

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

CN0101447
P356
LAB

MEMOIRE PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'AGRONOMIE TROPICALE

MISE EN EVIDENCE DU **ROLE** DE L'ENFOUISSEMENT
DE COMPOST **BIOGAZ** ET DE L'**IRRIGATION DE**
COMPLEMENT SUR **MIL** ET **ARACHIDE**
(MODULE TRANSPAILLE CNRA **BAMBEY**)

PAR OLIVIER **LABORDE**. DEBAT

OCTOBRE 1988

SOMMAIRE

	PAGE
INTRODUCTION	3
CHAPITRE 1: PRESENTATION DU MILIEU-PRESENTATION DE L'ETUDE	
I- Cadre pédoclimatique	5
1-Les sols	5
a) Caractères généraux	
b) Caractéristiques chimiques	
c) Caractéristiques physiques	
d) Caractéristiques hydriques et hydrodynamiques	
2-Le climat-Données agroclimatologiques de l'hivernage 1988	7
II- Présentation de l'essai-Présentation de l'étude	9
1-Place de l'essai économie d'engrais minéral dans le module Biogaz	9
2-Descriptif de l'essai	
a) Objectifs de l'essai	
b) Dispositif d'essai	
c) Itinéraire technique sur mil et arachide	
3-Principaux résultats obtenus Les limites de l'essai	14
a) Rapide synthèse de 5 ans d'expérimentation	
b) Undispositif expérimental perfectible	
4-Axes de travail retenus pour l'hivernage	19
a) Reconduire le suivi hydrique et phénologique sur la sole C	
b) Cerner l'hétérogénéité des résultats expérimentaux obtenus sur la sole C	
c) Compléter l'étude sur la sole C	
d) Mettre en place un nouvel essai en milieu Paysan	
CHAPITRE 2: Bilans minéraux d'une culture de mil et d'arachide-Conséquences sur le statut minéral et organique des sols	24

	PAGE
I-Bilans minéraux d'une culture de mil et d'une culture d'arachide	24
1-Méthode employée-Les termes du bilan	24
2-Résultats et interprétation	27
a)Comparaison des bilans sur T1 et T4	
b)Comparaison entre blocs	
II-Analyse des sols après deux rotations mil-arachide	29
1 -Méthode employée	29
2-Résultats et interprétations	29
a)Un statut organique peu modifié par quatres années d'apport decompost	
b)Une forte acidité'des sols en absence de compost	
c)Un accroissement de la solubilité des ions aluminium en absence de compost	
d)Un appauvrissement en bases et une désaturation du complexe absorbant en absence de compost	
III-Conclusion	
 CHAPITRE 3: SUIVI HYDRIQUE IN SITU D'UNE CULTURE D'ARACHIDE - BILAN HYDRIQUE	 34
I- Suivi hydrique in situ : évolution des profils hydriques au cours de l'hivernage	34
1-Dispositif de suiti-Principe de la mesure	34
a)Implantation du dispositif	
b)Principe de la mesure	
2-Evolution des profils hydriques	37
II- Bilan hydrique in situ	43
1-Principe général du bilan	43
2-Définition et estimation des termes du bilan	43
a)Mesure des stocks hydriques-Calcul des variation de stocks	
b)Pluviométrie-Doses d'irrigation	
c)Remontées capillaires-Drainage	
d)Ruissellement	
3-Les résultats du bilan hydrique	49
a)Consommations en eau-Taux de satisfaction	
b)Influence de l' enfouissement de compost sur la rétention de l'eau en surface	
c)Incidences du taux d' Argiles et Limon fin sur les termes du bilan	
4-Conclusion	51

CHAPITRE 4: SUIVI PHENOLOGIQUE ET SUIVI RACINAIRE SUR MIL ET SUR ARACHIDE	56
1- Suivi de levée sur mil et arachide	56
1-Objectif	56
2-Mode opératoire	56
3-Résultats-Interprétation	58
a)Suivi de levée sur arachide	
b)Suivi de levée sur mil	
c)Interprétation des résultats	
II- Suivi de croissance et de développement sur mil et arachide	62
1-Objectif	62
2-Mode opératoire	62
3-Résultats-Interprétation	62
a)Suivi de floraison sur arachide	
b)Suivi de croissance-Suivi de tallage et d'épiaison sur mil	
III- Suivi racinaire sur mil et arachide	70
1 -Objectif	70
2 -Mode opératoire	
a)Choix des dates de prélèvement	
b)Dispositif expérimental	
c)Mode de prélèvement	
d)Mesures effectuées	
3 -Résultats et interprétations	73
a)Prélèvement sur mil au 19ième jour	
b)Prélèvement sur arachide au 35ième jour	
IV- Conclusion	77
CONCLUSION	78
BIBLIOGRAPHIE	79

INTRODUCTION

Le bassin arachidier représente le tiers de la superficie totale du Sénégal et 2/3 de la surface agricole totale.

Deux groupes de culture occupent la majeure partie des **terres cultivées** : l'arachide (53% des terres), le mil et le sorgho (41% des terres).

La **population** du bassin représente la moitié de la population **totale** du Sénégal et 60% de la population rurale.

Déjà densément peuplée (40 habitants au km² en 1976), cette **région** doit faire face actuellement à une forte croissance démographique : la pression sur la terre ne cesse d'**augmenter**, et le vieil équilibre entre fertilité naturelle des sols - production vivrière - population se trouve peu à peu **déplacé**. Le **parcage** des animaux transhumants se raréfie, la déforestation s'accroît, la **jachère** représente aujourd'hui moins de 2% des terres cultivables.

Dès lors, on assiste à la **dégradation** progressive d'un milieu biologique et physique particulièrement instable en zone semi aride. Les conséquences sur le seul plan agronomique en sont déjà importantes : pour la culture d'arachide par exemple, l'accroissement des surfaces cultivées de 1960 à 1974 (2,5 à 3,8% par an) s'est accompagné d'une chute sensible des rendements (9,2 à 7,2 quintaux/ha en moyenne).

A ce problème structurel se sont ajoutées de 1968 à 1987, des pluviométries annuelles fortement déficitaires.

Dès lors, une mutation profonde des **systèmes de production** et des systèmes de culture s'avère nécessaire puisque les systèmes traditionnels ne sont plus aptes dorénavant, à assurer leur reproductibilité.

En particulier, de nouveaux modes de **gestion** de la Fertilité devront s'**intégrer** aux pratiques et aux **stratégies** des producteurs.

Si une réponse à ce problème ne peut être que globale et se doit d'en **considérer** les différents aspects (techniques, organisationnel, financier, foncier...).

Certaines innovations techniques peuvent apporter ici leurs contributions. Ainsi, le **compostage méthanogène** permet de produire une matière organique fortement **huméfiée** qui pourrait contribuer à maintenir la fertilité des **sols** ; il produit aussi du **biogaz** qui peut servir de combustible de substitution au charbon bois ou constituer une source d'énergie pour pomper l'eau OU

moudre le grain.

Sur ce thème, a été mis en place, en 1984, au CNRA de Bambeï, l'expérimentation perenne "Economie d'engrais minéral - Maintien de la fertilité" : Elle vise à démontrer l'efficacité agronomique de la filière "Production continue de biogaz et compost pour la petite motorisation rurale".

Ce mémoire décrit le travail de recherche réalisé dans le cadre du suivi d'hivernage 1988.

Il fait suite aux travaux de PERRIER (1985), JOUVE (1986), et MULLER (1987).

CHAPITRE 1

PRESENTATION DU MILIEU — PRESENTATION DE L'ETUDE

1 - Cadre Pedoclimatique :

1 Les sols

a) Caractères généraux

Les sols cultivables de la région centre nord du Sénégal sont formés sur des sables quaternaires d'épaisseur variable surmontant des calcaires marneux de **l'éocène** moyen.

Il appartient essentiellement à deux types de sols :

- des sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés sur sable :
dénomination vernaculaire : sols dior (plus de **80%** des sols cultivés).
- des sols bruns calcimorphes sur sables et marno-calcaires :
 denomination vernaculaire : sols dek.

Dior et Dek sont des sols peu évolués , présentant un profil homogène. Ils sont faiblement lessivés, le lessivage portant faiblement sur l'argile (entre 0 et 20 cm), plus fortement sur le fer.

Les sols dek se distinguent cependant par un horizon humifère plus marqué et plus épais, un manteau sableux sur marnocalcaire plus fin (1 à 4 m) et surtout par l'importance de la fraction "argiles et limon **fin**" qui les caractérise classiquement : leur teneur passe en moyenne de 10% en sol dek à 5% en sol dior.

La différenciation des deux profils est principalement liée à leur position **topographique** différente :

- les sols dior recouvrent les dunes anciennes
- les sols dek se développent dans les interdunes, les zones de **dépression** ou les zones à topographie plane. Cette position confère à ces sols relativement plus argileux leur tendance à **l'hydromorphie** temporaire de surface.

b) Caractéristiques chimiques

Les sols dek et dior sont avant tout très pauvres en matière

Profondeurs	Humidités exprimées en hauteur d'eau (mm)					
	Capacité de rétention		Point de flétrissement		Réserve -Utile	
	Dior	Dek	Dior	Dek	Dior	Dek
0 - 40 cm	35	59	10	19	25	39
0 - 100 cm	88	161	25	53	63	108
0 - 200 cm	176	314	51	104	125	210

Tableau 1-I : Caractéristiques hydriques comparées. sol dek - sol dior

On voit que les sols dek constituent un meilleur réservoir avec une réserve utile deux fois plus forte que pour les sols dior : cette différence est à relier à la microporosité beaucoup plus élevée en dek.

D'autre part, la courbe de tension en fonction de l'humidité relative (HAMON 1978) $h(0)$ indique que l'eau sera plus fortement retenue en sol dek pour toutes les humidités et plus particulièrement pour les humidités faibles. (Cf figure 1.1). Enfin, les valeurs de conductibilité hydraulique à saturation varient fortement suivant les méthodes de détermination utilisées : elles sont proches pour les deux sols mais toujours supérieures pour les sols dek. Il n'en va pas de même en sol sec : la courbe de conductibilité hydraulique en fonction de l'humidité relative (Cf figure 1.2) indique une perméabilité verticale 50 fois plus faible en dek pour $\theta = 10\%$ (HAMON 1978). Les sols dior, plus sableux sont généralement plus filtrants, leur vitesse de diffusion latérales sont deux fois plus élevées. Par contre, le ruissellement est plus important en sol dek, et l'hydromorphie temporaire de surface Y est fréquente.

2 Le climat - Données aproclimatologiques de l'hivernage 1988

Le climat de la région Centre Nord est de type Soudano-Sahélien. Il est donc marqué par l'opposition franche entre deux saisons :

- une longue saison sèche de la mi-octobre à la mi-juin.

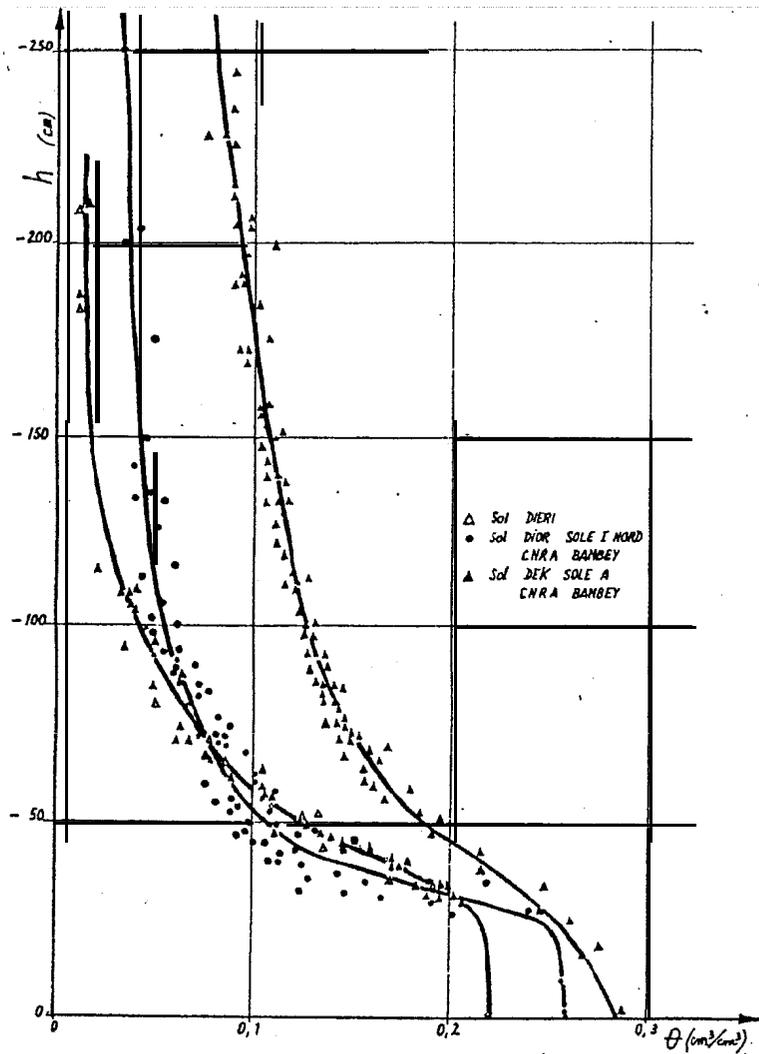


Figure 1-1 : Relation Tension-Teneur en eau pour trois sols du Sénégal (HAMON-1978)

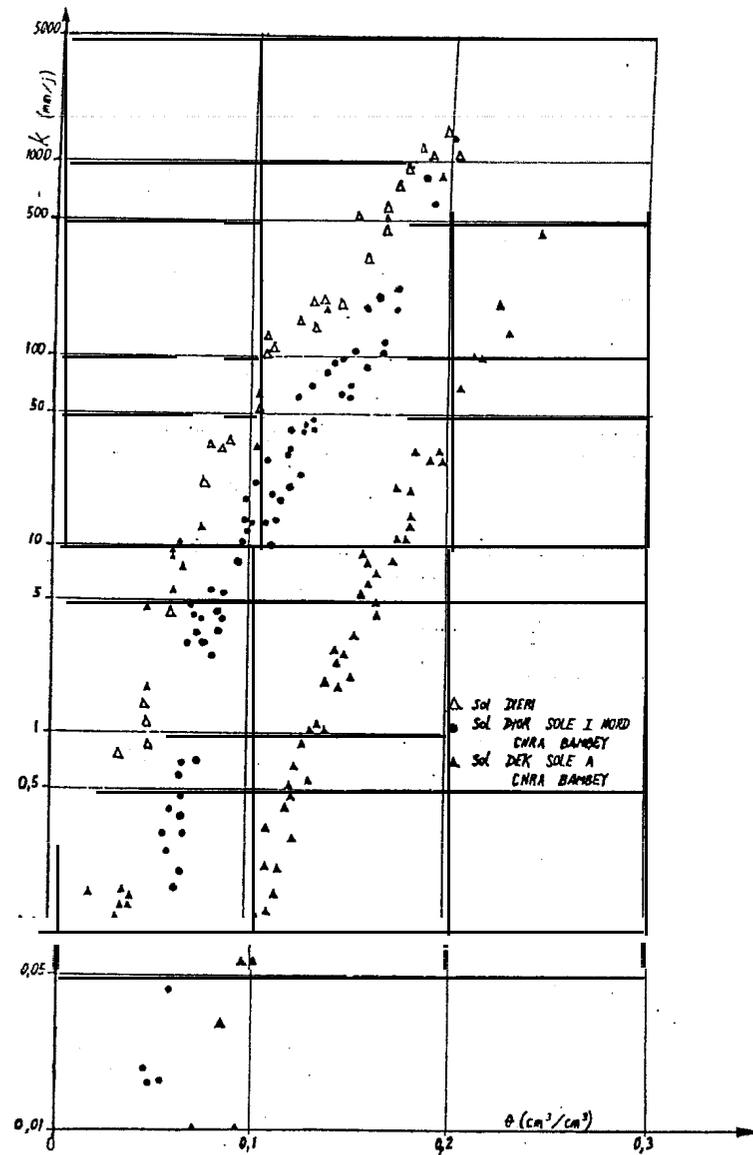


Figure 1-2 : Relation Conductivité hydraulique-Teneur en eau pour trois sols du Sénégal (HAMON-1978)

- une brève saison des pluies ou "hivernage", de la mi-juin à la mi-octobre. Août est généralement le mois le plus arrosé. La pluviométrie se caractérise par une variabilité interannuelle forte, d'autant plus élevée que la hauteur des pluies annuelle est faible. Depuis 1968, les pluviométries **cumulées** accusent régulièrement un déficit important.

1986 se distingue sur trois plans :

- l'hivernage n'a vraiment débuté que le 24 juillet. Pour le semis, nous avons du attendre la pluie du 3 août. L'hivernage est donc le **plus** tardif depuis la mise en place de l'essai.
- l'hivernage a été de courte durée : il s'achève avec la pluie du 28 septembre. Sur trois semaines, du 13 juillet au 2 août, sont concentrées plus de 60% des pluies de l'hivernage.
- les précipitations ont été exceptionnellement importantes : au 10 **octobre**, la hauteur d'eau cumulée est de 685,6mm. D'après l'analyse fréquentielle pratiquée entre 1940 et 1987, l'hivernage 88 se situe en 13ème place sur 49 années. Nous devons remonter à 1969 pour avoir un total supérieur (695 mm)

II - Présentation de l'essai

1 Place de l'essai économie d'engrais minéral dans le module Biogaz :

1983 marque l'installation du module expérimental **Transpaille à BAMBEY**, ceci dans le cadre du programme AFME - IRAT - ISRA : "Production continue de Biogaz pour la petite motorisation rurale"; il est implanté sur la sole C nu Nord-Est du CNRA (Cf figure 13.).

Dans cette structure **intégrée agriculture - élevage - cultures maraîchères**, le **biogaz** produit par le fermenteur transpaille permet **l'irrigation** grâce à un moto alternateur (Shule type AV 2), et à une pompe électrique immergée (GUINARD type SIIT 5).

Le compost, quant à lui, est utilisé sur les cultures maraîchères ainsi que sur notre essai perenne économie d'engrais minéral. A partir de l'hivernage 1984, cette expérimentation est intégrée au module dans un but de démontrer l'efficacité agronomique de la filière : il était prévu initialement pour une durée de cinq ans.

Parallèlement, cette exploitation pilote **biogaz.irrigation.compost** vise

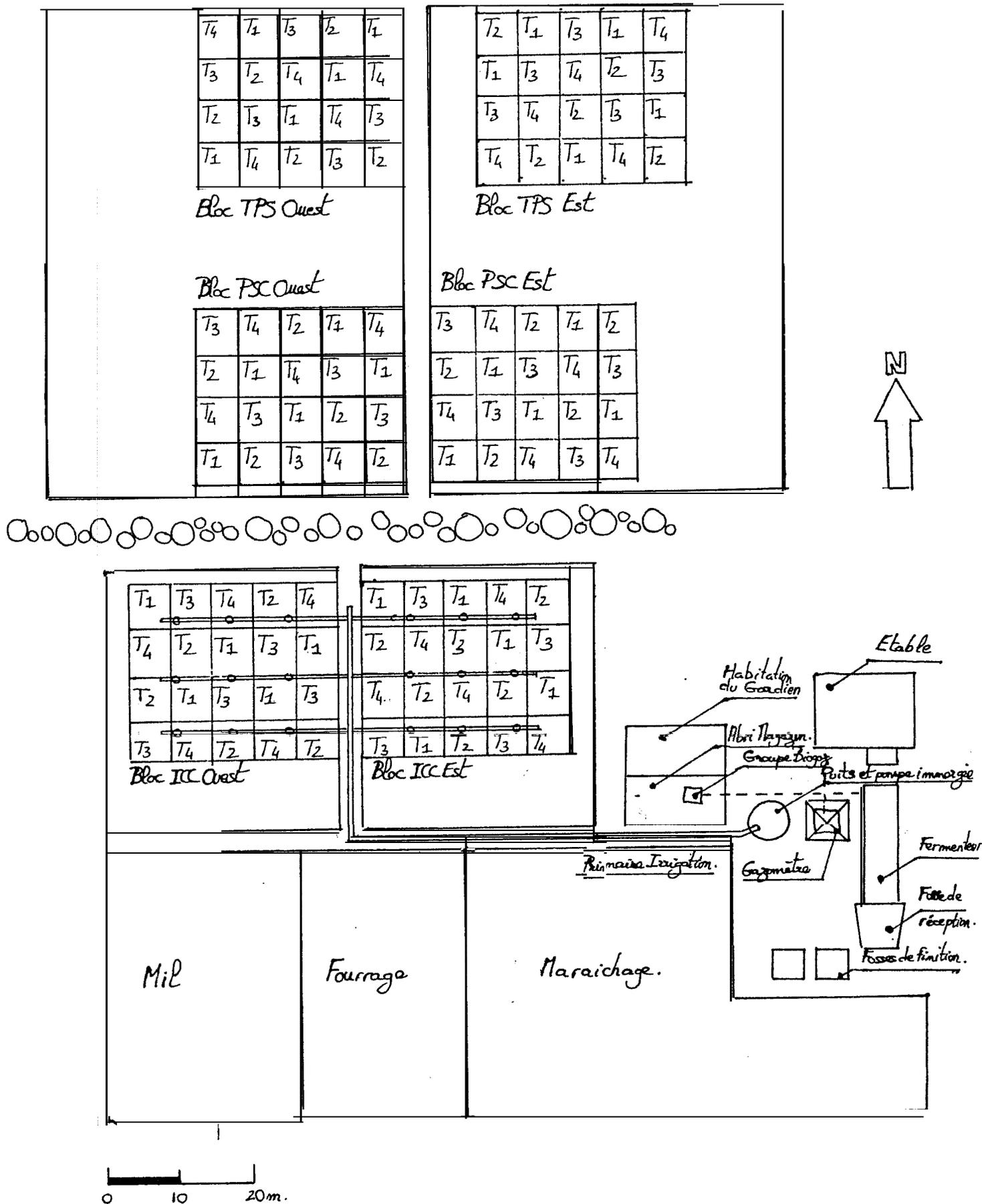


Figure 1.3: Plan général de la sole C et de l'essai Economie d'engrais minéral.

à démontrer la cohérence technique de la filière production continue de biogaz et compost par le procédé transpaille : il constitue un référentiel technique complet pour la phase suivante de pré vulgarisation. Cette phase a débuté en 1985 avec l'installation d'une unité de démonstration en milieu réel, à Thieudem dans le Niayes (NE de Dakar) sur une exploitation mixte élevage-maraîchage.

2 Descriptif de l'essai

a) Objectifs de l'essai

Initialement, l'objectif de l'essai était double :

- déterminer les Economies d'engrais minéral réalisables par apport de compost biogaz.
- montrer l'importance de l'irrigation de complément en saison des pluies pour sécuriser les rendements.

A-partir de 1985, la série Témoin pluvial Stricte est ajoutée au dispositif et un troisième objectif apparait :

- mettre en évidence et caractériser les effets du compost sur le mil et l'arachide : effet sur les rendements, effet sur la croissance (1985-1986-1987) effet sur le développement racinaire (1986-1987), effet sur l'alimentation hydrique (1985-1986-1987).

b) Dispositif d'essai

L'essai perenne mené sur la sole C depuis l'hivernage 1984, porte sur trois stades d'intensification d'une rotation mil - arachide, succession traditionnelle de la région Centre Nord du Sénégal :

- * série TPS : Témoin pluvial stricte sans enfouissement de compost et avec quatre doses croissantes d'engrais minéral.
- * série ?SC : Pluvial stricte avec enfouissement de compost (3t.M.S/ha) avec quatre doses d'engrais minéral (même doses qu'en TPS)
- * série ICC : Irrigation de complément et enfouissement de compost (3t.M.S/ha) avec quatre doses d'engrais minéral (même doses qu'en TPS).

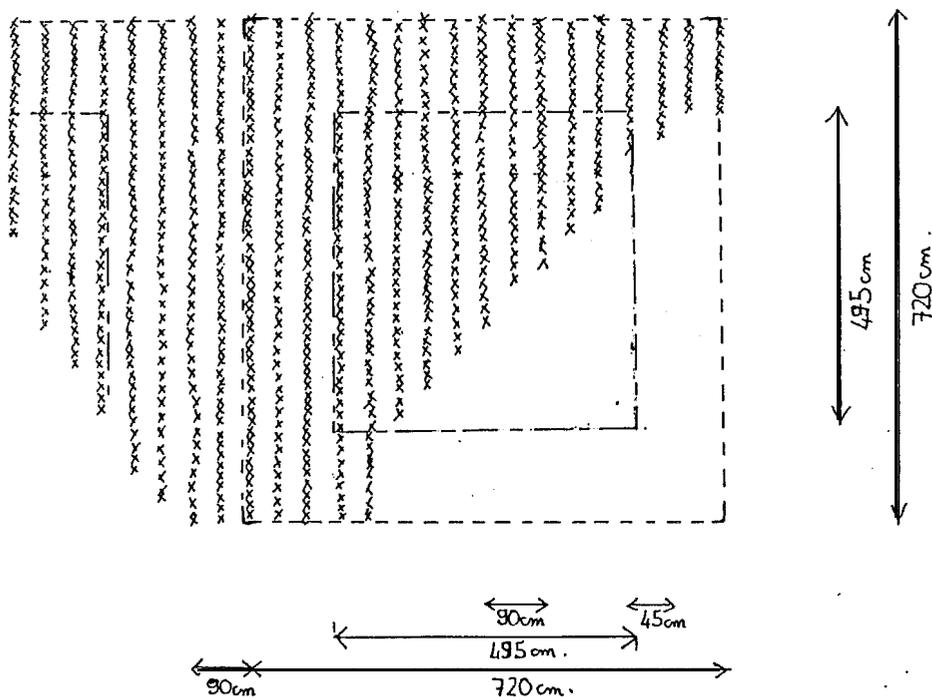
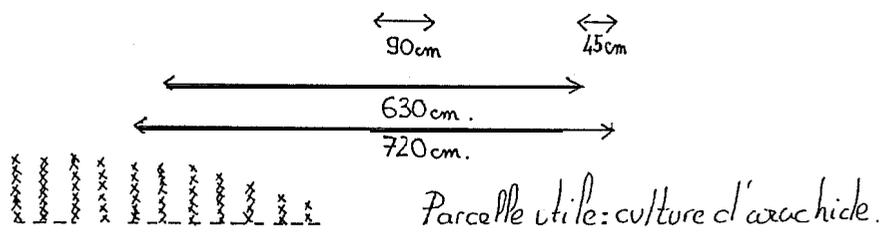
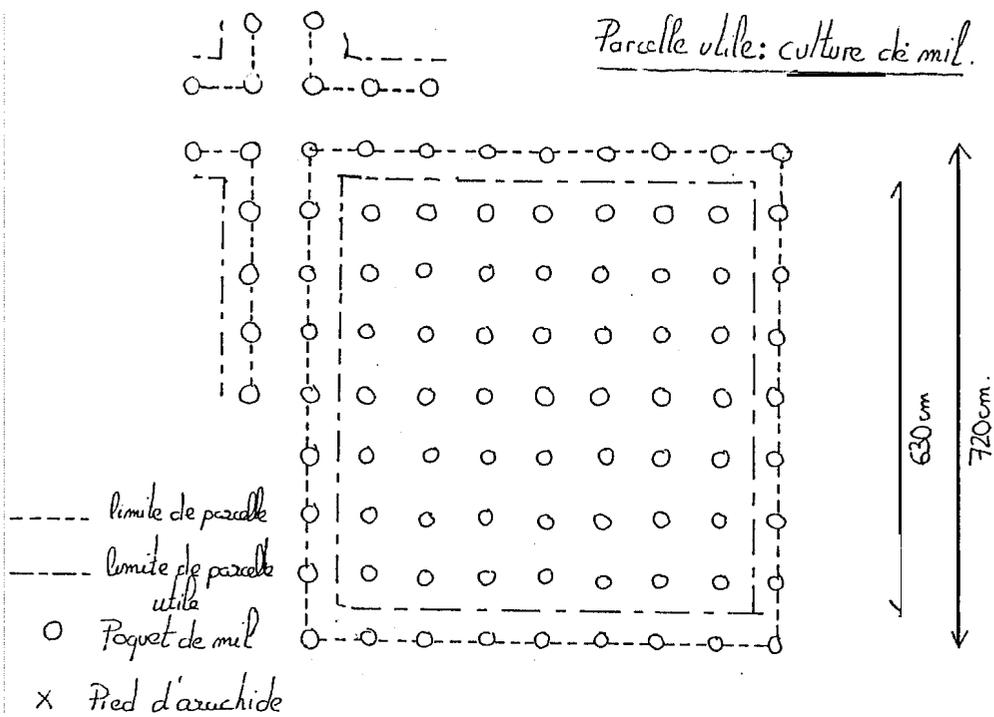


Figure 1-4 : Dimensions des parcelles utiles pour le mil et pour l'arachide.

Le dispositif expérimental, identique sur les trois séries est disposé en bloc de Fischer randomisé. Il comporte cinq répétitions et quatre traitements :

- T1 : 0% de la fumure minérale vulgarisée (F.M.V)
- T2 : 25 % FMV
- T3 : 50% FMV
- T4 : 100% FMV

FMV sur arachide : 150 kg/ha d'engrais NPK S-18-27
 sur mil : 150 kg/ha d'engrais NPK 10-21-21

La dimension des parcelles est de 7,20 X 7,20 m (51,84 m²) pour le mil et pour l'arachide. l'espacement entre parcelles et répétitions est de 0,90 m.

La dimension des parcelles utiles diffère pour les deux cultures (Cf figure 1-4)

- mil : (6,30 X 6,30 m) = 39,69 m². On enlève une ligne de bordure.
- arachide : (4,95 X 4,95 m) = 24,50 m². On enlève deux lignes, de bordure dans le sens des lignes et 1,125 m perpendiculairement aux lignes.

La comparaison des traitements à l'intérieur de chaque série permet d'étudier l'aspect économie d'engrais par apport de compost et ceci dans deux situations :

en pluvial stricte (bloc PSC) et avec irrigation de complément (bloc ICC).

On compare aussi la moyenne tous traitements confondus des séries TPS et LSC d'une part, des séries PSC et ICC d'autre part. Ceci nous permet d'infirmier ou de confirmer respectivement l'effet compost et l'effet irrigation.

Cependant, cette seconde comparaison repose sur l'hypothèse d'homogénéité initiale du terrain et sera discutée plus loin.

c) Itinéraire technique sur mil et arachide

- . L'épandage du compost a été effectuée en sec avant semis le 28 juin, l'épandage des engrais le 29 juillet.
- . Sur les six blocs de l'essai, labour et semis interviennent après la pluie du 3 août (22 mm, première pluie supérieure à 15 mm).

- le labour (4 août) : 2 passages croisés de Cover Crop (travail à 10-15 cm),

2 passages croisés de herse.

- le semis (5 août) : le mil est semé manuellement en poquet (écartement 0,90 X 0,90 m). Un demariage à trois pieds est effectué le 10ème jour. L'arachide est semé en ligne au semoir à disque (écartement 0,45 X 0,45 m).

. Deux binages ont été pratiqués ; sur mil le 17 août et les 6-7 septembre, sur arachide le 24 août et les 15-16 septembre.

. Les variétés utilisées pour le mil et l'arachide ont toutes deux un cycle de 90 jours :

- mil SOUNA III

- arachide SPANISH semi hative variété 55 - 437,

3 Principaux résultats obtenus (1984-1985-1986-1987) - Les limites de l'essai

Avant d'exposer les limites de l'essai, nous allons exposer brièvement les résultats obtenus à ce jour sur la sole C.

a) Rapide synthèse de 5 ans d'expérimentations :

. La première année d'expérimentation (1984), seules des mesures de rendement ont été effectuées : rendement en fanes et rendement en Rousses pour l'arachide ; rendement en pailles + rachis + glumes et rendement en grains pour le mil.

Dès le second hivernage, ces mesures à la récolte ont été complétées par des observations en cours de culture:

- suivi hydrique : un dispositif de mesure est mis en place en 1985 et permet depuis un suivi hydrique in situ.
- suivi phénologique sur arachide (1986) et sur mil (1985-1986-1987).
- suivi racinaire sur arachide (1986) et sur mil (1987).
- des mesures de porosité en horizons de surface (1986).

. Les résultats obtenus sur cet essai peuvent être classés en trois rubriques :

Aspect économie d'engrais minéral, aspect compost, aspect irrigation.

Aspect économie d'engrais minéral :

- . L'analyse statistique des rendements permet de dégager les tendances suivantes :
 - pour le mil, on observe :
 - . sur le bloc témoin, de faibles différences arithmétiques entre traitements sans qu'aucune tendance ne se dégage nettement.
 - . sur le bloc compost, des différences arithmétiques non significatives mais avec une hiérarchie constante entre traitements T1 < T2 < T3 < T4.
 - . sur le bloc compost irrigué : peu de différences entre traitements en 1984 et 1986, mais une augmentation significative des rendements en pailles sur T4 en 1985 et 1987.
 - pour l'arachide, on ne remarque que de faibles différences entre traitements sur les trois blocs pour les rendements en gousse comme pour les rendements en grain. Ces différences ne sont jamais significatives et aucune tendance nette ne se dégage sur quatre années de culture. Ce constat est habituel sur l'arachide, culture "capricieuse" dans sa réponse aux engrais.
- . Les mesures phénologiques effectuées en cours de cycle montrent en 1985, la supériorité significative de la croissance et du tallage en T4 sur mil en présence de compost.

Aspect compost

- . Du point de vue des rendements, la comparaison des moyennes entre les blocs témoins pluvial stricte et pluvial stricte-compost nous indique :
 - pour le mil : la supériorité du bloc compost pluvial stricte sur le bloc témoin n'apparaît significativement qu'en 1985 (rendements en paille, rendements en grain). Pour 1987, la supériorité du bloc PSC n'apparaît que sur les mesures phénologiques (verse peu avant la récolte).
 - pour l'arachide : la supériorité du bloc compost pluvial stricte apparaît seulement en 1985 sur les rendements en fanes et gousses et

en 1986 pour les rendements en fanes. En 1984 et 1987, on note par contre un effet dépressif du compost, effet non significatif.

• D'autre part, les mesures phénologiques en cours de cultures ont montré :

■ effet significatif favorable du compost :

- sur la levée du mil (stade 2 feuilles - 1986)
- sur la croissance et le tallage du mil (1985-1987) ainsi que sur le rythme de **tallage** (1987)
- sur l'intensité et la durée de la floraison de l'arachide (1985)
- sur la rétention de l'eau en surface et sur la consommation en eau en début de cycle (1987)

■ effet favorable non significatif :

- sur la porosité du sol entre 0 et 20 cm (1986)
- sur la croissance racinaire en horizon de surface pour l'arachide (1986) et le mil (1987)

Aspect irrigation

• Du point de vue de la satisfaction des besoins en eau, l'irrigation permet d'atteindre un niveau d'alimentation hydrique satisfaisant : elle permet de limiter les répercussions d'un stress hydrique sur les rendements particulièrement lorsque ce stress intervient en phase critique.

C'est ainsi que le seuil de 75% de satisfaction est toujours atteint à part en 1984 pour le mil (74% seulement) **sur le bloc irrigué.**

• D'autre part, la comparaison des rendements majeurs entre les blocs PSC et ICC montre pour le mil et l'arachide, un effet **significatif de l'irrigation** (1984-1986-1987, rendement en paille et en pains). Seul l'hivernage 1985 n'est pas significatif pour les rendements en grains du mil et les rendements en pousses et fanes de l'arachide. En 1987, une étude plus poussée de l'effet de l'irrigation sur le rendement a été menée sur l'arachide : elle a révélé un effet positif sur le poids de 100 grains et sur le **pourcentage** de maturité à la récolte.

. Les mesures phénologiques ont montré significativement :

- sur le mil, une action importante de l'irrigation sur la croissance, une action plus faible sur le tallage (1987).
- sur l'arachide, un effet de l'irrigation sur l'intensité et sur la précocité de la floraison de l'arachide (1986).

En résumé, l'effet du compost et l'effet de l'engrais minéral s'accroissent au fil des hivernages sous l'effet cumulé des apports successifs.

Cependant, il a fallu attendre une période de deux ans pour que les premiers résultats significatifs apparaissent.

b) Un dispositif expérimental perfectible

Après quatre années d'expérimentation, une analyse critique de la conception d'ensemble de l'essai et du choix des traitements peut être menée.

1 Conception d'ensemble

Un niveau initial de fertilité élevé

De 1975 à 1983, date d'implantation de l'essai, l'occupation de la sole C fut la suivante :

- bloc ICC Est et Ouest : à leur emplacement se trouvaient de 1970 à 1975, un parc tournant pour l'embouche bovine dans le cadre d'une ferme pilote d'intégration agriculture - élevage. Il lui succède une jachère jusqu'en 1983.
- bloc PSC Est et Ouest - Bloc TPS Est et Ouest. Leur emplacement fut occupé de 1970 à 1975, par une rotation Mil - sorgho - arachide recevant la fumure minérale vulgarisée. Il lui succède un essai fourrager pendant deux ans puis une jachère jusqu'en 1983.

Nous Pensons donc que le niveau de fertilité initial était élevé. Dès lors, on comprend aisément que les rendements restent forts sur les parcelles sans engrais minéral et organique après deux rotations mil - arachide. Nous ne pouvons donc parler véritablement de restauration de fertilité. Il s'agit plutôt d'un essai de maintien de la fertilité à un niveau initialement élevé. En effet, les premières années, l'alimentation minérale ne constituait pas un facteur limitant.

Un dispositif qui ne permet pas de conclure statistiquement sur l'effet du compost

Le dispositif expérimental a été conçu initialement pour étudier la variable "Dose d'engrais minéral" dans trois conditions différentes: pluviale stricte, pluviale stricte avec compost, irriguée avec compost.

L'analyse statistique est possible entre les quatre niveaux de cette variable sur un même bloc. Par contre, le dispositif ne permet pas, en toute rigueur, d'étudier les variables "absence ou présence d'irrigation", "absence ou présence d'épandage de compost".

En effet, pour un niveau de fumure minérale donnée, les parcelles pluviale stricte, compost et compost irriguées ne sont pas contiguës mais appartiennent à trois blocs différents ; à l'effet de ces deux variables se superpose l'effet du facteur terrain : il est impossible de distinguer leur effet respectif.

JOIJVE (1986) et MULLER (1987) ont supposé que le terrain de la sole C était globalement homogène avant l'implantation du dispositif. Cette hypothèse autorise la comparaison entre les blocs pris deux à deux par un test de tudent entre les moyennes des vingt parcelles de chaque bloc.

2 Choix des traitements

Une différence trop faible entre les quatre niveaux du facteur engrais minéral

Le plus fort apport d'azote est de 15 kg d'azote par hectare. Entre les traitements T0 - T1 et T1 - T2, le niveau d'azote augmente seulement de trois kilos par hectare sur arachide et de 3,75 kilos par hectare sur le mil.

Ces différences sont trop faibles pour se traduire par une différence de rendements spectaculaires et ceci d'autant plus que le niveau de fertilité initial est élevé.

Une dose de compost faible (3t MS/ha)

CANNY et AL (1983) ont montré que les disponibilités en résidus de récoltes étant très faibles en milieu paysan dans le nord du bassin arachidier. Les doses de compost ont donc été adaptées à ces disponibilités.

Cependant, s'il est compatible avec les pratiques paysannes, un apport de 3-t MS/ha ne permet pas d'observer à court terme, des différences de

rendements démonstratives.

En résumé, les imperfections du dispositif expérimental se traduisant sur le plan statistique par un manque de signification des résultats. L'absence de différences significatives est le fait d'une part, d'une trop faible variation de rendements entre traitements (**variance**, traitement faible), et d'autre part, d'une trop forte variabilité entre les répétitions de chaque traitement (**variance** résiduelle élevée). Dans plusieurs cas, la **variance** résiduelle est voisine ou supérieure à la **variance** entre traitements minéraux.

Dans la présente étude, nous tenterons d'une part, de cerner les causes de variabilité, d'autre part d'augmenter la signification des résultats expérimentaux.

3 Axes de travail retenus pour l'hivernage 1988

Ces axes de travail ont été choisis en fonction des résultats et critiques exposés précédemment.

a) Reconduire le suivi hydrique phénologique et racinaire sur la sole C

Dans un souci de continuité avec les travaux précédents, pour confirmer et compléter les résultats acquis sur la sole C, le dispositif du suivi a été repris pour la campagne 1988.

Ce suivi s'effectuera selon un protocole simplifié :

- suivi hydrique in situ : nous reprenons le dispositif mis en place en 1985.
- suivi racinaire : il sera mené cette année à la fois sur mil et sur arachide. Nous chercherons plus particulièrement à augmenter la signification des résultats en augmentant le nombre de répétitions.
- suivi phénologique : il comprendra
 - . pour l'arachide, le suivi de la levée et de la floraison.
 - . pour le mil : suivi de levée, suivi de croissance, suivi de tallage et de développement reproducteur.

b) Cerner l'hétérogénéité des résultats expérimentaux obtenus sur la sole C

En partant de l'hypothèse que la forte fluctuation des rendements de la sole C reflète l'hétérogénéité du terrain, nous avons cherché à caractériser celle-ci.

Pour cela nous avons choisi d'étudier la variabilité spatiale de trois paramètres physiques :

- la densité apparente- porosité entre 0 et 30 cm.
- le taux d'argiles et limon fin entre 0 et 30 cm,
- la microtopographie.

Ces paramètres ont été choisis en fonction des résultats acquis sur la sole C et d'études antérieures menées sur un milieu similaire.

c) Compléter l'étude sur la sole C

1 - Nutrition minérale

Depuis le début de l'expérimentation, les recherches ont été orientées en majeure partie vers l'étude de l'alimentation hydrique des cultures et des propriétés hydriques des sols.

De même, le rôle de l'enfouissement de compost n'a été envisagé qu'à travers les modifications de propriétés hydriques qu'il détermine. Cette attention particulière est évidemment justifiée : l'eau constitue le premier facteur limitant en zone soudano sahélienne ; l'essai comporte un volet irrigation dont il convient de caractériser les effets.

Par contre, jusqu'à l'hivernage 1987, peu d'attention avait été portée à la nutrition minérale des cultures d'une part, à la fertilité chimique des sols d'autre part. Des analyses de plantes à la récolte (1985), de compost et de sol (1987) sont disponibles mais n'ont été pour l'instant que partiellement exploitées.

Dans un essai "maintien de la fertilité - Economie d'engrais minéral", cet aspect nous a paru fondamental.

Dans ce mémoire, nous avons effectué un bilan minérale des cultures et une interprétation des analyses de sol.

Il est prévu d'effectuer, à la récolte des analyses de plantes (graines,

gousses, fanes **pour** l'arachide ; graines, rachis et **glumes**, paille pour le mil) et en saison sèche, deux prélèvements de sol sur chaque parcelle de l'essai aux profondeurs 0 - 15 cm et 15 - 25 cm.

2 - Etude des composantes du rendement

Les mesures de rendement seront affinées et nous examinerons les différentes composantes de l'élaboration du rendement du mil et de l'arachide.

Ceci devrait permettre :

- de cerner les causes de la forte variabilité de rendements observés entre les répétitions **de chaque traitement**.
- de déterminer dans nos conditions d'expérience, sur quelle composante influe plus spécifiquement, le niveau de fertilisation minérale et l'enfouissement du compost.

d) Mettre en place un nouvel essai en milieu paysan

Prolongement logique de notre essai en station, ce nouveau dispositif nous permet :

- de conclure en toute rigueur statistique sur l'effet du compost : les parcelles avec et sans compost sont juxtaposées.
- d'obtenir rapidement des résultats significatifs : l'essai est placé sur un sol dior épuisé.
- de compléter les résultats de la sole C notamment sur le mode **d'enfouissement** du con-st.
- de nous placer en milieu réel et de tester la compatibilité de l'apport et de l'enfouissement avec les pratiques paysannes.

L'essai est situé à **Bambey Sérère**, village qui jouxte le **CNRA** au Sud Ouest. Il **porte** sur une culture de mil **Souna III** avec précédent arachide. Ce dispositif expérimental en **Bloc** de Fisher randomisé, comporte quatre traitements et sept répétitions (Cf **figure 1.5**).

- traitement T1 : témoin sans compost
- traitement T2 : épandage sans enfouissement

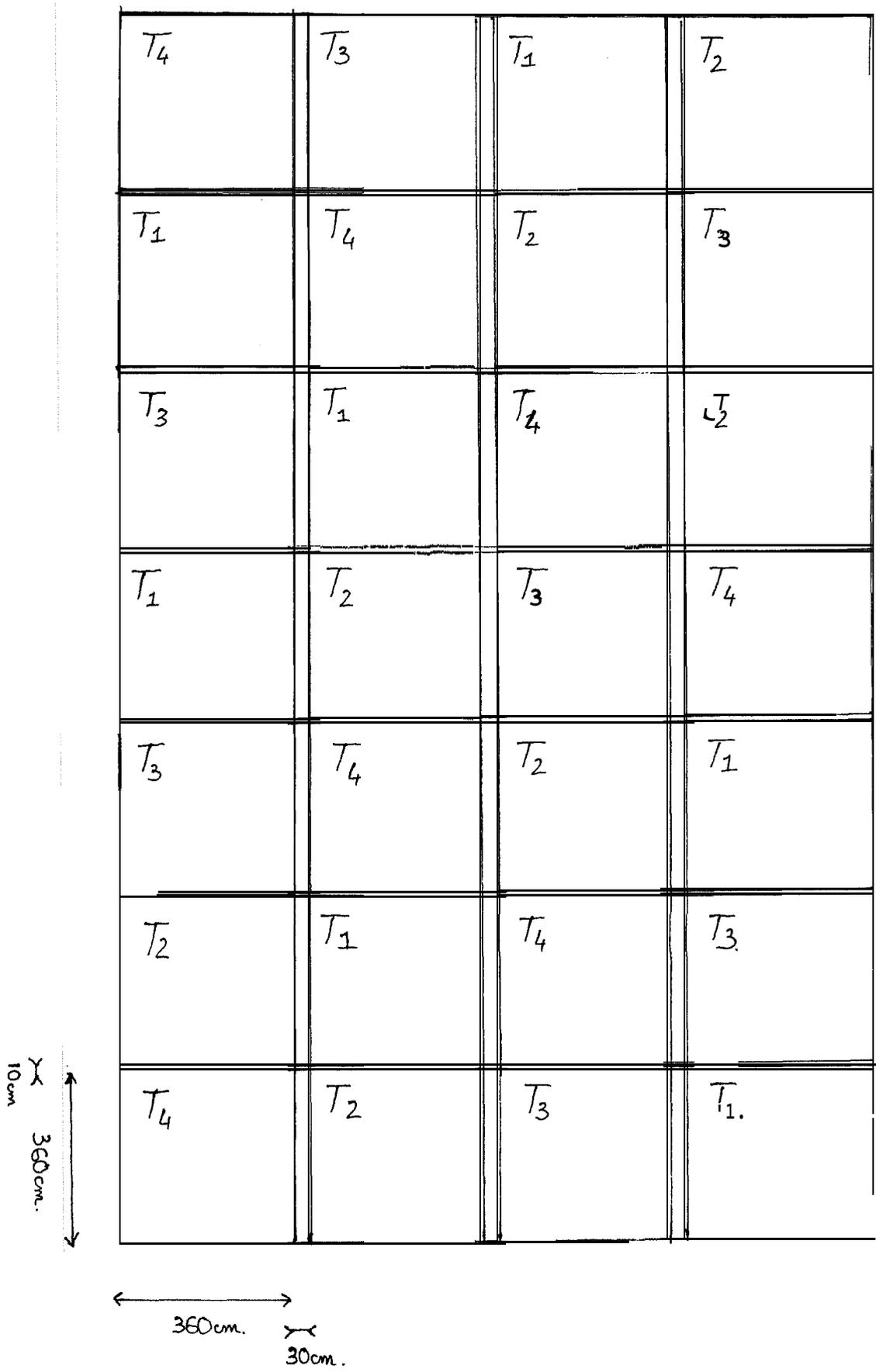


Figure 1-5 : Plan du nouveau dispositif en milieu paysan.
 Dimentions des parcelles

- traitement T3 : épandage avec enfouissement à l'~~h~~hilaire.
- traitement T4 : Localisation du compost **en poquets**.

La dimension des parcelles est de 3,60 x 3,60 m (12,96 m).

L'espacement est de 30 cm entre traitement d'un **même bloc** et de 10 cm entre les blocs.

Le **semi** est effectué en poquist avec un **écartement** de 0,90 x 0,90 m.

CHAPITRE 2

BILANS MINÉRAUX D'UNE CULTURE DE MIL ET D'UNE CULTURE D'ARACHIDE
CONSEQUENCES SUR LE STATUT MINÉRAL ET ORGANIQUE DES SOLS

Le présent **chapître** repose essentiellement sur l'interprétation de l'analyse des plantes et de l'analyse du sol. Notre objectif dans le présent **chapître** se limitera à mettre en évidence les déséquilibres les plus apparents pour chacune des cultures et d'essayer d'apprécier leurs conséquences sur l'évolution de la fertilité des sols. Ces résultats sont ensuite confrontés aux analyses de sols réalisées sur trois blocs de la **sol 1 C**.

1 - Bilans minéraux d'une culture de mil et d'une culture d'arachide

Dans les agricultures très intensifiées des pays développés, les bilans minéraux sont faciles à établir : ils sont en effet largement contrôlés par la fertilité minérale de cultures homogènes. Il n'en va pas de même en région **semi aride** où certains termes, ailleurs **négligés**, présentent une importance particulière.

1 Méthode employée - Les termes du bilan minéral (Cf tableau II1 et II2)

Les analyses minérales utilisées pour le calcul des exportations ont été effectuées sur la récolte 1985. Elles nous donnent les teneurs en éléments majeurs (N, P, K, Ca, Mg) des *fanés*, des coques et des graines pour l'arachide, des pailles + rachis + glumes et des graines pour le mil.

Les prélèvements ont été pratiqués sur l'ensemble de l'essai (6 blocs) par échantillonnage sur chaque parcelle,

Malheureusement pour l'hivernage 1985, les rendements parcelle par parcelle n'ont pu être retrouvés ; nous disposons seulement des valeurs moyennes traitement par traitement : nous n'avons donc pu calculer que des exportations moyennes sur chacun d'eux. L'interprétation statistique des résultats est alors impossible et nous nous contenterons de **comparer** pour les deux cultures, les tendances moyennes observées :

- entre les traitements T1 (0% Fumure moyenne vulgarisée = FMV) et T4 (100% FMV)

E Exportations minérales à la récolte
 L pertes minérales par Lixiviation
 P apports minéraux atmosphériques

F = apports par Fertilisation minérale
 O = apports par restitutions Organiques (COMPOST)
 NF = apports par fixation symbiotique de l'azote

TRAITEMENT	TERMES DU BILAN (Kg/Ha.)	TEMOIN					PLUVIAL STRICTE - COMPOST					IRRIGATION - COMPOST				
		N	P	K	CA	Mg	N	P	K	CA	Mg	N	P	K	CA	Mg
T ₁ 0% FM	E	-42,6	-8,5	-68,6	-11,6	-15,1	-49,6	-9,7	-96,4	-12,1	-18,0	-50,6	-12,0	-103,2	-12,7	-22,7
	L	-5,0	0	0	-4,0	-2,0	-5,0	0	0	-4,0	-2,0	-5,0	0	0	-4,0	-2,0
	P	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3
	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	54	11,3	37,5	64,7	27,0	54	11,3	37,5	64,7	27,0
	BILAN	-47,1	-7,9	-67,0	-7,5	-15,8	-0,4	-2,2	-57,1	+48,6	+8,3	-1,4	-0,1	-64,1	+56,1	+3,6
T ₄ 100% FM	E	-42,2	-7,6	-91,6	-8,3	-12,9	-58,2	-9,1	-83,2	-11,4	-20,9	-67,7	-16,1	-118,1	-18,1	-29,1
	L	-5,0	0	0	-4,0	-2,0	-5,0	0	0	-4,0	-2,0	-5,0	0	0	-4,0	-2,0
	P	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3
	F	15,0	13,9	26,1	0	0	15,0	13,9	26,1	0	0	15	13,9	26,1	0	0
	O	0	0	0	0	0	54,0	11,3	37,5	64,7	27,0	54,0	11,3	37,5	64,7	27,0
	BILAN	-32,0	+6,9	-64,0	-4,2	-9,6	+6,0	+16,7	-18,0	+57,4	+5,4	-3,5	+9,7	-83,0	+28,6	-2,8

TABLEAU II-1

VALEURS DES DIFFERENTS TERMES DU BILAN (ELEMENTS MAJEURS) - CULTURE DE MIL (1985)

TRAITEMENTS	TERMES DU BILAN (kg/ha.)	TEMOIN PLUVIAL STRICTE					PLUVIAL STRICTE - COMPOST					IRRIGATION-CO MPOST				
		N	P	K	CA	Mg	N	P	K	CA	Mg	N	P	K	CA	Mg
0% FMV	E	-83,1	-8,0	-20,0	-19,6	-17,6	-98,3	-8,9	-34,4	-20,3	-16,8	-125,8	-9,3	-38,4	-25,8	-19,4
	L	-15	0	0	-18,0	-6,0	-15	0	0	-18,0	-6	-15	0	0	-18,0	-6,0
	P	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3	0,2	0,6	0,6	8,1	1,3
	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NF	41,6	0	0	0	0	54,0	11,3	37,5	65,7	27,0	54,0	11,3	37,5	65,7	27,0
BILAN	-56,3	-7,4	-18,4	-29,5	-22,3	-10	+3	+4,7	+35,5	+5,5	+23,7	+2,6	+0,3	+30	+29	
100% FMV	E	-91,6	-7,9	-26,0	-18,3	-16,9	-98,8	-9,4	-36,0	-29,9	-16,2	-117,30	-10,2	-49,8	21,0	17,0
	L	-15,0	0	0	-18,0	-6,0	-15,0	0	0	-18,0	-6,0	-15	0	0	-18,0	6,0
	P	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3	0,2	0,6	1,6	8,1	1,3	0,2	0,6	0,6	8,1	1,3
	F	12,0	11,9	36,6	0	0	12,0	11,9	36,6	0	0	12,0	11,9	36,6	0	0
	NF	0	0	0	0	0	54,0	11,3	37,5	65,7	27,0	54,0	11,3	37,6	65,7	27,0
BILAN	-48,6	-4,6	+12,2	-28,2	-21,6	+1,9	+14,4	+39,7	+32,5	+6,0	+10,8	+13,6	+24,9	+34,8	+5,3	

TABIEAU II-2

VALEURS DES DIFFERENTS TERMES

0

U BILAN (ELEMENTS MAJEURS) - CULTURE D'ARACHIDE (1985)

entre les blocs en considérant pour chaque bloc, l'ensemble des bilans sur T1 et T4.

- . Les apports d'éléments minéraux par restitution l'organique ont été chiffrés grâce aux analyses effectuées sur le compost utilisé pour l'hivernage 1985.
- . Un terme de perte par lixiviation a été introduit dans le bilan. Il est très approximatif. Sa valeur a été estimée d'après les mesures effectuées par PIERI (1982) sur des cultures de mil et d'arachide en conditions pluviométriques et pédologiques comparables.
- . Pour les apports météoriques, les valeurs données par le même auteur pour la région de Bambeï ont été corrigées par la pluviométrie de l'hivernage 1985 (395 mm).
- . Nous avons aussi pris en compte la fixation symbiotique de l'azote par la légumineuse : ces apports ont été évalués à 60% des exportations d'azote par l'arachide.
- . D'autres termes n'ont pas été pris en compte dans le bilan, soit que leur importance fut considérée comme mineure (pertes minérales par ruissellement), soit que nous ne disposions d'aucune base pour les évaluer (perte gazeuse d'azote, apports minéraux par irrigation).

2 Résultats et interprétation :

a) Comparaison des bilans sur T1 et T4 :

L'analyse statistique des rendements avait montré en 1985 :

- pour le mil : sur les trois blocs, les rendements en pailles et en grains sont supérieurs en T4. Par contre, cette différence n'est significative (seuil 5%) que pour les pailles sur le bloc ICC.
- pour l'arachide : la supériorité des rendements en T4 apparaît seulement sur les blocs TPS et PSC : elle est plus faible que précédemment et jamais significative.

Le même constat peut être établi aussi bien pour les exportations que pour les bilans : le mil et l'arachide ne répondent que faiblement à la fertilisation NPK dans les conditions de l'hivernage 1985. On peut

penser ici à la présence d'un facteur limitant. Le bilan minéral sur les éléments majeurs ne nous fournit cependant aucune explication sur ce phénomène.

On remarque cependant le comportement particulier du potassium : il est le seul macroélément dont les exportations augmentent en fonction de l'offre du milieu et ceci essentiellement par augmentation de ses teneurs dans les parties *végétatives* (pailles de mil et fanes d'arachide).

b) Comparaison des bilans entre blocs : La comparaison des rendements entre blocs avait montré en 1985 pour le mil comme pour l'arachide :

- une supériorité significative des rendements du bloc compost irrigué sur le bloc compost seul.
- une supériorité **significative** du bloc compost sur le bloc témoin.

Ici encore ce constat s'applique aussi aux exportations minérales.

. Sur mil, comme sur arachide, le bilan est déficitaire pour tous les éléments majeurs en absence de compost ; par contre, il approche l'équilibre ou devient excédentaire respectivement sur le bloc compost seul et sur le bloc compost irrigué.

. Sur mil, cependant, le potassium fait exception à cette règle. Comme toutes les tiges de céréales, les pailles de mil sont fortement exportatrices vis à vis de ce **cation**. Sur une rotation mil - arachide, l'excédent dégagé sur la légumineuse équilibre le bilan ou minimise le déficit.

En absence de compost, le mil et l'arachide vont puiser dans les réserves minérales et organiques du sol (minéralisation de la matière organique) en les appauvrissant. Ceci est particulièrement sensible pour l'azote, le calcium et le magnésium : aux exportations par les cultures s'ajoutent les pertes par lixiviation particulièrement importantes pour ces trois éléments.

Or si les engrais NPK compensent en partie le déficit azote, il n'en va pas de même pour le calcium et le magnésium : dans notre cas, seuls les traitements avec compost peuvent remédier à l'appauvrissement du sol en bases. Par ailleurs, on note une très forte augmentation des exportations d'azote entre le bloc compost seul et le bloc

irrigué : cette différence peut être en majeure partie expliquée par une amélioration de la fixation symbiotique de l'azote. En effet, GANRY et WEX, cités par PIERI (1986) montrent que la fixation symbiotique de l'azote satisfait de 20 à 70% des besoins de la plante suivant que l'alimentation hydrique est bonne (pluviométrie importante et bien répartie) ou défectueuse.

L'irrigation assure alors une humidité du sol plus forte et plus régulière créant des conditions favorables à une bonne fixation biologique.

II - Analyse des sols après deux rotations mil-arachide

Les sols de la région sont bien pourvus en colloïdes minéraux. Le lessivage y est plus faible qu'en sol dior et le complexe absorbant mieux pourvu en calcium échangeable. De ce fait, les sols de la région sont considérés en général comme peu sensibles à l'acidification.

Nous allons voir cependant que, en l'absence de restitutions organiques, une telle tendance commence à se dessiner sur nos sols.

1 Méthode employée

Les analyses de sols dont nous disposons portent sur des prélèvements effectués avant l'hivernage 1987 sur les horizons 0-15 et 15-25 cm. L'échantillonnage est effectué uniquement sur les traitements T1 T2 et T4 des trois blocs ICC Est - FSC Est - TPS Est (Pas d'analyse sur le traitement T3). Le traitement statistique ne pouvait plus être fait en bloc de Fischer : nous nous plaçons donc en randomisation totale avec trois traitements et cinq répétitions.

2 Résultats et interprétations

Les principaux résultats et leurs analyses statistiques ont été portées sur le tableau II 3. On remarque qu'une évolution différente se dessine en absence et en présence de compost. Cette évolution peut être résumée en quatre points :

TRAITEMENT VALEUR MOYENNE	PROFONDEUR EN CM	TEMOIN PLUVIAL STRICTE					PLUVIAL STRICTE COMPOST					IRRIGATION . COMPOST					MOYENNE PAR BLOC			EFFET COMPOST	EFFET IRRIGATION
		T ₁	T ₂	T ₄	EFFET ENGRAIS (SEUIL)	GROUPES HOMOGENES	T ₁	T ₂	T ₄	EFFET ENGRAIS (SEUIL)	GROUPES HOMOGENES	T ₁	T ₂	T ₄	EFFET ENGRAIS (SEUIL)	GROUPES HOMOGENES	TPS	PSC	ICC		
MATIERE ORGANIQUE %	0 à 15	0,61	0,59	0,48	oui 10%	T ₁ >T ₂ et T ₁ >T ₄	0,63	0,75	0,54	non		0,88	0,79	0,82	non		0,56	0,64	0,83	non	oui 5%
	15 à 25	0,69	0,59	0,47	oui 10%	T ₁ >T ₂ /T ₄	0,47	0,71	0,54	oui 5%	T ₂ >T ₄	0,72	0,64	0,83	non		0,58	0,57	0,73	non	oui 5%
AZOTE TOTAL %	0 à 15	0,30	0,31	0,28	non		0,35	0,40	0,28	oui 10%		0,27	0,41	0,42	non		29,7	34,3	43,6	non	oui 5%
	15 à 25	0,31	0,31	0,27	non		0,32	0,37	0,26	oui 10%	T ₂ >T ₄	0,37	0,39	0,36	non		29,8	31,6	36,9	non	oui 5%
P H EAU	0 à 15	5,56	5,56	5,50	non		5,12	6,12	5,68	non		7,58	7,42	7,23	non		5,54	5,98	7,41	oui 5%	oui 5%
	15 à 25	5,59	5,78	5,87	non		6,15	6,12	5,68	non		7,20	7,23	6,90	non		5,75	6,14	7,11	oui 5%	oui 5%
CEC meq / 100g	0 à 15	3,17	2,59	2,83	oui 10%	T ₁ >T ₄	4,65	3,57	3,06	oui 10%		5,99	4,66	4,81	oui 10%		2,87	3,77	5,15	oui 5%	oui 5%
	15 à 25	3,90	3,49	3,91	oui 10%	et T ₁ >T ₂	4,18	4,03	4,02	oui 10%	T ₁ >T ₄	6,24	4,96	4,87	oui 10%	T ₁ >T ₂	3,36	4,58	5,36	oui 5%	oui 5%
Ca ²⁺ meq/100g	0 à 15	1,87	1,71	1,63	non		3,24	2,63	1,97	oui 5%	T ₁ >T ₄	4,74	3,72	3,75	non		1,74	2,17	4,07	oui 5%	oui 5%
	15 à 25	2,51	2,62	2,58	non		4,26	3,47	3,19	non		5,06	4,26	3,85	non		2,57	3,54	4,39	oui 5%	oui 5%
AL ³⁺ meq/100g	0 à 15	5	7,2	9,4	non		0,4	2	3	non		2	0	2,4	oui 10%	T ₄ >T ₂	7,2	1,8	1,4	oui 5%	non
	15 à 25	5	4,6	1	oui 10%	T ₁ >T ₄	0,4	2,8	0	oui	T ₂ >T ₄ T ₂ >T ₁	2,2	0	2,4	oui 10%	et T ₁ >T ₂	3,5	1,1	1,5	oui 5%	non

Tableau II-3 : Comparaison des analyses de sol entre les traitements T₁, T₂ et T₄ sur les trois blocs de l'essai "Economie d'engrais minéral".

a) Un statut organique peu modifié par quatre années d'apport de compost

Les teneurs en matières organiques et en azote total ne sont pas significativement différentes en présence et en absence de compost.

Ceci pourrait s'expliquer par une **minéralisation** particulièrement active dans nos conditions pédoclimatiques (pic de minéralisation en début de saison des pluies).

Nos apports organiques étant limités (3 t MS/ha), on peut penser que la majeure partie du compost passe dans la fraction minérale l'année même de son enfouissement.

D'autre part, on retrouve ici aussi, les effets d'une meilleure fixation sybiotique en irrigué : le stock d'azote est significativement plus fort en ICC qu'en PSC.

On remarque aussi, une augmentation du taux de matière en conditions irriguées : on peut penser que l'irrigation en régularisant l'humidité du sol, limite les alternances humectation dissécatrice : ces conditions seraient alors favorables à une réorganisation de la matière organique.

b) Une forte acidité des sols en absence de compost

En présence de compost, le pH passe de 5,54 à 5,98 en pluvial stricte et à 7,41 en irrigué. Ici encore, l'effet compost et effet irrigation sont significatifs (seuil 5%).

En absence de compost, nous nous approchons d'un pH de 5,5 seuil d'acidité cité par FIERI (1976) pour les sols de région centre nord du Sénégal.

D'autre part, l'élévation de pH sur le bloc irrigué peut être interprétée comme un effet des apports minéraux par irrigation : l'eau pompée est fortement carbonatée.

Comme nous allons le voir, ceci est confirmé par l'enrichissement significatif en calcium sur ce bloc.

Ce pH moins acide, facilite lui aussi, la fixation biologique de l'azote sur ce bloc.

c) Un accroissement de la solubilité des ions aluminium en absence de compost

On estime généralement comme véritablement acide, les sols qui contiennent de l'aluminium échangeable. C'est le cas sur le bloc témoin alors que les blocs avec compost en sont pratiquement dépourvus. L'effet compost est encore significatif.

La valeur critique de saturation du complexe absorbant par l'aluminium (30%) est loin d'être atteinte.

Cependant, sur le bloc témoin, ce risque de toxicité alumique devrait se préciser dans les années à venir.

d) Un appauvrissement en bases et une désaturation du complexe absorbant en absence de compost

Cet appauvrissement est particulièrement sensible pour le calcium (différence **significative** au seuil 5%). Elle s'accompagne d'une diminution significative de la CEC et par conséquent d'une dégradation du taux de saturation du complexe absorbant.

La concentration élevée du compost en calcium, a donc permis de compenser les effets conjugués des exportations et de la lixiviation.

L'irrigation augmente elle aussi les teneurs en calcium du sol : cet effet de **l'irrigation** bénéfique dans un premier temps, pourrait, à terme, induire une chlorose.

En résumé, des apports de 3 t M.S/ha/an de compost, n'ont pas encore permis d'améliorer sensiblement le statut organique.

En effet, sols dek sont par nature bien pourvus en **colloïdes organiques** et minéraux. Le compost agira **principalement** sur ces sols en apportant des bases (Ca et Mg) : la salubilisation de l'aluminium est stoppée et le taux de saturation du complexe **augmente**.

Un résultat différent a été obtenu par WEY et al (1987) sur un sol dior dégradé : dix ans d'apports de fumier ont **augmenté significativement** le taux d'azote total de ces sols.

III - Conclusion

Le bilan minéral comme les analyses de sol indiquent clairement un **début d'acidification**, en absence de compost.

Si l'essai est poursuivi, ce phénomène devrait s'accroître d'année en année.

De ce point de vue, le compost remplace avantageusement les engrais ternaires NPK : dans un premier **temps, ceux-ci** stimulent les rendements ; par contre, les exportations de calcium et de magnésium ne sont pas compensées : à terme, ces engrais appauvrissent les sols en bases et **accélèrent l'acidification.**

Seul des apports de matière organique **humifiée** (compost, fumier), permet d'inverser durablement cette tendance.

Enfin, des analyses minérales à la récolte et des analyses de sols après hivernage, sont prévues cette année : elles devraient permettre de réactualiser les résultats de ce présent **chapitre.**

CHAPITRE 3

SUIVI HYDRIQUE IN SITU D'UNE CULTURE D'ARACHIDEBILAN HYDRIQUE

. Dans la zone **soudano** sahélienne, l'eau constitue le premier facteur limitant, pour les cultures. Il est donc primordial de suivre l'évolution des profils hydriques dans les trois grandes situations représentées sur notre essai :
 pluvial stricte sans compost
 pluvial stricte avec compost
 compost irrigué.

. Ce suivi **régulier** porte cette année, sur une culture d'arachide. Il nous permet d'effectuer un bilan sous culture et de comparer les consommations en eau et la satisfaction des besoins en présence et absence de compost, en présence et absence d'irrigation.

1 - Suivi hydrique in situ : évolution des profils hydriques en cours d'hivernage

1 - Dispositif de suivi - principe de la mesure

Nous reprenons, pour le suivi hydrique de l'hivernage 1988, le dispositif mis en place par PERRIER (1985) et modifié par JOUVE (1986)

a) Implantation du dispositif

.. En 1985, trois tubes d'accès pour sonde à neutrons ont été implantés sur chacune des trois séries TFS Est, PSC Est et ICC Est.

.. Les sites d'implantation ont été choisis d'après le taux d'"Argiles et Limon fins ($\phi \leq 20 \mu\text{m}$)" : plusieurs études ont, en effet, montré l'influence primordiale de ce paramètre sur les propriétés hydriques des sols sableux de la **région Centre Nord** du Sénégal (Imbernon 1981).

.. Pour chaque série, sur chaque répétition du traitement T2, on a effectué deux profils granulométriques, puis calculé le taux moyen d'"Argiles et limon fins" sur un mètre. On a ensuite calculé

une moyenne globale sur les dix profils de chaque série et on en a retenus trois :

- le site dont la moyenne se rapproche le plus de la moyenne globale.
 - les deux sites présentant les moyennes extrêmes.
- .. Nous disposons donc de neuf tubes de mesure implantés à 3 m de profondeur. Cependant, le tube implanté sur la parcelle ICC-T2R3 avait été abandonné en 1986. Nous avons tenté de le réimplanter pour l'hivernage 1988 mais ce tube a malheureusement été coudé lors du labour : seules des mesures en surface (0 - 70 cm) ont été effectuées sur ce site.

b) Principe de la mesure

- .. Les mesures d'humidités volumiques seront effectuées par méthode **gravimétriques** pour les couches (0 - 10 cm) et (10 - 20 cm) puis grâce à un humidimètre neutronique Troscler 3320 à partir de 30 cm. On note que la même sonde a été utilisée depuis 1984. Pour les densités apparentes, nous avons pris les valeurs suivantes :
 - 1,55 pour (0 - 10 cm)
 - 1,60 pour (10 - 20 cm)
 - 1,65 à partir de 30 cm.
- . Les mesures sont effectuées tous les cinq jours sur l'ensemble des neuf tubes entre le semis (5août) et le 10 octobre : Ce laps de temps pentadaire nous permet de comparer les résultats du bilan in situ et du bilan simulé (BIP).
- . . L'étalonnage de la sonde a été effectué en 1965 sur un seul site de mesure, il n'a été renouvelé ni en 1986 ni en 1987. Pour l'hivernage 1988, nous avons décidé de reprendre l'étalonnage sur deux tubes différents. Ces tubes ont été choisis de la manière suivante :
 - nous calculons le taux moyen d'"Argiles et limon fin" sur chacun des neuf sites de mesure d'après les nouvelles analyses granulométriques effectuées en 1987.
 - nous retenons les deux sites présentant le taux d'"Argiles et

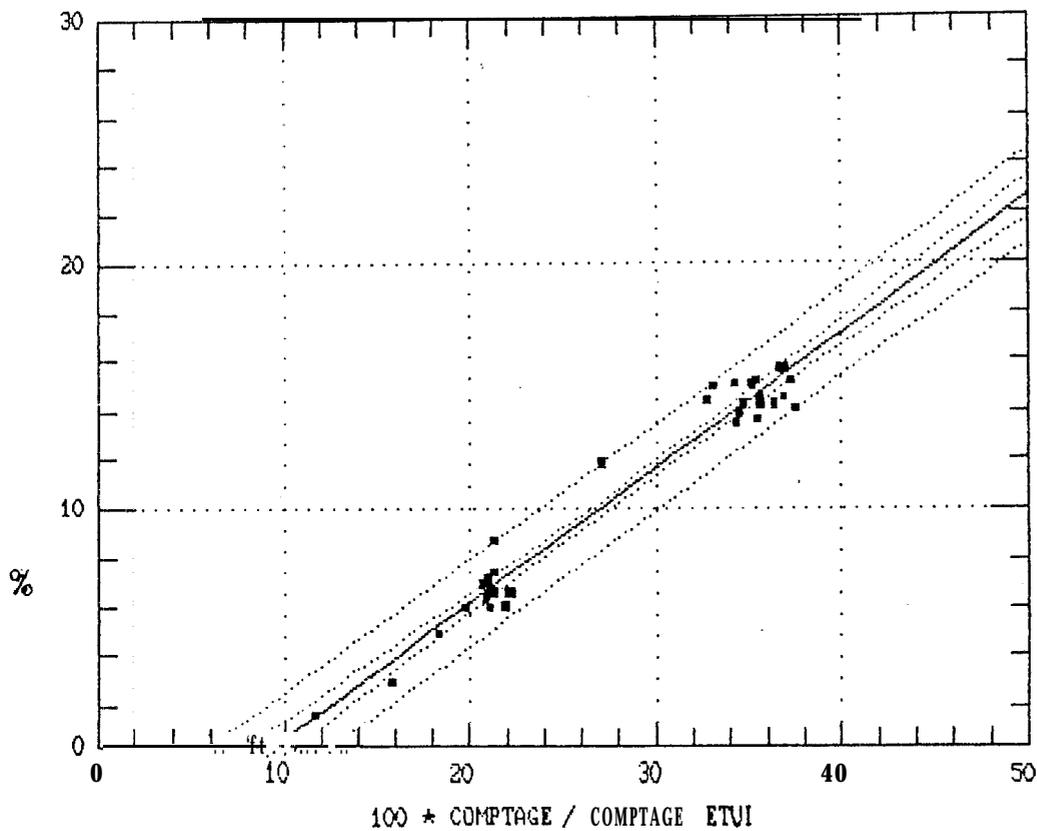


Figure 3-1 : Etalonnage de l'humidimètre neutronique
TROXLER 3220 . Site "Sableux" TPS T2R1.

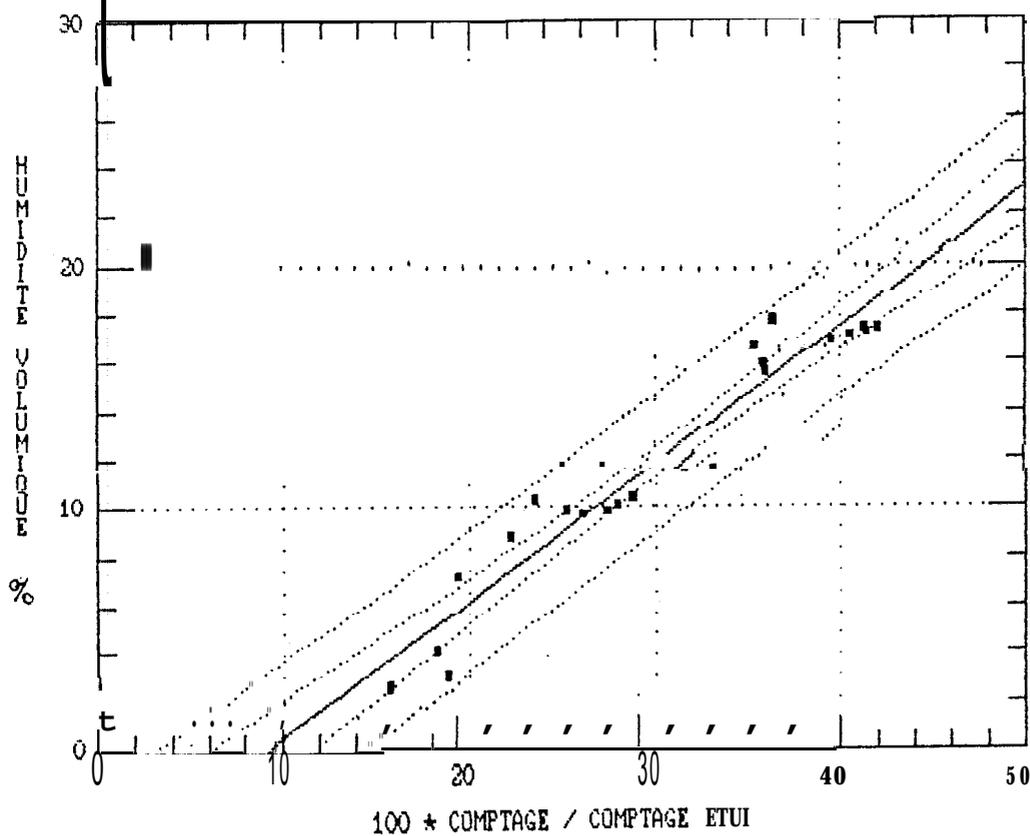


Figure 3-2 : Etalonnage de l'humidimètre neutronique
TROXLER 3220 . Site "Argileux" TPS T2R2.

limon fin" extrêmes.

Ceci nous permet d'apprécier dans notre cas, l'influence de ce paramètre sur les mesures neutroniques.

.. L'étalonnage a été effectué en deux temps :

- étalonnage en conditions sèches : avant le début de l'hivernage (le 15 juillet).
- étalonnage en conditions humides : en fin d'hivernage (le 15 septembre).

.. Pour chacun des deux sites, nous obtenons la droite d'étalonnage par régression linéaire (Cf figures 3- 1 et 3- 2). Les humidités volumiques (HV%) sont reliées aux "comptageur comptage standart" (N/N%) par les équations suivantes :

- site "sableux" (tube TPS T2R1) :

$$HV\% = 0,549 N/N\% - 4,79 \quad (1)$$

coefficient de corrélation : 0,981

- site "arsileux" (tube TPS T2R2) :

$$HV\% = 0,565 N/N\% - 5,135 \quad (2)$$

coefficient de corrélation : 0,967

Les pentes de ces deux droites étalons sont similaires et différentes de celles obtenues en 1984. (a = 0,477).

Nous ne conserverons finalement uniquement l'équation (1) que nous appliquerons à tous nos sites de mesure.

2 - Evolution des profils hydriques au cours de l'hivernage

. Les profils hydriques ont été tracés à six dates importantes de leur évolutions : les 5, 20 et 31 aout, le 15 et 25 septembre, le 10 octobre (Cf figures 3-3 à 3-8). Cette évolution est particulièrement marquée par la pluviométrie exceptionnelle de l'hivernage 1988 (685,6 mm au 10 octobre) : le front d'humectation est descendu bien au dessous de la côte (- 60) qu'il n'avait pas atteint en 1984 et 1987.

sur plusieurs sites, le front racinaire est largement dépassé et une part importante de l'eau est ainsi Perdue pour les cultures.

Le drainage a donc été particulièrement fort cette année : nous

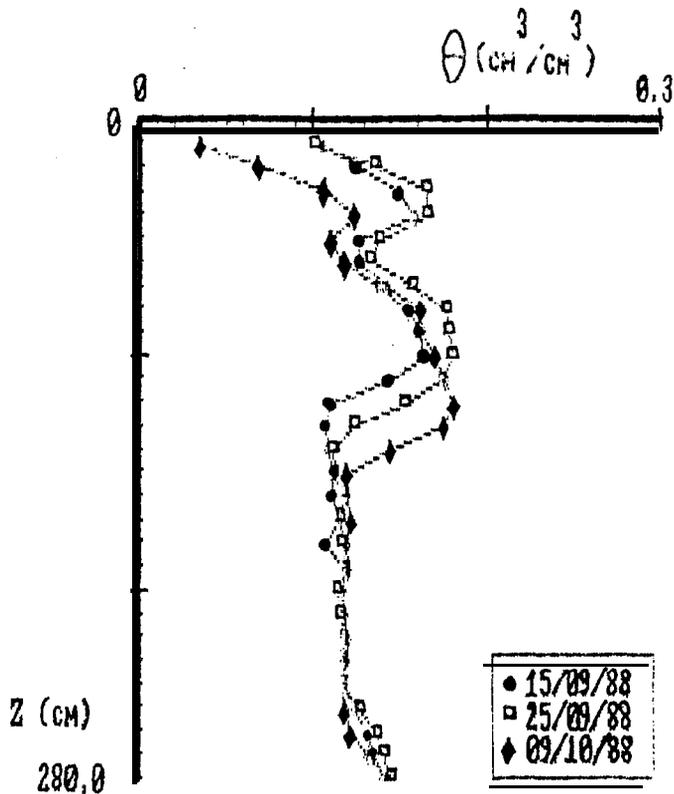
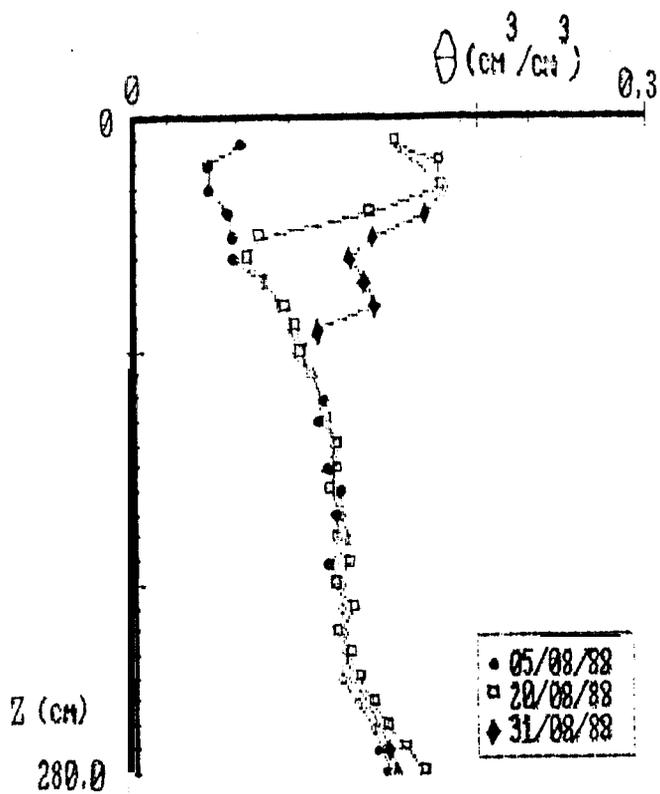


Figure 3-3 : Evolution des profils hydriques entre le 5 août et le 10 octobre 1988 . Site TPS T2R2 (Argileux).

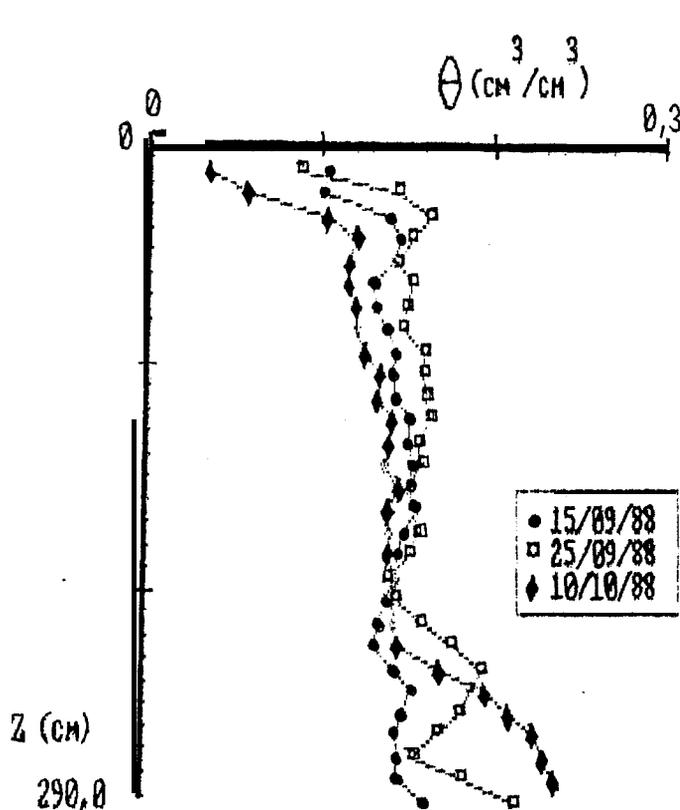
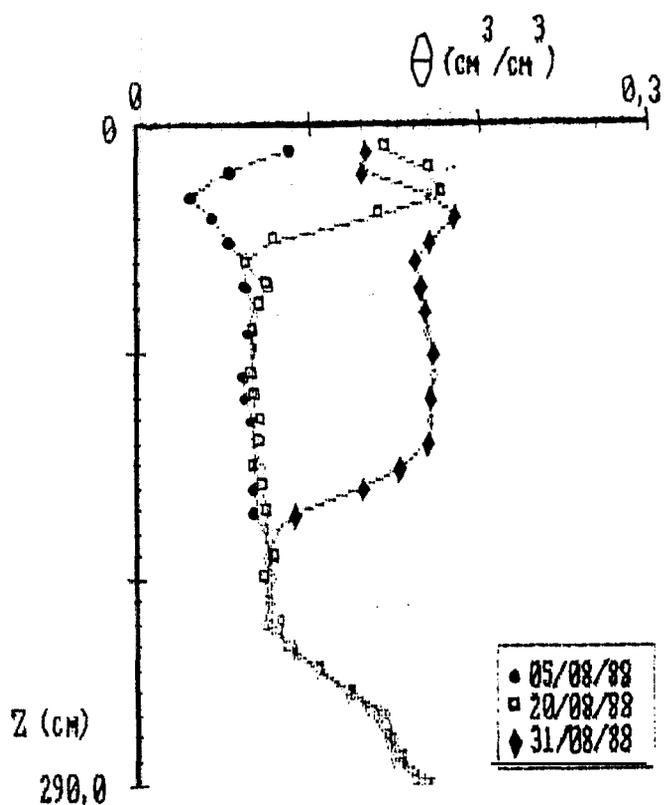


Figure 3-4 : Evolution des profils hydriques entre le 5 août et le 10 octobre 1988 . Site TPS T2R1 (Sableux).

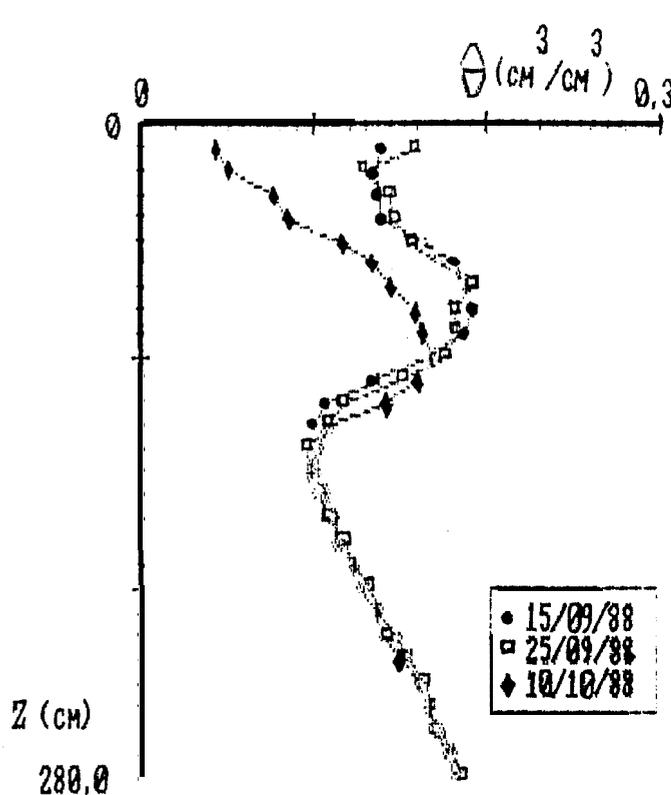
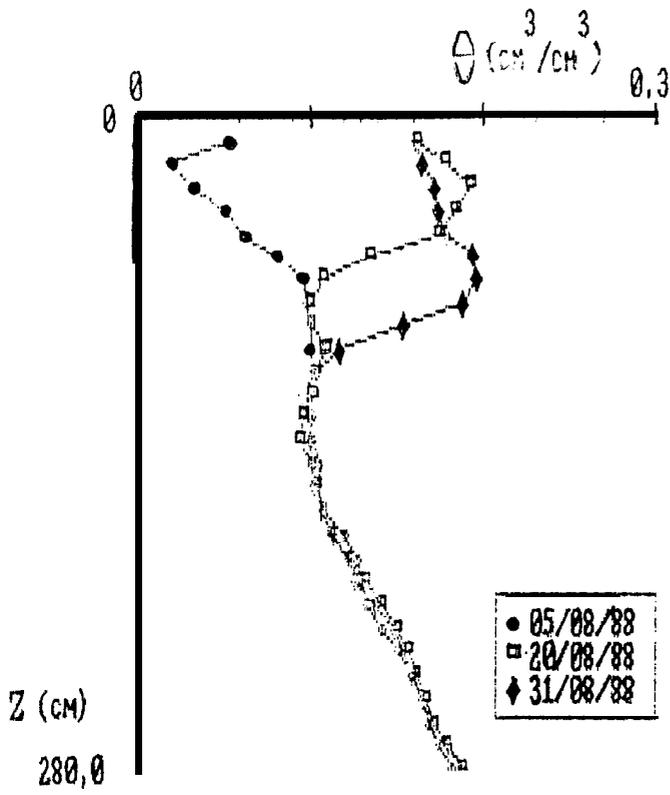


Figure 3-5 : Evolution des profils hydrauliques entre le 5 août et le 10 octobre 1988 . Site PSC T2R2(Argileux).

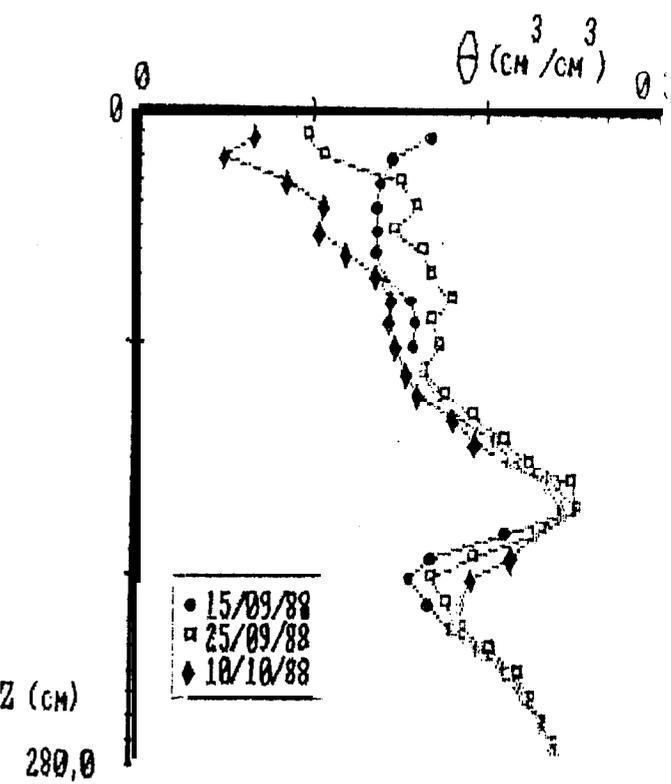
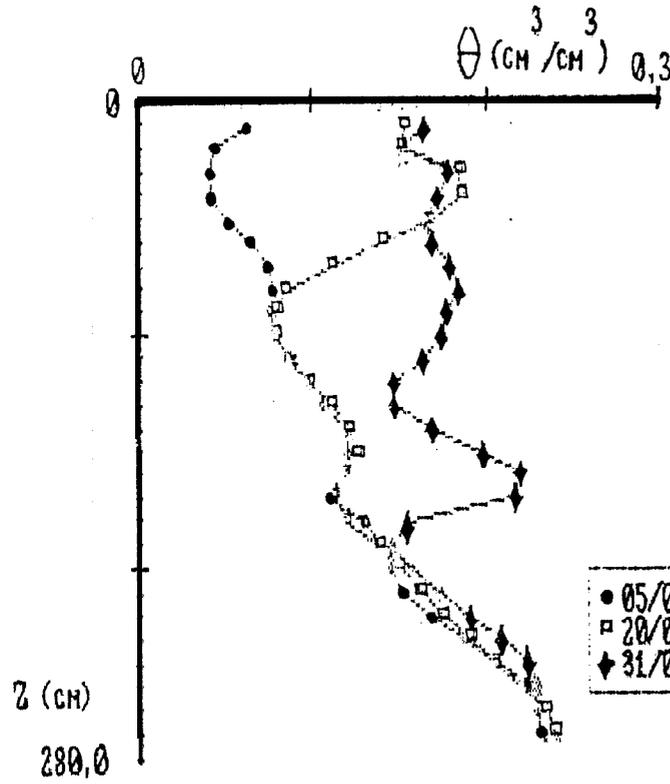


Figure 3-6 : Evolution des profils hydrauliques entre le 5 août et le 10 octobre 1988 . Site PSC T2R3 (Sableux).

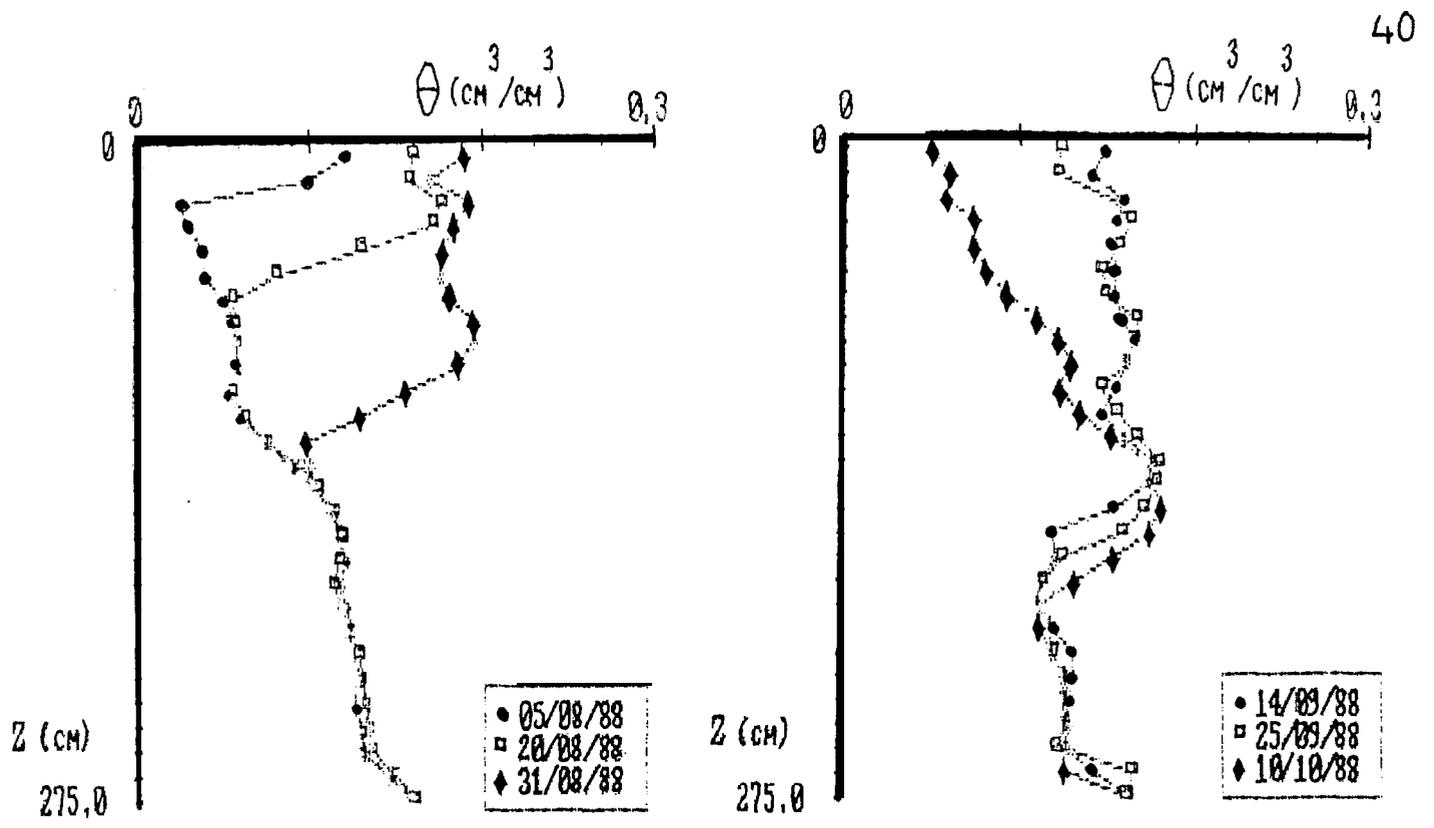


Figure 3-66: Evolution des profils hydriques entre le 5 août et le 10 octobre 1988. Site ICC T2R5 (Argileux).

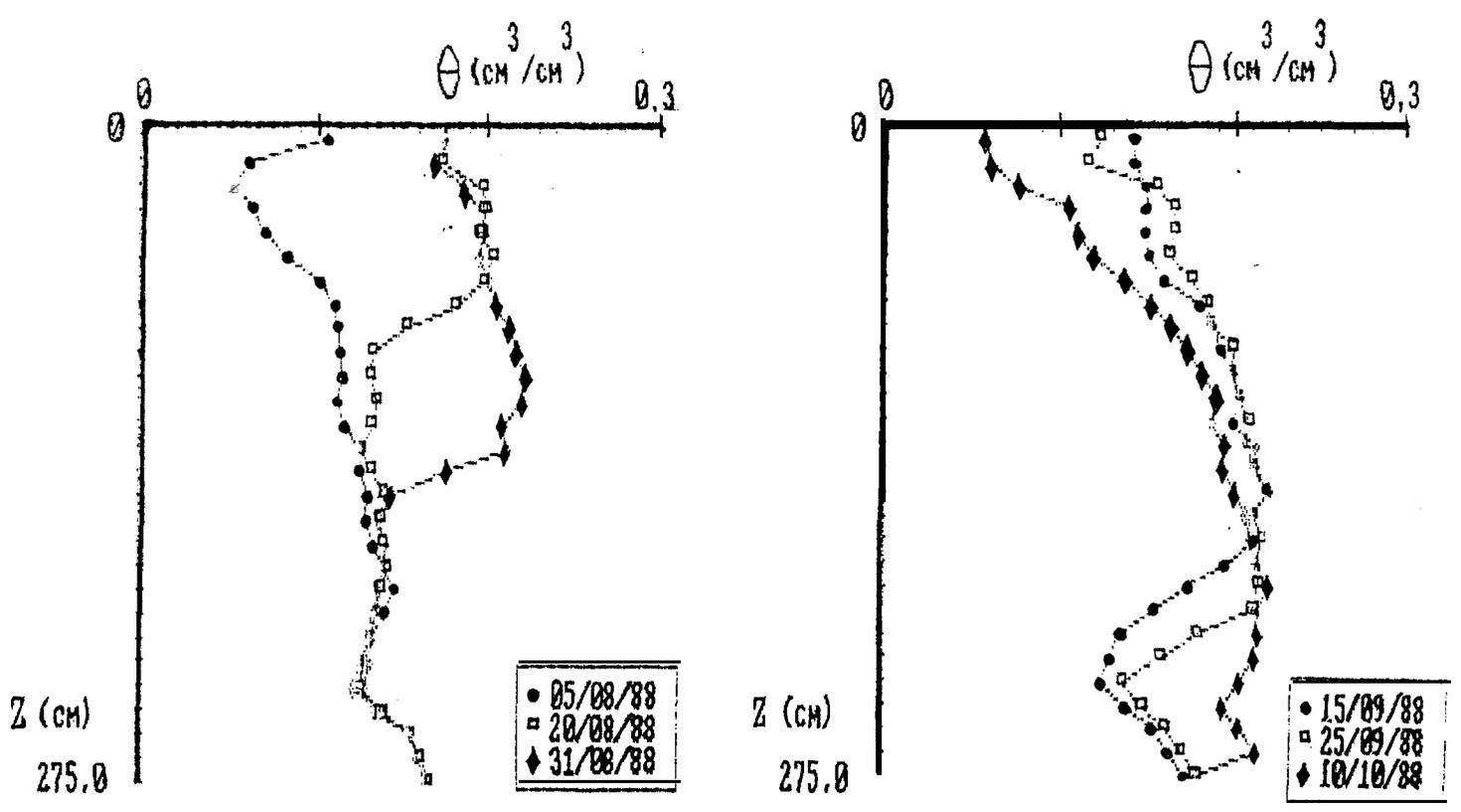


Figure 3-7: Evolution des profils hydriques entre le 5 août et le 10 octobre 1988. Site ICC T2R2 (Sableux).

devrons en tenir compte dans le bilan.

D'autre part, les pluies ont été particulièrement intenses; trois pluies supérieures à 50 mm ont été enregistrées : 55 mm le 19 août, 56 mm le 26 août et 137 mm le 28 août.

Or, la granulométrie particulière des sols de les rend particulièrement sensibles au ruissellement : nous verrons que les valeurs de ruissellement sont elles aussi très fortes cette année.

.. Trois grandes phases marquent l'évolution des profils hydriques au cours des 65 premiers jours de l'hivernage:

- du 5 août au 11 août :

la pluviométrie est faible (4,5 mm). Elle n'affecte que les 20 premiers centimètres et cette eau est consommée ou s'évapore rapidement.

- du 11 août au 31 août :

la descente du front d'humectation débute avec la pluie du 14 août (47,4 mm). Jusqu'au 31 août, les teneurs en eau augmentent à partir de la surface et le front d'humectation progresse en profondeur. On note un bref épisode de dessèchement en surface entre le 22 et le 26 août.

- du 31 août au 10 octobre :

le profil s'assèche progressivement à partir de la surface jusqu'à une profondeur qui varie de 90 à 150 cm suivant les sites de mesure. Simultanément, le front d'humectation progresse : il dépasse la cote (- 3 m) pour trois tubes. Seule la pluie du 21 septembre (25 mm) provoque une réhumectation provisoire sur 50 à 110 cm suivant les cas,

. Comme en 1937, nous remarquons l'influence du taux d'"Argiles et limon fin" sur les propriétés hydrodynamiques de nos sols ; cette influence est d'ailleurs accentuée cette année par l'importance des précipitations. Le tableau III-3 compare sur chaque bloc, un site de mesure "argileux" ((A + Lf)% sur 1 m > 16,5%) et un site "sableux" ((A + Lf)% sur 1 m < 15%).

		Bloc TPS		Bloc PSC		Bloc ICC	
		T2R1	T2R2	T2R3	T2R2	T2R2	T2R5
Taux (A+Lf)% sur 1 m		12,85(S)	18,89 (A)	13,53 (S)	18,42%(A)	14,84(S)	16,84 (A)
Profondeur du front d'humectation (cm)	le 31.08	130	90	180	100	155	135
	le 10.10	300	180	230	130	205	155
Profondeur de réhumectation (cm)	le 20.09	110	50	80	50	75	65
Profondeur d'assèchement (cm)	le 10.10	150	100	110	90	125	125

Tableau III.3: Evolution comparée de trois profils sableux et de trois profils argileux.

Ce tableau montre clairement :

- la descente du front d'humectation est plus rapide et les profondeurs atteintes par ce front sont nettement plus élevées en profil sableux (S).
 ?Je même, la pluie du 21 septembre provoque une réhumectation à des profondeurs plus importantes sur les sites sableux. Les conductivités hydrauliques augmentent en effet avec le taux de particules fines.

- L'assèchement du profil atteint des profondeurs plus importantes le 10 octob
 w-les sites sableux. Les tensions hydrauliques augmentent en effet, en fonction du taux (A+Lf)%.

Il semble que les forces de rétentions hydriques soient trop importantes en profil argileux (A), pour permettre une bonne absorption de l'eau par les racines d'arachide.

On peut déjà prévoir un stress hydrique plus accentue en profil argileux qu'en profil sableux.

II - Bilan hydrique in situ

1 - Principe général du bilan

L'objectif du bilan hydrique est de calculer, à partir de paramètres mesurés sur le terrain, l'évaporation transpiration réelle ou ETR, et donc d'estimer la consommation en eau d'une culture. En effet, dans un volume de sol donné, pendant un intervalle de temps fixé, les pertes d'eau compenserons nécessairement les **gains**. Pour une période (T1, T2), sur une profondeur de sol z, on considère en général, l'équation :

$$P_{\Delta t} + I_{\Delta t} + RC_{\Delta t} = DR_{\Delta t} + RUI_{\Delta t} + ETR_{\Delta t} + \Delta S_{\Delta t}$$

avec

$P_{\Delta t}$ = pluviométrie pendant la période Δt

$I_{\Delta t}$ = dose d'irrigation pendant la période Δt

$RC_{\Delta t}$ = remontées capillaires pendant la période Δt } gains

$DR_{\Delta t}$ = drainage pendant la période Δt

$RUI_{\Delta t}$ = ruissellement pendant la période Δt

$ETR_{\Delta t}$ = évapotranspiration réelle } 3 perte

$\Delta S_{\Delta t}$ = variation de stock hydrique pendant la période Δt (gain ou perte).

Dès lors, ETR peut s'écrire comme la différence :

$$ETR_{\Delta t} = P_{\Delta t} + I_{\Delta t} + RC_{\Delta t} - DR_{\Delta t} - RUI_{\Delta t} - \Delta S_{\Delta t}$$

2 - Définition et estimation des termes du bilan :

a) Mesure des stocks hydriques - Calcul des variations de stock

*Mesures d'humidités

.. Les mesures d'humidité volumique sont effectuées par méthode gravimétrique, sur les couches (0 - 10) et (10 - 20).

A partir de 30 cm, les mesures sont réalisées avec l'humidimètre neutronique. Le pas de mesure adopté est de 10 cm jusqu'à 200 cm puis de 20 cm jusqu'à trois mètres. Les mesures fines

vont donc au delà de la limite inférieure du front racinaire de l'arachide (150 cm environ) : nous avons estimé en effet, que le système racinaire de l'arachide pouvait exercer une influence sur les 50 cm sous jaccents. Par ailleurs, aucune remontée d'eau importante n'a été observée au dessous de 2 m.

.. C'est donc dans cette tranche de sol, que nous allons calculer les variations de stock pour l'hivernage 1988.

Ce calcul n'a cependant pas été possible pour 3 des 9 sites de mesure :

- pour le tube ICC T2R3 : les mesures n'ont été effectuées qu'en surface (0 - 70cm).
- pour les tubes PSC T2R5 et TPS T2R4 : le front d'humectation a dépassé la base inférieure, des tubes de mesure, le calcul des variations de stock n'était alors plus possible.

Le bilan hydrique sera donc effectué sur deux sites seulement pour chaque bloc.

* Calcul des variations de stock

Si nous connaissons les humidités volumiques tous les 10 cm entre la surface et la côte (- 200 cm), le stock d'eau contenu dans cette tranche de sol est alors au temps t_j :

$$st_j = \theta_{10} + \theta_{20} + 1,5 \cdot \theta_{30} + \theta_{190} + 0,5 \theta_{200}$$

Pour les profondeurs 30 et 200 cm, les valeurs d'humidité mesurées ont été affectées respectivement des coefficients 0,5 et 1,5.

En effet, l'humidité mesurée à la sonde à neutron pour une profondeur z est attribuée à la couche ($z - 5$, $z + 5$).

Cependant, nous ne disposons dans ces conditions, d'aucune valeur pour la tranche (20, 25) : la valeur d'humidité mesurée à la côte 30 cm est donc corrigée, pour permettre de l'attribuer à la couche (20, 35) ; de même, la mesure effectuée à 200 cm est corrigée pour ne prendre en compte que la tranche de sol (195, 200).

. Entre le temps T_1 et le temps T_2 , la variation de stock hydrique sera :

$$\Delta St_{t_1}^{t_2} = s_{t_2} - s_{t_1}$$

b) Pluviométrie - Doses d'irrigation

. Les pluviométries journalières sont données par le pluviomètre normalisé OMM situé à proximité du bloc PSC. (Cf Tableau III.4)

- Le réseau d'irrigation par aspersion est alimenté par une pompe immergée débitant $12 \text{ m}^3/\text{h}$, d'une hauteur manométrique totale de 50 m.

Cependant, la capacité de pompage est limitée par la profondeur du puit : nous ne pouvons pomper que 6 à 7 m^3 d'eau. Le temps de recharge étant d'environ 5 heures, nous ne pourrions compter, dans le meilleur des cas, que sur un volume d'eau journalier de 28 m^3 . Ce volume ne permet généralement pas d'optimiser l'irrigation sur la surface de notre essai.

Cette année, l'installation du réseau est la suivante :

Nous avons amené la rampe primaire entre les deux blocs irrigués ; de celle-ci partent trois rampes secondaires sur mil comme sur arachide, chaque rampe portant trois asperseurs débitant chacun $1 \text{ m}^3/\text{h}$ (portée 13 mètres environ).

Sur le mil, nous ne pourrions mettre que deux rampes en fonction simultanément.

- Les doses d'irrigation sont déduites des volumes d'eau pompés, affectés d'un coefficient d'efficience. Ce coefficient permet de prendre en compte globalement :
 - la montée du réseau en pression et le remplissage des rampes.
 - les fuites localisées principalement au niveau des raccords sur les rampes secondaires.
 - la part de l'eau d'irrigation qui sort de l'essai : cette quantité ne peut être négligée pour les rampes externes.

Pour l'hivernage 1488, la disposition du réseau a été choisie pour minimiser les pertes.

Cependant, ces fuites sont sans doute plus importantes qu'en 1987 (remise à neuf du réseau en 1987). Le temps de montée en pression est de 5 mn environ en 1988 contre seulement 2 mn en 1987.

Le coefficient d'efficience du réseau a donc été abaissé de 70 à

JUIN	PLUVIOMETRIE (mm)	JUILLET	PLUVIOMETRIE (mm)	AÛT	PLUVIOMETRIE (mm)	SEPTEMBRE	PLUVIOMETRIE (mm)	DOSES D'IRRIGATION (mm)		OCTOBRE	PLUVIOMETRIE (mm)	DOSES D'IRRIGATION (mm)	
								MIL	ARACHIDE			MIL	ARACHIDE
01		01		01		01	23			01			
02		02		02	0,8	02	2,7			02			
03		03		03	22,0	03				03		3,3	
04		04		04	5,7	04	17,5			04			3,7
05		05		05		05	0,4			05			2,8
06		06		06		06	6,0			06		5,6	
07		07		07		07	8,0			07		3,5	
08		08		08	4,0	08	0,1			08			3,8
09		09	0,4	09		09				09		5,8	4,7
10		10		10	0,5	10				10			
11		11		11		11				11		7,8	4,3
12		12	5,5	12		12	4,8			12			
13		13		13	0,6	13	18,2			13		5,8	
14		14		14	47,4	14			5,5	14			
15		15		15	1,6	15				15			
16		16		16	1,5	16				16			
17		17		17	27,0	17	4,4			17			
18		18		18	11,0	18	13,2			18			
19	1,6	19		19	55,0	19				19			
20		20		20	3,3	20				20			
21		21		21	6,5	21	25,0			21			
22		22		22	43,0	22				22			
23		23		23	2,8	23				23			
24	11,8	24		24		24				24			
25		25		25		25				25			
26		26		26	5,6	26				26			
27		27		27	11	27		3,3	4,7	27			
28		28		28	137	28	9,2	3,7		28			
29		29		29	23,1	29				29			
30		30		30	19,0	30		4		30			
		31		31	0,8					31			

TABLEAU III-4: PLUVIOMETRIE JOURNALIERE SUR LA SOLE C - DOSES D'IRRIGATION SUR LES BLOCS ICG - HIVERNAGE 1988

65%. Ce taux reste globalement supérieur au coefficient mesuré en 1986 (50 % sur arachide et 65% sur mil). La longueur des rampes secondaires a été diminuée en 1988 abaissant d'autant les causes des fuites.

. Connaissant le volume d'eau pompée et la surface irriguée, nous calculons la dose d'irrigation l pour un efficacité E donnée :

$$I = S \times E$$

Dans notre cas : $S = 1250\text{m}^2$ $E = 0,65$

donc :

$$l \text{ (mm)} = 0,52 * V \text{ (m}^3 \text{)}$$

c) Remontées capillaires - Drainage

Pour connaître les flux au dessous de la cote (- 2m), nous ne disposons d'aucune mesure de charges hydrauliques (tentiomètres).

Cependant, les remontées capillaires peuvent être négligées. En effet, la texture grasse de nos sols ne peut permettre des remontées à partir de la nappe située à (- 10m).

Par contre, comme nous l'avons vu précédemment, nous en compte le drainage.

Sur chaque site de mesure, le drainage total sera la somme de trois termes :

- la variation de stock positive entre la cote (- 2) et la base du front d'humectation.
- une valeur faible correspondant aux variations de stock positives entre la base du front et la base des tubes (2,80 m).
- un terme de conductivité hydraulique : la loi de Darcy généralisée nous donne les quantités d'eau qui s'écoulent entre deux points sous l'effet d'une différence de charge :

$$q = -k(\theta) \frac{dh}{dz}$$

$k(\theta)$: conductivité hydraulique (fonction de l'humidité volumique).

$\frac{dH}{dz}$: gradient de charge hydraulique.

Pour ce calcul, nous utiliserons les courbes $K(\theta)$ et $h(\theta)$ établie par HAMON (1978) sol dek (CNRA Bambey, Sole A - Cf figures 1-1 et 1-2).

Nous considérons que le drainage au dessous de la cote (- 3m) sera limité par le point de la couche 2 - 3 m d'humidité et de conductivité minimale.

Lorsque les variations de stock entre 2 et 3 m sont négatives, nous considérons que cette couche est elle même en drainage. Le calcul prend alors en compte le seul terme de conductivité hydraulique.

d) Ruissellement

Nous ne disposons d'aucun moyen pour déterminer directement ce paramètre. Nous le négligerons dans un premier temps.

L'expression de l'ETR devient alors :

$$ETR = P + 1 - DR - \Delta S$$

Cependant, l'évapotranspiration réelle ne pourra dépasser l'évapotranspiration maximale ou ETM : $ETR = Kc \cdot EVA$ **avec**

EVA : évaporation bac A Kc : coefficient cultural.

Donc lorsque : $ETR > ETM$ on a $ETR_1 = ETM$

$$A = ETR_0 - ETM$$

Ce terme résiduel peut être considéré comme une estimation du ruissellement. En effet, les ruissellements importants s'observent pour de fortes intensités pluviométriques ou pendant des périodes très pluvieuses. Dans ces conditions, les cultures sont généralement à ETM pendant la pentade correspondante.

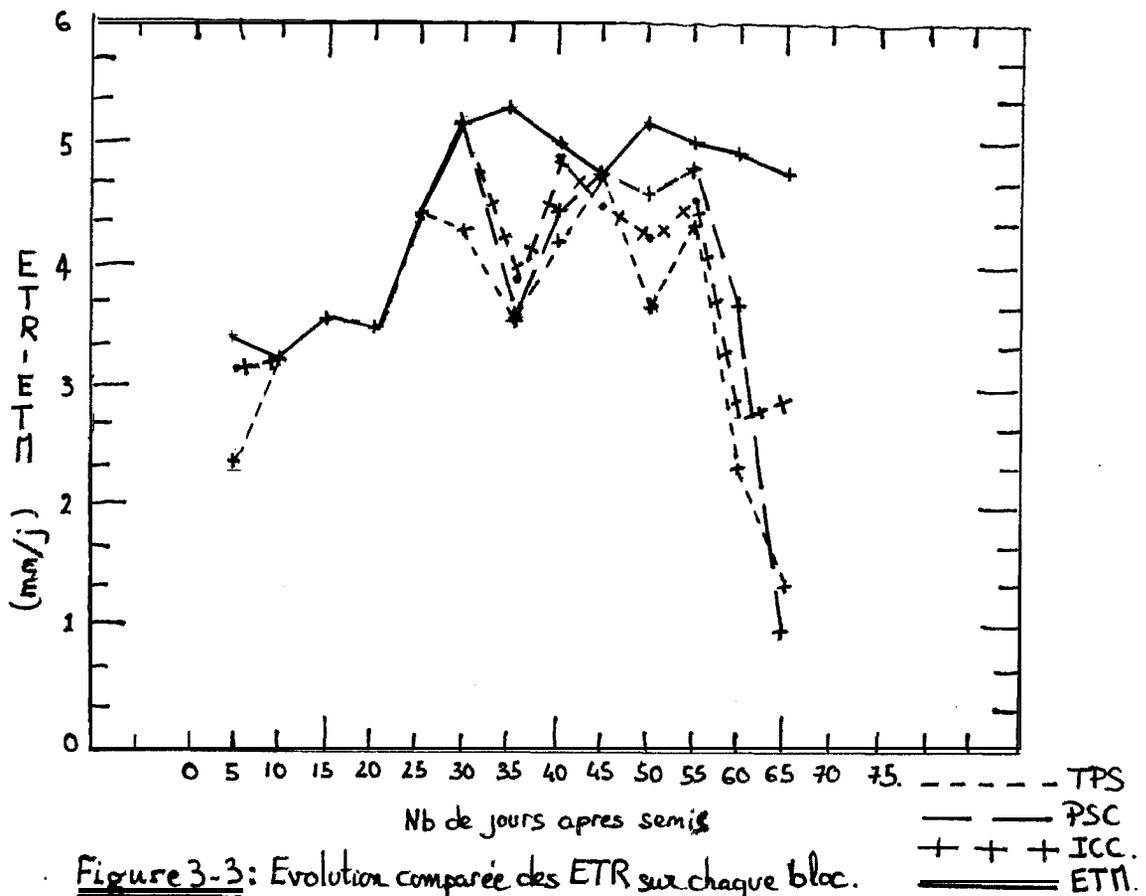
Cependant, une forte pluie isolée peut provoquer un ruissellement important sans que les plantes consomment à l'ETM sur l'ensemble de la pentade : dans ce cas, l'ETR est sur évalué et nous ne pouvons plus calculer la valeur du ruissellement.

3 - Les résultats du bilan hydrique

Sur les tableaux III-1, nous avons reporté la valeur des ETR journalières et tics taux de satisfaction des besoins en eau pour chaque site, et leur moyenne sur chaque bloc.

a) Consommation en eau - Taux de satisfaction

La figure 3.3 compare l'évolution des ETR moyennes sur chacun des blocs et de l'ETM. Nous voyons, que sur les 65 premiers jours du cycle de l'arachide, le taux de satisfaction des besoins en eau est très élevé : il est en moyenne de : 31% en TFS, de 84% en PSC et de 98% en ICC. Ce chiffre élevé, reflète surtout les précipitations régulières et abondantes enregistrées en début de phase végétative, entre le 13 août et le 3 septembre : les cultures consomment alors à l'ETM pendant cinq pentades



SITES	T PS						P SC						I CC					
	T2 R1 (Sabl eux)		T2 R2 (Argile)		Valeur Moyenne		T2 R3 (Sabl eux)		T2 R2 (Argile)		Valeur Moyenne		T2 R2 (Sabl eux)		T2 R5 (Argile)		Valeur Moyenne	
DATES	ETR /Jour	Satisfact°	ETR /Jour	Satisfact°	ETR /Jour	Satisfact°	ETR /Jour	Satisfact°	ETR /Jour	Satisfact°	ETR /Jour	Satisfact°	ETR /Jour	Satisfact°	ETR /Jour	Satisfact°	ETR /Jour	Satisfact°
du 05/08 au 11/08	2,52	74,00%	2,04	60,00%	2,28	67,00%	2,60	76,00%	1,80	53,00%	2,20	64,50%	3,10	91,00%	3,20	94,00%	3,15	92,50%
du 11/08 au 16/08	3,18	100,00%	3,18	100,00%	3,18	100,00%	3,18	100,00%	3,18	100,00%	3,18	100,00%	3,18	100,00%	3,18	100,00%	3,18	100,00%
du 16/08 au 21/08	3,54	100,00%	3,54	100,00%	3,54	100,00%	3,54	100,00%	3,54	100,00%	3,54	100,00%	3,54	100,00%	3,54	100,00%	3,54	100,00%
du 21/08 au 26/08	3,46	100,00%	3,46	100,00%	3,46	100,00%	3,46	100,00%	3,46	100,00%	3,46	100,00%	3,46	100,00%	3,46	100,00%	3,46	100,00%
du 26/08 au 31/08	4,66	100,00%	4,66	100,00%	4,66	100,00%	4,66	100,00%	4,66	100,00%	4,66	100,00%	4,66	100,00%	4,66	100,00%	4,66	100,00%
du 31/08 au 05/09	3,42	66,50%	5,14	100,00%	4,28	83,00%	5,14	100,00%	5,14	100,00%	5,14	100,00%	5,14	100,00%	5,14	100,00%	5,14	100,00%
du 05/09 au 10/09	5,26	100,00%	1,92	36,00%	3,59	68,00%	4,16	79,10%	3,00	57,00%	3,58	68,00%	3,54	67,50%	4,10	78,00%	3,82	73,00%
du 10/09 au 15/09	3,20	64,00%	5,02	100,00%	4,11	82,00%	3,76	75,00%	5,00	100,00%	4,38	87,00%	5,00	100,00%	4,80	96,00%	4,90	98,00%
du 15/09 au 20/09	4,78	100,00%	4,78	100,00%	4,78	100,00%	4,78	100,00%	4,78	100,00%	4,78	100,00%	4,78	100,00%	4,18	87,50%	4,48	94,00%
du 20/09 au 25/09	2,18	43,00%	5,06	100,00%	3,62	71,50%	4,10	81,00%	5,06	100,00%	4,58	90,50%	5,06	100,00%	3,40	67,00%	4,23	83,50%
du 25/09 au 30/09	5,00	100,00%	3,62	72,00%	4,31	86,00%	5,00	100,00%	4,62	92,00%	4,81	96,00%	5,00	100,00%	4,16	83,00%	4,58	91,00%
du 30/09 au 05/10	2,82	57,00%	1,60	32,50%	2,21	45,00%	3,50	71,00%	4,06	82,00%	3,78	76,50%	4,54	92,50%	0,80	16,00%	2,67	54,00%
du 05/10 au 10/10	1,08	23,00%	1,64	34,50%	1,36	29,00%	0,90	19,00%	1,02	21,50%	0,96	20,00%	4,75	100,00%	1,10	23,00%	2,92	61,50%

Tableau III.4 : Consommation en eau journalières(mm).Satisfaction des besoins en eau par pentade

consécutives. Pour les séries TPS et PSC, cette valeur globale masque par contre, les très faibles consommations en eau relevées pour les deux dernières pentades.

L'irrigation de complément n'intervient qu'à partir du 28 août et la dose totale apportée est faible (22,9 mm) : elles permettent cependant d'améliorer le taux de satisfaction de la dernière pentade et de limiter l'intensité du stress hydrique en début de remplissage des gousses.

- D'autre part, le calcul des ETR cumulés, indique que l'arachide a très mal utilisé les ressources pluviométriques : pour des précipitations totales de 628,3 mm entre le semis et le 65 ième jour, les consommations cumulées sont de 235 mm en TPS et de 245 mm en PSC.

Ceci traduit la mauvaise répartition des pluies au cours de l'hivernage : la différence se retrouve dans les valeurs des termes de ruissellement de drainage particulièrement élevées cette année.

Par contre, les apports d'eau par irrigation sont très bien valorisés : les 22,9 mm supplémentaires permettent d'augmenter les consommations en eau de 39 mm sur le bloc irrigué.

b) Influence de l'enfouissement du compost sur la rétention de l'eau en surface

La comparaison des variations d'humidité dans la couche 0-10 entre les trois sites du bloc TPS et les trois sites du bloc PSC, indique que les humidités en horizon de surface, augmentent plus fortement en PSC pour un même apport d'eau : Le compost permet d'augmenter la réserve en eau superficielle (effet significatif pour toutes Les pentades **entre** le 16 août et le, 30 septembre au seuil 1 % ou 0,1 %; Cf Figure 3-4 et TABLEAU III-5).

Cet effet est cependant très localisé dans la zone d'enfouissement du compost : il ne s'observe déjà plus entre 10 et 20 cm. Enfin, aucune influence significative de l'enfouissement n'apparaît sur les autres termes du bilan.

c) Incidence du taux d'"Argiles et limon fin" sur les paramètres du bilan

Le tableau III-2 permet de comparer la valeur des variations

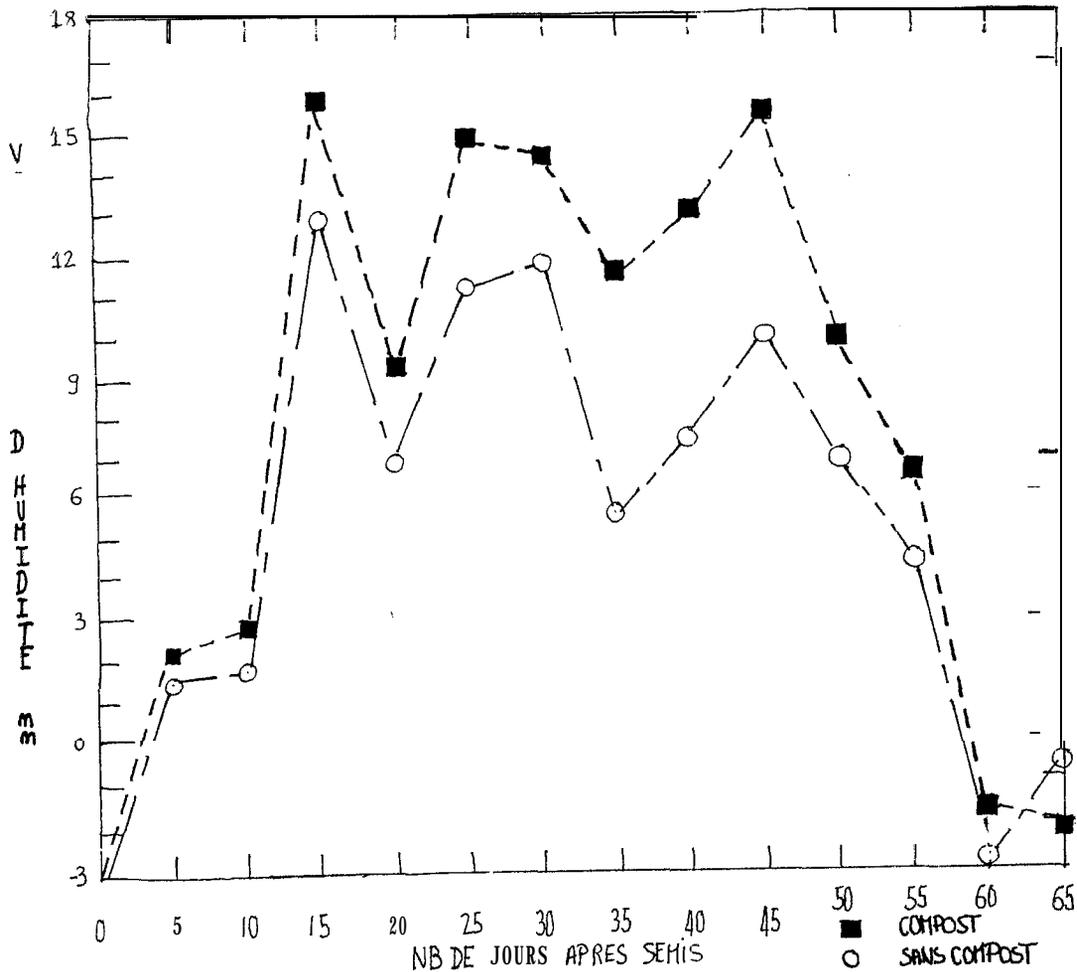


Figure 3-4 : Variations de stocks entre 0 et 10 cm. Comparaison entre les blocs TPS et PSC

Date	11-08-88		16-08-88		20-08-88		26-08-88		31-08-88		5-09-88		10-09-88	
Bloc	PSC Compost	TPS Témoin	PSC	TPS	PSC	TPS	PSC	TPS	PSC	TPS	PSC	TPS	PSC	TPS
Moyenne (3 tubes)	2,27	1,57	2,67	1,73	15,83	12,07	9,33	6,93	14,93	11,37	14,43	11,87	11,96	5,6
Ecart type	4,61	3,25	10,92	2,97	1,558	5,71	2,734	3,505	3,257	3,227	6,201	3,054	2,62	1,55
t observé (Signification Seul)	0,166 NON		0,136 NON		80,838 oui (0,001)		9,353 oui (0,001)		48,488 oui (0,001)		23,156 oui (0,001)		104,89 oui (0,001)	
Date	15-09-88		20-09-88		25-09-88		30-09-88		5-10-88		10-10-88			
Bloc	PSC Compost	TPS Témoin	PSC	TPS	PSC	TPS	PSC	TPS	PSC	TPS	PSC	TPS		
Moyenne (3 tubes)	13,03	7,53	15,43	10,13	9,93	6,93	6,67	4,40	-1,7	-2,8	-2,1	-0,7		
Ecart type	5,292	3,348	9,753	4,721	8,661	3,748	1,058	6,019	3,203	10,519	0,821	4,228		
t observé (Signification Seul)	30,469 oui (0,001)		17,99 oui (0,001)		6,36 oui (0,01)		10,076 oui (0,001)		0,301 NON		0,230 NON			
Nb de degrés de liberté = (3+3) - 2 = 4; $t_{0,05} = 2,776$; $t_{0,01} = 4,604$; $t_{0,001} = 8,610$														

TABLEAU III-5: Variations de stocks entre 0 et 10 cm. Comparaison des moyennes sur les blocs TPS et PSC (test de Student).

SITES	T PS						P SC						I CC					
	T2 R1 (Sa bleux)			T2 R2 (Argileux)			T2 R3 (Sableux)			T2 R2 (Argileux)			T2 R2 (Sableux)			T2 R5 (Argileux)		
DATES	ΔS (mm)	DR (mm)	RUI (mm)	ΔS (mm)	DR (mm)	RUI (mm)	ΔS (mm)	DR (mm)	RUI (mm)	ΔS (mm)	DR (mm)	RUI (mm)	ΔS (mm)	DR (mm)	RUI (mm)	ΔS (mm)	DR (mm)	RUI (mm)
du 05/08 au 11/08	-2,70	0,30	0,00	-5,30	5,30	0,00	-4,20	1,40	0,00	-1,40	2,60	0,00	-5,80	0,00	0,00	-5,30	0,00	0,00
du 11/08 au 16/08	24,80	0,30	10,10	5,30	0,00	29,90	23,40	1,50	10,30	34,70	0,30	4,30	32,40	0,00	2,80	31,80	0,00	3,30
du 16/08 au 21/08	26,90	0,90	57,30	52,50	1,80	30,00	58,30	0,70	26,10	46,20	0,70	38,20	77,00	3,50	4,60	27,40	2,00	55,80
du 21/08 au 26/08	48,60	0,30	35,60	-0,10	0,00	34,60	17,30	10,30	56,90	6,70	0,00	77,80	-5,80	0,00	90,30	12,10	0,00	72,50
du 26/08 au 31/08	65,00	1,90	100,70	25,80	0,00	141,80	73,90	2,20	91,50	19,00	0,00	148,60	57,40	0,00	110,20	80,70	0,00	86,80
du 31/08 au 05/09	18,70	7,20	0,00	5,00	0,00	12,30	13,60	2,20	0,40	0,90	0,00	16,40	8,30	4,70	4,30	3,40	1,50	12,80
du 05/09 au 10/09	-25,40	12,50	0,70	4,50	0,00	0,00	-7,90	1,20	0,00	-1,10	0,20	0,00	-6,40	0,00	0,00	-3,60	0,00	0,00
du 10/09 au 15/09	-8,20	15,10	0,00	-5,10	1,70	1,30	0,80	3,40	0,00	-3,20	1,20	0,00	-6,50	0,00	0,00	-3,60	2,90	1,50
du 15/09 au 20/09	17,80	14,70	0,80	26,30	0,30	6,70	6,20	0,90	26,20	19,10	0,00	14,20	25,80	10,50	0,00	12,50	0,00	20,80
du 20/09 au 25/09	2,40	11,70	0,00	-3,90	0,70	2,90	0,30	4,20	0,00	-15,90	1,70	13,90	0,20	8,20	0,00	-11,90	2,10	9,50
du 25/09 au 30/09	-24,00	5,20	3,00	-8,90	0,00	0,00	-18,80	2,40	0,60	-13,90	0,00	0,00	-13,90	7,00	0,00	-11,90	0,00	0,30
du 30/09 au 05/10	-15,40	1,30	0,00	-8,00	0,00	0,00	-22,70	5,20	0,00	-20,30	0,00	0,00	-4,00	3,80	0,00	-18,10	1,90	0,00
du 05/10 au 10/10	-19,20	13,80	0,00	-8,20	0,00	0,00	-8,60	4,10	0,00	-5,40	0,30	0,00	-11,30	18,60	0,00	-18,10	0,00	7,20
TOTAUX		85,2	208,20		9,8	259,50		39,7	212		6,7	313,4		56,3	212,2		10,4	184,2

Tableau III-2 : Valeurs pentadaires des variations de stocks, du drainage et du ruissellement.

de stock, du drainage et du ruissellement entre sites sableux $((A+Lf)\% < 15\%)$ et les sites argileux $((A+Lf)\% > 16,5\%)$.

Nous voyons donc que ces termes du bilan varient fortement sur chaque bloc.

Trois tendances se dégagent :

- Les variations de stock **négligables** sont plus faibles en phase de dessèchement, sur les sites argileux. Pour une teneur en eau donnée, l'eau sera en effet plus fortement retenue sur ces profils et l'absorption racinaire est plus difficile.
- Les valeurs du drainage sont **généralement** plus élevées sur les profils sableux plus filtrants.
Le drainage total au 10 octobre est de **6 à 8 fois supérieure** en site sableux pour les trois blocs.
- Les valeurs de ruissellement sont importantes sur tous les sites de mesure ; elles sont **généralement** plus élevées pour les profils argileux : ceux-ci sont, par nature, plus sensibles aux écoulements en surface.
Les deux périodes à fort ruissellement **coïncident** avec les plus importantes du 13 août au 3 septembre et du 12 septembre au 19 septembre.
Le ruissellement total au 10 octobre est nettement supérieur sur TPS et PSC en site argileux.

4 - Conclusion

Si le total des précipitations est exceptionnellement élevé cette année, leur répartition est très mauvaise : en fin septembre, début octobre, les consommations sont très faibles ; le mil est alors en pleine critique d'épiaison-floraison.

Si le stress hydrique se poursuit et qu'aucune nouvelle précipitation n'est enregistrée au cours du mois d'octobre, le remplissage des pousses d'arachide et des grains de mil risque lui aussi, d'être affecté :

Les répercussions sur les rendements seraient alors importantes et l'irrigation **assurera** alors pleinement son **rôle** de sécurisation des rendements.

Enfin, on remarque que la violence des précipitations a fortement accentué les différences de comportement hydrique entre les profils, liées, en particulier, à la granulométrie particulière de nos sols.

CHAPITRE 4SUIVI PHENOLOGIQUE ET SUIVI RACINAIRE SUR MIL ET ARACHIDE

Tout au long du cycle des deux **cultures, des** mesures phénologiques et racinaires **ont** été effectués pour permettre la comparaison entre les trois blocs- témoin - compost en pluvial stricte - compost avec **irrigation** - et à l'intérieur de chaque bloc entre les quatre traitements **fumure** minérale.

Le suivi phénologique comprend trois aspects :

- suivi de levée sur mil et arachide
- suivi de **tallage** et de croissance sur mil
- suivi de floraison sur arachide.

Les résultats obtenus sur la sole C sont complétés par ceux de notre essai en milieu paysan sur sol dior **dégradé**.

I - Suivi de levée sur mil et arachide1 - Objectif

Un suivi de levée a. été effectuée sur la sole C en 1986 par Jouve : il n'a obtenu alors que peu de résultats significatifs et il est difficile de tirer une conclusion à partir de ces premiers résultats.

Il nous a paru intéressant de reprendre ce suivi après deux années supplémentaires d'enfouissement de compost : nous avons recherché à augmenter la signification des résultats en effectuant des comparaisons suivant deux dispositifs statistiques différents.

2 - Mode opératoire

Sur mil, comme sur arachide, deux types de comparaisons ont été effectuées entre parcelles avec et sans compost.

- Comparaison entre bloc PSC et bloc TPS

Sur chacune des 20 parcelles de chaque bloc, nous suivons 10 pieds d'arachide et 11 poquets de mil.

Sur les parcelles d'arachide, nous désignons un point au hasard à l'intérieur de la parcelle utile et nous effectuons les comptages sur 75 cm de part et d'autre de ce point (comptage sur 1,50 m avec un écartement entre pieds de 0,15 m soit en moyenne 10 pieds).

Sur les parcelles de mil, nous désignons de la même façon un point sur une ligne de la parcelle utile et nous effectuons les comptages sur 11 poquets : 7 poquets de la ligne et 4 poquets entourant le point désigné au hasard.

A la suite de chaque comptage, nous effectuons :

- d'une part, une comparaison de moyennes (test de Student) entre les 20 parcelles témoins et les 20 parcelles compost.
- d'autre part, une analyse de variance sur les données de chaque bloc. Nous vérifions ainsi l'existence éventuelle d'un effet fumure minérale sur la levée.

Cependant, nous avons vu (Cf chapitre 1) qu'une telle comparaison se basait sur l'hypothèse "homogénéité du terrain" qui est en fait très discutable.

NOUS avons donc effectué une seconde comparaison.

- Comparaison entre 2 parcelles adjacentes recevant la même dose d'engrais minéral (100 % fumure minérale vulgarisée) avec 2 répétitions.

Deux parcelles recevant le traitement T4 sont en effet disposées en bordure de chaque bloc PSC Est (Arachide) et PSC Ouest (Kil). Ces parcelles sont donc citoyennes avec des parcelles de production qui reçoivent la même dose d'engrais.

Nous effectuons donc une comparaison de l'ensemble des pieds d'arachide (365 environ) ou des poquets de mil (49) de la parcelle T4 avec ceux d'une parcelle de production adjacente de même dimension.

Un dispositif statistique avait été mis en place par Jouve en 1986 pour comparer le développement avec ou sans compost. Il n'a pu être utilisé cette année : en effet, les prélèvements racinaires effectués l'an dernier sur ce dispositif ont profondément perturbé le sol sur 50 cm de profondeur.

3 - Résultats - Interprétation

a) Suivi de levée sur arachide

Comme en 1986, nous avons suivi deux stades :

- cracking time ou craquellement de la terre sous la poussée de la plantule.
- stade plumeau ou décollement des folioles de la première feuille.

Pour chacun de ces stades, quatre comptages ont été effectués entre le cinquième jour (120 heures) et le dixième jour (240 heures) après semis.

Après traitement, (Cf analyses de la **variance** en annexe) nous avons reportés les résultats sur les figures 4-1 et 4-2 en portant en abscisse le temps après semis, en heure et en ordonnée le nombre de pieds ayant atteints le stade considéré.

Nous voyons qu'il n'apparaît aucune différence significative au seuil 5% pour aucune date de comptage, au **cracking time** comme au stade plumeau entre les traitements avec et sans compost. Il en va de même au seuil 10%. Ces résultats sont en partie en accord avec ceux de Jouve en 1986. Aucune différence entre traitements n'était **significative** au stade plumeau. Une seule différence **significative** était apparue au **cracking time**. On note que les résultats portés sur les figures 31 et 32 ont été obtenus en comparant les blocs PSC et TPS. Les résultats de la seconde comparaison sont cependant identiques (différence **significative** au seuil 5%).

b) Suivi de levée sur mil

Comme en 1986, nous avons aussi noté l'apparition de deux stades :

- stade deux feuilles déployées
- stade trois feuilles déployées.

Nous avons effectué quatre comptages pour le stade 2 feuilles et 2 comptages pour le stade 3 feuilles.

Nous reportons sur la figure 4.3 les résultats obtenus sur la comparaison parcelles "T4 compost" - "parcelles production adjacentes".

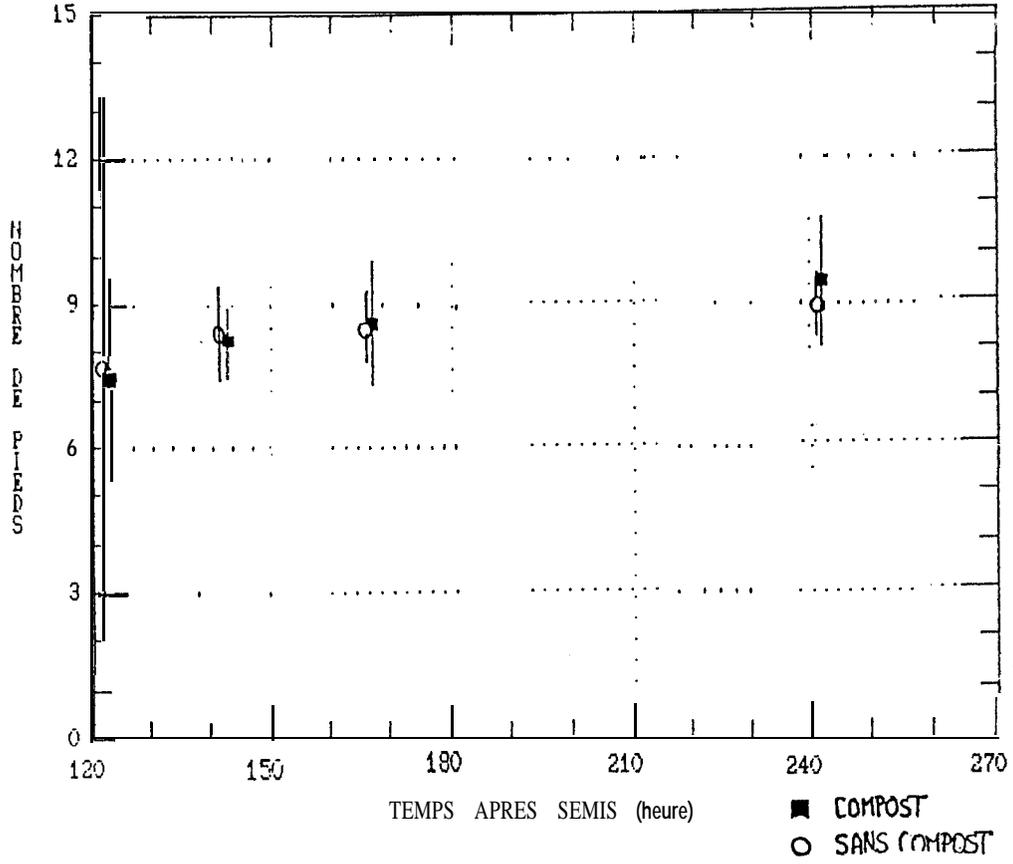


Figure 4-1: Suivi de levée sur arachide- Cracking time (Essai sole C).

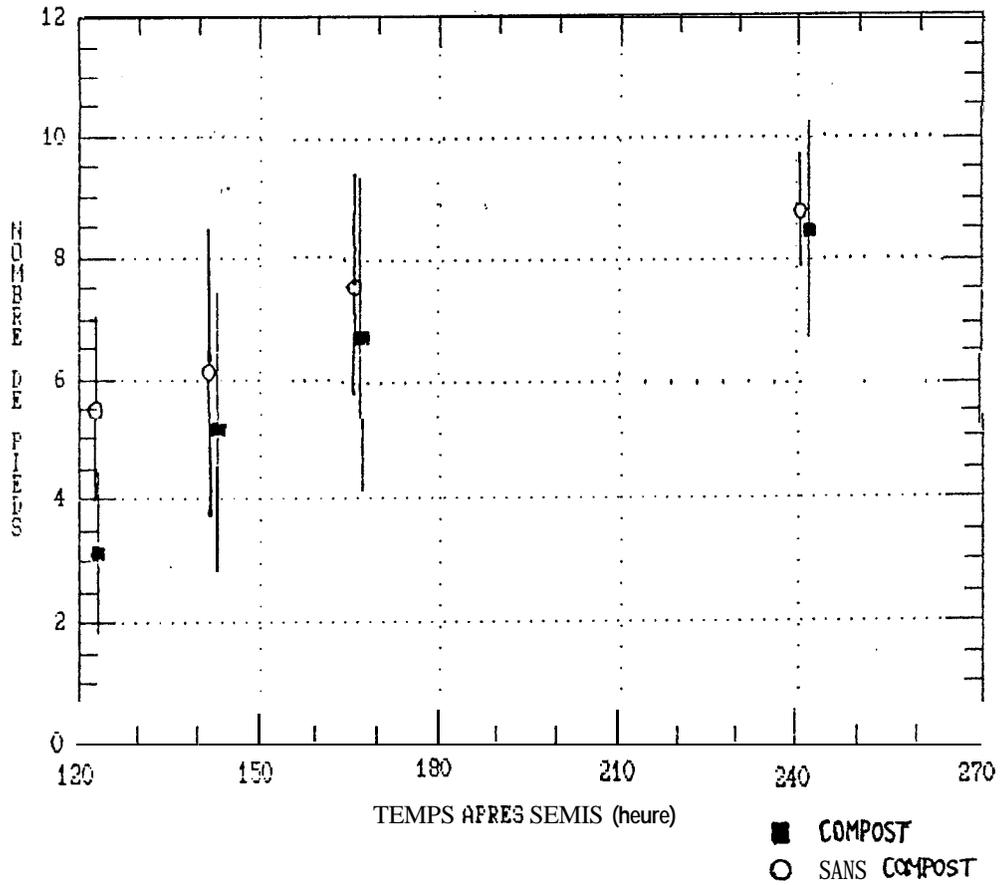


Figure 4-2: Suivi de levée sur arachide- Stade Plumeau (Essai sole C).

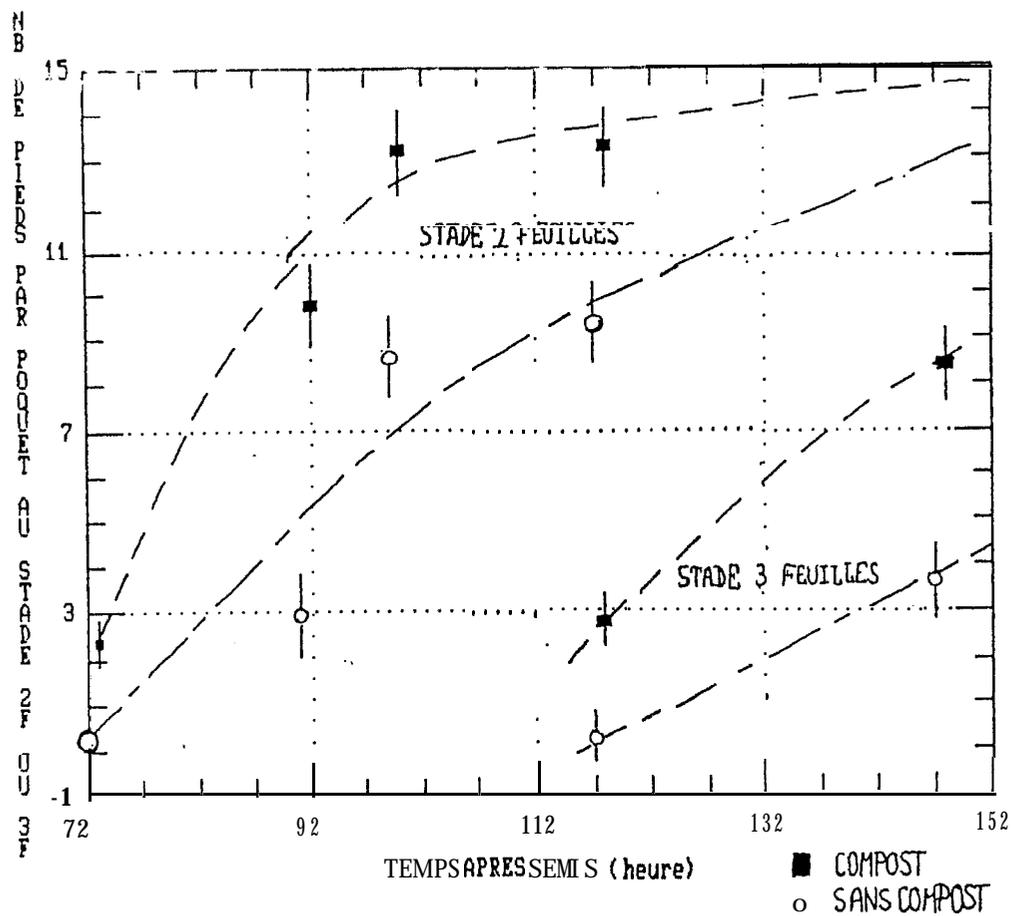


Figure 4-3: Suivi de levée sur mil - Stade 2 feuilles et stade 3 feuilles (Essai sole C).

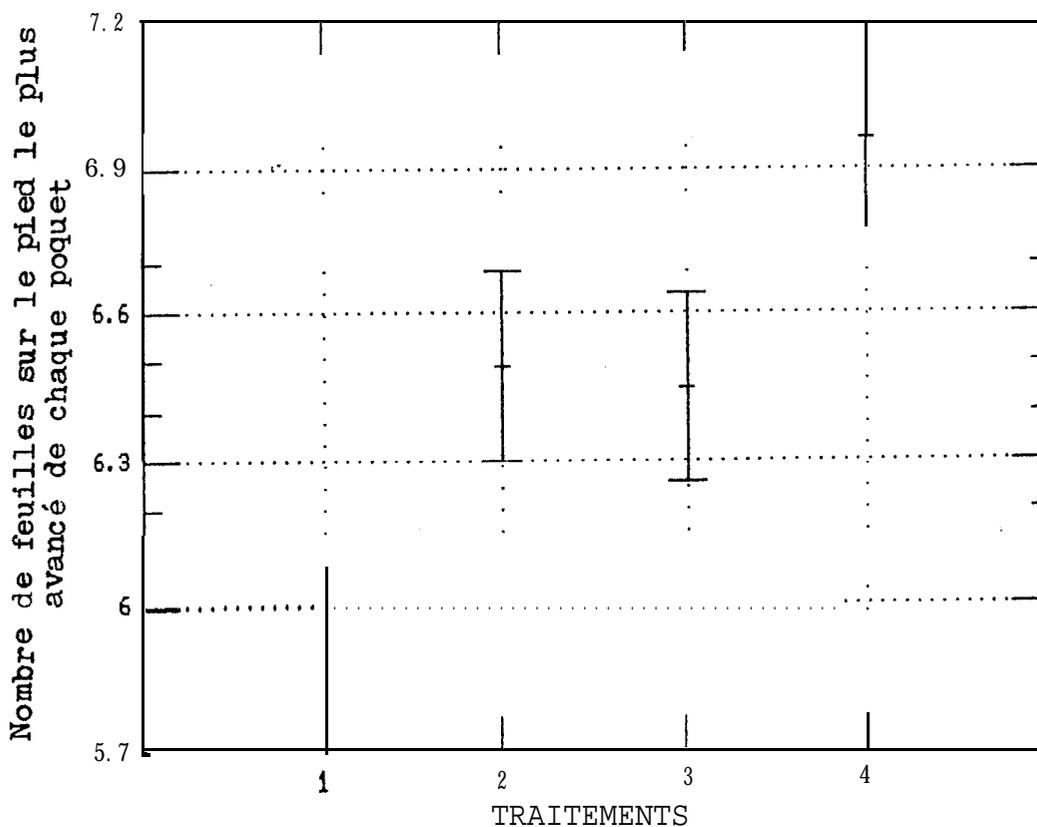


Figure 4-4: Comptages au démarrage (Essai en milieu paysan sur sol d'ior dégradé).

Traitement 1: sans compost
 Traitement 2: compost sans enfouissement
 Traitement 3: compost enfoui à l'hilaire
 Traitement 4: compost en poquets

Nous portons en abscisse, le temps après semis en heure et en ordonnée, le nombre de pieds par poquet au stade considéré.

Nous voyons que les traitements avec et sans compost sont significativement différents au stade 2 feuilles comme au stade 3 feuilles et cela à toutes les dates de comptages.

Ici encore, les résultats sont confirmés par le second dispositif de comparaison (comparaison bloc PSC et TPS) au stade 2 feuilles et 3 feuilles.

Cet effet favorable du compost sur le démarrage d'une culture de mil se retrouve aussi dans des conditions très différentes et à un stade plus avancé : pour notre essai en milieu paysan sur sol dior, il apparaît au 17^{ème} jours après levée, une différence significative (seuil 5%) entre le traitement sans compost et les trois traitements avec compost (Cf figure 4-4), traitement 1 (2, 3 et 4).

De plus, cet effet précise l'influence du mode d'enfouissement : la localisation en poquet (traitement 4) (Cf figure 3-4), augmente significativement (seuil 5%) l'effet du compost sur le démarrage de la culture.

c) Interprétation des résultats-

La morphologie très différente des graines d'arachide et de mil pourrait expliquer cette réponse contrastée des deux cultures à l'enfouissement de compost :

- la graine d'arachide est de grande dimension. La source minérale qu'elle constitue, alimente la plantule tout au long du démarrage de la culture. Par contre, comme le montre SIBAND (1979), la plantule de mil sera totalement dépendante vis à vis du milieu des cinq à six jours après levée. Le compost permet un enrichissement minéral du sol près de la surface : le mil exprimera très tôt, cette richesse du milieu.
- La graine de mil est plus petite : dans de bonnes conditions d'hydratation, sa vitesse d'imbibition et de germination (LAMBERT, 1983) sera particulièrement rapide. Le compost en améliorant la rétention de l'eau en surface (Cf Chapitre 3), jouera donc un effet favorable sur l'installation de

cette culture.

Le rôle du compost sur la levée et le démarrage du mil, sera par ailleurs confirmé par les prélèvements racinaires au 19^{ème} jours.

II - Suivi de croissance et de développement sur mil et arachide

1 - Objectif

Des études similaires ont été mené en 1985, 86 et 87. L'effet de l'irrigation sur la croissance et le développement du mil et de l'arachide a alors été clairement démontré ; par contre, l'effet du compost était encore peu important et aucun effet engrais minéral n'était encore apparu. Nous observerons donc cette année, l'évolution de ces trois tendances dans les conditions de l'hivernage 1988, sous l'effet d'une année supplémentaire d'apports fertilisants.

2 - Mode opératoire

Pour le mil comme pour l'arachide, le suivi est réalisé sur la totalité des parcelles de l'essai (bloc TPS, PSC et ICC). Des mesures en bordure du bloc PSC ont aussi été effectué pour mieux caractériser l'effet du compost : cependant par manque de temps, ces résultats n'ont pu être analysés dans le présent rapport.

3 - Résultats - Interprétation

a) Suivi de floraison sur arachide

Pour suivre correctement la floraison, il est important d'effectuer un comptage journalier : en effet, les fleurs d'arachide s'ouvrent le matin et fanent dans la journée. Le suivi a commencé le 30 août (25^{ième} jour après semis), avec l'apparition des premières fleurs et, s'est poursuivi jusqu'en fin de floraison utile, le 4 octobre (60^{ième} jour après semis).

Pour la variété 55-437, on peut estimer le temps de maturation des gousses à 30 jours. Les gousses produites après le 60^{ième} jour n'arrivent pas à maturité pour la récolte.

Enfin, pour augmenter la précision des résultats, les comptages portent cette année, sur 30 pieds au lieu de 10 précédemment.

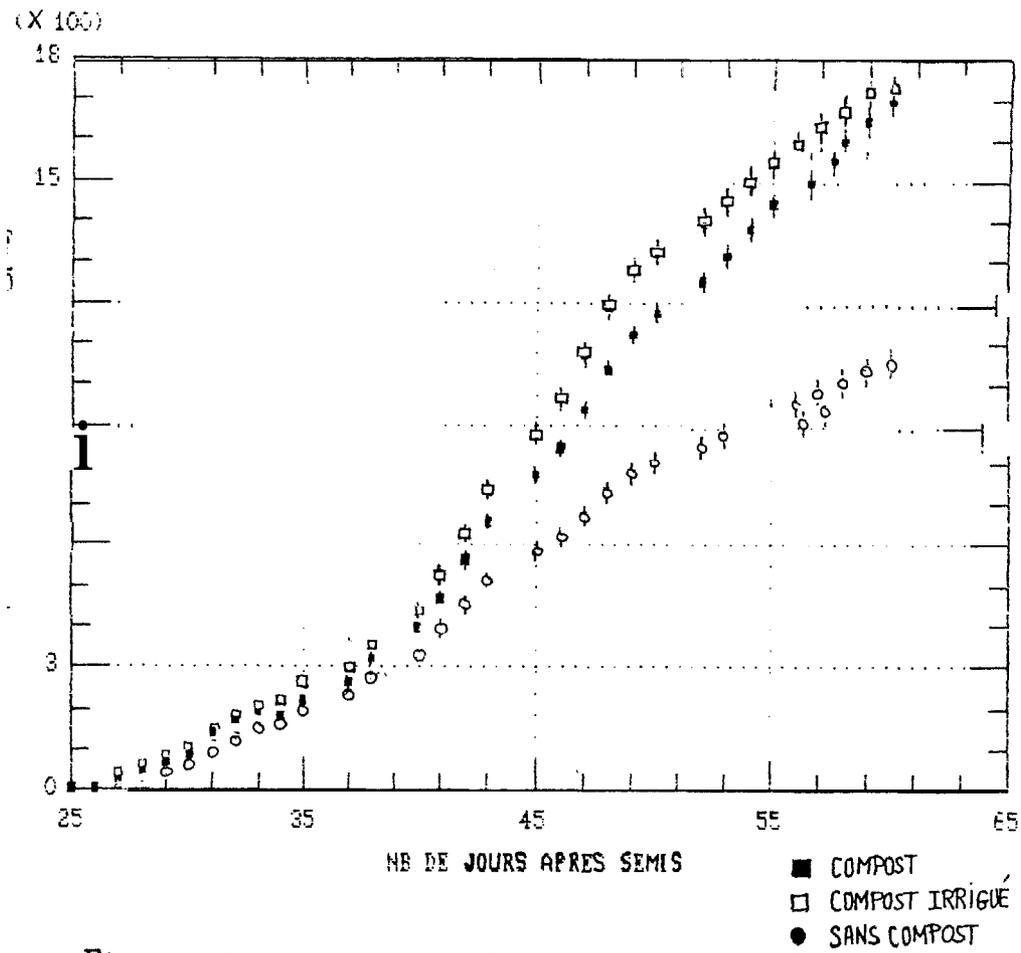


Figure 4-5: Floraison utile de l'arachide (Essai sole C).

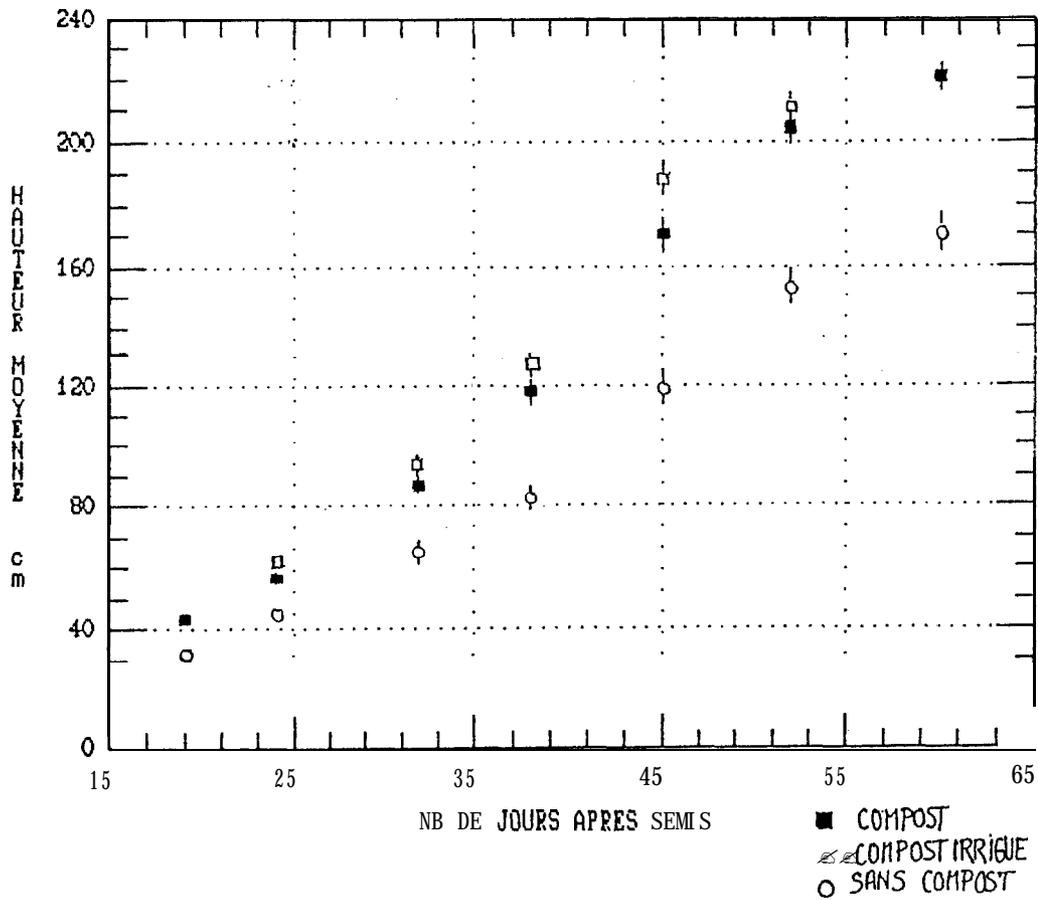


Figure 4-6: Hauteur moyennes des 3 plus hautes talles par poquet de mil (Essai sole C).

• La figure 4-5, compare les floraisons **cumulées** pour les trois séries. A chaque date, nous faisons la moyenne des 20 observations de chaque bloc : nous **portons** alors en fonction du temps, le nombre moyen de fleurs sur 30 pieds entre le début de la floraison et la date considérée ; chaque valeur moyenne est affecté de son intervalle de confiance au seuil 5%.

La floraison débute le 25 ième jour avec 5 jours de retard sur le cycle normal : ce retard a sans doute été provoqué par le manque **d'ensoleillement** durant la seconde quinzaine d'août, période **particulièrement** pluvieuse. La comparaison des trois courbes amène les observations suivantes :

- l'enfouissement de compost a **permis** cette **année** d'augmenter de 60% le nombre total de fleurs produites, la différence entre le bloc compost et le bloc témoin est toujours significative du 38ième au 60 ième jour après semis. Le 38 ième jour marque la fin des pluies violentes de la fin août et du début septembre.

Le faible ensoleillement **durant** cette période a retardé le développement de l'arachide et ne lui a **sans doute** pas permis d'exprimer plus tôt les potentialités du milieu.

- l'irrigation de complément n'a pas d'action sur le nombre total de fleurs au 60 ième jour, mais **augmente** significativement le rythme de floraison. La différence entre le bloc "compost pluvial stricte" et le bloc "compost irrigué", devient significative à partir du 17 septembre soit **trois** jours après la première irrigation (5,5 mm le 14 septembre).

Cependant, ces apports d'eau supplémentaires interviennent seulement en fin de cycle : l'action de l'irrigation sur la vitesse d'apparition des fleurs ne permet pas, cette année, d'augmenter la précocité de la floraison.

• Enfin, sur chaque bloc, nous avons analysé une fois par semaine, la variance du facteur engrais minéral (Cf tableau IV-1).

	TPS	PSC	ICC
	Différence significative (seuil)	Différence significative (seuil)	Différence significative (seuil)
30.08.88	non	non	non
07.09.88	non	non	non
14.09.88	non	non	non
21.09.88	oui (10%) ; 1 < 4	oui (5%) ; 1 < 3	oui (10%) ; 1 < 4 et 2 < 4
28.09.88	non	oui (10%) ; 1 < 3	oui (5%) ; 1 < 4 et 2 < 4
04.10.88	non	non	oui (5%) ; 1 < 4 et 2 < 4

Tableau IV.1: Effets significatifs du facteur engrais minéral sur l'intensité de la floraison de l'arachide.

On observe à trois dates sur un ou deux ou trois blocs, une floraison significativement plus abondante en T3 ou T4 qu'en T1 ou T2.

La fertilisation minérale semble donc agir seulement lorsque les doses d'engrais appliqué, égalent ou dépassent 50% de la fumure vulgarisé (traitement T3).

- . Cependant, la floraison n'est que l'une des étapes de l'élaboration du rendement de l'arachide. Celui-ci va dépendre, après floraison :
- de la réussite à la pénétration des gynophares
 - de la réussite à la mise à fruit et du bon remplissage des gousses.

Ainsi, une floraison plus intense peut ne pas se répercuter sur les rendements : ce fut le cas en 1986, sur le bloc compost.

b) Mesure de croissance - Suivi de tallage et dépiaison sur mil

. Pour suivre la croissance, le développement végétatif et le dévelop-

pement reproducteur du mil **Souna** III dans nos conditions d'expérience, nous avons effectué les mesures suivantes :

- mesure de la croissance en hauteur des trois talles principaux de chaque poquet : elle est renouvelée chaque semaine, pendant toute la durée des phases de tallage et de montaison (du 19 ième au 60 ième jour après semis).
- comptage du nombre de talles par poquet. Les talles principaux de chaque pied ne sont pas comptabilisés. Cette observation effectuée chaque semaine durant la phase de tallage entre le 19 ième et le 38 ième jour après semis.
- comptage du nombre d'épis par poquet : nous avons dû interrompre le suivi au 65 ième jour après semis. Cette observation est donc la seule information dont nous disposons sur le développement reproducteur du mil.

Les figures 4-6, 4-7 et 4-8 nous permettent de comparer l'évolution de ces trois paramètres sur chacun des trois bloc. A chaque date, les valeurs moyennes pour chaque série sont affectées de leur intervalle de confiance, au seuil 5%.

- . Pour les trois séries, la courbe de croissance forme une **sigmoïde** (figure 4-6). L'effet du compost sur la croissance est très prononcé. Au 60 ième jour, les talles principaux sont en moyennes plus hauts de 50 cm sur le bloc compost. Par contre, la hauteur moyenne des talles est inférieure sur bloc irrigué le 24 ième et le 32 ième jour après semis. Cette différence est faible et disparaît le 38 ième jour ; cependant, elle est significative au seuil 5% : en effet, chaque point sur la figure est une moyenne calculée sur 360 pieds de cil. La moindre hétérogénéité spatiale, s'exprime fortement : cet effet dépressif doit sans doute être attribué à une hydromorphie de surface plus accentuée cette année sur le bloc ICC. L'irrigation n'intervient qu'au 54 ième jour et compense cet effet dépressif.
- . Ces mêmes tendances se retrouvent pour le nombre de talles et le nombre d'épis par poquet. Les figures 4-7 et 4-8 montrent en effet :
 - la très nette supériorité du nombre de talles et du nombre d'épis en présence de compost.

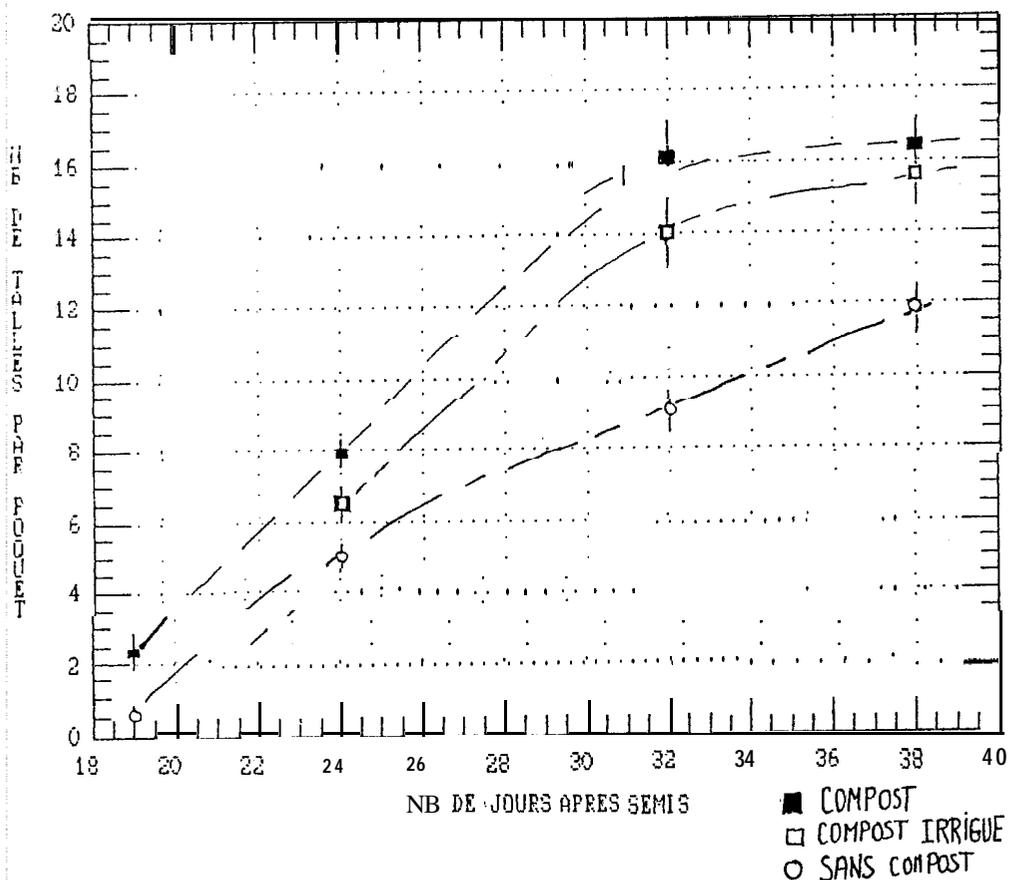


Figure 4-7: Tallage du mil (Essai sole C).

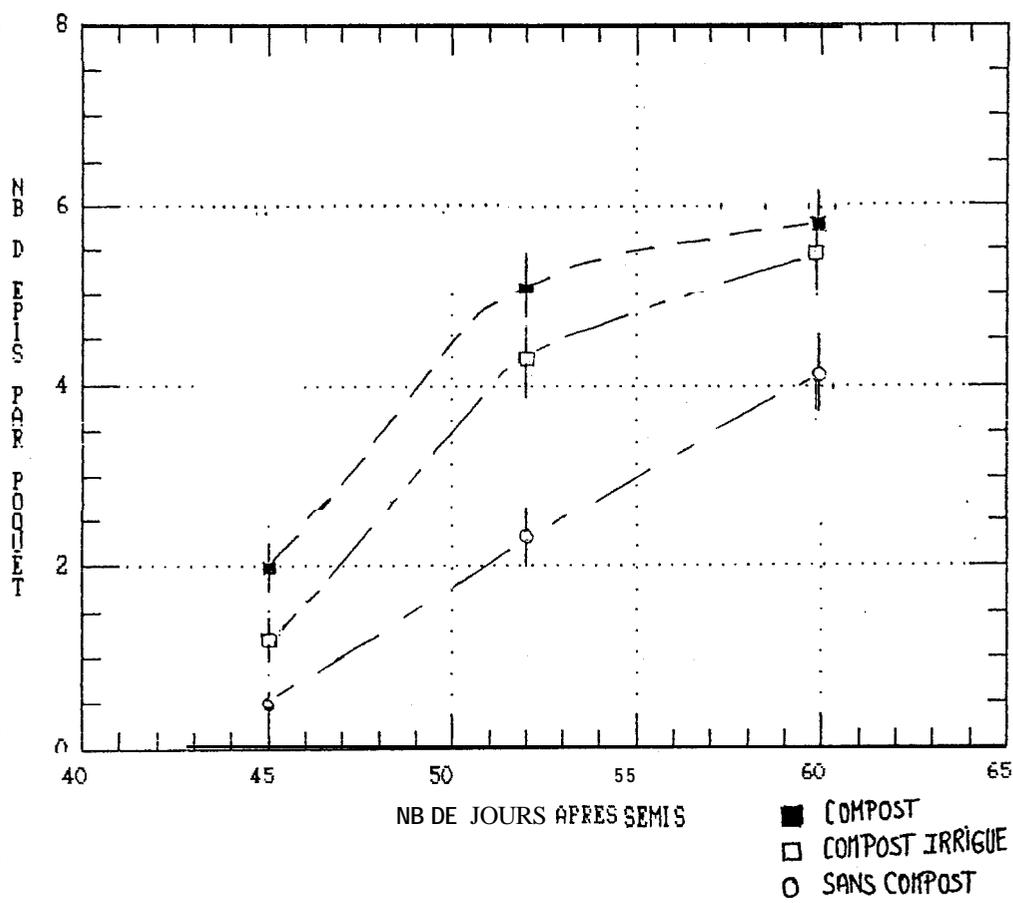


Figure 4-8: Epiaison du mil (Essai sole C),

- la faible diminution de ces paramètres sur le bloc irrigué.

Pour le tallage, l'analyse du rythme de tallage est plus instructive que la comparaison instantanée du nombre total de talles. En effet, plusieurs auteurs (SIBAND 1981 ; LAMBERT 1983) ont montré qu'un tallage rapide limite la concurrence entre partie végétatives et organes reproducteurs et peut de ce fait, agir favorablement sur les rendements. La vitesse de tallage est représentée ici par la pente des courbes de tallage : elle est beaucoup plus rapide en présence de compost entre le 24 ième et le 31 ième jour, et le nombre de talle atteint rapidement sa valeur maximum.

On note enfin, que sur les trois séries, la fréquence d'épiaison des talles au 60 ième jour est très voisin :

2,88 épis par talle en TPS contre

2,83 en FSC et

2,87 en ICC.

La fréquence d'épiaison ne compense en aucune mesure, le plus faible tallage en absence de compost.

Enfin, nous avons analysé sur chaque bloc, la variance du facteur engrais minéral (Cf tableau IV- 2)

		TPS	PSC	ICC
Nombre de talles	06.09.88	oui (5%) T2 < T4 et T2 < T3	oui (5%) T2 (T3	non
	12.09.88	non	oui (5%) T2 T3	non
Nombre d'épis	19.09.88	non	oui (5%) T1 T3 et T2 T3	non
	26.09.88	non	oui (5%) T4 T3	non
Hauteur	21.08.88	non	oui (5%) T1 (T3	non
	29.08.88	oui (5%) T2 < T3 et T2 < T4	-non	non
	06.09.88	non	oui (5%) T1 < T3 et T2 < T3	non
	12.09.88	non	oui (5%) T1 (T3	non

Tableau IV-2): Effet significatif du facteur engrais minéral sur le mil.

On observe pour les trois critères sur le bloc TPS et le bloc PSC, une supériorité significative des traitements T4 ou T3 sur les traitements T1 ou T2.

Ici encore, l'engrais ne semble agir qu'à partir d'une dose égale ou supérieure à 50% de la fumure vulgarisée (traitement T3).

III - Suivi racinaire sur ni.1 et arachide

1 - Objectif

Nous chercherons ici à caractériser l'effet du compost sur la croissance racinaire.
 Cette année, nous porterons une attention particulière sur deux points :

- compléter les informations obtenues les années précédentes, par de nouvelles dates de prélèvements,
- augmenter le nombre de répétitions à une date donnée, pour compenser les coefficients de variation élevés, qui caractérisent généralement, les mesures sur racines. Ceci nous amène à simplifier le mode de prélèvement.

2 - Mode opératoire

a) Choix des dates de prélèvements

Sur les deux cultures, deux dates de prélèvements avaient été choisies initialement :

- pour le mil :

* 19ième jour après semis : cette date marque l'accélération de la vitesse de croissance racinaire qui passe d'après CHOPART (1970) de 2 cm j^{-1} à $3,5 \text{ cm j}^{-1}$ pour toute la durée du tallage ; les racines nodales dépassent le front des racines senales dont elles prennent le relais.

Les prélèvements, à cette date, nous permettront de caractériser l'enracinement durant la phase d'installation de la culture.

* 50ième jour après semis (début d'épiaison) : la croissance racinaire devient très faible jusqu'à la récolte. D'après CIOPART (1976), le système racinaire a atteint son développement maximum sur 120 cm. Les prélèvements à cette date, nous permettront de caractériser les possibilités d'alimentation en eau pendant la phase critique d'épiaison floraison.

- pour l'arachide :

* 35ième jour après semis (pleine floraison) : à cette date, la colonisation des 30 premiers centimètres a atteint son maximum (77,8% de la masse racinaire). On assiste alors à une ramification et à une ramification intense à partir du pivot.

* 55ième jour après semis (début de formation des gousses) : le front racinaire achève sa progression en profondeur (150cm). Le poids sec et la longueur totale des racines se stabilisent jusqu'à la récolte. Les prélèvements à cette date, caractériseront l'extension maximale du système racinaire de l'arachide.

Cependant, pour des raisons de temps, seuls les premiers prélèvements ont été effectués.

b) Dispositif expérimental

Nous effectuons une comparaison entre deux parcelles, recevant la même dose d'engrais minéral (100% de la fumure minéral vulgarisée), l'une avec enfouissement de compost et l'autre sans. Les prélèvements sont pratiqué :

- d'une part, sur deux parcelles T4 en bordure de s blocs PSC Est (arachide) et PSC Ouest (mil).
- d'autre part, sur les parcelles mitoyennes de même dimension situées sur les champs de production qui entourent les blocs PSC. Les pieds sont prélevés en dehors des parcelles utiles pour ne pas perturber l'essai.

Le dispositif comporte donc pour le mil, comme pour l'arachide, deux traitements et deux répétitions ; pour chaque répétition, nous effectuons dix prélèvements sur mil et huit prélèvements sur arachide. Comme pour le suivi de levé, nous avons renoncé à utiliser le dispositif statistique mis en place par JOWE en 1986 : ce dispositif a en effet été trop profondément perturbé en 1987.

c) Mode de prélèvements

. Pour le mil, comme pour l'arachide, les prélèvements sont

effectués sur deux profondeurs : 0 - 10 cm et 10 - 20 cm.

• Dans les deux cas, on procède comme suit :

- on coupe la partie aérienne à la base de la tige.

- on centre un cylindre de polyéthylène à bord bisauté de 10 cm de haut, autour de la base de la tige. On enfonce ce cylindre à l'aide d'une nasse.

- on glisse sous le cylindre, une plaque métallique et on retire le cylindre et l'échantillon.

- on répète l'opération à 10 cm de profondeur.

• Nous utilisons un cylindre de 10 cm de diamètre ($V = 785 \text{ cm}^3$) pour le mil au 17^{ième} jour et un cylindre de 15 cm de diamètre ($V = 1767 \text{ cm}^3$) pour l'arachide au 35^{ième} jour.

• on note qu'il n'a pas été nécessaire d'humecter préalablement le sol, les teneurs en eau en surface étant suffisantes dans les deux cas.

• Les échantillons sont conservés en chambre froide jusqu'au moment du traitement.

d) Mesures effectuées

Chaque prélèvement de terre est lavé à l'eau, au dessus d'un tamis à maille de 1,25 mm de diamètre.

Les racines sont soigneusement triées puis séchées à l'étuve (65° C pendant 24 heures).

• Sur chaque échantillon, nous effectuons deux mesures :

- pesée : nous rapportons la masse sèche de racine au volume de terre prélevée.

- mesure de longueur totale : grâce à une méthode indirecte proposée par CHIAPARD (1979).

On étale les racines sur une surface S quadrillée de lignes verticales et horizontales équidistantes.

L'étalement se fait au hasard. On compte le nombre total N d'intersections entre racines et quadrillages et on en déduit la longueur d'après la

formule :

$$L = \frac{\pi S M}{2 l n}$$

avec l = longueur d'une ligne

n = nombre total de lignes

On obtient donc une longueur de racine par volume de terre prélevé, que l'on exprime en cm/cm⁻³.

Contrairement à la masse sèche, la longueur totale de racines Permet de caractériser le degrés réel de collonisation du sol par les racines et de rendre compte des possibilités d'alimentation hydrique et minérale.

3 - Résultats et interprétations:

-a) Prélèvement 6 sur mil au 19ième jour

L'analyse de la variance montre que le poids des racines en matière sèche est significativement supérieur en présence de compost: ceci est vérifié aussi bien dans l'horizon 0-10 cm (seuil 10 %) que dans l'horizon 10-20 cm (seuil 5 %). Le compost a donc un effet positif sur la croissance racinaire pendant la phase d'installation de la culture. Cependant, si la différence subsiste pour les longueurs de racines, elle n'est plus significative pour ce paramètre (Cf table 3): l'incertitude de cette méthode de mesure indirecte s'ajoute à la variabilité des masses racinaire; de ce fait, les coefficients de variation sont nettement plus élevés Pour les longueurs.

Nos résultats sont en accord avec MULLER (1987): en utilisant la même méthode de prélèvement, celui-ci avait aussi montré l'action favorable du compost à un stade cependant plus avancé: (27ième jour après semé).

Si cet effet positif des apports organiques sur l'enracinement a souvent été constaté, plusieurs mécanismes d'action ont été invoqués.

En particulier, le compost peut agir indirectement en modifiant les propriétés hydriques ou physiques des sols: **ainsi, la** meilleure rétention de **l'eau** en horizon de surface, que nous avons mise en évidence cette année (**Cf** Chapitre 3) **à pu, dans** notre **cas, agir** sur l'enracinement; de **même**, le compost peut faciliter la pénétration des racines en agissant sur la porosité du sol. Pour vérifier cette **hypothèse** sur notre essai, nous avons comparé à la **même** date les densités apparentes sur deux épaisseurs de **sol** (0-10 cm et 0-20 cm) entre parcelles avec et sans compost. Pour **celà**, nous utilisons un gammadensimètre **TROXLER** 3411-B. Le protocole est identique à celui du suivi racinaire et les mesures sont effectuées sur les **mêmes parcelles**. **Cependant, aucune** différence significative **n'apparaît** et les valeurs sont **très** proches dans les deux **cas**: les densités moyennes sont de **1,536** avec compost et de **1,538** avec **pour** la couche 0-10 cm; et de **1,626** et **1,612** pour la couche 0-20 cm. Ce mode d'action du compost est à rejeter dans notre cas **dans les** conditions de l'hivernage 1988.

En définitive, l'action du compost sur l'enracinement est **sans** doute **dû** à la conjonction de plusieurs **mécanismes**: **modification** des propriétés hydriques du **sol, effet** fertilisant) stimulation de l'absorption et de la **rhizogénèse...**

b) Prélèvements sur arachide au 35ième jour

Pour les masses sèches comme pour les longueurs totales, **l'analyse** de la **variance** ne montre aucune **différence** significative entre traitements avec et sans **compost, pour** les deux **horizons** considérés (0-10 et 10-20 cm). (**Cf** tableau IV 4) **Les** valeurs obtenues **sont généralement** plus élevées avec compost. **Cependant, le** test de **Student** effectué sur chaque répétition pour les deux profondeurs **n'indique** que **3** différences significatives.

Nos résultats confirment donc ceux obtenus par **JOUVE** (1986) à un stade toutefois moins avancé (du **4ième** au **22ième** jour)

Ils rejoignent d'autre part les résultats du suivi de levée **qui** n'avait révélé aucune action du compost sur le démarrage de la culture d'arachide. De **même**, le suivi de floraison ne montre un effet de **l'enfouissement** de compost **qu'après** cette date **de prélèvement**.

Il est cependant possible que les apports organiques n'agissent sur l'enracinement de l'arachide qu'en fin de cycle: s'il avait été possible cette année, le second **prélèvement** au **55ième** jour aurait sans doute permis de vérifier cette hypothèse.

IV - Conclusion

Le suivi **phénologique** et le suivi racinaire sont, cette année, particulièrement **riches d'enseignements et nous ne pouvons** que regretter de n'avoir pu les mener à leur terme.

Ainsi, la nette supériorité des traitements avec compost apparait, pour le mil, dès la levée; il se confirme au **19ième** jour sur le système racinaire et demeure, pour les différents paramètres considérés, **jusqu'au 60ième** jour après **semi**. **Par** contre, pour l'arachide, l'effet du compost, toujours très marqué, ne se manifeste qu'en fin de cycle.

L'irrigation de complément intervient tardivement dans le cycle du mil et de l'arachide mais agit rapidement en particulier sur le rythme de floraison de **l'arachide**. **Son** action se précisera si le stress hydrique du début octobre se prolonge..

Enfin, pour la première fois depuis la mise en place de l'essai, des différences significatives apparaissent entre les traitements minéraux sur les paramètres du suivi du mil et de l'arachide.

Nous ne pouvons cependant prévoir quelle sera l'action des différents facteurs sur les rendements.

CONCLUSION
1 + - m - -

L'essai "Economie d'engrais **minéral-Maintien** de la **fertilité**" a été mis en place en 1983 pour une durée de 5 ans: il arrive donc cette **année** au terme qui lui avait été initialement fixé,

Le **suiti phénologique** et le suivi racinaire au cours de l'hivernage 1988 ont permis de montrer l'**action** favorable du compost **Biogaz** sur le mil à partir de la levé et sur l'arachide en fin de cycle; de plus, des différences significatives sont apparus alors entre les niveaux du facteur "**Engrais minéral**". **Cet** effet marqué du compost et de la **fumure minérale** peut être attribué d'une part aux fortes ressources pluviométriques en début de cycle (alimentation hydrique non **limitante**) et, d'autre **part**, aux effets **cummulés** de 4 années d'apports **sccessifs**. **Enfin**, l'action favorable de l'irrigation de complément est apparu clairement en fin septembre et devrait se préciser au cours du mois d'octobre.

Cependant, les limites de l'essaidemeurent: en particulier, l'**expérimentation** sur la sole C a été mise en place avant **tout** pour démontrer la rentabilité économique du module **transpaille**; **il ne se prête qu'imparfaitement** à la caractérisation de l'effet du **compost**. Le nouvel essai en milieu paysan devrai permettre de répondre pleinement à ce second objectif: les premiers résultats en sont **trés** encourageants **bienqu'** une **partie seulement des informations recueillies** ait pu btre **analysées** dans ce rapport.

BIBLIOGRAPHIE

ALLARD J.L., BERTHAUD Y., DREVON J.J., SEZE O., GANRY F. (1983)

-Ressources en résidus de récoltes et **potentialités** pour le biogaz au Sénégal. Agron. Trop., vol 38, n° 3, p213-221.

CHARREAU C. (1961) -Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal. Agron. Trop. ,vol 16, n° 5, p 504-560.

CHARREAU C. et NICOU R. (1971) -L'amélioration du profil **cultural** dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest africaine et ses incidences agronomiques. Agron. Trop., vol 33, n° 2, 5, 9, 11, p 209-255, 565-631, 903-978, 1184-1247.

CHOPART J.L. (1978) -Etude du système racinaire du mil (*Pennisetum Typhoides*) dans un sol sableux du Sénégal. Agron. Trop., vol 38, n° 1, p 37-51.

CHOPART J.L. (1980) -Etude au champs des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (Arachide-Mil-Sorgho Riz pluvial). Thèse de 3ème cycle, INP TOULOUSE, 161 p.

HAMON G. (1978) -Caractérisation hydrodynamique **in situ** de deux sols de culture de la région centre-nord du Sénégal, Doc. Ronéo. CNRA Bambey, ISRA.

IMBERNON J. (1981) -Variabilité **spaciale** des caractéristiques hydrostatiques d'un sol du **Sénégal**. Application au calcul du bilan sous cultures. Thèse de 3ème cycle, GRENOBLE, 152 p.

JOUVE F. (1986) -**Suivi d'hivernage** dans le cadre d'une unité de production de compost biogaz: essai de caractérisation de l'effet compost -**Suivi** hydrique **in situ** -**Interet de l'irrigation de complément**. Mémoire ESAT 1ère Année, MONTPELLIER, 71 p.

LAMBERT C.(1983) -**Influence** de la précocité sur le développement du mil (*Pennisetum Typhoides* Staff et **Hubbard**) en conditions naturelles, **I-Elaboration** de la touffe. **II-Elaboration** du rendement. *Agron. Trop.*, vol 38, n° 1, p 7-15 et 16-26.

MULLER B.(1987) -Suivi d'hivernage dans le cadre d'un module de production de biogaz-compost. Etude des modifications des relations eau-sol-plante entraînées par un apport de compost sur une culture de mil en sol dek. Mémoire ESAT 1ère Année, **MONTPELLIER**, 47 p.

PERRIER L.(1985) -Suivi d'hivernage dans le cadre d'une **unité** de production de biogaz-compost. Application de l'irrigation des cultures de saison humide. Mémoire **ESAT 1ère Année**, **MONTPELLIER**, 71 p.

PIERI C.(1976) -**L'acidification** des terres exondées au Sénégal, *Agron. Trop.*, vol 31, n° 3, p339-388

PIERI C.(1982) -**Bilans** minéraux de deux succession typiques en régions **aride-semi aride**. *Agron. Trop.*, vol 37,

PIERI C.(1986) -Fertilisation des cultures vivrières et fertilité des **sols** en agriculture paysanne **sub-saharienne**. *Agron. Trop.*, vol 41, n° 1, p 1-9.

SIBAND P.(1978) -Evolution **minérale** du système grain-plantule chez le **mil** (*Pennisetum Typhoides*) au cours de l'épuisement du grain. *Agron. Trop.*, vol 34, n° 3, p 258-271.

SIBAND P.(1981) -**Croissance, nutrition** et production du mil (*Pennisetum Typhoides*) **.Essai d'analyse du fonctionnement** du **mil** en zone **sahélienne**. Thèse de **3ème cycle**, **MONTPELLIER**, 302 p.

WEY J., SIBAND P., OLIVER R., EGOUMENIDES C. et GANRY F.(1987) -**Essai** de régénération d'un sol de la **zone** centre-nord du **Sénégal**. *Agron. Trop.*, vol 42, n° 4, p 258-268.

*Office d'Édition de la
Recherche Scientifique et
Coopération Internationale*



**REPROGRAPHIE INDUSTRIELLE
ÉDITIONS - DUPLICATIONS -**

**MINIPARC N°7-ZOLAD- 34100 MONTPELLIER
07.52.20.05**