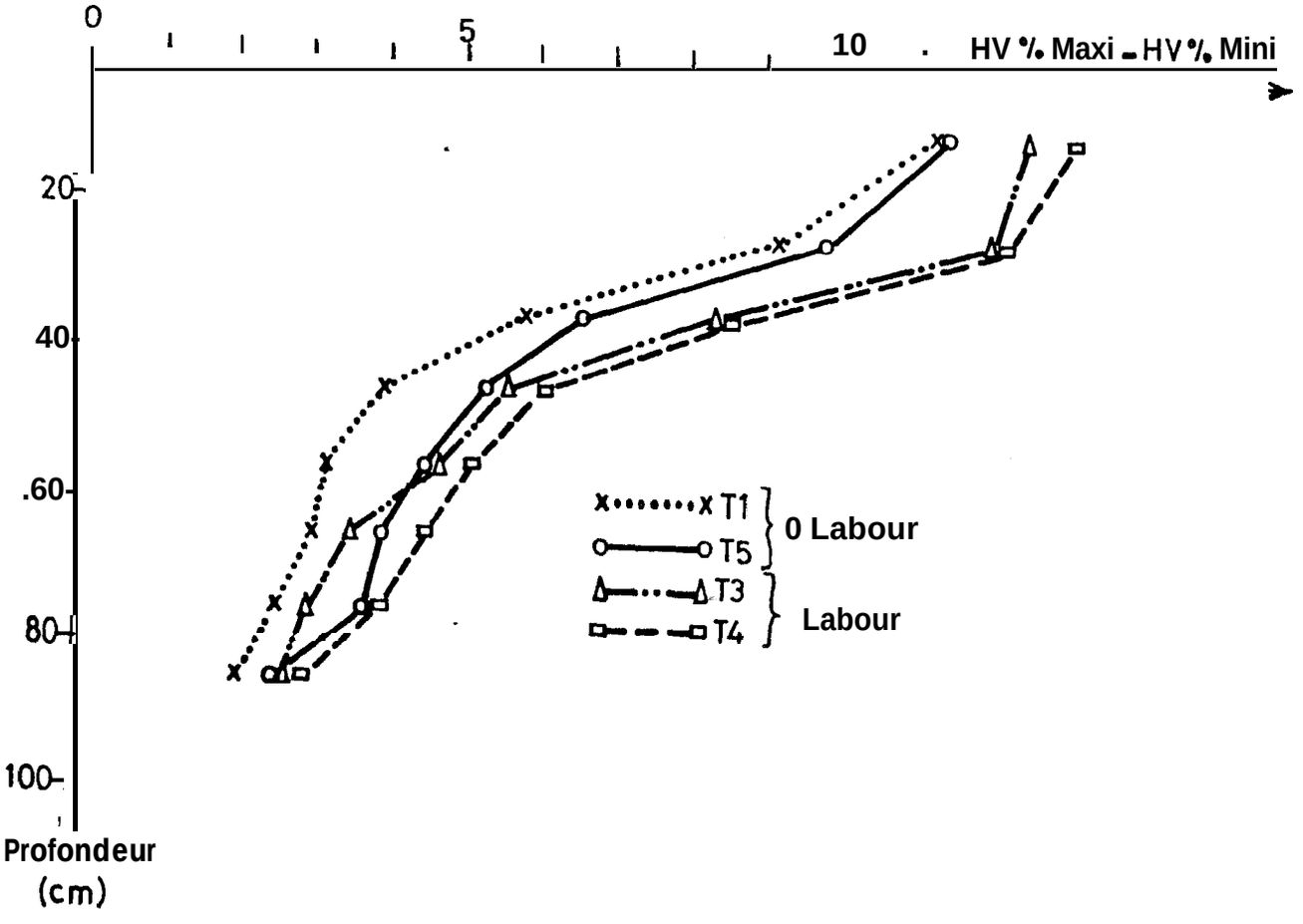


Figure n° 11 -Essai R3S PF2 Pluvial- Maïs 89 Differences d'humidité volumiques entre les profils Maxi et Mini,

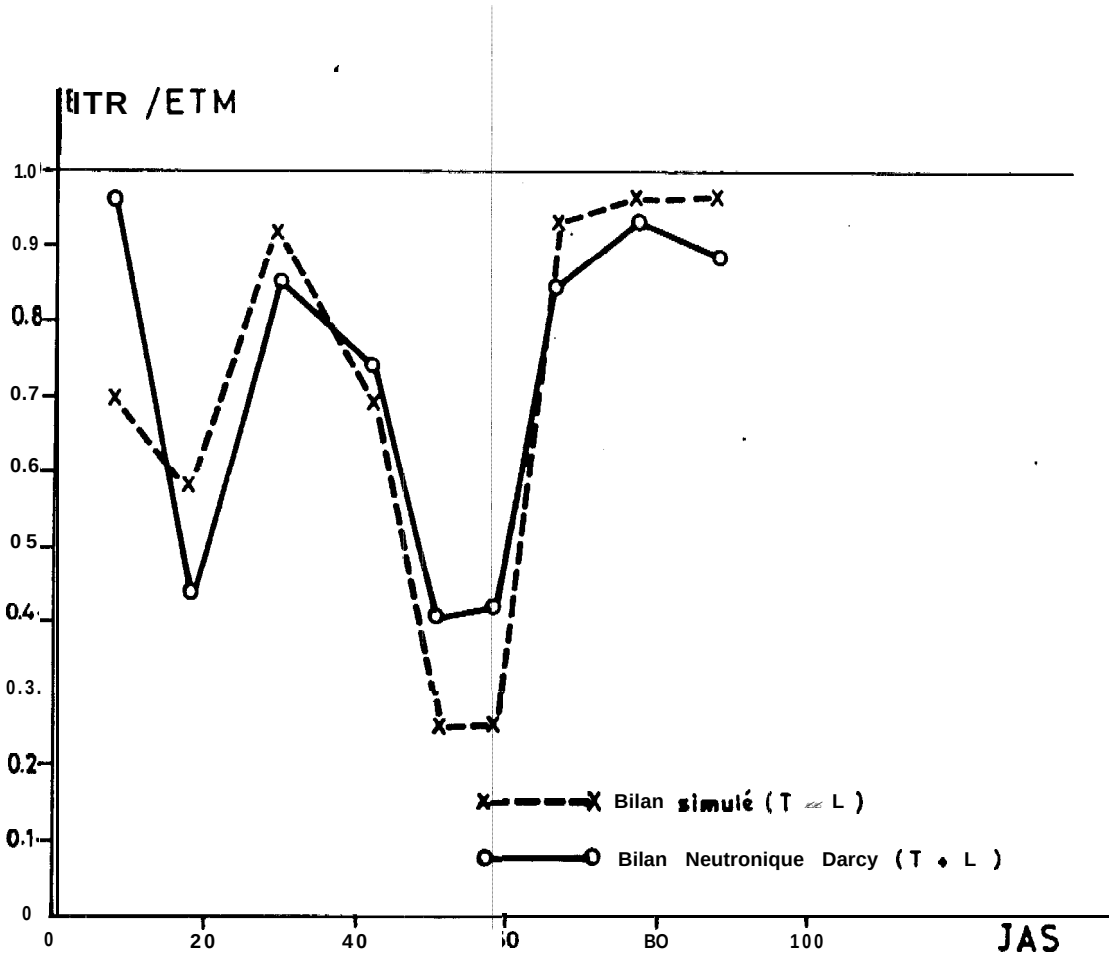


Figure nº 12 -Essai R3S PF2 Pluvial (E4). Maïs 89. Comparaison entre ETR/ETM des bilans Sonde ♦ Tensiométres (Darcy) et bilan simulé (Probe).

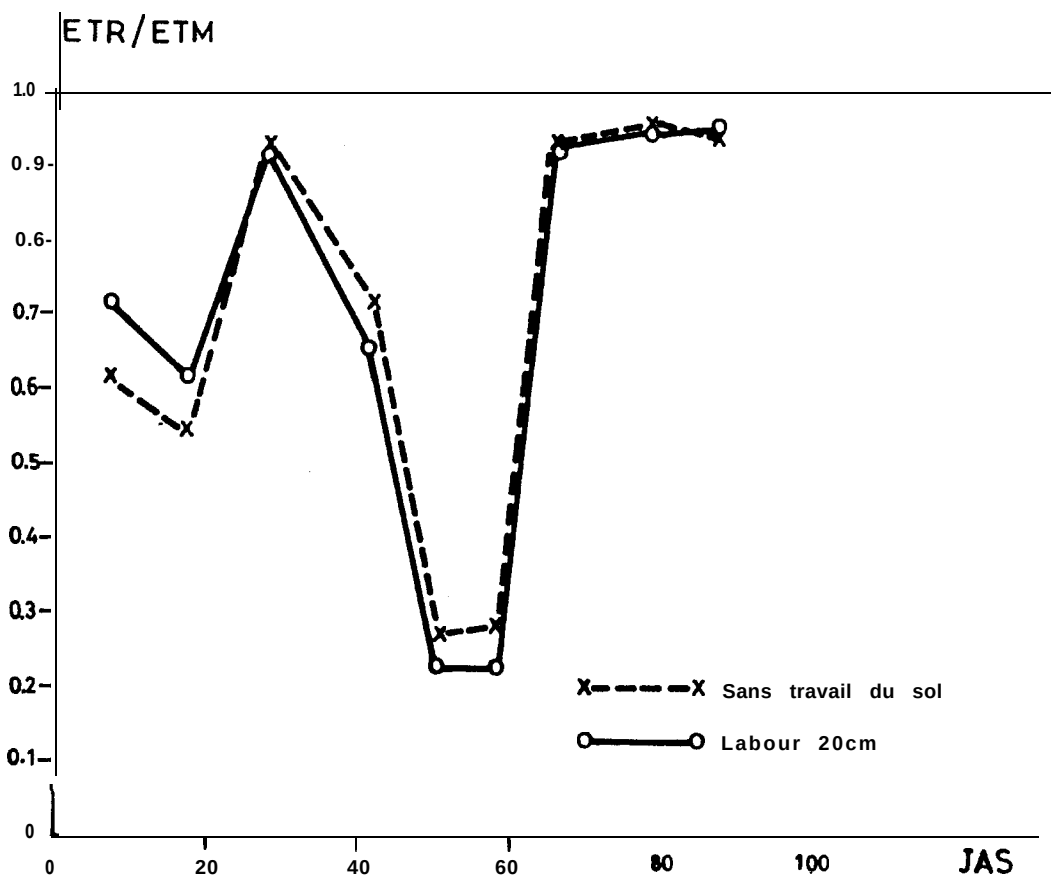


Figure n° 13 -Essai R3S PF2 Pluvial. Maïs 89. Bilan simulé probe. Evolution du rapport ETR /ETM avec et sans travail du sol .

5 - ANNEXES

NOTATION DE FLI RISSEMENT DES CEREALES

(RIZ - MAIS - SORGHO - MIL)

EN CONDITIONS TROPICALES

J.L. CHO ART - (MAI 1989)

1. PAS RE FLETRISSEMENT : Les feui les restent turgescentes l'après midi à l'heure la plus chaude.

2. FLETRISSEMENT LEGER : Feuilles égèrement enroulées uniquement l'après midi entre 14 et 16 h à l'heure la p us chaude. Les feuilles redeviennent bien turgescentes le lendemain jusqu à 12 heures.

3. FLETRISSEMENT MOYEN : Le début e l'enroulement des feuilles s'observe le matin à partir de 11 - 12 h. L' nroulement est bien marqué l'après-midi.

4. FLETRISSEMENT FORT : Le flétri sement apparaît le matin dès 9 - 10 heures dès que l'ensoleillement et la empérature s'élèvent. Les feuilles redevien- nent toutefois turgescentes le atin avant 9 heures.

5. FLETRISSEMENT PERMANENT : Le fl trissement est permanent ou s'observe dès le matin vers 8 heures, avant l'él vation de la temperation de l'air. Les pieds sont complètement flétris l'apr ;-midi avec une partit des feuilles supérieures dessèchées (coloration marron-g is), mais les pieds ne sont pas encore morts, sauf accidents particuliers (te nites, maladies).

6. FLETRISSEMENT LETHAL : Le flét tssement est permanent comme 5, mais la plupart des pieds ont plusieurs feuilles superieures desséchées, et une partie des pieds sont morts du fait de .a sécheresse.

PROCEDURE D'OBSERVATION

Lorsque l'on soupço ne un début de manifestation de sécheresse on commencera par passer l'aprè -midi, à la période la plus chaude (14-15 heures), ce qui permet d faire les premières notations 1 (pas de sécheresse) et 2 flétrissement aible.

Lorsque l'on a obse ré des signes de sécheresse l'après midi, on fera également des observati ns :

- Le matin vers 8 heures : prés ence de flétrissement notation 5 ou 6
  abse ce de flétrissement < 5.

../...

- Le matin vers 10 heures : présence de flétrissement notation 4, 5, 6;
  absence de flétrissement notation 1, 2, 3.
- Le matin vèrs 12 heures : présence de flétrissement notation 3, 4, 5, 6.
  absence de notation 1, 2.

Tableau N°1. : TABLEAU SYNTHETIQUE DES NOTATIONS DE FLETRISSEMENT EN FONCTION DE L'HEURE D'OBSERVATION

Heures	Flétrissement		Note
	Oui	Non	
8 heures	x (+ pieds morts)		6
	x		5
		x	
10 heures	x		4
		x	
12 heures	x		3
		x	
15 heures	x		2
		x	1

La notation de flétrisement nécessite le passage sur le terrain à plusieurs heures de la journée. Toutefois, dès que l'ensemble des parcelles atteint une note 2 il n'est plus nécessaire de passer l'après-midi, sauf modification notable de la demande évaporative ou, bien sûr, l'apparition d'une pluie.

Avec un peu d'habitude, il est possible de donner une note intermédiaire (3,5 - 4,5) lorsque la manifestation du flétrissement est variable au niveau de la parcelle observée.

DOSSIER R3S MP89

COEFFICIENTS CULTURAUX

JAS	B2 T1	B2 T4
1	.2	.2
6	.2	.2
11	.3	.3
16	.4	.5
21	.5	.6
26	.6	.7
31	.7	.8
36	.8	.9
41	.85	1
46	.9	1.1
51	.95	1.2
56	1	1.2
61	1	1.2
66	1	1.2
71	1	1.1
76	1	1
81	.9	.9
86	.8	.8
91	.7	.7
96	.2	.3

DOSSIER R3S MP89

HYPOTHESES DU BILAN SIMULE

CARACTERE	B2 T1	B2 T4
STOCK INIT.(MM)	20	20
FRONT H. INIT.(CM)	90	90
FRONT R. INIT.(CM)	10	10
CROIS.RAC.JOURN.(CM)	1.	1.5
AGE FIN CROIS.(,J)	35	30
COEFF.EVAP. J1	.3	.3
COEFF.EVAP. J2	.3	.3
COEFF.EVAP. J3	.2	.2
COEFF.EVAP. J4	.1	.1
RU (EN MM/CM)	.9	.9
COTE DE DRAINAGE	90	90

5 JUIN 1990

RAPPORT D'ACTIVITE AU 30 AVRIL 1990

SYNTHESE DES ACTIVITES MAI 1989 - AVRIL 1990

Date : 30 Avril 1990

1/ Pays: FRANCE **2/ Institut de Recherche : Institut de Mécanique de Grenoble**

3/ Nom et adresse du Responsable Scientifique du Projet :

Michel VAUCLIN et Georges VACHAUD
Institut de Mécanique de Grenoble/Groupe Hydrologie
UMR 101 (CNRS, UJF, INPG)
BP 53 X - 38041 GRENOBLE Cédex

4/ Titre du projet : Amélioration de l'alimentation hydrique par les techniques culturales.

5/ Objectifs :

Dans le cadre général du projet, le groupe Hydrologie de l'IMG s'est engagé à fournir aux participants un appui méthodologique sur les points suivants :

i) Etude de la variabilité spatiale des essais agronomiques mis en place.
ii) Caractérisation hydrodynamique des sols.
iii) Détermination des bilans hydriques et minéraux.

6/ Activités :

Pour la période de référence, notre activité a essentiellement porté sur la poursuite de l'analyse de la variabilité spatiale des essais agronomiques mis en place au Burkina Faso (Saria et Farako-Ba) et au Sénégal (Nioro du Rip), la caractérisation hydrodynamique des sols et l'estimation des composant& du bilan hydrique.

a) - Résultats pour le Burkina Faso

Les données relatives aux expérimentations conduites en clulture d'homogénéisation en 1988 ont été fournies par Mr. Ouattara Badiori, en Septembre 1989. Elles ont été analysées selon la méthodologie développée à l'Insitut de Mécanique de Grenoble,

exposée lors de la réunion de Bouaké (24-28 avril 1989) et déjà utilisée pour traiter les résultats d'essais similaires menés en Côte d'Ivoire (voir publication Vauclin/Chopart). L'application de concepts géostatistiques conduit à l'estimation d'une grandeur caractéristique définissant les dimensions de parcelles élémentaires nécessaires pour assurer leur indépendance spatiale. Ainsi, pour les essais de Saria, le 'dispositif initialement propose (blocs de Fisher avec parcelles de 24 x 7,2 m) convient. En revanche, pour Farako-Ba. il est apparu que les parcelles retenues étaient trop petites. Un regroupement de 6 parcelles (de dimensions 48 x 21.6 m) a été suggéré afin de s'affranchir des auto-corrélations spatiales et de faciliter le traitement statistique des données ultérieures.

Lors d'une mission de M. Vauclin (12-23 Mars 1990). auprès de l'IN.ERA, une première analyse des résultats relatifs à l'expérimentation mise en place à Saria en 1989 a été effectuée en collaboration avec les chercheurs et stagiaires impliqués dans le projet. Malgré les difficultés liées à la forte pluviosité et la présence d'une nappe à surface libre dont le niveau maximum a atteint la base du profil racinaire du sorgho (80 cm environ), il a été possible d'estimer les composantes du bilan hydrique [évapotranspiration réelle (ETR), lame écoulée à z=135 cm (D_{135}), et lame ruisselée (R)]. Pour ce faire, la période d'étude (11 juillet-6 novembre 1989) a été décomposée en plusieurs phases correspondant à des façons différentes d'estimer les flux à la profondeur 135 cm :

* Sur *la période 1-30 JAS.* le flux a été calculé par les variations de stock hydrique entre 135 cm et 205 cm (dernière profondeur de mesures neutronlques), l'humidité à cette cote étant suffisamment faible pour pouvoir négliger le flux correspondant, compte-tenu des valeurs de conductivité hydraulique obtenues lors des essais de caractérisation (voir rapport IN.ERA).

* *Sur la période 30-42 JAS,* le flux à z = 135 cm a été calculé par l'application de la loi de Darcy entre les deux profondeurs d'implantation des tensiomètres (115 et 155 cm). Sur cette période, la teneur en eau moyenne à z = 135 cm se situe dans la gamme d'humidité explorée lors des essais de caractérisation [K(0,245 ≅ 1.6 mm/j].

* Sur *la période* restante (42-l *19 JAS),* les mesures tensiométriques (en bon accord avec les mesures piézométriques) indiquent que la profondeur z = 135 cm est restée constamment saturée, le niveau de la nappe variant de 135 à 77 cm. Les flux induits correspondants ont été estimés à partir de la vitesse d'évolution de la surface libre et d'une "porosité efficace" calculée comme la différence entre la teneur volumique en eau à

saturation naturelle de la tranche de sol [115-205 cm] et la teneur en eau initiale, pour laquelle on admet l'absence d'écoulement.

A titre d'exemple, la tableau 1 synthétise les résultats globaux (mais partiels) relatifs à 3 sites de mesures correspondant à 3 traitements du bloc 6 (voir rapport de l'IN.ERA pour plus de détails).

Sites	D^*_{135}	R (mm)	ETR (mm)	ETR/ETM	Rendements (kg/ha)		
					Graines	Panicules	Pailles
T1-B6	101 (137 ↓ / 36 ↑)	231	312	0.61	2239	2890	4297
T3-B6	83 (114 ↓ / 31 ↑)	260	319	0.63	3151	3828	6198
4-B6	95 (128 ↓ / 33 ↑)	265	294	0,58	2200	2747	4167

* La flèche ↓ indique qu'il s'agit d'un flux descendant résultant du surplus de l'eau infiltrée et non consommée par la culture (essentiellement en début de cycle) d'une part, de l'abaissement de la nappe d'autre part. La flèche ↑ indique un flux ascendant engendre par les remontées de nappe (essentiellement les périodes 42-57 JAS et 87-92 JAS pour lesquelles la pluviométrie a été de 187 mm (9 jours de pluie) et de 91 mm (2 jours) respectivement.

Le tableau ci-dessus suggère les remarques suivantes :

a) Compte-tenu des incertitudes sur l'estimation des composantes du bilan hydrique. les différences constatées entre les 3 sites ne peuvent être considérées comme significatives.

b) Néanmoins, on peut noter une certaine cohérence dans le classement des sites : le plus fort rendement correspond à la consommation la plus élevèe. les pertes par percolation étant les plus faibles.

c) Ces tendances doivent être confirmées (ou infirmées) par l'analyse complète de l'ensemble des sites, au plan hydrique, minéral et racinaire, en relation avec les rendements. Nous renvoyons le lecteur au rapport de l'IN.ERA pour le détail et la synthèse.

On notera également qu'à l'occasion de cette mission une réflexion commune a été menée avec les chercheurs de l'IN.ERA et le coordonnateur scientifique du programme fédérateur n° 2 (PF2), portant notamment sur des modifications à apporter au dispositif expérimental afin de mieux sérier l'hydrodynamique de la zone non saturée/saturée et sur l'opportunité et la faisabilité d'implanter un essai satellite sur sol peu profond ne présentant pas de risque d'occurence d'une nappe.

b) - Résultats pour le Sénégal

L'expérimentation menée à NIORO DU RIP en très étroite collaboration avec l'ISRA, et portant sur l'étude du rôle de la matière organique sur l'alimentation hydrique et minérale, et la production végétale de mil et d'arachide, a été également marquée par de fortes difficultés méthodologiques dues à des pluviosités exceptionnelles, se surajoutant à une forte variabilité spatiale importante du milieu. On notera ainsi pour les années 1988 et 1989 une pluviométrie totale de 9 15 mm et 824 mm, avec en 1988 un épisode journalier de 173 mm survenant 15 jours après semis, et en 1989 un autre de 105 mm, 2 mois après semis.

Outre de grandes incertitudes sur l'estimation du ruissellement, ces pluies importantes ont eu comme résultat essentiel une humidification du sol jusqu'à la dernière cote de mesure neutronique (3,2 m) rendant impossible sur plus de la moitié du cycle l'estimation des bilans par variation de stock hydrique. Un effort particulier a dû dès lors être fait pour caractériser la conductivité hydraulique du sol, afin d'établir le bilan par utilisation de la loi de Darcy au delà de la zone racinaire (1.5 m pour l'arachide, 1.8 m pour le mil) sachant que l'application de la méthode peut se heurter à la variabilité spatiale du milieu.

Sur la base des objectifs de l'expérimentation, et des premiers résultats présentés à Bouaké, l'an dernier. notre action cette année s'est concentrée essentiellement sur 3 aspects:

- étalonnage de l'humidimètre neutronique en profondeur
- caractérisation de la conductivité hydraulique en profondeur et de sa variation spatiale
- mise en forme des données de mesure de bilan hydrique

a) Etalonnage : l'étalonnage de la sonde neutron a été effectué en considérant 4 horizons : 0.10 m (effet de surface) ; 0,10-0,20 ; 0.20-0.70 ; > 0,70m pour tenir compte

des profils de texture et de densité représentatifs de la parcelle, Dans ce dernier horizon, la teneur en eau à la mise en place des tubes varie entre 0.1 et 0,13 cm^3/cm^3. Pour couvrir la plus grande gamme possible de variation de l'humidité, on a utilisé deux procédés d'étalonnage :

1 -Prise d'échantillon gravimétrique à proximité de chacun des tubes d'accès (24) à différentes périodes (très sec, très humide),

2 -Réalisation d'essai d'infiltration (voir paragraphe suivant) à partir de 3 fosses creusées jusqu'à 1 m de profondeur, et prises des échantillons couplées à des mesures neutroniques et gammamétriques.

Les données obtenues (671 points de mesure) ont été traitées avec le logiciel STATETAL de CARHYD.

b) Caractérisation hydrodynamique : L'objectif était de caractériser les relations K(9) dans la zone (1,5- 1.8 m) et leur variabilité éventuelle de K(B) avec la texture. Dans la couche de sol 1 à 2 m, la texture est pratiquement constante sur une verticale mais varie dune façon assez conséquente dans l'espace puique sur 123 points de mesure, on a une distribution normale du pourcentage d'élément fin (A+L < 50 µ) = (20.8 + 1,86) (%) ; la masse volumique par contre varie très peu. Deux méthodes ont été utilisées :

1 -On a effectué trois essais d'infiltration puis de drainage interne à partir de 3 fosses, de 9 m^3 chacune, réalisées dans l'allée centrale jusqu'à la cote Z = 1 m. Sur la couche de sol [1-2 m], deux sites (S1, S2) ont une texture trës voisine au niveau % élément fin), soit 20,3+0.3 paur S1, 19,3+0,5 pour S2, le 3ième (S3) est plus argileux (21,9+0,3). Les données ont été traitées avec le logiciel CARHYD, en considérant soit le traitement complet (mesure des variations de stock, et des gradients). Les résultats essentiels sont les suivants : la méthode simplifiée s'applique bien à ce type de sol ; pour chaque site les valeurs de K(0) sont identiques quelles que soient les profondeurs: par contre entre sites les courbes K(B) sont sensiblement affectées par le taux d'éléments fins, variant entre les 2 extrëmes de 11 à 3 mm/j pour une valeur type $q=0,17 cm^3/cm^3$ en plein hivernage.

2 -Sur chacun des sites de mesures de 2 traitements extrëmes (TO et T3) on a tenté d'estimer directement k(θ) pour les conditions suivantes:

Variation de stock en-dessous de la cote racinaire Z_R, mais en deçà de la dernière cote de mesure: mesure du gradient de charge grad H à la cote Z_R ; variation faible de la teneur en eau θ entre deux dates de mesure à la cote Z_R.

Sur 2 années consécutives, on ne dispose au mieux que de 2 ou 3 points par site correspondant à ces conditions (sur certains sites aucun). L'ensemble des points montre une forte variabilité qui a pu être relativement bien paramétrisée en fonction du taux d'éléments fins en s'appuyant sur les essais de caractérisation. D'autres mesures sont encore nécessaires pour permettre une estimation précise des bilans.

c) *Mise en forme des données* :l'ensemble des mesures neutroniques (24 tubes, 30 mesures en moyennes par tubes pendant 13 semaines durant 3 ans) et tensiométriques (48 tensiomètres, mesures journalières après humectation du sol au-delà de Z_R, pendant en moyenne 6 à 8 semaines, durant 2 ans) ont été archivées et traitées, soit sous AIDHYS, à Bambey, soit dans des programmes spécifiques mis au point sous WORKS à Grenoble. La banque de données ainsi disponible, assortie des données climatiques et agronomiques et d'une connaissance très détaillée de la texture du sol (120 points de mesure sur 1 ha) devrait à terme fournir un outil unique par l'analyse et le développement d'autres approches.

En résumé, compte-tenu des situations spécifiques rencontrées lors de cette expérimentation : forte pluviométrie, variation spatiale relativement importante de la conductivité, valeurs du drainage voisines ou supérieures à certaines périodes à celles de la transpiration, incertitudes sur l'extension de la zone racinaire, l'analyse des mesures est délicate. Néanmoins l'intérêt agronomique justifie de continuer, malgrè les efforts requis au niveau des mesures.

7/ Rapports et publications

* M. Vauclin et J.L. Chopart.
  Méthodologie d'analyse de la variabilité spatiale de dispositifs agronomiques.
  Communication aux Journées Scientifiques AUPELF-UREF sur l'utilisation rationalle de l'eau des petits bassins versants en zone aride, Ouagadougou (12-15 mars 1990).

* M. Vauclin et G. Vachaud.
  Modélisation des écoulements d'eau dans le milieu naturel : Approche déterministe ou stochastique ?
  Communication aux Journées Scientifiques AUPELF-UREF sur l'utilisation rationalle de l'eau des petits bassins versants en zone aride, Ouagadougou (12-15 mars 1990).

* G. Vachaud, M. Vauclin et R. Laty.
  CARHYD : a computer aided program for field determination of hydraulic conductivity.
  Soil Technology (sous presse).
  On notera qu'une nouvelle version du logiciel a été diffusée auprès des participants au Réseau.

Ministère de l'agriculture
Institut d'Economie Rurale

Division de la recherche agronomique
Section de Recherche sur les Cultures
Vivrières et Oléagineuses

République du Mali
Un Peuple Un But Une Foi

{ M. KAKSHAW
{ S. TRAORE

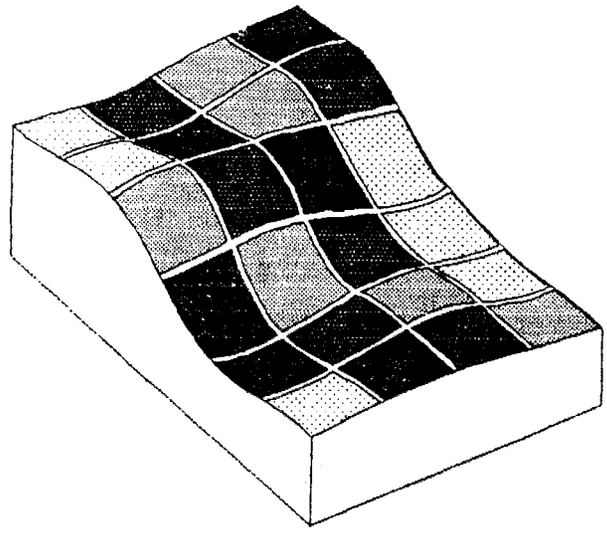
ATELIER PF2 - PARCELLE de BAMAKO

DU 30 AVRIL AU 4 MAI 1990

R3S

DETERMINISME RE LA **PRODUCTIVITE**
DES CULTURES
LIE A **L'ENRACINEMENT, L'ALIMENTATION**
HYDRIQUE ET MINERALE

ETUDE DES RELATIONS
ENTRE LES TECHNIQUES CULTURALES
ET L'ALIMENTATION HYDRIQUE DU MAIS



Contrat : IER - INSAH n°035

ETUDE DES RELATIONS ENTRE LES TECHNIQUES CULTURALES ET L'ALIMENTATION HYDRIQUE DU MAIS.

3.1) RAPPEL DES OBJECTIFS.

L'objectif du programme R3S "techniques culturales" est de préciser les mécanismes qui interviennent dans l'élaboration des rendements, tout particulièrement en condition de sécheresse. Il s'agit d'étudier l'influence de différents facteurs (sol, climat, travail du sol, fertilisation) sur l'enracinement, l'alimentation hydrique et minérale et les rendements des cultures.

Dans le cas du Mali, la culture choisie est Le mais dans le nord de sa zone principale de culture. sur le site de Katibougou (région de Koulikoro).

La première année d'étude a consiste en un essai d'homogénéisation et d'évaluation de l'hétérogénéité de la parcelle. Cette année, 4 traitements et 6 répétitions ont été mis en place sur ce parcellaire.

Tout d'abord, nous présenterons le protocole expérimental de cet essai. Nous analyserons ensuite les rendements obtenus. Enfin, nous aborderons les résultats concernant l'enracinement et le bilan hydrique de cette culture.

3.2) Protocole expérimental

Cette année, quatre traitements très contrastés sont comparés. Ce sont les suivants :

T1 : travail à la daba sans fertilisation
T2 : travail à la daba + fumure minérale vulgarisée
T3 : travail à la daba + 5 T/ha fumier de parc
T4 : labour a la charrue. + fumure minérale + 5 T/ha fumier

Les traitements T1 et T4 sont communs à l'ensemble du réseau R3S.

La furnure vulgarisée est de 100 Kg/ha de complexe céréale avant semis et 150 kg d'urée apportée moitié au démariage et moitié a la floraison. Le complexe céréale et le fumier sont répandus uniformément et enfouis à la. daba avant le semis.

Le dispositif expérimental est constitué de blocs randomisés avec 6 répétitions des 4 traitements. Les parcelles élémentaires mesurent 400 m^2 (20 x 20 m). Chaque parcelle comprend 26 lignes d'environ 81 poquets (écartement 0,8 x 0,25).

Chacune de ces parcelles a été subdivisée en 8 sous sarcelles pour- évaluer le rendement. aux mêmes endroits que l'an passe.

En 1988, l'hétérogénéité spatiale de la parcelle a été caractétisée par l'essai d'homogénéisation. Nous avions mis en évidence une dualité très nette de la fertilité : une moitié de la parcelle était fertile avec un rendement moyen de 1340 kg/ha tandis que l'autre moitié se trouvait à un niveau de fertilité nettement plus faible (813 kg/ha).

En 1989, les 6 blocs ont donc été disposés perpendiculairement à l'hétérogénéité *de façon à obtenir une fertilité du sol aussi uniforme que possible à l'intérieur de chaque répétition.*

La figure n° 1 montre la répartition de la fertilité relative au rendement grain en 1988 ainsi que la disposition des blocs à l'intérieur de l'essai.

D'autre part., la parcelle a été équipée de manière à suivre le bilan hydrique de la culture.

En 1989, chacune des 24 parcelles a été équipée d'un tube d'accès neutronique en PVC sur une profondeur utile de 3,5 mètres. Les mesures ont été régulières dès la réception de la sonde à neutrons SOLO 25.

Seuls deux traitements ont. pu être équipés, en août 1989, d'une série complète de tensiomètres. Le *reste* de l'installation se fera avant l'hivernage 1990. Les mesures effectuées journalièrement ne portent donc que sur les traitements T3 et T4.

Enfin, pour aborder la dynamique de croissance du système racinaire, des fosses ont été réalisées sur les différents traitements au cours de la saison.

3.3) RESULTATS

3.3.1) **Calendrier cultural** et principaux stades phénologiques.

Le calendrier des opérations culturales est donné dans le tableau n° 1 et les dates d'apparition des principaux stades phénologiques observes sur chaque traitement sont donnés dans le tableau n° 2.

Tableau n° 1 : Calendrier cultural

Epandage du fumier	01/07/89
Labour des traitements T4	09/07/89
Semis	13/07/89
Ressemis	28/07/89
1er sarclage	27/07/89
2em sarclage et apport d'engrais	08/08/89
3em sarclage et buttage	31/08/89
Récolte	02/11/89

Tableau n° 2 : Principaux stades phénologiques par traitement.

	TRAITEMENTS			
STADES	T1	T2	T3	T4
Semis	<---------- 13/07/89 ---------->			
10 feuilles	2/09/89	06/09/89	15/09/89	01/09/89
50 % FL.M	17/09/89	10/09/89	15/09/89	02/09/89
50 % FL.F	26/09/89	23/09/89	24/09/89	15/09/89
Grain pâteux	10/10/89	05/10/89	07/10/89	02/10/89
Récolte	<---------- 02/11/89 ---------->			

3.3.2) Rendements.

L'emplacement et le rendement grain moyen (kg/ha) de chaque parcelle sont donnés dans le tableau n° 3.

Tableau n° 3 : Emplacement des traitements et rendements moyens des parcelles élémentaires en poids grain (kg/ha) pour l'année 1989.

Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 6
T2 849	T3 778	T1 245	T1 146	T1 83	T1 304
T1 352	T1 573	T3 594	T2 905	T3 363	T3 269
T4 1497	T2 1161	T4 1819	T3 104	T2 806	T2 802
T3 922	T4 1882	T2 1161	T4 1542	T4 1674	T4 1368

3.3.3) Analyse de la variance.

Le tableau n° 4 donne les résultats de l'analyse de la variance sur le rendement grain, le rendement paille, la matière sèche et le nombre de poquets récoltés (poquets/ha).

La comparaison des traitements a Qté réalisée avec le test de NEWMAN-SEULS au seuil de 5%.

Les traitements T1 et T3 (témoin 0 et apport de fumier) ne sont pas significativement différents. Les traitements T2 et T4 (engrais seul et labour + engrais + fumier) apparaissent nettement différents avec des moyennes respectives de 1028 et de 164'7 kg de grain par hectare.

Les rksultats sont identiques en ce qui concerne la matière sèche, le poids des pailles et le nombre de poquets à la récolte.

Dans tous les cas, l'essai est très hautement significatif (inférieur au seuil de 0,1 %).

Tableau n° 4 : Résultats de l'analyse de la variance

	Poquets/ha	Matière sèche kg/ha	Rdt.Paille kg/ha	Rdt grain kg/ha
T4	45006 A	6351 A	3738 A	1647 A
T2	42430 B	4591 B	2891 B	1028 B
T3	37343 c	2147 C	1333 c	486 C
T1	37141 c	1626 C	1063 C	280 C
Moyenne	40480	3679	2257	860
Ecart type résiduel	1978	674'	385	196
C.V.	5 %	18.3 %	17.1 %	22.8 %
F	23.14 ***	63.9 ***	65.8 ***	58.3 ***

3.3.4) Prise en compte de l'hétérogénéité spatiale. Analyse de la covariance.

Nous avons vu que l'agencement des blocs sur le terrain a été réalisé en fonction de notre connaissance de l'hétérogénéité initiale de la parcelle.

Cette démarche améliore sensiblement nos résultats, En effet, le rapport des variances résiduelles entre l'essai s'il avait été étudié en randomisation totale et l'essai en blocs randomisés prend la valeur 1,56 : le gain de sensibilité dû à la subdivision en blocs peut donc être estimée à environ 50%.

Nos résultats peuvent encore être affinés en utilisant l'analyse de la covariance. En effet, cette méthode a été initialement mise au point pour augmenter la précision d'une expérience. Il s'agit d'introduire une covariable, c'est à dire une mesure faite sur chaque unité expérimentale avant que les traitements ne soient appliqués. Dans notre cas, la covariable pourra prendre la valeur des différents termes du rendement de l'essai à blanc.

L'hypothèse de départ de l'analyse de la covariance est qu'il existe une relation linéaire entre les résultats de l'essai et la covariable.

Il s'agit d'éliminer les effets de cette dernière pour mieux analyser les facteurs contrôlés du dispositif expérimental. Le rôle de la covariable est, dans ce cas, analogue à celui de l'effet bloc dans **l'analyse de** la **variance.**

L'ajustement des moyennes de chaque traitement.. est réalisée par la formule :

$$Ya_i = Y_i - b(X_i - Xmoy)$$

Où Ya_i est la moyenne ajustée du traitement i
Y_i est la moyenne du traitement i
X_i est la moyenne de la covariable pour le traitement i
Xmoy est la moyenne générale de la covariable
b est la pente de la droite de régression de Y sur X

Le tableau n° 5 présente les moyennes des rendements grain de 1989, ajustées par l'analyse de la covariance, en prenant successivement comme covariable le rendement grain, le rendement paille et la matière sèche obtenus en 1988 sur l'essai d'homogénéisation.

Tableau n° 5 : analyse du rendement grain (kg/ha) par la covariance, moyennes ajustées en fonction de rendement grain, matière sèche et paille de l'essai d'homogénéisation.

Moyennes Rdt grain 1989	Ajustement Rdt grain 88	Ajustement mat.sèche 88	Ajustement Paille 1988
T4 1647	1644	1596	1572
T2 1028	1013	998	1008
T3 486	457	466	471
T1 280	326	380	388
Efficacité de la covariance	**0.95**	1.62	2.08
Ecart type résiduel	201.5	154.3	136.3
C.V.	23.4 %	17.9 %	15.8 %
F	57.9	77.3	91.3

L'efficacité de la démarche est mesurée par la comparaison des variances résiduelles des deux analyses (variance et covariance). Une efficacité relative de l'ordre de 2 (cas de l'utilisation du poids des pailles comme covariable) signifie un gain de précision comparable à celui qui aurait été obtenu en doublant le nombre de répétitions, c'est à dire en portant le nombre de blocs de 6 à 12.

Les rendements en matière sèche et en poids des pailles sont les covariables les plus représentatives de la fertilité des parcelles.

L'utilisation du poids des pailles en particulier provoque une augmentation du F de 58,3 à 91,3. La figure n° 2 montre qu'en effet, la répartition des blocs de l'essai prend moins en compte le gradient du poids des pailles de 1988, il existe une variabilité intra-bloc que l'analyse de la covariance corrige.

La faible valeur explicative du rendement grain 1988 se justifie, en partie, par une bonne prise en compte de l'hétérogénéité initiale dans la répartition des blocs (figure n° 1). Il y a en fait redondance entre les informations apportées par l'effet bloc et celles apportées par l'analyse de la covariance.

La linéarité de la relation entre le rendement en paille de l'essai à blanc et celui du rendement grain de 1989 est illustré pour chaque traitement dans la figure n°3.

L'hypothèse de base de l'analyse semble vérifiée dans la mesure ou l'on obtient des relations linéaires de pente similaire et d'ordonnées à l'origine différentes.

Notons que dans le cas du traitement T4 (labour t engrais t fumier) la relation diverge sensiblement. L'effet de ce traitement est moins lié à la fertilité initiale que dans les autres cas.

Si l'écart entre les traitements T4 et T2 reste important (564Kg), on notera une nette diminution de l'écart entre les traitements T1 et T3 qui passe de 206 à 83 Kg/ha.

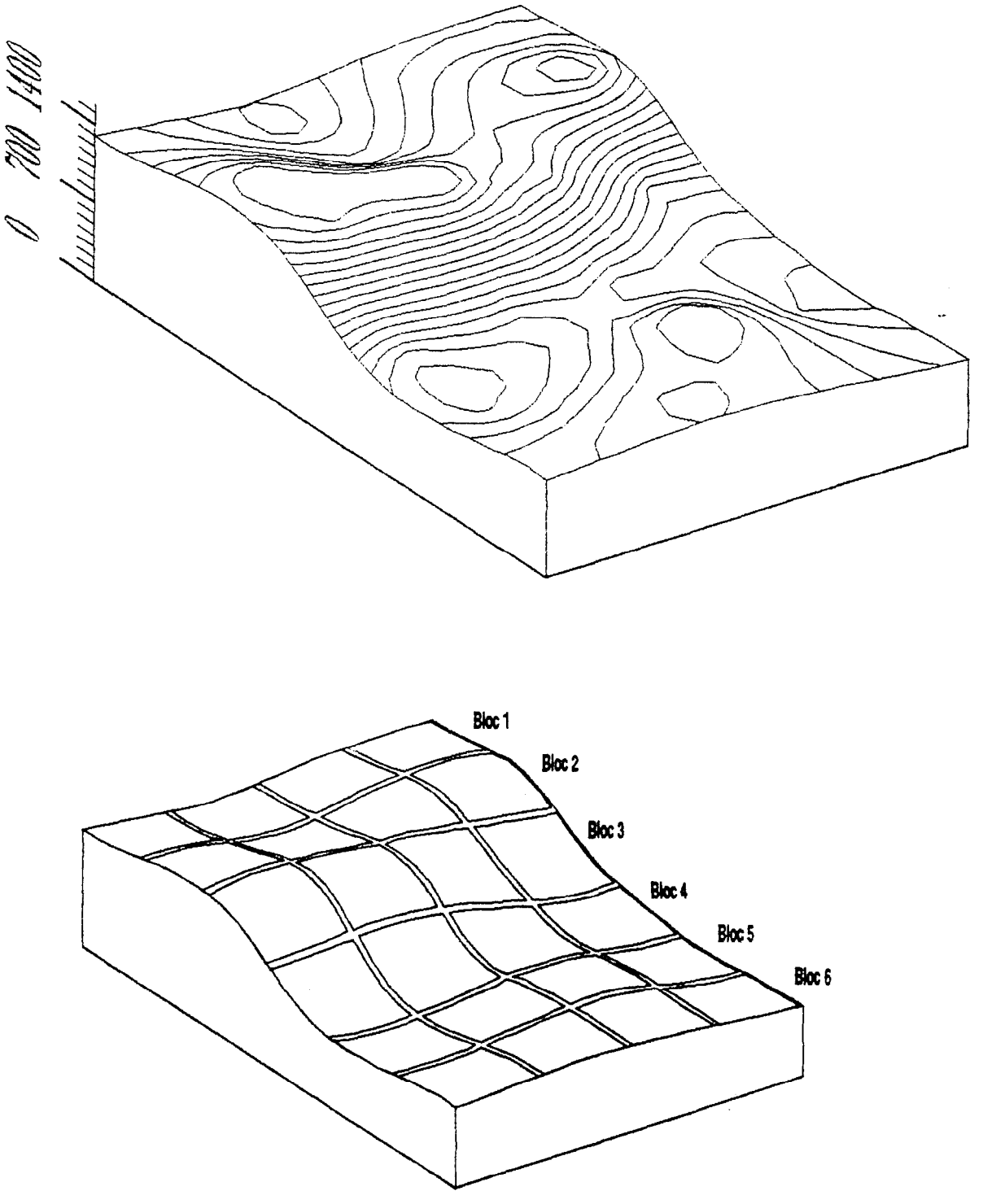


Figure n° 1 - Cartographie du rendement grain (kg/ha) de l'essai d'homogénéisation. Emplacement des 24 parcelles en 6 blocs et 4 traitements.

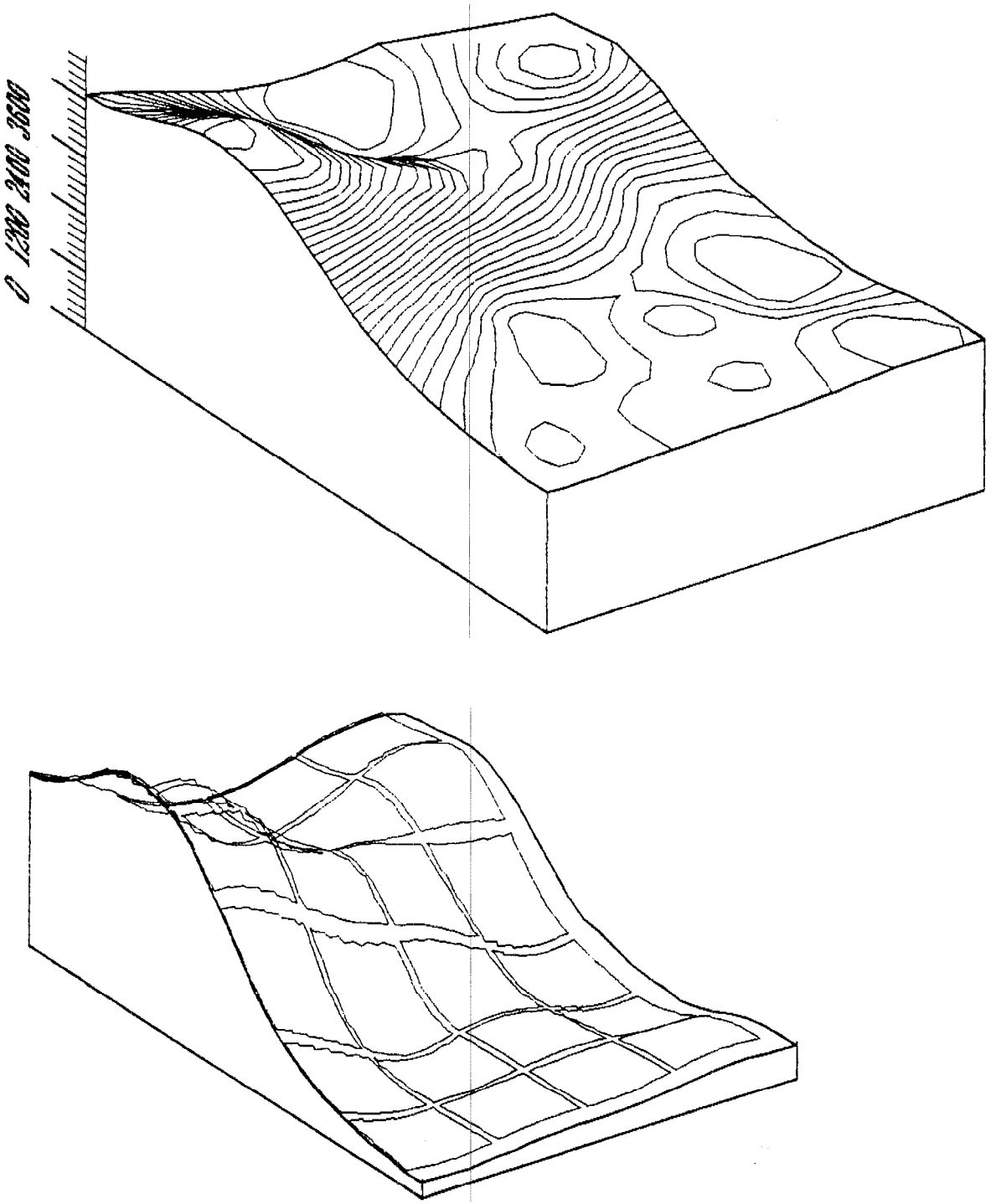
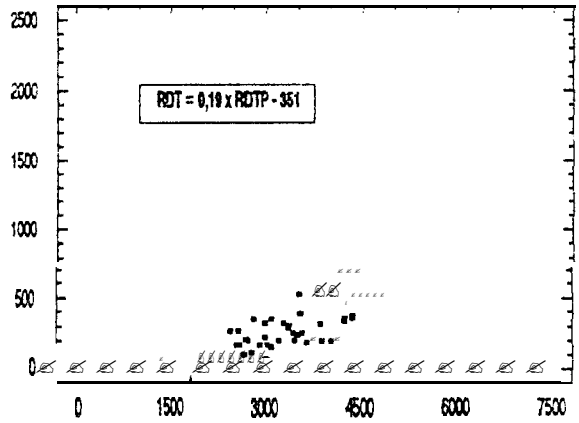
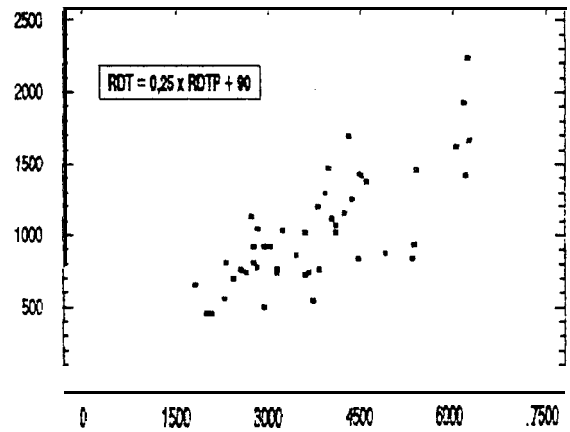


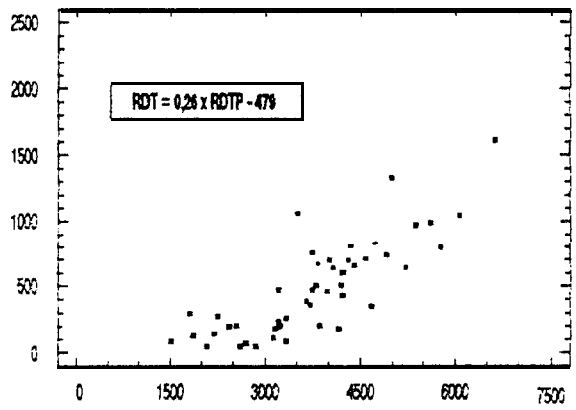
Figure n° 2 : Cartographie du rendement en paille sur l'essai d'homogénéisation. Emplacement des 24 parcelles en 6 blocs et 4 traitements.



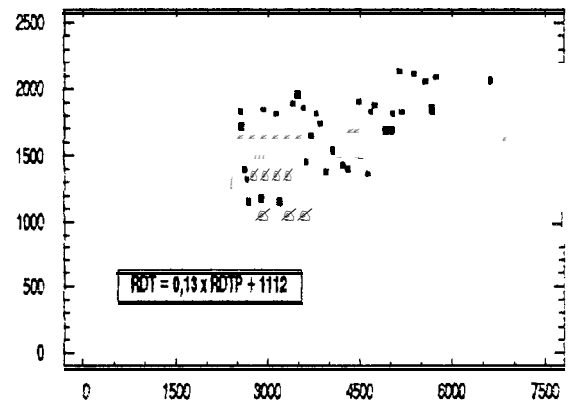
Traitement 1 : T0



Traitement 2 : Engrais



Traitement 3 : Fumier



Traitement 4 : Labour + engrais + fumier

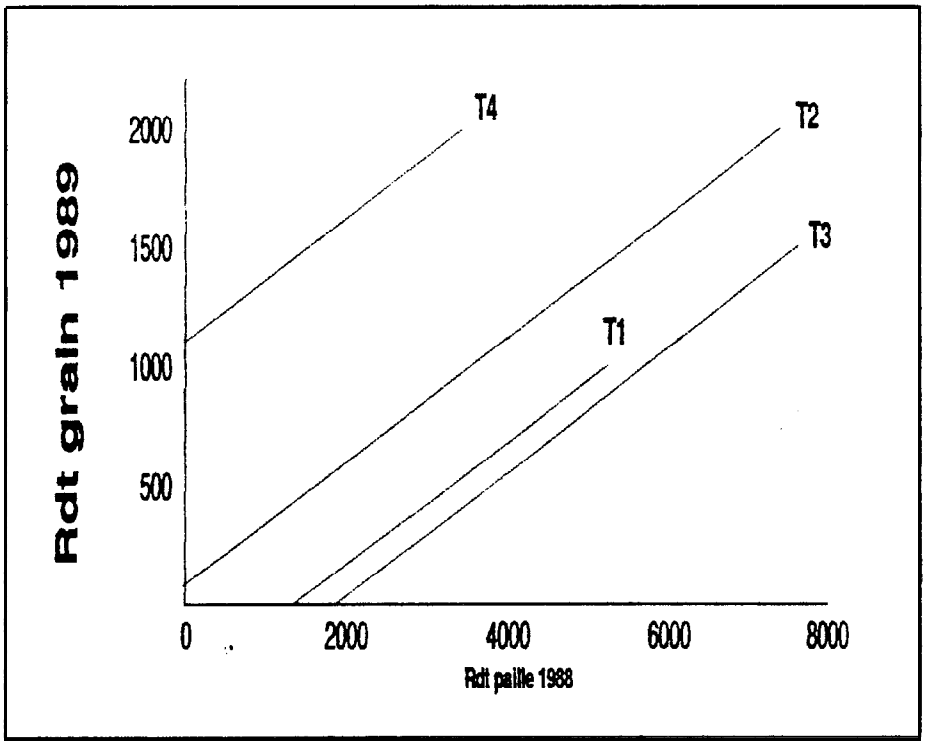


Figure n°3 - Relation entre le rendement paille 1988 et le rendement grain 1989

3.4) uivi racinaire

Le suivi de l'enraci ement a été réalisé dans le but de mieux cerner la zone réel ement exploitée par les racines et de voir 1' impact des d: 'férents traitements. Cette étude correspond à une des préc :cupations du réseau qui cherche à determiner comment en i :ervenant sur l'enracinement, les techniques cul turales SC t susceptibles d e sécuriser la production vis à vis du st: ss hydrique.

a) Méthode

Des fosses sont creu ées perpendiculairement à la ligne du semis sur des paquets dont l'appareil aérien reflète la moyenne du champ. On utili e des grilles (50cmx30cm) maillées en carrés de 5 cm de côté.

L a première grille st placée au sommet d u profil e n faisant coïncider le mi l ie de l'interligne avec un des bords de la grille. Le5 raci ne sont dégagées a l'aide d'un jet d'eau et le nombre de raci es obse r vées dans chaque carré est noté. Les gril les. suivante sont placées de plus en plus bas. les mesures s'arrêtent ï rsque deux lignes successives ne présentent aucune racine.

Les fosses ont été éal isées à 5 dates échelonnées au cours de la saison de açon à aborder la dynamique de croissance du svs tème rac naire (prof ondeu r e t densité). Les observations ont e u lieu u trentième jour à l a r é c o l t e. A chaque date. 2 ou 3 pr fils ont été faits pour chaque traitement.

b) Résultats

La colonisation du s 31 par les racines du maïs s'est faite principalement dan les horizons -superficiels, Ce caractère se maintient sur route la durée des observations. La colonisation des horizons lus profonds se fait lentement et de façon peu intense. Le -ont atteint une profondeur de 90-110 cm au cinquantième j ur et presque 2/3 du total des racines sont dans les 20 pi miers centimètres.

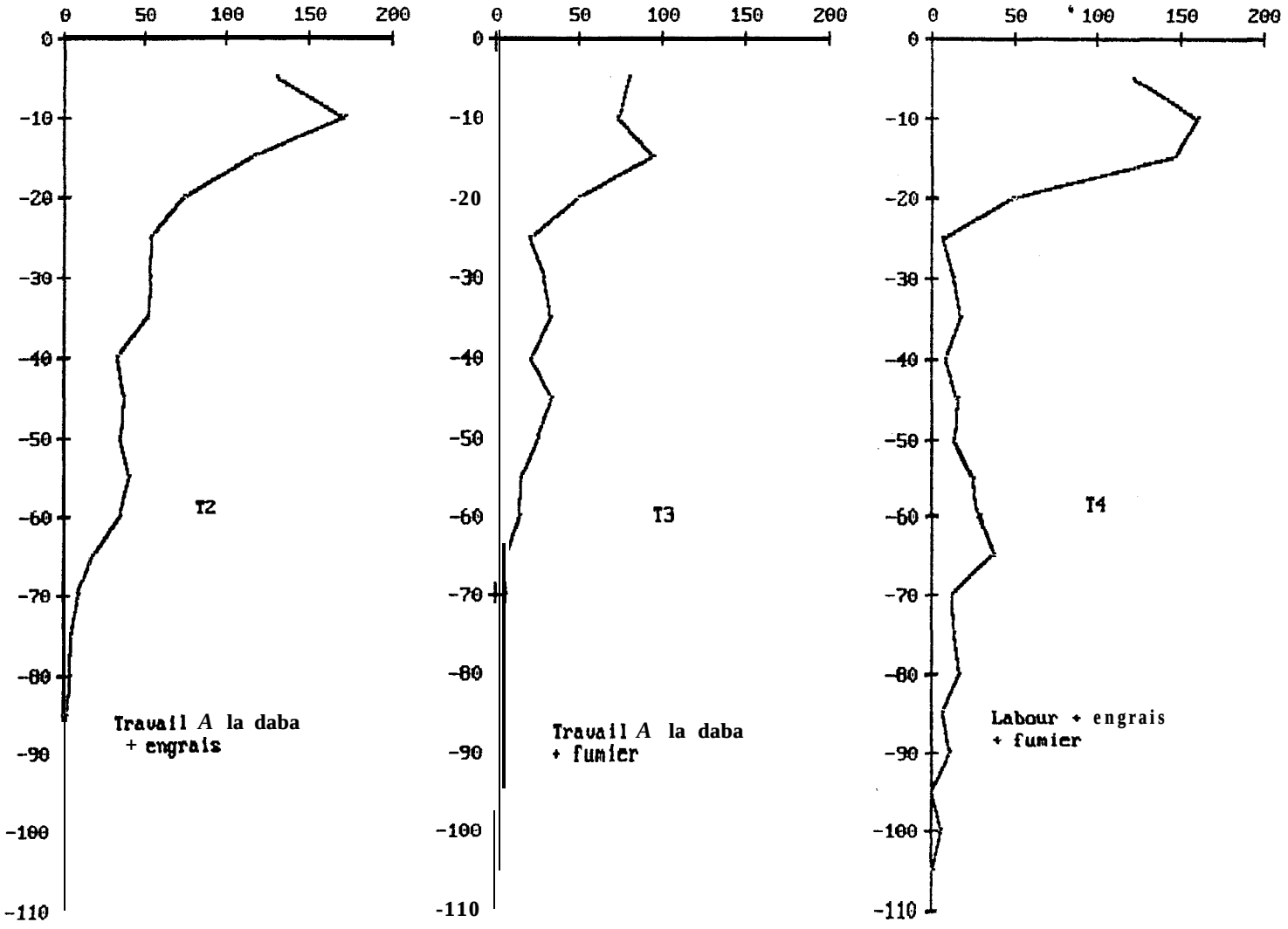
En terme de dynamique de l'enracinement on* retiendra des vitesse de croissance de 'ordre de 1 cm/j les 30 premiers jours et de 3 cm/j jusqu'au soixantième jour.

Le petit nombre de fosses ouvertes a. chaque mesure ne nous permet pas de réaliser une analyse statistique significative des différences entre traitements , Nous nous limiterons donc à quelques observations.

La figure n° 4 mont.re que la profondeur maximale d'enracinement varie peu d'un traitement à l'autre. En revanche, la densité des racines semble être influencée par les traitements. Elle est plus faible pour les traitements T1 et T3 (travail à la daba avec et sans fumier) que pour les traitements T2 et T4 (daba + engrais et labour + engrais + fumier).

Ces deux derniers traitements se différencient surtout par la répartition des racines sur le profil. plus homogène pour le travail à la daba que sur le traitement labouré ou l'on note une plus grande concentration des racines en surface.

Figure n° 4 : Profils racinaires réalisés 60 jours après semis sur les traitements T2 (daba + engrais), T3 (daba + fumier), T4 (labour + engrais + fumier).



3.5) Analyse du bilan hydrique.

3.5.1) Situation climatique.

Avec un total de 695 mm , la pluviométrie de 1989 peut sembler faible (pluviométrie moyenne annuelle de 800 mm).

Cependant , la répartition des averses dans le temps a été bonne et, excepte la seconde décade du mois d'août, aucune période de fort déficit hydrique ne s'est manifestée (figure n° 5).

3.5.2) Suivi tensiométrique.

La figure n' 6 présente l'évolution de la charge hydraulique pour les tensiomètres installés à 30 et 130 cm de profondeur (traitement T4).

En surface, la charge hydraulique reste faible (inférieure à 200 mb) puis augmente (en valeur absolue) à partir de début octobre. La courte pet-iode pluvieuse de la première décade d'octobre, provoque la chute de ia charge hydra.u1ique qui remonte progressivement pour atteindre 1e dec rochement début décembre.

En profondeur, la charge hydraulique reste constante et faible tout le long de ia saison.

CES résultats, incomplet du fait de l'installation tardive du matériel. montrent cependant l'absence de stress hydrique important au cours du cycle de culture du maïs. On peut donc supposer que 1' humidité du sol n'a pas été un facteur limitant pour la croissance du maïs à Katibougou cette année.

Les profils tensiométriques (tensiomètres placés à 30, 50, 70, 90 et 130 cm de profondeur) indiquent une dynamique de drainage jusqu'au début septembre (augmentation des charges hydraulique avec la profondeur).

L'exploitation plus fine de ces résultats par le calcul des flux drainants ne pourra être réalisée qu'après l'établissement des courbes de conductivité hydraulique du sol non saturé. Cette étude est prévue avant l'hivernage 1990.

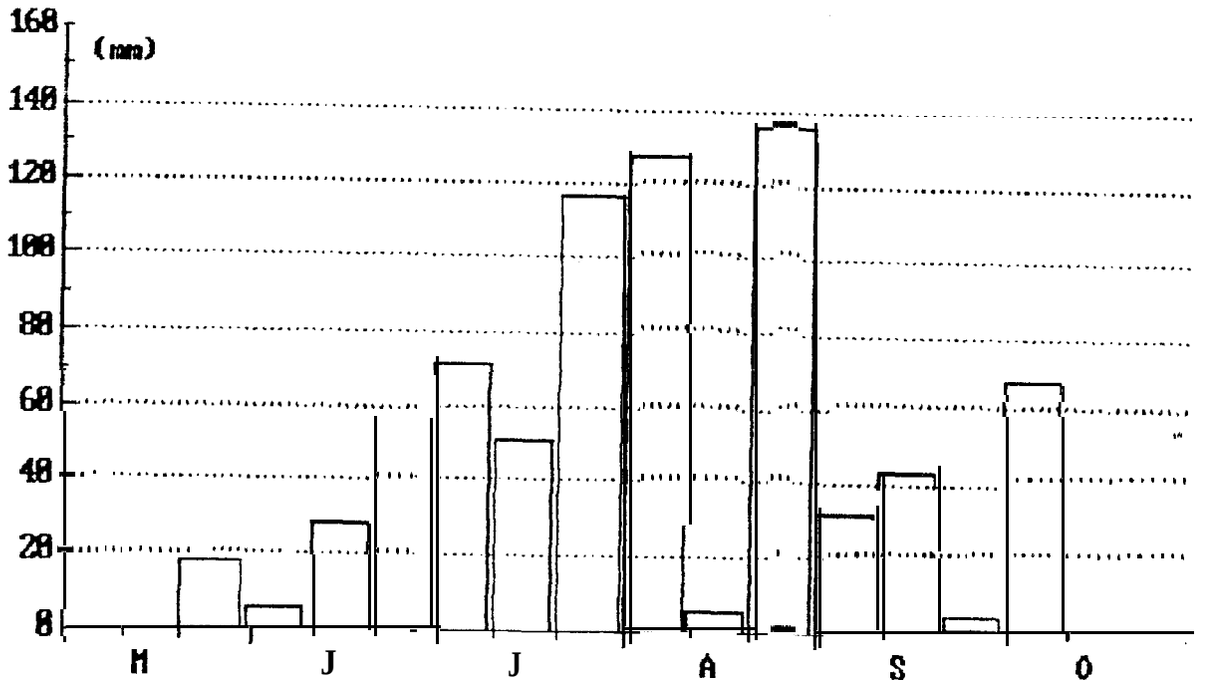


Figure n° 5 - Pluviométrie décadaire à Katibougou en 1989.

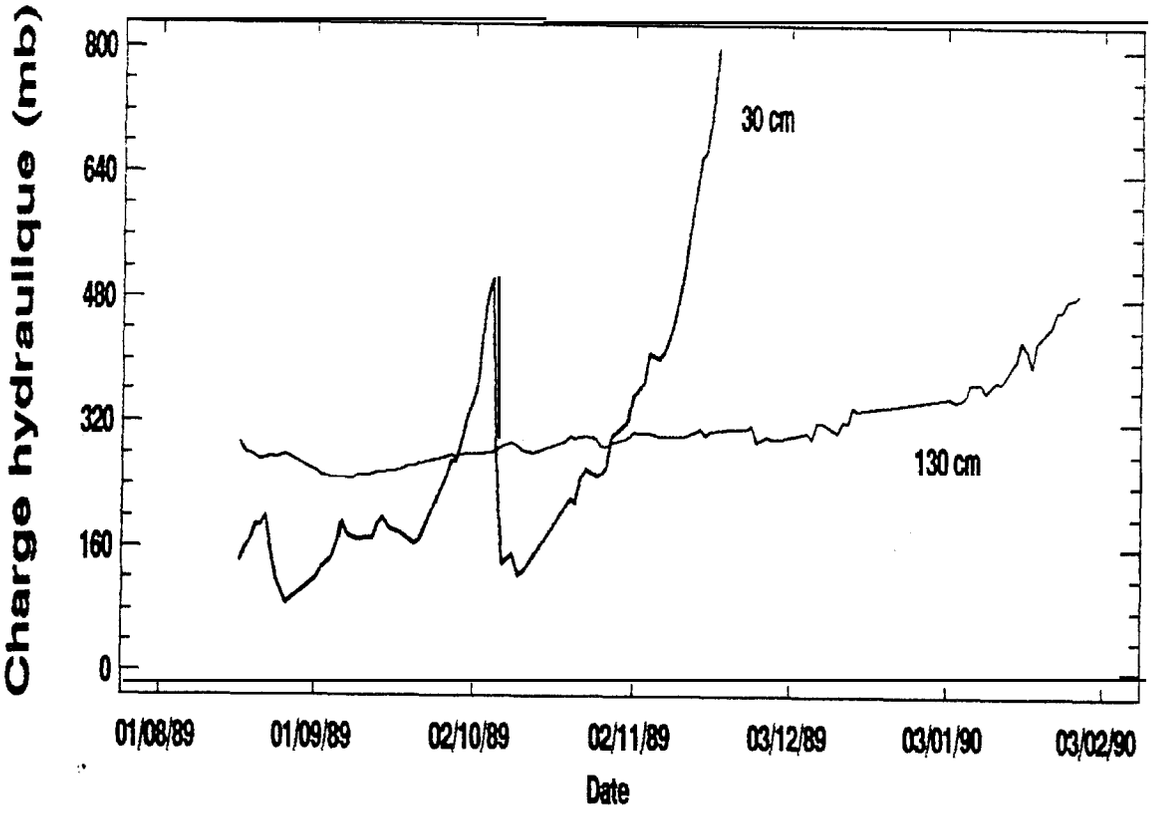


Figure n° 6 - Evolution de la charge hydraulique (mesures tensiométriques)
Traitement T4 - Katibougou 1989.

3.5.3) S i v i neutronique.

5.3.1) Etalonnage de la sonde à neutrons.

L'étalonnage d e l a onde a neutrons a été réalisé a u début et au cours de l'hiv -nage à partir de prélèvements à la tarière. Plais ce n'est qu en novembre 1989 que la réparation de notre sonde gammamètri ue (type SOL040) nous a permis de prendre en compte la densi é apparente du sol a proximité des tubes.

Les résultats nous amènent a envisager deux droites d'étalonnages distinctes e fonction de la profondeur (figures 17 ° 7 e t 8).

de la surface à 60 cm de p t-of ondeu r

HV = 0.058 x N + 3.57 r : 0.82 14 mesures

a partir de 70 cm :

HV = 0.082 x N - 5.07 r = 0.93 89 mesures

3.5.3.2) Evolution des stoc s, comparaisons entre traitements

La figure n° 9 ret ace l'évolution du stock hydrique mesu ré sur un nietre de profondeur pour le traitement T4 (points) campa ré au stoc obtenu par simulation du bilan hydrique (trait continu).

E n règle générale, lstock hydrique reste constant et élevé durant la saison de ulture, il ne baisse que légèrement au cours de la période sèch de la seconde décade d'août.

La phase de remplis: ge du stock hydrique semble moins rapide que celle obtenu p la simulation du bilan hydrique. Qn peut suppose que ce éficit de remplissage correspond à des pertes par ruisselleme t en début de campagne lorsque la végétation n'est pas encor développée. Le démarrage récent du cycle de mesure ne nous p -met pas encore de conclu re sur ce sujet.

A la fin du mois d'ac t, la sonde a enregistré une courte remontée de la nappe entre 3 et 3,5 mètre de profondeur. Etant donné sa profondeur, cette emontée d'eau n'a certainement pas joué de rôle au niveau du b lan hydrique du maïs.

La comparaison des traitements s'avère délicate dans la mesure où seule l'étude d'une dynamique de dessèchement permet d'aborder les différences de consommation hydrique.

A ce niveau seules deux périodes sèches (mi août et fin septembre) permettent d'étudier la dynamique de desséchement.

Le tableau n° 6 donne par traitement les pertes en eau observees durant la première période (du 14 au 22 août).

Les différences observées ne sont pas significatives (seuil de 10 %) mais ce résultat illustre le dessèchement plus poussé pour le traitement complet (T4).

Tableau n° 6 - Pet-tes en eau moyennes par traitement sur la période allant du 14 au 22 août.

Traitement	1	2	3	4
Pertes en eau (mm j	10,6	15,1	12,1	18,8

En négligeant les pertes par drainage durant cette période, on aboutit a un rapport ETR/ETP variant. de 0,6 à 0,8.

Ce rapport semble faible et découle probablement du développement végétatif assez réduit. Le tableau n° 7 donne par parcelle la taille des plants à la récolte et le tableau n° 8 donne les résultats de l'analyse de la variance pour ces valeurs. Les différences sont hautement significatives. On peut donc supposer que les différences de consommation hydriques découlent de la surface foliaire développée.

La seconde pé t-iode de sécheresse, au moment de la maturation des grains ne donne pas de différences significatives entre les traitements,

Ce type de résu1 ta t peut sembler décevant par ses imprécisions. En fait, il est toujours très difficile par la méthode neutronique d'aboutir a des résultats significatifs sur un essai agronomique. Cette méthode est surtout adapté à la comparaison de comportements bien différencies en conditions hydriques limi tantes. Ce dernier point ne se trouve pas vérifié à Katibougou car la pluviométrie de cette année a été bonne.

Tableau n° 7 - Taille moyenne en cm des plants à la récolte par parcelle.

	TRAITEMENTS				
	T1	T2	T3	T4	MOYENNE
BLOC 1	115	170	132	191	152
BLOC 2	126	158	147	195	157
BLOC 3	109	79	130	196	153
BLOC 4	75	164	78	183	125
BLOC 5	76	136	100	205	129
BLOC 6	95	146	89	180	127
MOYENNE	99	159	113	192	141

Tableau n° 8 Analyse de la variance sur la taille des plants à la récolte

T1	99 cm	A
T3	113 cm	A
T2	159 cm	B
T4	192 cm	C

CV = 10 %
F = 49,71 ***

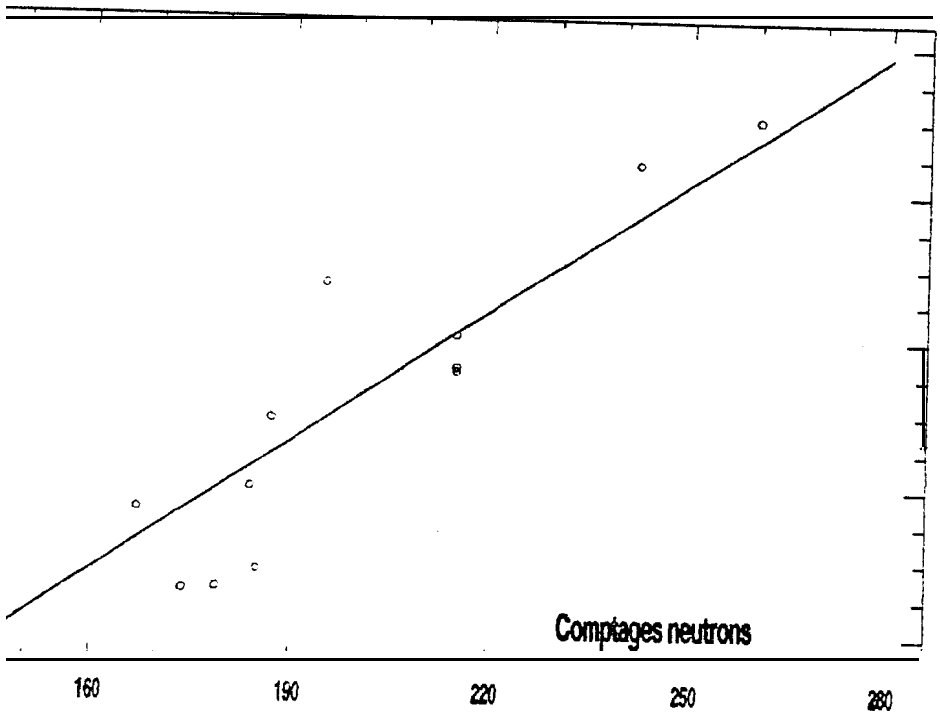


Figure n° 7 - Etalonnage de la sonde SOLO 25 en surface (0-50).
Site de Katibougou.

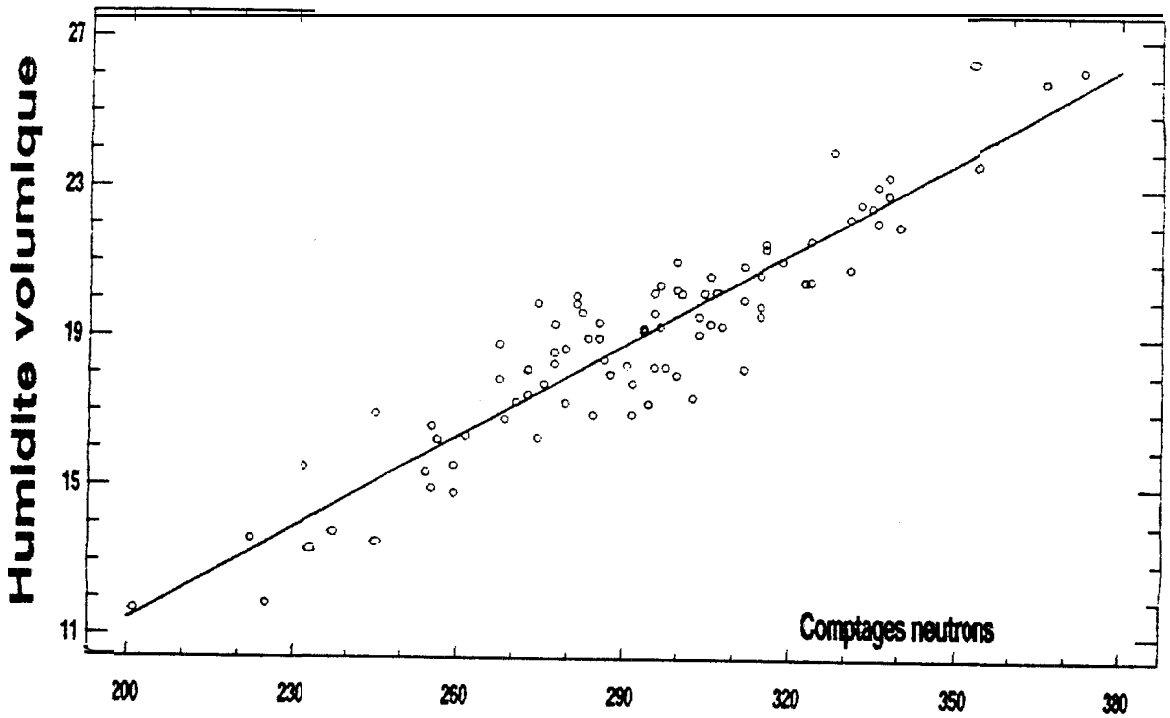


Figure n° 8 - Etalonnage de la sonde solo 25 en profondeur.

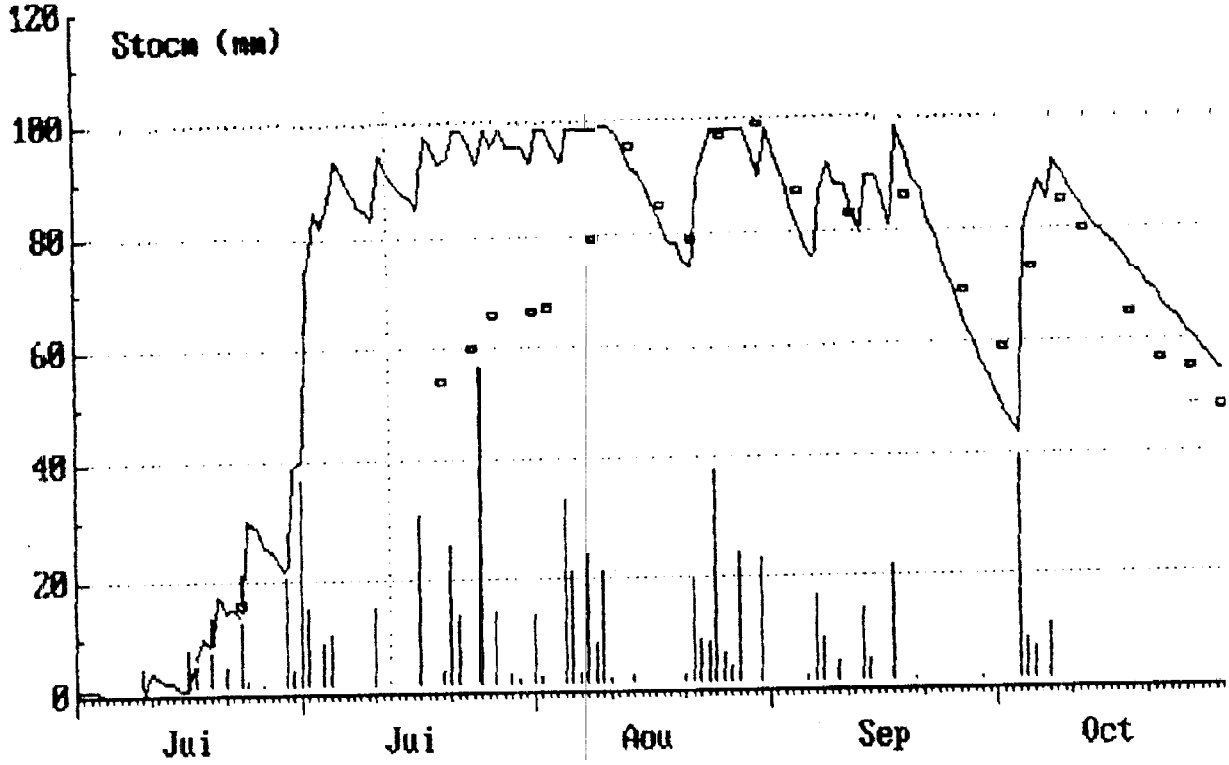


Figure n°9 - Bilan hydrique du maïs à Katibougou.
Evolution du stock simulé (trait plein), du stock mesuré (points)
et pluviométrie journalière.

3.6) CONCLUSION

Un des résultats essentiel de cette étude est le mise en évidence de 1 'importance de 1 'hétérogénéité spatiale sur- les résultats d'un essai agronomique.

Pour des essais subissant des fertilisations élevées, l'importance des rendements masque cette hétérogénéité. En revanche, dès que 1'on s'intéresse à des milieux de faible fertilité 1 'erreur due aux Variations spatiale devient grande par rapport aux rendements des diff érents traitements.

La solution proposées dans le cadre du réseau R3S (réalisation d'un essai à blanc) permet d'éliminer, en partie, cette source d'erreur. Il. devient alors possible d'aborder. des problèmes aui 3utrement serait très difficile à résoudre.

Ce résultat permet d'élargir le champ de recherche à des sujets généralement négligés, il devient possible de monter des essais avec des niveaux de fertilité comparable à ce qui existe en milieux paysans. C'est, par exemple, le problème de la sélection variétale dont les résultats sont généralement obtenus dans des bonnes conditions de fertilisations ce qui provoque des échecs lors du transfert des variétés en milieu paysans isolément du "paquet technologique" dans son intégrité.

Voi la pou r quoi la méthodologie conseillée dans le cadre du réseau R3S "Techniques cul tu rales" a été appli quét , cette année, en deux au tres sites au Mali, à Koporo sur mil (région nord) et. à Samanko sur sorgho (région centre). Les résul tats des essais à blanc sont donnés sur les figures 10 et 11. Sur le site de KOPORO en particulier sera mené, dans le cadre du réseau ESPACE, un essai de comparaison de différentes variétés à deux niveaux de fertilisation.

L'effet propre du labour est difficile à quantifier car nous n'avons pas, ici, un essai factoriel. Toutefois sur le terrain son effet à été particulièrement visible en début de cycle. La levée a été plus précoce et nettement plus homogène sur les parcelles labourées. En conséquence le nombre de poquets dénombrés à la récolte est supérieur (Cf tableau n° 4). L'installation plus rapide de la culture à probablement favorise le développement végétatif sous 1 abou r comme le montre les 10-15 jours d'écart qui séparent le traitement labouré des autres traitements sur la période séparant le semis du stade 10 feuilles (Cf tableau n° 1).

Le labour- et l'apport d'engrais provoquent une augmentation du nombre de racines avec une répartition plus superficielle dans les parcelles labourées.

Une des questions posées était de savoir dans quelle mesut-e les techniques culturales Etudiées, peuvent, en conditions de sécheresse, sensibiliser La plante au stress hydrique ou au cOnt1-aire sécuriser la production . Avec la pluviométrie favorable de 1989 , il est difficile de conclure sur les interactions entre les traitements, 1 'enracinement. et le bilan hydrique du maïs.

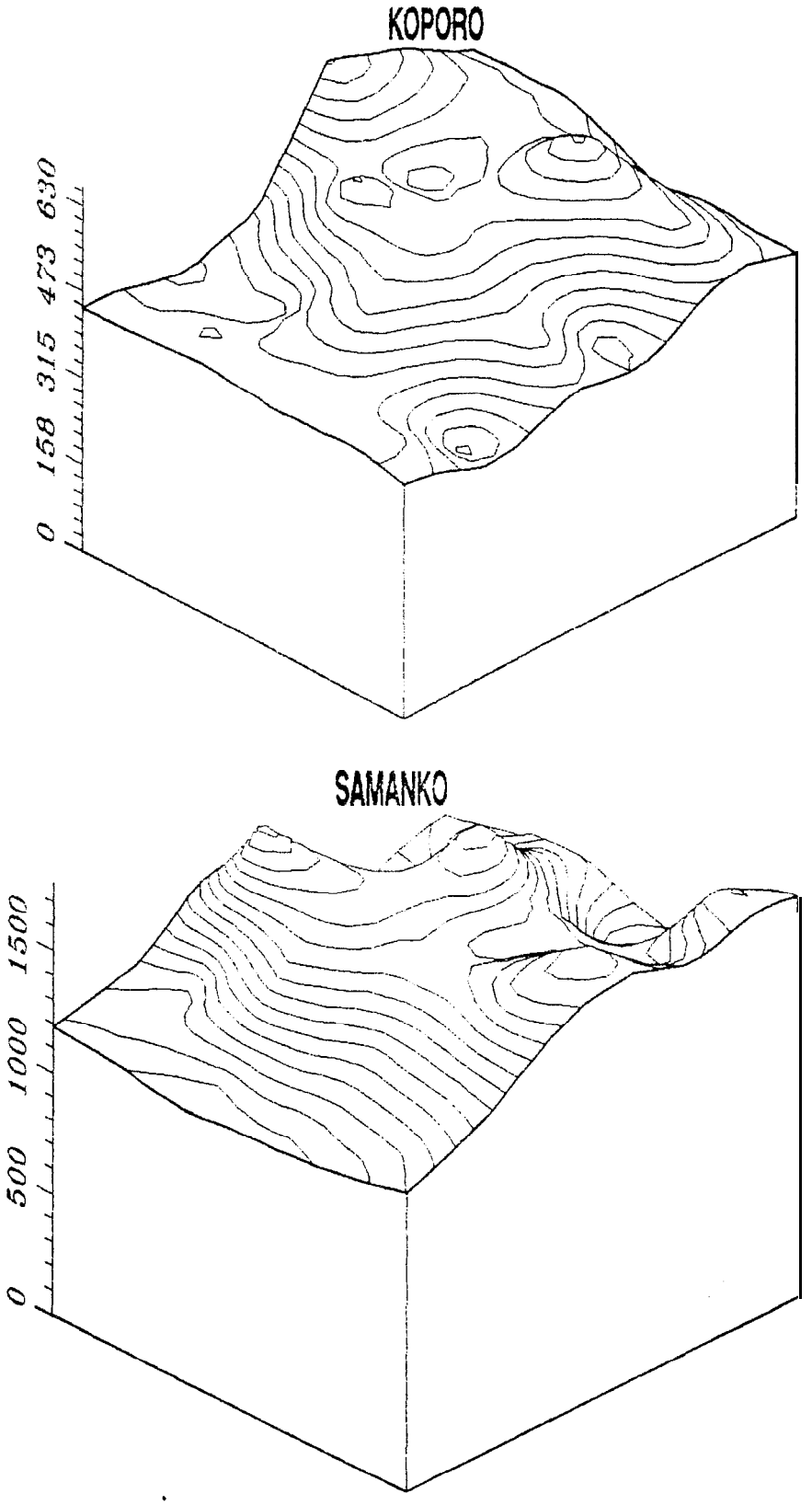


Figure n° 9 - Catographie du rendment grain (Kg/ha)
sur les essais d'homogénéisation de Koporo et de Samanko,

Interaction between Roots - Phosphorous - Water in respect to uptake

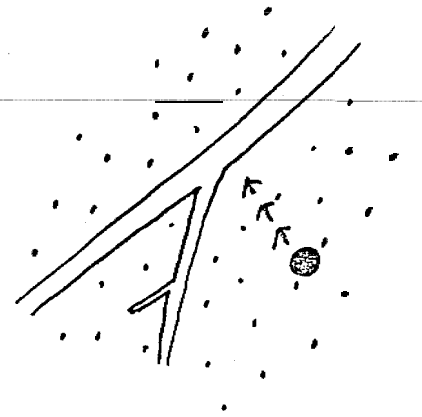
Marschner / Vetterlein Institut of Plant Nutrition
University of Hohenheim, W-Germany

- uptake parameters
  - → phosphorous
  - → water
  - → roots

- measures of influencing uptake
  - → P placement

- effectiveness of P placement in pot culture under different modes of water supply

- for uptake 3 factors must be present simultaneously
  - → something to be taken up, P
  - → absorbing surface, Root
  - → medium for transport, Water



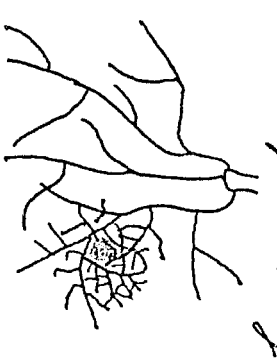
- each of these 3 factors can be modified and thereby the rate of uptake

Phosphorous	Water	Roots
• form	• precipitation	• size
• concentration	- intensity	• distribution
• mobility	- distribution	• surface area
• distribution	• soil	• hydraulic conductivity
• total amount	- infiltration	• rhizosphere
	- storage capacity	- depletion zone
	- hydraulic conductivity	- pH-change
		- exudation
		- microorganisms
⇒ <u>easy</u> to manipulate	⇒ <u>very difficult</u> to manipulate	⇒ <u>difficult</u> to manipulate

<u>P-placement (soluble form)</u>

- increased P concentration
- increased P mobility
- increased root length density

⇒ shorter diffusion pathway



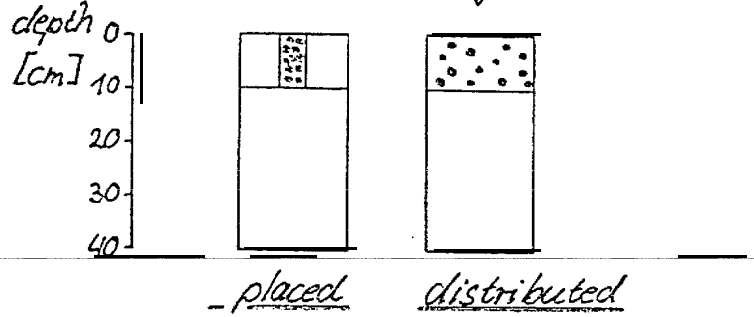
<u>aim:</u> higher uptake rates with the same amount of fertilizer

<u>Often not successful in dry areas - why?</u>

- portion of roots in the area of placement to small
- high root density → high water extraction → dry soil
- root length density and P mobility not limiting for P-uptake

Efficiency of P placed versus P distributed in the top soil under different modes of water supply

- pearl millet (Pennisetum americanum) ICH 412
- P fertilization: 106 mg superphosphate / pot



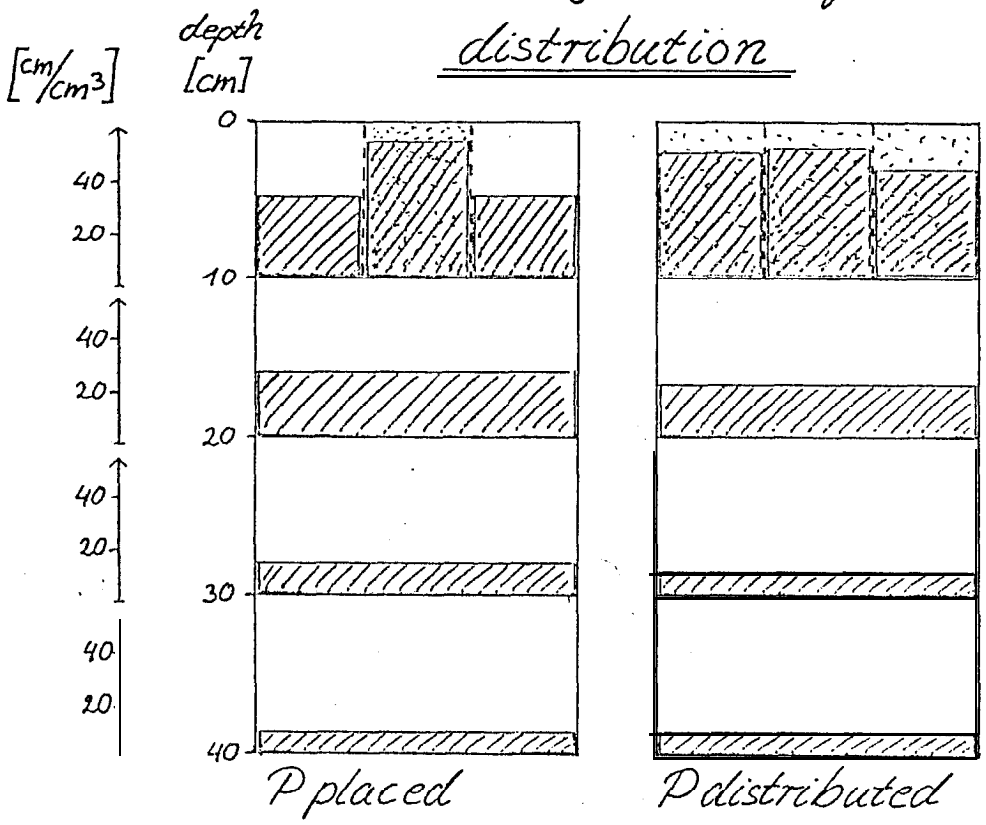
- modes of water supply
  - ample water supply from the topsoil throughout the whole experiment → "regular rainfall"
  - ample water supply from the subsoil beginning after the first sampling (day 26) → "erratic heavy rainfall"
  - periodical drought stress beginning after the first sampling (day 26) → "irregular rainfall"

- soil

  dystric Regosol from Sadoré, Niger
  - 90 % sand
  - 0,3 % org. matter
  - 3 ppm Bray P
  - 50 % Al saturation
  - CEC 8,6 me / kg
  - δ 1,6 g / cm³
  - pH ($CaCl_2$) 4,3

- 3 plants per pot
- 8 l root boxes (43 × 17,5 × 10)
- sampling: day 26 and day 47 after planting

root length density distribution



⇒ no significant difference between P placed and P distributed

water supply from the top soil

⇒ no significant difference between P placed and P distributed

without placement:

root length density 49 cm/cm³

inter root distance 1,2 mm

diffusion zone ~ 2 mm

⇒ competition between roots, root length density not limiting for uptake of P.

in the field:

root length density 20 cm/cm³

inter root distance 2,1 mm

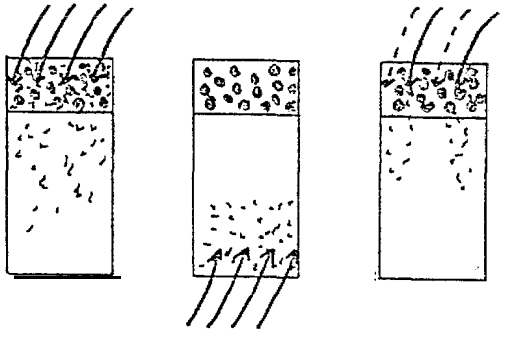
⇒ root length density of pearl millet is most probably not limiting for P uptake from the top soil under field conditions

P placement in the subsoil ?

(9)

Influence of the mode of water supply on P uptake and root growth

from day 26:



→ periodic drought stress reduced shoot growth by 30 %

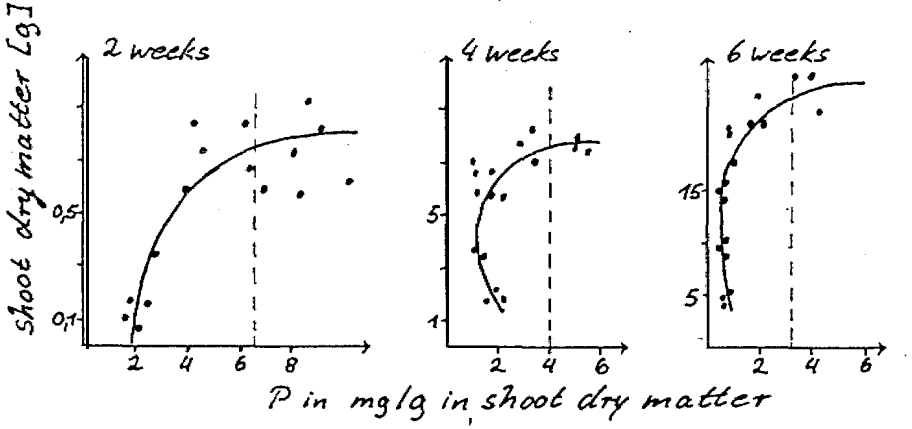
→ no difference in shoot growth between treatments with water supply from the topsoil or from the subsoil

⇒ P availability not limiting for growth or no difference in P uptake ?

(10)

P concentration in the shoot 47 days after planting [mg/g]		
water supply		
topsoil	subsoil	periodic
1,8	0,9	2,3

→ P uptake reduced by 50% with subsoil water supply

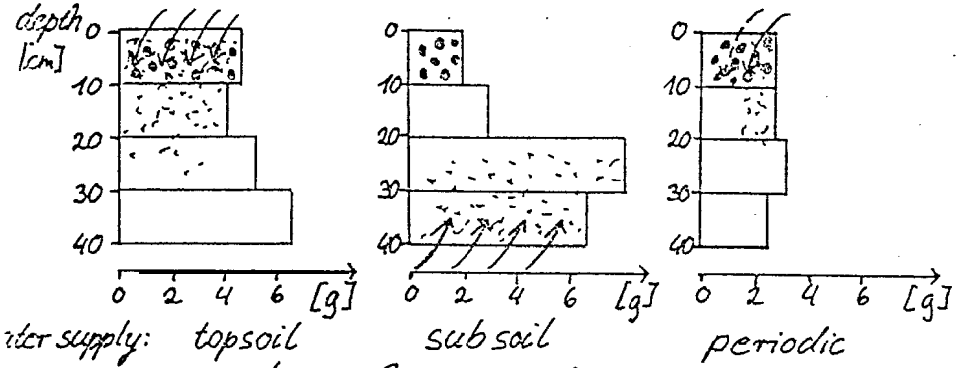


→ critical deficiency level 6 weeks after planting 3,2 mg/g

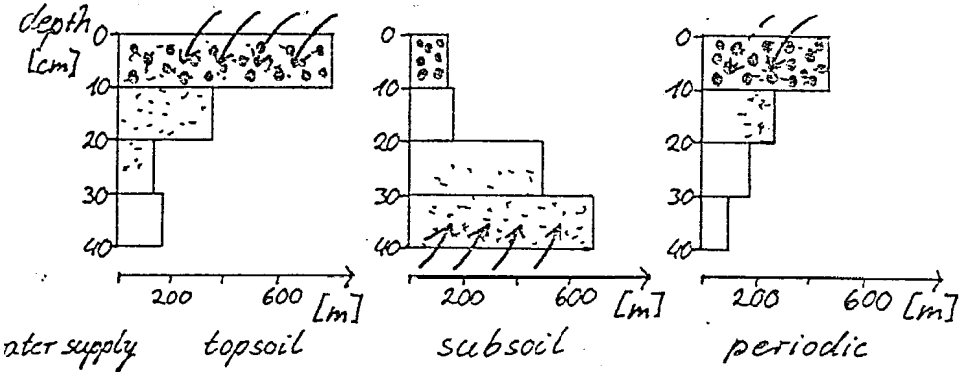
⇒ concentrations in the deficiency range

1) How was root growth effected by the mode of water supply ?

root dry weight (47d) [g/pot]



root length (47d) [m/pot]



- root dry weight as well as root length depended more on water than on P availability

- when P and water were available simultaneously growth of fine roots was improved

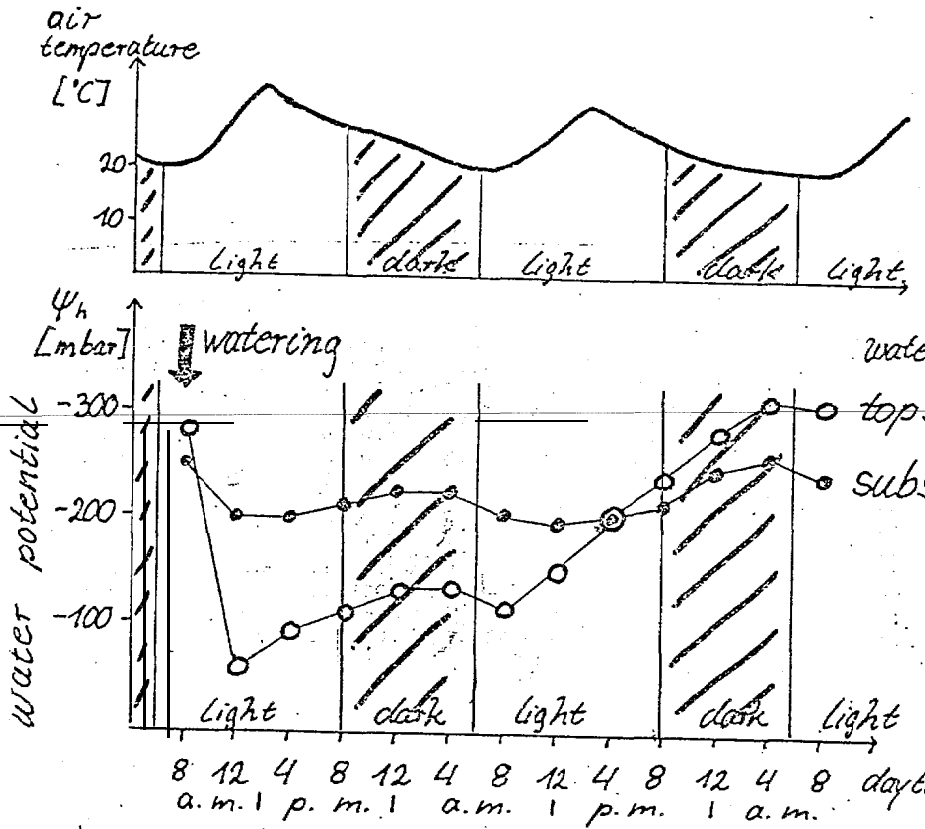
average root radius (47d) [mm]						
	water supply					
depth [cm]	topsoil		subsoil		periodic	
0-10	0,16		0,25		0,16	
10-20	0,23		0,28		0,22	
20-30	0,40		0,28		0,28	
30-40	0,42		0,21		0,34	

- P and water → fine root system, large surface area, short diffusion pathway ⇒ high uptake

- water → coarse root system, small surface area but high root hydraulic conductivity ⇒ high flow rates

Water transport from subsoil to topsoil ?

→ water potential (Ψ_h) in the topsoil



- subsoil water supply → increase in topsoil soil moisture
- less water extraction from the top soil with subsoil water supply

⇒ water transport from the subsoil to the topsoil !

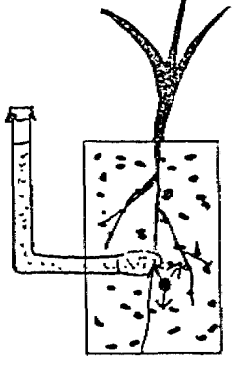
- unsaturated hydraulic conductivity in sandy soils very low → no water transport to the top by diffusion or capillary rise.

  ⇒ water transport from the subsoil to the topsoil by roots ; release of water from the roots to the dry soil → increase of Pavailability.

?

alternative : Change in water potential measured ≠ change in soil moisture

microtensiometers might measure soil water potential and plant water potential simultaneously.



P uptake into the shoot between day 26 and day 47

~ 15 mg P

available P in 20 – 40 cm dept

~ 18 mg P

⇒ about 100 % P extraction from the subsoil ?

→ some P must have been taken up from the topsoil after the beginning of subsoil water supply
⇒ some water must have been available in the topsoil

(16) Conclusion – Outlook

- P placement in the topsoil
  → in pot culture : no advantage → high root length density ⇒ competition between roots
  → in the field : ?, advantage unlikely for root length density is also very high
  → subsoil P-placement ?
- simultaneous availability of P and water
  → growth of fine roots → large surface area
- wh water but low P availability → coarse root system → high root hydraulic conductivity
- with subsoil water supply P-uptake but not shoot growth was reduced.
  – but, still some uptake of P, which is unlikely to be only from the subsoil
    - 100 % P extraction in the subsoil ?
    - rewetting of the topsoil

⇒ further investigation of water transport to and from (?) roots

⇒ nutrient uptake from "dry" soil

Pays : TCHAD

Nom des responsables Scientifiques : B. Djoulet et R. Fortier

Titre du Projet : Amélioration de l'alimentation hydrique du cotonnier et du sorgho par les techniques culturales.

1. Objectifs - programme du projet :

Incidence combinée du type de Fertilisation et du mode de travail du sol sur l'alimentation hydrique et minérale du cotonnier et du sorgho.

Le programme réalisé dans le cadre du PF_2 - R3S " Amélioration de l'alimentation hydrique par les techniques culturales " a pour objectif de definir les effets de travail du sol (labour) combinés ou non à une fertilisation organique et ou minérale sur la valorisation de la ressource en eau par la culture et sur l'alimentation minérale de cette culture! et de pouvoir mieux cerner les mécanismes qui gèrent ces effets.

2. Activités et Résultats au cours de 'l'année 1989

Suite aux recommandations de la dernière réunion R3S PF_2 à Bouaké une nouvelle expérimentation a été mise en place au Tchad où on étudie les effets de cinq traitements en culture continue (succession cotonnier- sorgho) sur la station de Bébédjia.

2.1. Méthodes et conditions Expérimentale

2.1.1. Rappel du dispositifs expérimental mis en place en 1989

Le dispositif expérimental comprend deux séries l'une en cotonnier, l'autre en sorgho. Les deux cultures de la succession sont répresentées chaque année. L'expérimentation est disposée en bloc de Fisher, 5 traitements avec 6 repétitions . les 5 traitements en comparaison sont :

1. T = témoin correspondant à un travail minimal du sol (Scarifiage sur cotonnier et semis direct sur sorgho).
2. LAB = Labour à la charrue à soc sans fertilisation
3. LE = Labour et fertilisation minérale sur chaque culture.
4. LF = Labour et fertilisation organique sur chaque culture.
5. LEF = Labour et fertilisation Organo-minérale sur chaque culture

La fertilisation minérale est constituée de 100 Kg/ha de l'engrais coton vulgarisé au Tchad (19 N, 12 P_2O_5, 19 K_2O, 5S, 1,8 B 203) apporté au semis, sans apport complémentaire d'azote en cours de culture.

La fertilisation organique est constituée par un apport de 2 ,5 tonnes/ha de m.s de terre de Parc.

.../...

Après la récolte les tiges de cotonnier sont mis en andain et brulées sur le champ tandis que celles de sorgho sont exportées.

Les parcelles élémentaires ont une surface de :

15 lignes x 0,80 m x 20 m = 240 m2

Surface de mesure de rendement : 5 Lignes de 10 m soit 40 m2

2.1.2. Conditions expérimentales :

Les figures 1. (Pluviométrie : total de'cadaire), 2 (durée d'insolataire : moyennes décadaires) et 3 (E;vaporations : moyennes décadaires) décrivent l'évolution des certains paramètres du climat au cours de la saison .

On notera une bonne repartition de la pluviosité avec toutefois une période de sécheresse de la 3e décade d'Août à la 1ère décade de septembre.

Ia durée d'insolation est réduite durant la période de Juin à Septembre.

L'évaporation reste limitée durant la période de culture et son évolution suit bien cette de la durée d'insolation.

ESSAI EN CULTURE COTONNIERE :

2.1.2.1. Calendrier des travaux

Labour et Scarifiage	:	6/6/89
Epandage de la terre de parc	:	14/6/89
Semis	:	15/6/89
Levée	:	21/6/89
Epandage de l'engrais minéral	:	28/6/89
Démariage à 1 plant/Poquet	:	14/7 au 17/7
Ier Sarclage	:	28/6 au 3/7
2e -"-	:	14/7 au 17/7
3e -"-	:	31/7 au 1/8
4e -"-	:	18/8 au 22/8
5e -"-	:	19/9 au 21/9
Récolte	:	24/11/89

2.1.2.2. Mesures et observations réalisées

- Prélèvement de terre pour la caractérisation de la variabilité spatiale du terrain : 26 , 27 et 29/5/89
- Prélèvements pétiolaires pour le suivi de la nutrition azotée du cotonnier : 22 /7 , 6/8 et 21/8

.../...

- Prélèvements de terre pour le suivi des profils hydriques sur 0-GO cm : 24/7, 23/8; 20/9
- Prélèvements de terre pour les profils à sec : 26 au 29/01/90
- Prélèvements foliaires pour le suivi de la nutrition minérale du cotonnier: 31/8
- Prélèvement de terre pour la détermination de la densité apparente du sol: 06/02 au 16/02/90

Etude du système racinaire

* 30/8 : arrachage de 10 cotonniers par parcelle élémentaire pour :
- la mensuration des diamètres du collet
  " " " du pivot au point de rupture
  la mensuration de la longueur des pivot au point de rupture
  la mensuration de la profondeur atteinte par le pivot au point de rupture

- le comptage du nombre d'insertions de racines secondaires

* Comptage racinaire sur grille : 6 au 16/02/90
- Mensuration de la hauteur des cotonniers : 10/1/90

2.2. Synthèses des résultats

2.2.1. Production et composantes du rendement :

L'analyse de variance réalisée sur la variable rendement en coton graine ne fait pas ressortir de différences significatives entre objets. Le Coefficient de Variable de l'essai assez élevé (21, 8 %) traduit l'hecterogeïneïté du terrain :

Moyennes du facteur travail du sol - Fumure	
Temoin (travail minimal, sans fumure)	1 332 Kg/ha
Labour seul	1 419 "
Labour + Fertilisation minérale	1 702 "
Labour + Fertilisation organique	1 621 "
Labour + Fertilisation organo-minérale	1 709 "
Moyennes du facteur bloc	
Bloc 1	1 568
2	1 563
3	1 654
5	1 734
6	1 732
	1 085
C V = 21, 8 %	

2.2.2. Profils hydriques:

2.2.2.1 Suivi évolution des profils hydriques :

Les profils sont réalisés à la tarière sur chaque parcelle élémentaire aux dates du 24/7, 23/8 et 20/9. Les figurent 4 à 11 indiquent les profils moyens observés par objet.

On note que le sol qui a commencé à se dessècher avec la sécheresse des vingt derniers jours du mois d'Août s'est mis à se réhumecter dans les horizons superficiels avec les pluies de la 2e décade du mois de Septembre.

Dans les 10 premiers cm du sol, c'est l'objet Labour + Engrais + Fumier qui stocke plus d'eau au moment de la sécheresse. (Fig 10), au délà de 40 cm, la teneur en eau du sol sous cet objet est plus faible.

2.2.2.1. Profils hydriques à sec

Des fosses ont été ouvertes sur chaque parcelle de l'essai pour faire la densité apparente du sol et les profils à sec sous cotonnier. (26, 27 et 29 Janvier 1990). La figure 12 donne les profils moyens sous les cinq traitements de l'essai.

En surface (0-5cm) on n'observe pas de différence de teneur en eau sous les différents traitements. En profondeur c'est sous l'objet travail superficiel que la teneur en eau du sol est plus importante. Est - ce dire qu'en profondeur, les racines auraient explorés au mieux l'eau du sol sous les objets labourés ?

2.2.3. Densité apparente du sol

Moyennes par bloc et par horizon

		0 - 10' cm	10 - 20 cm	20 - 40 cm
Bloc	1	1, 45	1, 65	1, 67
Bloc	2	1, 44	1, 64	1, 70
	3	1, 45	1, 70	1, 67
	4	1, 44	1, 70	1, 66
	5	1, 58	1, 70	1, 65
	6	1, 51	1, 68	1, 62
Moyennes Essai		1, 48	1, 68	1, 66
C V en %		4, 9	2, 7	3, 1

.../...

2.2.4. Etude du système racinaire du cotonnier

Le 30 Août, 10 cotonniers par parcelle sont arrachés en bordure des lignes d'estimation des rendements pour mesurer le diamètre du collet, le diamétre du pivot au point de rupture, la profondeur atteinte par le pivot au point de rupture, la longueur du pivot à ce point de rupture et pour faire le comptage du nombre de racines secondaires inserrer sur ce pivot. Le tableau suivant donne les moyennes des mesures et comptage observées par traitement et par bloc d'essai :

	Diam.Colld (mm)	Diam Pivot au PR(mm)	Profond. att. (mm)	Long.Pivot au PR (mm)	Nb racines secondaires	
Facteur traitement						
Soarifiage	1,28	0,12	17,47	18,17	19	C
Labour	1,31	0,11	17,52	18,11	22	BC
Labour + Engrais	1,54	0,16	18,31	19,12	2.5	AB
Labour + Fumier	1,40	0,12	17,97	18,82	23	BC
Labour + Engrais + Fumier	1,55	0,14	19,71	21,20	27	A
Moyenne Générale	1,42	0,13	18,20	19,08	23	
Facteur bloc						
Bloc 1	1,45	0,14	18,74	20,06	26	
2	1,53	0,14	18,96	19,88	24	
3	1,51	0,11	18,50	19,23	23	
4	1,49	0,18	18,83	20,19	21	
5	1,44	0,12	18,25	18,80	23	
6	1,09	0,08	15,90	16,35	22	
C V en %	13,7	31,9	14,5	16,8	11,8	

Seule l'analyse de variance portent sur le nombre de racines secondaires est significative. On notera que le traitement labour + Engrais + Fumure favorise bien la multiplication des racines secondaires sur Le pivot suivi du traitement labour + Engrais.

Si ce résultat est confirmé en 1990, on pourra dire que l'effet du labour combiné à celui de la fertilisation organo-minéral permet à la plante d'emettre d'avantage des racines secondaires et donc de valoriser au mieux les ressources en eau disponible dans le sol en cas de sécheresse,

Comptage sur grille à la profondeur de la cuirasse

Pour tenir compte des conseils du coordonnateur scientifique lors de son passage à Bébédjia le comptage des racines sur grille a été réalisé du 6 au 16 Février 1990 sur la cuirasse. Le tableau suivant résume les moyennes observés.

Facteur Travail du sol - Fumure	
Scarifiage	68
Labour	71
Labour + Engrais	68
Labour + Fumure	52
Labour + Engrais + Fumure	64

Facteur Bloc		
Bloc	1	120
	2	93
	3	48
	4	58
	5	41
	6	26

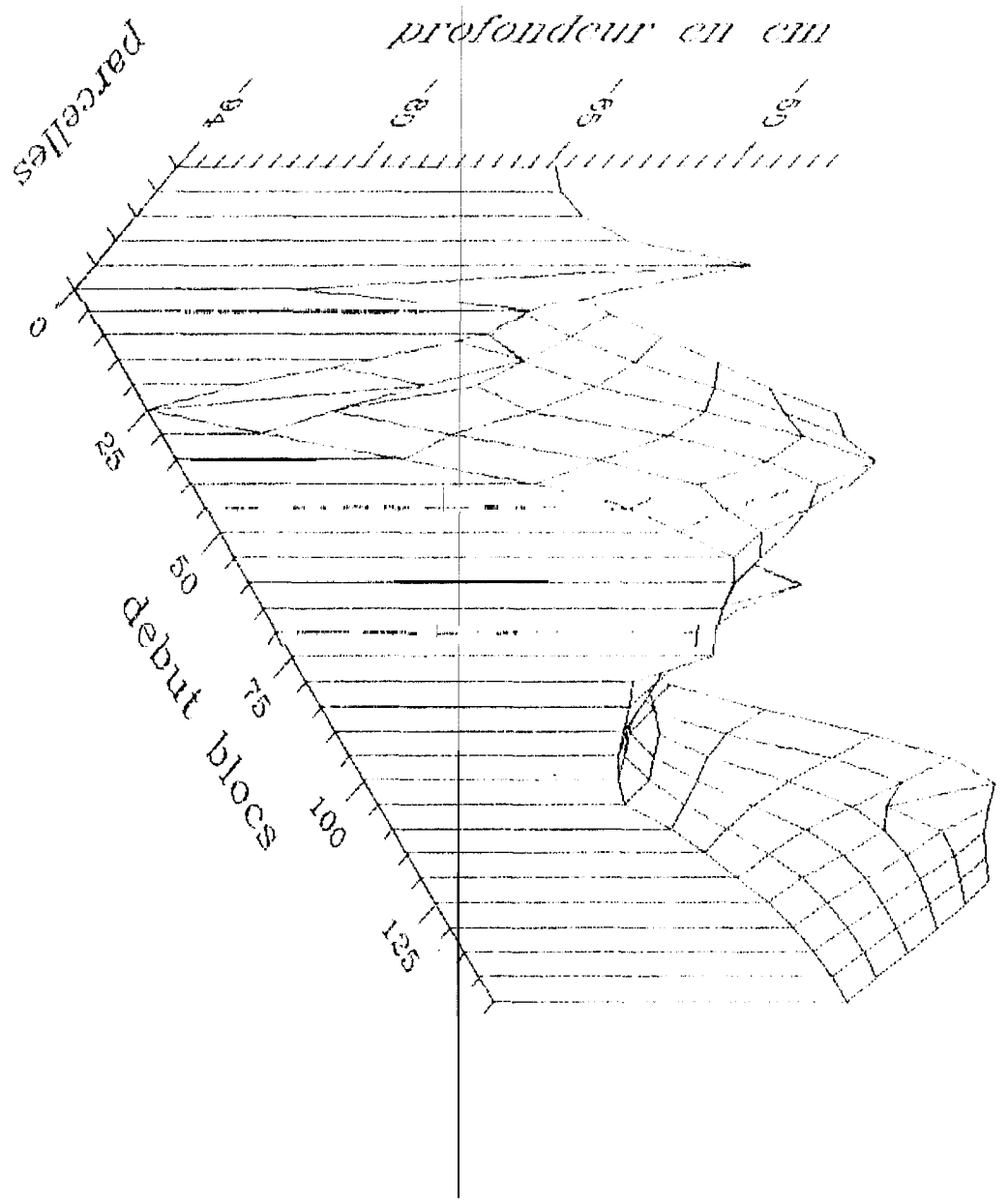
c v = 40,9 %

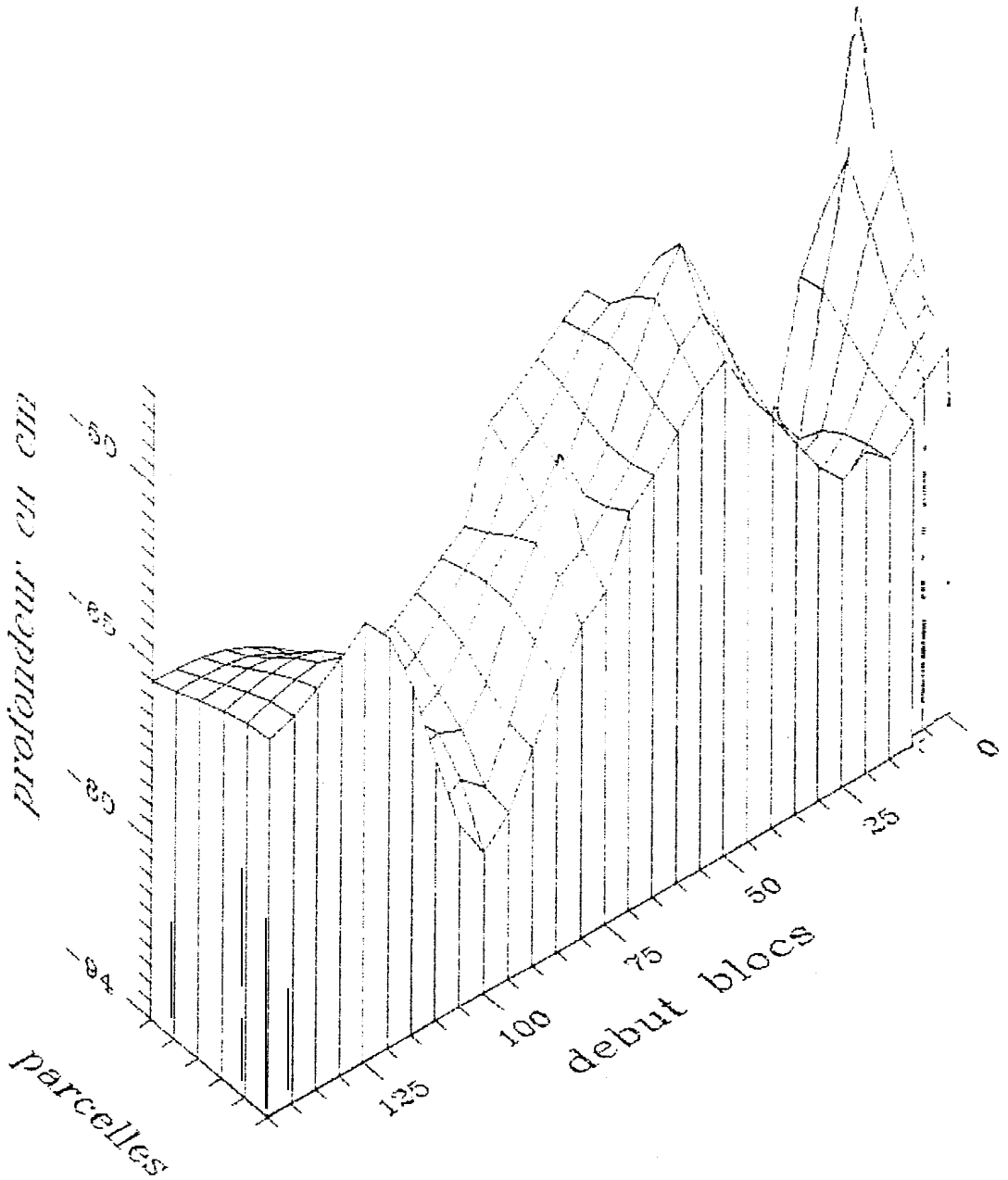
Les différences observées ne sont pas significatives. Ia présence de la cuirasse à des profondeurs variables ne permet pas de tirer une quelconque conclusion sur des observations réalisées à cette -profondeur.

Profondeur de la Cuirasse : Moyennes par bloc en cm

Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Bloc 5	Bloc 6
55,0C	71,60	50,80	64,20	80,40	59,88

PROFONDEUR DE LA CUIRASSE SOUS COTONNIER





PROFONDEUR DE LA CUIRASSE SOUS COTONNIER

on notera que les nombres de racines obtenus par la technique de comptage sur grille est nettement supérieur à ceux obtenus par la technique de comptage après arachage des cotonniers, Il est vraissemblable que dans la technique de comptage sur grille les racines des adventices sont pris en compte.

2.2.5. Hauteur des tiges de cotonnier

Sur chaque parcelle oh mesures à la récolte la hauteur de 10 cotonniers. Le tableau ci-dessous donne les hauteurs moyennes par objet et par bloc.

Facteur Travail du sol - Fertilisation		
Scariafiage	89,08	cm
Labour	84,19	"
Labour + Engrais	92,79	"
Labour + Fumier	91,29	"
Labour + Engrais + Fumier	104,44	"
Facteur Bloc		
Bloc 1	96,14	cm
2	89,63	"
3	93,58	"
4	103,56	"
5	95,65	"
6	75,58	"
CV en %	18,2	

Les différences observées entre traitements ne sont pas significatives.

Les résultats des autres observations (analyses pétiolaires, foliaires et de terre) ne sont pas encore disponibles.

3. Conclusion :

La variabilité spatiale du terrain de l'essai est importante du fait de la présence de la cuirasse à des profondeurs très variables d'une parcelle à l'autre. L'objectif "mesure des conditions d'alimentation hydrique de la culture in situ" devient difficile.

Toutefois, un résultat non moins intéressant sur une des caractéristique du système racinaire pouvant influencer les possibilités d'approvisionnement en eau du cotonnier et qui peut être contrôlé par les techniques culturales semble se dessiner. Il s'agit du nombre d'insertions des racinaires secondaires du cotonnier.

En effet, il n'y a pas eu de suivi de l'évolution du front racinaire sous cotonnier en 1989, mais le suivi du système racinaire par arrachage des plants à 90 jours après semis a montré que le traitement maximal (Labour + Engrais + Terre de parc) pourrait avoir une incidence positive sur l'émission par la plante des racines secondaires. Quand on sait que ces racines secondaires ont été observées jusqu'à la surface de la cuirasse lors des comptages par la méthode des grilles sur la cuirasse, on peut dire que c'est sous l'objet Labour + Engrais + Terre de parc qu'il y aurait une meilleure valorisation des réserves en eau du sol en cas de stress hydrique. Ce résultat reste à être confirmé en 1990.

Perspectives : Sans chercher à abandonner le site actuel de l'essai dont le type de sol est largement représenté dans la zone cotonnière, nous envisageons pour 1990 de mettre en

place parallèlement à l'essai actuel un essai satellite sur un sol sans cuirasse en vue de faire des mesures in situ par les méthodes neutroniques et tensiométriques utilisables pour la détermination du bilan hydrique dans le Projet fédérateur.

PLUVIOMETRIE(89)

Figure 2 : INSOLATION(H)

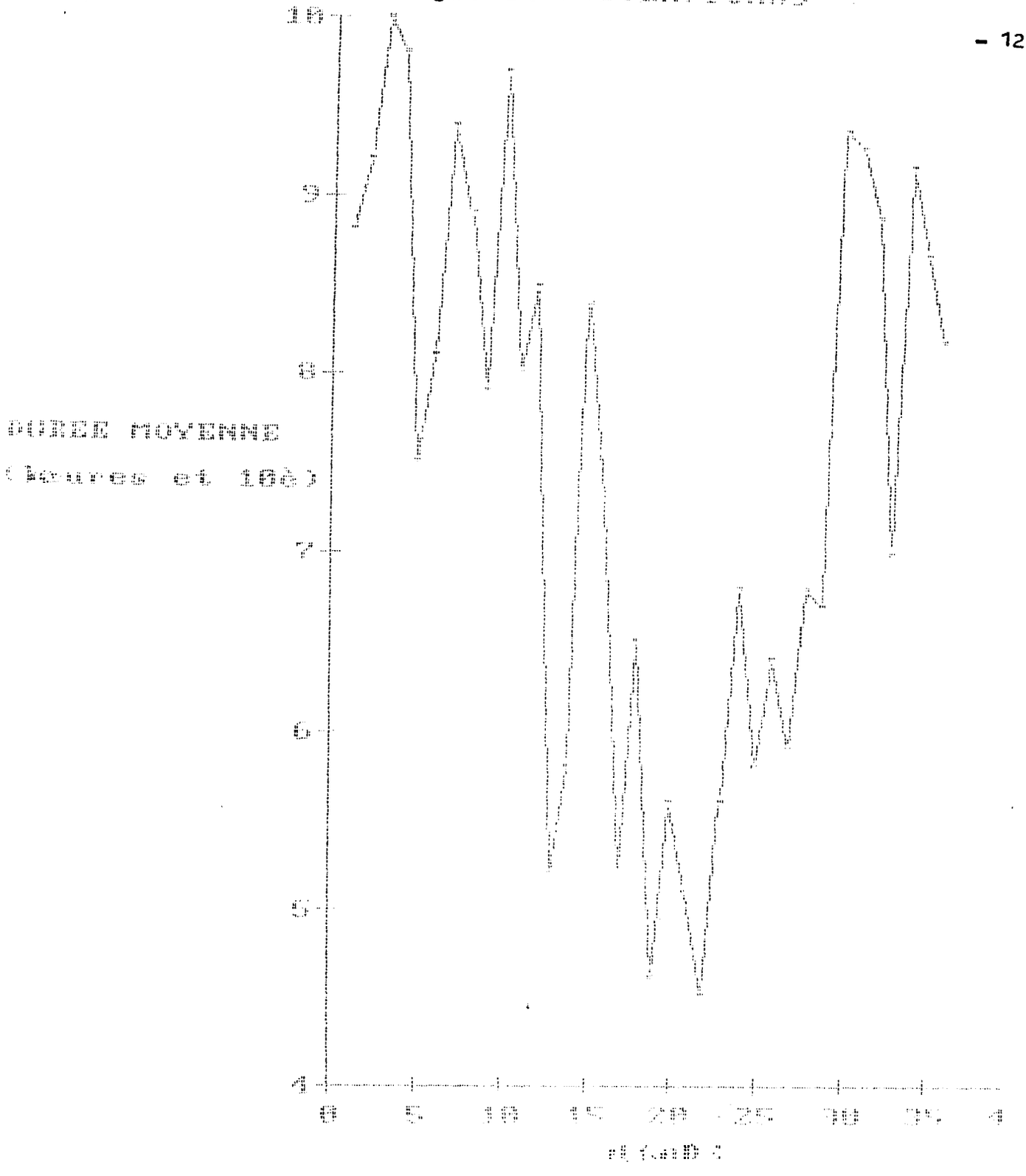


Figure 3

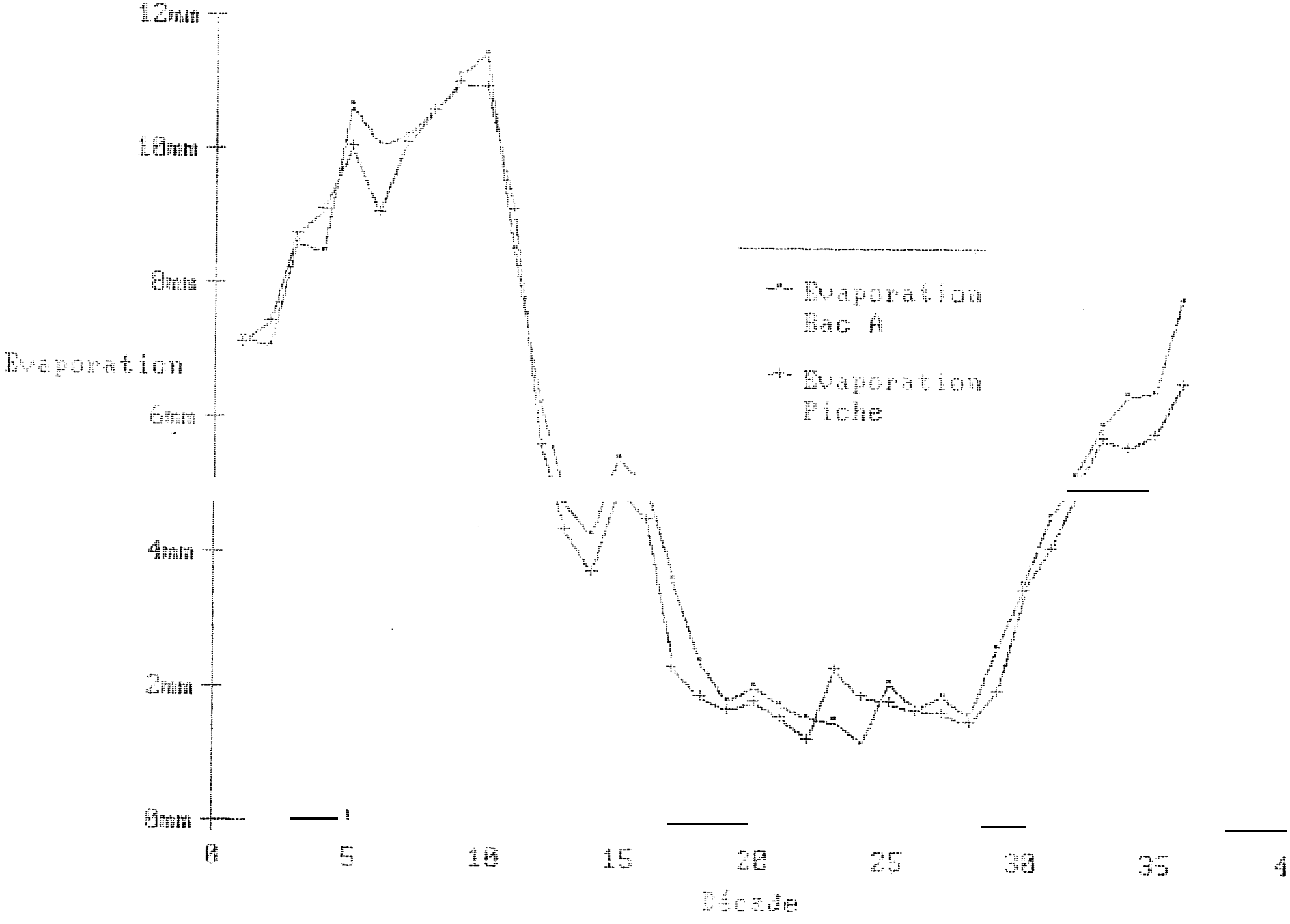

12mm
10mm
8mm
6mm
4mm
2mm
0mm
Evaporation
Evaporation Bac A
Evaporation Piche
0
5
10
15
20
25
30
35
4
Décade

Figure : 4 EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE SOUS L'OBJET T0

ESSAI R3S

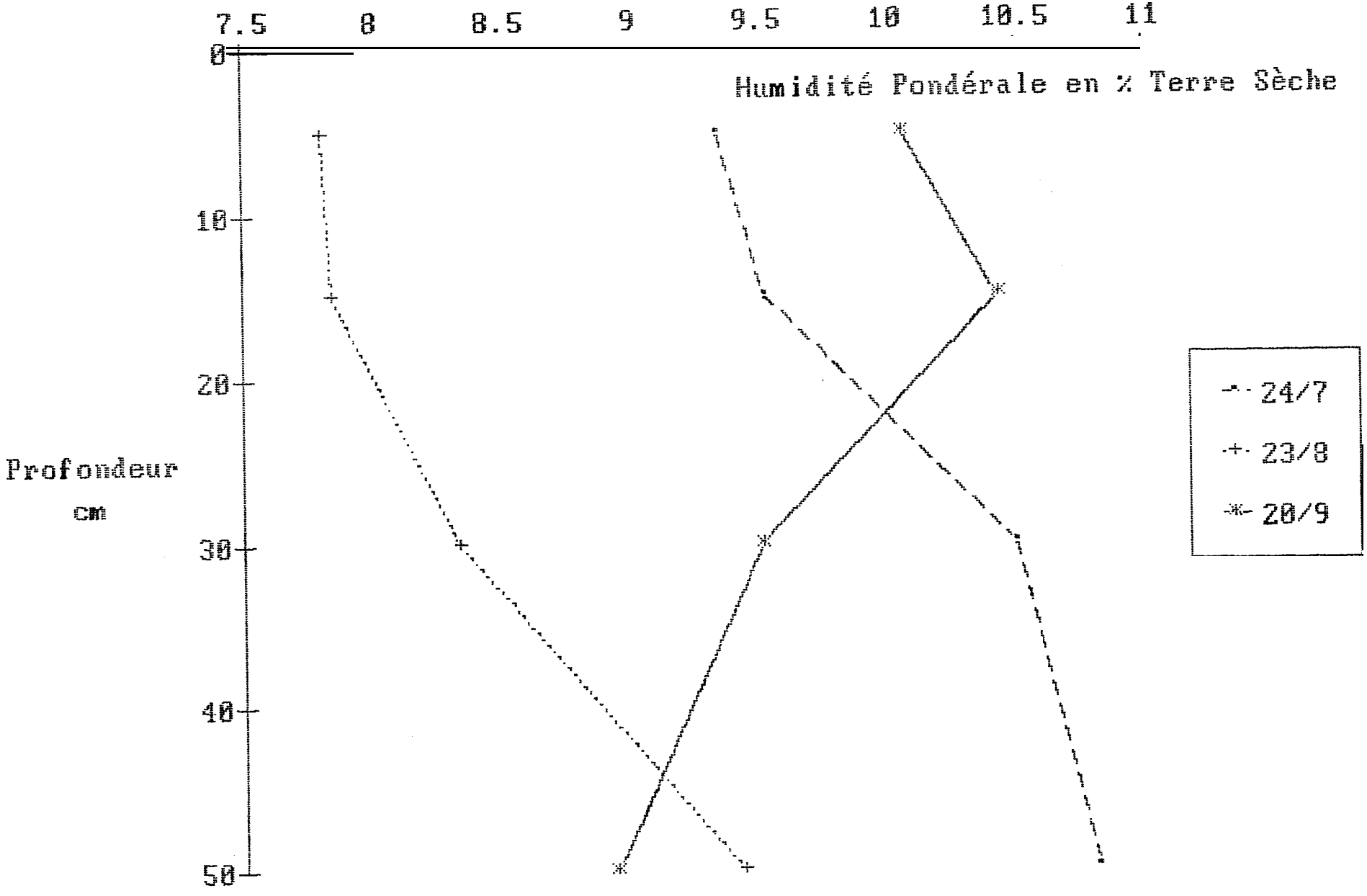


Figure : 5 EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE SOUS L'OBJET LAB

ESSAI R3S

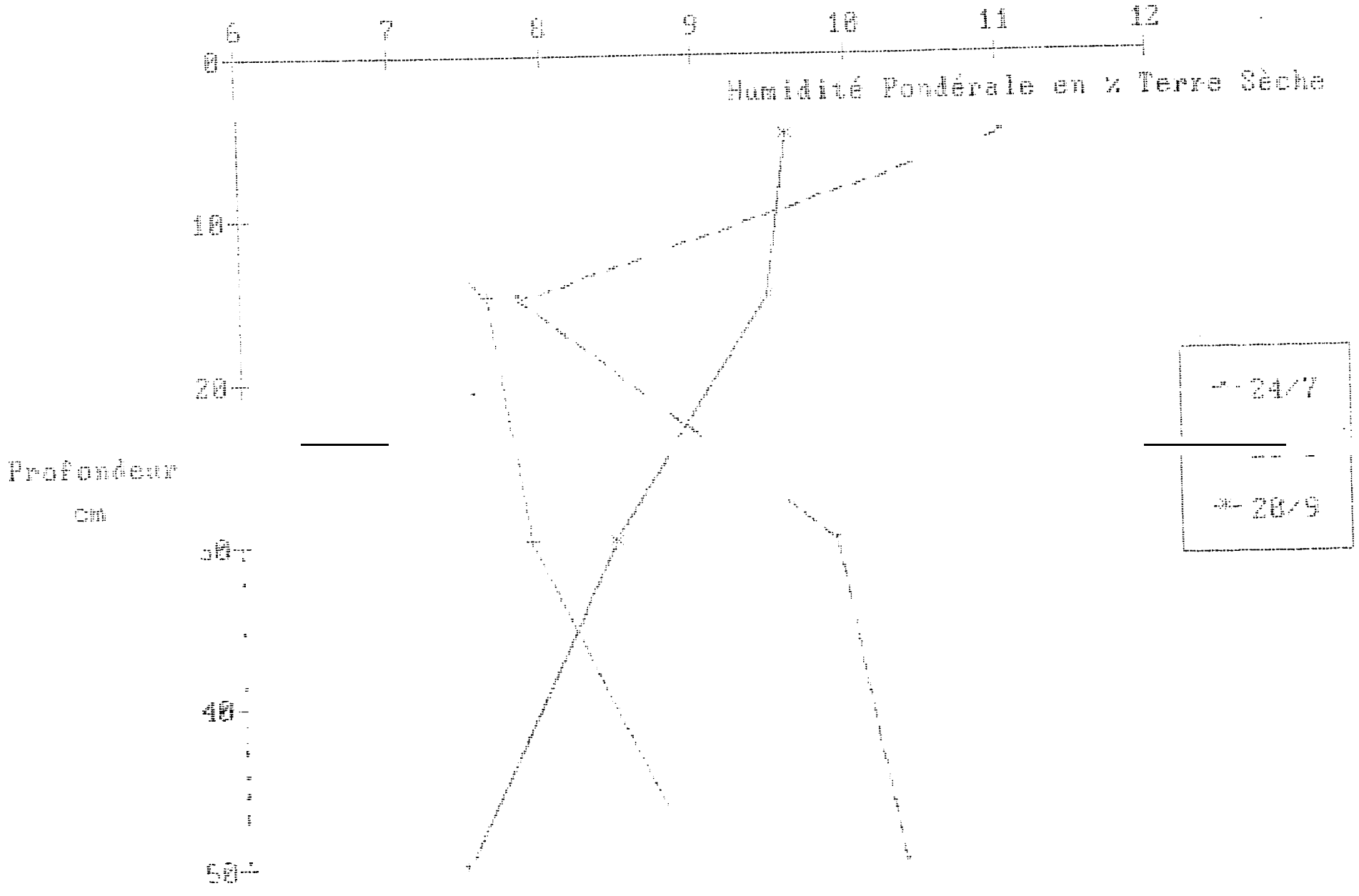


Figure : 6 EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE SOUS L'OBJET LE ESSAI R3S

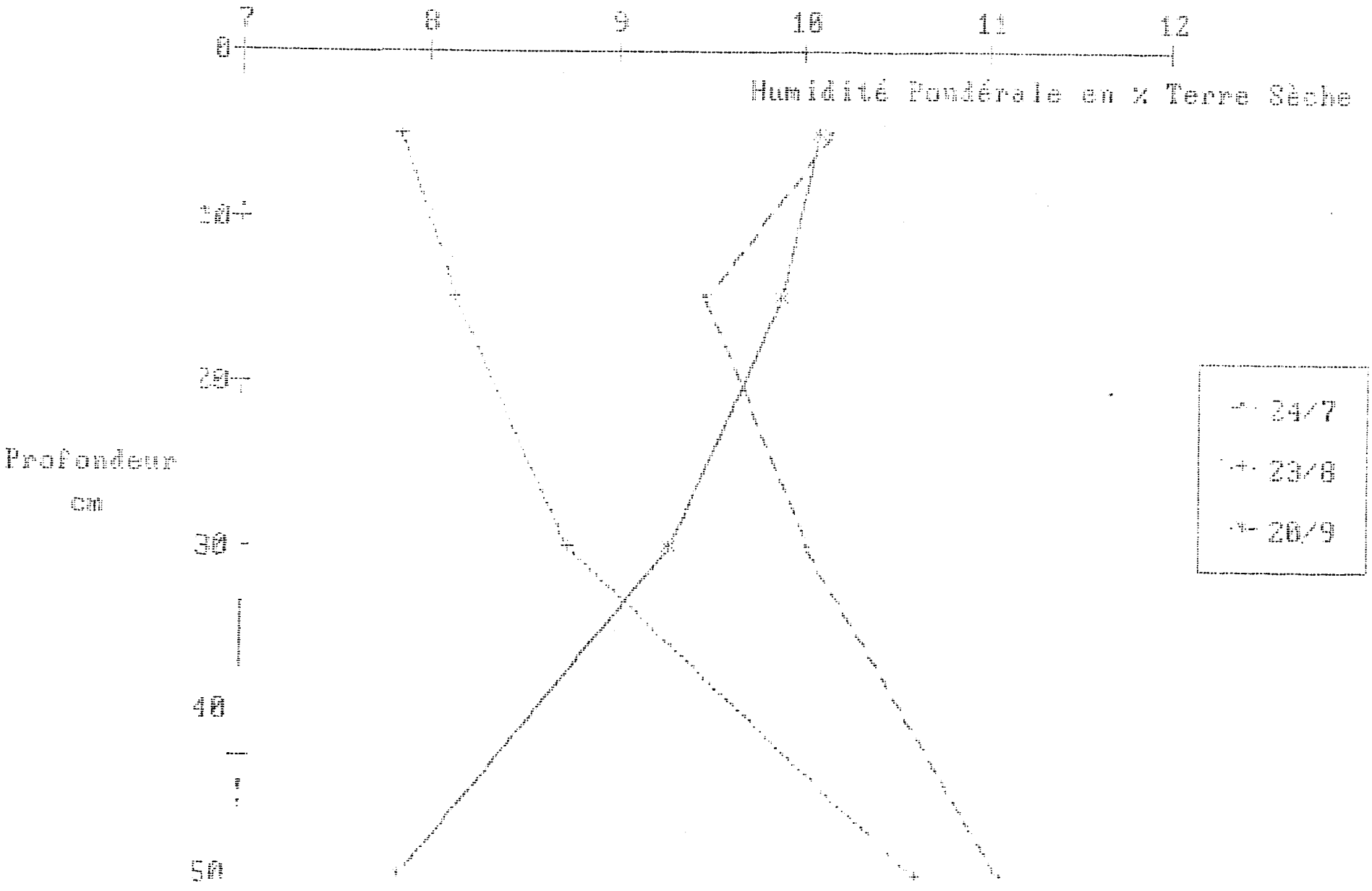


Figure : 7 EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE SOUS L'OBJET LF

ESSAI R3S

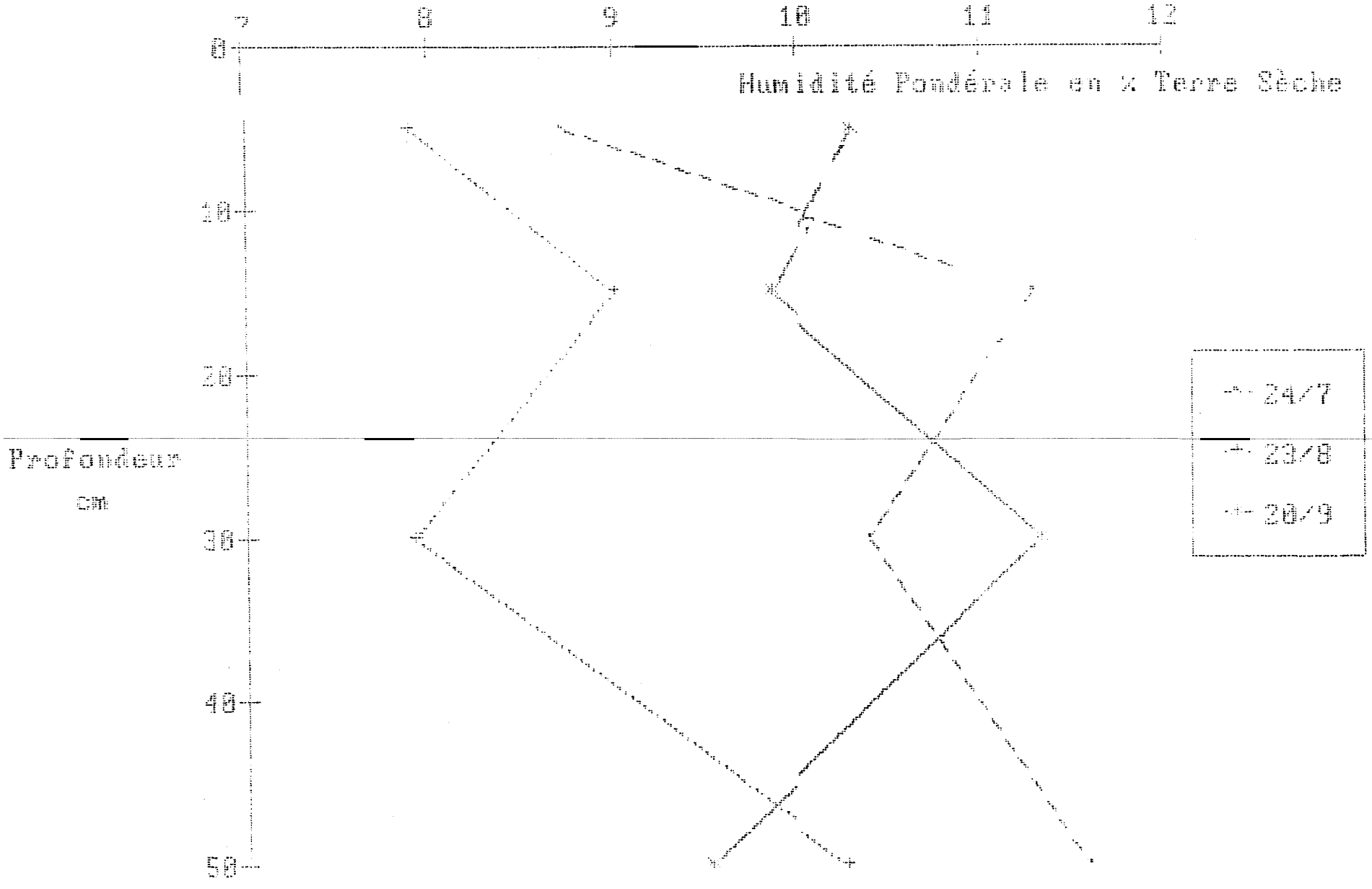


Figure ; 8 EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE SOUS L'OBJET LEF

ESSAI R3S

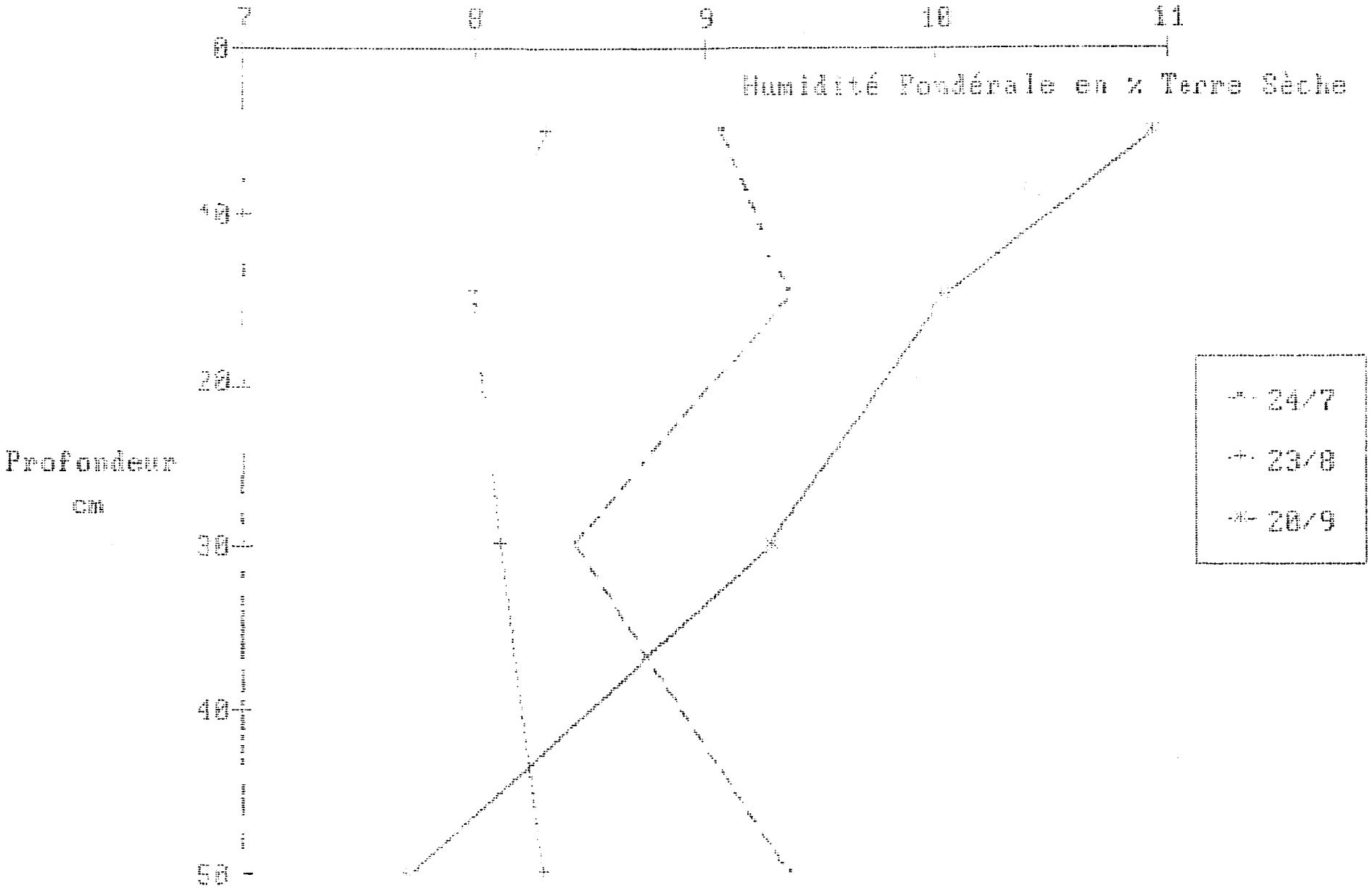


Figure : 9

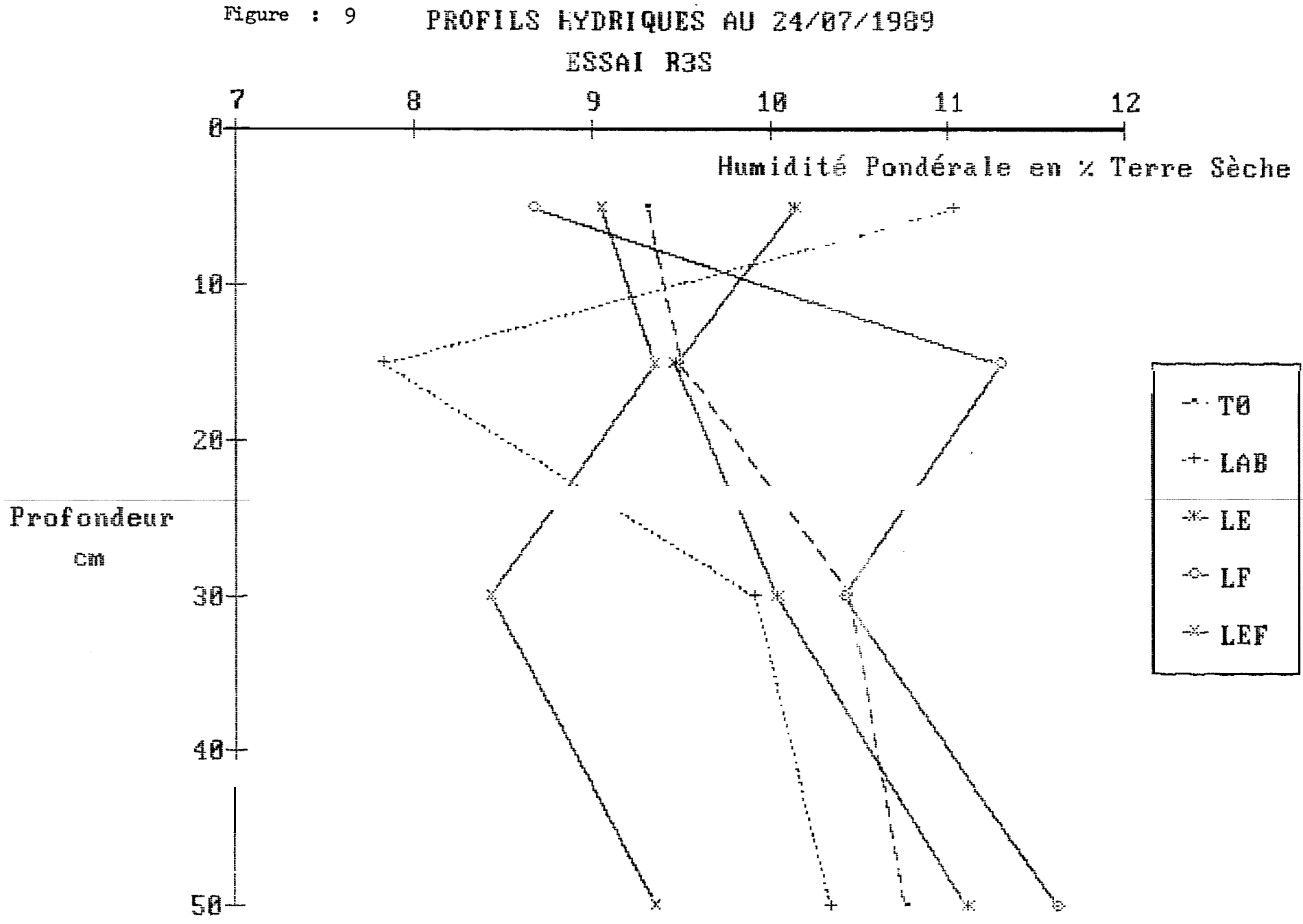

PROFILS HYDRIQUES AU 24/07/1989
ESSAI R3S
7
8
9
10
11
12
0
10
20
30
40
50
Humidité Pondérale en % Terre Sèche
Profondeur
cm
T0
LAB
LE
LF
LEF

Figure : 10 PROFILS HYDRIQUES AU 23/08/1989

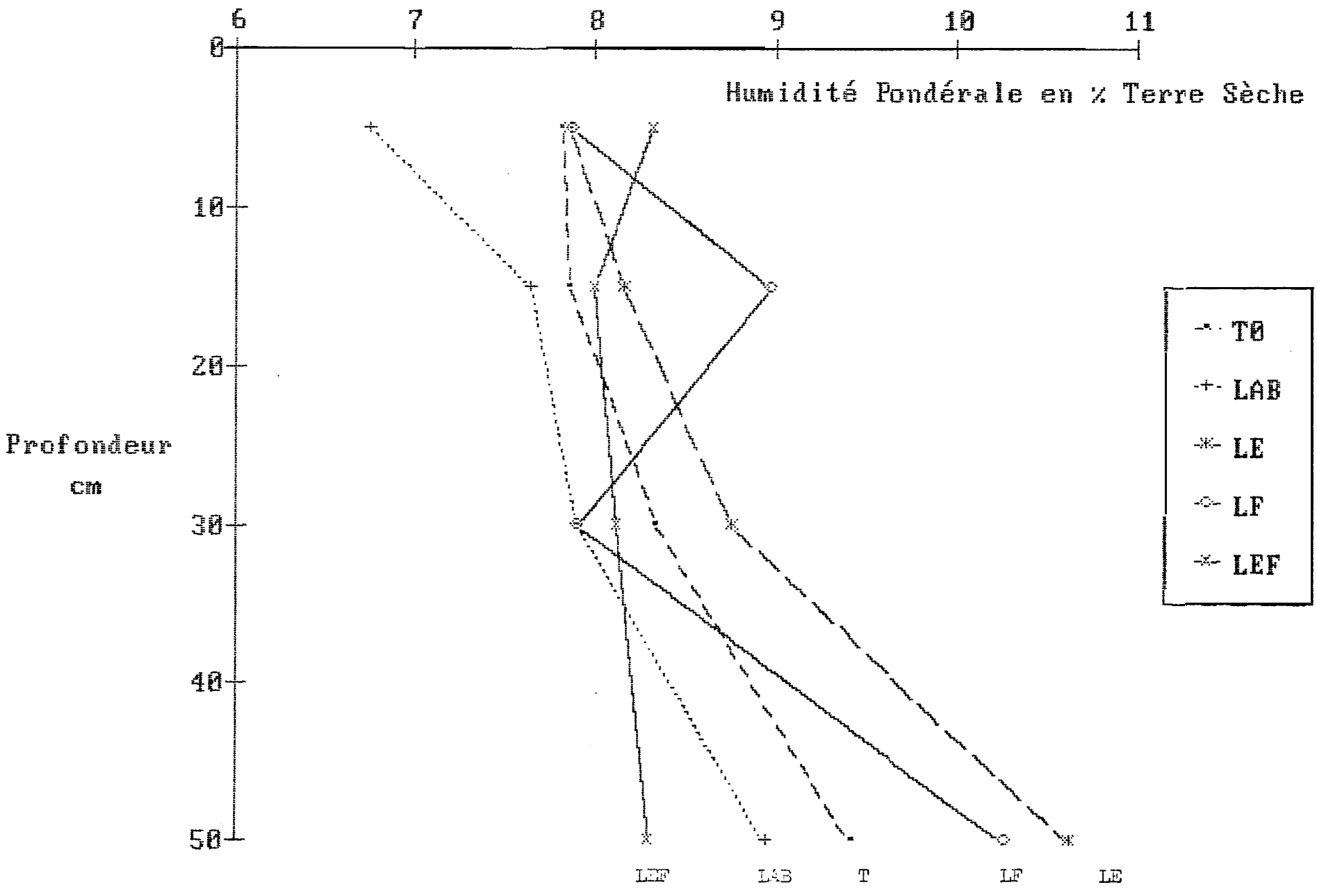


Figure : 11 PROFILS HYDRIQUES AU 20/09/1989

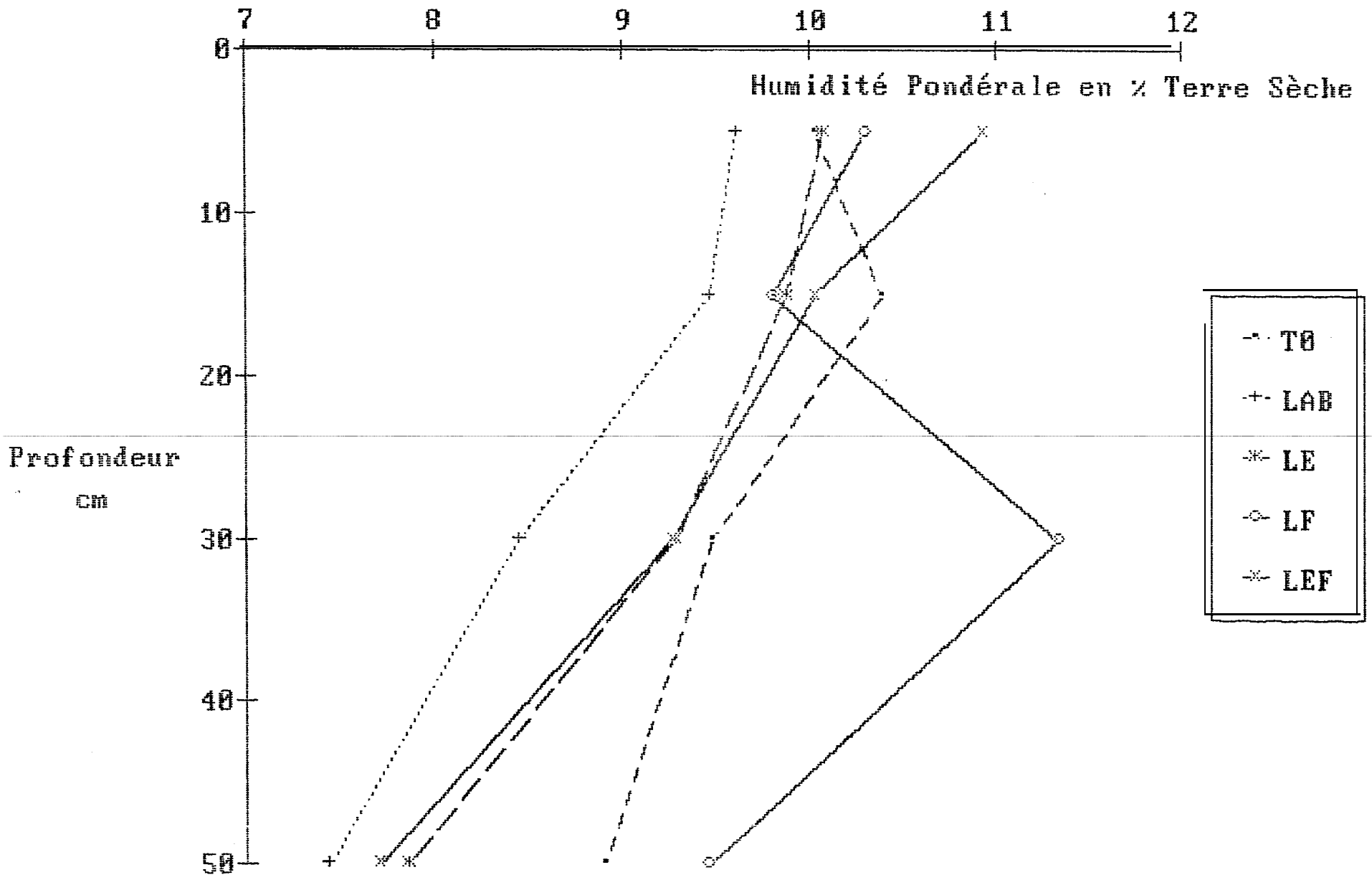
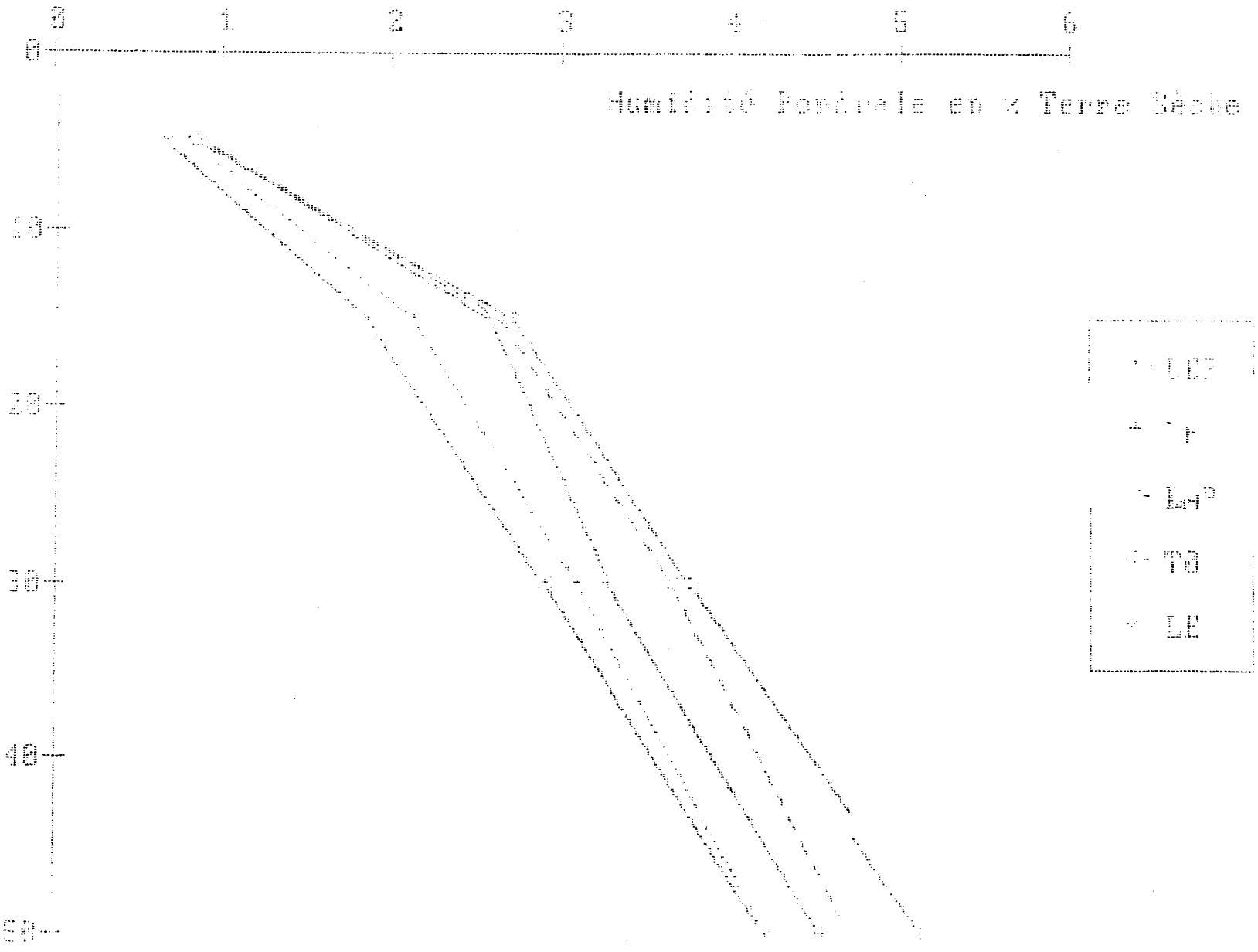



Figure : 12 PROFILS HYDRIQUES A SEC SOUS COTONNIERS